



COMUNE DI Belpasso

PROVINCIA DI CATANIA

Istanza di verifica di assoggettabilità a VAS – ai sensi dell’art.12 del D.Lgs 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. e di VAS di Piani e Programmi nel Territorio della Regione Siciliana (D-G.R. n.119 del 06/06/2014 all. A) relativa alla qualificazione urbanistica di terreni ubicato in via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.Ila 104.

Committente: **Sig. SCARAVILLI BASILIO**

Il Geologo
Dott. GIUSEPPE MAUGERI



Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DEFINIZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE (D.M. 17.1.2018).....	5
3	INDAGINE MASW.....	7
4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	9
5	RISULTATI.....	10

Allegato:

Allegato 1: Ubicazione area di interesse

Allegato 2: Ubicazione array sismico

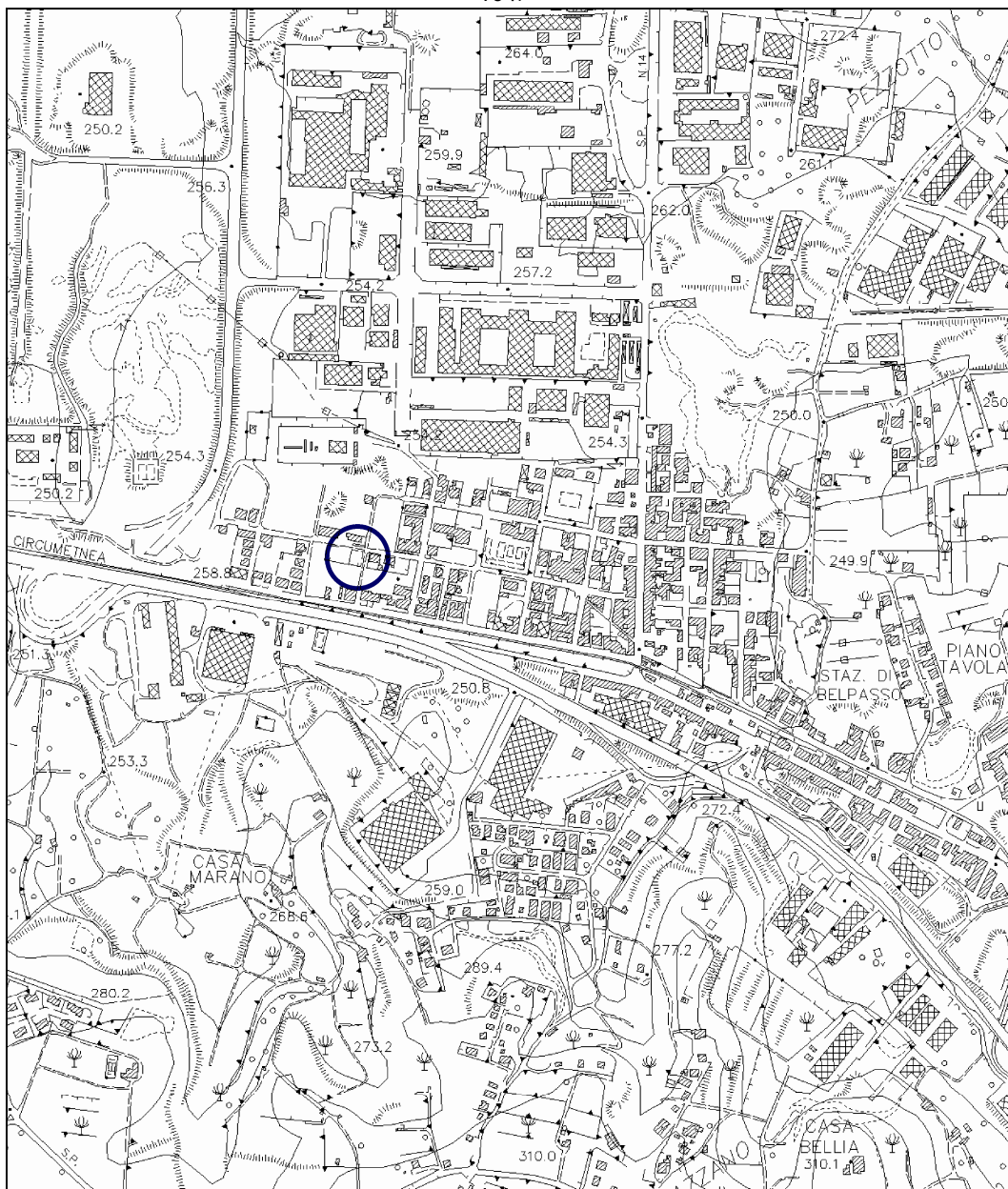
1 PREMESSA

Il sottoscritto dott. Geol. Giuseppe Maugeri ha eseguito n. 1 indagine sismica MASW a 16 canali, associata alla Re.Mi., al fine di definire la categoria di sottosuolo, ai sensi del D.M. 17/01/2018 inerente l'istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIIa 104.

L'area oggetto di interesse è ubicata in **Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIIa 104**, ad una quota di circa 253 metri s.l.m., in corrispondenza di una zona con acclività contenuta e che presenta una buona antropizzazione.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

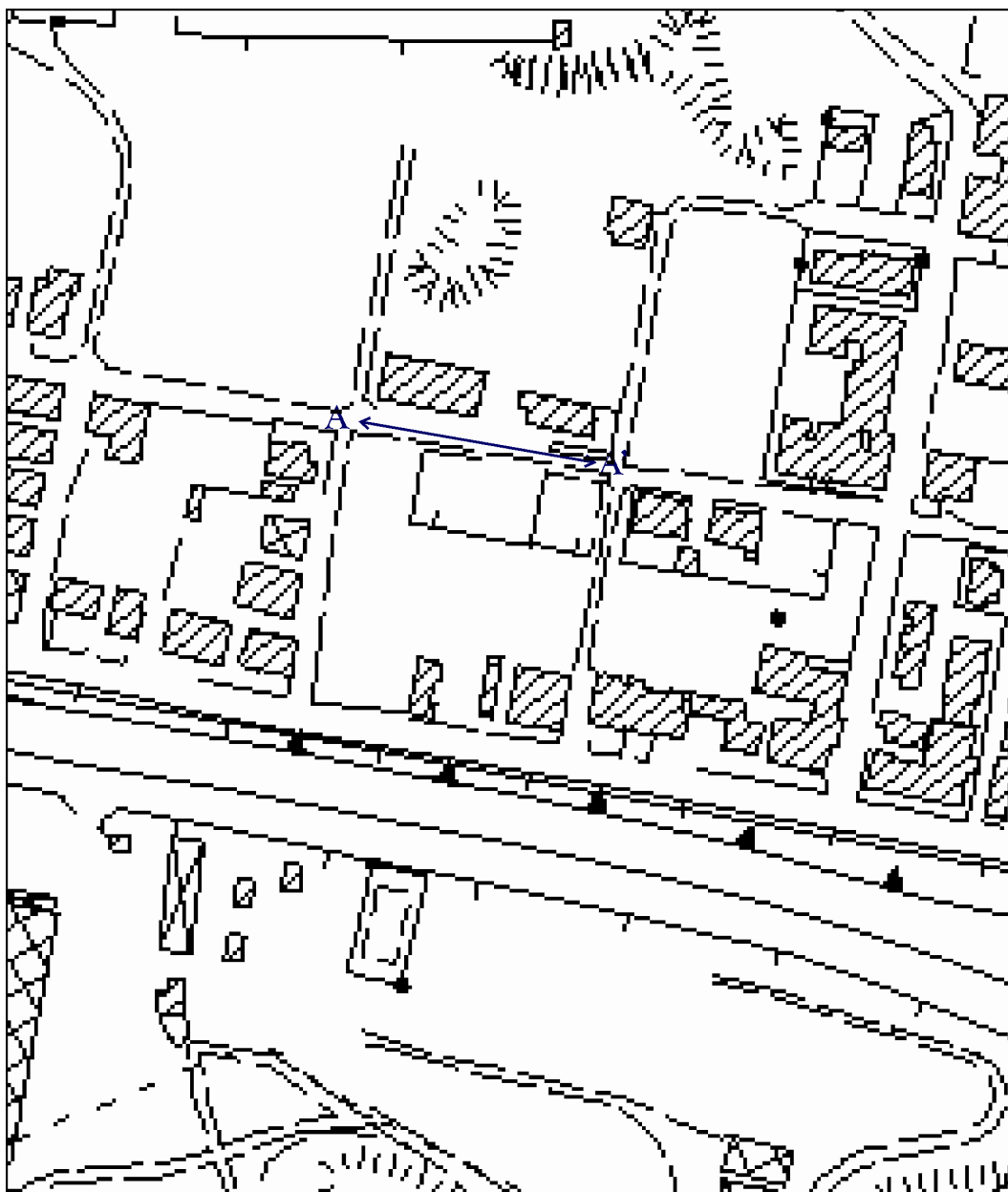
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.



Allegato 1: Ubicazione area di interesse

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.



Allegato 2: Ubicazione array sismico

2.0 DEFINIZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE (D.M. 17.1.2018)

La nuova normativa tecnica per le costruzioni in zone sismiche ha introdotto tra le varie novità in merito alla progettazione antisismica, la classificazione dei suoli in funzione del parametro V_{s30} . Al fine di definire l'azione sismica di progetto per la definizione dei suoli di fondazione si fa riferimento alla tabella seguente:

Categoria	Definizione dei suoli	V_{s30} in m/sec
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.	> 800
B	Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m.	360 < V_{s30} < 800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m.	180 < V_{s30} < 360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m.	V_{s30} < 180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m posti sul substrato di riferimento di tipo A	

Il V_{s30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro i primi trenta metri di profondità ed è dato dalla seguente espressione:

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

con h_i = spessore (in metri) e V_i = velocità onde di taglio, dello strato i-esimo ed N= numero degli strati presenti nei 30 metri superiori.

Le tecniche di indagine per la determinazione del V_{s30} sono principalmente due:

- Prove in foro con due metodologie: down hole e cross hole
- Analisi delle onde di Rayleigh per la modellazione del sottosuolo mediante l'utilizzo di geofoni verticali, ovvero: MASW, SASW e Refraction Microtremor (ReMi).

Le indagini in foro richiedono la realizzazione di sondaggi, attrezzati opportunamente, spinti fino ad almeno 30 metri di profondità, comportando dei costi abbastanza consistenti.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIIa 104.

Le indagini di superficie, al contrario, sono meno onerose ed hanno un grado di incertezza nella determinazione delle onde di taglio $< 20\%$.

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità notevoli fornendo un profilo verticale medio delle onde di taglio relativamente al volume di sottosuolo sotteso allo stendimento realizzato.

La tecnica MASW consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione delle Vs nel sottosuolo limitatamente ad una trentina di metri di profondità.

2 INDAGINE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza 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 si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo *attivo* e metodo *passivo* (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo *attivo* le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo *passivo* lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

Le presenti indagini sono state effettuate con il metodo MASW *attivo* che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi

30 m di profondità. Sono state inoltre effettuate acquisizioni con il metodo passivo che è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
- la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
- la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, 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 assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.

3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche in oggetto è stato utilizzato un sismografo DoReMi della SARA elect., che può essere composto da un numero variabile di canali, ciascuno dei quali presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tipo Convertitore A/D:	SAR
- Input span del convertitore:	5V
- Bit:	16
- Rapporto segnale rumore @ 500 SPS, gain 27dB	90dB
- Rapporto segnale rumore @ 1000 SPS, gain 27dB	89dB
- Rapporto segnale rumore @ 10000 SPS, gain 27dB	88dB
- Tipo di ingresso:	differenziale non bipolare
- Impedenza d'ingresso:	>100kohm
- Reiezione di modo comune:	>60dB
- Frequenza massima di campionamento:	20000 Hz
- Filtro passa basso:	4 poli 200Hz
- Filtro passa alto:	1 polo 2Hz
- Microprocessore:	8 bit RISC
- Frequenza di clock:	11.0592Mhz
- Massima sfasatura di campionamento fra i canali:	<30ppm
- Massimo errore di trigger fra i canali:	630 nanosecondi
- Memoria per canale:	64000 bytes
- Numero massimo campioni:	30000
- Frequenze di campionamento:	200,300,500,1000,1500,2000,3000,4000,5000,6000,8000,10000,20000
- Numero massimo di canali collegabili:	255
- Consumo di energia:	< 0.3W per elemento (< 30mA @ 12V)
- Protezioni ingressi analogici:	+/-1.5kV
- Protezione linea di alimentazione:	anti inversione batteria fusibile su unità di testa overvoltage 18V max per 2 secondi
- Protezione linea di comunicazione	+/- 1.5kV
- Lunghezza massima stendimento senza alimentazioni supplementari:	240m (dist.intergeof 5mt)
- Lunghezza massima stendimento con alimentazioni supplementari:	1000 m
- Geofoni raccomandati:	Geospace GS11D 4kohm 4.5Hz
- Diagnosi:	stato memoria (ok/non-ok)
- Velocità di comunicazione:	115200 baud N,8,1

In particolare per queste indagini sono stati utilizzati 16 canali (con cavo avente spaziatura max di 5 metri) con la relativa strumentazione e attrezzatura di seguito elencata:

- 16 geofoni verticali Geospace da 4,5 Hz;
- Tripodi per geofoni verticali;
- Sensore per Trigger;
- Shot plate in duralluminio;
- Mazza da Kg. 8;
- Interfaccia DoReMi;
- PC portatile.

4 RISULTATI

L'indagine MASW in oggetto è stata eseguita con la seguente configurazione:

N.Geofoni	Step Intergeofonico	Lunghezza Stendimento	Passo di campionamento	Lunghezza finestra di acquisizione
16	2,00 metri	30,00 metri	1,00 millisc.	4 sec.

Per ciascun stendimento sono state effettuate 3 battute ad una distanza dal primo geofono pari a 2,00 metri ed ulteriori 3 battute ad una distanza di 3,00 metri dal primo geofono. Analoga procedura è stata effettuata in corrispondenza dell'ultimo geofono. Pertanto per ciascun stendimento sono state realizzate in totale 12 acquisizioni.

Data la rumorosità del sito, per ciascun stendimento si è scelto di utilizzare anche il rumore ambientale attraverso delle acquisizioni passive (ReMi). In pratica, utilizzando 16 geofoni, sono state eseguite delle acquisizioni di 20 secondi del rumore di fondo in modo da caratterizzare meglio i terreni più profondi mediante le analisi delle basse frequenze. Per le ReMi è stata utilizzata la seguente configurazione:

N. Geofoni	Step Intergeofonico	Lunghezza Stendimento	Passo di campionamento	Lunghezza finestra di acquisizione
16	2,50 metri	37,50 metri	2,00 millisc.	20 sec.

1- Dati sperimentali MASW

Numero di ricevitori	16
Numero di campioni temporali.....	4000
Passo temporale di acquisizione	1.00ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	16
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	3999ms

Nelle pagine seguenti vengono riportati i risultati della Masw abbinata alla relativa ReMi, corrispondenti allo stendimento denominato A-A', eseguita sul sito in oggetto. Il punto A dello stendimento è ubicato in prossimità del primo geofono. In merito alla scelta dell'ubicazione delle indagini si rimanda alla relazione geologico-tecnica.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

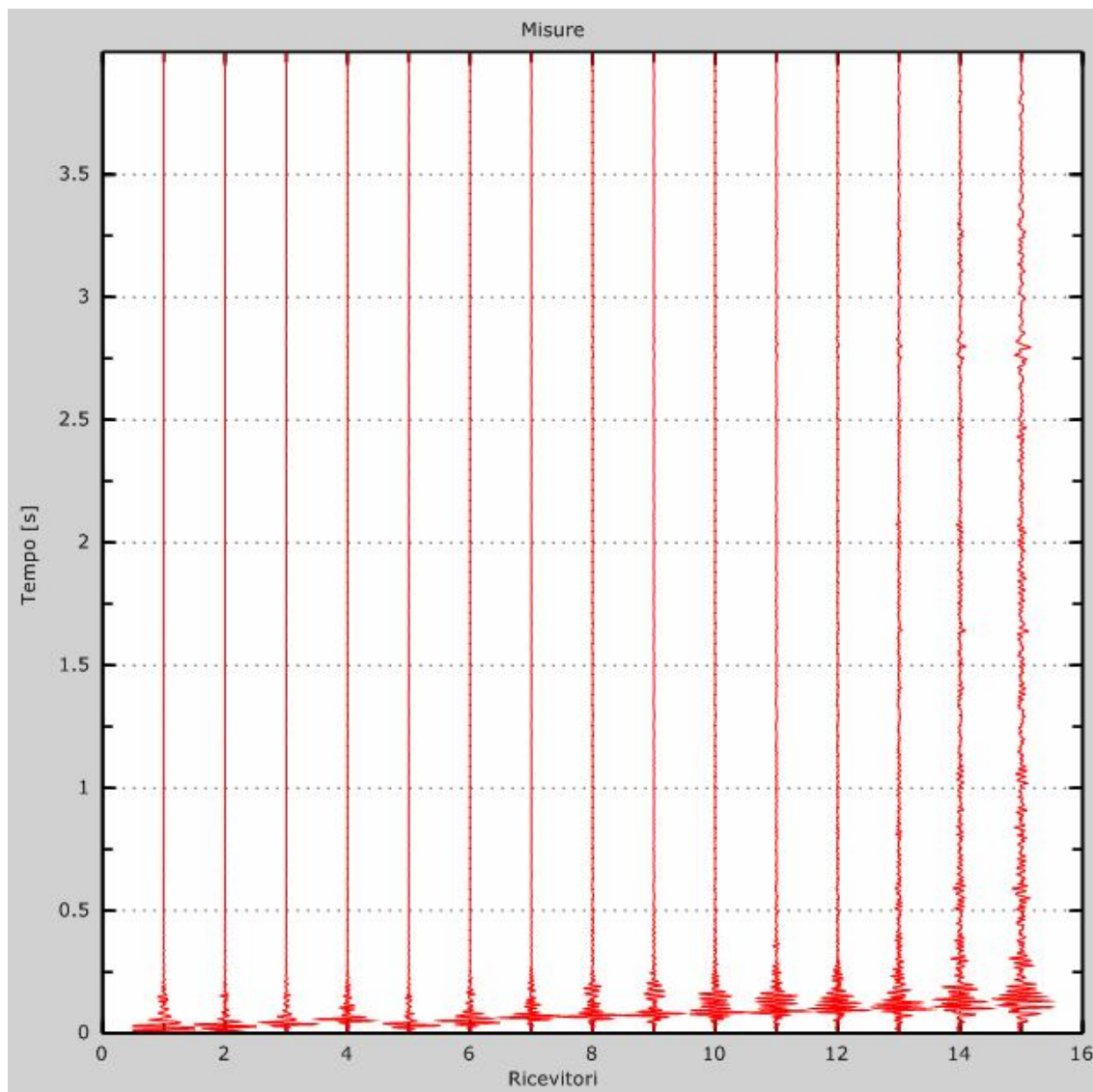


Figura 3 (A-A): Tracce sperimentali MASW

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

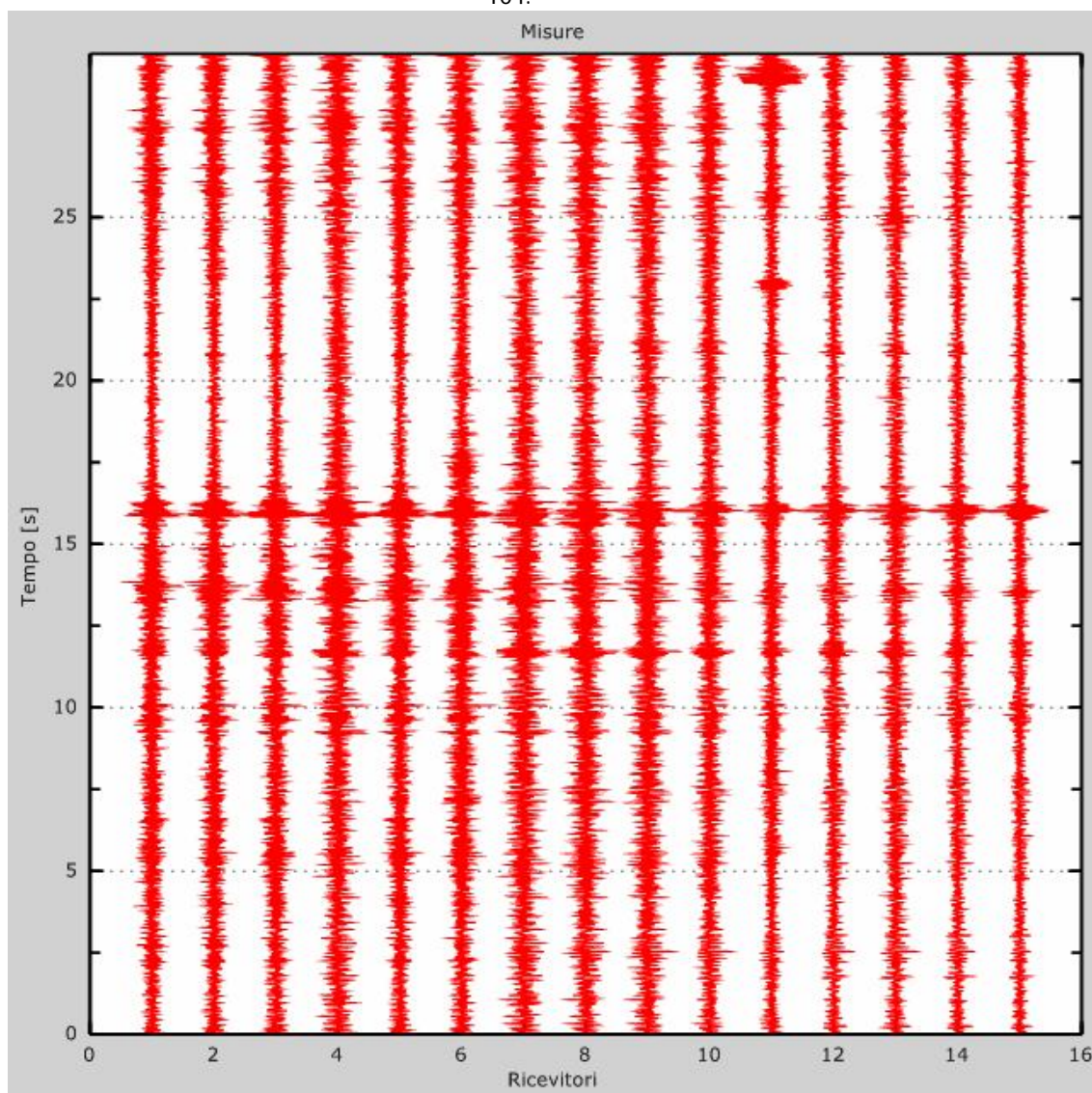


Figura 3.1 (A-A'): Tracce sperimentali ReMi

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
 Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
 di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
 104.

2- Risultati delle analisi (A-A')

Frequenza finale..... 50Hz

Frequenza iniziale..... 2Hz

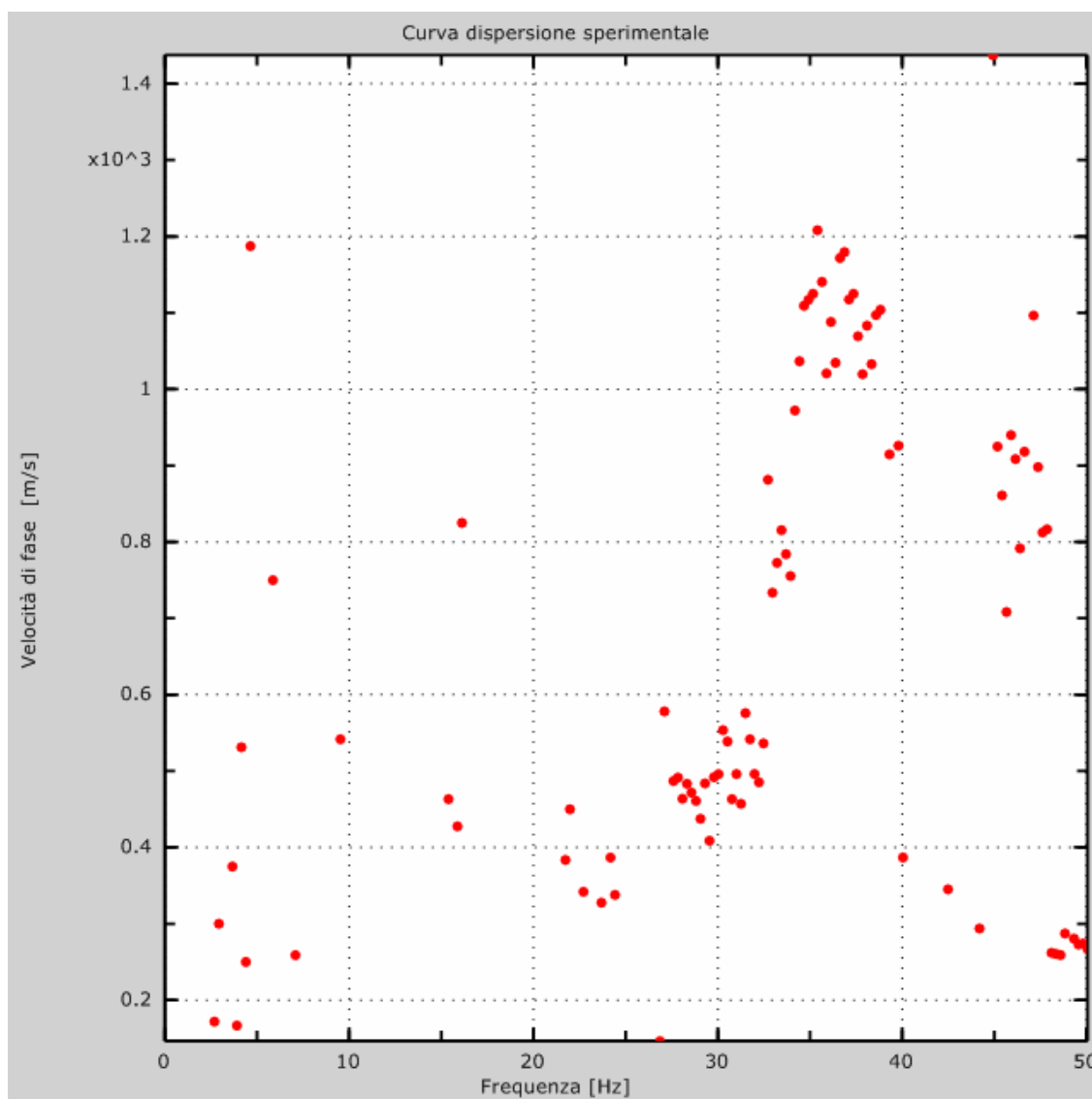


Figura 4 (A-A'): Spettro f-k e Curva dispersione sperimentale MASW

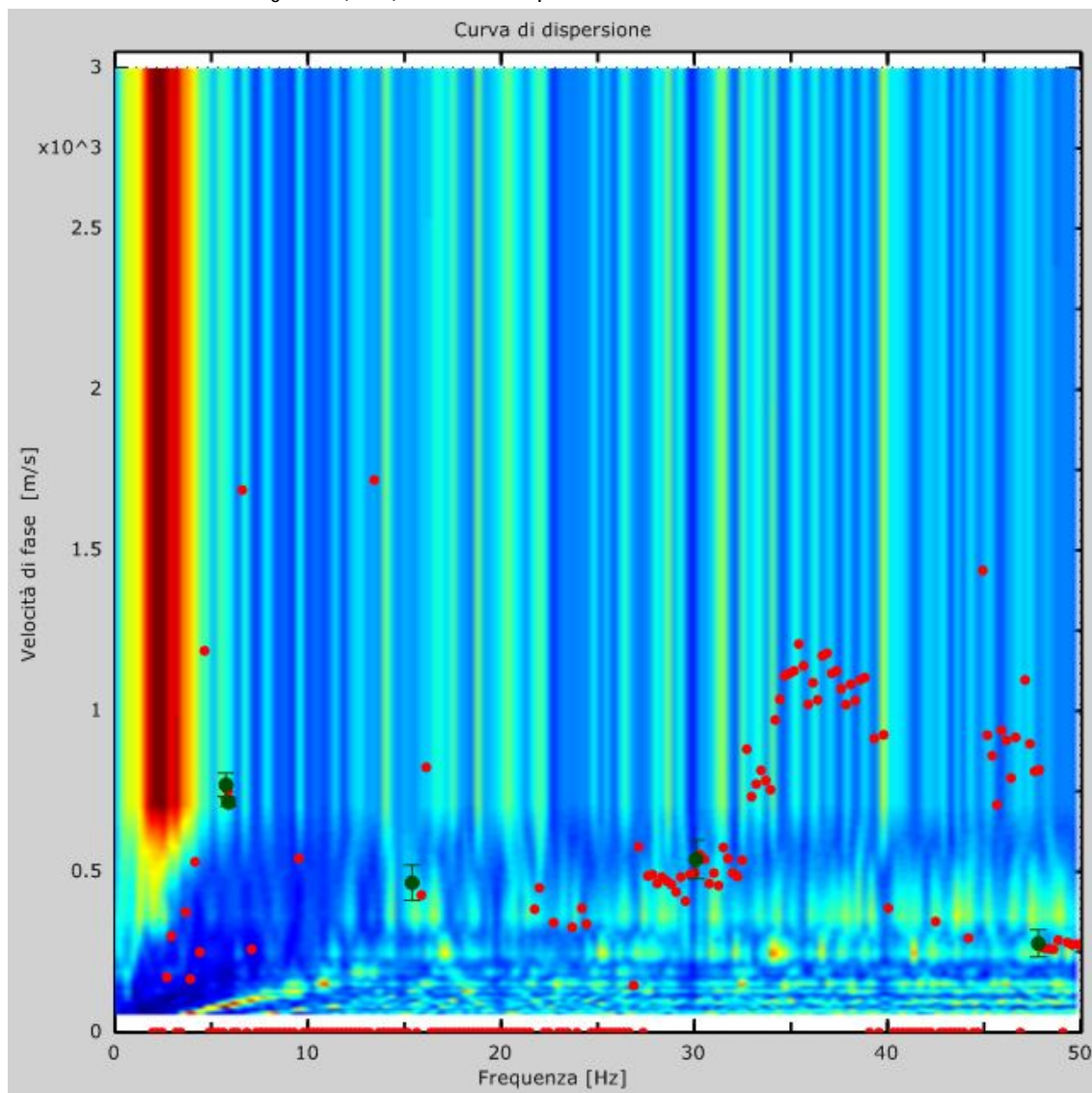
Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.

Tabella 1(A-A'): Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.75916	770.349	733.799	806.899
5.88754	715.524	703.34	727.707
15.3875	465.764	410.939	520.59
30.0867	538.865	477.948	599.782
47.8028	276.922	234.28	319.564

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

Figura 5 (A-A'): Curva di dispersione MASW + ReMi



4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	4
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori.....	15
Numero modi.....	5

Strato 1

h [m].....	5
z [m].....	5
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	308
Vp [m/s].....	503
Vs min [m/s].....	154
Vs max [m/s]	615
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	308

Strato 2

h [m].....	3
z [m].....	8
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	599
Vp [m/s].....	978
Vs min [m/s].....	154
Vs max [m/s]	899
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	599

Strato 3

h [m].....	24
z [m].....	32
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	518
Vp [m/s].....	846
Vs min [m/s].....	299
Vs max [m/s]	777
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	518

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.

Strato 4

h [m]..... 0
 z [m]..... -00
 Densità [kg/m³] 1800
 Poisson..... 0.2
 Vs [m/s] 856
 Vp [m/s]..... 1398
 Vs min [m/s]..... 428
 Vs max [m/s] 1712
 Falda non presente nello strato
 Strato non alluvionale
 Vs fin.[m/s]..... 856

Riassumendo si ha:

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	5.00	00.00-05.00	308
2	3.00	05.00-08.00	599
3	24.00	08.00-32.00	518
4		32.00-.....	856

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

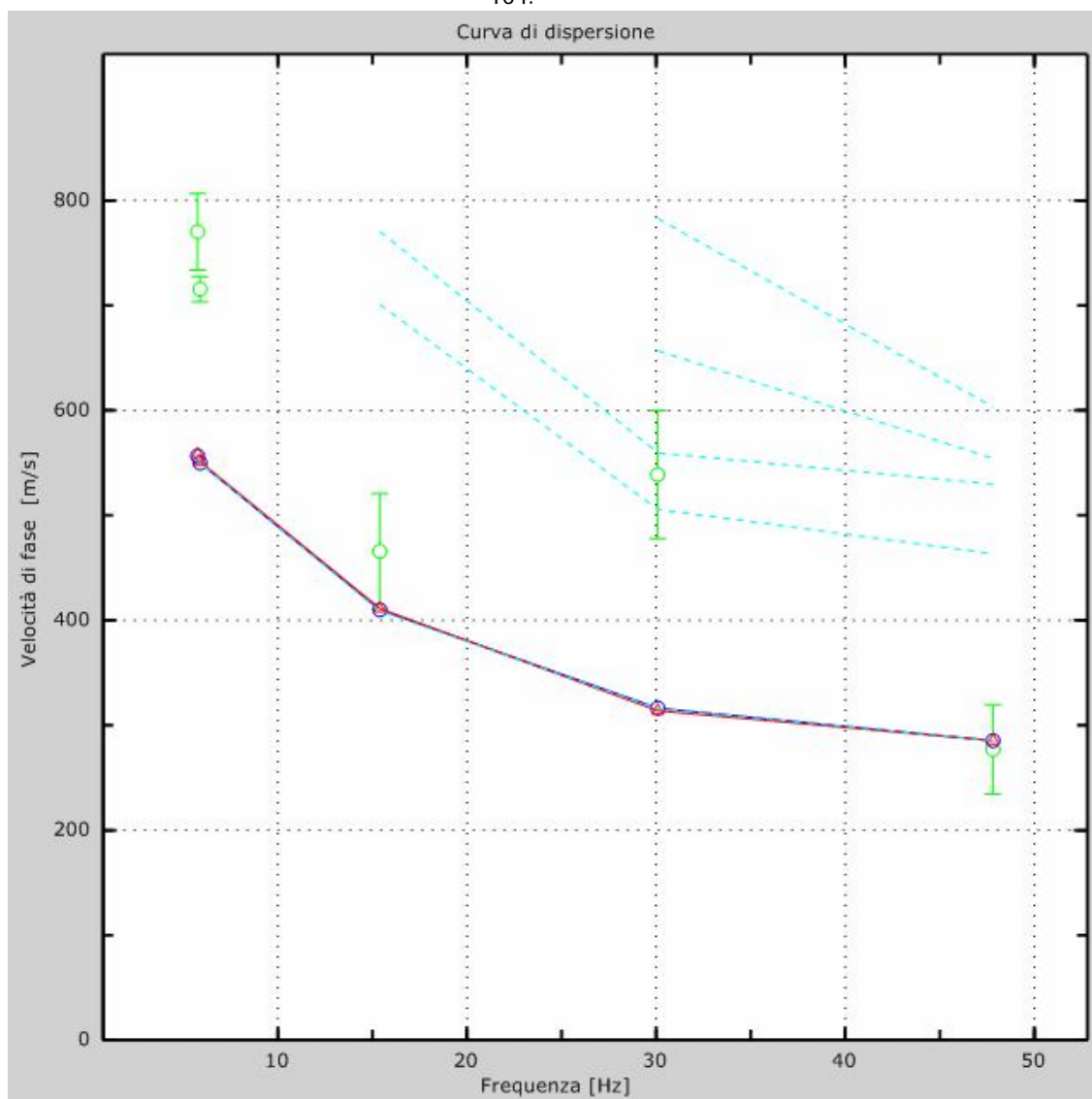


Figura 6 (A-A') : Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva
apparente(blu), curva numerica (rosso)

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.

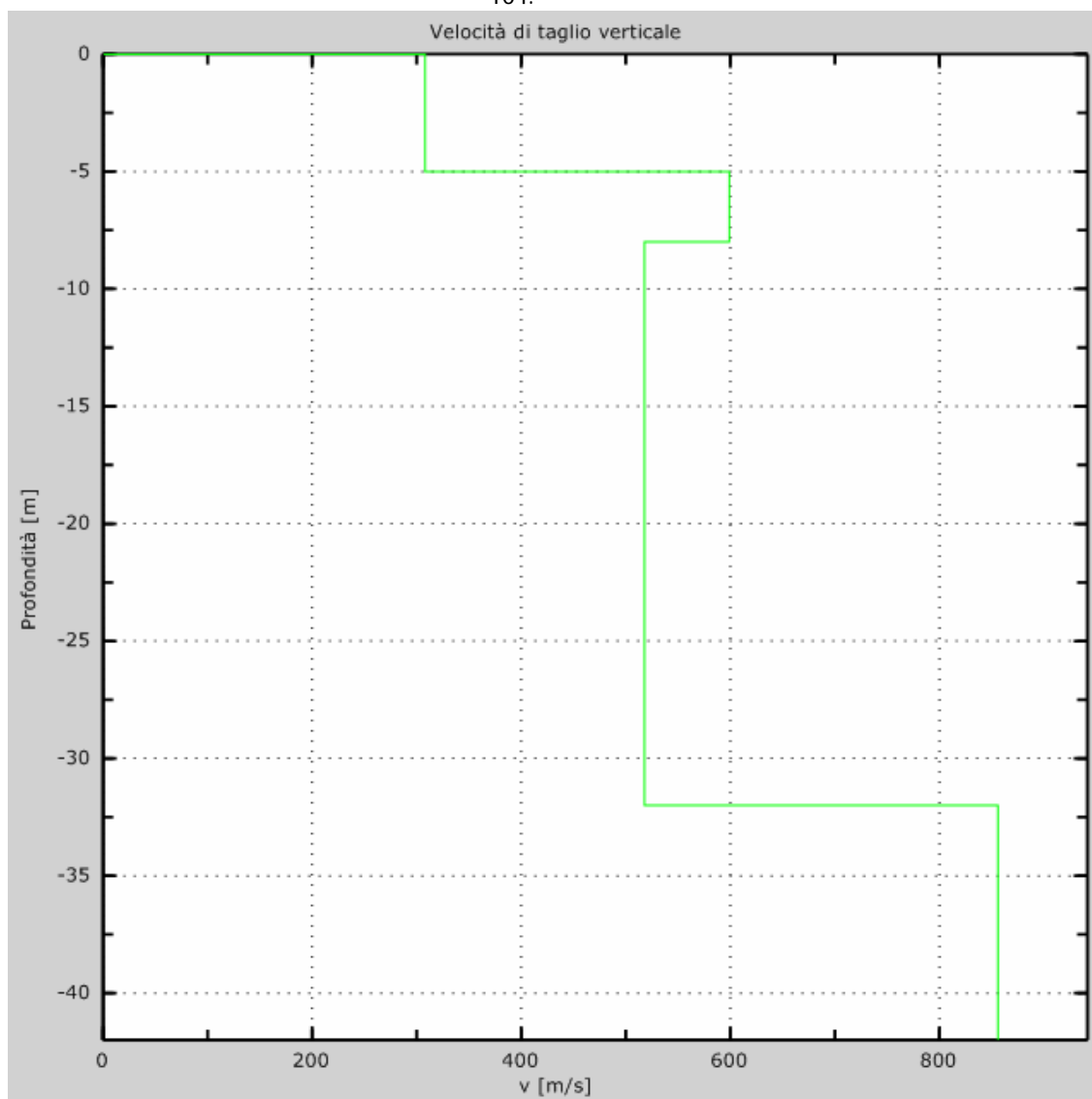


Figura 7 (A-A'): Profilo Vs numerico

Dall'indagine MASW è stato ricostruito un profilo monodimensionale a 3 strati dell'andamento delle Vs in sottosuolo. La prova fornisce un'elevata risoluzione negli strati superficiali del terreno, riducendosi progressivamente con la profondità, garantendo comunque una caratterizzazione sismostratigrafica di buon dettaglio entro i primi 30 metri di profondità.

Nella figura 7 viene rappresentato in verde il profilo monodimensionale estrapolato dal processo di inversione spinto fino al raggiungimento dell'errore minimo.

Dal modello ottenuto si evince una porzione di sottosuolo (da 0 m. fino a 5,00 m. circa) con valori medi di Vs pari a 308,00 m/s, una porzione sottostante (da 5,00

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.

Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa 104.

m. fino a 08,00 m. circa) con valori medi di Vs pari a 599,00 m/s, a cui segue una inferiore (da 08,00 m. fino a 32,00 m.) con valori medi di Vs pari a 518,00 m/s.

Sulla scorta delle Vs acquisite, stimando le Vp ed il peso di volume (γ) in base a valori ottenuti su terreni similari, di seguito si riportano i parametri elasto-dinamici:

Profondità (m)	Velocità Vp stimata (m/s)	Velocità Vs (m/s)	Modulo di Rigidità μ (Kg/cm ²)	Modulo di Elasticità E (Kg/cm ²)	Modulo di Volume K (Kg/cm ²)	POISSON ν	Peso di volume γ (g/cm ³)
00.00-05.00	502,00	308,00	3070,48	8290,29	9211,43	0,20	1,80
05.00-08.00	978,00	599,00	4693,17	12577,70	13101,77	0,20	1,80
08.00-32.00	846,00	518,00	13470,32	32328,76	17960,42	0,20	1,80
32.00-.....	1398,00	856,00	31500,50	75601,20	42000,67	0,20	1,80

Il rapporto di Poisson (ν) indica la misura del cambiamento geometrico della forma di un corpo elastico e varia da 0,2 a 0,3 per le rocce compatte, da 0,3 a 0,35 per le sabbie e da 0,4 a 0,5 per le argille.

Indagine sismica congiunta MASW e Re.Mi.
Istanza di qualificazione urbanistica di terreni a vincolo di destinazione urbanistica scaduti per il lotto
di terreno sito in Belpasso – Frazione Piano Tavola – via Pio La Torre in Catasto al Foglio 76 – part.IIa
104.

3- Risultati finali (A-A')

Durante l'esecuzione dell'indagine sono state eseguite le battute in prossimità del
primo e dell'ultimo ricevitore

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0

$V_{s_{eq}}$ [m/s].....**453**

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo,
argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

Il sottosuolo in oggetto è dunque riconducibile alla **categoria B** di cui al D.M.
17/01/2018.

Il Geologo
Dott. GIUSEPPE MAUGERI

