

COMMITTENTE	
<i>PV ITALY 009 S.R.L.</i>	
TIPO DOCUMENTO	
RAPPORTO TECNICO INDAGINI GEOFISICHE CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO E CALCOLO DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$ - D.M. 17.01.2018 -	
OGGETTO	
PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 238,8 MWP IN TERRITORIO DI VIZZINI, MINEO (CT) E GIARRATANA (SR)	
	
DATA INDAGINE-	IL TECNICO
Giugno 2021	Dott. Geol. Domenico Boso

INDICE

1. PREMESSA	3
2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	4
2.1 Prospezione MASW	4
2.2 Strumentazione utilizzata	5
2.2.1 Bibliografia	6
2.3 Risultati delle prospezioni	7
2.4 Descrizione dei risultati	39
3. PROSPEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA.....	42
3.1 Cenni Teorici	42
3.2 Strumentazione utilizzata	44
3.3 Risultati delle prospezioni	45
3.1 Descrizione dei risultati	58
4. PROSPEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA.....	60
4.1 Strumentazione utilizzata	64
4.2 Sezione elettrica tomografica ERT01	65
4.3 Sezione elettrica tomografica ERT02	65
4.4 Descrizione dei risultati	66
5. APPENDICE FOTOGRAFICA.....	67

QUADRO D'UNIONE DELLE TAVOLE ALLEGATE

ALLEGATI:

All.1a° - Planimetria con ubicazione delle indagini – scala 1:10.000 Vizzini Est

All.1b° - Planimetria con ubicazione delle indagini – scala 1:10.000 Vizzini

All.1c° - Planimetria con ubicazione delle indagini – scala 1:10.000 Vizzini Nord

1. PREMESSA

Nel presente documento sono illustrati i risultati di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche effettuata su incarico della Società P.V. Italy 009 s.r.l. a supporto dello studio geologico relativo al progetto di un impianto fotovoltaico da 238,8 Mwp da realizzare principalmente nel territorio del comune di Vizzini, e marginalmente in territorio di Mineo e Giarratana.

In questa sede le indagini sono state effettuate a campione ed in maniera il più possibile rappresentativa nelle aree prescelte per il progetto; naturalmente non tutte le aree verranno utilizzate per la realizzazione dei campi fotovoltaici, infatti alcune saranno destinate alle misure di mitigazione, altre verranno del tutto tralasciate.

Sono state effettuate le seguenti indagini geofisiche,

- N. 32 prospezioni MASW per la definizione della sismostratigrafia e della categoria del sottosuolo, ai sensi del D.M. 17.01.18;
- N. 13 prospezioni sismiche tomografiche a rifrazione per la definizione di sezioni bidimensionali ad elevata risoluzione del sottosuolo;
- N. 2 Tomografie elettriche per la definizione di sezioni georesistive bidimensionali ad elevata risoluzione del sottosuolo.

Le prove sono ubicate nell'allegata cartografia in scala 1:10.000.

2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La nuova normativa tecnica sulle costruzioni, il D.M. 17.01.2018, a differenza delle precedenti (D.M. 14.01.08), di cui recepisce gran parte dei contenuti, introduce il concetto di “*velocità equivalente* $V_{s,eq}$ ”, che viene calcolata attraverso l’espressione:

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

dove H rappresenta la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore ad 800 m/s. Per terreni con profondità H del substrato superiore o pari a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati del terreno fino a quella profondità.

2.1 PROSPEZIONE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva 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 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 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 rigidità 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 rigidità del suolo. Nella presente indagine si effettua il metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo 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):

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. 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, 2001-2, 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.

Per le prospezioni del presente lavoro è stata utilizzata una configurazione a 24 canali, step 1,5 m, offset 3 m, per una lunghezza totale

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche in oggetto è stato utilizzato un sismografo a memoria incrementale per sismica a rifrazione e riflessione della MAE, modello A6000-S a 24 canali con risoluzione del segnale a 24 bit per canale.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata.

DATI TECNICI DELLA STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

MODELLO SISMOGRAFO	N. CANALI	
M.A.E. A-6000-S	24 (differenziali)	
CONVERSIONE A/D	CAMPIONI PER CANALE	
24 bit a singolo canale	10.922	
CAMPIONAMENTO	LARGHEZZA DI BANDA	
50-50.000 camp./sec.	0-25 KHz	
BAND REJECT	AMPIEZZA MAX. IN INGRESSO	
110dB@50Hz	10Vpp,0dB	
FORMATO DATI	SISTEMA OPERATIVO	
SEG-2 standard	Windows XP Embedded	
IMPEDEENZA D'INGRESSO	RUMORE	
220 kOhm@0dB	250nV/@2mS, 36dB	

Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine geofisica, sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori

- N. 2 Cavi sismici multipolari in Purex da 60 metri, 12 take-out;
- N. 24 geofoni verticali, frequenza 4.5 Hz;
- N. 24 supporti in acciaio;
- Mazza battente strumentata con trigger e piastra di battuta in alufer;

2.2.1 Bibliografia

- Dorman, J., Ewing, M., 1962. Numerical inversion of seismic surface wave dispersion data and crust-mantle structure in the New York-Pennsylvania area. J.Geophys. Res. 67,5227-5241
- Louie, J., 2001. Faster, Better: Shear Wave Velocity to 100 meters Depth from Refraction Microtremor Arrays. Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 2, 347-364 aprile
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface. QR Raylw.Tech. Res.Inst., 30, 25-33.
- Nazarian, S. e Stokoe, K. H., 1984. In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves in Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering, vol.8, San Francisco, 21-28 luglio
- Park, C. B., R. D. Miller e Xia, J., 1999. Multi-channel analysis of surface waves, Geophys. 64, 800-808
- Rayleigh, W., 1885. On waves propagated along the plane surface of an elastic solid. London Mathematical Soc. Proc., 17:4-11
- Roma, V., 2006. Caratterizzazione sismica del sottosuolo con il metodo MASW.
- Romeo R.W., 2007. La risposta sismica locale per la progettazione strutturale. International Centre for Mechanical Sciences
- Dal Moro G., 2012. Onde di superficie nella Geofisica Applicata. Dario Flaccovio ed.

2.3 RISULTATI DELLE PROSPEZIONI

DENOMINAZIONE:
Profilo MW1

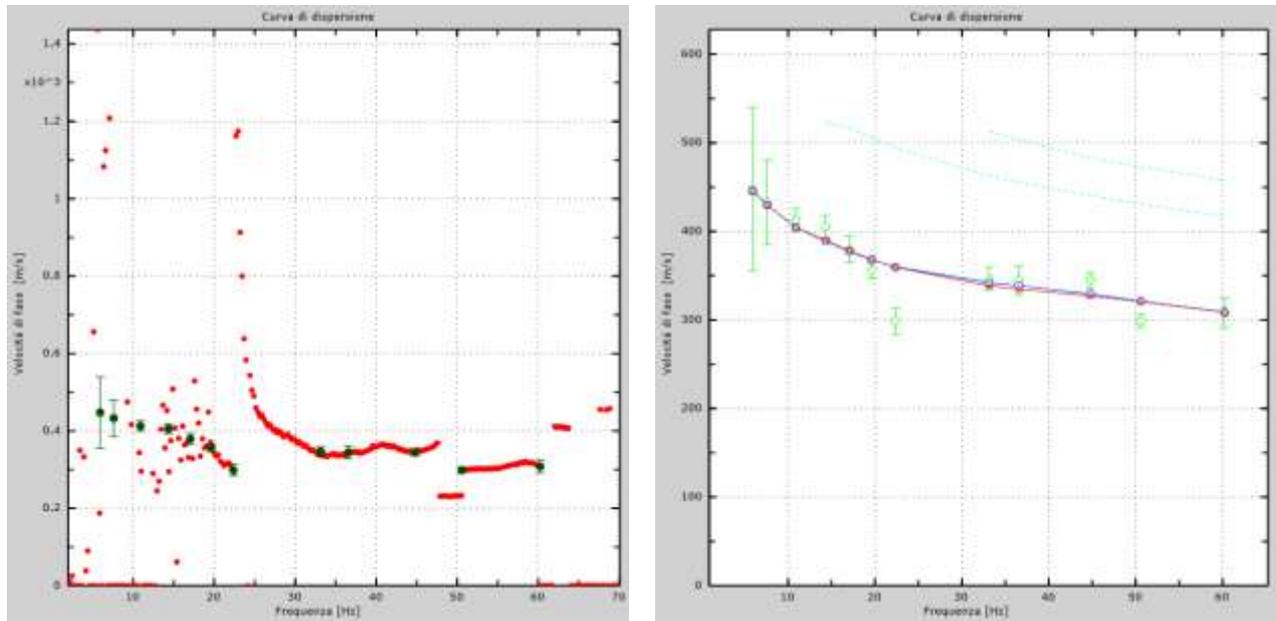
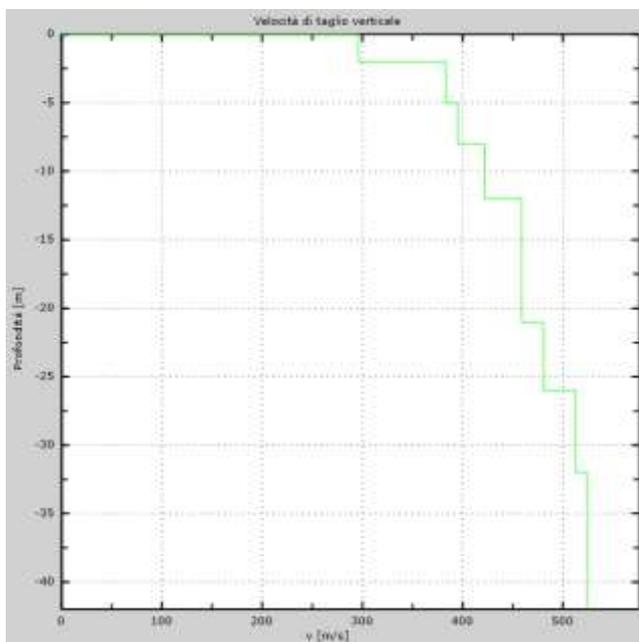


Figura 1 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	296	0,007
2	2.0-5.0	3,0	383	0,008
3	5.0-8.0	3,0	395	0,008
4	8.0-12.0	4,0	422	0,009
5	12.0-16.0	4,0	459	0,009
6	16.0-21.0	5,0	459	0,011
7	21.0-26.0	5,0	481	0,010
8	26.0-30.0	4,0	513	0,008
Σ	□	30,0	Σ	0,069
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 431,88	

Figura 2 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW2

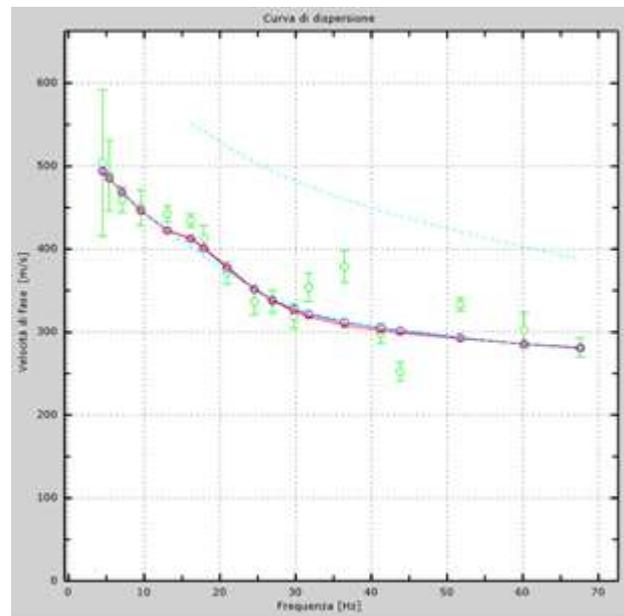
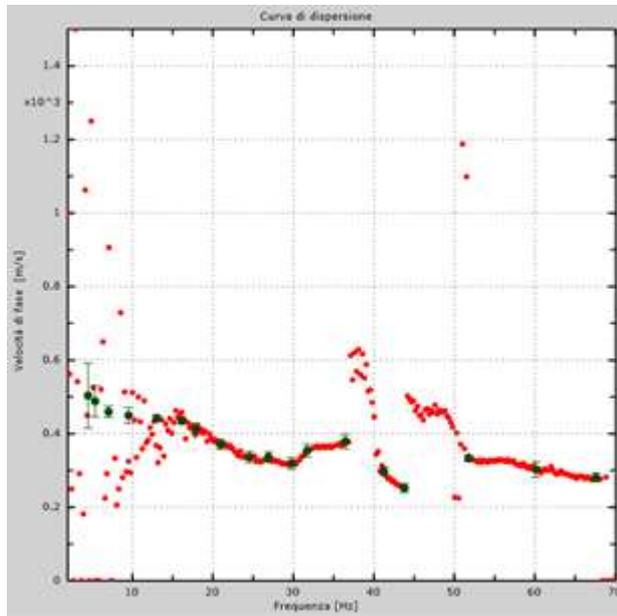
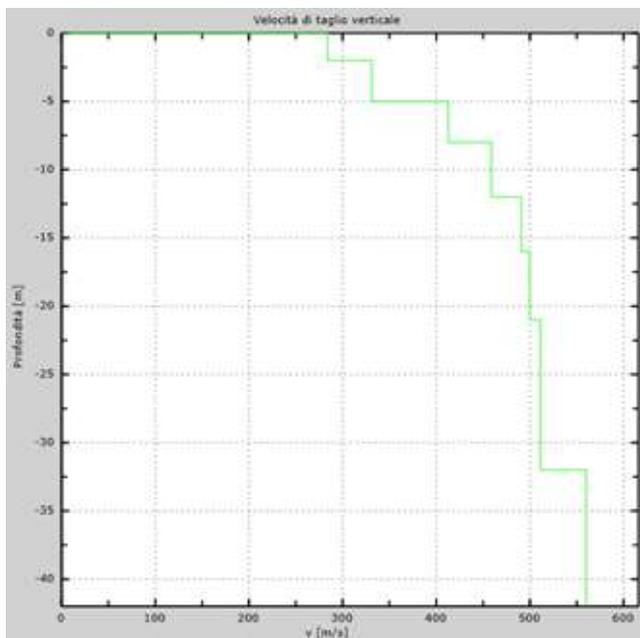


Figura 3 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	284	0,007
2	2.0-5.0	3,0	331	0,009
3	5.0-8.0	3,0	413	0,007
4	8.0-12.0	4,0	459	0,009
5	12.0-16.0	4,0	491	0,008
6	16.0-21.0	5,0	500	0,010
7	21.0-26.0	5,0	511	0,010
8	26.0-30.0	4,0	511	0,008
Σ	□	30,0	Σ	0,068
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 442,19	

Figura 4 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW3

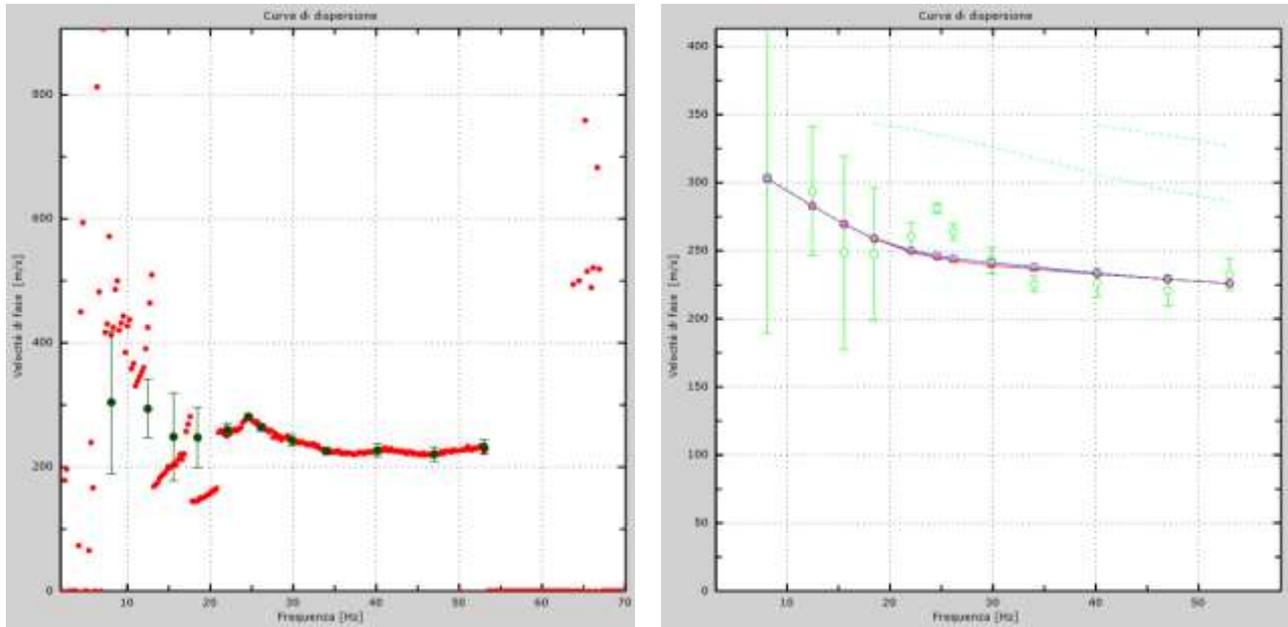
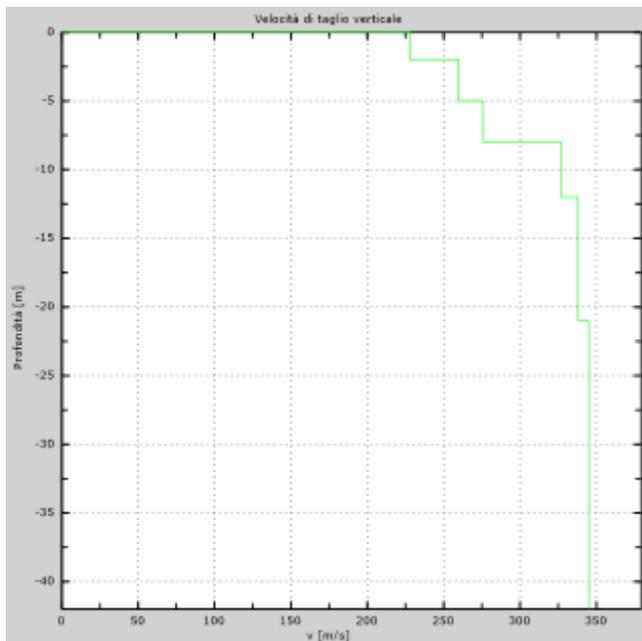


Figura 5 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	228	0,009
2	2.0-5.0	3,0	260	0,012
3	5.0-8.0	3,0	276	0,011
4	8.0-12.0	4,0	327	0,012
5	12.0-16.0	4,0	338	0,012
6	16.0-21.0	5,0	338	0,015
7	21.0-26.0	5,0	345	0,014
8	26.0-30.0	4,0	345	0,012
Σ	□	30,0	Σ	0,096
Categoria sottosuolo: C			Vs,eq = 312,09	

Figura 6 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW4

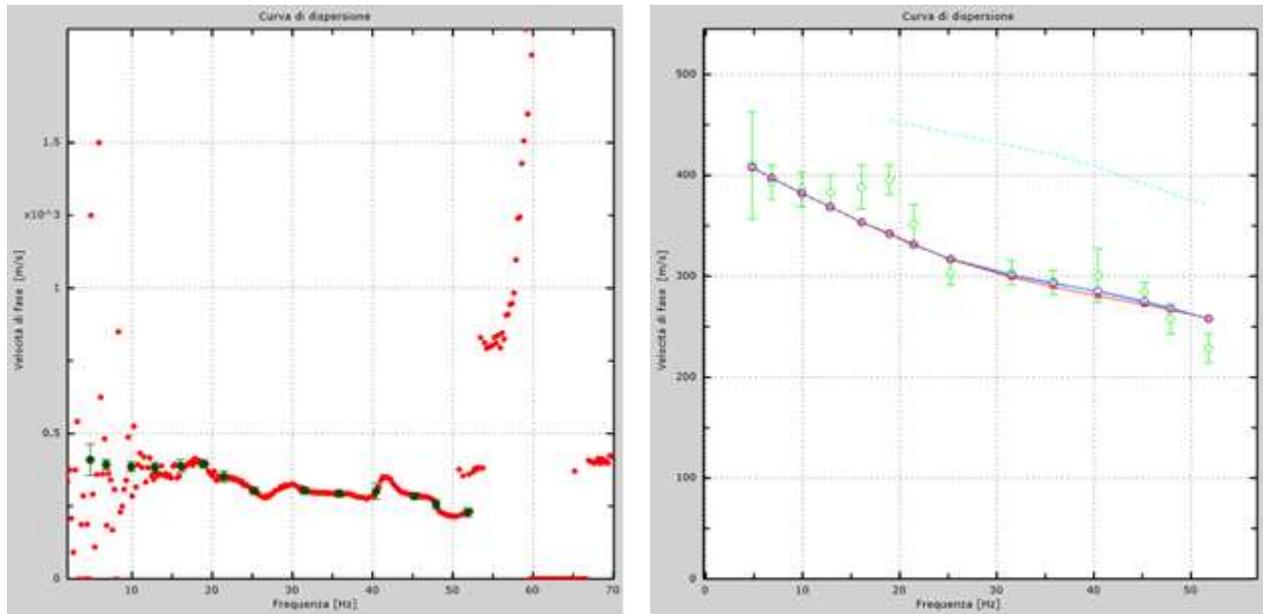
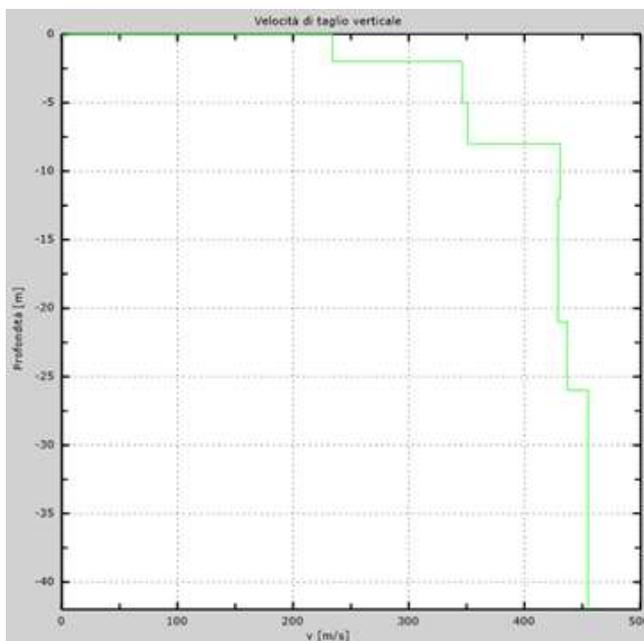


Figura 7 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	234	0,009
2	2.0-5.0	3,0	346	0,009
3	5.0-8.0	3,0	351	0,009
4	8.0-12.0	4,0	431	0,009
5	12.0-16.0	4,0	429	0,009
6	16.0-21.0	5,0	429	0,012
7	21.0-26.0	5,0	437	0,011
8	26.0-30.0	4,0	455	0,009
Σ	□	30,0	Σ	0,076
Categoria sottosuolo: B			Vs_{eq} = 393,41	

Figura 8 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW5

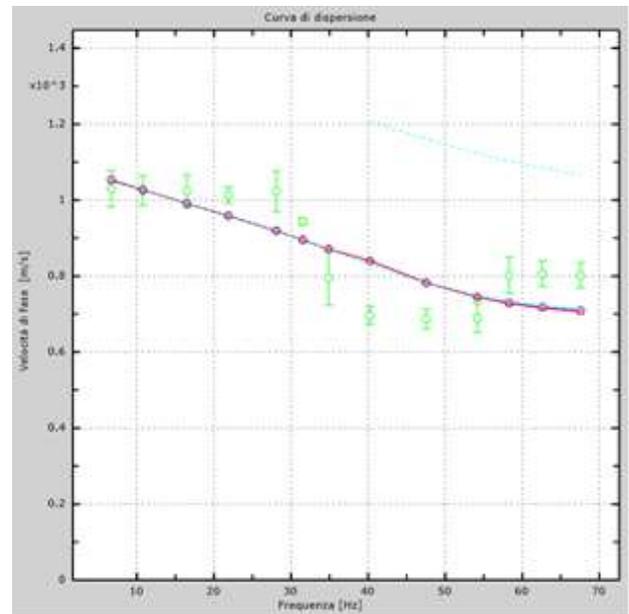
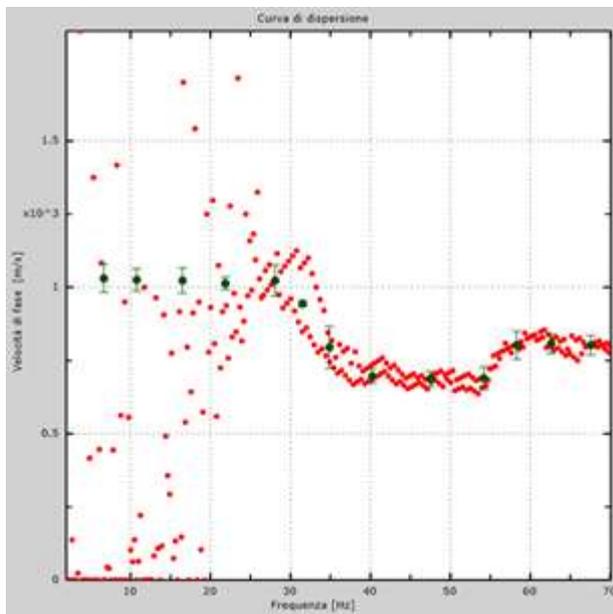
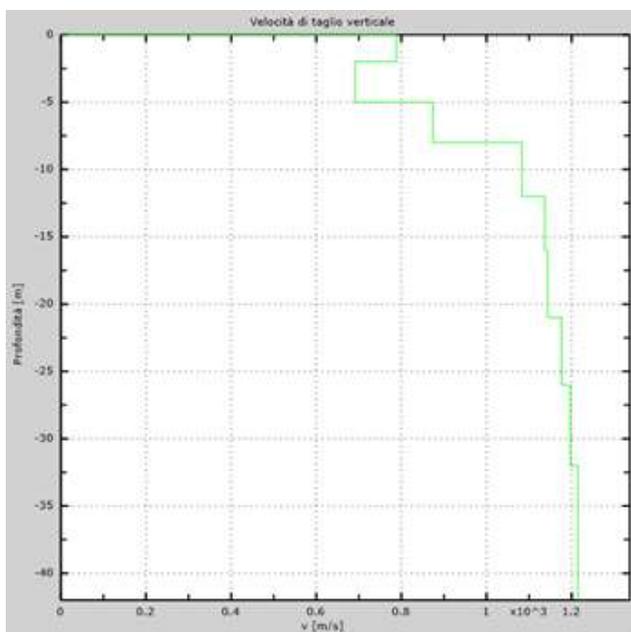


Figura 9 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	788	0,003
2	2.0-5.0	3,0	691	0,004
3	5.0-8.0	3,0	874	0,003
4	8.0-12.0	4,0	1083	0,004
5	12.0-16.0	4,0	1137	0,004
6	16.0-21.0	5,0	1144	0,004
7	21.0-26.0	5,0	1176	0,004
8	26.0-30.0	4,0	1197	0,003
Σ		30,0	Σ	0,007
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 726,79	

Figura 10 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW6

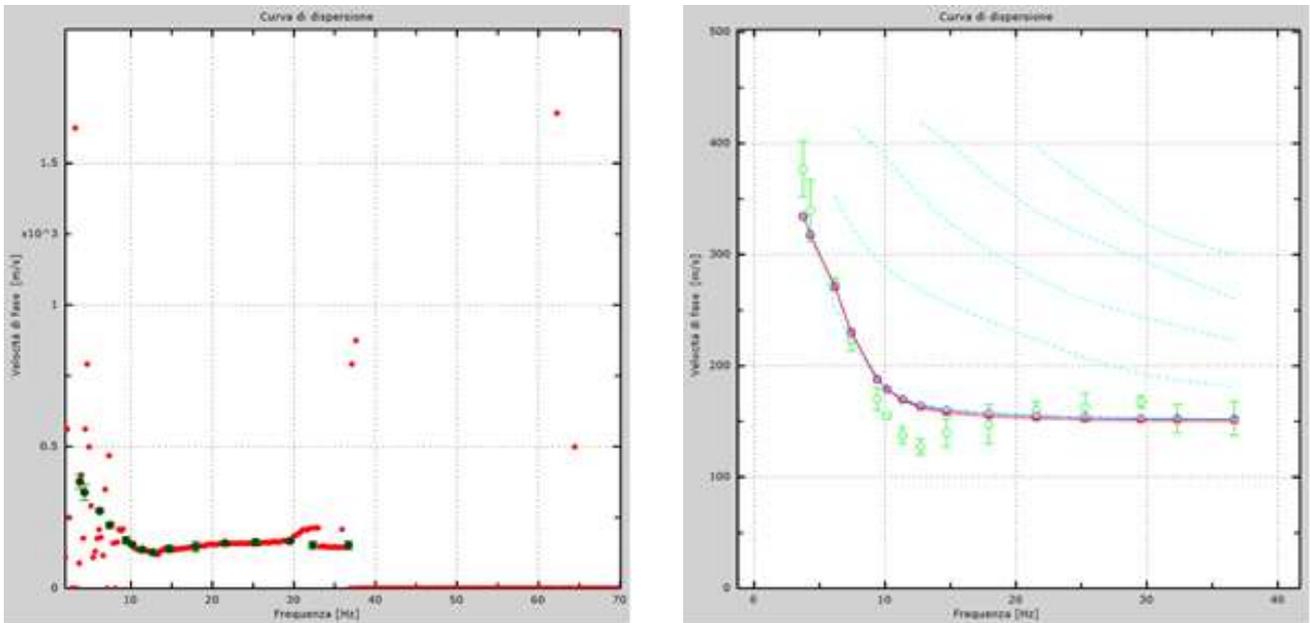
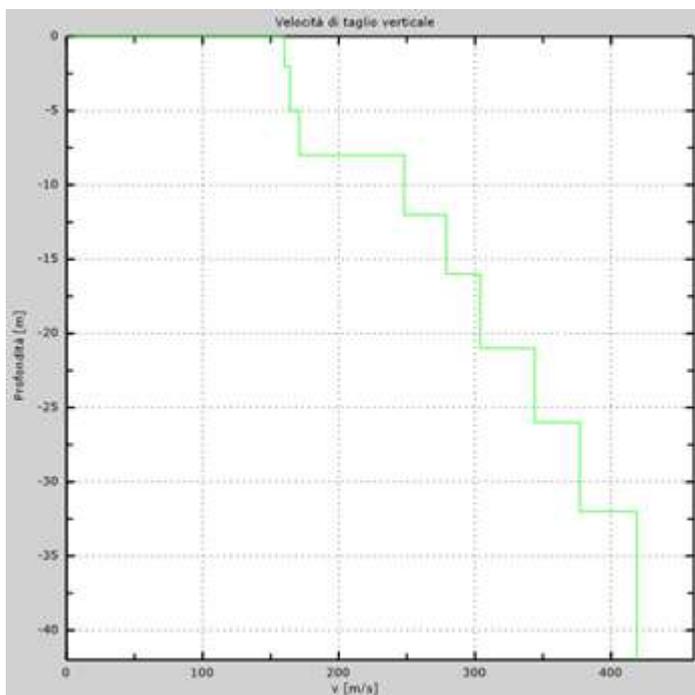


Figura 11 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	161	0,012
2	2.0-5.0	3,0	164	0,018
3	5.0-8.0	3,0	171	0,018
4	8.0-12.0	4,0	248	0,016
5	12.0-16.0	4,0	279	0,014
6	16.0-21.0	5,0	304	0,016
7	21.0-26.0	5,0	344	0,015
8	26.0-30.0	4,0	377	0,011
Σ	□	30,0	Σ	0,120
Categoria sottosuolo: C			V_{s,eq} = 249,34	

Figura 12 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW7

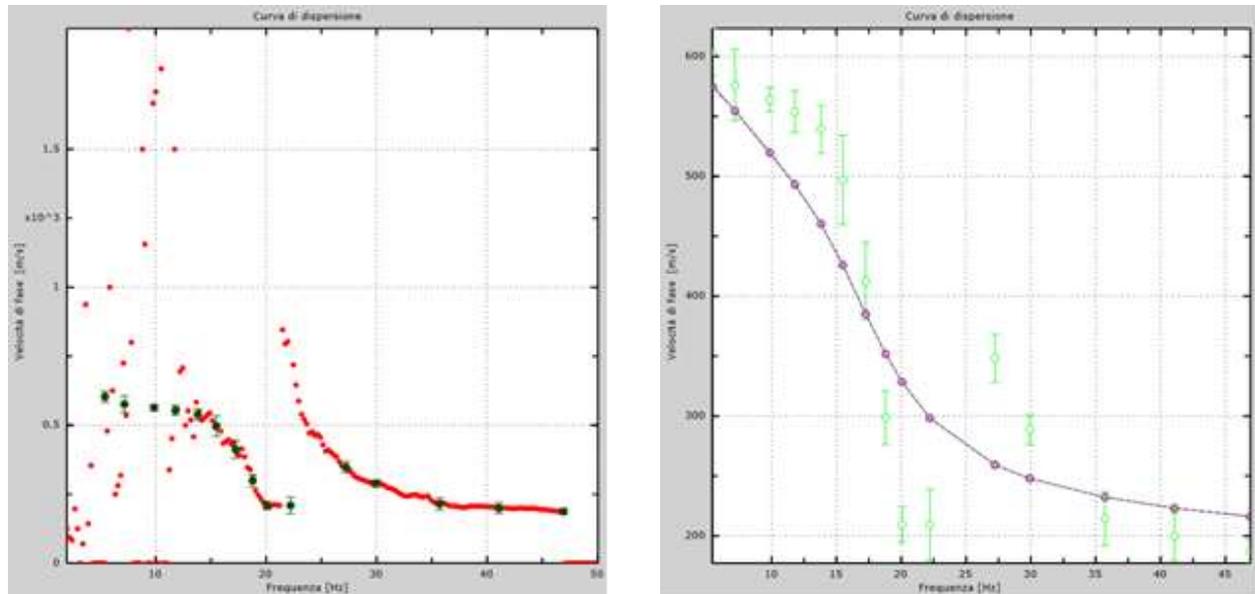
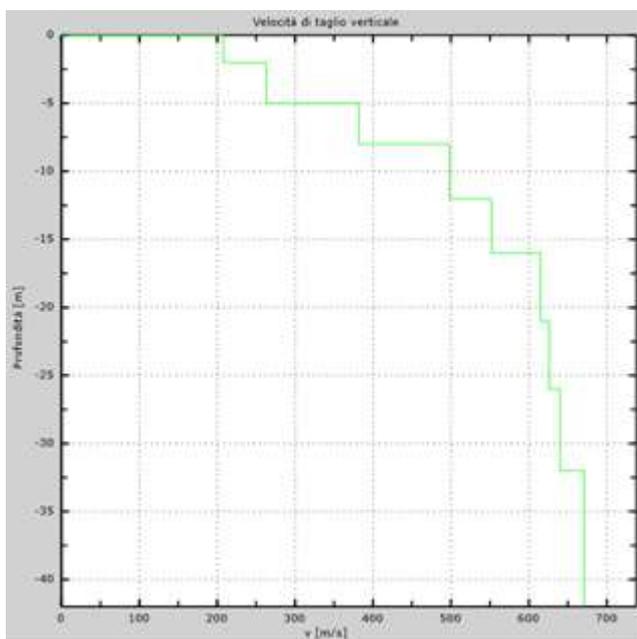


Figura 13 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	208	0,010
2	2.0-5.0	3,0	263	0,011
3	5.0-8.0	3,0	382	0,008
4	8.0-12.0	4,0	498	0,008
5	12.0-16.0	4,0	552	0,007
6	16.0-21.0	5,0	615	0,008
7	21.0-26.0	5,0	626	0,008
8	26.0-30.0	4,0	640	0,006
Σ		30,0	Σ	0,067
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 451.08	

Figura 14 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW8

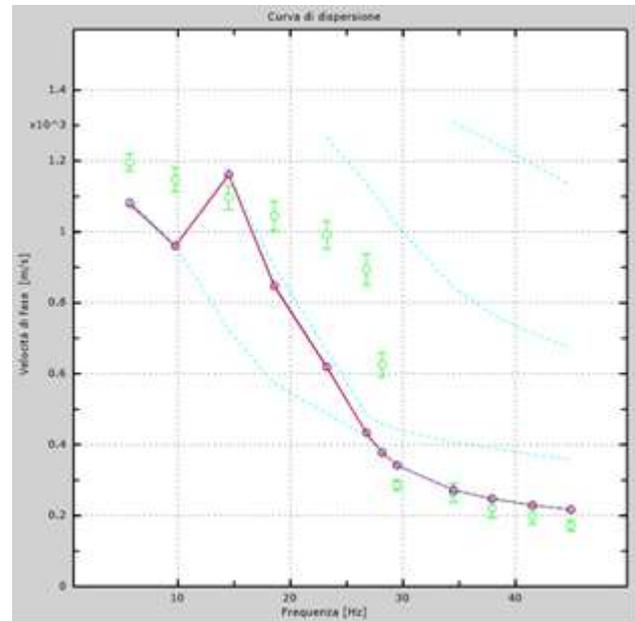
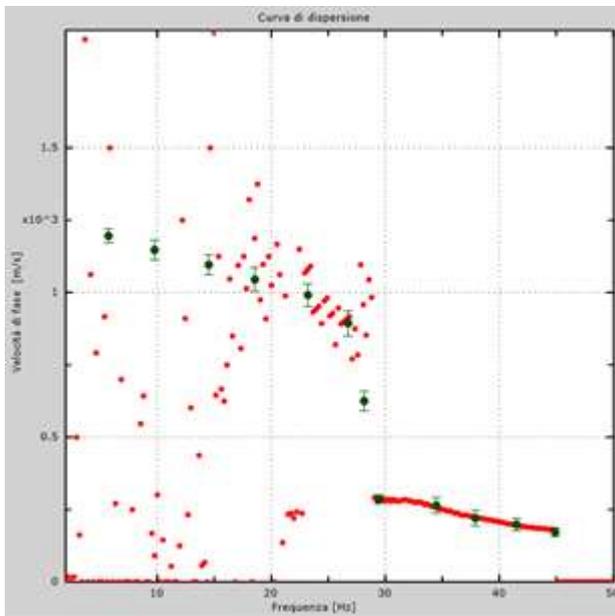
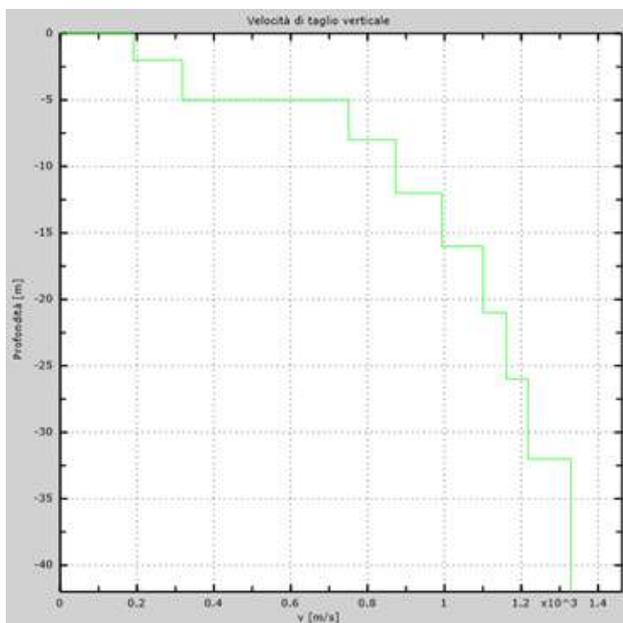


Figura 15 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	191	0,010
2	2.0-5.0	3,0	318	0,009
3	5.0-8.0	3,0	751	0,004
4	8.0-12.0	4,0	873	0,005
5	12.0-16.0	4,0	993	0,004
6	16.0-21.0	5,0	1101	0,005
7	21.0-26.0	5,0	1161	0,004
8	26.0-30.0	4,0	1218	0,003
Σ	□	30,0	Σ	0,024
Categoria sottosuolo: C			V_{S,eq} =	334,73

Figura 16 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW9

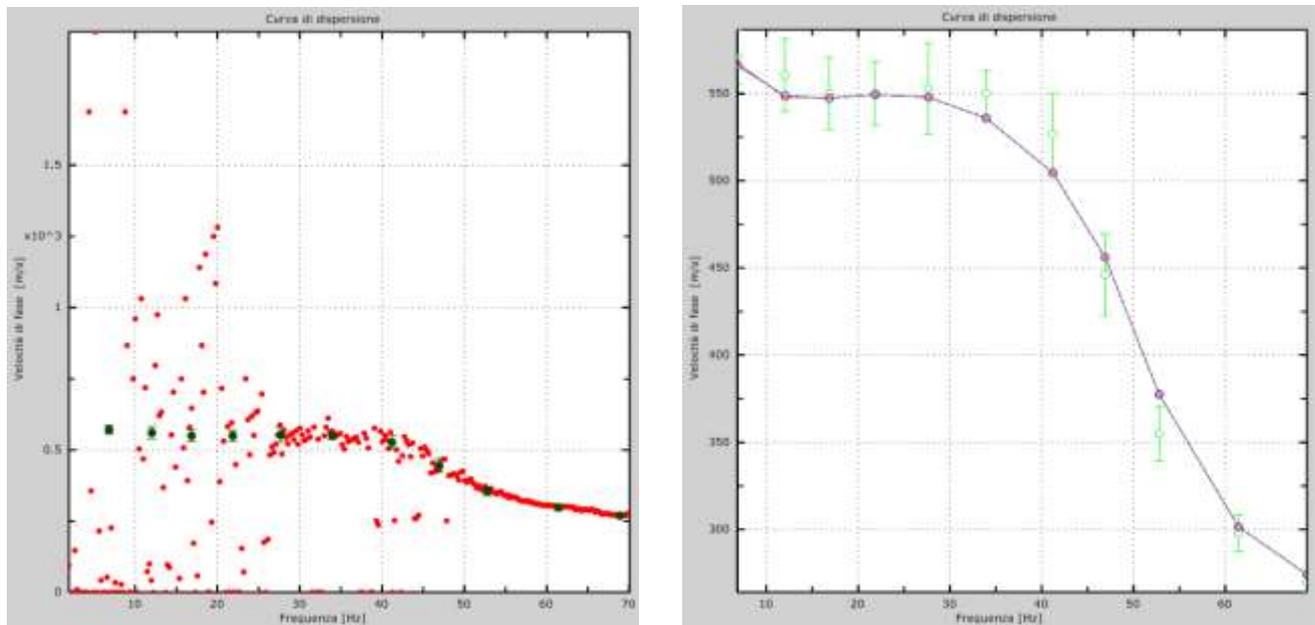
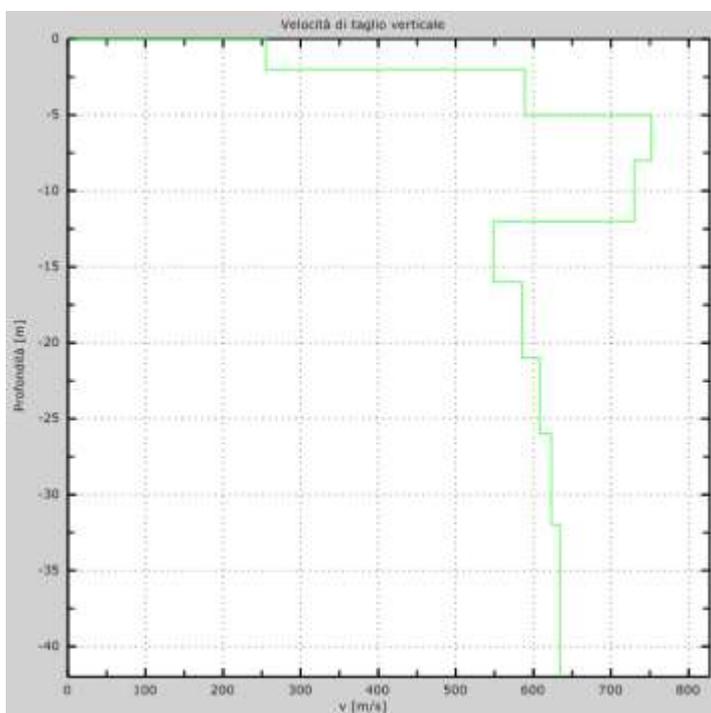


Figura 17 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	255	0.008
2	2.0-5.0	3,0	589	0.005
3	5.0-8.0	3,0	752	0.004
4	8.0-12.0	4,0	730	0.005
5	12.0-16.0	4,0	548	0.007
6	16.0-21.0	5,0	585	0.009
7	21.0-26.0	5,0	608	0.008
8	26.0-30.0	4,0	623	0.006
Σ	□	30,0	Σ	0.053
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 567,15	

Figura 18 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW10

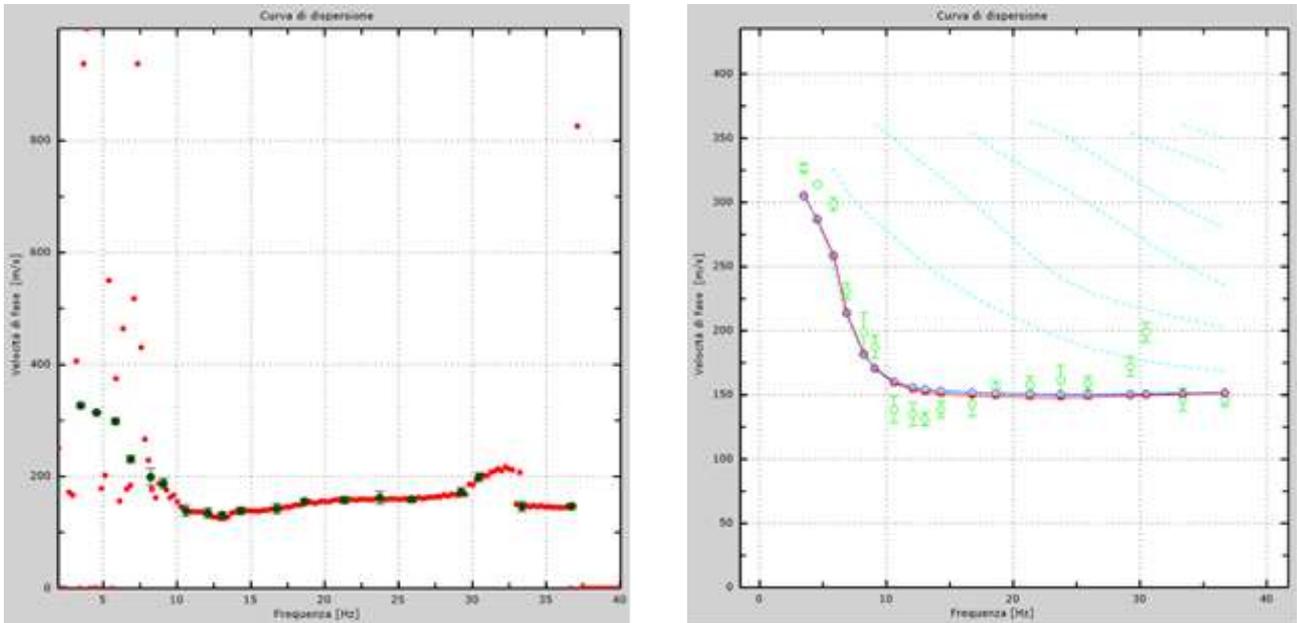
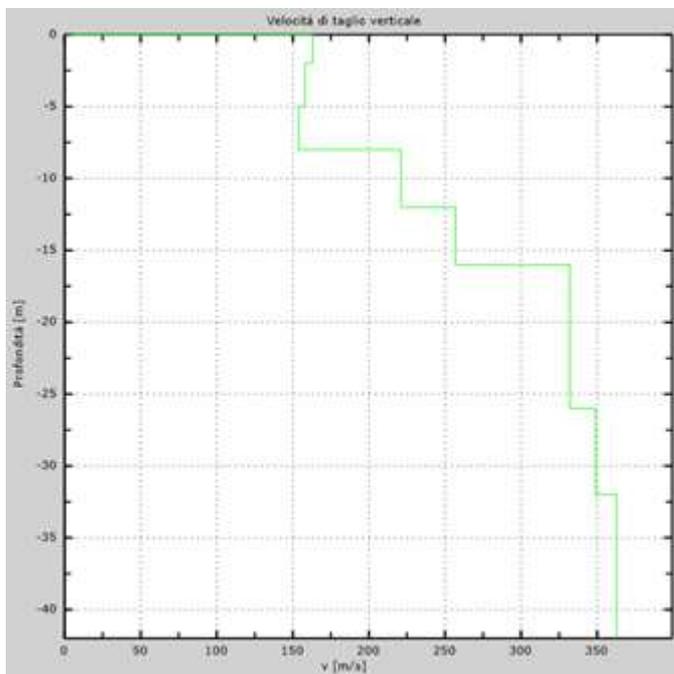


Figura 19 – Curva di dispersione sperimentale (sn.); modello teorico (dx.)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	163	0,012
2	2.0-5.0	3,0	158	0,019
3	5.0-8.0	3,0	154	0,019
4	8.0-12.0	4,0	221	0,018
5	12.0-16.0	4,0	257	0,016
6	16.0-21.0	5,0	332	0,015
7	21.0-26.0	5,0	332	0,015
8	26.0-30.0	4,0	349	0,011
Σ	□	30,0	Σ	0,126
Categoria sottosuolo: C			V_{S,eq} =	238,13

Figura 20 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW11

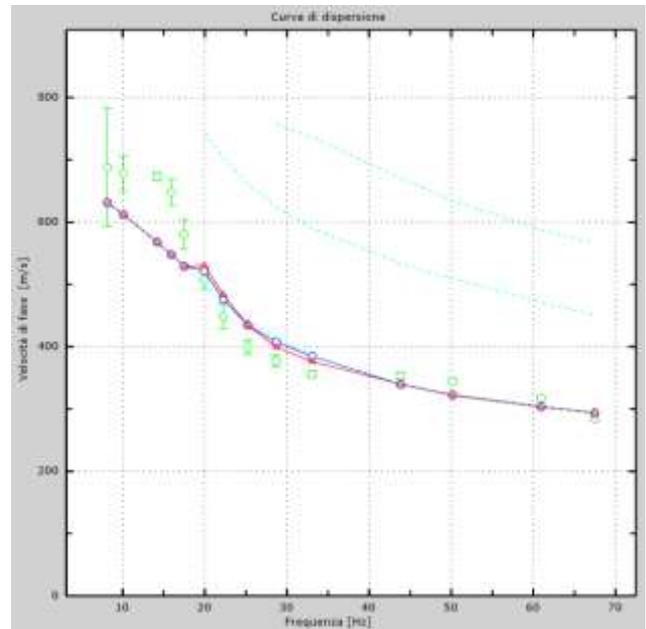
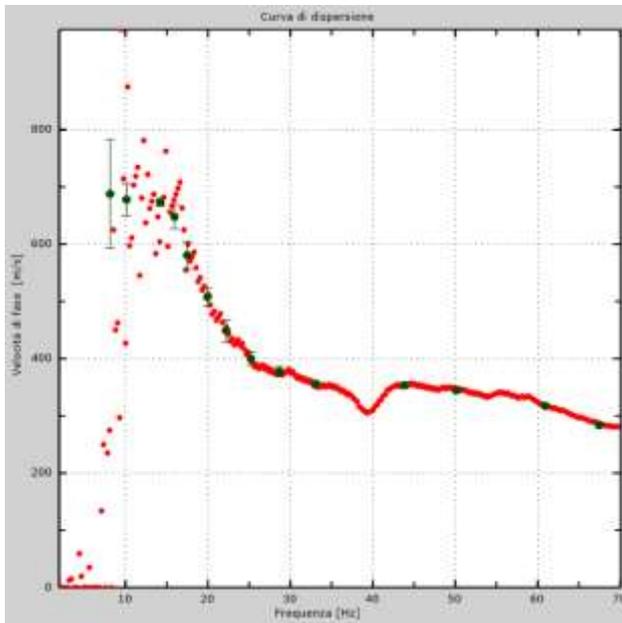
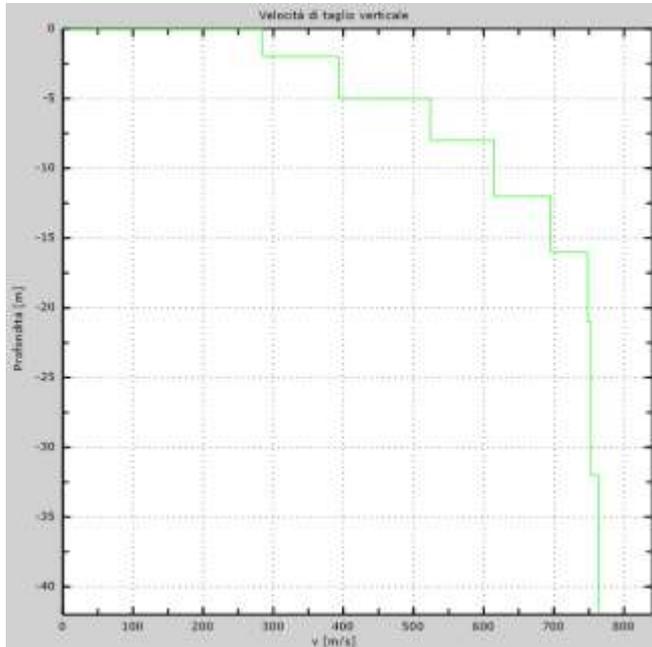


Figura 21 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	285	0,007
2	2.0-5.0	3,0	393	0,008
3	5.0-8.0	3,0	524	0,006
4	8.0-12.0	4,0	615	0,007
5	12.0-16.0	4,0	695	0,006
6	16.0-21.0	5,0	748	0,007
7	21.0-26.0	5,0	753	0,007
8	26.0-30.0	4,0	753	0,005
Σ	□	30,0	Σ	0,051
Categoria sottosuolo: B			V_{s,eq} = 585,11	

Figura 22 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW12

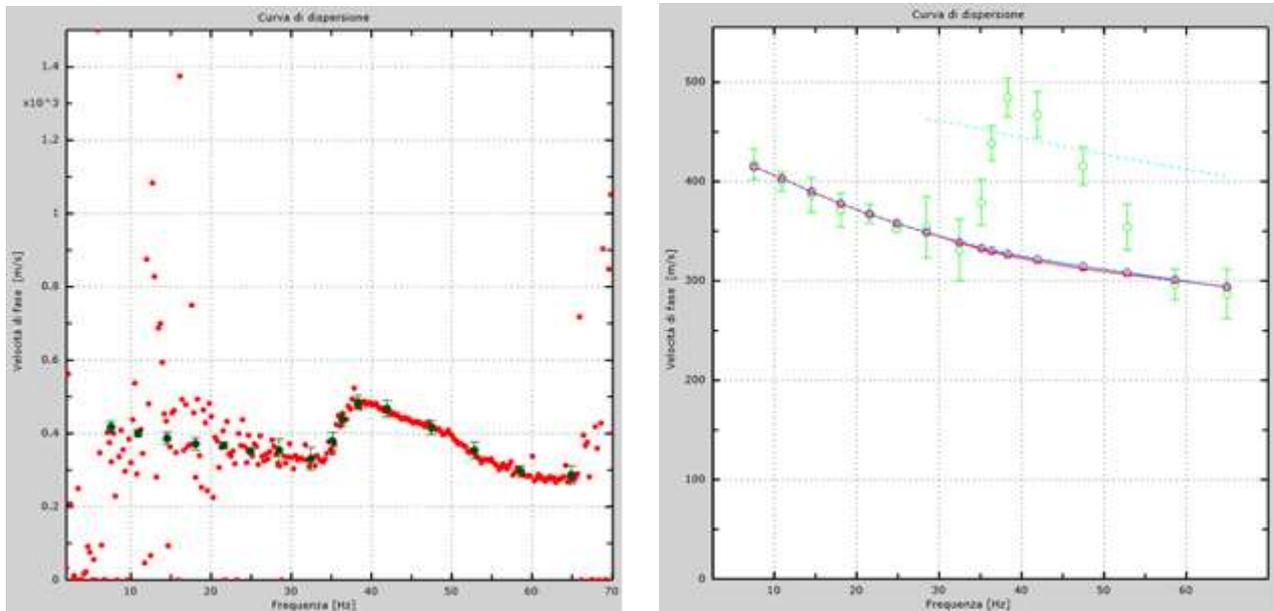
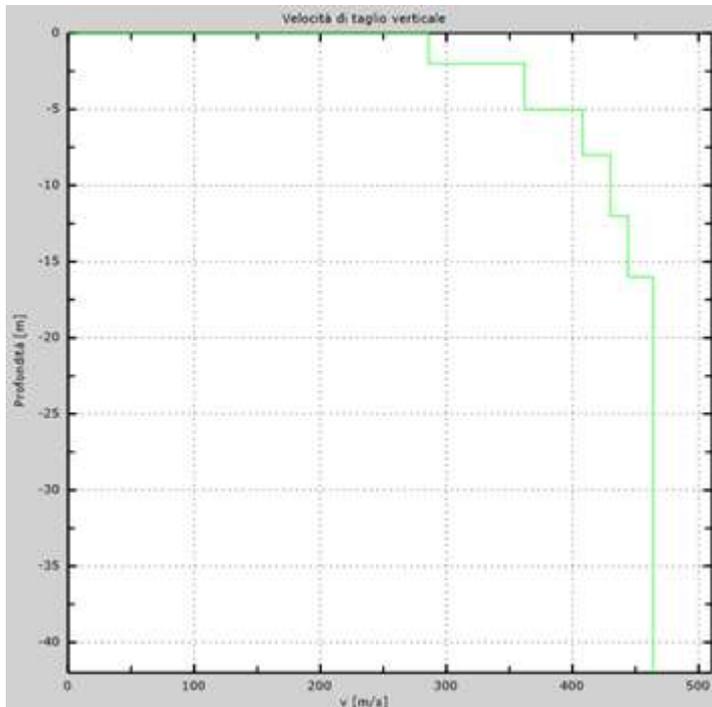


Figura 23 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	286	0,007
2	2.0-5.0	3,0	362	0,008
3	5.0-8.0	3,0	408	0,007
4	8.0-12.0	4,0	430	0,009
5	12.0-16.0	4,0	444	0,009
6	16.0-21.0	5,0	464	0,011
7	21.0-26.0	5,0	464	0,011
8	26.0-30.0	4,0	464	0,009
Σ	□	30,0	Σ	0,071
Categoria sottosuolo: B			V_{S,eq} = 421,84	

Figura 24 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW13

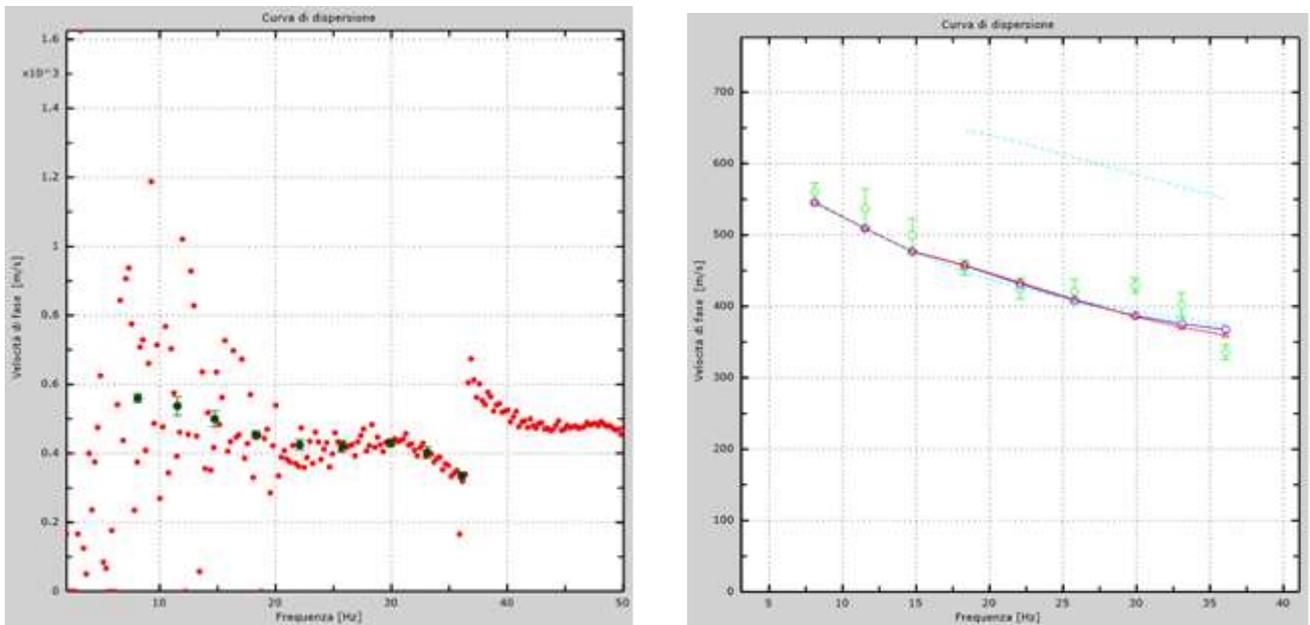
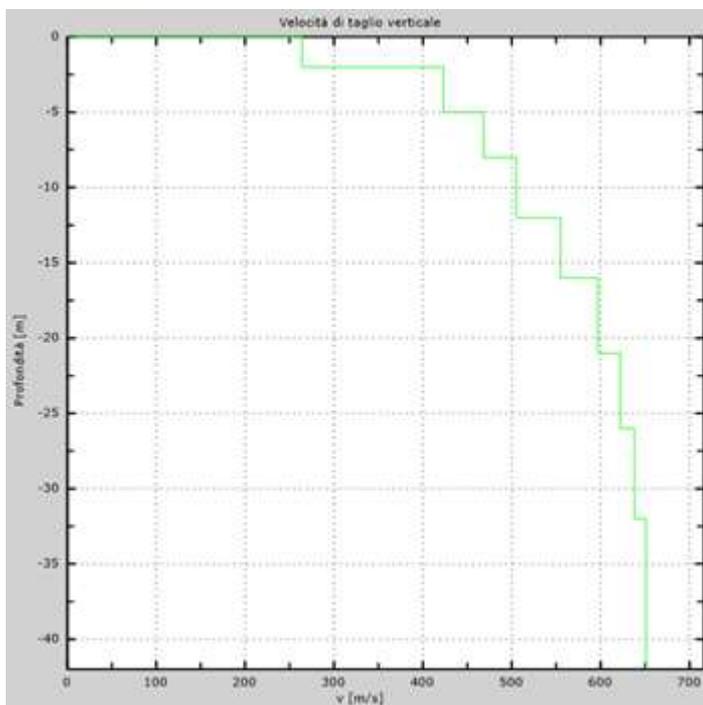


Figura 25 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	264	0,008
2	2.0-5.0	3,0	423	0,007
3	5.0-8.0	3,0	468	0,006
4	8.0-12.0	4,0	505	0,008
5	12.0-16.0	4,0	555	0,007
6	16.0-21.0	5,0	597	0,008
7	21.0-26.0	5,0	622	0,008
8	26.0-30.0	4,0	638	0,006
Σ	□	30,0	Σ	0,059
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 509,43	

Figura 26 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW14

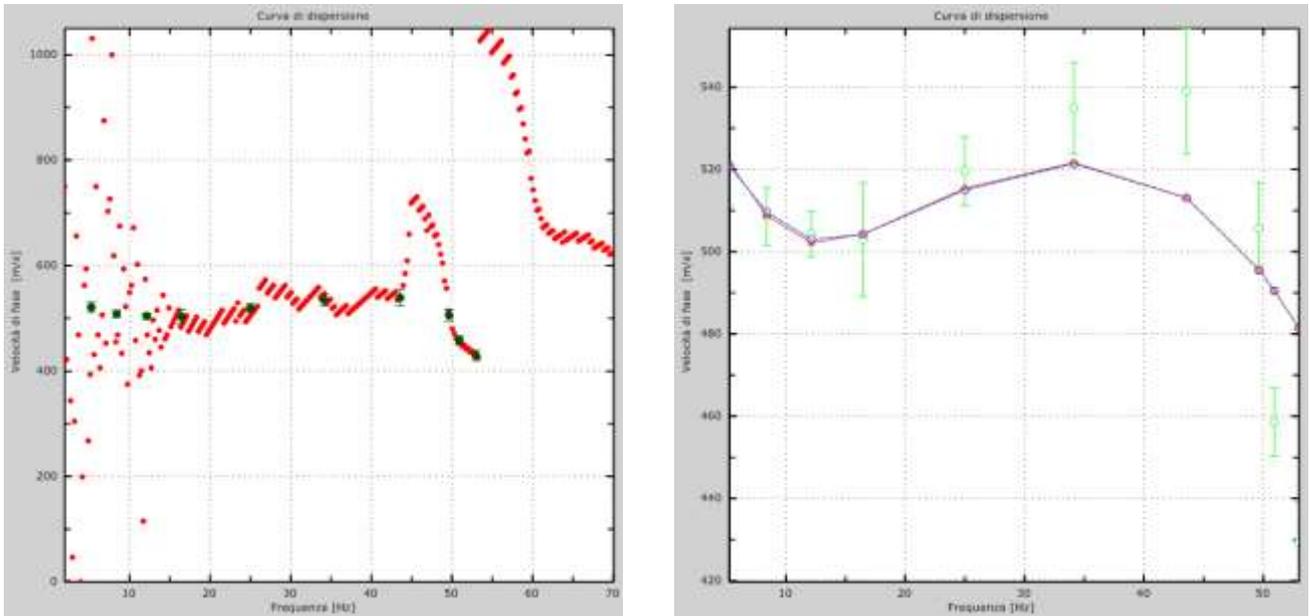
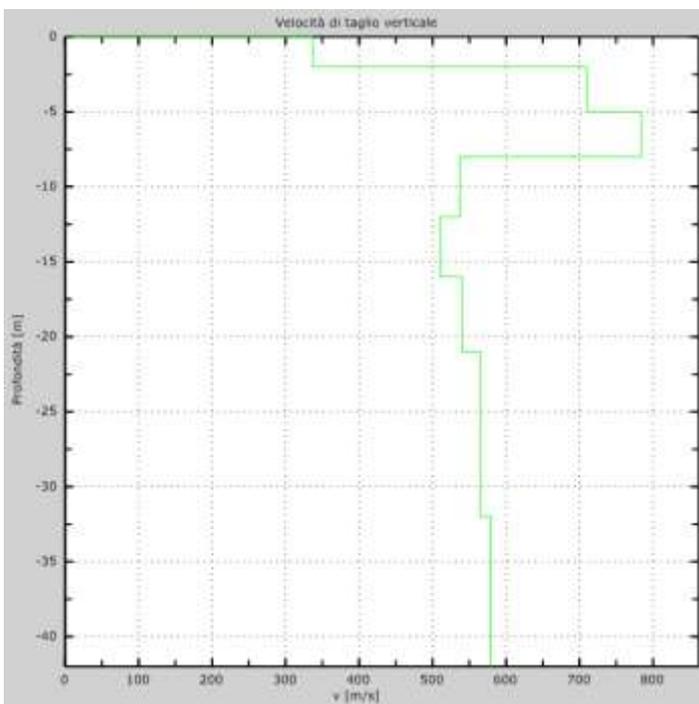


Figura 27 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	337	0,006
2	2.0-5.0	3,0	710	0,004
3	5.0-8.0	3,0	784	0,004
4	8.0-12.0	4,0	537	0,007
5	12.0-16.0	4,0	511	0,008
6	16.0-21.0	5,0	540	0,009
7	21.0-26.0	5,0	565	0,016
8	26.0-30.0	4,0	565	0,016
Σ	□	30,0	Σ	0,054
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 550,95	

Figura 28 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW15

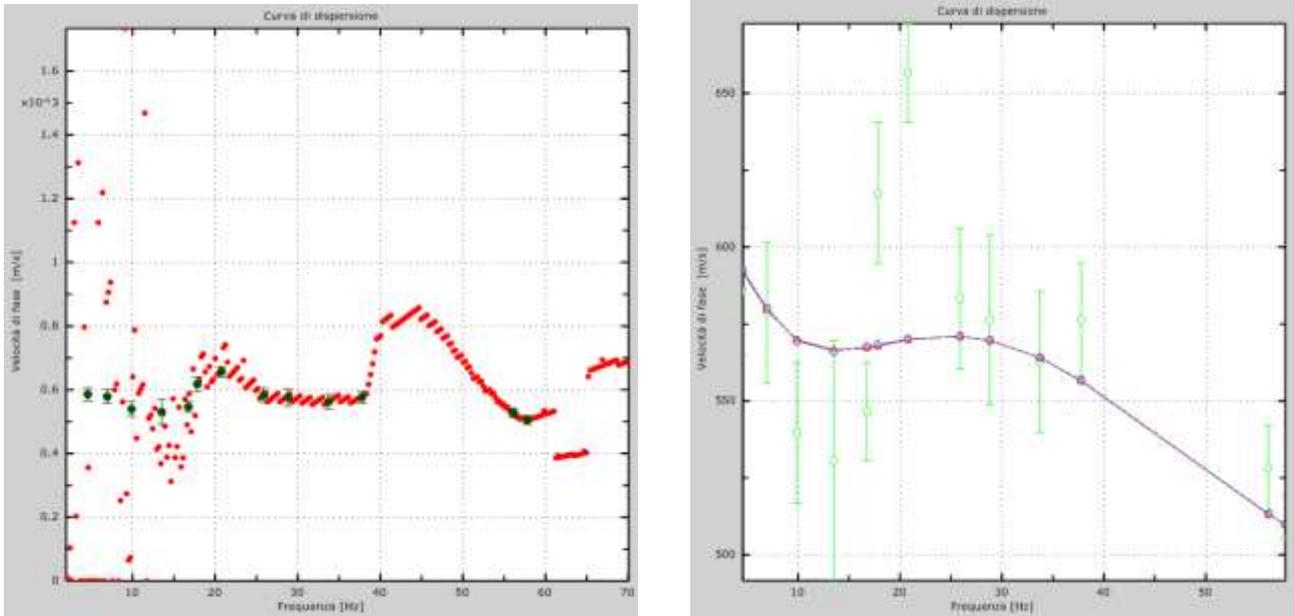
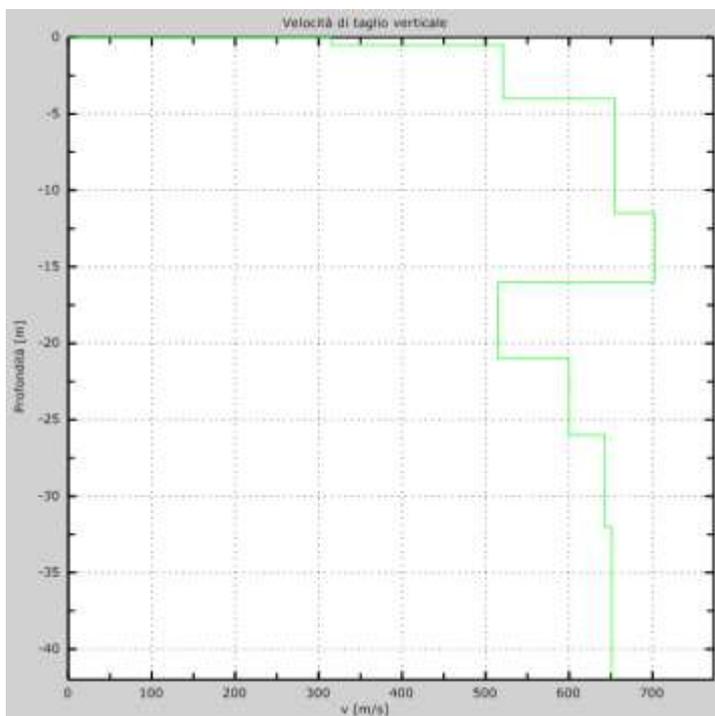


Figura 29 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-0.5	0,5	315	0,002
2	0.5-4,0	3,5	521	0,007
3	4.0-11,5	7,5	655	0,011
4	11.5-16.0	4,5	703	0,006
5	16.0-21.0	5,0	515	0,010
6	21.0-26.0	5,0	600	0,008
7	26.0-30.0	4,0	643	0,006
Σ	□	30,0	Σ	0,050
Categoria sottosuolo: B			V_{s,eq} = 595,01	

Figura 30 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW16

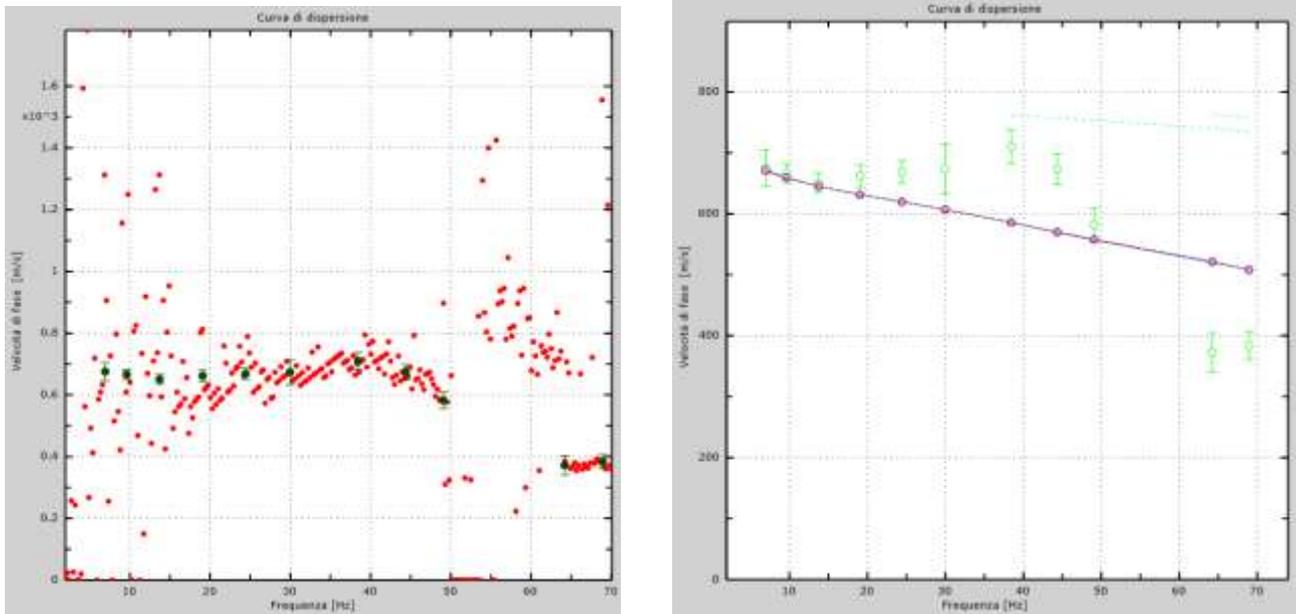
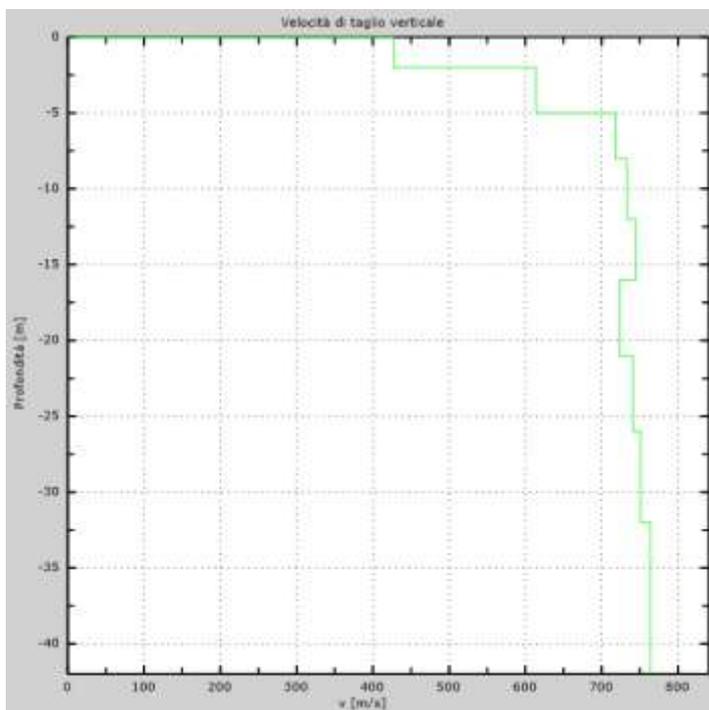


Figura 31 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	427	0,005
2	2.0-5.0	3,0	614	0,005
3	5.0-8.0	3,0	718	0,004
4	8.0-12.0	4,0	733	0,005
5	12.0-16.0	4,0	745	0,005
6	16.0-21.0	5,0	723	0,007
7	21.0-26.0	5,0	741	0,007
8	26.0-30.0	4,0	751	0,005
Σ	□	30,0	Σ	0,044
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 688,65	

Figura 32 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW17

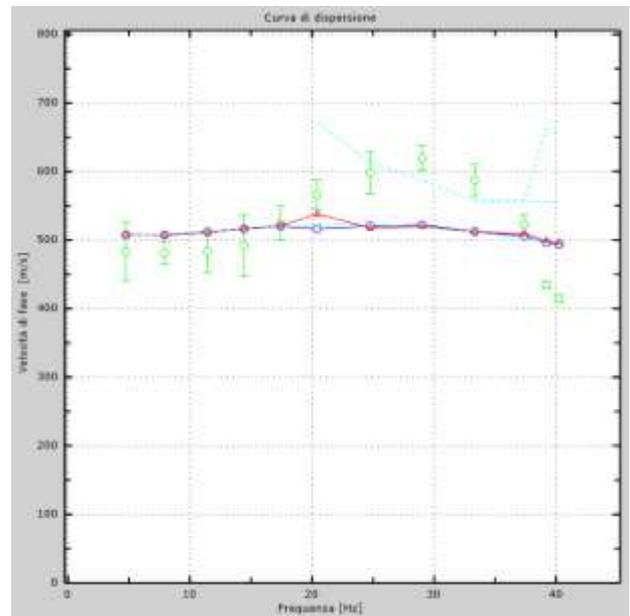
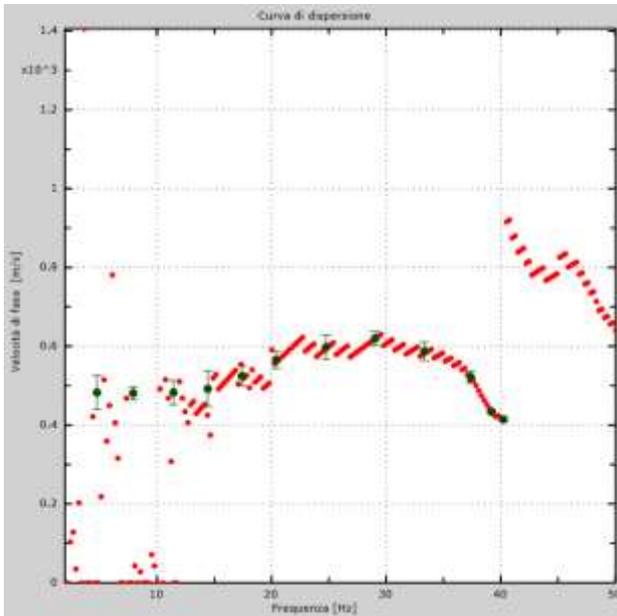
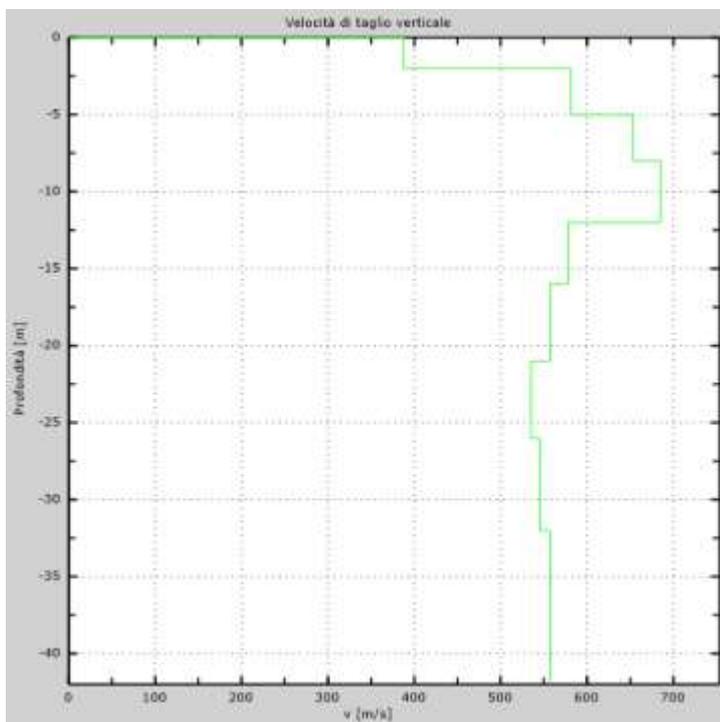


Figura 33 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	388	0,005
2	2.0-5.0	3,0	581	0,005
3	5.0-8.0	3,0	653	0,005
4	8.0-12.0	4,0	685	0,006
5	12.0-16.0	4,0	578	0,007
6	16.0-21.0	5,0	557	0,009
7	21.0-26.0	5,0	535	0,009
8	26.0-30.0	4,0	545	0,007
Σ	□	30,0	Σ	0,053
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 562,49	

Figura 34 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW18

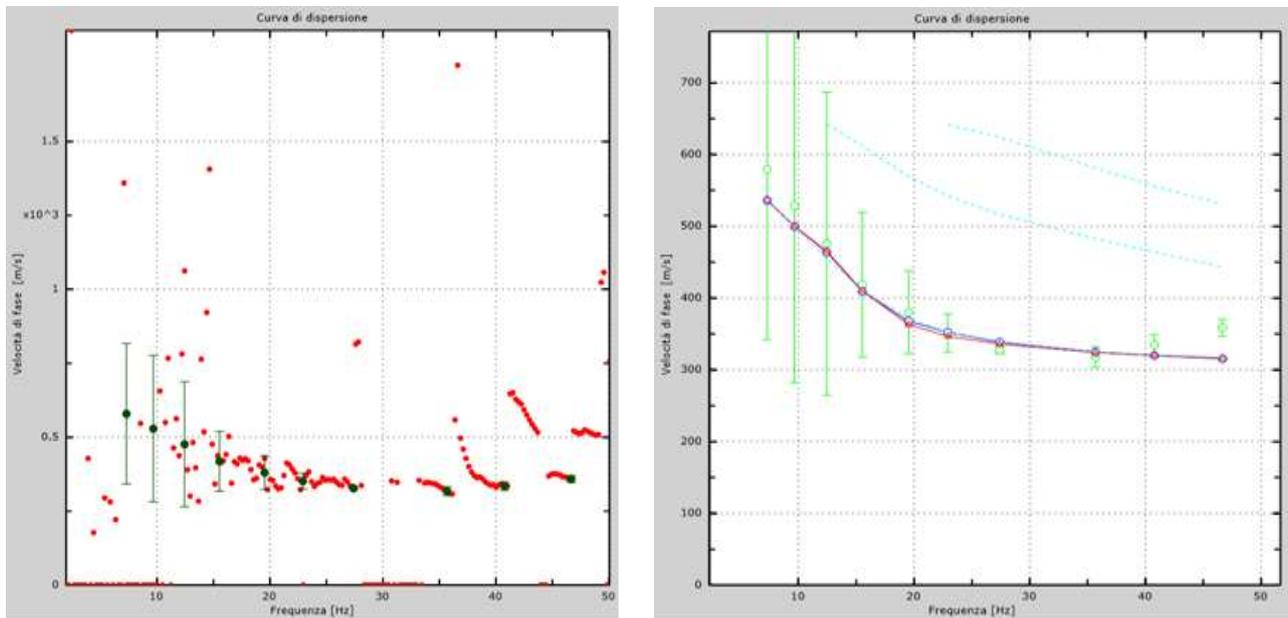
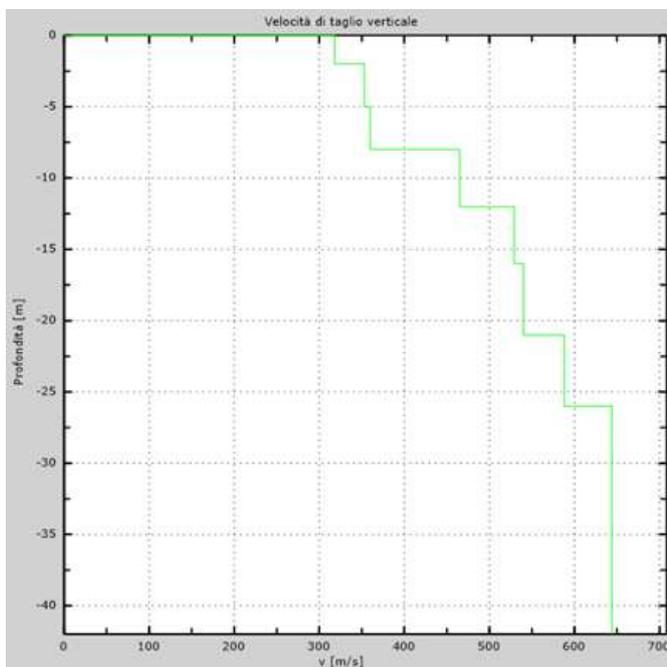


Figura 35 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	318	0,006
2	2.0-5.0	3,0	353	0,008
3	5.0-8.0	3,0	360	0,008
4	8.0-12.0	4,0	465	0,009
5	12.0-16.0	4,0	529	0,008
6	16.0-21.0	5,0	540	0,009
7	21.0-26.0	5,0	588	0,009
8	26.0-30.0	4,0	644	0,006
Σ	□	30,0	Σ	0,063
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 474,24	

Figura 36 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW19

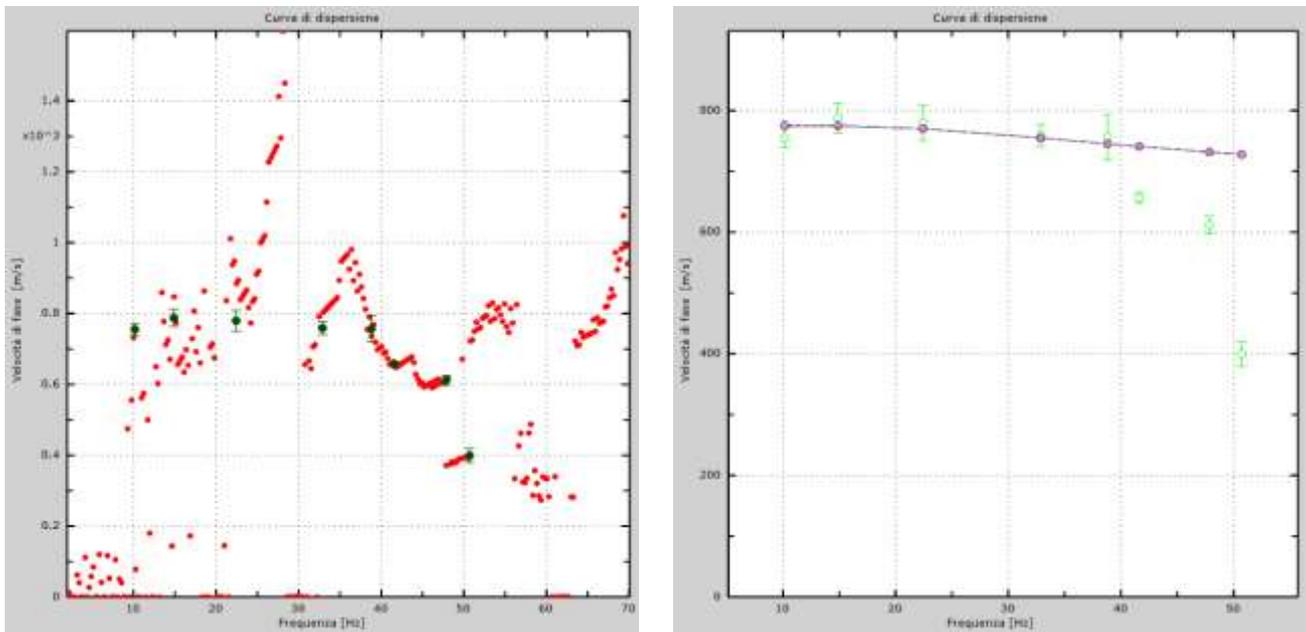
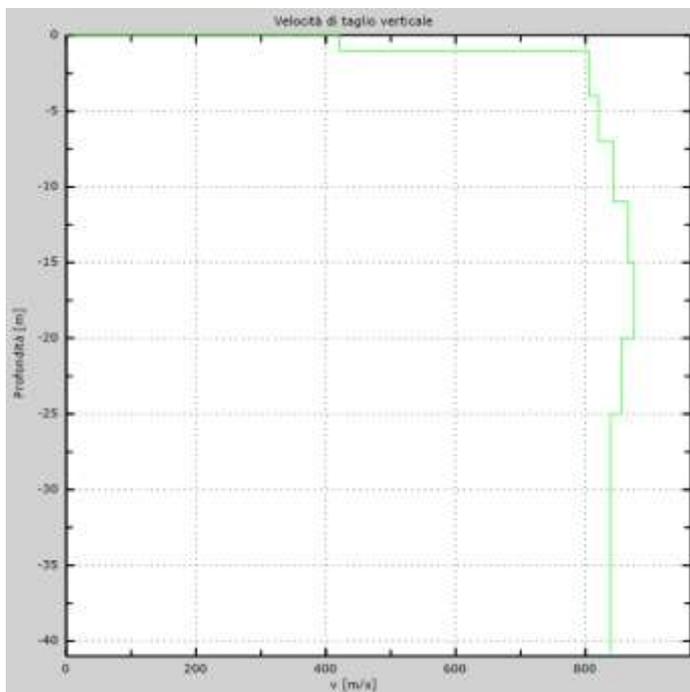


Figura 37 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-1.0	1,0	421	0,002
2	1.0-4.0	3,0	805	0,004
3	4.0-7.0	3,0	820	0,004
4	7.0-11.0	4,0	843	0,005
5	11.0-15.0	4,0	866	0,005
6	15.0-20.0	5,0	875	0,006
7	20.0-25.0	5,0	856	0,006
8	25.0-30.0	5,0	839	0,006
Σ	□	30,0	Σ	0,037
Categoria sottosuolo: A			Vs,eq = 818,79	

Figura 38 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW20

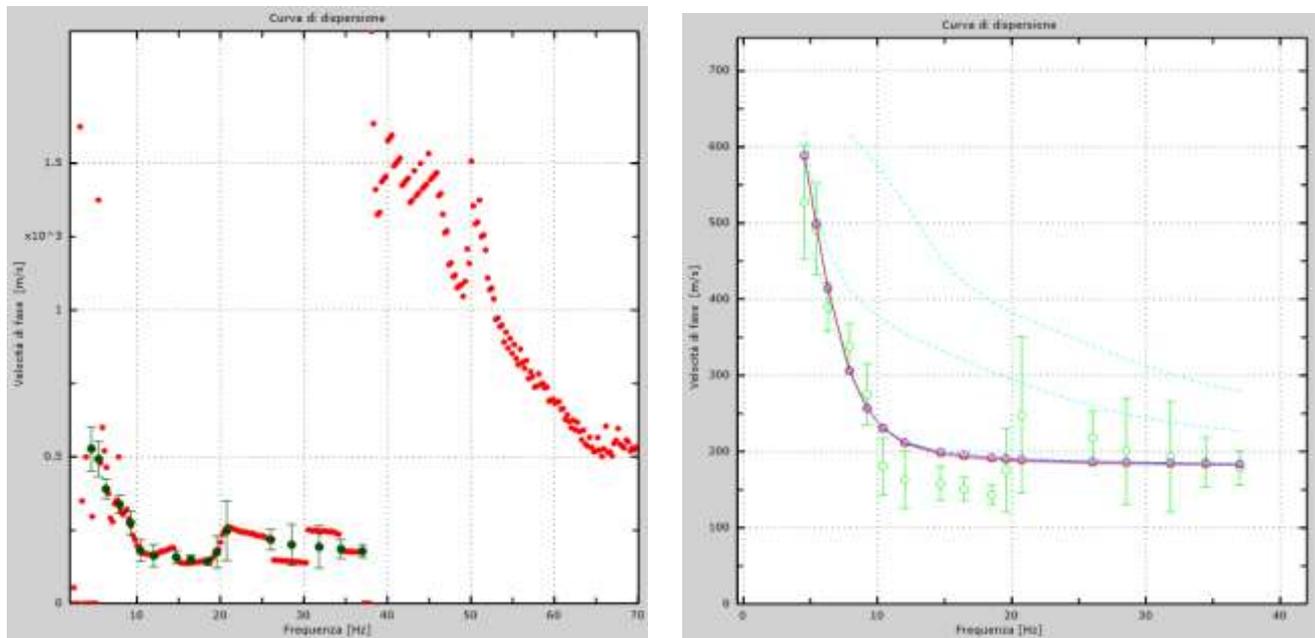
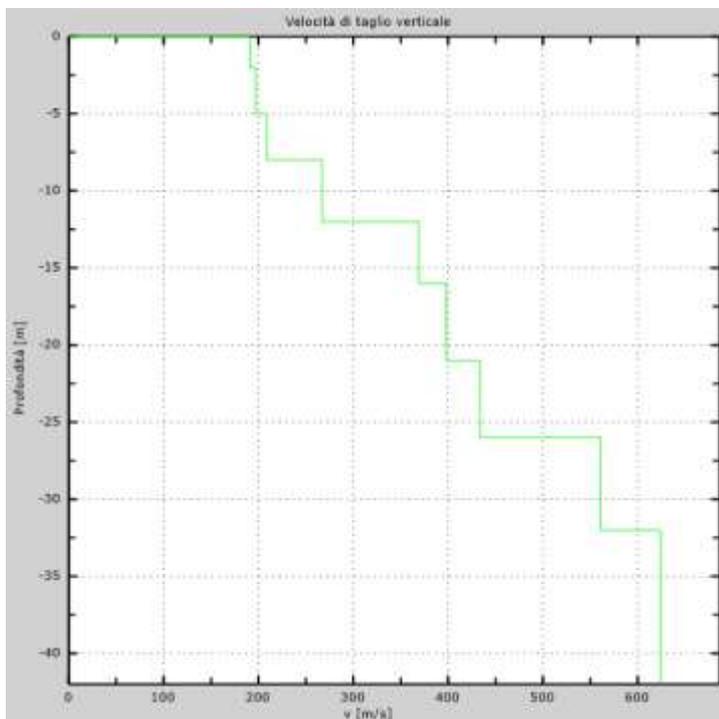


Figura 39 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	191	0,010
2	2.0-5.0	3,0	197	0,015
3	5.0-8.0	3,0	209	0,014
4	8.0-12.0	4,0	267	0,015
5	12.0-16.0	4,0	369	0,011
6	16.0-21.0	5,0	398	0,013
7	21.0-26.0	5,0	434	0,012
8	26.0-30.0	4,0	561	0,007
Σ	□	30,0	Σ	0,097
Categoria sottosuolo: C			V_{s,eq} = 309,00	

Figura 40 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW21

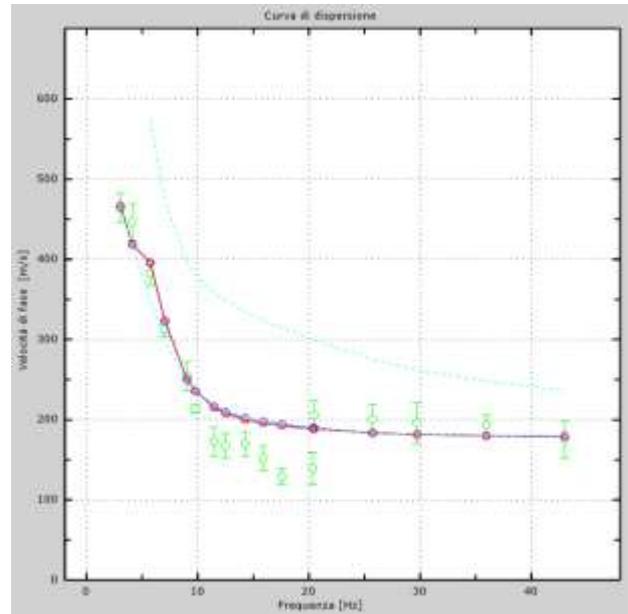
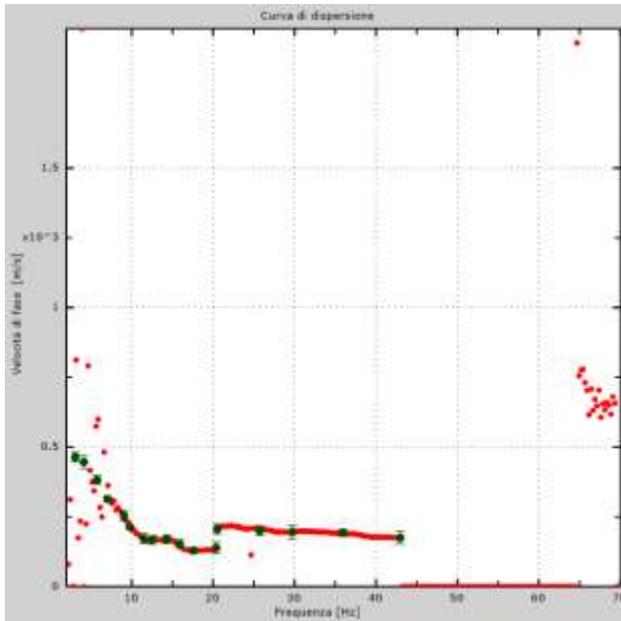
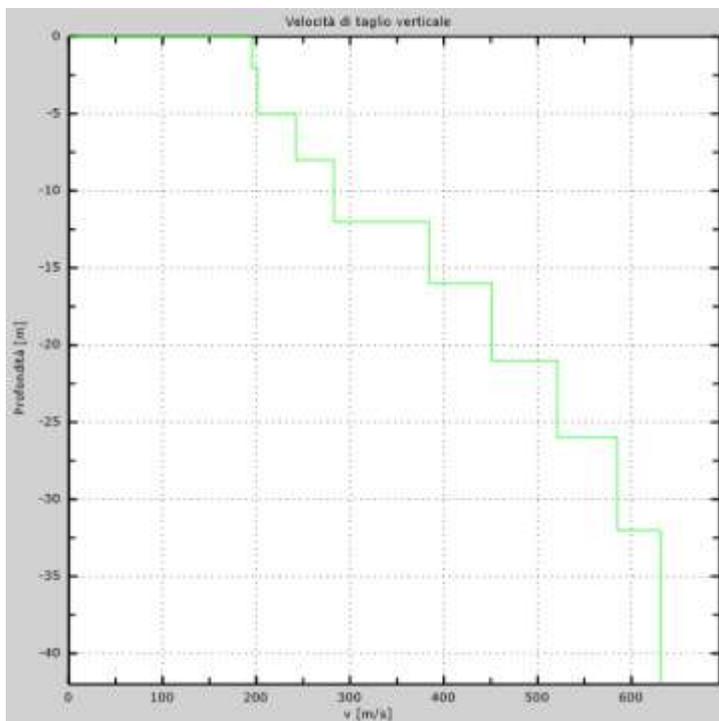


Figura 41 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	195	0,010
2	2.0-5.0	3,0	201	0,015
3	5.0-8.0	3,0	242	0,012
4	8.0-12.0	4,0	283	0,014
5	12.0-16.0	4,0	384	0,010
6	16.0-21.0	5,0	451	0,011
7	21.0-26.0	5,0	521	0,010
8	26.0-30.0	4,0	585	0,007
Σ	□	30,0	Σ	0,090
Categoria sottosuolo: C			Vs,eq = 334,63	

Figura 42 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW22

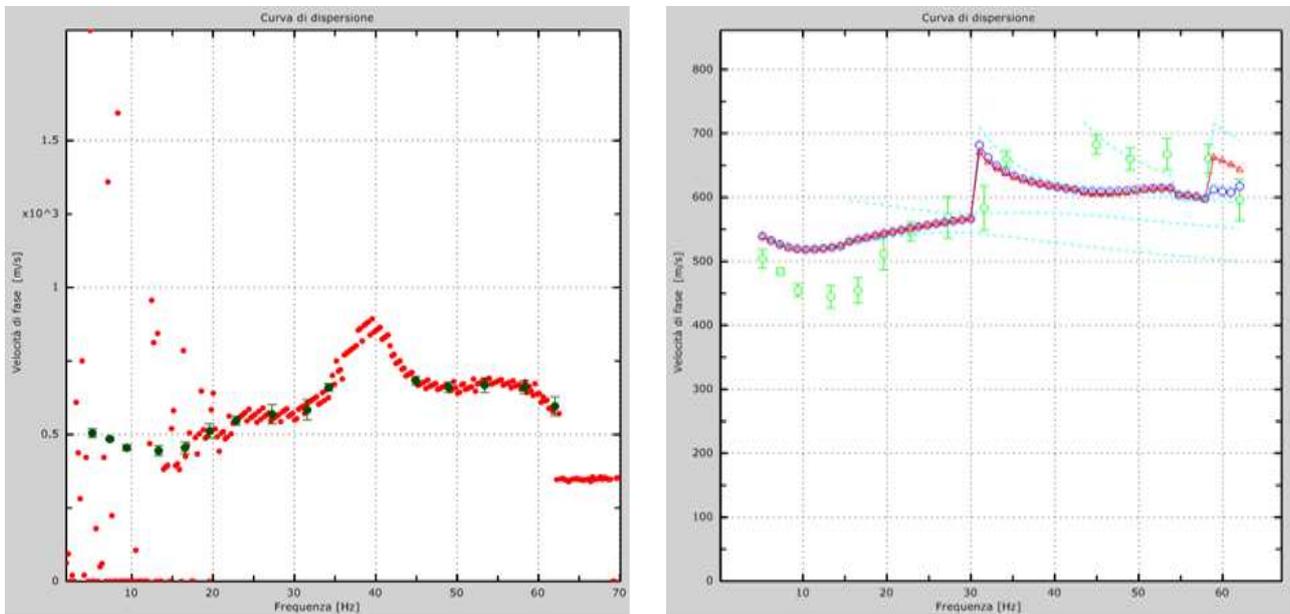
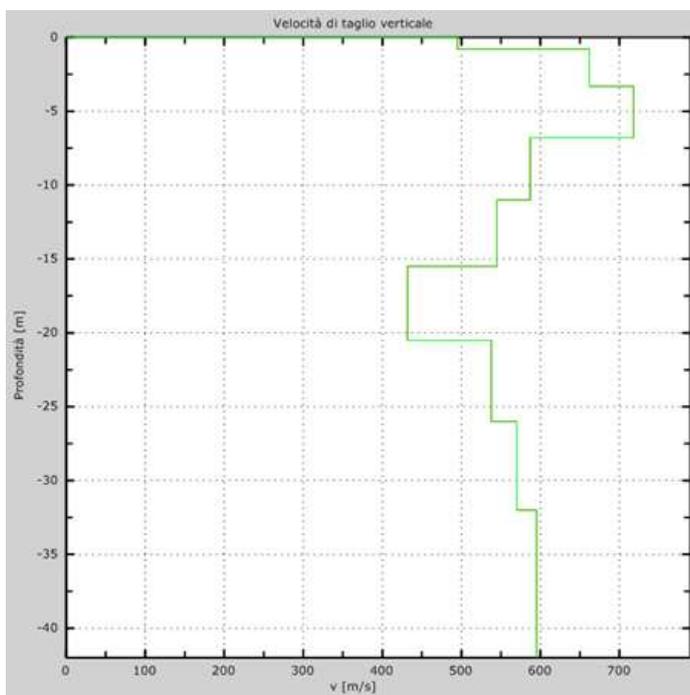


Figura 43 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-0.8	0,8	495	0,002
2	0.0-3.3	2,5	662	0,004
3	3.3-6.8	3,5	718	0,005
4	6.8-11.0	4,2	587	0,007
5	11.0-15.5	4,5	545	0,008
6	15.5-20.5	5,0	432	0,012
7	20.5-26.0	5,5	538	0,010
8	26.0-30.0	4,0	570	0,007
Σ		30,0	Σ	0,054
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 550,52	

Figura 44 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW23

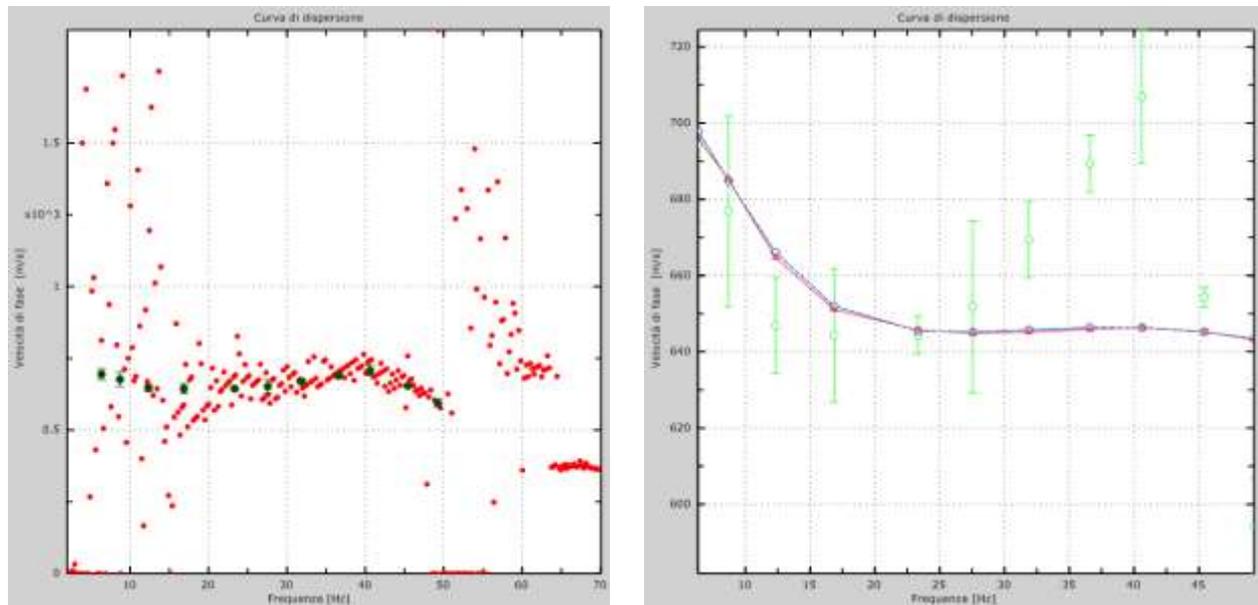
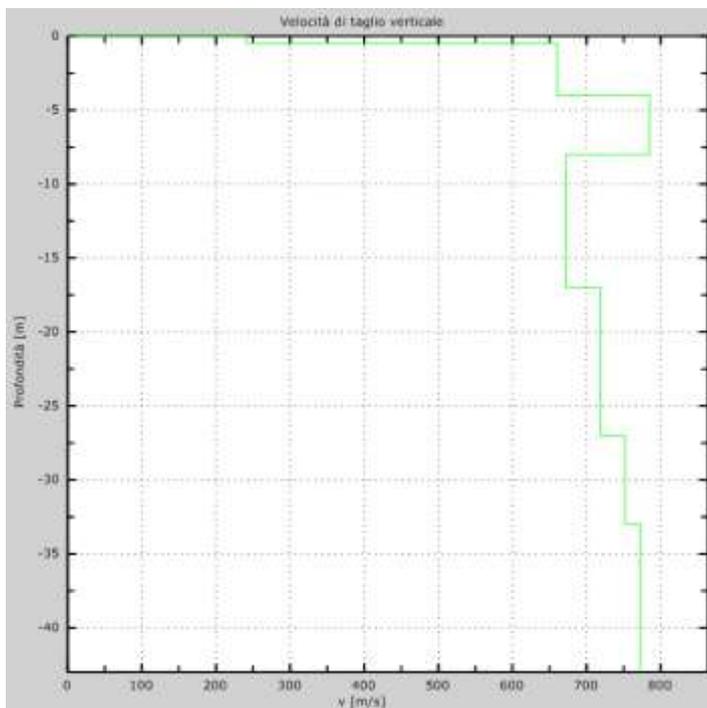


Figura 45 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-0,5	0,5	240	0,002
2	0,5-4,0	3,5	660	0,005
3	4.0-8.0	4,0	785	0,005
4	8.0-17.0	9,0	672	0,013
5	17.0-27.0	10,0	719	0,014
6	27.0-30.0	3,0	752	0,004
Σ		30,0	Σ	0,044
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 685,36	

Figura 46 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW24

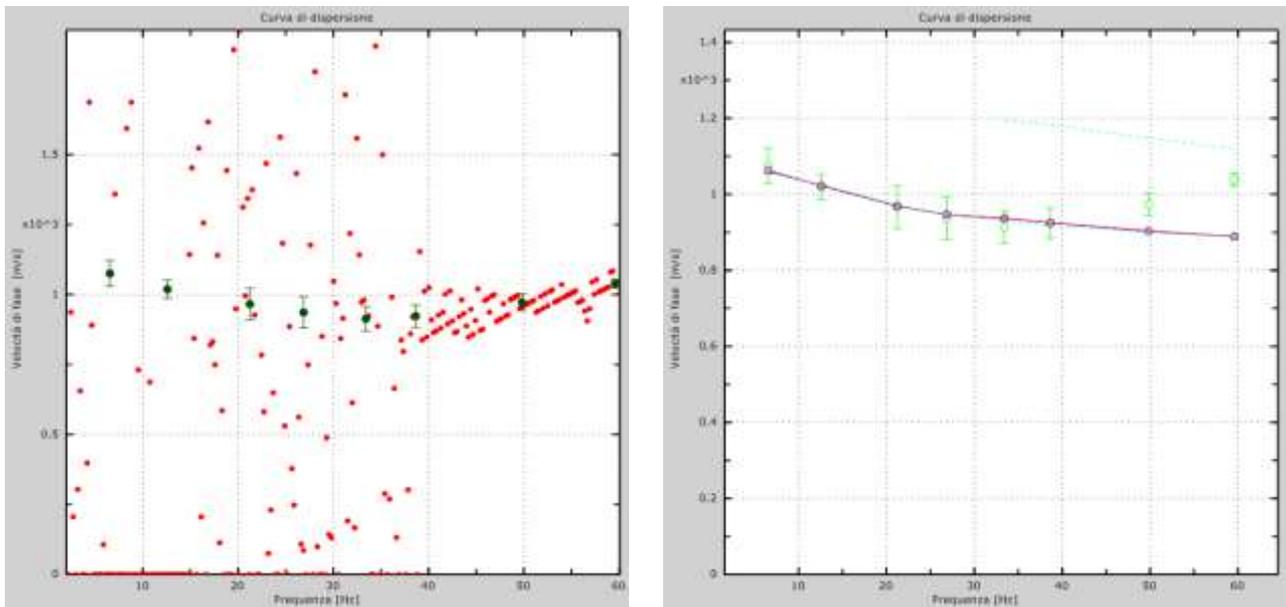
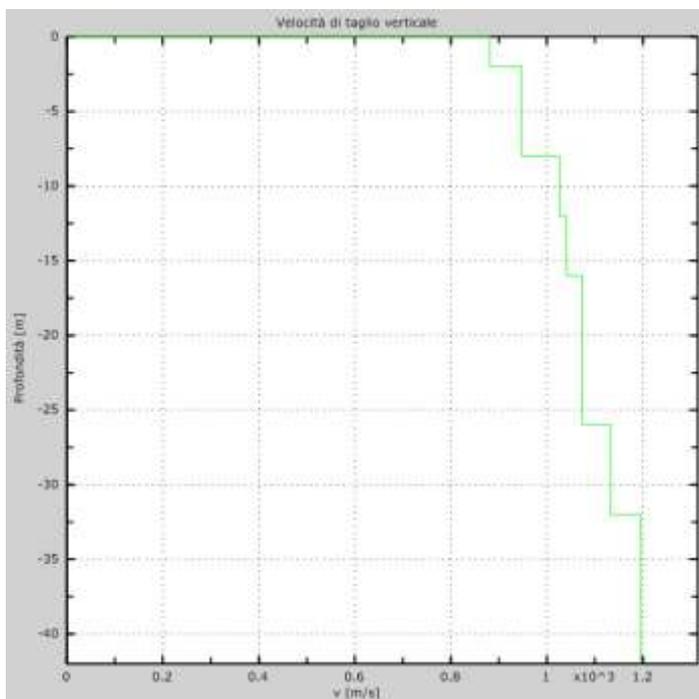


Figura 47 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2.0	881	0.002
2	2.0-8.0	6.0	948	0.006
3	8.0-12.0	4.0	1026	0.004
4	12.0-16.0	4.0	1041	0.004
5	16.0-26.0	10.0	1074	0.009
6	26.0-30.0	4.0	1133	0.004
Σ		30.0	Σ	0.029
Categoria sottosuolo: A			V_{S,eq} = 1028,04	

Figura 48 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW25

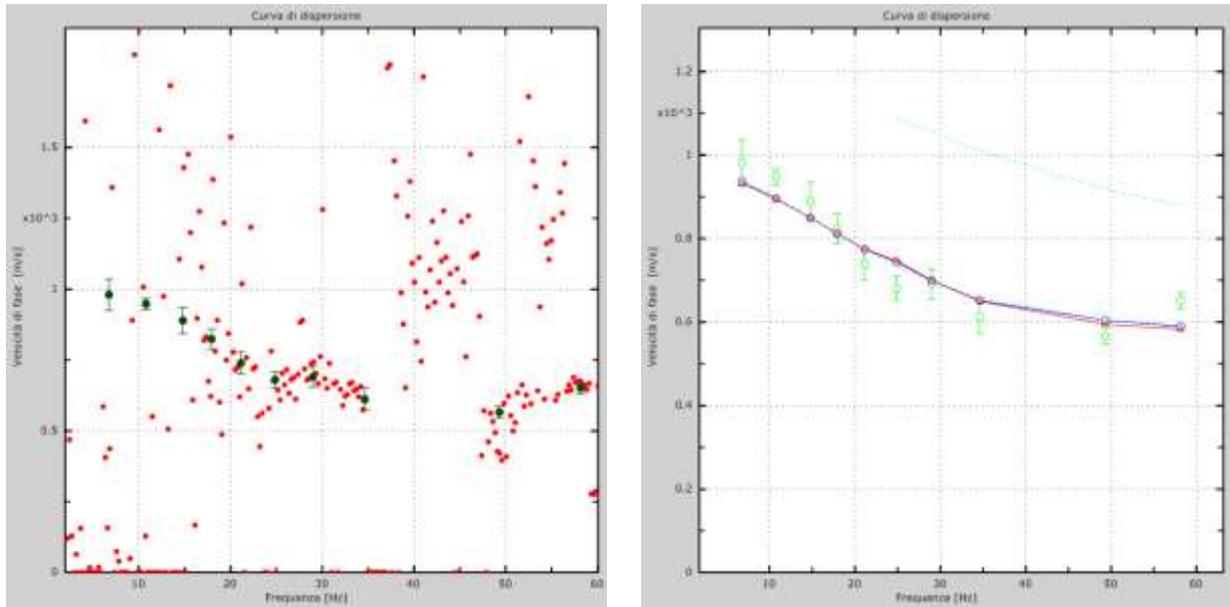
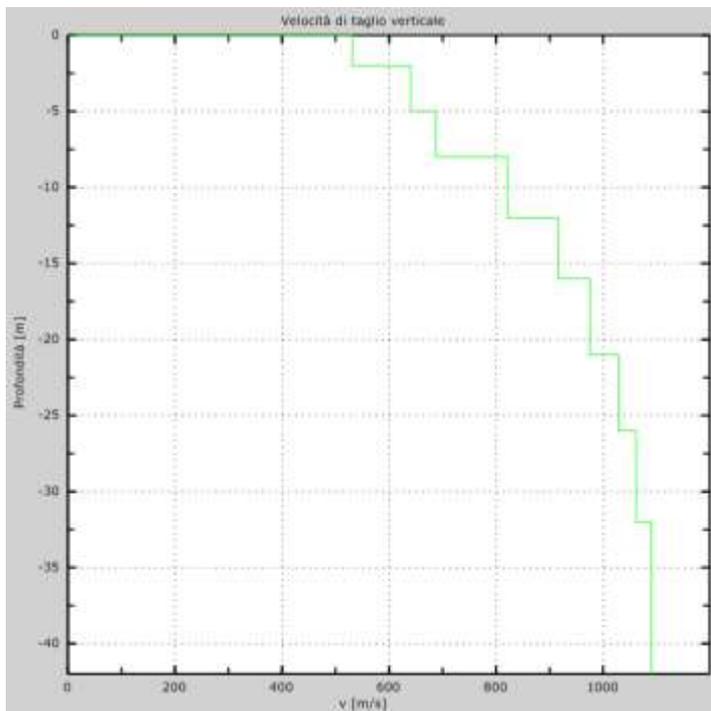


Figura 49 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2.0	531	0.004
2	2.0-5.0	3.0	640	0.005
3	5.0-8.0	3.0	688	0.004
4	8.0-12.0	4.0	821	0.005
5	12.0-16.0	4.0	916	0.004
6	16.0-21.0	5.0	975	0.005
7	21.0-26.0	5.0	1028	0.005
8	26.0-30.0	4.0	1061	0.004
Σ	□	30,0	Σ	0,013
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 624,30	

Figura 50 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW26

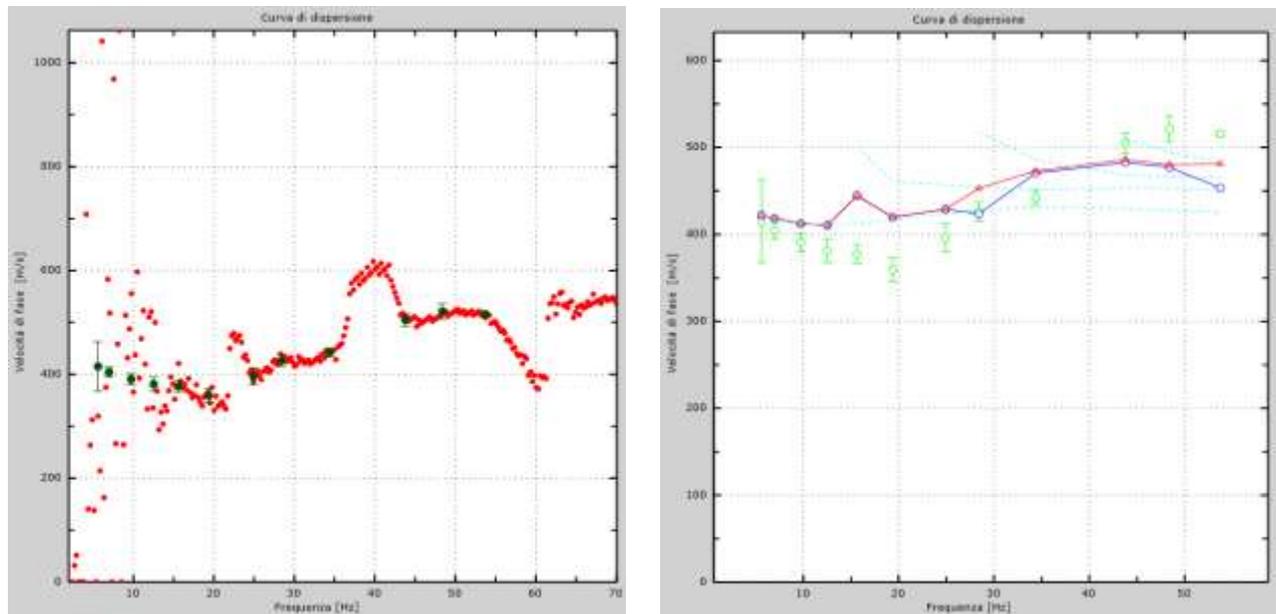
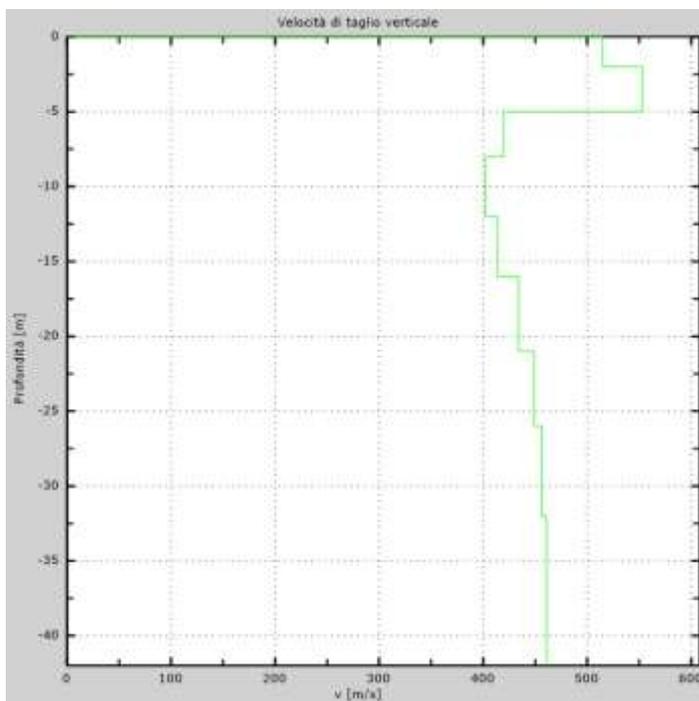


Figura 51 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	515	0,004
2	2.0-5.0	3,0	553	0,005
3	5.0-8.0	3,0	420	0,007
4	8.0-12.0	4,0	402	0,010
5	12.0-16.0	4,0	414	0,010
6	16.0-21.0	5,0	434	0,012
7	21.0-26.0	5,0	449	0,011
8	26.0-30.0	4,0	456	0,009
Σ	□	30,0	Σ	0,067
Categoria sottosuolo: B			V_{s,eq} = 444,50	

Figura 52 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW27

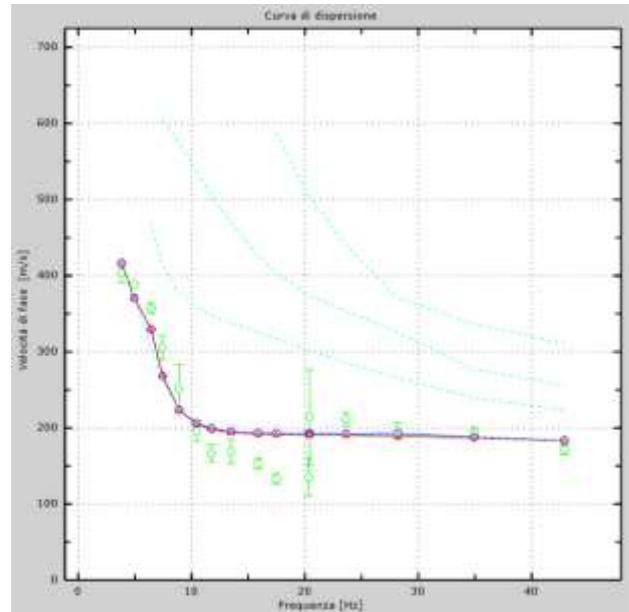
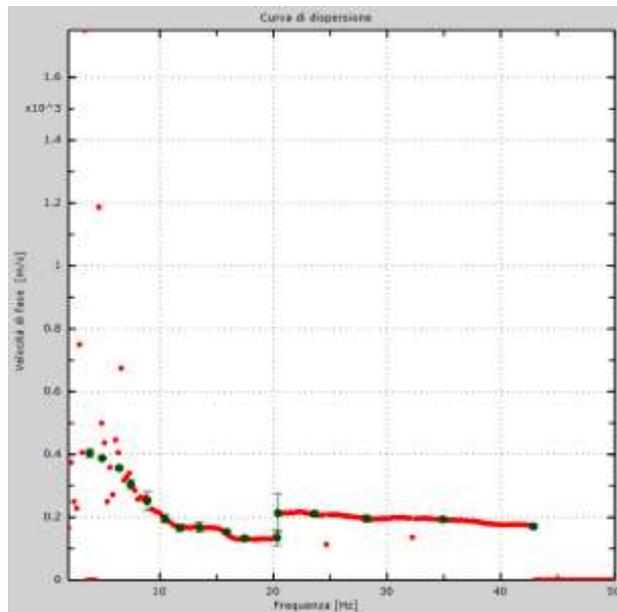
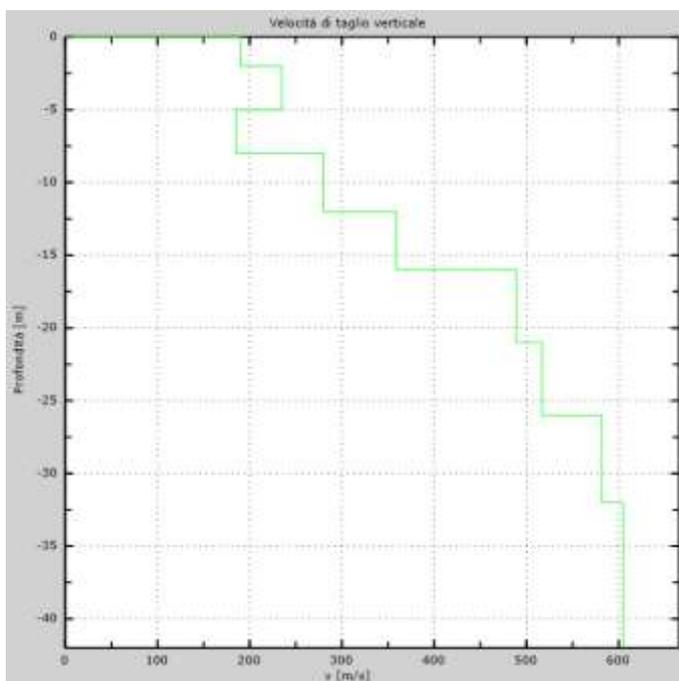


Figura 53 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	195	0,010
2	2.0-5.0	3,0	201	0,015
3	5.0-8.0	3,0	242	0,012
4	8.0-12.0	4,0	283	0,014
5	12.0-16.0	4,0	384	0,010
6	16.0-21.0	5,0	451	0,011
7	21.0-26.0	5,0	521	0,010
8	26.0-30.0	4,0	585	0,007
Σ	□	30,0	Σ	0,090
Categoria sottosuolo: C			V_{s,eq} = 334,63	

Figura 54 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW28

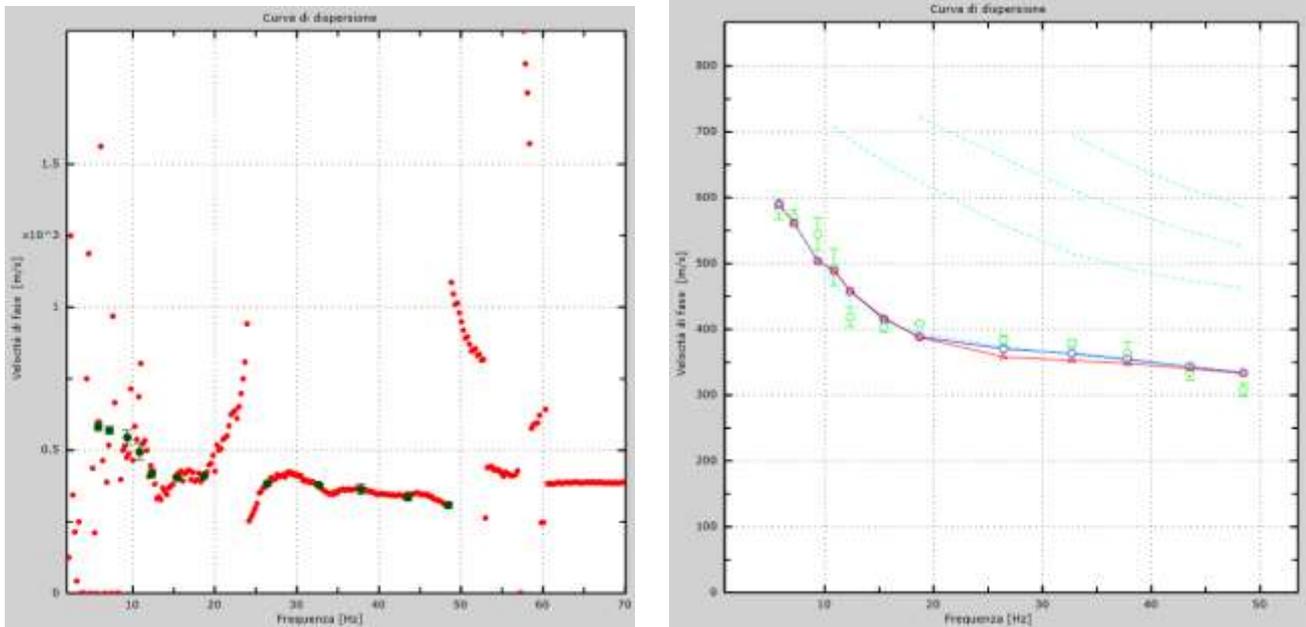
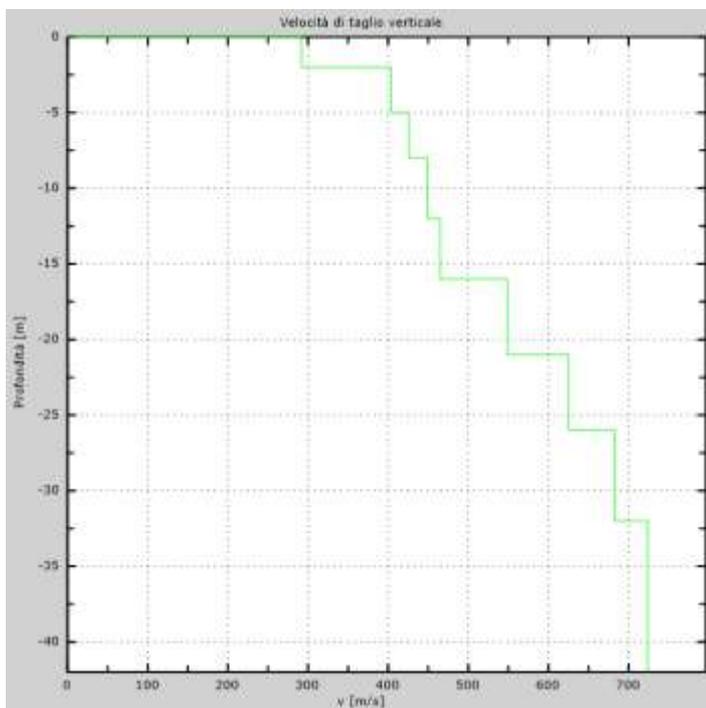


Figura 55 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	292	0,007
2	2.0-5.0	3,0	404	0,007
3	5.0-8.0	3,0	426	0,007
4	8.0-12.0	4,0	449	0,009
5	12.0-16.0	4,0	465	0,009
6	16.0-21.0	5,0	549	0,009
7	21.0-26.0	5,0	625	0,008
8	26.0-30.0	4,0	683	0,006
Σ	□	30,0	Σ	0,062
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 485,50	

Figura 56 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW29

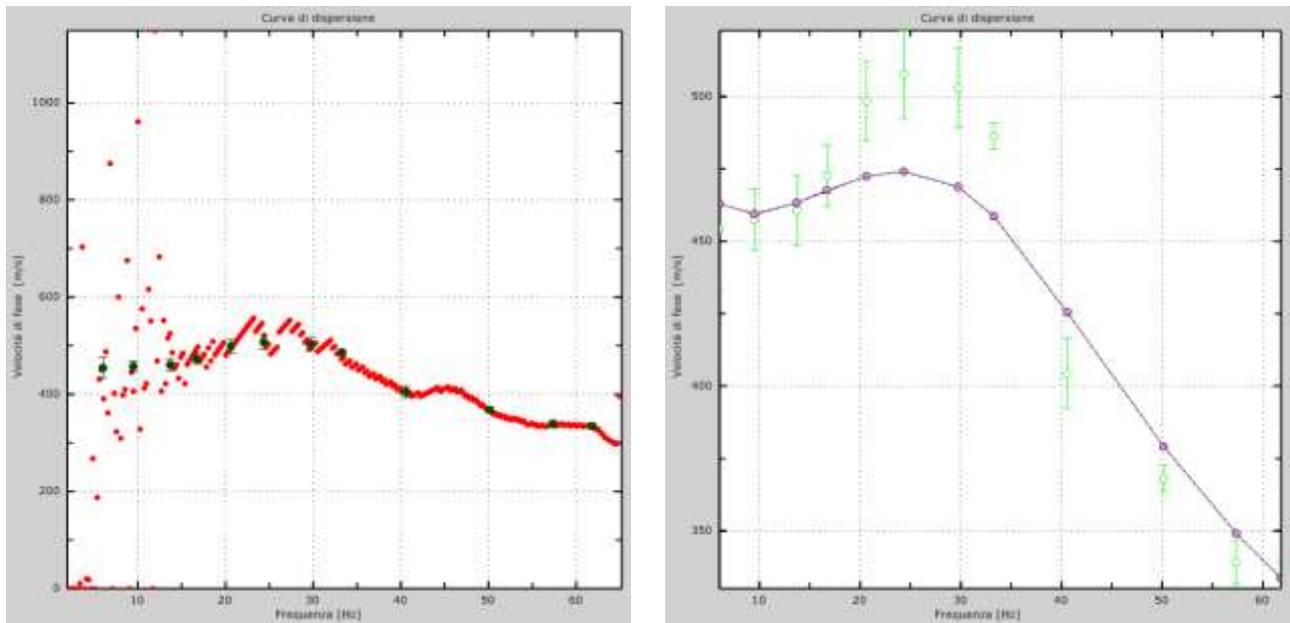
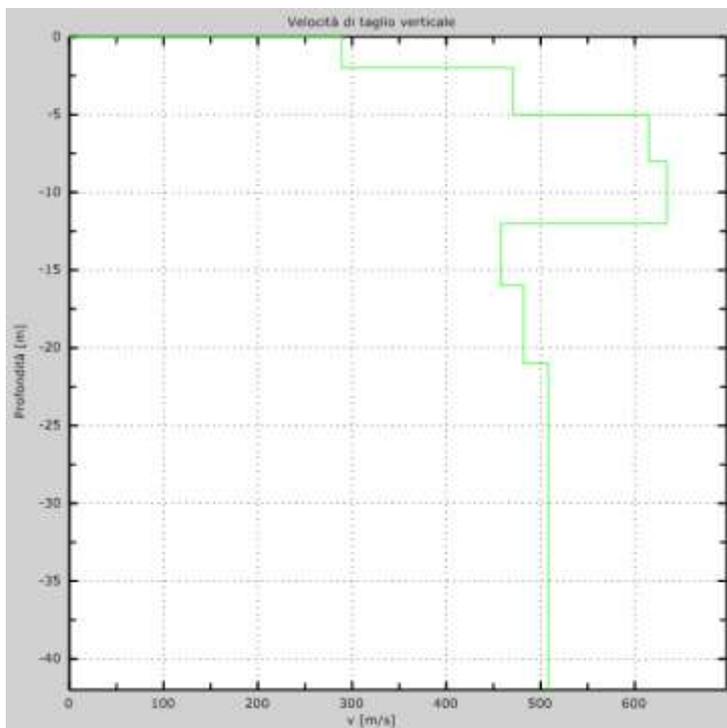


Figura 57 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	229	0,009
2	2.0-5.0	3,0	481	0,006
3	5.0-8.0	3,0	615	0,005
4	8.0-12.0	4,0	634	0,006
5	12.0-16.0	4,0	468	0,009
6	16.0-21.0	5,0	492	0,010
7	21.0-26.0	5,0	518	0,010
8	26.0-30.0	4,0	518	0,008
Σ	□	30,0	Σ	0,062
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 481,99	

Figura 58 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW30

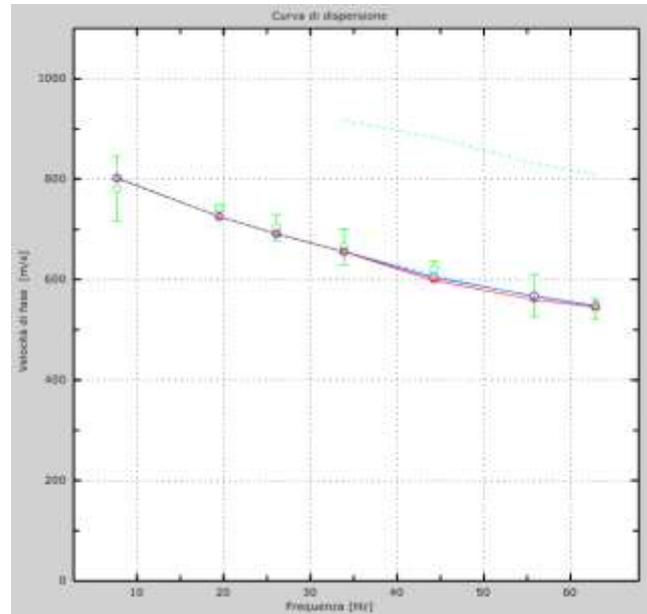
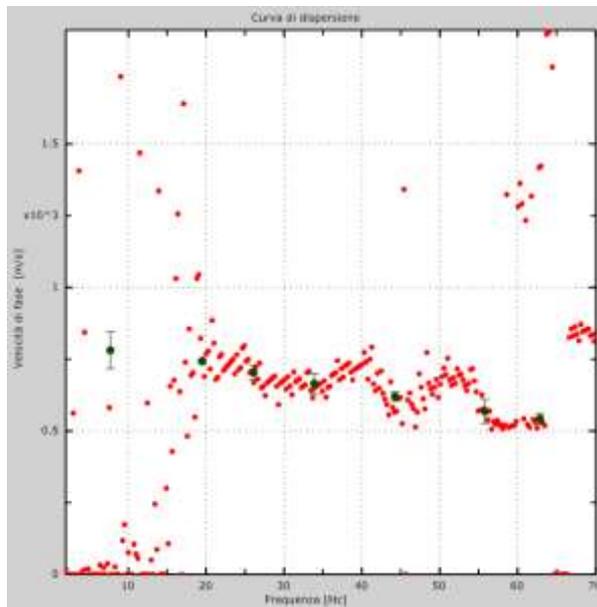
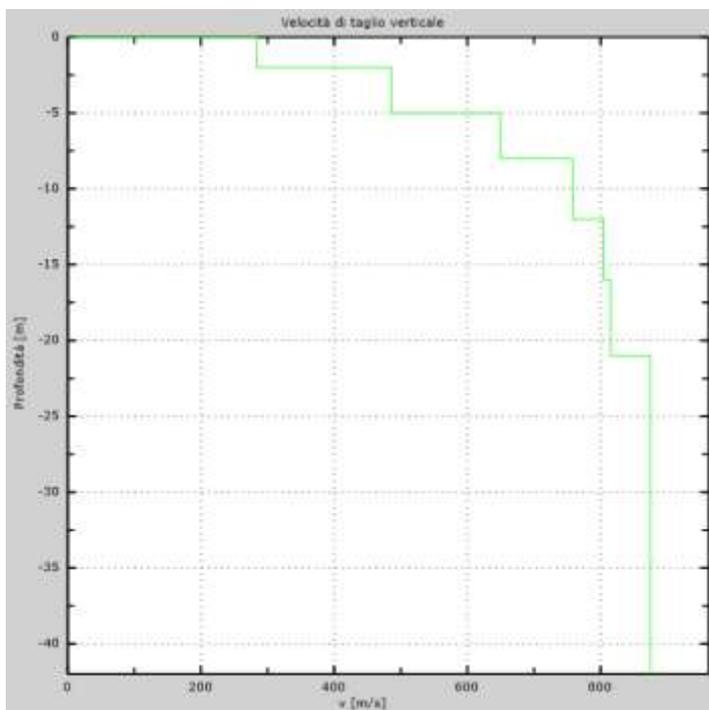


Figura 59 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	284	0,007
2	2.0-5.0	3,0	486	0,006
3	5.0-8.0	3,0	649	0,005
4	8.0-12.0	4,0	758	0,005
5	12.0-16.0	4,0	805	0,005
6	16.0-21.0	5,0	815	0,006
7	21.0-26.0	5,0	875	0,006
8	26.0-30.0	4,0	875	0,005
Σ	□	30,0	284	0,023
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 519,15	

Figura 60 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW31

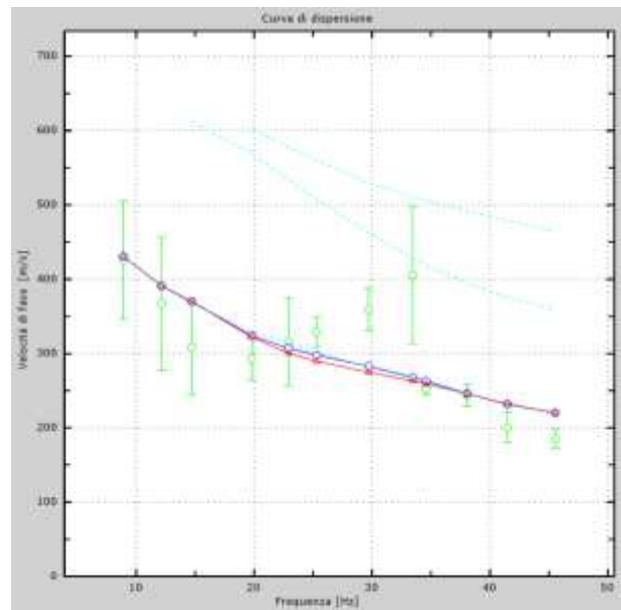
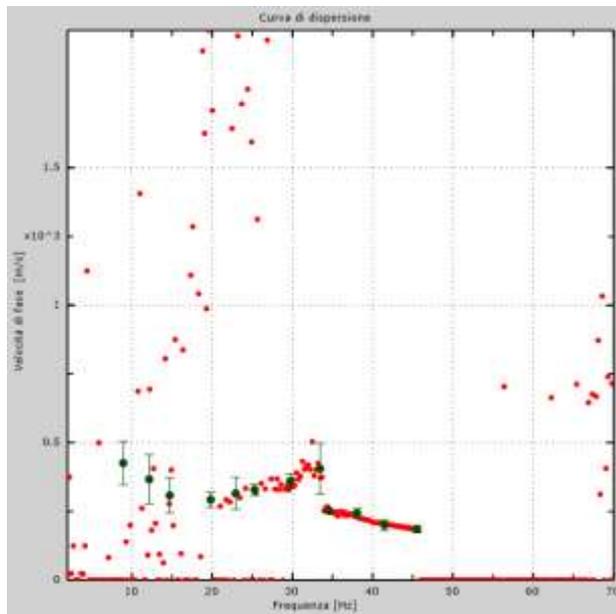
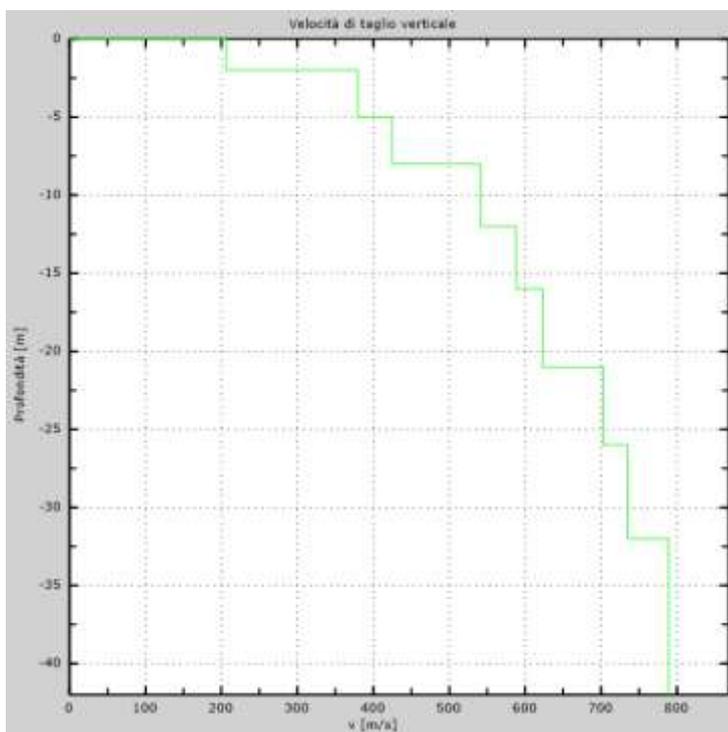


Figura 61 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	211	0,009
2	2.0-5.0	3,0	380	0,008
3	5.0-8.0	3,0	425	0,007
4	8.0-12.0	4,0	542	0,007
5	12.0-16.0	4,0	588	0,007
6	16.0-21.0	5,0	623	0,008
7	21.0-26.0	5,0	723	0,007
8	26.0-30.0	4,0	755	0,005
Σ	□	30,0	Σ	0,059
Categoria sottosuolo: B			V_{s,eq} = 509,73	

Figura 62 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs_{eq} (dx)

DENOMINAZIONE:
Profilo MW32

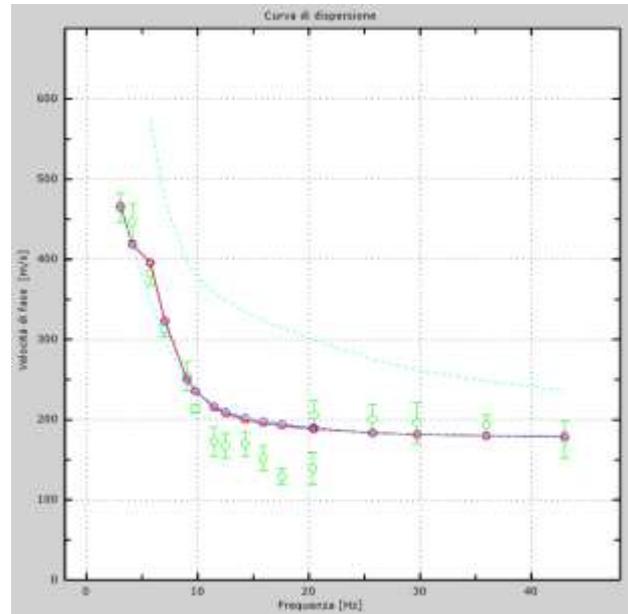
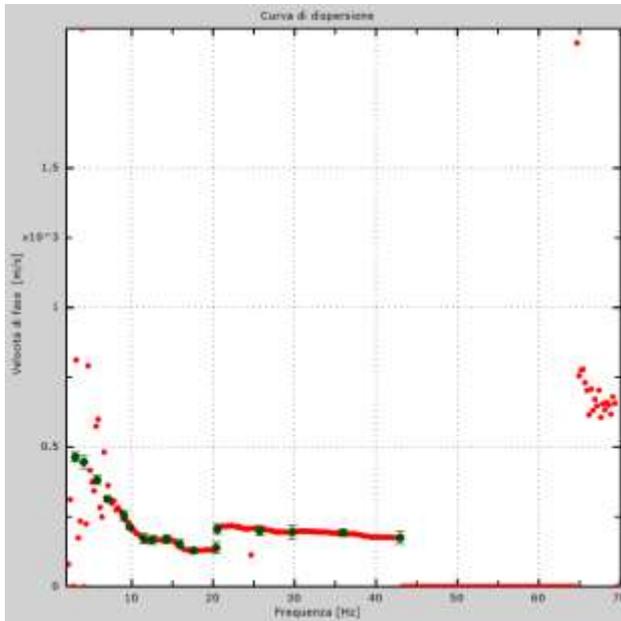
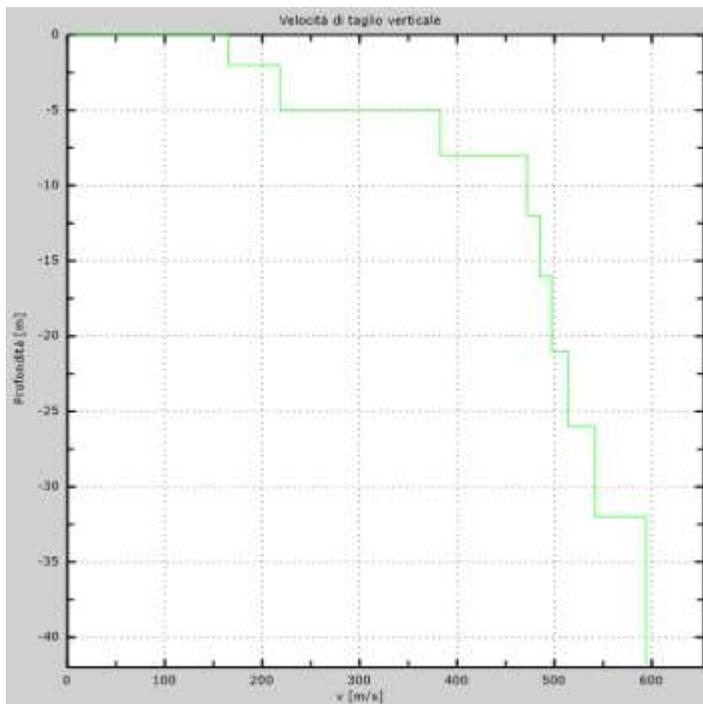


Figura 63 – Curva di dispersione sperimentale (sn); modello teorico (dx)



Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	165	0,012
2	2.0-5.0	3,0	218	0,014
3	5.0-8.0	3,0	383	0,008
4	8.0-12.0	4,0	472	0,008
5	12.0-16.0	4,0	485	0,008
6	16.0-21.0	5,0	497	0,010
7	21.0-26.0	5,0	514	0,010
8	26.0-30.0	4,0	542	0,007
Σ	□	30,0	Σ	0,078
Categoria sottosuolo: B			Vs,eq = 386,57	

Figura 64 – Profilo Vs (sn); tabella di calcolo Vs,eq (dx)

2.4 DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Di seguito viene mostrata una tabella riassuntiva dei valori di $V_{s,eq}$ ottenuti attraverso le prospezioni MASW. Oltre al valore del $V_{s,eq}$ e della categoria di sottosuolo (D.M. 17.01.18), vengono riportati i valori di velocità delle onde di taglio nei primi otto metri di profondità secondo gli intervalli 0-2 m, 2-5 m e 5-8 m; per questi intervalli è indicata una stima della consistenza e dei parametri elasto-dinamici, in particolare i moduli di rigidità e di volume, nonché il modulo di elasticità sia dinamico che statico. I terreni ad elevata consistenza, con valore di V_s superiore a 600 m/s, presentano generalmente caratteristiche litoidi.

Consistenza/rigidezza del terreno	Bassa	Media	Medio-Elevata	Elevata
Velocità delle onde di taglio V_s	<180 m/s	180-300	300-600	>600
Modulo di Rigidità (Kg/cmq)	<526,0	526,0-1800,3	1800,3-7143,1	>7143,1
Modulo di Volume (Kg/cmq)	<1896,2	1896,2-26403,9	26403,9-36938,6	>36938,6
Modulo di elasticità dinamico (Kg/cmq)	<1444,44	1444,44-5280,8	5280,8-21107,8	>21107,8
Modulo di elasticità statico (Kg/cmq)	<37,38	37,38-282,5	282,5-2452,8	>2452,8

MASW n.	$V_{s,eq}$ (m/s)	Formazione geologica	Categoria sottosuolo (D.M. 17.01.18)	V_s (m/s) 0-2 m	V_s (m/s) 2-5 m	V_s (m/s) 5-8 m
1	432	Calcere evaporitico	B	296	383	395
2	442	Marne calcaree	B	284	331	413
3	312	Argille marnose	C	228	260	276
4	393	Marne calcaree	B	234	346	351
5	727	Marne calcaree	B	788	691	874
6	249	Argille marnose	C	161	164	171
7	451	Marne calcaree	B	208	263	382
8	335	Argille marnose	C	191	318	751
9	567	Vulcaniti sottomarine	B	255	589	752
10	238	Argille marnose	C	163	158	154
11	585	Marne calcaree	B	285	393	524
12	422	Marne calcaree	B	286	362	408
13	509	Calcarei marnosi	B	264	423	468
14	551	Vulcaniti subaeree	B	337	710	784
15	595	Vulcaniti subaeree	B	315	521	655
16	689	Vulcaniti subaeree	B	427	614	718

MASW n.	Vs _{,eq} (m/s)	Formazione geologica	Categoria sottosuolo (D.M. 17.01.18)	Vs (m/s) 0-2 m	Vs (m/s) 2-5 m	Vs (m/s) 5-8 m
17	562	Vulcaniti subaeree	B	388	581	653
18	474	Calcari marnosi (Trubi)	B	318	353	360
19	819	Calcari marnosi (Trubi)	A	553	805	827
20	309	Argille marnose	C	191	197	209
21	335	Argille marnose	C	195	201	242
22	551	Vulcaniti subaeree	B	583	693	659
23	685	Vulcaniti subaeree	B	459	660	785
24	1028	Vulcaniti subaeree	A	881	948	1026
25	624	Vulcaniti subaeree	B	531	640	688
26	444	Vulcaniti subaeree	B	515	553	420
27	335	Argille marnose	C	195	201	242
28	485	Marne calcaree	B	292	404	426
29	482	Vulcaniti subaeree	B	229	481	615
30	519	Vulcaniti subaeree	B	284	486	649
31	510	Marne calcaree	B	211	380	425
32	387	Argille marnose	B	165	218	383

Dalla tabella sopra esposta si vede che i terreni analizzati ricadono sia nella Categoria A che nella B e nella C, cui alle N.T.C. 2018, con prevalenza dei terreni di tipo B. Per le diverse prospezioni è stata indicata in tabella anche la tipologia della formazione affiorante, desunta dalla Carta Geologica della Sicilia Sud-orientale in scala 1:100.000 (CARBONE S; GRASSO M. & LENTINI F., 1984).

Essenzialmente il quadro geologico-stratigrafico può essere sintetizzato attraverso cinque differenti formazioni:

- Vulcaniti subaeree e sottomarine (Pliocene medio-Pleistocene inf.-medio)
- Calcari marnosi a globigerine (Trubi, Pliocene inf.)
- Calcare evaporitico (Miocene sup.)
- Marne calcaree e argille marnose (F.ne Tellaro, Miocene medio-sup.)
- Calcareni (F.ne Ragusa, membro Irminio, Miocene inf.-medio)

Dalla correlazione fra i valori rilevati e le formazioni geologiche si deduce che in corrispondenza delle marne calcaree della formazione Tellaro si ha una categoria di sottosuolo compresa fra B e C, in cui i valori di Vs_{,eq} sono compresi fra 161 e 874 m/s. In particolare, la formazione Tellaro può presentarsi in affioramento con morfologie blande e terreni a medio-bassa consistenza (argille marnose, detrito colluviale), che sotto forma di marne calcaree a consistenza litoide con valori di Vs anche superiori a 800 m/s. Relativamente alla f.ne Ragusa, non ci sono prospezioni realizzate direttamente sulla formazione in affioramento, ma in base alle velocità ottenute è sicuramente stata

intercettata in profondità in corrispondenza di prospezioni effettuate in corrispondenza della Tellaro, contribuendo ad elevare il valore della V_s equivalente.

L'area ad Est di Vizzini è invece caratterizzata dalla presenza altipiani alla sommità dei quali si hanno di notevoli spessori di vulcaniti di età plio-pleistocenica, con vulcaniti di ambiente subaereo, prive di copertura o con copertura modesta; in corrispondenza di questi terreni sono stati osservati valori di V_e equivalente generalmente elevati, comprendenti terreni sia in categoria A che B. Inferiormente alle vulcaniti appare nuovamente la successione sedimentaria che comprende in particolare la Tellaro, la serie evaporitica e i Trubi. In corrispondenza di questi terreni sono stati osservati valori di V_s equivalente compresi fra B e C, ove hanno avuto grande rilevanza nel determinare la media equivalente gli spessori superficiali di terreni detritico-colluviale o di argille marnose meno consistenti.

Di seguito è mostrato un istogramma con i valori di $V_{s,eq}$ rilevati nelle varie prospezioni.

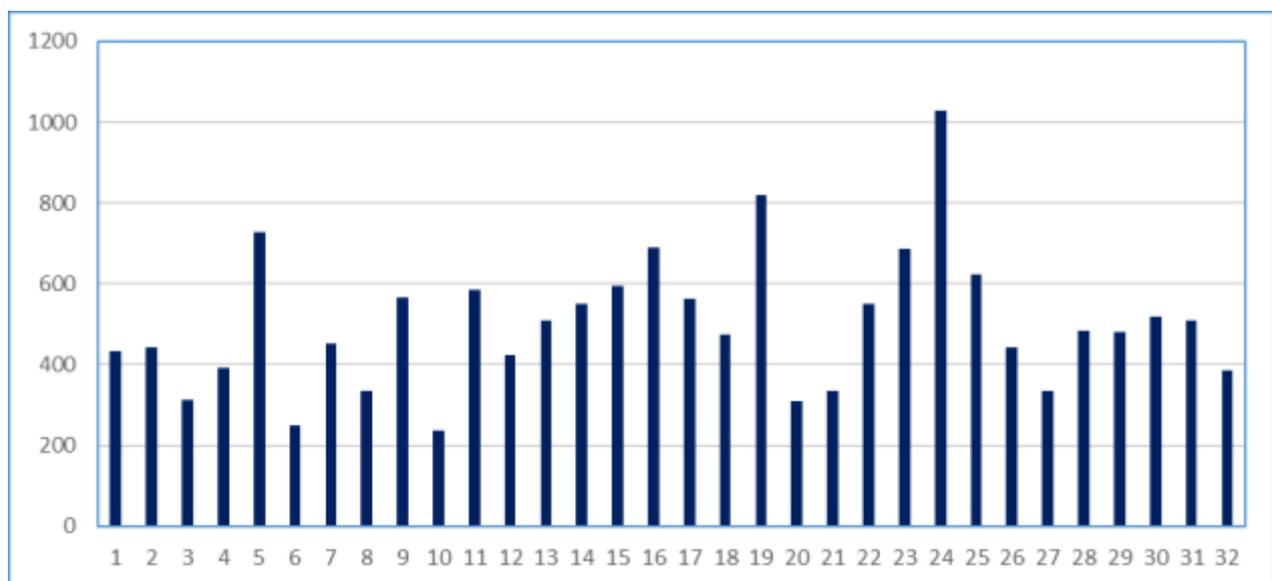


Tabella 1 – Valori di $V_{s,eq}$

3. PROSPEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA

3.1 CENNI TEORICI

Per la ricostruzione geometrica e la caratterizzazione fisica (V_p) dei terreni interessati ai fini progettuali è stata eseguita una tomografia sismica assiale di superficie allo scopo di restituire la struttura del substrato come “immagine” bidimensionale di velocità delle onde sismiche longitudinali.

La tomografia sismica ha il compito di stabilire le proprietà dinamiche in sito dei terreni di fondazione, individuare eventuali discontinuità, cavità o strati particolarmente poco consistenti presenti nel sottosuolo, mediante la definizione della velocità e della direzione di propagazione delle onde elastiche generate da sorgenti artificiali.

La velocità di propagazione in un terreno è legata essenzialmente alle proprietà elastiche ed alla densità, che a sua volta dipende dalla porosità, dal grado di fratturazione, dal contenuto in acqua e dalla composizione chimica. Ogni variazione di questo fattore influenza il valore della densità provocandone, quindi, una corrispondente variazione della velocità di propagazione delle onde sismiche.

I dati sismici ottenuti (tempi d’arrivo delle onde longitudinali), sono stati trattati tomograficamente, al fine di ricostruire profili 2D lungo le sezioni sismiche investigate.

In fase di elaborazione dei dati è stato applicato il metodo di interpretazione dei dati noto come *Generalized Simulated-Annealing Optimization*.

Il G.S.A.O. è un modello di calcolo che consente una procedura **non lineare** dell’inversione dei tempi di primo arrivo delle fasi dirette e rifratte delle onde sismiche registrate durante una prospezione sismica superficiale a rifrazione.

Il vantaggio di tale tecnica è nell’assoluta indipendenza dal modello iniziale di velocità.

Le fasi di calcolo che vengono eseguite nel processo d’elaborazione dei dati, possono essere così sintetizzate:

- Calcolo dei travel - time attraverso un modello iniziale di velocità e determinazione dell’errore minimo quadrato ($E_0 = \text{least-square error}$), tra il travel – time calcolato e quello osservato.

Per ogni iterazione i è possibile definire il “least-square error” secondo la formula:

$$E_i = \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^N (t_j^{obs} - t_j^{cal})^2 \right] \quad (1)$$

dove N è il numero di campioni, j denota ogni osservazione, e t^{obs} e t^{cal} sono rispettivamente il tempo osservato e calcolato.

- Perturbazione del modello di velocità mediante l’inserimento di una costante di velocità casuale, mantenendo la non linearità del sistema, e calcolo del nuovo “least – square error” E_1 .
- Determinazione della probabilità P di ammettere il nuovo modello (cioè che il modello sia accettabile):

$$P = 1; \quad E_1 \leq E_0 \quad (2)$$

$$P = P_c = \exp\left[\frac{(E_{\min} - E_1)^q \Delta E}{T}\right]; \quad E_1 > E_0 \quad (3)$$

dove P_c è la probabilità di accettare la condizione, $\Delta E = E_0 - E_1$, q è una costante d’integrazione (che si determina empiricamente), ed E_{\min} è il valore oggettivo della funzione dei minimi totali.

Teoricamente si ha $E_{\min} = 0$.

L’equazione (2), media tutti i valori accettati dal nuovo modello, laddove l’errore minimo quadrato (least – square error) è minore nell’iterazione prevista.

Ciò consente, durante l’inversione dei dati, di sfuggire dall’intorno dei minimi locali, andando alla ricerca del minimo globale.

- Ripetizione delle inversioni fino al raggiungimento della convergenza richiesta tra la differenza dell’errore minimo quadrato ed il successivo modello e la probabilità di accettare nuovi modelli di velocità a minimo errore.

3.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche in oggetto è stato utilizzato un sismografo a memoria incrementale per sismica a rifrazione e riflessione della MAE, modello A6000-S a 24 canali con risoluzione del segnale a 24 bit per canale.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata.

DATI TECNICI DELLA STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	
MODELLO SISMOGRAFO M.A.E. A-6000-S	N. CANALI 24 (differenziali)
CONVERSIONE A/D 24 bit a singolo canale	CAMPIONI PER CANALE 10.922
CAMPIONAMENTO 50-50.000 camp./sec.	LARGHEZZA DI BANDA 0-25 KHz
BAND REJECT 110dB@50Hz	AMPIEZZA MAX. IN INGRESSO 10Vpp,0dB
FORMATO DATI SEG-2 standard	SISTEMA OPERATIVO Windows XP Embedded
IMPEDENZA D'INGRESSO 220 kOhm@0dB	RUMORE 250nV/@2mS, 36dB



Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine geofisica, sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori

- N. 2 Cavi sismici multipolari in Purex da 60 metri, 12 take-out, intervallo 5 metri;
- N. 12 geofoni verticali frequenza 14 Hz;
- Mazza battente strumentata con trigger e piastra di battuta in alufer;

3.3 RISULTATI DELLE PROSPEZIONI

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts1				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 3	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 7 m

Sismostro to	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	<p>Dromocroni osservate e calcolate</p>
1	420	0,5 – 2	Limi argillosi (copertura pedologica)	
2	700	1-3	Calcare di base alterato	
3	1300		Calcare di base	

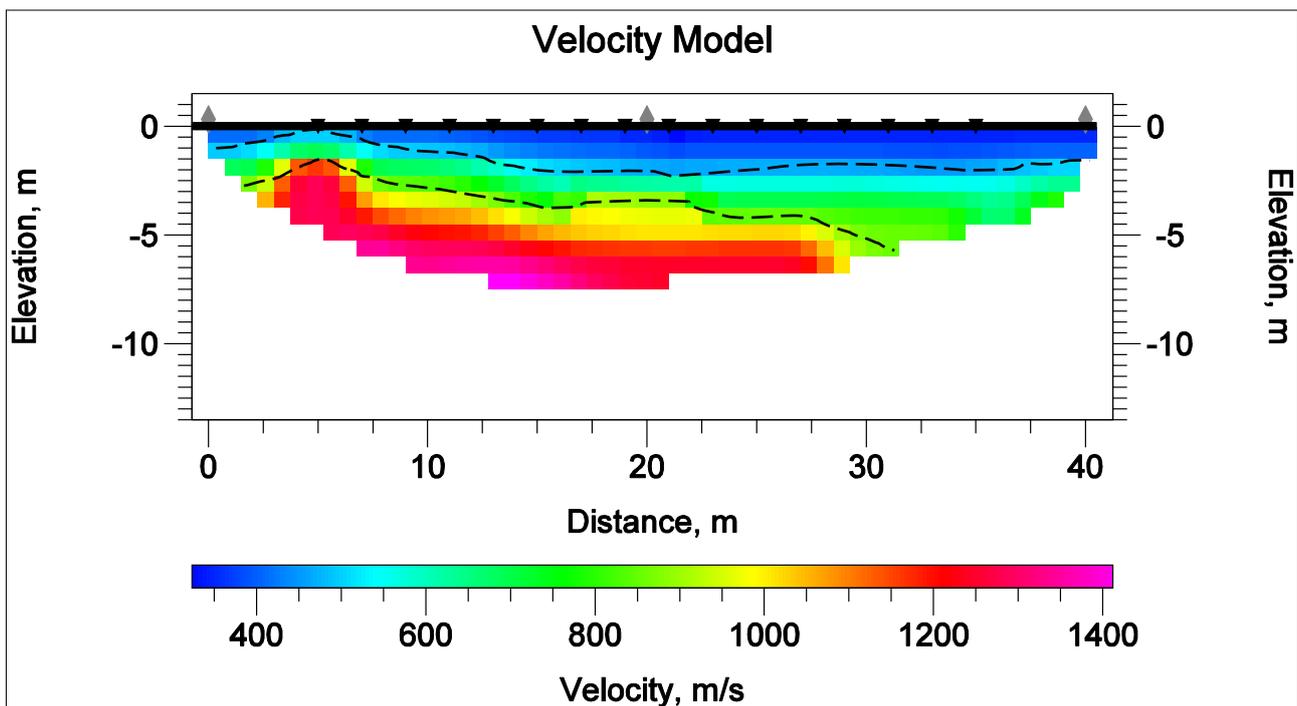


Figura 65 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts2				
N. GEOFONI: 12	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 32 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 6 m

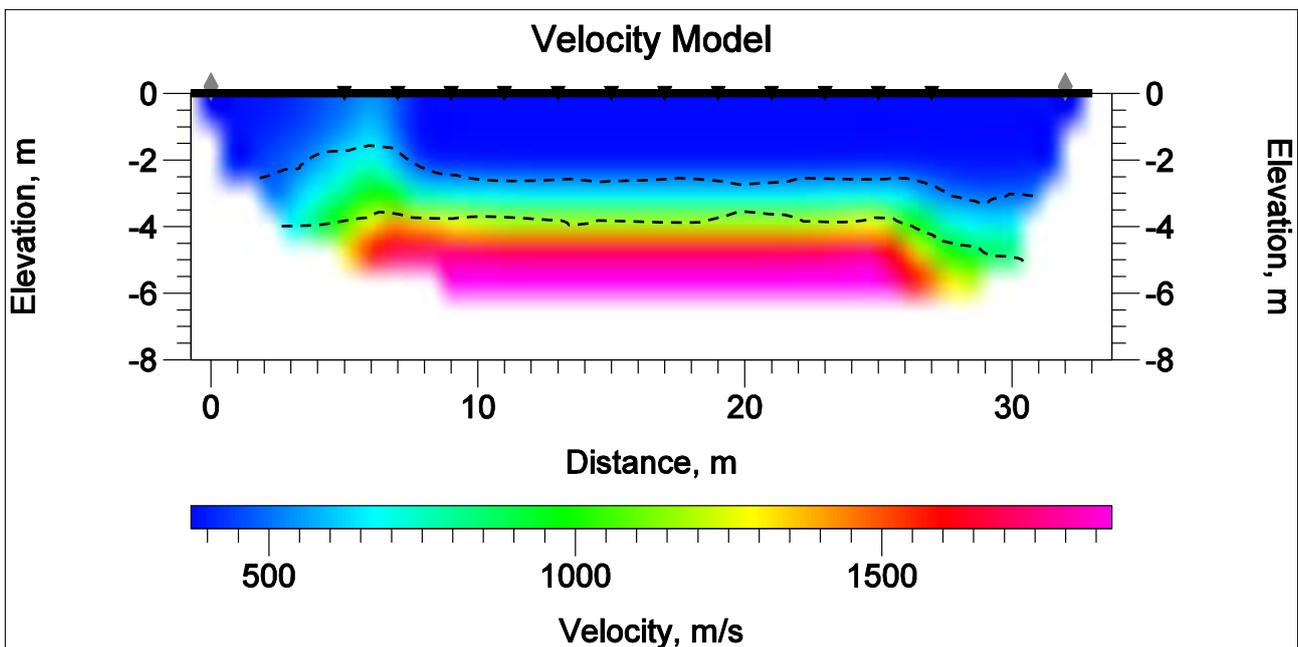
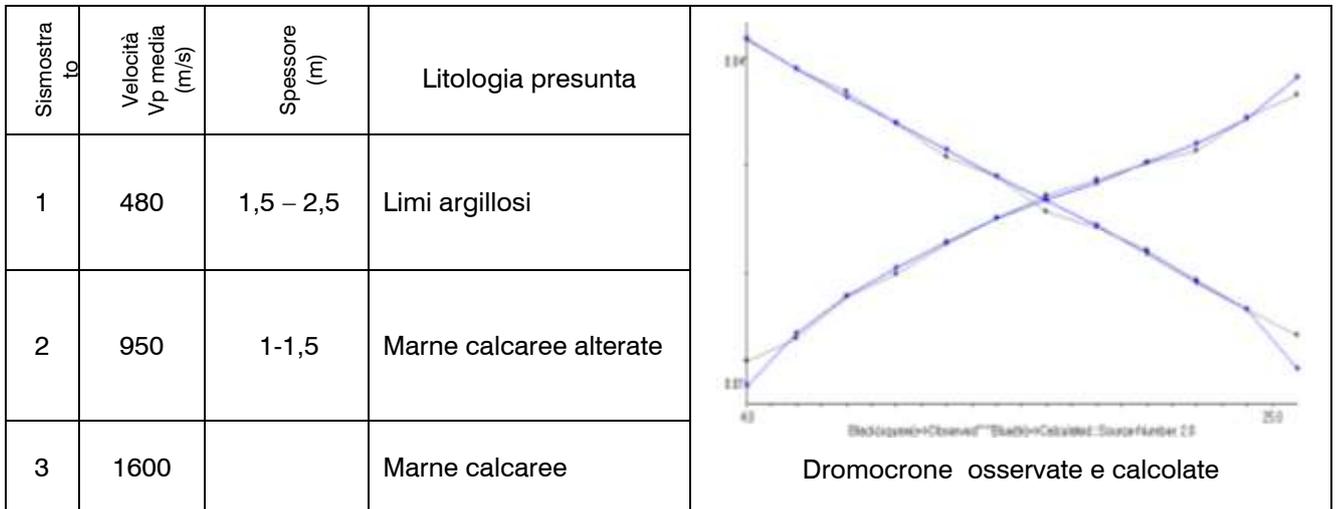
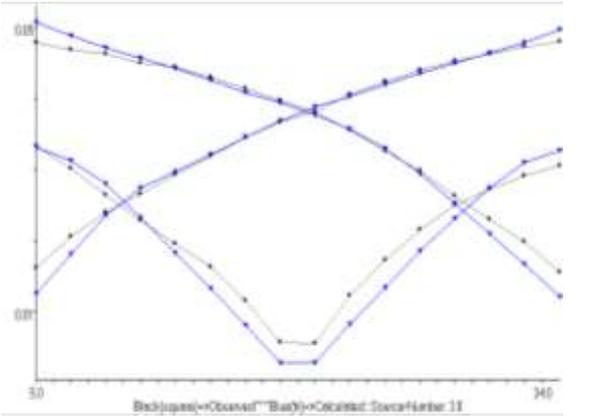


Figura 66 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts3				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 3	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 32 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 9 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	470	1,5 – 2,5	Limi argillosi
2	750	2-3,5	Marne calcaree alterate
3	1350		Marne calcaree



Dromocrone osservate e calcolate

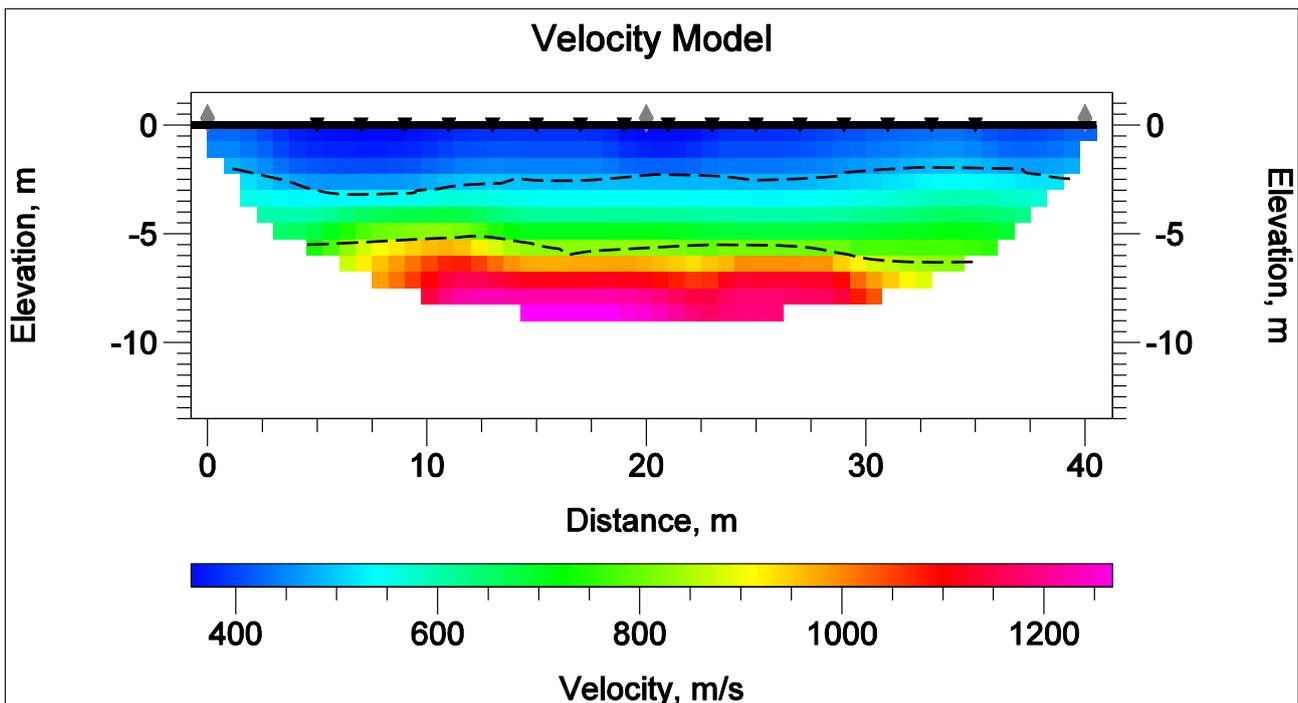
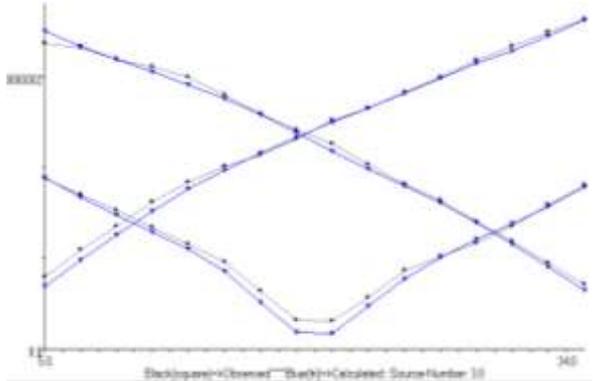


Figura 67 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts4				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 3	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 8 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	650	0,5 - 1	Argille limose (copertura pedologica)
2	900	1-2,5	Marne calcaree alterate
3	1250		Marne calcaree



Dromocrone osservate e calcolate

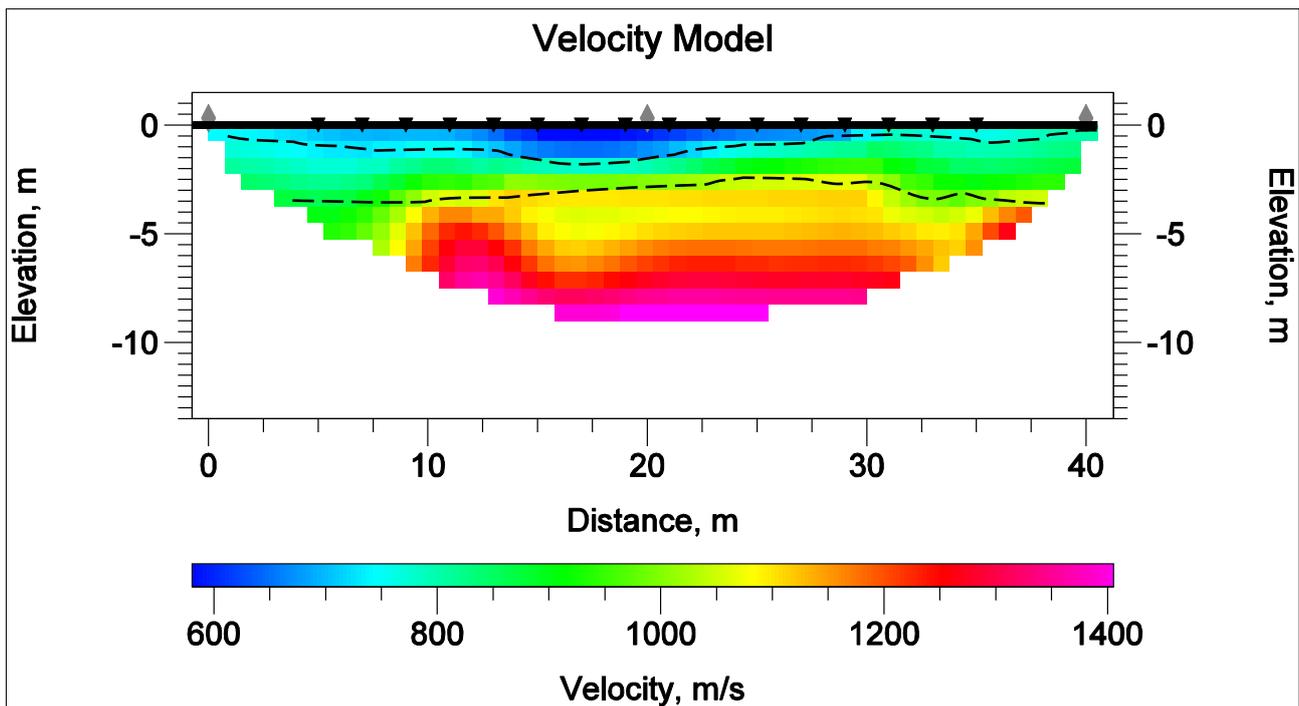
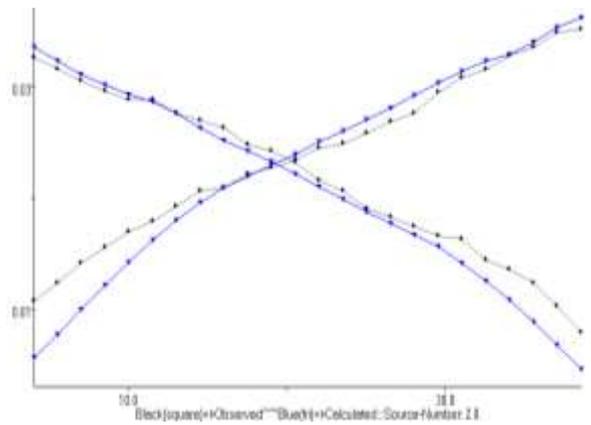


Figura 68 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts5				
N. GEOFONI: 24	STEP INTERGEOFONICO 1.5 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 42 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 8 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	550	0,3 – 1,5	Sabbie limose (copertura pedologica)
2	780	2,5 – 3,5	Vulcaniti subaeree alterate
3	1200		Vulcaniti subaeree



Dromocrone osservate e calcolate

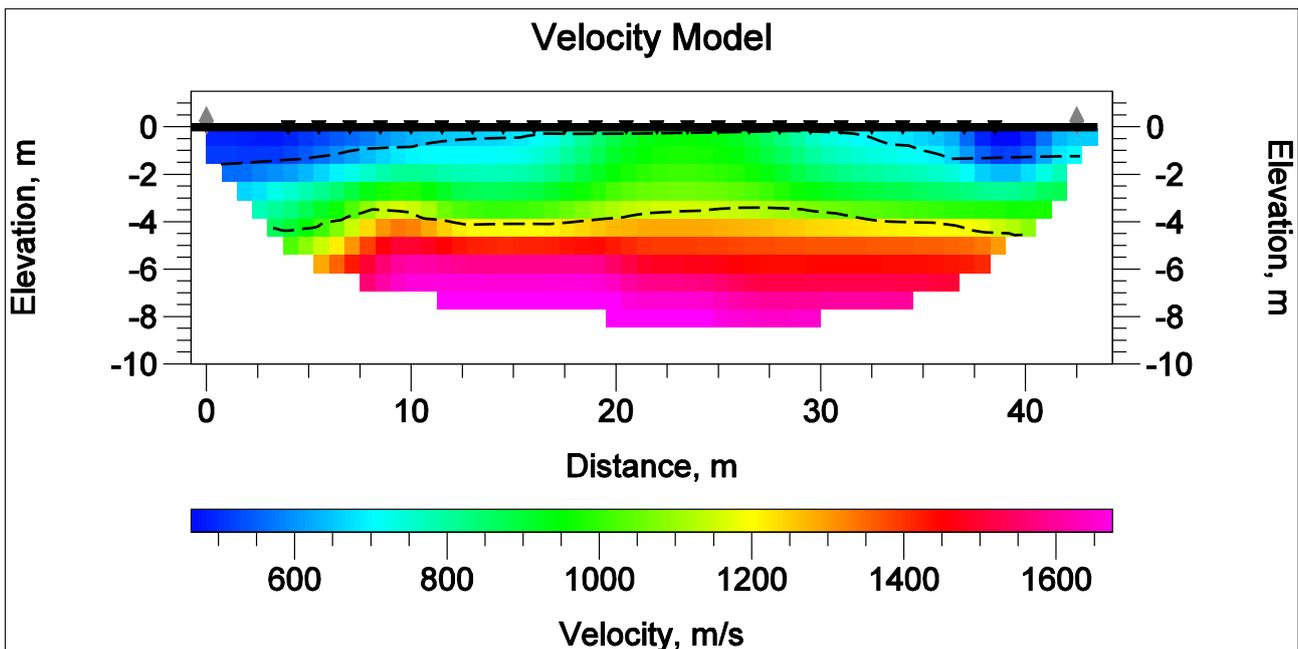


Figura 69 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts6				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 8 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	<p>Dromocrone osservate e calcolate</p>
1	560	0,0 – 3,5	Marne calcaree (Trubi) alterate e pedogenizzate	
2	1000	0,5 – 3,0	Marne calcaree (Trubi) compatte	
3	1750		Marne calcaree/vulcaniti	

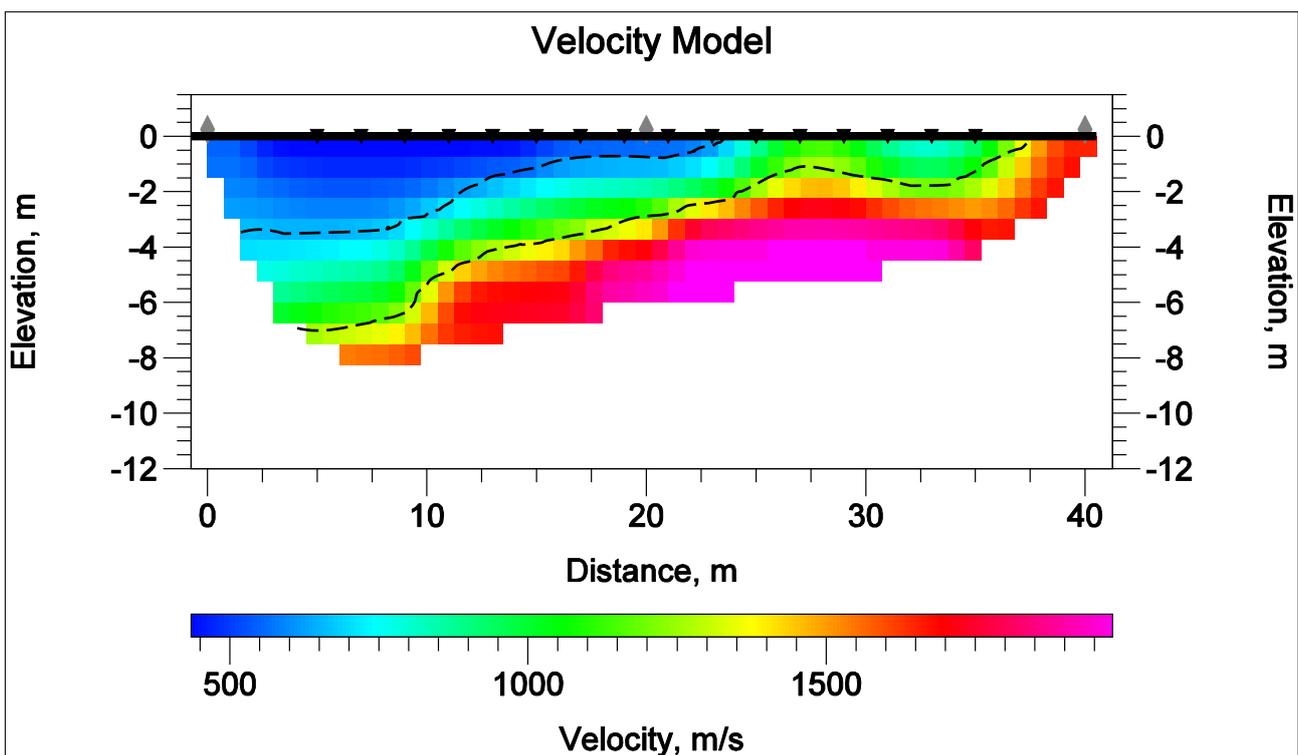
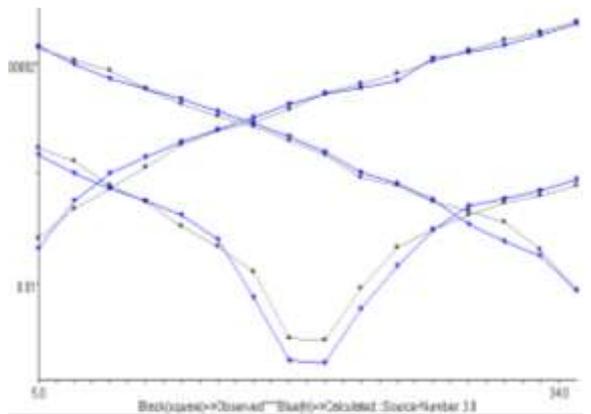


Figura 70 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts7				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 7 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	550	1 – 2	Limi argillosi
2	780	1,5 – 2,5	Marne calcaree alterate
3	1200		Marne calcaree



Dromocrone osservate e calcolate

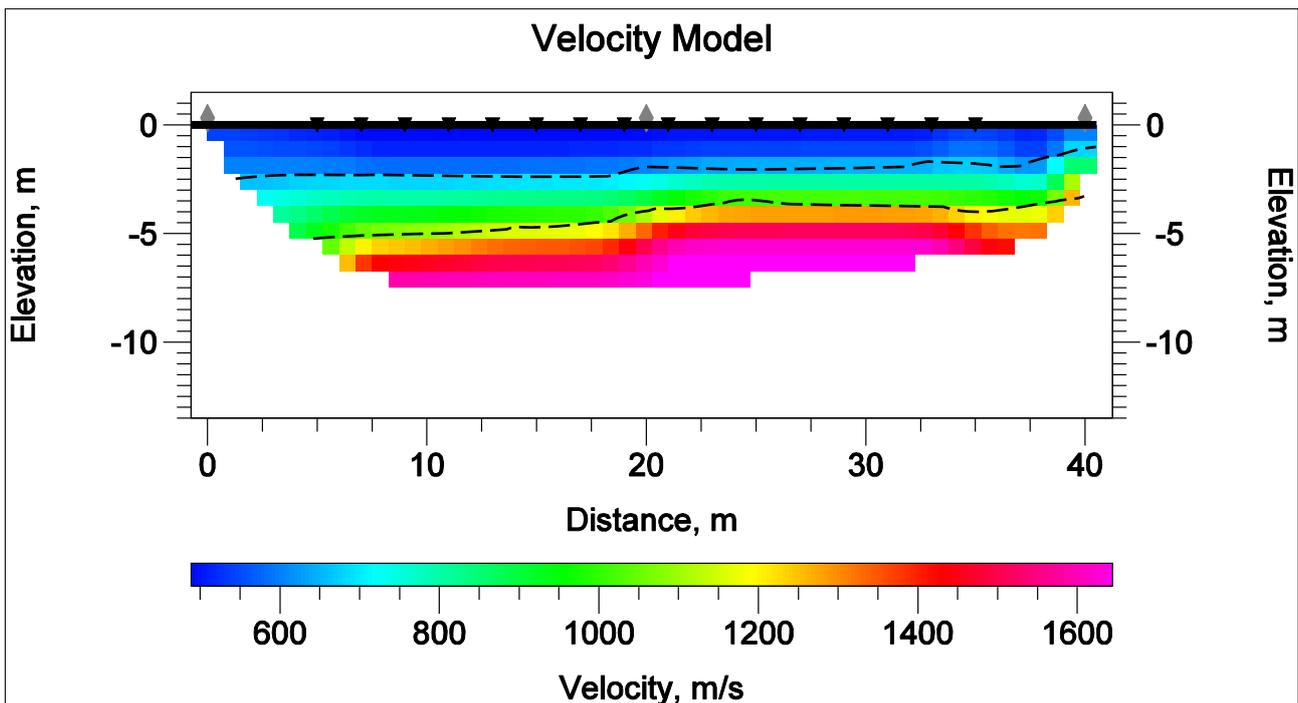
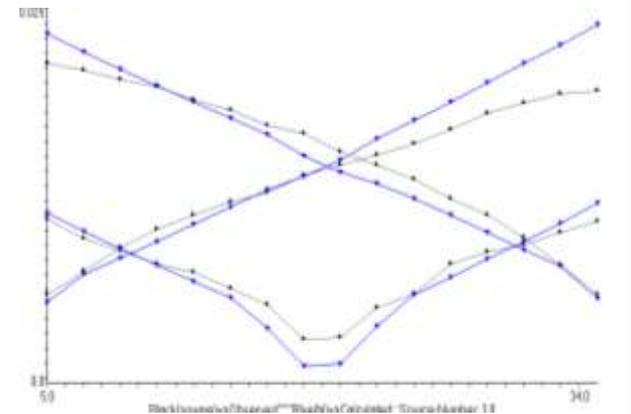


Figura 71 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts8				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 3	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 5 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	730	0,3 – 1,0	Sabbie limose, blocchi basaltici (copertura pedologica)
2	1000	1 – 2,5	Vulcaniti subaeree alterate
3	1550		Vulcaniti subaeree compatte



Dromocrone osservate e calcolate

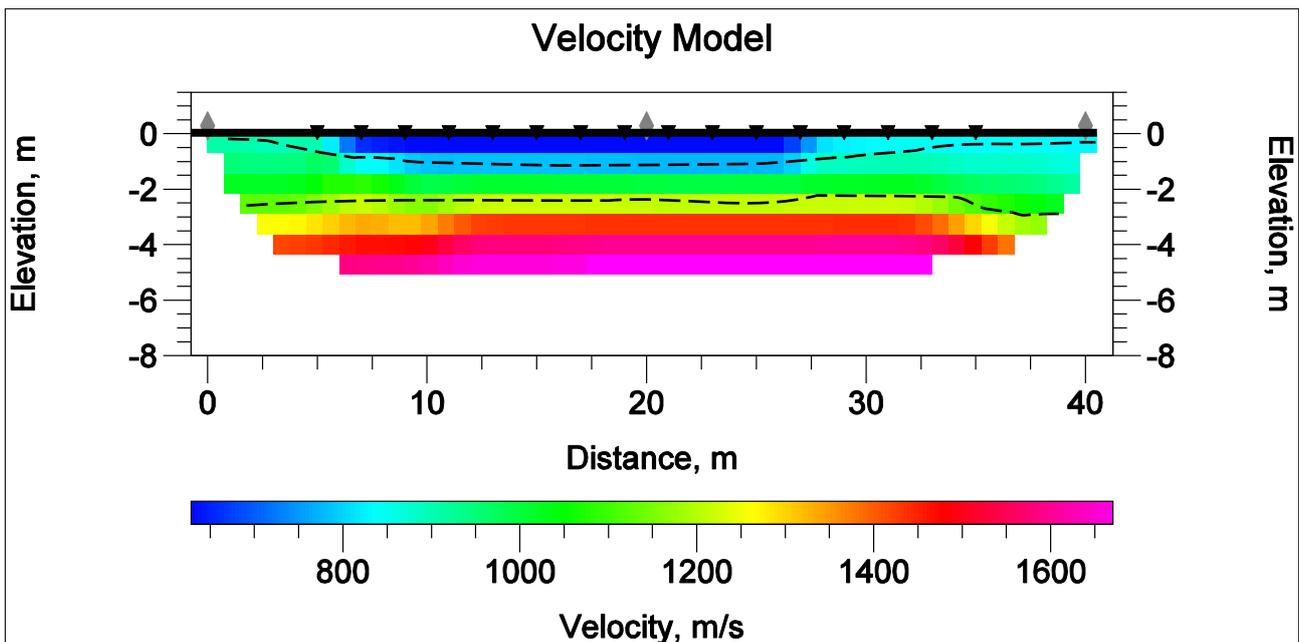
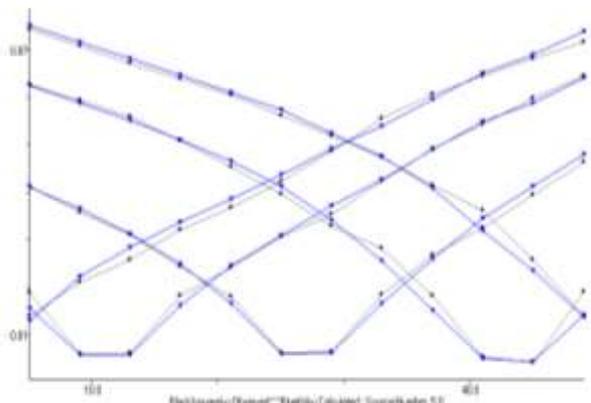


Figura 72 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts9				
N. GEOFONI: 12	STEP INTERGEOFONICO 5 m	N. SHOTS 5	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 65 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 17 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	500	1,0-2,0	Terreno superficiale, detrito
2	1200	6,0-10,0	Vulcaniti/marne calcaree alterate
3	1800		Vulcaniti/Calcarei marnosi compatti



Dromocroni osservate e calcolate

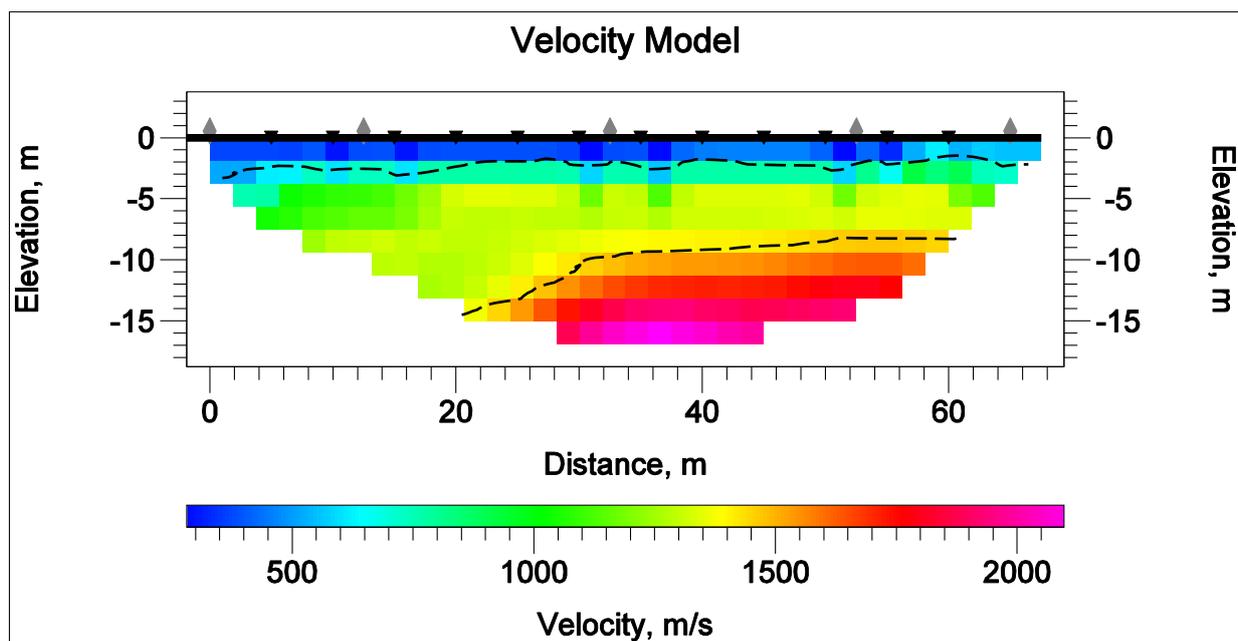
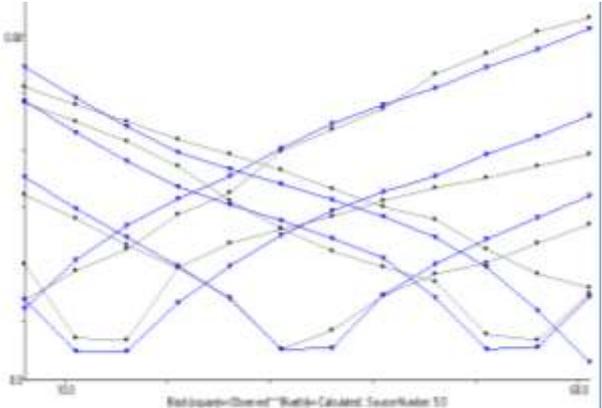


Figura 73 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts10				
N. GEOFONI: 12	STEP INTERGEOFONICO 5 m	N. SHOTS 5	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 65 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 8 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	540	2 – 2,5	Terreno superficiale, detrito
2	1000	2,5 – 3,5	Marne calcaree
3	1760		Calcarei marnosi



Dromocrone osservate e calcolate

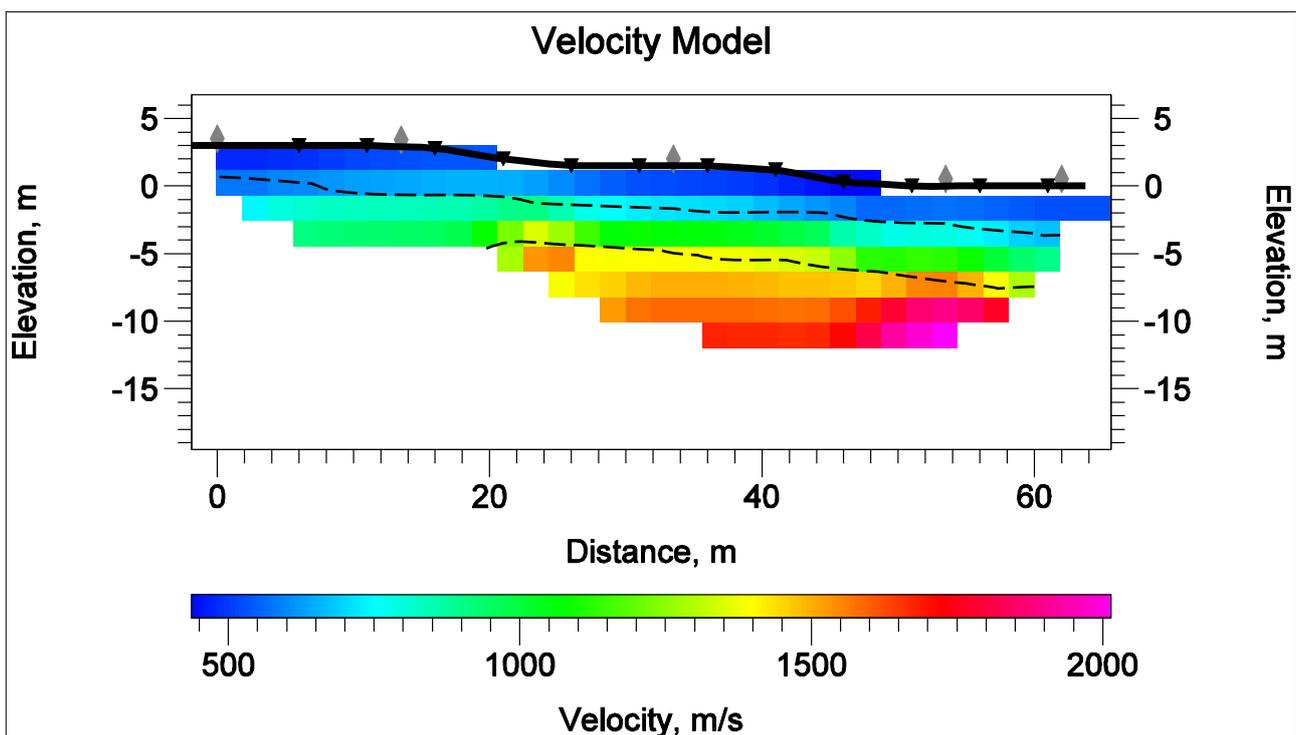


Figura 74 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts11				
N. GEOFONI: 24	STEP INTERGEOFONICO 1.5 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 42 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 8 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta	<p>Dromocrone osservate e calcolate</p>
1	600	0,0 – 1,5	Sabbie limose e blocchi basaltici (copertura pedologica mediamente addensata)	
2	940	2,5 – 3,5	Vulcaniti subaeree alterate	
3	1600		Vulcaniti subaeree compatte	

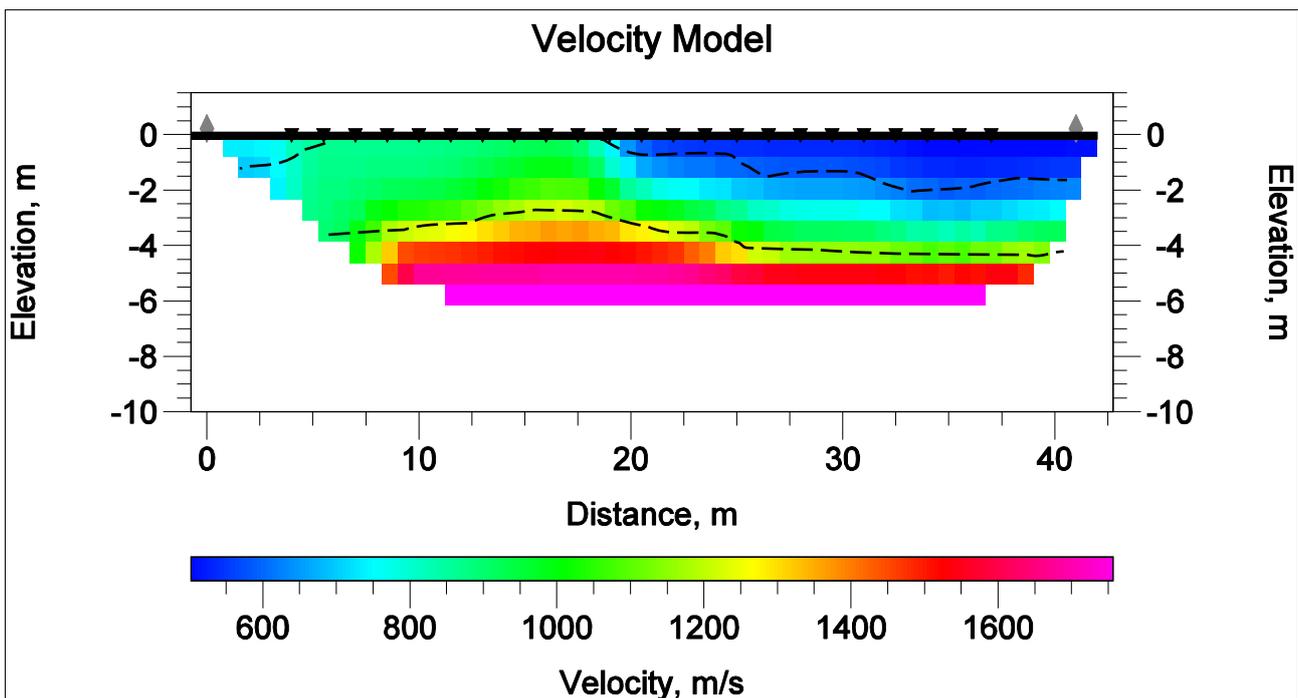
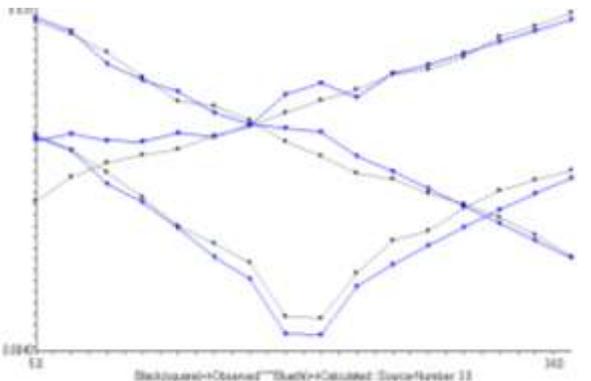


Figura 75 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts12				
N. GEOFONI: 16	STEP INTERGEOFONICO 2 m	N. SHOTS 3	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 40 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 7 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	540	0,3 – 2,0	Limi argillosi
2	780	2,5 – 4,0	Calcari marnosi (Trubi) alterati
3	1450		Calcari marnosi (Trubi) compatti



Dromocrone osservate e calcolate

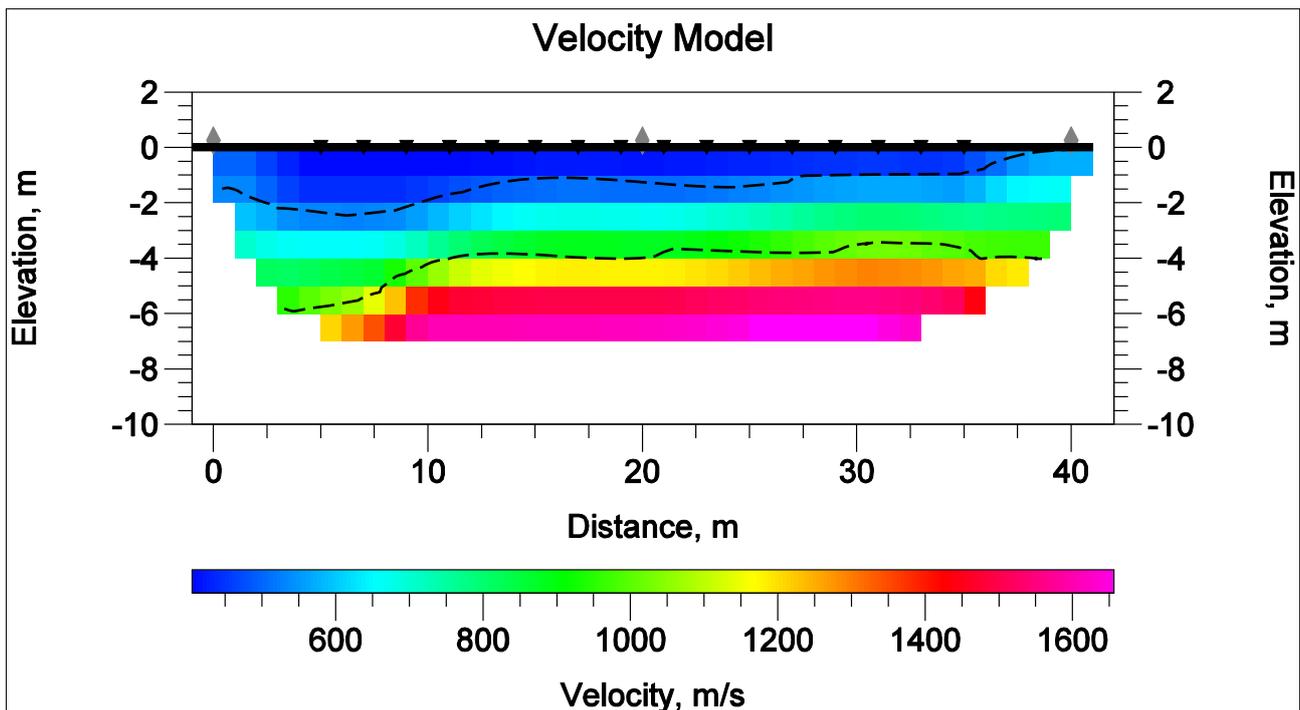


Figura 76 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

DENOMINAZIONE: Sezione sismica tomografica Ts13				
N. GEOFONI: 24	STEP INTERGEOFONICO 1.5 m	N. SHOTS 2	LUNGHEZZA STENDIMENTO END-TO-END SHOT 42 m	PROFONDITÀ RAGGIUNTA 11 m

Sismostrato	Velocità Vp media (m/s)	Spessore (m)	Litologia presunta
1	520	0,3 – 2	Sabbie limose e blocchi basaltici (copertura pedologica)
2	850	2,5 – 4	Vulcaniti subaeree alterate
3	1450		Vulcaniti compatte

Dromocrone osservate e calcolate

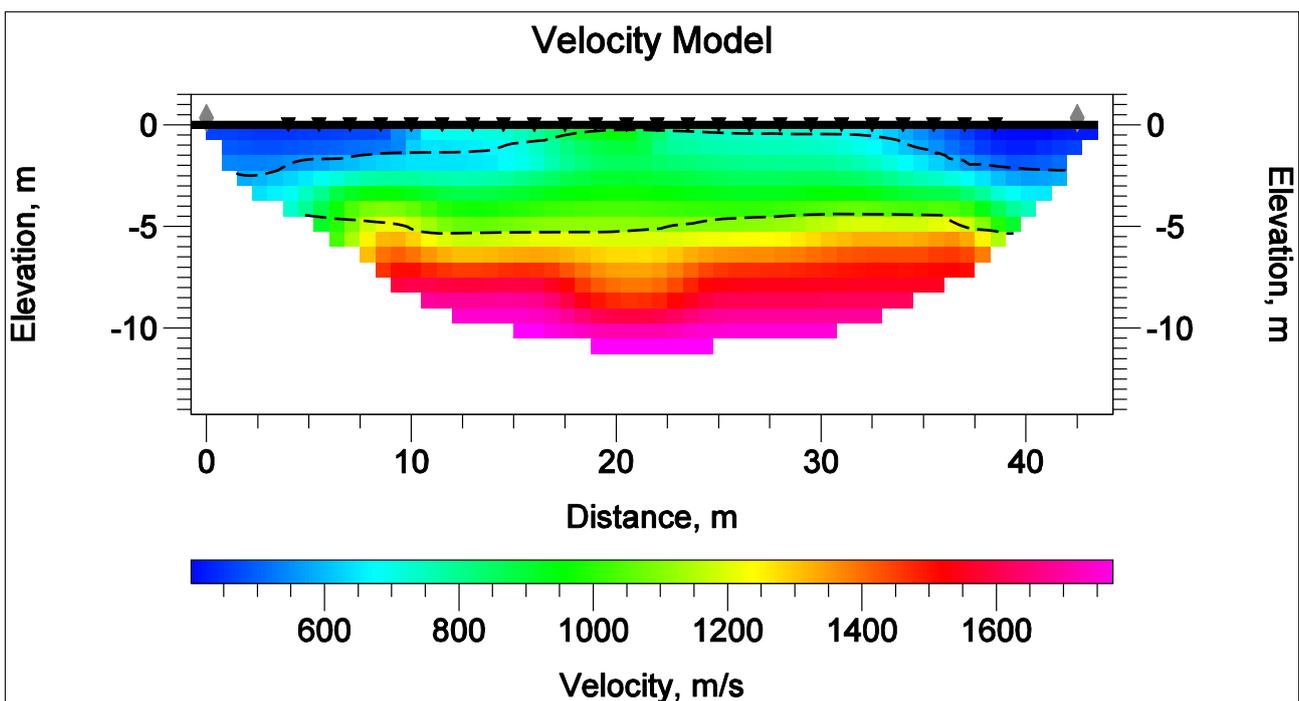


Figura 77 – Modello sismostratigrafico del sottosuolo

3.1 DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Le prospezioni sismiche a rifrazione attraverso l'elaborazione tomografica hanno fornito una sezione bidimensionale del sottosuolo maggiormente dettagliata rispetto alle tradizionali traverse sismiche.

Le sezioni sismiche sono state suddivise fra i terreni sedimentari e le vulcaniti.

I modelli sismostratigrafici sono sempre stati sviluppati in un aerato di superficie, generalmente poco o scarsamente addensato, in un primo rifratore (a basso/medio grado di consistenza), ed un secondo rifratore (a consistenza generalmente elevata), evidenziando di volta in volta il range di spessore di ciascun sismostrato.

Le sezioni tomografiche sono state sempre localizzate in corrispondenza di estese aree morfologicamente uniformi, a morfologia subpianeggiante o comunque a modesta acclività, allo scopo di caratterizzare le differenti condizioni litostratigrafiche in relazione alle finalità del progetto. Nella tabella seguente sono indicate (accanto al numero identificativo della prospezione), la formazione geologica affiorante e lo spessore dell'aerato superficiale a consistenza minore.

Tabella 2 – Elenco prospezioni sismiche tomografiche e formazione geologica di riferimento

Tomografia sismica n.	Formazione geologica	Aerato superficiale a minore consistenza (m)
1	Calcere evaporitico	0,5-2,0
2	Marne calcaree	1,5 – 2,5
3	Argille marnose	1,5 – 2,5
4	Marne calcaree	0,5 – 1,0
5	Vulcaniti subaeree	0,3 – 1,5
6	Calcari marnosi (Trubi)	0,0 – 3,5
7	Argille marnose	1,0 – 2,0
8	Vulcaniti subaeree/sottomarine	0,3 – 1,0
9	Marne calcaree	1,0-2,0
10	Argille marnose/marne calcaree	2,0-2,5
11	Vulcaniti subaeree	0,0-1,5
12	Calcari marnosi (Trubi)	0,3 – 2,0
13	Vulcaniti subaeree	0,3 – 2,0

Le aree indagate evidenziano generalmente terreni con consistenza medio-elevata, talora litoide, con una fascia di copertura di spessore variabile da 0 a qualche metro di terreno eluvio-colluviale a bassa consistenza, generalmente rimaneggiate in seguito alle arature stagionali e piuttosto alterate in seguito ai fenomeni di imbibizione/essiccamento nel corso dell'anno. La correlazione fra velocità sismiche e litologia del sismostrato è solo

presuntiva, effettuata sulla base dei terreni affioranti e delle caratteristiche geologiche desunte dalla cartografia specializzata. Gli spessori minori di aerato superficiale sono localizzati generalmente in corrispondenza delle vulcaniti subaeree in condizioni di morfologia pianeggiante, al top degli altipiani; in queste condizioni si ha quasi il diretto affioramento della formazione vulcanica di base con caratteristiche di elevata rigidità.

4. PROSPEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA

Lo scopo delle prospezioni geoelettriche è quello di determinare la distribuzione della resistività del sottosuolo effettuando delle misurazioni dalla superficie. Da tali misurazioni possono essere valutati i valori reali di resistività nel sottosuolo.

Le misure di resistività vengono eseguite immettendo corrente nel terreno attraverso due elettrodi, denominati comunemente A e B, e misurando la differenza di potenziale risultante in corrispondenza di due elettrodi denominati M e N.

I valori di resistività apparente (ρ_a) vengono calcolati misurando il rapporto tra tensione (V) ed intensità di corrente (I).

$$\rho_a = kV/I$$

dove k è un fattore geometrico che dipende dalla disposizione dei quattro elettrodi.

Ciò che viene misurato è un valore di resistenza, $R=V/I$, definito "resistività apparente (ρ_a)" allorché viene calcolato da:

$$\rho_a = kR$$

Il valore di resistività misurato non è il vero valore di resistività del sottosuolo, ma è un "valore apparente " che rappresenta la resistività di un terreno omogeneo che darà il valore di resistenza stesso per un uguale configurazione elettrodica. La relazione tra la "resistività apparente " e la "resistività reale " è una operazione alquanto complessa. Per determinare il valore reale di resistività del sottosuolo, occorre fare delle operazioni di inversione della resistività apparente misurata.

Per superare i limiti dei comuni SEV, che indagano con modalità monodimensionale e non prendendo in considerazione le variazioni orizzontali (che influenzano fortemente il dato elettrico), viene oggi sempre più largamente utilizzato il modello bidimensionale. Mediante tale tecnica viene tenuto in considerazione che i valori di resistività cambiano sia con la profondità che lungo la linea in esame. In questo caso, è presunto che la resistività non cambia nella direzione perpendicolare alla linea di esame. In molte situazioni questa è un'assunzione ragionevole. In teoria, una prospezione elettrica con un modello 3-D dovrebbe essere ancora più accurato. Comunque le tecniche 2-D sono un buon compromesso sia economico che pratico e sono in grado di fornire risultati molto attendibili.

Uno dei più recenti sviluppi della tecnica di prospezione elettrica bidimensionale è l'uso di tecniche di restituzione tomografica 2-D dei dati mediante georesistivimetri con commutatori di tipo multielettrodico e l'utilizzo di un gran numero di elettrodi (di solito da 24 a qualche centinaio), con spaziatura costante, collegati ad un cavo multi-polare. Il georesistivimetro collegato all'unità di commutazione elettronica permette di selezionare automaticamente i quattro elettrodi per acquisire la sequenza di misurazioni, il tipo di array da usare, ed altri parametri di acquisizione (come la corrente immessa). In una tipica

campagna di misura, la maggior parte del lavoro consiste quindi nel posare il cavo e gli elettrodi e configurare la geometria di acquisizione, le misurazioni sono poi acquisite automaticamente, ed immagazzinate nello strumento.

Per elaborare i dati raccolti da un indagine geoelettrica di tipo bidimensionale, il metodo normalmente usato è quello della ricostruzione di pseudosezioni. In questo caso, l'ubicazione orizzontale del punto è posizionato a metà degli elettrodi di misura, mentre l'ubicazione verticale è posta ad una distanza che è proporzionale alla separazione tra gli elettrodi. È importante sottolineare che questa è soltanto una convenzione, e non implica che la profondità di investigazione è data dal punto di intersezione delle due linee a 45° (e non implica certamente che il flusso corrente o linee di isopotenziale hanno un angolo di 45° con la superficie).

La ricostruzione di pseudosezioni dei valori di resistività apparenti è un ottimo modo di esposizione dei dati e dà una visione molto prossima della distribuzione della resistività del sottosuolo. Va detto che l'immagine è una visione comunque distorta del sottosuolo, perché la forma dei contorni dipende dall'array utilizzato così come dalla resistività reale del sottosuolo.

Le sezioni elettriche tomografiche bidimensionali sono state finalizzate ad individuare anomalie elettriche imputabili a variazioni litologiche significative, anomalie e/o cavità presenti nei litotipi attraversati dai flussi di corrente elettrica immessa.

Come già accennato, la modalità di acquisizione consiste nella determinazione di profili di resistività attraverso la disposizione sul terreno di un certo numero d'elettrodi, che progressivamente vengono commutati lungo una data direzione, variandone la distanza interelettrodica al fine di aumentare la profondità d'investigazione. Il set di dati così ottenuto consente la costruzione di una matrice di valori di resistività la cui inversione, mediante algoritmi matematici, restituisce la definizione del mezzo investigato in "immagini" elettroresistive.

L'acquisizione dei dati consiste nel misurare la differenza di potenziale che si genera nei picchetti di misura M – N, secondo delle geometrie prefissate.

Nel dettaglio l'operazione d'acquisizione può essere riassunta così come segue:

- ✓ scelta della configurazione geometrica;
- ✓ disposizione sul terreno degli elettrodi lungo un dato profilo;
- ✓ annullamento dei potenziali spontanei;
- ✓ immissione della corrente;
- ✓ misura ed archiviazione dati.

La restituzione dei dati avviene in forma di matrice consentendone l'immediata elaborazione.

Da quanto già detto, risulta che la scelta della geometria da adottare è uno degli aspetti più importanti nell'esecuzione della tomografia elettrica, spesso dettata dalle condizioni logistiche in cui si opera. Esistono diverse configurazioni geometriche ciascuna delle quali ha una sua peculiarità.

La scelta della configurazione migliore da usare sul campo dipende dal tipo di struttura che deve essere indagata, dalla sensibilità della misura di resistività e dal livello di rumore di fondo.

Gli array più comunemente usati per misure 2-D sono:

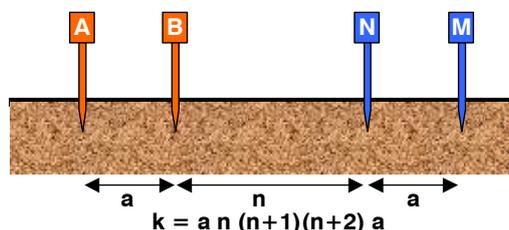
- (a) Wenner,
- (b) dipolo-dipolo,
- (c) polo-polo
- (d) polo-dipolo.

Le caratteristiche dell'array che devono essere tenute in considerazione sono:

- (I) la sensibilità dell'array alle variazioni di resistività verticali ed orizzontali nel sottosuolo,
- (II) la profondità di investigazione,
- (III) la copertura di dati in orizzontale
- (IV) la potenza del dell'impulso elettrico

Array Dipolo-dipolo

Questo array viene usato estensivamente nelle indagini di resistività/P.I. perché ha un basso rapporto elettromagnetico tra i circuiti di corrente e quelli di potenziale. La sistemazione degli elettrodi è mostrata in Figura 2. La spaziatura tra la coppia di elettrodi corrente, B-A, è dato da "a", che è lo stesso degli elettrodi di potenziale M-N. Questo array considera un altro fattore "n" in Figura 2, dato dal rapporto della distanza fra l'A ed M per la distanza B-A (o M-N) "a".



Per le indagini con questa configurazione, "a" viene inizialmente tenuta fissa mentre "n" è aumentato da 1 a 2 a 3 fino a 6, in modo da aumentare la profondità di investigazione. La più elevata sensibilità è localizzata sia tra i dipoli A-B che tra M-N. Questo vuol dire che questa configurazione è molto sensibile alle variazioni di resistività tra le coppie di elettrodi. Quindi è molto sensibile a variazioni orizzontali di resistività, ma relativamente insensibile a quelle verticali. Questo vuole dire che è adatto per indagini su strutture verticali, come fratture e cavità, ma relativamente inadatto per le strutture

orizzontali quali le stratificazioni. La profondità media di investigazione dipende anche dal fattore di "n", oltre che da "a". Per le tecniche 2-D, questa configurazione ha una copertura di dati migliore rispetto al Wenner.

Una limitazione di questa configurazione è data dalla bassa potenza del segnale per alti valori di "n". La tensione infatti è inversamente proporzionale al cubo di "n". Questo vuol dire che a parità di corrente immessa, la tensione misurata cade di circa 200 volte quando "n" è aumentato da 1 a 6. Un metodo per superare questo problema è aumentare la spaziatura "a" tra AB (e M-N) per ridurre la caduta di potenziale quando la lunghezza complessiva è aumentata per aumentare la profondità di investigazione.

La potenza del segnale con "n" più piccolo " è decine di volte più forte di quello con "n" più grande.

Per usare efficacemente questa configurazione, la misura di resistività dovrebbe avere elevata sensibilità e un rapporto segnale/rumore molto buono. Questa configurazione viene comunque usata con successo per individuare strutture come cavità. L'array dipolo-dipolo dà scarse informazioni sulla resistività dell'area che circonda il punto che disegna, e la distribuzione dei dati non riflette la resistività misurata.

Dopo la fase di acquisizione di campo, si ha a disposizione un set di dati che rappresentano le resistività apparenti.

Il problema della non-unicità dei dati deve essere tenuto sempre ben presente nelle operazioni di inversione di resistività. Per lo stesso insieme di dati misurati, esiste un'ampia serie di modelli che generano gli stessi valori di resistività calcolata. Per restringere in giù la serie di modelli possibili in genere vengono fatte delle supposizioni riguardo alla natura del sottosuolo oggetto di indagine.

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Georesistivimetro della IRIS INSTRUMENTS, modello Syscal RJ con Switch a 48 canali ed espansione a 96 elettrodi per configurazioni multielettrodeiche.

Lo strumento permette:

- Funzione di stacking automatico (per migliorare il rapporto segnale/rumore) e visualizzazione del numero di stack
- Misura dei seguenti parametri:
Intensità di corrente - tensione - Polarizzazione Spontanea - deviazione standard – caricabilità parziale (se in modalità Rho + IP).
- Il calcolo dei parametri seguenti:
Resistività apparente – conducibilità
- Test della batteria interna di sistema;
- Test del rumore circostante in fase di immissione di corrente;
- Storage dei seguenti dati nella memoria interna:
Stazione e numeri di linea - Array di Elettrodi - Lunghezze di linee - Polarizzazione Spontanea - Calcolo parametri - Tensione - Intensità – conducibilità parziale - Deviazione standard.

Per le operazioni di campagna, inerenti l'esecuzione dell'indagine geofisica, sono stati inoltre utilizzati parte dei seguenti accessori:

- N. 2 Cavi multipolari da 120 metri a 24 elettrodi
- N. 48 Elettrodi in acciaio per energizzazione del terreno
- N. 48 Alligator clips



Figura 78 – Georesistivimetro IRIS Syscal junior – 48 canali

DENOMINAZIONE:				
4.2 SEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA ERT01				
N. ELETTRODI:	STEP INTERELETTRODICO	LUNGHEZZA STENDIMENTO	CONFIGURAZIONE ELETTRODICA	PROFONDITÀ MASSIMA RAGGIUNTA
24	5 m	115 m	Dipolo-dipolo	23 m

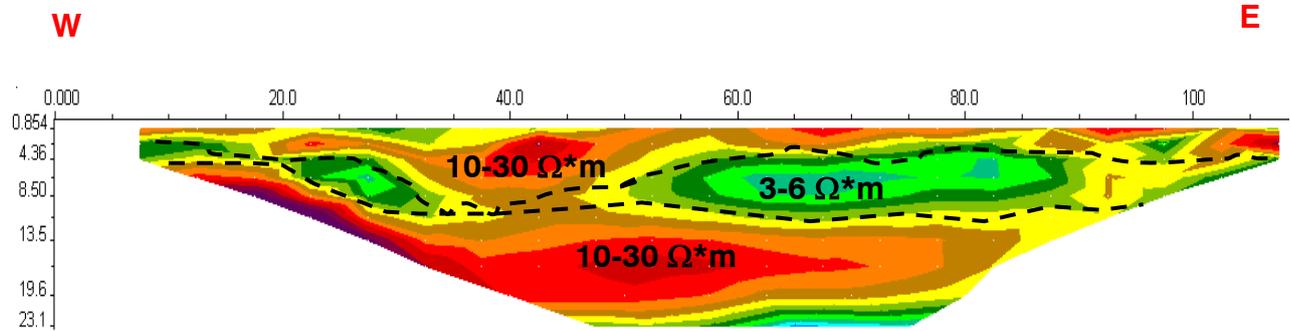


Figura 79 – Sezione interpretativa

DENOMINAZIONE:				
4.3 SEZIONE ELETTRICA TOMOGRAFICA ERT02				
N. ELETTRODI:	STEP INTERELETTRODICO	LUNGHEZZA STENDIMENTO	CONFIGURAZIONE ELETTRODICA	PROFONDITÀ MASSIMA RAGGIUNTA
24	5 m	115 m	Dipolo-dipolo	23 m

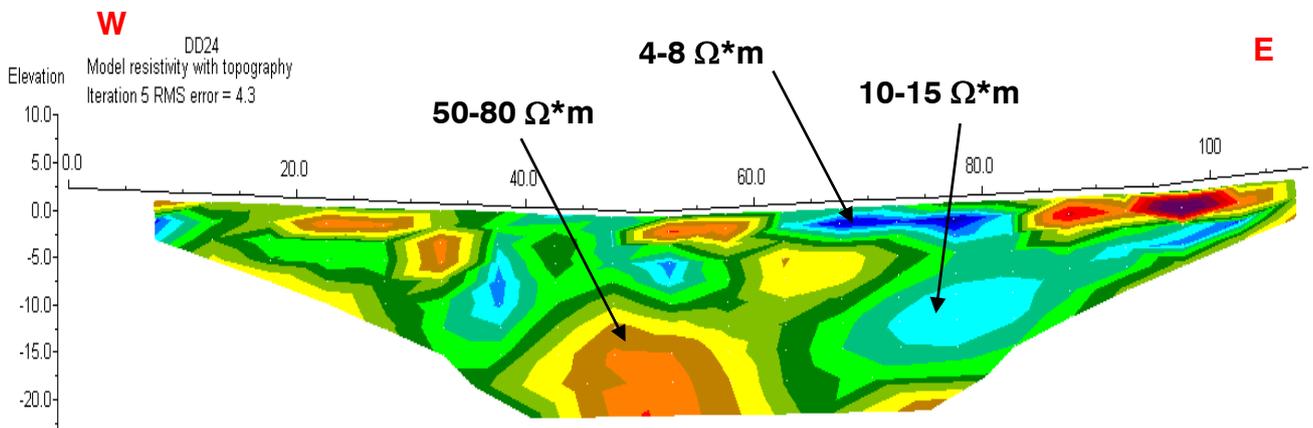


Figura 80 – Sezione interpretativa ERT2

4.4 DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Nella sezione Ert01 appare evidente la sovrapposizione di tre elettrostrati:

- Elettrostrato di superficie: si estende fino a 3 m circa di profondità, mostra una resistività medio-bassa ed è correlabile alla porzione di sottosuolo interessata da terreno detritico-colluviale di superficie;
- Elettrostrato intermedio: mostra una resistività bassa ed un andamento discontinuo, lentiforme, con spessore variabile da 1 a 5 metri circa. Correlabile con terreni di natura calcareo-marnosa, piuttosto umidi.
- Elettrostrato di base: sul lato Ovest della sezione inizia a circa 5 m di profondità, poi si approfondisce fino a circa 9 m e rimane piuttosto continuo e costante. La sua resistività è analoga ai terreni di superficie, medio-bassa. La continuità dei valori di resistività indica una certa continuità laterale dell'elettrostrato, correlabile con la formazione in posto calcareo-marnosa.

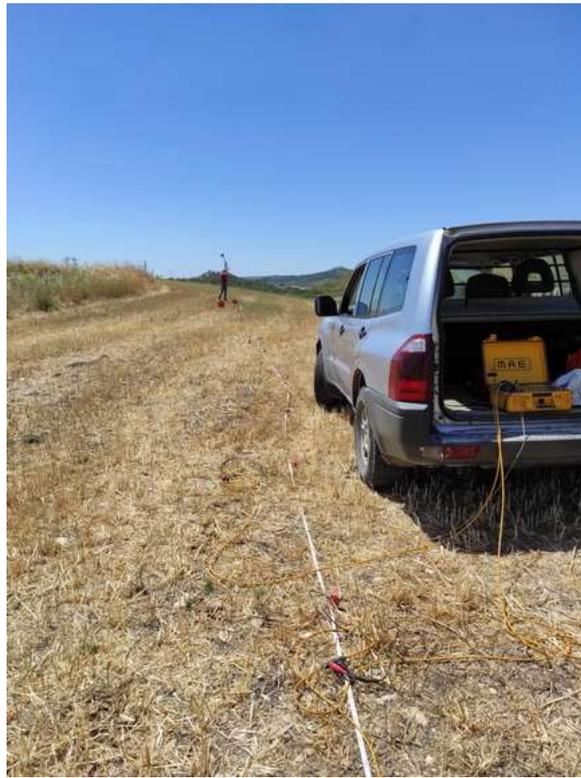
Sotto il profilo geologico, i terreni interessati dall'indagine mostrano resistività compatibili con le marne calcaree della formazione Tellarò (Miocene medio-superiore).

Nella sezione Ert02 non si distingue una evidente transizione orizzontale, i valori di resistività sono piuttosto contenuti in un range di valori medio-basso, e le variazioni di resistività sembrano più legate a variazioni di umidità nell'ambito dello stesso litotipo che non a effettive variazioni litologiche. I valori di resistività non sono molto diversi da quelli riscontrati nella precedente tomografia, dove tuttavia si è riscontrato un accenno di transizione orizzontale. In superficie si individua una sottile zona a bassa resistività, ove con probabilità si concentra parte del deflusso idrico superficiale che imbibisce il primo sottosuolo. In base ai valori di resistività si può affermare anche in questo caso che i terreni interessati sono di natura calcareo-marnosa. Entrambe le prospezioni indicano che ci troviamo al top della formazione sedimentaria, appena al di sotto con il contatto con le vulcaniti plio-pleistoceniche.

Il tecnico
(Dott. Geol. Domenico Boso)

5. APPENDICE FOTOGRAFICA







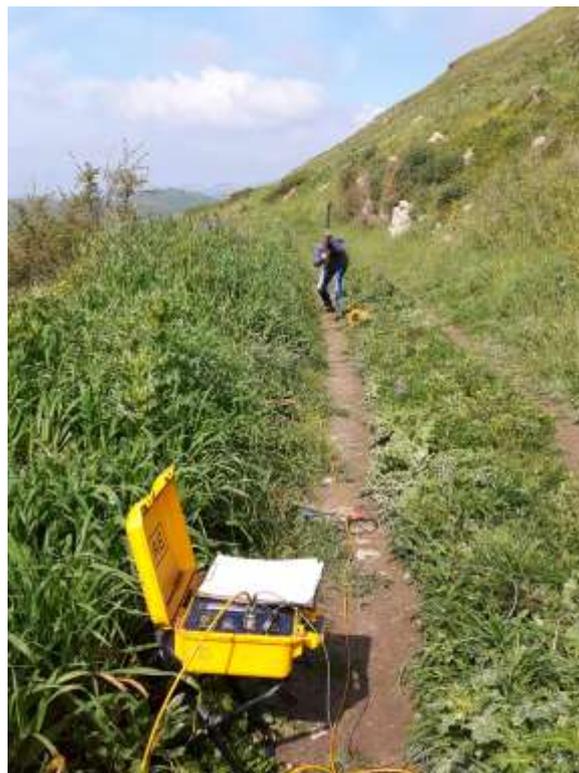














Comune di Mineo

PV ITALY 009 S.R.L.

Progetto di un impianto fotovoltaico da 238,8 mWp in territorio di Vizzini, Mineo e Giarratana

QUADRO D'UNIONE

SCALA 1:35.000

All. 1a

All. 1b

Comune di Vizzini

All. 1c

Comune di
Giarratana

