



Comune di Forino Provincia di Avellino



STUDIO GEOLOGICO

Allegato 1

Prospezioni sismiche superficiali M.A.S.W.
(Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero
Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh)

Consulenza geologica:

Collaboratore:

Geol. Antonio Viggiano

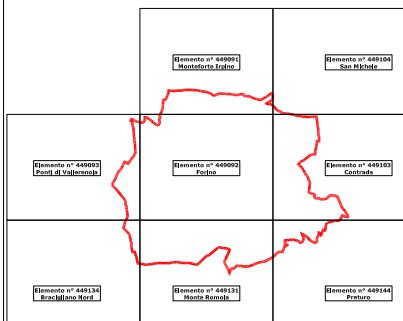
Geol. Mattia Lettieri



Sindaco dott. Antonio Olivieri

Assessore all'urbanistica ing. Carmine Lima

Progettista e Rup geom. Maurizio Silvestro Tironese



2022

Prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Per la caratterizzazione sismica del Comune di Forino sono state eseguite n°5 prospezioni sismiche del tipo **M.A.S.W.** (*Multichannel Analysis of Surface Waves* ovvero *Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh*) ad integrazione delle indagini sismiche disponibili per il territorio comunale realizzate precedentemente da altri professionisti per la redazione della Microzonazione Sismica e per altri lavori pubblici e privati.

Ciò ha permesso allo scrivente di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi presenti nel comprensorio comunale e classificare sismicamente il sottosuolo secondo la normativa vigente (D.M. 17.01.2018).

Di seguito si riportano le coordinate geografiche delle prospezioni sismiche superficiali M.A.S.W. eseguite nelle aree esaminate.

Coordinate geografiche delle prospezioni M.A.S.W. eseguite nel territorio comunale di Forino

Stendimento	Direzione	Latitudine	Longitudine
Mw 1	E-O	40.865772° N	14.756367° E
Mw 2	N-S	40.860912° N	14.747808° E
Mw 3	NE-SO	40.876778° N	14.735372° E
Mw 4	N-S	40.858232° N	14.710091° E
Mw 5	N-S	40.843140° N	14.722085° E
Mw 6	NO-SE	40.852632° N	14.759385° E
Mw 7	N-S	40.850742° N	14.736656° E

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$.

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

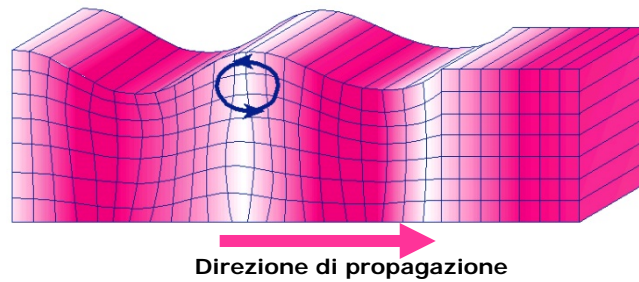


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume. In aggiunta, la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_P e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17.01.2018). Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 2).

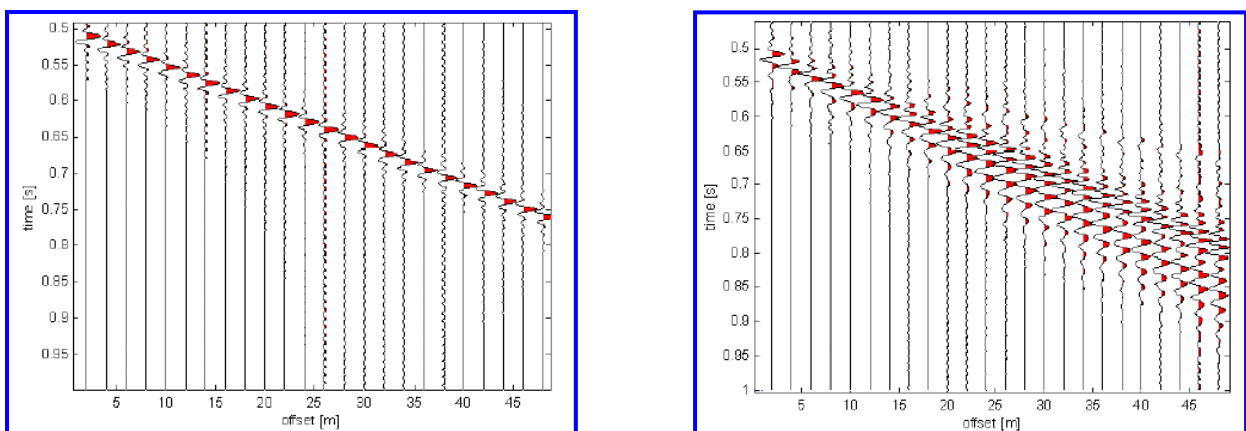


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 3).

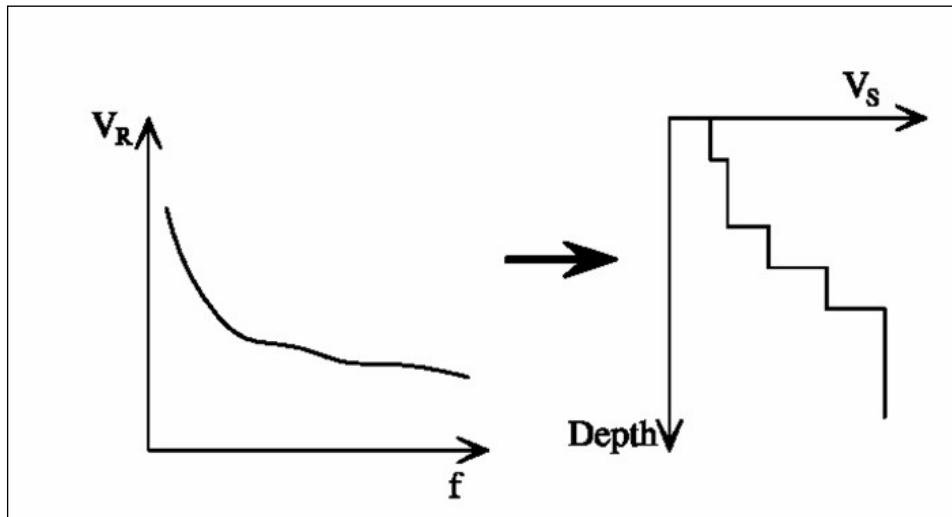


Fig. 3 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

Il metodo MASW (basato sull'analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede i seguenti passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni.
2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione).
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere un profilo verticale delle V_s nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

Lo schema dello stendimento sismico è riprodotto nella seguente figura (Fig. 4).

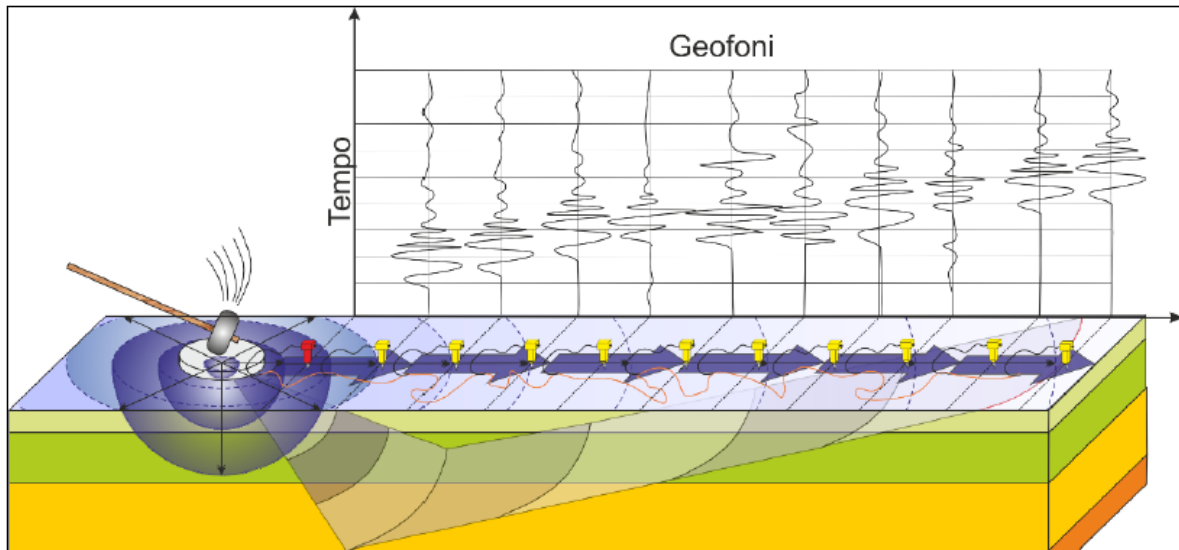


Fig. 4 – Schema dello stendimento sismico

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 5).

Dispersion Image

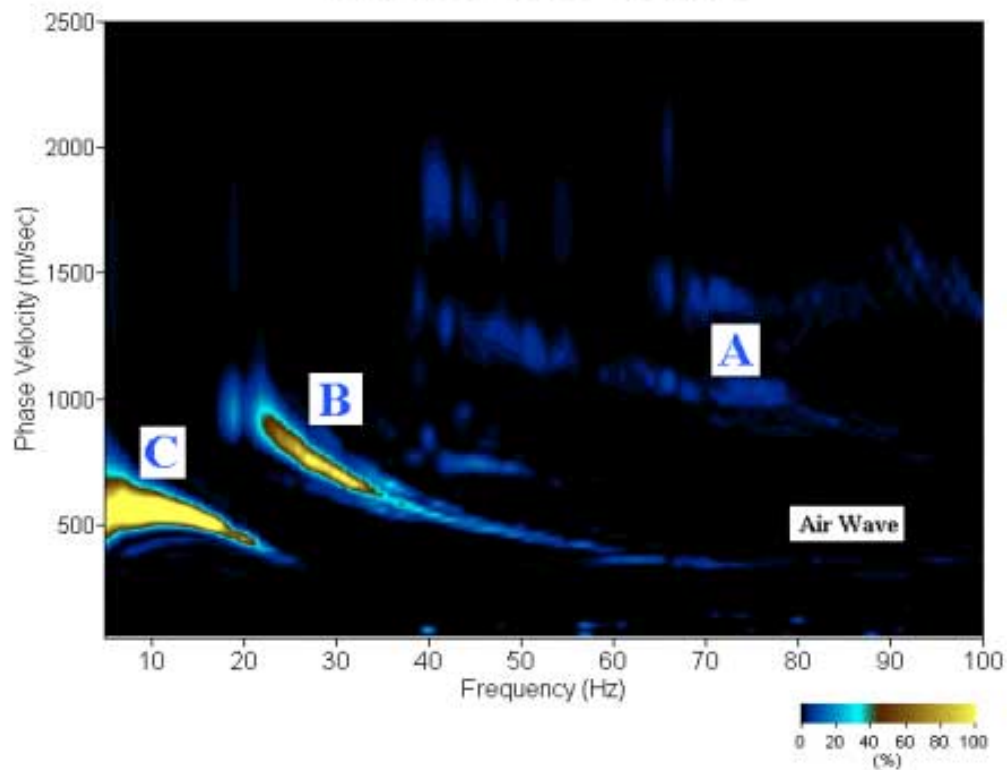


Fig. 5 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 3. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

Gli stendimenti delle prospezioni sismiche M.A.S.W. sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche (Tab. 1):

Tab. 1 –Caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti eseguiti

Geofoni (n°)	Offset (m)	Spacing (m)	Lunghezza complessiva dello stendimento (m)
24	1,50	6,00	40,50

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 36 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali e non convenzionali.

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8 kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset e spacing predefiniti (Tab. 1).

La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di 31,00 metri dal piano campagna di riferimento. Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048$ s, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5$ ms.

La frequenza di campionamento è data da:

$$f_{\text{campionamento}} = 1/dt = 2000 \text{ Hz}$$

La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:

$$f_{\text{Nyquist}} = 1/2dt = 1000 \text{ Hz.}$$

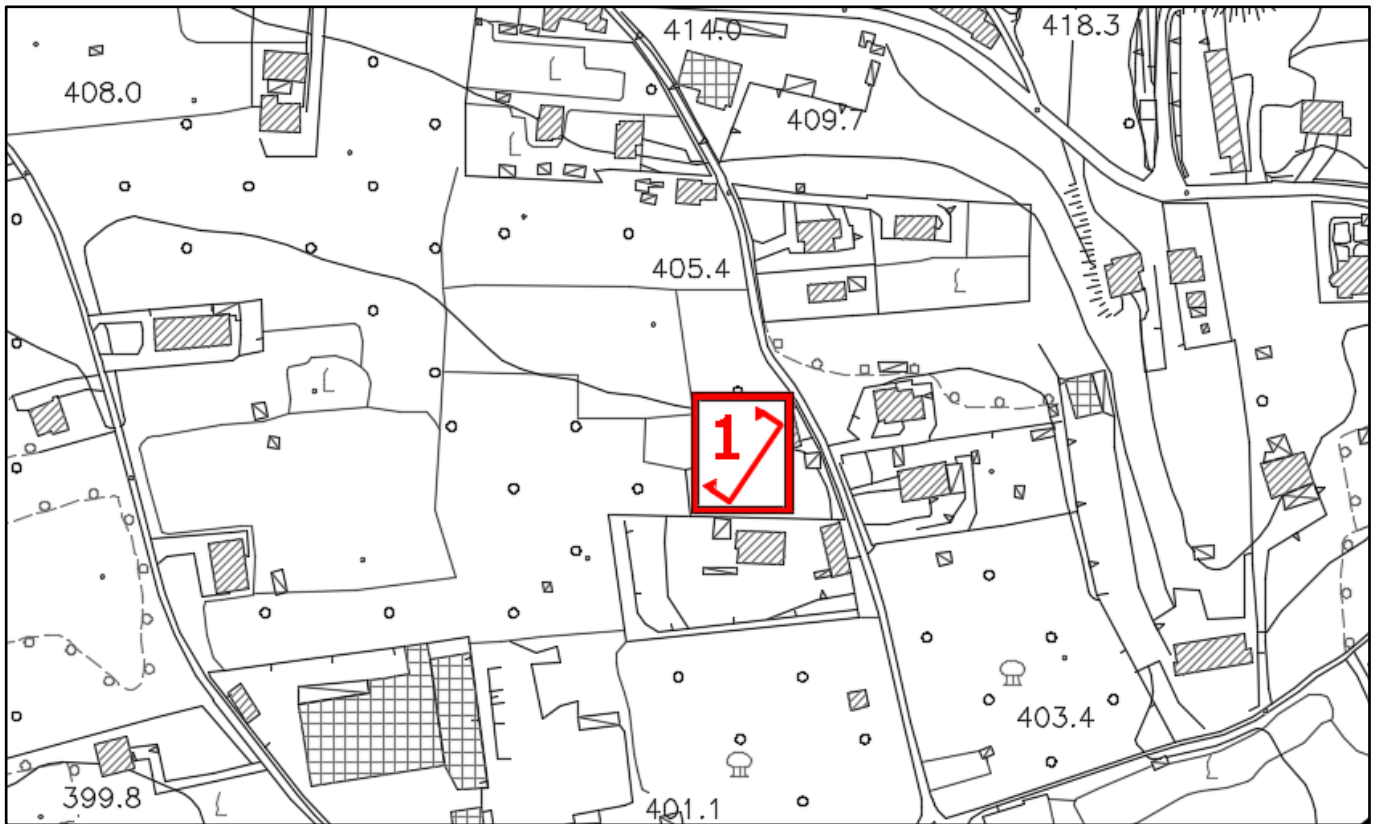
La frequenza minima dei segnali è data da:

$$f_{\text{min}} = 1/T = 0.488 \text{ Hz.}$$

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma *MASW 2007* dell'ing. Vitantonio Roma che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismostratigrafica delle onde di taglio V_s .

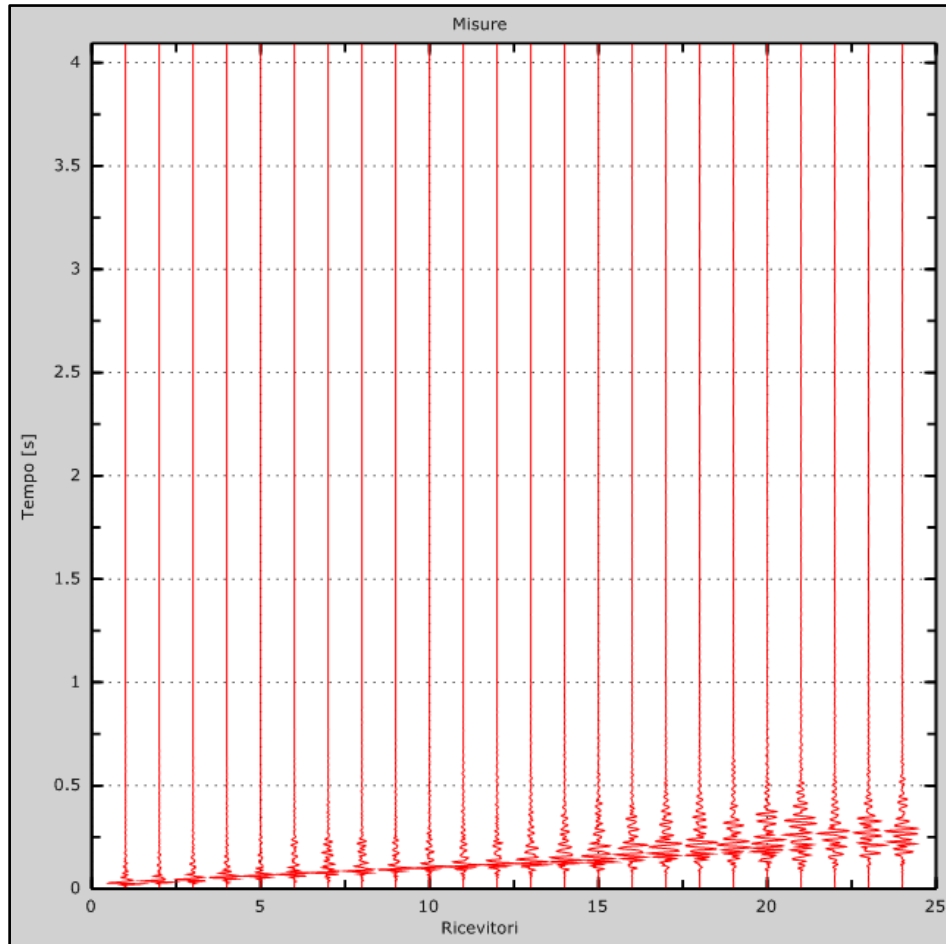
Gli elaborati relativi alle prospezioni sismiche M.A.S.W. effettuate nei siti di specifico interesse sono di seguito riportati.

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw1

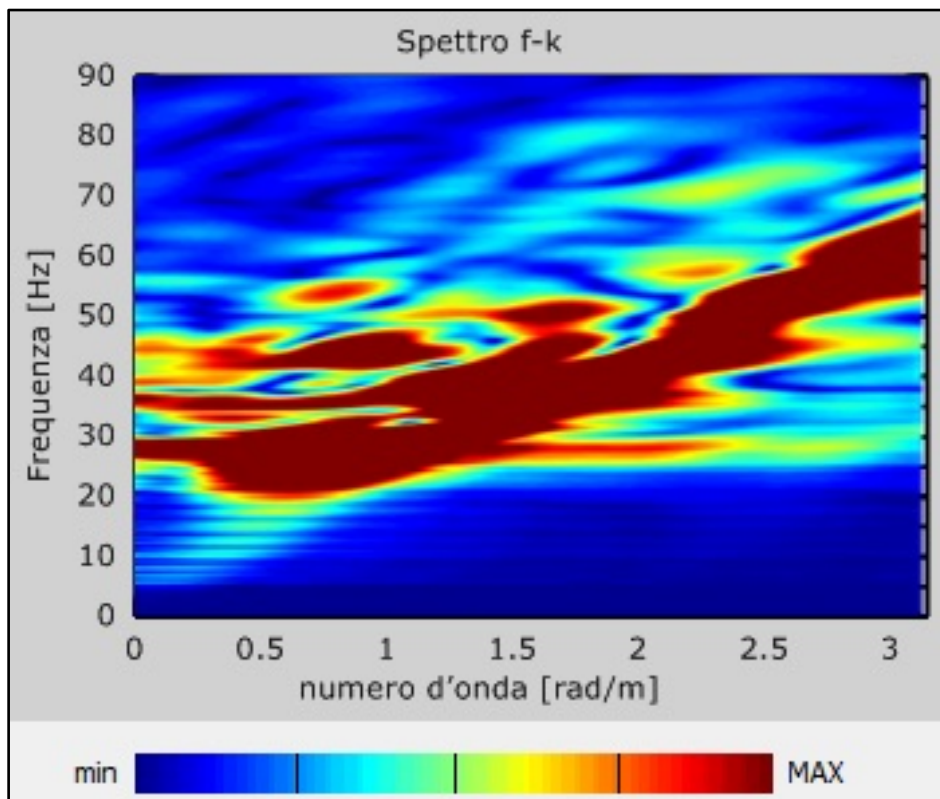


Dati sperimentali Mw1

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:	1,50 m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	4094 ms



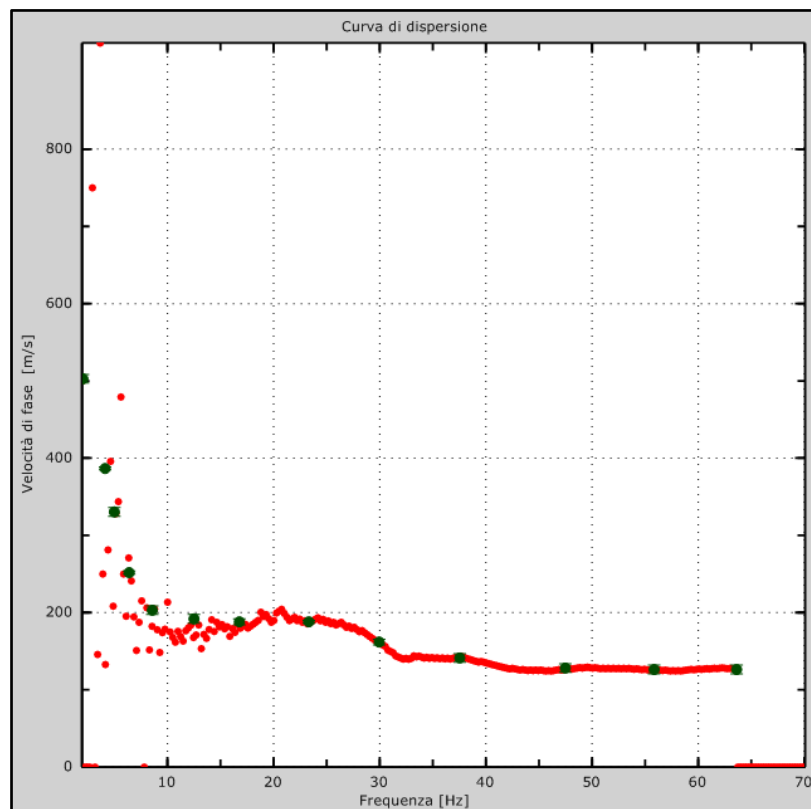
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw1 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw1

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.03319	502.675	497.058	508.293
4.12661	386.583	384.711	388.456
4.99887	330.41	324.793	336.027
6.39448	251.767	249.895	253.64
8.57513	203.084	197.466	208.701
12.5003	191.849	186.232	197.466
16.7744	188.104	184.359	191.849
23.3163	188.104	186.232	189.976
29.9455	161.89	158.145	165.635
37.5341	141.293	135.675	146.91
47.4779	128.186	122.568	133.803
55.8516	126.313	120.696	131.931
63.6147	126.313	120.696	131.931

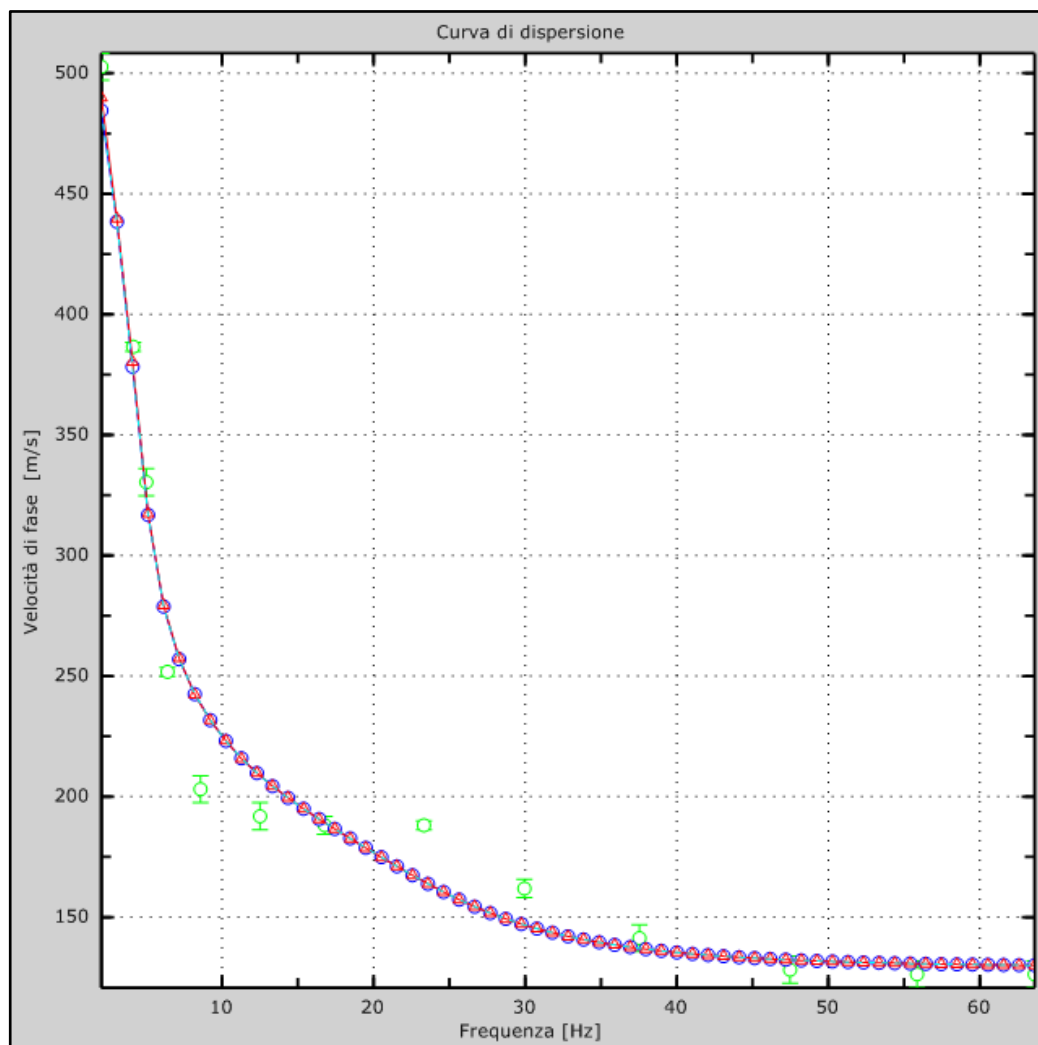


Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW

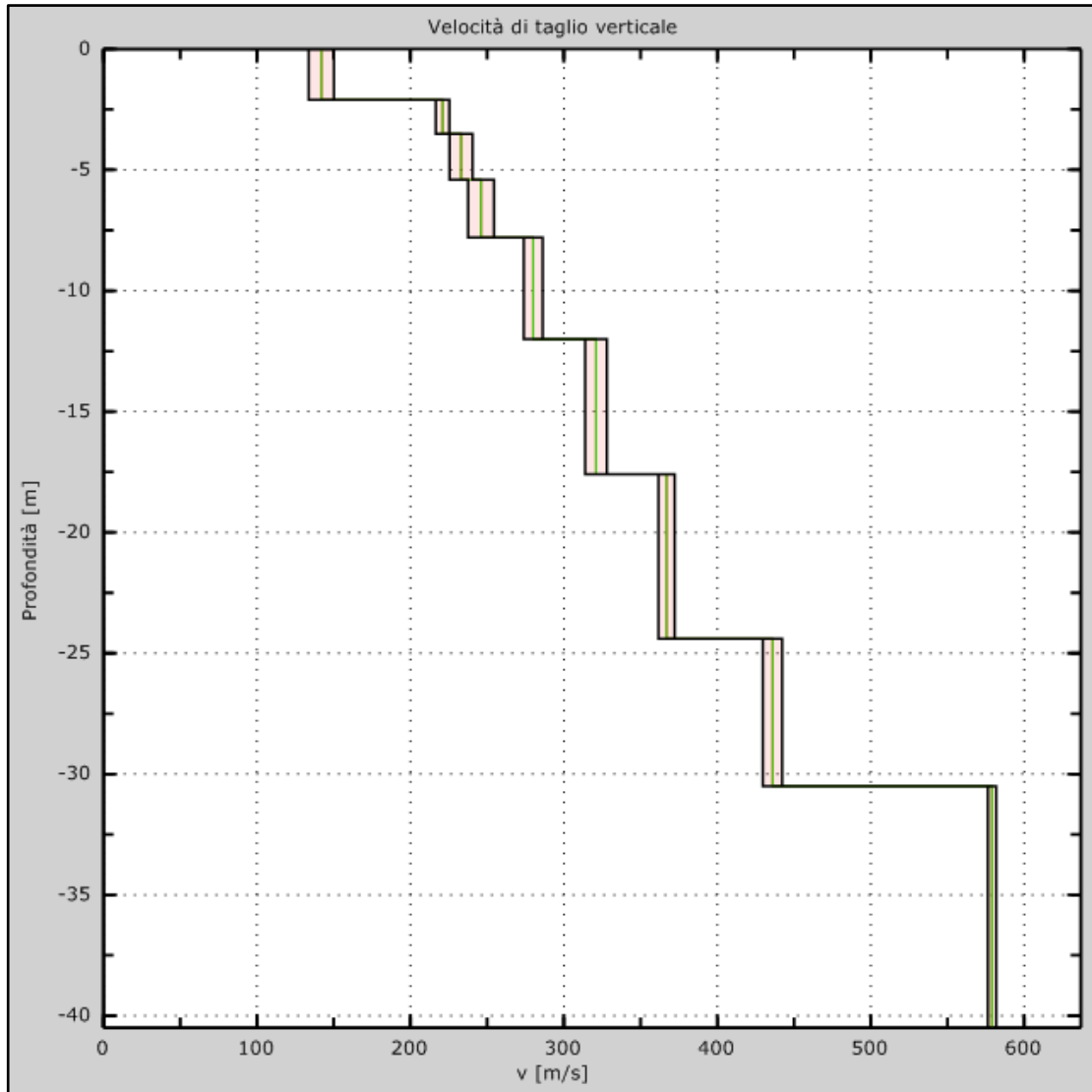
Profilo in sito Mw1

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0,00 – 2,10	2,10	142
S2	2,10 – 3,50	1,40	221
S3	3,50 – 5,40	1,90	233
S4	5,40 – 7,80	2,40	246
S5	7,80 – 12,00	4,20	280
S6	12,00 – 17,60	5,60	321
S7	17,60 – 24,40	6,80	367
S8	24,40 – 30,50	6,10	436

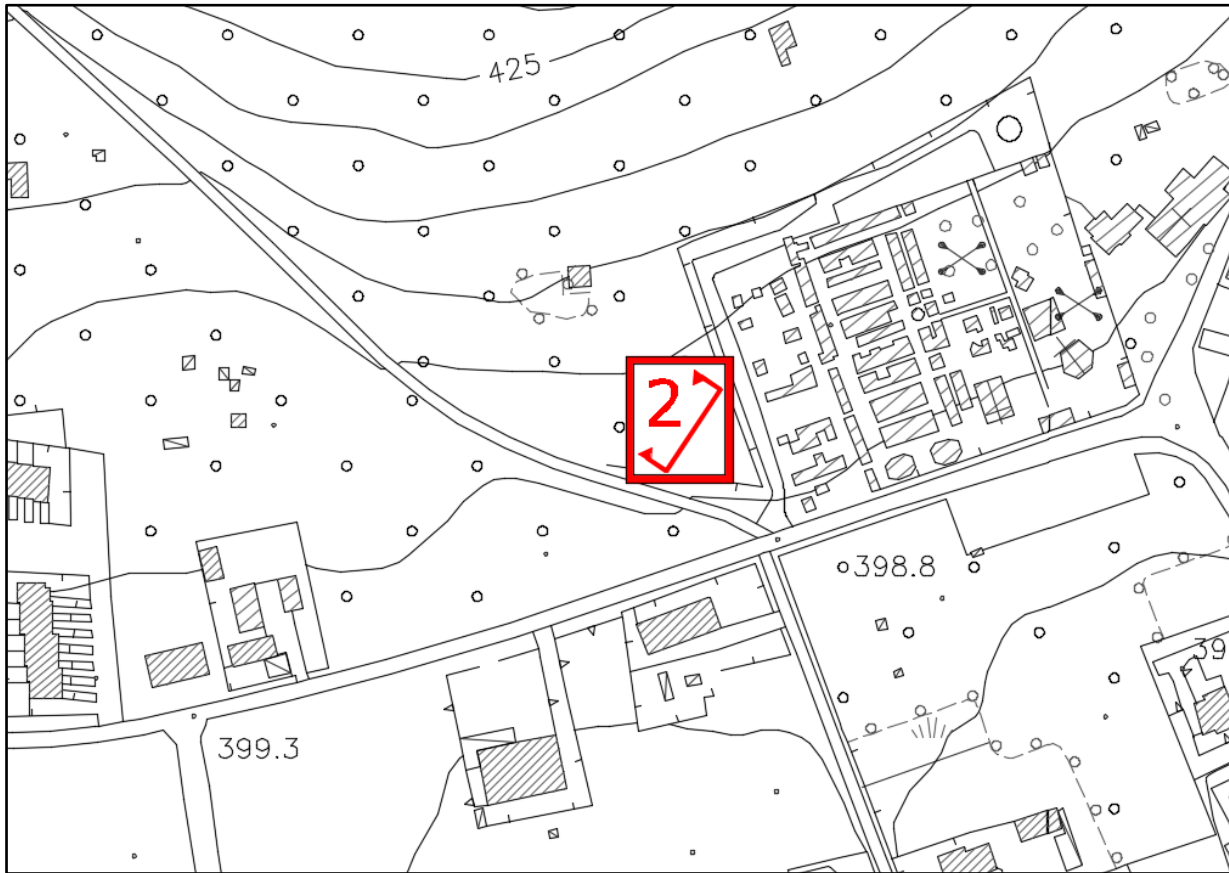


Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



Profilo verticale delle V_s (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw2



Prot.	MASWD1184	RISULTATI WINMASW 4.3 PRO
Comune di	FORINO (AV)	Dataset: cim-forino-01#1.DAT
Committente:	Dott. Geol. Massimo Liguori	Ubicazione:
Oggetto:	Realizzazione di una Cappella funeraria nella zona di ampliamento del Cimitero Comunale	Curva analizzata: Frn#CimMl.cdp

dataset:	cim-forino-01#1.DAT
offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	2
campionamento (msec):	0.125
curva di dispersione:	Frn#CimMl.cdp
Numero di individui:	30
Numero di generazioni:	31

MODELLO MEDIO

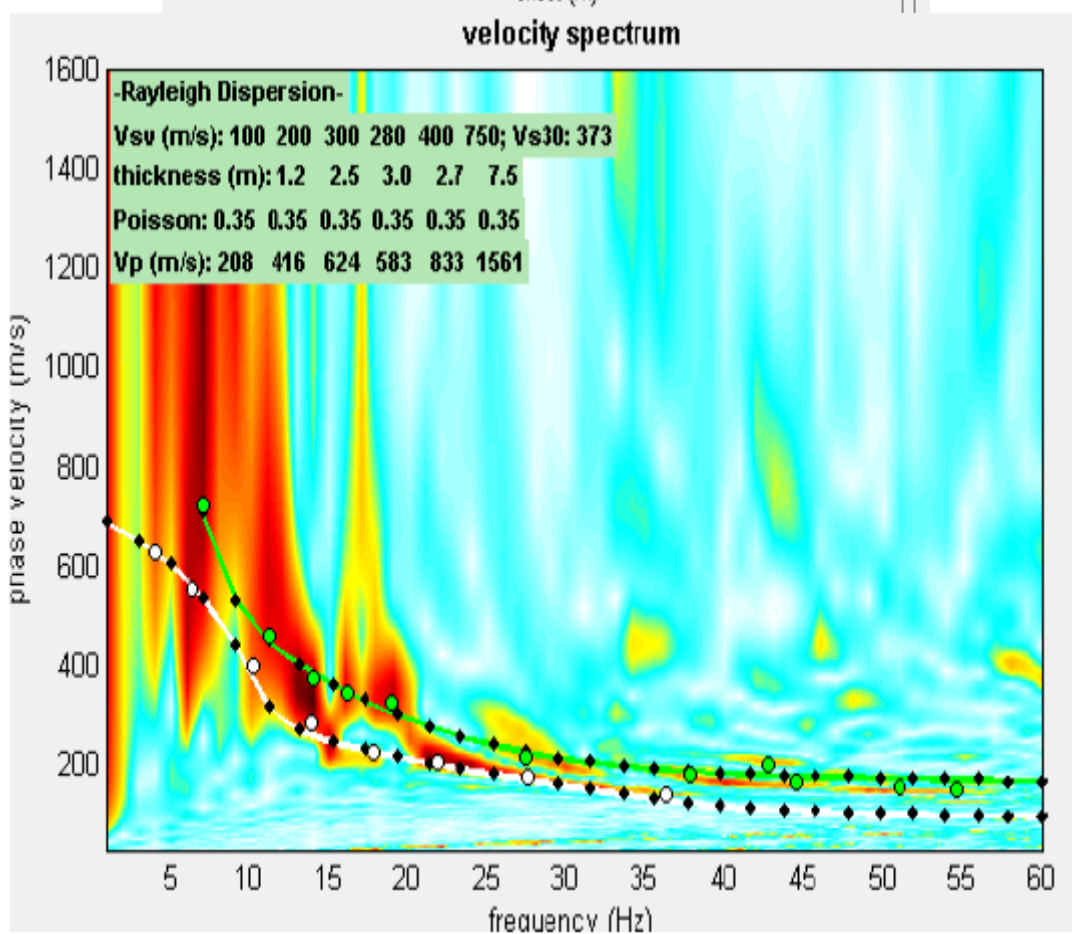
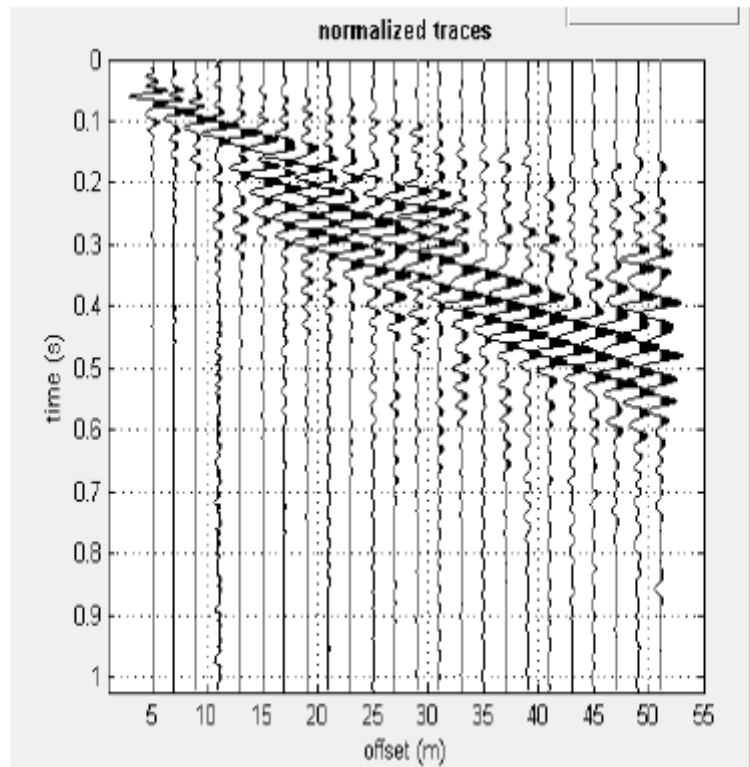
VS (m/sec):	91	200	256	359	401	781
Deviazione standard (m/sec):	0	0	0	23	19	0
Spessore (m):	1.0	1.9	3.8	3.3	6.8	
Deviazione standard (m):	0.0	0.0	0.0	0.1+0.0i	0.4+0.0i	

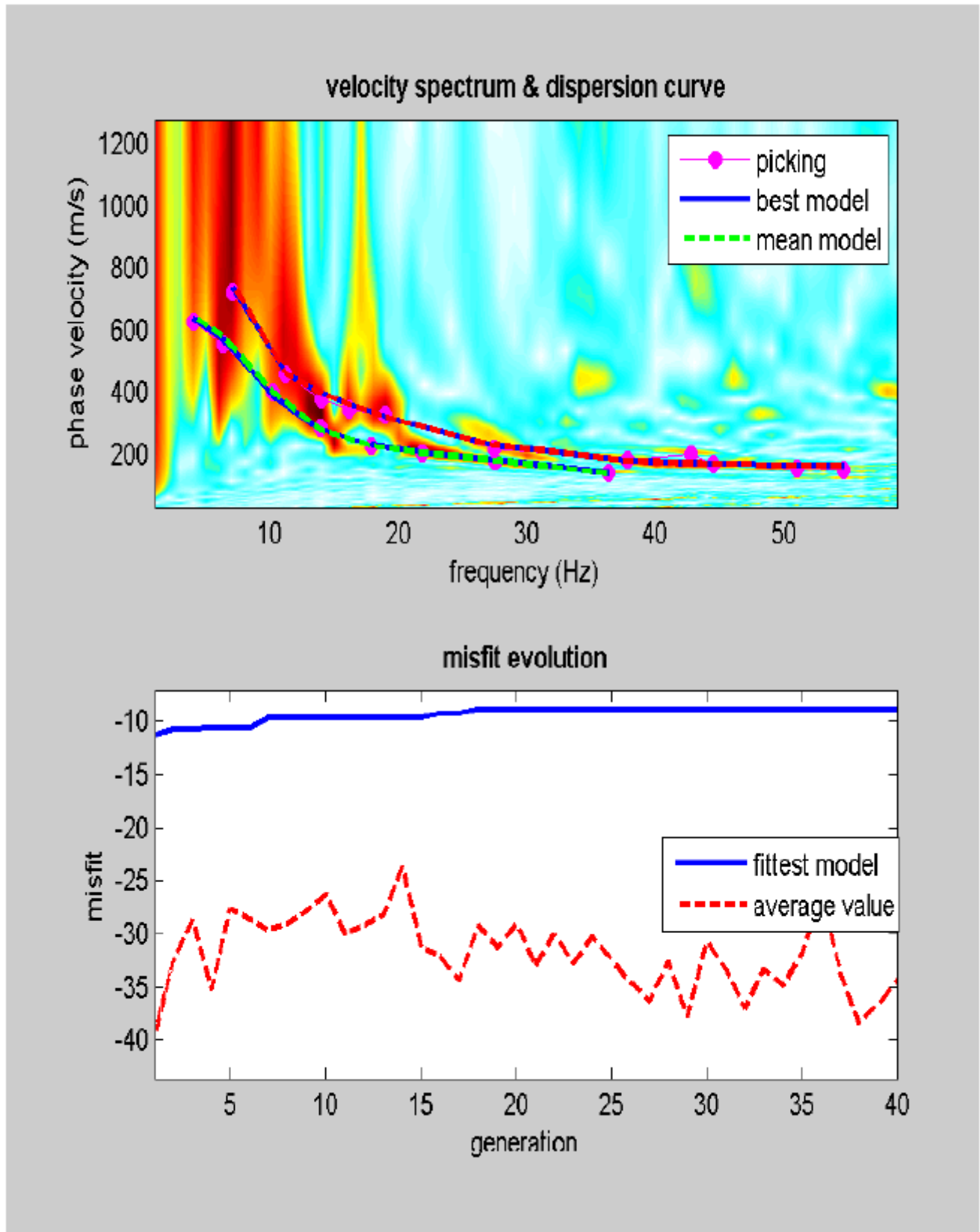
Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

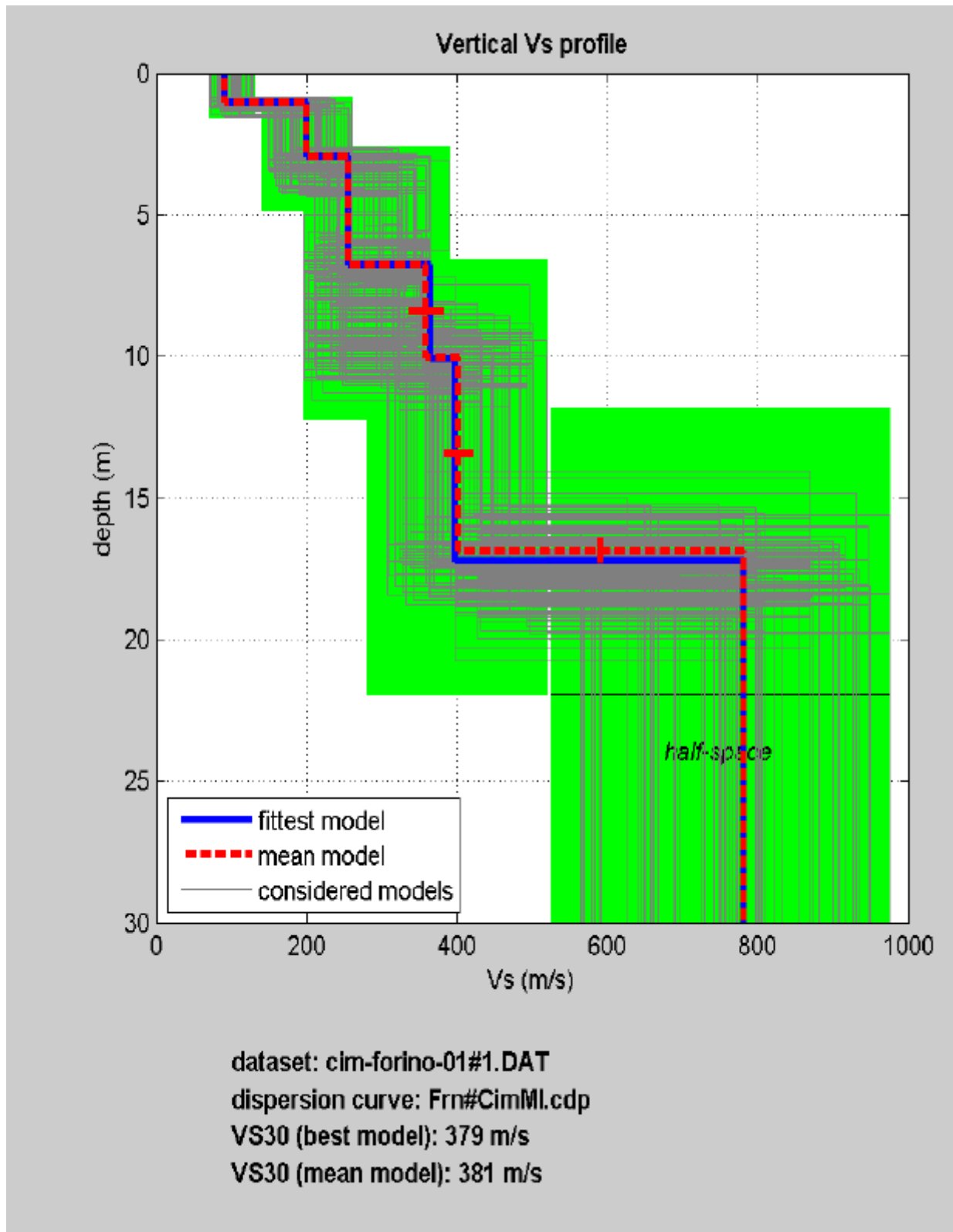
Stima della Vp (m/sec):	194	428	555	776	809	1459
Stima della densità (gr/cm3):	1.66	1.85	1.91	1.99	2.00	2.15
Rapporto VP/VS:	2.13	2.14	2.17	2.16	2.02	1.87
Modulo di Poisson:	0.36	0.36	0.36	0.36	0.34	0.30
Modulo di Young (MPa):	37	201	342	700	861	3401
Modulo di Taglio (MPa):	14	74	125	257	322	1309
Costante di Lamé (MPa):	35	191	338	686	667	1950
Modulo di compressione (MPa):	44	240	422	857	881	2822

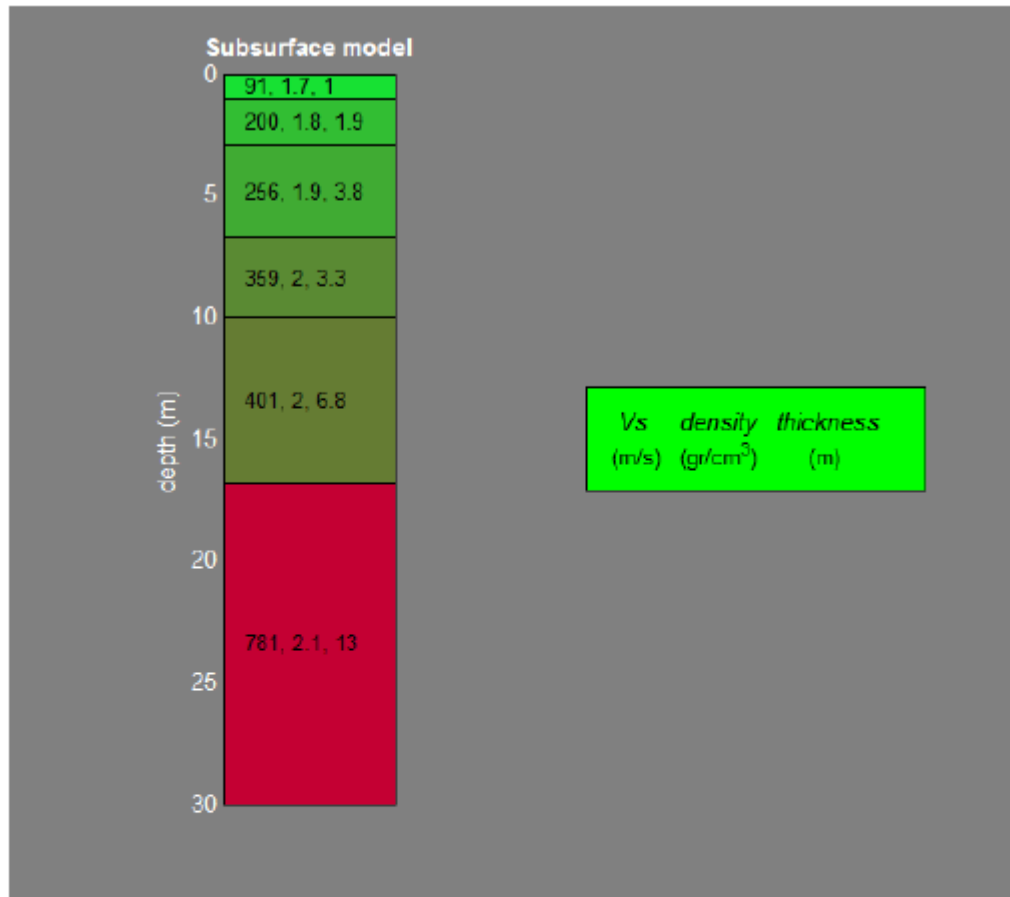
MODELLO MIGLIORE

VS (m/sec):	91	200	256	364	398	781
spessore (m):	1.0205	1.8963	3.8492	3.3019	7.1392	







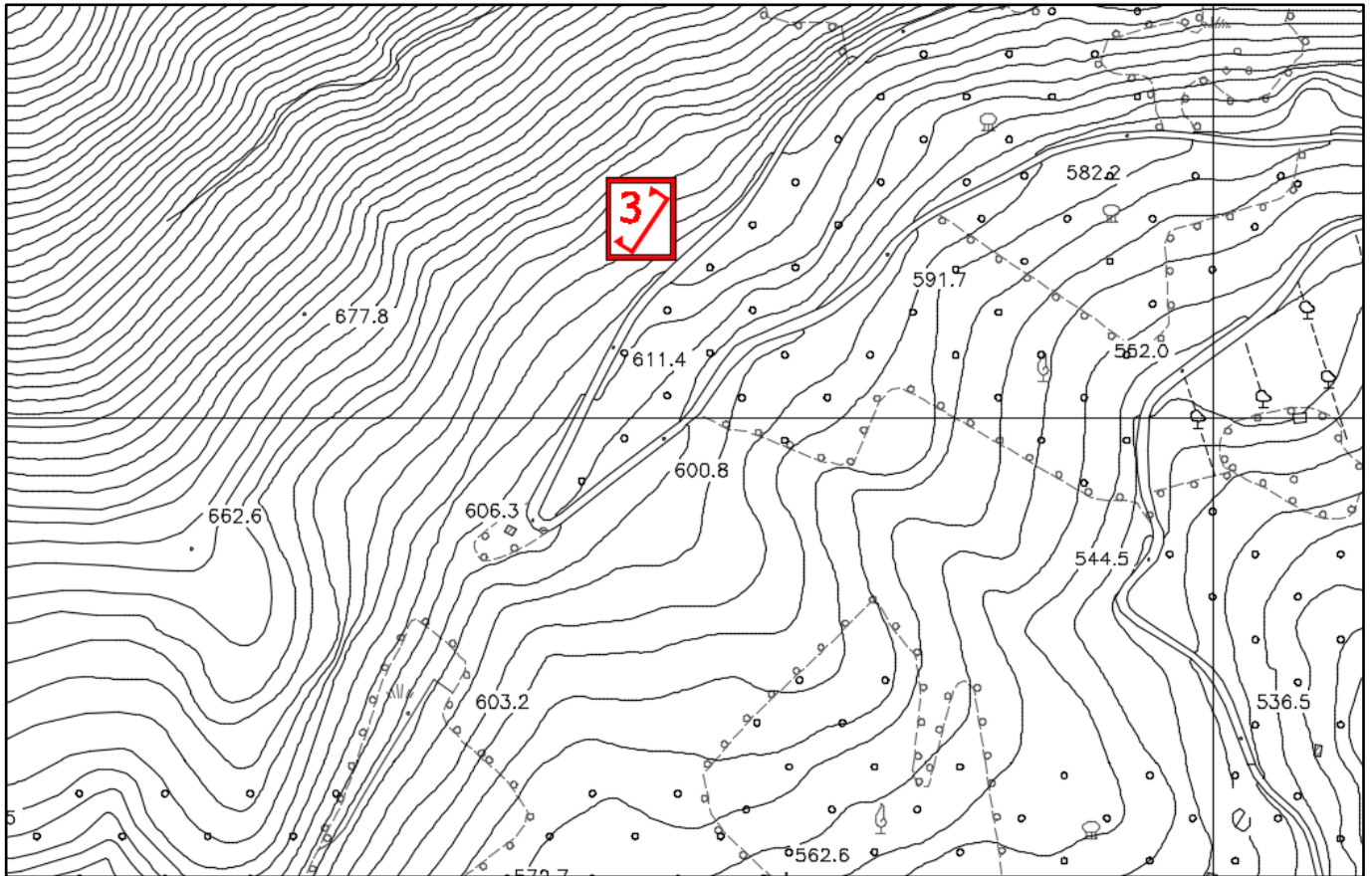


VS (m/sec):	91	200	256	359	401	781
Deviazione standard (m/sec):	0	0	0	23	19	0
Spessore (m):	1.0	1.9	3.8	3.3	6.8	
Deviazione standard (m):	0.0	0.0	0.0	0.1+0.0i	0.4+0.0i	

VS30 (m/sec): 381 (Modello medio)

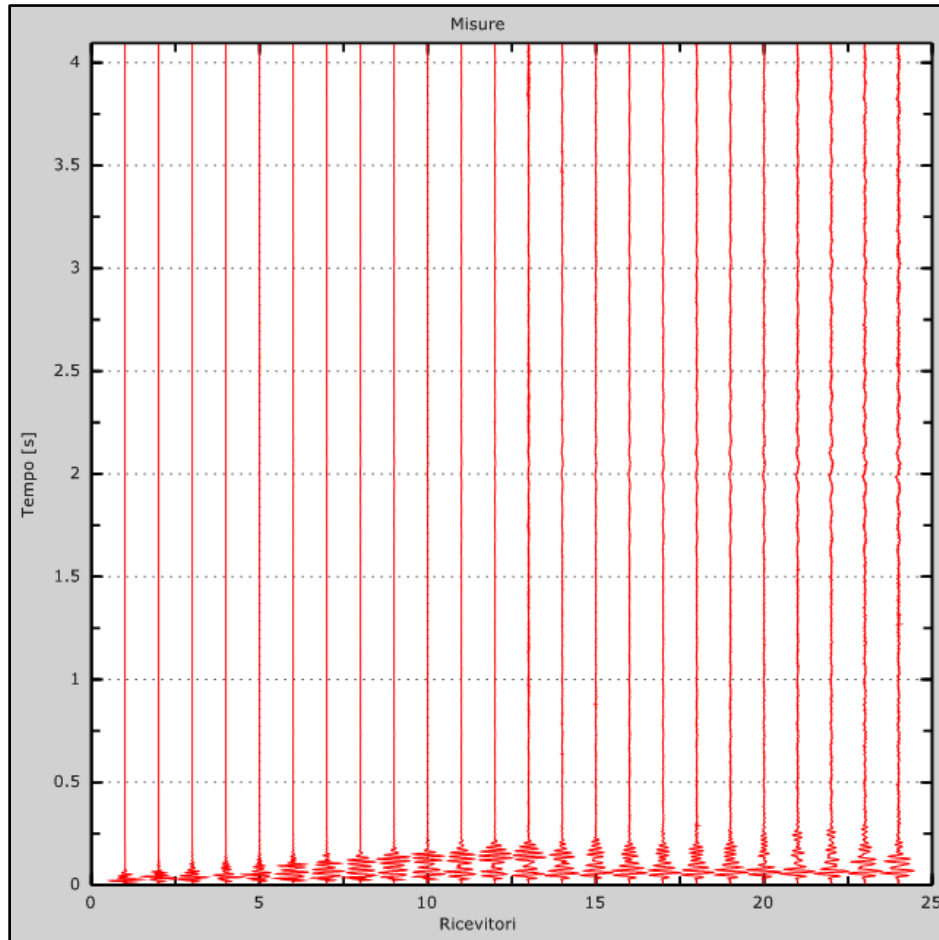
Possibile Tipo di Suolo: B (Modello medio)

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw3

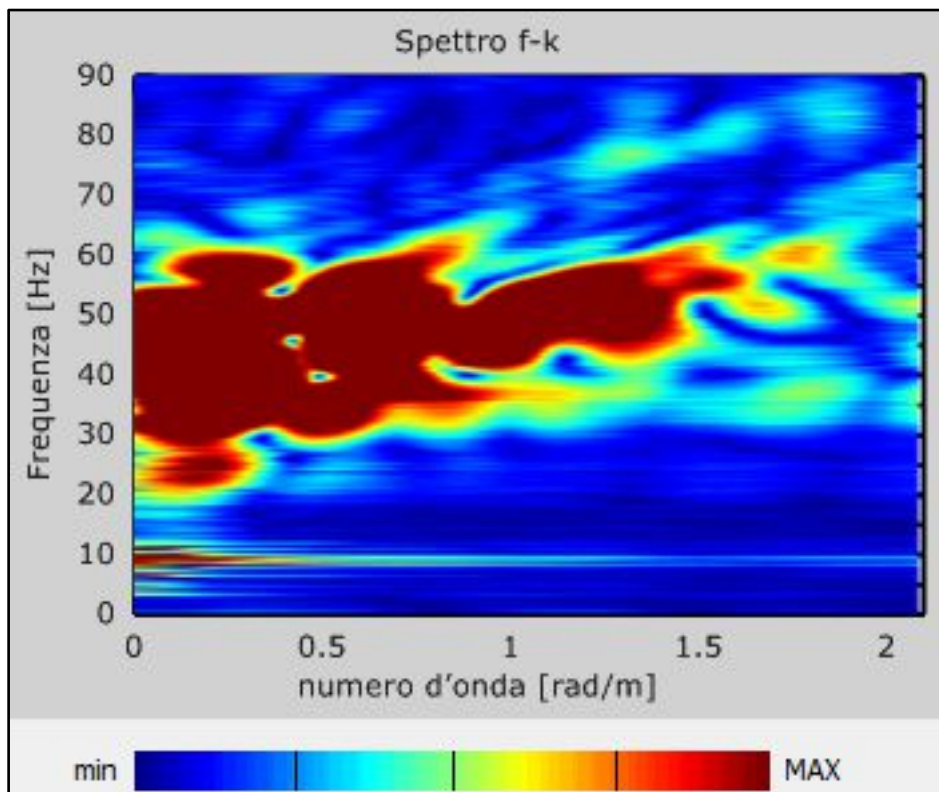


Dati sperimentali Mw3

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:	1,50 m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	4094 ms



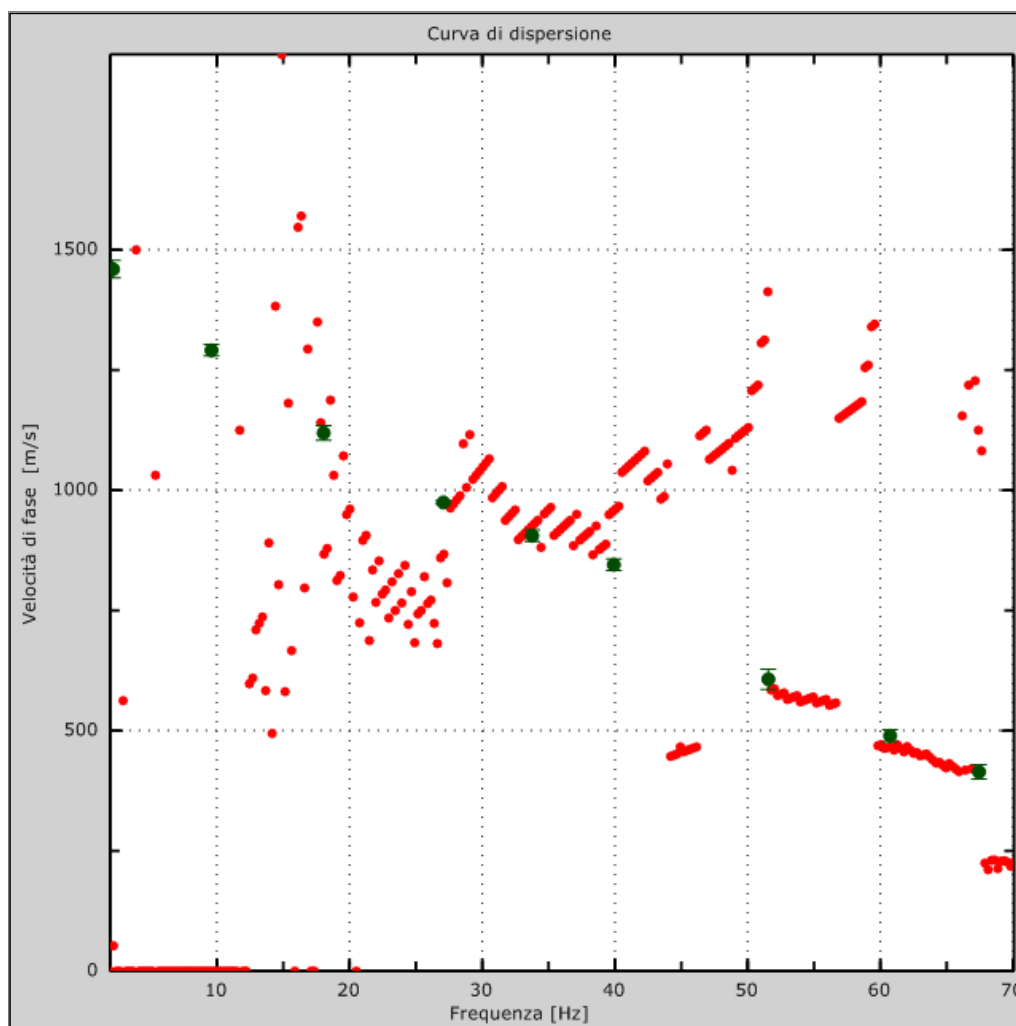
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw3 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw3

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.17068	1459.65	1441.57	1477.73
9.59083	1290.93	1278.88	1302.98
18.0482	1119.2	1104.13	1134.26
27.0641	974.577	971.564	977.59
33.7662	905.28	893.229	917.332
39.9097	845.023	832.971	857.074
51.5586	607.004	585.914	628.094
60.734	489.502	477.45	501.553
67.4361	414.179	399.115	429.244

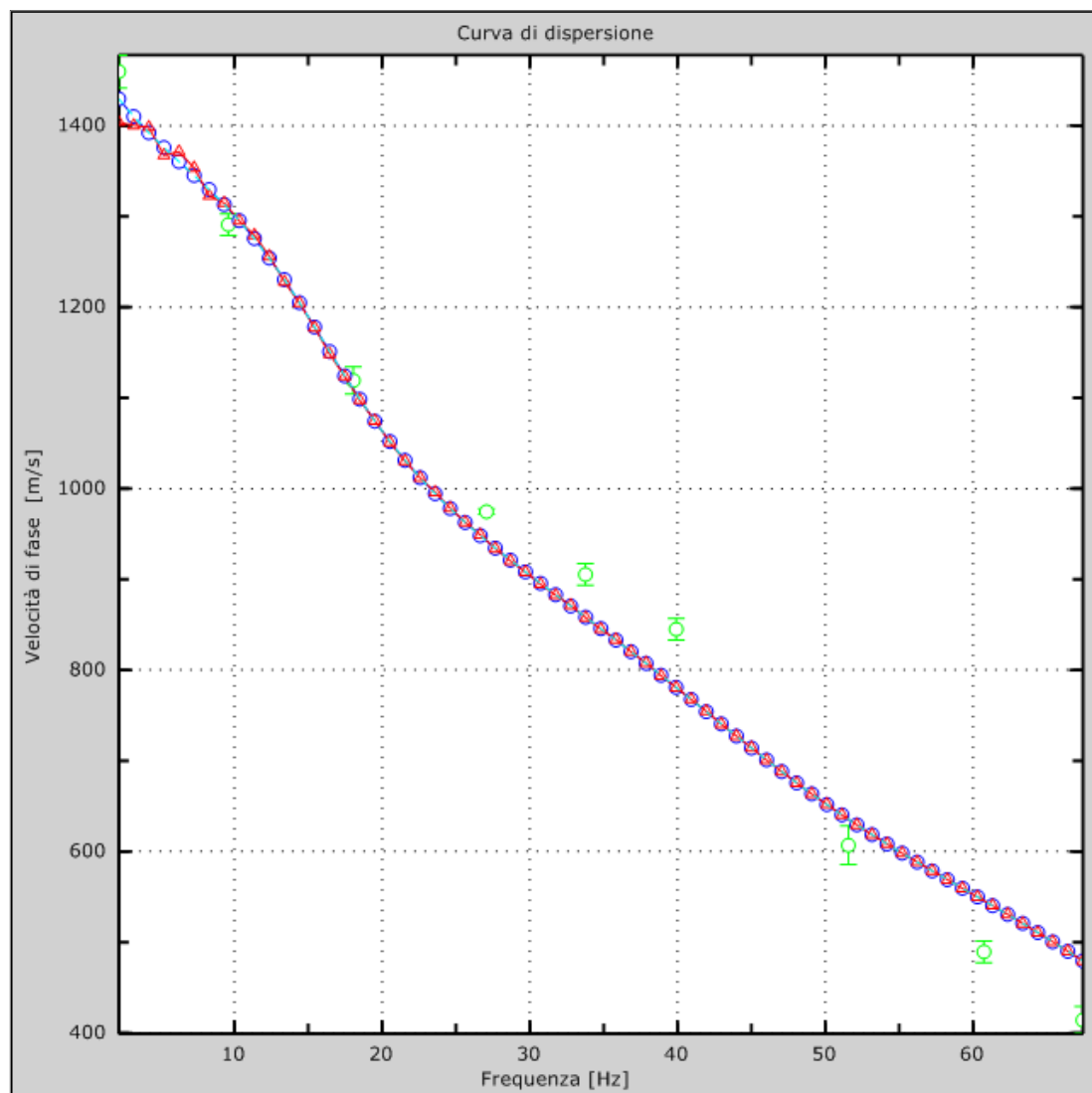


Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW

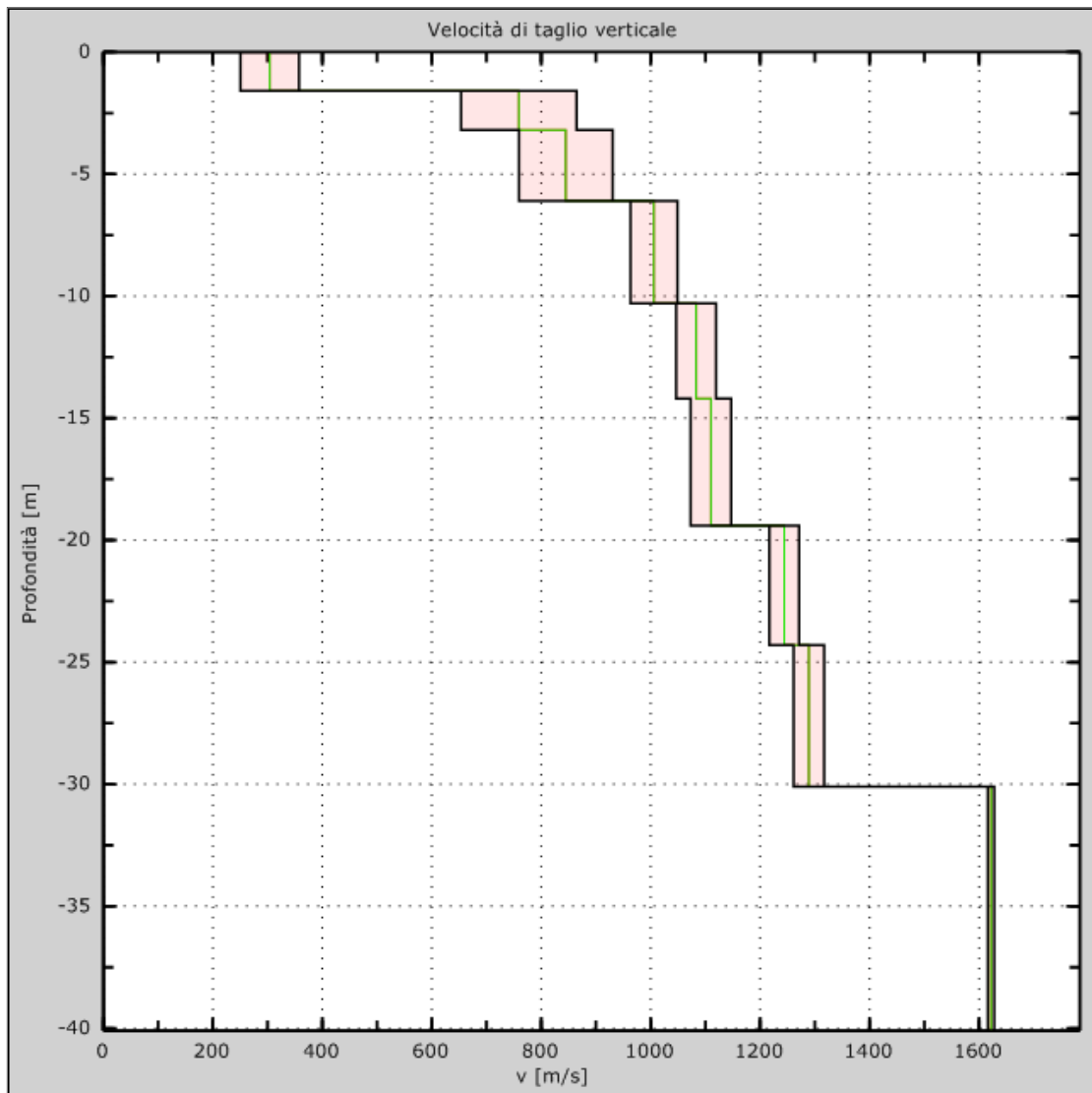
Profilo in sito Mw3

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0,00 – 1,60	1,60	304
S2	1,60 – 3,00	1,60	759
S3	3,00 – 6,10	2,90	845
S4	6,10 – 10,30	4,20	1006
S5	10,30 – 14,20	3,90	1083
S6	14,20 – 19,40	5,20	1110
S7	19,40 – 24,30	4,90	1244
S8	24,30 – 30,10	5,80	1289

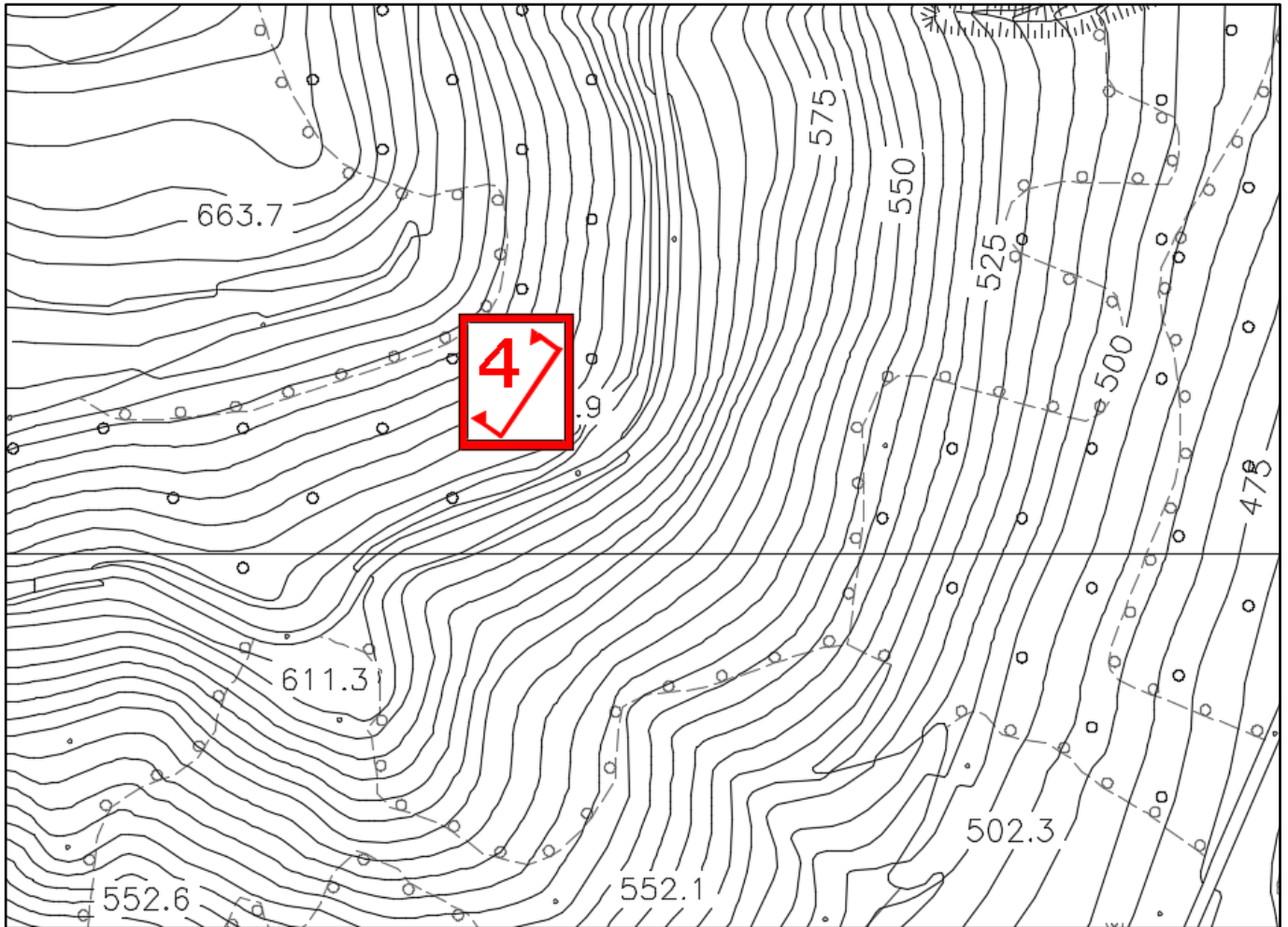


Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



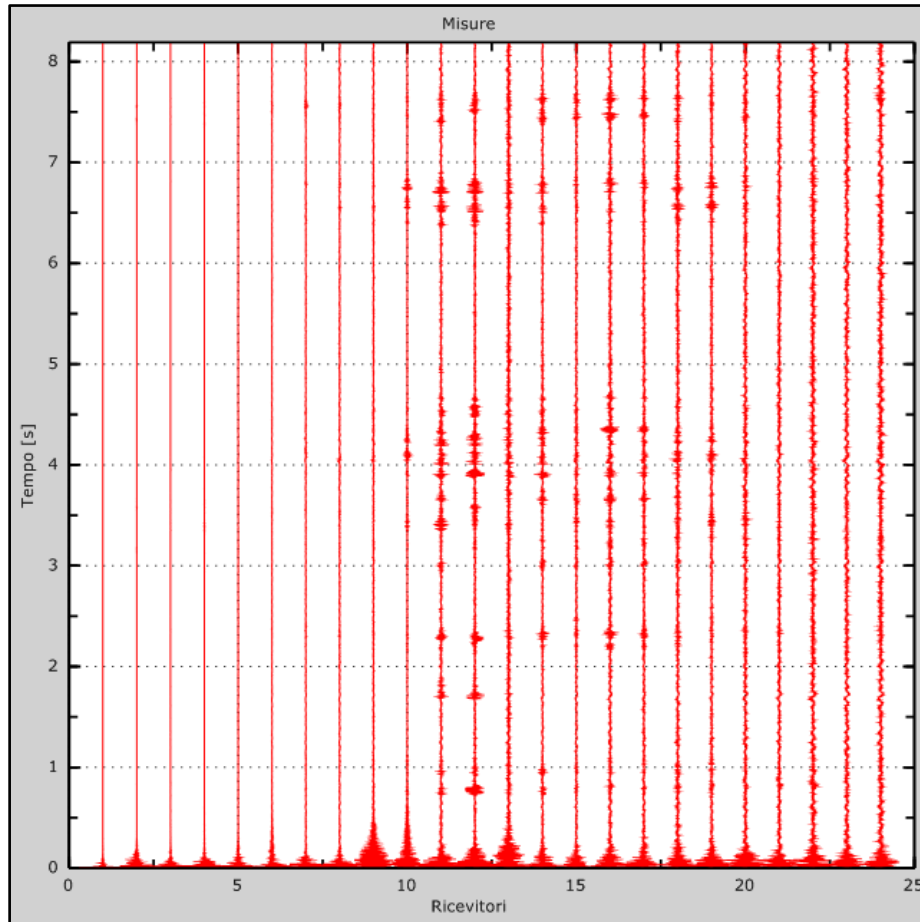
Profilo verticale delle Vs (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw4

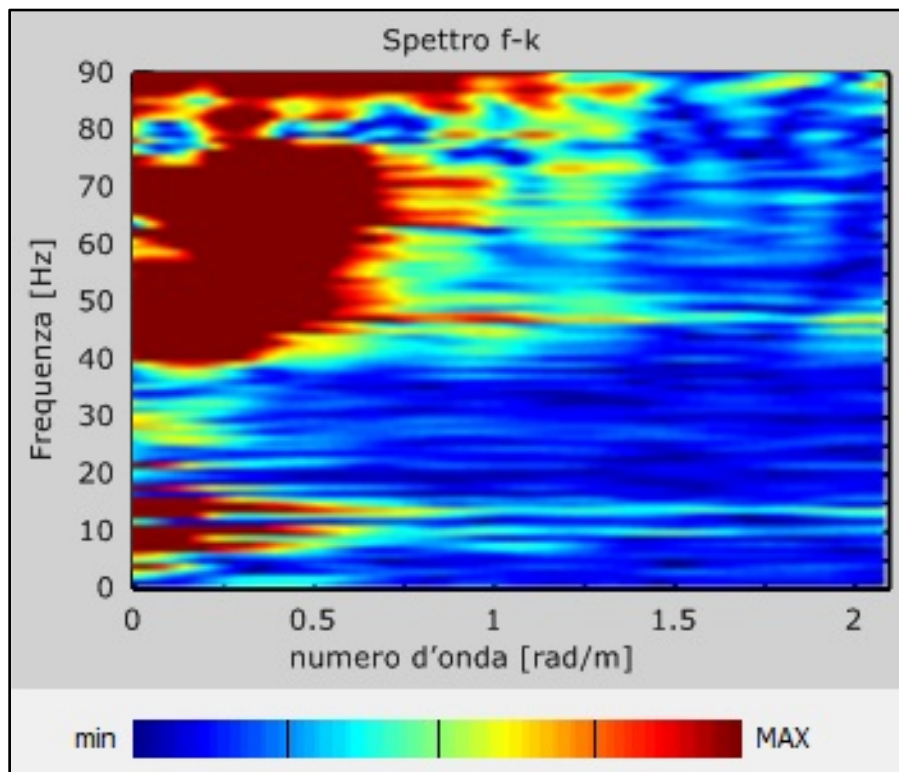


Dati sperimentali Mw4

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:	1,50 m
Numero di campioni temporali	4096
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	8190 ms



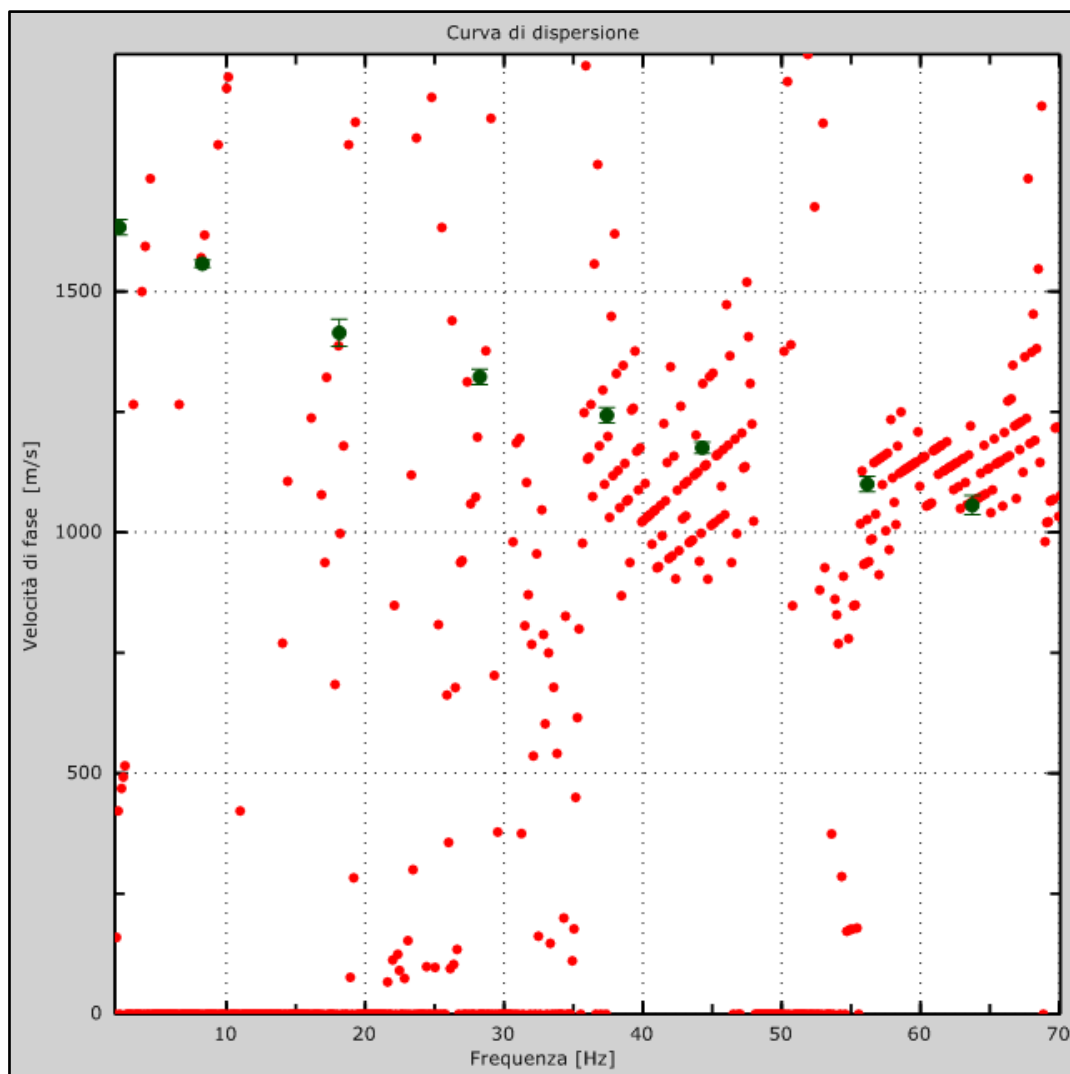
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw4 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw4

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.28078	1633.2	1617.28	1649.11
8.26729	1557.6	1549.64	1565.55
18.1274	1414.35	1386.5	1442.21
28.2517	1322.84	1306.92	1338.75
37.4075	1243.26	1227.34	1259.17
44.2744	1175.62	1163.68	1187.55
56.1593	1100.02	1084.1	1115.93
63.7305	1056.25	1036.35	1076.14

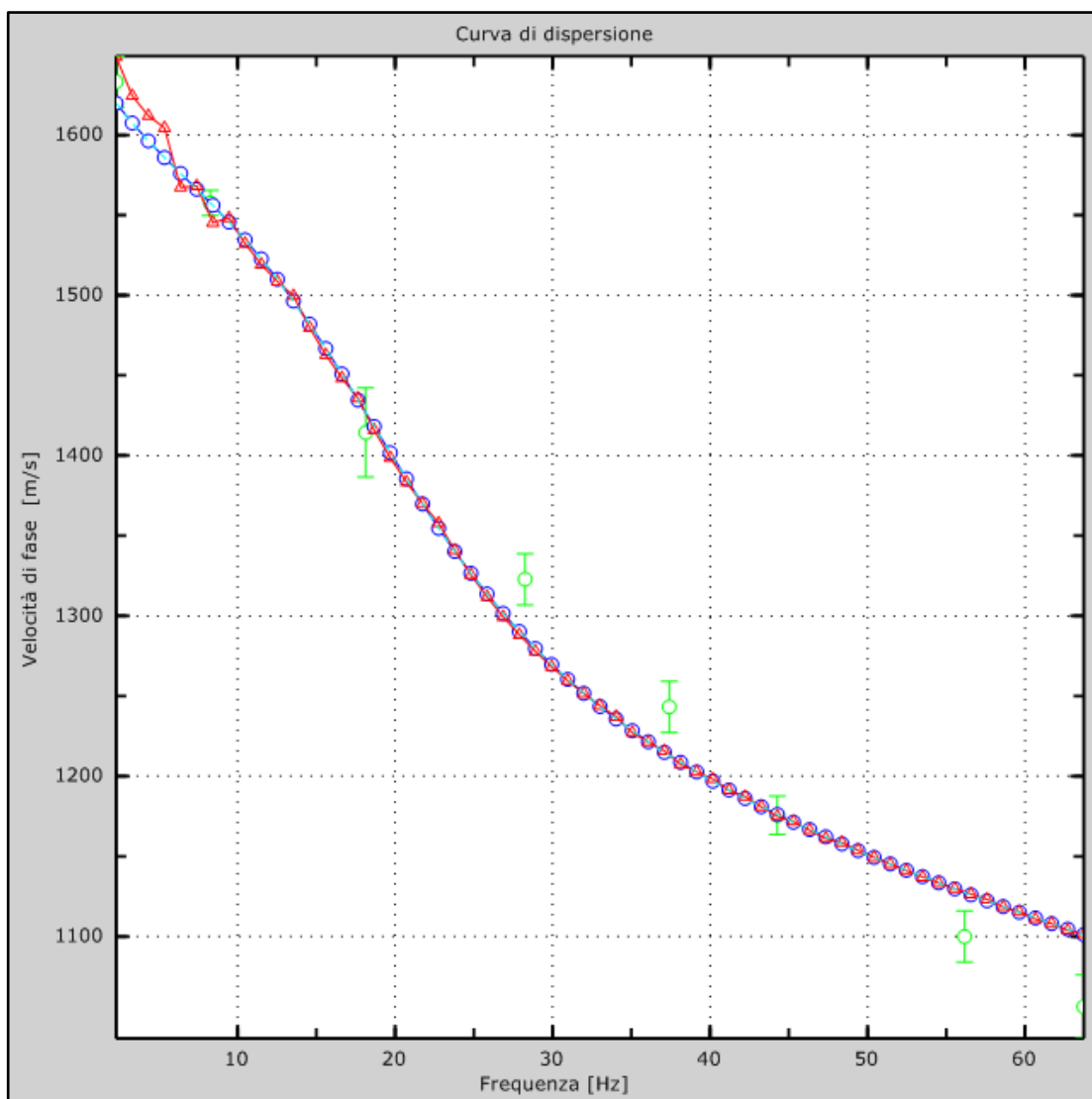


Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW

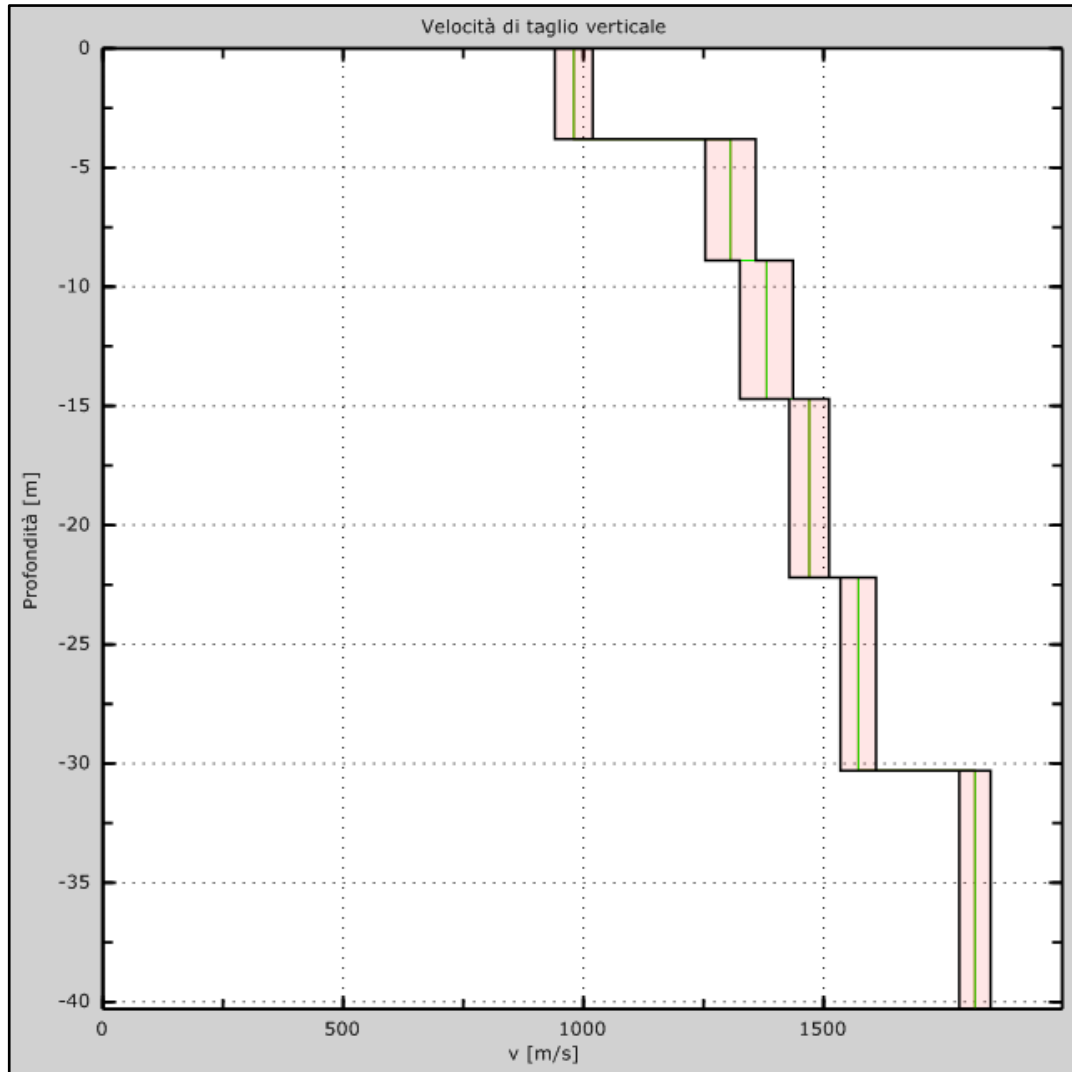
Profilo in sito Mw4

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0,00 – 3,80	3,80	980
S2	3,80 – 8,90	5,10	1306
S3	8,90 – 14,70	5,80	1381
S4	14,70 – 22,20	7,50	1470
S5	22,20 – 30,30	8,10	1572

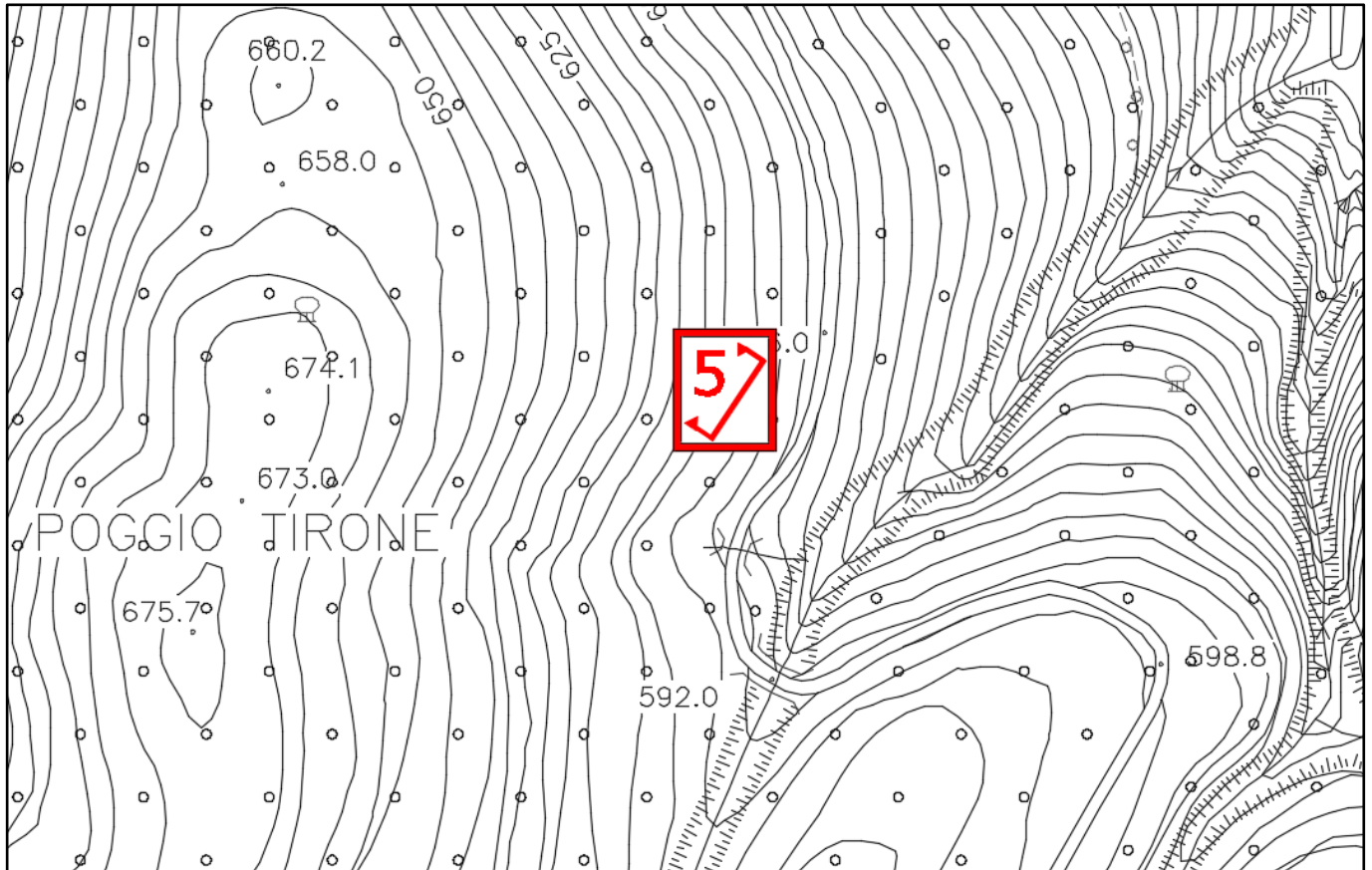


Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



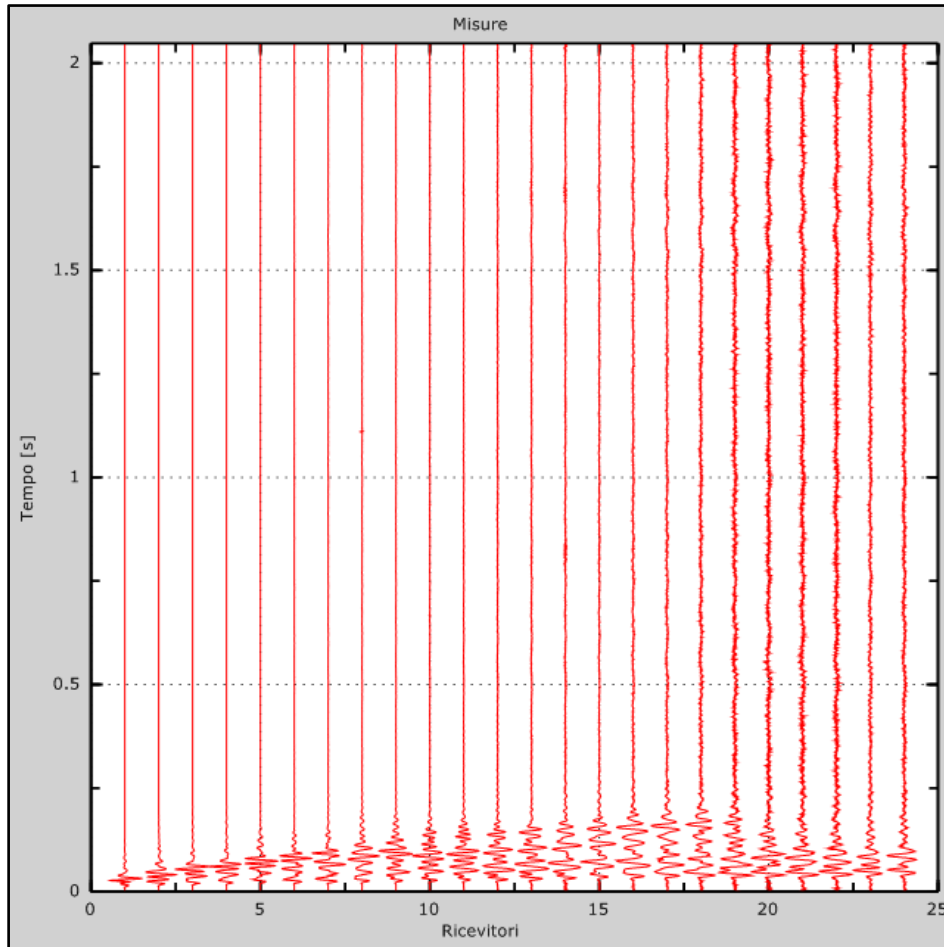
Profilo verticale delle Vs (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw5

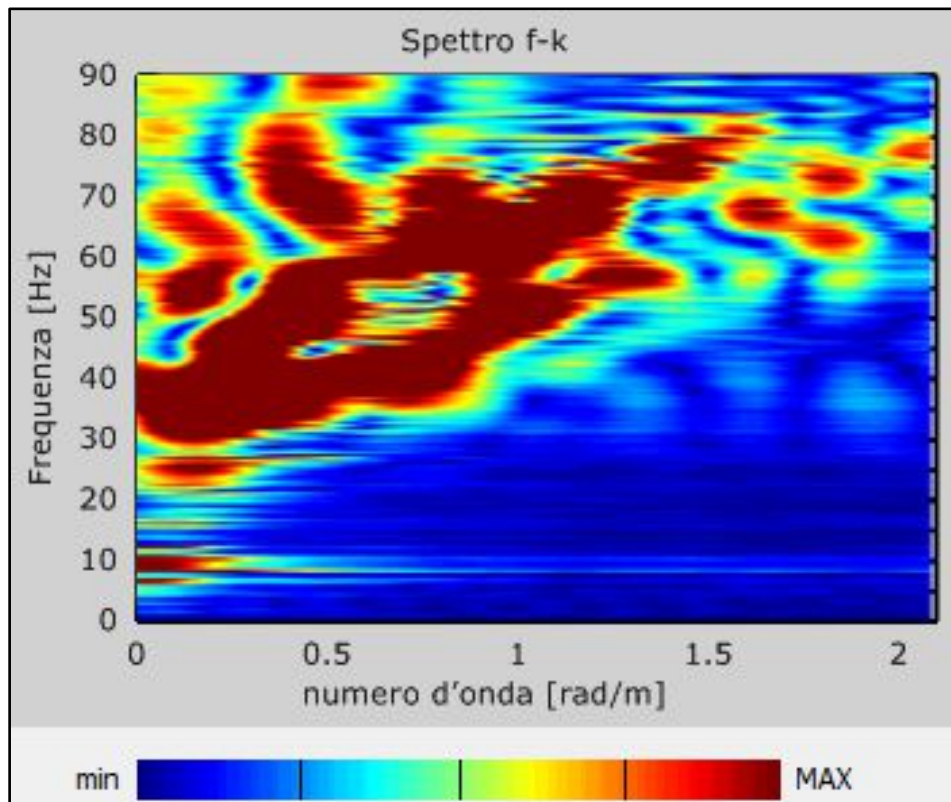


Dati sperimentali Mw5

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:	1,50 m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	4094 ms



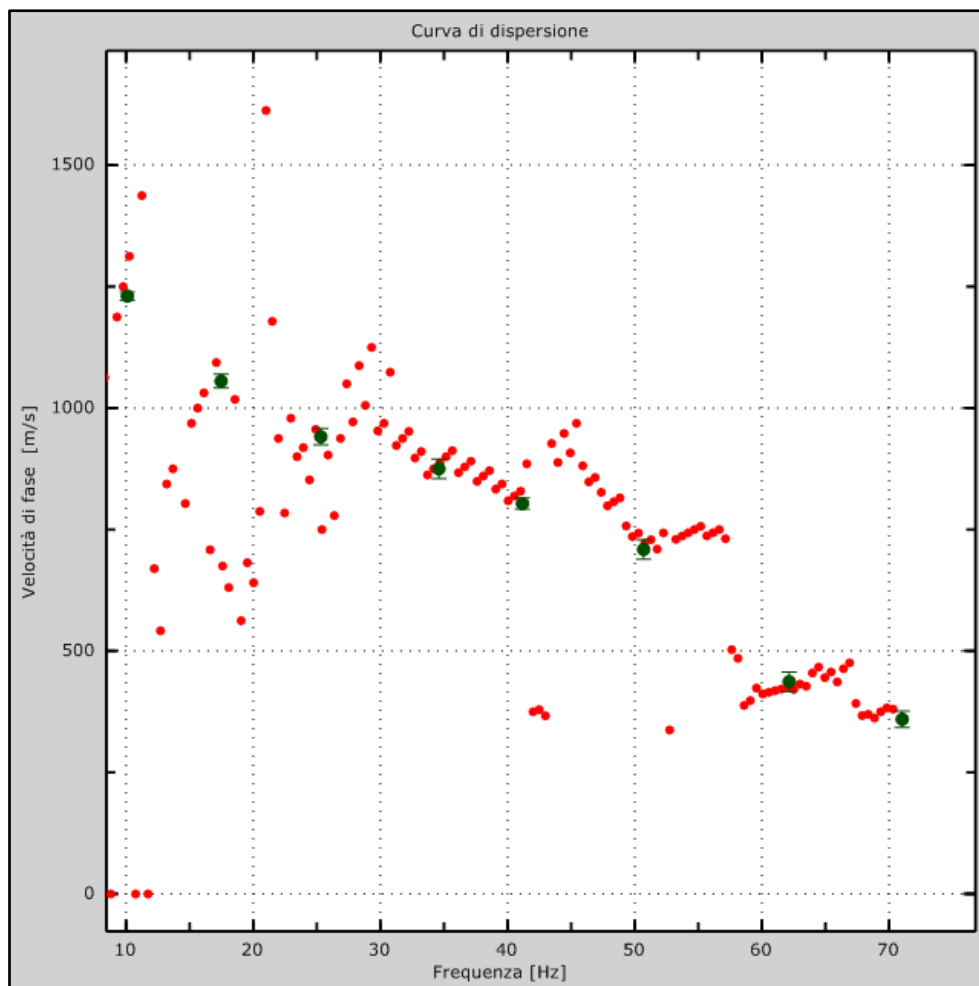
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw5 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw5

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.09139	1436.57	1427.97	1445.16
6.89574	1327.71	1319.11	1336.3
10.0986	1230.31	1221.71	1238.9
17.4653	1055.56	1041.24	1069.88
25.3124	940.97	923.782	958.159
34.6008	875.082	855.029	895.135
41.1668	803.464	792.005	814.923
50.6954	708.928	688.875	728.981
62.1458	436.781	416.728	456.834
71.0338	359.433	342.245	376.621

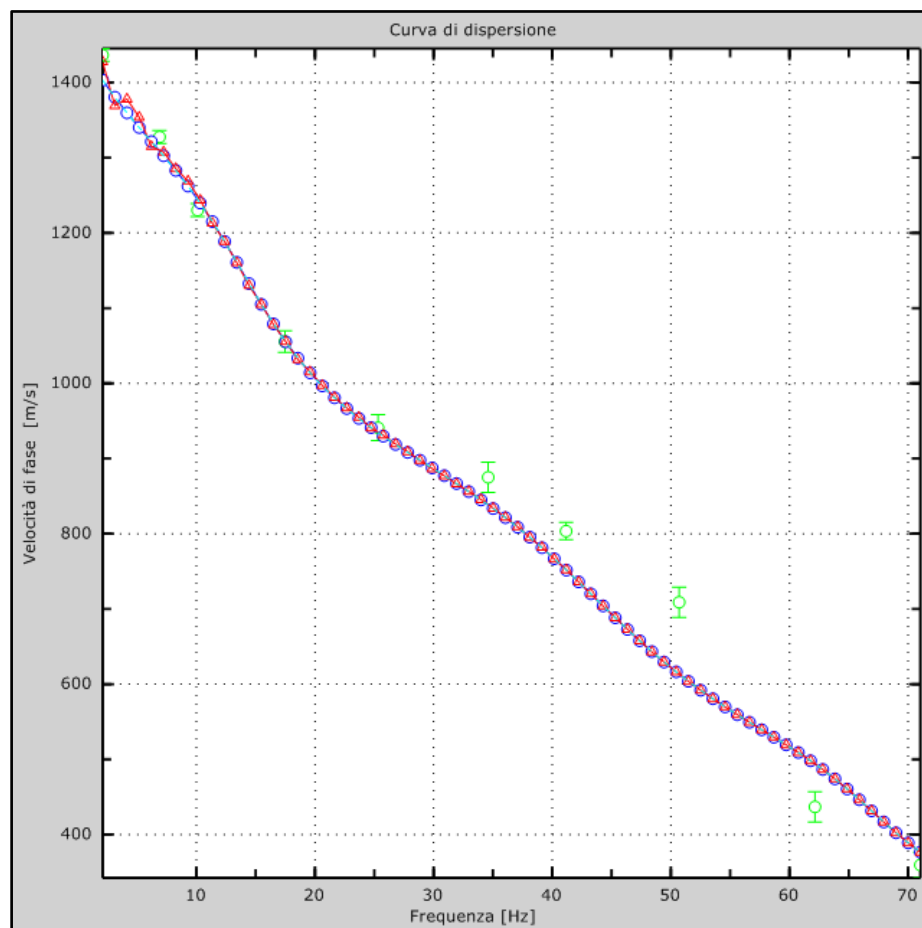


Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW

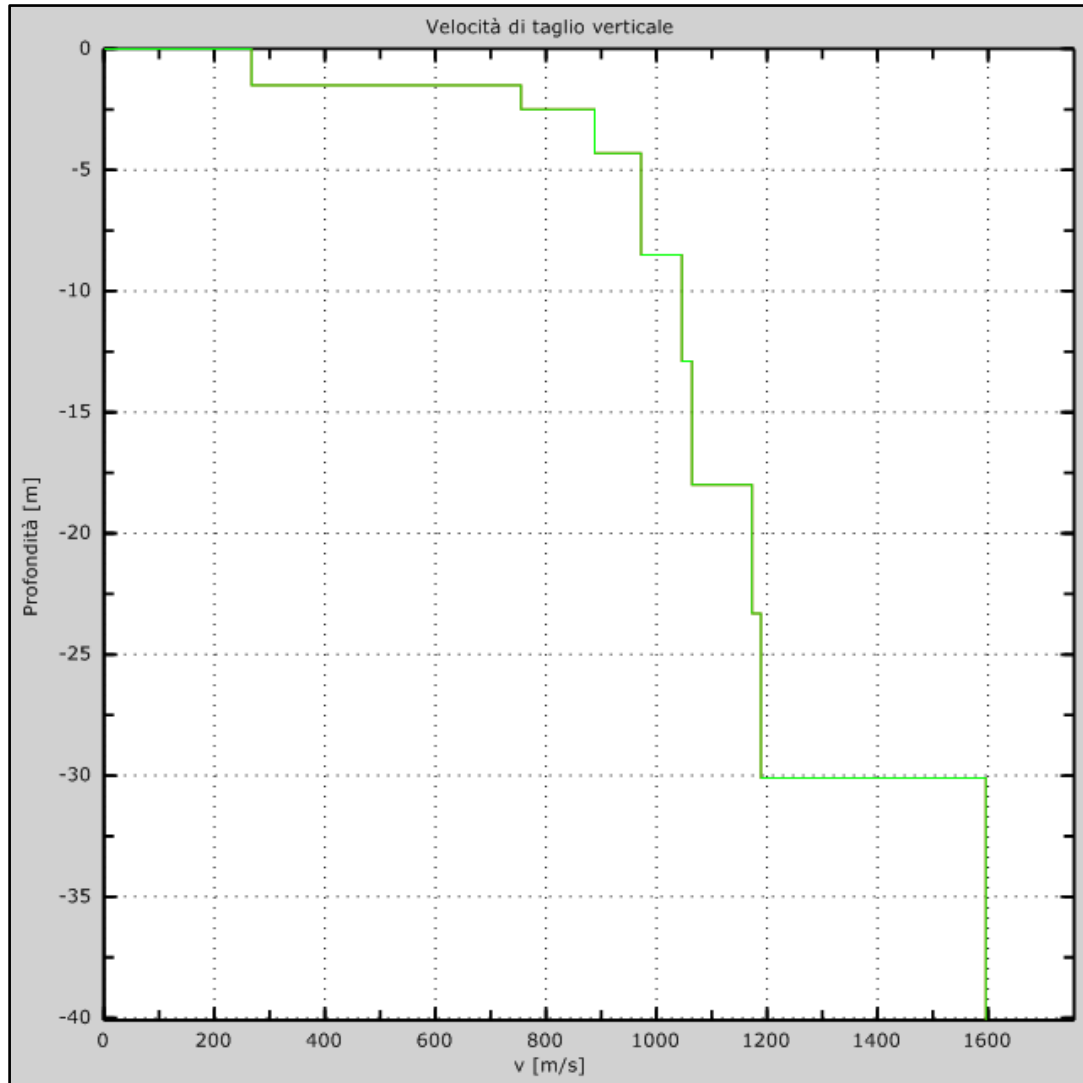
Profilo in sito Mw5

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0.00 – 1.50	1,50	267
S2	1.50 – 2,50	1,00	755
S3	2,50 – 4,30	1,80	888
S4	4,30 – 8,50	4,20	972
S5	8.50 – 12,90	4,40	1046
S6	12,90 – 18,00	5,10	1064
S7	18,00 – 23,30	5,30	1173
S8	23,30 – 30,10	6,80	1189

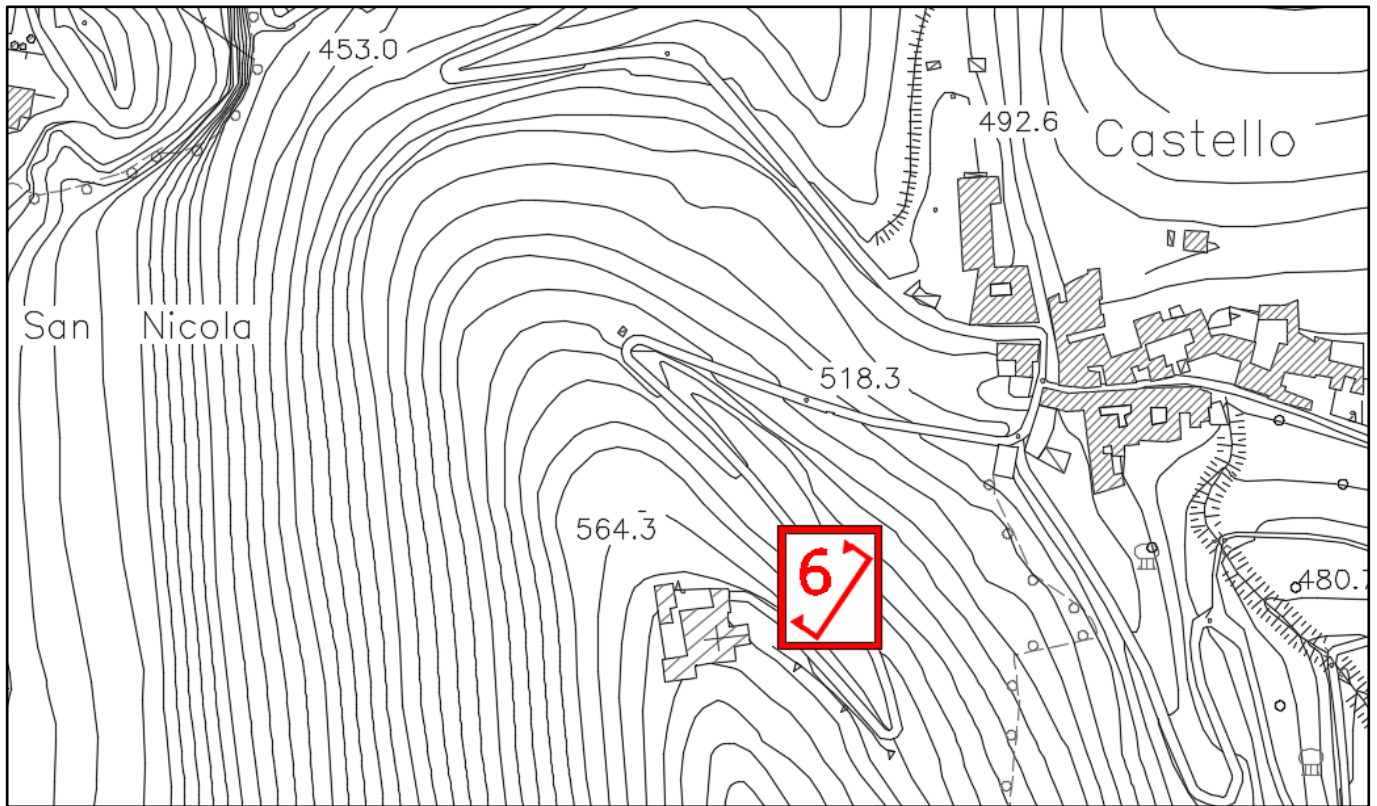


Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



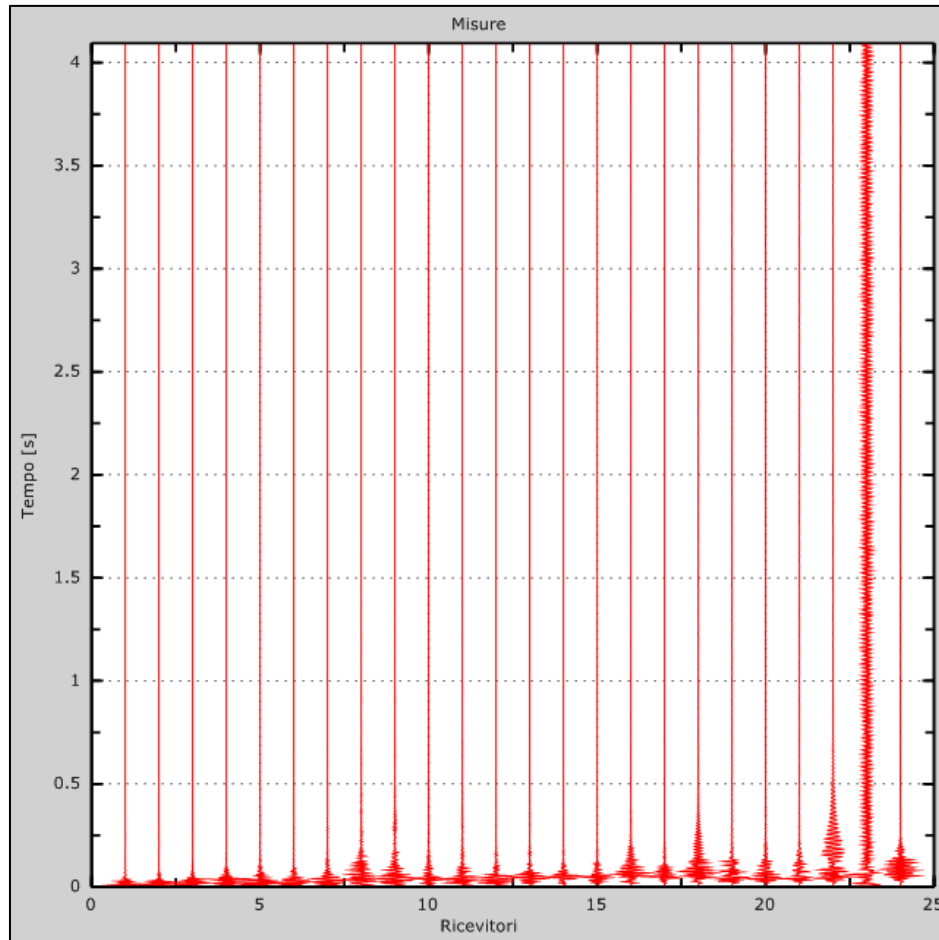
Profilo verticale delle Vs (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw6

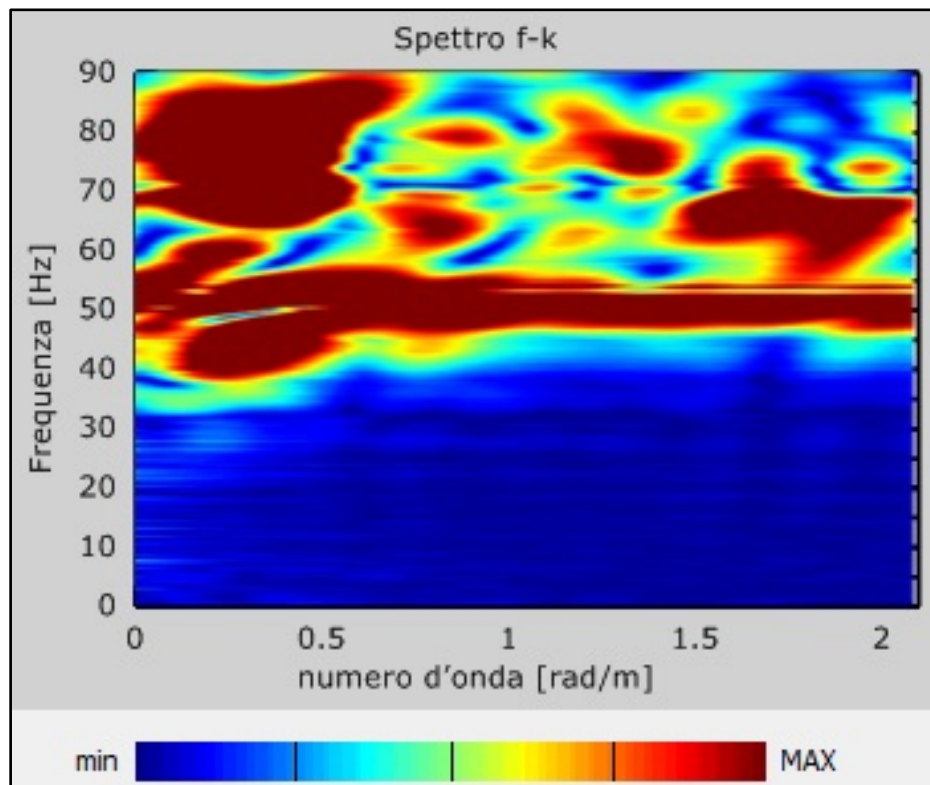


Dati sperimentali Mw6

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	1,50 m
Numero di campioni temporali	2048
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	4094 ms



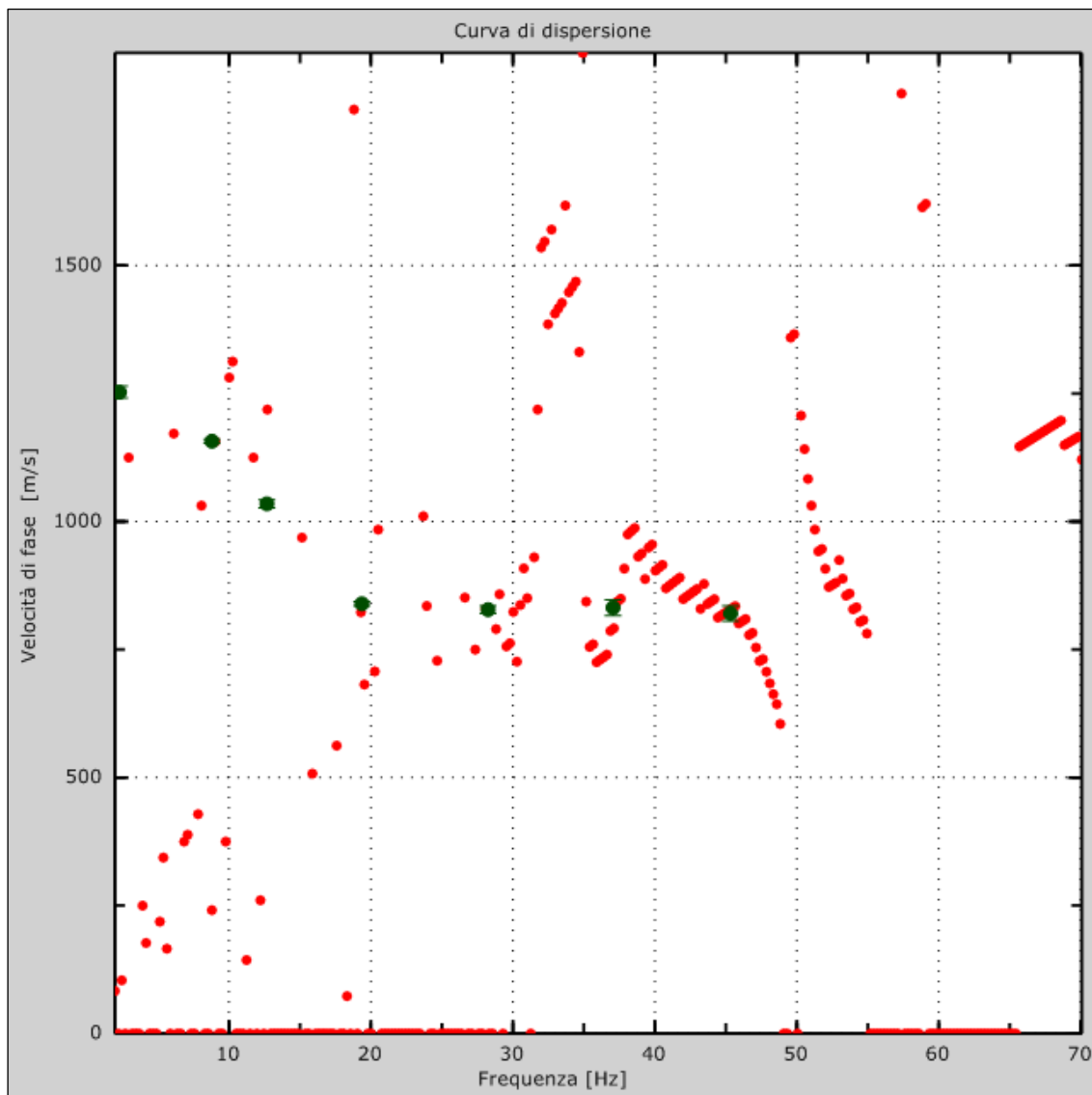
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw6 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw6

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.28078	1252.58	1241.1	1264.05
8.79551	1156.95	1153.12	1160.77
12.6691	1034.54	1026.89	1042.19
19.3599	839.462	835.637	843.287
28.2517	827.986	820.336	835.637
37.0553	831.811	816.511	847.112
45.3308	820.336	805.035	835.637

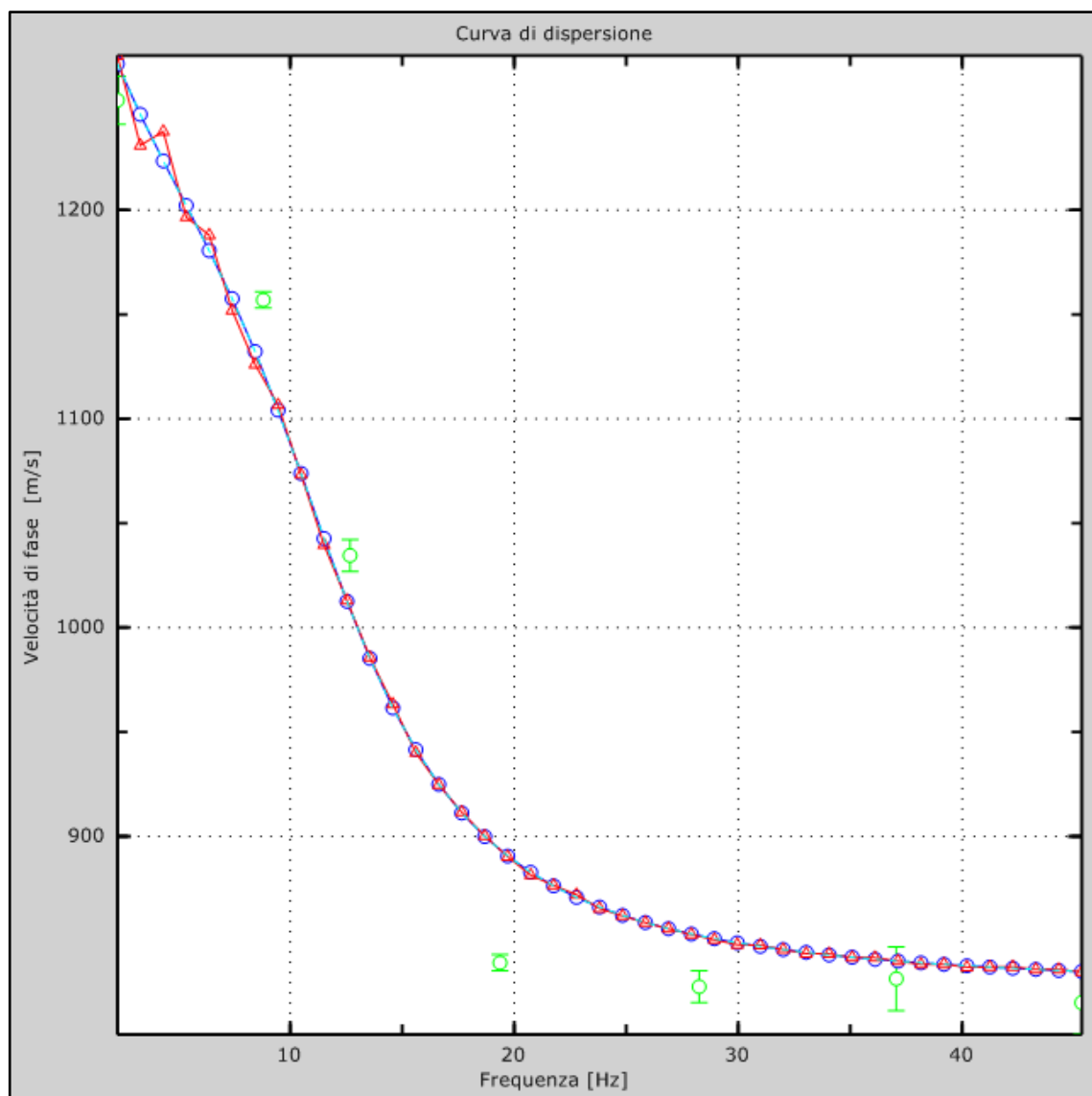


Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW

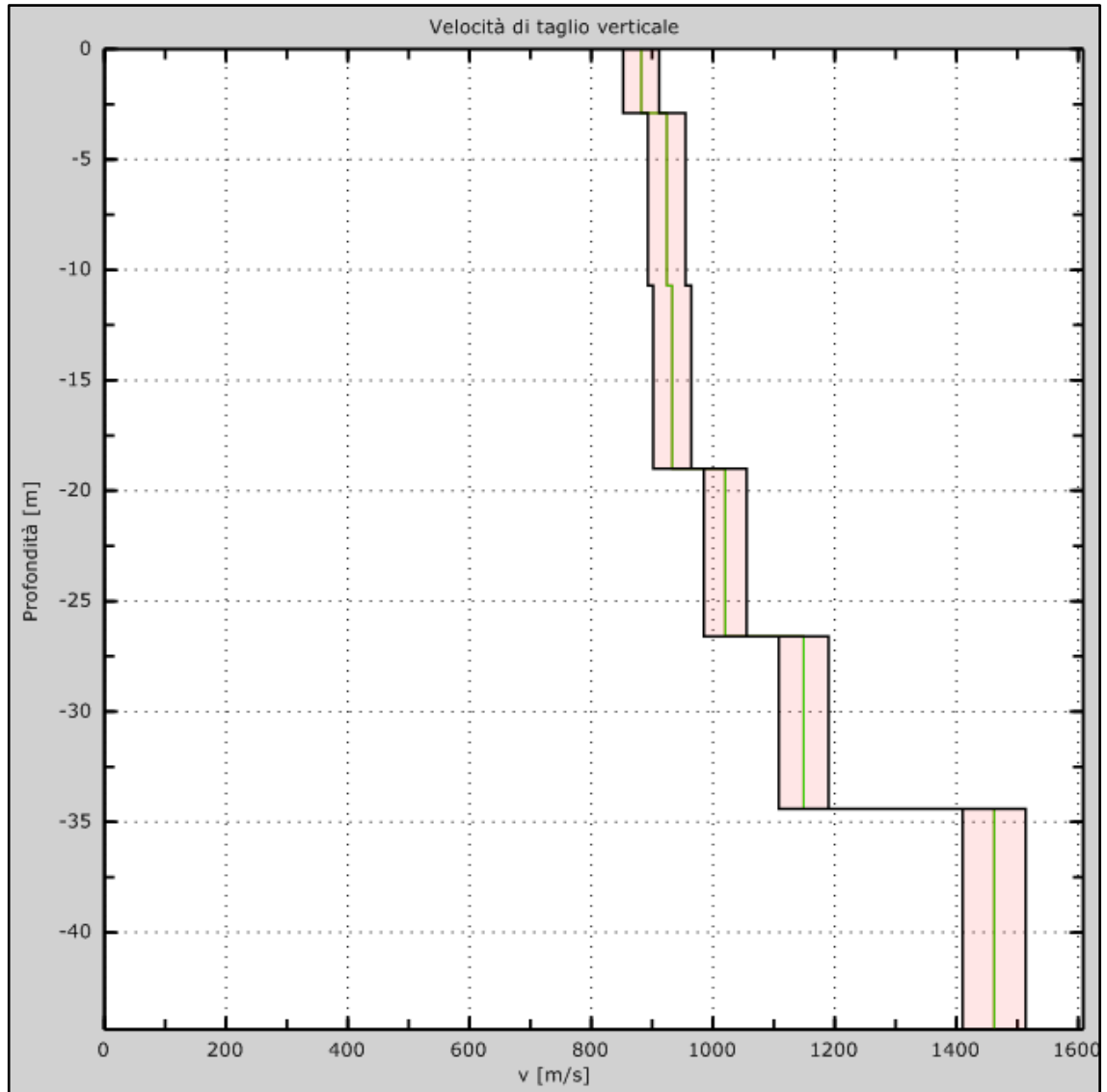
Profilo in sito Mw6

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0,00 – 2,90	2,90	882
S2	2,90 – 10,70	7,80	924
S3	10,70 – 19,00	8,30	933
S4	19,00 – 26,60	7,60	1020
S5	26,60 – 34,40	7,80	1149

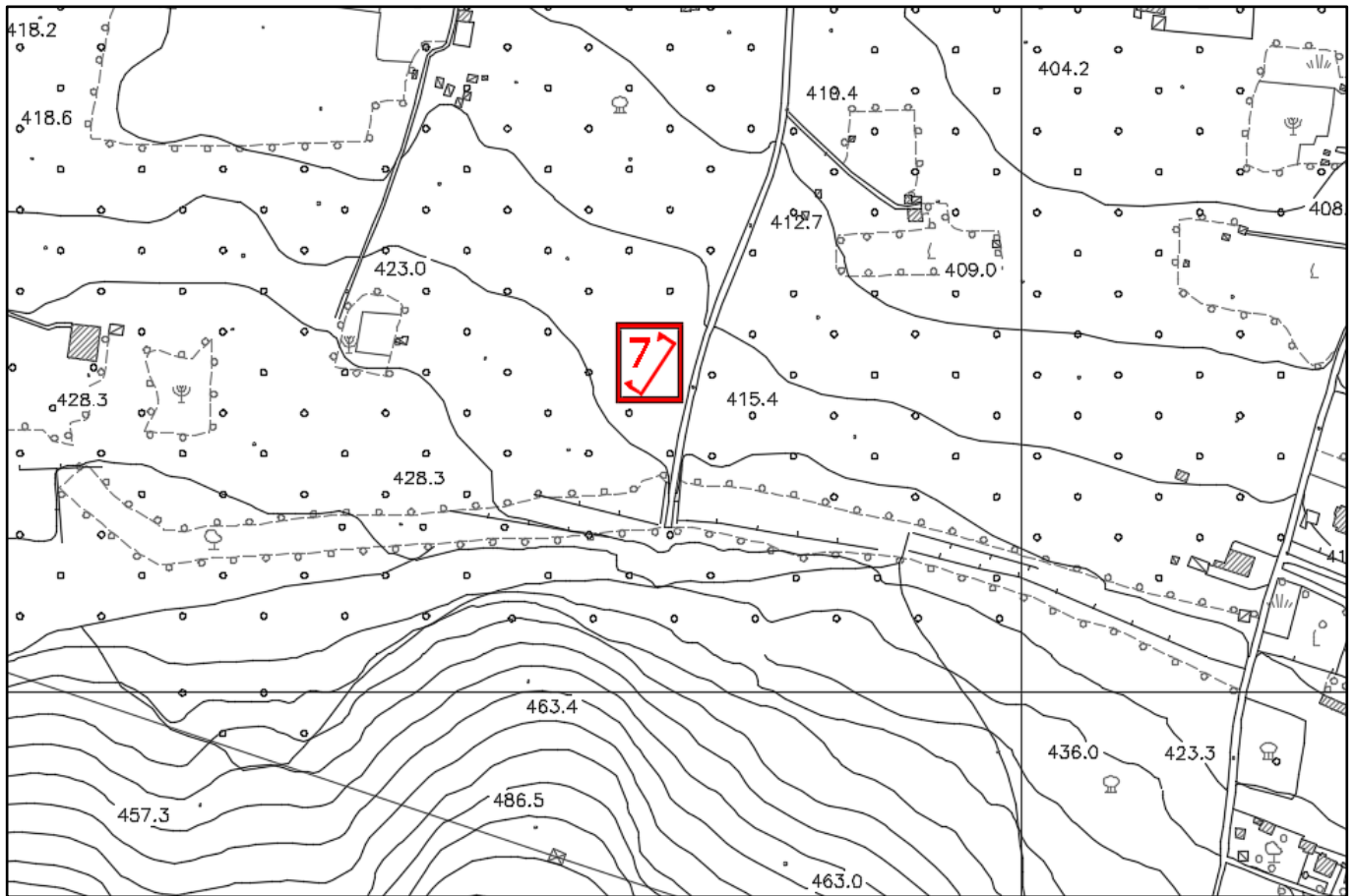


Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



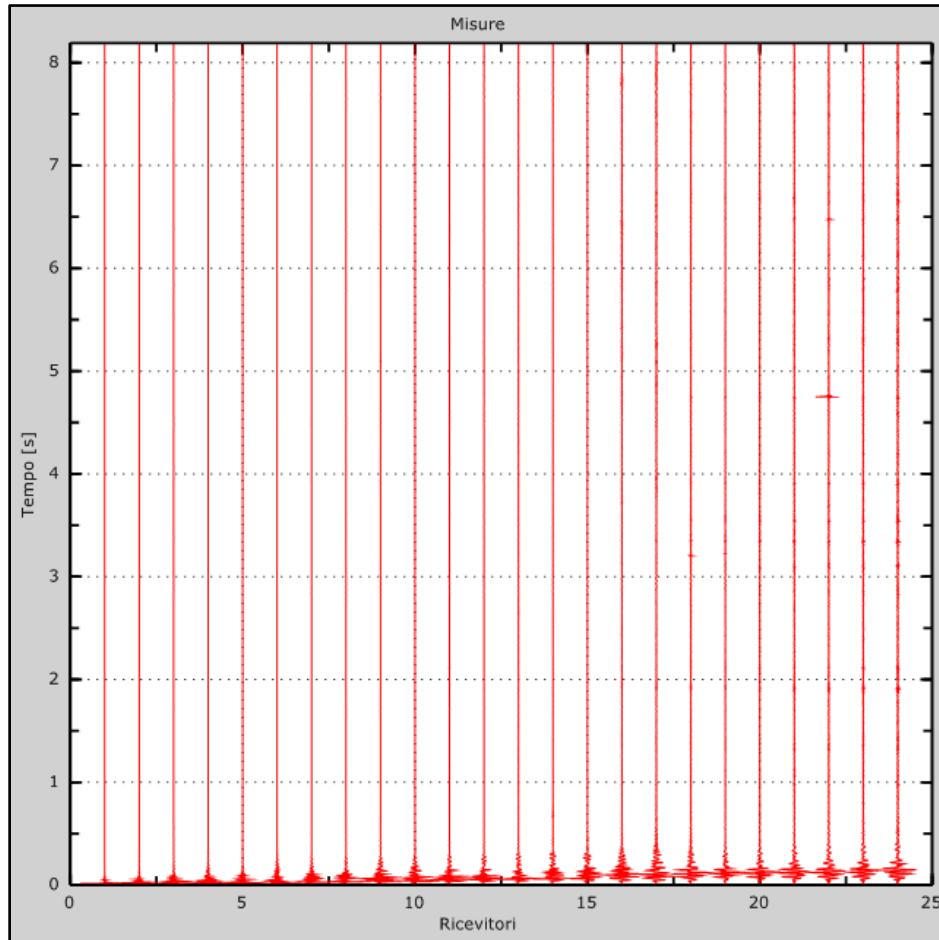
*Profilo verticale delle V_s (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale)
ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde
superficiali di Rayleigh*

Prospezione sismica M.A.S.W. Mw7

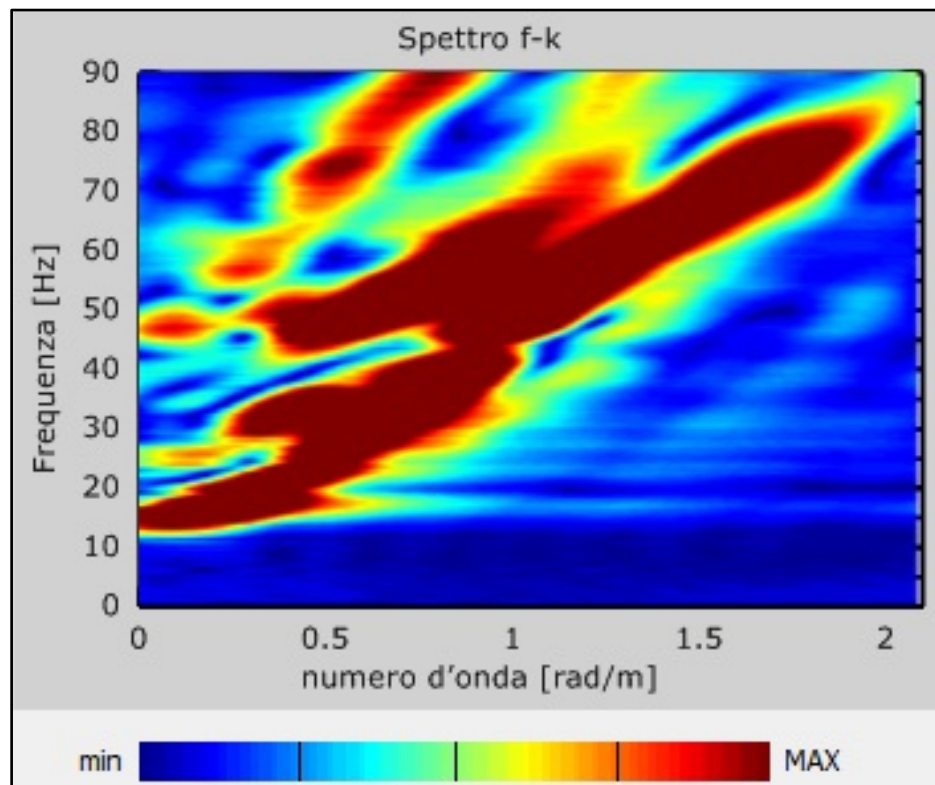


Dati sperimentali Mw7

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:	1,50 m
Numero di campioni temporali	4096
Passo temporale di acquisizione	2 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	8190 ms



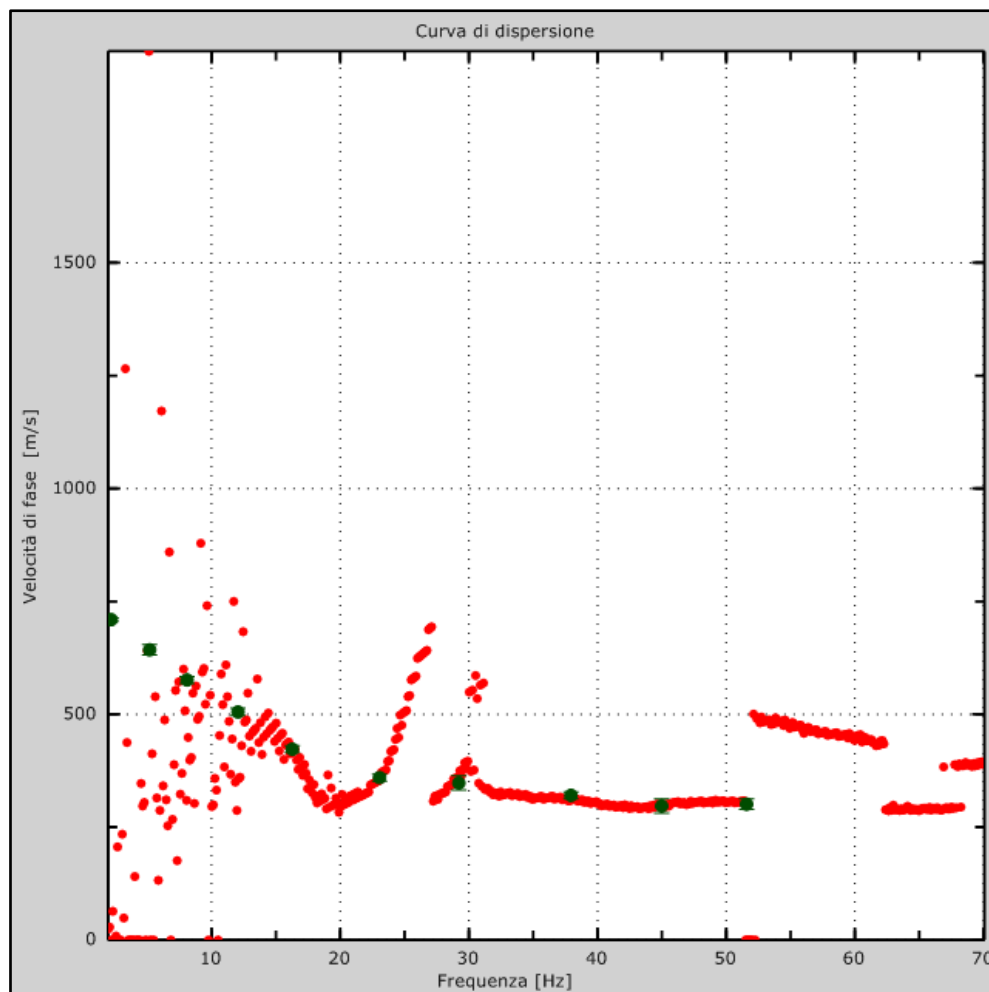
Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW Mw7 (tracce sperimentali)



Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo

Curva di dispersione Mw7

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.19274	709.59	705.658	713.522
5.186	642.743	630.947	654.54
8.09121	575.897	568.033	583.761
12.0529	505.118	497.254	512.983
16.2786	422.543	414.679	430.408
23.0575	359.629	351.765	367.493
29.2201	347.833	332.104	363.561
37.9357	320.308	312.443	328.172
44.9787	296.715	280.986	312.443
51.5814	300.647	288.851	312.443

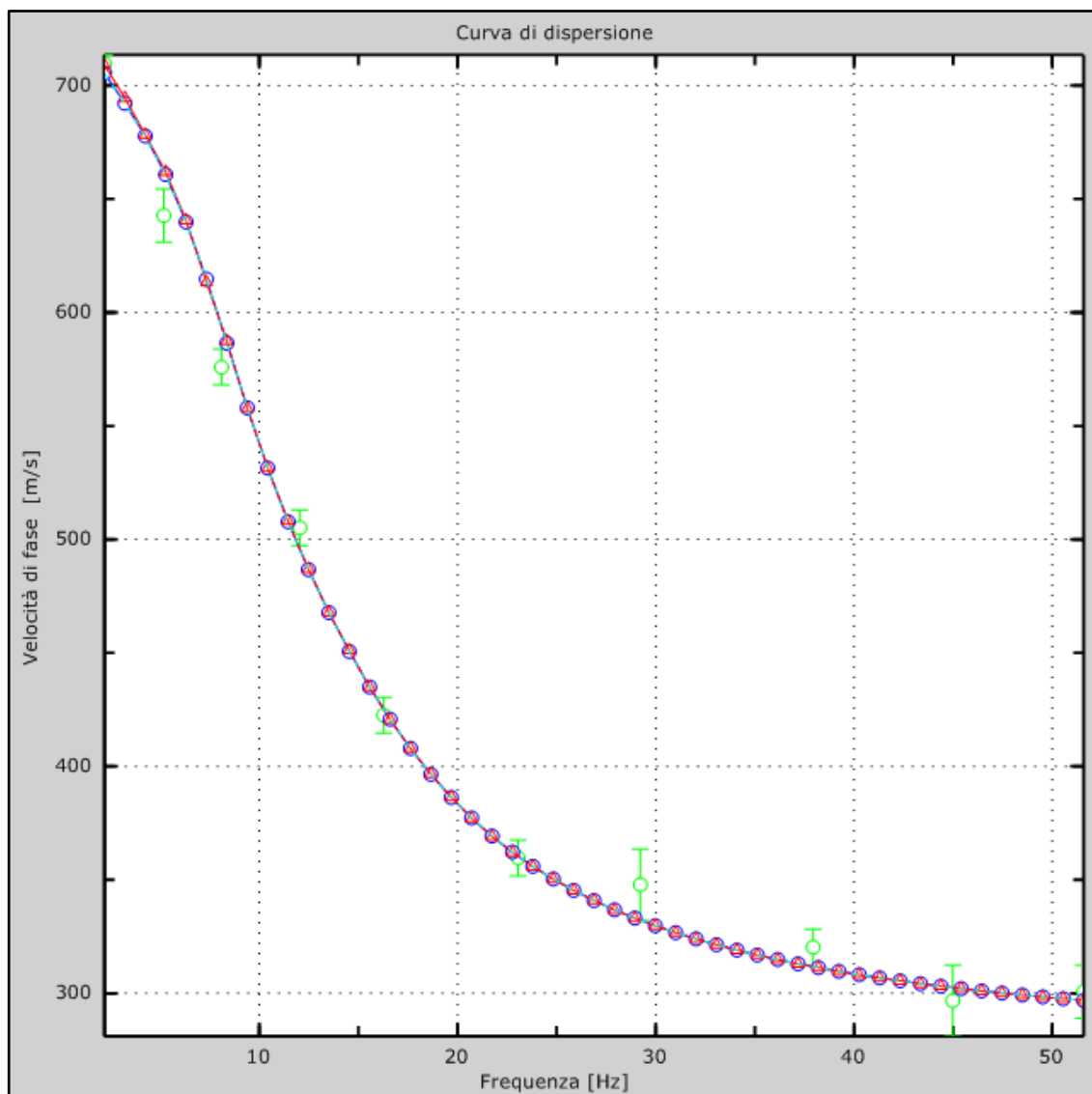


*Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali
di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW*

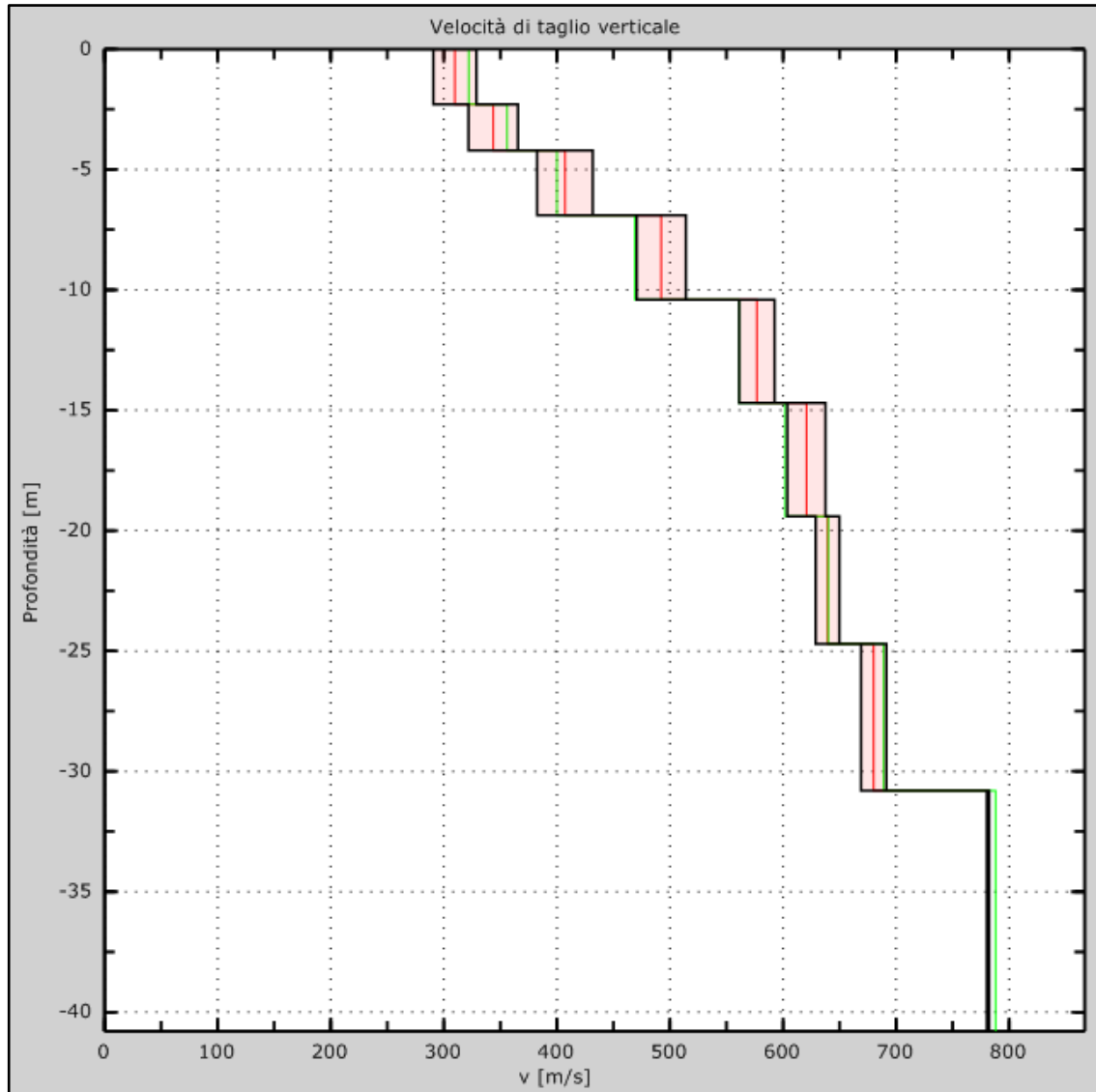
Profilo in sito Mw7

Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella Mw1

Numero sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s finale (m/s)
S1	0,00 – 2,50	2,30	310
S2	2,30 – 4,20	1,90	344
S3	4,20 – 6,90	2,70	407
S4	6,90 – 10,40	3,50	492
S5	10,40 – 14,70	4,30	577
S6	14,70 – 19,40	4,70	621
S7	19,40 – 24,70	5,30	639
S8	24,70 – 30,80	6,10	680



Velocità numeriche–punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



Profilo verticale delle V_s (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh