

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 1 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

**RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI
DN 750 (30"), DP 75 bar
ED OPERE CONNESSE**

INDAGINI GEOFISICHE



Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data
0	Emissione	F. CARMENI	P. RUSSO J. MARIANI	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	27/07/2020

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 2 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	Introduzione	3
1.2	Scopo del documento	4
1.3	Elaborati di riferimento	4
2	INDAGINI GEOFISICHE TIPO MASW	5
2.1	Strumentazione e configurazione geometrica	5
2.2	Elaborazione dati	5
2.3	Risultati prove MASW	5
3	TOMOGRAFIA SISMICA	7
3.1	Strumentazione e metodologia	7
3.2	Metodologia di calcolo - G. S. A. O. (Generalized Simulated-Annealing Optimization)	7
3.3	Risultati Tomografie Sismiche	8
4	PROSPEZIONE GEO-ELETTRICA TOMOGRAFICA	10
4.1	Resistività delle rocce	10
4.2	Strumentazione ed acquisizione dati	13
4.3	Geometria	15
5	ANNESI	16

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 3 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

1 GENERALITÀ

1.1 Introduzione

Il presente documento descrive la campagna di indagini geofisiche condotta a supporto del progetto “Rif. Met. Sansepolcro-Terranuova Bracciolini DN 750 (30”)”, DP 75 bar ed opere connesse”. L’opera, nel suo complesso, attraversa il territorio della Provincia di Arezzo, nella Regione Toscana (Figura 1).

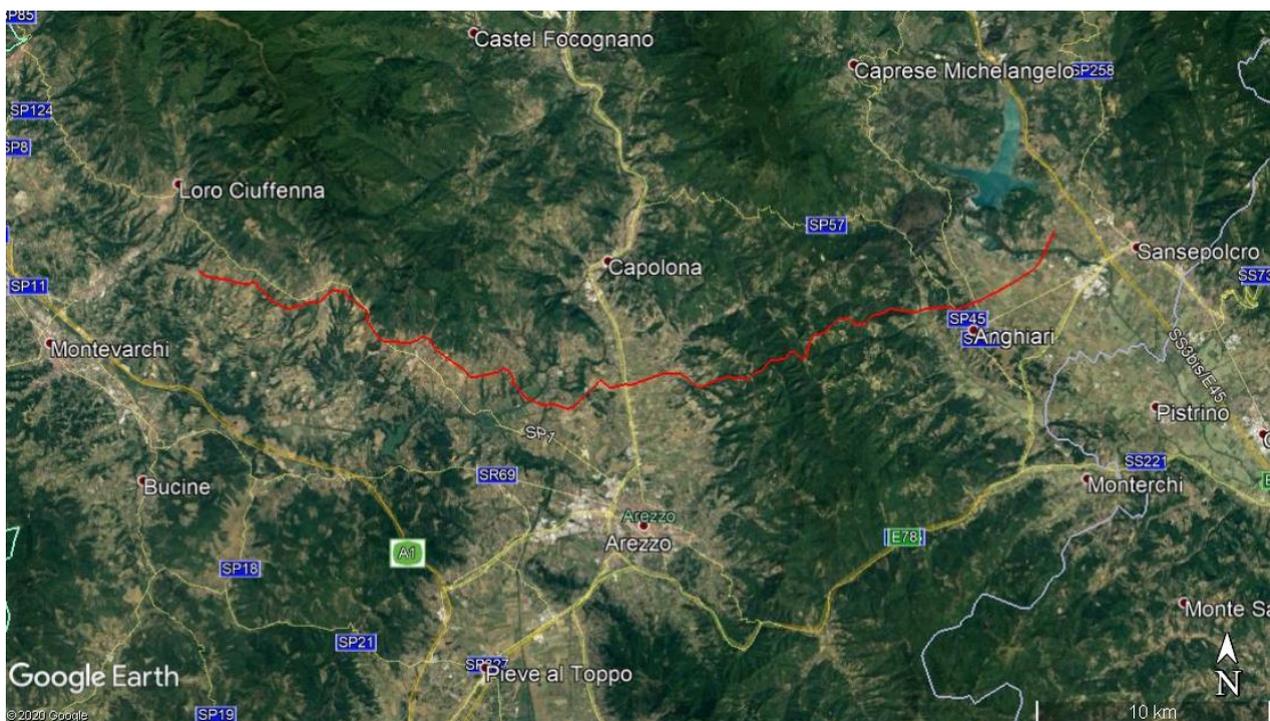
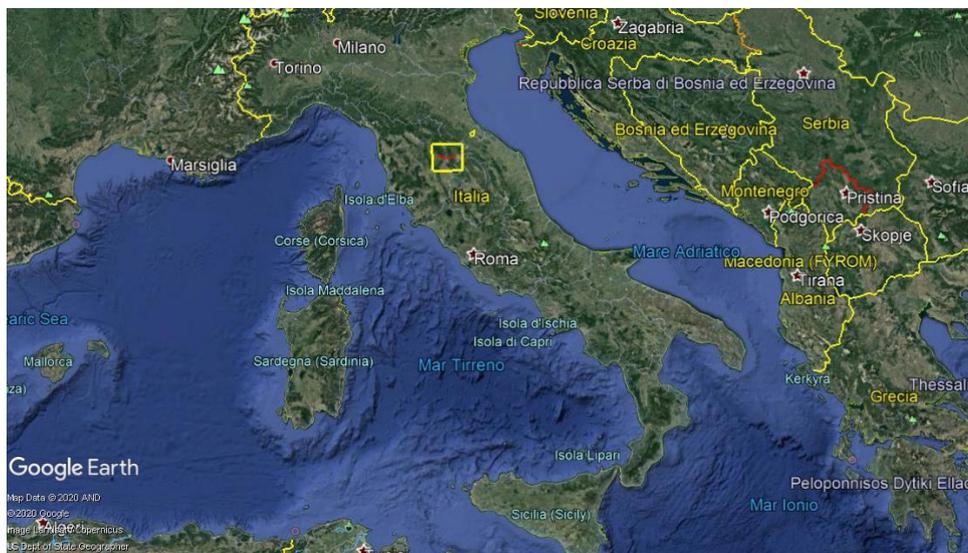


Figura 1 Tracciato Metanodotto in Progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 4 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

1.2 Scopo del documento

La progettazione del metanodotto in oggetto prevede come elemento propedeutico l'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche finalizzate alla definizione delle proprietà sismiche, elastiche, georesistive dei terreni interessati dal progetto e alla caratterizzazione sismica per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio per il calcolo del parametro Vs Equivalente secondo quanto previsto dal DM del 17.01.2018.

Le indagini sono state concentrate in quelle aree ritenute più significative sotto il profilo progettuale e in corrispondenza dei siti in cui è prevista la costruzione di opere strutturali di una certa rilevanza (P.I.D.I.) sono state eseguite delle indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di avere cognizioni sul profilo di rigidità del sottosuolo fino a 30-40 m di profondità, con la determinazione del valore del Vs equivalente, richiesto per la progettazione in prospettiva sismica.

In particolare, la campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di:

- n. 19 indagini sismiche tipo M.A.S.W.
- n. 3 tomografie sismiche
- n. 4 tomografie geoelettriche

1.3 Elaborati di riferimento

Le ubicazioni delle indagini sono riportate nel seguente allegato cartografico:

- PG-TPSO-101 "Tracciato di progetto con ubicazione dei punti di indagine".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 5 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

2 INDAGINI GEOFISICHE TIPO MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono 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 o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

2.1 Strumentazione e configurazione geometrica

La strumentazione utilizzata per la prospezione MASW è un sismografo PASI 16SG24 con 24 canali ad alta precisione, ad incremento di segnale, con registrazione analogica dell'oscillogramma; il terreno è stato energizzato tramite una massa battente da 10 Kg, è stata adottata una stesa geofonica a profilo continuo con 24 geofoni equidistanziati 2,0 metri, effettuando due punti di scoppio differenziati con offset rispettivamente di 2 e 4 metri.

2.2 Elaborazione dati

Nella fase interpretativa, eseguita mediante software WinMASW 4.1 - ELIOSOFT, il sismogramma registrato in campagna nel dominio del tempo è stato scomposto mediante Trasformata di Fourier nel dominio delle frequenze e dal risultante spettro velocità di fase-frequenza è stato estratto il modo fondamentale di vibrazione delle onde di superficie e la relativa curva di dispersione delle onde Rayleigh. Dal processo di inversione della curva di dispersione è stato infine ricavato il profilo delle V_s del sottosuolo).

2.3 Risultati prove MASW

I risultati delle prove MASW, allegati al presente documento, consistono nella stima della curva di dispersione sperimentale, nel calcolo del modello 1D di velocità delle onde V_s , nella sovrapposizione della curva sperimentale con quello teorica ed nel calcolo del parametro V_{Seq} (1), riportato di seguito, per l'attribuzione della categoria del sottosuolo.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 6 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

Suolo tipo	Tipologia sismostratigrafica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 1 "Range" Vseq da normativa NTC 2018 – Approccio semplificato.

In totale sono state eseguite nr. 19 prove sismiche M.A.S.W. in accordo con le disposizioni tecniche contenute nel documento ASTM D6429-99: "Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods" che sono riportate nell'Annesso n.1.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 7 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

3 TOMOGRAFIA SISMICA

La tomografia sismica assiale di superficie è una tecnica che consente la ricostruzione in immagini della struttura interna del terreno, mediante l'impiego dei travel-time delle onde sismiche che si propagano dalla superficie.

Lo scopo è di determinare un dettagliato andamento della distribuzione della velocità delle onde sismiche longitudinali nel sottosuolo.

Di seguito sono tabulate le quantità, le denominazioni e le configurazioni geometriche eseguite:

ID	Tipologia	LUNGHEZZA
GEO 3-ST_1		120
GEO 4-ST_2	Onde P	70
GEO 8-ST_3		120

3.1 Strumentazione e metodologia

La metodologia adottata si avvale di un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- frequenza di campionatura segnali compresa tra 0.01 e $3.33 \cdot 10^{-5}$ sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit.

Le onde di compressione P sono state generate mediante massa battente.

I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo con apposito software (CWP/SU) per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P).

3.2 Metodologia di calcolo - G. S. A. O. (Generalized Simulated-Annealing Optimization)

Il G.S.A.O., metodo basato sulla tecnica Monte Carlo¹, è un modello di calcolo che consente l'ottimizzazione non lineare dell'inversione dei tempi di primo arrivo delle fasi dirette e rifratte delle onde sismiche registrate durante una prospezione sismica.

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

¹ Metropolis, N., A. Rosenbluth, A. Teller, and E. Teller (1953). Equations of state calculation by fast computing machines, J. Chem. Phys. 21, 1087-1092.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 8 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

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

□ Calcolo dei travel times 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, T è chiamata temperatura; $\Delta E = E_0 - E_1$, q è una costante d'integrazione (che si determina empiricamente), e E_{\min} è il valore oggettivo della funzione dei minimi totali. Teoricamente si ha $E_{\min} = 0$.

L'equazione (2) significa che il nuovo modello è accettato quando la “least – square error” è inferiore a quella della iterazione precedente. L'equazione (3) prevede l'accettazione condizionata di modelli con una più ampio least – square error”. Ciò consente, durante l'inversione dei dati, di sfuggire dall'intorno dei minimi, 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.

3.3 Risultati Tomografie Sismiche

I risultati consistono nella restituzione dell'immagine sismica del sottosuolo espressa in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche P (modello di velocità default e modello di velocità normalizzato al valore massimo riscontrato) e di densità di raggi sismici (modello della densità dei raggi sismici). Quest'ultimo indica il numero di volte che la cella viene attraversata dai raggi sismici, in altri termini, seguendo il principio di Fermat, corrisponde al percorso più breve che il raggio sismico compie nel percorso sorgente ricevitore.

Dal punto di vista geo-litologico le linee sismiche sono state eseguite su terreni limo argilloso da poco consistente a consistente in copertura ad una sequenza di siltiti litoidi in alternanza con argille scagliettate e areniti

Di seguito si riportano i risultati delle tomografie sismiche e le ubicazioni dei transetti sismici su base topografica geo-referenziata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 9 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

Dai modelli di velocità risulta che la V_p è compresa tra 425.5 m/sec e 3690 m/sec. Tali valori sono da attribuire alla variazione dello stato di addensamento della coltre di copertura superficiale ed allo stato di fratturazione ed alterazione dell'alternanza siltitica argillosa ed arenitica che costituisce il sub-strato compatto dell'area di studio. Le variazioni di velocità sono in prevalenza verticali.

Le sezioni densità raggi sismici mostrano la presenza di due orizzonti sismici: il primo coincide con il passaggio tra la copertura superficiale costituita da terreni limo argilloso da poco consistenti a consistenti e le siltiti fratturate. Il secondo, invece, si rileva al passaggio stratigrafico, tra le siltiti fratturate e le siltiti litoidi in alternanza con areniti. Il primo orizzonte fisico costituisce una vera e propria superficie di discontinuità con i terreni ad essa soprastanti. Nelle sezioni sismo-stratigrafiche tale passaggio è indicato con una linea tratteggiata di colore rosso.

In funzione dei modelli di velocità delle sezioni di densità dei raggi sismici, si propone la seguente sismo-stratigrafia:

- **$V_p < 1200$ m/sec** \Rightarrow 1° sismostrato. È attribuibile a limo-argilloso con inclusi ciottoli con grado di consistenza crescente con la profondità. In seno allo stesso sismostrato, le aree con velocità < 550 m/sec sono da riferire all'aerato, ovvero mezzo fisico non completamente saturo (scarso stazionamento dell'acqua) laddove avvengono gli interscambi con l'atmosfera (presenza d'aria). Quest'ultimo sismostrato è riferibile alla porzione poco consistente addensata.
- **$1201 < V_p < 2200$ m/sec** \Rightarrow 2° sismostrato. Alternanza di siltiti ed argille scagliettate fratturare.
- **$V_p > 2001$ m/sec** \Rightarrow 3 ° Alternanza di siltite litoide e areniti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 10 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

4 PROSPEZIONE GEO-ELETTRICA TOMOGRAFICA

La “Tomografia Elettrica” consiste nella determinazione di profili di resistività e/o caricabilità attraverso la disposizione sul terreno di un numero elevato di elettrodi che progressivamente vengono spostati lungo una data direzione variandone la distanza inter-elettrodica 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” di elettro-resistive.

Di seguito sono tabulate le quantità, le denominazioni e le configurazioni geometriche eseguite:

ID Tomografia elettrica	Tipologia	LUNGHEZZA c-u- (m)
GEO 8 - ERT_1		160
GEO 5 - ERT_2		220
GEO 6 - ERT_3	Resistività	220
GEO 7 - ERT_4		320

4.1 Resistività delle rocce

La resistività delle rocce, considerando che queste sono praticamente isolanti, dipende principalmente dalla presenza di acqua nei pori. La quantità dei pori nella roccia è definita dalla porosità che è data dal rapporto tra il volume dei pori e quello della roccia. Macro fessure o cavità laddove l’unica presenza è l’aria hanno un comportamento elettrico nullo, cioè la resistività tende a valori altissimi (infinito dal punto di vista teorico).

La resistività di una roccia dipende ancora dalla tessitura, cioè dalla disposizione, forma e dimensioni dei granuli che la compongono, e dai vuoti riempiti di acqua. Si precisa che le rocce ed i minerali non sono mezzi isotropi e cioè corpi materiali dove le grandezze fisiche si mantengono le stesse prescindendo dalla direzione, ma variano da leggermente a fortemente anisotropi. L’anisotropia delle rocce, relativamente alla resistività, è il risultato di una combinazione di differenti caratteristiche spaziali legate a microfessurazioni, stratificazioni variabili, tessitura, porosità.

Quindi riepilogando la resistività elettrica dipende, oltre che dalle proprietà elettriche intrinseche del materiale indagato, principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori;
- porosità;
- la densità, ovvero lo stato d’addensamento (specie in terreni alluvionali) della formazione;
- la granulometria;
- l’eventuale grado di fatturazione;
- la presenza di acqua o di umidità e quindi il grado di saturazione;
- salinità del fluido presente nei pori;
- la presenza di vuoti;
- temperatura;
- presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, cc.);
- presenza di argilla.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 11 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

La relazione empirica proposta da Archie, invece, è valida per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie):

$$\rho_s = \rho_f a \phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- ρ_s : resistività ($\Omega \cdot m$) del suolo parzialmente saturo di fluido;
- ρ_f : resistività ($W \cdot m$) del fluido presente nei pori;
- S : frazione del volume di pori occupata dal fluido;
- m : coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2 in caso di saturazione in acqua);
- a : costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia: 0.62);
- n : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15);
- ϕ : porosità del suolo.

La resistività del fluido ρ_f è calcolabile, qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es. Cl^- , $SO_4^{=}$, NO_3^- , ecc.), utilizzando la formula:

$$\rho_f = 0.0123 + 10 (3.562 - 0.955 \log_{10} C)$$

dove C è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

In geoelettrica si osserva il "flusso" delle cariche attraverso le rocce, trascurando le tendenze allo squilibrio elettrico. Il flusso di cariche è la corrente elettrica che scorre per convezione da un polo positivo (+) ad un altro negativo (-). Questa si misura in Ampere (A) e cioè la quantità che passa in un punto del circuito nell'unità di tempo (1 secondo). Ciò che determina il flusso è la differenza di potenziale (d.d.p.) e cioè la depressione elettrica tra due punti distanti. La d.d.p. si misura in Volt (V). Nelle rocce il flusso di corrente è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale (V). Il rapporto tra d.d.p. e corrente (I), a meno di un coefficiente geometrico (K), definisce la resistenza offerta da un corpo a farsi attraversare da cariche. Questo semplice rapporto, definito come legge di Ohm, introduce una terza grandezza: la resistività elettrica (ρ).

$$\rho = K \frac{V}{I}$$

Vengono di seguito elencati i "range" di resistività di alcune rocce, minerali e metalli:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 12 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

ROCCE – MINERALI - METALLI	Resistività (ohm*m)
Rocce sedimentarie	
Calcare	100 – 5000
Argilla	1 – 100
Ghiaia	100 – 5000
Sabbia	100 – 103
Arenaria	100 -104
Marna	1 - 100
Quarzite	5000 – 105
Rocce ignee e metamorfiche	
Basalto	10 – 105
Granito	100- 105
Marmo	100 – 106
Scisto	10 – 104
Gabbro	103 – 106
Ardesia	100 – 106
Minerali e metalli	
Pirite	0,0001 - 10
Argento	10-7
Grafite	0,001 - 1
Quarzo	105
Salgemma	10 – 109
Bauxite	200 - 6000
Galena	0,01 - 200
Acque	
Di mare	< 0,2
Pura	100 – 103
Naturale	1 - 100
Con 20% di sale (NaCl)	0,001

*I valori sono assolutamente approssimativi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 13 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

4.2 Strumentazione ed acquisizione dati

La strumentazione utilizzata è un geo-resistivimetro multi-elettrodico digitale (24 bit) modello X612-EM della m.a.e. aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

Corrente in uscita:

- Regolazione automatica (5 step)
- Intensità massima: 5 A a 50V
- Tensioni di uscita: $\pm 50V$, $\pm 100V$, $\pm 250V$, $\pm 500V$, $\pm 800V$ (950V con generatore esterno opzionale)
- Potenza massima: 250W (600W con generatore esterno opzionale)
- Tempo di immissione: impostabile a partire da 0,25 sec. (visualizzazione grafica dell'onda impostata)
- Precisione della misura: $\pm 0,2\mu A$

Misura di potenziale:

- Misura simultanea su tutti i canali impostati
- Auto range
- Fondo scala massimo: $\pm 25V$
- Impedenza di ingresso: 2,5 M Ω
- Filtro frequenza di rete: 50 Hz
- Protezione: superiore
- Precisione della misura: $\pm 1,5\mu V$ nel range $\pm 25V$
- Riduzione del rumore: con media da 2 a 10 misure
- Azzeramento automatico del potenziale spontaneo
- Accuratezza della resistività misurata: $\pm 0,5\%$

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 14 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

L'acquisizione dei dati consiste nel generare corrente continua tramite elettrodi di corrente (poli di immissione) e misurare la differenza di potenziale che si genera nei picchetti di misura M – N, secondo geometrie prefissate. Le procedure seguite per l'operazione d'acquisizione dati può essere così riassunta:

- disposizione sul campo degli elettrodi lungo la geometria prefissata (scelta della configurazione geometrica polo-dipolo, wenner, dipolo dipolo);
- controllo della resistenza di contatto elettrodo/terreno;
- controllo della continuità elettrica tra cavo ed elettrodi;
- riduzione della resistenza di contatto, fino ad un 1K ohm;
- scelta delle tabelle di misura;
- misura dei potenziali spontanei;
- immissione della corrente secondo forma d'onda quadra ad intervalli di tempo regolari;
- misura ed archiviazione dati.

I dati archiviati sono in forma matriciale consentendo l'immediata elaborazione della resistività, come nell'esempio di seguito riportato per le misure eseguite sul fiume Arno.

Località: F. me Arno
riferimento: Gasdotto
configurazione: Wenner-Schlumberger
intervallo: 10 (m)
note: -

mis	A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	□□(Ohm*m)	s.d.	M (ms)
1	1	4	2	3	334.1	214.97	21.09	12.13	0.02	3.2
2	1	7	3	5	327.13	9.72	54.38	1.12	0.01	33.5
3	1	10	4	7	245.85	8.4	-45.12	1.93	0.01	12.6

Tabella 2 Tabella misure di campagna.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 15 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

4.3 Geometria

Le linee geoelettriche sono state eseguite con geometrie lineari e configurazioni quadripolari tipo Wenner-Schlumberger (Figura 2).

La configurazione quadripolare tipo Wenner-Schlumberger è una matrice che consente di ridurre gli effetti del “rumore” elettrico di base. La sensibilità associata alle misure di resistività eseguite con la geometria Wenner-Schlumberger assume contorni quasi orizzontali sotto il centro della matrice. Ciò fa della geometria Wenner-Schlumberger un buon metodo per risolvere variazioni verticali (cioè strutture orizzontali) e nel rilevare cambiamenti orizzontali (ossia le strutture verticali strette).

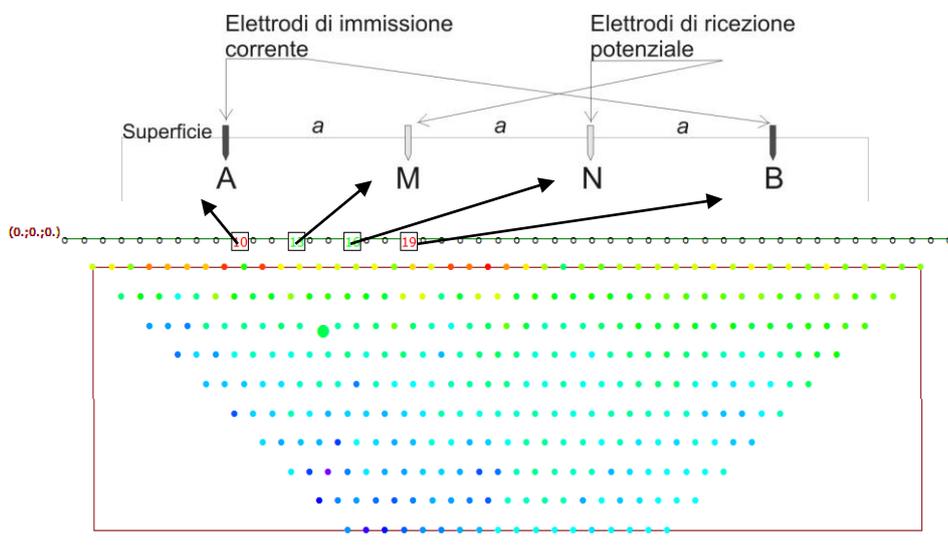


Figura 2. Configurazione Wenner-Schlumberger.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 16 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

5 ANNESSI

Annesso 1 – M.A.S.W.

Annesso 2 – Tomografia sismica e geoelettrica

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 17 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

ANNESSO 1
M.A.S.W.

**STUDIO GEOFISICO A SUPPORTO DEL PROGETTO “RIFACIMENTO
METANODOTTO SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN
750 (30”), DP 75 bar ED OPERE CONNESSE”**

Indagini geofisiche



ANNESSE 1 MASW

INDICE

1.0 PREMESSA	3
SISMICA MASW N.1	4
SISMICA MASW N.2	8
SISMICA MASW N.3	12
SISMICA MASW N.4	16
SISMICA MASW N.5	20
SISMICA MASW N.6	24
SISMICA MASW N.7	28
SISMICA MASW N.08	32
SISMICA MASW N.09	36
SISMICA MASW N.10	40
SISMICA MASW N.11	44
SISMICA MASW N.12	48
SISMICA MASW N.13	52
SISMICA MASW N.14	56
SISMICA MASW N.15	60
SISMICA MASW N.16	64
SISMICA MASW N.17	68
SISMICA MASW N.18	72
SISMICA MASW N.19	76

1.0 Premessa

In totale sono state eseguite nr.19 prove sismiche M.A.S.W. in accordo con le disposizioni tecniche contenute nel documento ASTM D6429-99: "Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods".

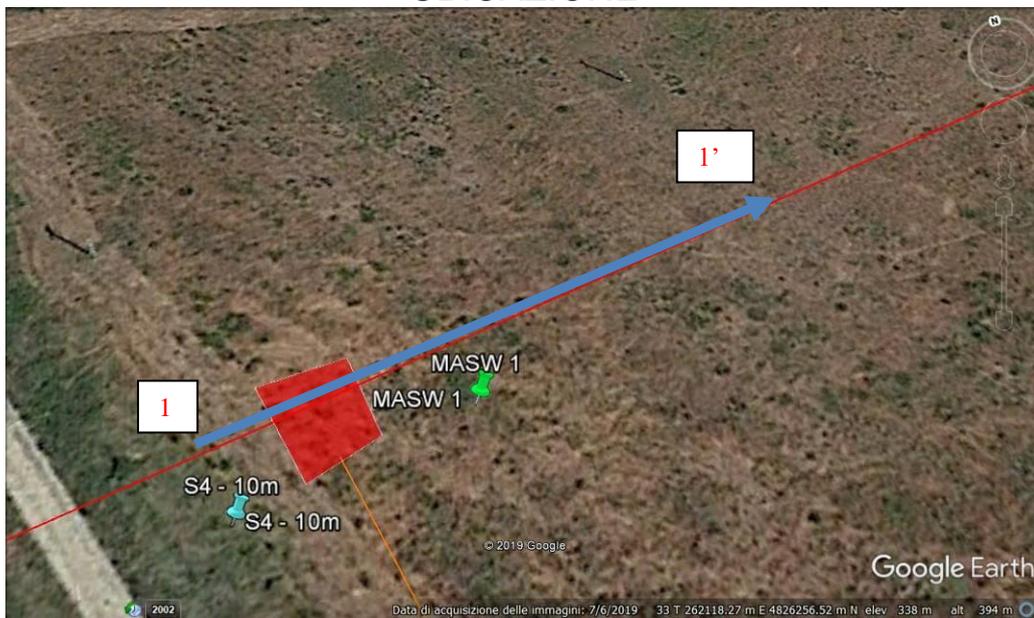
Per ogni prova M.A.S.W. eseguita si riportano:

- 1) Documentazione fotografica e ubicazione delle prove eseguite
- 2) La curva di dispersione sperimentale.
- 3) Il modello 1D di velocità delle onde di taglio (V_s)
- 4) La sovrapposizione tra la curva sperimentale e la curva teorica
- 5) Il calcolo del Parametro V_{seq} .

SISMICA MASW N.1



UBICAZIONE

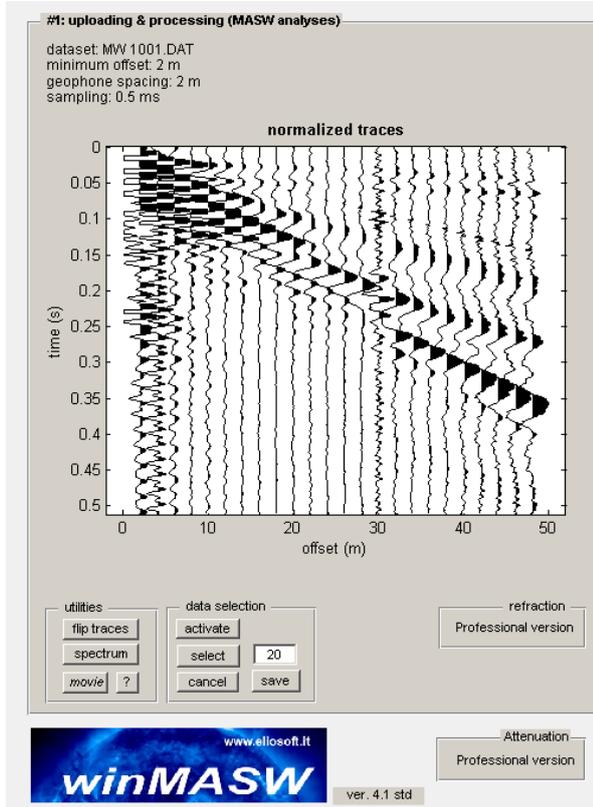


LEGENDA

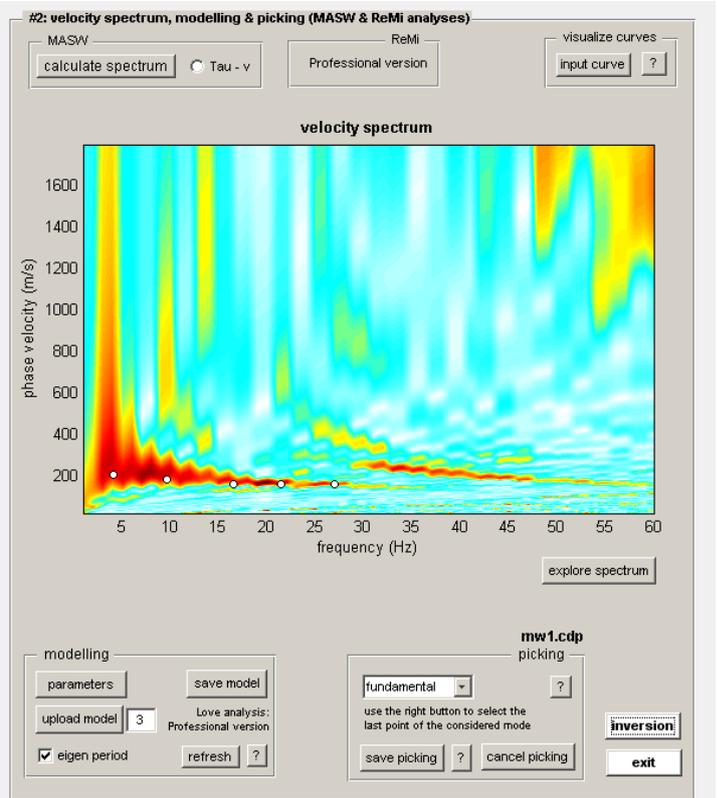


Prospezione Sismica MASW 1

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

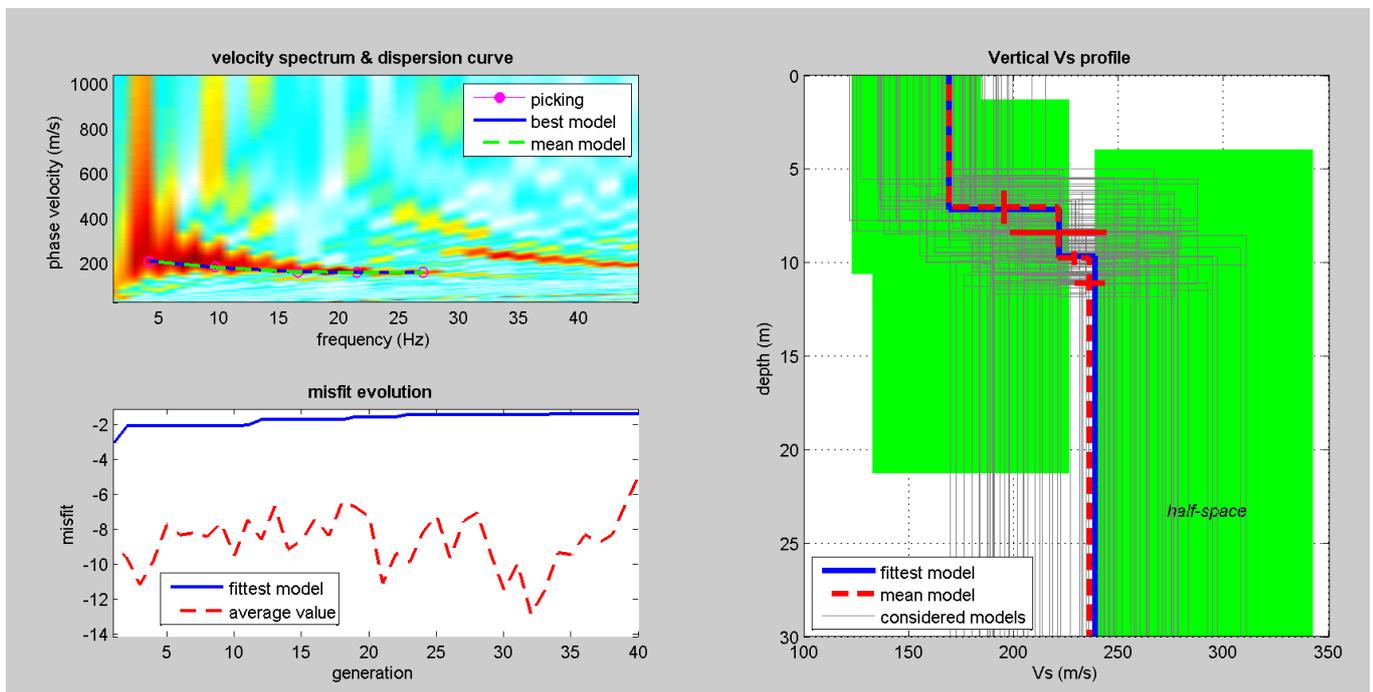


DIAGRAMMA Vs

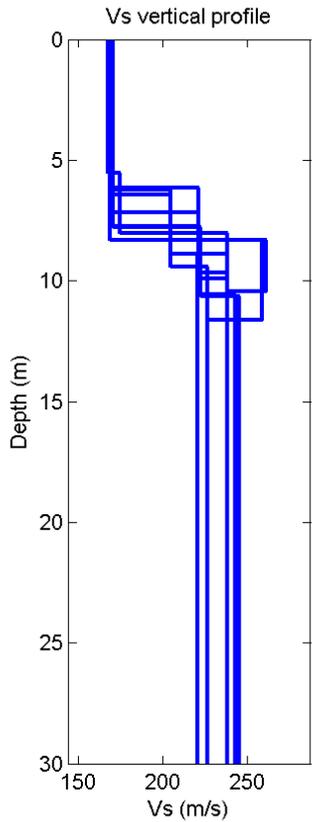
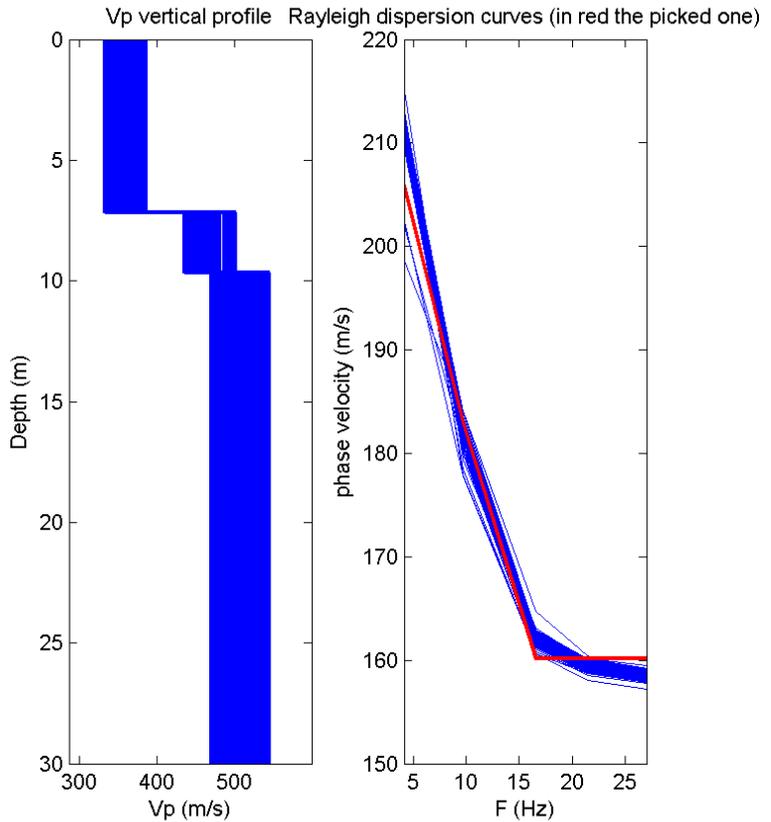


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

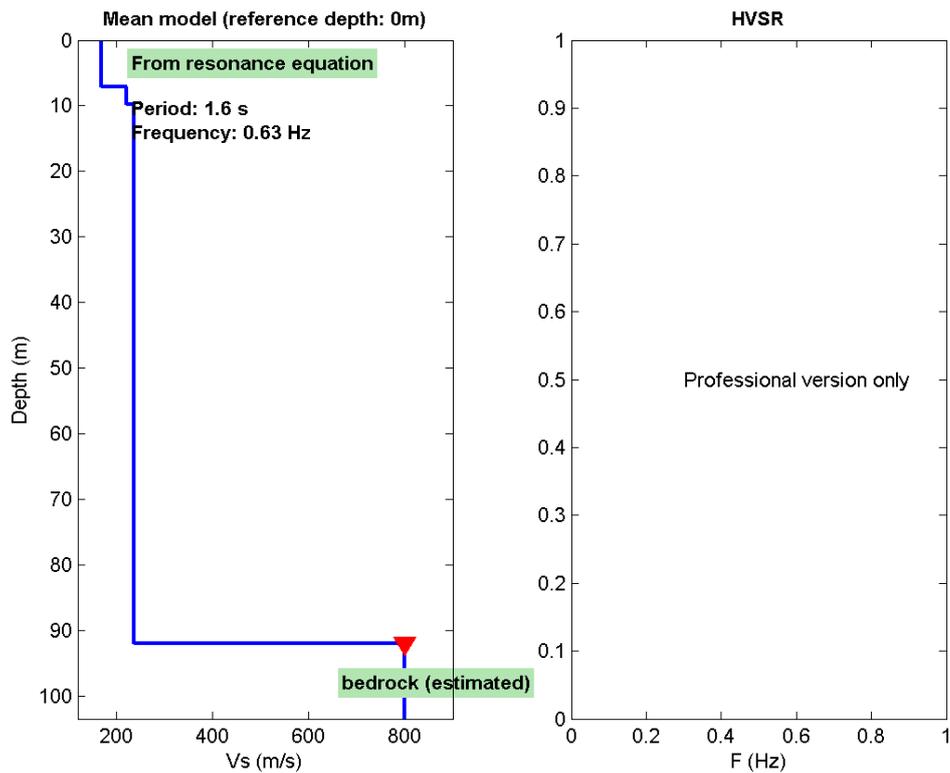


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 1						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
7,1	169	365	1,81	0.36	141	138
2,7	221	456	1,86	0.35	245	205
	236	487	1,88	0.35	282	236

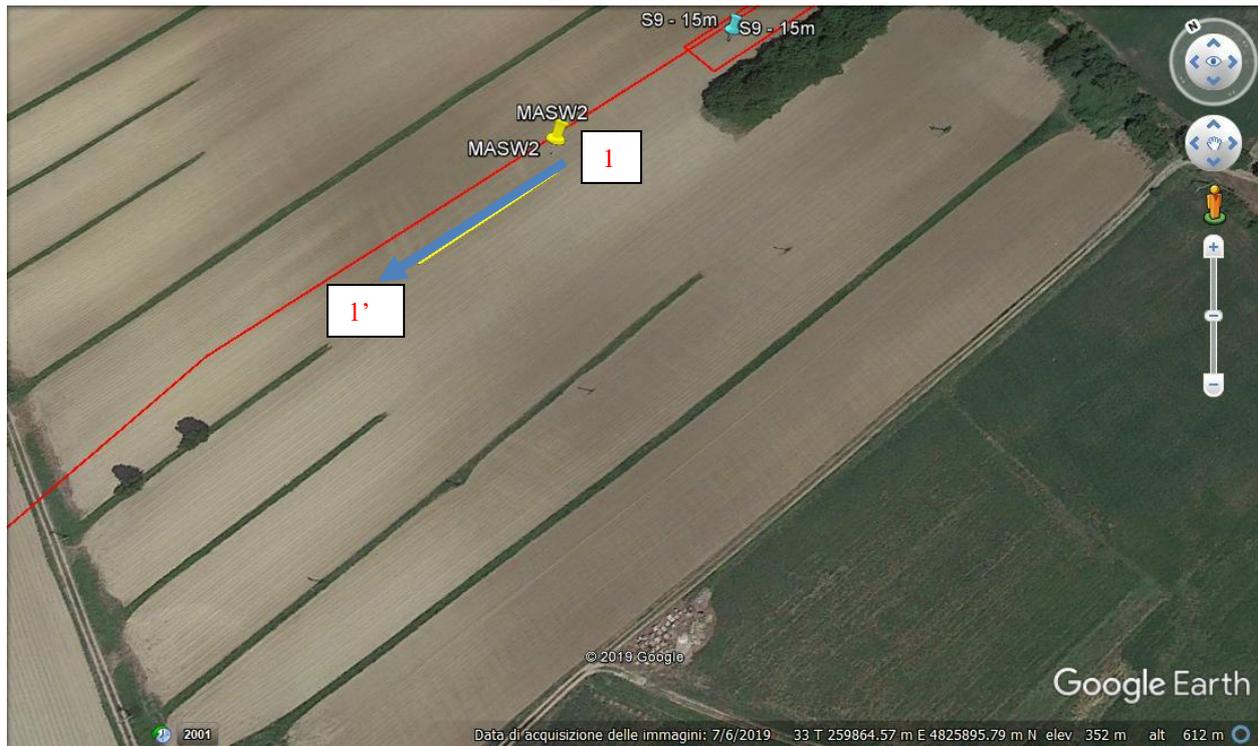
Vs Equivalente (m/s): 214,56

Categoria Suolo Tipo: C

SISMICA MASW N.2



UBICAZIONE

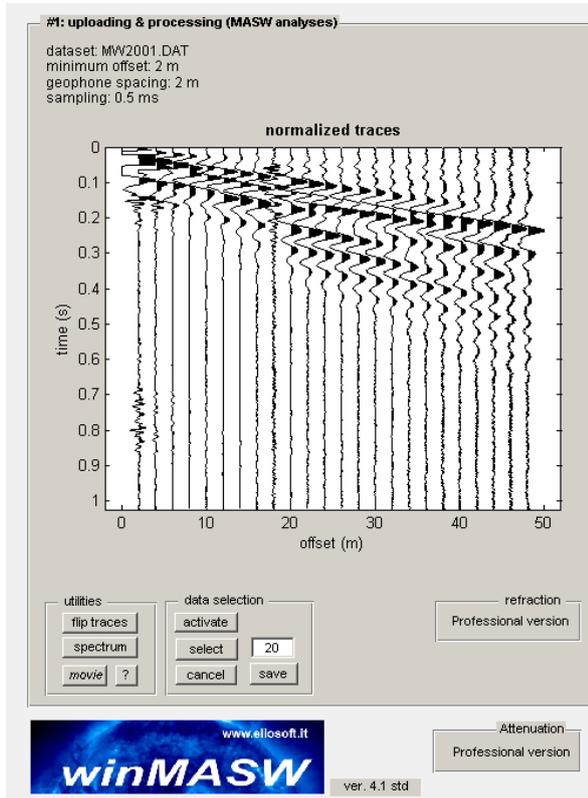


LEGENDA

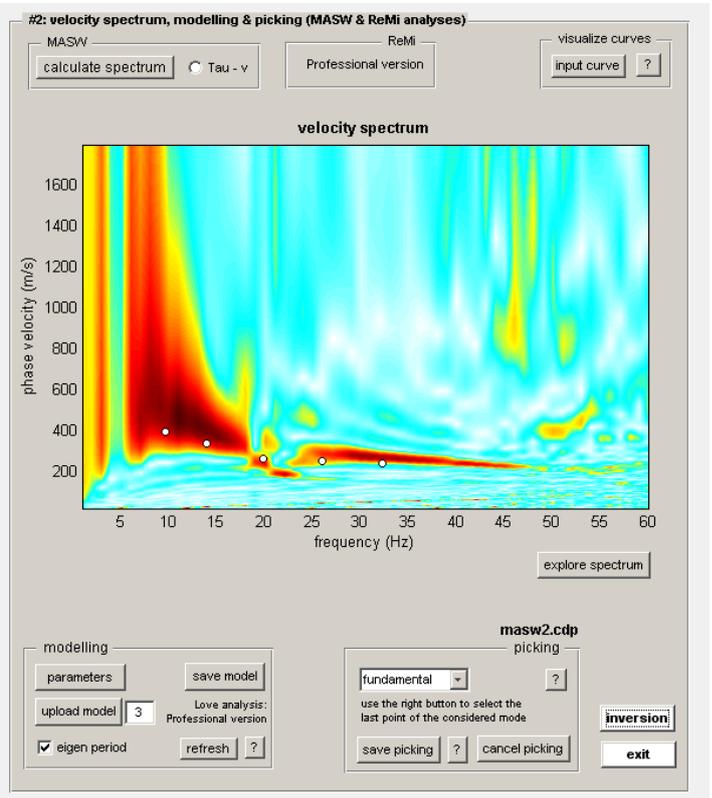


Prospezione Sismica MASW 2

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

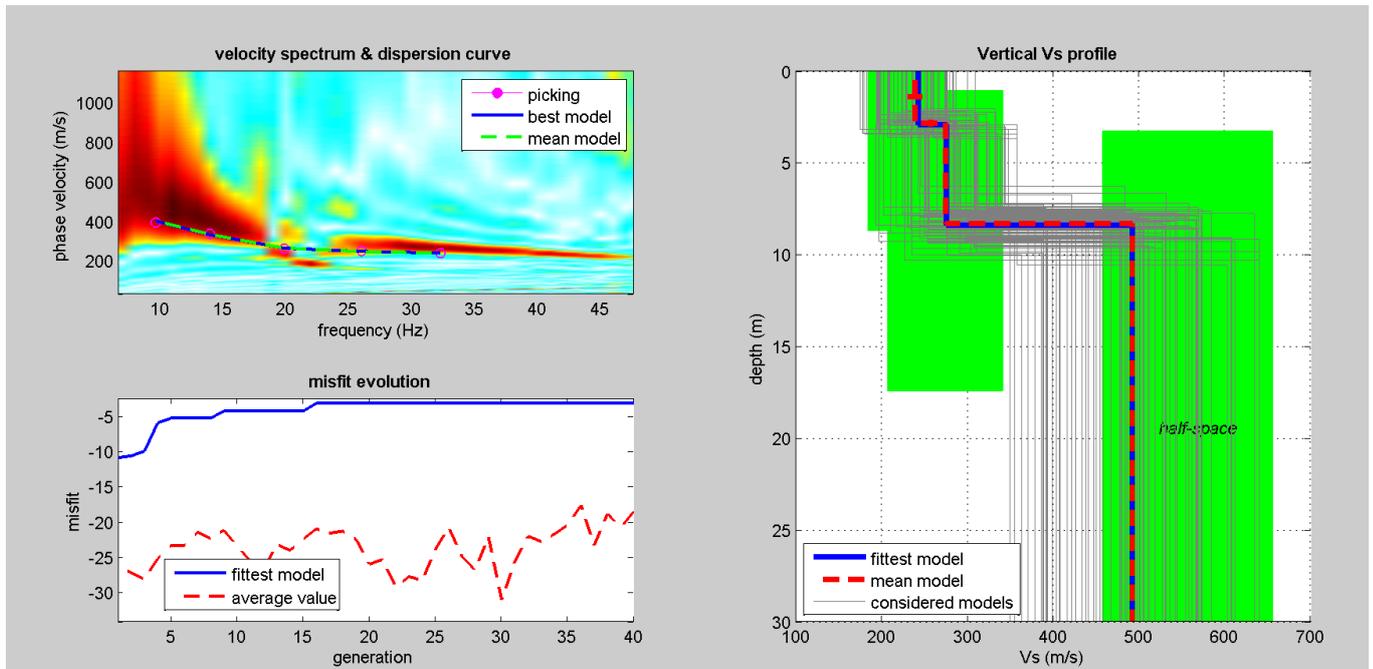


DIAGRAMMA Vs

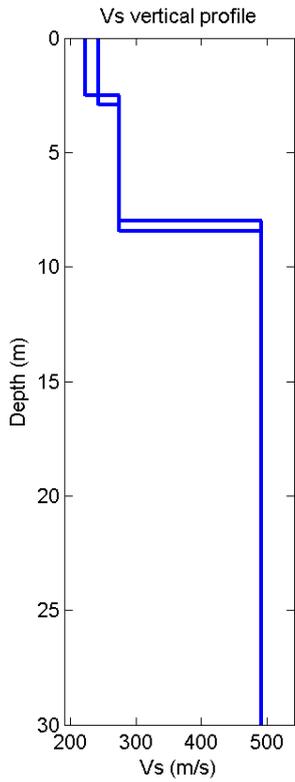
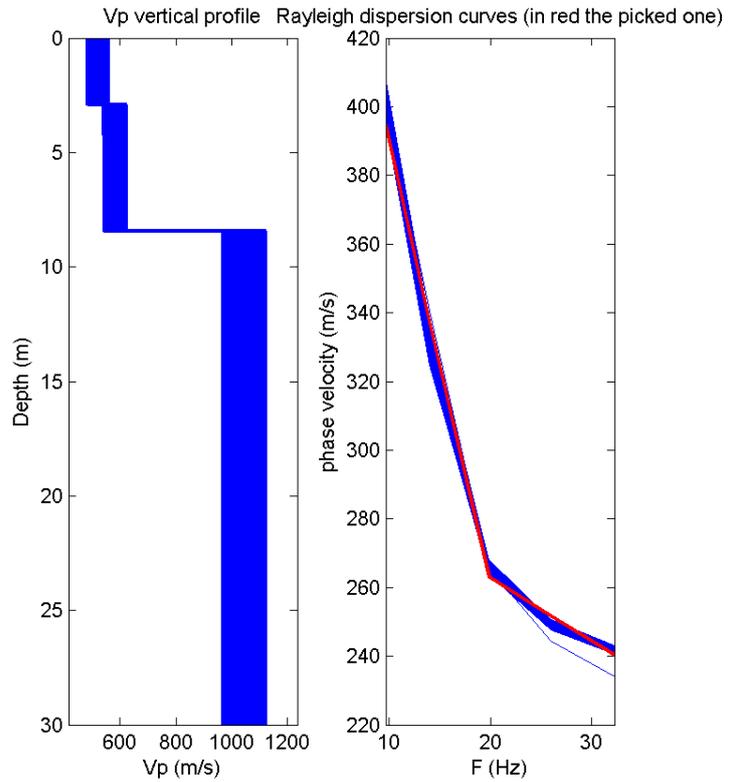


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

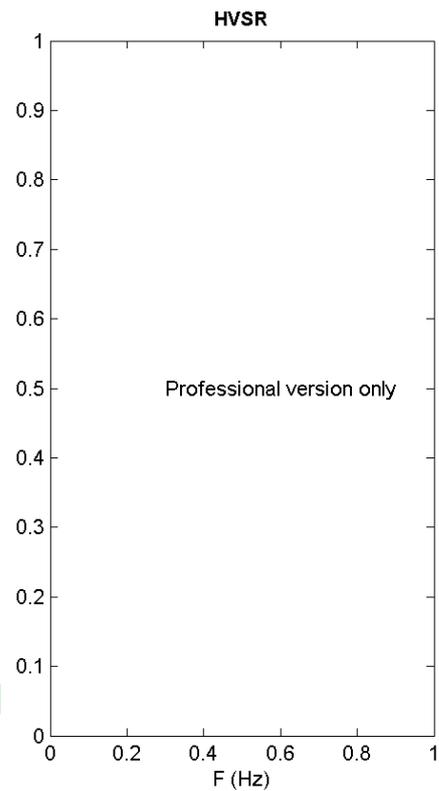
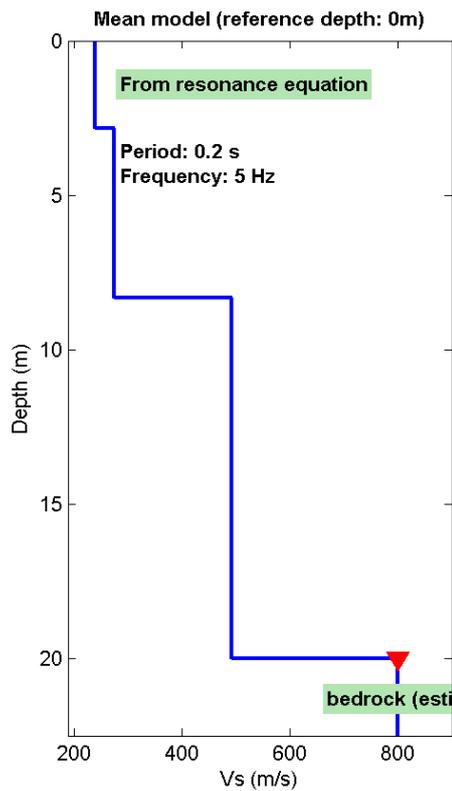


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 2						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,8	239	524	1,90	0.37	297	304
5,5	275	594	1,93	0.36	398	389
	492	1007	2,06	0.34	1337	1089

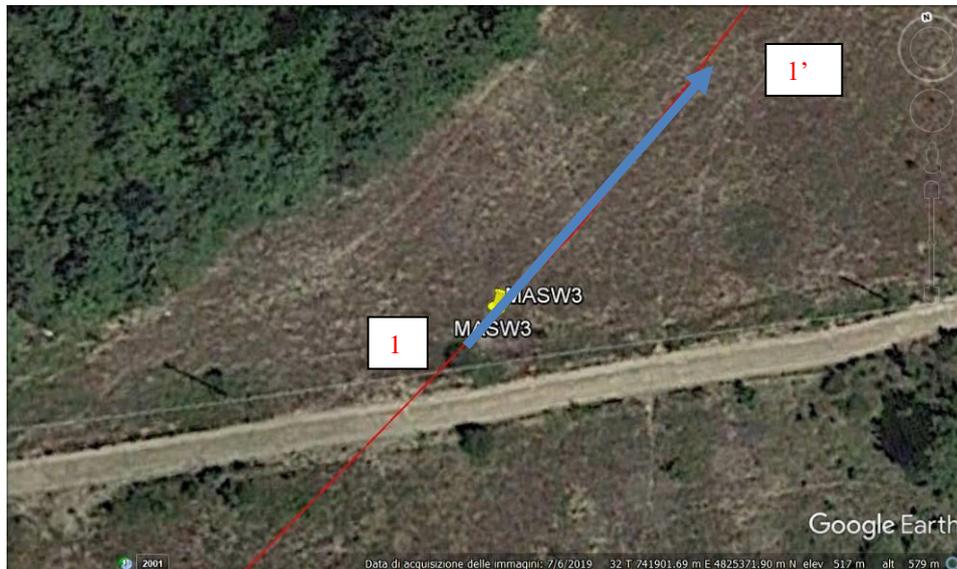
Vs Equivalente (m/s): 395,67

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.3



UBICAZIONE



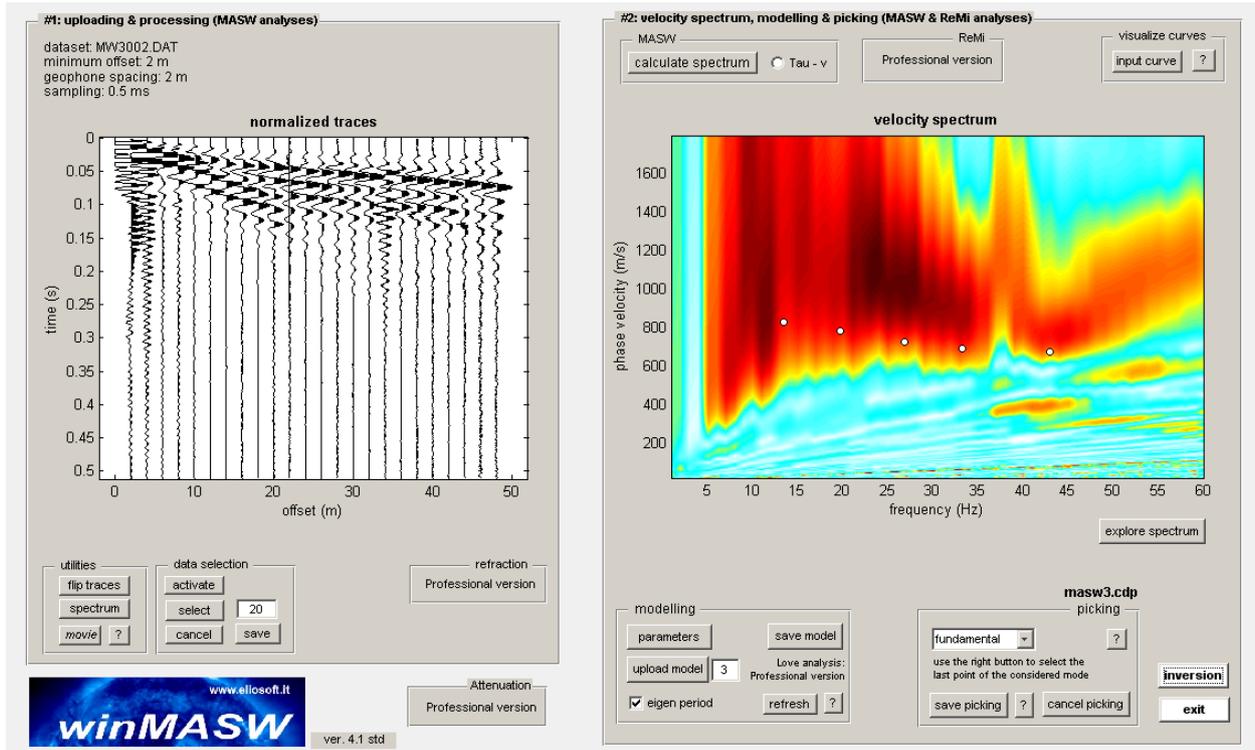
LEGENDA

1 → **1''**
SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 3

SISMOGRAMMA

SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

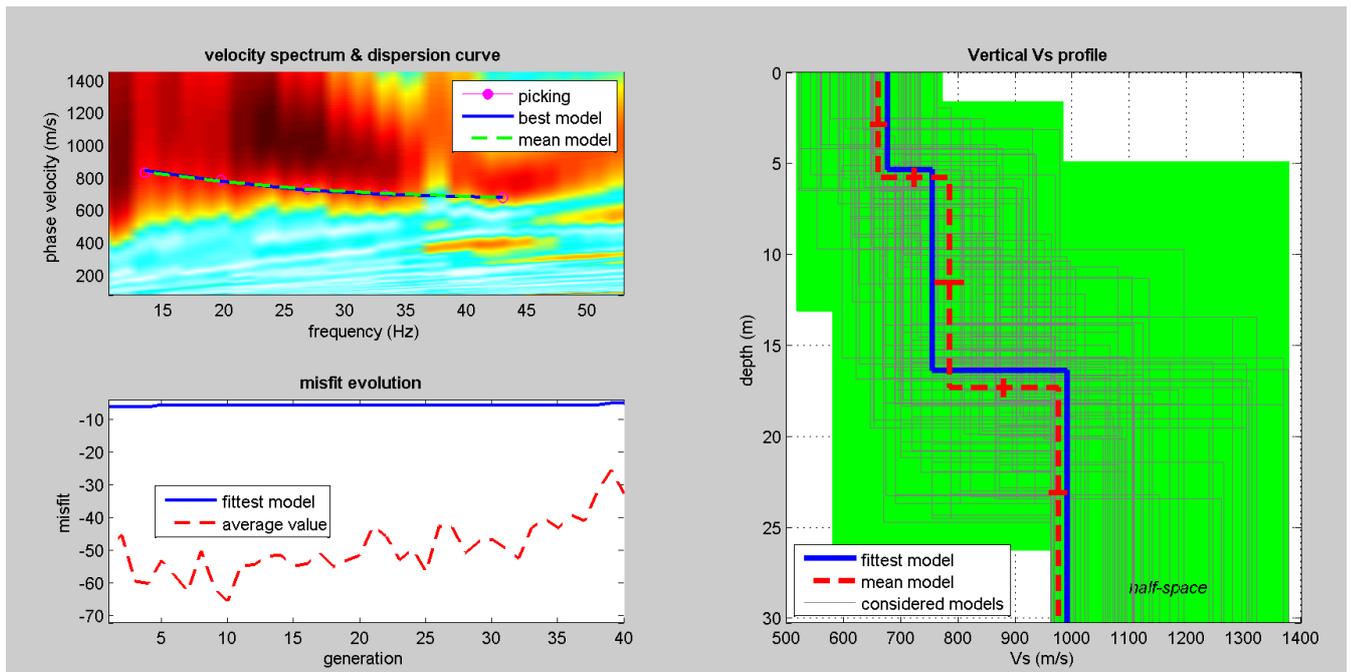
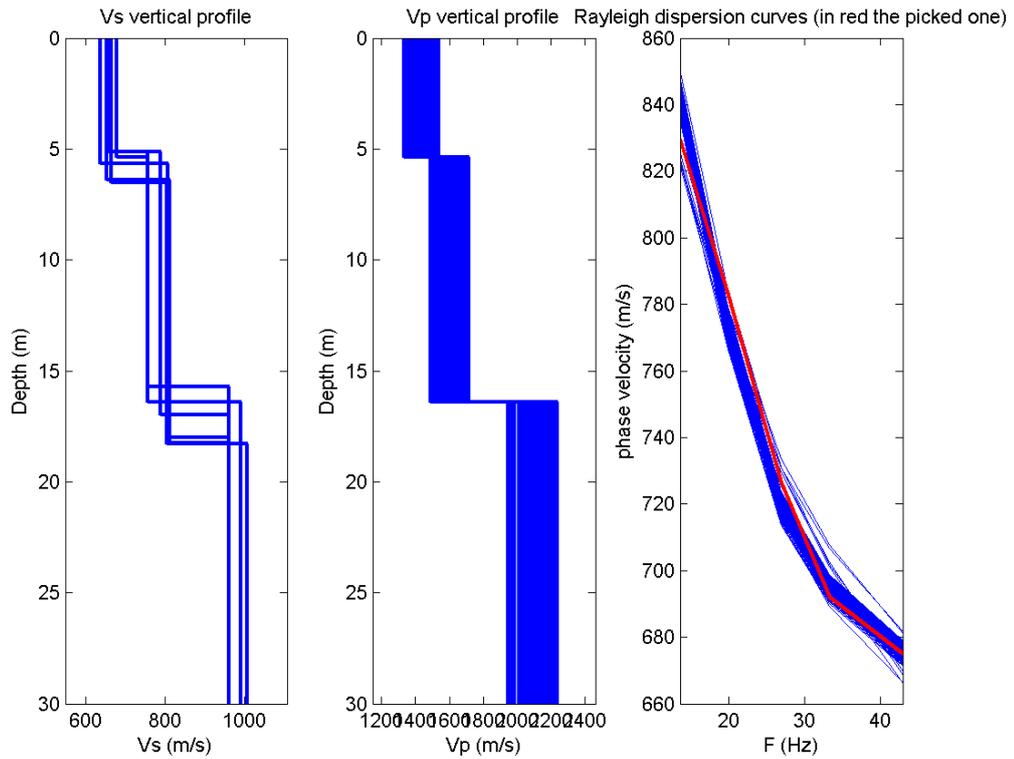


DIAGRAMMA Vs

DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

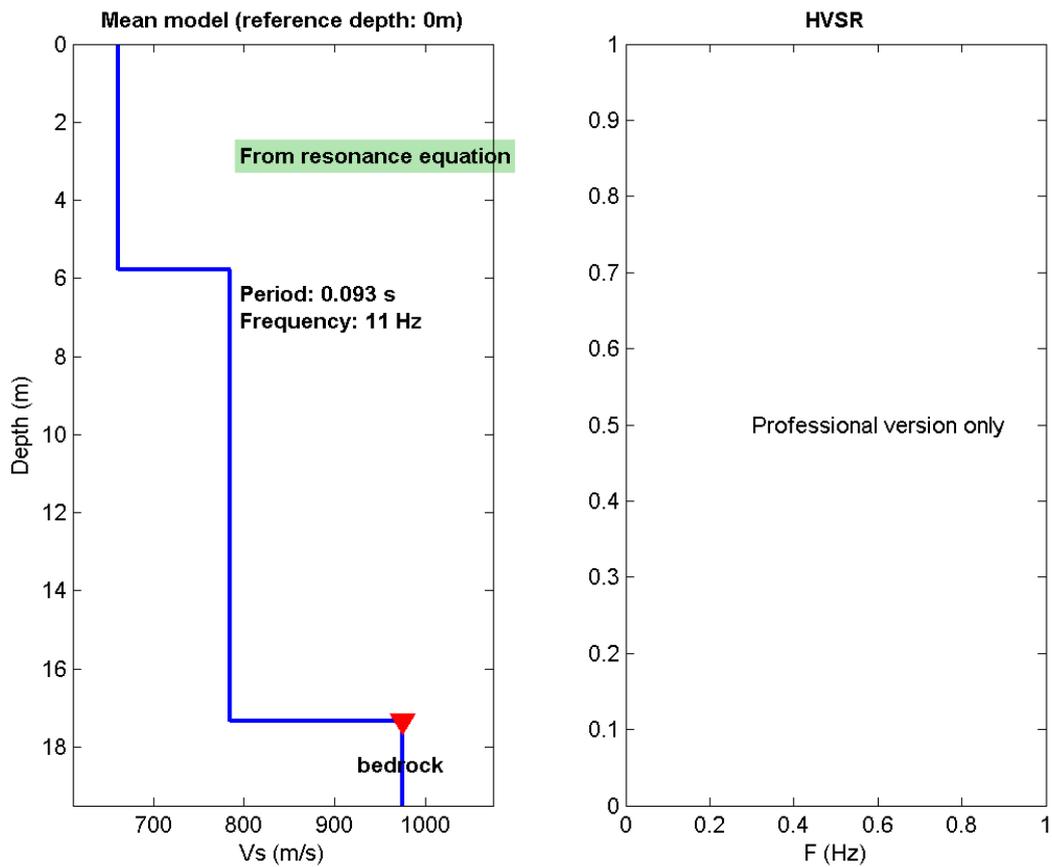


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 3						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
5,8	661	1451	2,14	0.37	2565	2641
11,6	785	1597	2,17	0.34	3747	2857
	975	2053	2,23	0.35	6569	5157

Vs Equivalente (m/s): 738,80

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.4



UBICAZIONE

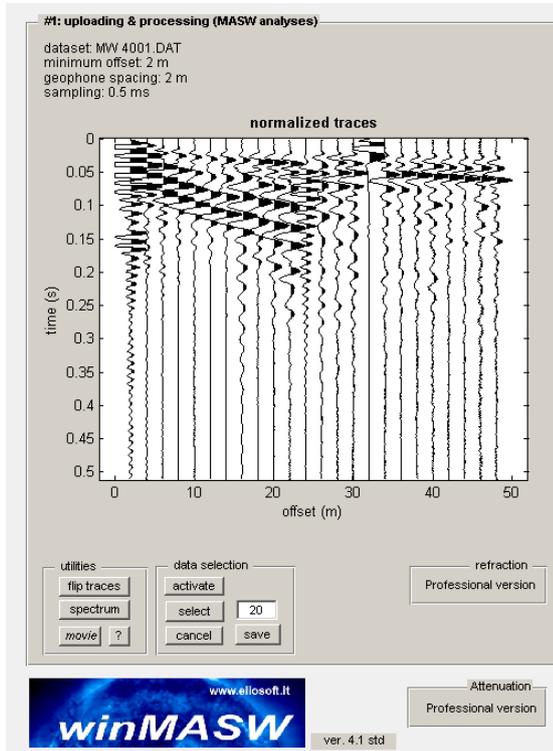


LEGENDA

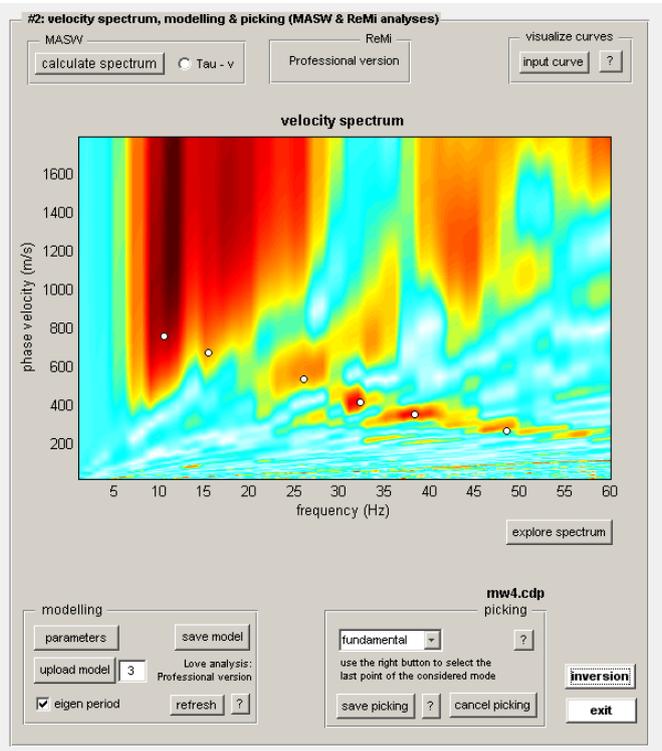
1 → **1'**
SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 4

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

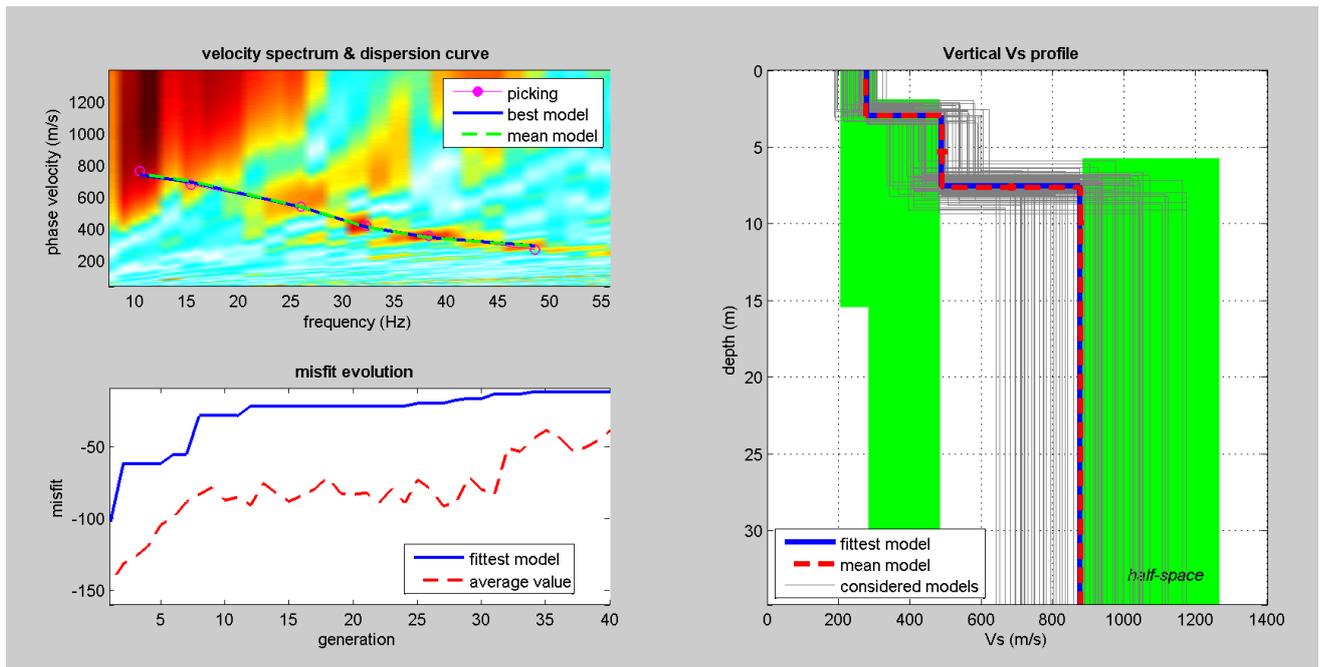
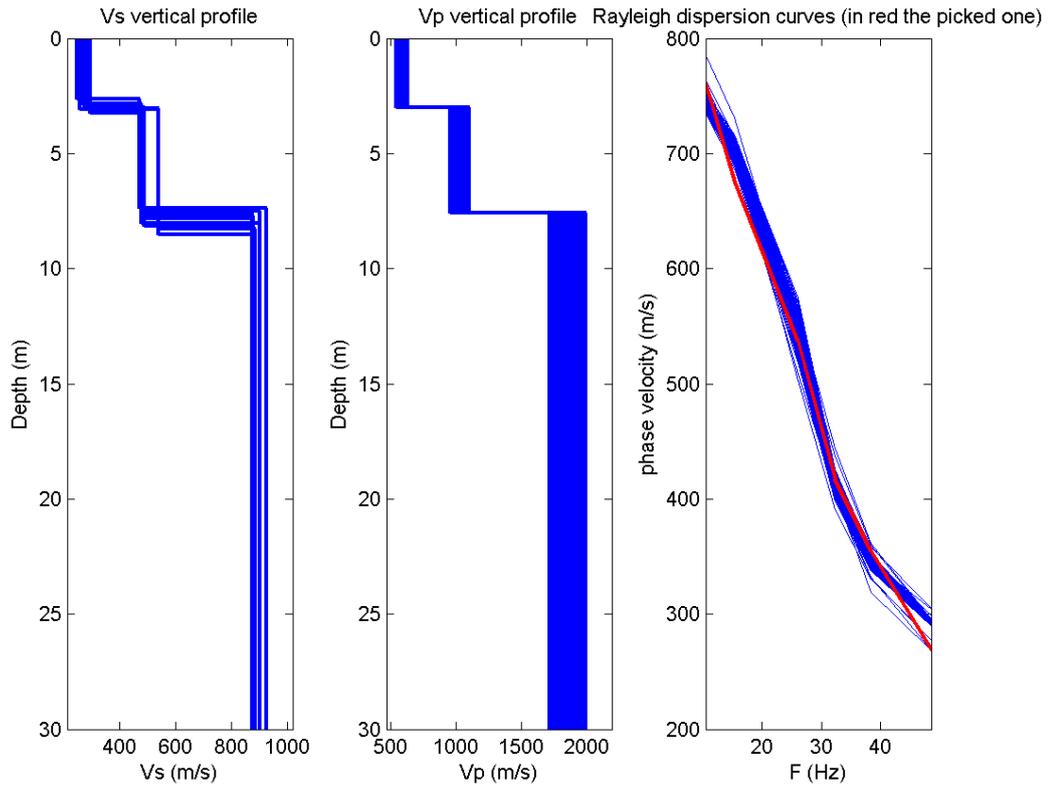


DIAGRAMMA Vs

DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

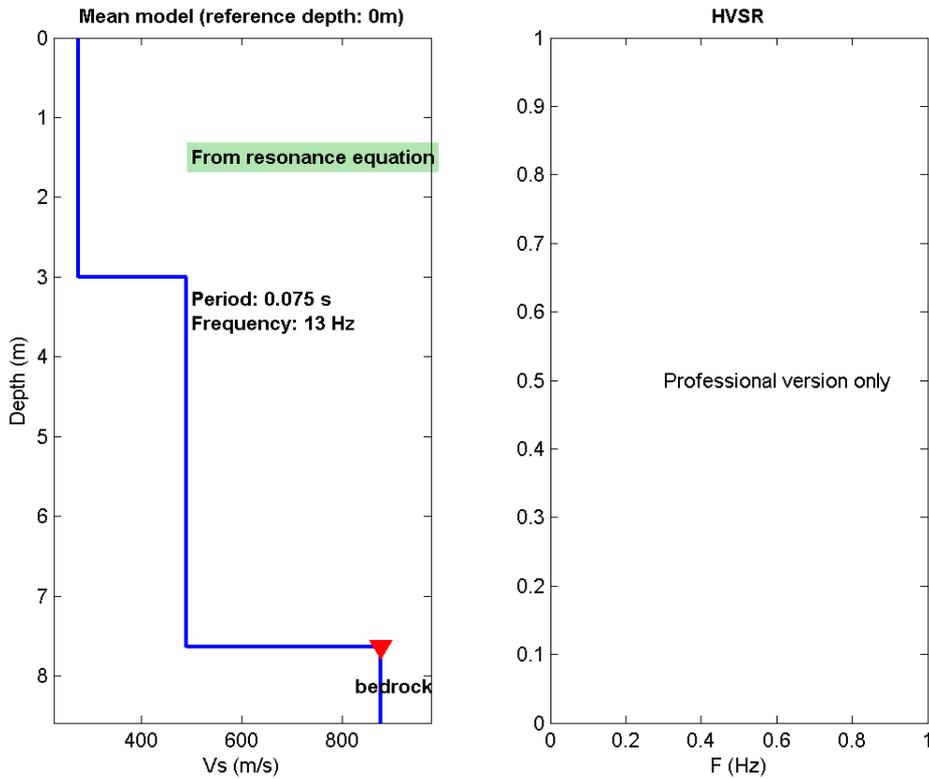


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 4						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
3,0	275	585	1,92	0,36	395	367
4,6	489	983	2,05	0,34	1309	1000
	876	1852	2,20	0,36	4586	4176

Vs Equivalente (m/s): 374,09

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.5



UBICAZIONE

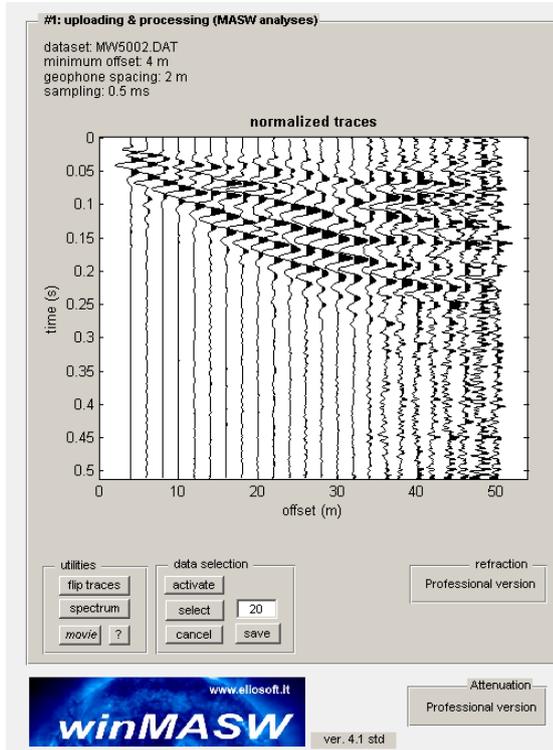


LEGENDA

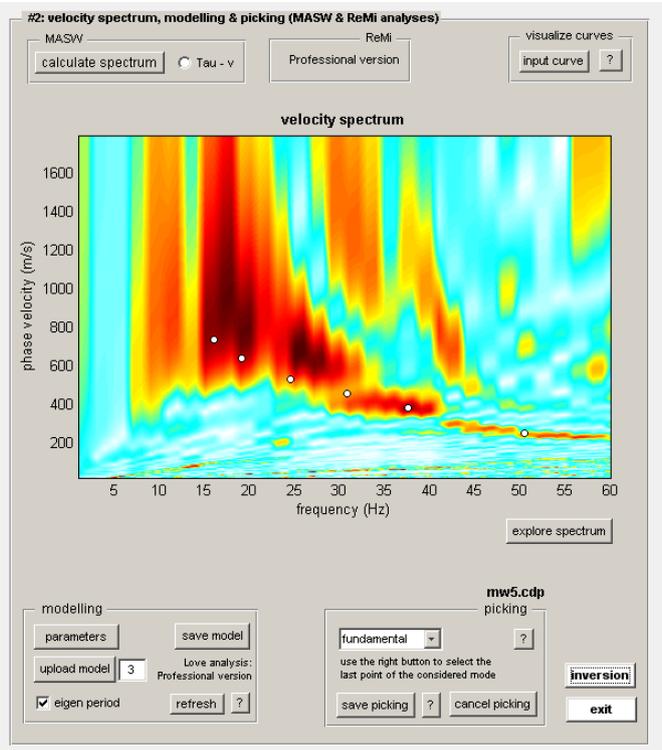


Prospezione Sismica MASW 5

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

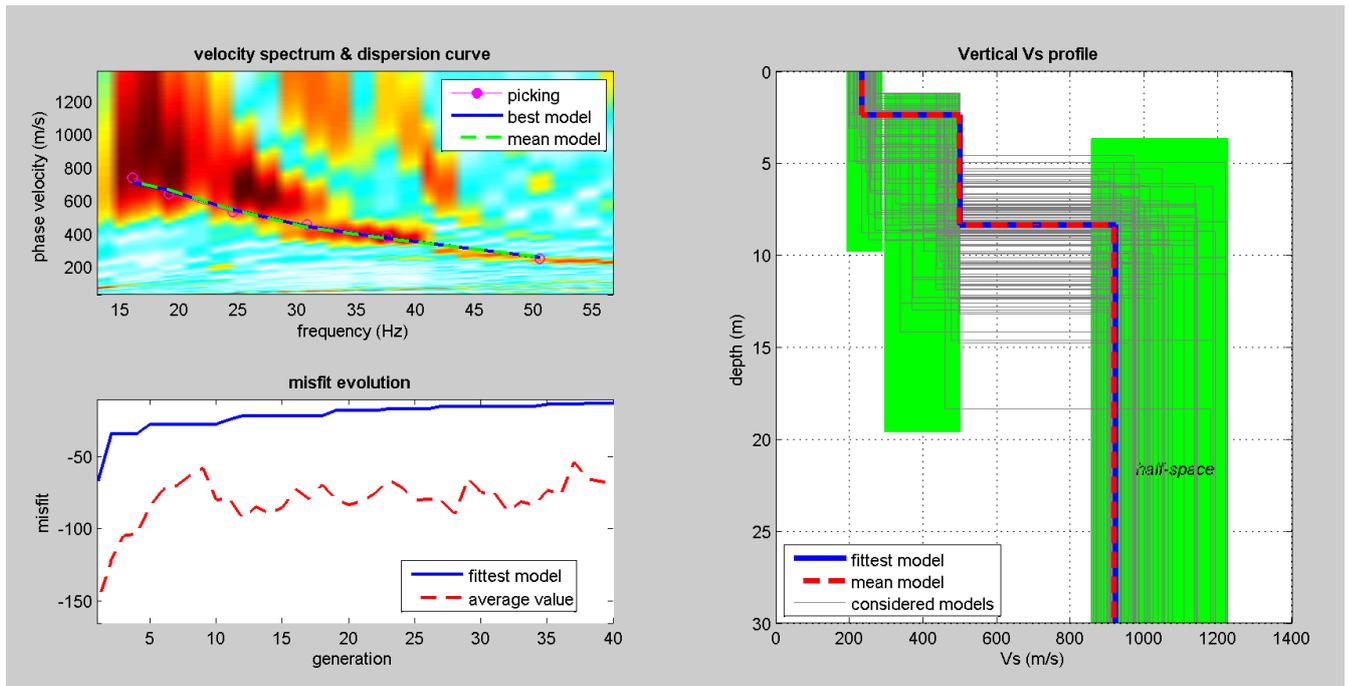
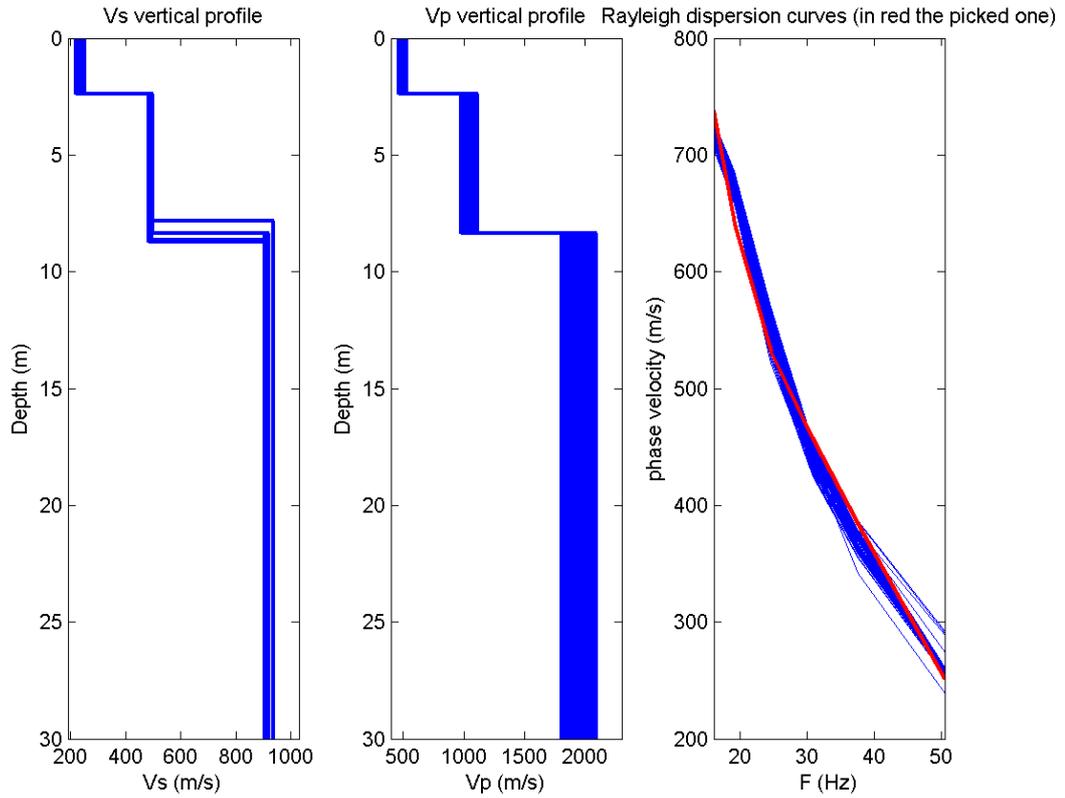


DIAGRAMMA Vs

DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

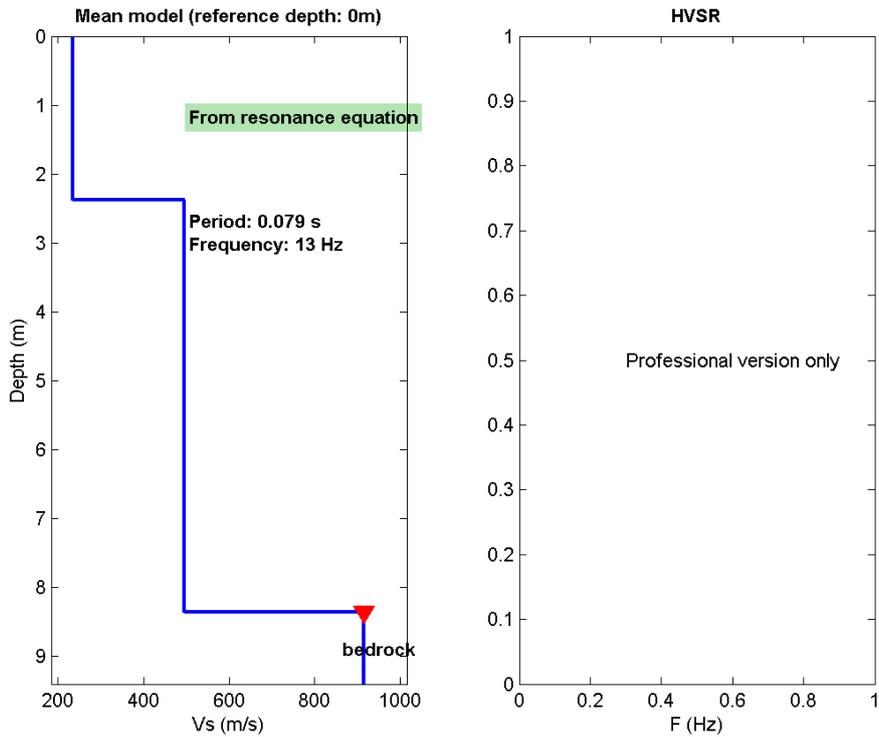


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 5						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,4	234	519	1,90	0,37	285	303
6,0	496	997	2,05	0,34	1349	1031
	916	1949	2,22	0,36	5051	4699

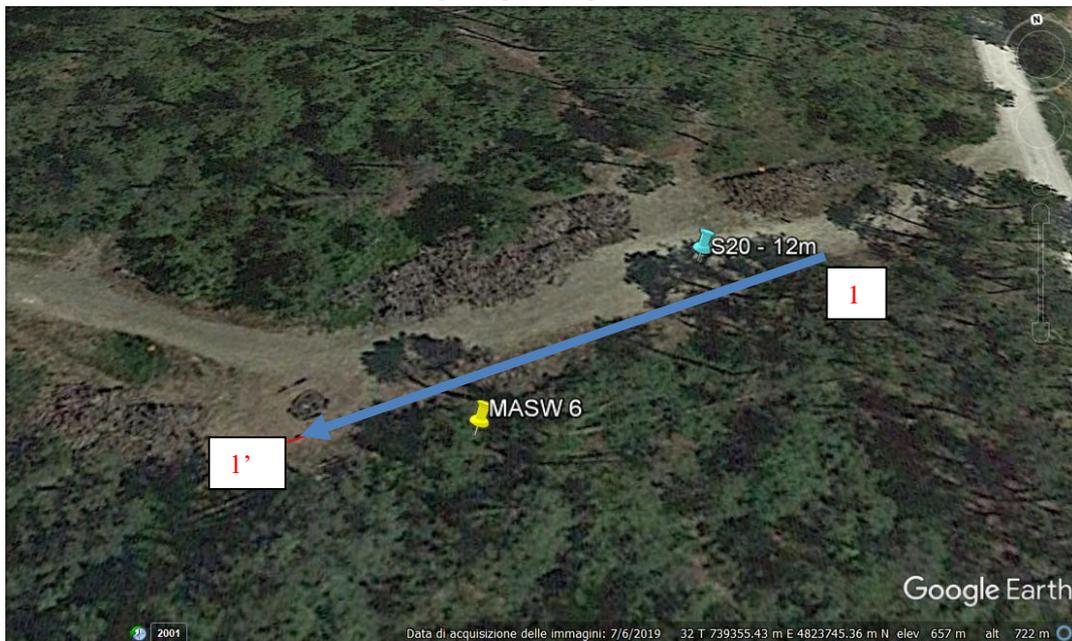
Vs Equivalente (m/s): 375,79

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.6



UBICAZIONE

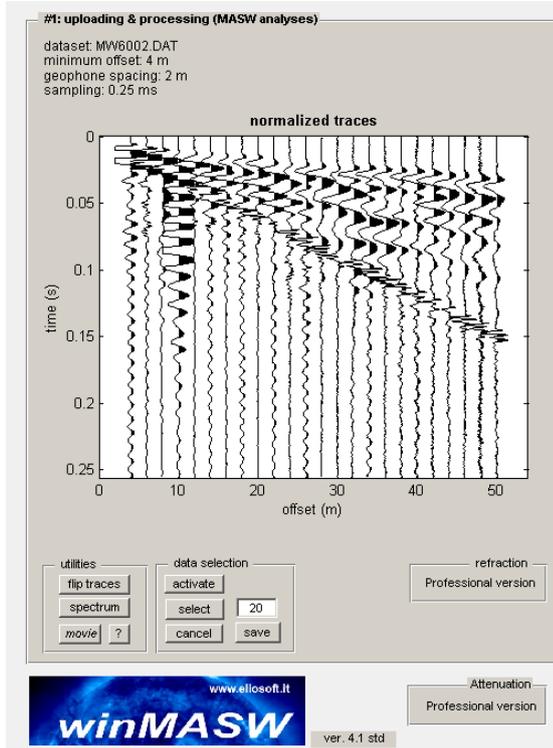


LEGENDA

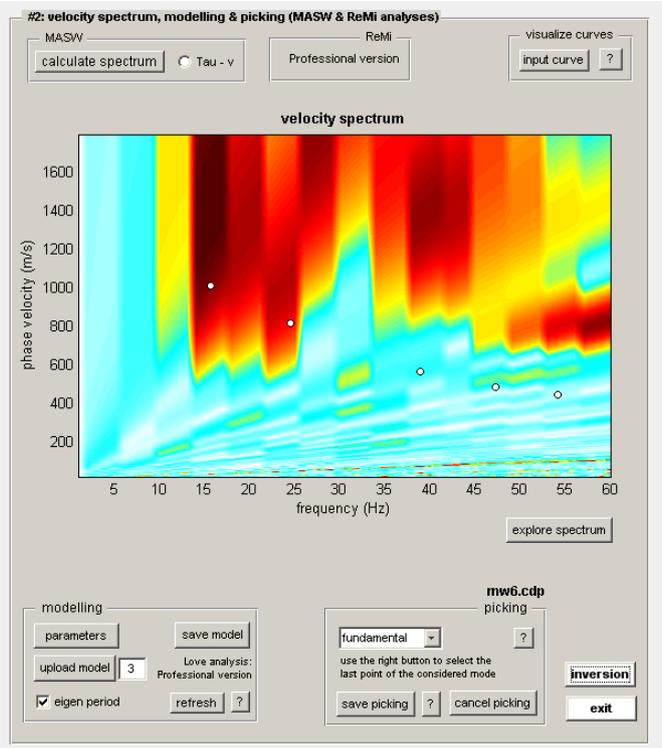
1  **1'**
SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 6

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

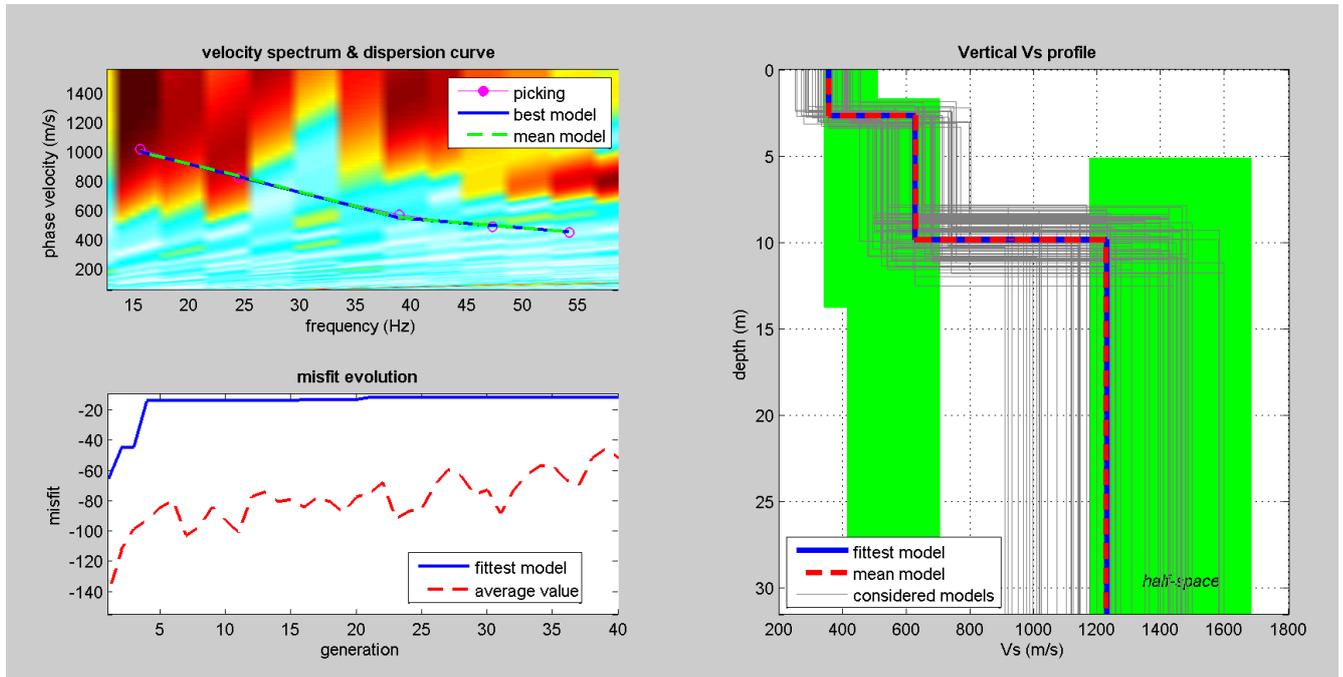


DIAGRAMMA Vs

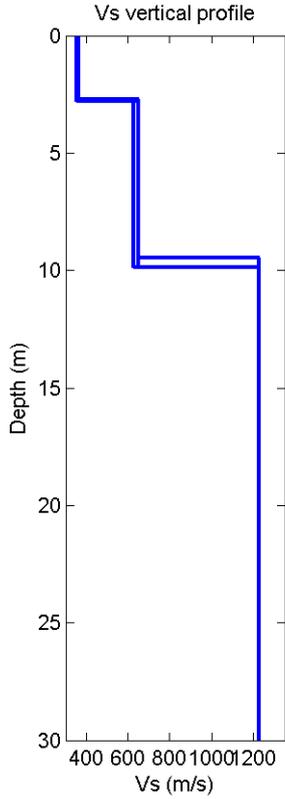
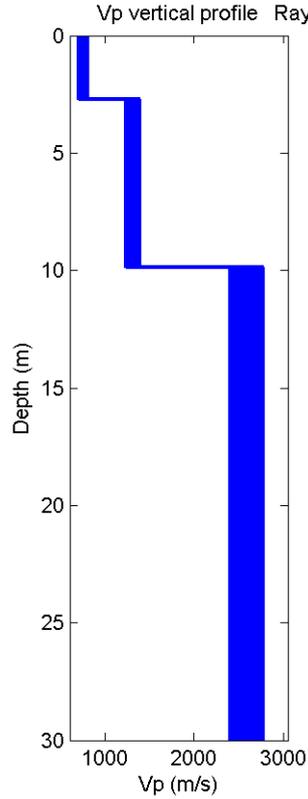
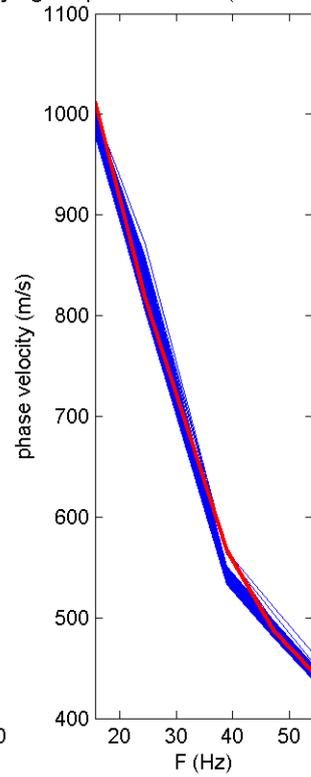


DIAGRAMMA Vp



Rayleigh dispersion curves (in red the picked one)



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

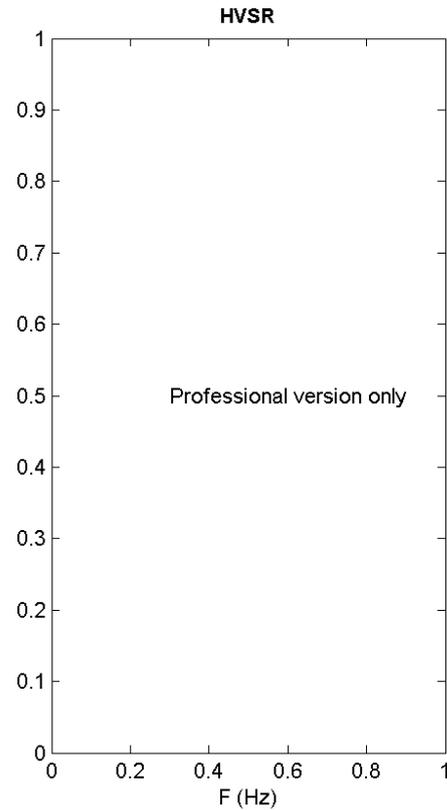
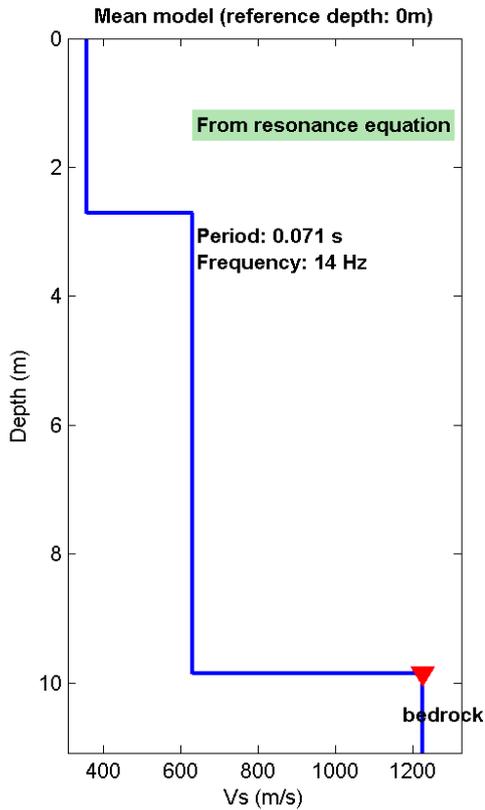


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 6						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,7	358	794	2,00	0,37	703	747
7,1	630	1278	2,11	0,34	2333	1774
	1226	2624	2,29	0,36	11172	8879

Vs Equivalente (m/s): 520,96

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.7



UBICAZIONE

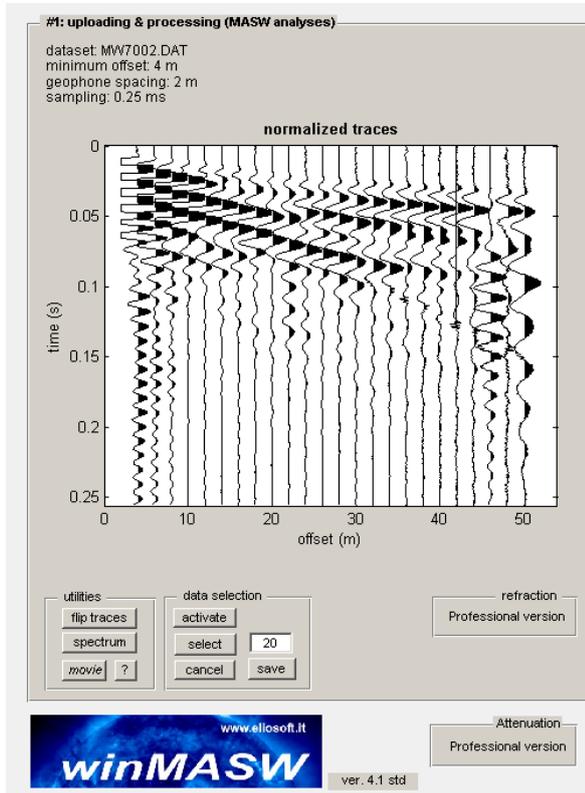


LEGENDA

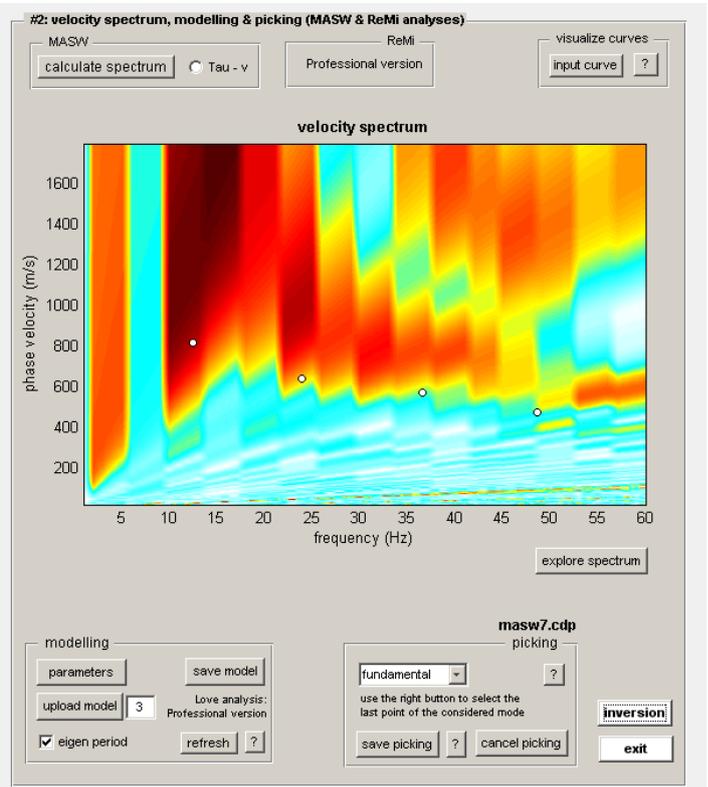


Prospezione Sismica MASW 7

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

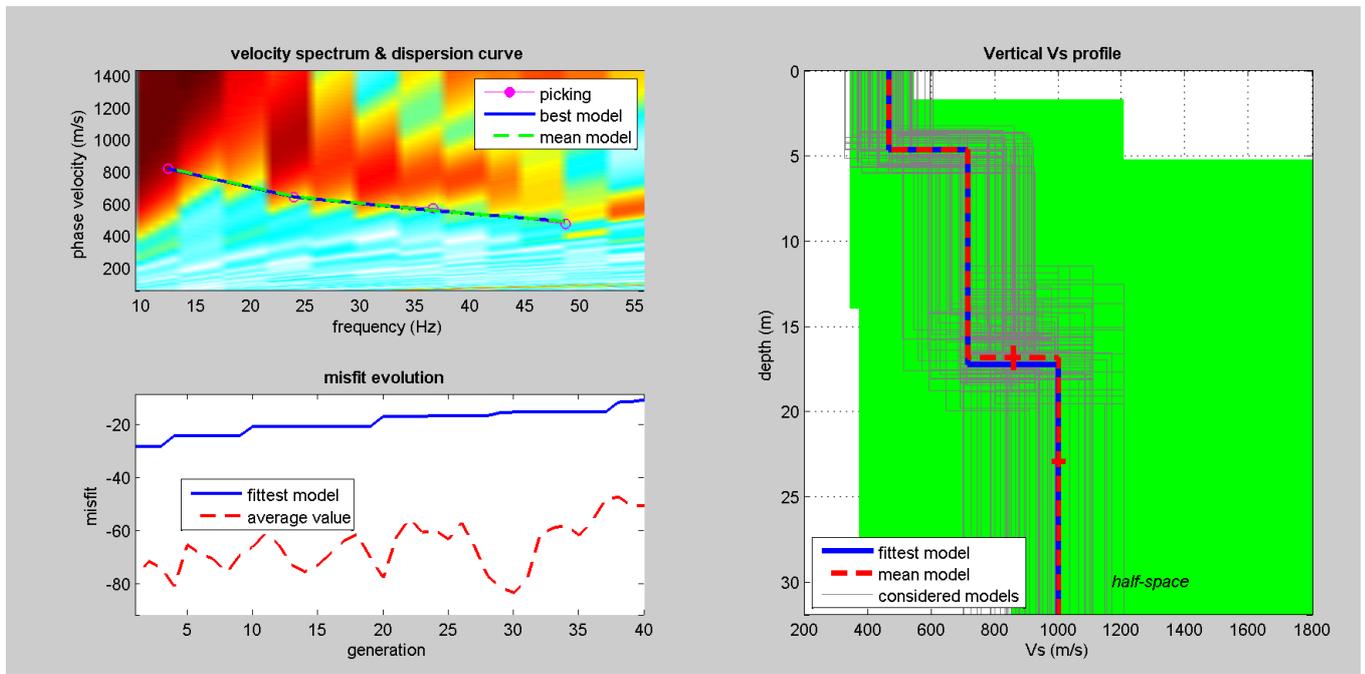


DIAGRAMMA Vs

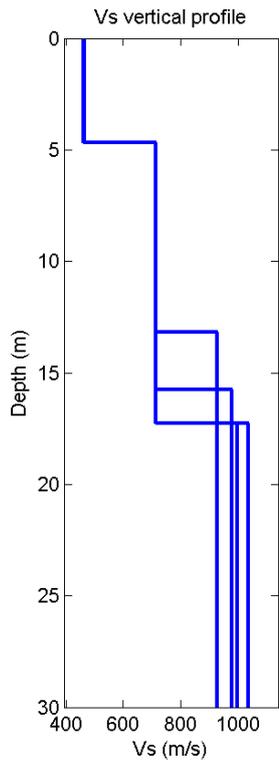
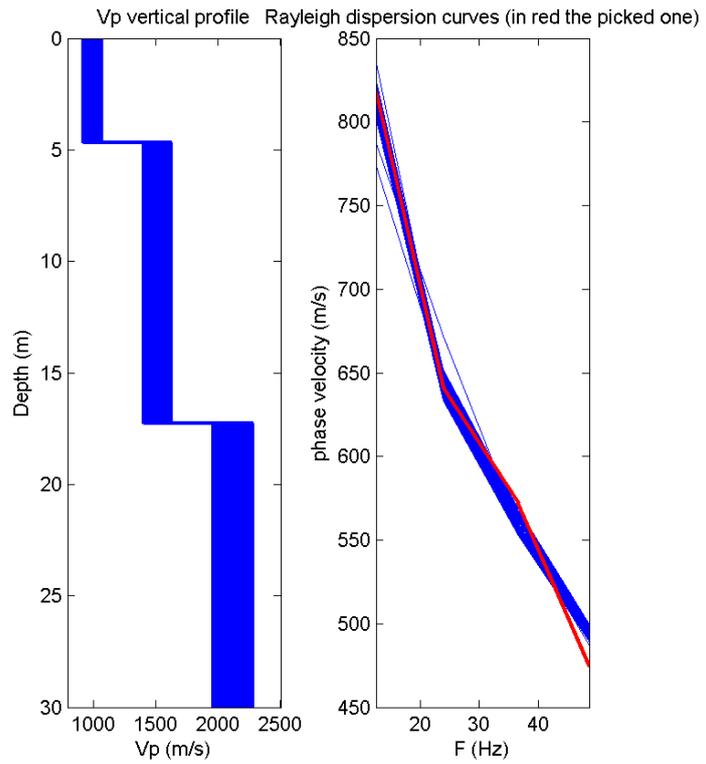


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

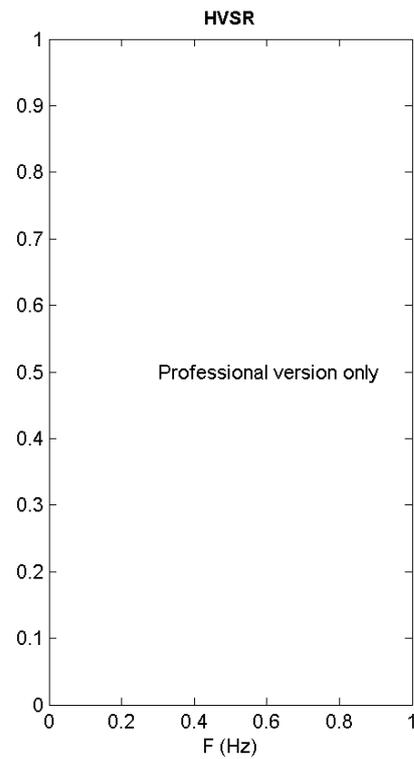
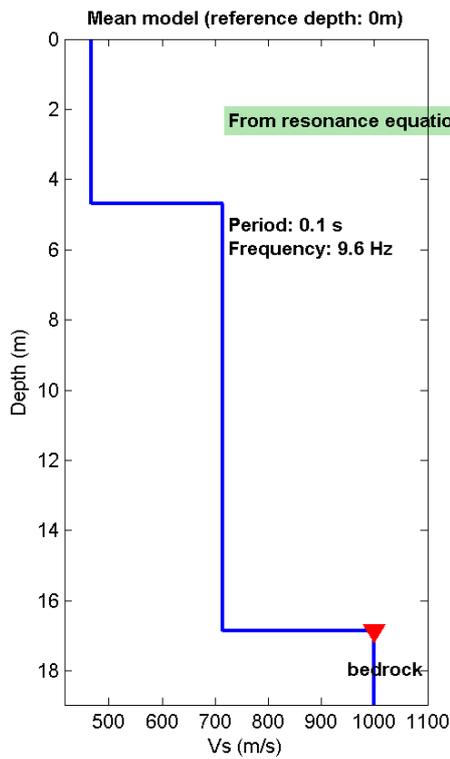


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 7						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
4,7	466	941	2,04	0,34	1185	920
12,2	714	1565	2,16	0,37	3018	3092
	1000	2117	2,24	0,36	6067	5550

Vs Equivalente (m/s): 621,95

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.08



UBICAZIONE



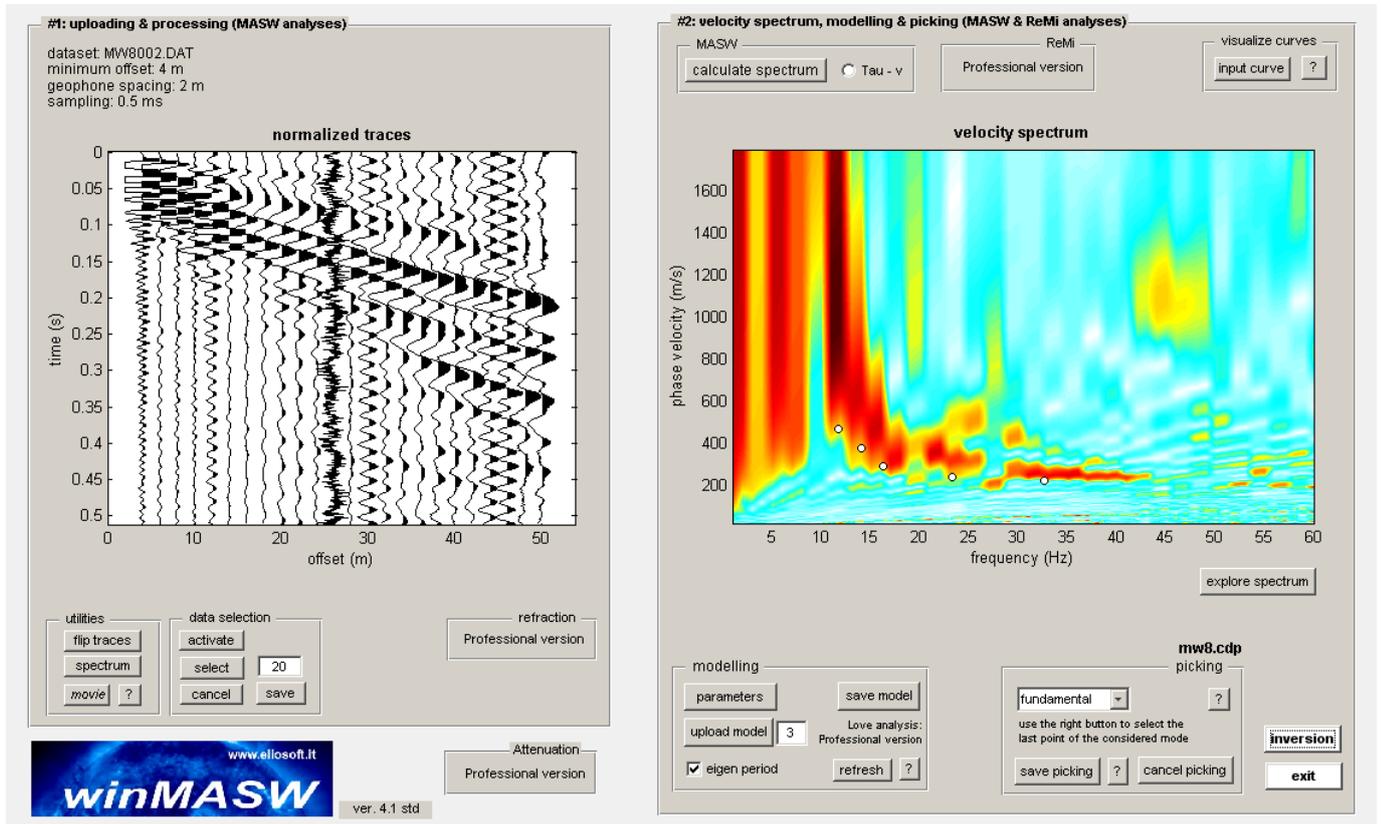
LEGENDA

1 → **1'**
SISMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 08

SISMOGRAMMA

SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

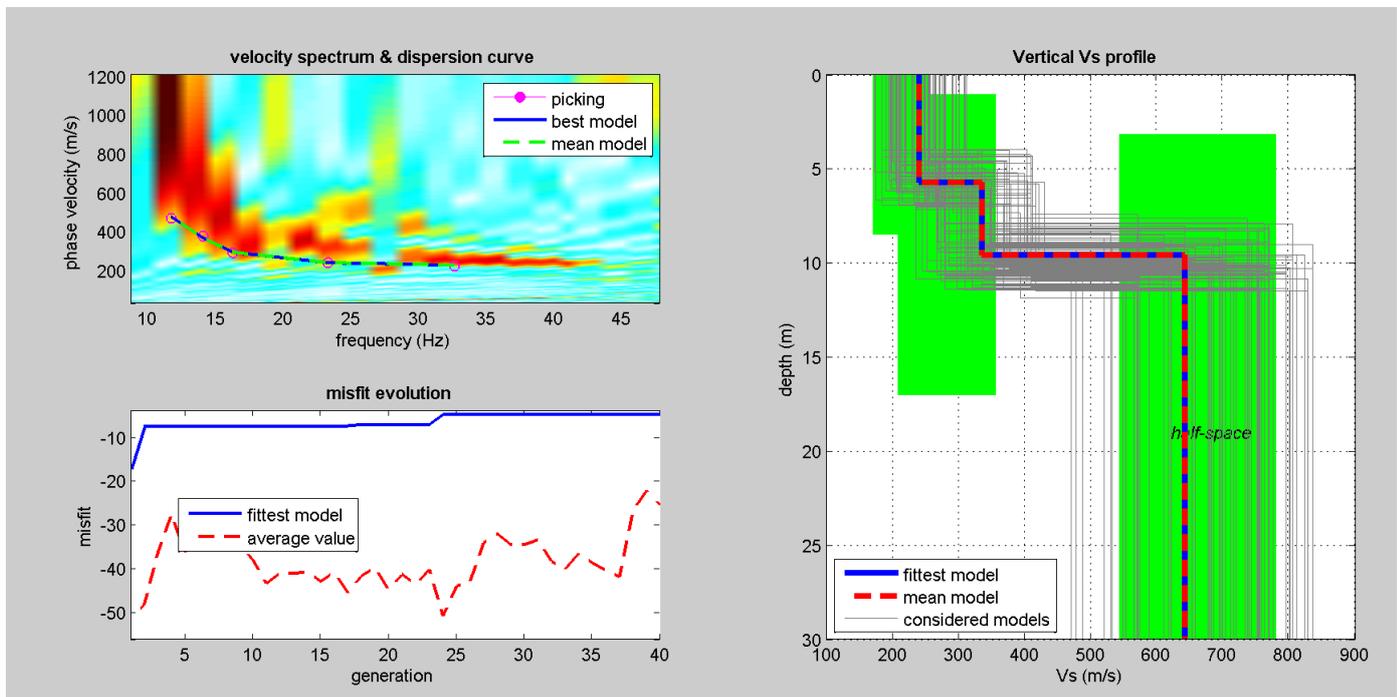
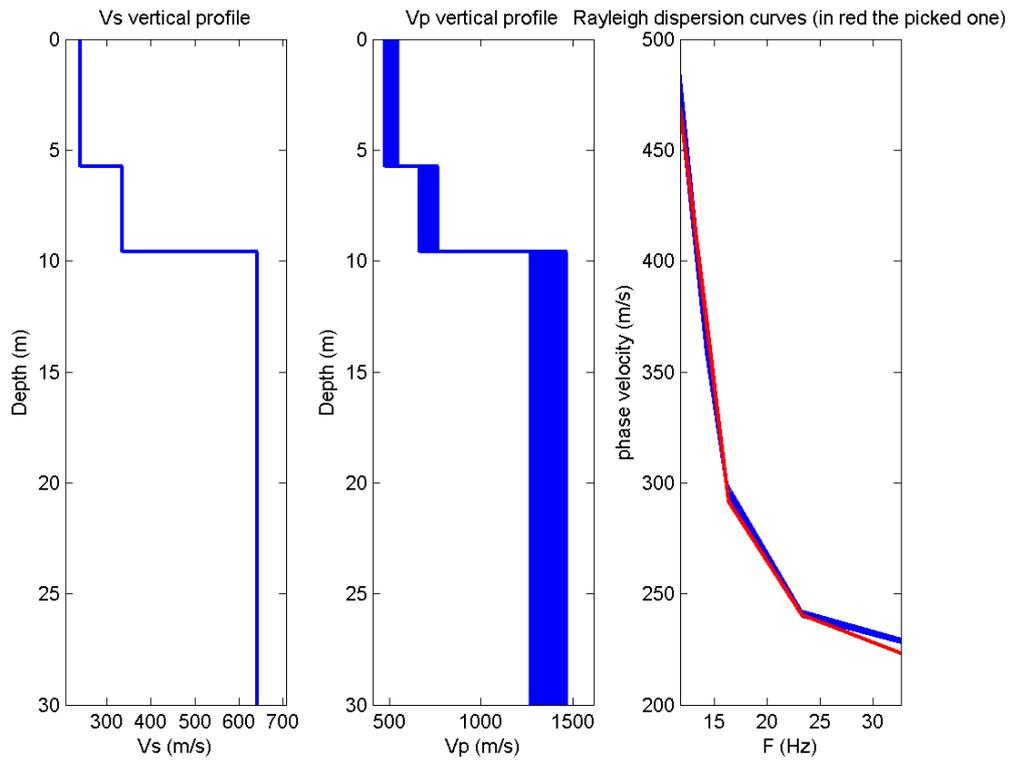


DIAGRAMMA Vs

DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

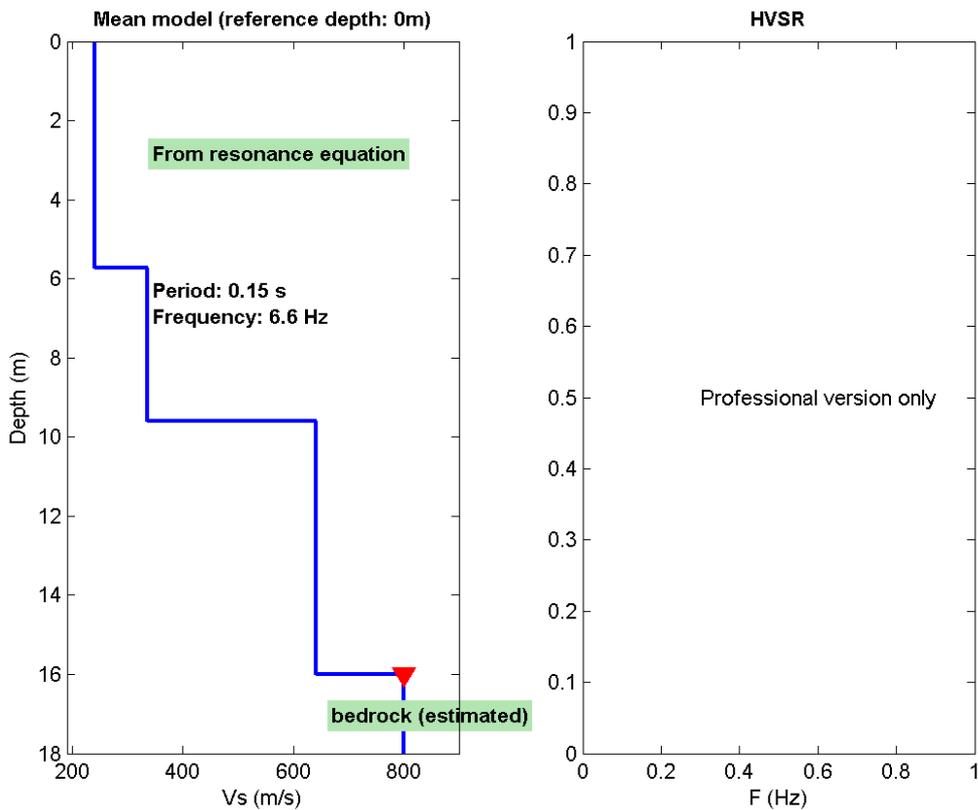


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 08						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
5,7	240	506	1,89	0,35	295	266
3,9	335	721	1,97	0,36	604	583
	642	1350	2,13	0,35	2374	2123

Vs Equivalente (m/s): 446,64

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.09



UBICAZIONE

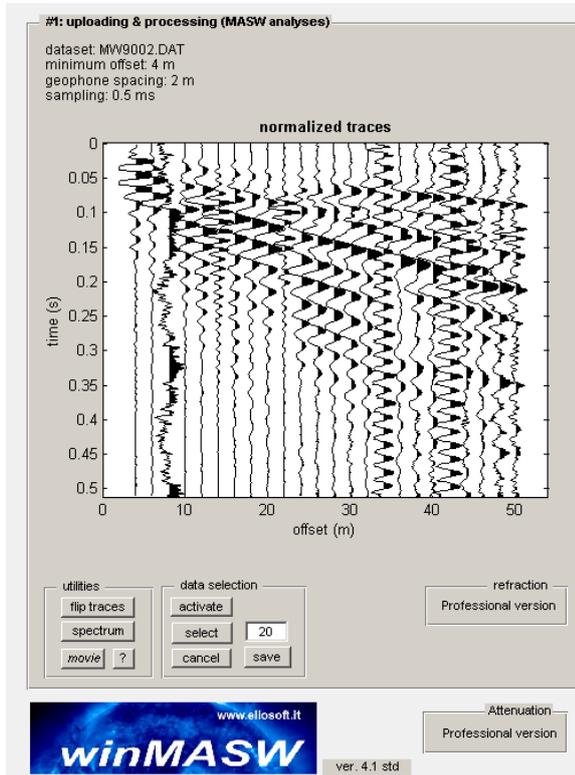


LEGENDA

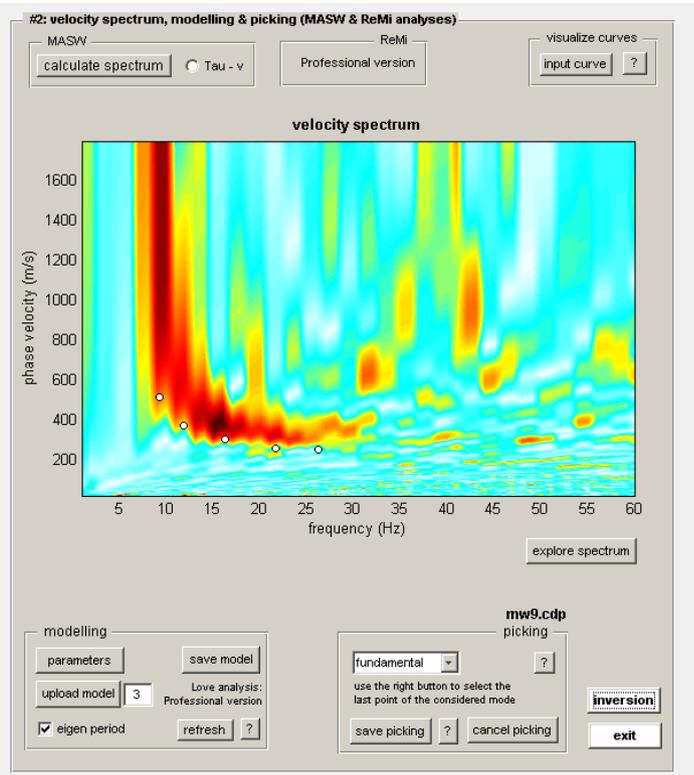
1 → **1'**
SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 09

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

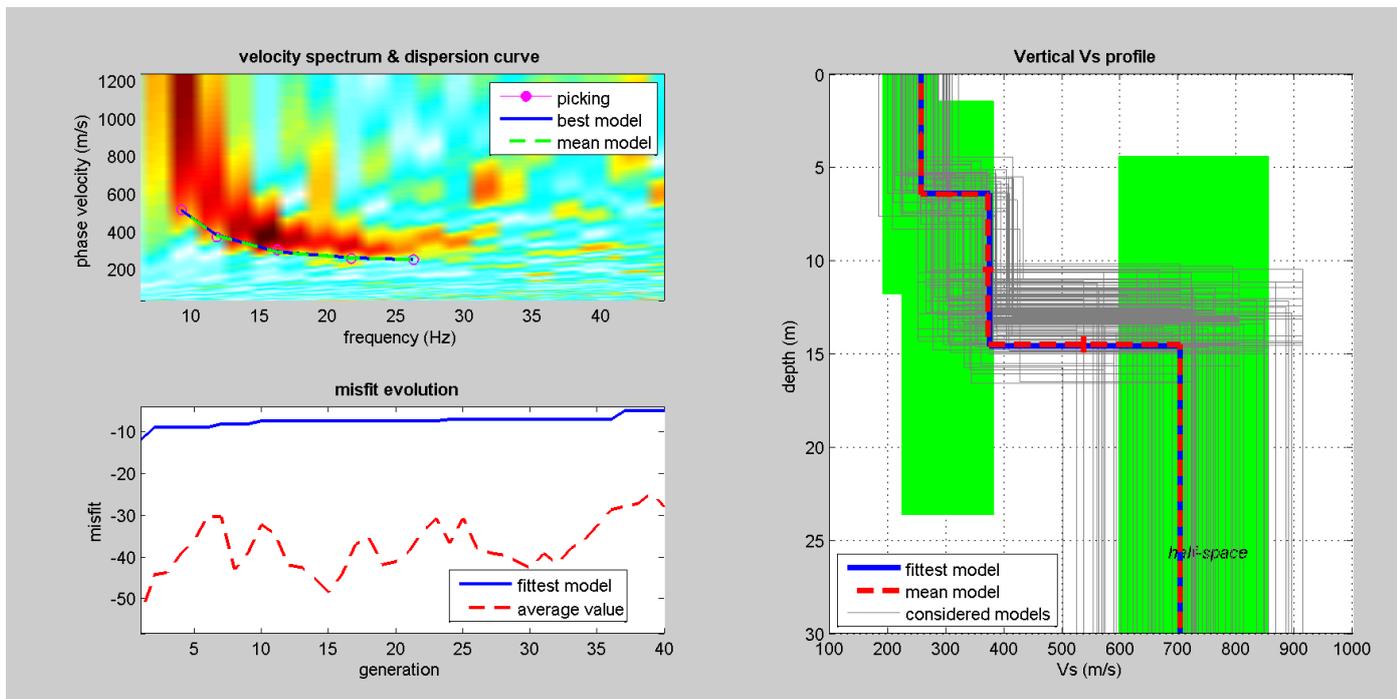


DIAGRAMMA Vs

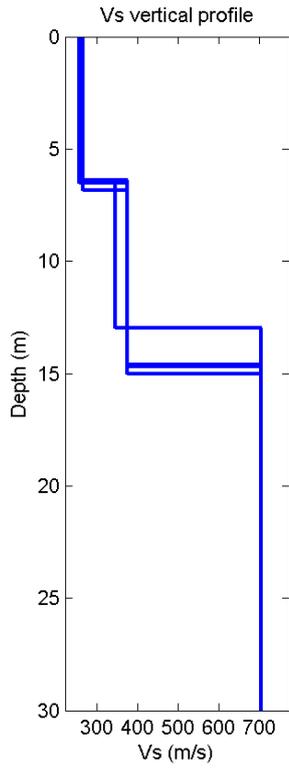
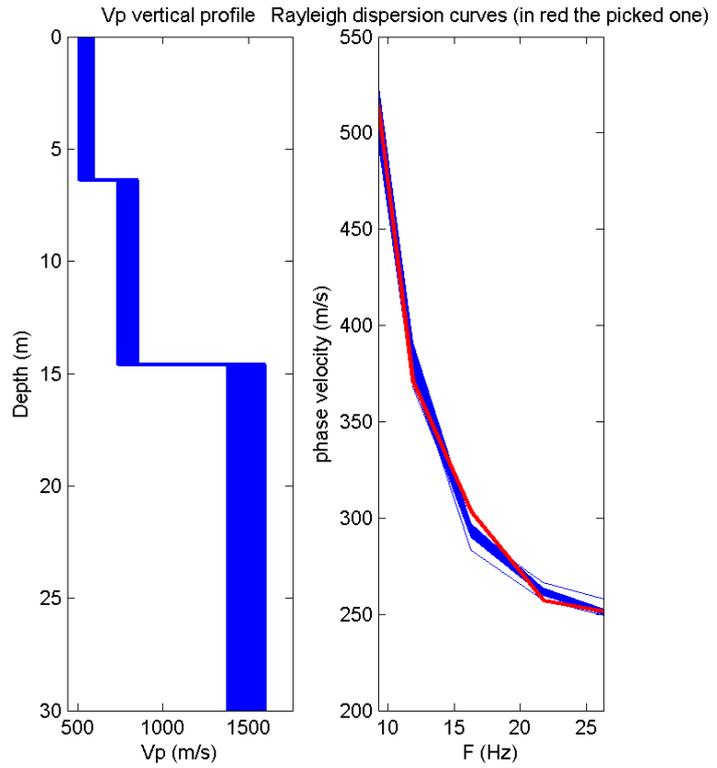


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

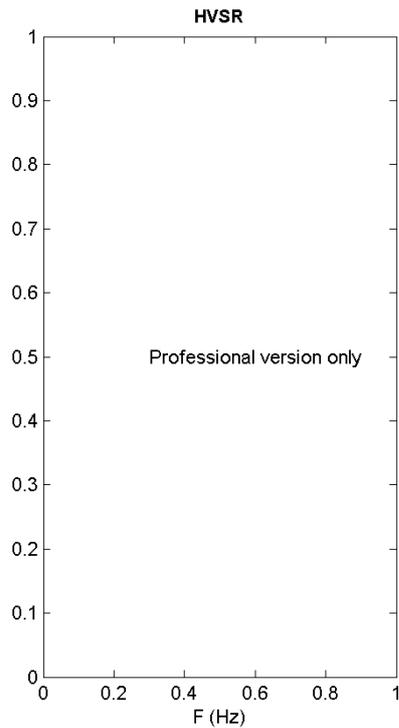
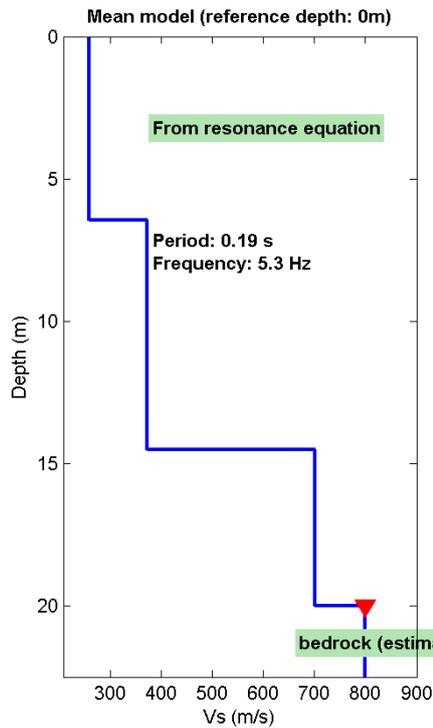


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 09						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
6,5	258	541	1,91	0,35	343	304
8,1	373	792	2,00	0,36	754	697
	702	1505	2,15	0,36	2888	2755

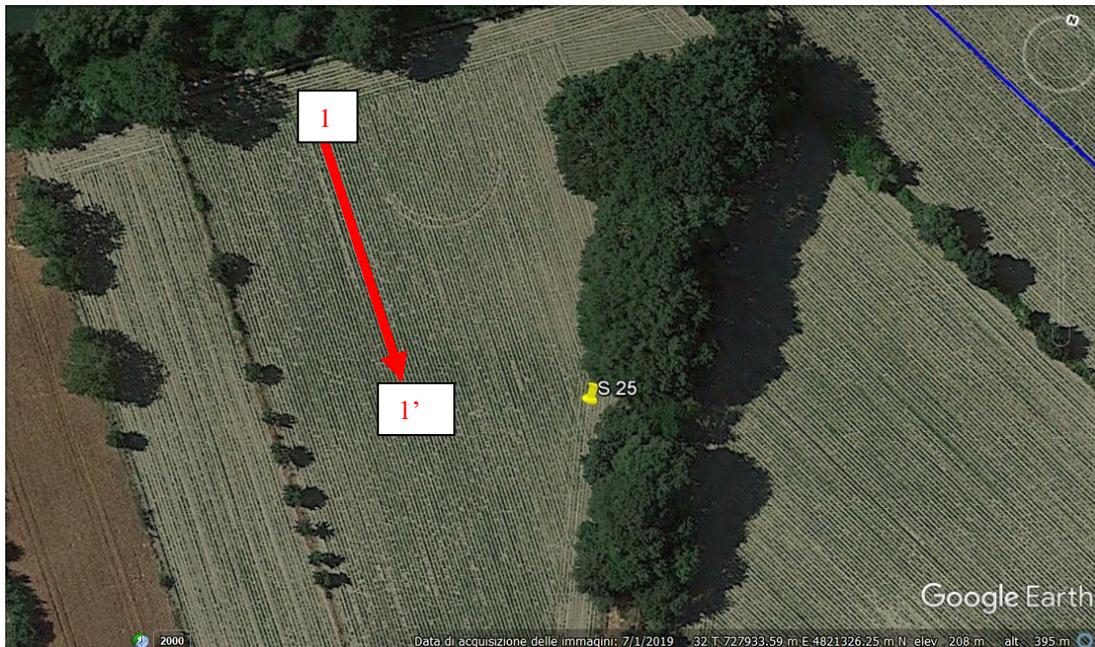
Vs Equivalente (m/s): 435,75

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.10



UBICAZIONE



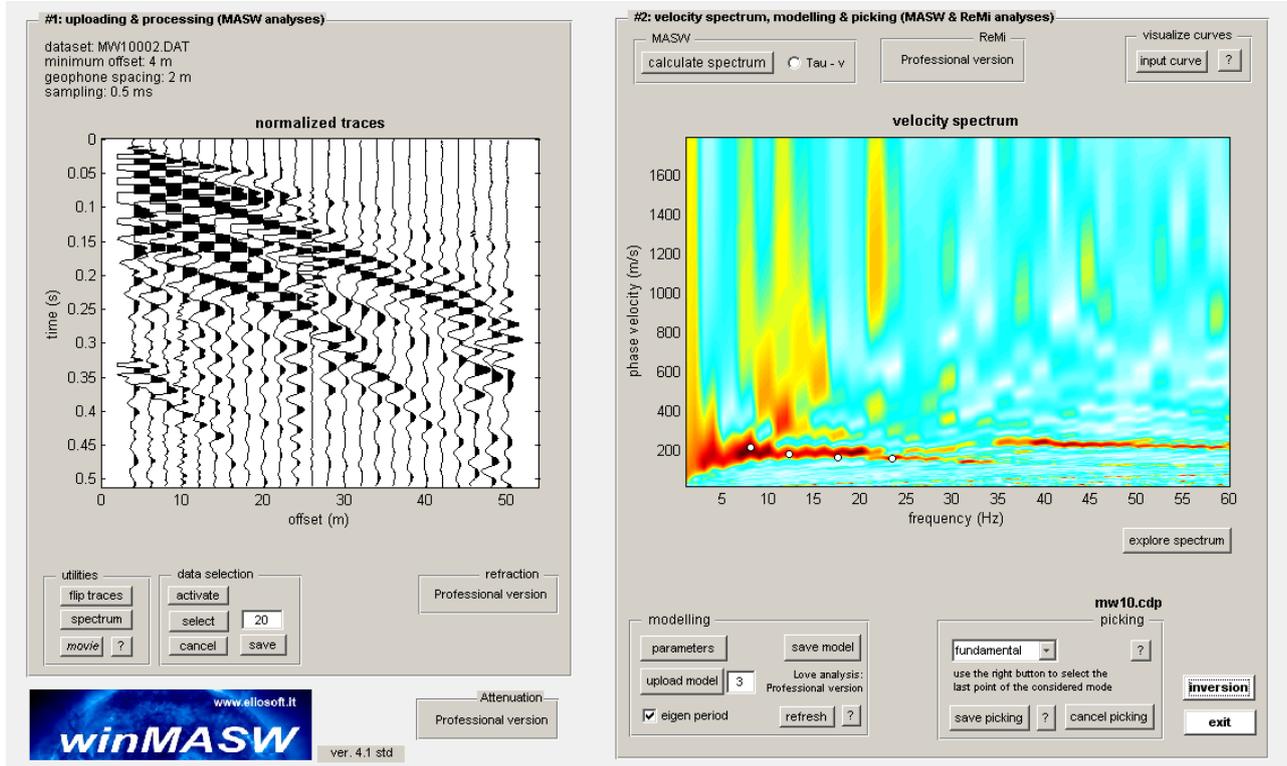
LEGENDA

1 → 1' SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 10

SISMOGRAMMA

SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

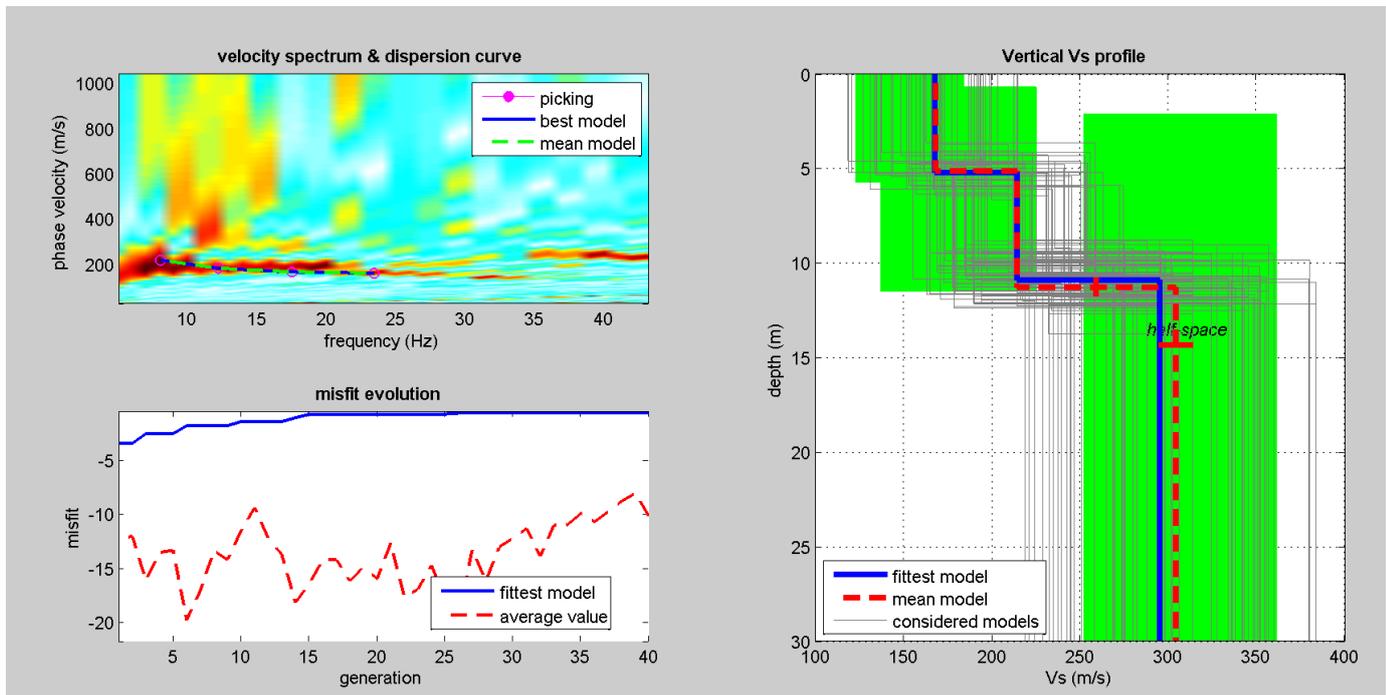


DIAGRAMMA Vs

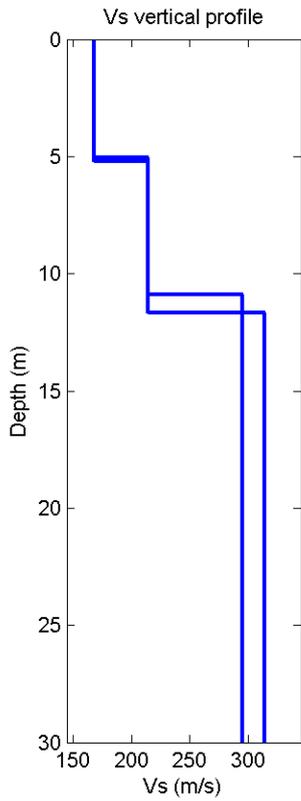
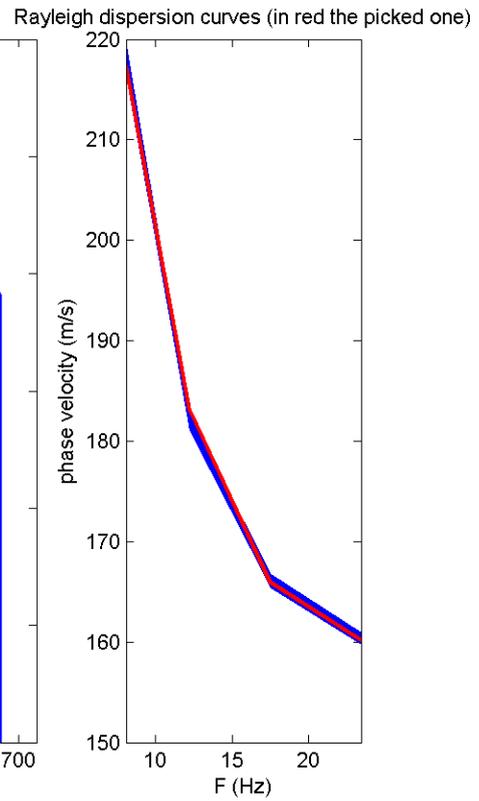
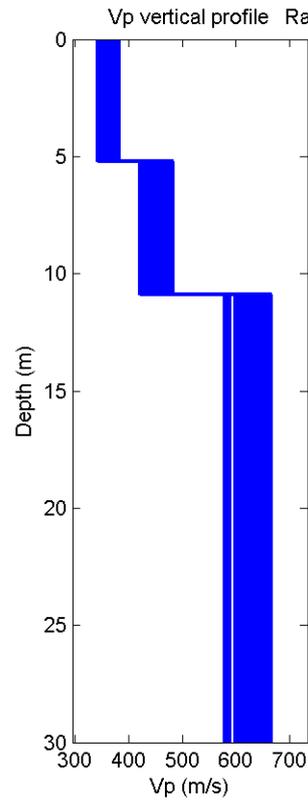


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

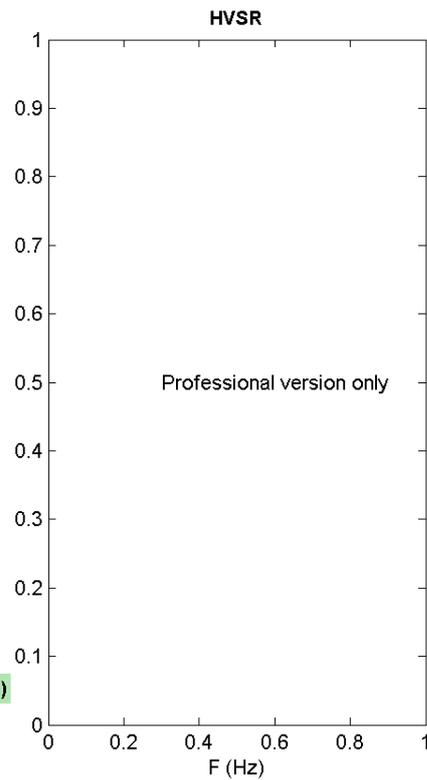
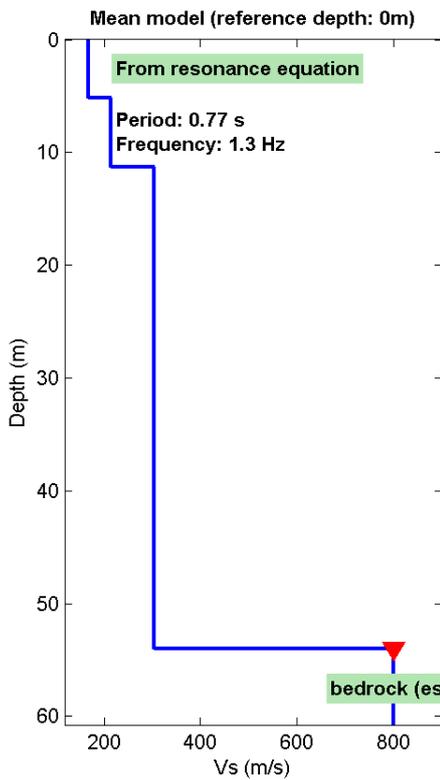


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 10						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
5,1	168	364	1,81	0,36	139	138
6,2	214	440	1,86	0,35	229	189
	304	608	1,93	0,33	476	357

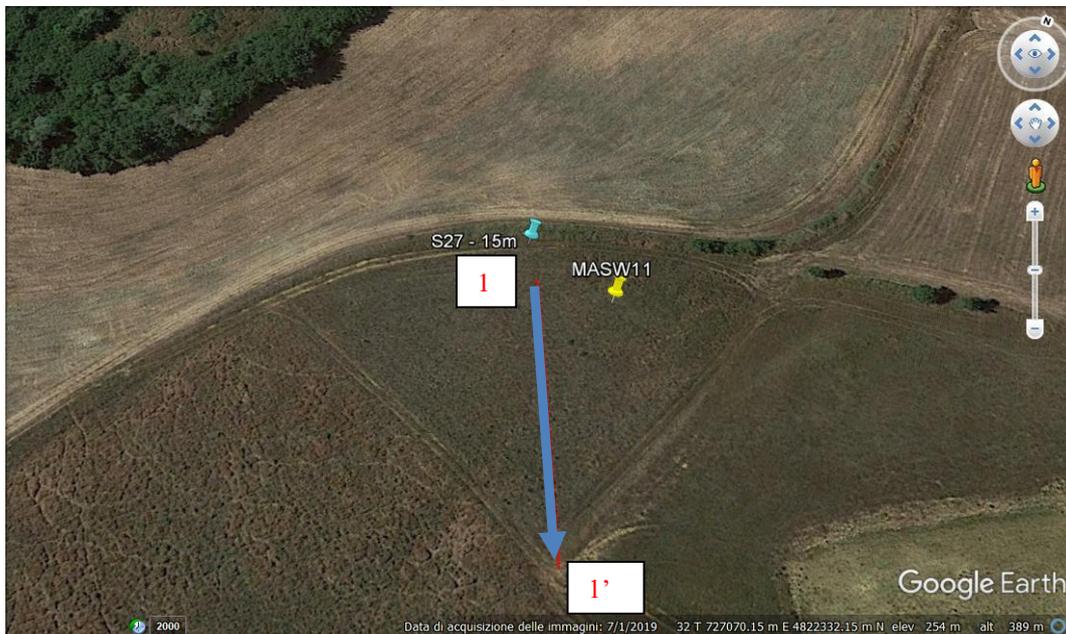
Vs Equivalente (m/s): 248,26

Categoria Suolo Tipo: C

SISMICA MASW N.11



UBICAZIONE

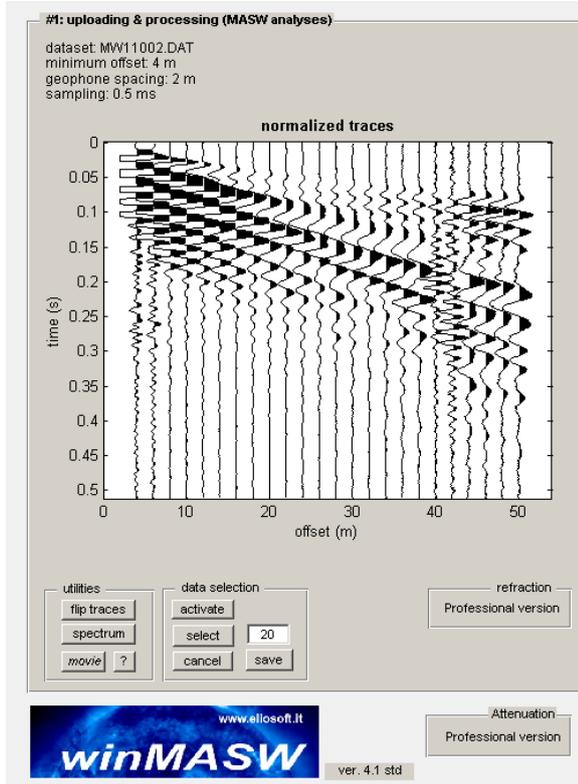


LEGENDA

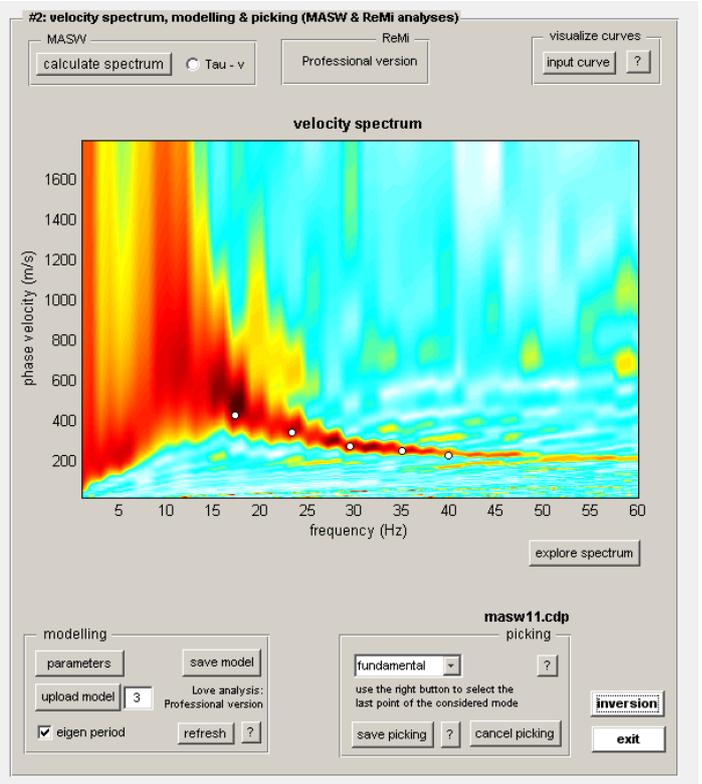
1 → **1'** **SISMICA TIPO MASW**

Prospezione Sismica MASW 11

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

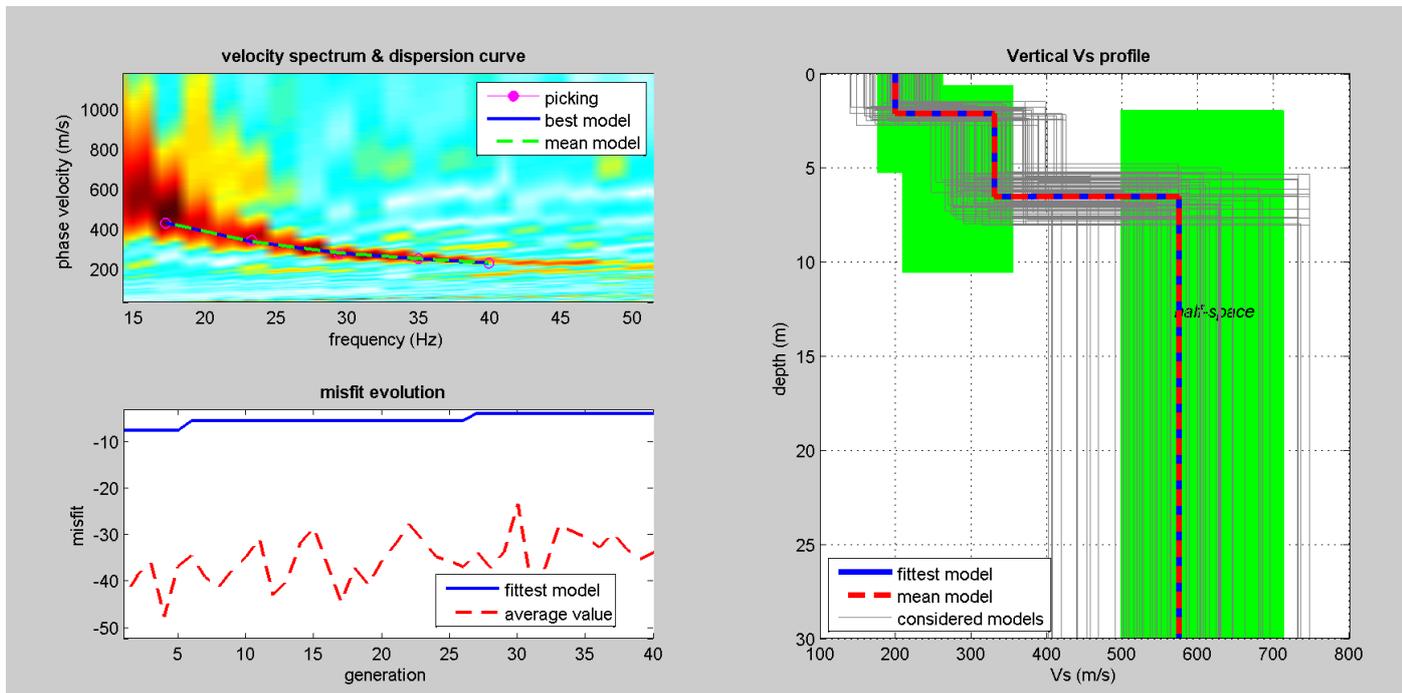


DIAGRAMMA Vs

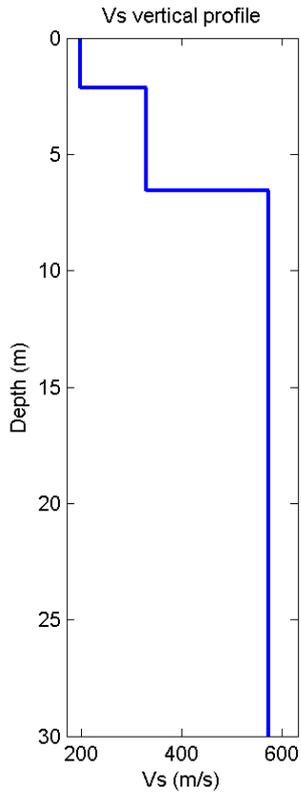
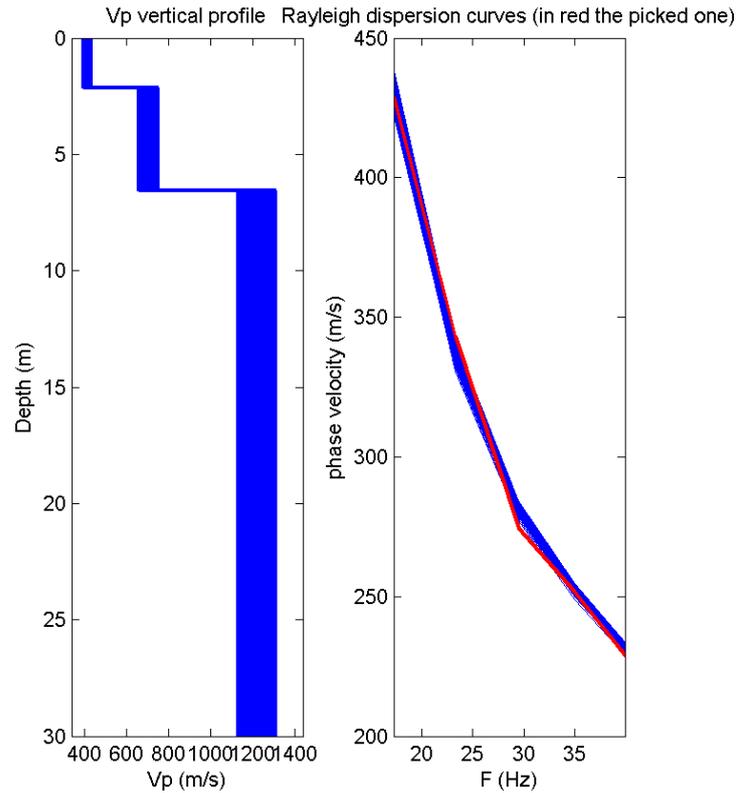


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

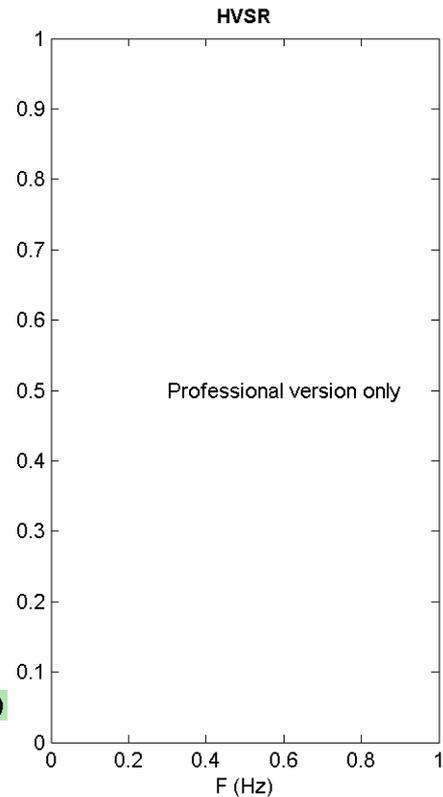
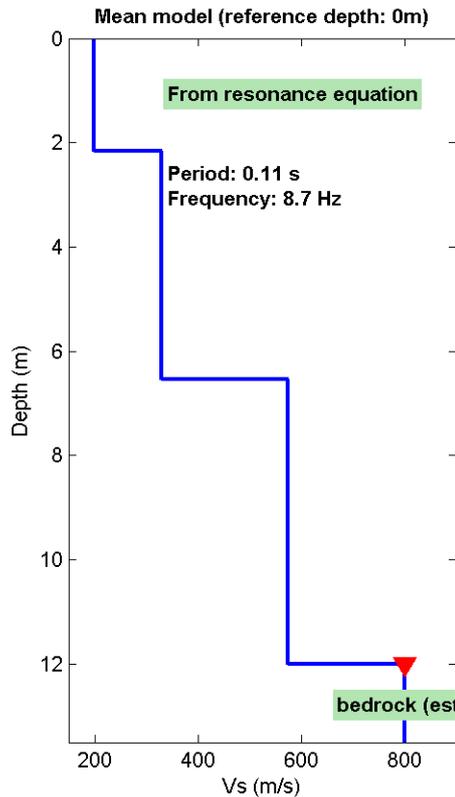


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 11						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,2	199	405	1,84	0,34	195	156
4,4	330	721	1,97	0,37	588	596
	574	1199	2,10	0,35	1868	1634

Vs Equivalente (m/s): 460,44

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.12



UBICAZIONE

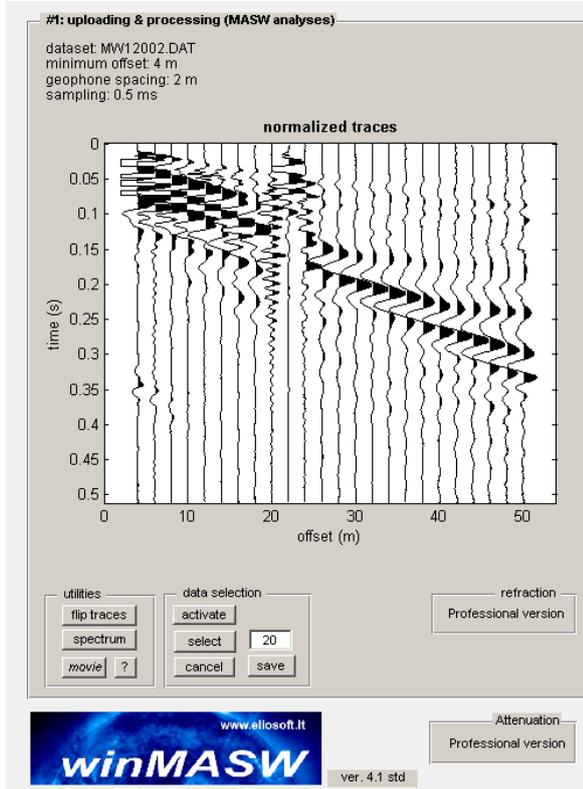


LEGENDA

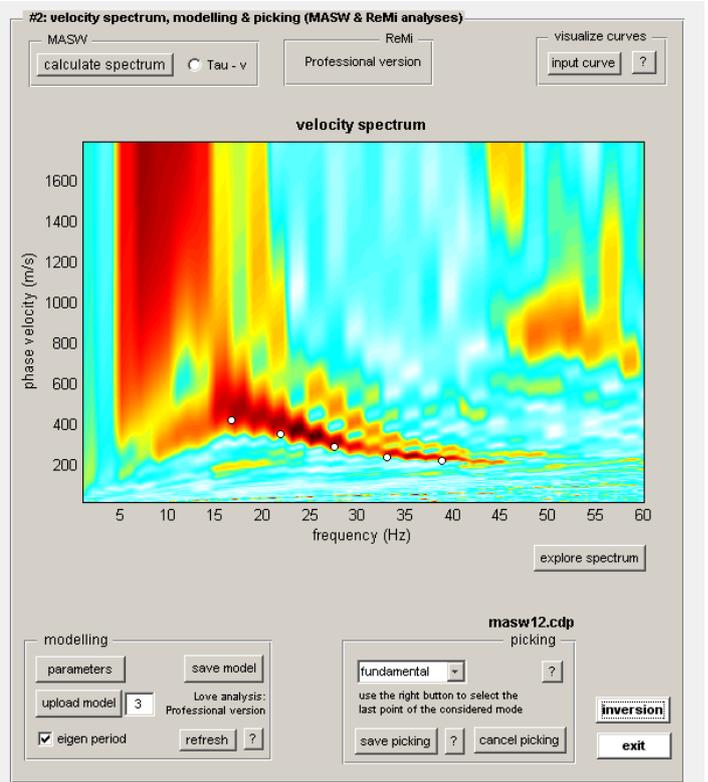


Prospezione Sismica MASW 12

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

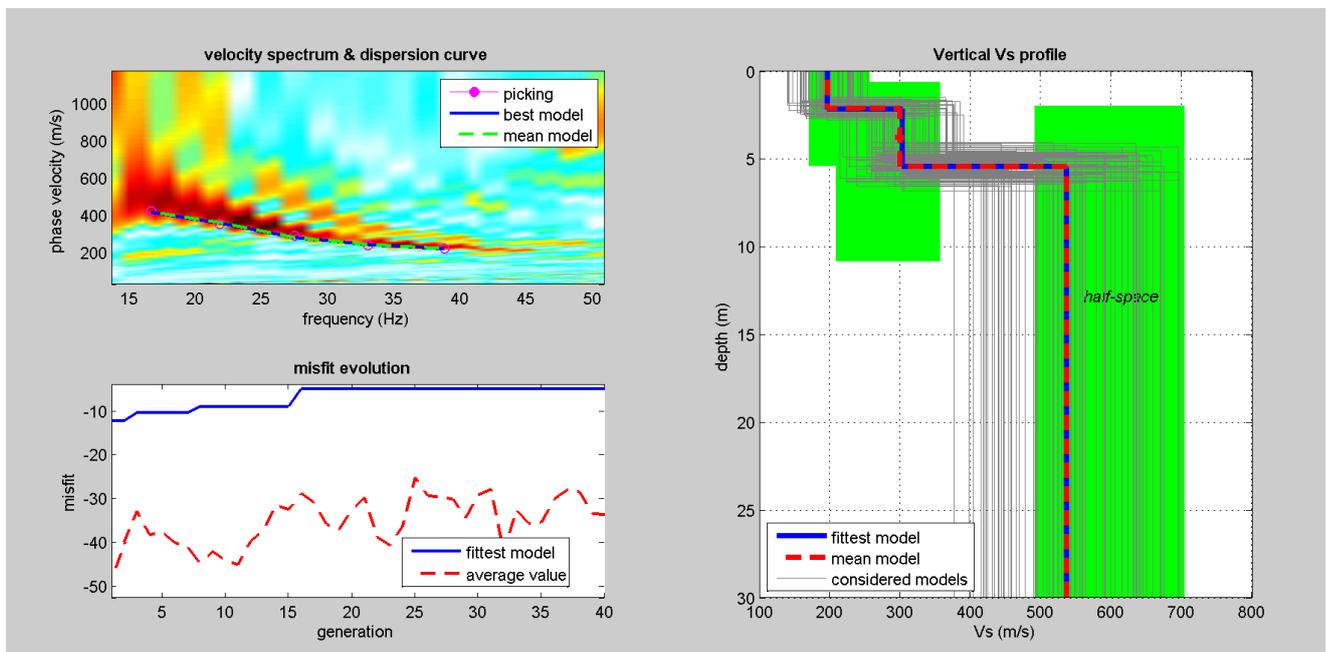


DIAGRAMMA Vs

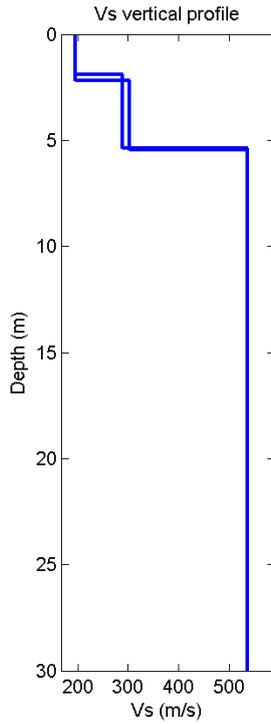
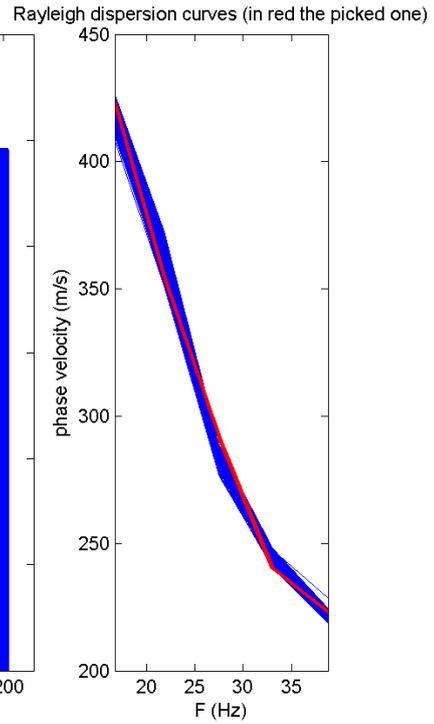
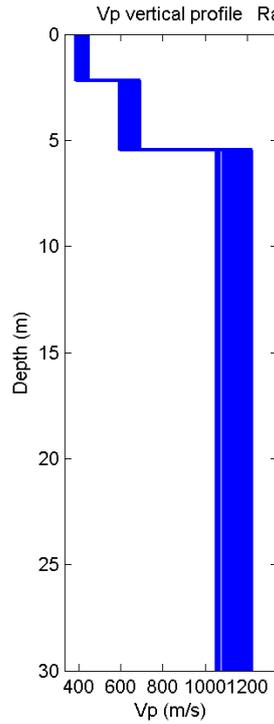


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

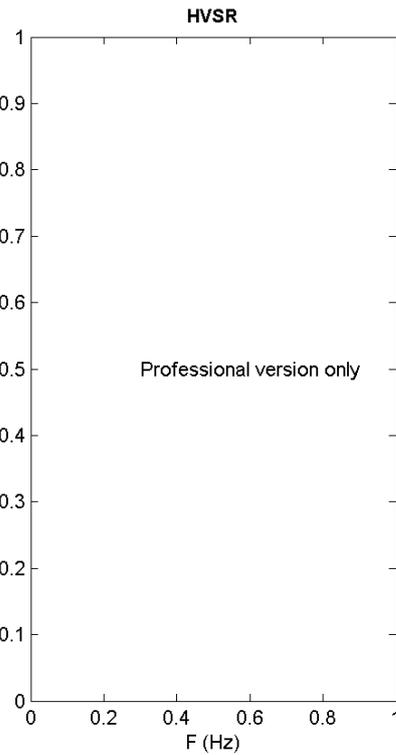
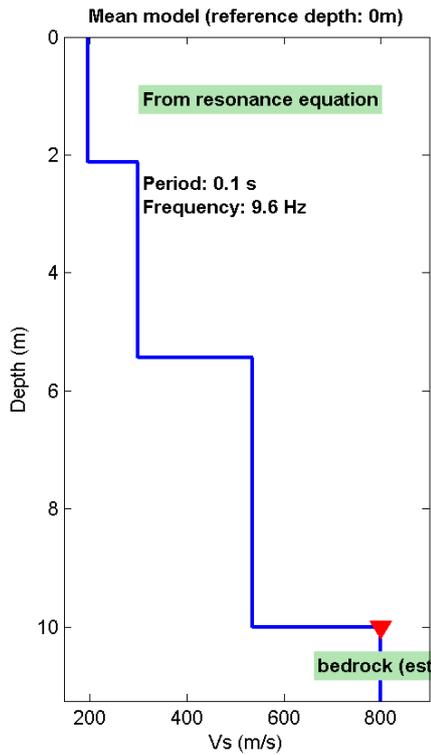


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 12						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,1	196	420	1,84	0,36	193	184
3,3	299	626	1,94	0,35	469	413
	536	1147	2,09	0,36	1631	1547

Vs Equivalente (m/s): 443,48

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.13



UBICAZIONE

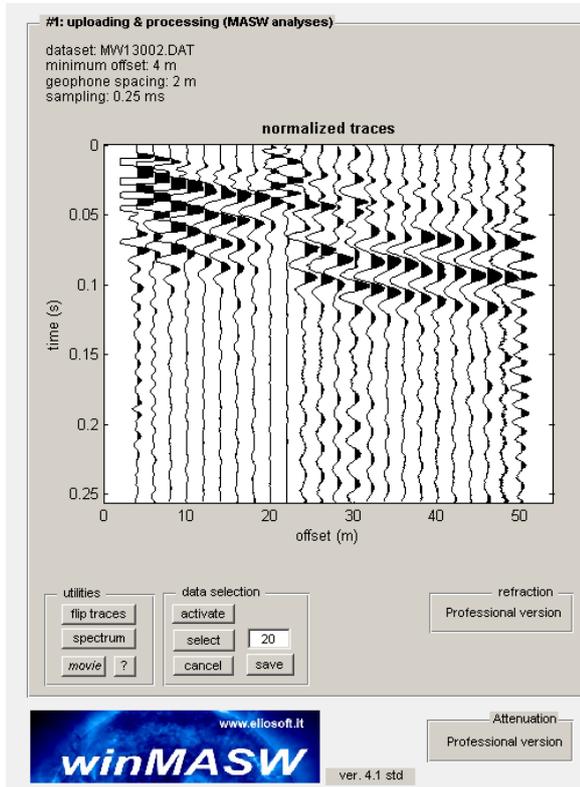


LEGENDA

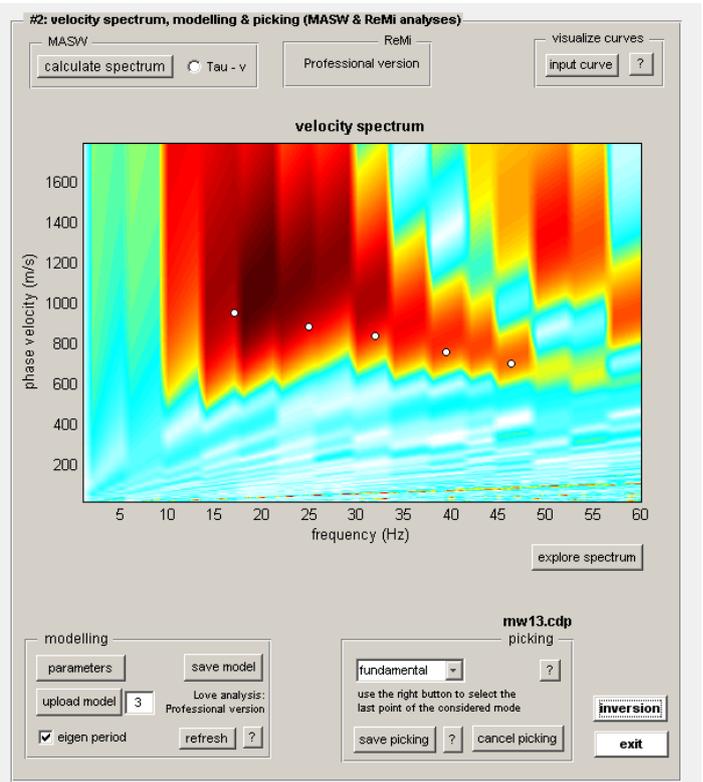


Prospezione Sismica MASW 13

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

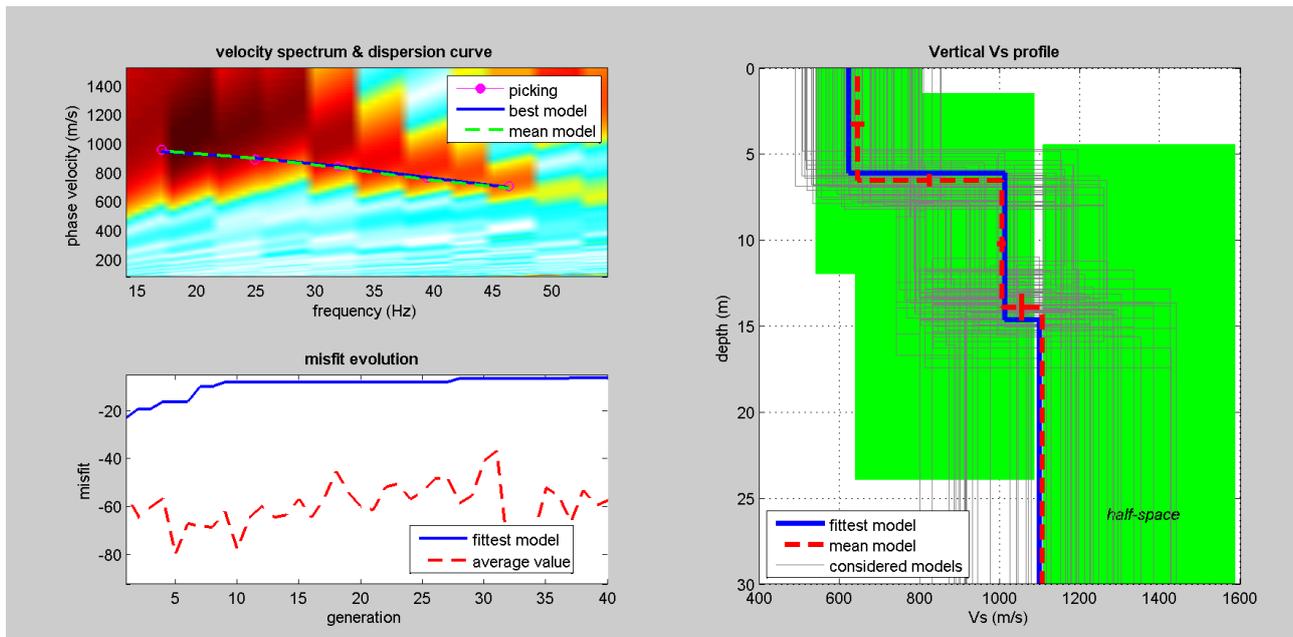


DIAGRAMMA Vs

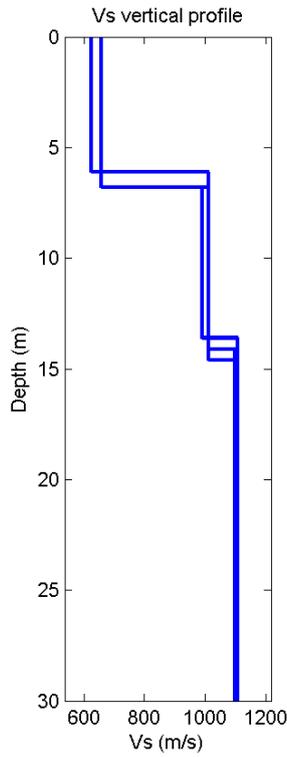
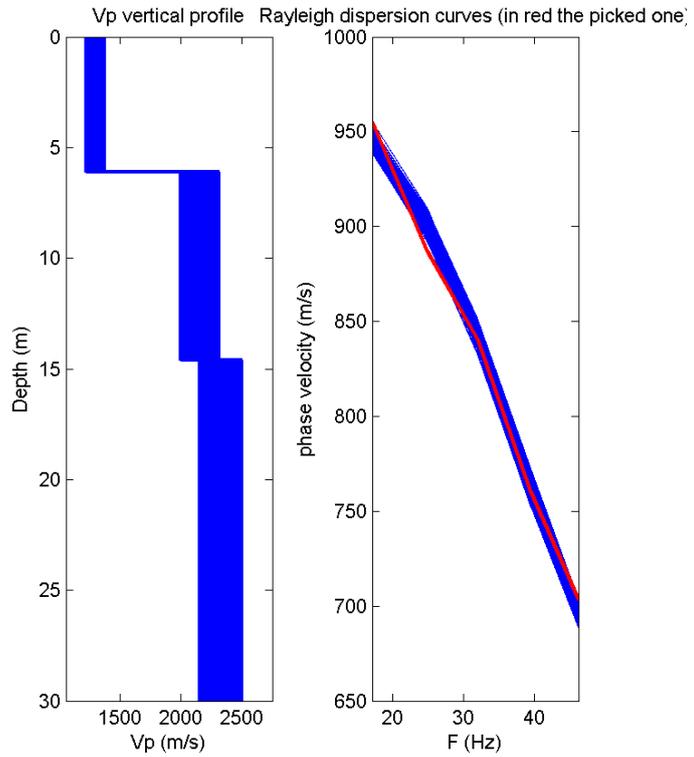


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

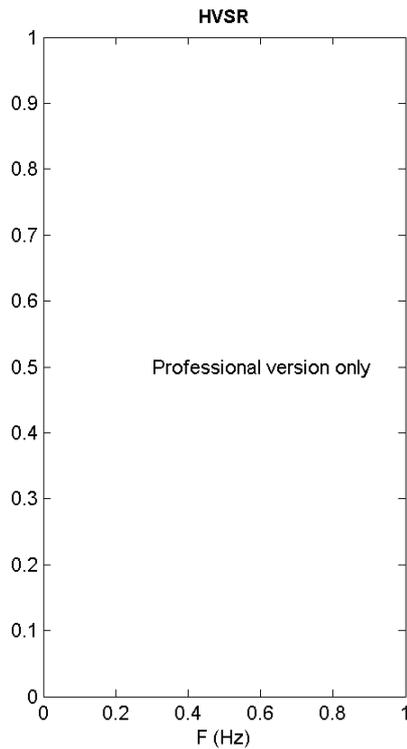
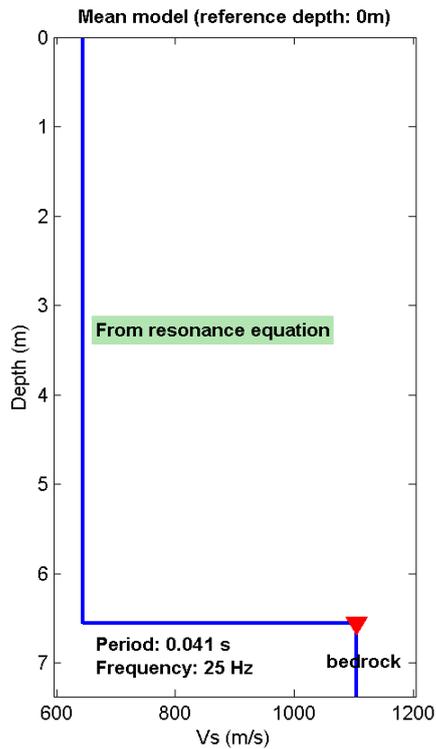


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 13						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
6,6	645	1275	2,11	0,33	2335	1677
7,4	1004	2109	2,24	0,35	6100	5436
	1104	2325	2,26	0,35	7459	6705

Vs Equivalente (m/s): 645

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.14



UBICAZIONE

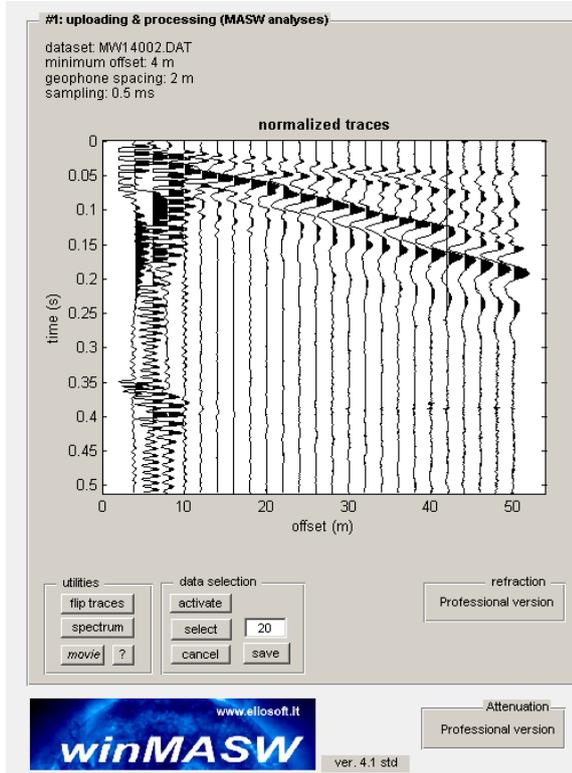


LEGENDA

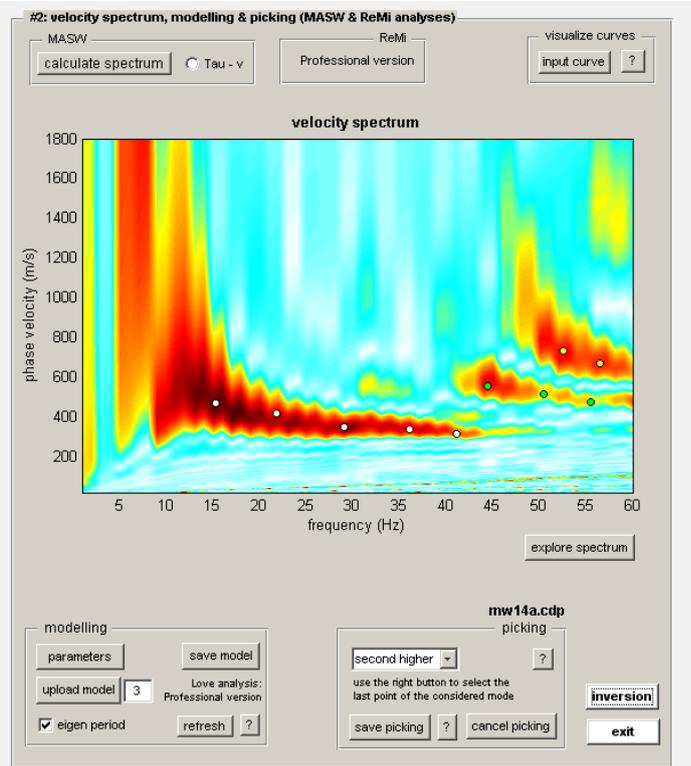
1 → **1'**
SISMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 14

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

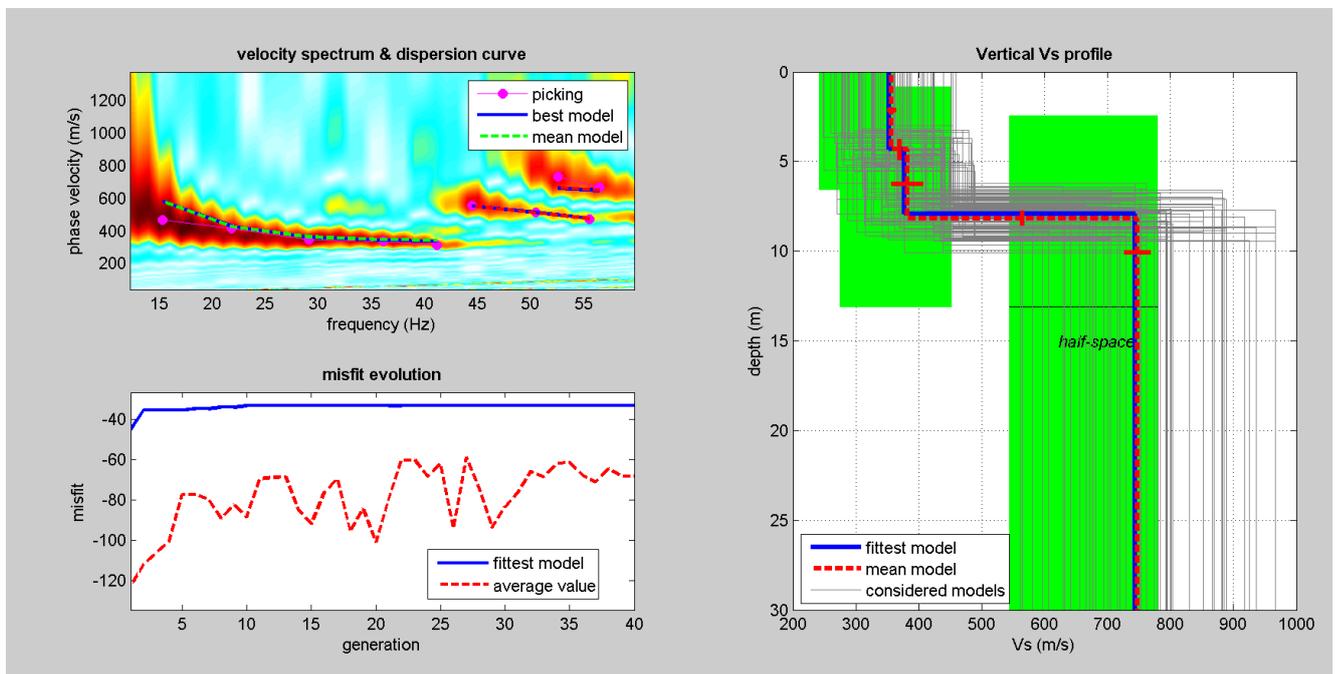


DIAGRAMMA Vs

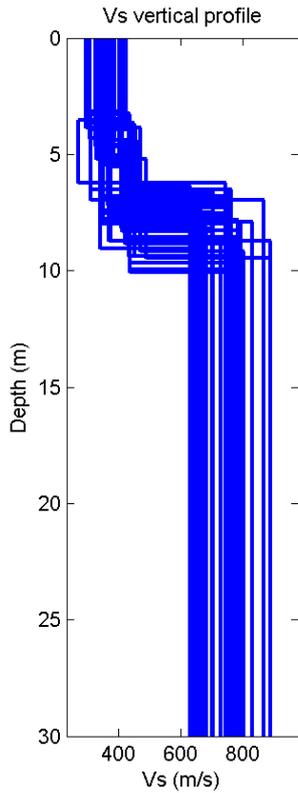
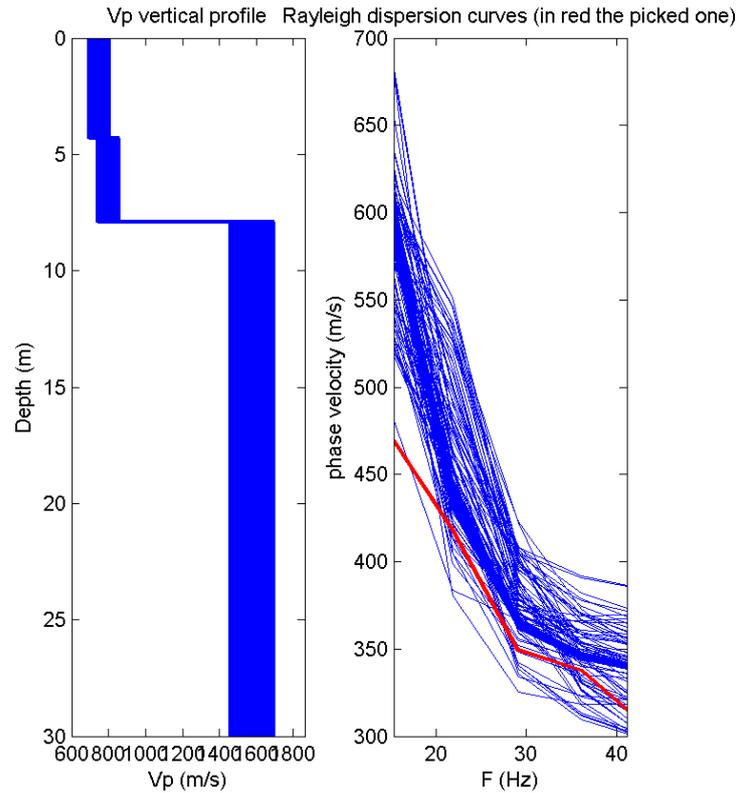


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

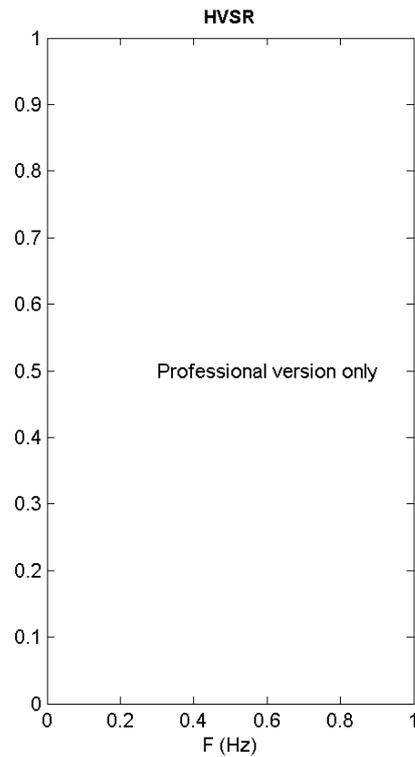
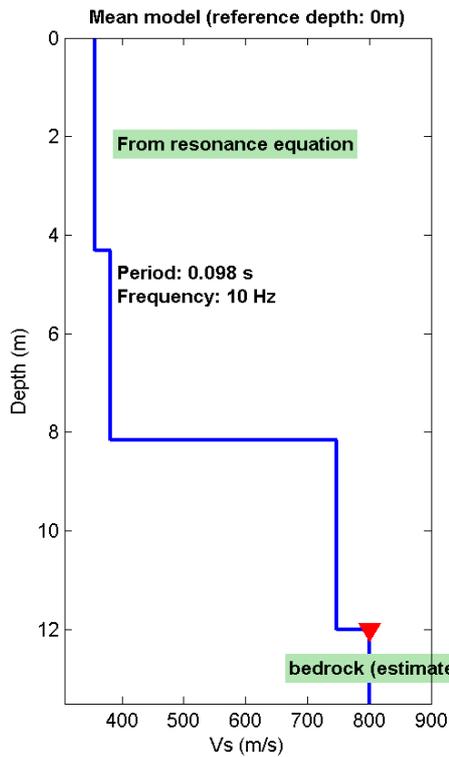


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 14						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
4,3	357	715	1,97	0,33	671	506
3,8	382	759	1,99	0,33	771	565
	747	1568	2,16	0,35	3267	2904

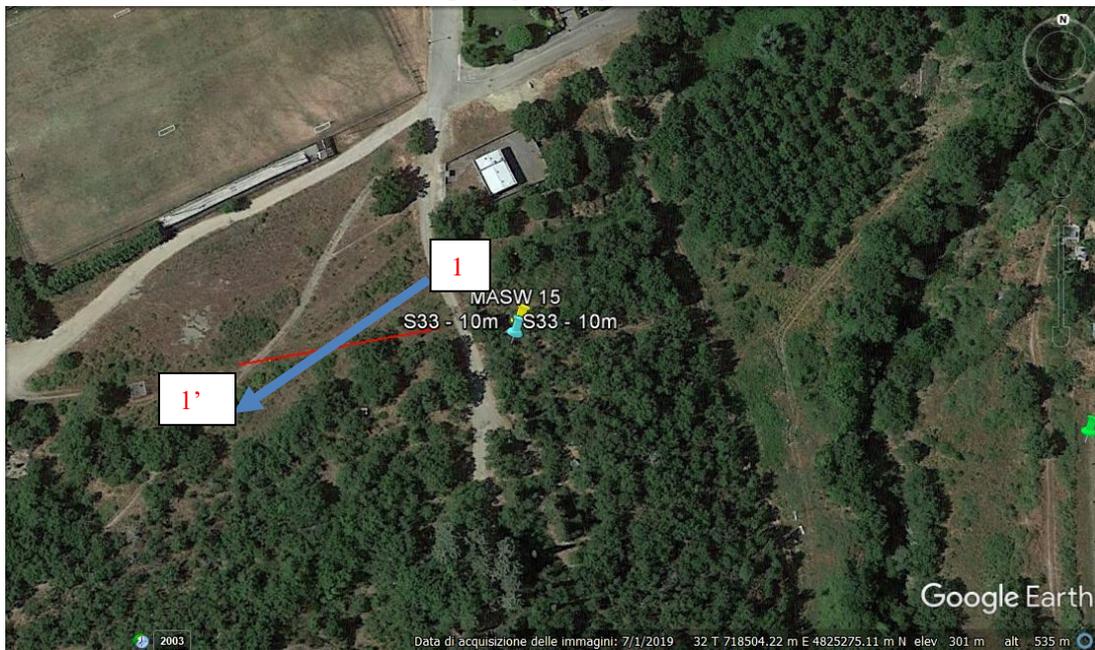
Vs Equivalente (m/s): 583,3

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.15



UBICAZIONE

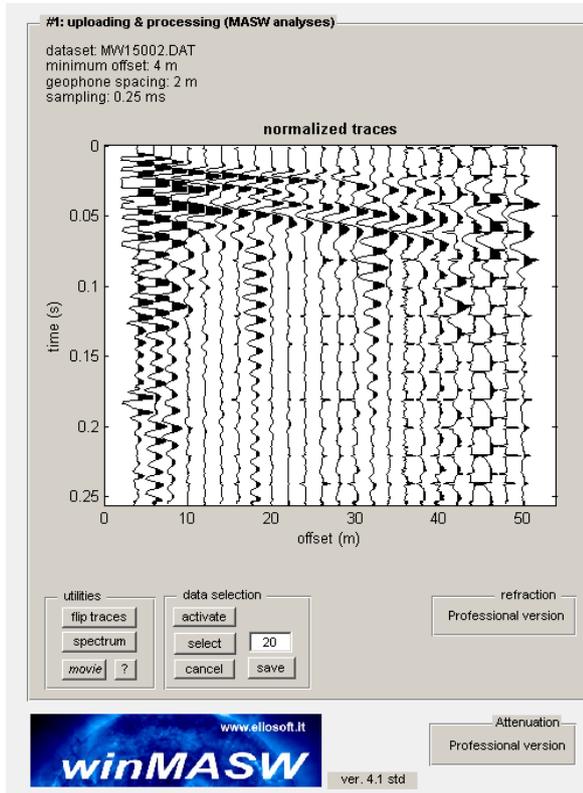


LEGENDA

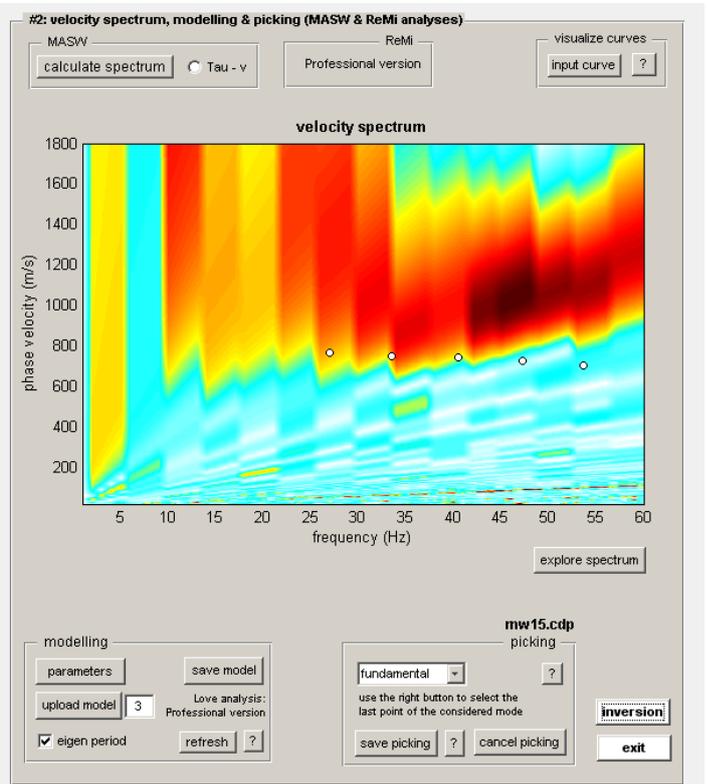
1 → **1''**
SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 15

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

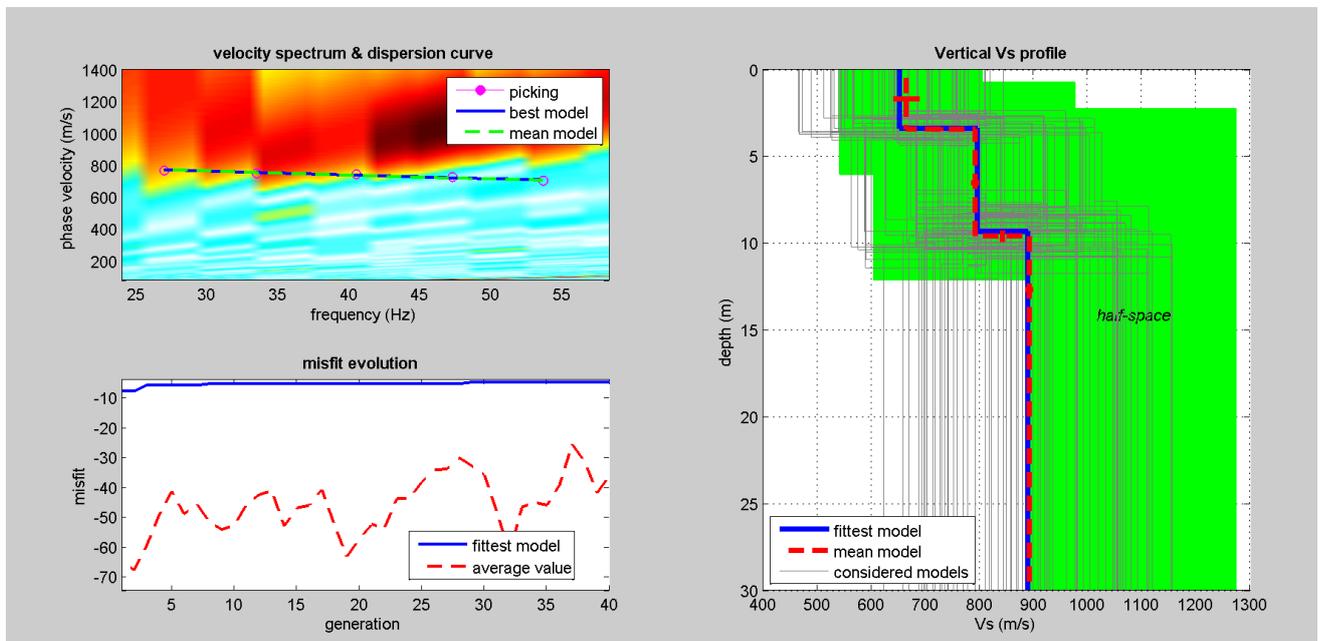


DIAGRAMMA Vs

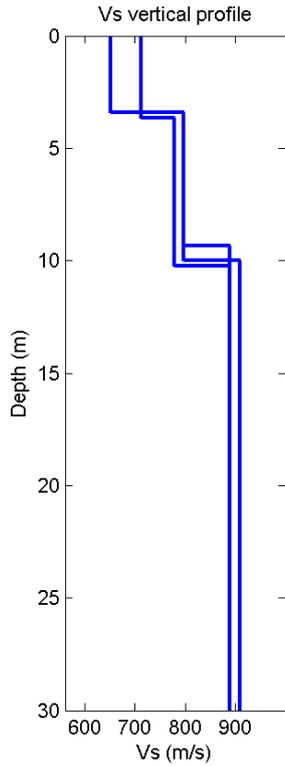
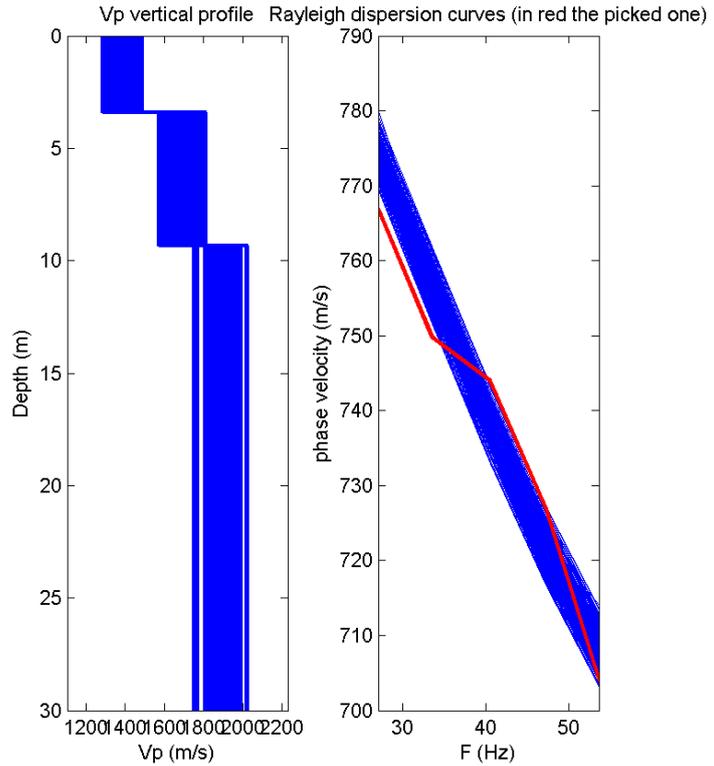


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

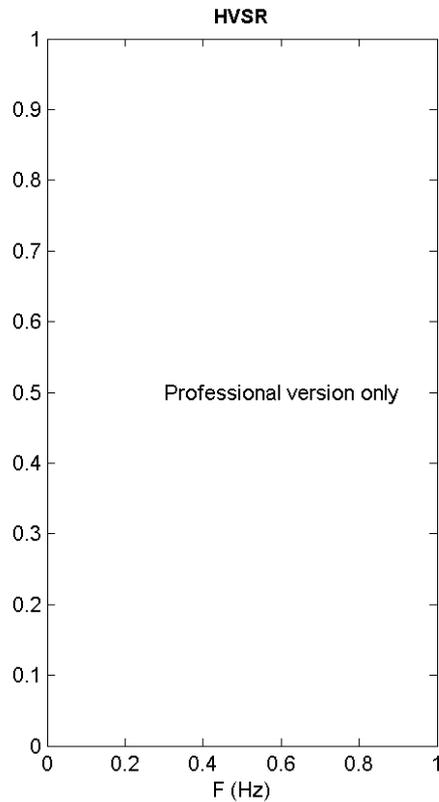
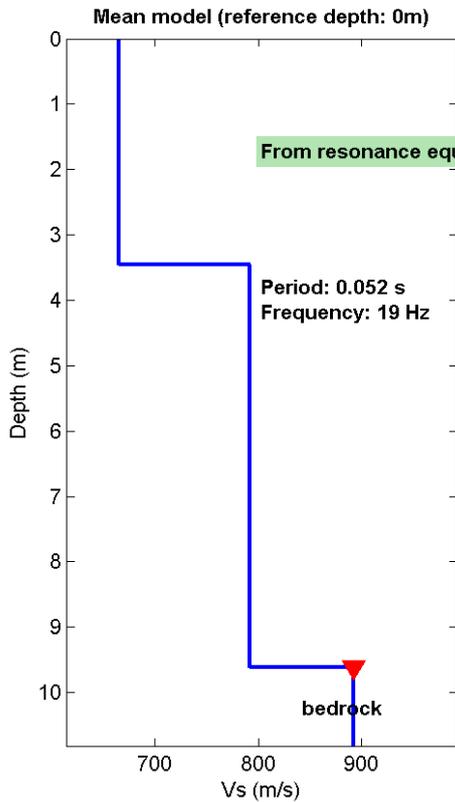


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 15						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
3,5	665	1358	2,13	0,34	2527	2043
6,2	792	1665	2,18	0,35	3699	3305
	892	1853	2,20	0,36	4732	4060

Vs30 Equivalente (m/s): 740,94

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.16



UBICAZIONE



LEGENDA

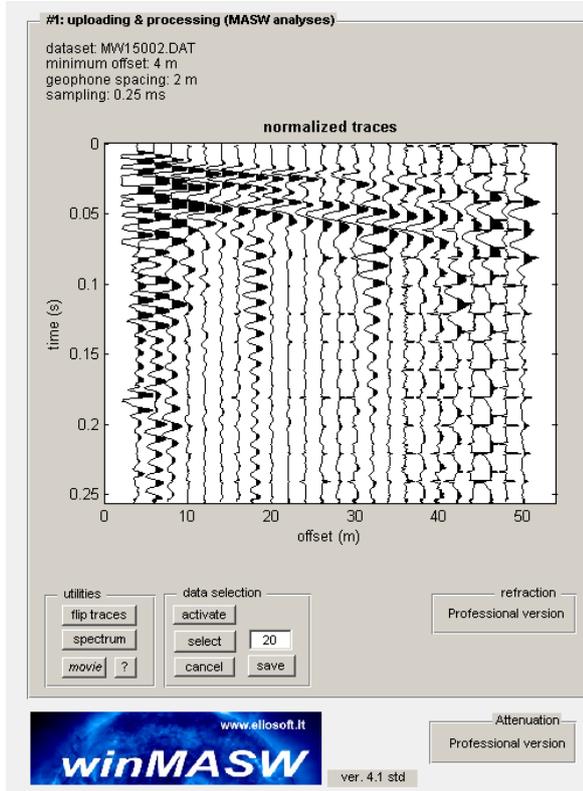
1

1'

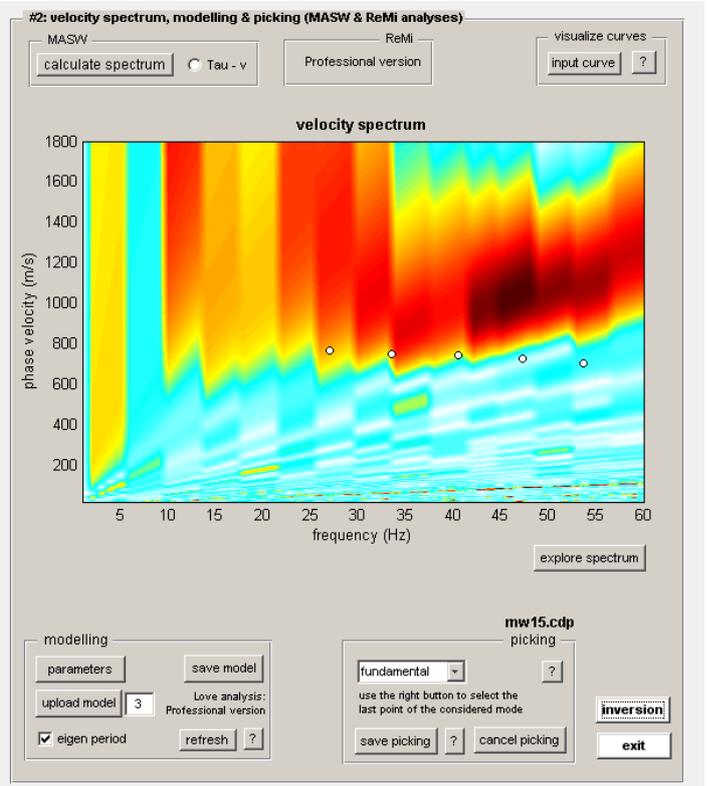
→ SIMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 16

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

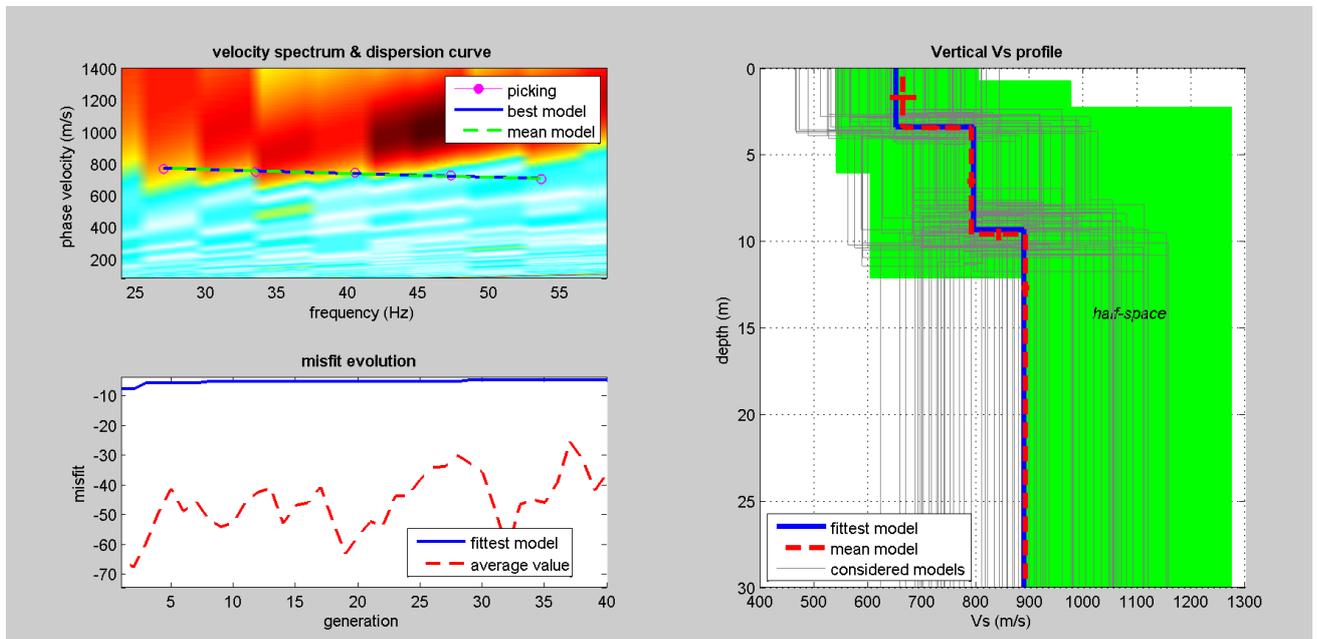


DIAGRAMMA Vs

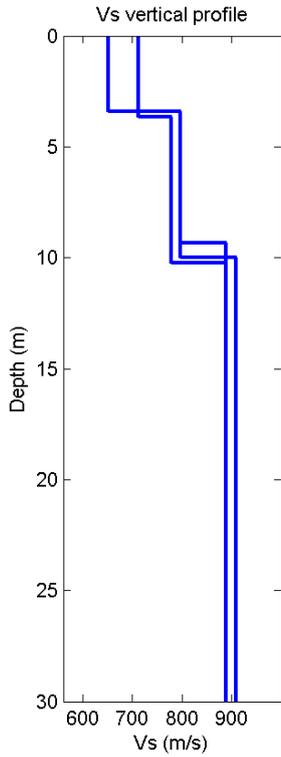
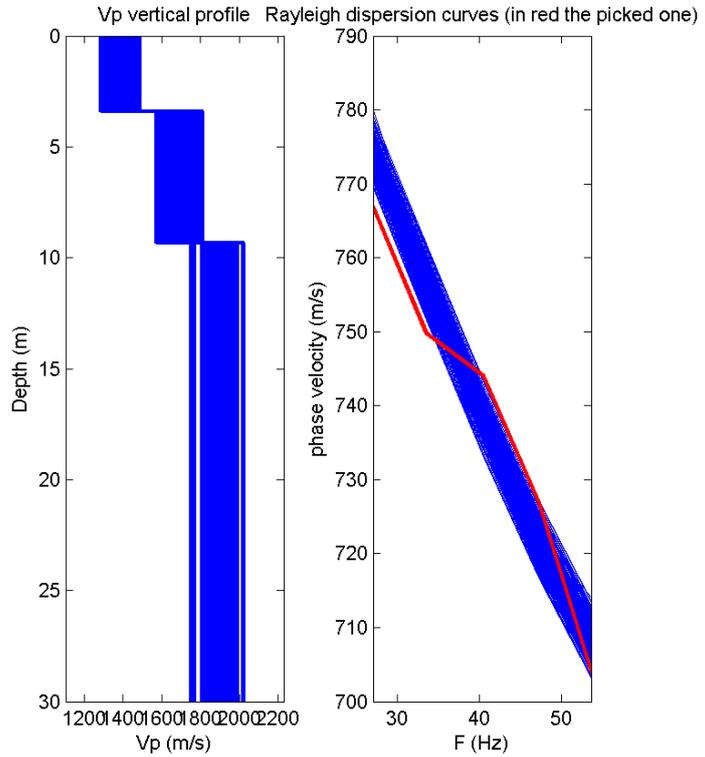


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

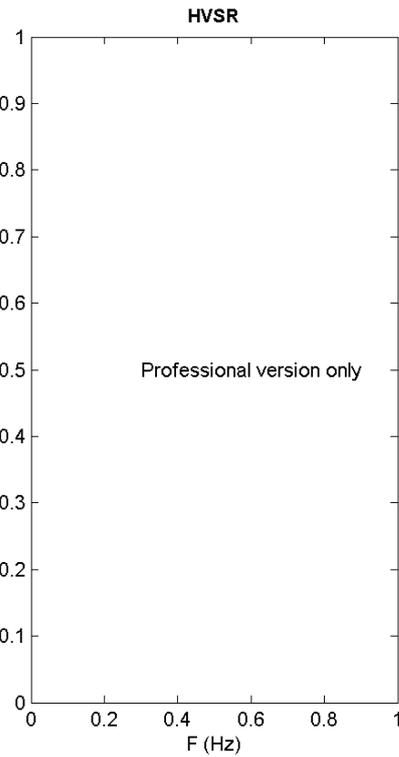
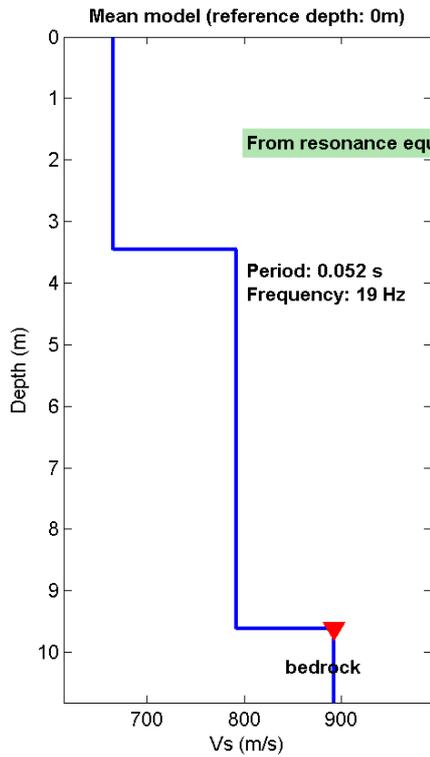


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 16						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr:/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
6,0	578	1202	2,10	0,35	1892	1630
4,3	771	1642	2,17	0,36	3512	3277
	1029	2120	2,24	0,35	6375	5316

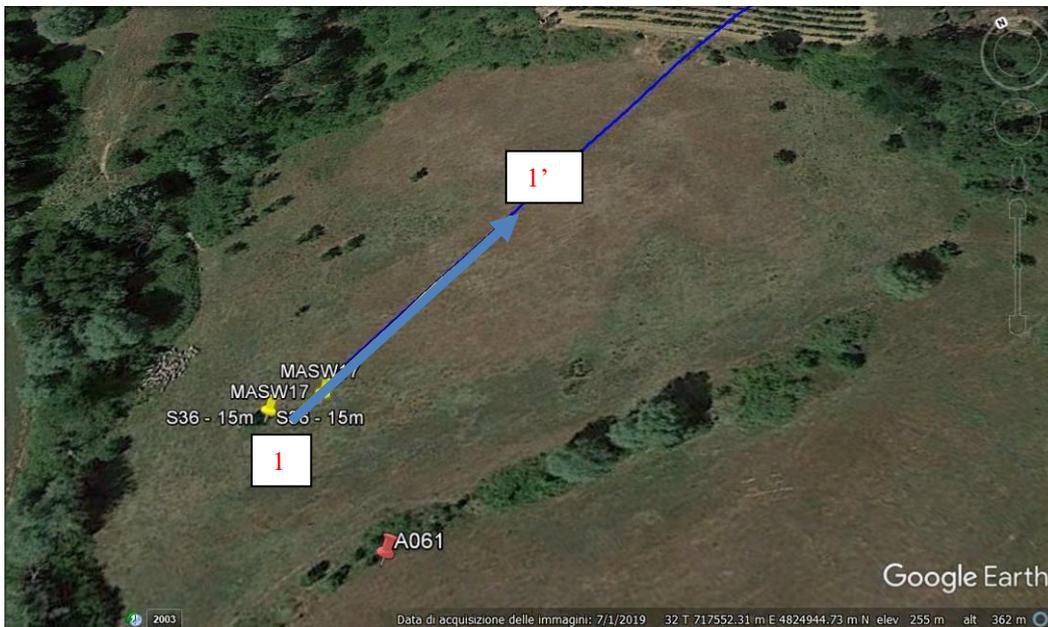
Vs30 Equivalente (m/s): 645,45

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.17



UBICAZIONE

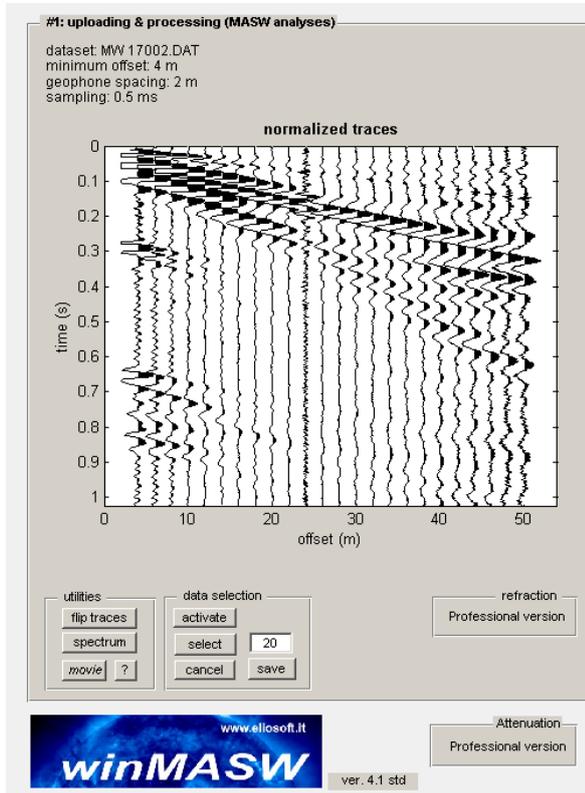


LEGENDA

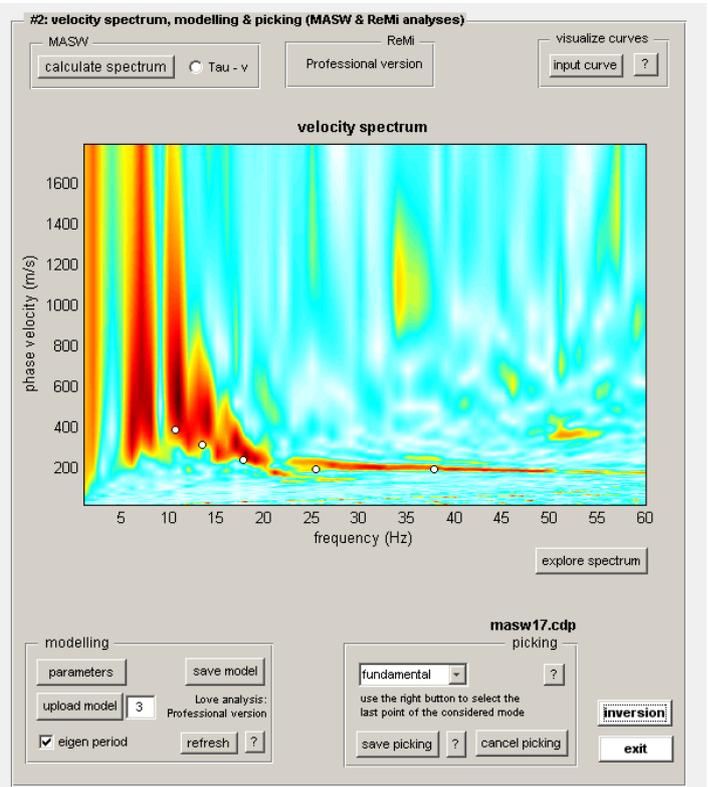


Prospezione Sismica MASW 17

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA – VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

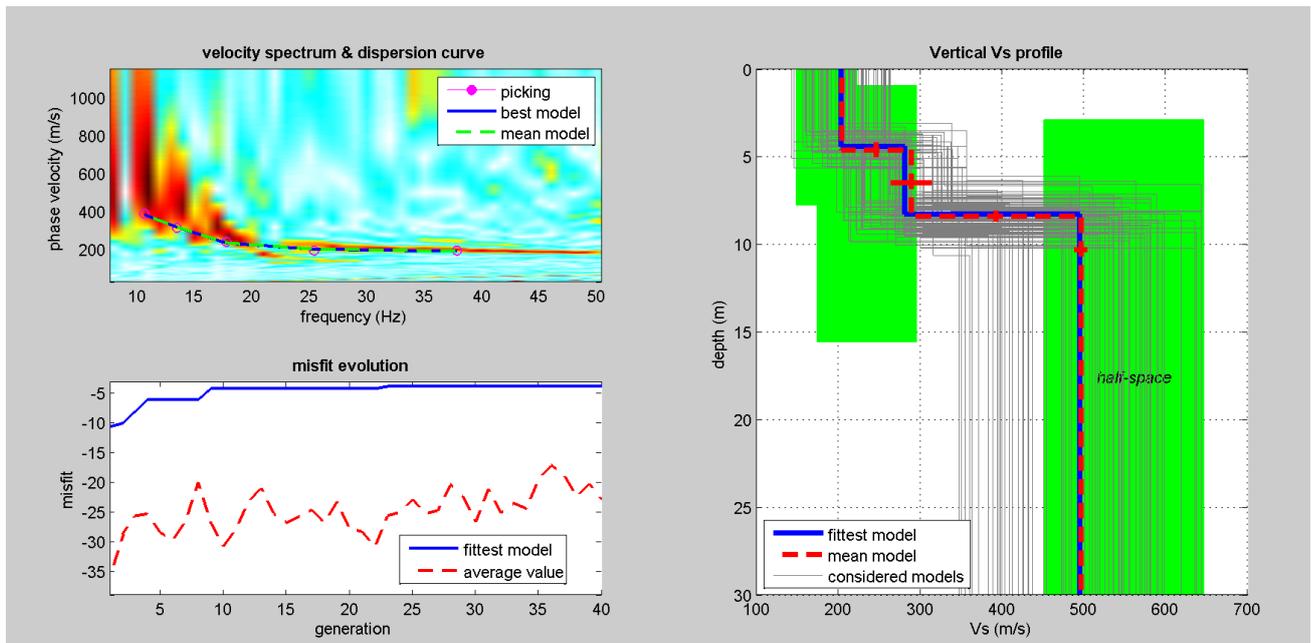


DIAGRAMMA Vs

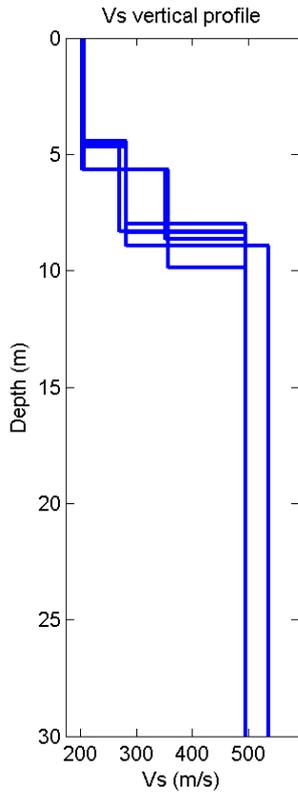
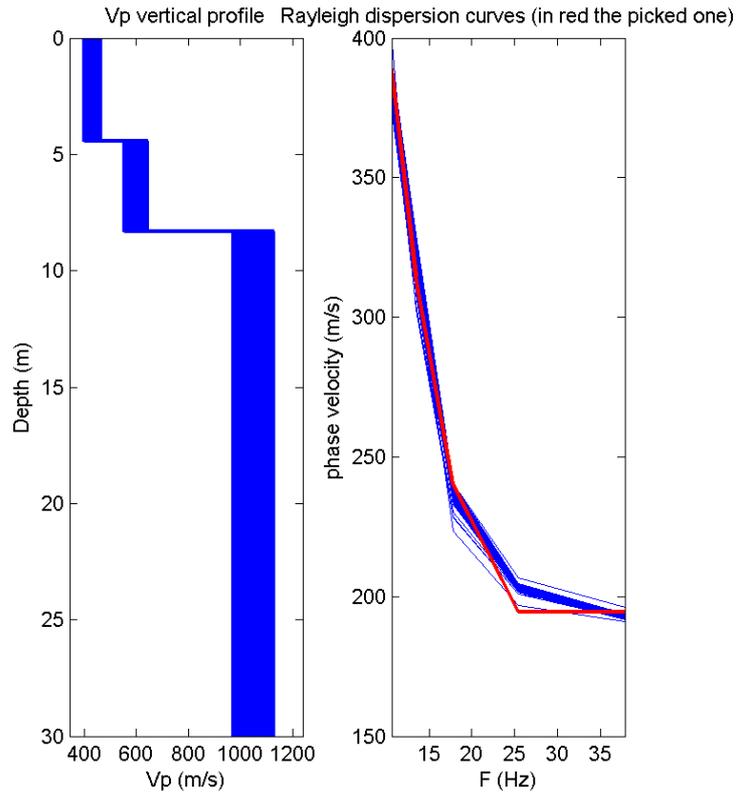


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

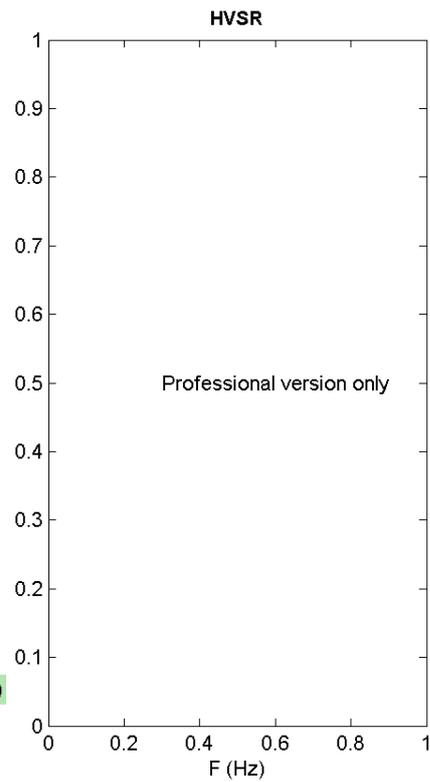
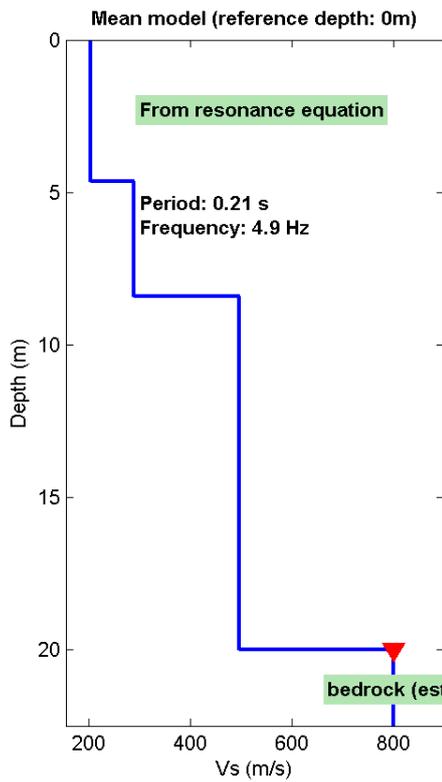


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 17						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
4,6	204	416	1,84	0,34	206	165
3,8	289	605	1,93	0,35	436	384
	496	1055	2,07	0,36	1381	1283

Vs Equivalente (m/s): 378,57

Categoria Suolo Tipo: B

SISMICA MASW N.18



UBICAZIONE

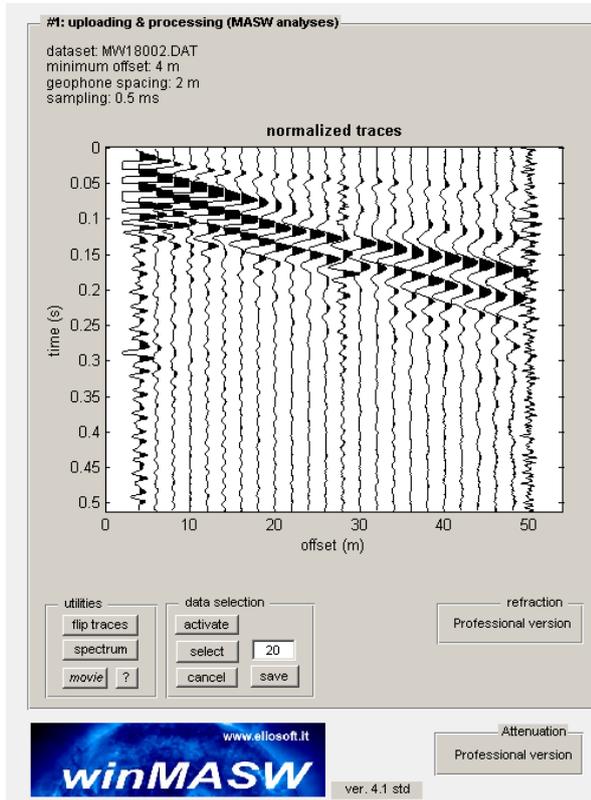


LEGENDA

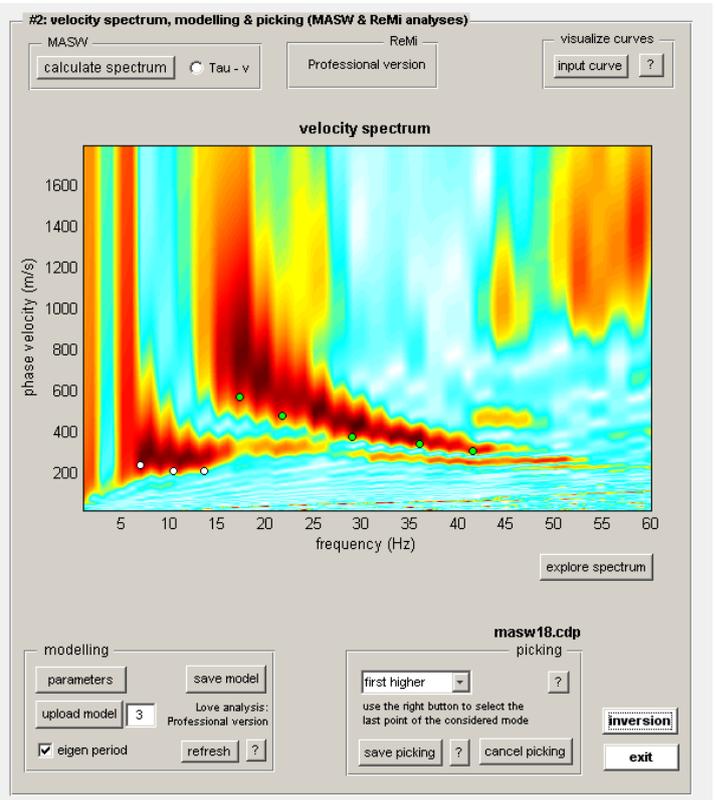
1 → **1'**
SISMICA TIPO MASW

Prospezione Sismica MASW 18

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

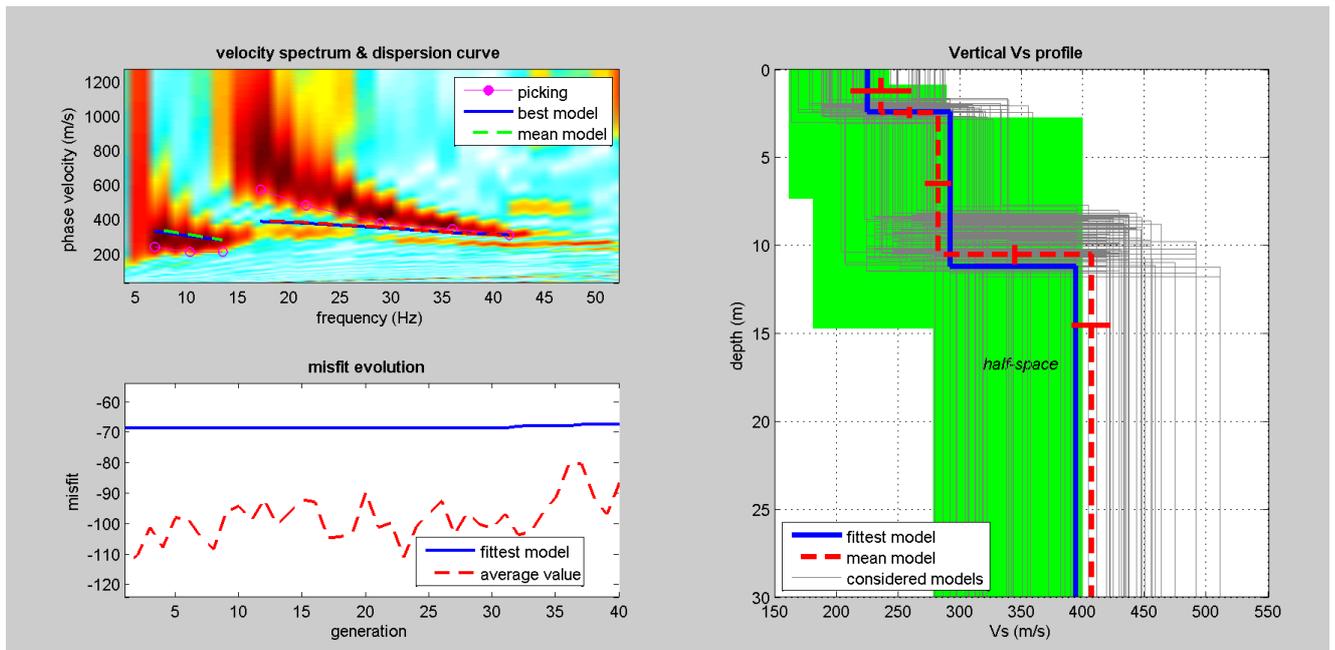


DIAGRAMMA Vs

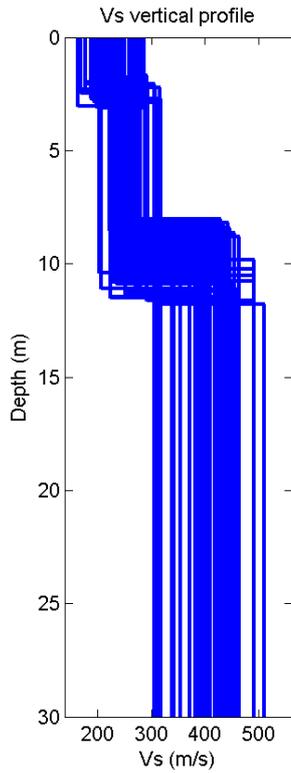
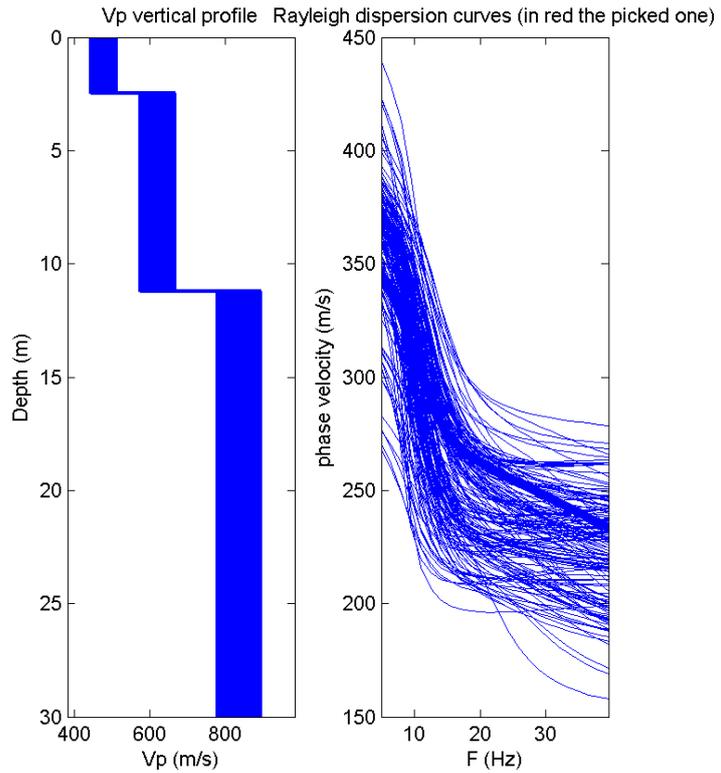


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

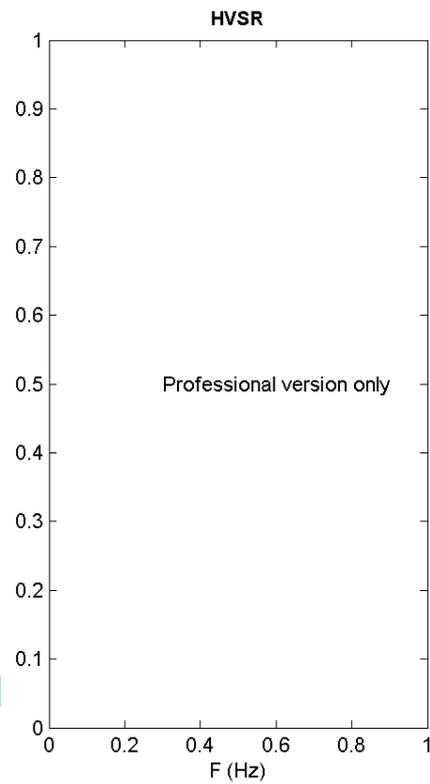
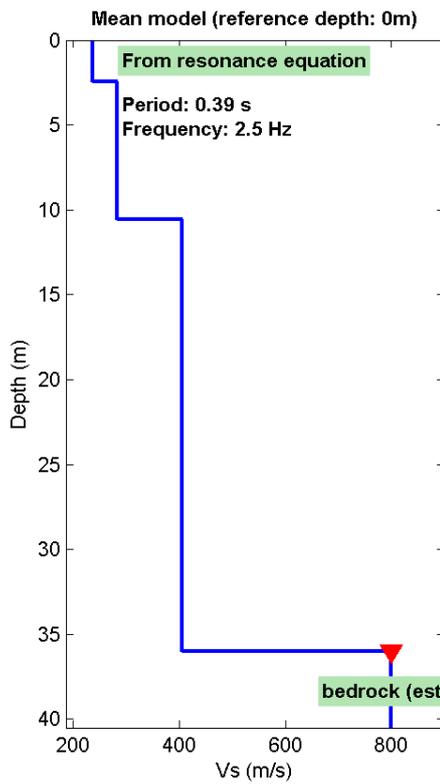


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 18						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr/cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
2,5	236	468	1,87	0,33	277	201
8,1	282	590	1,93	0,35	414	364
	406	816	2,00	0,34	883	674

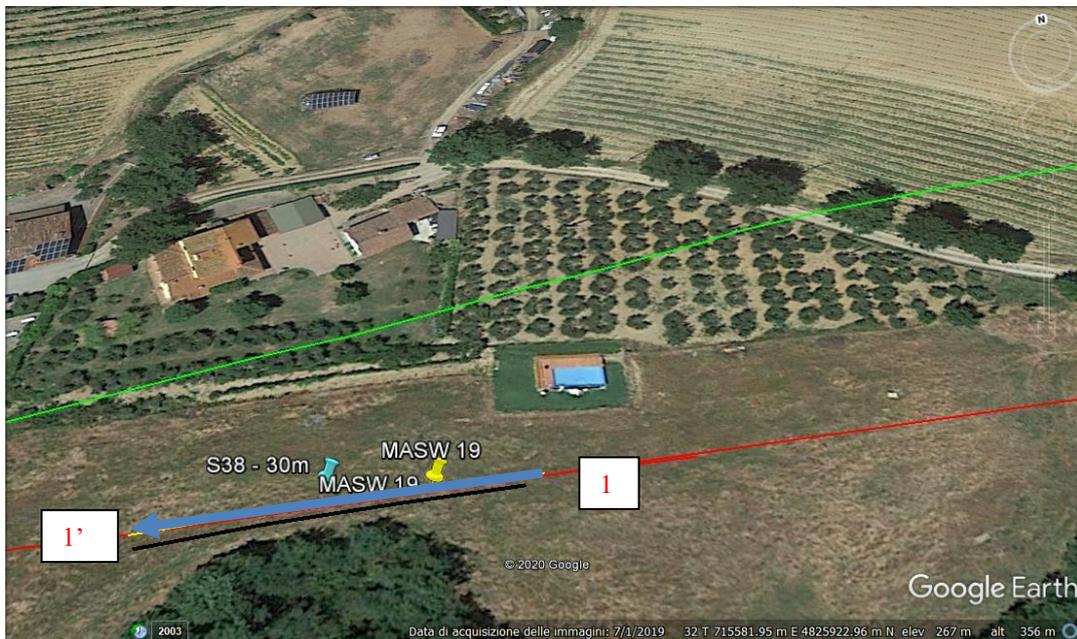
Vs Equivalente (m/s): 344,43

Categoria Suolo Tipo: C

SISMICA MASW N.19



UBICAZIONE

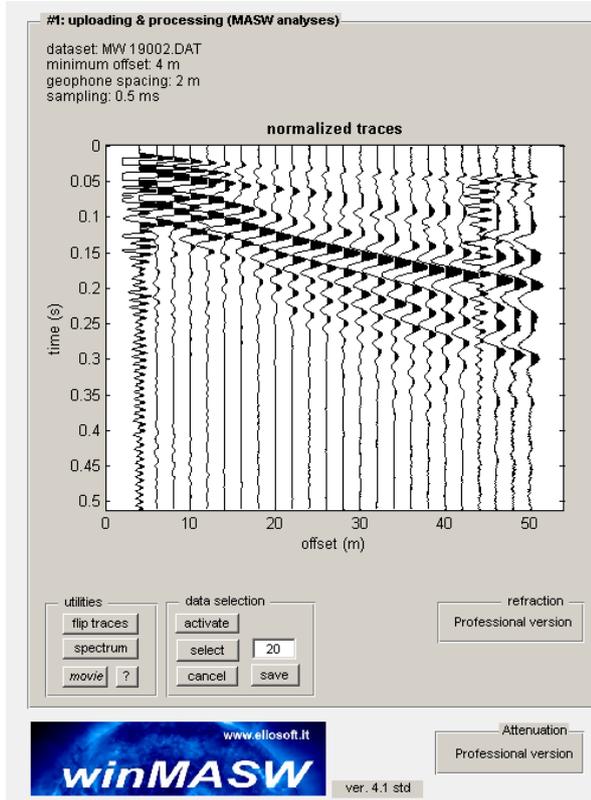


LEGENDA

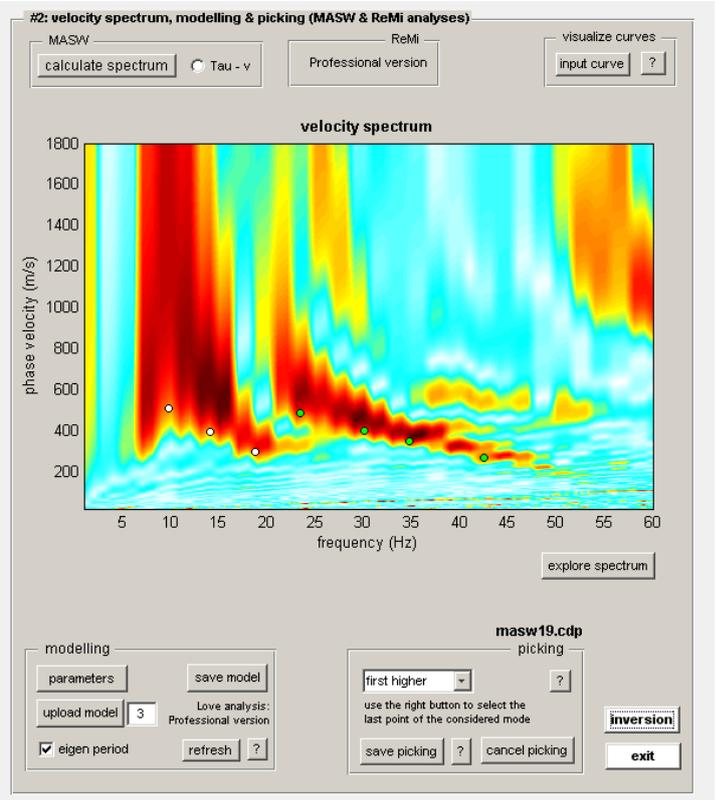
1 → 1' **SIMICA TIPO MASW**

Prospezione Sismica MASW 19

SISMOGRAMMA



SPETTRO FREQUENZA - VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

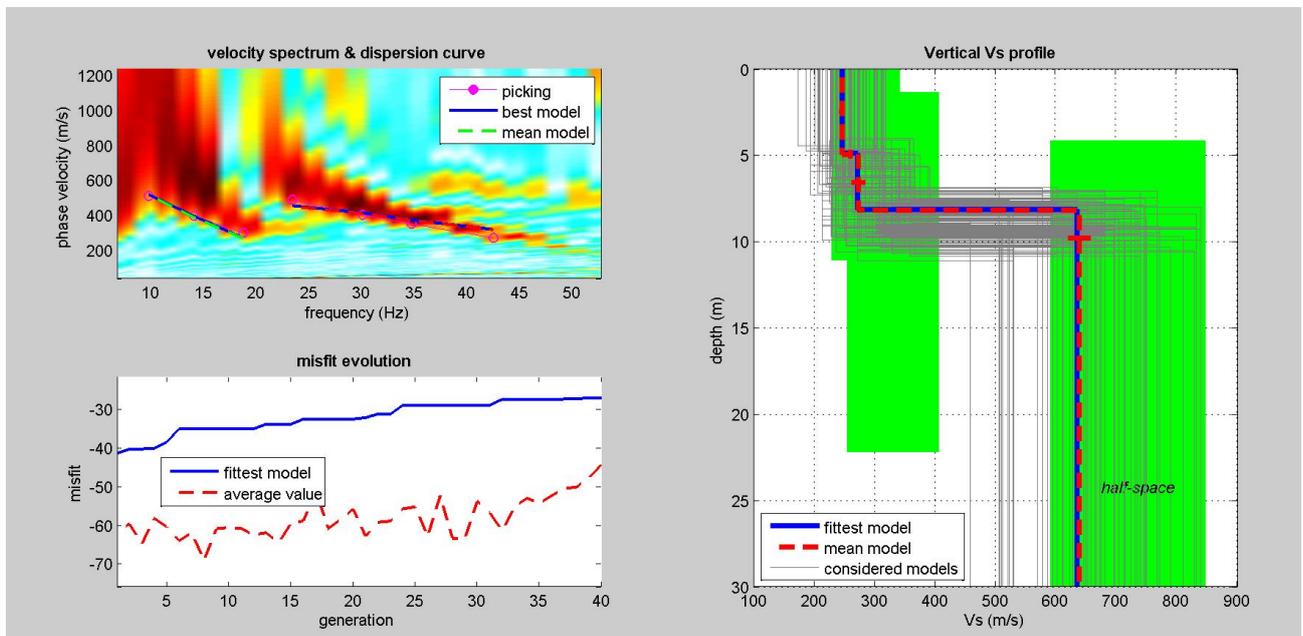


DIAGRAMMA Vs

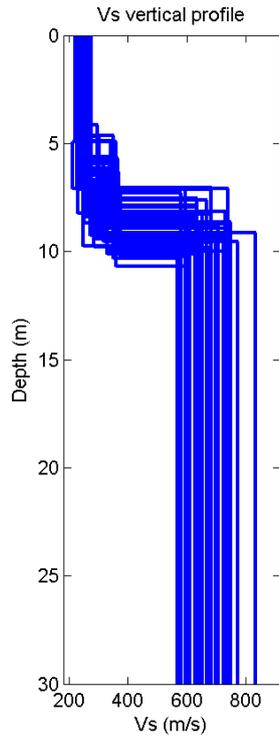
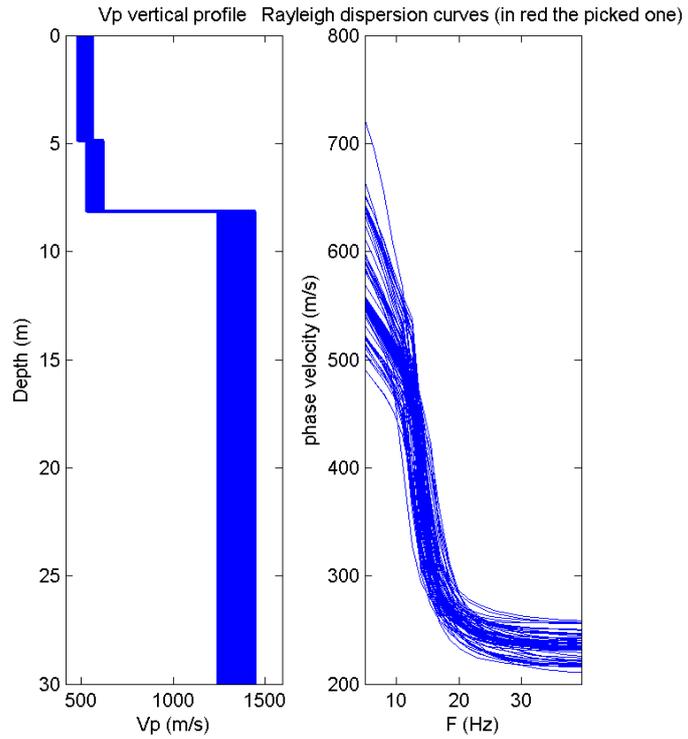


DIAGRAMMA Vp



PERIODO E FREQUENZA DI RISONANZA DEL SITO

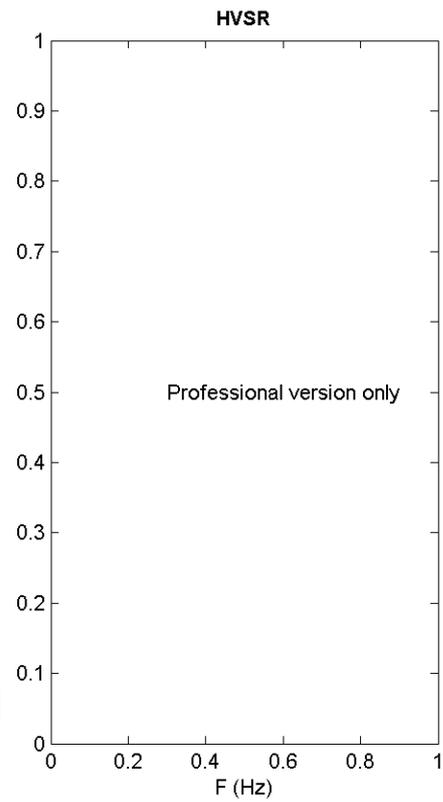
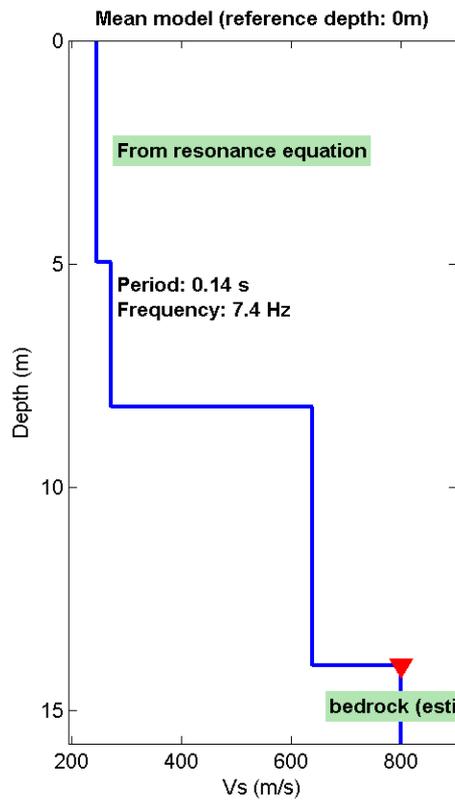


TABELLA RIEPILOGATIVA

MASW N. 19						
SPESSORE (m.)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (gr./cm.C.)	POISSON	YOUNG (Mpa)	LAME' (Mpa)
5,0	246	549	1,91	0,37	318	344
3,2	273	592	1,93	0,36	392	388
	638	1368	2,13	0,36	2360	2252

Vs Equivalente (m/s): 453,06

Categoria Suolo Tipo: B

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR-17143	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE TOSCANA	RE-GEO-004	
	PROGETTO RIF. MET. SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN 750 (30") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Pag. 18 di 18	Rev. 0

TPIDL: 082669C-100-RT-3210-011

ANNESSO 2 **TOMOGRAFIA SISMICA E GEOELETTRICA**

**STUDIO GEOFISICO A SUPPORTO DEL PROGETTO “RIFACIMENTO
METANODOTTO SANSEPOLCRO – TERRANUOVA BRACCIOLINI DN
750 (30”), DP 75 bar ED OPERE CONNESSE”**

Indagini geofisiche

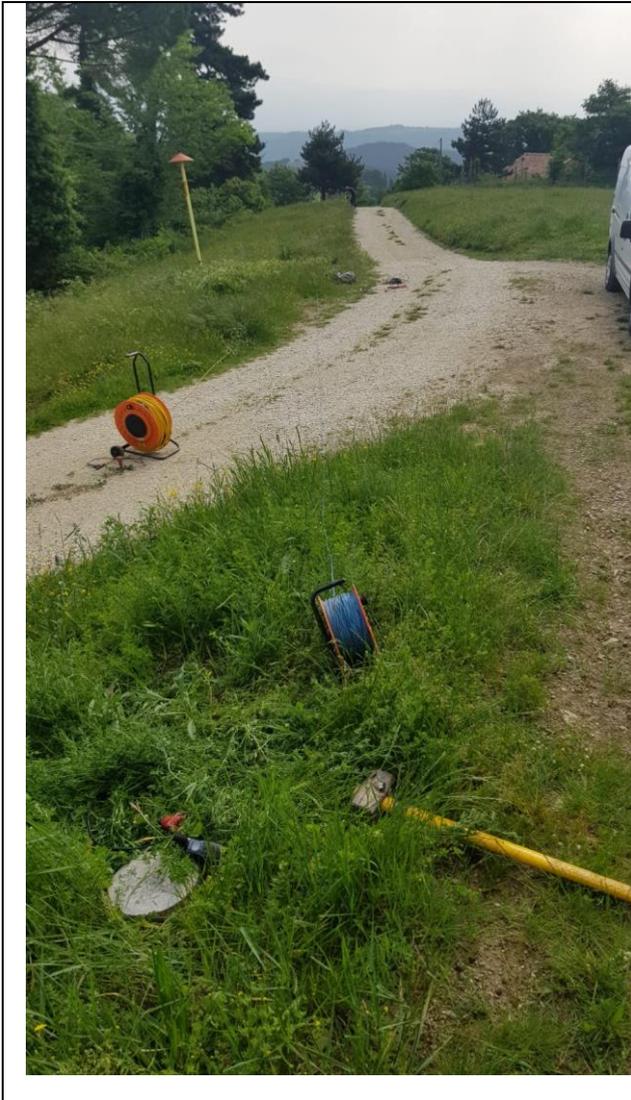


ANNESSE 2
**PROVE SISMICHE ATTIVE TIPO TOMOGRAFIA SISMICA
RIFRAZIONE ASSIALE DI SUPERFICIE (TSRAS) P ED ERT
(Electrical Resistivity Tomography)**

INDICE

1.0 - TOMOGRAFIA SISMICA	6
GEO 3 - ST_1	6
GEO 4 - ST_2	8
GEO 8 - ST_3	9
2.0 -PROSPEZIONE GEO-ELETTRICA TOMOGRAFICA.....	11
GEO 8 - ERT_1.....	11
GEO 5 - ERT_2.....	14
GEO 6 - ERT_3.....	17
GEO 7 - ERT_4.....	20

Foto cantiere





TOMOGRAFIE SISMICHE

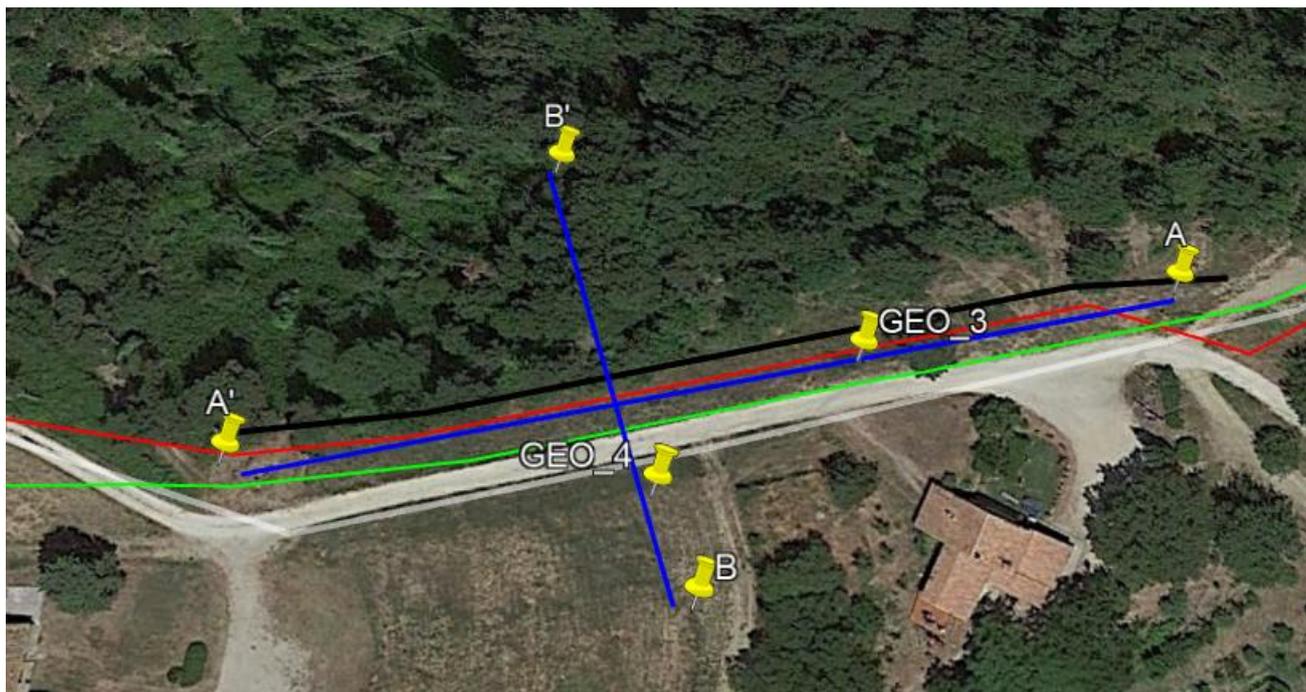


TOMOGRFIA ELETTRICA

1.0 - TOMOGRAFIA SISMICA

Di seguito si riportano, i modelli di velocità normalizzati, i modelli di densità dei raggi sismici e le sezioni sismo-stratigrafiche.

GEO 3 - ST_1



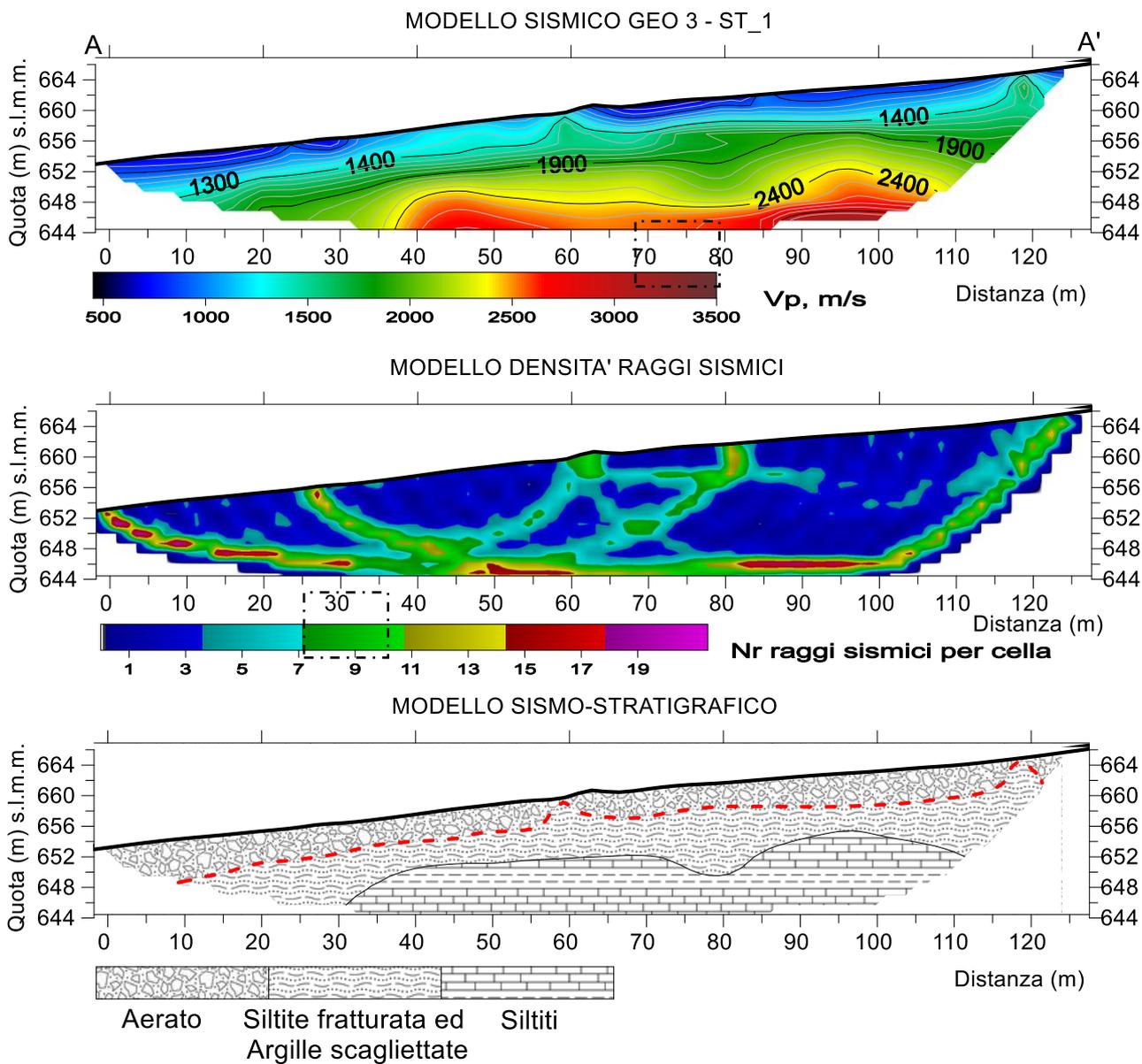


Figura 1. Modello Di Velocità Normalizzato Contour, Modello Densità Raggi Sismici, Modello Sismo-stratigrafico – Linea Sismica ST_1

GEO 4 - ST_2

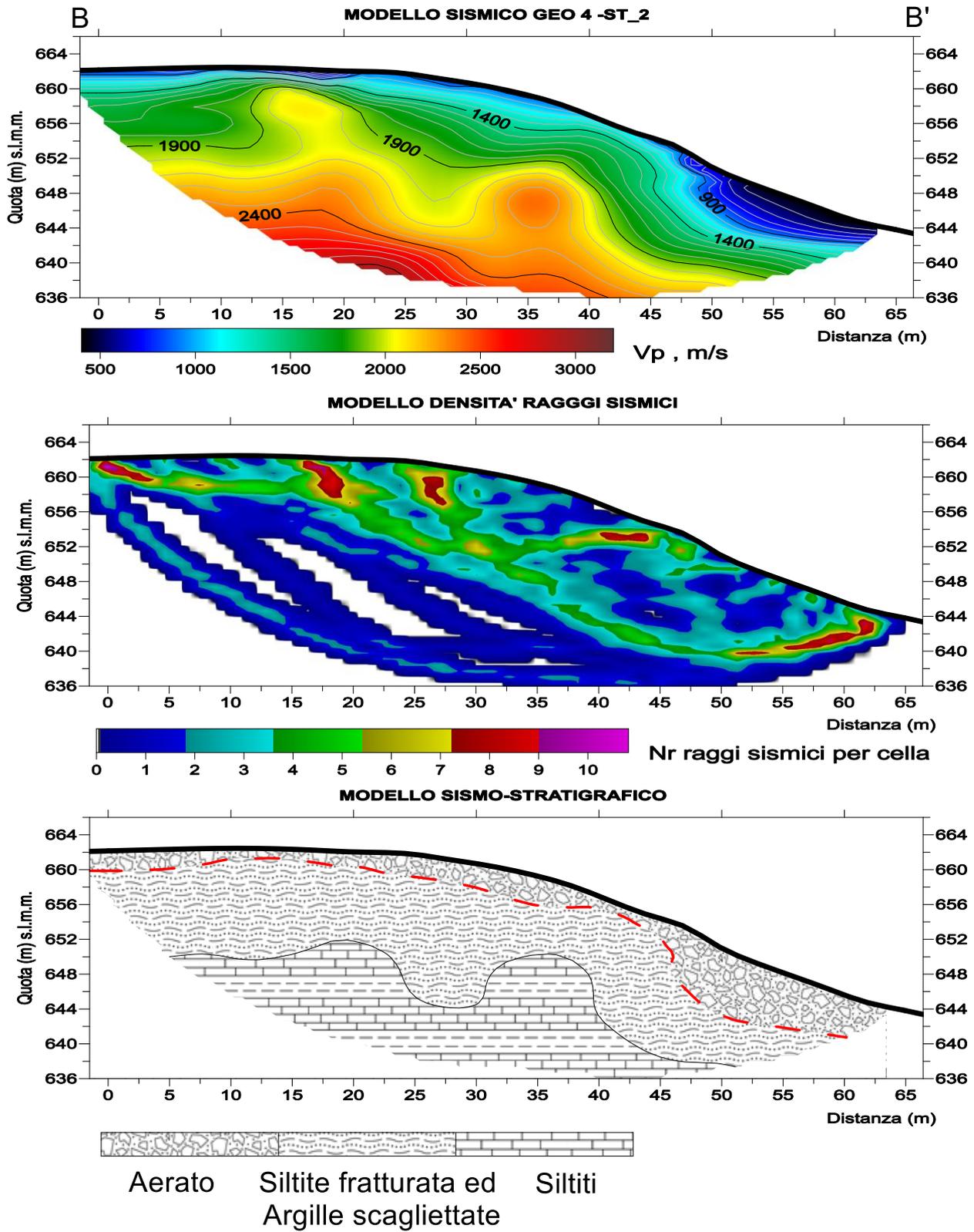
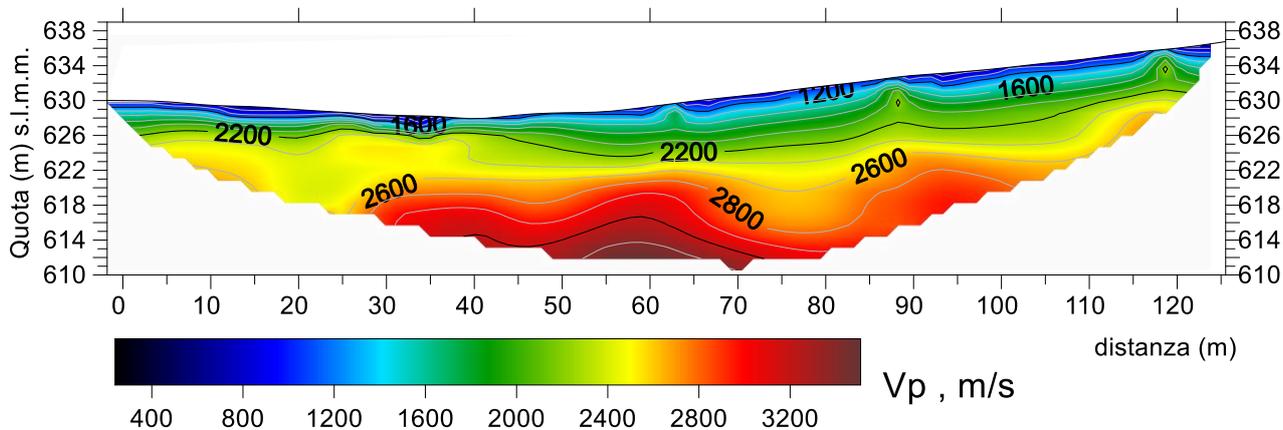


Figura 2. Modello Di Velocità Normalizzato Contour, Modello Densità Raggi Sismici, Modello Sismo-stratigrafico – Linea Sismica ST_2

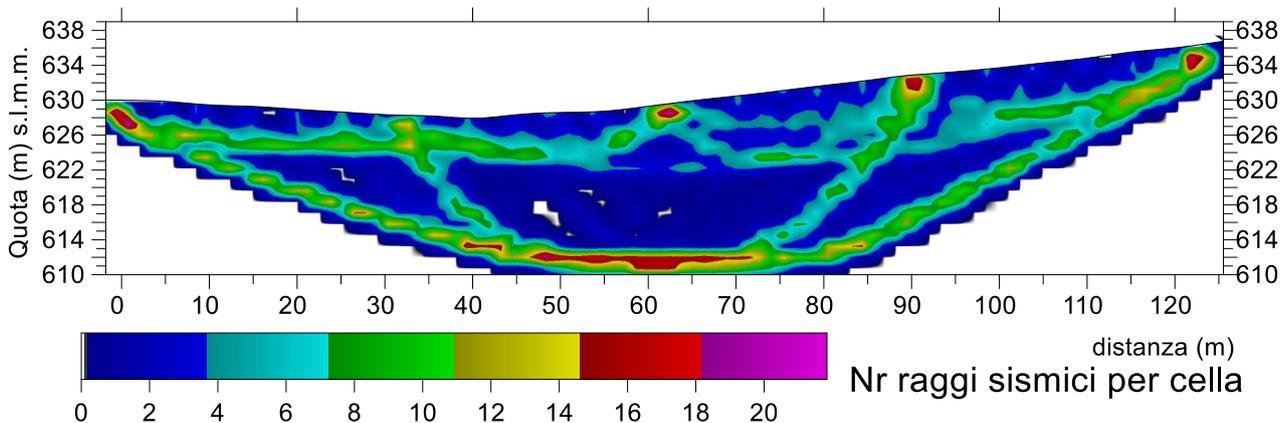
GEO 8 - ST_3



MODELLO SISMICO GEO 8- ST_3



MODELLO DENSITA' RAGGI SISMICI



MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO

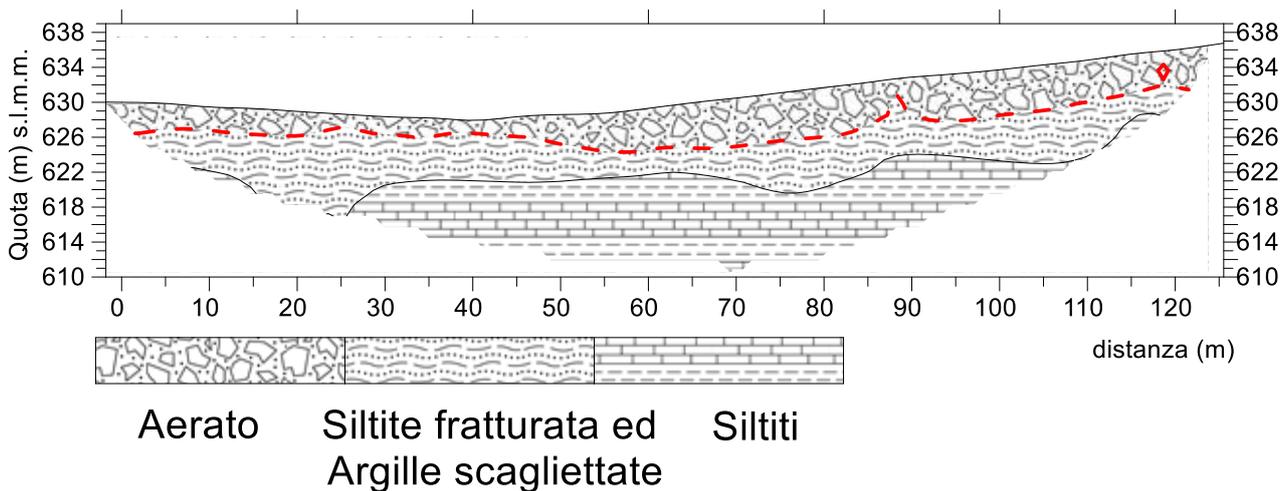


Figura 3. Modello Di Velocità Normalizzato Contour, Modello Densità Raggi Sismici, Modello Sismo-stratigrafico – Linea Sismica ST_3

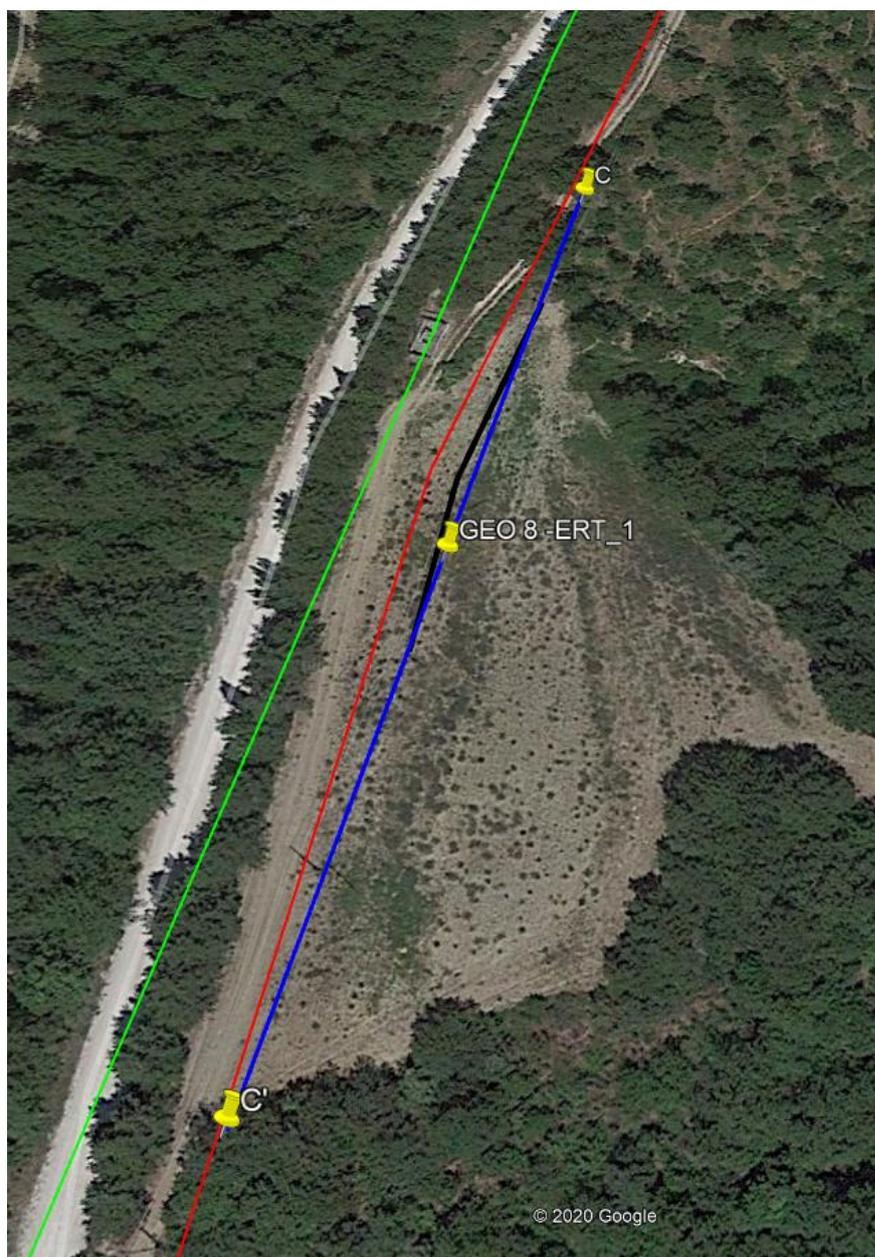
2.0 -PROSPEZIONE GEO-ELETTRICA TOMOGRAFICA

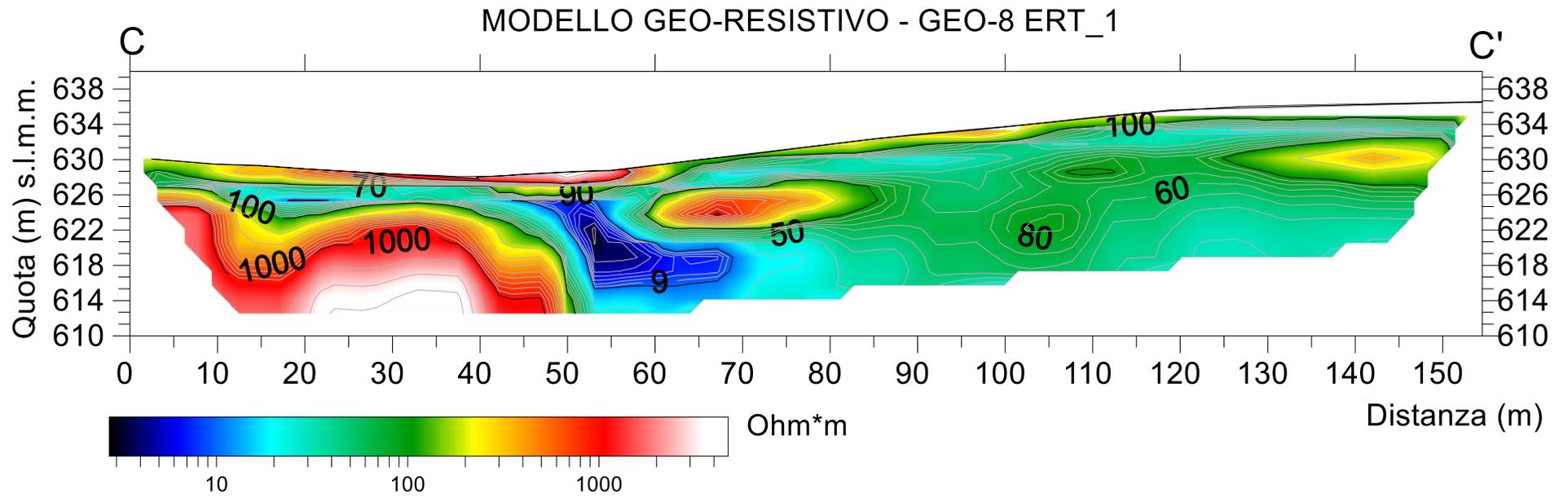
Di seguito si riportano i risultati delle linee elettro-tomografiche.

GEO 8 - ERT_1

La linea geoelettrica ERT_1 si sviluppa per una lunghezza complessiva pari a 160 m.

Il modello geo-resistivo è caratterizzato da una netta variazione di resistività laterale intercettata a circa 50 metri di distanza dall'origine del transetto elettrico. In tale area si rileva una conduttività che potrebbe essere indice di un drenaggio preferenziale delle acque sotterranee.





MODELLO ELETTROSTRATIGRAFICO

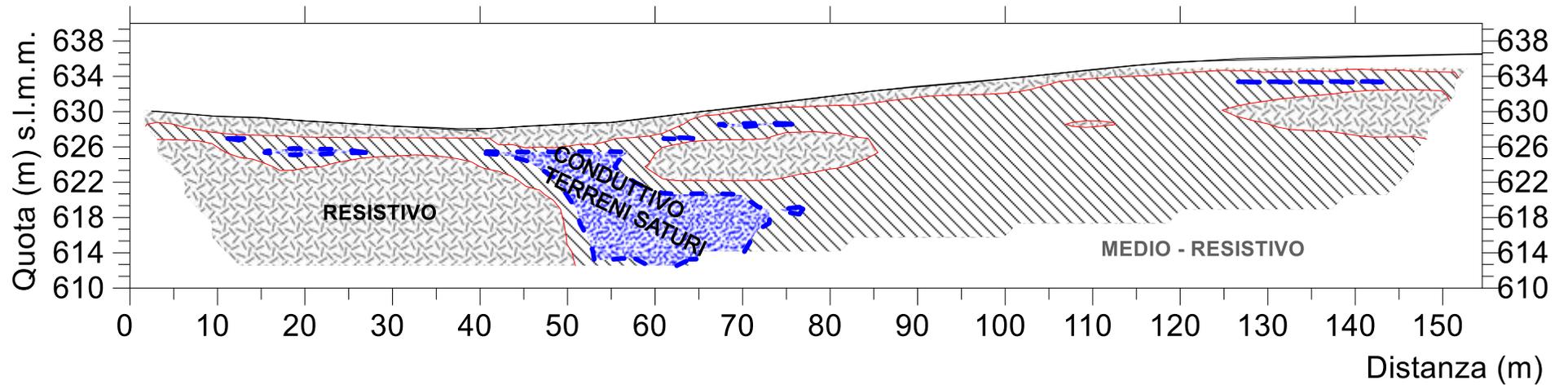
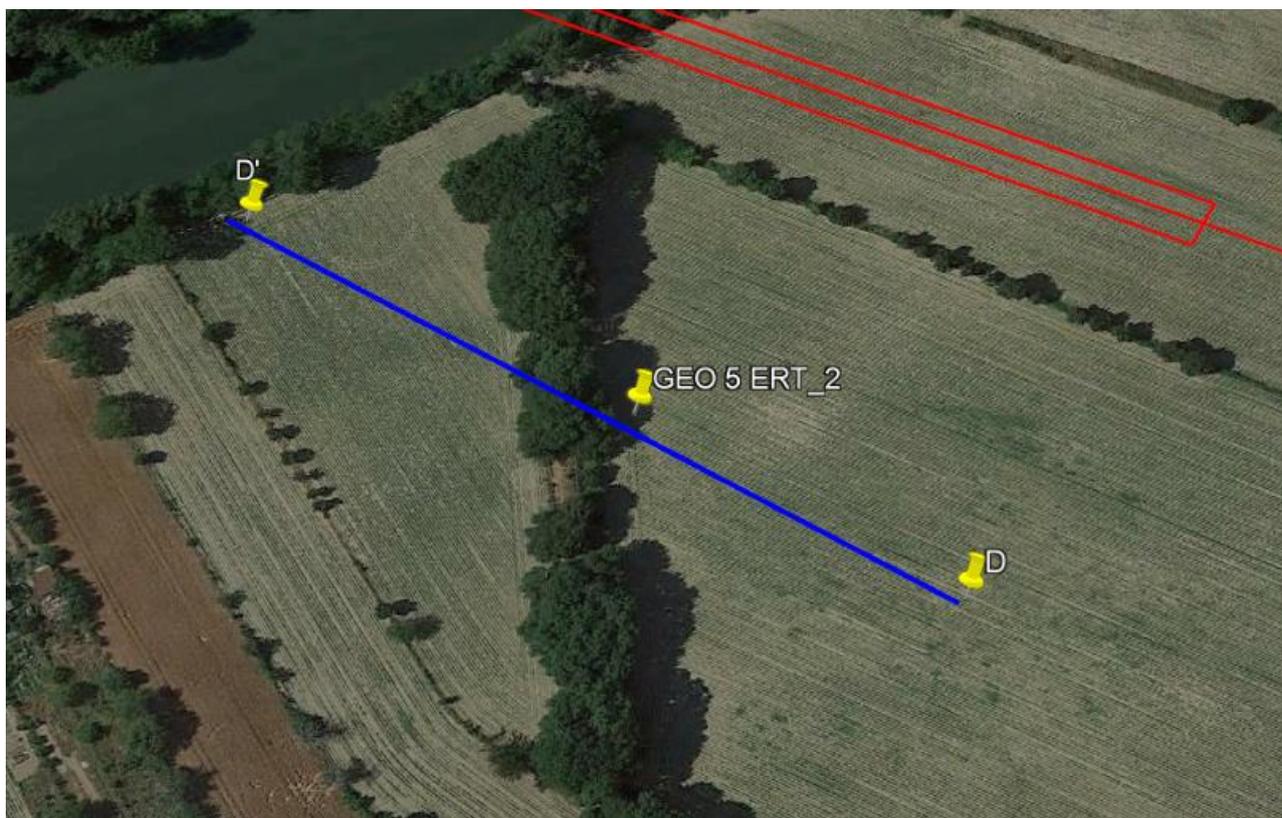


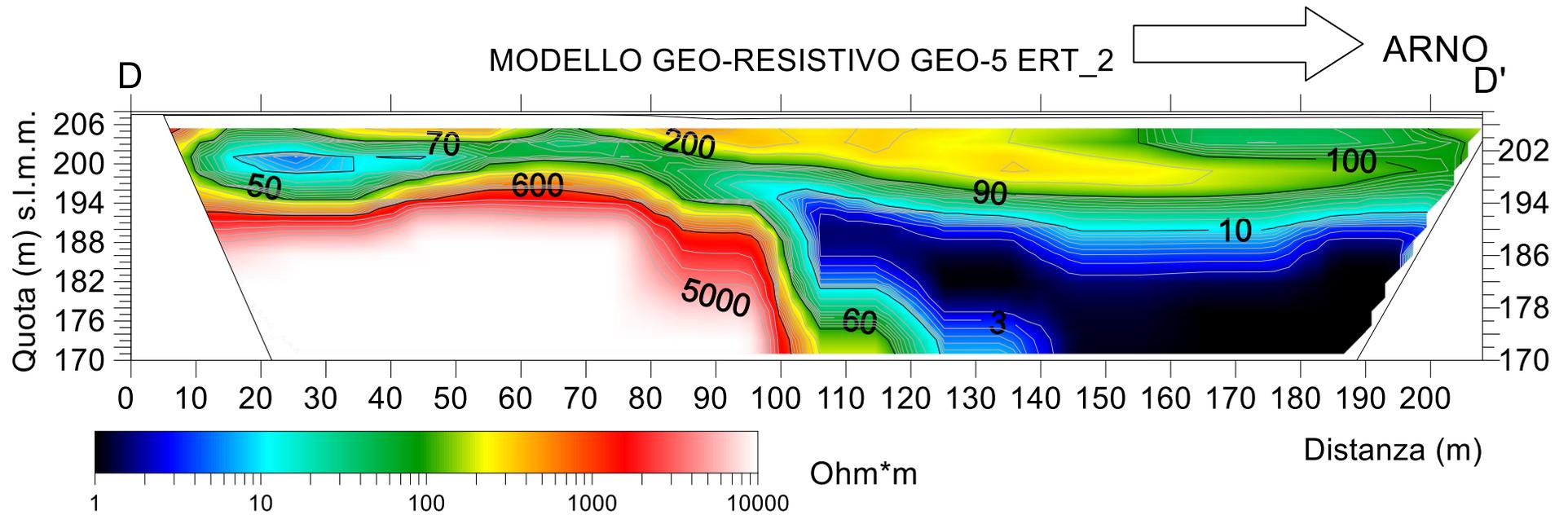
Figura 4 – Sezione elettro-tomografica ed elettro-stratigrafica



GEO 5 - ERT_2

La linea geoelettrica GEO 5-ERT_2 è stata eseguita per una lunghezza pari a 220 m in direzione ESE-ONO. Nel complesso il modello geoelettrico è dato da una copertura medio-resistiva potente pari a circa 10 metri che ricopre elettrostrati resistivi e conduttivi. In particolare, si osserva un netto passaggio laterale a circa 100 metri di distanza dall'origine che segna il passaggio a terreni conduttivi, il cui spessore aumenta procedendo verso la sponda del fiume Arno.





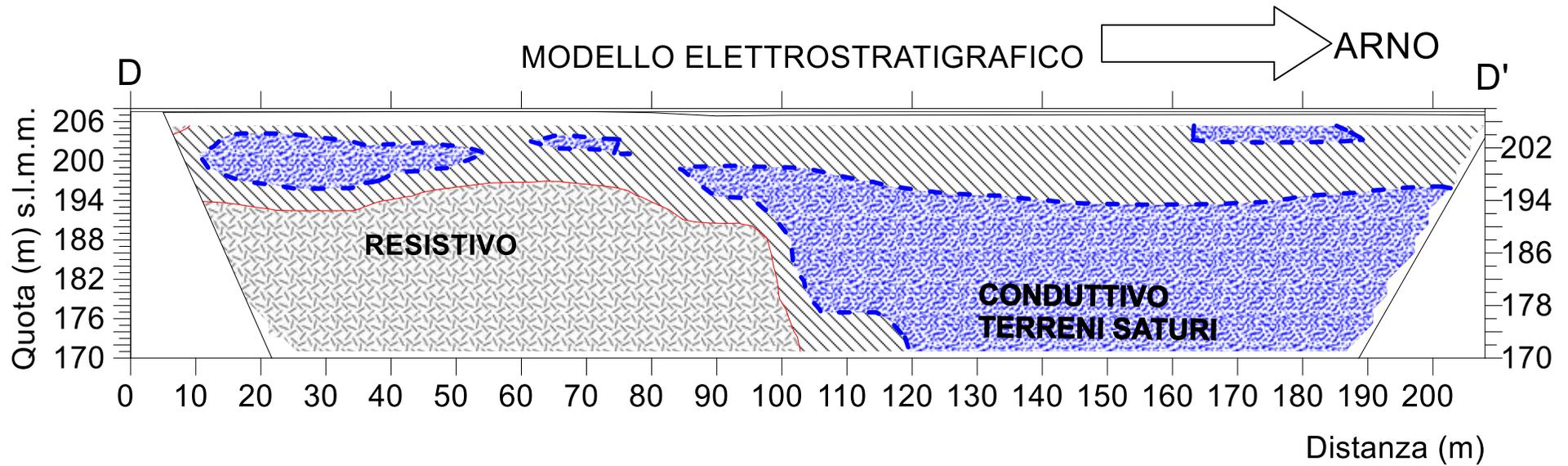
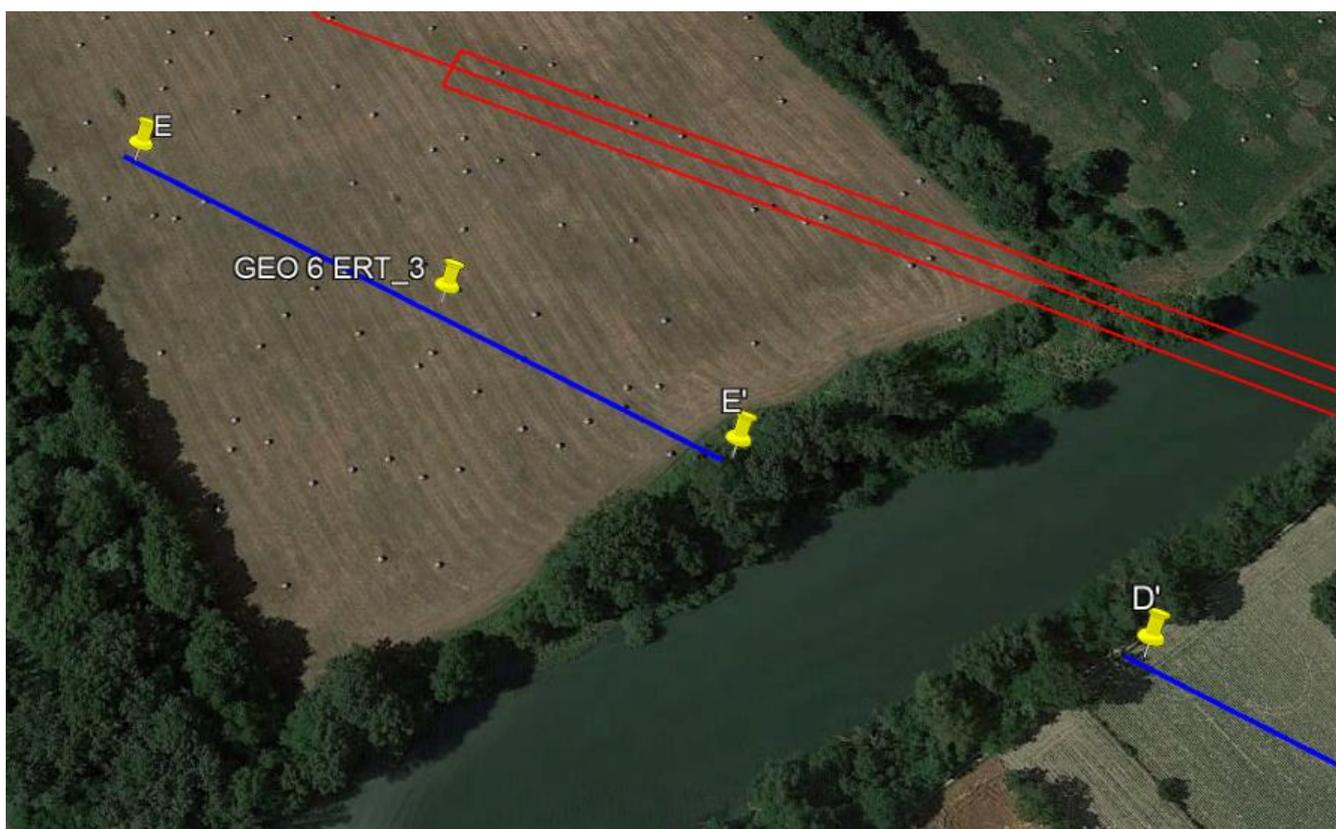


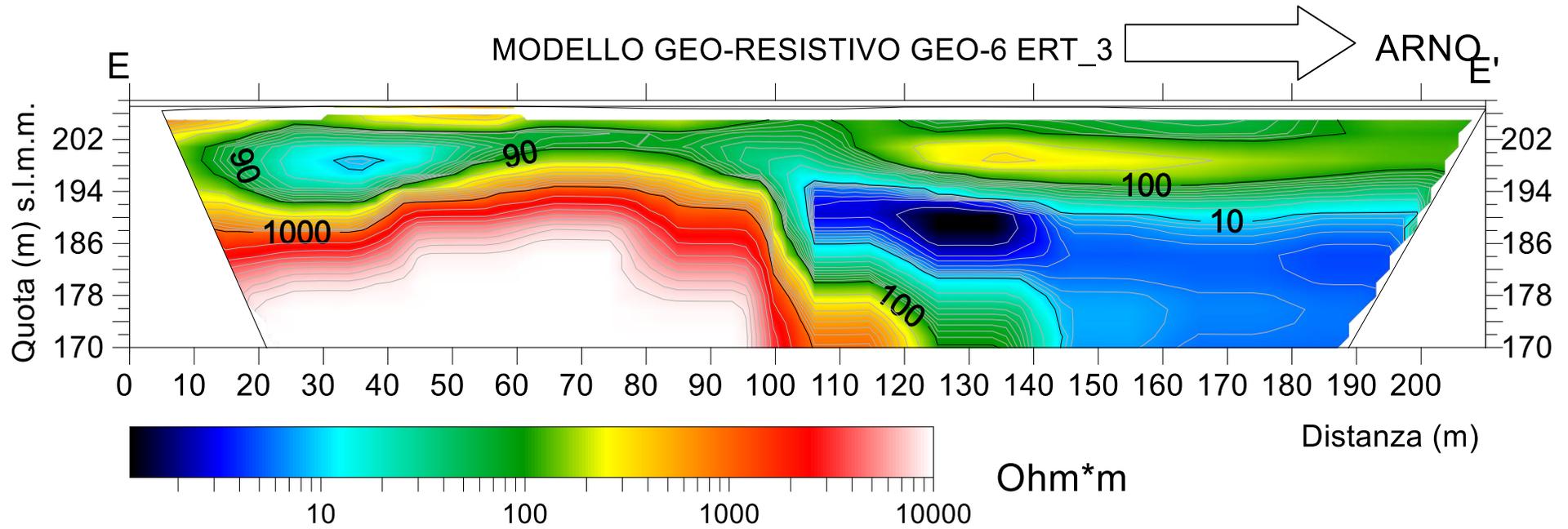
Figura 5 – Sezione elettro-tomografica ed elettro-stratigrafica



GEO 6 - ERT_3

La linea geoelettrica GEO 6-ERT_3 è stata eseguita per una lunghezza pari a 220 m in direzione ONO-ESE. Anche lungo tale transetto geoelettrico si individua una copertura medio-resistiva potente pari a circa 10 metri che ricopre elettrostrati resistivi e conduttivi. In particolare, si osserva a circa 110 metri di distanza dall'origine il passaggio a terreni conduttivi. Lo spessore dei terreni conduttivi aumenta procedendo verso la sponda del fiume Arno.





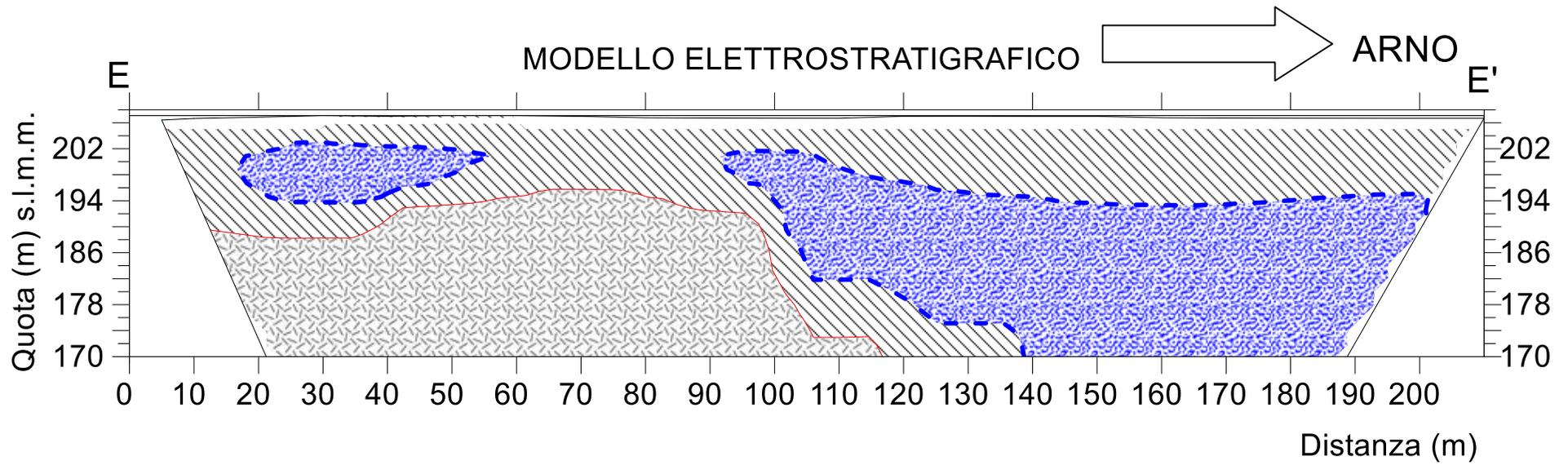
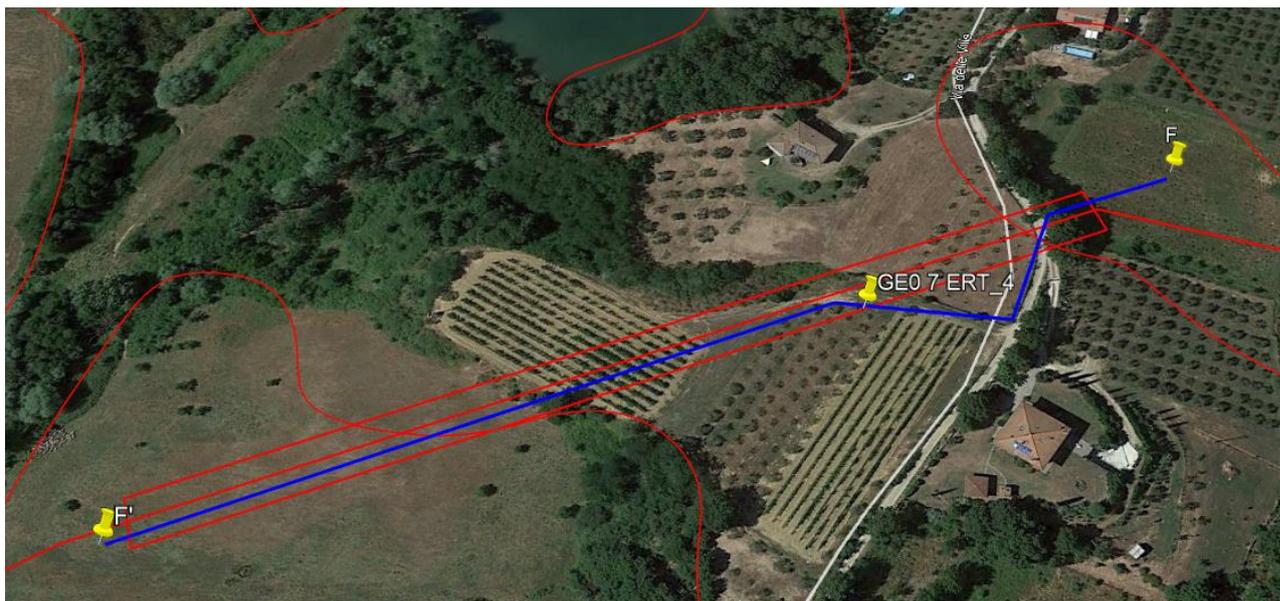


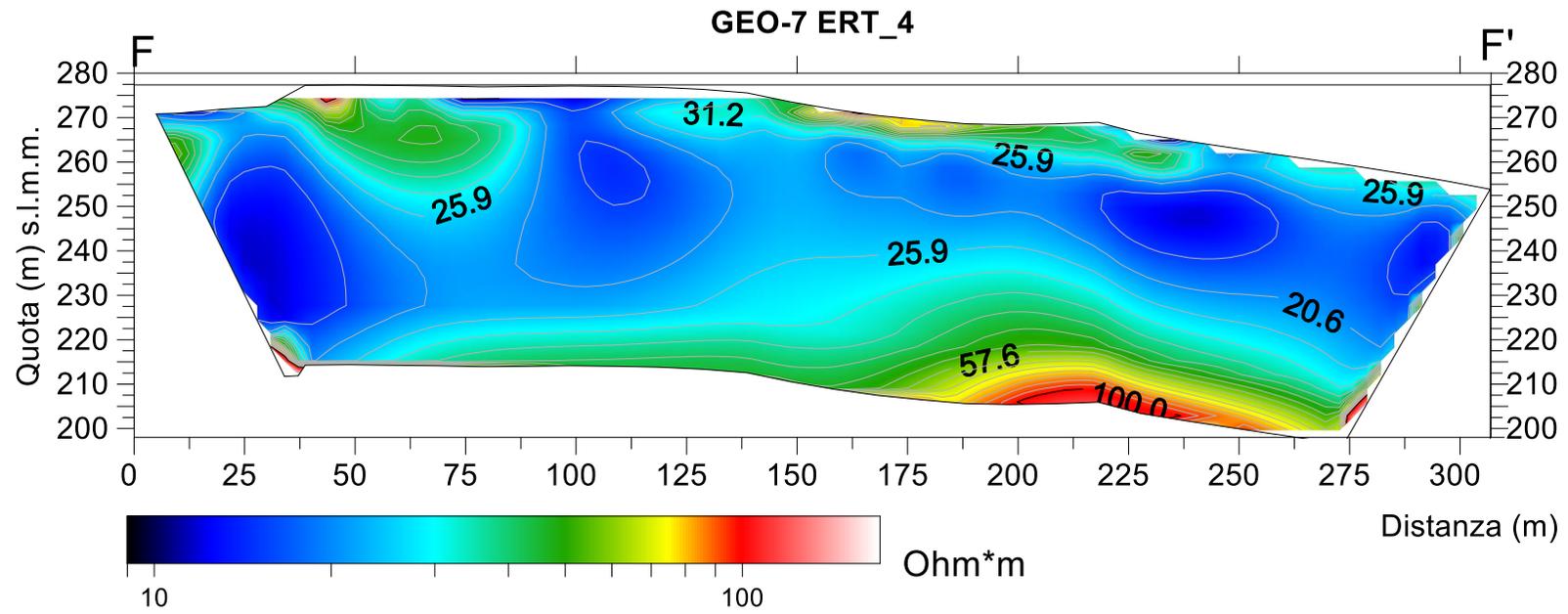
Figura 6 – Sezione elettro-tomografica ed elettro-stratigrafica



GEO 7 - ERT_4

La linea geoelettrica GEO 7-ERT_4 è stata eseguita per una lunghezza pari a 320 m. Il modello geo-resistivo è riconducibile ad un blocco conduttivo con una copertura discontinua resistiva. A circa 230 (m) s.l.m. si passa verticalmente a terreni relativamente resistivi.





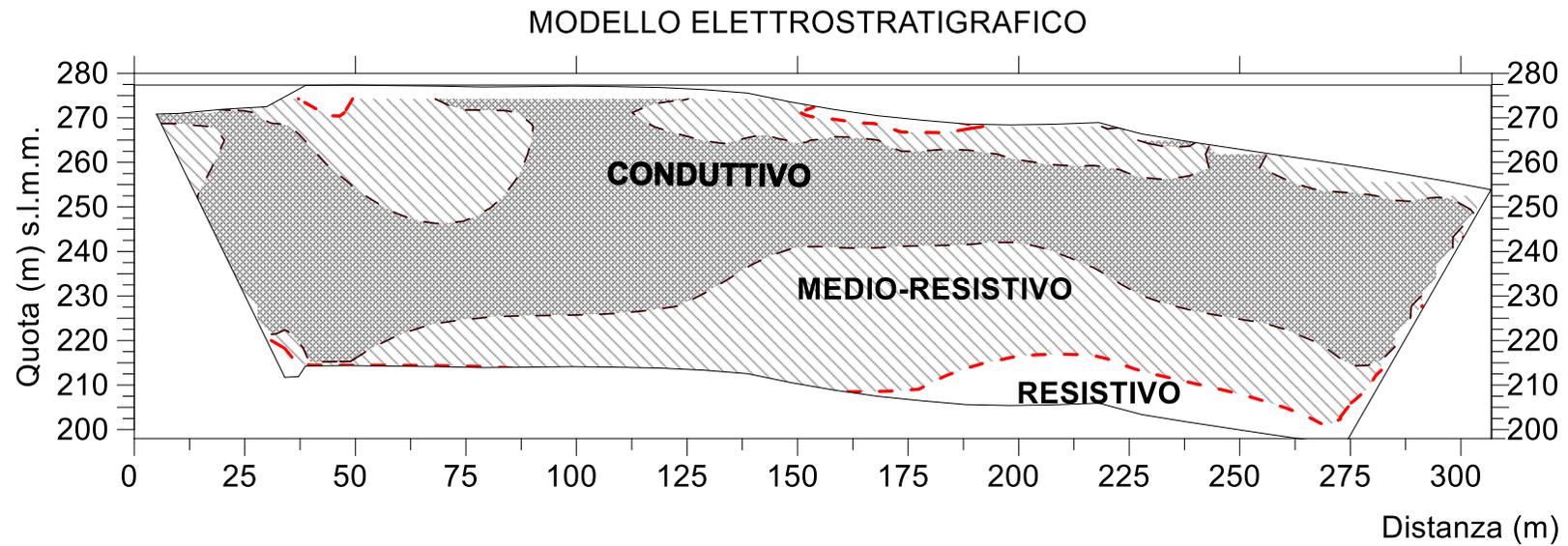


Figura 7 – Sezione elettro-tomografica ed elettro-stratigrafica

