

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOFISICHE LINEARI

MASW / SRT / ERT / WiDEPI



COMUNE DI VECCHIANO PIANO STRUTTURALE

maggio 2025

Sindaco:

Massimiliano Angori

Dirigente:

Manuela Riccomini

Responsabile del Procedimento:

Simona Coli

Gruppo di lavoro interno:

Oriana Carrano

Federico Carbognani

Federico Carmignani

Daniel Del Carlo

Katiussica Fruzzetti

Anita Giannarelli

Gabriele Leone

Maurizio Marchetti

Alessio Tramonti

Progettazione:

Studio Associato di Urbanistica e Architettura

Gianni Maffei Cardellini, Alberto Montemagni

Collaborazioni specialistiche di supporto:

Supporto progetto urbanistico: Dario Franchini

Studi geologici: Studio GS - Geologia Sostenibile, Roberto Balatri

Studi idrologici idraulici: Società Hydrogeo Ingegneria srl, Giacomo Gazzini

Studi agronomici: Enrico Bonari

Valutazione Ambientale Strategica: Elisabetta Norci

Garante dell'Informazione e Partecipazione: Luigi Josi

Supporto alla partecipazione: Sociolab S.c.a.r.l.- Impresa Social

Supporto amministrativo: Francesca Falconi – Claudia Strusi

Relazione misure MASW per definizione profilo verticale V_s e parametro V_{s30} pag. 4

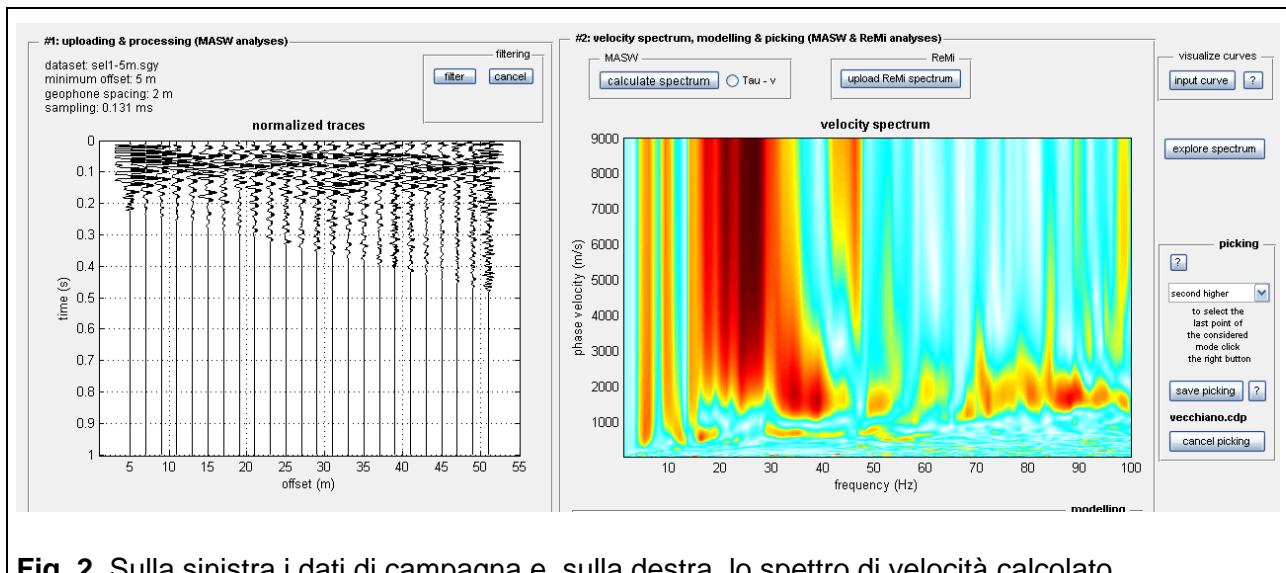


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

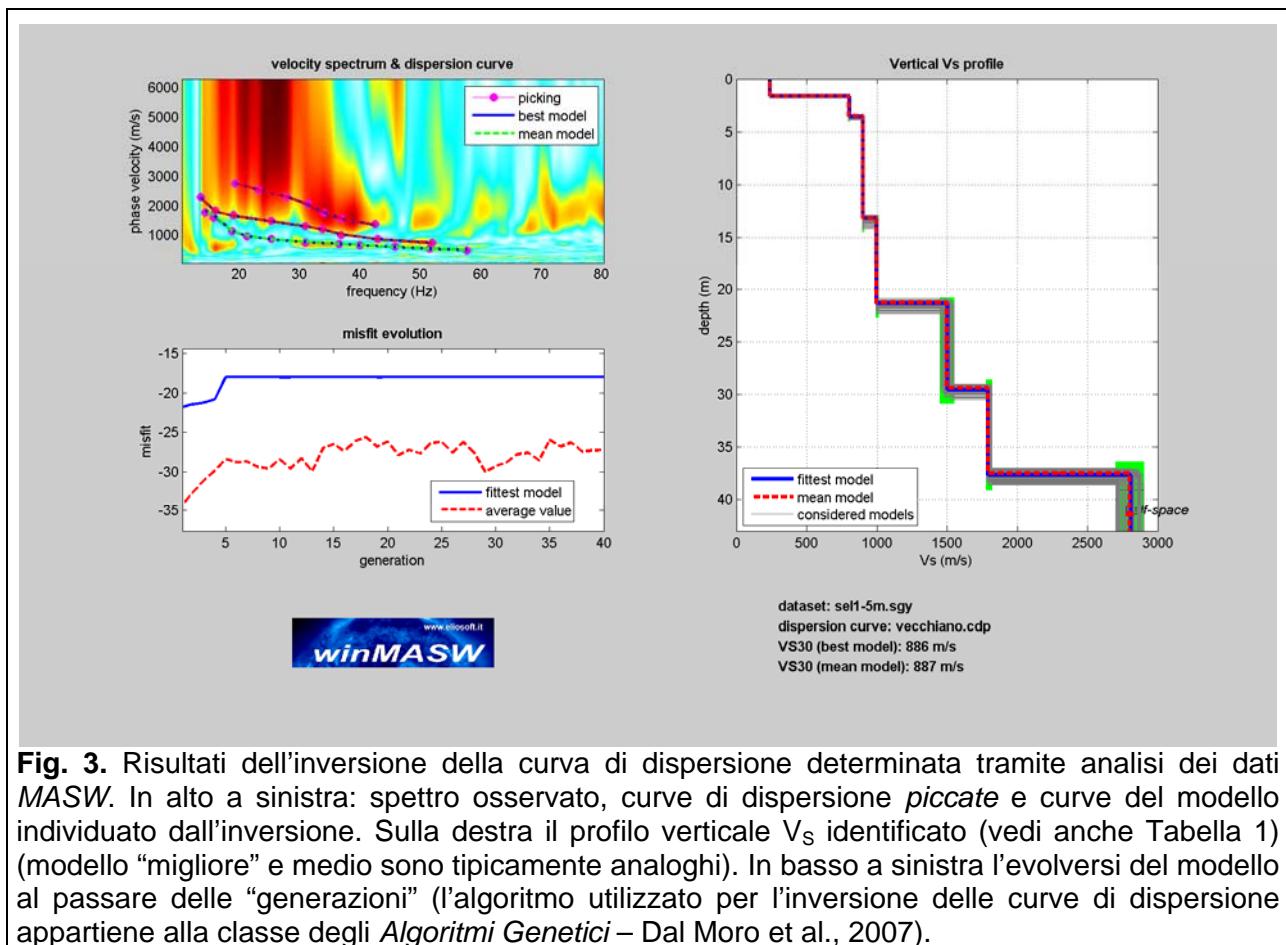


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	V_s (m/s)	Modulo di taglio (MPa)
1.6	238 ± 1	107
1.9	801 ± 3	1398
9.7	903 ± 2	1800
8.1	998 ± 3	2223
8.1	1502 ± 13	5260
8.1	1793 ± 8	7635
<i>semispazio</i>	2802 ± 26	19298

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo (V_{s30} riferita al piano campagna: 887 m/s).

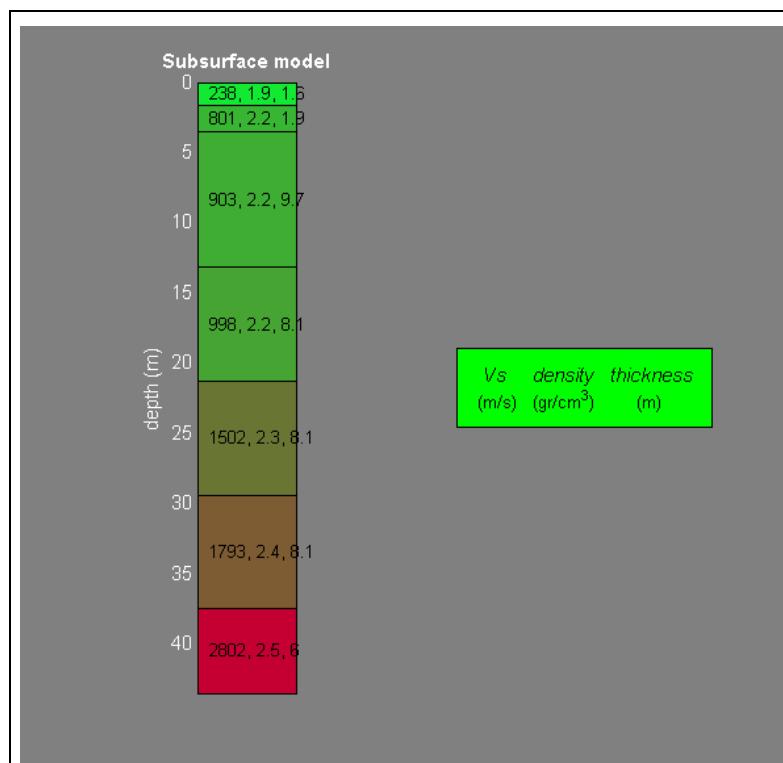


Fig. 4. Profilo verticale della V_s sino alla profondità di 30m.

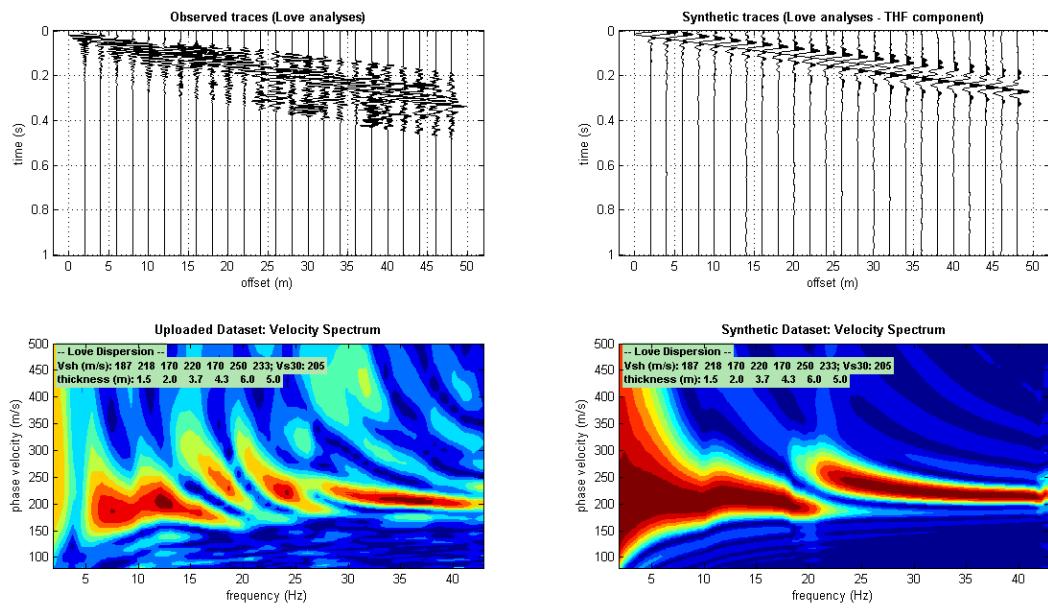
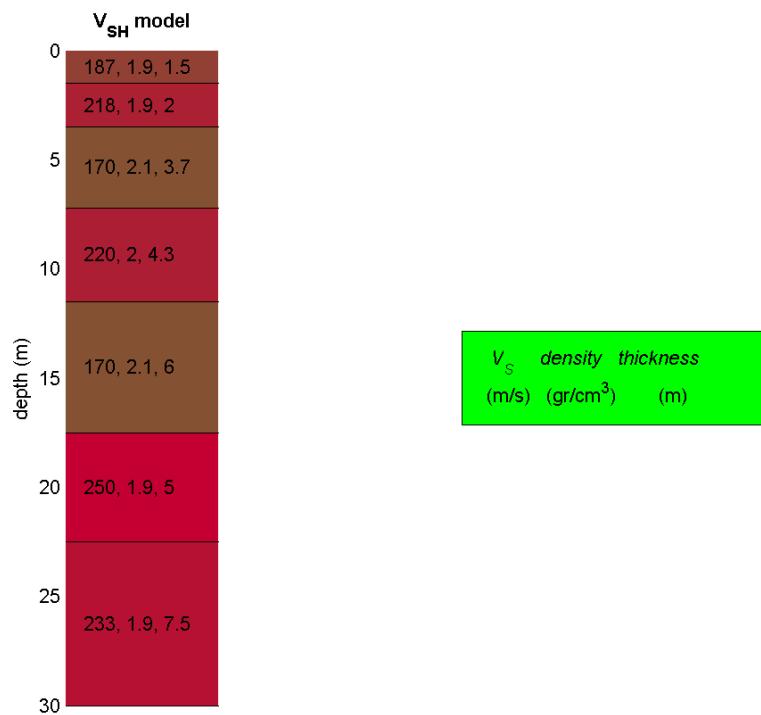


Fig. 3 - Sulla sinistra i dati di campagna (Love), sulla destra i dati relativi al modello sintetico identificato tramite *full-waveform inversion*.

Spessore (m)	V_s (m/s)
1.5	187
2.0	218
3.7	170
4.3	220
6.0	170
5.0	250
<i>Semi-spazio</i>	233

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo
(V_{s30} riferita al piano campagna: 205m/s)



Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh e di Love a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} , risultato pari a 205m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

Sarà cura del professionista geologo incaricato, anche sulla base delle conoscenze geologico-stratigrafiche dell'area, agli esiti delle prove geognostiche eseguite, classificare il terreno di fondazione dell'opera in oggetto secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia.

Riferimenti

- Dal Moro G., 2010a, Joint Analysis of Rayleigh- and Love-Wave Dispersion Curves for Near-Surface Studies: Issues, Criteria and Improvements, pronto per l'invio alla rivista *Pure and Applied Geophysics*
- Dal Moro G., 2010b, Insights on Surface-Wave Dispersion Curves and HVSR: Joint Analysis via Pareto Optimality, *J. Appl. Geophysics* (DOI information: 10.1016/j.jappgeo.2010.08.004)
- Dal Moro G., 2008, VS and VP Vertical Profiling via Joint Inversion of Rayleigh Waves and Refraction Travel Times by means of Bi-Objective Evolutionary Algorithm, *J. Appl. Geophysics*, 66, 15-24
- Dal Moro G. & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curves and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81
- Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, *Geophysics*, 64, 3; 800-808
- Herrmann R.B. 2003, Computer Programs in Seismology. Open files (<http://www.eas.slu.edu/People/RBHerrmann/CPS330.html>)
- O'Neill A., Dentith M., List R., 2003, Full-waveform P-SV reflectivity inversion of surface waves for shallow engineering applications, *Exploration Geophysics*, 34, 158-173

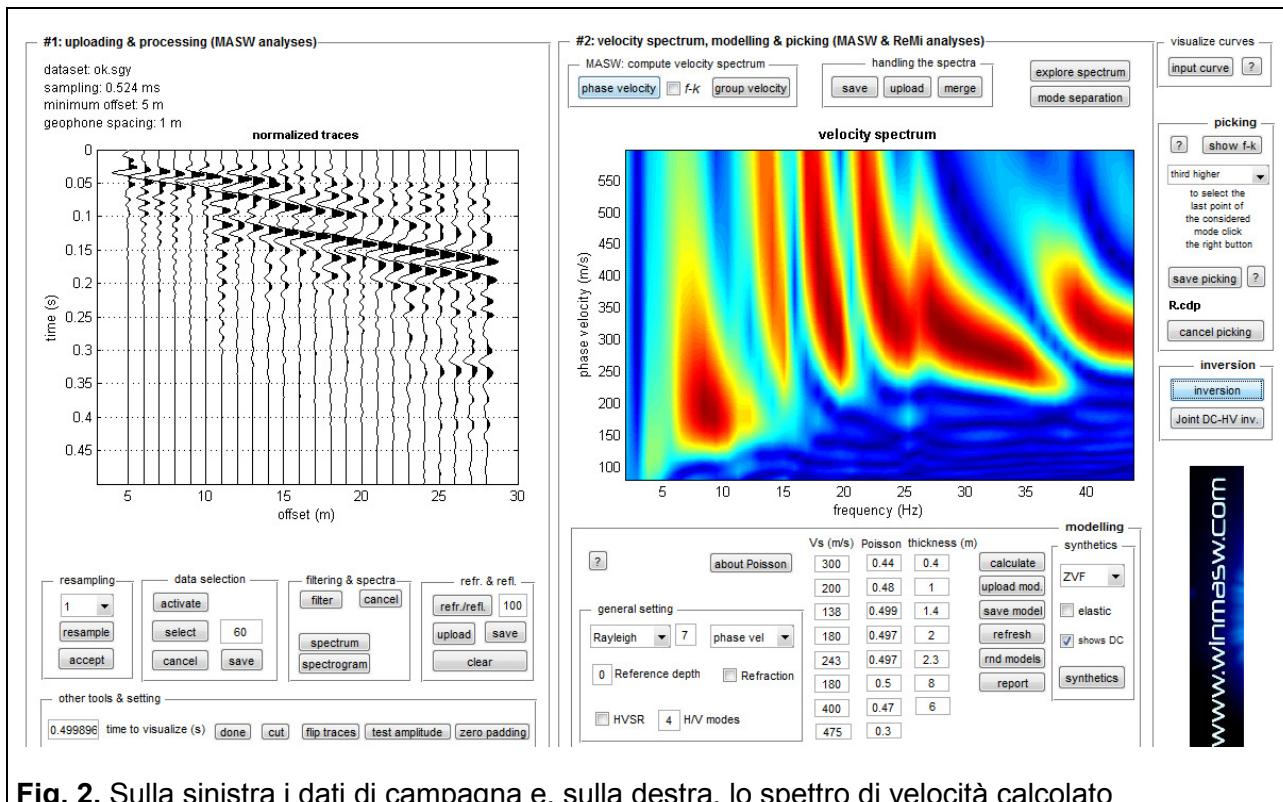


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

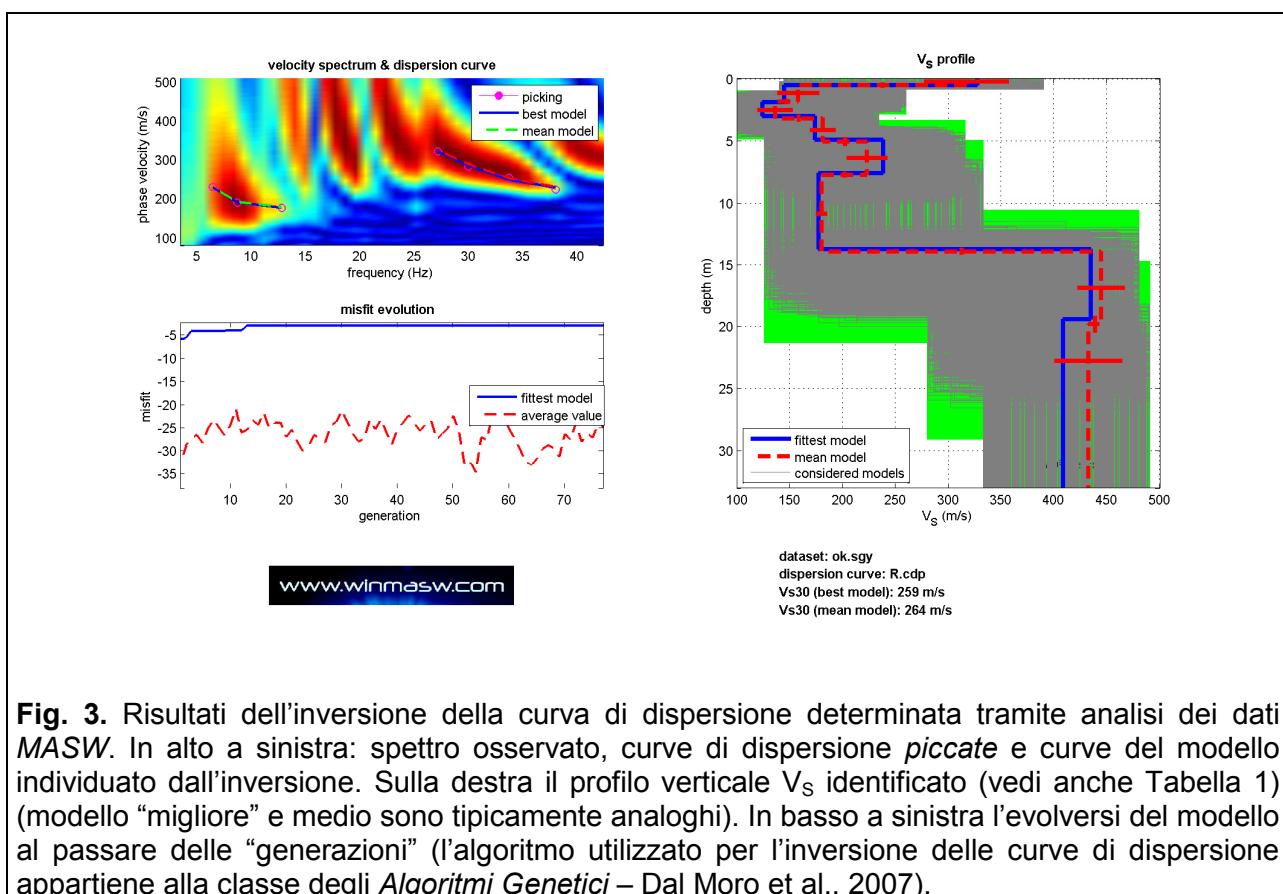


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	V_s (m/s)
0.5	317
1.3	158
1.4	136
1.9	181
2.7	223
6.2	180
5.9	444
<i>Semi-spazio</i>	432

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo (V_{s30} riferita al piano campagna: 264m/s).

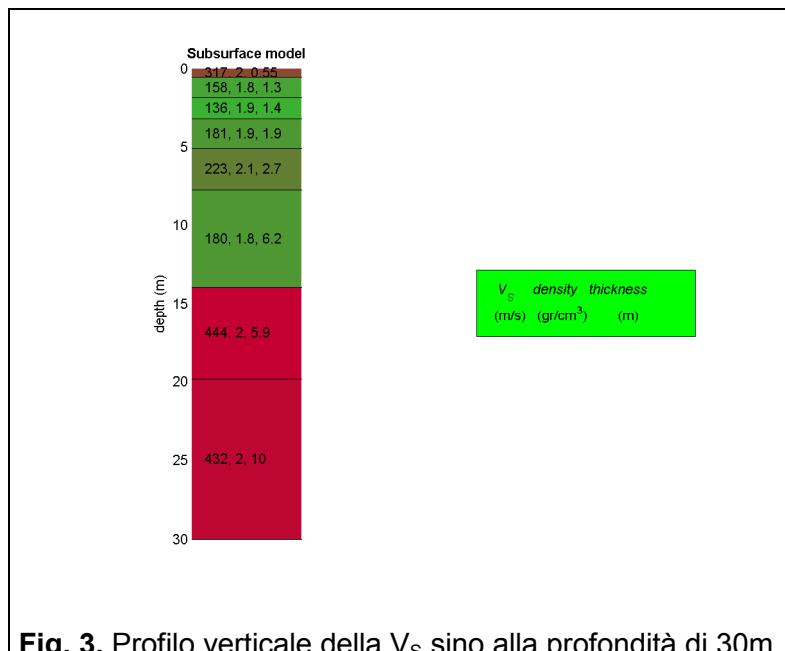


Fig. 3. Profilo verticale della V_s sino alla profondità di 30m.

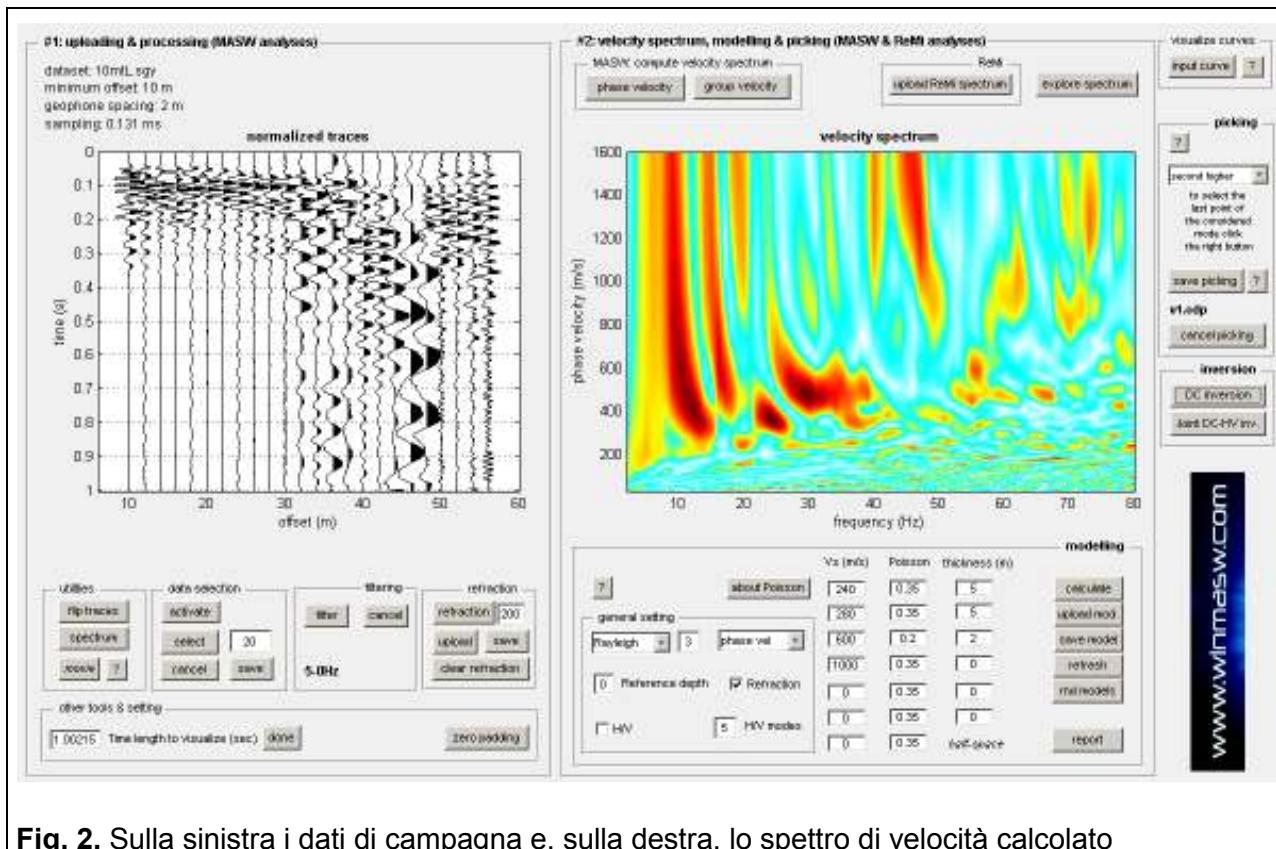


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

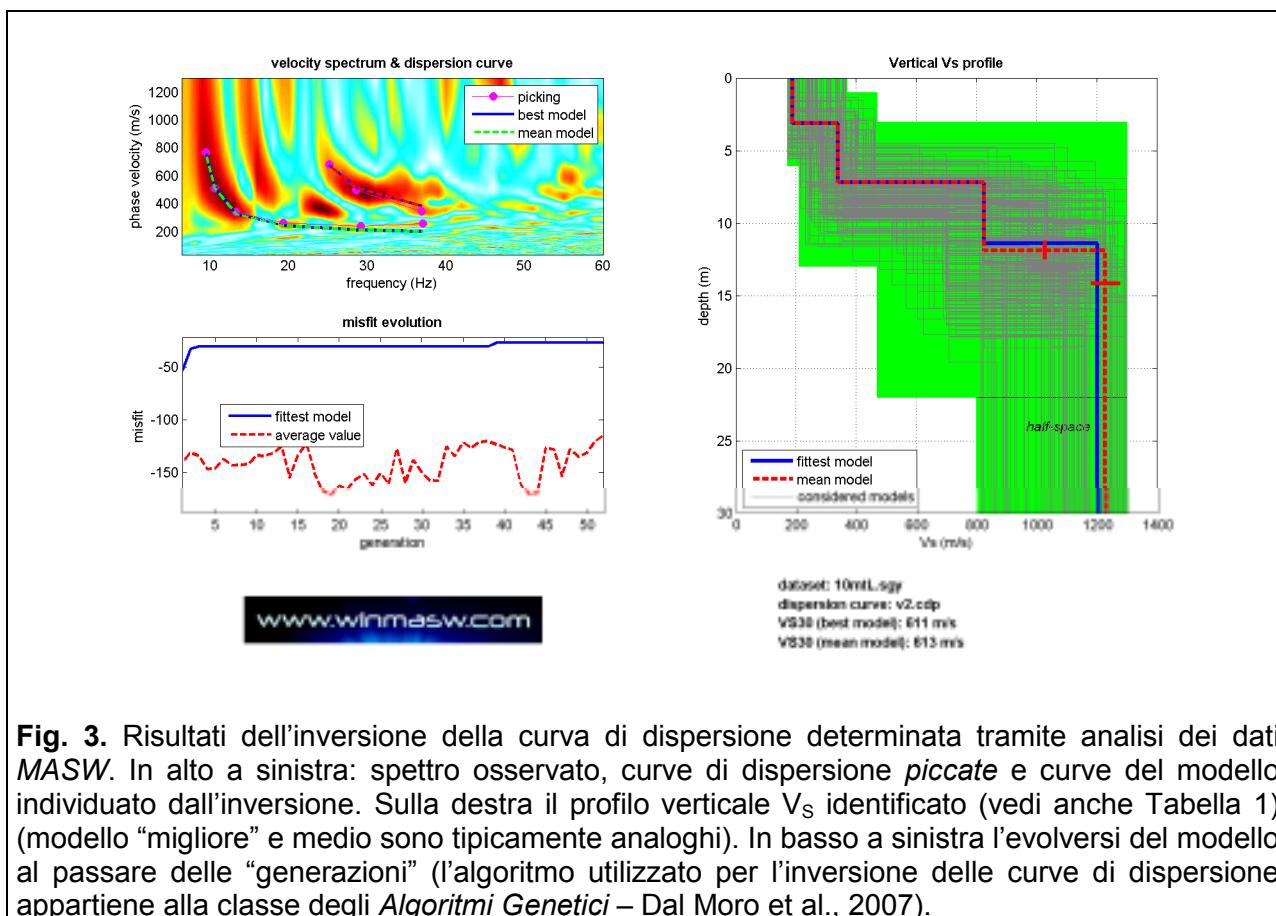


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	V_s (m/s)	Modulo di taglio (MPa)
3,10	188±0	66
4,10	340±0	229
4,70	826±5	1476
semispazio	1229±48	3376

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo (V_{s30} riferita al piano campagna: 613 m/s).

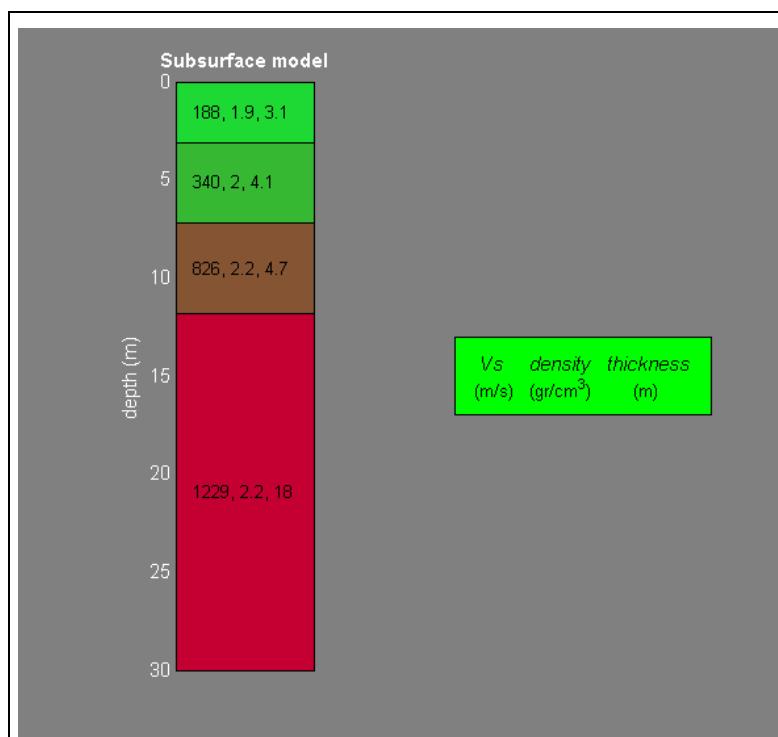
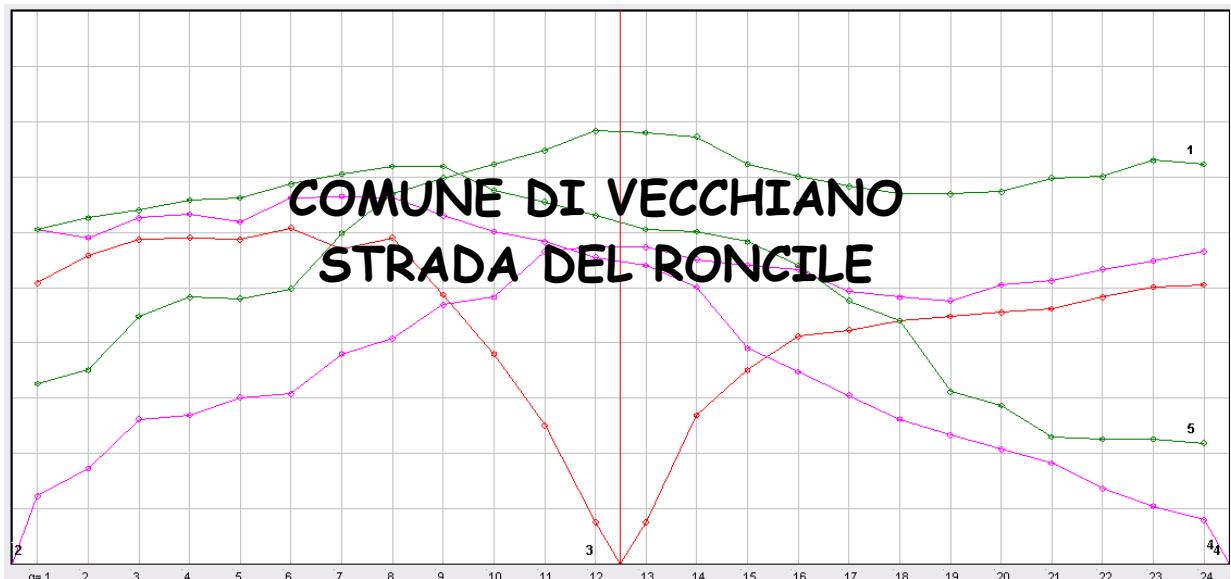


Fig. 4. Profilo verticale della V_s sino alla profondità di 30m.

GeoLogistica s.n.c.
di N. Bastardi e E. Sirgiovanni

Via delle Mura Sud, 45 - 54100 - MASSA
tel e fax 058545319-0584784086
info@geologistica.it



INDAGINI GEOFISICHE CONSISTENTI IN
PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE P E SH

Committente: Studio Associato GEA - Vecchiano (PI)

Ottobre 2010

1 - PREMESSA

La presente relazione tecnica commissionata alla scrivente società

tratta la

realizzazione di indagini geofisiche consistenti in sismica a rifrazione in onde P e SH eseguita in località Roncile nel territorio del Comune di Vecchiano (PI).

Su richiesta della Committenza è si è provveduto ad approntare una linea sismica in onde longitudinali (P) e trasversali (SH) formata da 24 geofoni con passo intergeofonico di 3 metri.

Sono descritti di seguito la metodologia di indagine ed i risultati a cui si è pervenuti.

Nella prima parte sarà presentato il metodo sismico (limiti, strumentazione, acquisizione ed elaborazione) e successivamente saranno illustrati i risultati a cui si è pervenuti.

Per l'interpretazione si è tenuto conto anche della elaborazione di due prove geognostiche consistenti in penetrometrie dinamiche superpesanti (DPSH) e statiche (Cpt) realizzate congiuntamente alle indagini geofisiche e posizionate lungo gli stendimenti.

2 - METODO SISMICO A RIFRAZIONE

2.1 Metodologia di indagine

Il metodo sismico a rifrazione sfrutta, come noto, la differente velocità di propagazione nel sottosuolo delle onde di tipo elastico, prodotte da una sorgente di superficie, in funzione del litotipo presente.

Tali onde possono generalmente essere di compressione e dilatazione (onde P in quanto veloci e di conseguenza prime ad arrivare) e trasversali o di "taglio" (onde SH); in funzione della velocità posseduta da questi due tipi di onde è possibile risalire alla tipologia di litotipo presente ed agli spessori.

Più precisamente "la sismica a rifrazione considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità. Si

ribadisce che non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico in quanto la velocità di propagazione di un impulso sismico, può variare nell'ambito di uno stesso litotipo perché, per variazioni di compattazione, fratturazione, porosità, ecc. cambiano le caratteristiche elastiche".

Il sistema prevede semplicemente la lettura e registrazione attraverso apposito strumento (il sismografo) dei tempi di arrivo di un'onda sismica (o treno d'onda) generata artificialmente in superficie, ad una serie di rilevatori (i geofoni) disposti lungo la linea sismica (lo stendimento) posta ad una data distanza dai punti di energizzazione (off-set); la propagazione dell'onda nel sottosuolo segue le leggi di rifrazione dell'ottica, tendendo a rifrangersi sulle superfici di separazione tra due strati che presentino un modulo elastico crescente (secondo la legge di Snell). Conoscendo la posizione e la distanza degli apparecchi riceventi rispetto ai punti di energizzazione e misurando i tempi di arrivo della perturbazione agli stessi, è possibile elaborare un grafico tempi-distanze che consente la ricostruzione delle cosiddette dromocrone. Da queste si possono ricavare, per via analitica, le velocità delle onde elastiche del tipo longitudinale o trasversale (rispettivamente le V_p e le V_s) caratteristiche dei vari mezzi attraversati.

Come tutti i sistemi di indagine indiretta, anche la prospezione sismica a rifrazione risulta affetta da un grado indeterminazione e da alcune limitazioni.

2.2 Limitazioni

Così come accennato in precedenza la sismica a rifrazione rileva esclusivamente strati la cui velocità di propagazione dell'onda elastica sia crescente verso il basso anche se esistono alcune importanti limitazioni legate soprattutto alla presenza o meno di zone di aumento graduale della stessa.

Più precisamente all'aumentare della spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità indagata ma diminuisce anche la precisione nella determinazione del passaggio stratigrafico laddove si sia in presenza di orizzonti con velocità si crescenti verso il basso, ma con un passaggio graduale (nel caso della presenza nel mezzo a due

strati di un terzo avente spessore fino ad 1/3 del passo adottato e con velocità di propagazione intermedia tra i due, questo risulta non rilevabile).

Analogamente la presenza in basso di un orizzonte a velocità sensibilmente maggiore del soprastante e tra i due di un livello a velocità intermedia, questo potrà non essere rilevato poiché gli arrivi sottostanti lo mascherano.

Soprattutto l'interpretazione geologica delle velocità ricavate può essere strettamente dipendente dalle condizioni geologico-geomorfologiche al contorno in quanto, così come accennato in precedenza, ad una data velocità non sempre corrisponde un determinato litotipo. Più realisticamente la velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo dipende strettamente da numerosi parametri, tra cui possiamo far rientrare il tipo di litotipo o di deposito, il suo grado di alterazione, fratturazione o carsismo; questi parametri concorrono a diminuire anche sensibilmente tale valore mentre al contrario si assiste ad un aumento laddove si sia in presenza di litotipi compatti e profondi. La presenza della falda o di un forte grado di saturazione può inoltre limitare l'indagine in quanto non permette la trasmissione delle onde trasversali, mentre le onde di compressione risultano fortemente influenzate.

Alla base di una interpretazione corretta delle indagini sismiche a rifrazione così come per tutte le indagini di tipo indiretto, concorre una buona conoscenza geologica e geomorfologica del sito anche attraverso informazioni di tipo diretto ottenute, ad esempio, con sondaggi. La conoscenza puntuale della stratigrafica del sottosuolo ottenuta con i sondaggi permette di "tarare" le indagini di superficie e di estrapolare un modello più aderente alla realtà.

3 - SISMOGRAFO ED ACQUISIZIONE

3.1 Sismografo

La campagna di indagine consiste in una prima fase di acquisizione del segnale in ed in un suo successivo trattamento.

Durante la prima fase si provvede all'approntamento della linea sismica caratterizzata da una direzione e da una spaziatura dei geofoni così come

concordato preventivamente; nel caso in esame per entrambe le linee sono stati impiegati n°24 geofoni con spaziatura pari a 3 mt ottenendo una lunghezza pari a 72 metri. L'ubicazione indicativa della linea sismica è riportata nella figura sotto riprodotta.



L'acquisizione dei dati è stata eseguita registrando i segnali provenienti dai 24 geofoni verticali e orizzontali con frequenza naturale propria di 4.5 Hz, collegati mediante un cavo sismico da superficie a 24 takeouts della **AMBROGEO** ad un sismografo a 24 canali **ECHO 12-24/2002 Seismic Unit** a 16 bit anch'esso della **AMBROGEO**.

Si tratta di un prospettore sismico con le seguenti caratteristiche:

- N. canali 12/24
- Intervallo di campionamento 0.296 msec
- Convertitore A/D 16 bit
- Amplificatori
- Impedenza di ingresso 1 Kohm
- Guadagno 10 db - 100 db, passo 1 db
- Tensione di saturazione +/- 2,3 volt
- Livello di saturazione 100 db

- Distorsione	0,01 %
- Campionamenti	25, 50, 100, 200, 400 , 1000 msec
- Velocità di campionamento	130 micro/sec
- tempi di registrazione	25-50-10-20-400-800 millisec
- filtri "low-pass"	da 50 a 900 Hz, passo 1 Hz
- filtri digitali Fir "low pass"	1000-800-900-700-600-500-400-300- 200-100-50 Hz
- filtri digitali Fir " high pass"	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225- 250 Hz
- risposta in frequenza	7-950 Hz, filtro a 950 Hz
- gamma dinamica	93 db
- tensione rumore in ingresso	0,66 uVolt rms, gain 55 db
- diafonia	52 db, gain 55 db
- alimentazione	12 volt

Il sismografo è corredato di computer portatile con processore e memoria dedicata.



Foto n.1 - Sismografo ECHO 12-24/2002 in configurazione di campagna.

3.2 Energizzazione e "trigger"

Il sistema di energizzazione per le onde longitudinali (P) ha previsto l'impiego di mazza da 8 Kg e piattello di battuta in duralluminio, mentre per l'acquisizione delle onde trasversali SH è stata impiegata la mazza da 8 Kg incidente orizzontalmente su una traversina in legno opportunamente zavorrata. Sia per le onde trasversali che per quelle longitudinali si sono approntati 5 punti di energizzazione o scoppio ("shot") distribuiti in prossimità della metà della linea stessa (scoppio P3), alle estremità (scoppi P2 e P4) e all'esterno (scoppi P1 e P5), avendo cura di realizzare un adeguato accoppiamento tra la superficie inferiore del piattello e/o della traversina ed il terreno mediante livellazione dello stesso o riporto di materiale fine a compensare le eventuali irregolarità. Il sistema di trigger è stato realizzato mediante uno starter dinamico costituito dalla apertura o chiusura di un circuito elettrico; la mazza di energizzazione è attrezzata con interruttore inerziale per la chiusura del circuito simultaneamente all'esecuzione dello scoppio.

3.3 Acquisizione

Si è provveduto a registrare i tempi di arrivo di una serie di scoppi come di seguito descritti, sotto forma di file del tipo AMBROGEO (*.DTA) che possono essere agevolmente convertiti in SEG-Y ed altre estensioni.

Lo schema di acquisizione del segnale è di seguito riportato.

Linea ST1 (P + SH)

Spaziatura: 3 mt

Lunghezza complessiva: ml 72

Scoppi onde P/SH: P1 = 10 mt da geofono G1

P2 = 2 mt da geofono G1

P3 = tra geofoni G12 e G13

P4 = 2 mt da geofono G24

P5 = 10 mt da geofono G24

4 - ELABORAZIONE DATI e RISULTATI

Le condizioni logistiche del sito hanno permesso l'esecuzione dei tiri esterni di copertura P1 e P5 ad una distanza dai geofoni G1 e G24 di 10 mt; la qualità complessiva delle registrazioni ottenute con la configurazione di scoppi sopra descritta si è rivelata buona ed ha permesso un agevole individuazione dei primi arrivi.

ELEMENTI DELLA STESA (ONDE P)

Numero di geofoni: 24

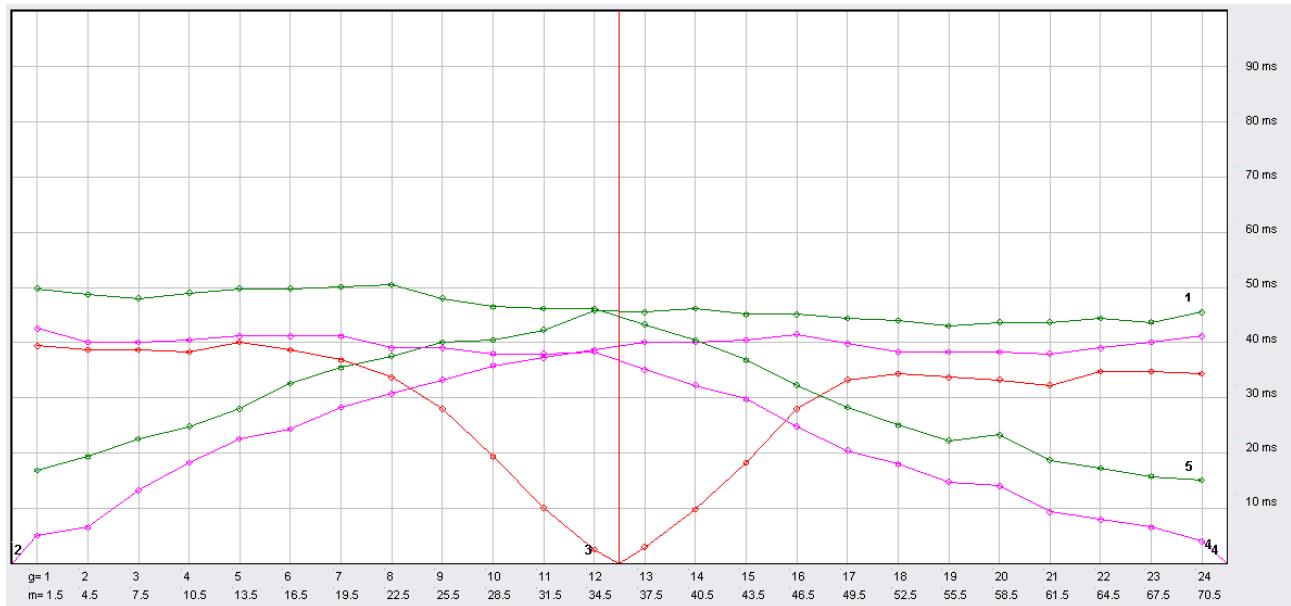
Numero di shot: 5

Distanza fra i geofoni: 3 m

Posizione shot, geofoni e tempi letti

	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Distance	Elevation
Geo. 1	16.87	5.09	39.40	42.59	49.79	01.50	-00.50
Geo. 2	19.37	6.59	38.70	40.09	48.70	04.50	-00.50
Geo. 3	22.60	13.30	38.70	40.09	48.00	07.50	-00.70
Geo. 4	24.79	18.29	38.29	40.50	49.00	10.50	-00.70
Geo. 5	28.00	22.60	40.09	41.20	49.79	13.50	-00.70
Geo. 6	32.59	24.37	38.70	41.20	49.79	16.50	-00.90
Geo. 7	35.50	28.29	36.90	41.20	50.09	19.50	-01.00
Geo. 8	37.59	30.79	33.70	39.00	50.50	22.50	-01.00
Geo. 9	40.09	33.29	28.00	39.00	48.00	25.50	-01.30
Geo. 10	40.50	35.79	19.37	38.00	46.50	28.50	-01.00
Geo. 11	42.29	37.29	10.10	38.00	46.20	31.50	-01.50
Geo. 12	45.79	38.70	2.57	38.29	46.20	34.50	-01.80
Geo. 13	45.50	40.09	3.00	35.09	43.29	37.50	-01.80
Geo. 14	46.20	40.09	9.80	32.29	40.50	40.50	-01.80
Geo. 15	45.09	40.50	18.29	29.79	36.90	43.50	-01.80
Geo. 16	45.09	41.50	28.00	24.79	32.29	46.50	-01.80
Geo. 17	44.40	39.79	33.29	20.50	28.29	49.50	-01.90
Geo. 18	44.00	38.29	34.40	18.00	25.10	52.50	-02.00
Geo. 19	43.00	38.29	33.70	14.80	22.29	55.50	-02.00
Geo. 20	43.70	38.29	33.29	14.10	23.29	58.50	-02.10
Geo. 21	43.70	38.00	32.29	9.39	18.70	61.50	-02.30
Geo. 22	44.40	39.00	34.79	8.00	17.29	64.50	-02.30
Geo. 23	43.70	40.09	34.79	6.59	15.80	67.50	-02.50
Geo. 24	45.50	41.20	34.40	4.09	15.10	70.50	-02.50
Distance	-08.50	00.00	36.00	72.00	80.50		
Elevation	00.00	-00.30	-01.60	-02.70	-03.00		

DROMOCRONE



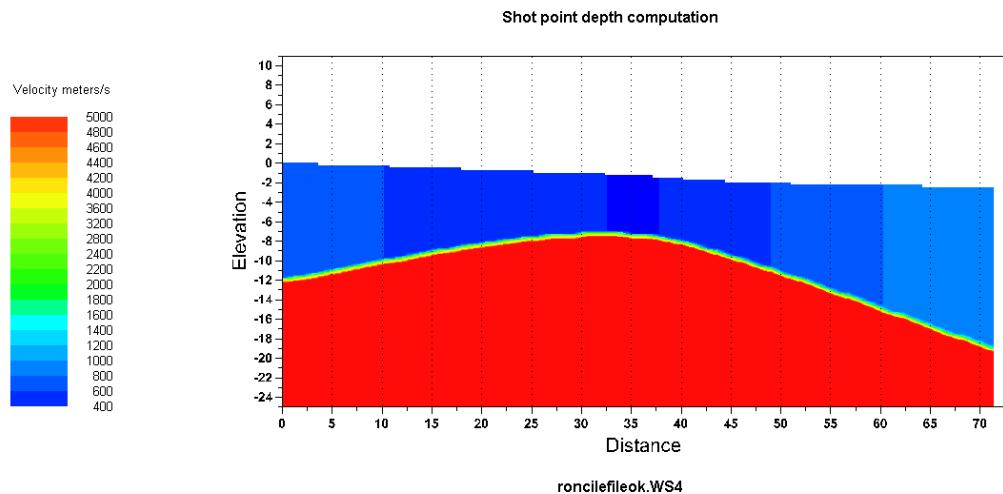
PROFONDITA' RIFRATTORE IN CORRISPONDENZA DEGLI SHOT

N°shot	Strato 1 (metri)
2	12.23
3	6.42
4	17.09

Velocità rilevate

	Vp (m/s)
Strato 1	947-374- 1000
Strato 2	7837

Profilo sismico



ELEMENTI DELLA STESA (ONDE S)

Numero di geofoni: 24

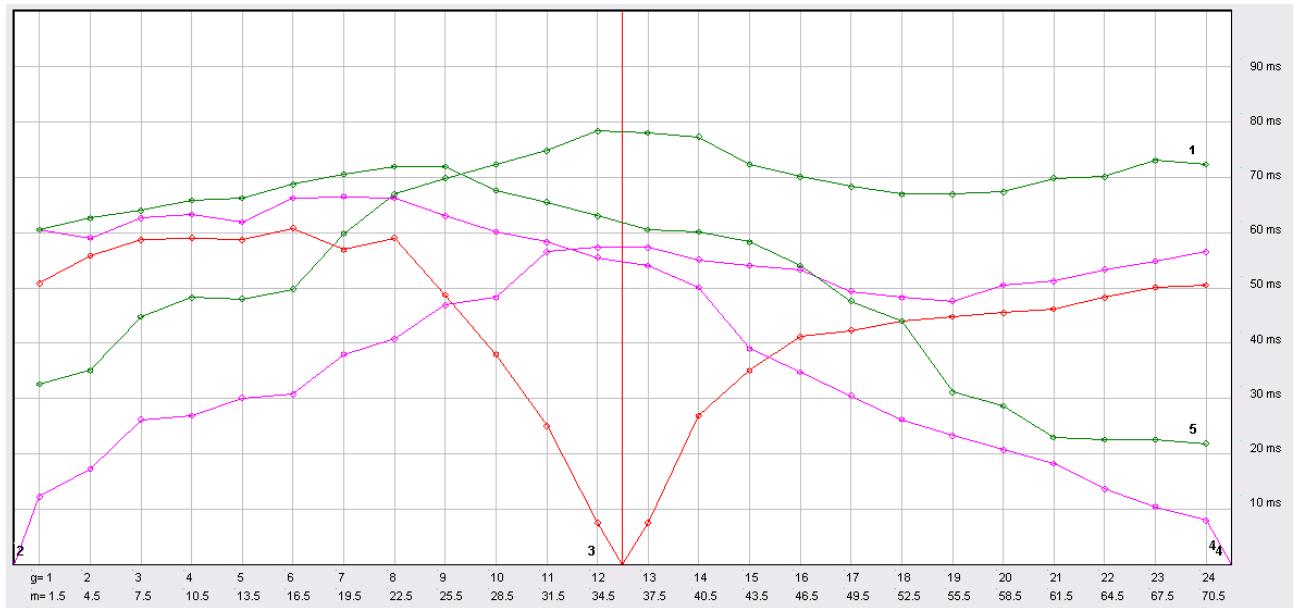
Numero di shot: 5

Distanza fra i geofoni: 3 m

Posizione shot, geofoni e tempi letti

	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Distance	Elevation
Geo. 1	32.59	12.30	50.79	60.50	60.50	01.50	-00.40
Geo. 2	35.09	17.29	55.79	59.00	62.59	04.50	-00.44
Geo. 3	44.79	26.20	58.70	62.59	64.00	07.50	-00.50
Geo. 4	48.29	26.89	59.00	63.29	65.80	10.50	-00.60
Geo. 5	48.00	30.10	58.70	61.90	66.19	13.50	-00.68
Geo. 6	49.79	30.79	60.79	66.19	68.69	16.50	-00.77
Geo. 7	59.79	38.00	56.90	66.50	70.50	19.50	-00.91
Geo. 8	66.90	40.79	59.00	66.19	71.90	22.50	-01.00
Geo. 9	69.80	46.90	48.70	63.00	71.90	25.50	-01.20
Geo. 10	72.30	48.29	38.00	60.09	67.59	28.50	-01.30
Geo. 11	74.80	56.50	25.10	58.29	65.50	31.50	-01.39
Geo. 12	78.30	57.29	7.59	55.50	63.00	34.50	-01.48
Geo. 13	78.00	57.29	7.59	54.00	60.50	37.50	-01.54
Geo. 14	77.30	55.09	26.89	50.09	60.09	40.50	-01.60
Geo. 15	72.30	54.00	35.09	39.00	58.29	43.50	-01.66
Geo. 16	70.09	53.29	41.20	34.79	54.00	46.50	-01.76
Geo. 17	68.30	49.40	42.29	30.50	47.59	49.50	-01.86
Geo. 18	66.90	48.29	44.00	26.20	44.00	52.50	-01.96
Geo. 19	66.90	47.59	44.79	23.29	31.20	55.50	-02.00
Geo. 20	67.30	50.50	45.50	20.79	28.70	58.50	-02.10
Geo. 21	69.80	51.20	46.20	18.29	23.00	61.50	-02.30
Geo. 22	70.09	53.29	48.29	13.69	22.60	64.50	-02.40
Geo. 23	73.00	54.79	50.09	10.50	22.60	67.50	-02.50
Geo. 24	72.30	56.50	50.50	8.00	21.89	70.50	-02.60
Distance	-08.50	00.00	36.00	72.00	80.50		
Elevation	00.00	-00.30	-01.51	-02.66	-03.00		

DROMOCRONE



PROFONDITA' RIFRATTORI IN CORRISPONDENZA DEGLI SHOT

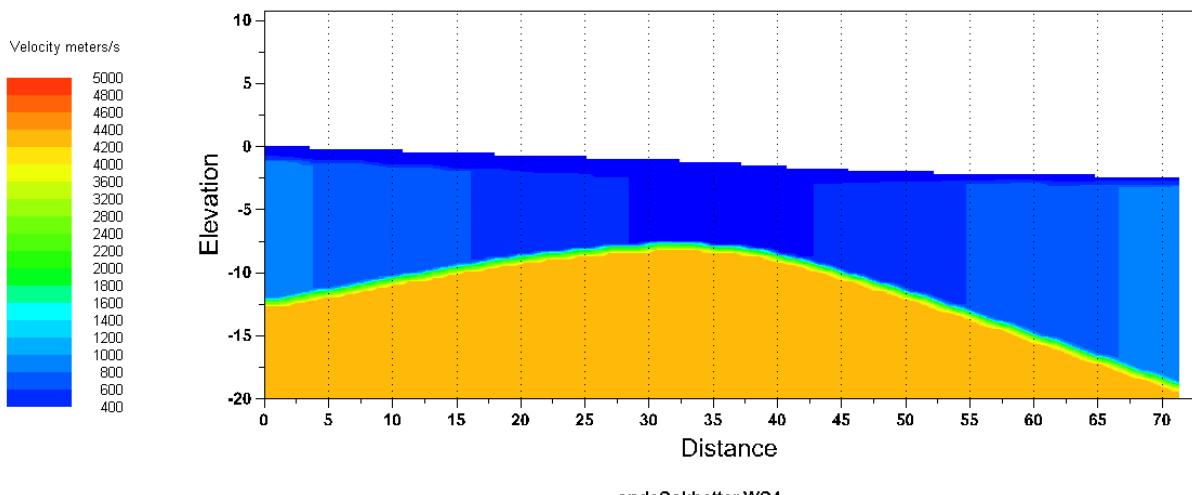
N°shot	Strato 1 (metri)	Strato 2 (metri)
2	0.91	12.45
3	1.28	7.01
4	0.53	16.7

Velocità rilevate

	Vs (m/s)
Strato 1	121-173-188
Strato 2	871-286-871
Strato 3	4359

Profilo sismico

Shot point depth computation



Durata acquisizione: 512 ms

Tempo di campionamento: 260 μ s

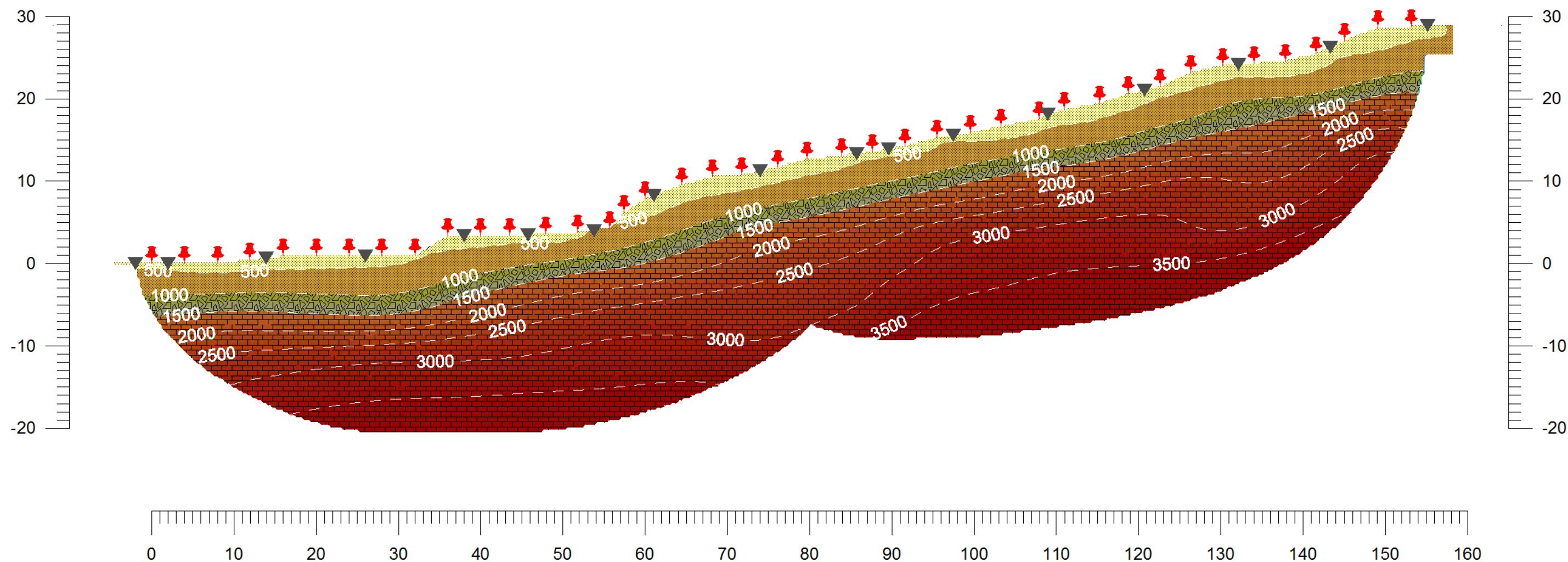
Numero campioni per traccia: 1969

Sorgente: mazza 8.5 kg

L'analisi congiunta dei risultati ottenuti dagli stendimenti in onde P, in onde SH e delle prove penetrometriche eseguite in situ evidenzia la reciproca rispondenza tra le varie indagini eseguite, che confermano la geometria della ricostruzione sismostratigrafica sopra riportata; tuttavia si deve far notare come le velocità di propagazione sia delle onde P che delle onde SH risultino non del tutto in linea con le velocità caratteristiche dei terreni e dei litotipi presenti nell'area indagata. Un definitivo chiarimento in proposito potrebbe giungere dall'esecuzione di ulteriori indagini dirette.

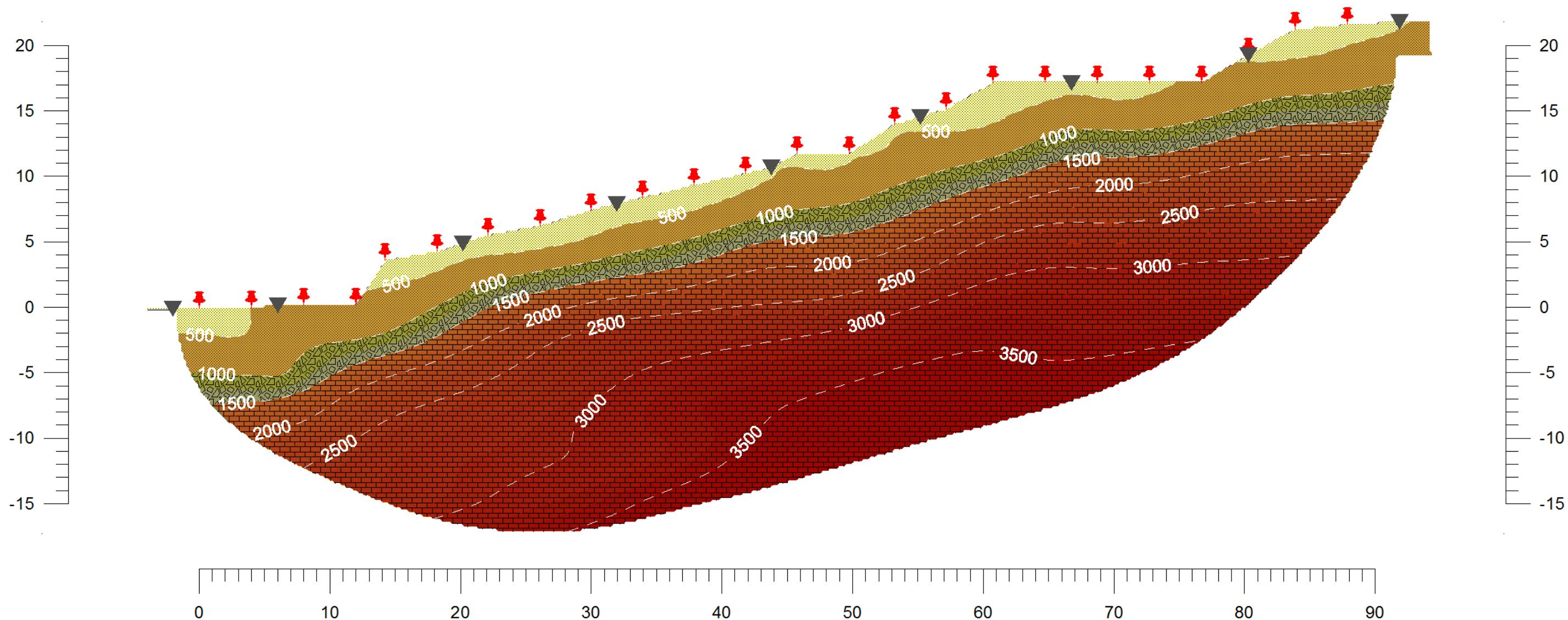
0006

SUBSURFACE SEISMIC VELOCITY FOR SITE "Filettole P2/3"



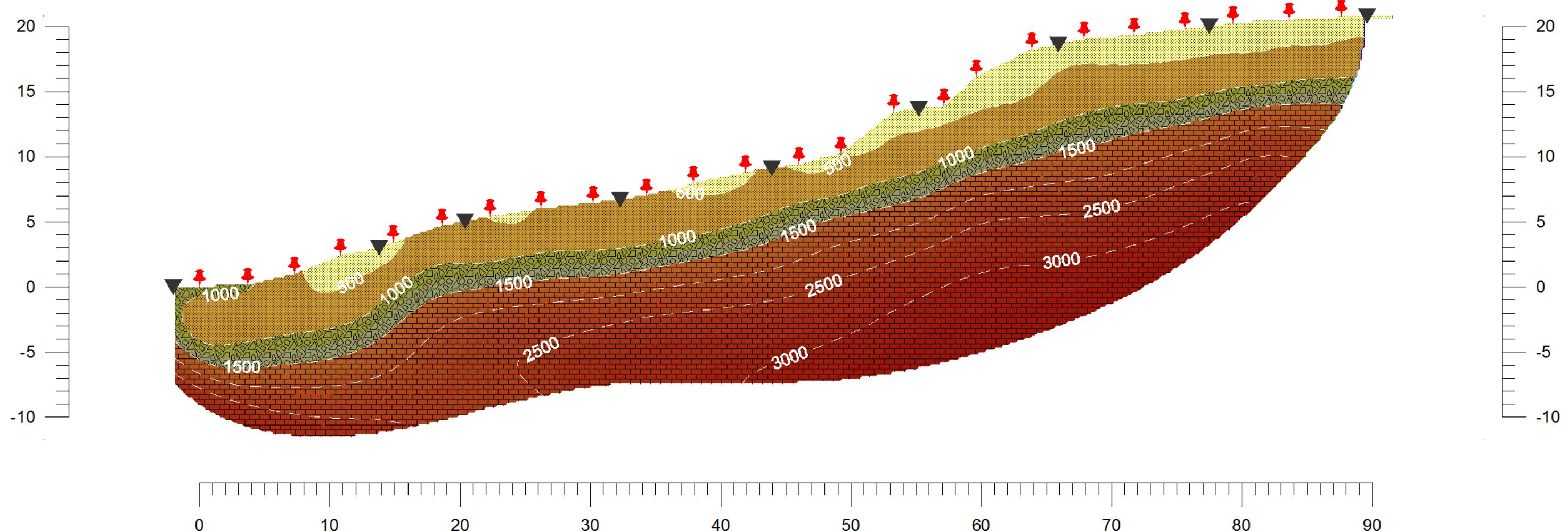
0007

SUBSURFACE SEISMIC VELOCITY FOR SITE "Filettole P4"

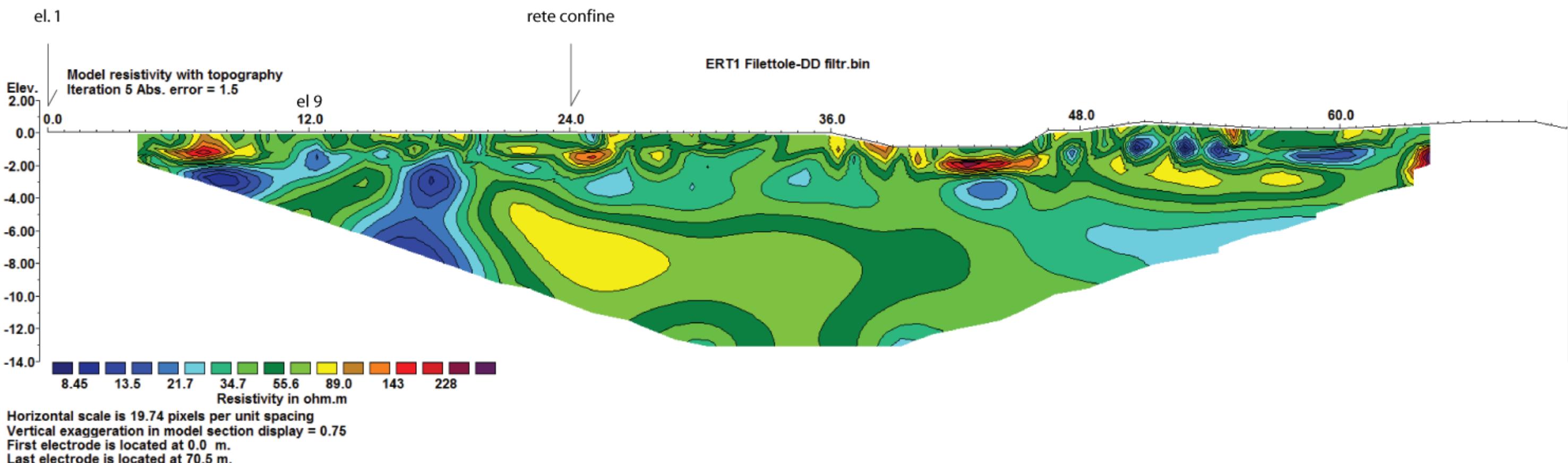


0008

SUBSURFACE SEISMIC VELOCITY FOR SITE "Filettole P5"

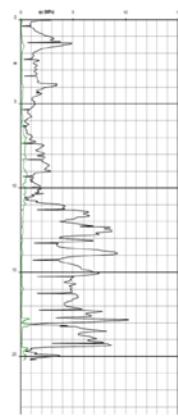
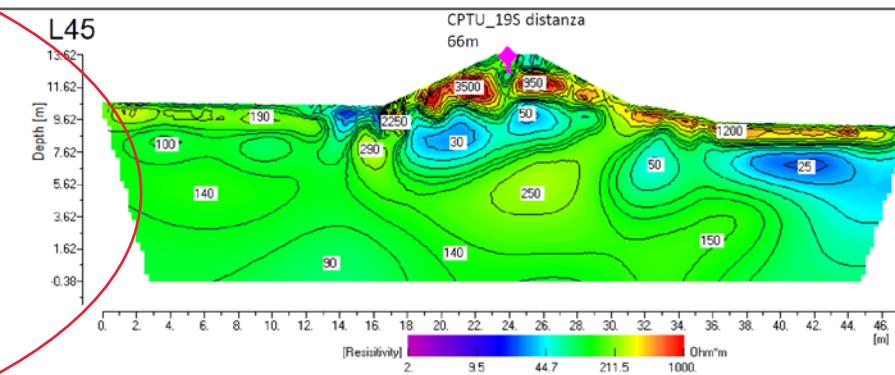
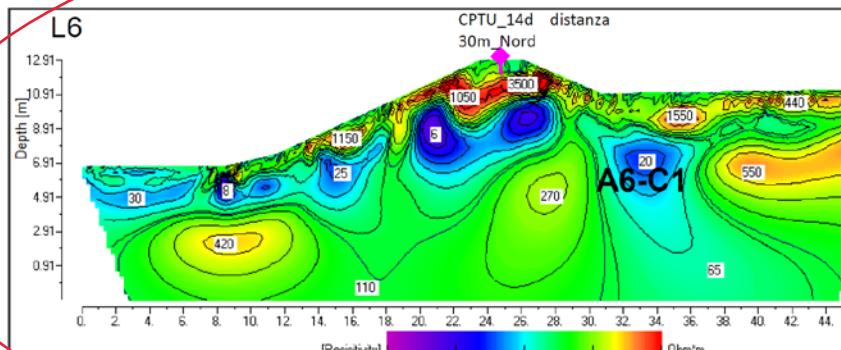


0009





0010



Tracce sezioni ERT eseguite secondo la Determina n 5304 del 25/11/2010

Posizione CPTU prossima alla sezione

A18-R1
Anomalia Elettrostratigrafica Resistiva

A18-C1
Anomalia Elettrostratigrafica Condutiva

A18-L1
Anomalia Elettrostratigrafica = Variazione Laterale

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE

PROGETTO Indagini geofisiche ERT per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni arginali del Fiume Serchio (PI).

COMMITTENTE Provincia di Pisa

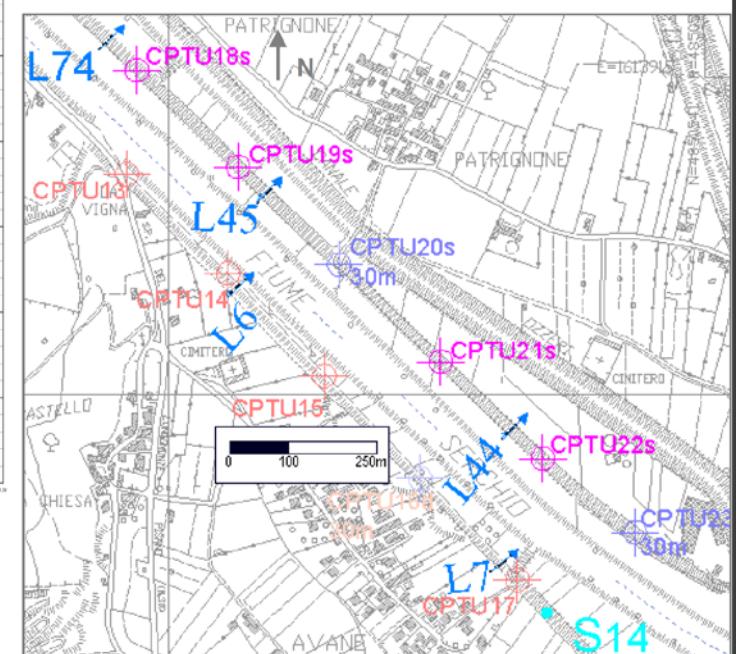
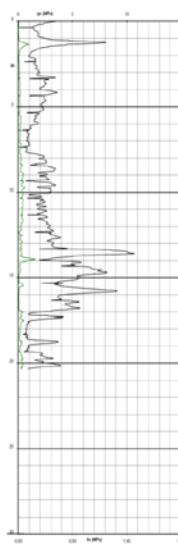
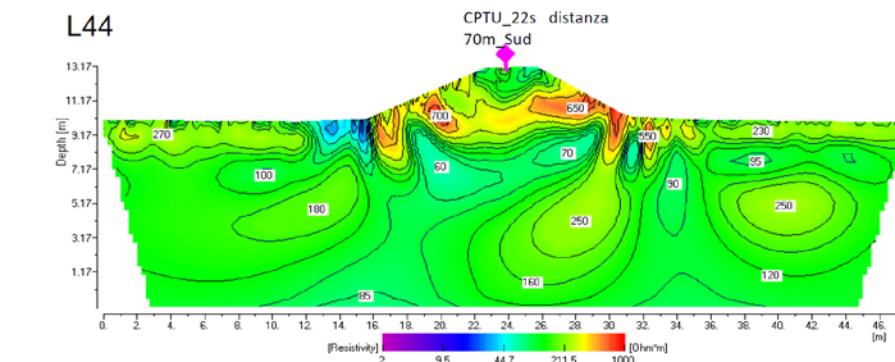
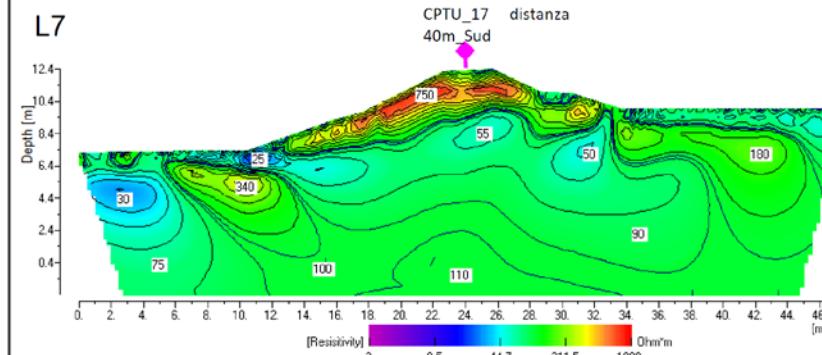
RIFERIMENTI INTERNI Comm-084-2010

OGGETTO Sezioni tomografiche elettriche

TAVOLA 8

Elab MG.Idili
Verifica A.Pacchini
Approvazione P.Chiara

EMISSIONE DATA 10-08-2011



SCHEDA INTERPRETATIVA				
Linea	Omogeneità Argine	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Argini)	Omogeneità Terreni di Fondazione	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Terreni di Fondazione)
L6	ALTA	NP	ALTA	A6-C1
L7	ALTA	NP	ALTA	NP
L45	ALTA	NP	ALTA	NP
L44	ALTA	NP	ALTA	NP

Elaborazione

I dati *MASW* (in onde di Rayleigh e Love) sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s).

L'inversione congiunta è stata svolta secondo il metodo MOEA (Multi-Objective Evolutionary Algorithms) basato sulla determinazione del fronte di Pareto (Dal Moro & Pipan 2007, Dal Moro 2008; Dal Moro, 2010a; Dal Moro, 2010b).

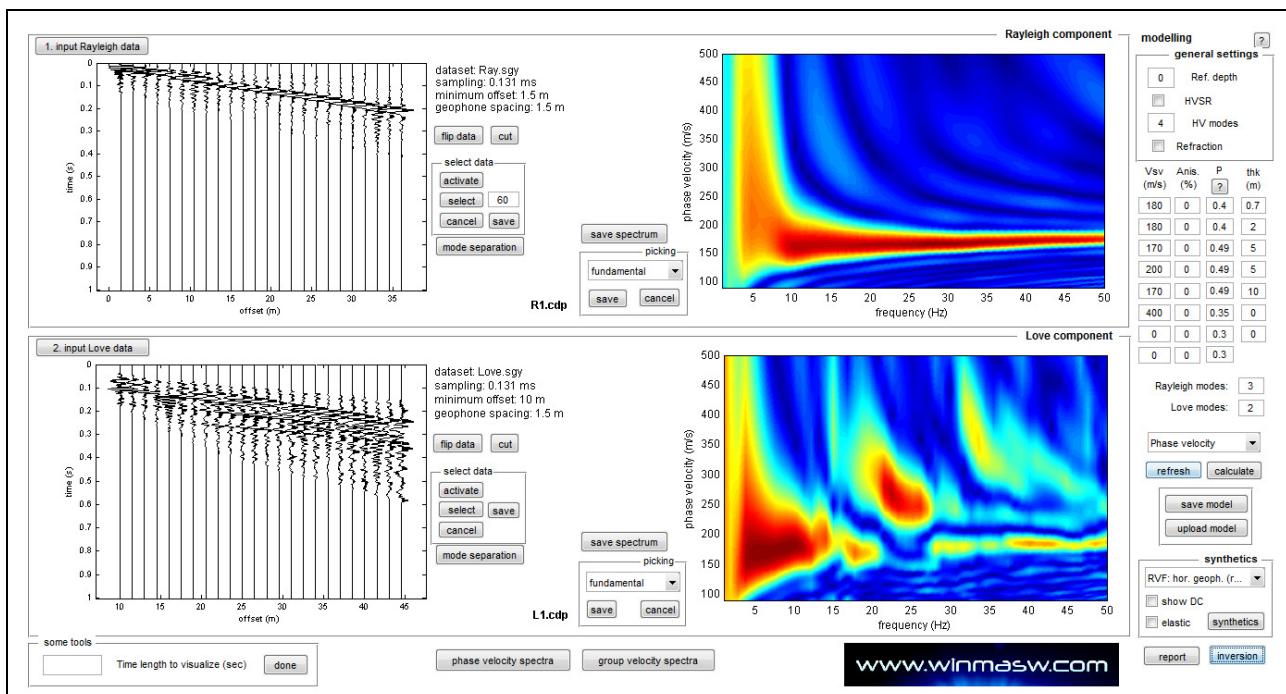
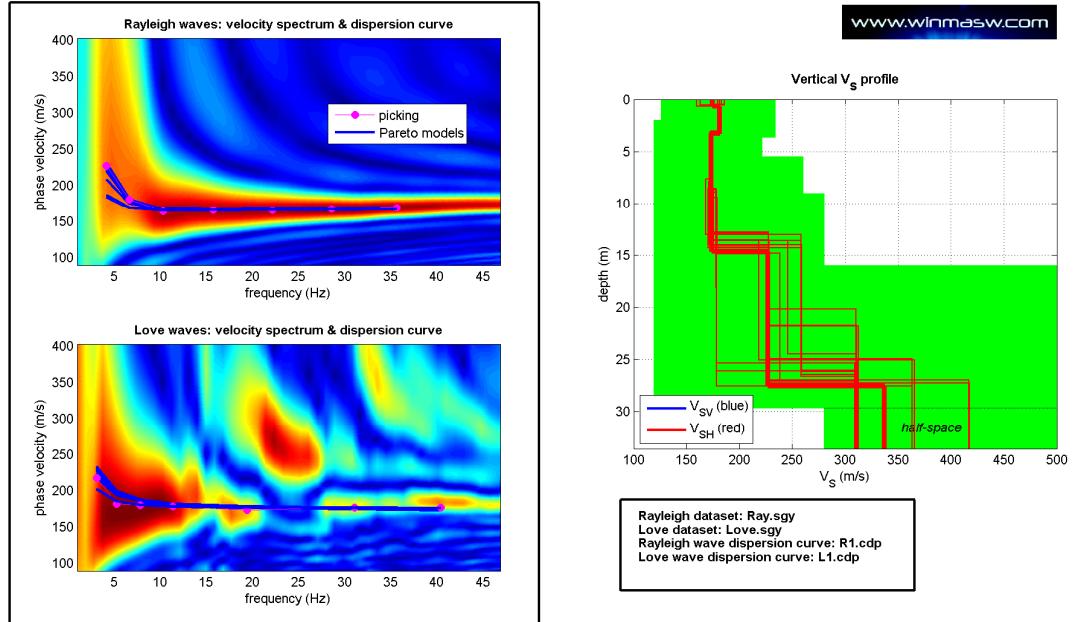
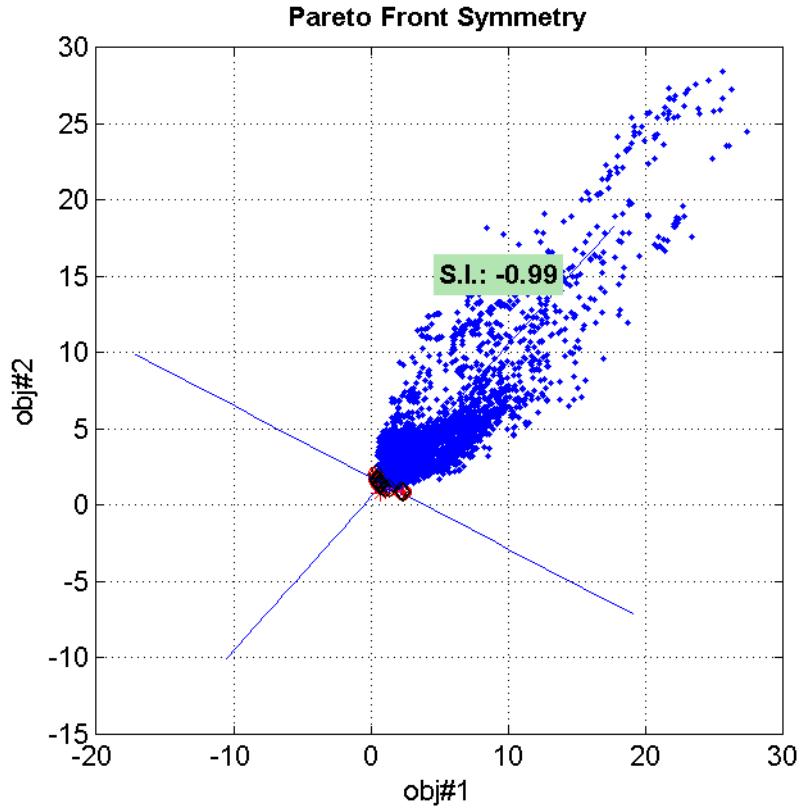


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna (in alto componente riferita alle onde di Rayleigh, in basso quella riferita alle onde di Love) e, sulla destra, i rispettivi spettri di velocità.



a)



b)

Fig. 3. Risultati dell'inversione delle curve di dispersione determinate tramite analisi congiunta Rayleigh & Love dei dati *MASW*: a) a sinistra: spettri osservati, curve di dispersione *piccate* e curve dei modelli individuati. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi Tabella 1 per il modello medio); b) simmetria del fronte di Pareto ad evidenza della coerenza tra le curve di dispersione di Rayleigh e Love.

Spessore (m)	V_{sh} (m/s)
0.5	174
2.6	181
5.4	174
5.3	174
11.4	227
<i>Semi-spazio</i>	337

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo

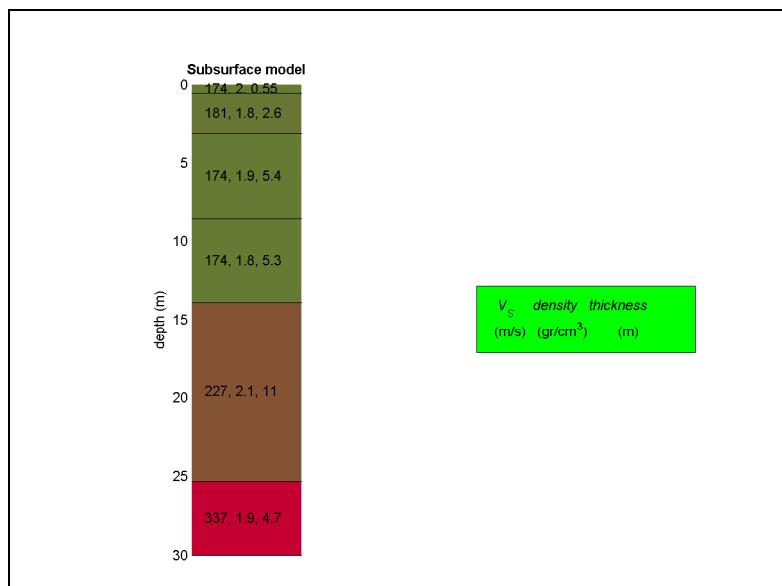
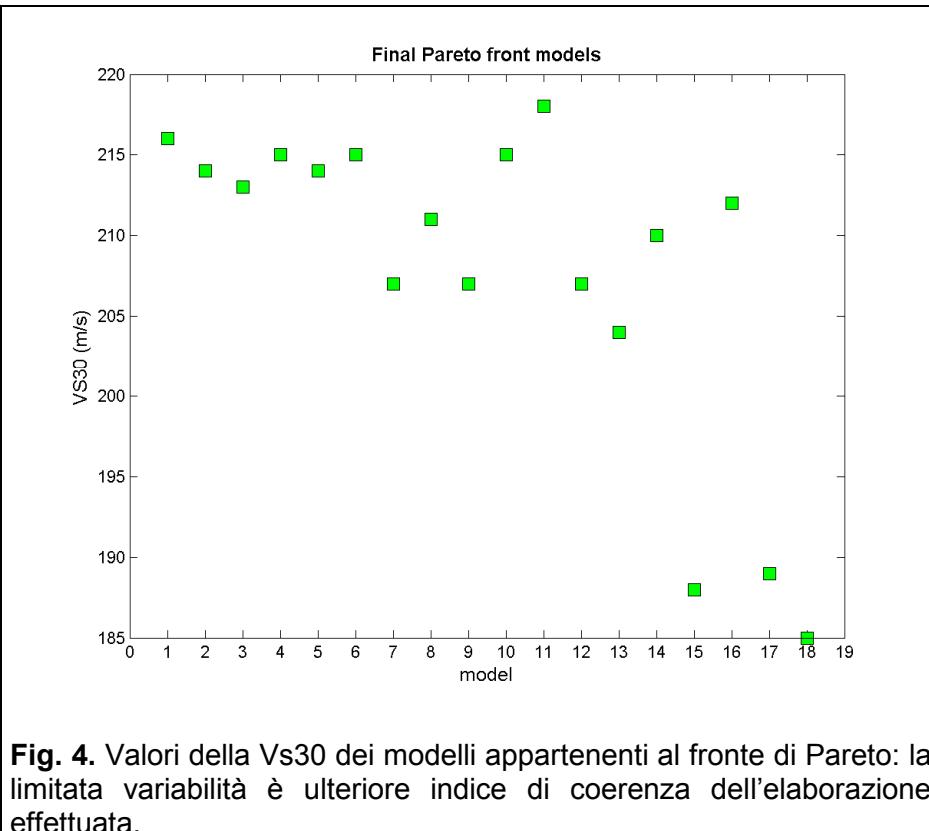


Fig. 5. Profilo verticale della V_s sino alla profondità di 30m.

inversion senza che risulti necessario effettuare una stima della signature dell'ondina sismica, in quanto lavorando nel dominio frequenza-velocità di fase, vengono analizzate le proprietà dispersive e non l'esatta forma d'onda (cfr. e.g. O'Neill et al., 2003 e manuale winMASW 4.4.2 Academy – www.winmasw.com).

Tale approccio, ottimizzando l'intero spettro di velocità, non rende interpretare le curve di dispersione e, inoltre, durante la generazione dei sismogrammi sintetici si tiene conto non solo della dispersione ma anche dell'attenuazione.

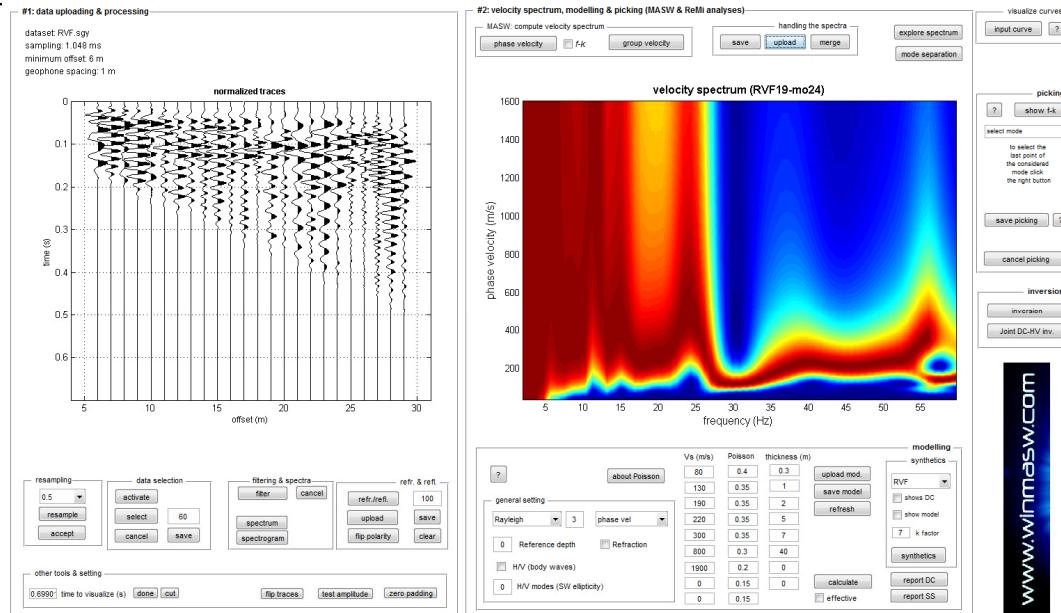


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

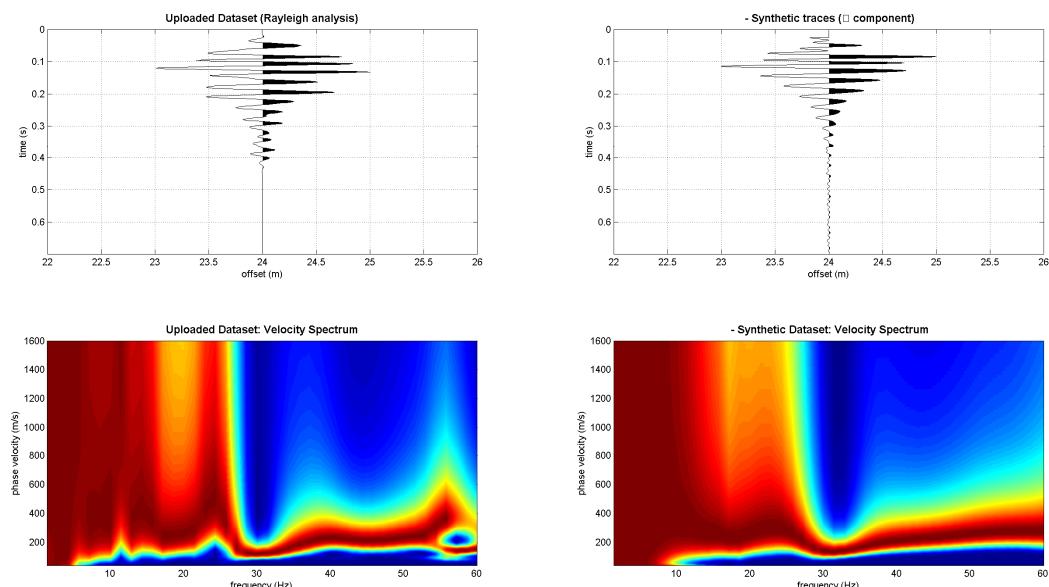


Fig. 3 - Sulla sinistra i dati di campagna (Rayleigh, componente radiale), sulla destra i dati relativi al modello sintetico identificato.

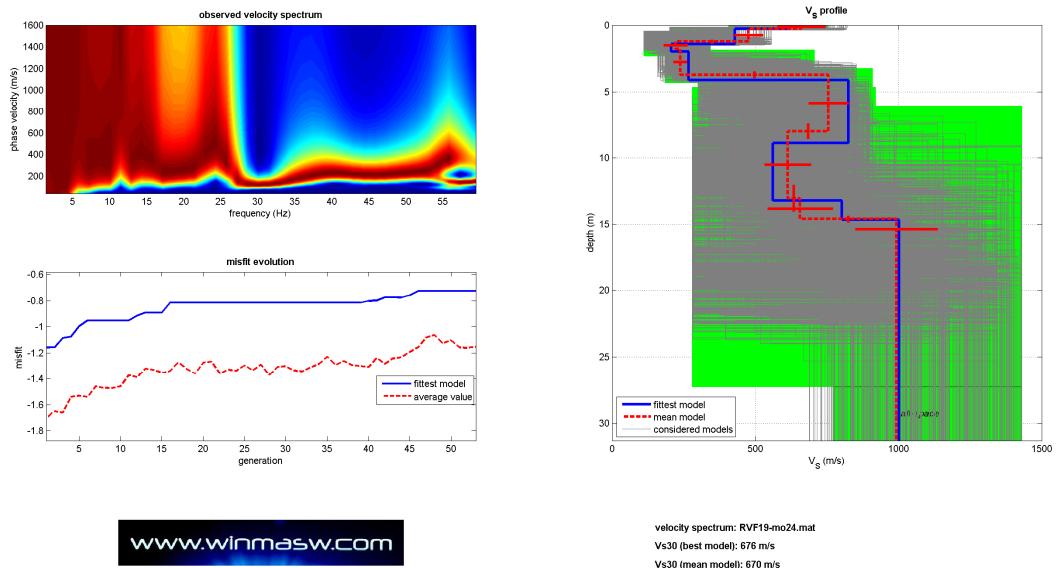
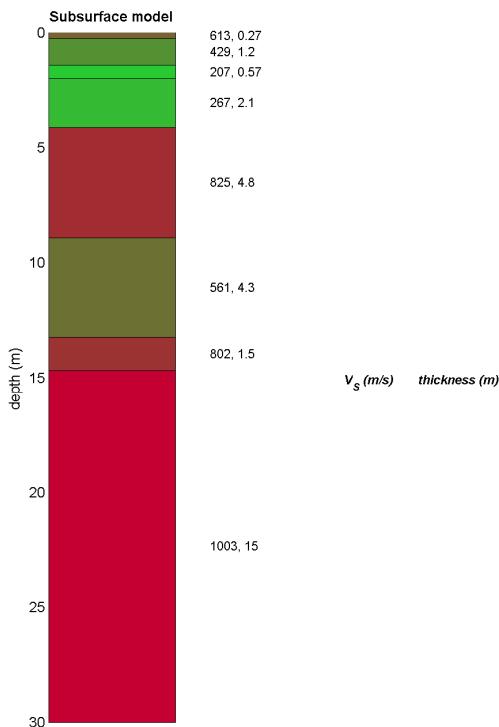


Fig. 4. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati *MASW*. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1) (modello “migliore” e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	V_s (m/s)
0.3	613
1.2	429
0.6	207
3.1	267
4.8	825
4.3	561
1.5	802
<i>Semi-spazio</i>	1003

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo
(V_{s30} riferita al piano campagna: 634 m/s)



Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} , risultato pari a 634 m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

Sarà cura del professionista geologo incaricato, anche sulla base delle conoscenze geologico-stratigrafiche dell'area, agli esiti delle prove geognostiche eseguite, classificare il terreno di fondazione dell'opera in oggetto secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia.

Riferimenti

- Dal Moro G., 2010a, Joint Analysis of Rayleigh- and Love-Wave Dispersion Curves for Near-Surface Studies: Issues, Criteria and Improvements, pronto per l'invio alla rivista *Pure and Applied Geophysics*
- Dal Moro G., 2010b, Insights on Surface-Wave Dispersion Curves and HVSR: Joint Analysis via Pareto Optimality, *J. Appl. Geophysics* (DOI information: 10.1016/j.jappgeo.2010.08.004)
- Dal Moro G., 2008, VS and VP Vertical Profiling via Joint Inversion of Rayleigh Waves and Refraction Travel Times by means of Bi-Objective Evolutionary Algorithm, *J. Appl. Geophysics*, 66, 15-24
- Dal Moro G. & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curves and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81
- Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, *Geophysics*, 64, 3; 800-808
- Herrmann R.B. 2003, Computer Programs in Seismology. Open files (<http://www.eas.slu.edu/People/RBHerrmann/CPS330.html>)
- O'Neill A., Dentith M., List R., 2003, Full-waveform P-SV reflectivity inversion of surface waves for shallow engineering applications, *Exploration Geophysics*, 34, 158-173

0013

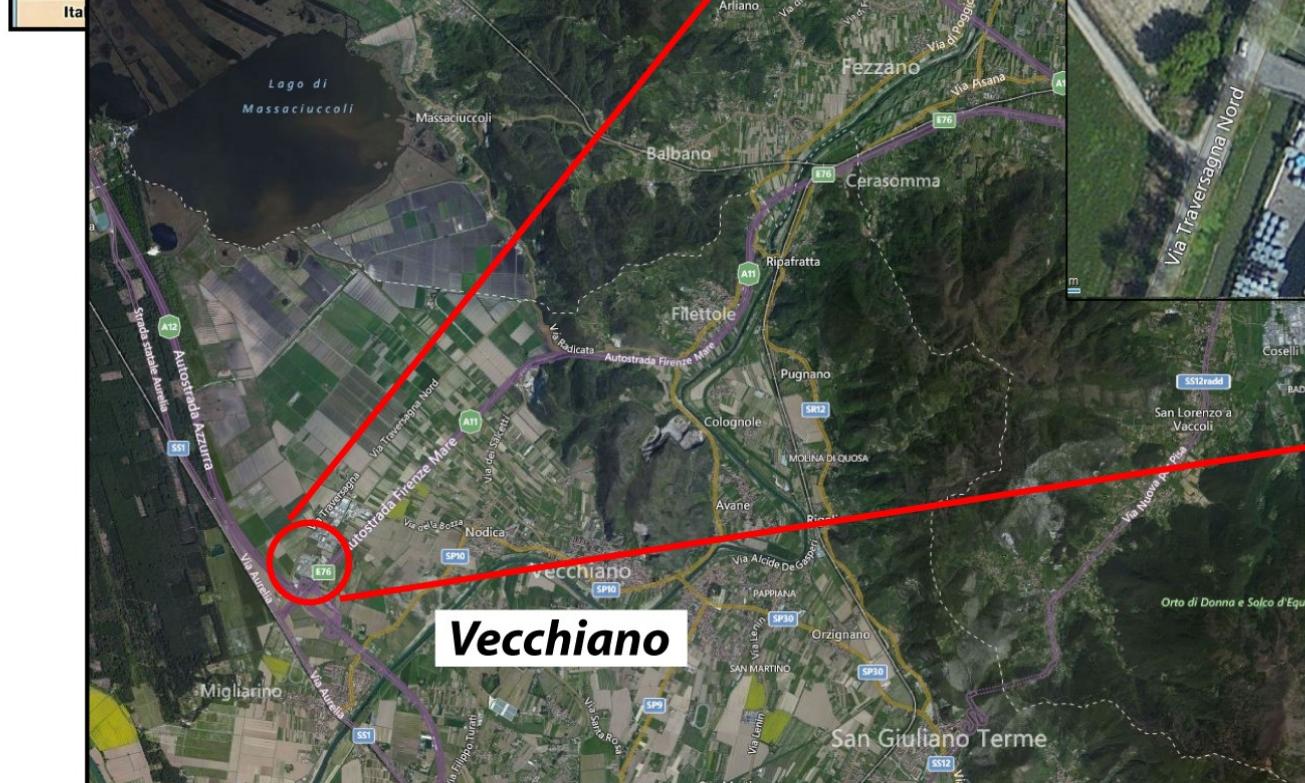


Tavola 1

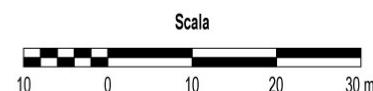
Ubicazione sito di indagine

Via Traversagna Nord, ZI Migliarino Pisano
Comune di Vecchiano (PI)

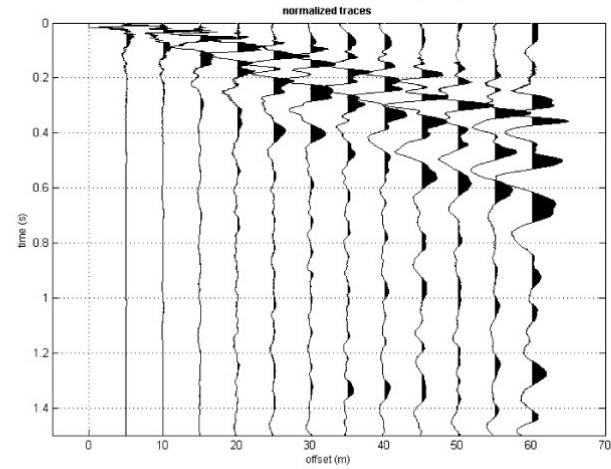
Prepared for Dott. Geol. Roberto Balatri

**LEGENDA**

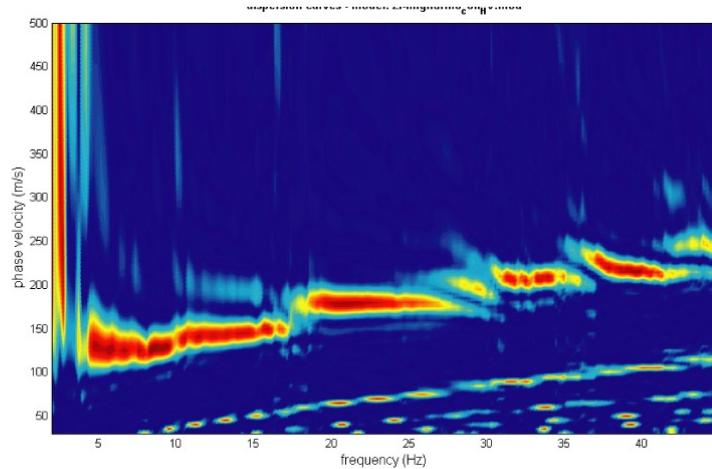
- Geofoni linea 1
- punti di scoppio
- HVSR
- DPSH



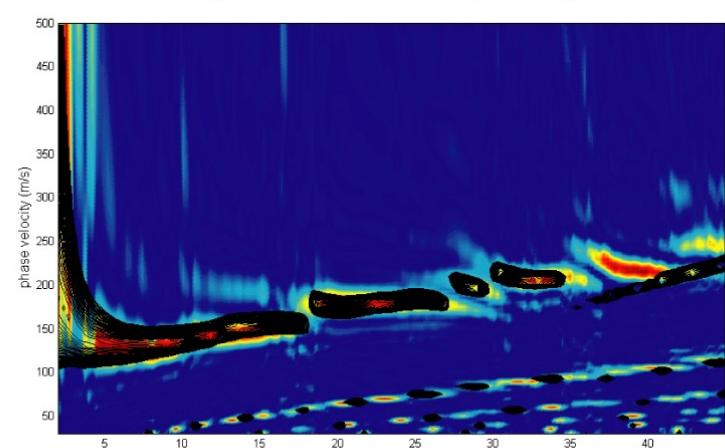
Common shot gather (ZVF)



Spettro di velocità



Spettro sintetico v di fase (mo 5.0m)



MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO

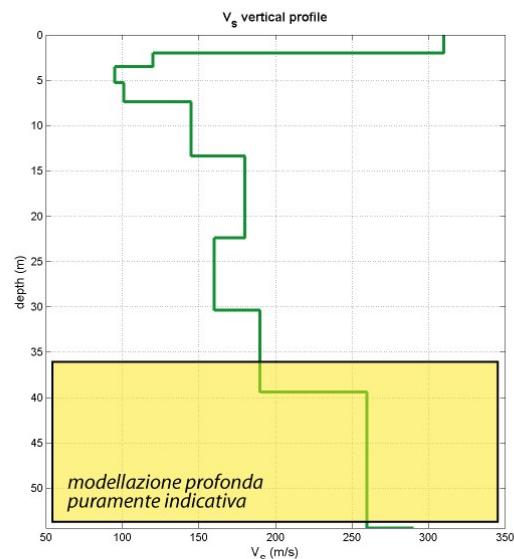
Strumentazione: DAQ Link III
Geofoni: 12 vert. 4.5hz (Rayleigh)
Passo: 5.00 m
Lunghezza: 55 m
Shot: 2.50; 5,00; 7,50 m

Campionamento
frequenza: 250 μ s
durata: 1000 ms
Software
acquisizione: VSope 3.49
elaborazione VinMASW 7.0 Acd

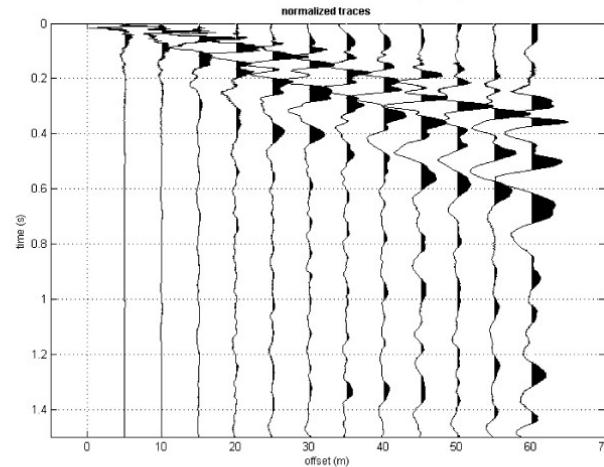
SUBSURFACE MODEL

V_s (m/s): 310, 120, 95, 101, 145, 180, 160, 190, 260
Thickness (m): 2.0, 1.5, 1.8, 2.1, 6.0, 9.0, 8.0, 9.0
Density (gr/cm³): 1.95 1.93 1.96 1.97 1.98 1.93 1.90 1.94 1.94
Shear modulus (MPa): 187 28 18 20 42 62 49 70 131

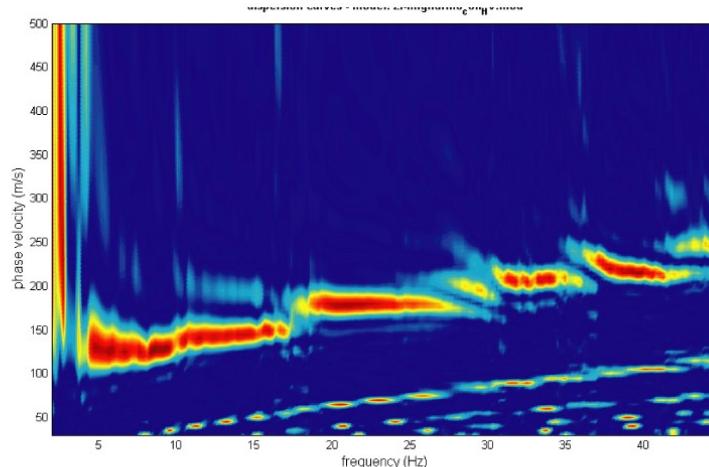
V_{s0} (m/s): 152



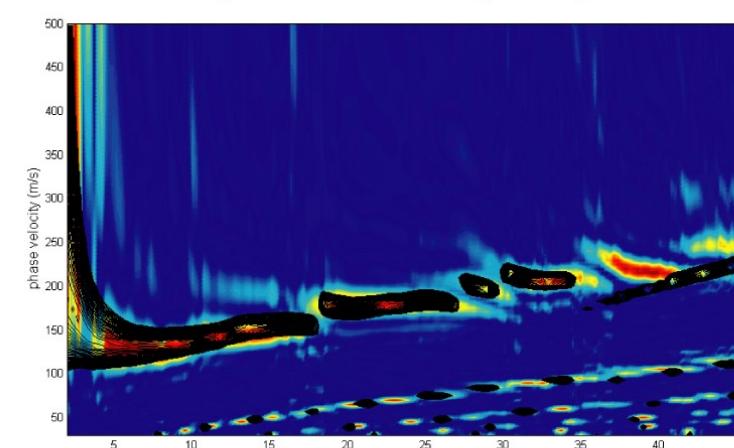
Common shot gather (ZVF)



Spettro di velocità



Spettro sintetico v di fase (mo 5.0m)



Strumentazione: DAQ Link III
Geofoni: 12 vert. 4.5hz (Rayleigh)
Passo: 5.00 m
Lunghezza: 55 m
Shot: 2.50; 5,00; 7,50 m

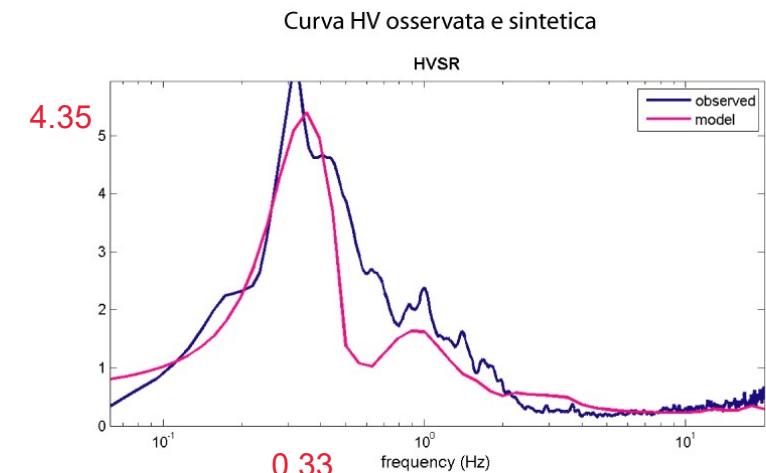
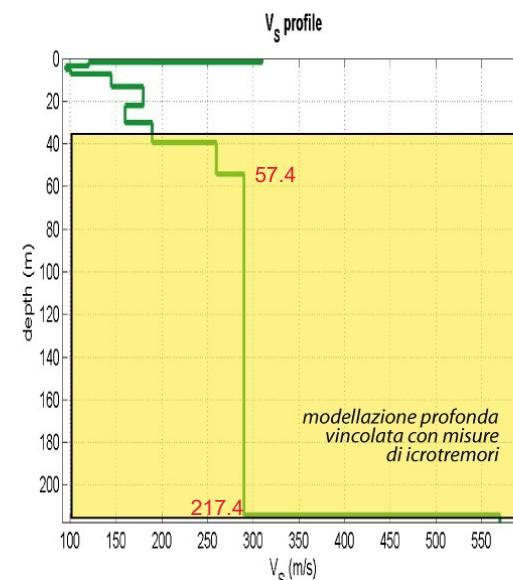
Campionamento
frequenza: 250 μ s
durata: 1000 ms
Software
acquisizione: VSope 3.49
elaborazione VinMASW 7.0 Acd

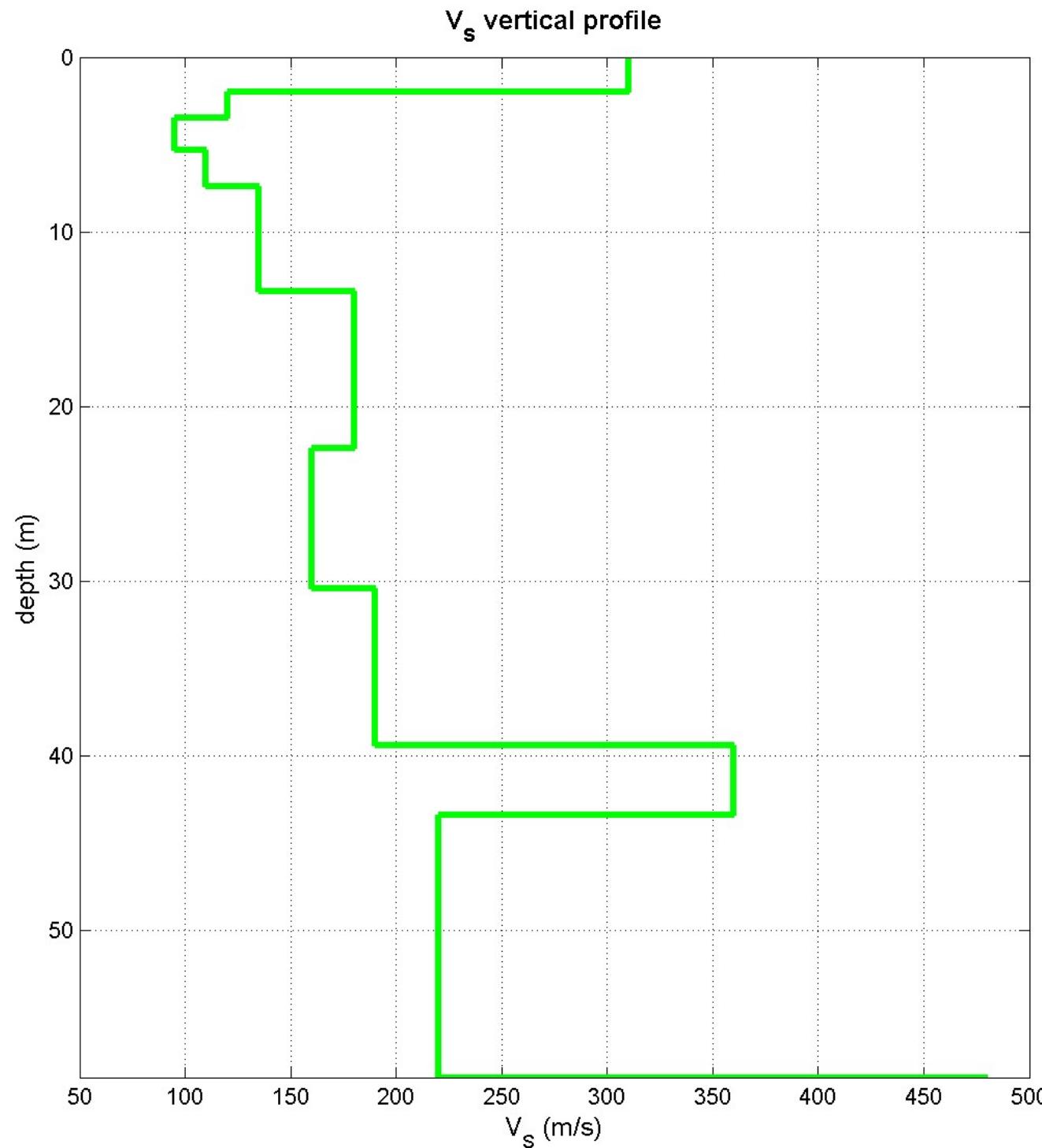
SUBSURFACE MODEL

V_s (m/s): 310, 120, 95, 101, 145, 180, 160, 190, 260, 290, 570
Thickness (m): 2.0, 1.5, 1.8, 2.1, 6.0, 9.0, 8.0, 9.0, 15.0, 160.0
Density (gr/cm³): 1.95 1.93 1.96 1.97 1.98 1.93 1.90 1.94 1.94 2.04 2.21
Shear modulus (MPa): 187 28 18 20 42 62 49 70 131 172 718

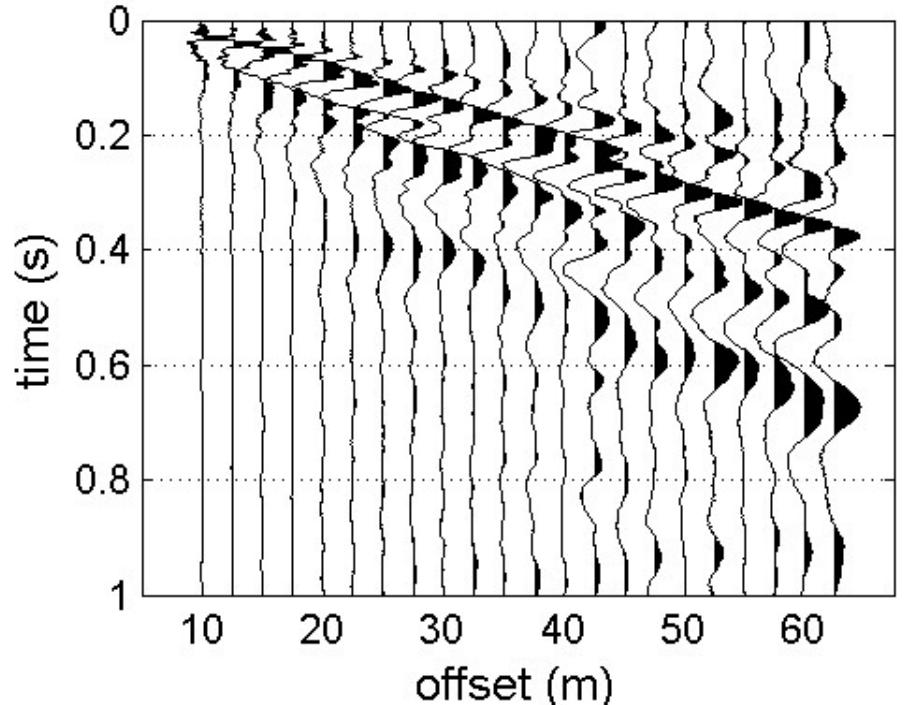
 V_s30 (m/s): 152

MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO

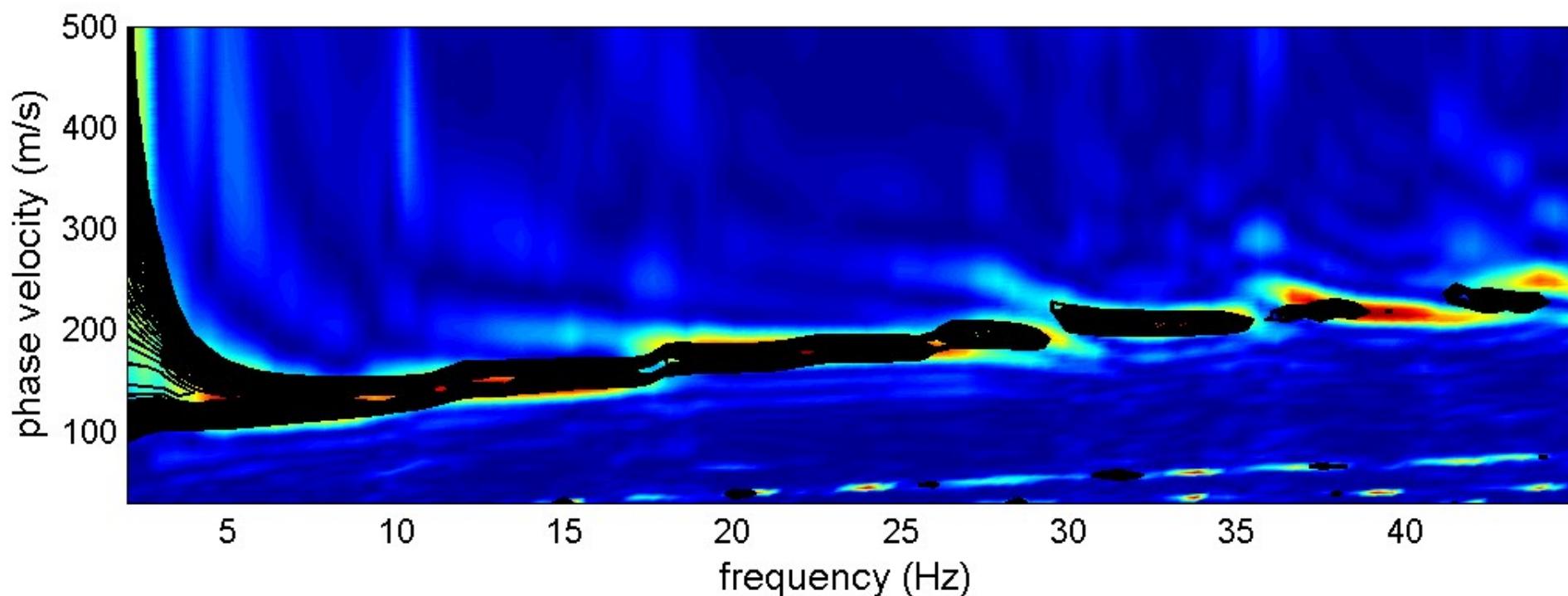
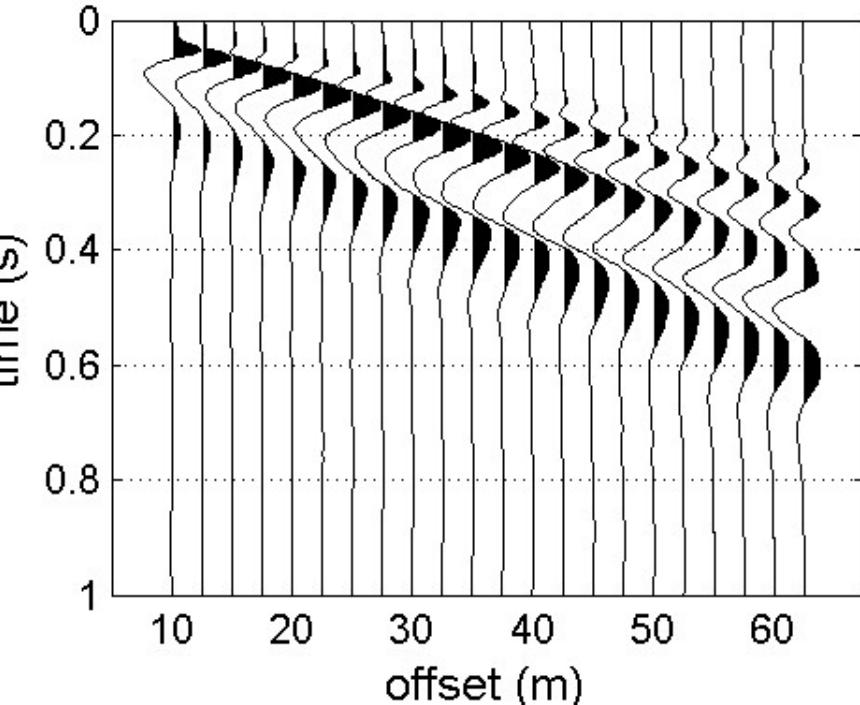


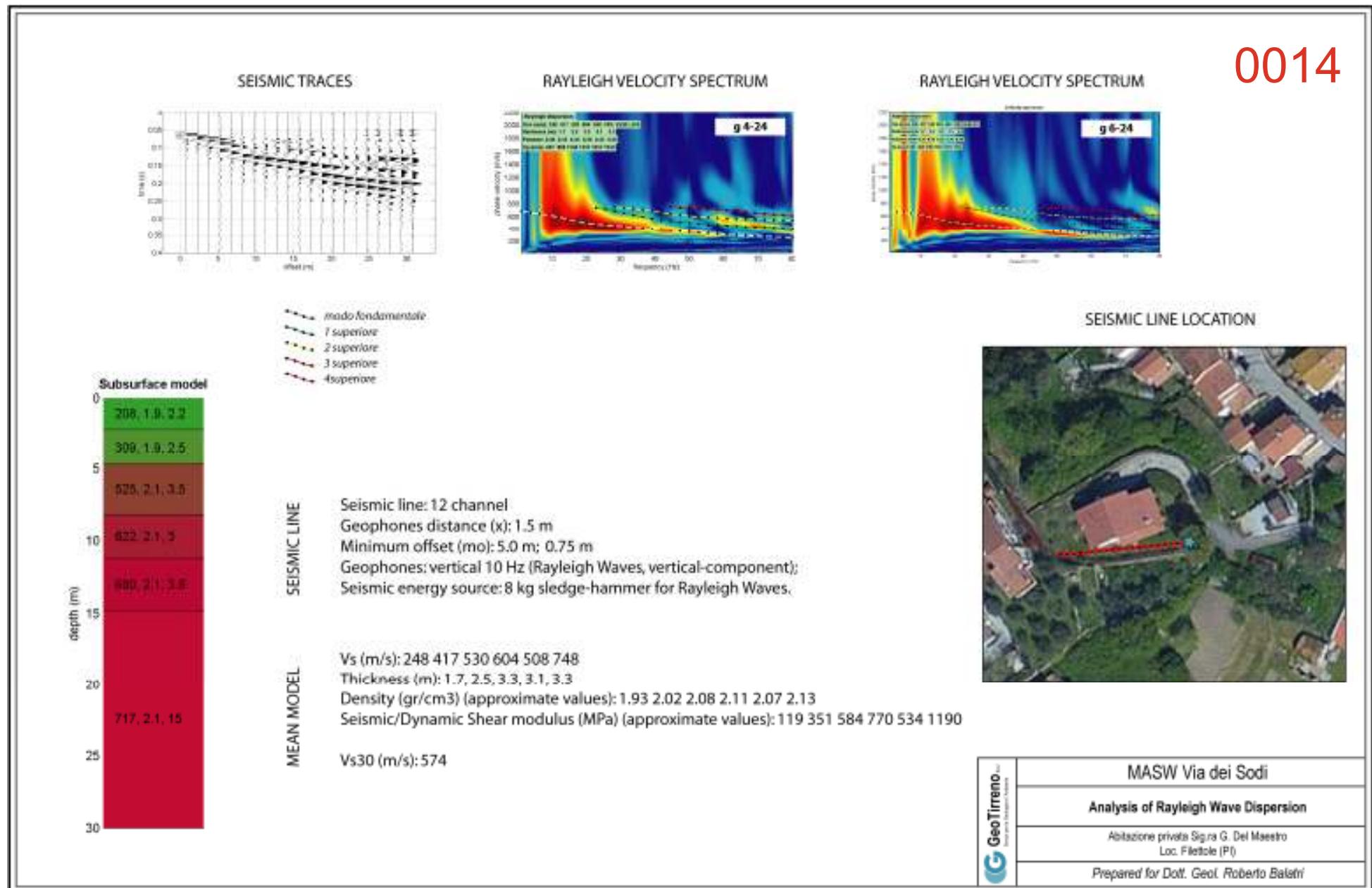


Uploaded Dataset (Rayleigh analyses)

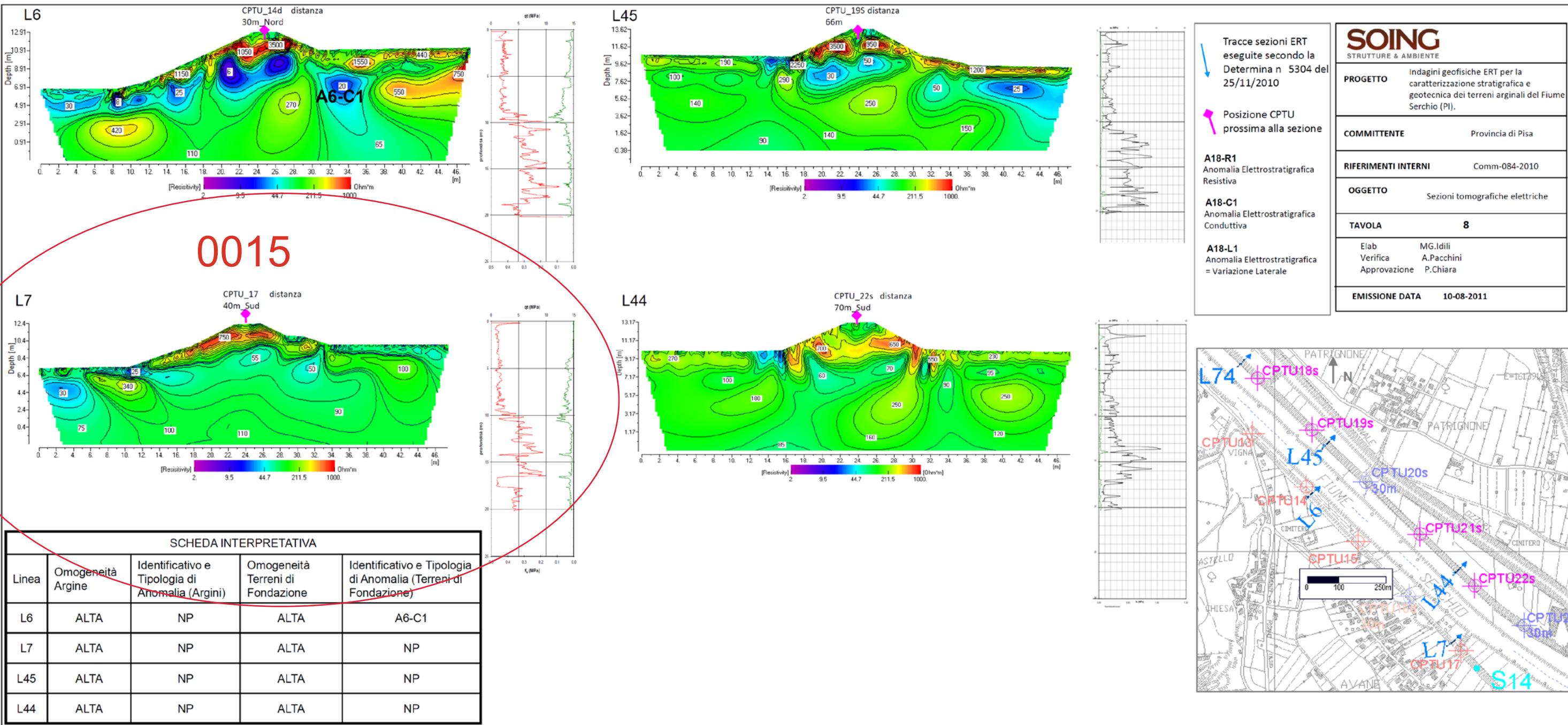


Synthetic Dataset (Rayleigh analyses)

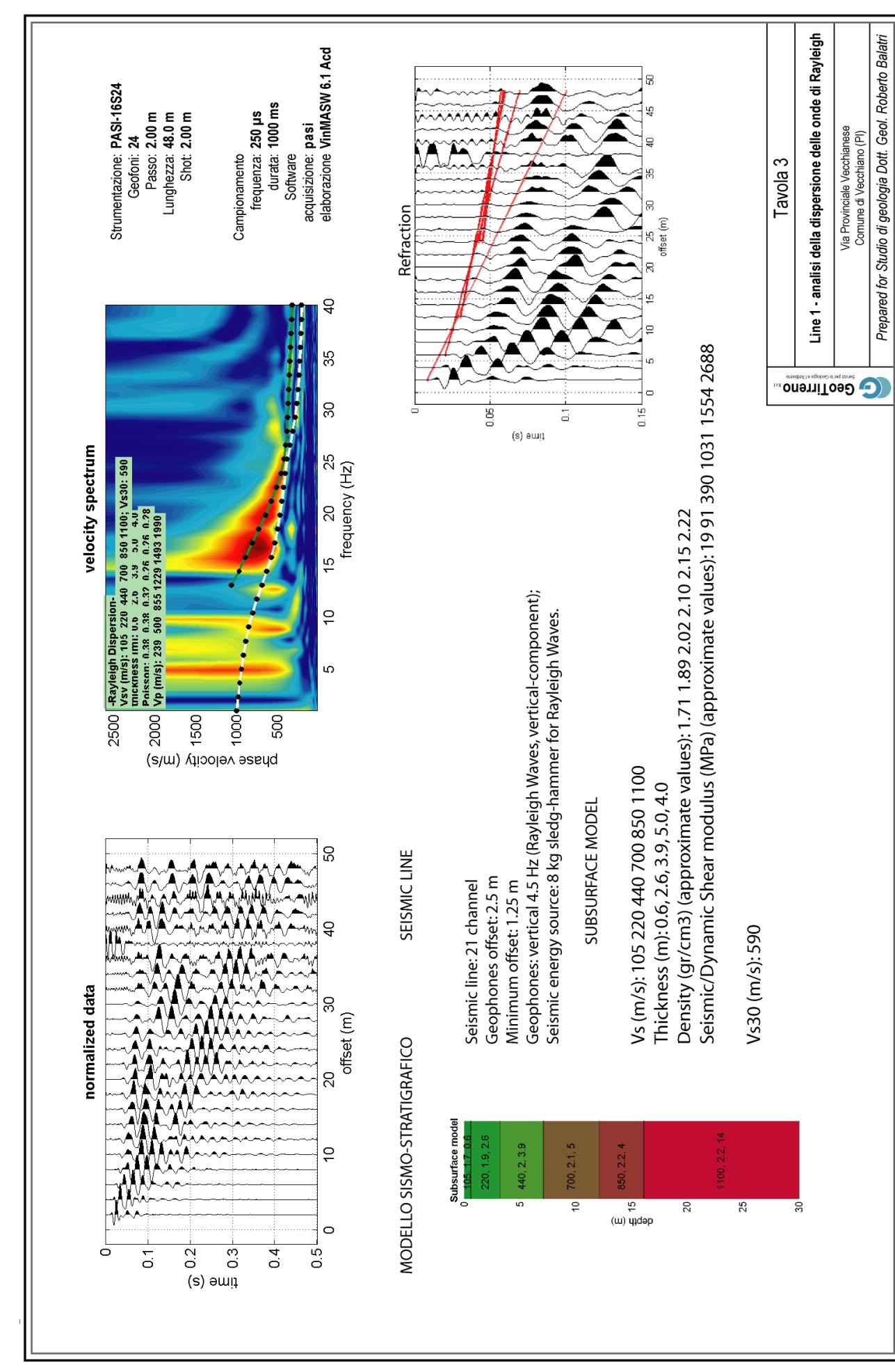




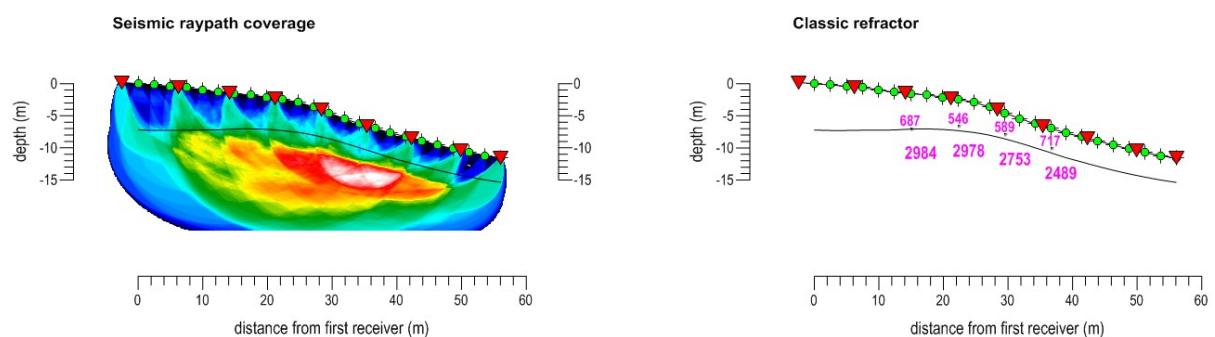
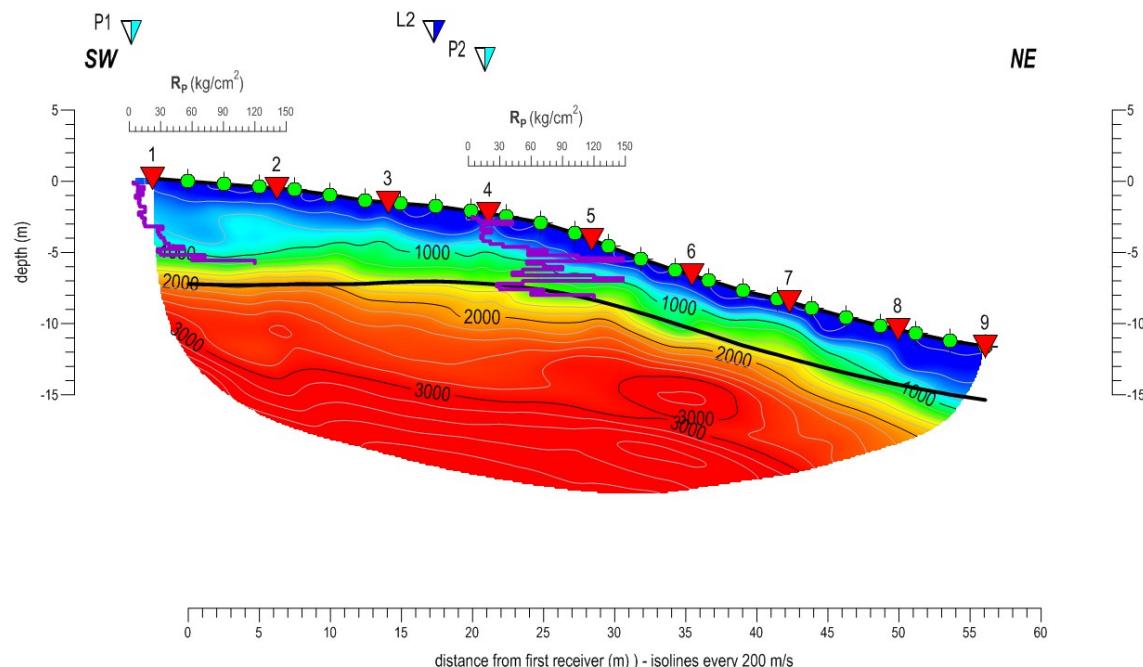
0015



File: RelTec_Vecchiano	Codifica: Rel. Tec.	Sistema Gestione Qualità - Rev. 1 del 07/07/2009	Allegati
------------------------	---------------------	--	----------



0017



Order informations

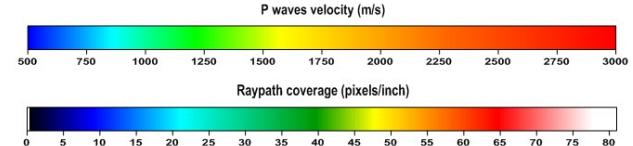
Technical features

Chromatic scales

Legend

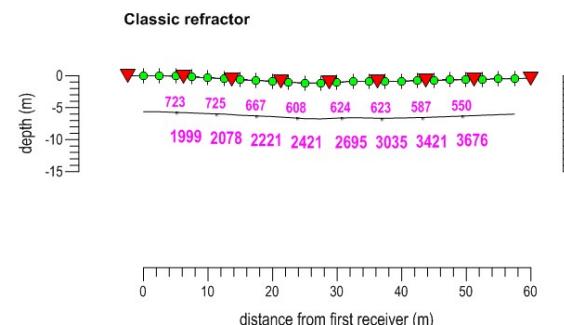
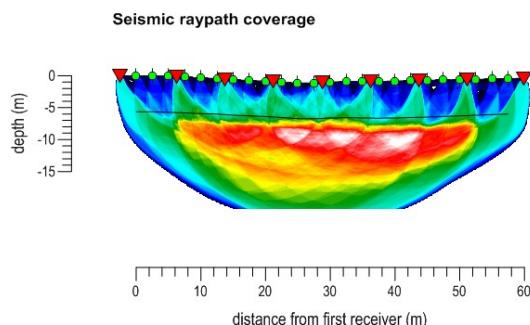
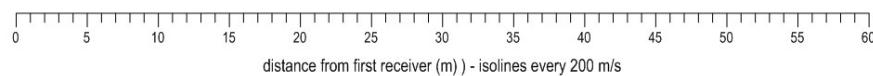
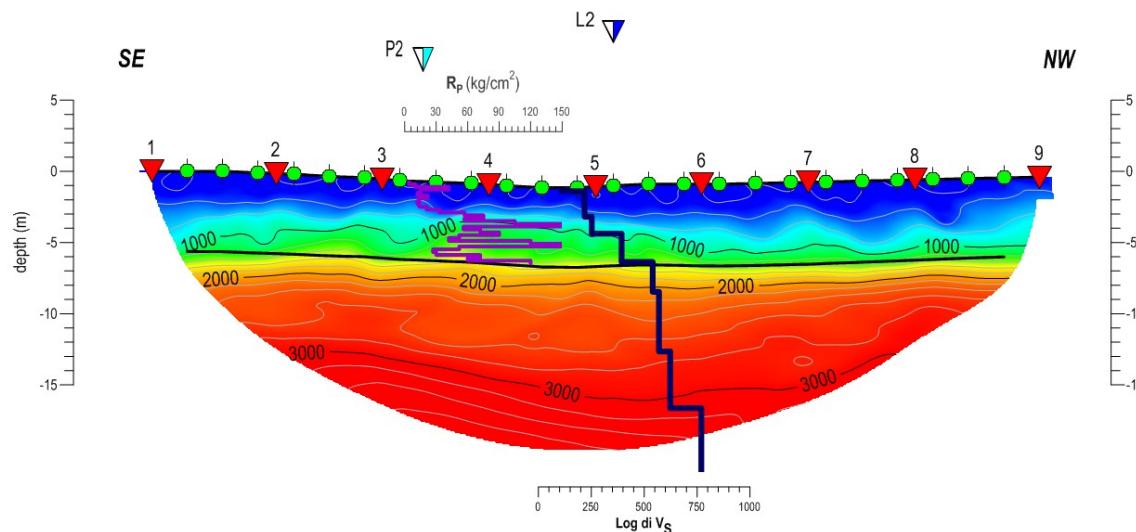
Customer: **Sigg. Doufour**
 Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
 Order num: -
 Job reference: C073-16 Balatri_Castellaccio
 Data acquisition: 26 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
 Data processing: 29 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
 Graphic table redaction: 04 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta

P waves
 seismograph: Seismi Source DAQLink III
 channels: 24
 geophones: vertical, 4.5Hz
 geophones distance: $x = 2.5$ m
 shots position: 9, 7.5 m spaced
 acquisition software: -
 processing software: Rayfract, vers. 3.33



- Geophones
- Shots position
- refractor with classic methods (wavefront or CMP int. traveltimes met.)
- Vs log from masw analysis
- R_p log from CPT test
- Other seismic line
- Penetrometric test (DPS)
- Other

0018



Order informations

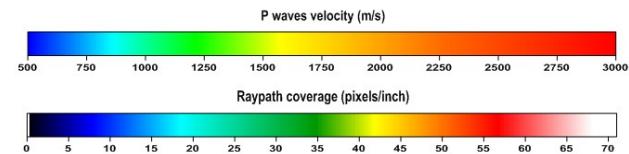
Technical features

Chromatic scales

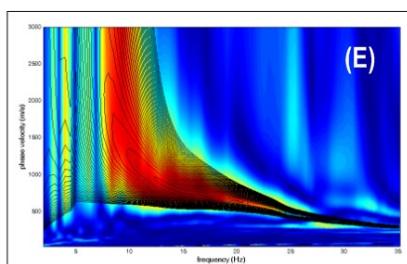
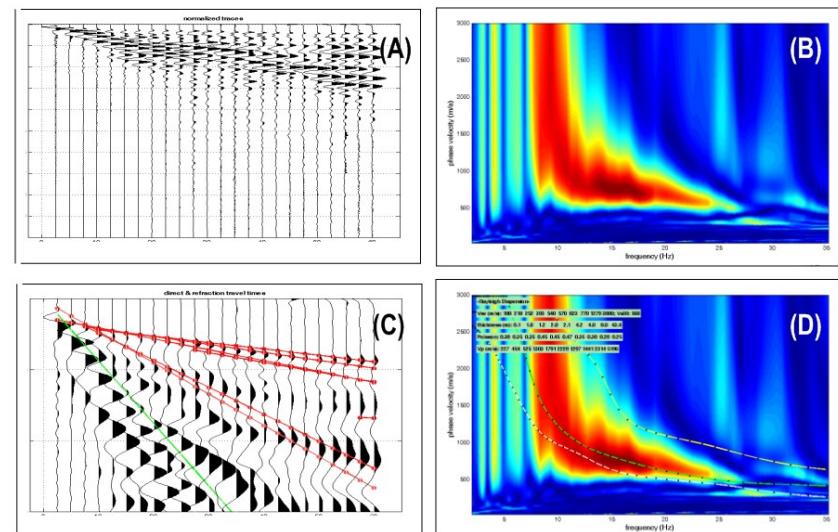
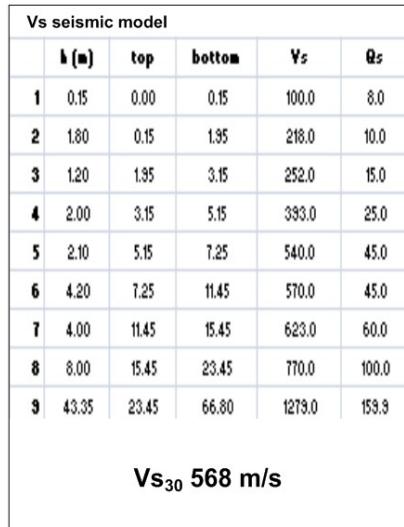
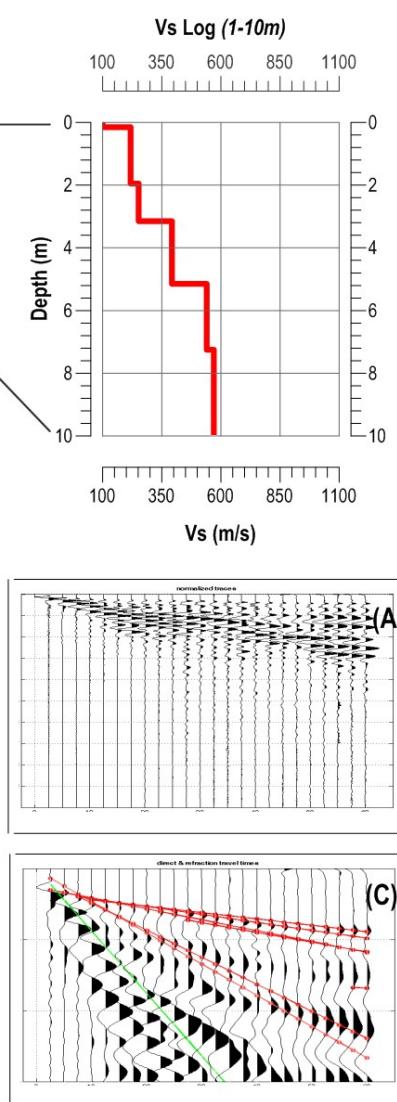
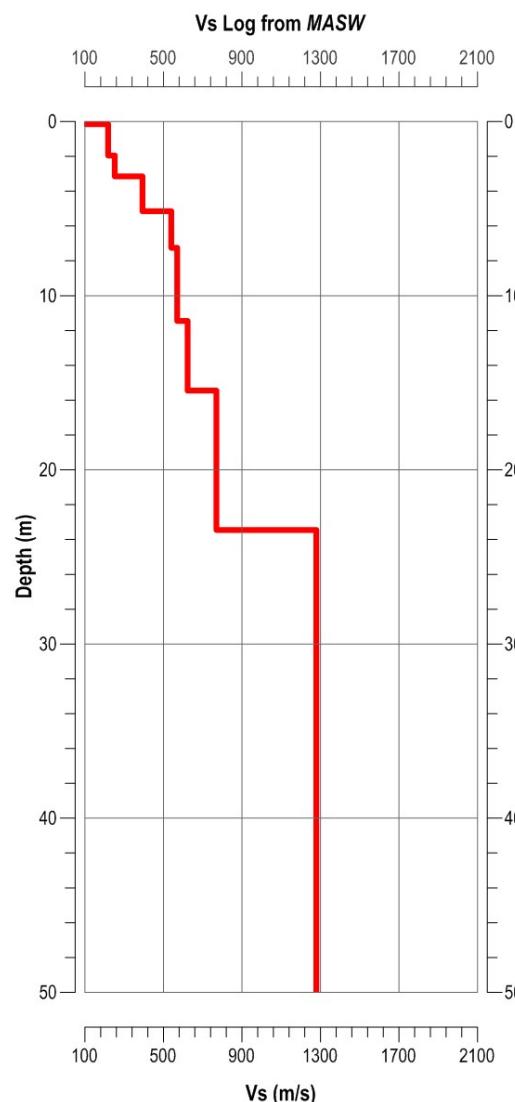
Legend

Customer: **Sigg. Doufour**
 Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
 Order num: -
 Job reference: C073-16 Balatri_Castellaccio
 Data acquisition: 26 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
 Data processing: 29 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
 Graphic table redaction: 04 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta

P waves
 seismograph: Seismi Source DAQLink III
 channels: 24
 geophones: vertical, 4.5Hz
 geophones distance: $x = 2.5 \text{ m}$
 shots position: 9, 7.5 m spaced
 acquisition software: -
 processing software: Rayfract, vers. 3.33



- Geophones
- ▼ Shots position
- ─ refractor with classic methods (wavefront or CMP int. traveltimes met.)
- Vs log from masw analysis
- R_p log from CPT test
- ▲ Other seismic line
- Penetrometric test (DPS)
- Other



Order informations

Technical features

Legend

Pictures: experimental data vs modeling

Customer: **Sigg. Doufour**
Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
Order num: -
Job reference: C073-16 Balatri_Castellaccio

Data acquisition: 26 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 29 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta
Graphic table redaction: 04 August 2016 _ Dott. Luigi Allacorta

Rayleigh_waves
seismograph: Seismic Source DAQLink III
channels: 24
geophones: vertical, 4.5Hz
geophones distance: x = 2.50m
minimum offset: 2.50; 5.00 m (forward and reverse)
acquisition software: VScope 2.49
processing software: WinMASW 7.1

Seismic line for MASW
Full seismic line
Vs log from masw analysis

Penetrometric Test (CPT)
Shots position

Rayleigh waves _ vertical or ZVF component (A)
(24 traces common shot gather)
ZVF experimental phase velocity spectrum (B)
synthetic refracted P waves traveltimes vs P waves first break (C)
phase velocity spectrum with modal curves (D)
synthetic ZVF phase velocity spectrum vs experimental spectrum (E)

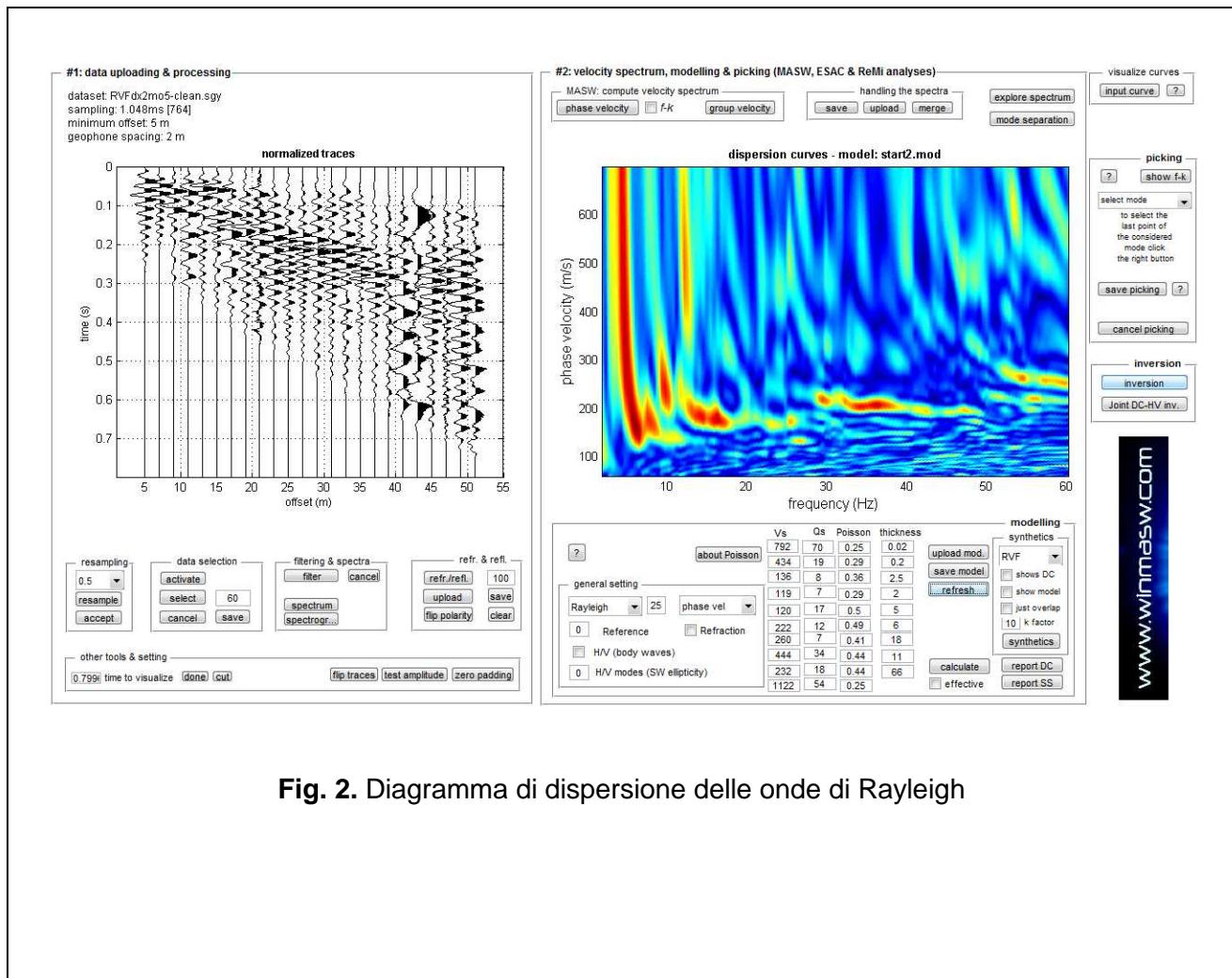
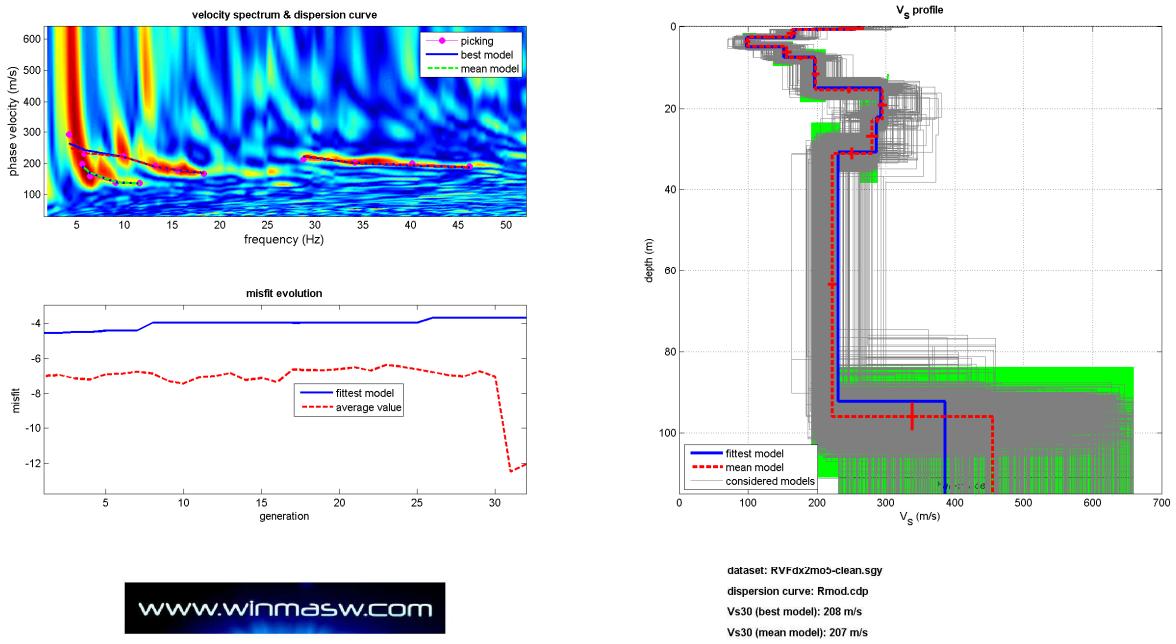


Fig. 2. Diagramma di dispersione delle onde di Rayleigh

Fig. 3. Profilo verticale delle V_s

Spessore (m)	V_{sh} (m/s)
1,90	163
2,20	99
2,80	156
7,80	198
7,40	295
8,40	280

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo (V_{s30} riferita al piano campagna naturale: 209 m/sec)

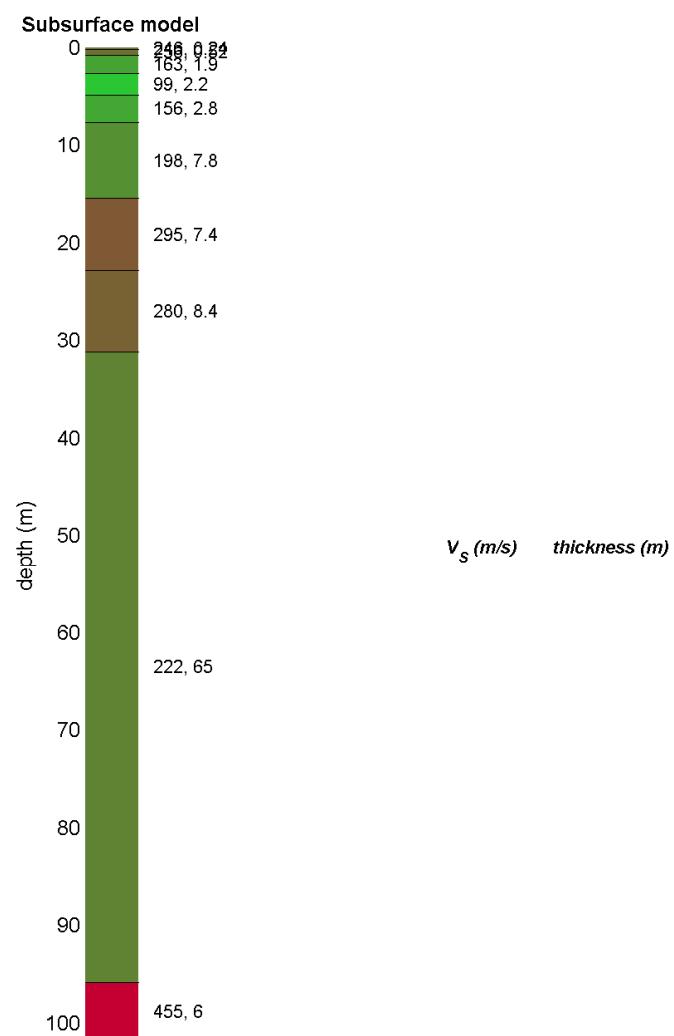
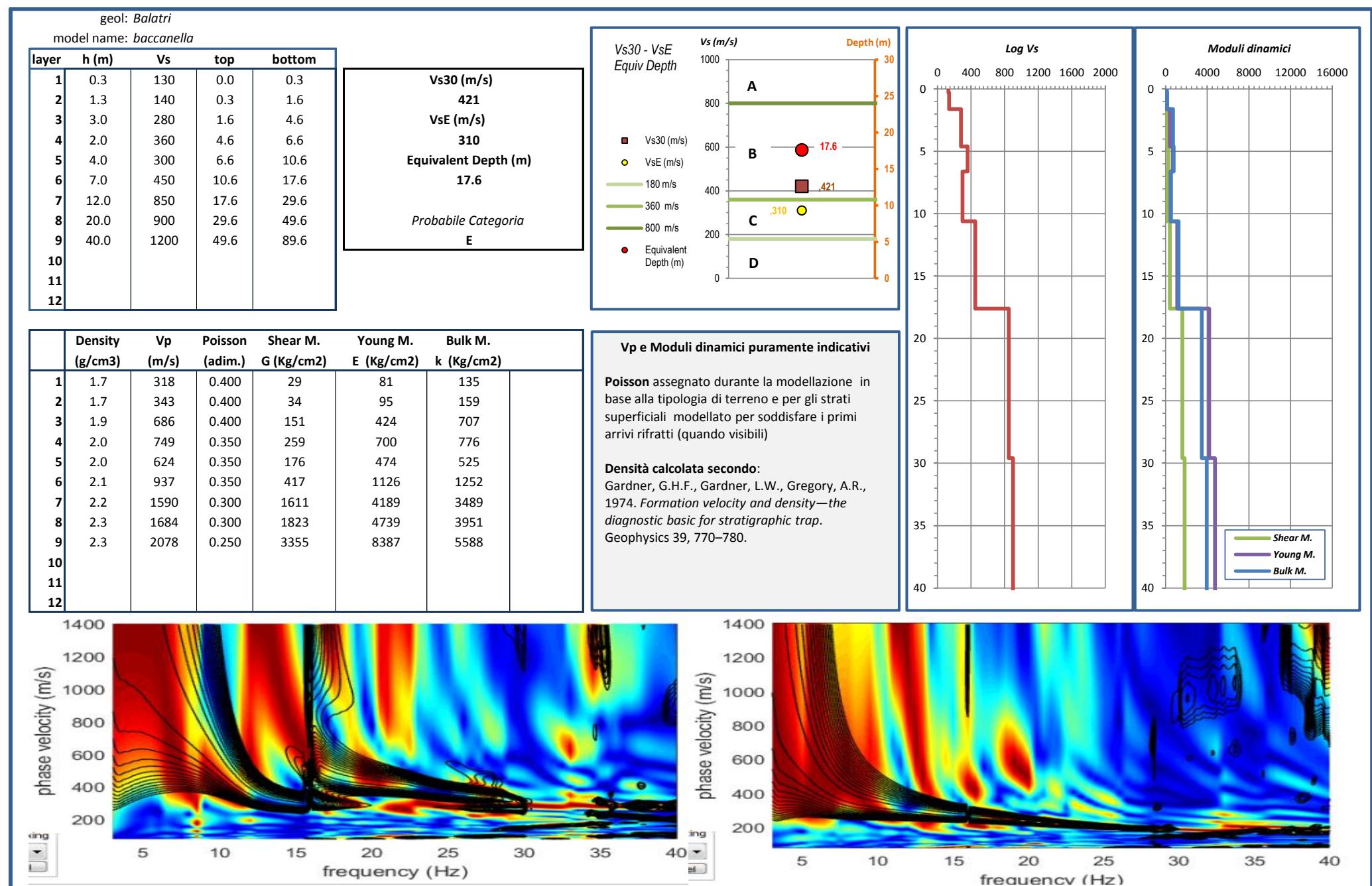
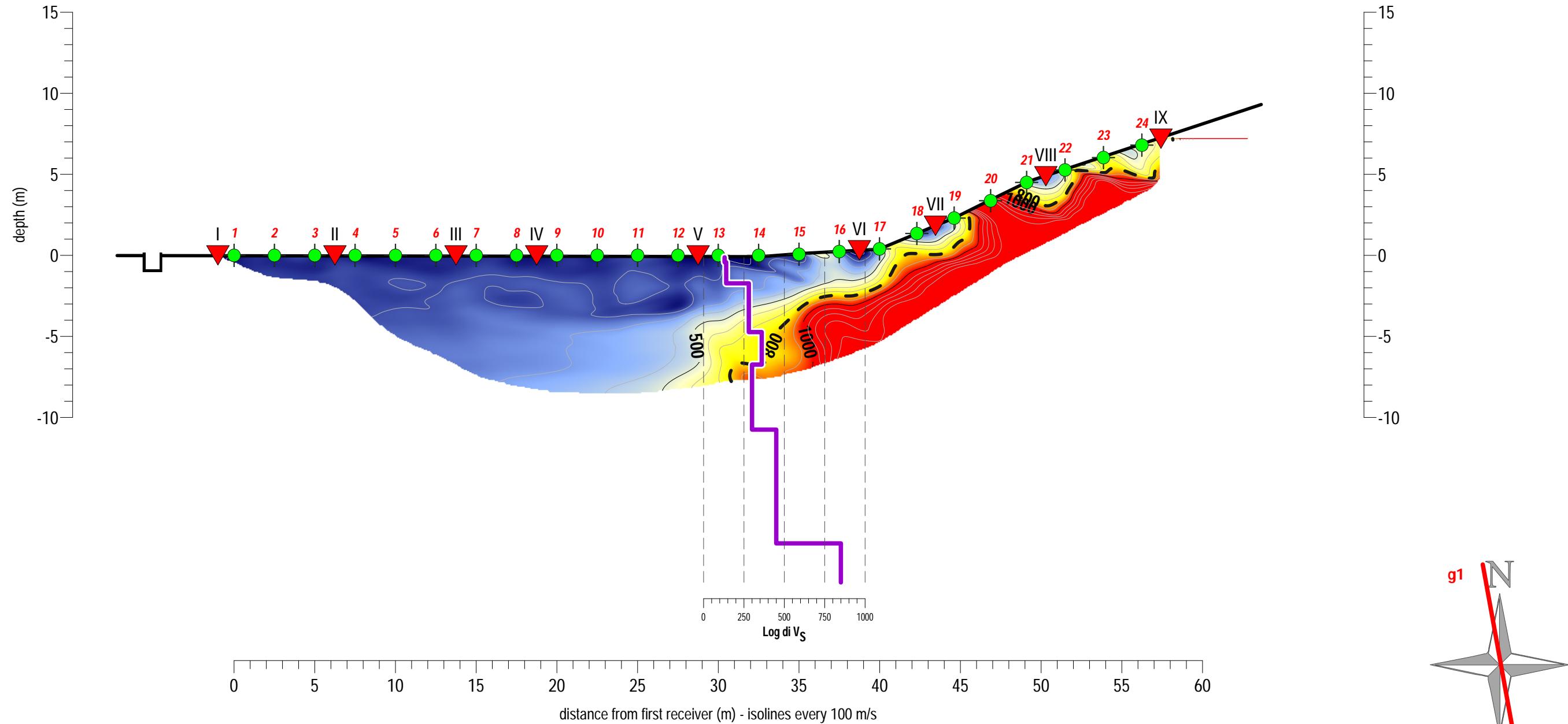


Fig. 4. Sismostratigrafia in funzione della V_s sino alla profondità di 100 m.



0022



Order informations

Customer: Sig.ra Lauretta Andreoni
Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
Order num: 021-20L
Job reference: Loc. Baccanella, Vecchiano (PI)

Data acquisition: 05 Maggio 2020 _ Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 06 Maggio 2020 _ Dott. Luigi Allacorta
Graphic table redaction: 08 Maggio 2020 _ Dott. Luigi Allacorta

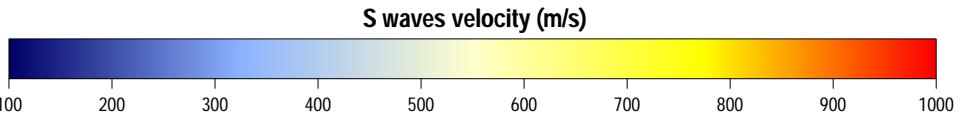
Technical features

instrument: DAQLink III s.n.1005
channels: 24
geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz
geop./electr.s distance: x = 2.5m
shots position: 9, 7.5 m spaced
acquisition software: VScope 2.59
processing software: Rayfract, vers. 3.35
sequences: -

S_waves
geop./electr.s distance: x = 2.5m
shots position: 9, 7.5 m spaced
acquisition software: VScope 2.59
processing software: WinMasw Acd 2019

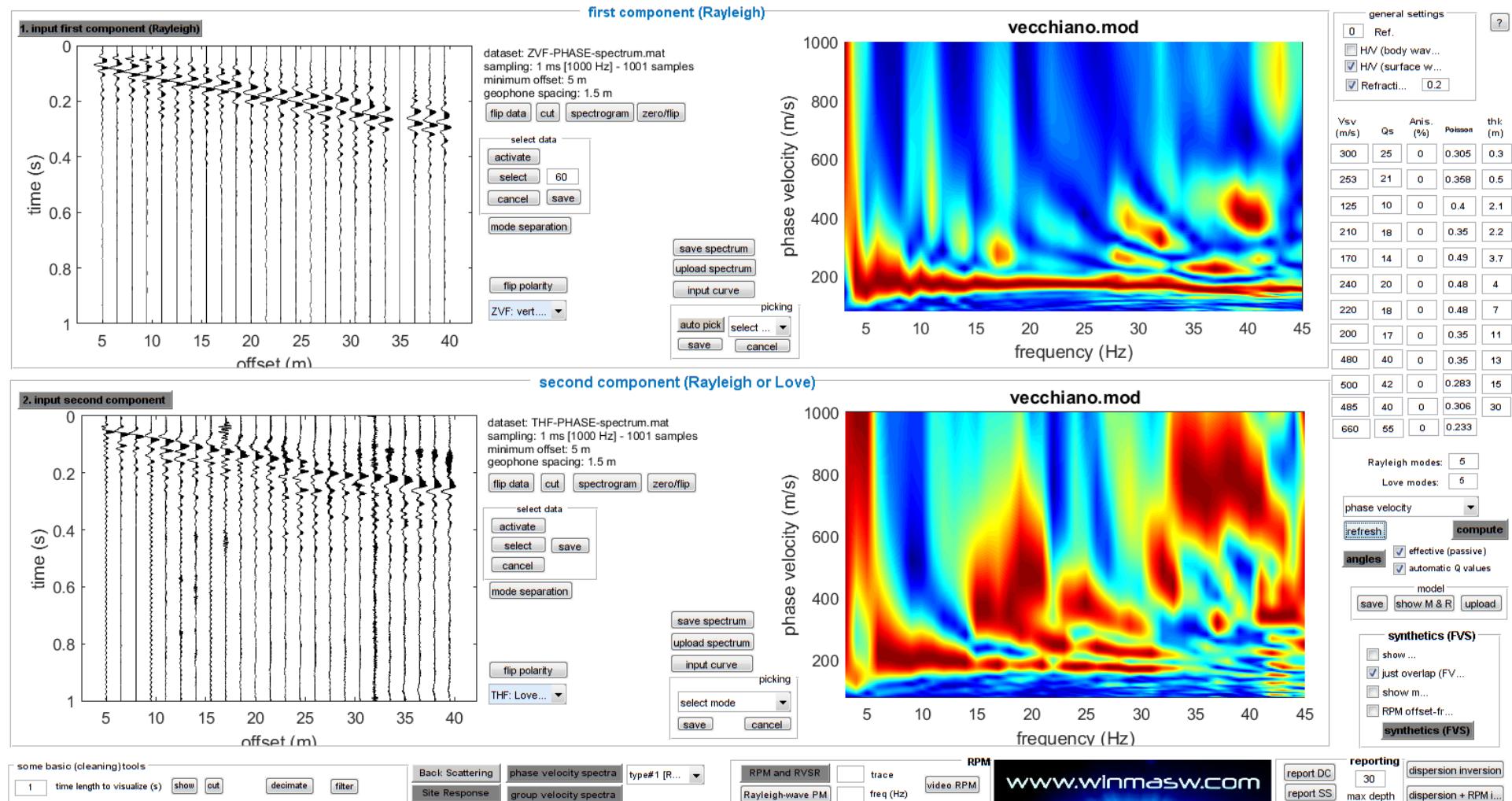
Log_Vs_(MASW)
- 12 vertical, 4.5Hz
x = 5.0m
2.5; 5.0m

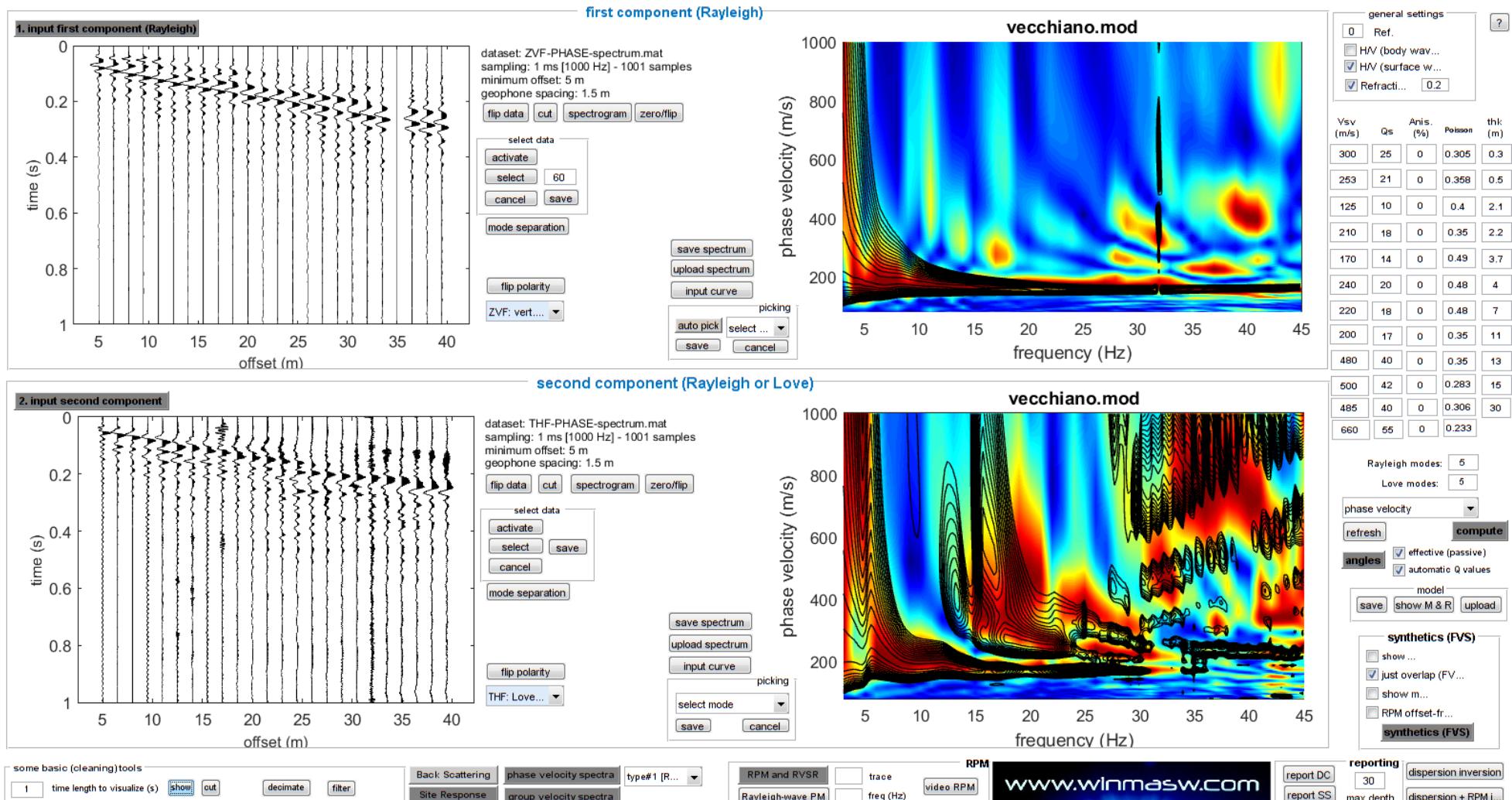
Chromatic scales



Legend

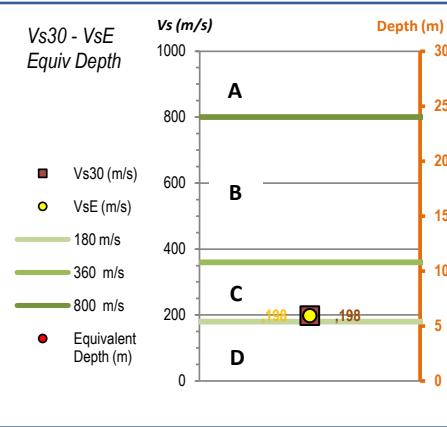
- Geophones
- Shots position
- refractor with classic methods (wavefront or plus-minus)
- Log Vs from MASW
- Velocità onde S - $V_{s_{eq}}$
- Profondità Equivalente - $Prof_{eq}$





Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	300	0.0	0.3	2.0	0.305	566	176	458	391
2	0.5	253	0.3	0.8	1.9	0.358	538	122	330	388
3	2.1	125	0.8	2.9	1.7	0.400	306	27	75	124
4	2.2	210	2.9	5.1	1.9	0.350	437	82	220	245
5	3.7	170	5.1	8.8	1.8	0.490	1214	52	154	2569
6	4.0	240	8.8	12.8	1.9	0.480	1224	109	322	2686
7	7.0	220	12.8	19.8	1.9	0.480	1122	90	266	2221
8	11.0	200	19.8	30.8	1.8	0.350	416	74	199	220
9	13.0	480	30.8	43.8	2.1	0.350	999	479	1294	1437
10	15.0	500	43.8		2.1	0.28	909	523	1341	1030
11	30.0	485	58.8		2.1	0.31	917	489	1278	1097
12										



Committente Dott. Geol. D. Caputo

Lavoro Ampliamento Peselli

Ubicazione Serravalle

configurazione ch 12; x=3.5; m.o.=3.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 250/1000ms

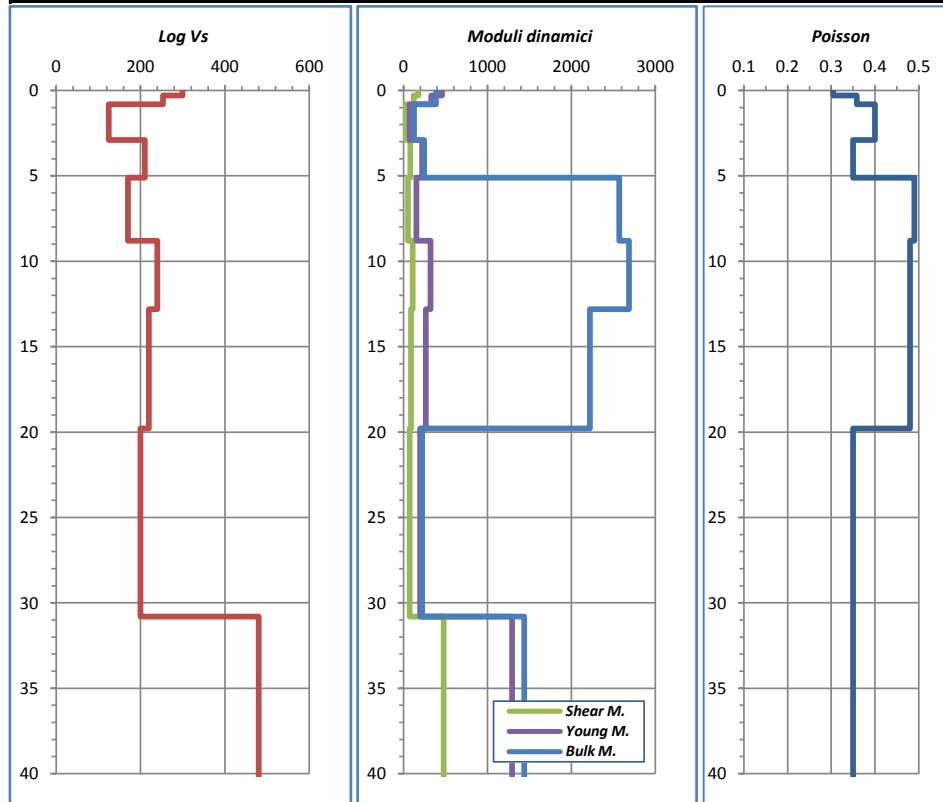
durata registrazione 1s

acquisizione ZVF

modellazione Rayleigh

metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

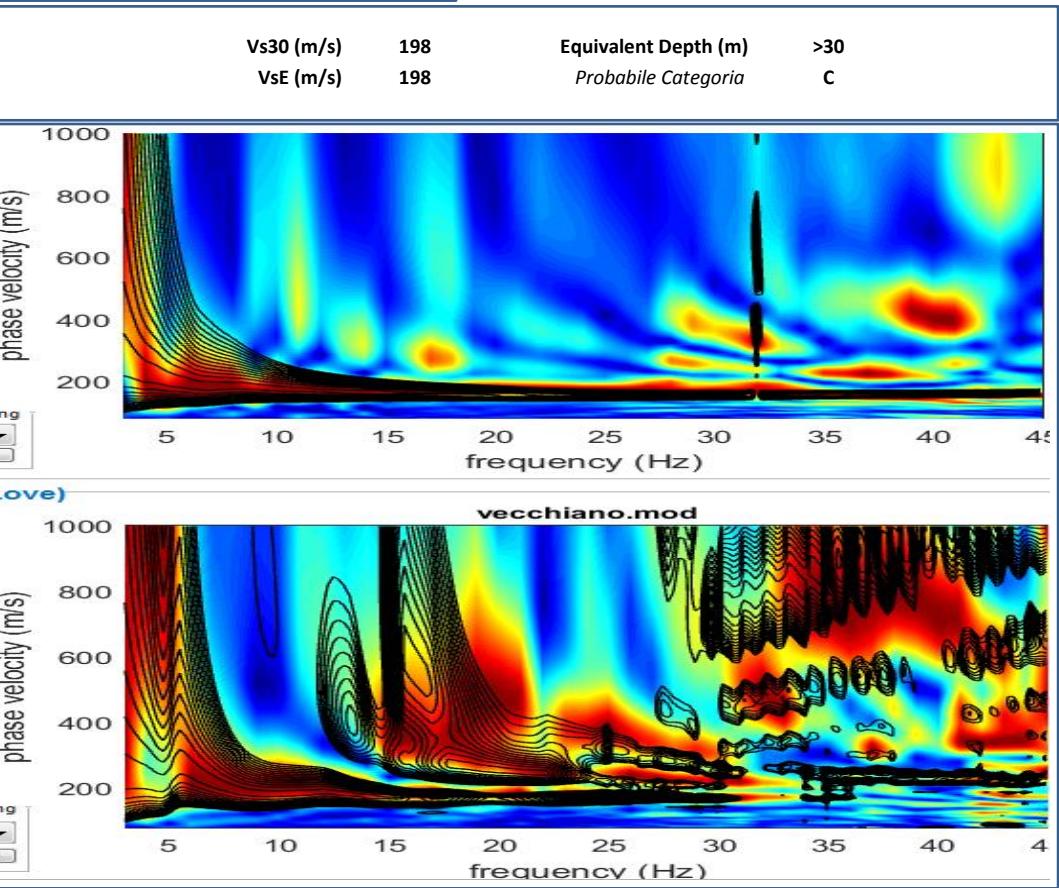
modello finale vecchiano



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

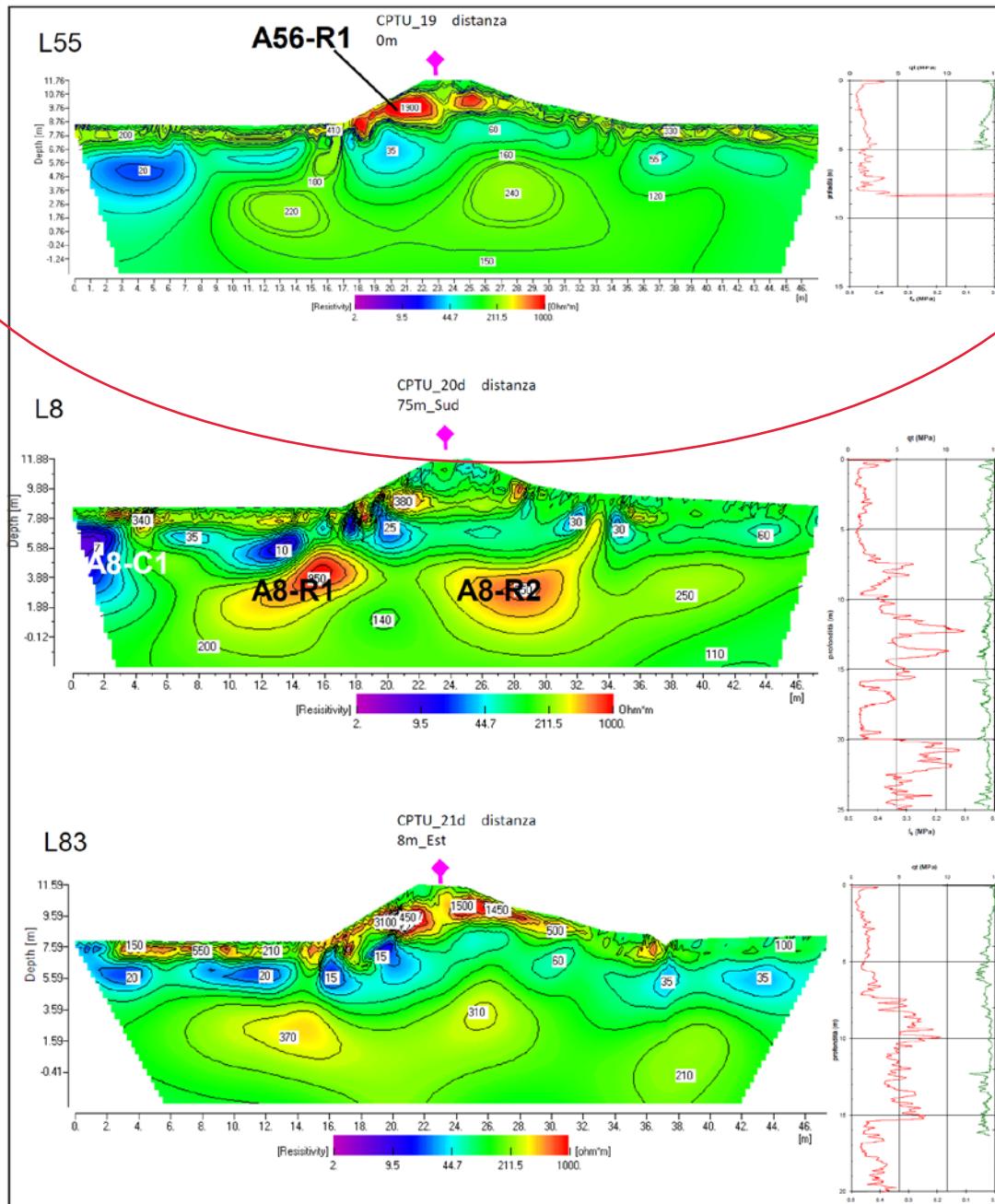
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e esperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente orizzontale (RVF). Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

0024

0024

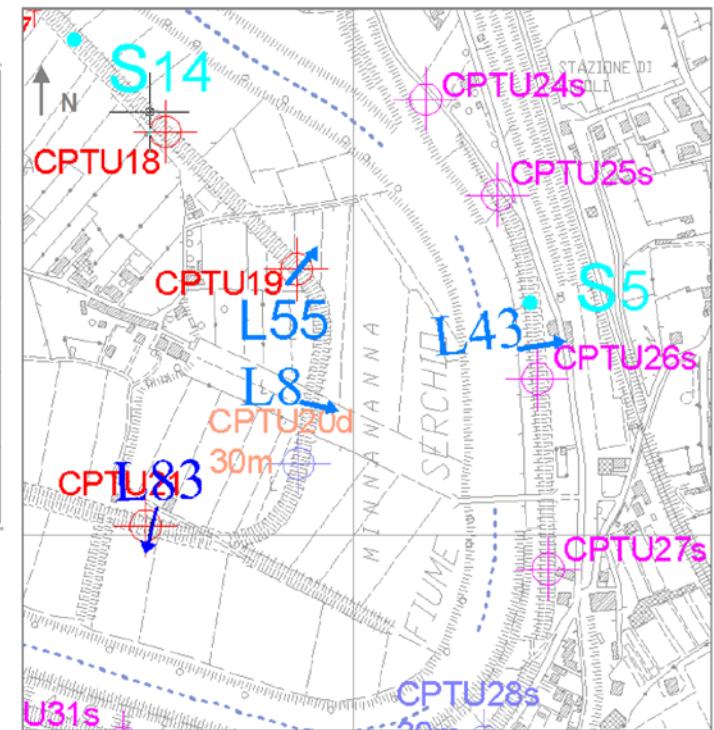


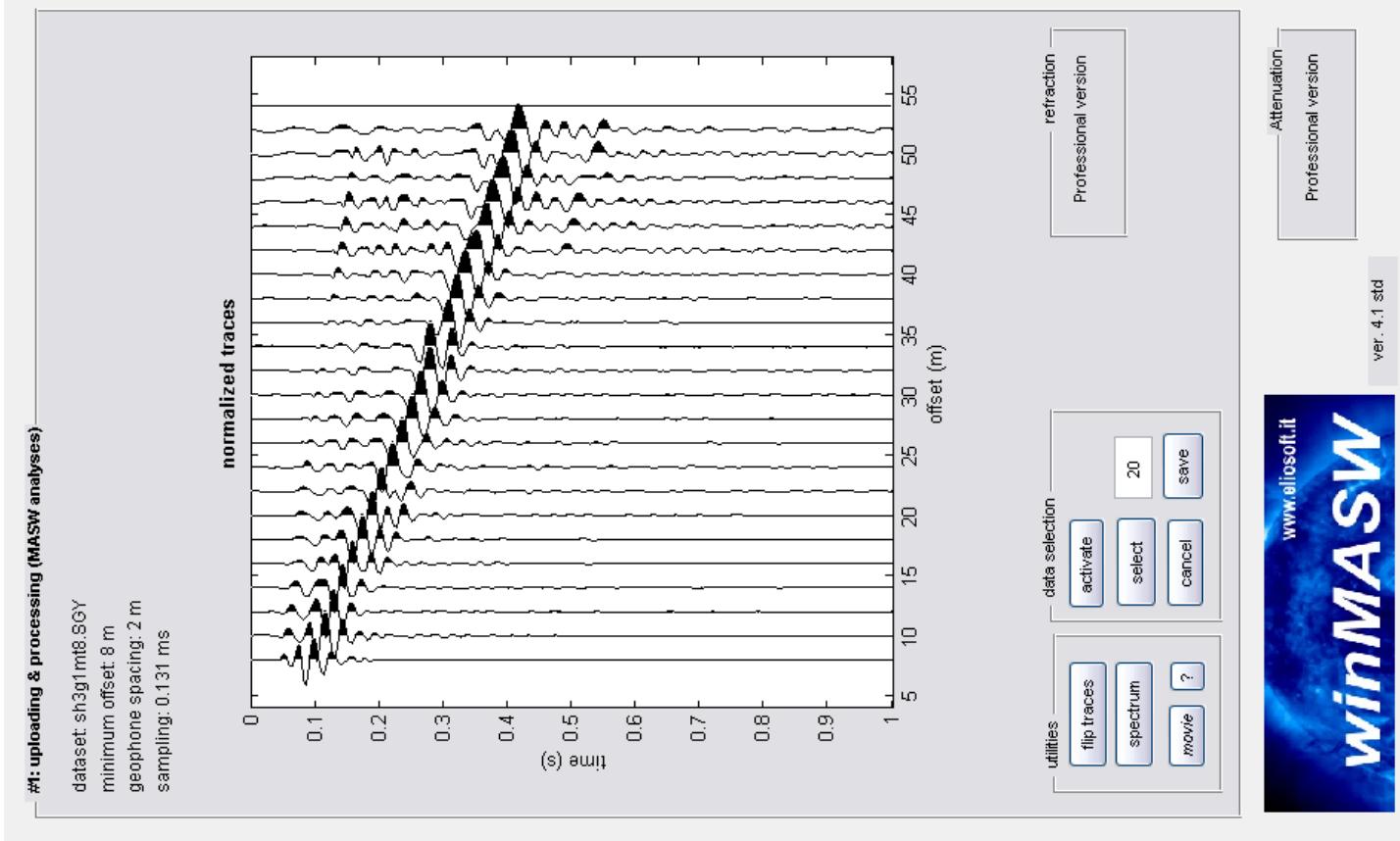
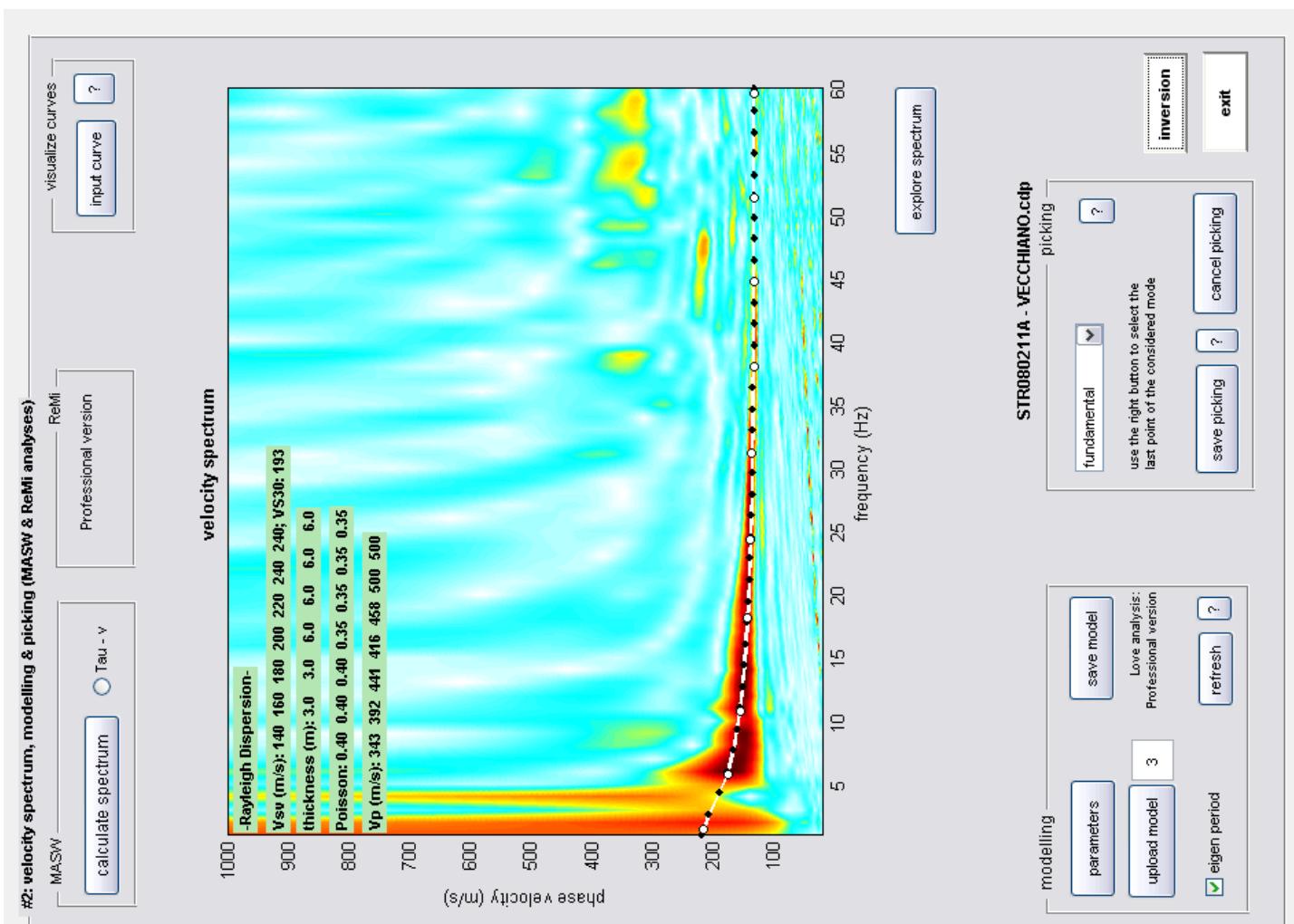
SCHEDA INTERPRETATIVA				
Linea	Omogeneità Argine	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Argini)	Omogeneità Terreni di Fondazione	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Terreni di Fondazione)
L56	BASSA	A56-R1	ALTA	NP
L8	ALTA	NP	BASSA	A8-R1; A8-R2; A8-C1
L43	BASSA	A43-R1; A43-R2	ALTA	NP
L83	ALTA	NP	ALTA	NP

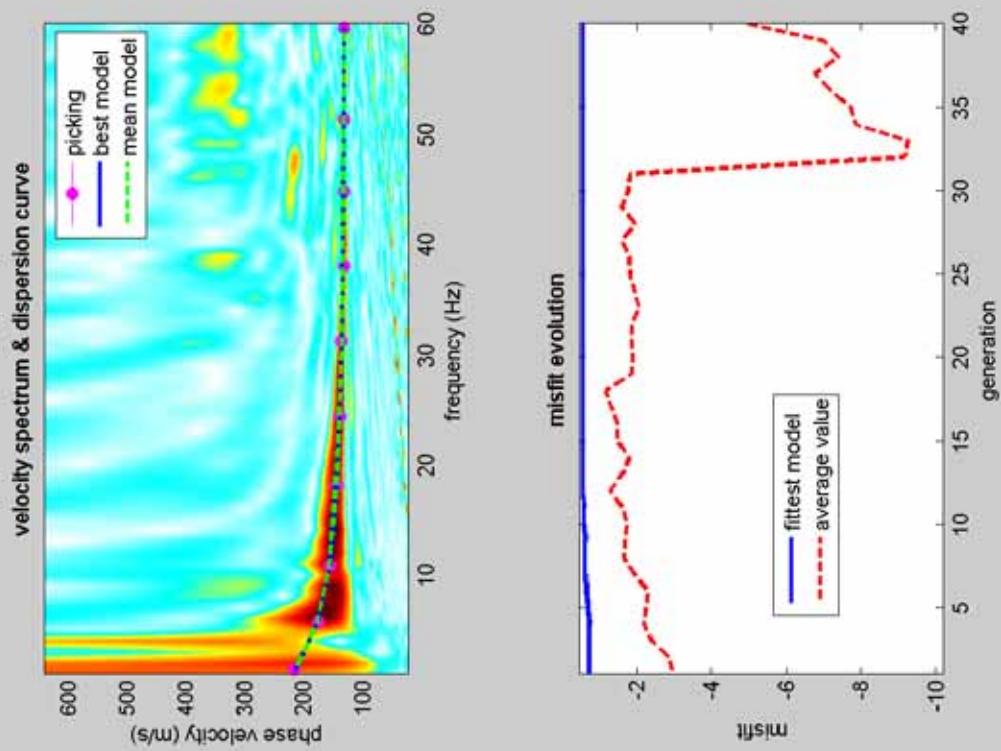
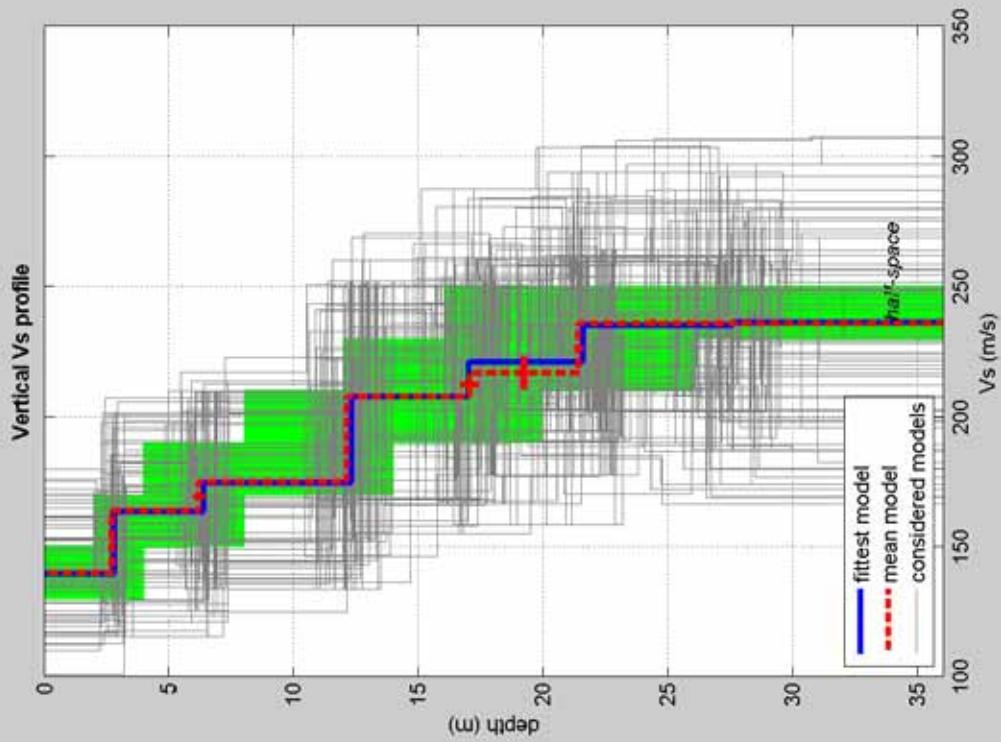
Tracce sezioni ERT
eseguite secondo la
Determina n. 5304 del
25/11/2010

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE

PROGETTO	Indagini geofisiche ERT per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni arginali del Fiume Serchio (PI).
COMMITTENTE	Provincia di Pisa
RIFERIMENTI INTERNI	Comm-084-2010
OGGETTO	Sezioni tomografiche elettriche
TAVOLA	9
Elab	M.G.Idili
Verifica	A.Pacchini
Approvazione	P.Chiara
EMISSIONE DATA	10-08-2011





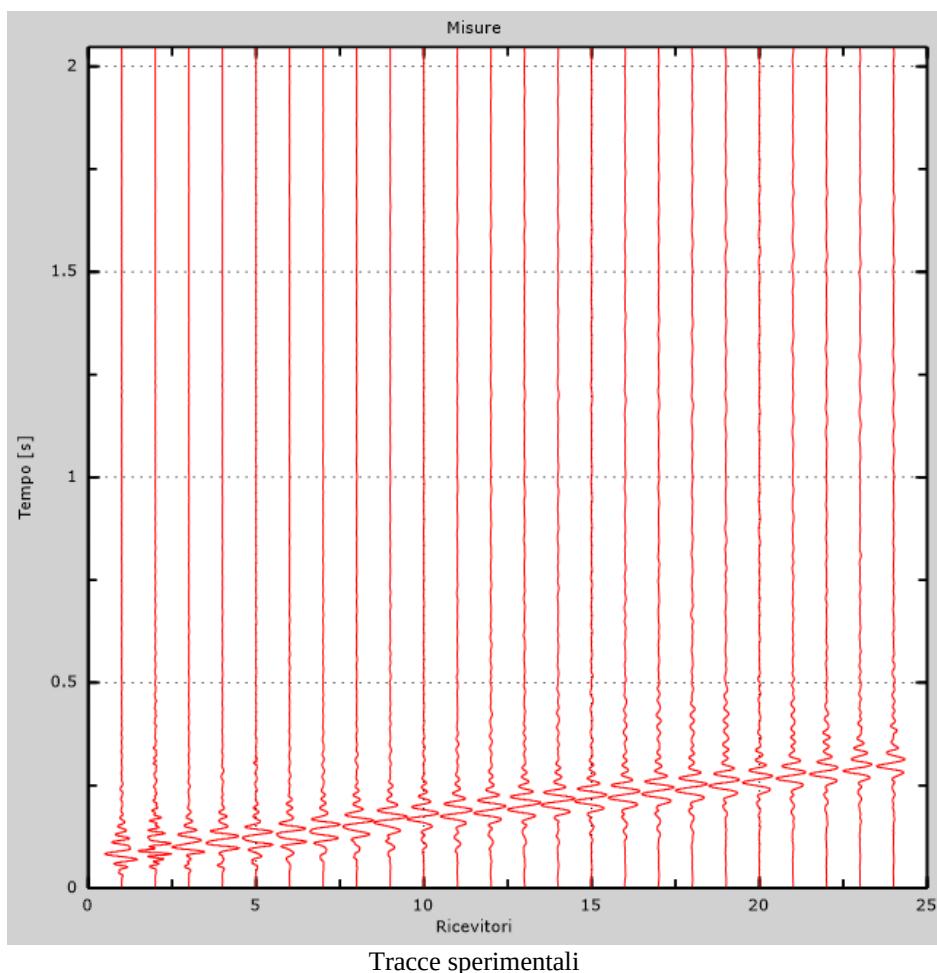


Elaborazione Indagine Sismica MASW

Software MASW Vitantonio Roma

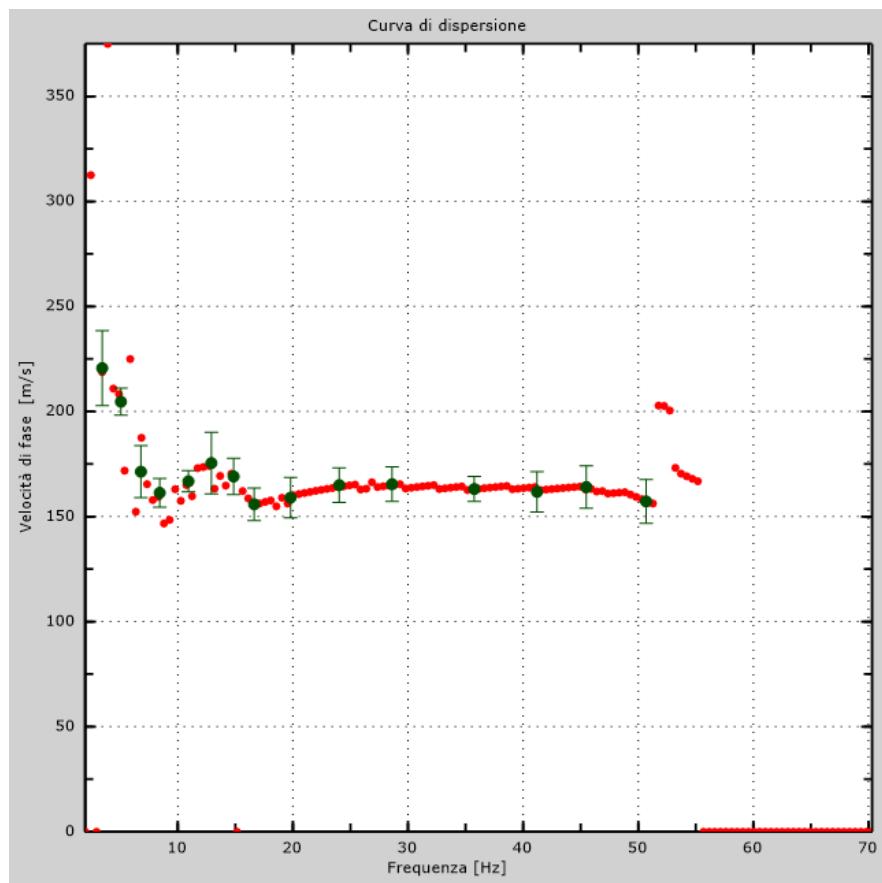
Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	1,5m
Numero di campioni temporali.....	2048
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2047ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	



Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.42862	220.642	202.844	238.44
5.05994	204.669	198.28	211.058
6.79323	171.355	159.033	183.676
8.42455	161.315	154.469	168.16
10.9225	166.791	161.771	171.811
12.9107	175.462	160.858	190.066
14.8479	169.073	160.402	177.744
16.6321	155.838	148.08	163.596
19.7928	159.033	149.449	168.616
24.0241	164.966	156.751	173.18
28.6122	165.422	157.207	173.636
35.7492	163.14	157.207	169.073
41.2039	161.771	152.187	171.355
45.4862	164.053	154.013	174.093
50.686	157.207	146.711	167.704



Curva di dispersione acquisizione diretta

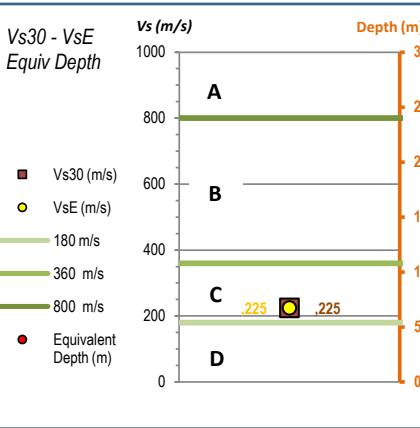
Profilo sismico di sito

<i>da</i>	<i>a</i>	<i>Spessori</i>	<i>Vs [m/s]</i>
0	2	2	168
2	5	3	173
5	12	7	157
12	16	4	187
16	21	5	227
21	26	5	257
26	32	6	273

Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione multicomponente di spettri sintetici e curva HVSR

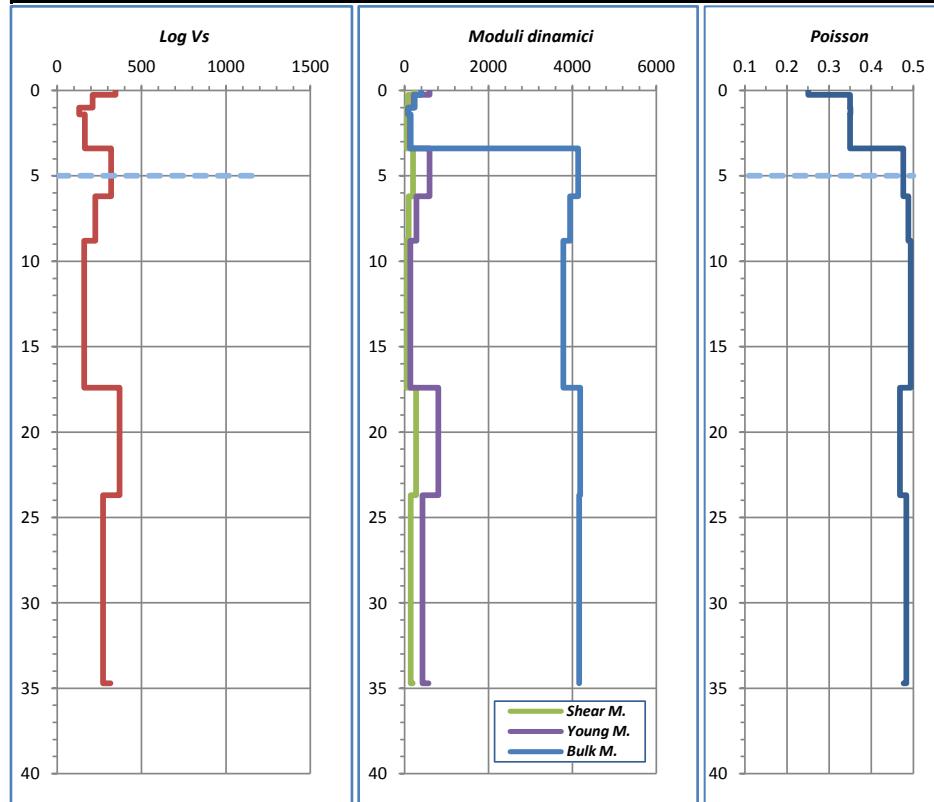
0027

layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	345	0.0	0.3	2.0	0.251	598	237	592	396
2	0.8	210	0.3	1.0	1.9	0.350	437	82	220	245
3	0.4	130	1.0	1.4	1.7	0.351	271	29	79	88
4	2.0	165	1.4	3.4	1.8	0.349	343	49	132	146
5	2.8	320	3.4	6.2	2.0	0.476	1495	202	595	4134
6	2.6	226	6.2	8.8	1.9	0.488	1476	96	284	3947
7	8.6	160	8.8	17.4	1.8	0.494	1469	46	136	3780
8	6.3	370	17.4	23.7	2.0	0.468	1509	274	804	4189
9	11.0	273	23.7	34.7	1.9	0.483	1506	143	424	4164
10										
11										
12										



Committente Dott. Geol. Roberto Balatri
Lavoro Scuole Comune di Vecchiano
Ubicazione Elementari Migliarino Pisano

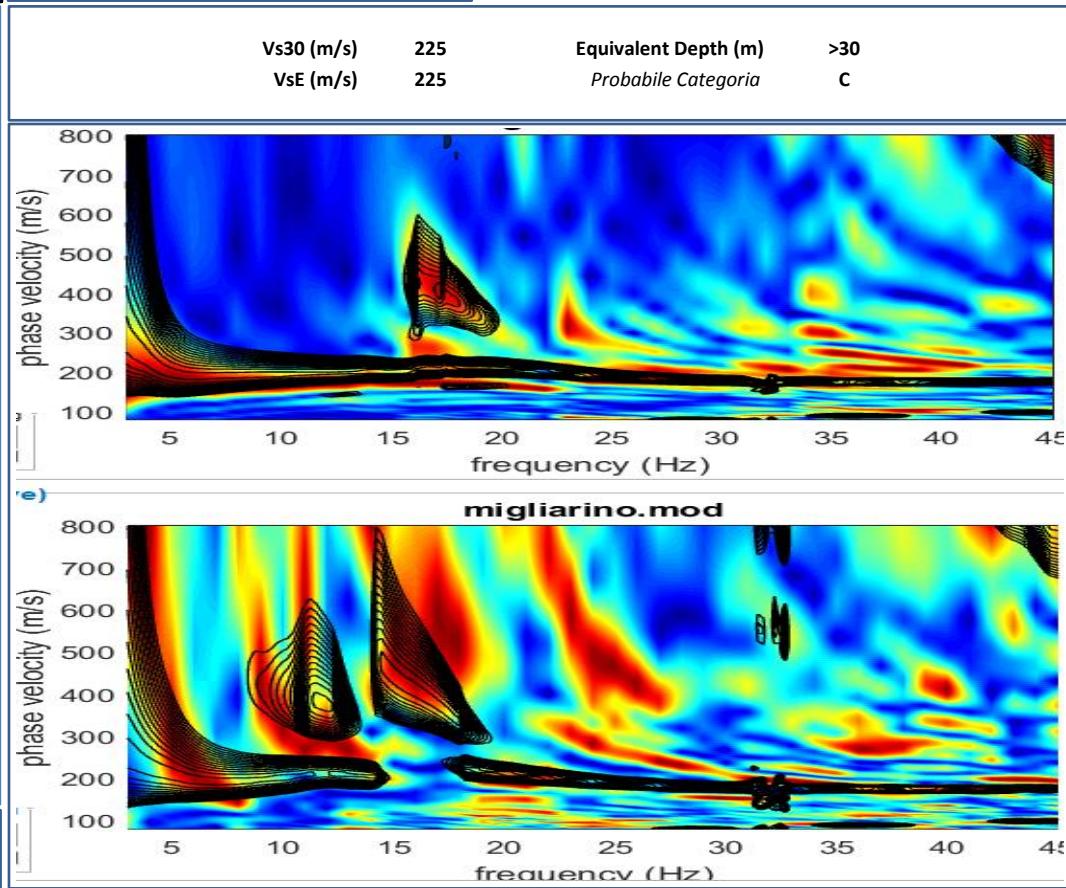
configurazione ch 12; x=5; m.o.=5
ricevitori geofoni freq. 4.5Hz
campionamento 500/1000ms
durata registrazione 1s
acquisizione ZVF+RVF+HV
modellazione Rayleigh Z+R
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)
modello finale migliarino



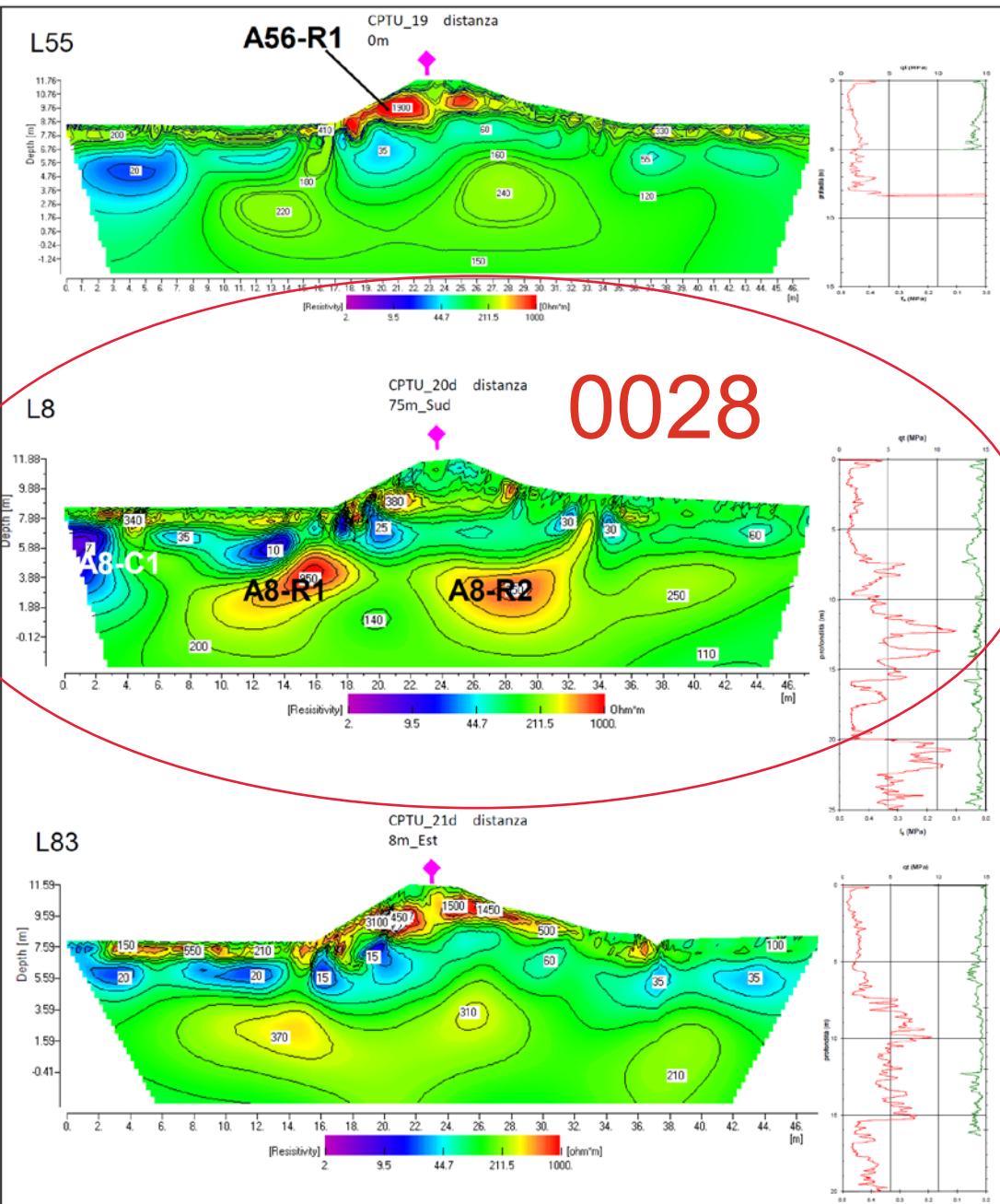
Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



0028



SCHEDA INTERPRETATIVA				
Linea	Omogeneità Argine	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Argini)	Omogeneità Terreni di Fondazione	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Terreni di Fondazione)
L56	BASSA	A56-R1	ALTA	NP
L8	ALTA	NP	BASSA	A8-R1; A8-R2; A8-C1
L43	BASSA	A43-R1; A43-R2	ALTA	NP
L83	ALTA	NP	ALTA	NP

Tracce sezioni ERT
eseguite secondo la
Determina n. 5304 del
25/11/2010

SOING
STRUTTURE & AMBIENTE

PROGETTO Indagini geofisiche ERT per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni arginali del Fiume Serchio (PI).

COMMITTENTE Provincia di Pisa

RIFERIMENTI INTERNI Comm-084-2010

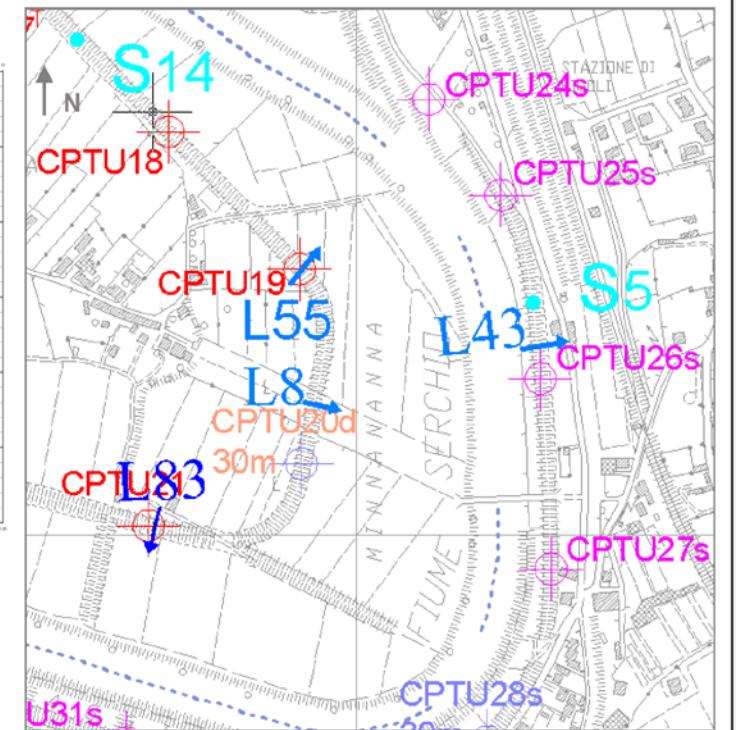
OGGETTO Sezioni tomografiche elettriche

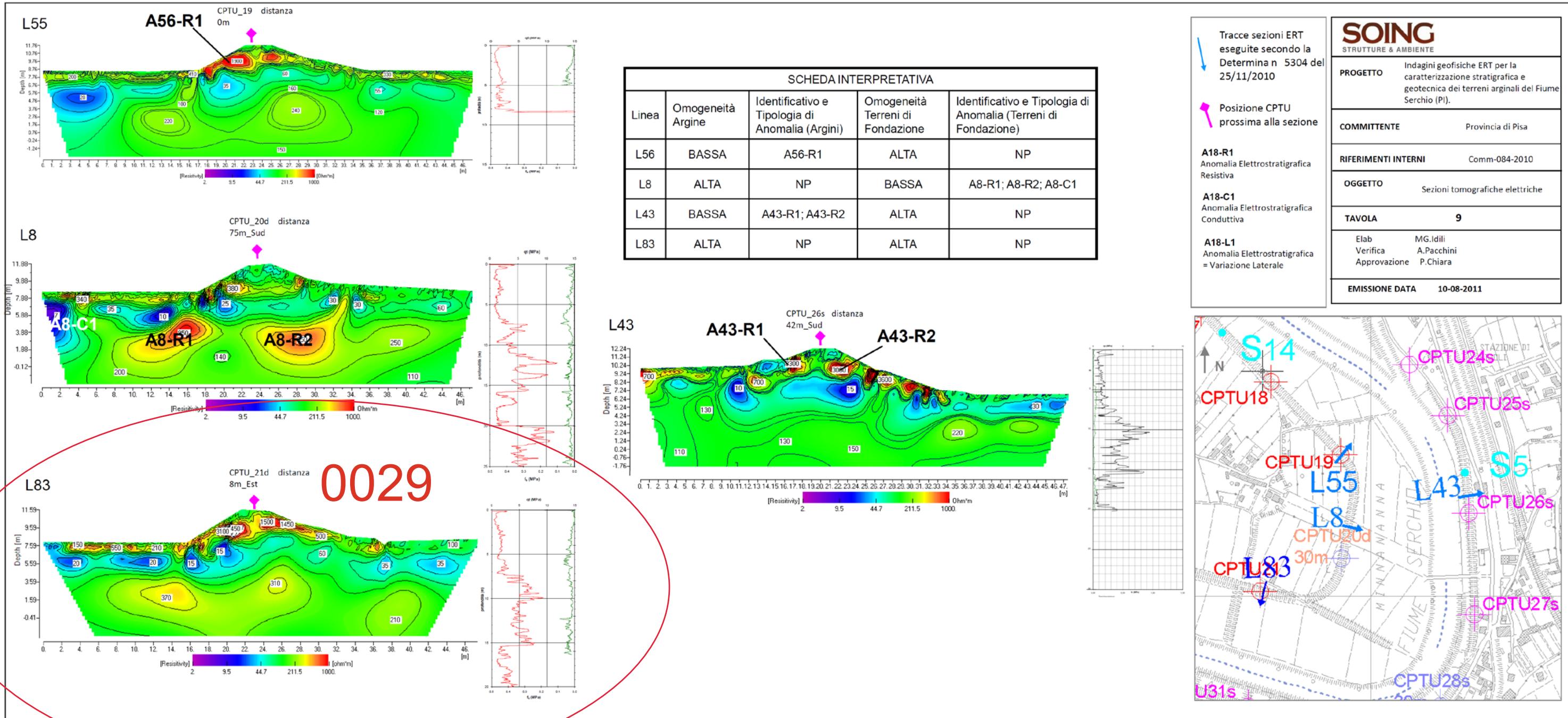
TAVOLA 1 - *Analisi della struttura della parola*

Approvazione P.Chiara

EMISSIONE DATA 10-08-2011

10. *Leucosia* (Leucosia) *leucosia* (L.) *leucosia* (L.) *leucosia* (L.)

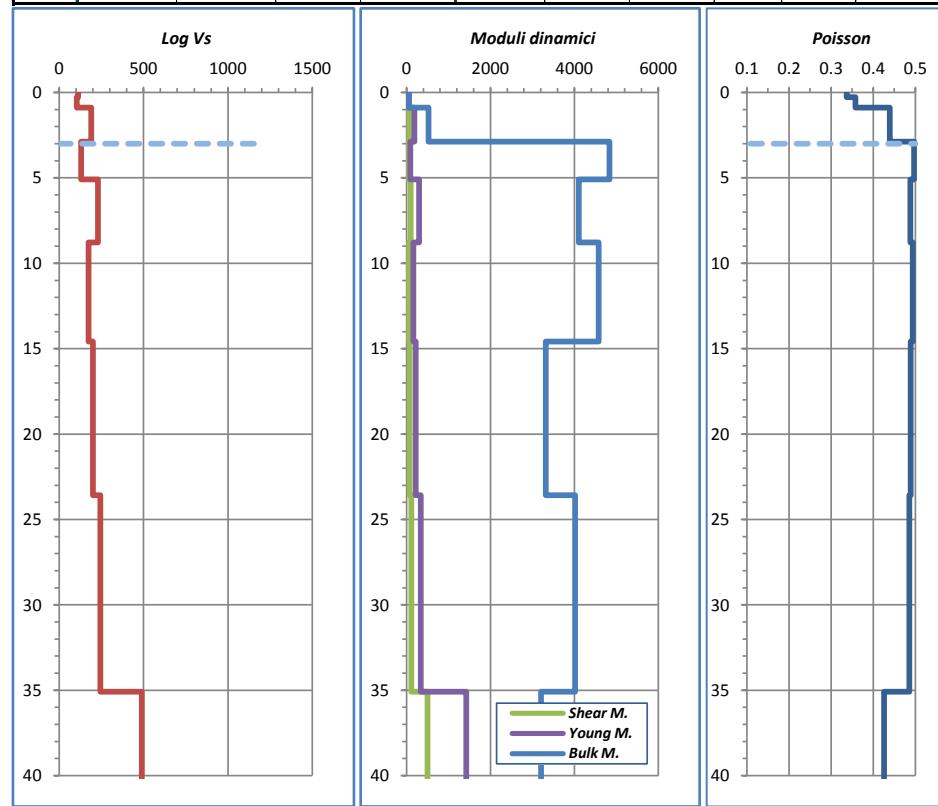
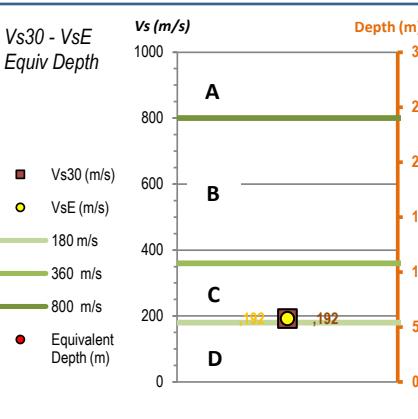




Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione multicomponente di spettri sintetici e curva HVSR

0030

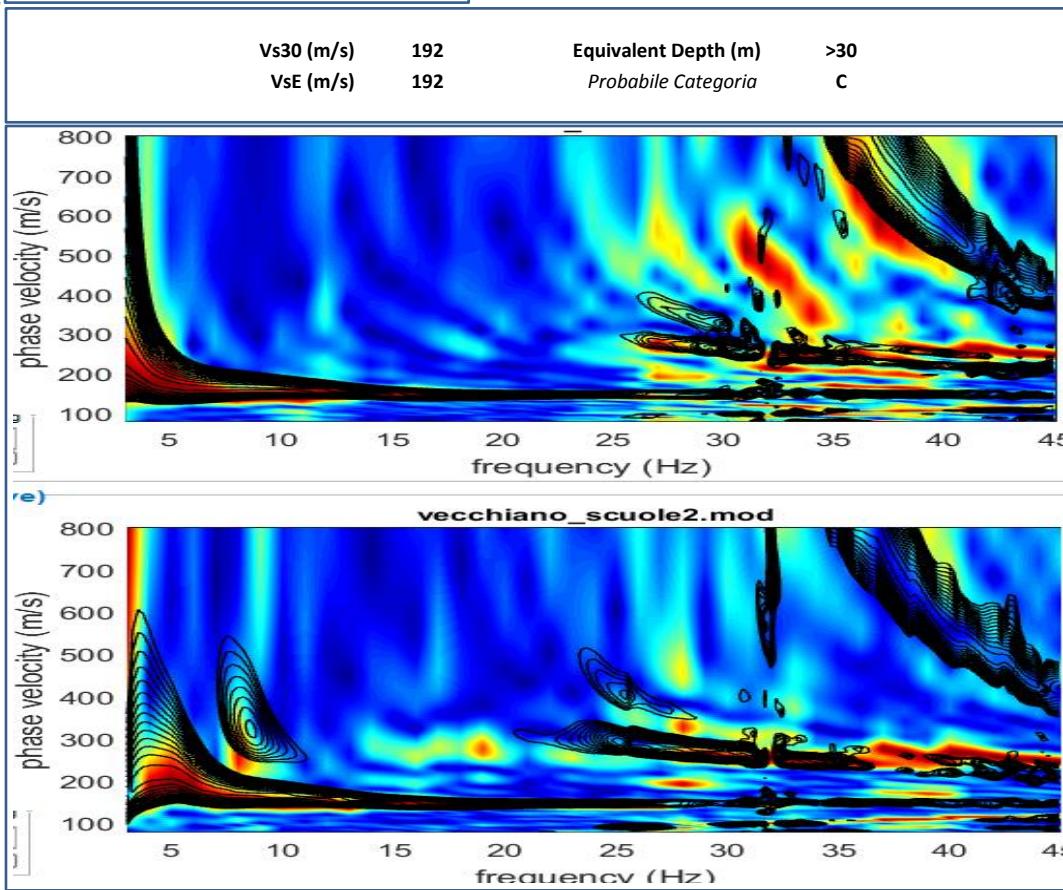
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	112	0.0	0.3	1.7	0.337	226	21	56	58
2	0.6	105	0.3	0.9	1.7	0.358	223	18	50	58
3	2.0	190	0.9	2.9	1.8	0.439	578	66	189	520
4	2.2	130	2.9	5.1	1.7	0.497	1683	29	87	4833
5	3.7	230	5.1	8.8	1.9	0.488	1502	99	296	4109
6	5.8	175	8.8	14.6	1.8	0.494	1607	55	165	4575
7	9.0	200	14.6	23.6	1.8	0.489	1363	74	219	3320
8	11.5	245	23.6	35.1	1.9	0.486	1485	113	337	4017
9	12.0	490	35.1		2.1	0.426	1365	499	1424	3210
10										
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

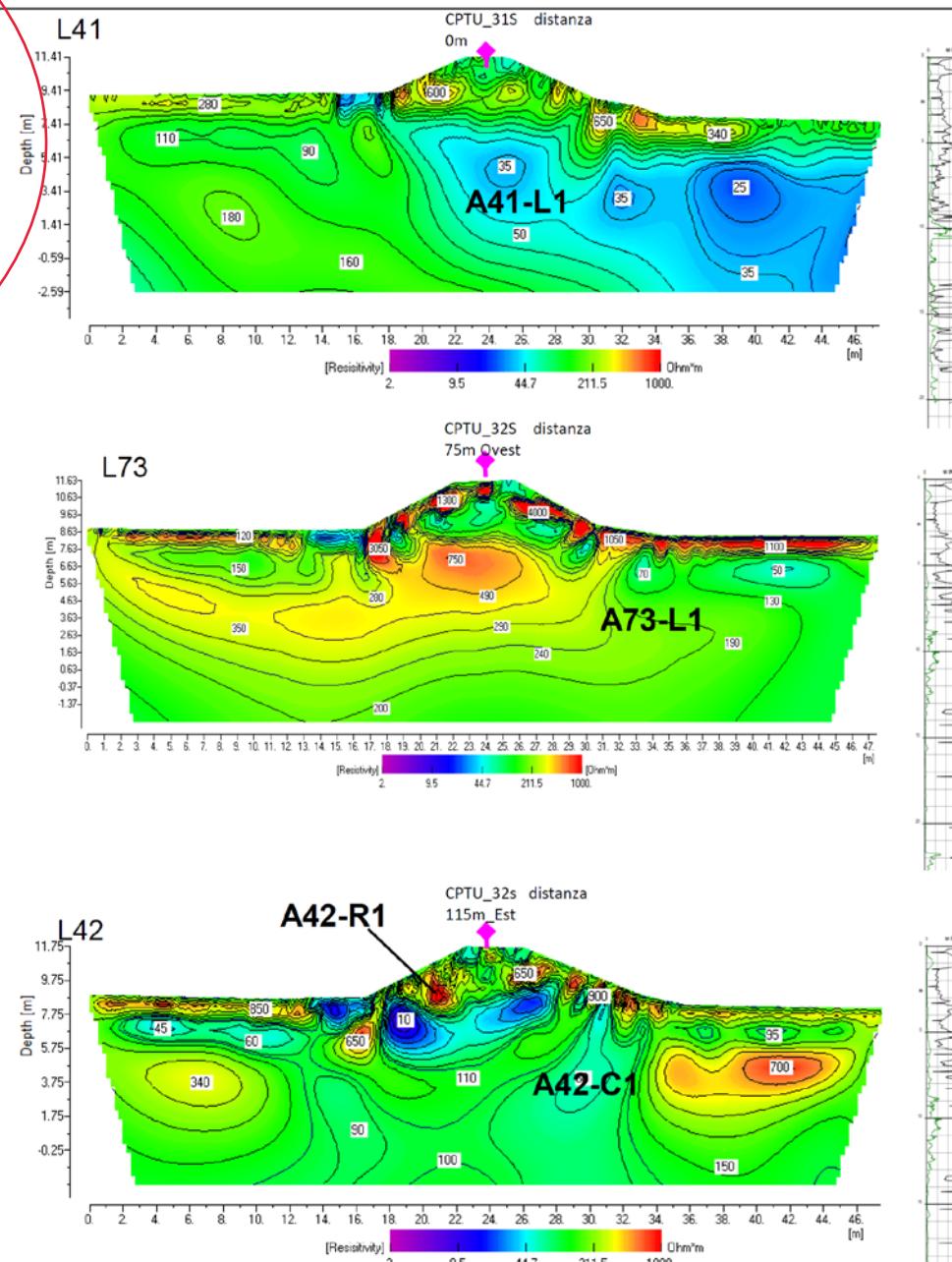
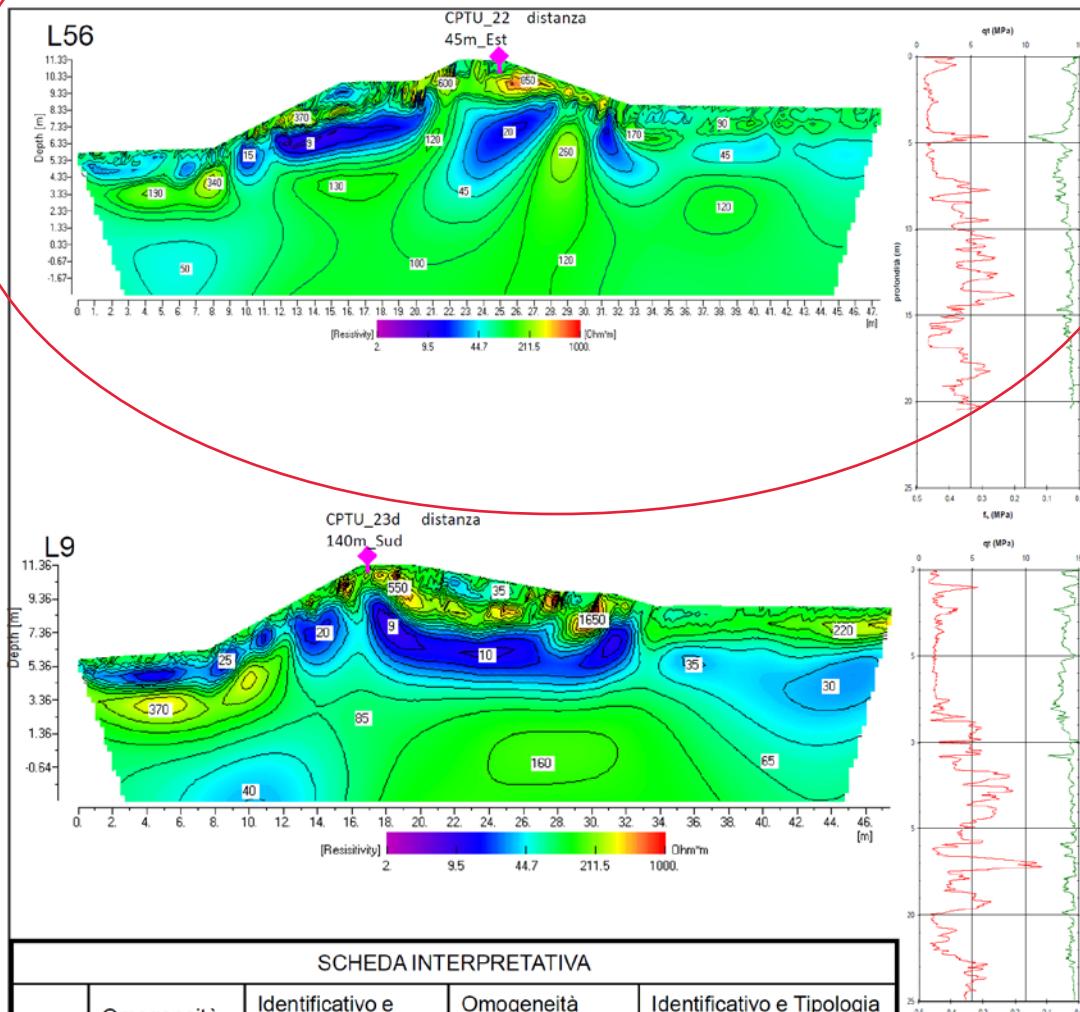
Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



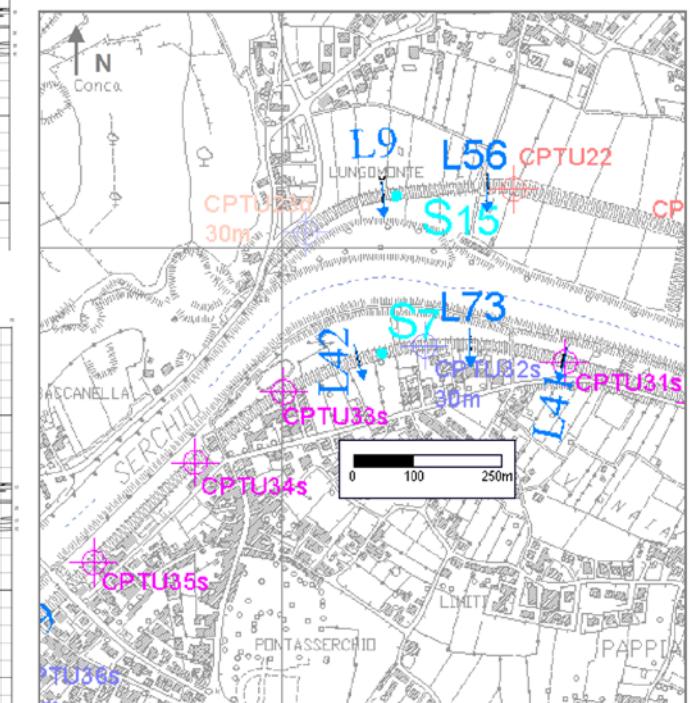
Confronto tra spettri sintetici e esperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente orizzontale (RVF). Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

0031



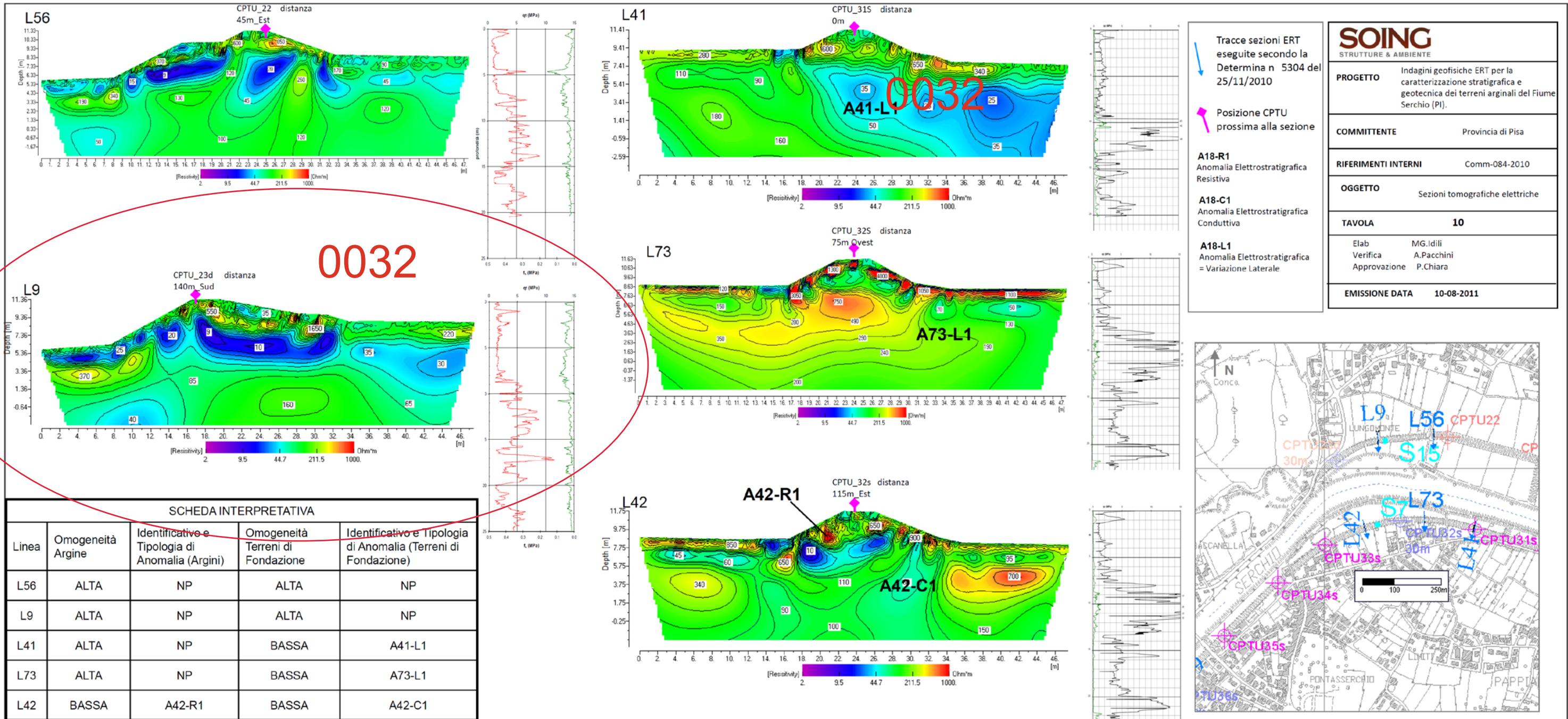
SCHEDA INTERPRETATIVA				
Linea	Omogeneità Argine	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Argini)	Omogeneità Terreni di Fondazione	Identificativo e Tipologia di Anomalia (Terreni di Fondazione)
L56	ALTA	NP	ALTA	NP
L9	ALTA	NP	ALTA	NP
L41	ALTA	NP	BASSA	A41-L1
L73	ALTA	NP	BASSA	A73-L1
L42	BASSA	A42-R1	BASSA	A42-C1

SOING STRUTTURE & AMBIENTE
PROGETTO Indagini geofisiche ERT per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni arginali del Fiume Serchio (PI).
COMMITTENTE Provincia di Pisa
RIFERIMENTI INTERNI Comm-084-2010
OGGETTO Sezioni tomografiche elettriche
TAVOLA 10
Elab MG.Idili Verifica A.Pacchini Approvazione P.Chiara
EMISSIONE DATA 10-08-2011





0032



Relazione misure MASW per definizione profilo verticale V_s e parametro V_{s30} pag. 4

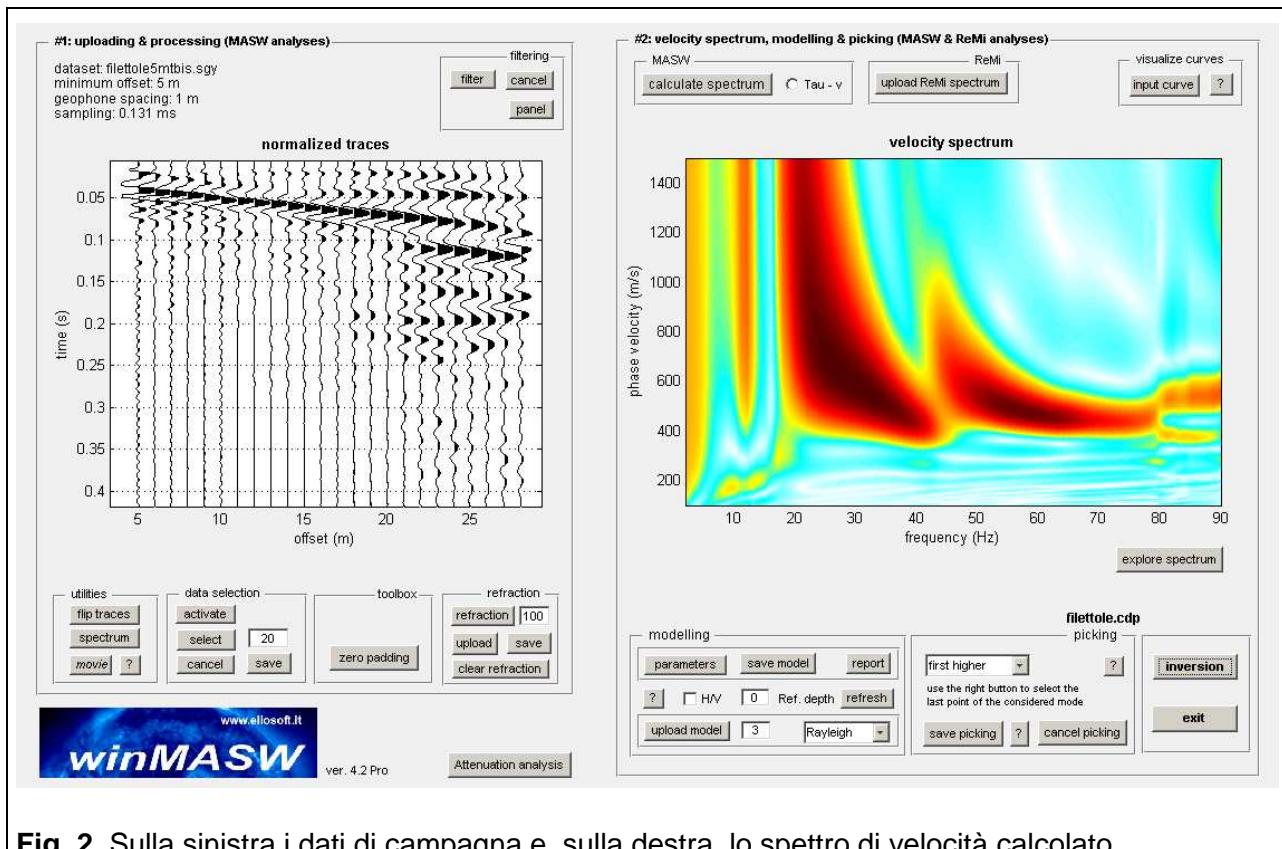


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

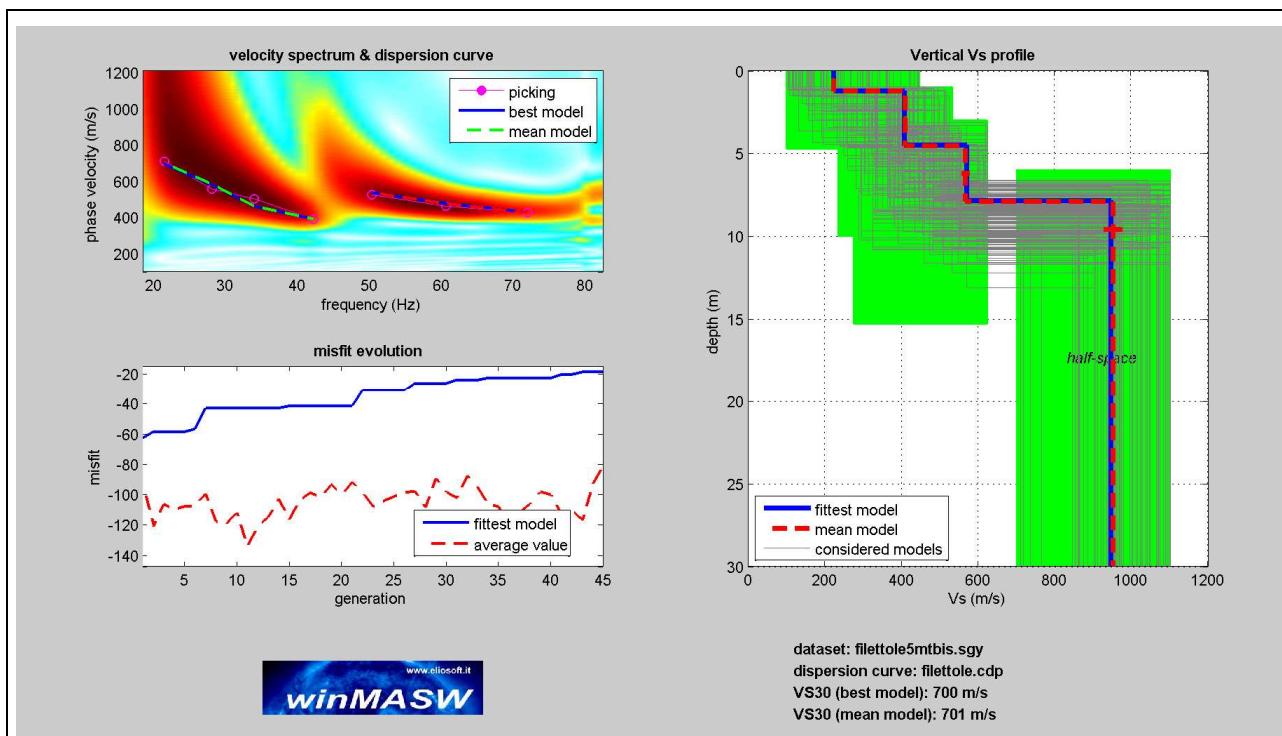


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

Spessore (m)	V_s (m/s)	Modulo di taglio (MPa)
1.2	223	93
3.3	410	341
3.4	567	672
<i>Semi-spazio</i>	951	1968

Tab. 1. Modello medio del sottosuolo (V_{s30} riferita al piano campagna: 701 m/s).

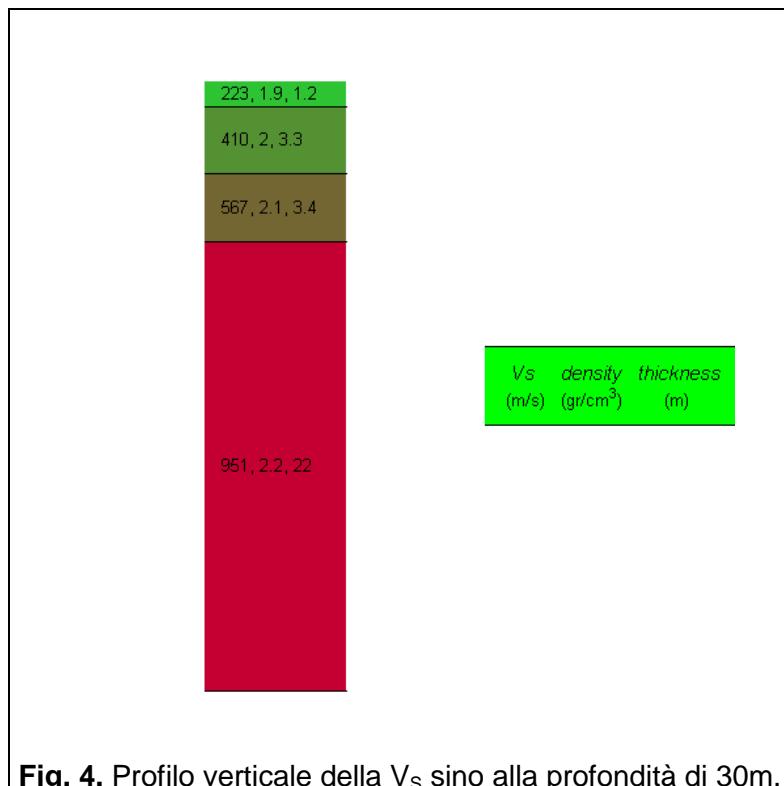


Fig. 4. Profilo verticale della V_s sino alla profondità di 30m.

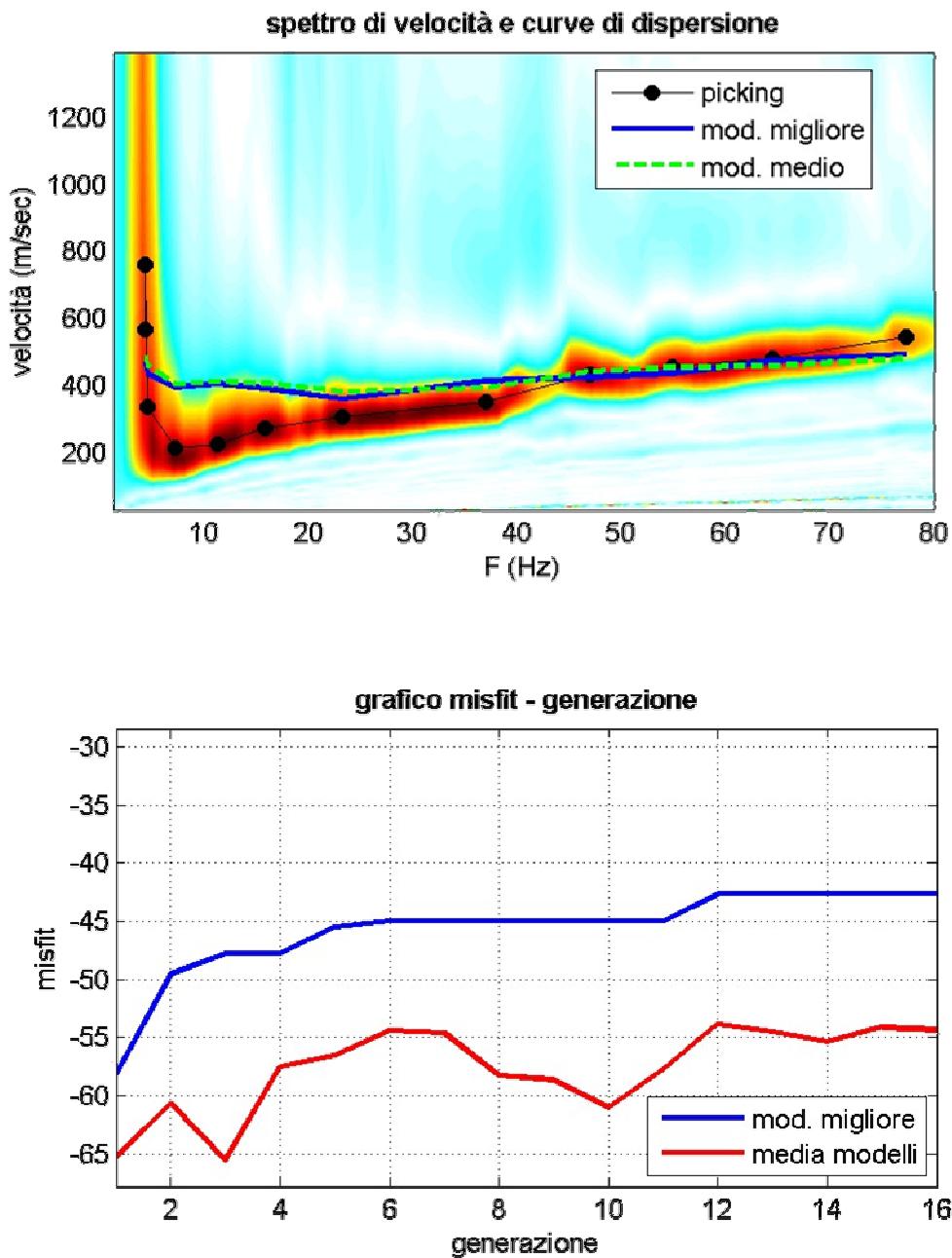
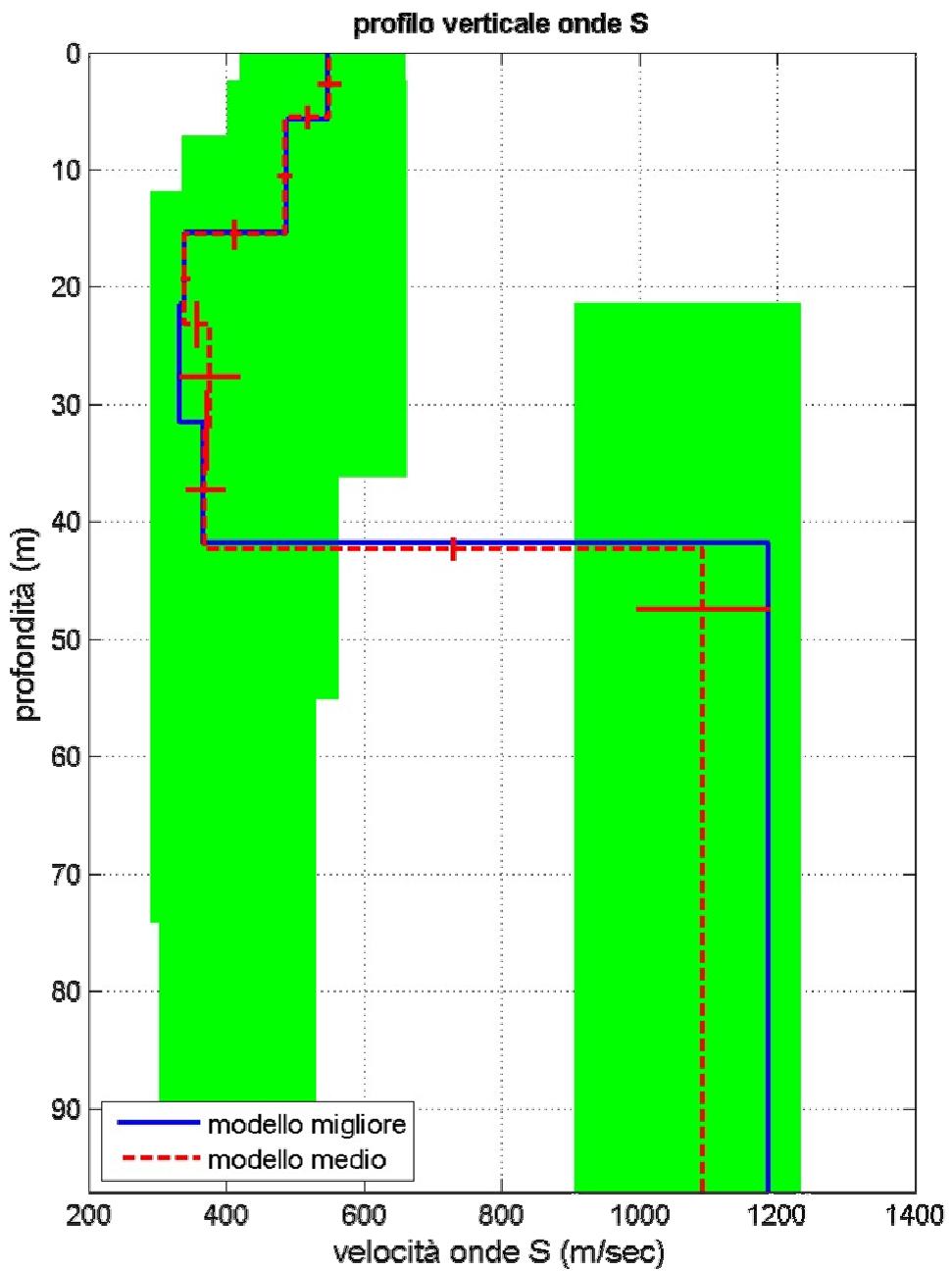


Figure n.3 e 4 - Grafici relativi alla curva di dispersione e alla generazione dei modelli medio e migliore, relativamente allo shot P5.2 SGY Vecchiano, Pisa.



dataset: **P5.2.SGY**

curva di dispersione: **pick.cdp**

modello migliore **VS30: 406 m/sec**

modello medio **VS30: 421 m/sec**

Figura n.5 - Profilo verticale V_s dove in verde viene evidenziato lo spazio di ricerca adottato all'interno del quale l'algoritmo di calcolo del software identifica la soluzione ottimale che meglio approssima il dato registrato in campagna

Elaborazione shot P10.2 SGY

Nella figura successiva si riporta la registrazione utilizzata (grafico distanza-tempo) con evidente il treno delle onde superficiali.

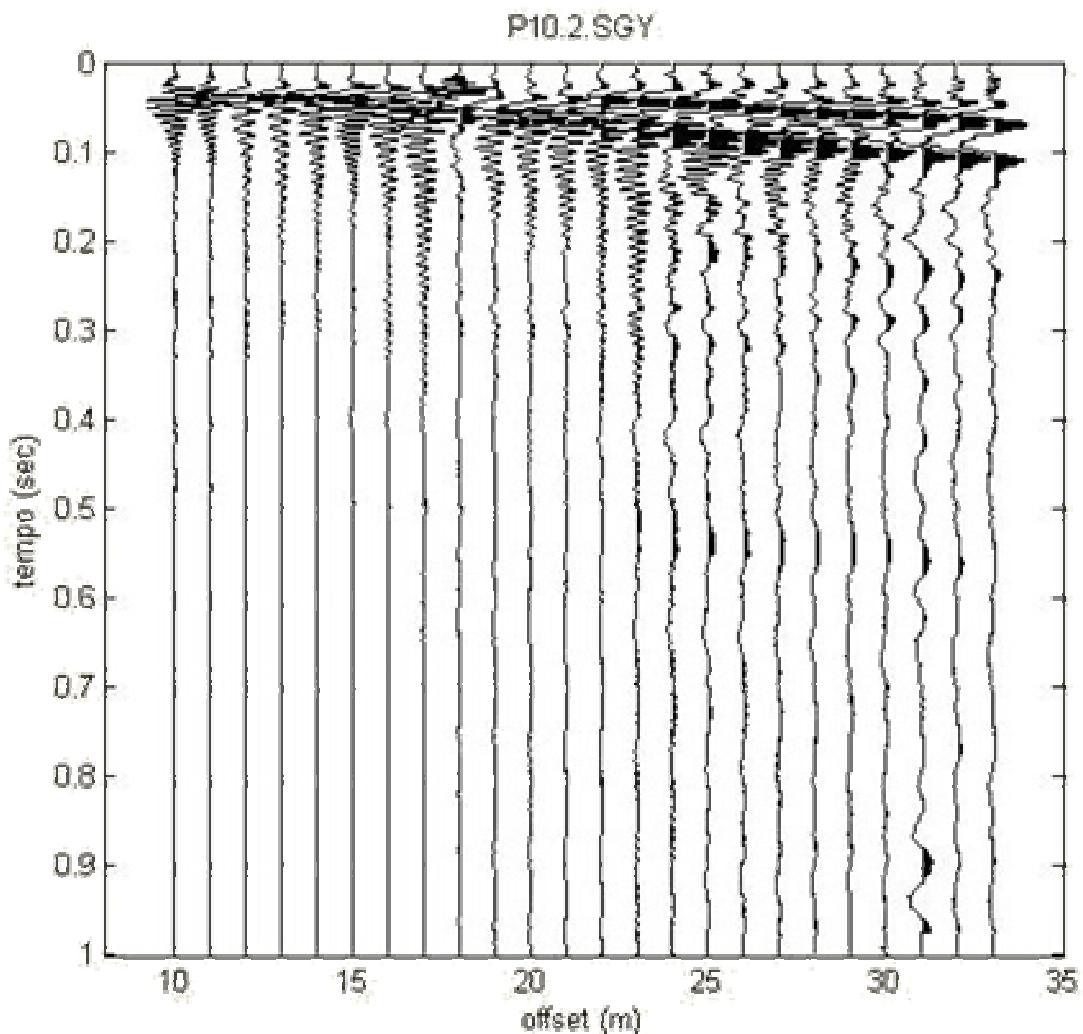


Figura n.6 - Dati di input relativi allo shot P10.2 SGY registrato a Vecchiano, Pisa.

In particolare si osserva l'allargamento del segnale tipico della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh ovvero della loro dispersione.

Si nota come il trend non sia stato "tagliato" via da un ridotto tempo di acquisizione in quanto completo per l'intera stringa geofonica.

Nella successiva figura si riporta lo spettro di velocità ricavato per la suddetta registrazione (dominio frequenza/velocità di fase) da cui è stata ricavata la curva di dispersione e successivamente eseguito il picking.

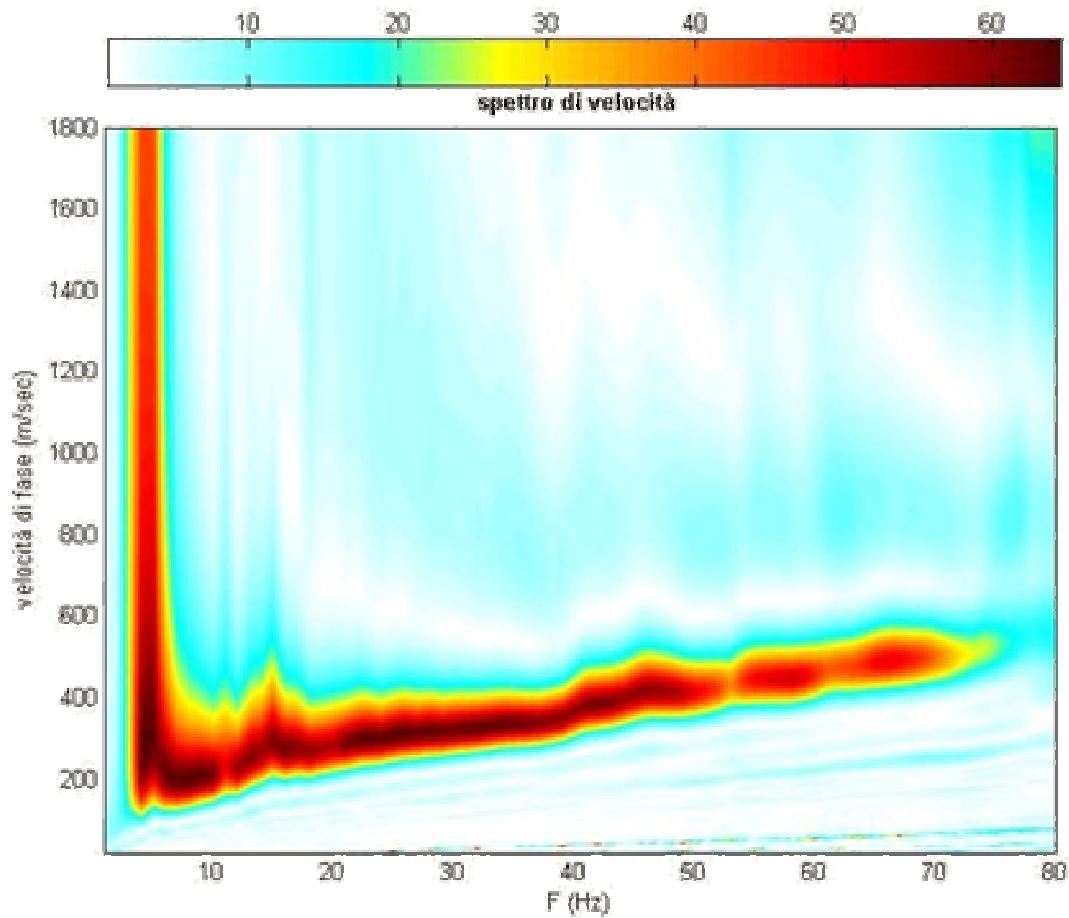


Figura n.7 - Spettro di velocità (dominio frequenza-velocità di fase) relativa allo shot P10.2 SGY registrato a Vecchiano, Pisa.

Il programma permette di elaborare tale curva "piccata" e, mediante il processo di inversione, di arrivare a definire due modelli stratigrafici; un modello che fitta con una buona approssimazione tale curva (in questo caso si parla di minore "misfit" cioè minore discrepanza tra curva osservata e calcolata) e che viene definito **modello migliore** ed un altro, definito **modello medio**, calcolato tramite una operazione statistica denominata MPPD (Marginal Posterior Probability Density). Tale operazione permette di valutare l'attendibilità della soluzione finale dalle deviazioni standard fornite per i parametri di ciascun modello.

Il software consente quindi di ricavare le velocità di propagazione delle onde di taglio V_{S5} V_{S20} e V_{S30} sia del modello migliore, ovvero dotato di minore "misfit", sia del modello medio; l'autore consiglia di utilizzare, quale dato finale, il modello medio, anche se normalmente, come nel caso in esame, i due valori non differiscono in maniera significativa.

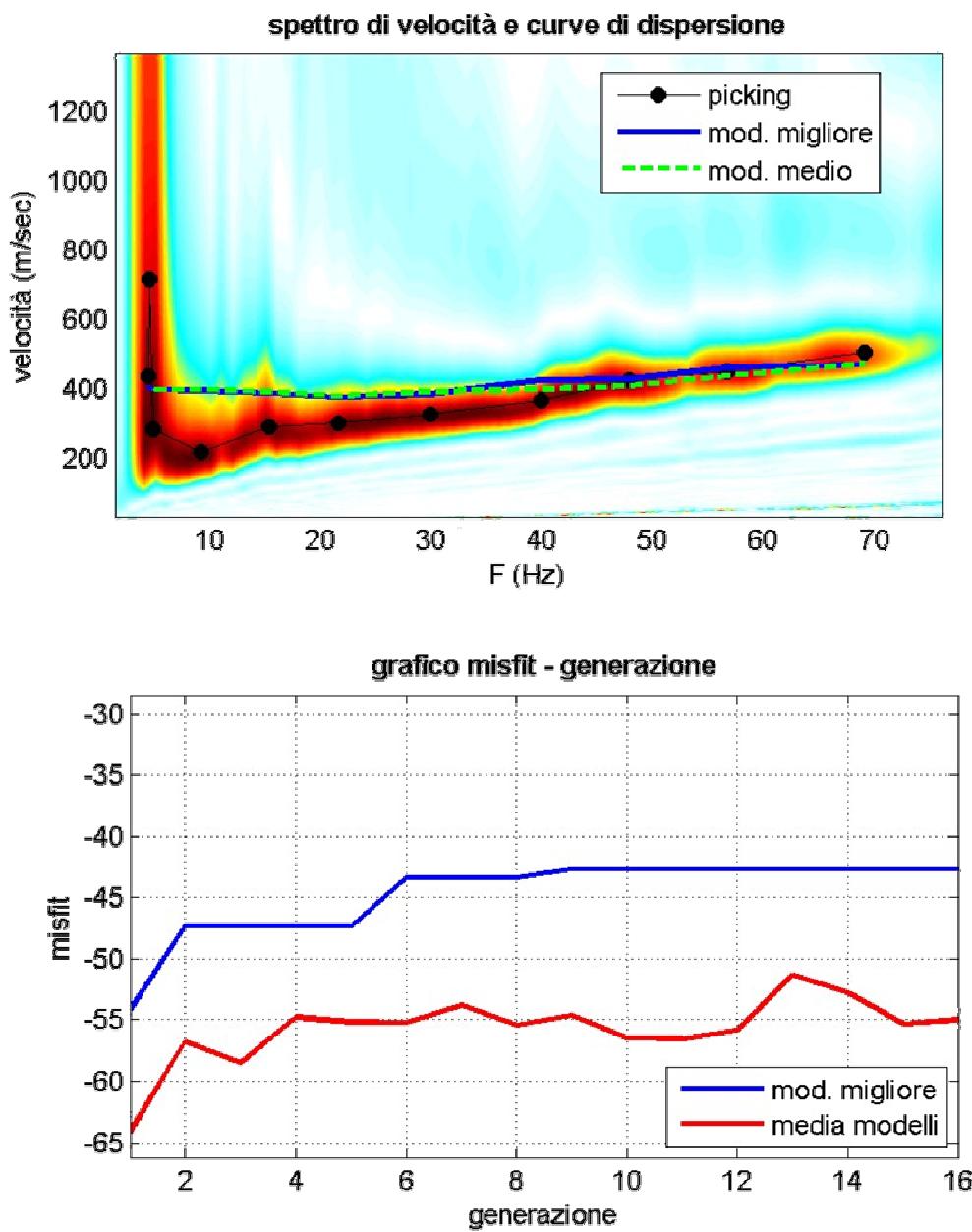
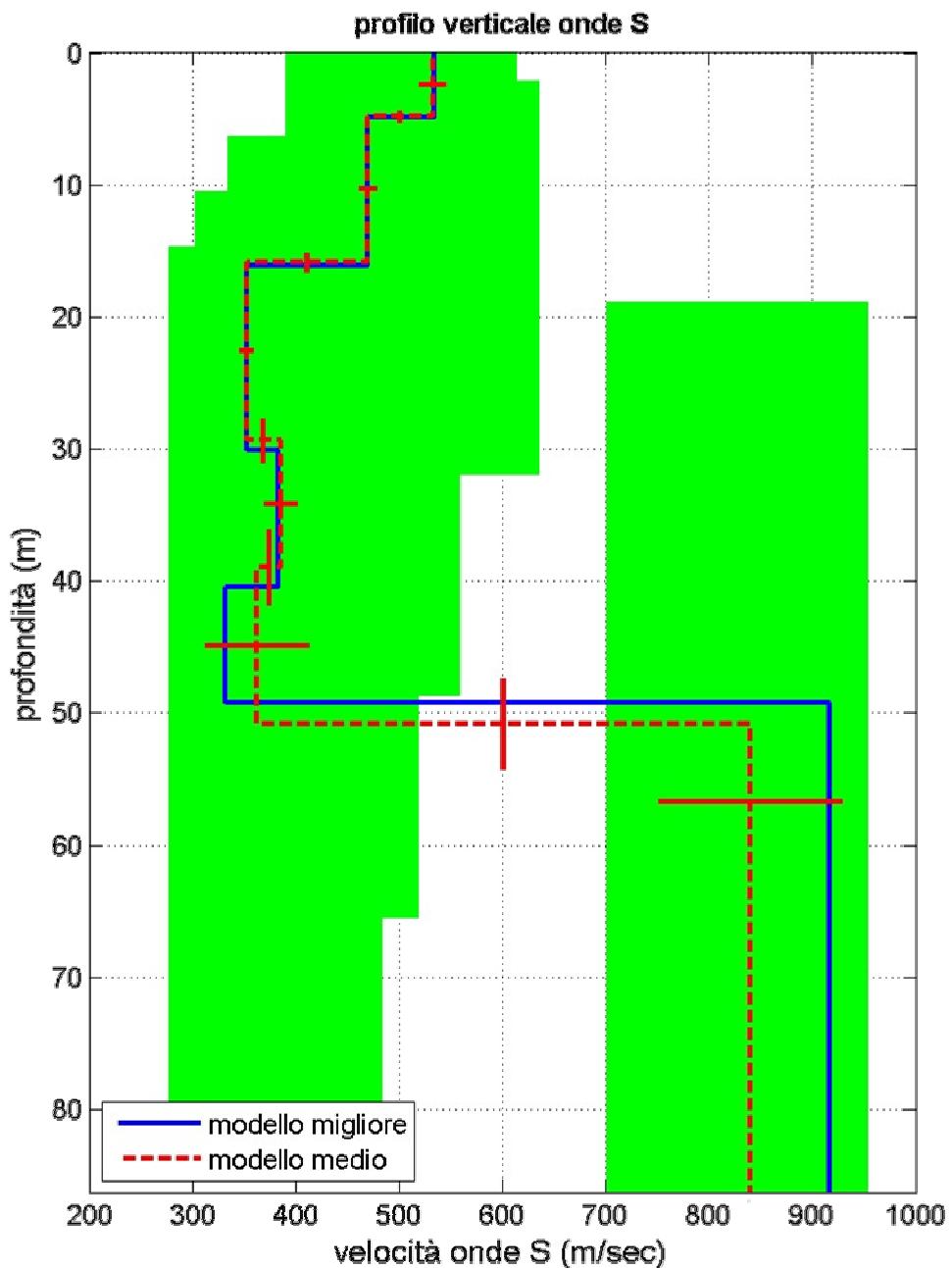


Figure n.8 e 9 - Grafici relativi alla curva di dispersione e alla generazione dei modelli medio e migliore, relativamente allo shot P10.2 SGY Vecchiano, Pisa.



dataset: P10.2.SGY

curva di dispersione: pick.cdp

modello migliore VS30: 414 m/sec

modello medio VS30: 414 m/sec

Figura n.10 - Profilo verticale V_s dove in verde viene evidenziato lo spazio di ricerca adottato all'interno del quale l'algoritmo di calcolo del software identifica la soluzione ottimale che meglio approssima il dato registrato in campagna

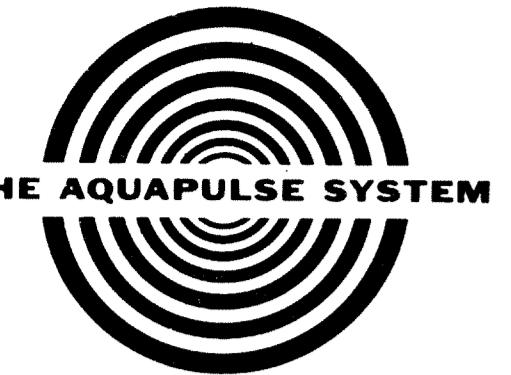
0035

LINE : 104

S.P. 07AD To S.P. 96AAD

DATUM PLANE : SEA LEVEL

WEST



AGIP		WESTERN GEOPHYSICAL DIVISION OF LITTON INDUSTRIES	
AREA : MARE TIRRENO ZONE 'E'			
RECORDING DATA		PROCESSING INFORMATION	
PARTY NO. 62 ENERGY SOURCE AQUAPULSE FILTER 10-80 HZ CABLE 1600 M GEOPHONES 32 CRYSTAL ELEMENT TAPERED ARRAY LEAD IN 750 FT. AMPLIFIER REDCOR BINARY GAIN CHARGE SIZE 4 GUNS POP DATE SHOT FEB 1968		SAMPLE RATE 2 ms. DECONVOLUTION DECONVOLVED BEFORE STACK AUTO. CORR. INT. TIME VARIANT MAX. APERTURE 0-300 ms. TIME ZONE 0.2-4.0 SEC ITERATIONS 2	
TIME VARIANT FILTER			
L.C. H.C.			
TIME ZONE Hz. dB OCT Hz. dB OCT			
0.1-0.4 Sec 25 24 60 12 0.4-0.6 20 12 55 12 0.6-0.8 15 15 50 50 0.9-2.8 10 10 50 50 2.8-4.4 10 10 45 45			
PROCESSING SEQUENCE			
1) EDIT -(SUM - 4 POPS) 2) DECONVOLVED BEFORE STACK 3) NORMAL MOVE OUT 4) STACK 1200 % 5) T V FILTER 6) PLAYBACK (UNFILTERED)			
REEL NO. E-0922 DATE FEB 1968 W.G.C. CONTRACT LDP 169			

INTERSECTION
LINE S.P.
105 229

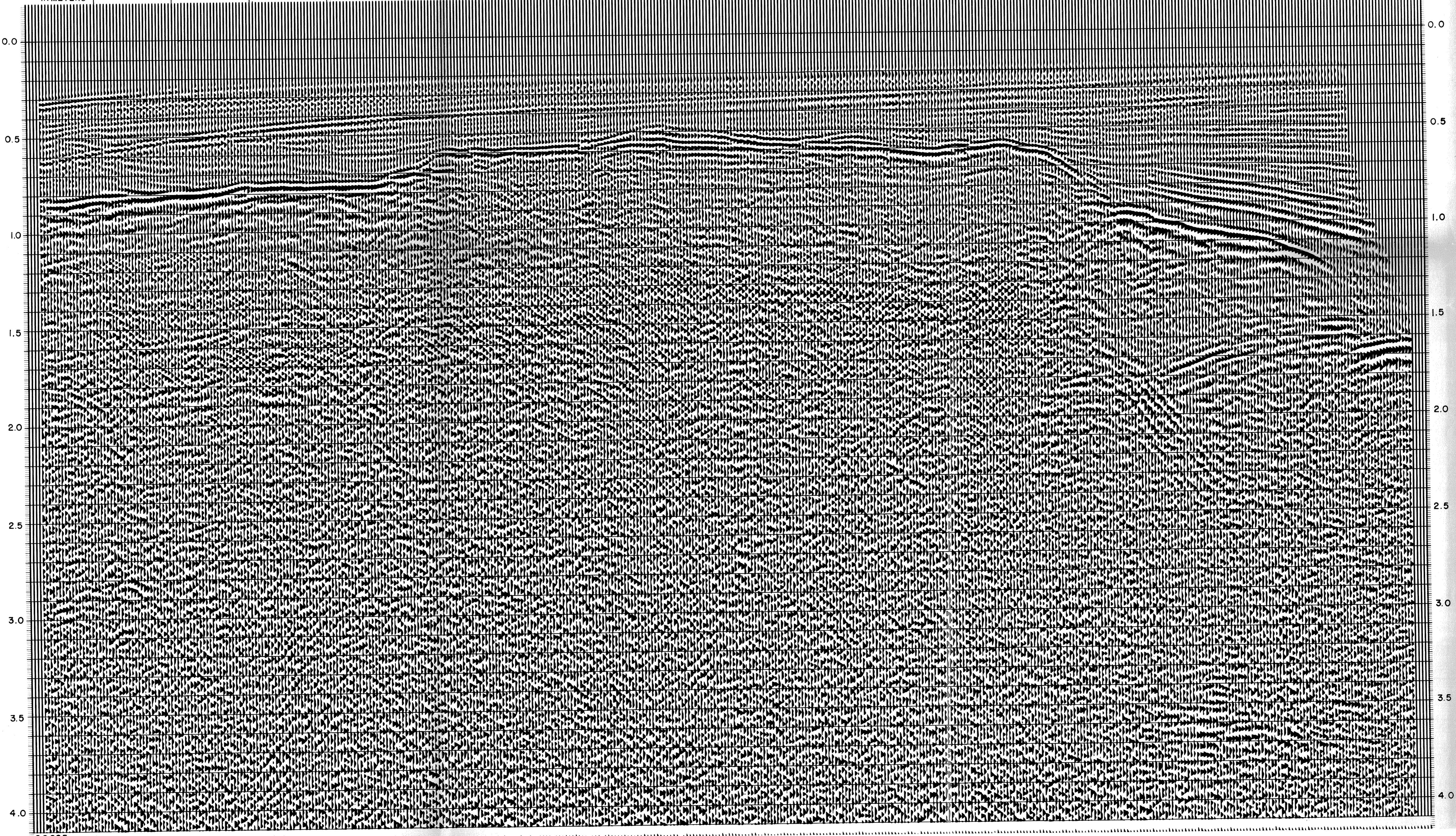
VELOCITY CHANGE

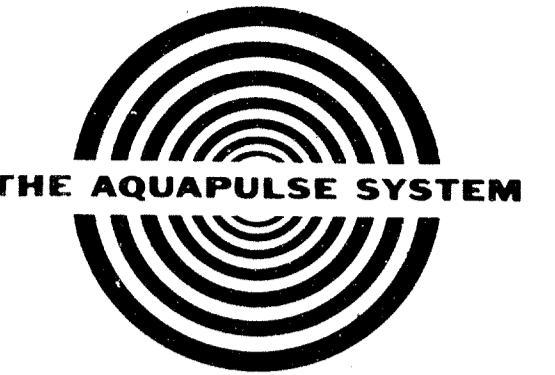
VELOCITY CHANGE

07AD 0IA 6A 12A 18A 24A 30A 36A 42A 48A 54A 60A 66A 72A 78A 84A 90AA 96AAD

229 WATER DEPTH 198
IN METERS

173 156 144 134 126 119 112 NA NA NA NA 89 83 77 70 64





THE AQUAPULSE SYSTEM

AGIP		WESTERN GEOPHYSICAL DIVISION OF LITTON INDUSTRIES	
AREA : MARE TIRRENO ZONE 'E'			
RECORDING DATA		PROCESSING INFORMATION	
PARTY NO 62 ENERGY SOURCE AQUAPULSE FILTER 10-80 HZ CABLE 1600 M GEOPHONES 32 CRYSTAL ELEMENT TAPERED ARRAY LEAD IN 750 FT AMPLIFIER REDCOR BINARY GAIN CHARGE SIZE 4 GUNS POP DATE SHOT FEB 1968		SAMPLE RATE 2 ms. DECONVOLUTION DECONVOLVED BEFORE STACK AUTO CORR. INT. TIME VARIANT MAX. APERTURE 0-300 ms TIME ZONE 0 2-4 0 Sec ITERATIONS 2	
TIME VARIANT FILTER L.C. H.C. TIME ZONE Hz 10 OCT Hz 10 OCT 0 1-0 4 Sec 25 24 60 12 0 4-0 6 20 12 55 12 0 6-0 8 15 50 0 8-2 8 10 50 2 8-4 4 10 45			
REEL NO. E-0922 DATE FEB 1968 W.G.C. CONTRACT LOP 169			

LINE : 104

S.P. 84AD To S.P. 222A

DATUM PLANE : SEA LEVEL

WEST

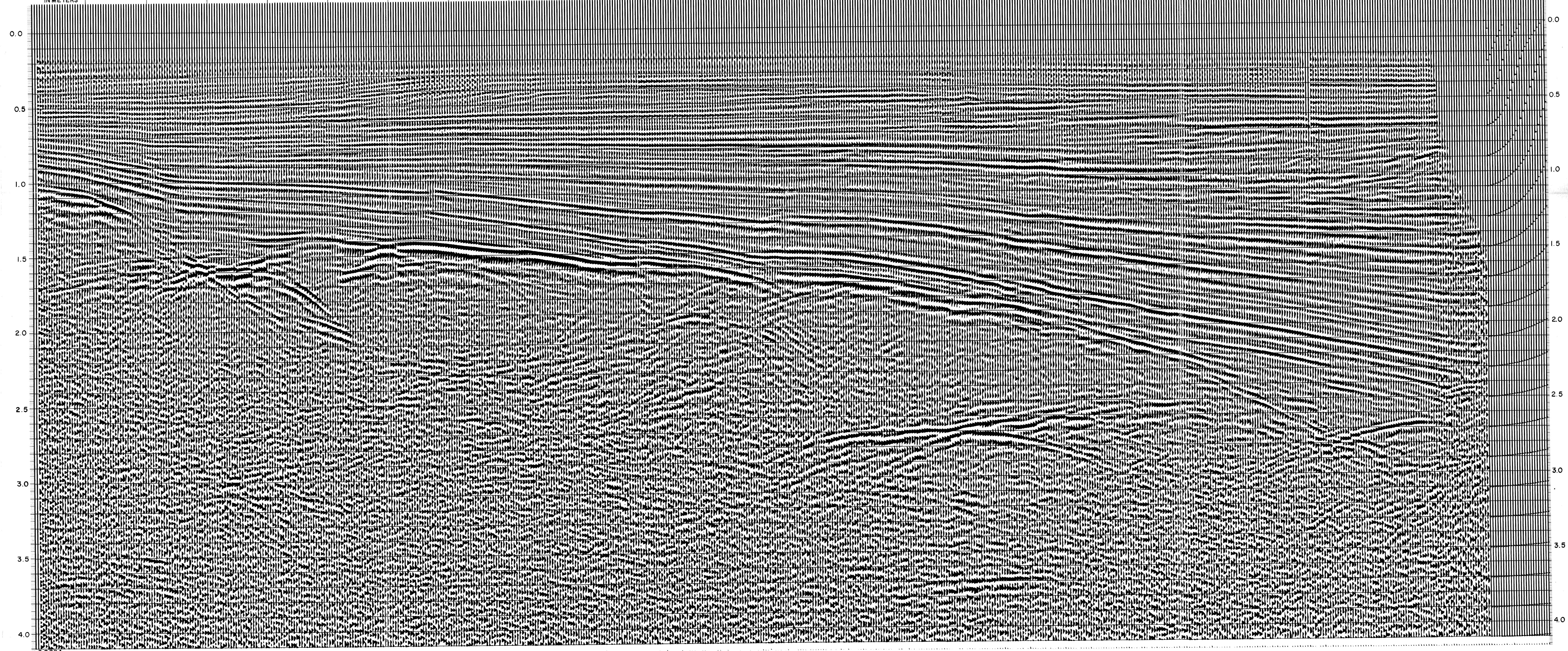
VELOCITY CHANGE

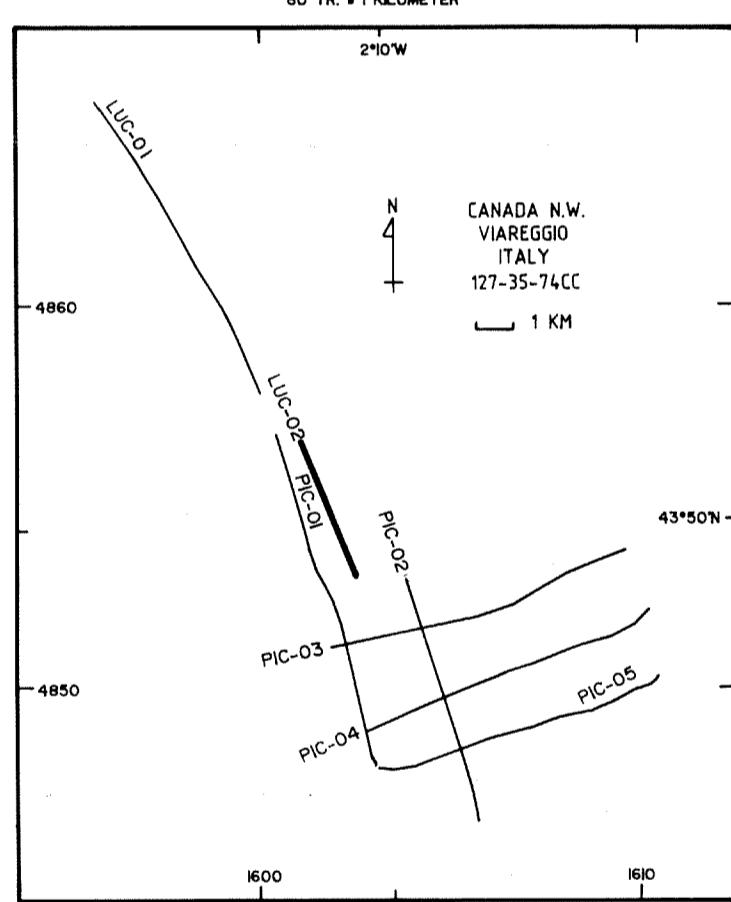
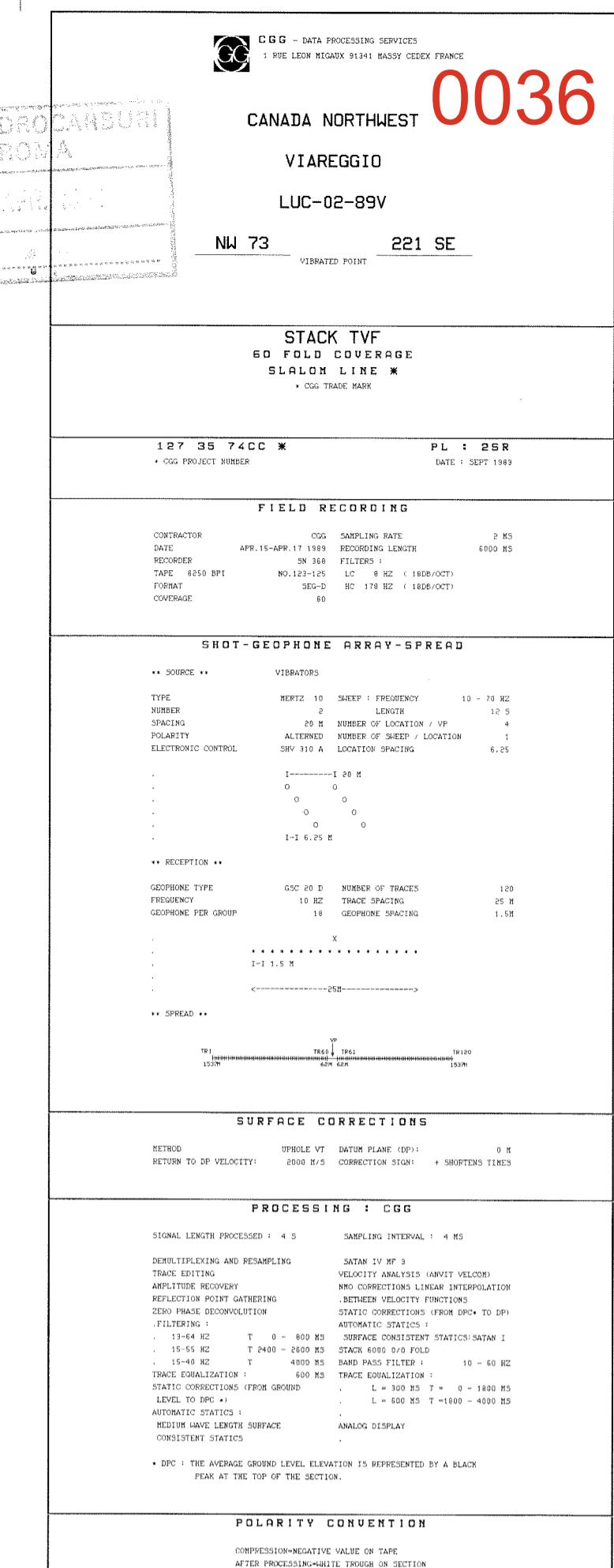
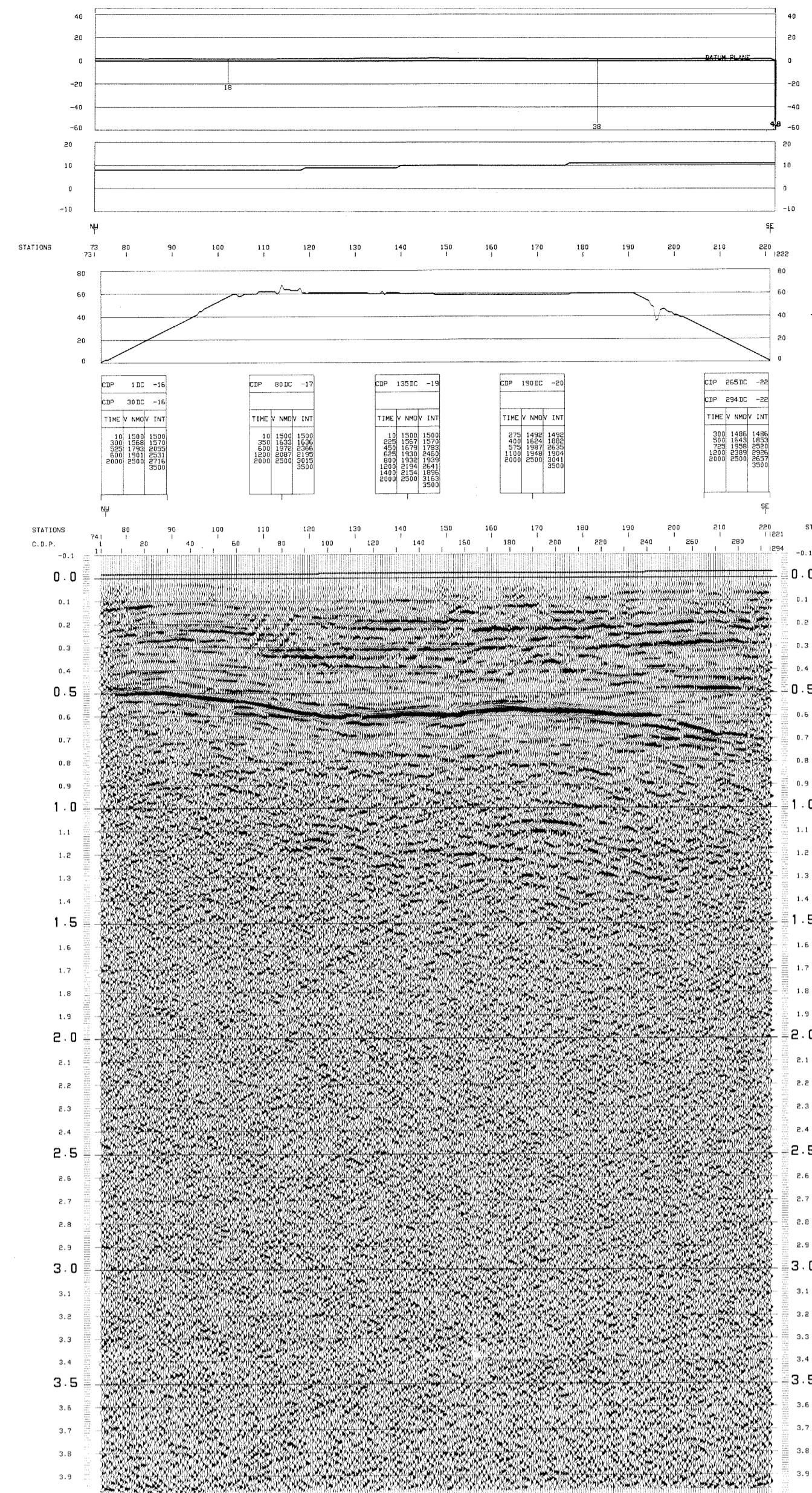
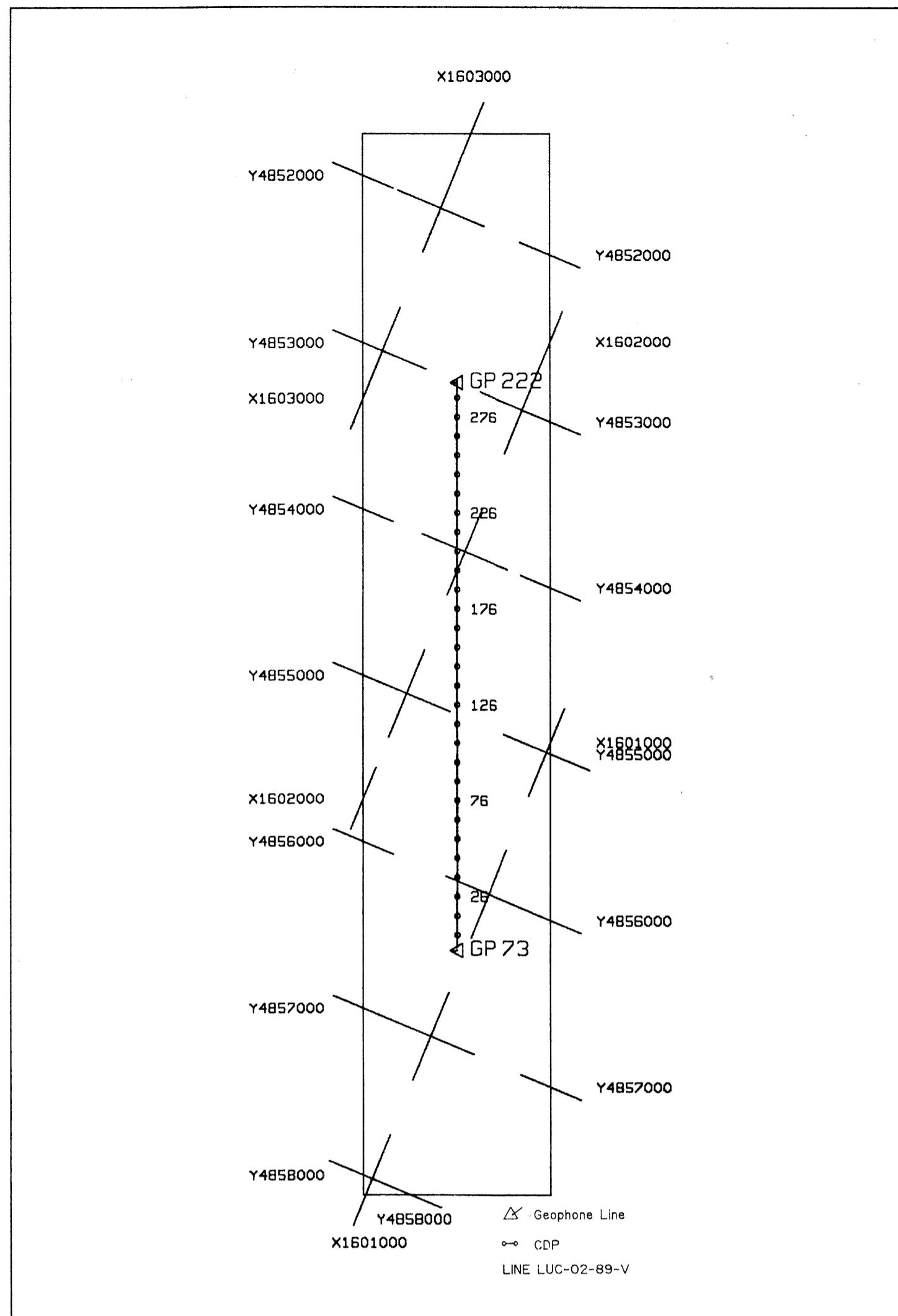
INTERSECTION
LINE S.P.
103 202

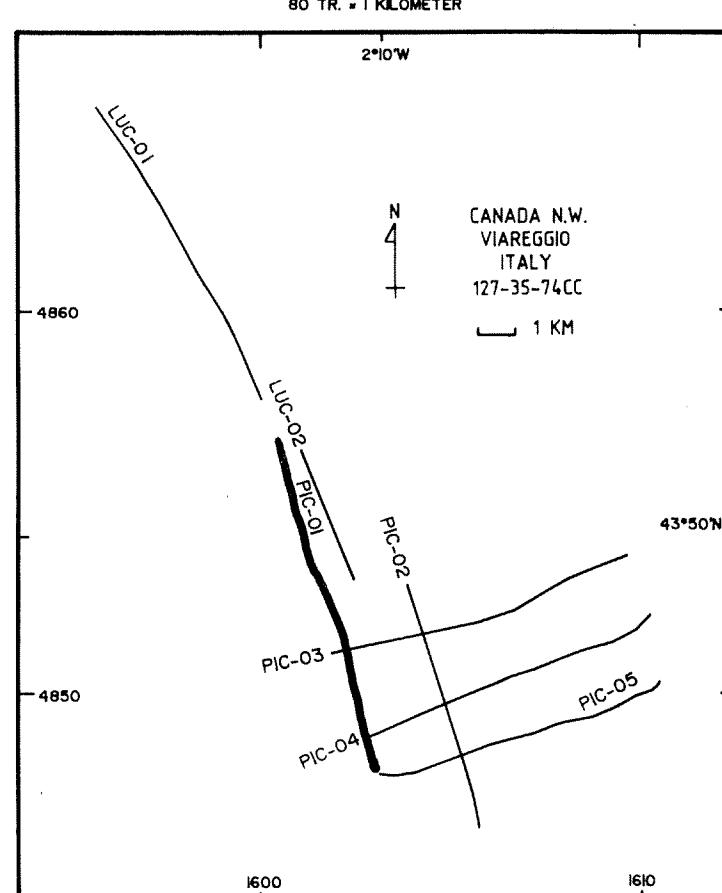
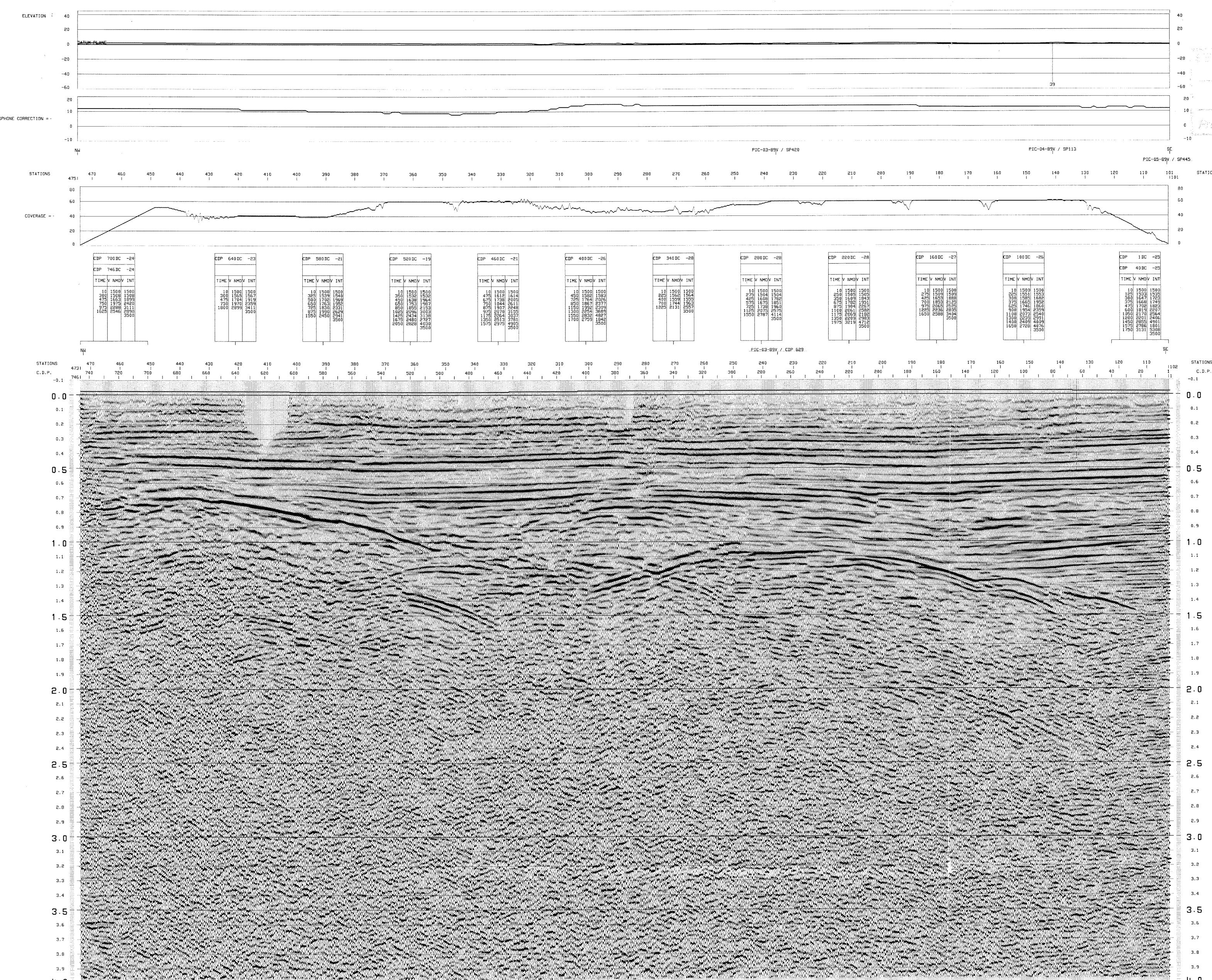
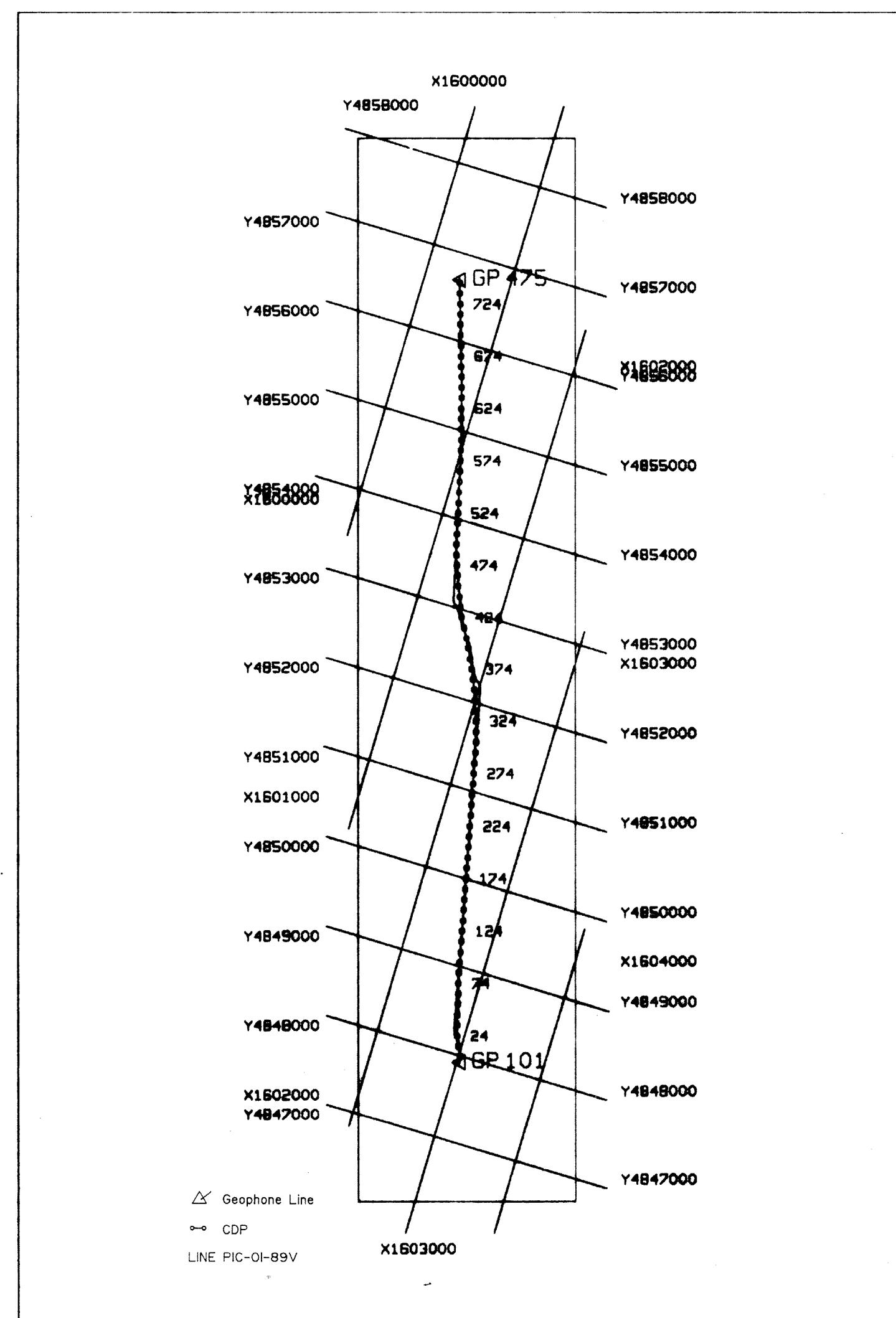
VELOCITY CHANGE

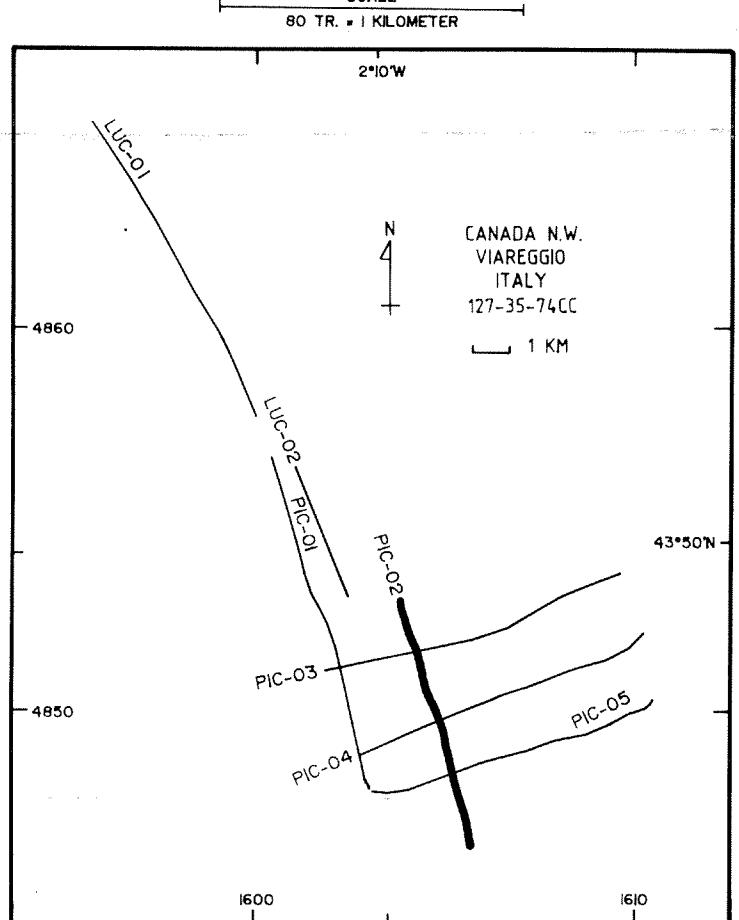
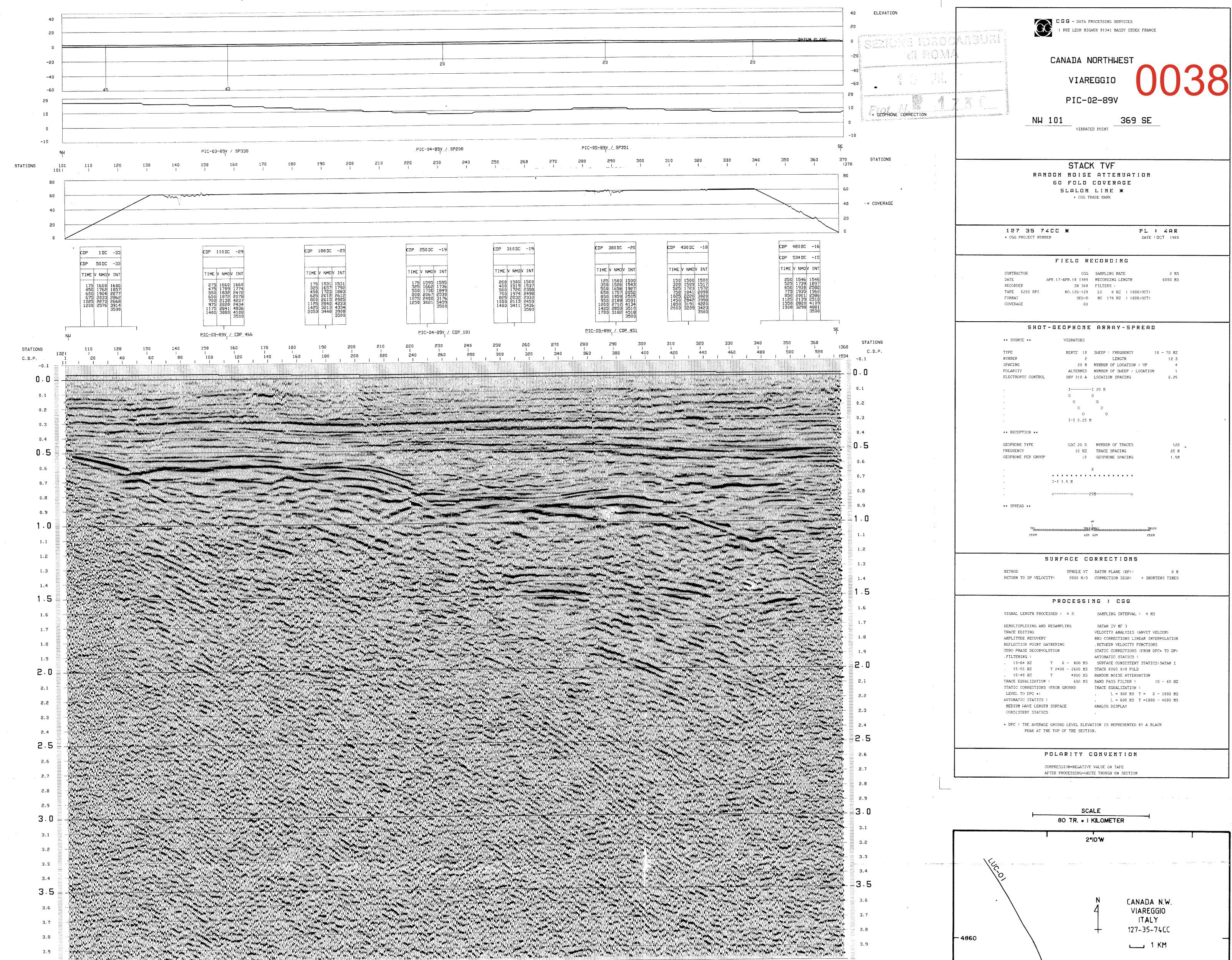
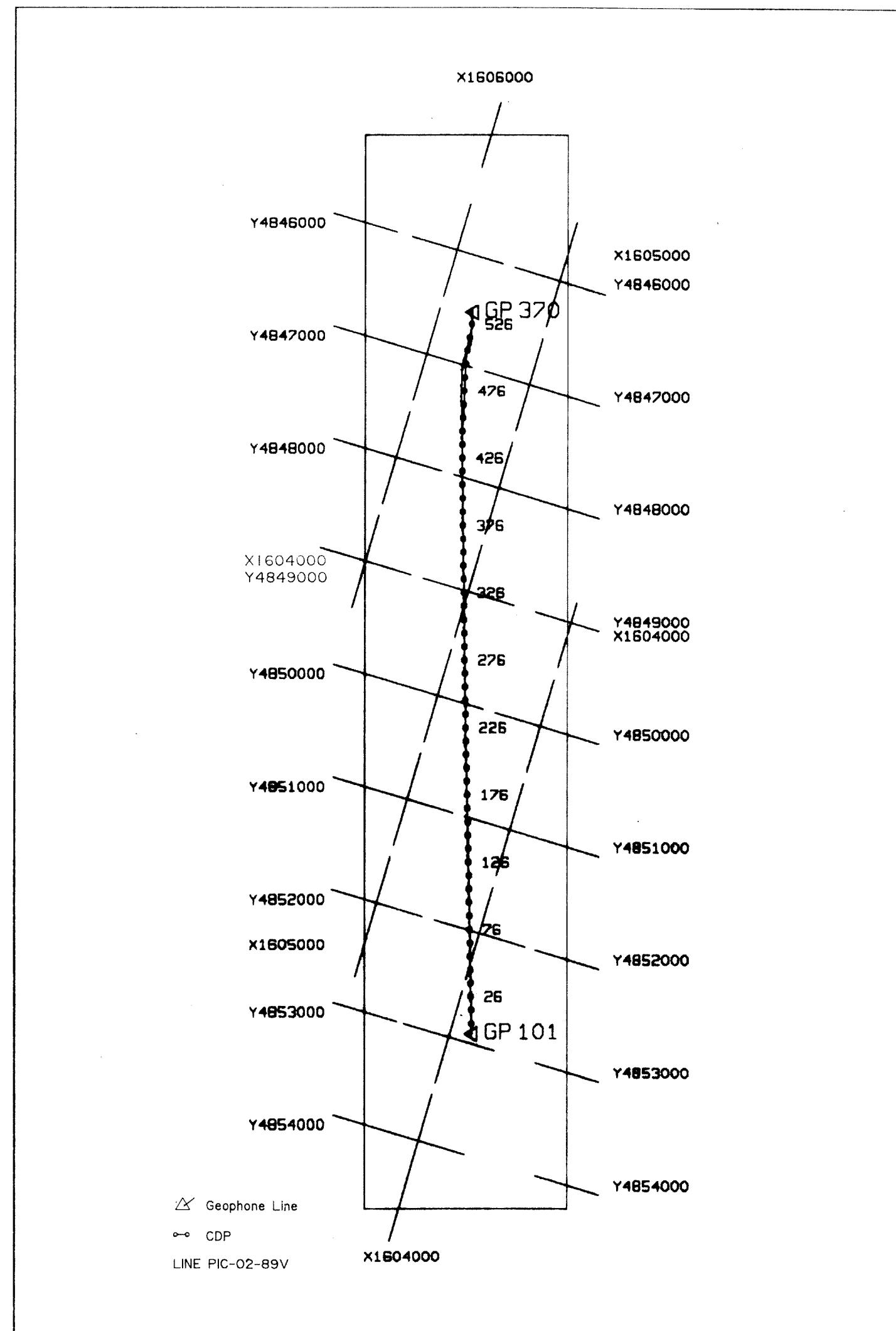
VELOCITY CHANGE

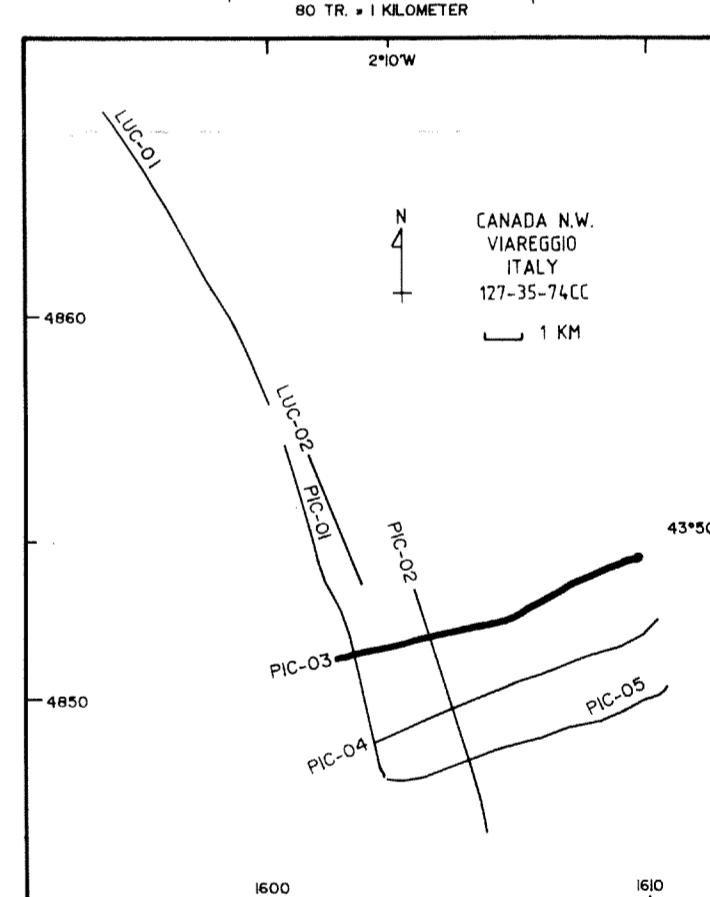
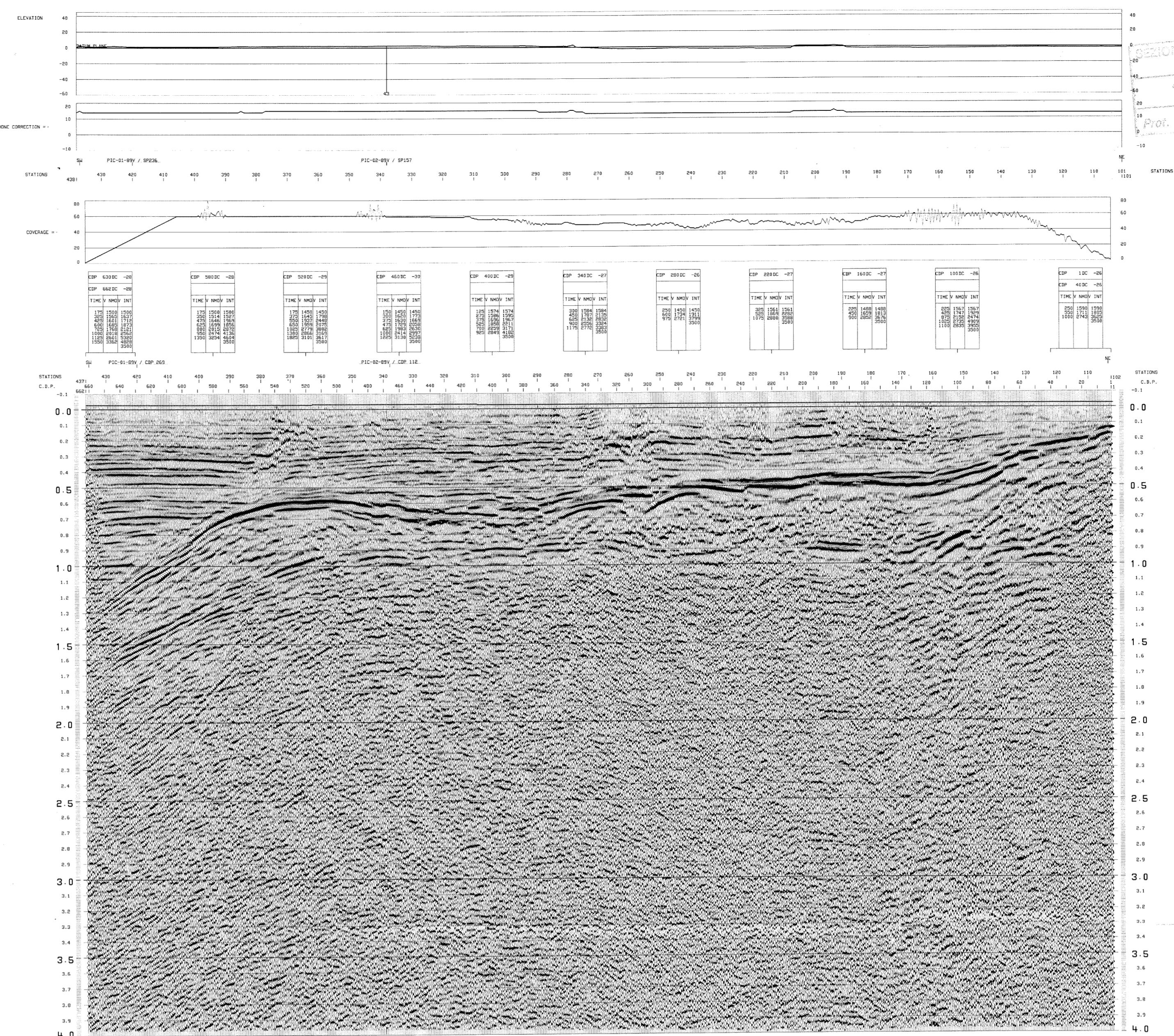
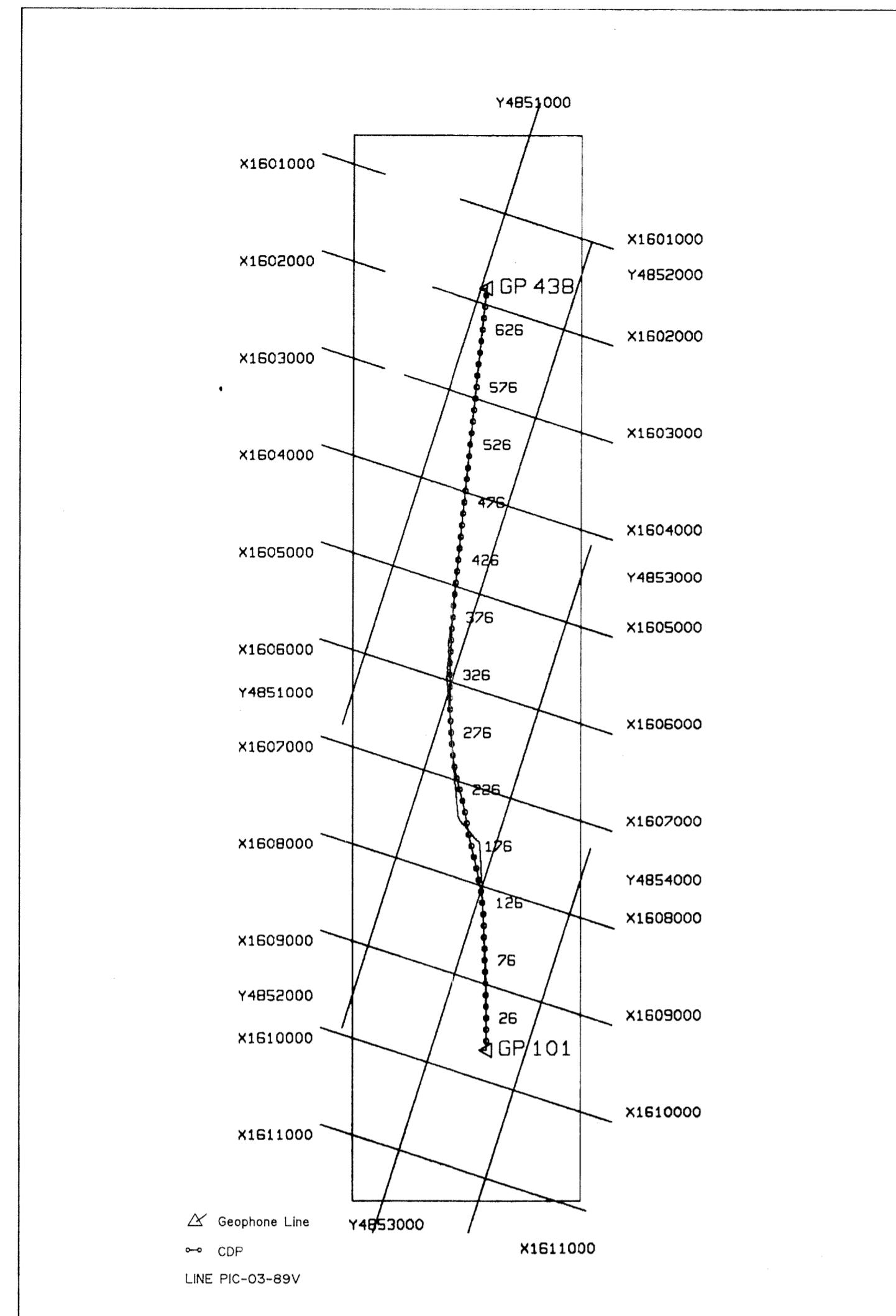
84AD 90A 96A 102A 108A 114A 120A 126A 132A 138A 144A 150A 156A 162A 168A 174A 180A 186A 192A 198A 204A 210A 216A 222A L-ITMS5001
 77 WATER DEPTH 70
 IN METERS 64 59 52 46 41 38 34 30 27 26 24 22 20 19 18 17 16 15 14 12 12

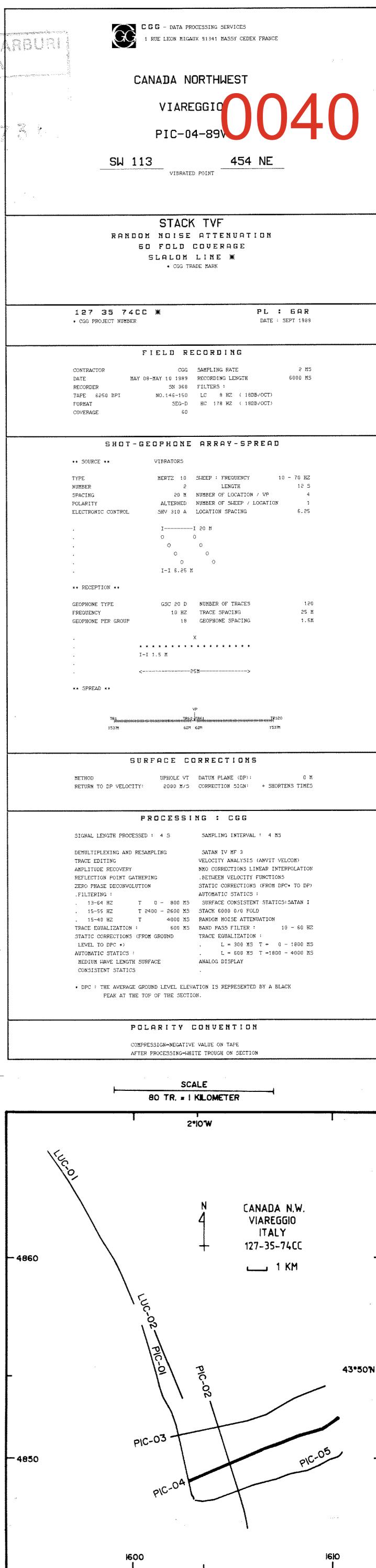
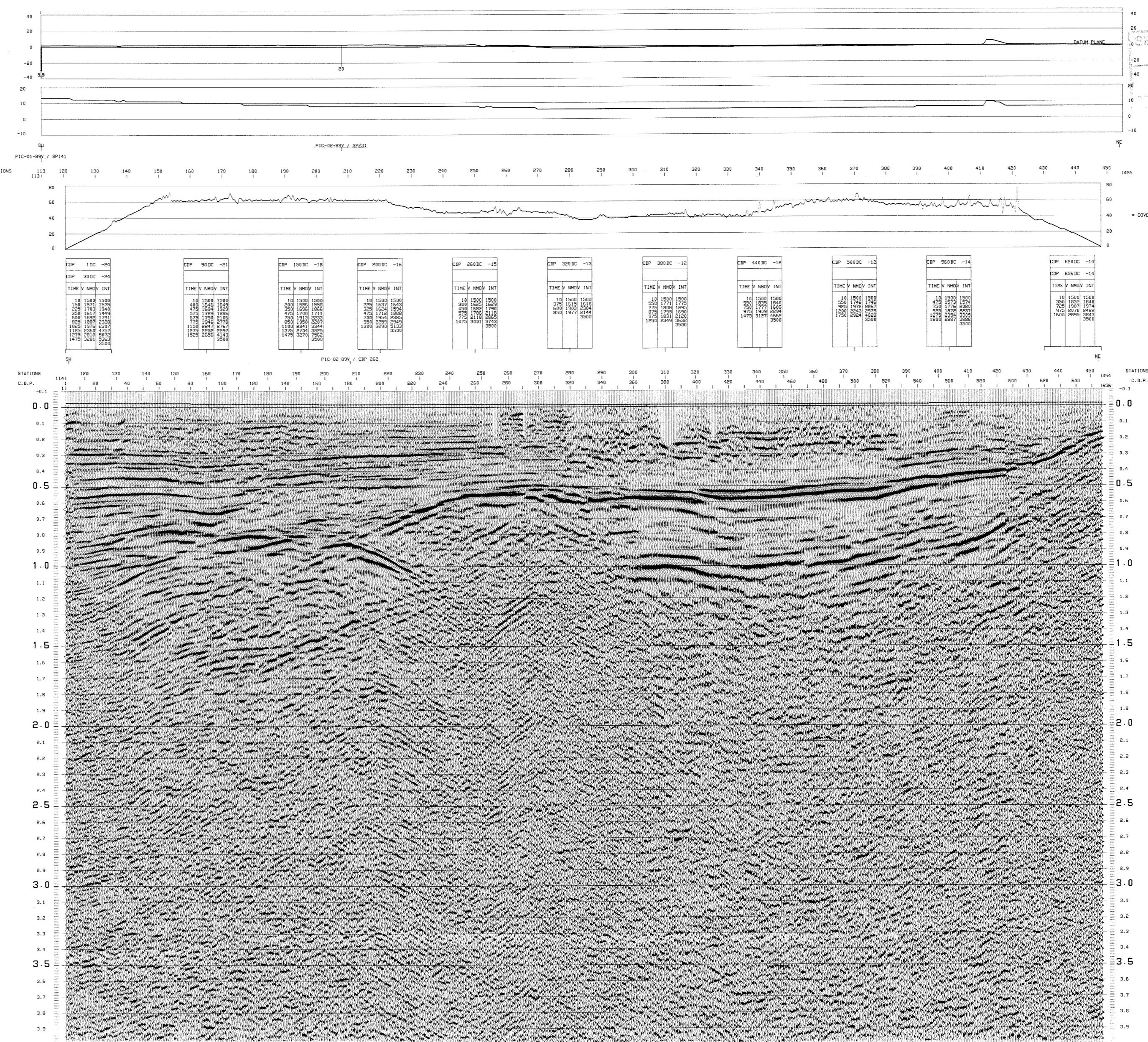
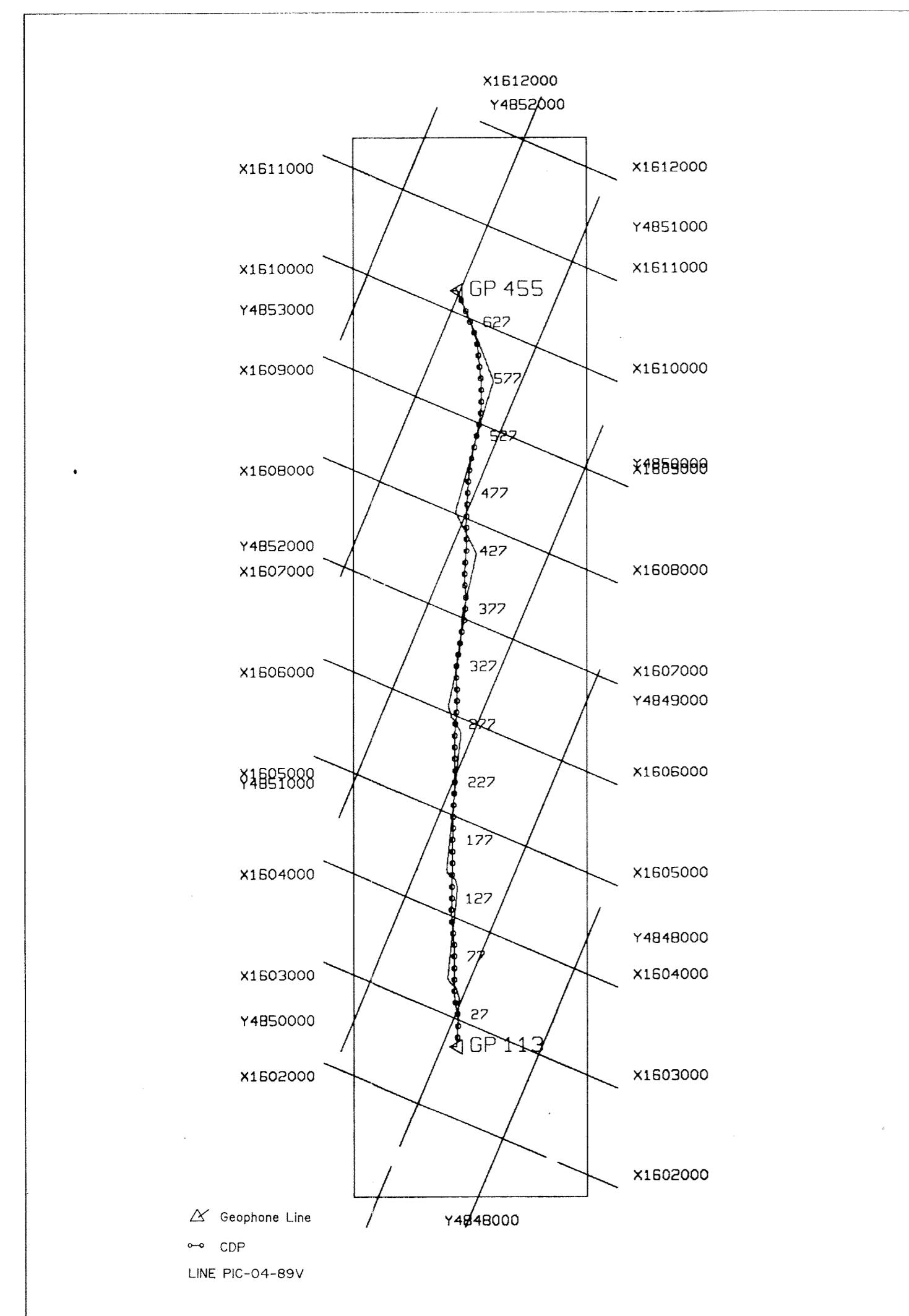


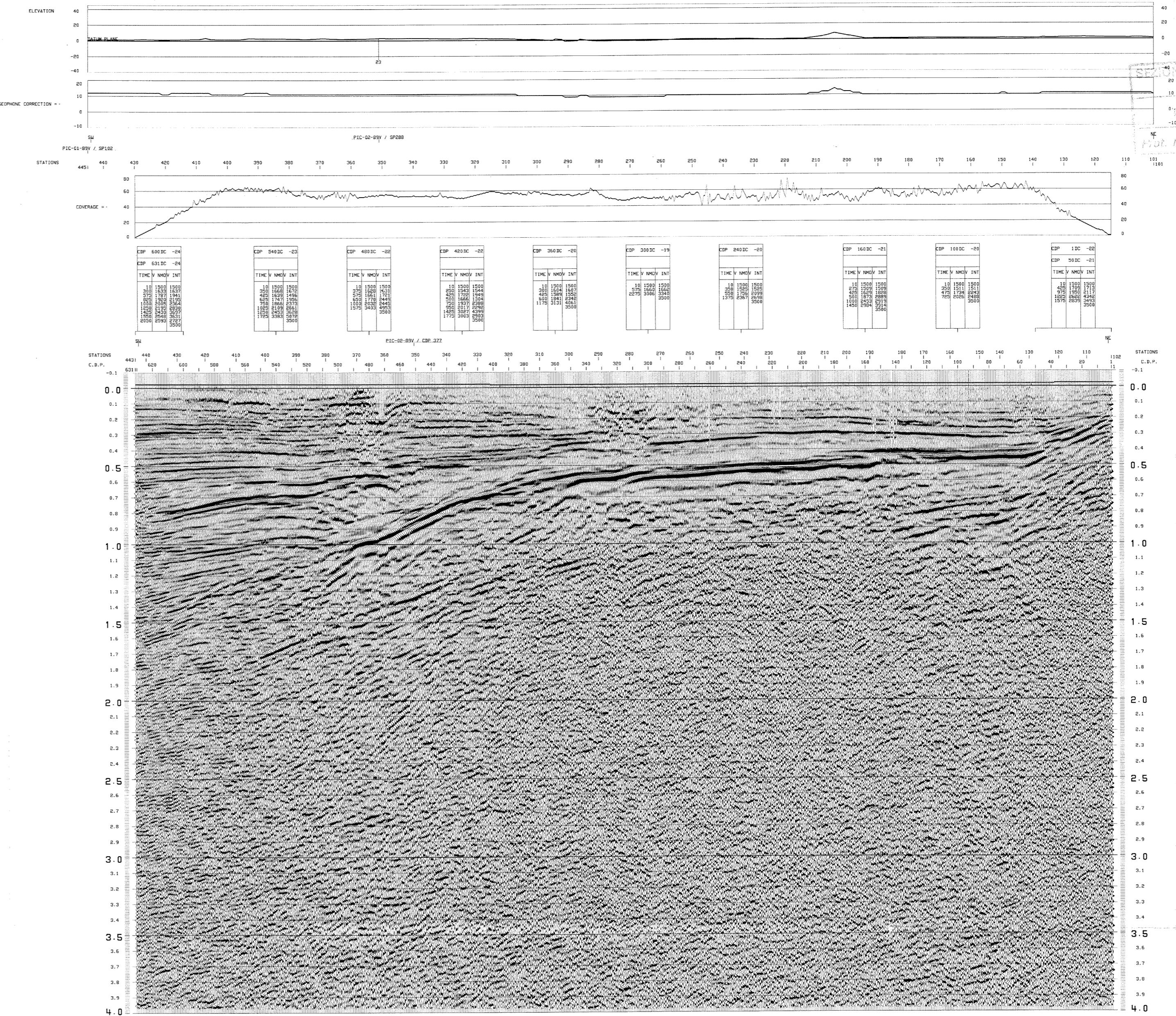
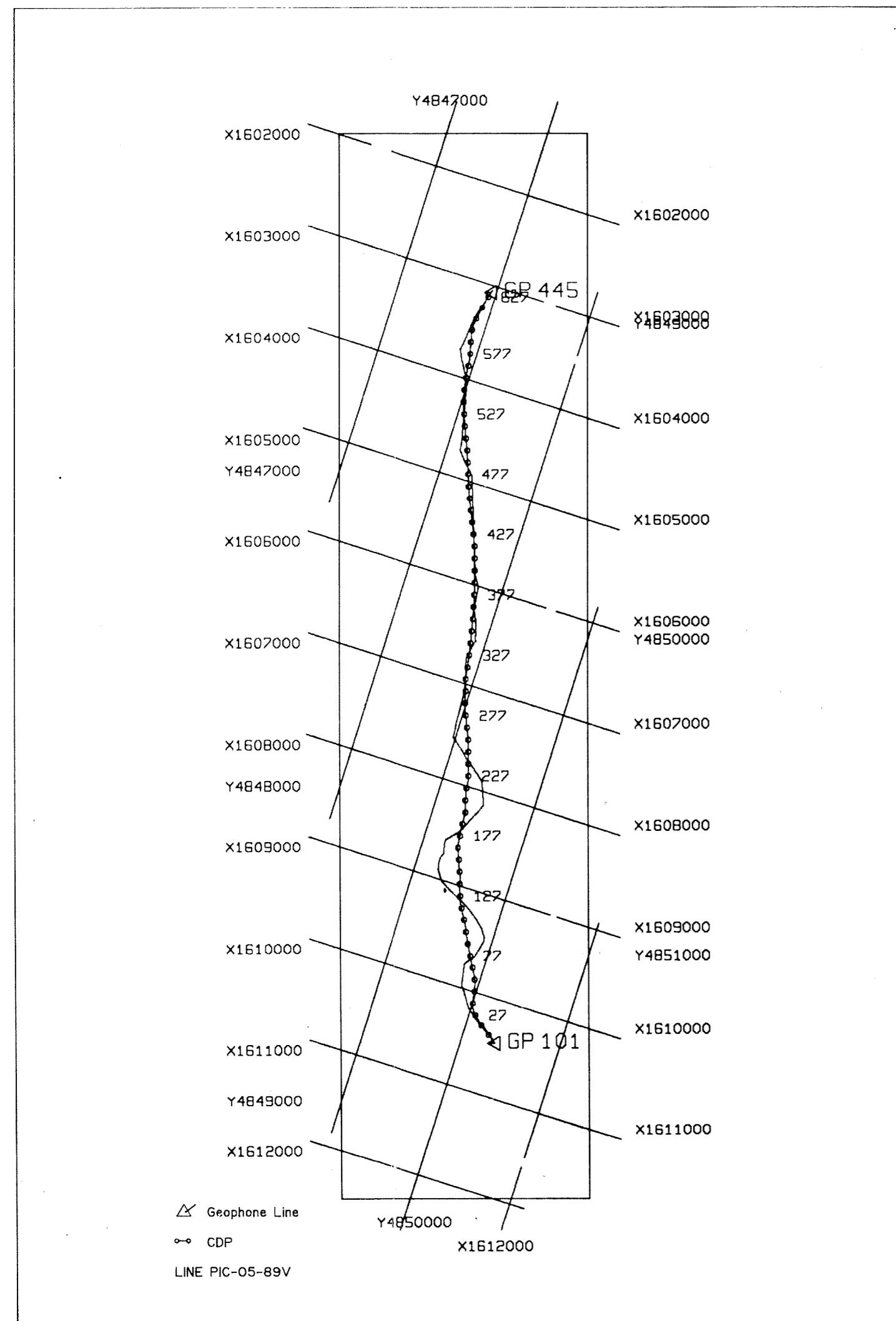












0041

DATA PROCESSING SERVICES
1 RUE LEON PISAN 91341 RACINE CEDEX FRANCE

CANADA NORTHSIDE
VIAREGGIO
PIC-05-89V
SW 444 VERIFIED POINT 101 NE

STACK TWT
RANDOM NOISE ATTENUATION
60 FOLD COVERAGE
SLIMLINE ** 005 TRADE SAW

127-35-74CC * PLT 7.0R
* 005 PROJECT NUMBER DATE : SEPT 1995

FIELD RECORDING
CONTRACTOR : 005 SAMPLING RATE : 2.000 Hz
DATE : MAY 10-12 1995 RECORDING LENGTH : 6000.000 s
RECORDED : 0K 148 FILTERS : 0K 148 NO. OF TRACES : 1024 / 1400 (60-FOLD)
FORMAT : 300-D NC 176 BZ 1400B-0CT
CROSSLINE : 60

SHOT-GEOPHONE ARRAY-SPREAD
** SOURCE **
VIBRATORS
TYPE : RENTZ 10 SPEED : FREQUENCY : 10 - 70 Hz
NUMBER : 10 DENSITY : 1000
SPACING : 1000 NUMBER OF LOCATIONS : 1
PLACEMENT : FOR R NUMBER OF SPOTS : 1
EQUIPMENT CONTROL : SPOT 100 A LOCATIONS PRACTICALLY : 1.000
I-1 200 m
I-2 400 m
I-3 1.500 m
** RECEPTION **
GEOPHONE TYPE : GGC 20 D NUMBER OF TRACES : 120
FREQUENCY : 10 Hz TRACE SPACING : 1.000
GEOPHONE PER GROUP : 1 GEOPHONE SPACING : 1.000
** SPREAD **
I-1 200 m
I-2 400 m
I-3 1.500 m
** SURFACE CORRECTIONS **
METRO : 1000 m VS : GATOR PLANE (SP-1) : 0.0
RETURN TO SP-0 : 2000 m VS : CORRECTION SIGN : + DRAUGHTS TIMES : 0.0

PROCESSING : CGG

SIGNAL LENGTH PROCESSED : 4.000 SAMPLING INTERVAL : 4.000
DEMULTIPLEXING AND RESAMPLING : DATA BY 400
TRACE EDITING : GEOPHONES ARRIVED (GANTT SCHEDULE)
APPROXIMATE DENSITY : AND CORRESPONDING LINEAR INTERPOLATION
REFLECTION POINT GATHERING : REFLECTION VELOCITY FUNCTIONS
REFLECTION POINT CORRECTION : DETERMINATION OF REFLECTION POINTS FOR 0.000-1000 ms
FILTERING : AUTOMATIC STATISTICS
: 10-55 Hz 2ND ORDER LOW PASS FILTER
: 15-55 Hz 2ND ORDER HIGH PASS FILTER
: 2000-3000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 3000-4000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 4000-5000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 5000-6000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 6000-7000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 7000-8000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 8000-9000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 9000-10000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 10000-11000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 11000-12000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 12000-13000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 13000-14000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 14000-15000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 15000-16000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 16000-17000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 17000-18000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 18000-19000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 19000-20000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 20000-21000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 21000-22000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 22000-23000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 23000-24000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 24000-25000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 25000-26000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 26000-27000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 27000-28000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 28000-29000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 29000-30000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 30000-31000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 31000-32000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 32000-33000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 33000-34000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 34000-35000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 35000-36000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 36000-37000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 37000-38000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 38000-39000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 39000-40000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 40000-41000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 41000-42000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 42000-43000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 43000-44000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 44000-45000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 45000-46000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 46000-47000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 47000-48000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 48000-49000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 49000-50000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 50000-51000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 51000-52000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 52000-53000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 53000-54000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 54000-55000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 55000-56000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 56000-57000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 57000-58000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 58000-59000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 59000-60000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 60000-61000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 61000-62000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 62000-63000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 63000-64000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 64000-65000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 65000-66000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 66000-67000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 67000-68000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 68000-69000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 69000-70000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 70000-71000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 71000-72000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 72000-73000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 73000-74000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 74000-75000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 75000-76000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 76000-77000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 77000-78000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 78000-79000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 79000-80000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 80000-81000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 81000-82000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 82000-83000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 83000-84000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 84000-85000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 85000-86000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 86000-87000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 87000-88000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 88000-89000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 89000-90000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 90000-91000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 91000-92000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 92000-93000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 93000-94000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 94000-95000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 95000-96000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 96000-97000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 97000-98000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 98000-99000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 99000-100000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 100000-101000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 101000-102000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 102000-103000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 103000-104000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 104000-105000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 105000-106000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 106000-107000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 107000-108000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 108000-109000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 109000-110000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 110000-111000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 111000-112000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 112000-113000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 113000-114000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 114000-115000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 115000-116000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 116000-117000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 117000-118000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 118000-119000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 119000-120000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 120000-121000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 121000-122000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 122000-123000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 123000-124000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 124000-125000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 125000-126000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 126000-127000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 127000-128000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 128000-129000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 129000-130000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 130000-131000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 131000-132000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 132000-133000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 133000-134000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 134000-135000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 135000-136000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 136000-137000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 137000-138000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 138000-139000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 139000-140000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 140000-141000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 141000-142000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 142000-143000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 143000-144000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 144000-145000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 145000-146000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 146000-147000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 147000-148000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 148000-149000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 149000-150000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 150000-151000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 151000-152000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 152000-153000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 153000-154000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 154000-155000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 155000-156000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 156000-157000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 157000-158000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 158000-159000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 159000-160000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 160000-161000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 161000-162000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 162000-163000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 163000-164000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 164000-165000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 165000-166000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 166000-167000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 167000-168000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 168000-169000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 169000-170000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 170000-171000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 171000-172000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 172000-173000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 173000-174000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 174000-175000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 175000-176000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 176000-177000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 177000-178000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 178000-179000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 179000-180000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 180000-181000 Hz STATION 6000-6100 Hz POLD
: 181000-182000 Hz

3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (winM.A.S.W. PRO).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Elaborazione M.A.S.W.

L'analisi M.A.S.W., come accennato in precedenza, può essere ricondotta in tre fasi:

- Prima fase: trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f - numero d'onda K ;
- Seconda fase: individuazione delle coppie $f-k$ cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_f (m/sec) - frequenza (Hz) - (Fig. 2).

www.winmasw.com

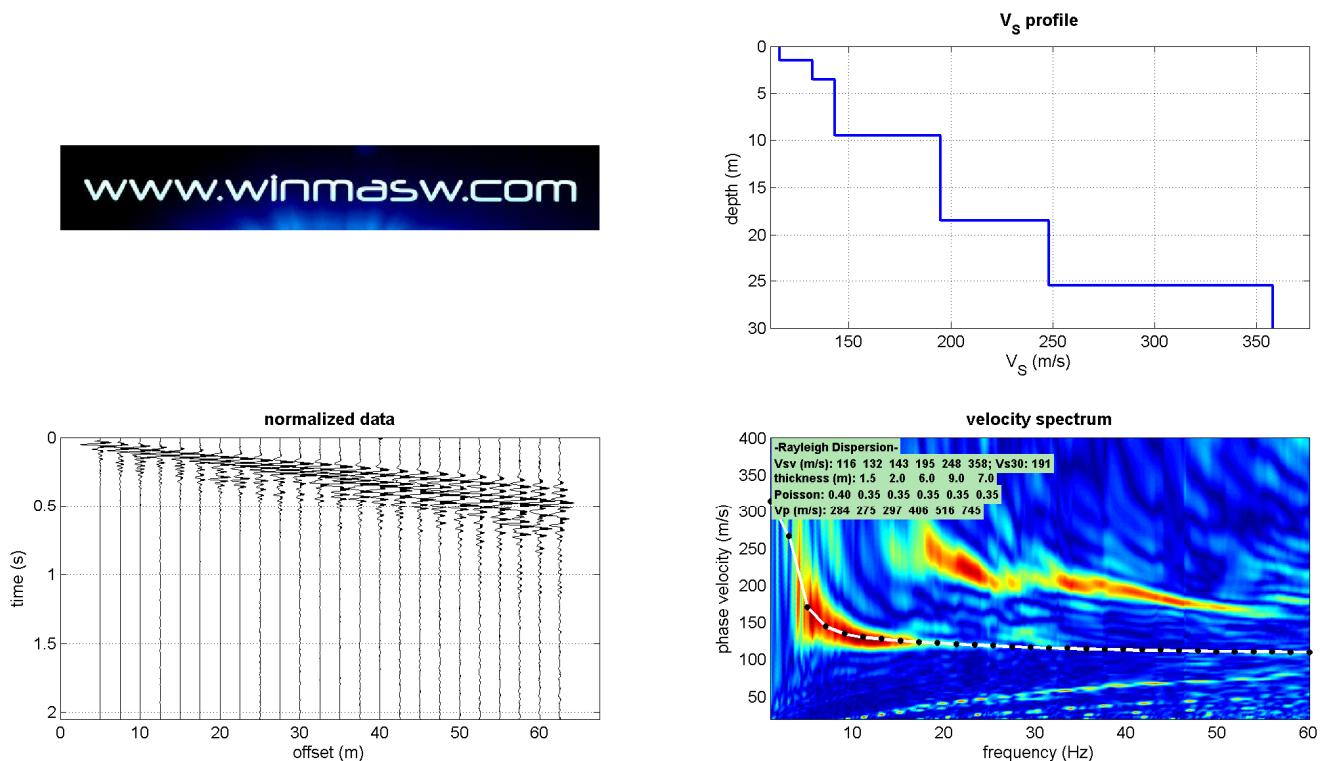


Fig. 2

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s (Fig. 3).

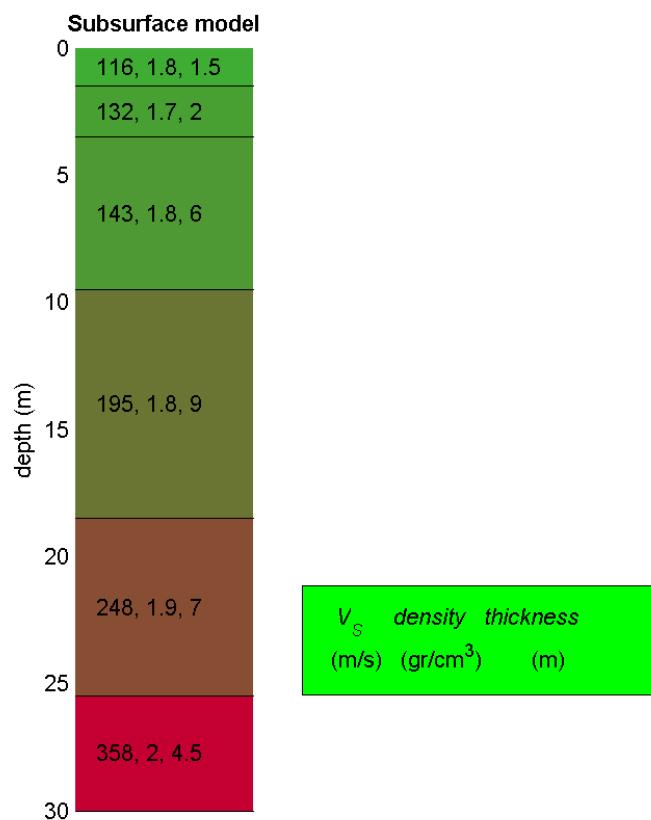


Fig. 3

Nella tabella seguente sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata.

SISMOSTRATO N.	PROFONDITA' DELLA BASE (m)	SPESORE DELLO STRATO (m)	V_s (m/sec)
1	1.5	1.5	116
2	3.5	2.0	132
3	9.5	6.0	143
4	18.5	9.0	195
5	25.5	7.0	248
6			358
MEAN MODEL			
Approximate values for V_p , density, Shear modulus			
Sismostrato n.	1	2	3
V_p (m/s)	284	275	297
Density (gr/cm ³)	1.75	1.74	1.76
Shear modulus (MPa)	24	30	36
	4	5	6
	406	516	745
	1.84	1.89	1.98
	70	116	254

Allegato C**Elaborati Grafici MASW “STR160517A”**

Elaborazione Shot 2 (5 m dal G24)

- Spettro delle Velocità con “Picking”
- Grafico Misfit & Profilo Verticale Onde S
- Profilo verticale Vs (modello medio)

Numero di canali 24
Distanza intergeofonica 2,5 metri
Lunghezza 57,5 metri
Azimuth N185° (S-N)

Coordinate Gauss-Boaga Geofono G1:
X = 1607694.5345 Y = 4846440.7240
Coordinate Gauss-Boaga Geofono G24:
X = 1607696.9391 Y = 4846498.1737

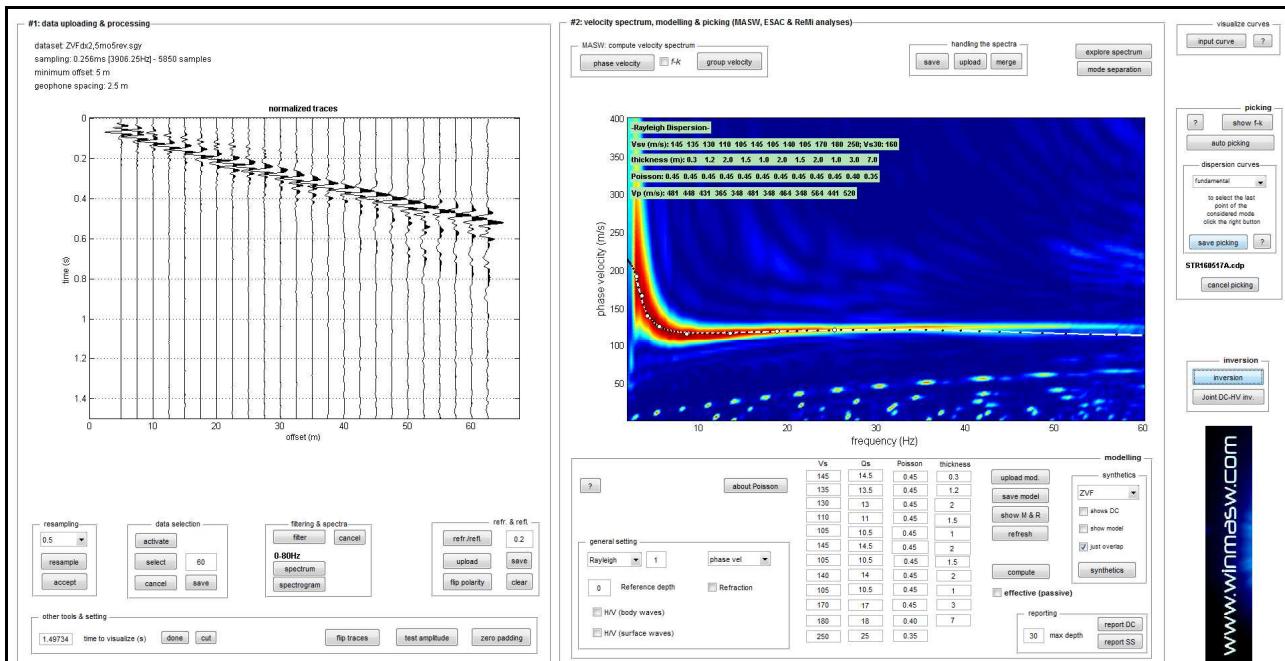


Fig.1: Sismogramma (Shot2 - G24 - m5,00) e spettro delle velocità con "picking"

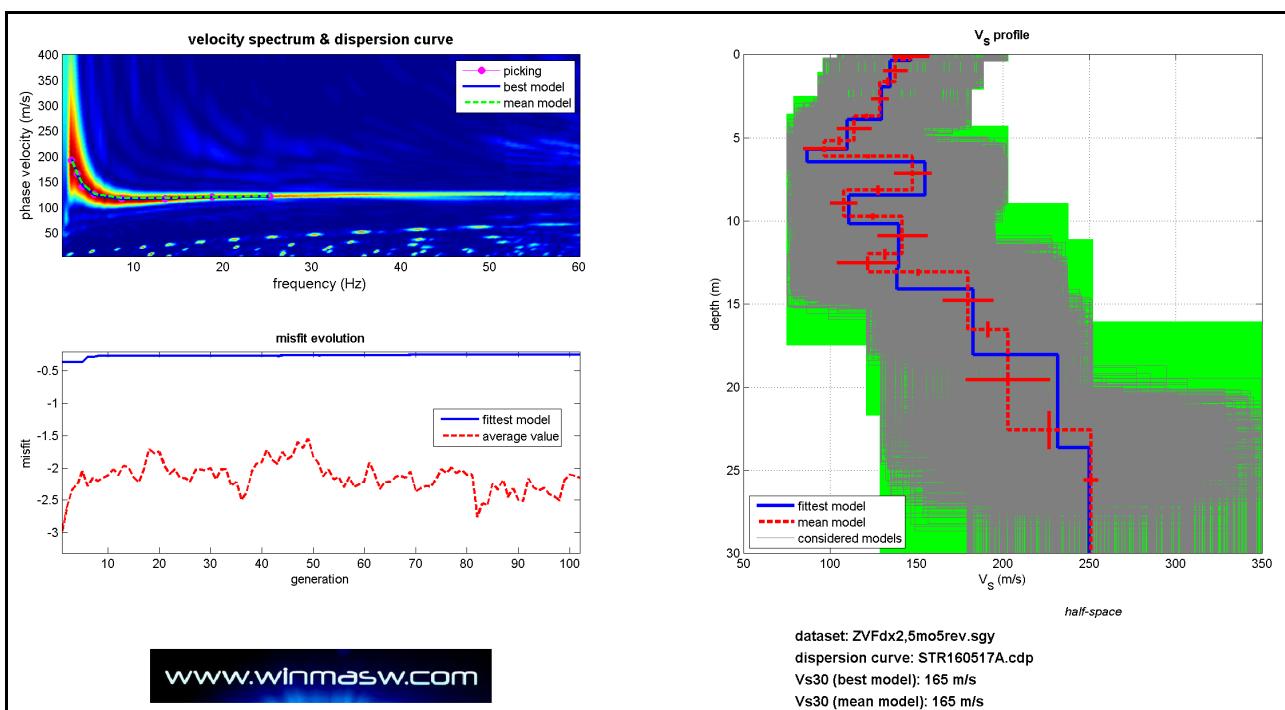


Fig.2: Grafico Misfit - Profilo verticale delle Onde S

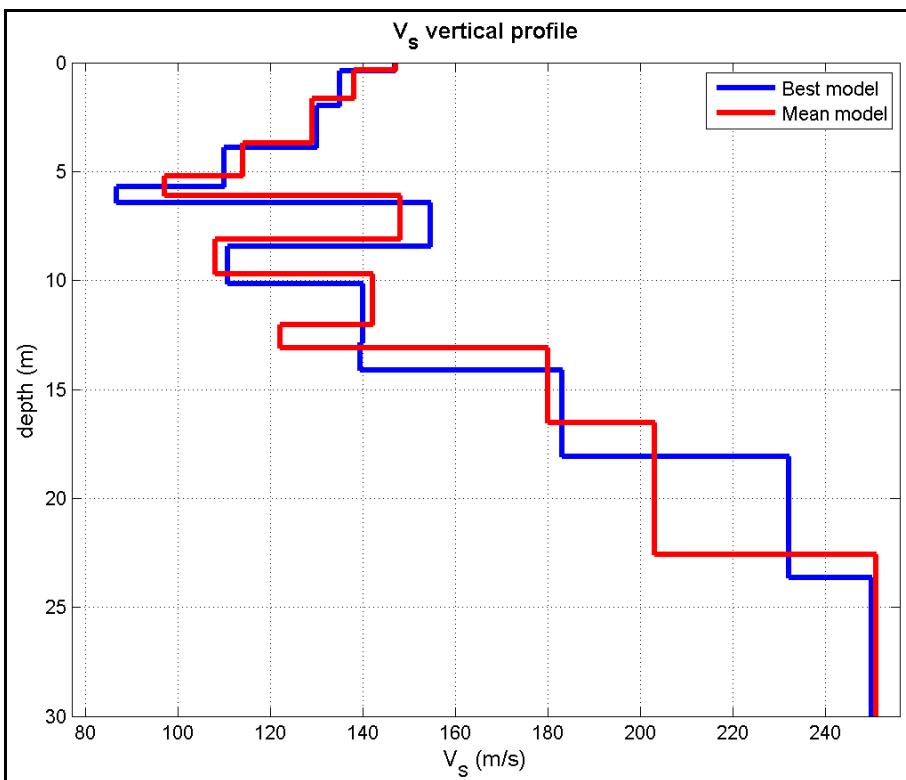


Fig.3: Profilo verticale Vs (Modello medio/Modello migliore)

Mean model

Vs (m/s): 147, 138, 129, 114, 97, 148, 108, 142, 122, 180, 203, 251
Thickness (m): 0.3, 1.3, 2.1, 1.5, 0.9, 2.0, 1.6, 2.3, 1.1, 3.4, 6.0

$V_{s,30} = 165 \text{ m/s (best model)} \div 165 \text{ m/s (mean model)}$ a partire dal piano campagna

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO – D

"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)".

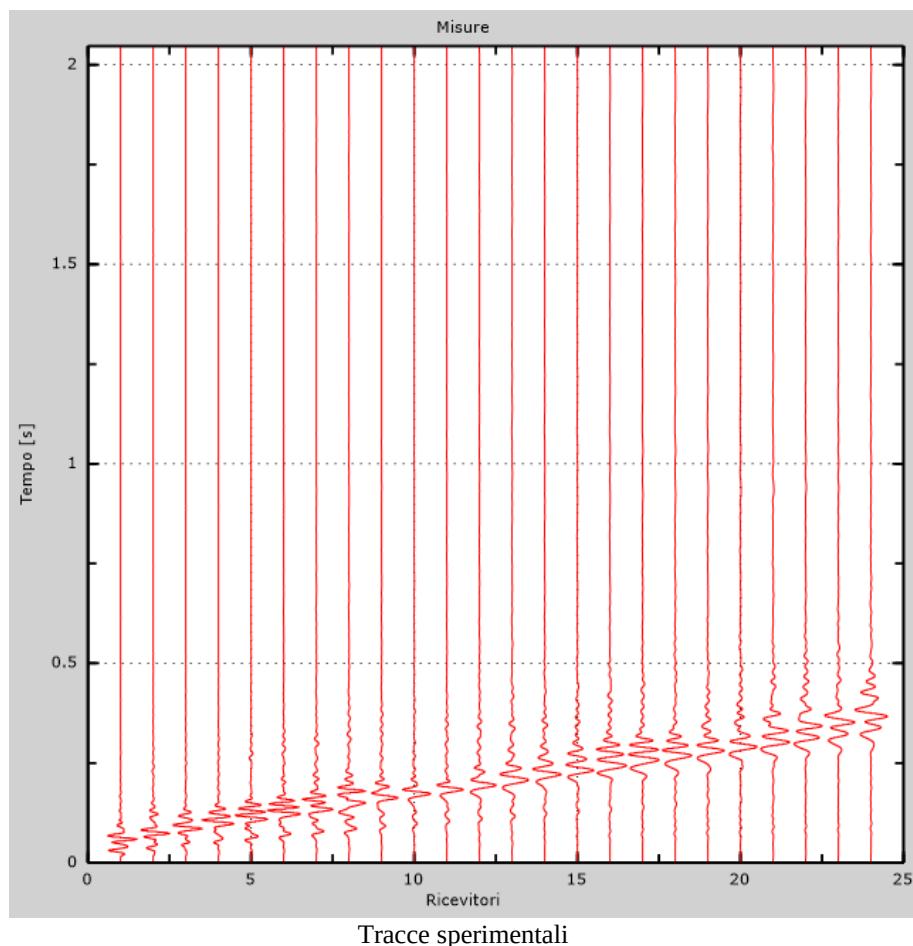
NOTA: Le inversioni individuate alle varie profondità, possono essere trascurate in quanto i rapporti tra la Vs dello strato rigido (superiore) e la Vs dello strato meno rigido sono minori di 1,5.

Elaborazione Indagine Sismica MASW

Software MASW Vitantonio Roma

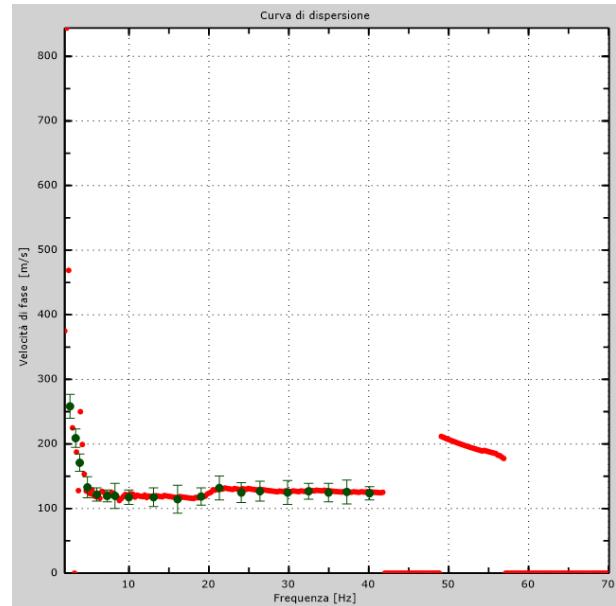
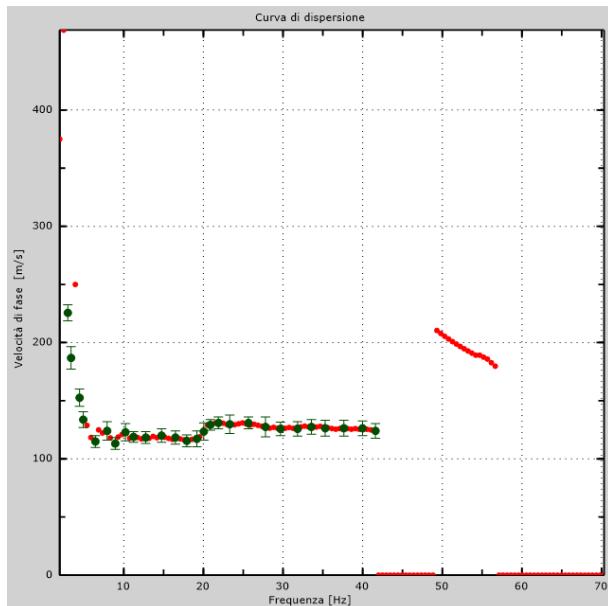
Dati sperimentali

Nome del file delle tracce....C:\.....	miglmasw\5stack.sg2
Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori:.....	1,5m
Numero di campioni temporali.....	2048
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2047ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	



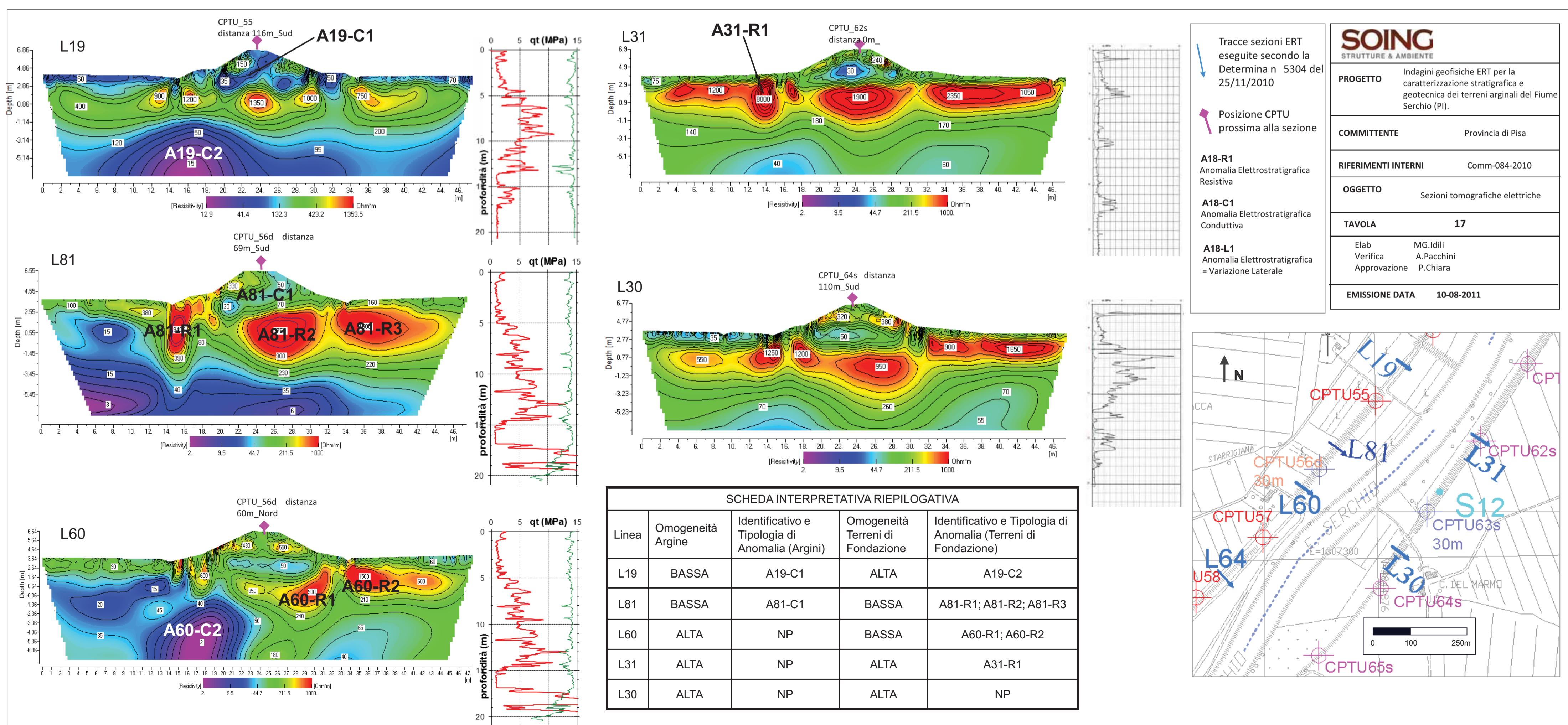
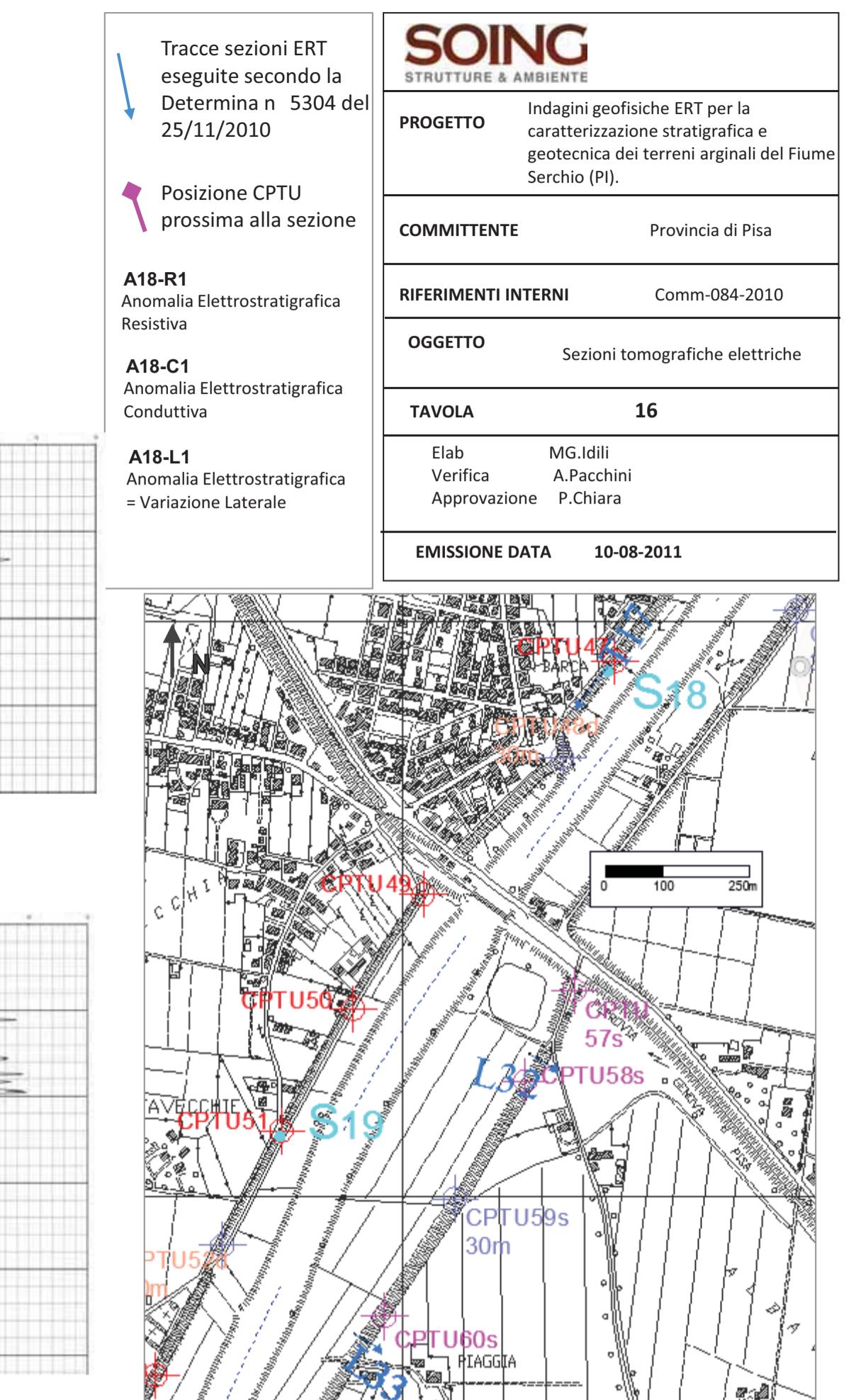
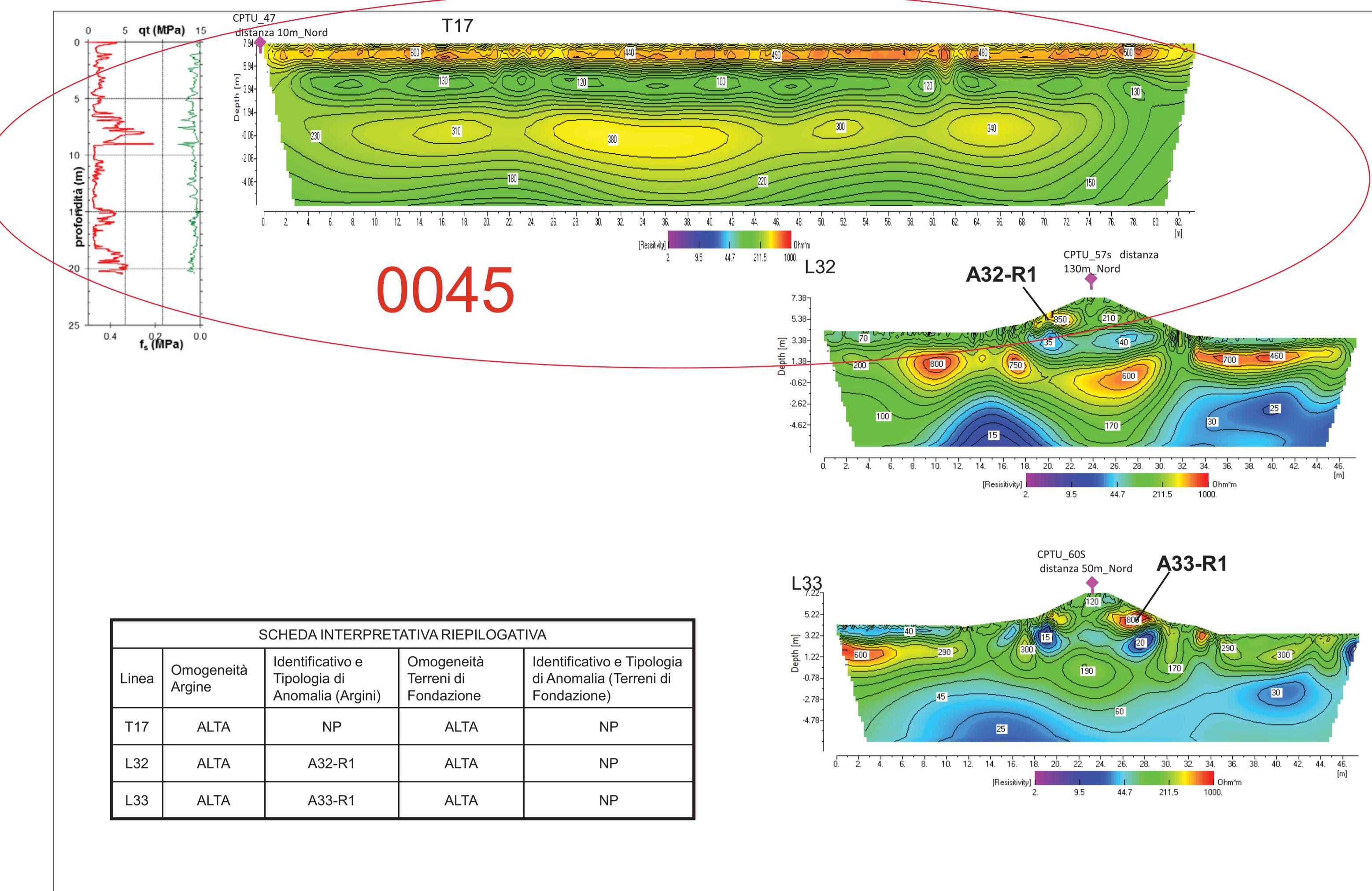
Curva di dispersione

Frea. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max	λ [m]
2.96981	225.602	218.757	232.448	75.97
3.37764	186.812	177.114	196.509	55.31
4.4482	152.584	145.168	160	34.3
4.90701	133.759	126.914	140.605	27.26
6.43637	114.934	109.8	120.068	17.86
7.91476	124.062	116.075	132.048	15.67
8.93434	113.223	108.089	118.357	12.67
10.2088	122.921	115.505	130.337	12.04
11.2284	118.927	114.364	123.491	10.59
12.7577	118.357	113.223	123.491	9.28
14.7459	120.068	114.364	125.773	8.14
16.4792	118.357	112.652	124.062	7.18
17.9066	115.505	110.371	120.639	6.45
19.1811	117.216	110.371	124.062	6.11
20.0477	123.491	116.075	130.907	6.16
20.8634	129.196	124.632	133.759	6.19
21.883	130.907	125.773	136.041	5.98
23.3104	129.766	121.78	137.752	5.57
25.6554	130.907	125.773	136.041	5.1
27.7965	127.484	118.927	136.041	4.59
29.6827	125.773	120.068	131.477	4.24
31.8238	125.773	119.498	132.048	3.95
33.5571	127.484	121.209	133.759	3.8
35.2904	126.343	119.498	133.189	3.58
37.6354	126.343	119.498	133.189	3.36
39.9804	126.343	120.068	132.618	3.16
41.6118	124.062	117.787	130.337	2.98



Profilo in sito

<i>da</i>	<i>a</i>	<i>Spessori</i>	<i>Vs</i> [m/s]	<i>Hi/VSi</i>
0	2	2	138	0,01
2	5	3	132	0,02
5	8	3	138	0,02
8	12	4	149	0,03
12	16	4	170	0,02
16	32	16	208	0,08
32	∞	∞	280	0

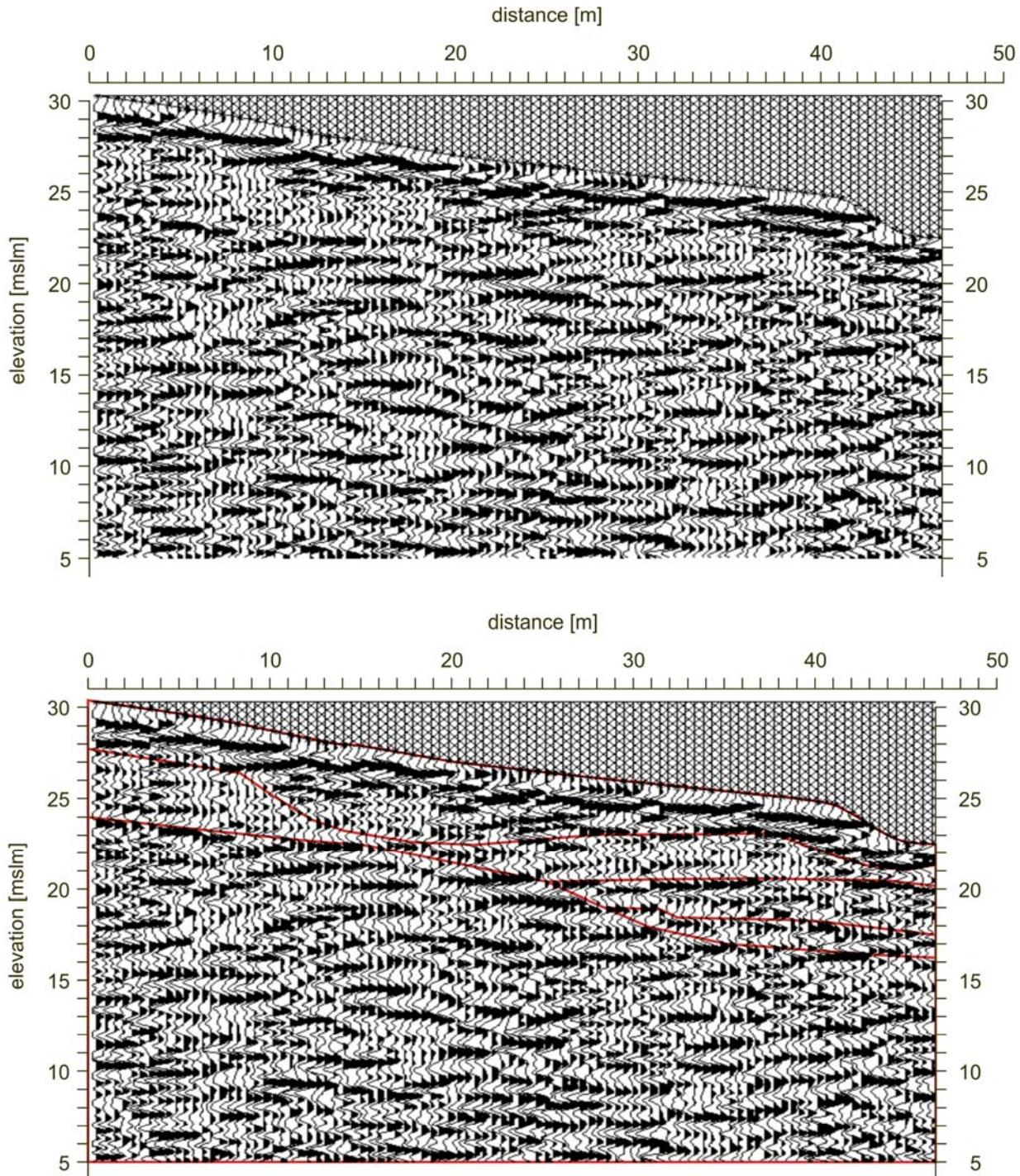




0046

3 – SINTESI E INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Interpretazione dei risultati della sismica a riflessione nella sezione longitudinale 1, a monte del cimitero.



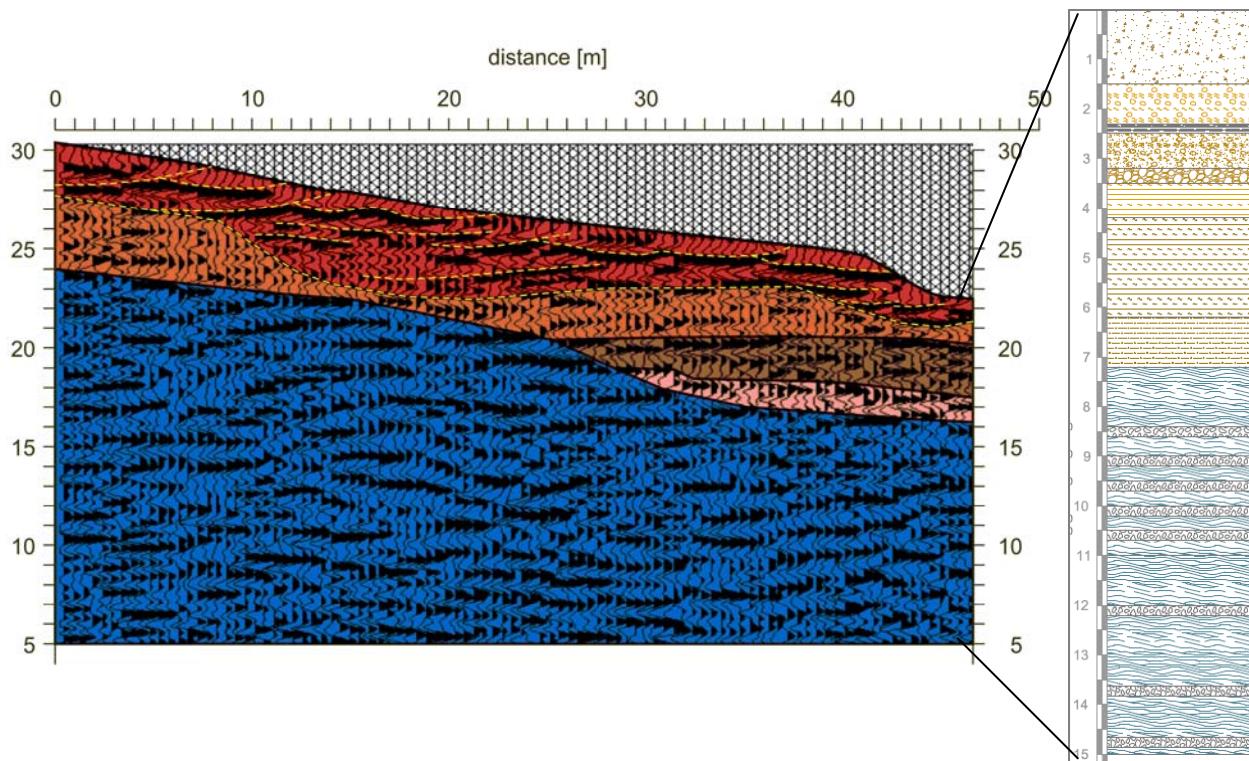
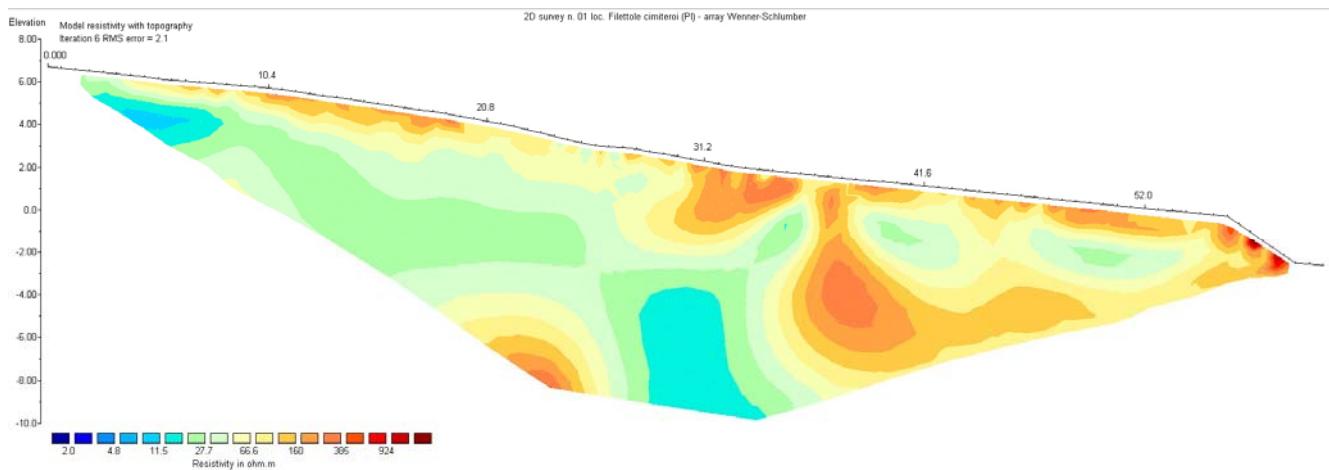


Fig. 4 Interpretazione profilo sismico a riflessione St1-St3 e correlazione con sondaggio S1

La sezione elettrostratigrafica ricavata dalle analisi di resistività del terreno si mostra coerente con l'elaborazione del modello del terreno sopra proposta.

Essa in particolare evidenzia la presenza di materiali superficiali con valori di resistività correlabili ai terreni detensionati della frana attiva, un dominio maggiormente conduttivo riferibile a materiali più addensati/fini appartenenti ad un deposito più antico (frana quiescente), e un dominio resistivo i cui valori sono coerenti con il substrato argillitico.



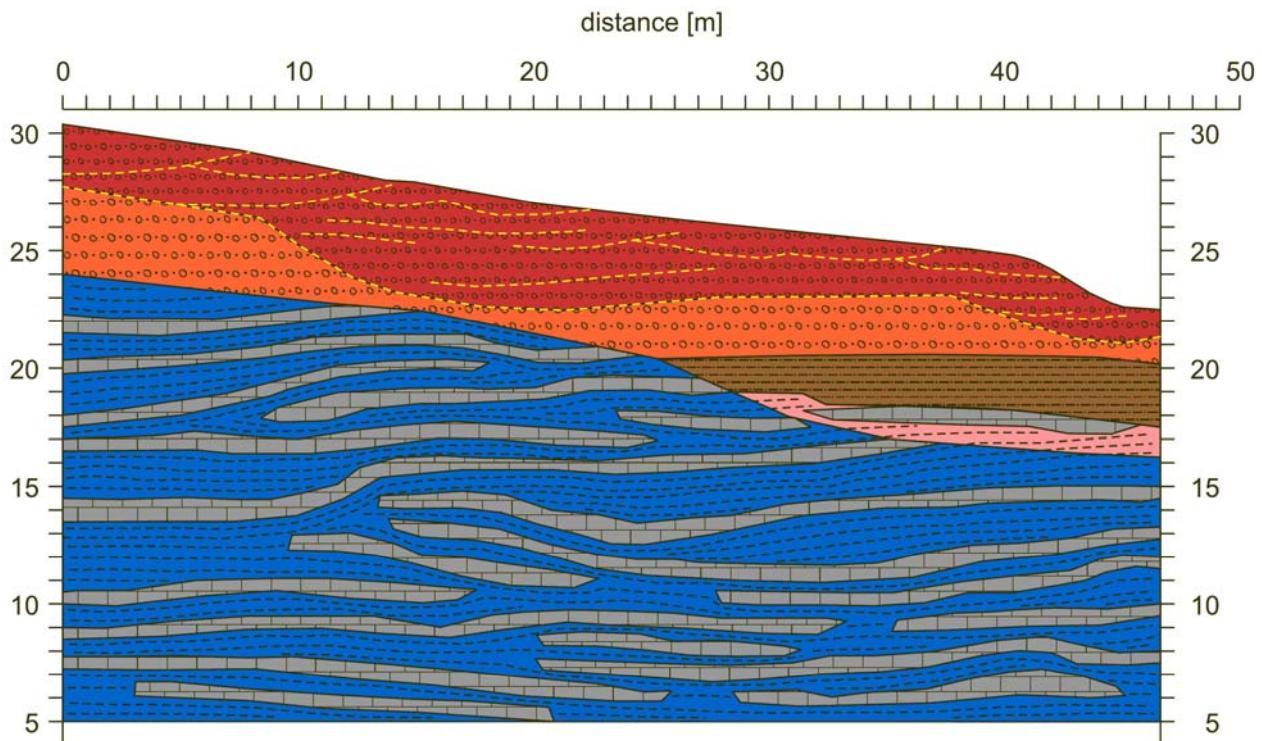


Fig. 5 Modello del terreno in corrispondenza della sezione di monte.

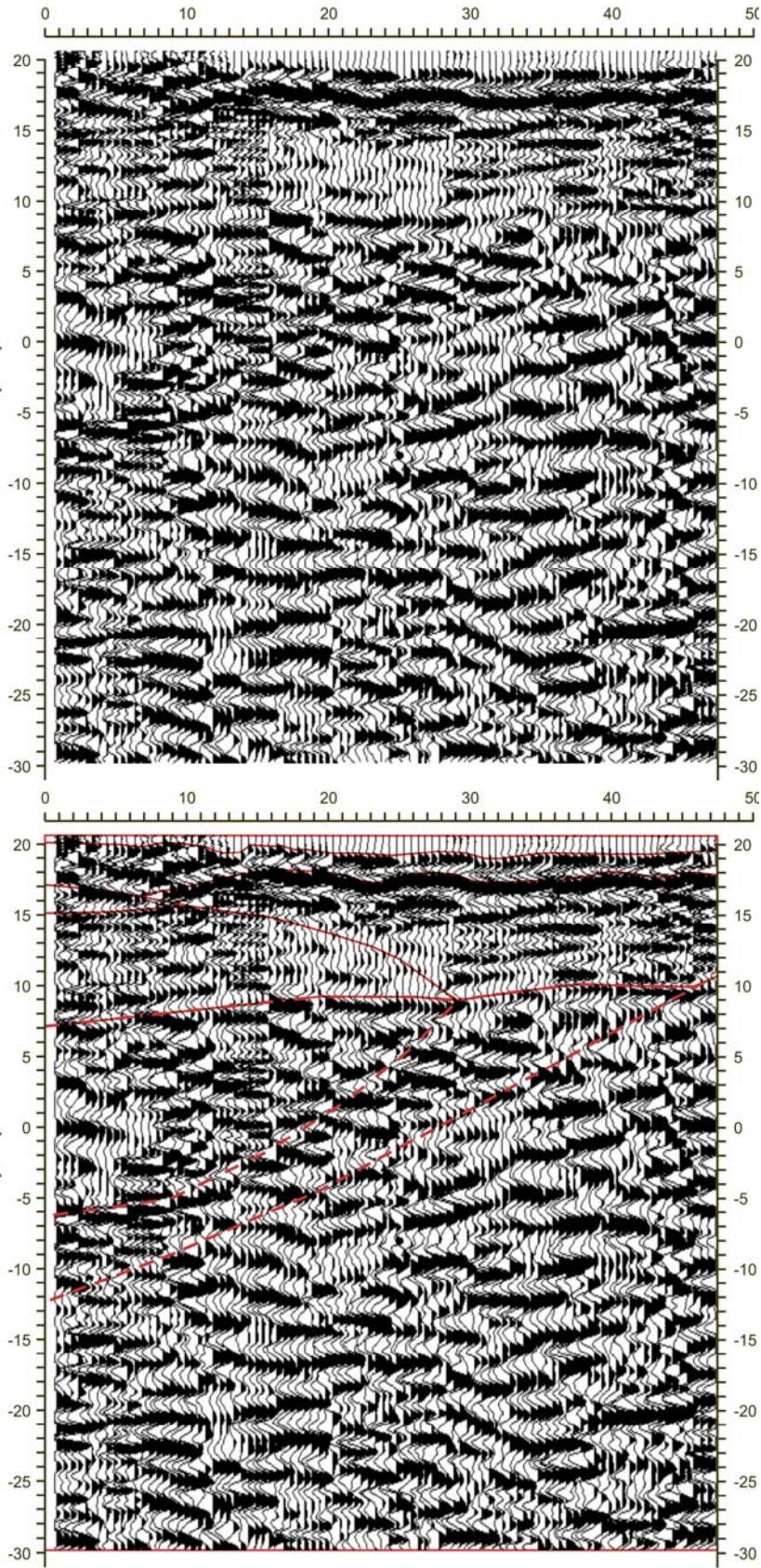
La correlazione tra i risultati delle diverse indagini ha consentito di elaborare il modello di terreno della sezione a monte del cimitero, in cui si evidenzia la presenza di materiali della copertura (depositi di frana con diverso grado di attività, colore rosso e colore arancio) che sormontano direttamente le argilliti (argille e calcari di Canetolo) nella parte sommitale. Alle quote inferiori tra i materiali in frana e la copertura (regolite) del substrato argillitico (colore rosa) sono presenti sedimenti alluvionali (colore marrone).

Il substrato è rappresentato dalle argilliti costituite da alternanze di livelli calcarei e orizzonti argillitici fissili (colore grigio e blu).



Interpretazione dei risultati della sismica a riflessione nella sezione trasversale 2, all'interno del campo inumazioni.

0047



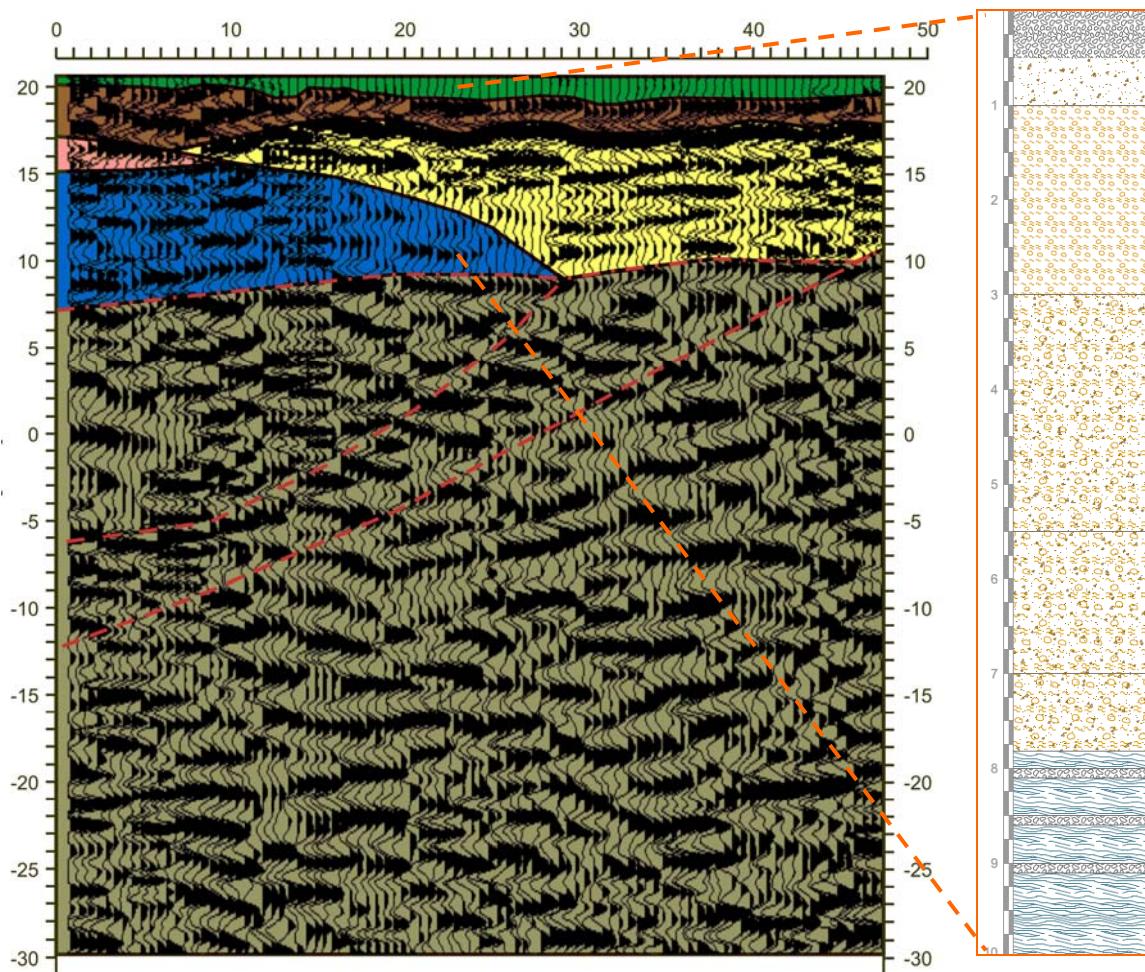
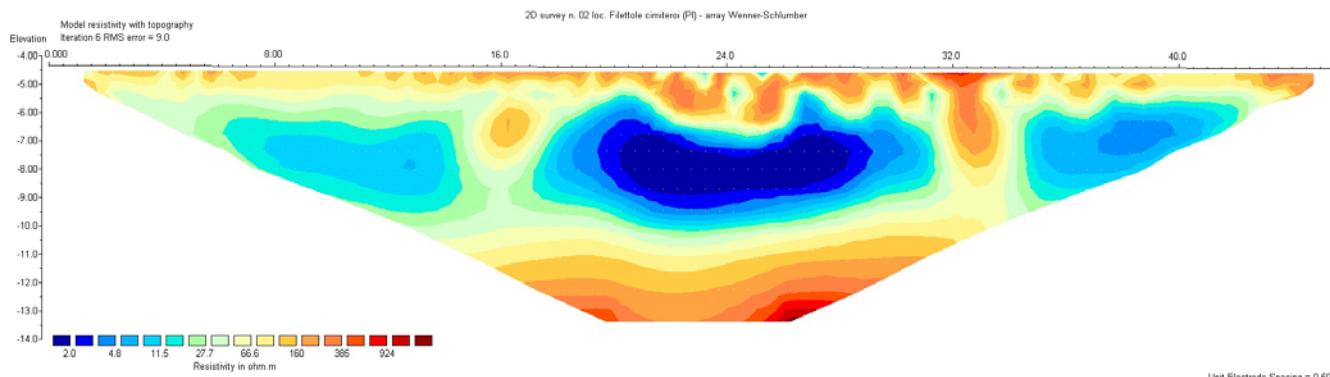


Fig. 6 Interpretazione profilo sismico a riflessione St4 e correlazione con sondaggio S5

Anche la sezione elettrostratigrafica ricavata dalle analisi di resistività del terreno in corrispondenza della sezione 2 si mostra coerente con l'elaborazione del modello del terreno sopra proposta. In particolare in essa si osserva (figura sotto), tra le due anomalie di resistività a 16 e 32 m associate alla presenza di sottoservizi, un dominio di maggior conduttività sovrastante il substrato ad elevata resistività i cui valori sono compatibili con la presenza del substrato arenaceo.



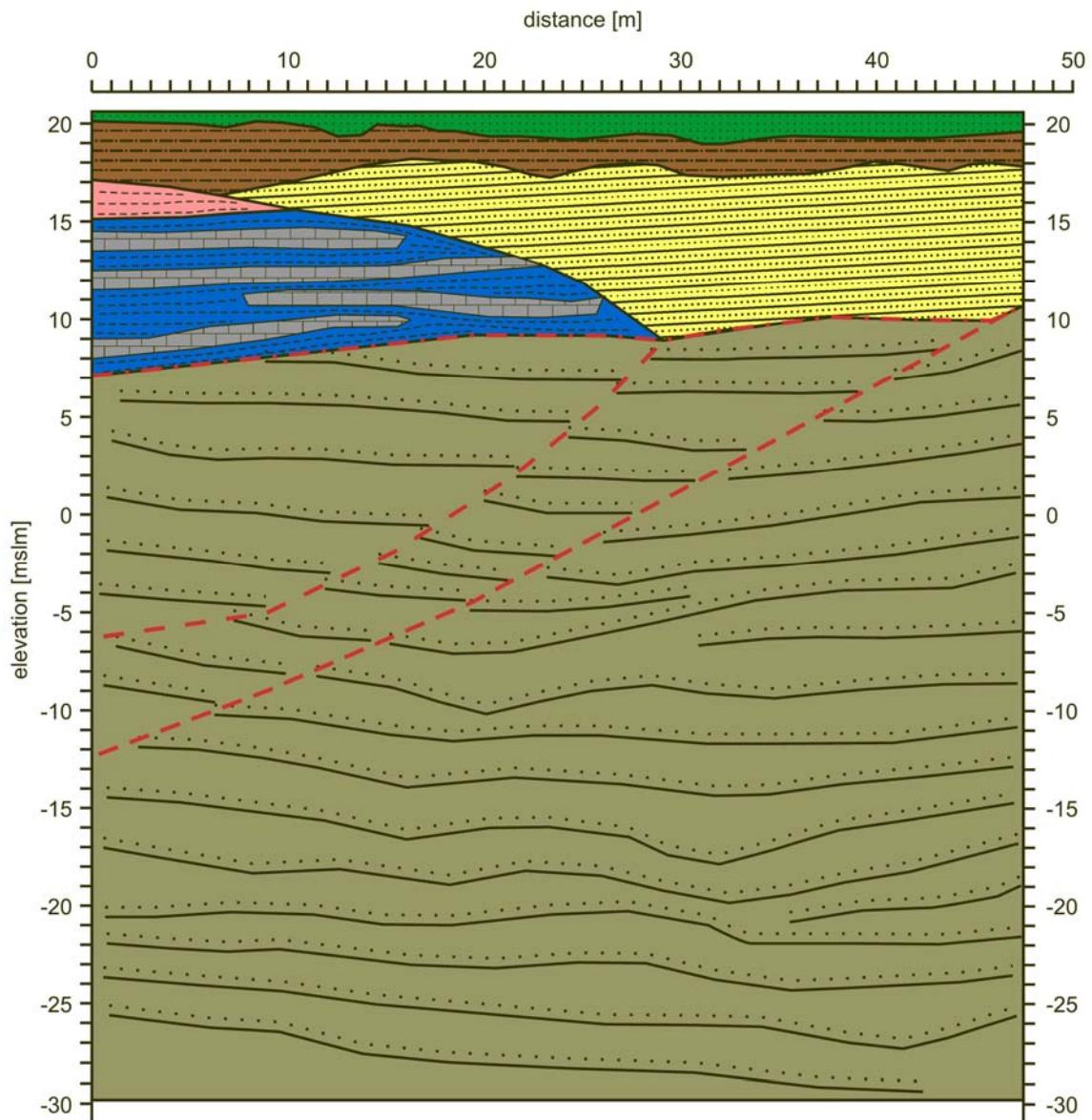


Fig. 7 Modello del terreno in corrispondenza della sezione dentro il cimitero.

La correlazione tra i risultati delle diverse indagini ha consentito di elaborare il modello di terreno della sezione nel campo di inumazioni all'interno del cimitero. In essa si evidenzia, al di sotto della coltre di materiali di riporto (colore verde), la presenza di sedimenti alluvionali (colore marrone) di spessore compreso tra 2,5 e 3,5 m. Al di sotto dei sedimenti alluvionali mediamente fini sono presenti materiali facenti parte della coltre detritica di alterazione dell'arenaria Macigno (colore giallo). Si tratta di sedimenti granulari in grado di ospitare una significativa circolazione idrica il cui tetto si attesta ad una profondità di circa 2,5 m dal pdc. Tali materiali si assottigliano verso la parte meridionale della sezione dove vengono interdigitati e sostituiti dalle argille e calcari di Canetolo (colore blu e rosa).

A profondità comprese tra 10 e 13 metri e disposto trasversalmente alla sezione, si localizza il sovrascorrimento (linea tratteggiata rossa) al di sotto del quale è presente l'arenaria Macigno (colore oliva), per profondità ben superiori a quelle d'interesse, interessata da sistemi di fratturazione (linee rosse oblique tratteggiate).



Un'ulteriore sezione rappresentativa del modello del terreno è stata ricostruita a valle del cimitero in corrispondenza della sezione geoelettrica n°3 e dei sondaggi S3 e S4. La correlazione tra i risultati delle diverse prove ha consentito di elaborare il modello rappresentato in figura 8.

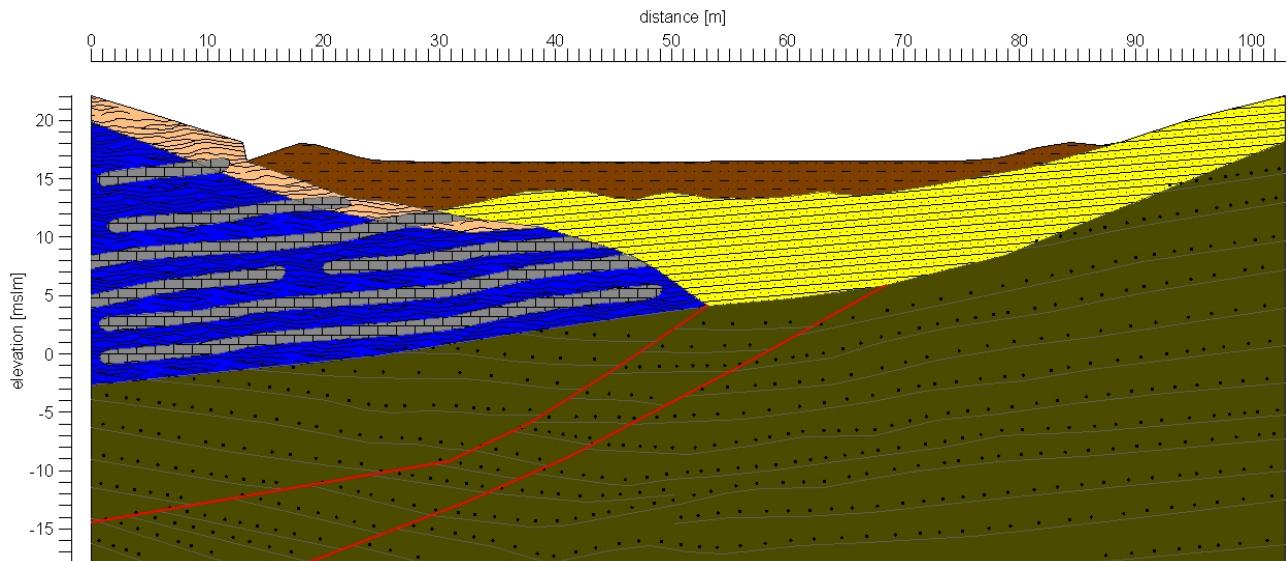
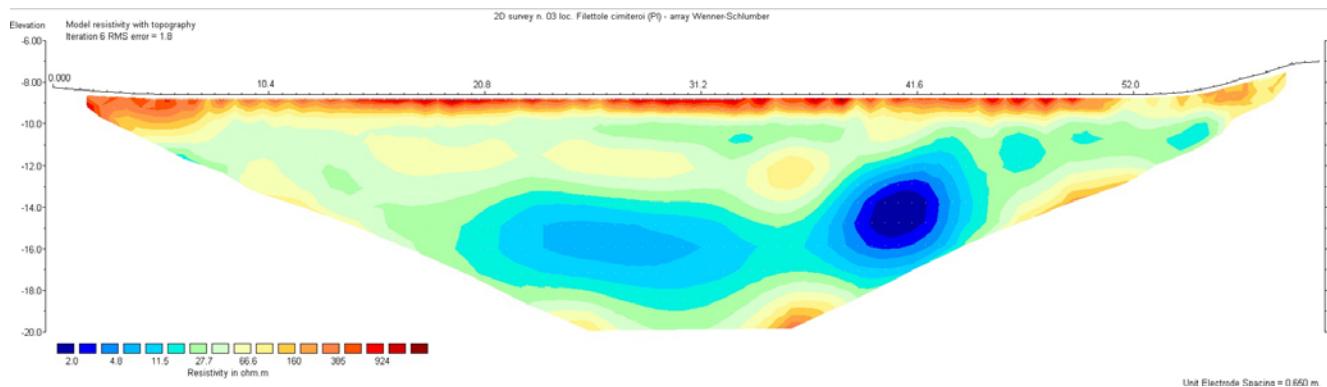


Fig.8 Modello del terreno a valle del cimitero.

Anche la sezione elettrostratigrafica ricavata dalle analisi di resistività del terreno si mostra coerente con l'elaborazione del modello del terreno sopra proposta. In particolare in essa si osserva (figura sotto), al di sotto del resistivo costituito dai materiali di riporto, la presenza di un dominio conduttivo che sormonta un resistivo più profondo, immerso da W verso E, significativo del substrato argillitico.





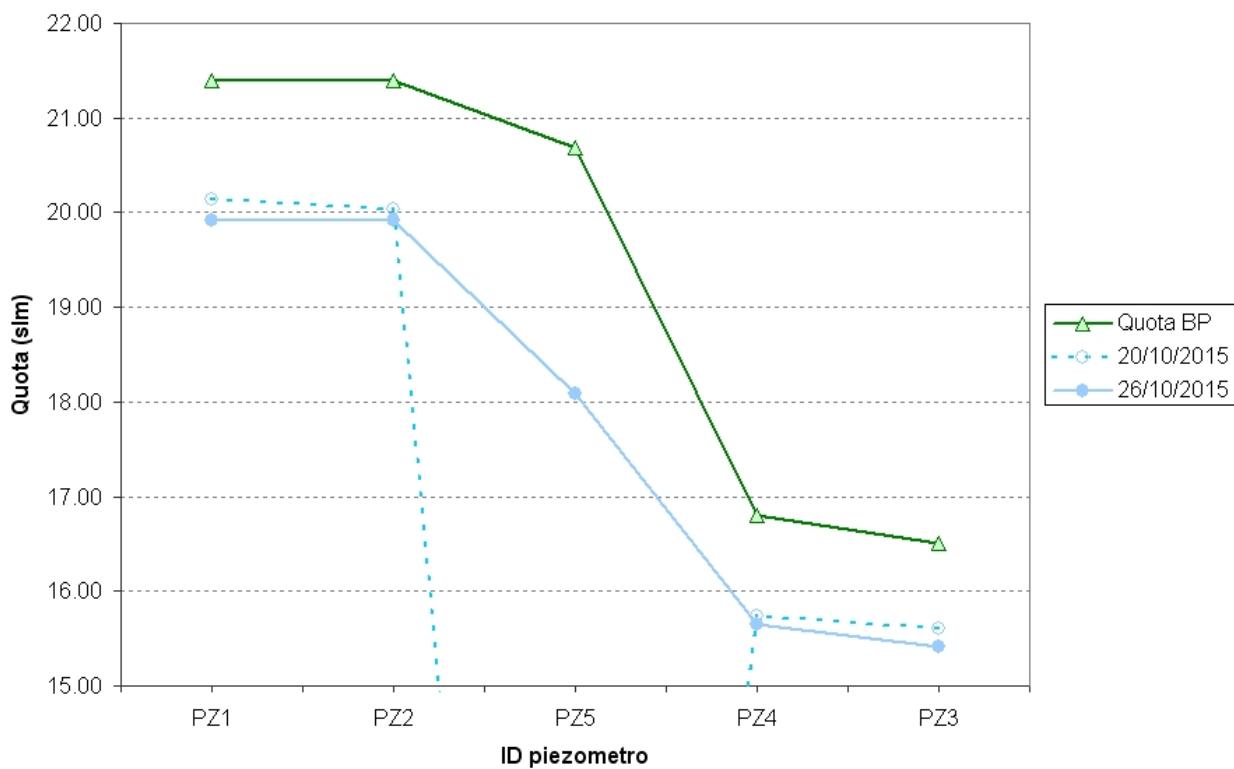
4 – RILEVAZIONI PIEZOMETRICHE

All'interno di ciascun foro di sondaggio è stato installato un piezometro a cielo aperto in cui poter effettuare rilevazioni piezometriche.

Le misure, avviate sin dal termine della campagna di indagini, hanno fornito i seguenti risultati:

ID	X	Y	Quota BP	20/10/2015	26/10/2015
PZ1	1612445.822	4852344.232	21.40	20.14	19.92
PZ2	1612484.921	4852385.203	21.40	20.03	19.92
PZ5	1612481.080	4852353.484	20.69	-	18.09
PZ4	1612514.342	4852356.032	16.80	15.74	15.65
PZ3	1612489.754	4852324.237	16.50	15.61	15.41

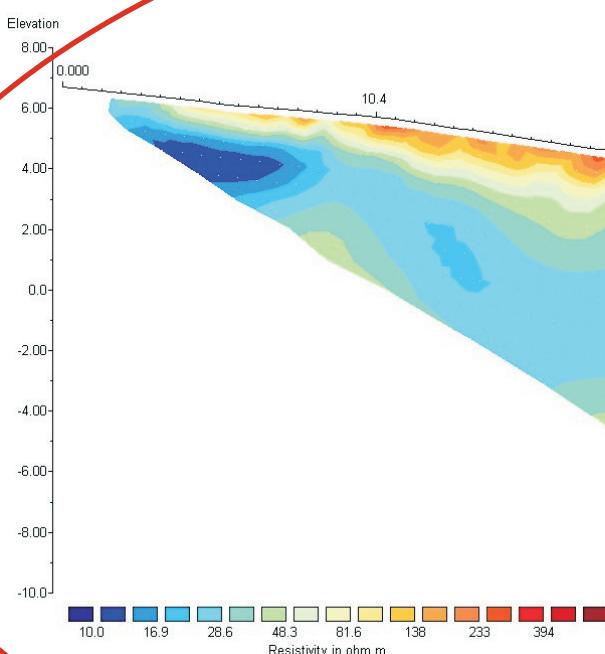
di seguito graficati:



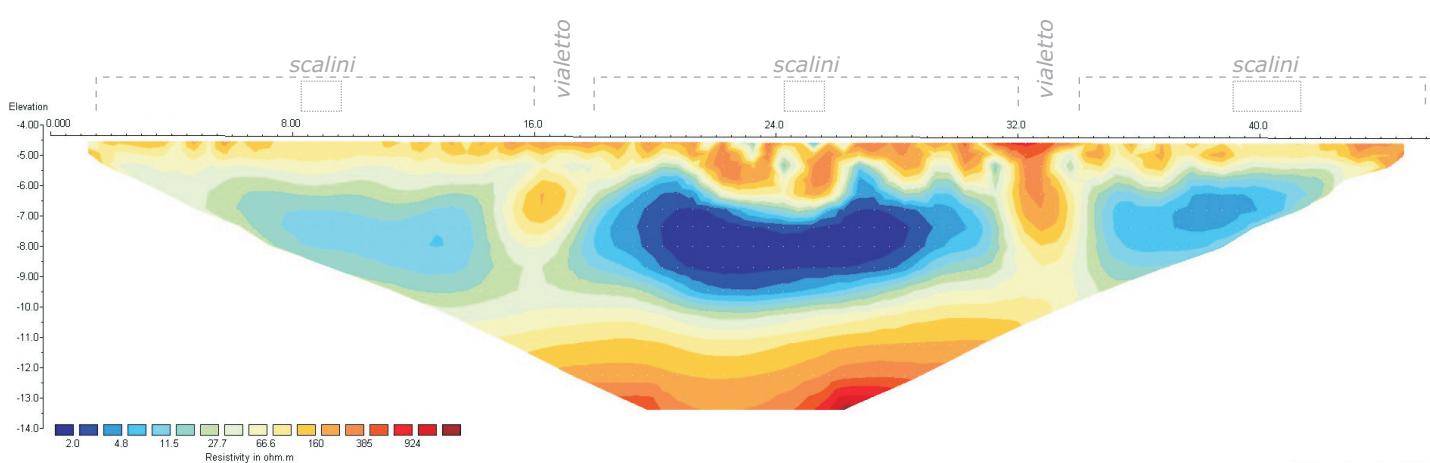
Cascina, 30 ottobre 2015

Geol. Massimiliano Perini

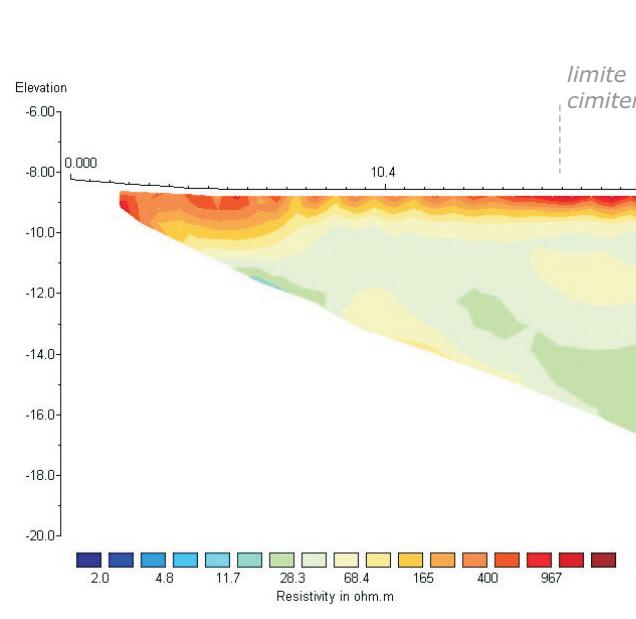
0048



profilo 1



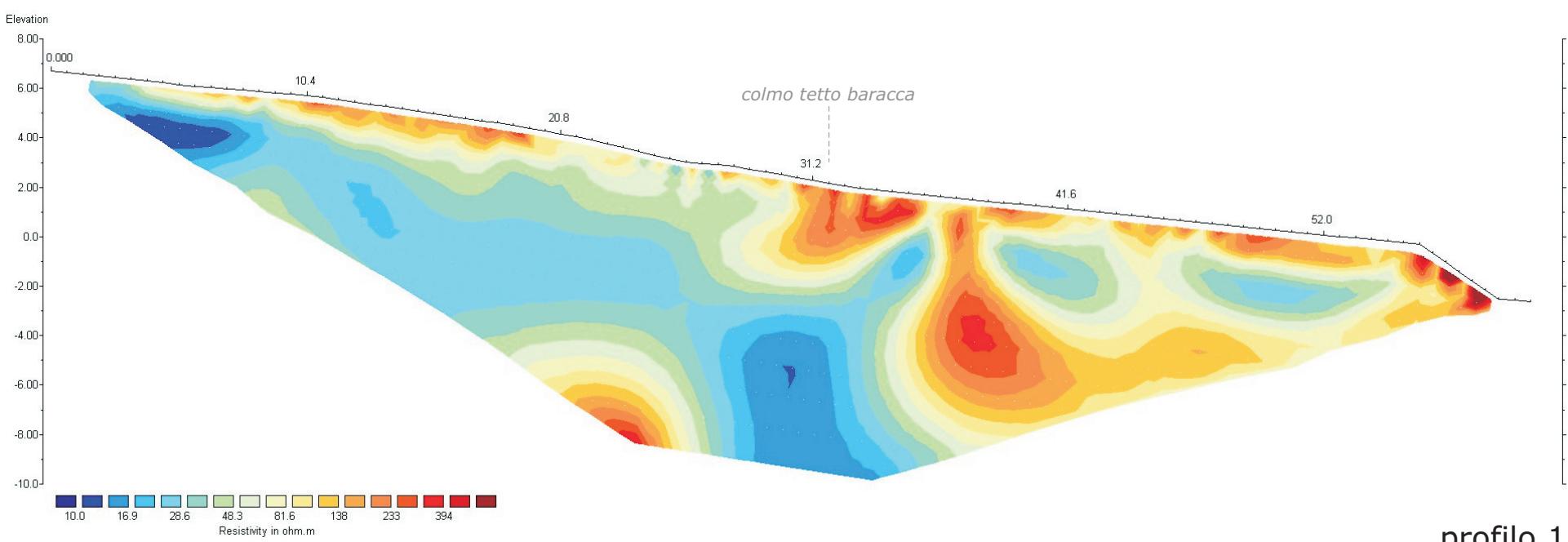
profilo 2



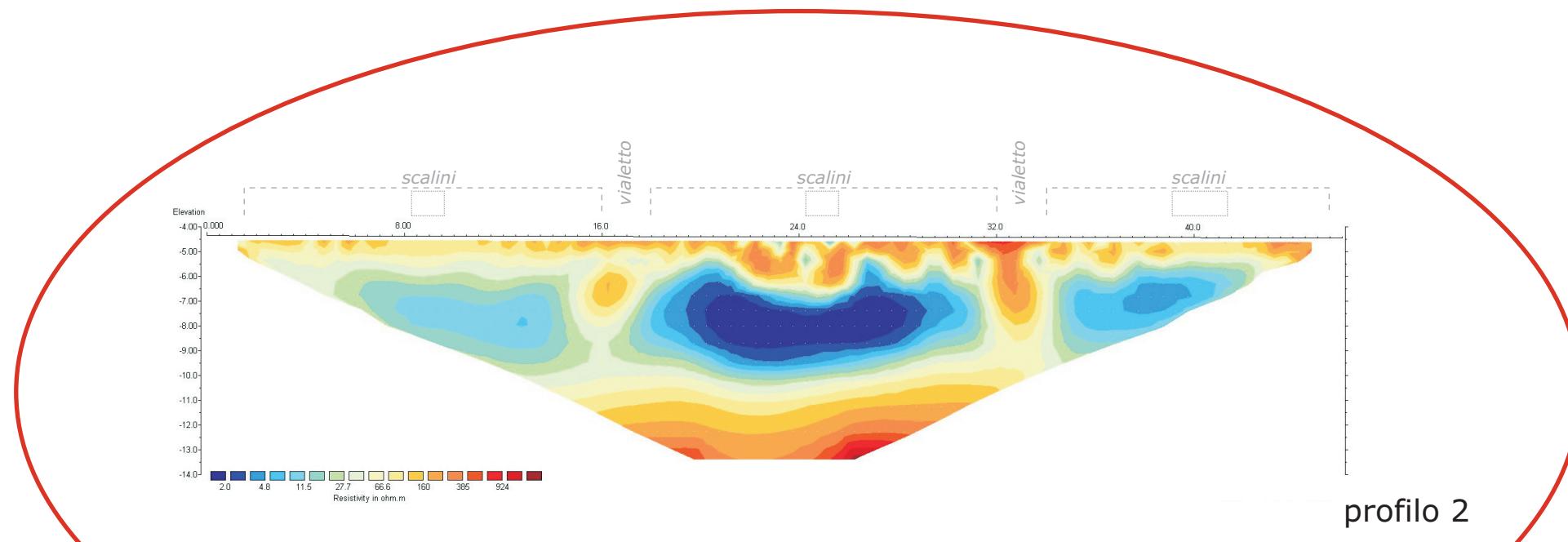
profilo 3

SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE - SCALA 1:250

0049

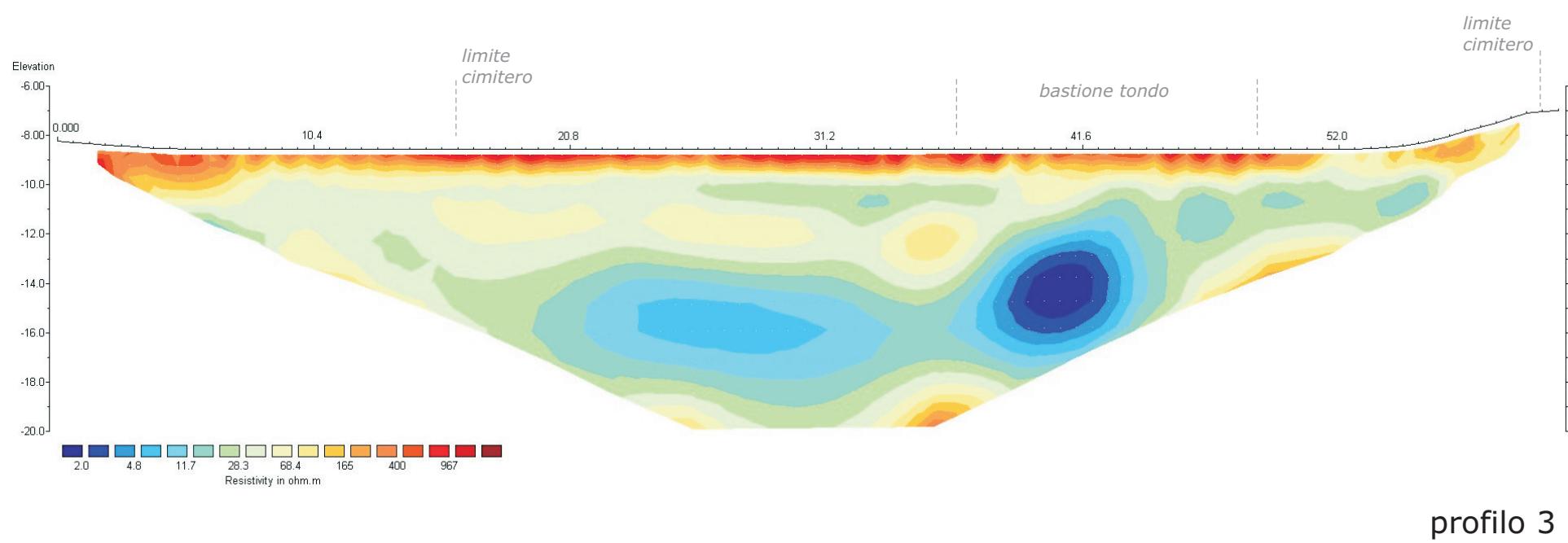


profilo 1



profilo 2

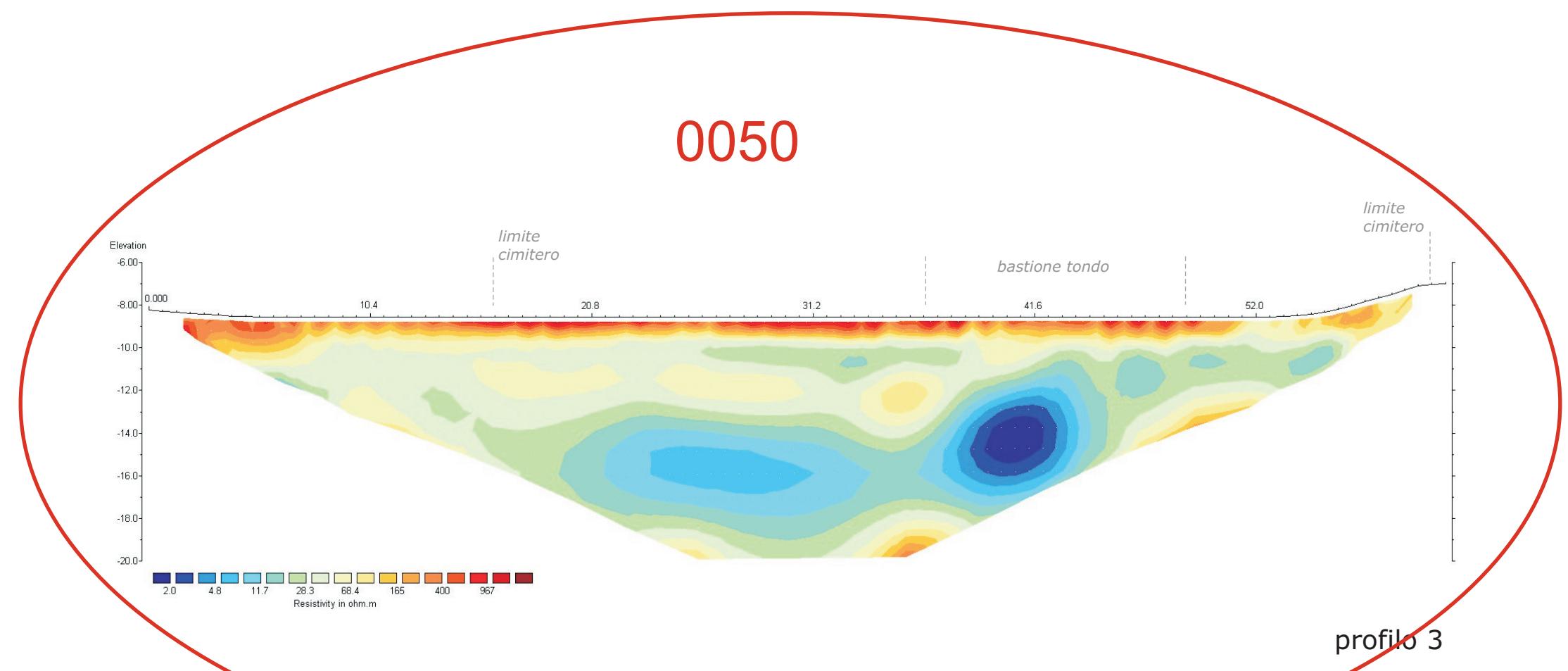
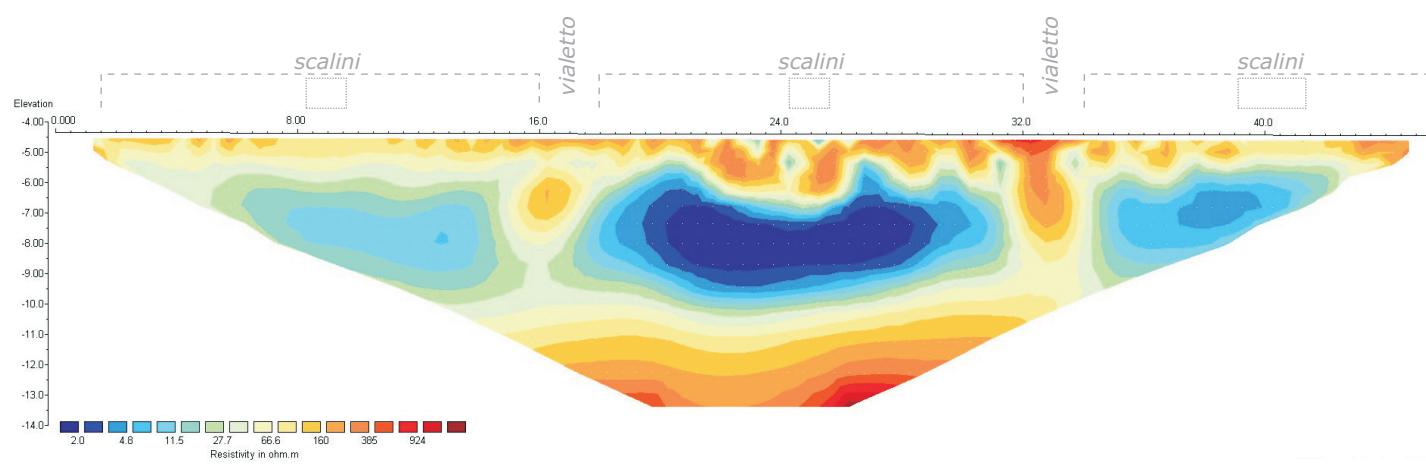
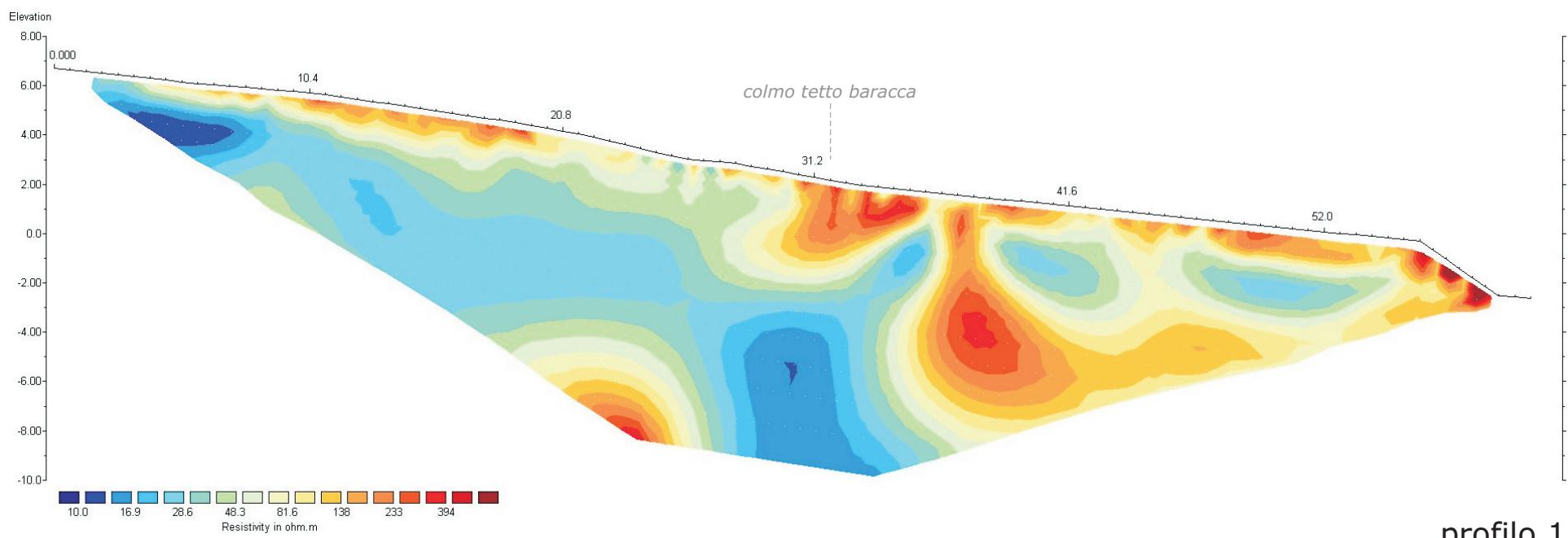
0049



profilo 3

SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE - SCALA 1:250

0050



SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE - SCALA 1:250

Nel caso specifico è stato realizzato uno stendimento lineare con n° 32 elettrodi (picchetti) distanziati tra loro di 5 metri a ricoprire una distanza di 160 m.

L'indagine è stata condotta in corrispondenza del campo da rugby, sfruttando all'incirca la diagonale del campo.

Sono state effettuate n° 3 acquisizioni utilizzando la configurazione di Wenner, Wenner-Schlumberger e dipolo-dipolo. Le 3 acquisizioni sono risultate simili tra loro.

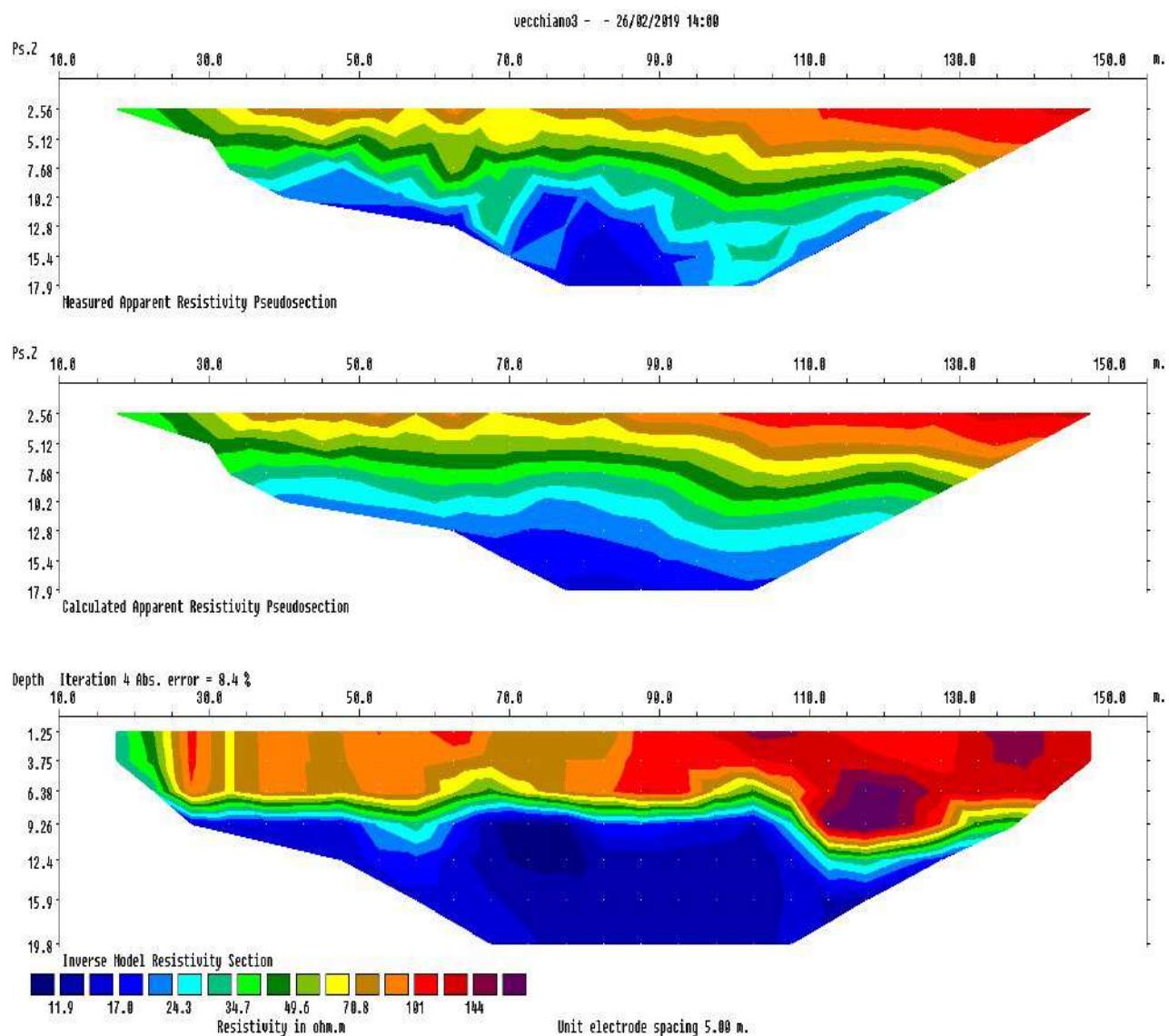


Ubicazione stendimento tomografia elettrica di superficie TES in corrente alternata con strumentazione POLARES della PASI S.r.l., 32 elettrodi con equidistanza di 5.0 metri.

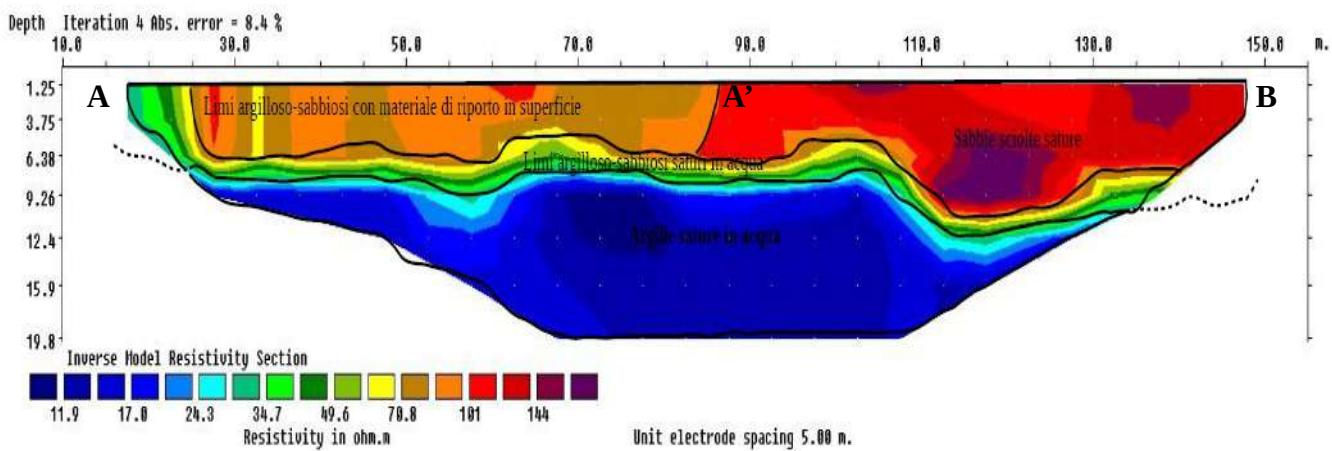
DATI TECNICI DELLA STRUMENTAZIONE POLARES

CPU	Arm 9 32 bit
Sistema Operativo	Linux
Display	QVGA 5.7" con retroilluminazione a LED
Touch Screen	Resistivo a 4 fili
Memorizzazione dati	Memoria Flash a stato solido
Porte dati esterne	USB host 1.1
Connettività	Chiavetta USB
Connettività opzionale	Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, RS232, RS485, USB client, GPS, ecc.
GPS	Ricevitore integrato per misure georeferenziate
DSP	Freescale (Motorola) 120 MIPS
Convertitori	A/D 16 bit SAR e D/A a 16 bit
Impedenza d'ingresso	8 MOhm
Range di misura tensione	300V, 30V, 3V
Range di misura corrente	3A, 300mA, 30mA
Frequenze sinusoidali generabili	114Hz, 28.6Hz, 7.15Hz, 1.79Hz, 0.45Hz, 0.11Hz
Verifica bontà misura	Componente continua, distorsione, rumore di fondo, eccesso di fase, sigma modulo, sigma fase
Numero massimo di picchetti	Non limitato
Massime scansioni per misura	> 40.000
Risultati memorizzabili (scansioni)	> 200.000
Velocità di scansione	Fino a 6 scansione/sec
Tensione generabile massima	700 Vpp
Corrente generabile massima	2 A
Potenza generabile massima	200 W
Protezioni termiche	Dissipatore e interno valigetta, allarmi e blocco sistema
Alimentazione	Batteria al piombo o al litio da 8.5V= / 15V=, fusibile interno da 30 A, protezione contro l'inversione di polarità
Temperatura di esercizio	-20°C / +50 °C esterni
Temperatura di stoccaggio	-40°C / +80 °C
Dimensioni e peso	410x300x170mm; 6kg

Configurazione elettronica di Wenner-Schlumberger



Pesudosezione di resistività del terreno



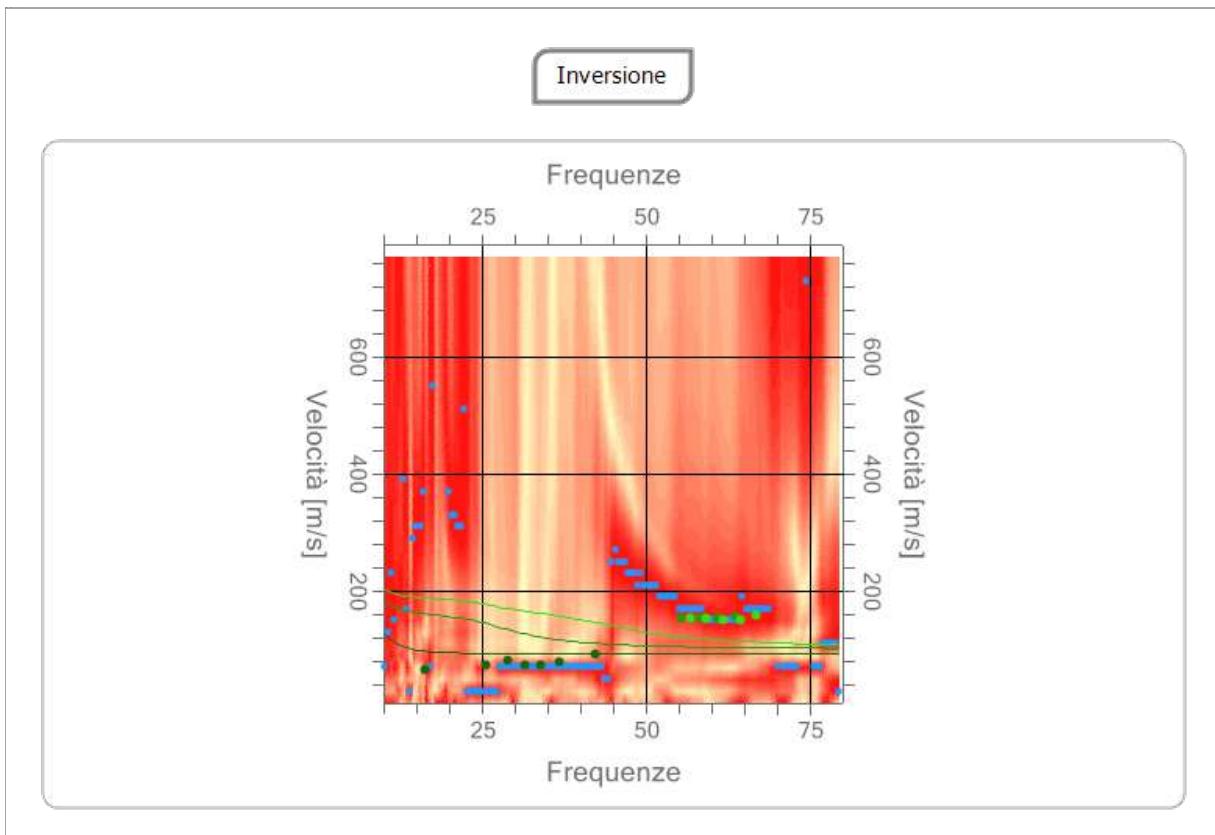
L'indagine ha consentito di investigare il sottosuolo fino ad una profondità di circa 20 metri. Nell'immagine sovrastante è riportata la pseudosezione di resistività del terreno ricavata con l'utilizzo del software Res2Dinv®.

Con colori diversi è rappresentata la resistività (in ohm*m) associata a diverse tipologie di terreni. Nel caso in esame si può osservare che in superficie i terreni sono costituiti da limi argilloso-sabbiosi con presenza di materiale di riporto fine (da 70 a 100 ohm*m) nel tratto compreso tra A e A', mentre prevalgono terreni sabbiosi saturi nel tratto compreso tra A'-B (100-150 ohm*m). I tratti colorati in viola scuro sono depositi sabbiosi compatti. Nel tratto intermedio, da una profondità minima di 3,50 m ad una profondità massima di circa 10 m, si trovano limi argilloso-sabbiosi saturi in acqua (da 25 a 70 ohm*m) ed infine, da una profondità minima che varia dai 6,50 m circa a 10 m, fino alla profondità investigata di 20 m, si trovano argille sature in acqua (da 10 a 24.5 ohm*m).

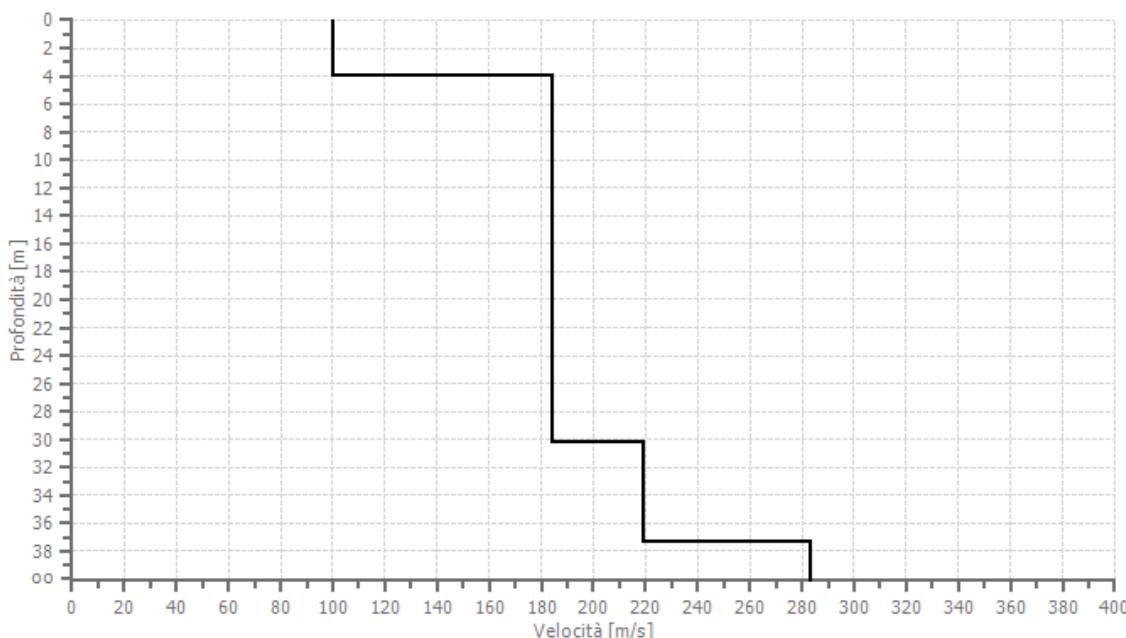
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	Lim argillosi	4.00	4.00	1400.0	0.35	186.7	99.8
2	Sabbie limoso-argillose	30.19	26.19	1600.0	0.35	357.4	183.9
3	Argille sabbiose	37.35	7.16	1750.0	0.34	445.0	219.1
4	Sabbie e ghiaietto fine	oo	oo	2000.0	0.4	589.9	283.4

Percentuale di errore 6.590 %
Fattore di disadattamento della soluzione 0.273



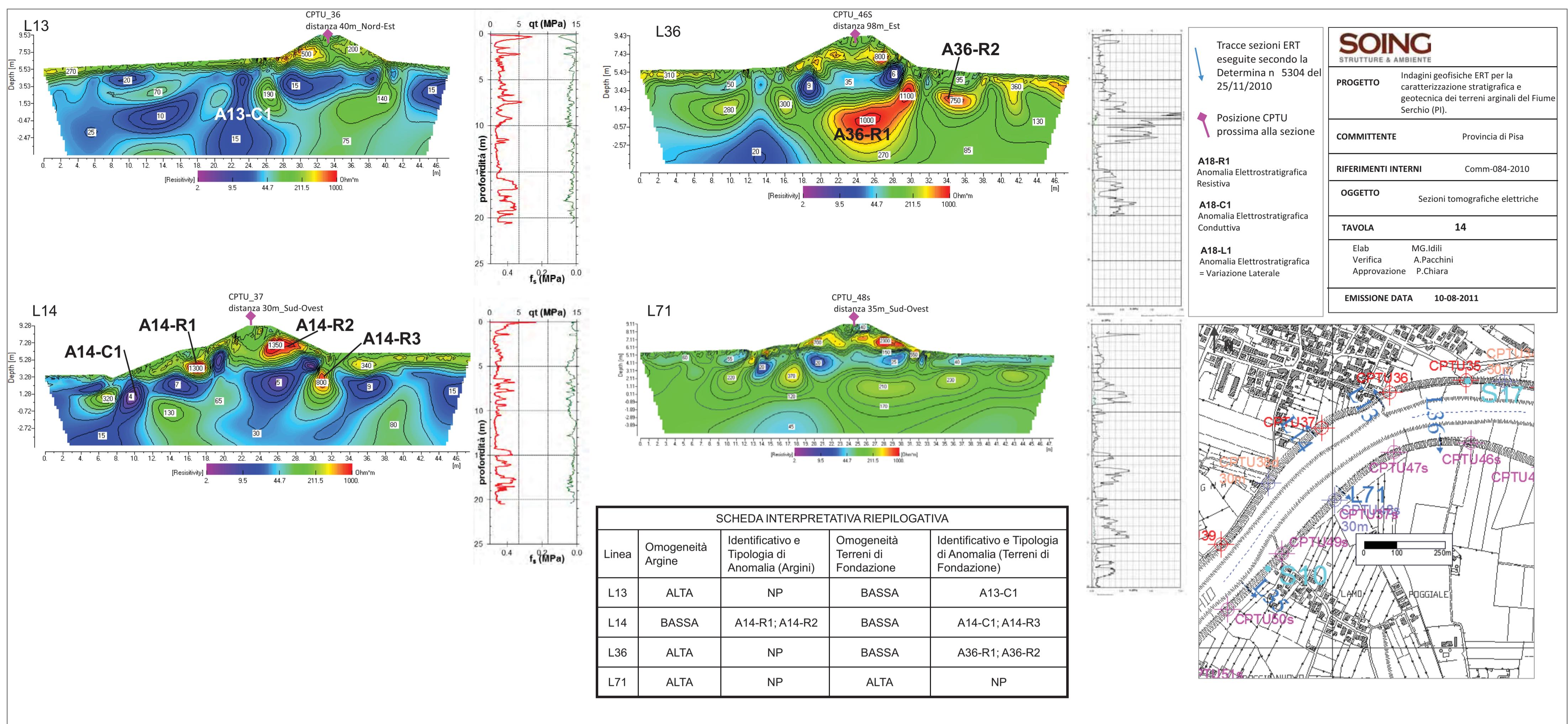
Profilo di velocità



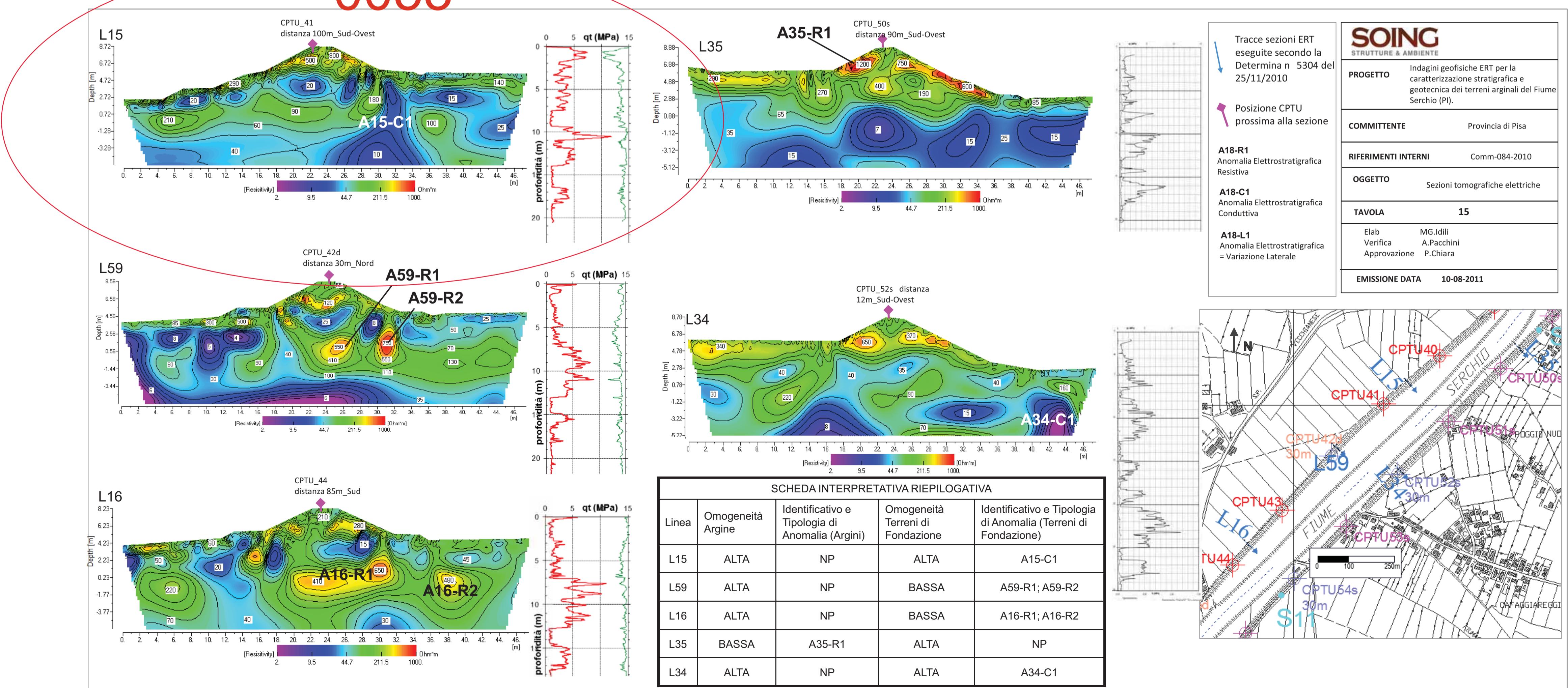
Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	165.31
Categoria del suolo	D

Suolo di tipo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s.



0053



0054

ST1

Vs30 = 180,72 m/s

La linea sismica ST1 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un rifrattore posto ad una profondità compresa tra un minimo di 16.3 mt dal p.c. (geofono G19) ed un massimo di 21.7 mt (geofono G13); tale orizzonte si presenta con andamento leggermente ondulato e sub-parallelo alla morfologia esterna, e separa un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=164,3$ m/sec da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2= 215,3$ m/sec.).

ST2

$V_s = 160,34 \text{ m/s}$

La linea sismica ST2 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un solo rifrattore posto ad una profondità compresa tra un minimo di 17,0 mt dal p.c. (geofono G1) ed un massimo di 23,1 mt (geofono G17); tale orizzonte si presenta con andamento leggermente ondulato a separare un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=139,8 \text{ m/sec}$ da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=211,1 \text{ m/sec ca.}$).

Dalla reinterpretazione dei dati la probabile profondità del bedrock è di 33 m

3.1 LINEA SISMICA ST3 FILETTOLE

0056

Elaborazione shot FilP10d. SGY

Nella figura successiva si riporta la registrazione utilizzata (grafico distanza-tempo) con evidente il treno delle onde superficiali.

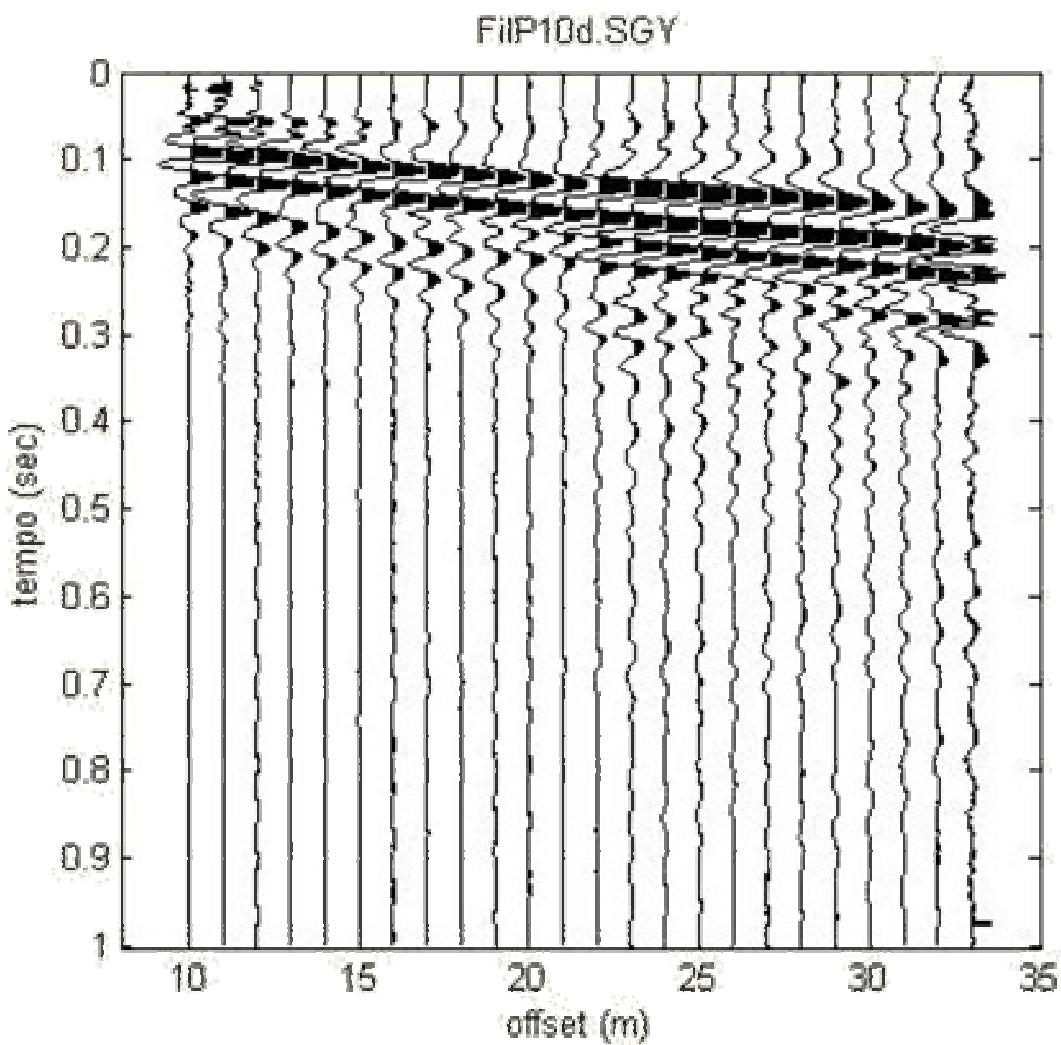


Figura n.1 - Dati di input relativi allo shot FilP10d.SGY registrato in loc. Filettole sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

In particolare si può osservare l'allargamento del segnale tipico della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh ovvero della loro dispersione.

Si noti come il trend non sia stato "tagliato" via da un ridotto tempo di acquisizione in quanto completo per l'intera stringa geofonica.

Nella successiva figura si riporta lo spettro di velocità ricavato per la suddetta registrazione (dominio frequenza/velocità di fase) da cui è stata ricavata la curva di dispersione e successivamente eseguito il picking.

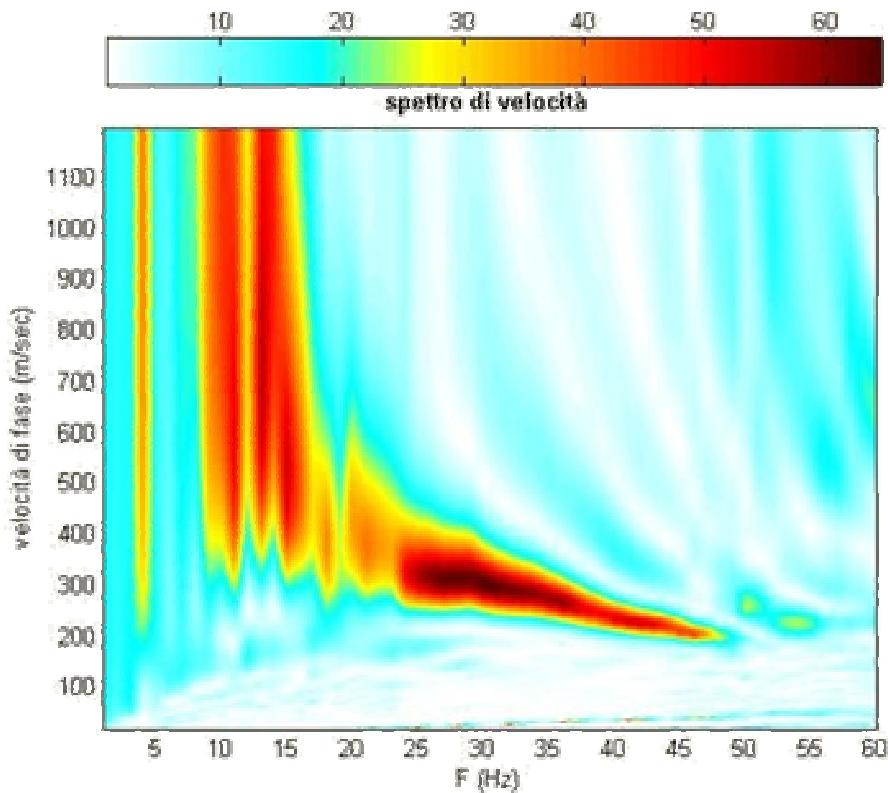


Figura n.2 - Spettro di velocità (dominio frequenza-velocità di fase) relativa allo shot Fil1P10d. SGY registrato loc. Filettole sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

Il programma permette di elaborare tale curva "piccata" e, mediante il processo di inversione, di arrivare a definire due modelli stratigrafici; un modello che fitta con una buona approssimazione tale curva (in questo caso si parla di minore "misfit" cioè minore discrepanza tra curva osservata e calcolata) e che viene definito **modello migliore** ed un altro, definito **modello medio**, calcolato tramite una operazione statistica denominata MPPD (Marginal Posterior Probability Density). Tale operazione permette di valutare l'attendibilità della soluzione finale dalle deviazioni standard fornite per i parametri di ciascun modello.

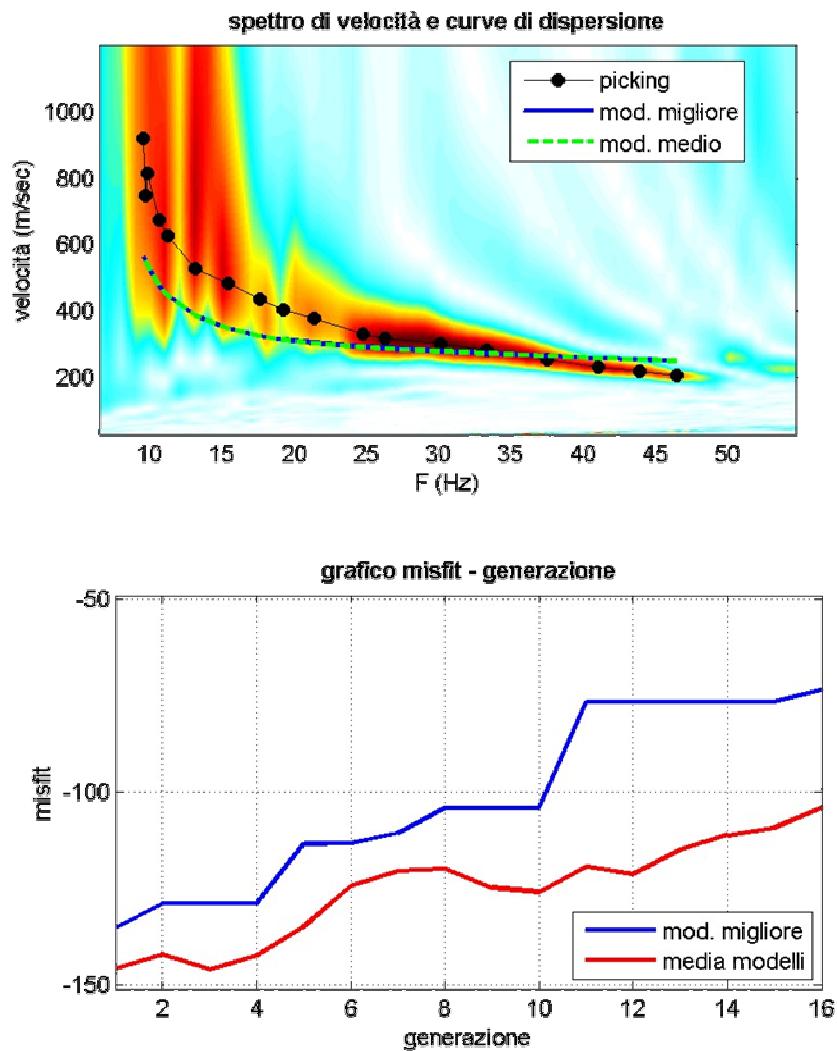
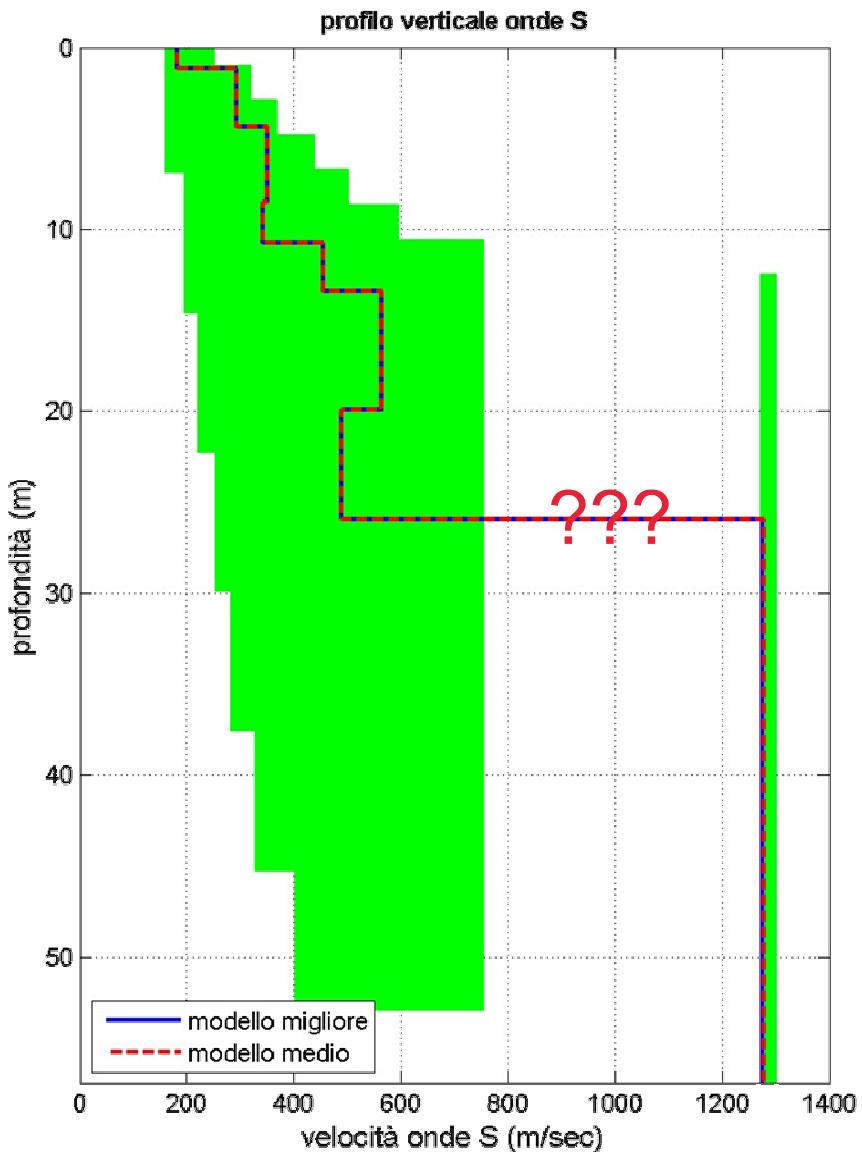


Figure n.3 e 4 - Grafici relativi alla curva di dispersione ed alla generazione dei modelli medio e migliore, relativamente allo shot FilP10d.SGY registrato in via loc. Filettole sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

Il software consente quindi di ricavare le velocità di propagazione delle onde di taglio V_{S5} , V_{S20} e V_{S30} sia del modello migliore, ovvero dotato di minore "misfit", sia del modello medio; l'autore consiglia di utilizzare, quale dato finale, il modello medio, anche se normalmente, come nel caso in esame, i due valori non differiscono in maniera significativa.



dataset: FilP10d.SGY
 curva di dispersione: pick.cdp
 modello migliore VS30: 437 m/sec
 modello medio VS30: 437 m/sec

Vs30 = 437 m/s

Figura n.5 - Profilo verticale V_s ricavato per lo shot FilP10d.SGY registrato in loc. Filettole sul territorio del Comune di Vecchiano (PI) dove in verde viene evidenziato lo spazio di ricerca adottato all'interno del quale l'algoritmo di calcolo del software identifica la soluzione ottimale che meglio approssima il dato registrato in campagna. La profondità di indagine significativa risulta attorno a 30 - 40 mt ca. oltre tale valore il risultato perde di significato.

$V_s = 132 \text{ m/s}$

3.2 LINEA SISMICA ST4 TRAVERSAGNA

Elaborazione shot TraP5d. SGY

Nella figura successiva si riporta la registrazione utilizzata (grafico distanza-tempo) con evidente il treno delle onde superficiali.

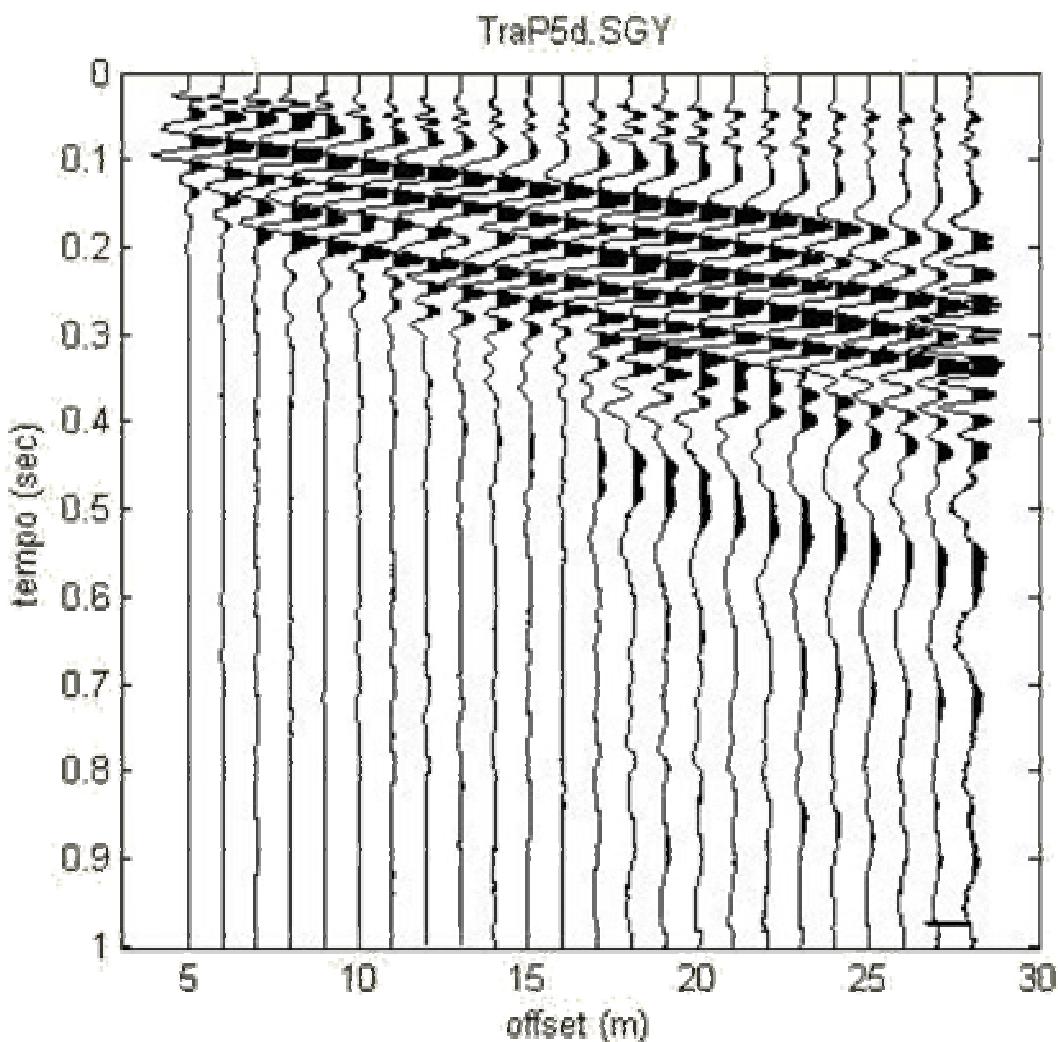


Figura n.6 - Dati di input relativi allo shot TraP5d. SGY registrato presso la zona industriale di loc. Traversagna sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

In particolare si può osservare l'allargamento del segnale tipico della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh ovvero della loro dispersione.

Si noti come il trend non sia stato "tagliato" via da un ridotto tempo di acquisizione in quanto completo per l'intera stringa geofonica.

Nella successiva figura si riporta lo spettro di velocità ricavato per la suddetta registrazione (dominio frequenza/velocità di fase) da cui è stata ricavata la curva di dispersione e successivamente eseguito il picking.

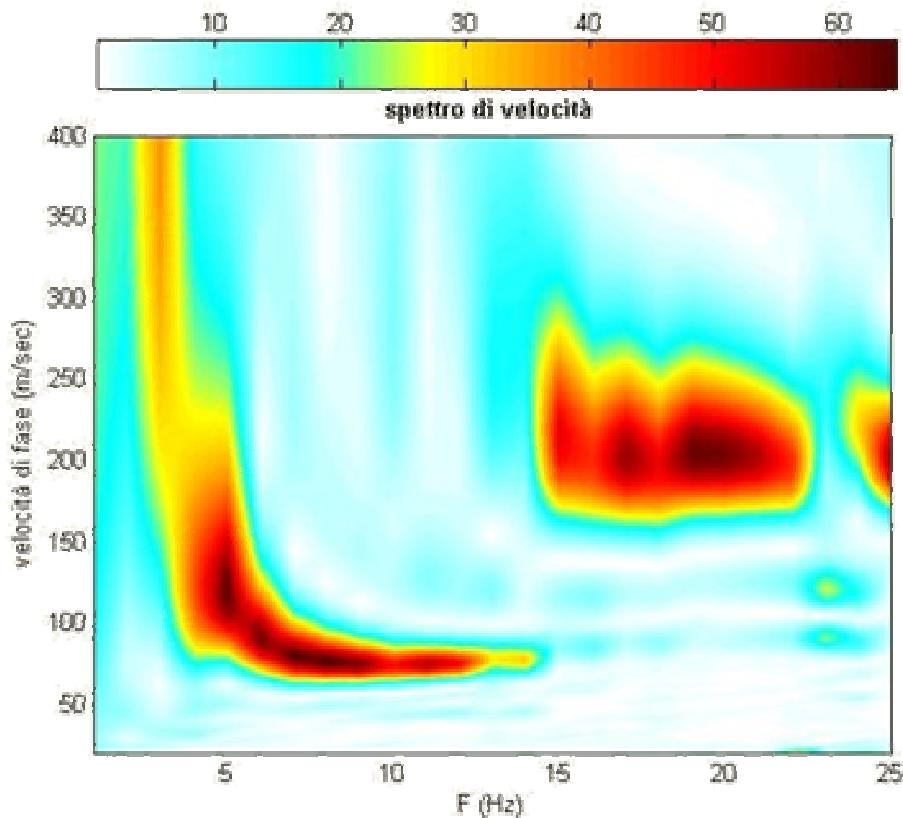


Figura n.7 - Spettro di velocità (dominio frequenza-velocità di fase) relativa allo shot TraP5d. SGY registrato presso la zona industriale di loc. Traversagna sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

Il programma permette di elaborare tale curva "piccata" e, mediante il processo di inversione, di arrivare a definire due modelli stratigrafici; un modello che fitta con una buona approssimazione tale curva (in questo caso si parla di minore "misfit" cioè minore discrepanza tra curva osservata e calcolata) e che viene definito **modello migliore** ed un altro, definito **modello medio**, calcolato tramite una operazione statistica denominata MPPD (Marginal Posterior Probability Density). Tale operazione permette di valutare l'attendibilità della soluzione finale dalle deviazioni standard fornite per i parametri di ciascun modello.

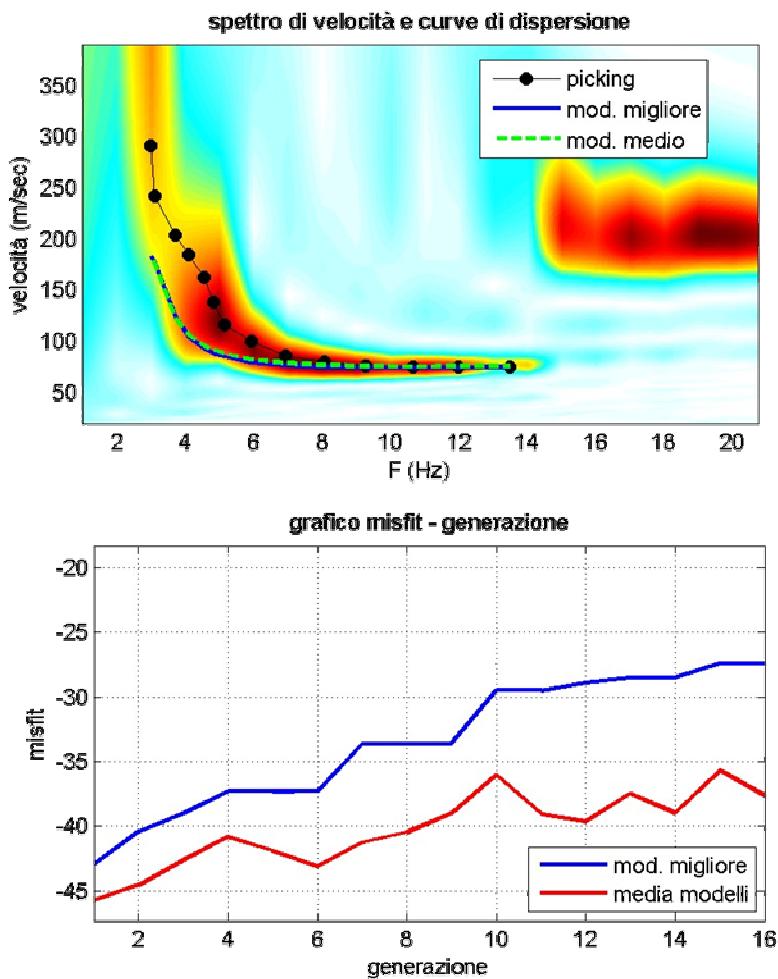
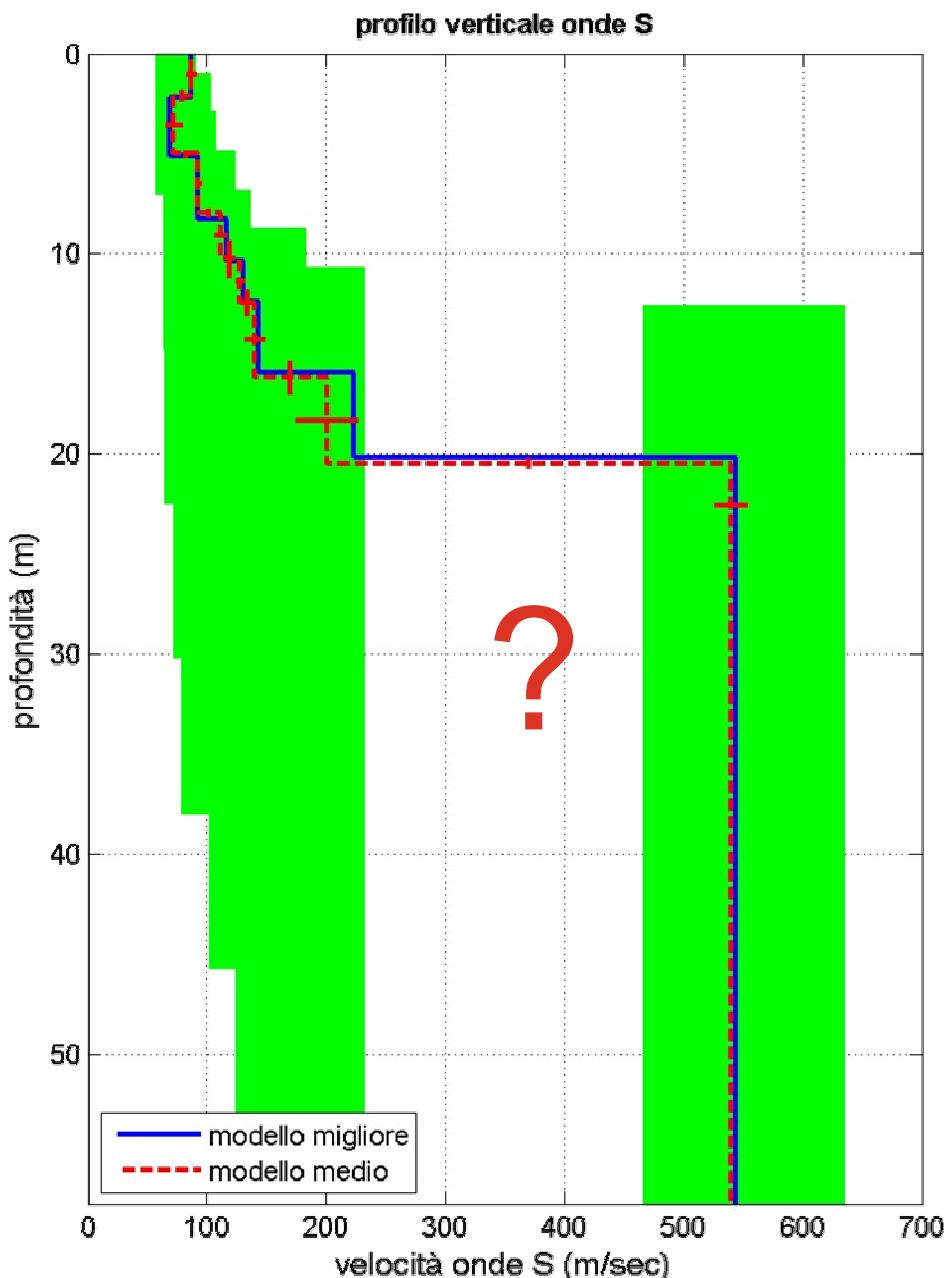


Figure n.8 e 9 - Grafici relativi alla curva di dispersione e alla generazione dei modelli medio e migliore, relativamente allo shot TraP5d.SGY registrato presso la zona industriale di loc. Traversagna sul territorio del Comune di Vecchiano (PI).

Il software consente quindi di ricavare le velocità di propagazione delle onde di taglio V_{S5} , V_{S20} e V_{S30} sia del modello migliore, ovvero dotato di minore "misfit", sia del modello medio; l'autore consiglia di utilizzare, quale dato finale, il modello medio, anche se normalmente, come nel caso in esame, i due valori non differiscono in maniera significativa.



dataset: **TraP5d.SGY**

curva di dispersione: **pick.cdp**

modello migliore VS30: 152 m/sec

modello medio VS30: 150 m/sec

Figura n.10 - Profilo verticale V_s relativo allo shot TraP5d.SGY registrato presso la zona industriale di loc. Traversagna sul territorio del Comune di Vecchiano (PI), dove in verde viene evidenziato lo spazio di ricerca adottato all'interno del quale l'algoritmo di calcolo del software identifica la soluzione ottimale che meglio approssima il dato registrato in campagna. La profondità di indagine significativa risulta attorno a 30 - 40 mt ca. oltre tale valore il risultato perde di significato.

ST5

Vs = 174,64 m/s

La linea sismica ST5 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un solo rifrattore sismico posto ad una profondità compresa tra un minimo di 19,2 mt dal p.c. (geofoni G1 e G5) ed un massimo di 22,2 mt (geofono G16); tale orizzonte si presenta con andamento leggermente ondulato a separare un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=151,1$ m/sec da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=238,7$ m/sec).

ST6

Vs = 195,43 m/s

La linea sismica ST6 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un solo rifrattore posto ad una profondità compresa tra un minimo di 16,3 mt dal p.c. (geofono G6) ed un massimo di 19,9 mt (geofono G15); tale orizzonte si presenta con andamento suborizzontale alla morfologia esterna e separa un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=175,3$ m/sec da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=243,6$ m/sec ca.).

0060

ST7

$V_s = 202,812 \text{ m/s}$

La linea sismica ST7 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un rifrattore posto ad una profondità compresa tra un minimo di 22,1 mt dal p.c. (geofoni G10, G11, G12, G13, G14 e G15) ed un massimo di 24,4 mt (geofono G19); tale orizzonte si presenta con andamento leggermente ondulato a separare un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=179,0 \text{ m/sec}$ da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=319,7 \text{ m/sec ca.}$).

ST8

Vs = 181,68 m/s

La linea sismica ST8 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di almeno due rifrattori posti a differente profondità a separare tre sismostrati caratterizzati da diverse velocità di propagazione del treno d'onda longitudinale. Il primo rifrattore è posto ad una profondità compresa tra un minimo di 3,3 mt dal p.c. (geofono G24) ed un massimo di 8,9 mt (geofono G15), con andamento leggermente ondulato e sub-parallelo alla morfologia esterna a separare un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=132,3$ m/sec da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=168,8$ m/sec ca.). Il secondo rifrattore sempre con andamento leggermente ondulato e sub-parallelo alla morfologia esterna ed ubicato ad una profondità compresa tra un minimo di 18,8 mt (geofono G21) ed un massimo di 24,2 (geofono G13) separa il sismostrato intermedio con $V_2=168,8$ m/sec ca. da un sismostrato profondo dotato di una velocità $V_3=200,1$ m/sec ca.

ST9

Vs = 172,11 m/s

La linea sismica ST9 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di due rifrattori posti a differente profondità a separare tre sismosstrati caratterizzati da diverse velocità di propagazione del treno d'onda longitudinale. Il primo rifrattore è posto ad una profondità compresa tra un minimo di 3,1 mt dal p.c. (geofono G11) ed un massimo di 7,6 mt (geofono G21), con andamento ondulato e sub-parallelo alla morfologia esterna a separare un sismosstrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=140,0$ m/sec da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=180,3$ m/sec ca.). Il secondo rifrattore sempre con andamento leggermente ondulato e sub-parallelo alla morfologia esterna ed ubicato ad una profondità compresa tra un minimo di 31,9 mt (geofono G3) ed un massimo di 34,7 (geofono G18) separa il sismosstrato intermedio con $V_2=180,3$ m/sec ca. da un sismosstrato profondo dotato di una velocità $V_3=343,2$ m/sec ca.

0063

ST10

$V_s = 143,5 \text{ m/s}$

La linea sismica ST10 realizzata secondo le modalità descritte nei capitoli precedenti, ha evidenziato la presenza di un solo rifrattore a separare due sismostrati con differente velocità di propagazione delle onde trasversali SH; tale superficie si presenta con un andamento leggermente ondulato ed emergente verso il geofono G24 e posta ad una profondità compresa tra un minimo di 27,3 mt dal p.c. (geofono G1) ed un massimo di 36,0 mt (geofono G24), a separare un sismostrato superficiale caratterizzato da una velocità $V_1=143,5 \text{ m/sec}$ da un sottostante livello dotato di una maggiore velocità ($V_2=291,0 \text{ m/sec ca.}$).

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

ONDE SH



bierregi s.r.l.

Sede Legale: Loc. Tonella n. 1
55060 - San Martino in Freddana - PESAGLIA (LU)

Sede Operativa: Via di Tiglio n. 433
55100 - Arancio - LUCCA
Telefono e Fax: +39 583 464539
E-Mail: bierregi.srl@virgilio.it

Cap. Soc. 50.000 € Int. Ver. - C. F. e Partita IVA 01757090467
Registro Imprese C.C.I.A.A. di Lucca - n. R.E.A. 186603

COMMITTENTE	Dott.Geol. Francesco Marianetti
LOCALITÀ	Migliarino (PISA)
DATA	5 APRILE 2005

INTRODUZIONE

Tra le prospezioni di tipo indiretto la sismica a rifrazione rappresenta ad oggi un valido supporto sia per la ricostruzione delle geometrie sepolte sia per la caratterizzazione del sottosuolo. Il metodo utilizza il comportamento di alcune onde acustiche che si propagano nei corpi solidi, il cui moto si fonda sulla teoria dell'elasticità. Le onde, generate artificialmente dall'operatore, vengono prodotte tramite martello percussore, massa battente o tramite esplosivo. La prospezione può essere eseguita energizzando onde compressionali (tipo "P") o onde di taglio (tipo "SH") a seconda delle finalità dell'indagine e delle caratteristiche geologiche/idrogeologiche locali. La tecnica della sismica a rifrazione sfrutta la proprietà che hanno le onde sismiche di rifrangersi sulla superficie di separazione fra litotipi diversi, generalmente caratterizzati da una differente velocità di propagazione. Le onde rifratte viaggiano parallelamente alla superficie di discontinuità fra i due diversi strati con la stessa velocità dello strato più "veloce" rifrangendo continuamente verso l'alto (strato "lento") energia elastica. L'energia rifratta dagli strati che ritorna in superficie viene rilevata dai geofoni collegati al sismografo. La fase di interpretazione successiva avviene tramite l'utilizzo di un opportuno software che, in funzione della casistica in esame e delle diverse metodologie di calcolo offerte dal programma stesso, garantisce la possibilità di ottenere la migliore ricostruzione bidimensionale del sottosuolo.

L'ottimizzazione di tale prospezione prevede la realizzazione di indagini sismiche incrociate con la tecnica delle onde di "tipo P" compressionali e di "tipo SH" di taglio, tarate con sondaggi di tipo puntuale (carotaggi, penetrometrie...).

CAMPO DI APPLICAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione vengono impiegate principalmente per le seguenti problematiche:

- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Mappatura del substrato roccioso
- Mappatura della resistenza allo scavo (rippabilità)
- Localizzazione delle zone di frattura
- Studi in campo idrogeologico (ricerca di falde idriche, ubicazione dei pozzi)

VANTAGGI

1. Metodo sufficientemente economico
2. Informazioni dettagliate e areali
3. Vasta applicabilità
4. I risultati sono correlabili a importanti parametri geomeccanici e geotecnici e a sondaggi
5. Consente di valutare alcune caratteristiche fondamentali per il calcolo della risposta sismica di un sito.

LIMITI

1. I sismostrati posso essere individuati solo se dotati di velocità delle onde sismiche crescente con la profondità
2. Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
3. Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
4. Fratture singole e strette non vengono rilevate.

STRUMENTAZIONE ED ELABORATI FORNITI

La BIERREGI è dotata di un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2002 collegato ad un pc portatile su cui è installato programma di acquisizione Ambrogeo 6.0. I dati acquisiti in campagna e registrati sul pc vengono poi processati in studio tramite il programma di elaborazione *Winsism v.10*. I risultati della prospezione vengono restituiti con una relazione tecnica di commento che include le tabelle con i modelli interpretativi e le sezioni sismostratigrafiche. In particolare come allegati vengono forniti:

- Copia delle tracce sismiche registrate ad ogni geofono per ogni sparo
- Grafico con le dromocrone relative a tutti gli spari
- Sezioni sismostratigrafiche
- Tabella riassuntiva dei dati acquisiti ed elaborati

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE CON ONDE SH

PREMESSA E DATI DI PROGETTO

E' stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione con onde SH di supporto al progetto per la realizzazione di un centro diurno per anziani, una nuova sede del comitato ASBUC, una foresteria e degli ambulatori medici; il tutto da ubicarsi tra via Fucini e via S.D'Acquisto, Migliarino (PISA).

DESCRIZIONE E LOGISTICA DELLA PROSPEZIONE

Al fine di garantire la copertura dell'area di indagine richiesta e ottimizzando gli ingombri disponibili, è stato eseguito n° 1 stendimento avente sviluppo di metri 72 (SA) con azimuth SW-NE. Per tale tipo di prospezione è stato ritenuto opportuno l'utilizzo di 24 geofoni interspaziati di 3 metri. Sono state eseguite n° 5 registrazioni, effettuate con mazza da 8 Kg su cassa in acciaio sovraccaricata, nominate come riportato nella tabella sottostante.

	STESA A
S3	Estremo SW
S4	Estremo NE
S5	Esterno NE

Le registrazioni ottenute in campagna sono state ottimizzate lavorando, in fase di acquisizione, sulla sensibilità di ciascun geofono orizzontale, al fine di minimizzare i disturbi acustici locali e allo stesso tempo di amplificare i segnali (le tracce) più deboli. Inoltre, ulteriori miglioramenti del segnale sono stati apportati lavorando sul filtraggio delle frequenze (Hi/Lo-cut).

Ogni segmento di tali curve rappresenta in prima analisi uno strato distinto, e la relativa pendenza fornisce indicazioni circa la velocità delle onde sismiche.

DESCRIZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLA SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

Relativamente al pattern risultante dall'analisi complessiva di tutte le dromocronie è risultata una situazione tipo multistrato in cui sono ben individuabili n° 3 sismostrati. Sono stati distinti in dettaglio:

STESA 1

1. Dal piano campagna fino a 0.53-0.69 metri di profondità uno strato riconducibile a terreno vegetale e riporto caratterizzato da una velocità Vs media di 78 m/sec.
2. Da 0.53-0.69 metri a 16.71-17.92 metri con andamento regolare uno strato caratterizzato da una velocità Vs media di 129 m/sec riconducibile ad una alternanza di sabbie limose e torbe.
3. Oltre, con andamento abbastanza regolare, uno strato caratterizzato da una velocità Vs >239 m/sec riconducibile probabilmente ad argille e limi poco consistenti.

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione eseguita e dei dati ottenuti relativi alla ricostruzione bidimensionale del sottosuolo si rimanda agli elaborati allegati.

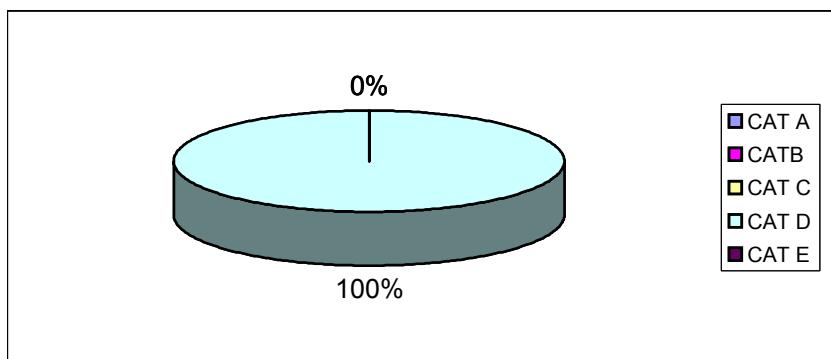
Vs30 CALCULATOR

La normativa italiana **OPCM 3274** tiene conto degli effetti stratigrafici del suolo, definendo l'azione sismica differenziata per diverse categorie del suolo di fondazione. Al punto 3.1 vengono definite 5 categorie di fondazione, differenziate in base al valore di Vs30 della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30m di profondità, espressa dalla relazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} (h_i/v_i)}$$

	estremo sx	interm. sx	centrale	interm. dx	estremo dx
	SHOT2	*	SHOT3	*	SHOT4
Vs1(m/s)	89	*	60	*	85
h1(m)	0.65	*	0.55	*	0.69
Vs2(m/s)	129	*	127	*	132
h2(m)	17.27	*	16.18	*	16.03
Vs3(m/s)	239	*	239	*	239
h3(m)	12.08	*	13.37	*	13.28
spess. alluv.	17.92	*	16.73	*	16.72
Vs30 bedrock					
$\sum h_i/v_i$	0.1917	*	0.1925	*	0.1851
Vs30 = 30/ $\sum h_i/v_i$	156	*	156	*	162

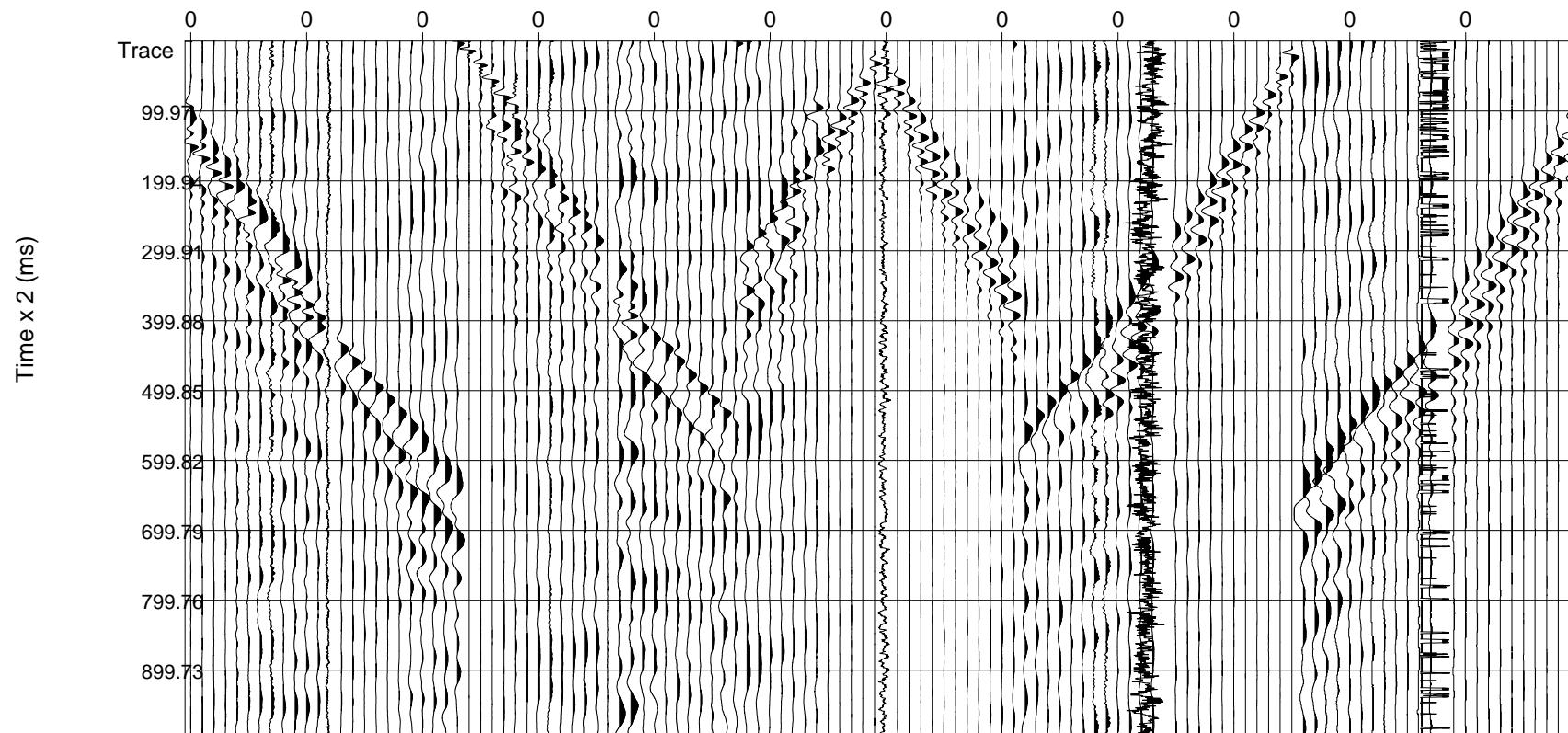
Vs30	CAT A	CATB	CAT C	CAT D	CAT E	CAT S1	CAT S2
SH2	156 =>	*	*	*	X	*	*
SH3	*	=>	*	*	*	*	*
SH4	156 =>	*	*	*	X	*	*
SH5	*	=>	*	*	*	*	*
SH6	162 =>	*	*	*	X	*	*
TOT(%)	0	0	0	100			



STESA A ONDE S.SU

SW

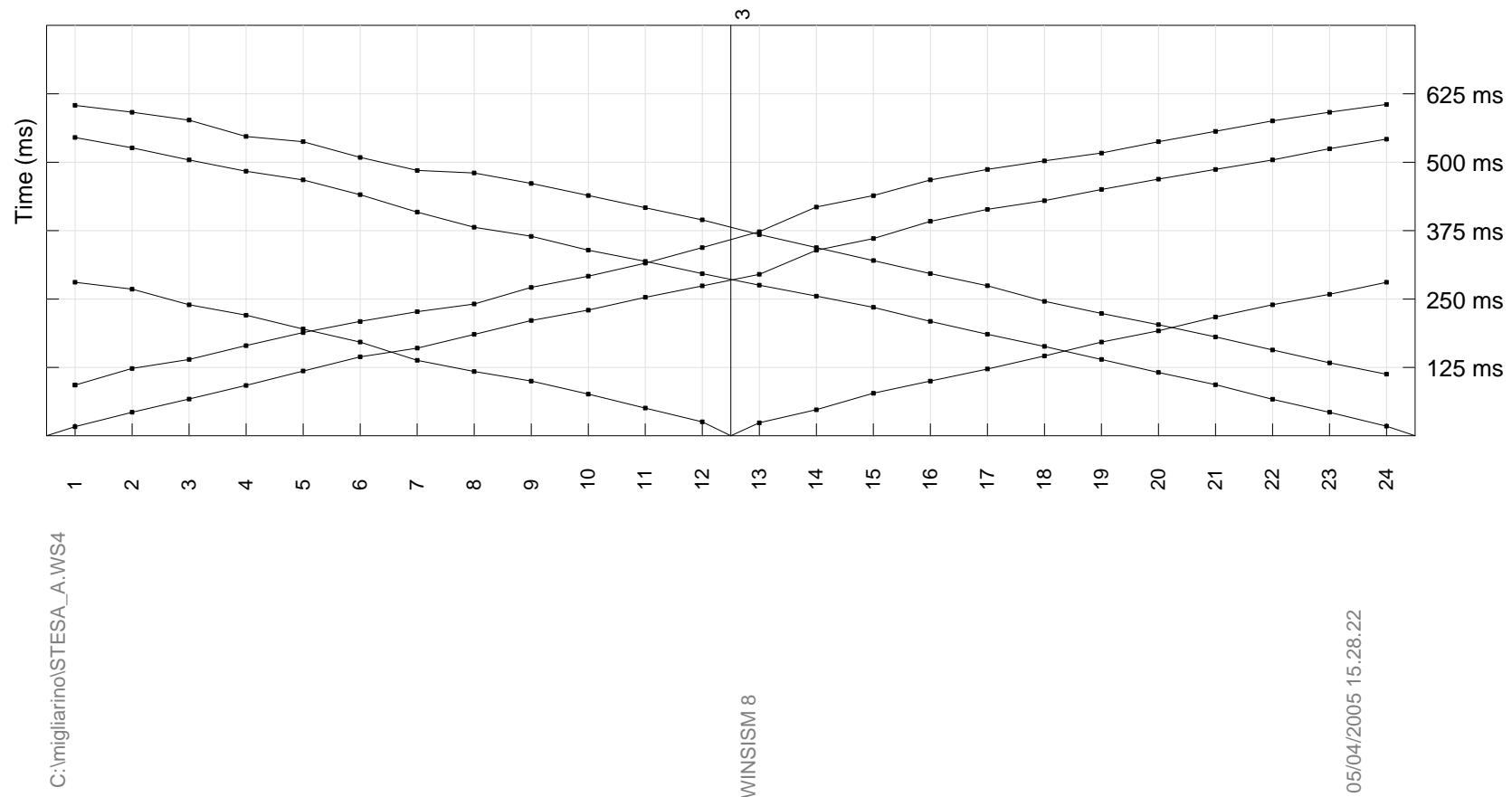
NE



TRAVEL TIME STESA_A ONDE S

SW

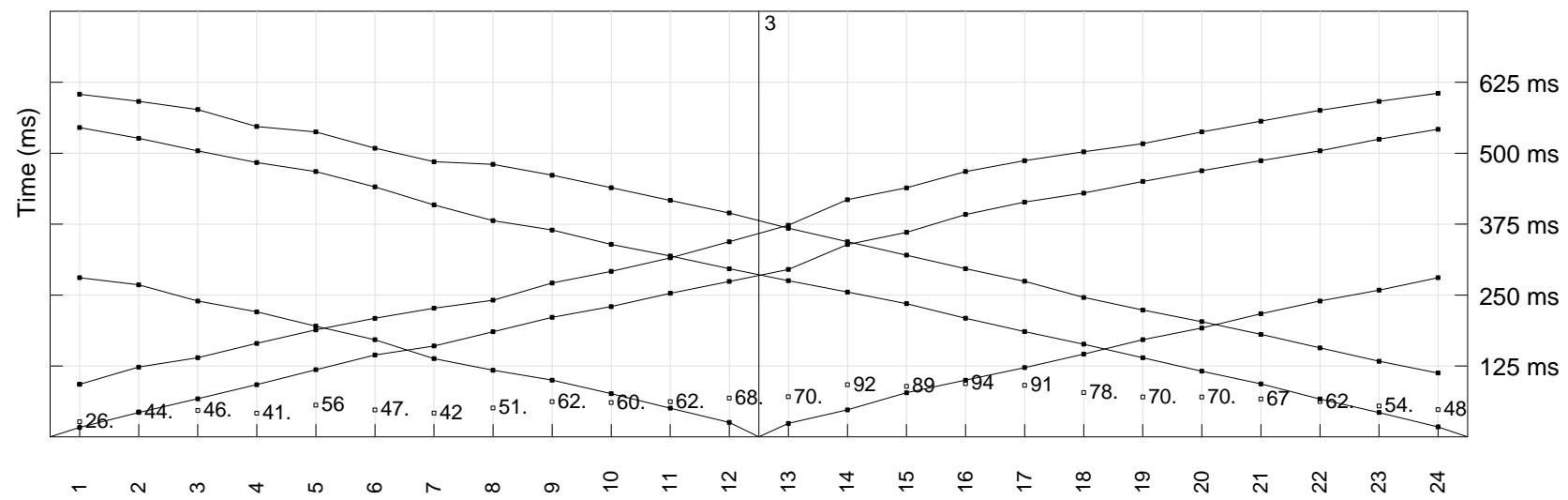
NE



TRAVEL TIME + DELAY TIME STESA_A ONDE S

SW

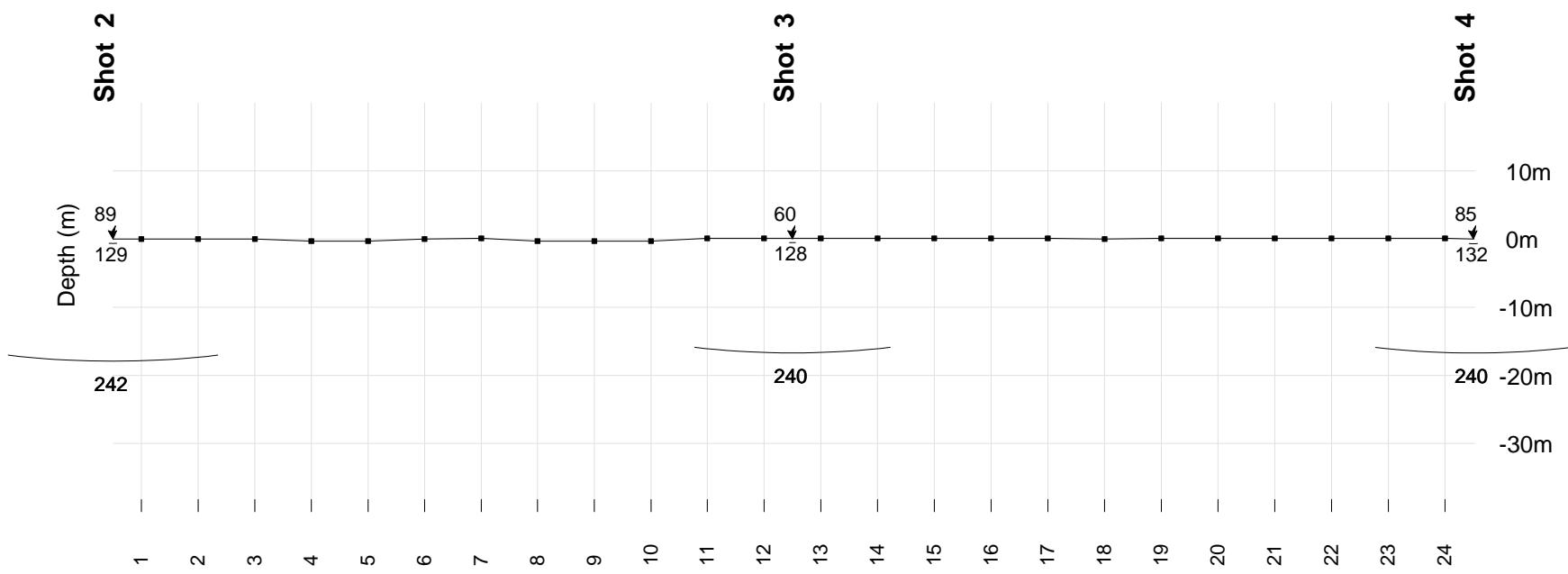
NE



SEISMIC PROFILE IT STESA_A ONDE S

SW

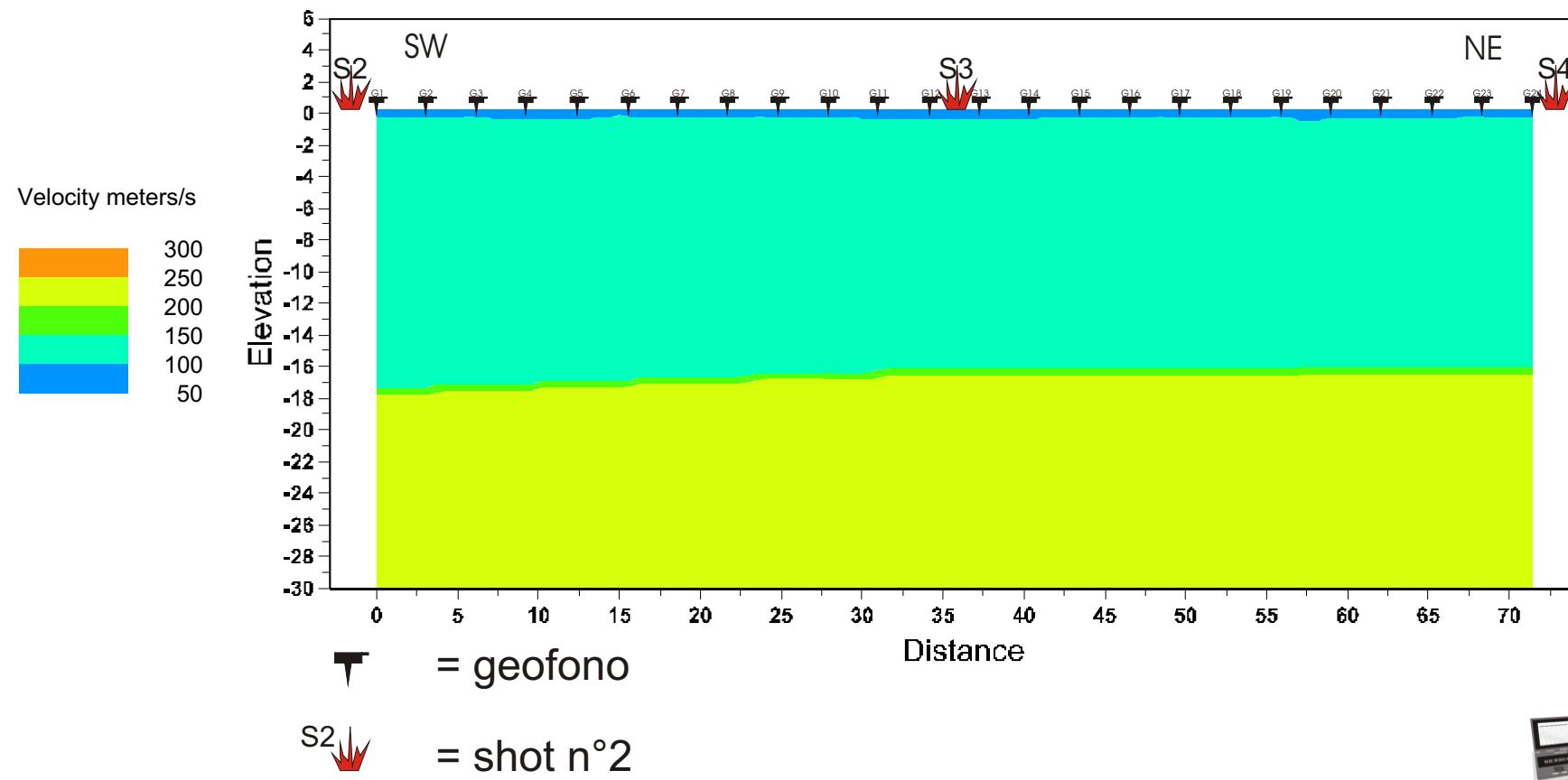
NE



INTERCEPT TIME METHOD DEPTH COMPUTATION

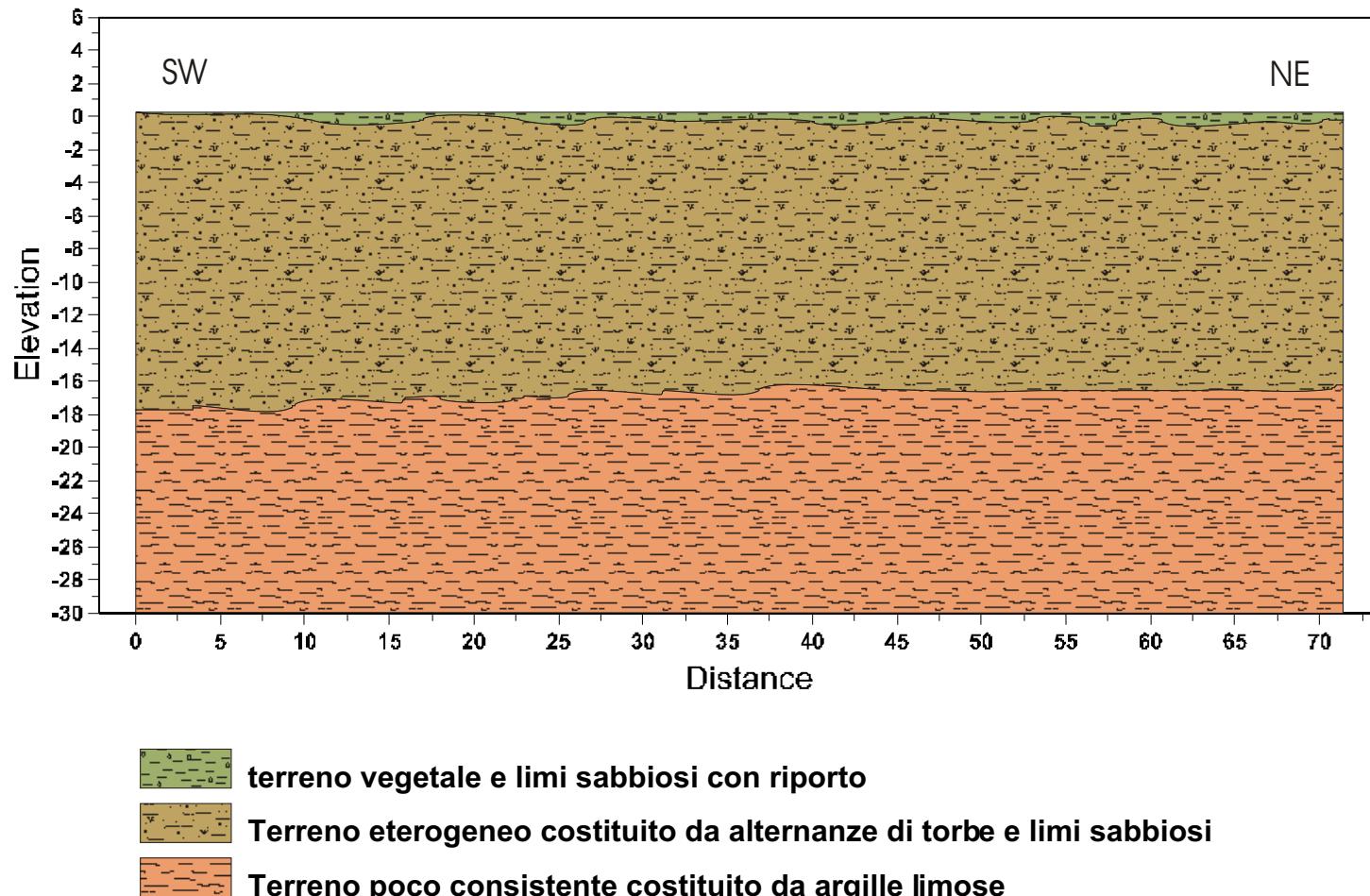
Shot point depth computation

STESA_A.WS4



LITHOSTRATIGRAPHIC SECTION

Shot point depth computation



MIGLIARINO STESA A ONDE S

First Break Picking (FBP) times

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
Shot 1	92	123	139	164	188	209	226	241	271	291	315	344	373	418	439	467	486	502	516	537	556	575	591	605
Shot 2	16	43	67	92	118	144	160	185	210	229	253	274	295	339	360	392	413	429	450	469	486	504	524	542
Shot 3	280	268	239	220	195	171	138	117	100	76	50	25	23	47	77	100	122	145	171	191	217	239	258	280
Shot 4	545	526	504	483	467	440	408	381	364	339	318	296	275	255	234	209	185	163	139	115	93	66	42	17
Shot 5	603	591	577	546	537	508	485	480	461	439	416	394	367	344	320	296	274	245	223	203	180	157	133	112

Spread geometry

Sh. Number	Sh. Distance (m)	Sh. Elevation (m)
1	-15	0
2	0	0
3	36	0
4	72	0
5	87	0.1

receivers number	24
receivers spacing	3 (m)
spread total lenght	72 (m)

Rec. Num.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Rec. Elevat.	0	0	0	-0.2	-0.2	0	0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Rec. Distan.	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5	37.5	40.5	43.5	46.5	49.5	52.5	55.5	58.5	61.5	64.5	67.5	70.5

Depth at shot point

layer 1 thick. (m)	shot1	shot2	shot3	shot4	shot5
		0.65	0.53	0.69	
layer 2 thick. (m)					
		17.27	16.18	16.03	
bedrock depth (m)		17.92	16.71	16.72	

ALLEGATO 2

Risultati delle analisi MASW



Sito: Loc. Filettoli, Vecchiano (PI)
Data: 22 Giugno 2021

Esecutore prova:
Geol. Eraldo Santarnechi

Responsabile:
Geol. Cinzia Locci

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Numero di campioni temporali	2000
Passo temporale di acquisizione	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

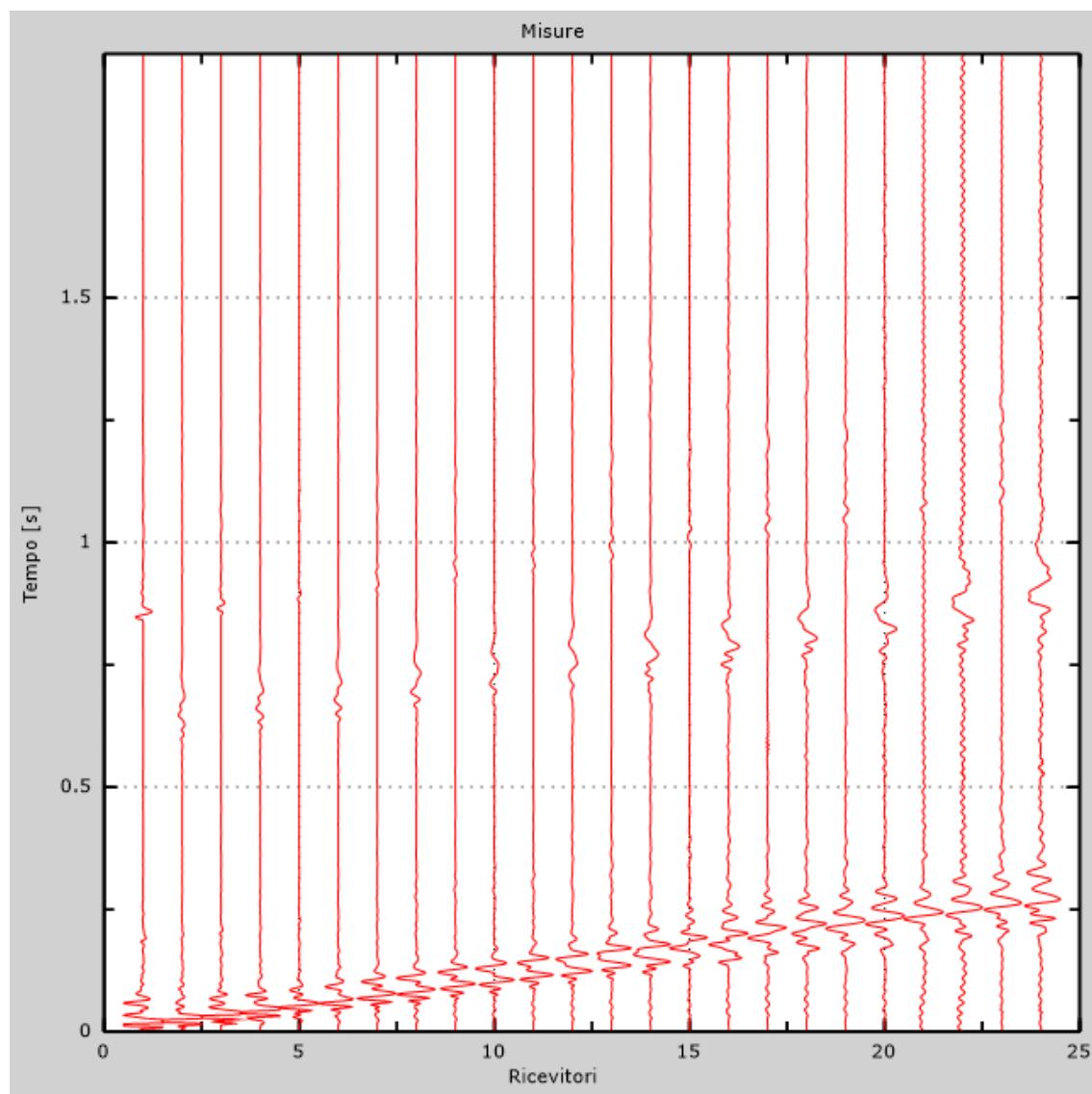


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

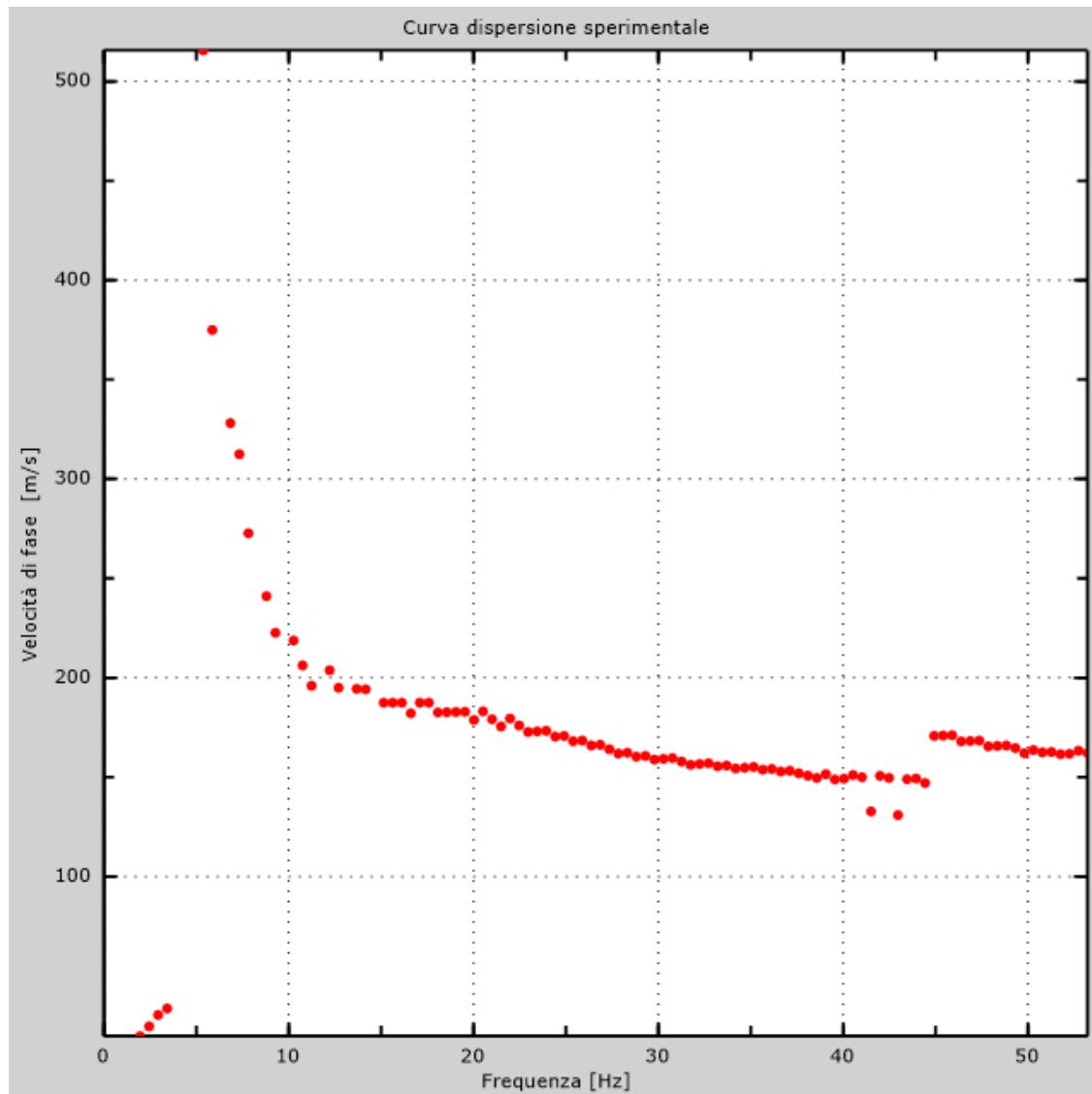


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.81363	333.165	310.296	356.033
8.28182	264.56	249.314	279.805
10.5365	211.836	201.037	222.634
15.1509	188.967	178.804	199.131
22.0199	178.168	169.275	187.062
29.4657	157.206	150.218	164.193
37.0164	150.853	144.501	157.206
42.994	149.583	143.231	155.935
47.6608	168.005	159.111	176.898
53.0092	157.841	150.218	165.464

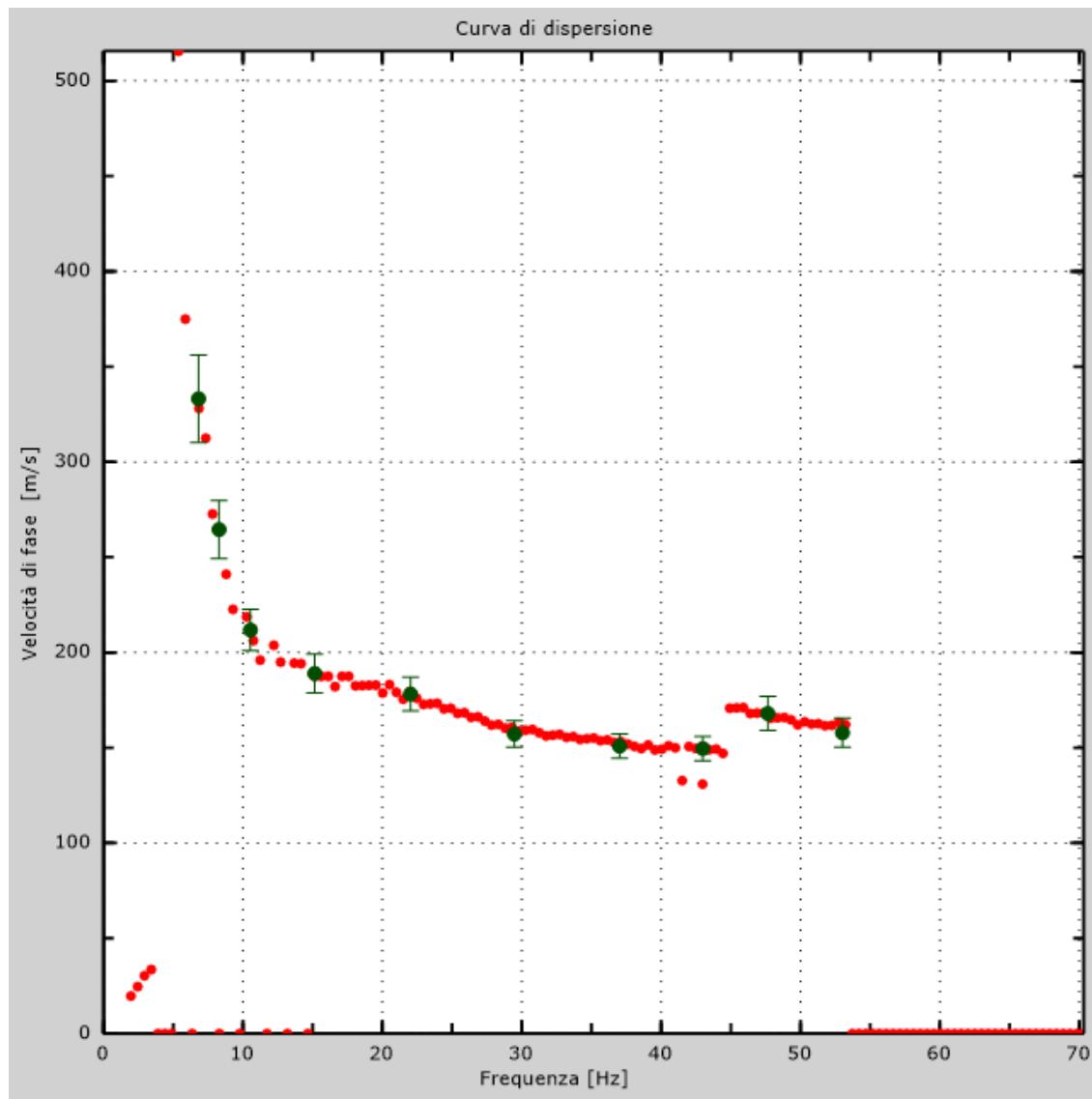


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	1.5m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	1

Strato 1: terreno rimaneggiato/pedologico

h [m].....	0.6
z [m].....	-0.6
Densità [kg/m ³].....	1700
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	170
Vp [m/s]	353.88
Vs min [m/s]	87.69
Vs max [m/s].....	255.000000
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	170.000

Strato 2: argilla limosa

h [m].....	4.4
z [m].....	-5
Densità [kg/m ³].....	1850
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	180
Vp [m/s]	374.70
Vs min [m/s]	98.98
Vs max [m/s].....	270.000000
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s]	180.000

Strato 3: argilla sabbiosa

h [m].....	4.2
z [m].....	-9.2
Densità [kg/m ³].....	1850
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	210
Vp [m/s]	437.15

Vs min [m/s]	104.98
Vs max [m/s].....	315.000000
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s]	210.000

Strato 4: argilla sabbiosa compatta

h [m].....	7.2
z [m].....	-16.4
Densità [kg/m^3].....	1850
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	350
Vp [m/s]	728.58
Vs min [m/s]	117.69
Vs max [m/s].....	525.000000
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s]	350.000

Strato 5: argilla

h [m].....	3.6
z [m].....	-20
Densità [kg/m^3].....	1900
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	360
Vp [m/s]	749.40
Vs min [m/s]	146.98
Vs max [m/s].....	540.000000
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s]	360.000

Strato 6: argilla

h [m].....	5
z [m].....	-25
Densità [kg/m^3].....	1900
Poisson.....	0.35
Vs [m/s].....	380
Vp [m/s]	791.03
Vs min [m/s]	185.09
Vs max [m/s].....	570.000000
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	

Vs fin.[m/s] 380.000

Strato 7

h [m] 6
z [m] -31
Densità [kg/m³] 1900
Poisson 0.35
Vs [m/s] 400
Vp [m/s] 832.67
Vs min [m/s] 185.09
Vs max [m/s] 600.000000

Falda non presente nello strato

Strato alluvionale

Vs fin.[m/s] 400.000

Strato 8

h [m] 0
z [m] -00
Densità [kg/m³] 1900
Poisson 0.35
Vs [m/s] 410
Vp [m/s] 853.48
Vs min [m/s] 185.09
Vs max [m/s] 615.000000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 410.000

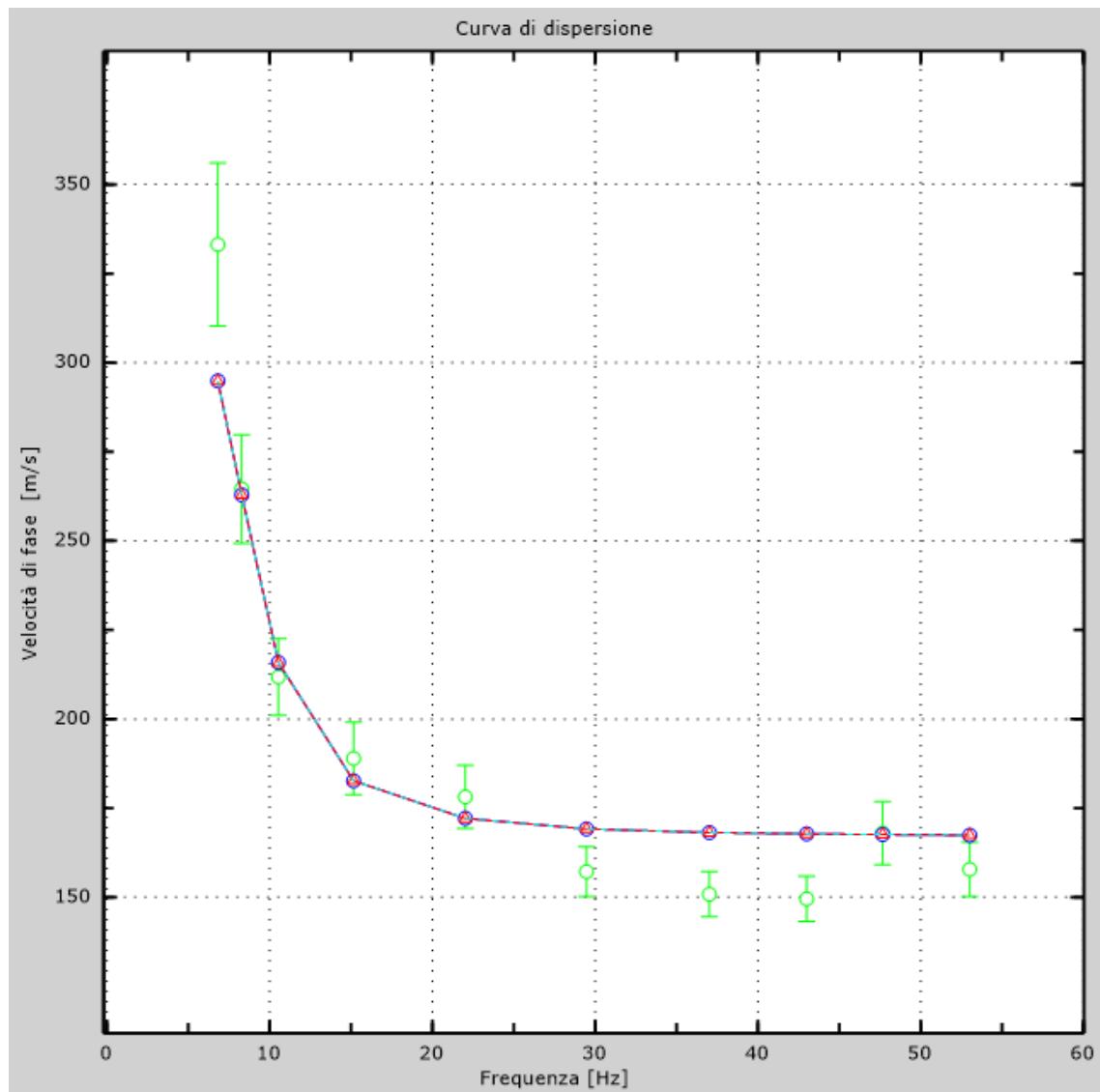


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blù), curva numerica (rosso)

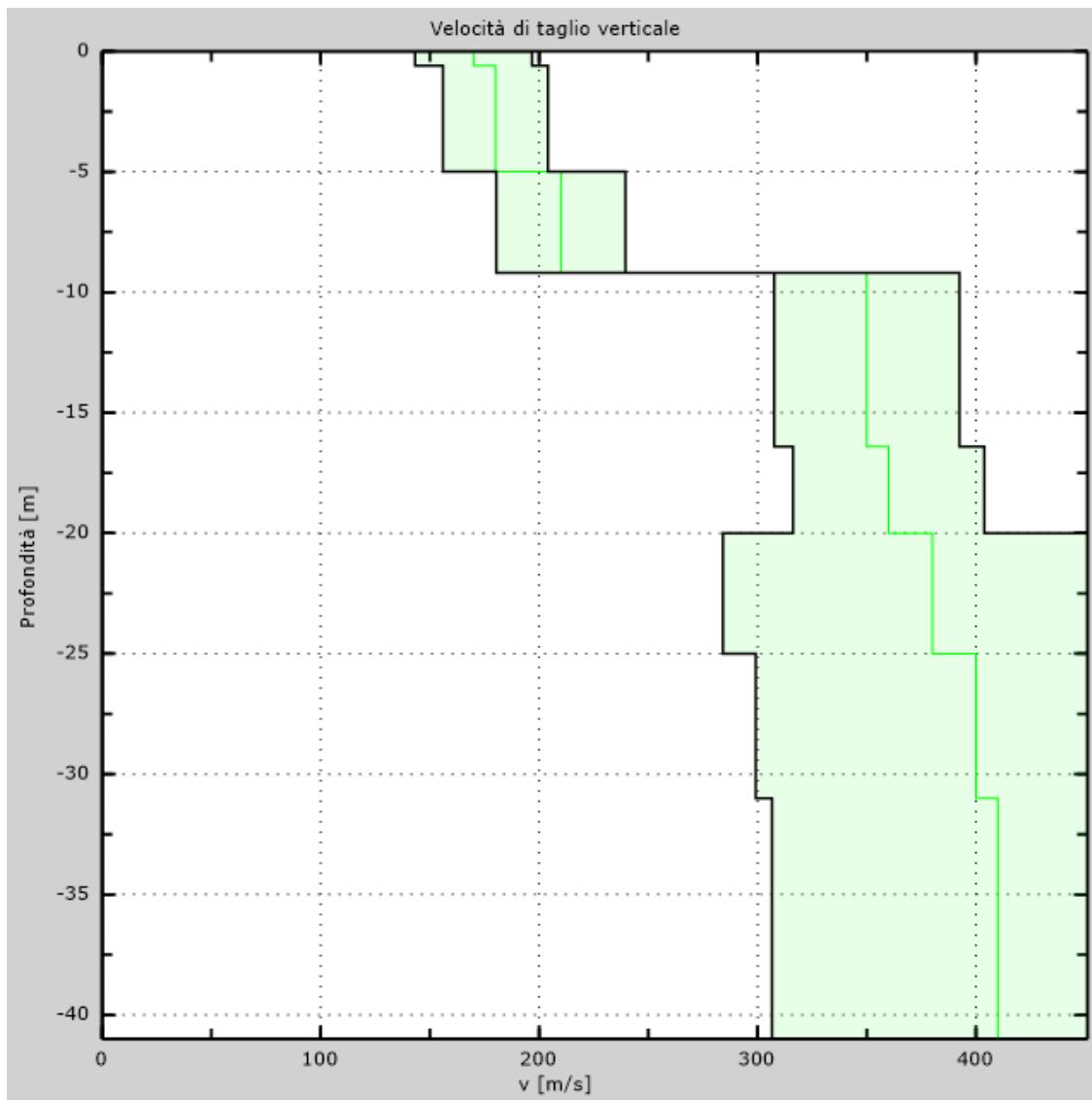
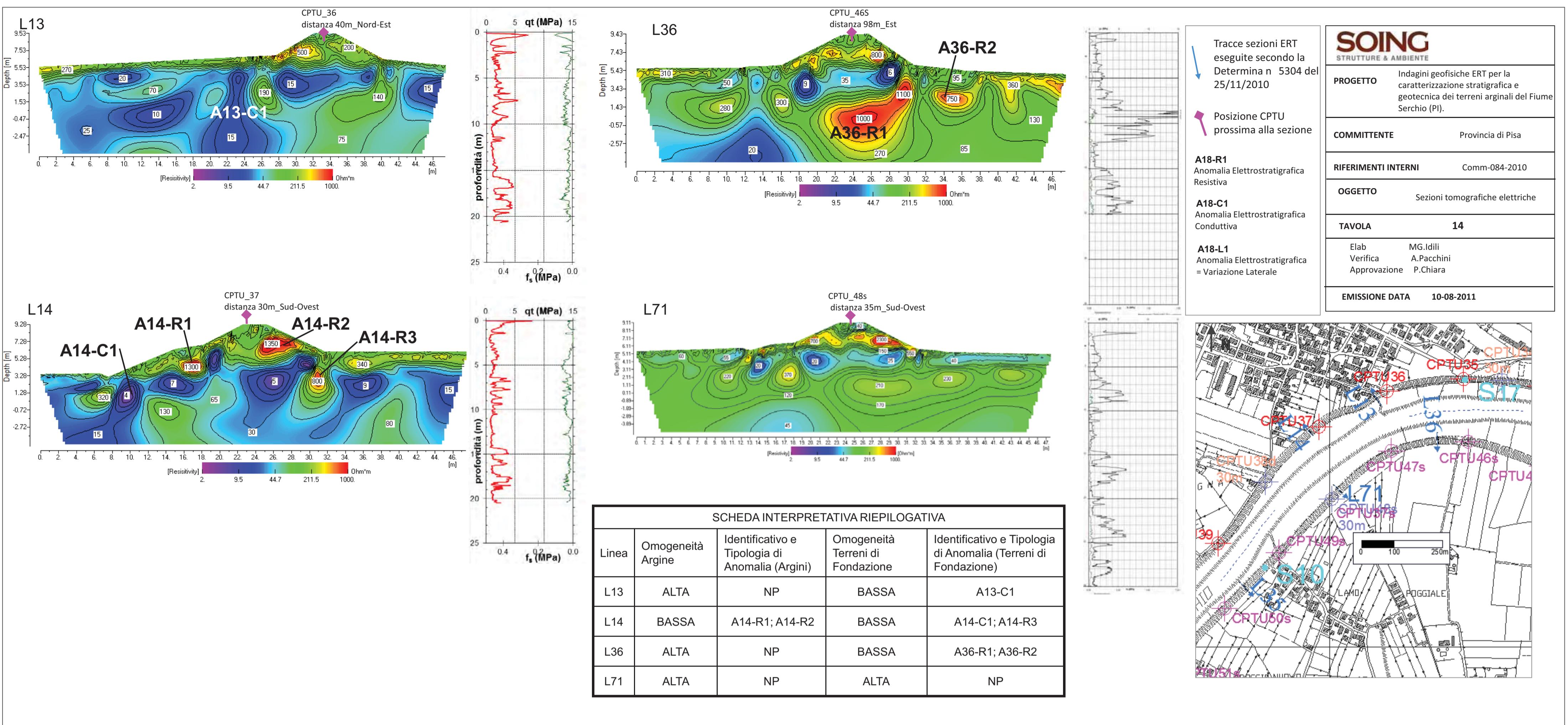


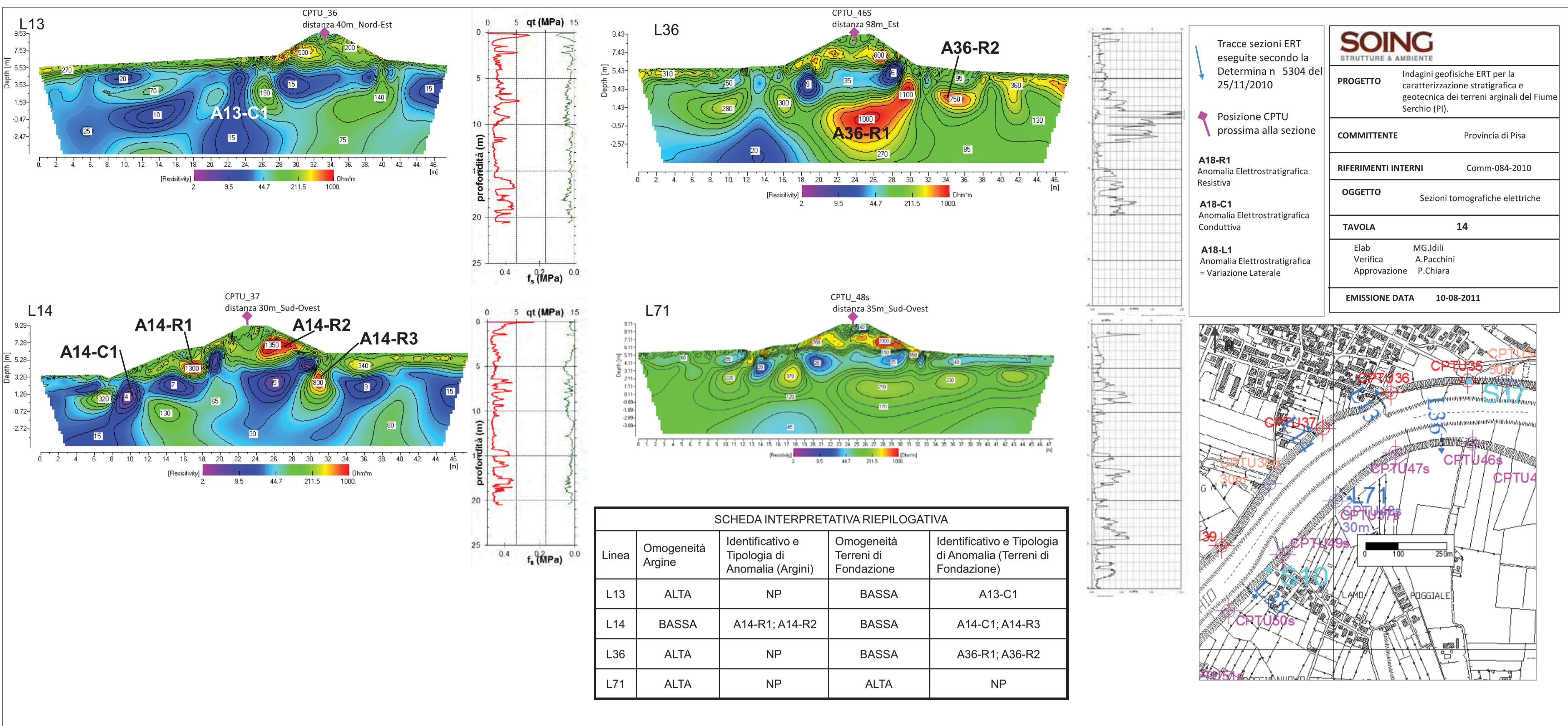
Figura 5: Profilo Vs numerico

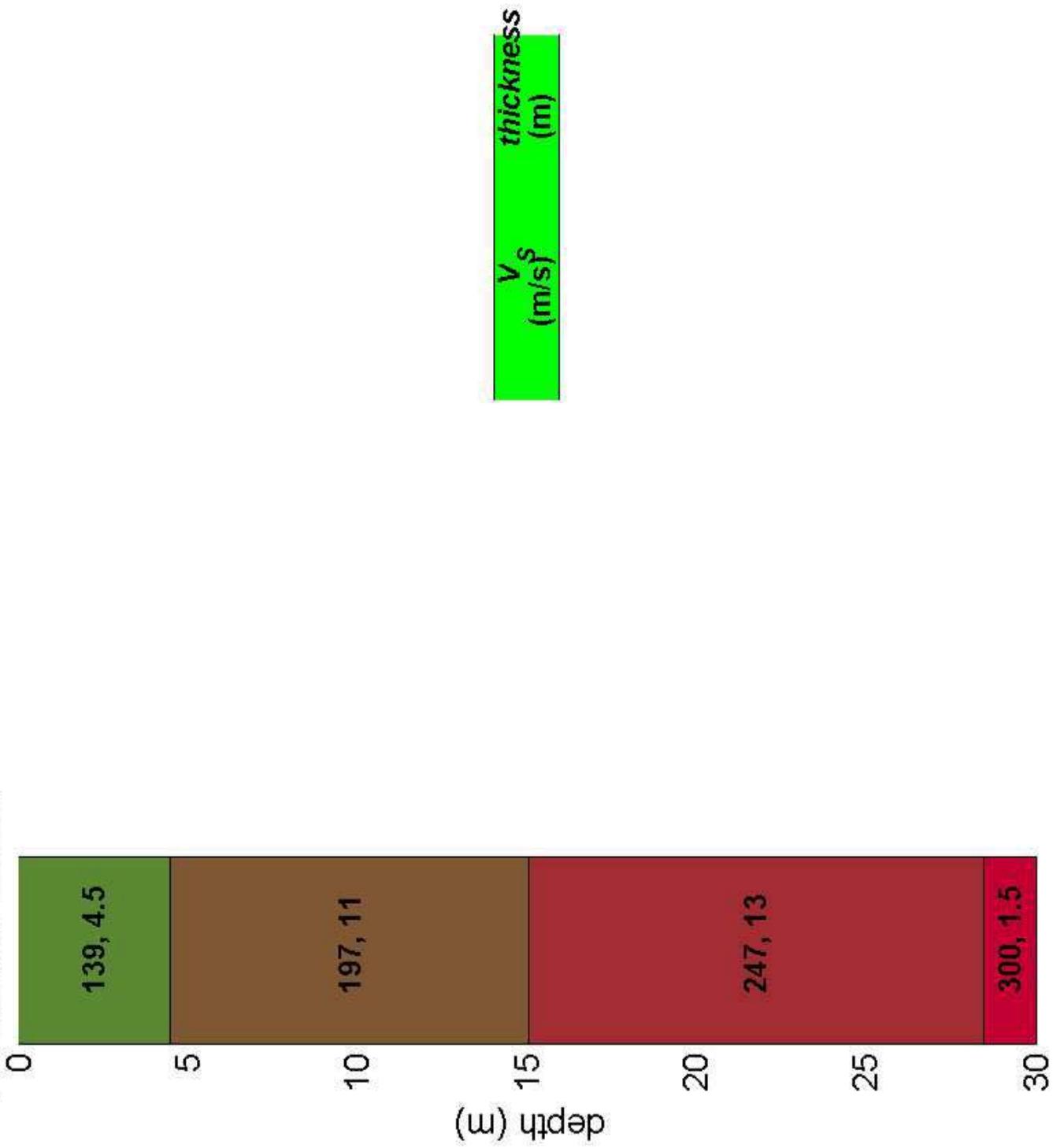
5 - Risultati finali

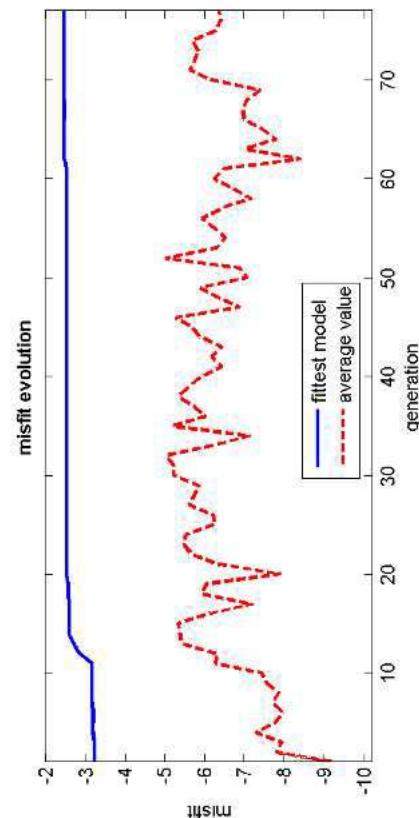
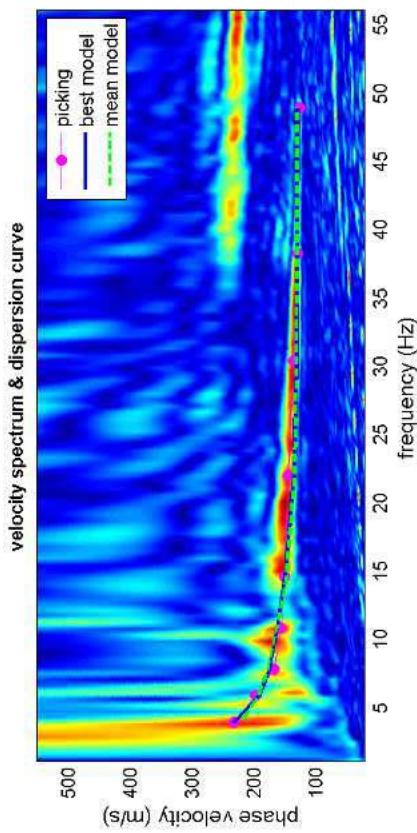
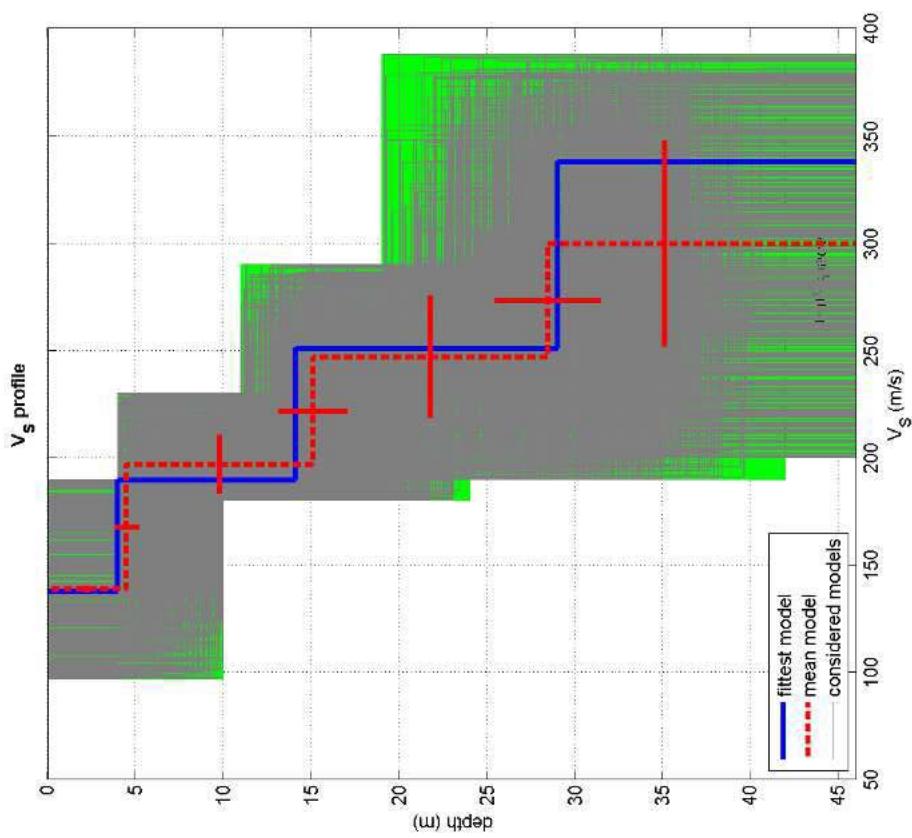
Offset [m]	0
Vs30 [m/s]	287
Tipo di suolo	C

0066





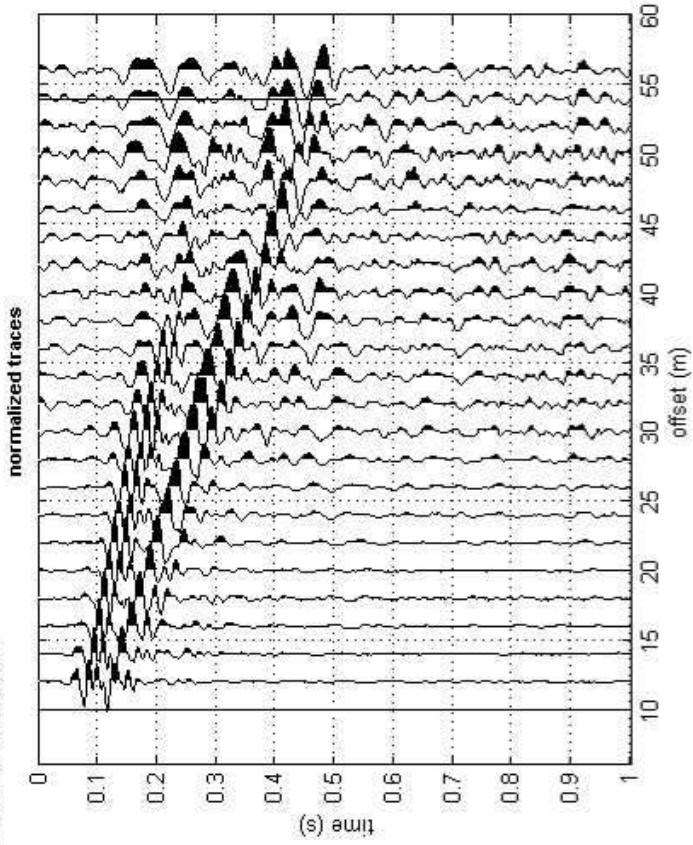
Subsurface model



www.winmasw.com

#1: uploading & processing (MASW analyses)

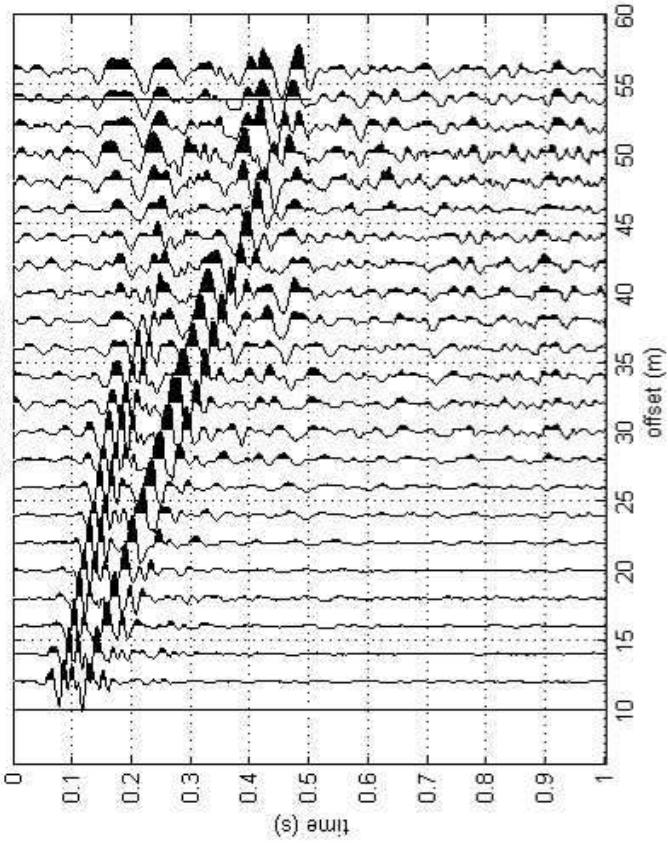
dataset: 10m.SGY
sampling: 0.131 ms
minimum offset: 10 m
geophone spacing: 2 m



#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

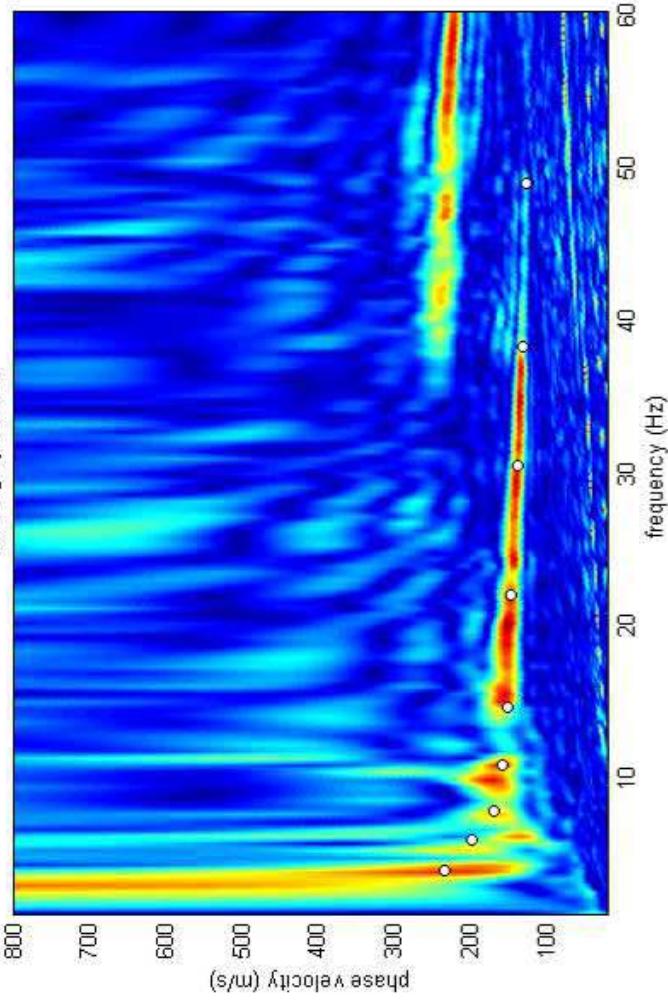
MASW: compute velocity spectrum
phase velocity f-K group velocity
dataset: 10m.SGY

normalized traces



handling the spectra
save upload merge
MASW: compute velocity spectrum
phase velocity f-K group velocity
dataset: 10m.SGY

velocity spectrum



visualize curves
input curve
explore spectrum
mode separation
handling the spectra
save upload merge
MASW: compute velocity spectrum
phase velocity f-K group velocity
dataset: 10m.SGY

picking

fundamental
to select the last point of the considered mode click the right button
save picking
cancel picking
10m.cdp
inversion
inversion
Joint DC-HV inv.

www.wilmadsw.com

modelling

Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
about Poisson	100	0.4
general setting	180	0.35
Rayleigh	260	0.35
phase vel	400	0.35
0	600	0.35
Reference depth	800	0.35
H/V body waves	1200	0.3
0	0	0.2

synthetics
ZVF
calculate
upload mod.
save mod.
refresh
shows DC
synthetics

report

resampling

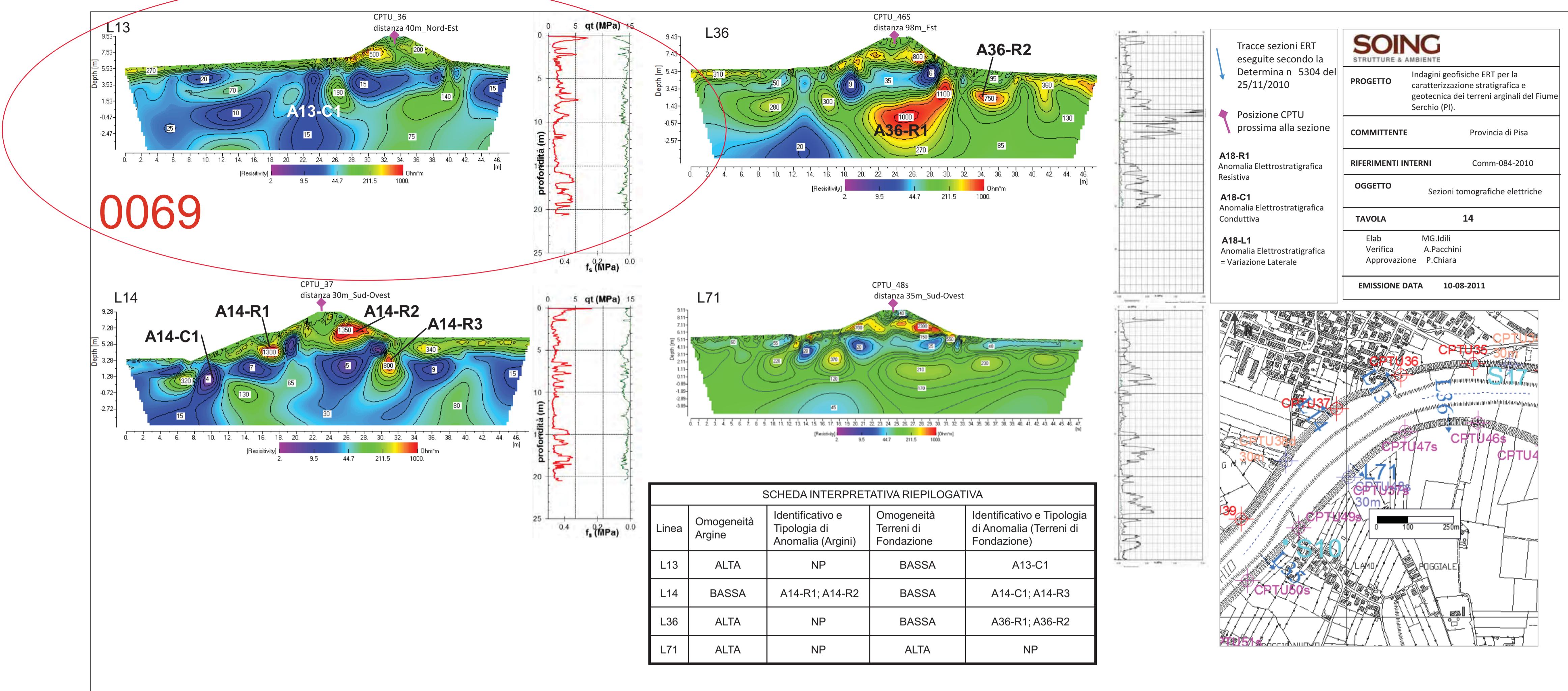
data selection	refraction
1	refraction 100
resample	upload <input type="checkbox"/>
accept	save <input type="checkbox"/>

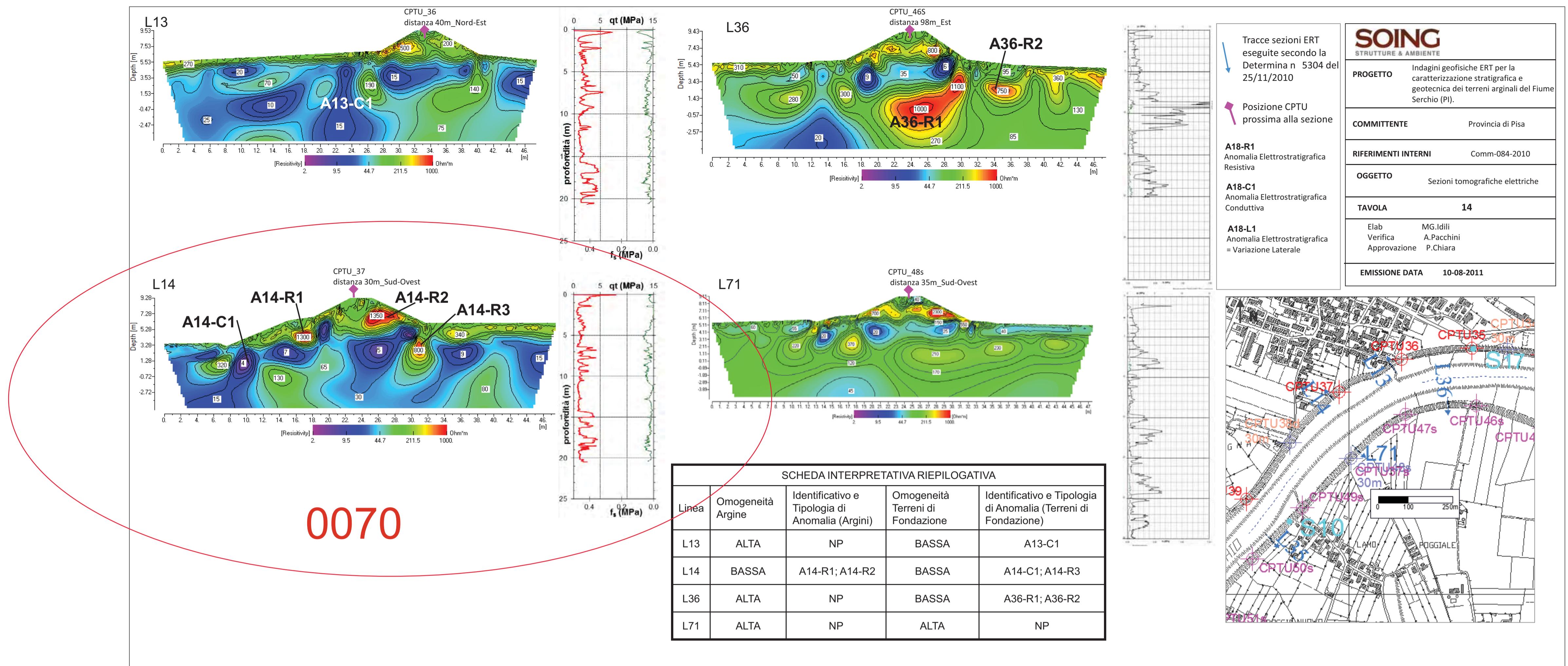
filtering & spectra

filter <input type="checkbox"/>	cancel <input type="checkbox"/>
select 60 <input type="checkbox"/>	spectrum <input type="checkbox"/>
cancel <input type="checkbox"/>	spectrogram <input type="checkbox"/>

other tools & setting

time length to visualize (s)	done <input type="checkbox"/>
1.00215	flip traces <input type="checkbox"/>
zero padding <input type="checkbox"/>	

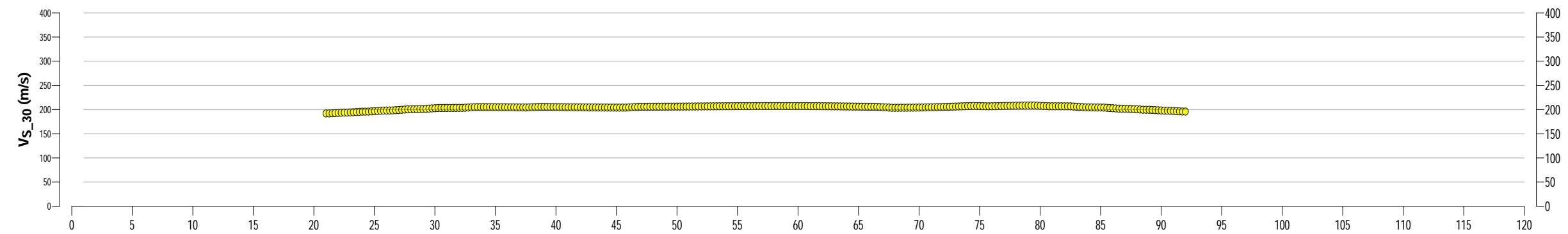
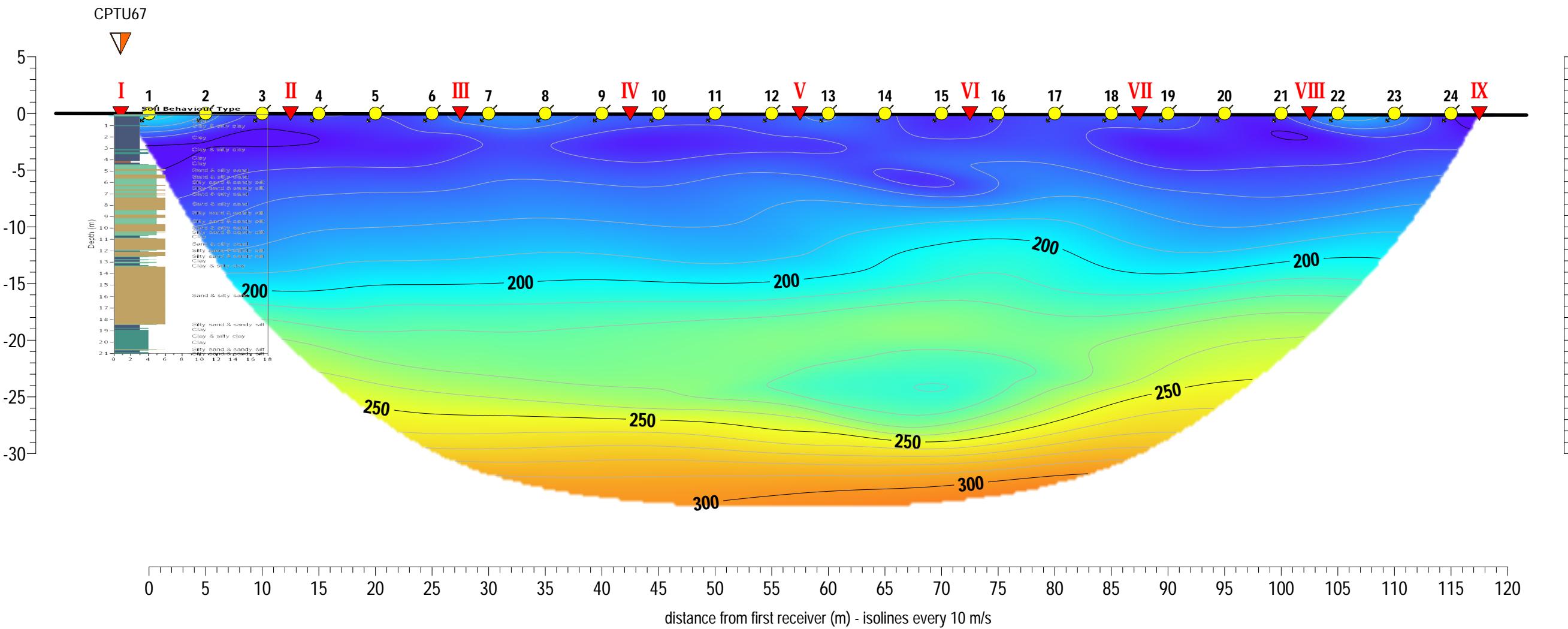




Line1
SRT_S_waves

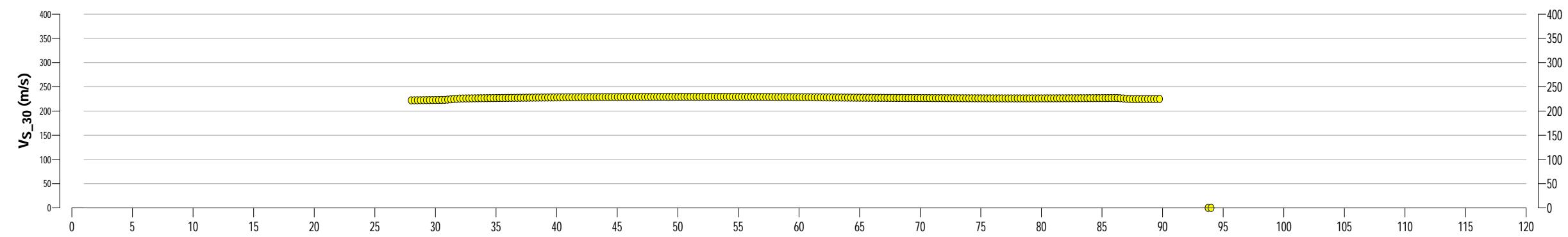
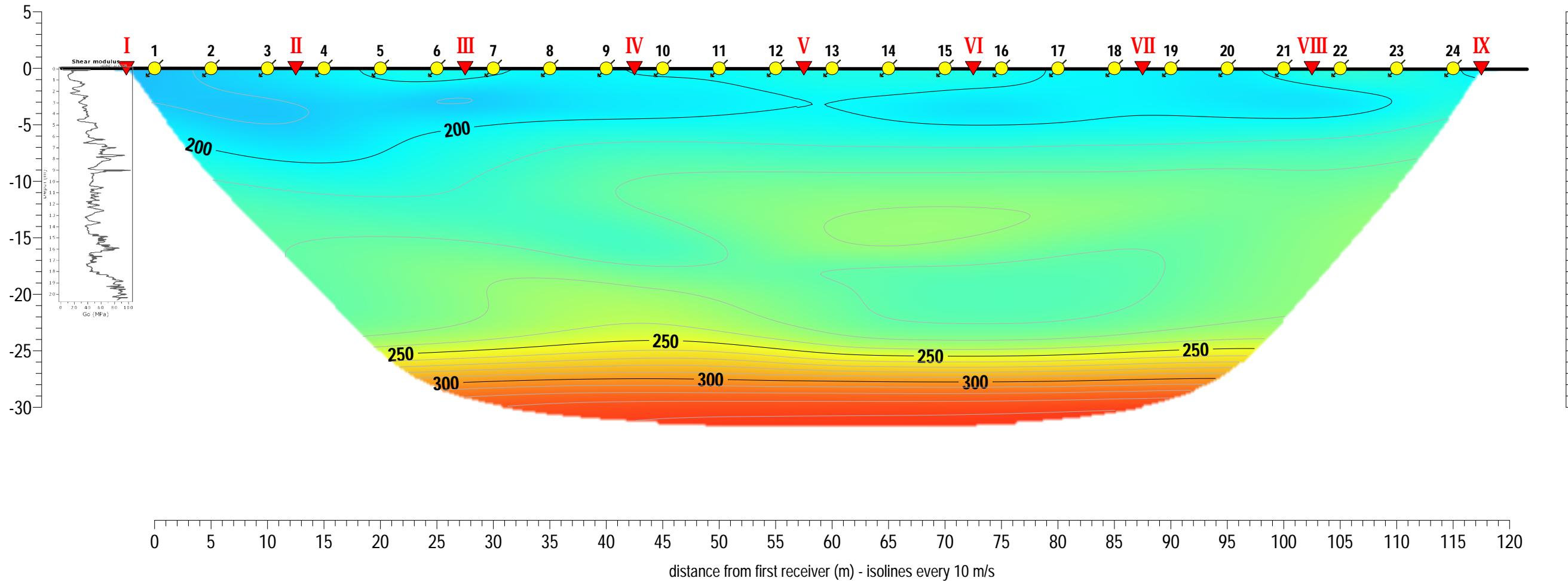
SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

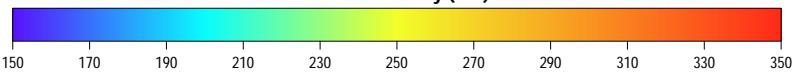
Indagini geofisiche per il progetto di adeguamento della portata decennale del Fiume Serchio nel tratto Ripafratta-Foce



Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta	S_waves instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -	<p style="text-align: center;">S waves velocity (m/s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Vertical receivers Horizontal receivers Shots position CPTU refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) Core drilling Log Vs from MASW

0073

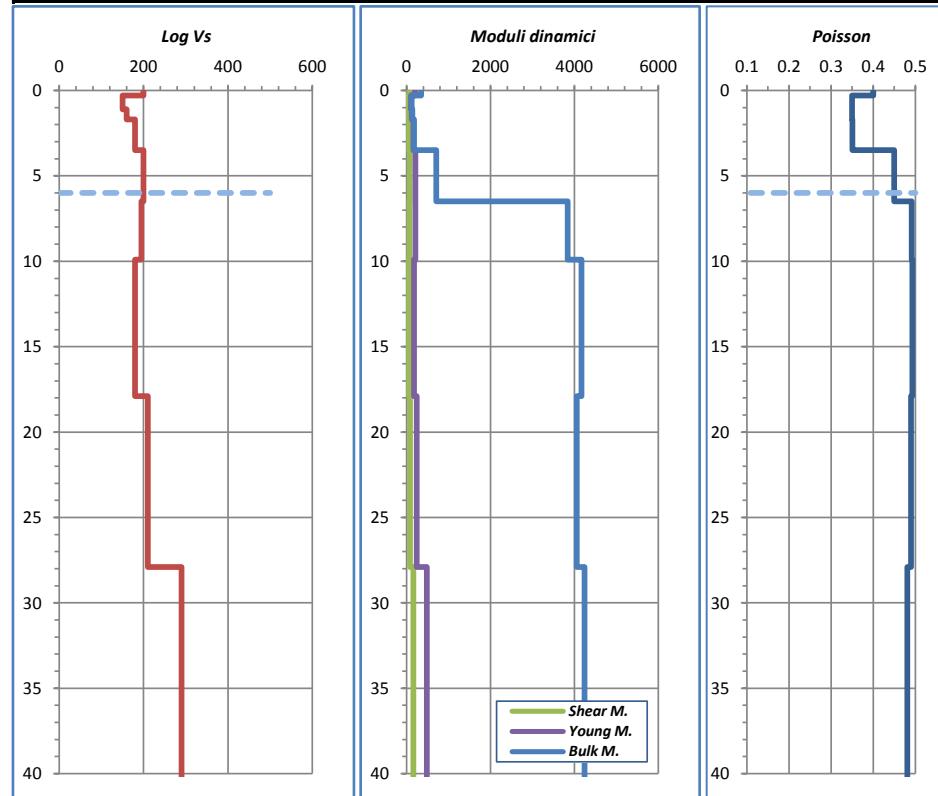
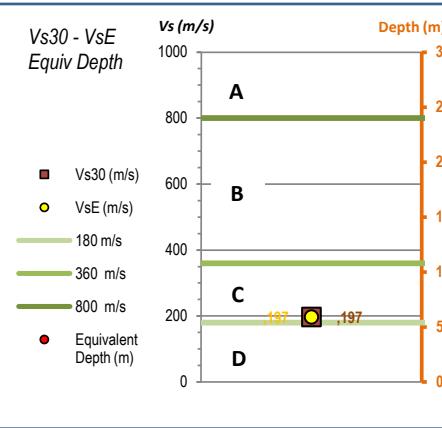


Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta	S_waves instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -	<p style="text-align: center;">S waves velocity (m/s)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vertical receivers ▼ Shots position ─ refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) ─ Log Vs from MASW ○ Horizontal receivers ▼ CPTU ▼ Core drilling

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0074

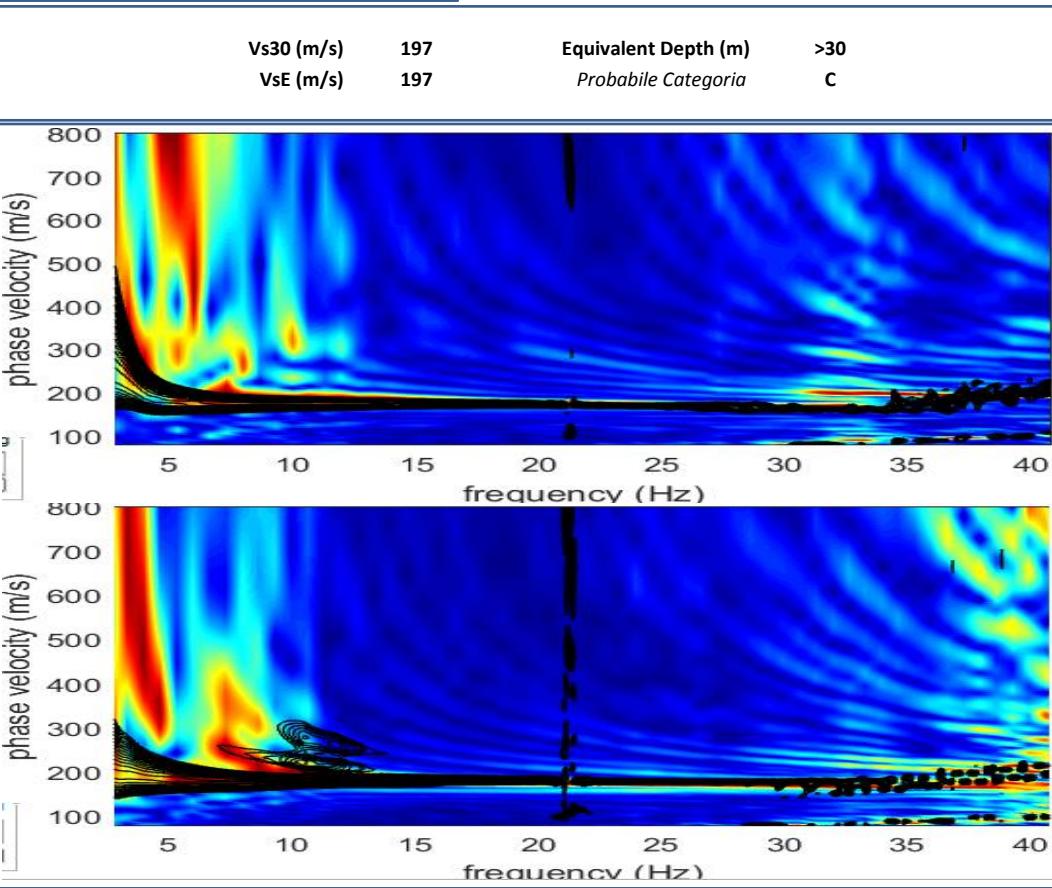
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	200	0.0	0.3	1.8	0.400	490	74	206	344
2	0.8	150	0.3	1.1	1.8	0.350	312	40	107	119
3	0.6	160	1.1	1.7	1.8	0.350	333	46	123	137
4	1.8	180	1.7	3.5	1.8	0.350	375	59	158	176
5	3.0	200	3.5	6.5	1.8	0.450	663	74	213	711
6	3.4	195	6.5	9.9	1.8	0.491	1466	70	208	3840
7	8.0	180	9.9	17.9	1.8	0.493	1532	59	175	4170
8	10.0	210	17.9	27.9	1.9	0.490	1500	82	243	4054
9	18.0	290	27.9	45.9	1.9	0.481	1516	163	483	4241
10										
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

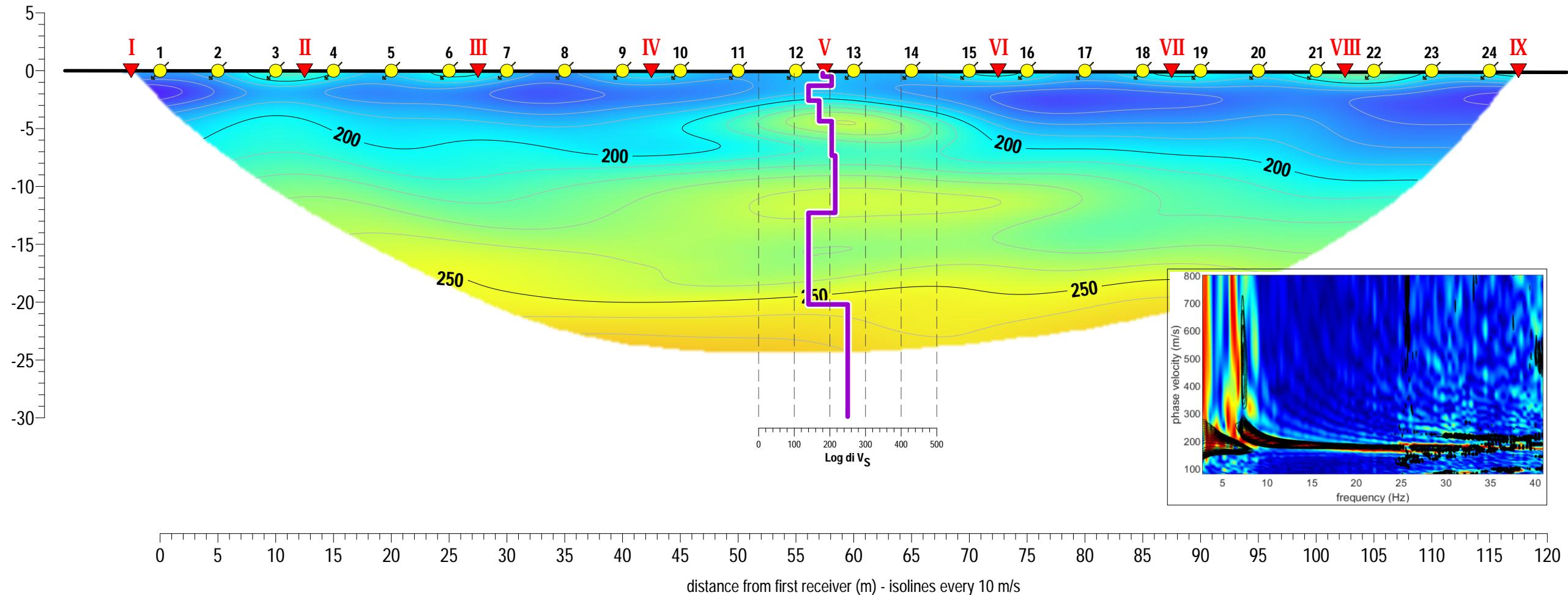
Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

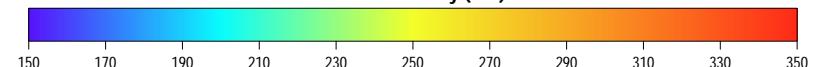
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



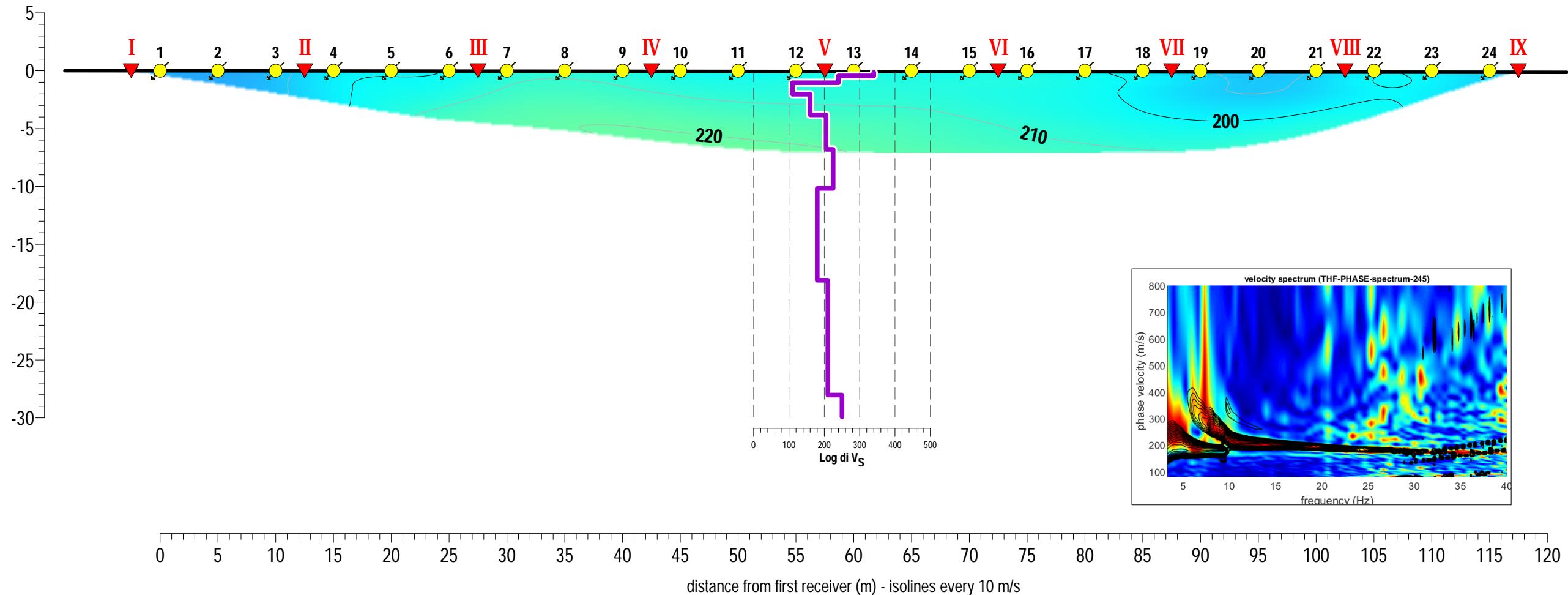
Confronto tra spettri sintetici e esperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente orizzontale(RVF); Immagine inferiore: spettro di velocità di fase delle onde di Love (THF). Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

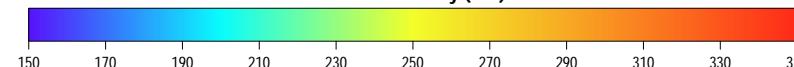
0075



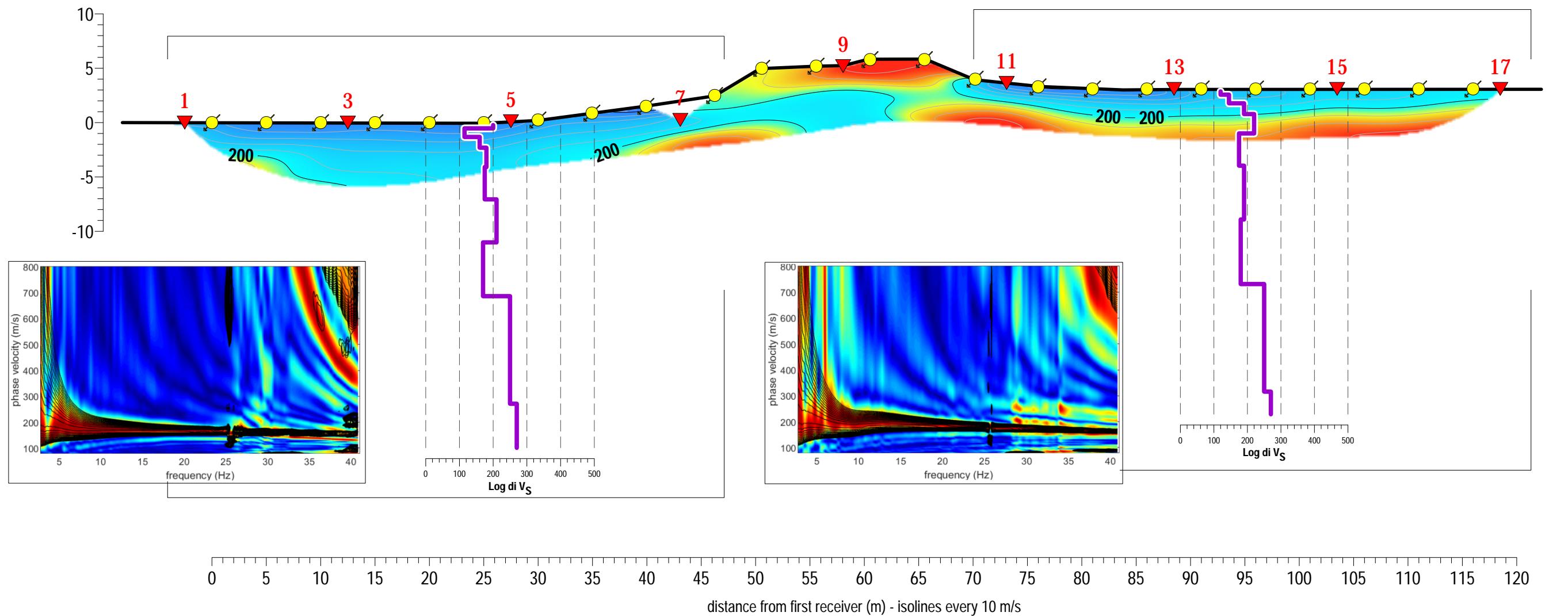
Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta	<p>S_waves</p> <p>instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -</p>	<p>Log_Vs_(MASW)</p> <p>- 24 vertical, 4.5Hz x = 5.0m 2.5m - WinMasw Acd 2020</p> <p>S waves velocity (m/s)</p> 	<p>Vertical receivers Horizontal receivers Shots position CPTU refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) Log Vs from MASW</p>

0076



Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 - Dott. Luigi Allacorta	<p>S_waves</p> <p>instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -</p>	<p>Log_Vs_(MASW)</p> <p>- 24 vertical, 4.5Hz x = 5.0m 2.5m - WinMasw Acd 2020</p> <p>S waves velocity (m/s)</p> 	<p>Vertical receivers Horizontal receivers Shots position CPTU refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) Log Vs from MASW</p>

0077



Order informations

Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli
Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli
Order num: --
Job reference: Argini Serchio

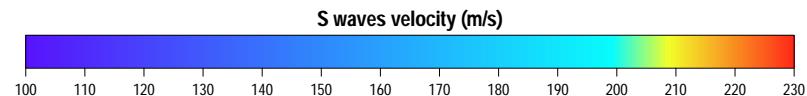
Data acquisition: 18 Settembre 2020 - Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 24 Settembre 2020 - Dott. Luigi Allacorta
Graphic table redaction: 24 Settembre 2020 - Dott. Luigi Allacorta

Technical features

Instrument: DAQLink 3
Channels: 24
Geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz
Geop./electr.s distance: x = 5.0m
Geop./electr.s distance: 9, 15.0 m spaced
Shots position: 2.5m
Acquisition software: VScope 2.59
Processing software: Rayfract, vers. 3.35
Sequences: -

S_waves
Log_Vs_(MASW)

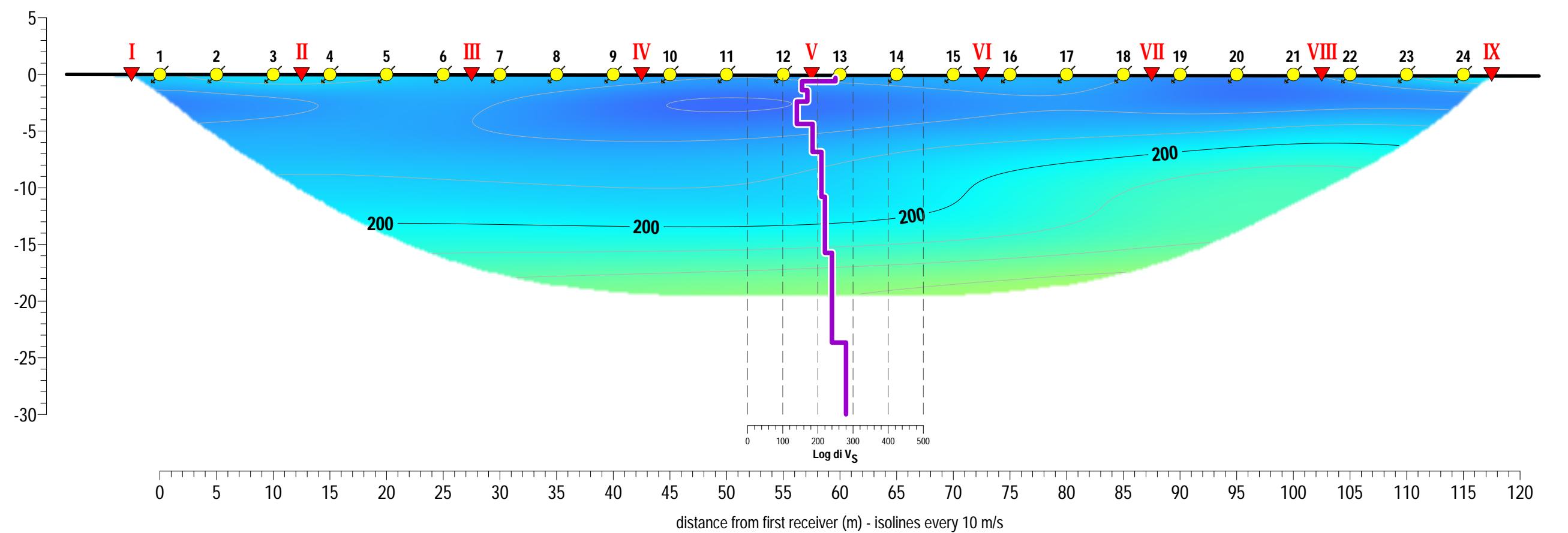
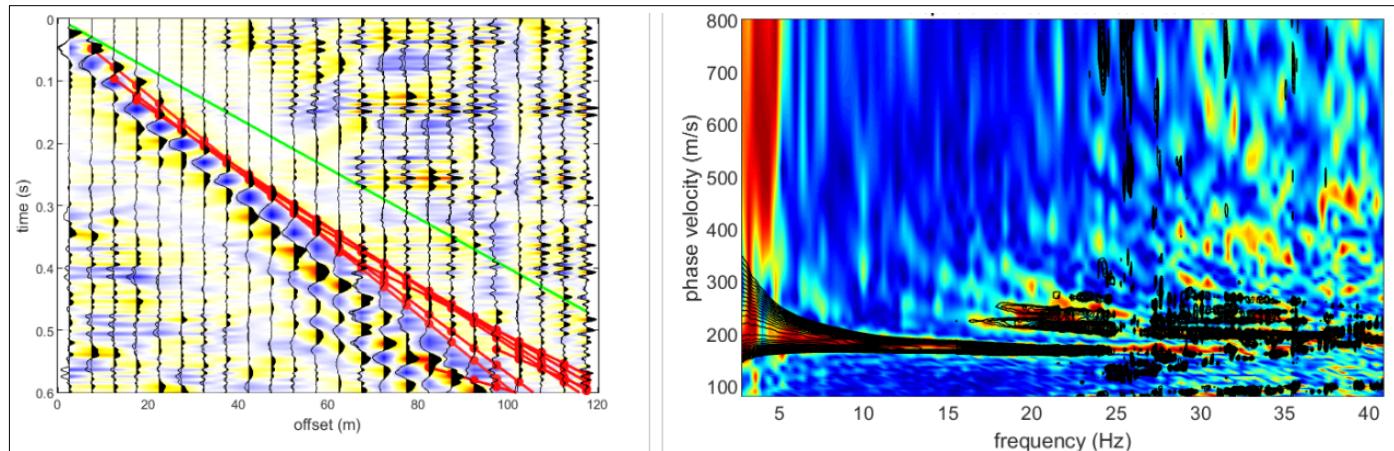
Chromatic scales

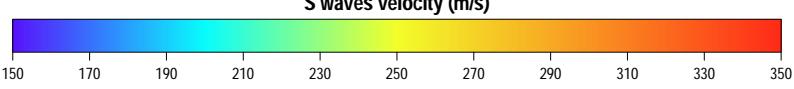


Legend

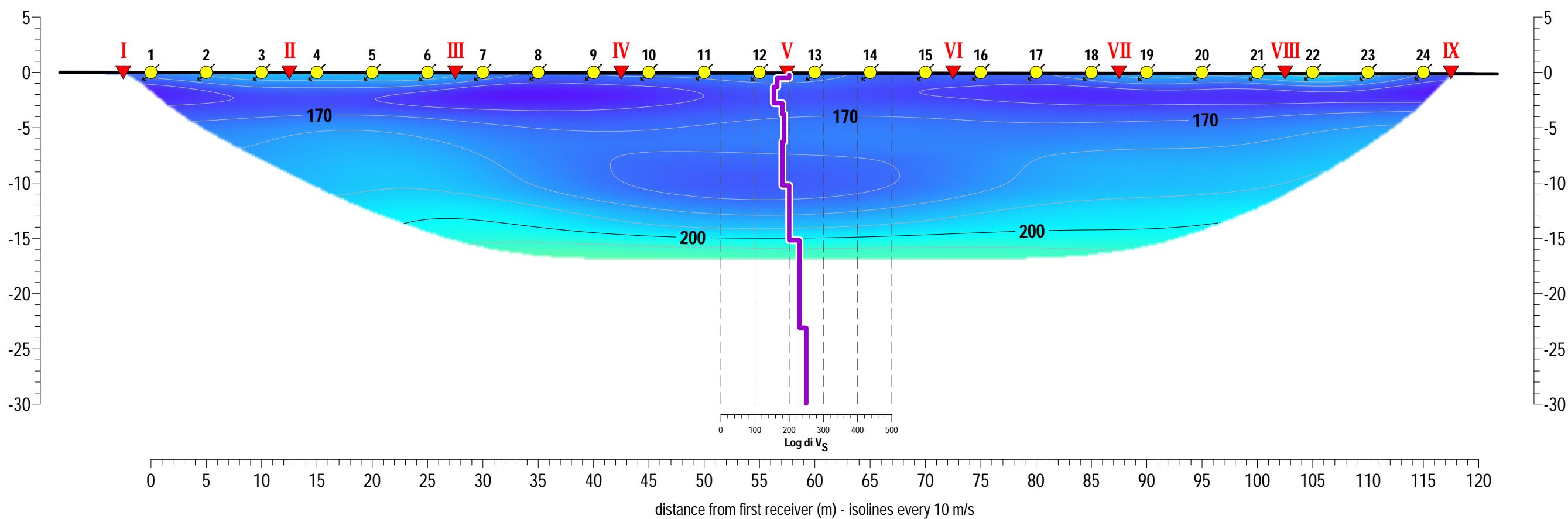
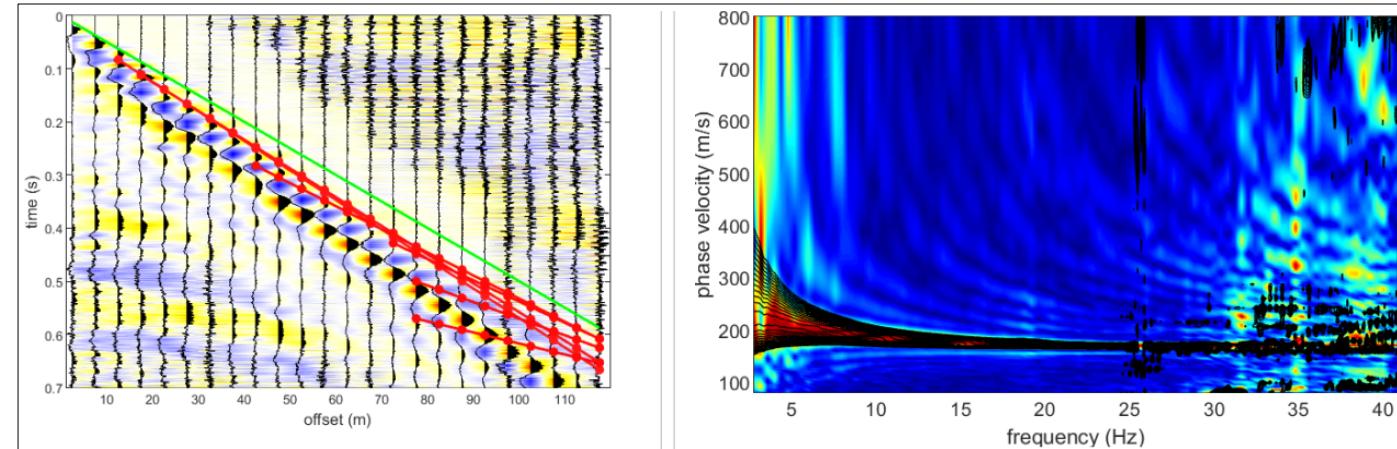
- Vertical receivers
- ▼ Shots position
- Refractor with classic methods (wavefront or plus-minus)
- Log Vs from MASW
- Horizontal receivers
- ▼ CPTU
- ▼ Core drilling

0078



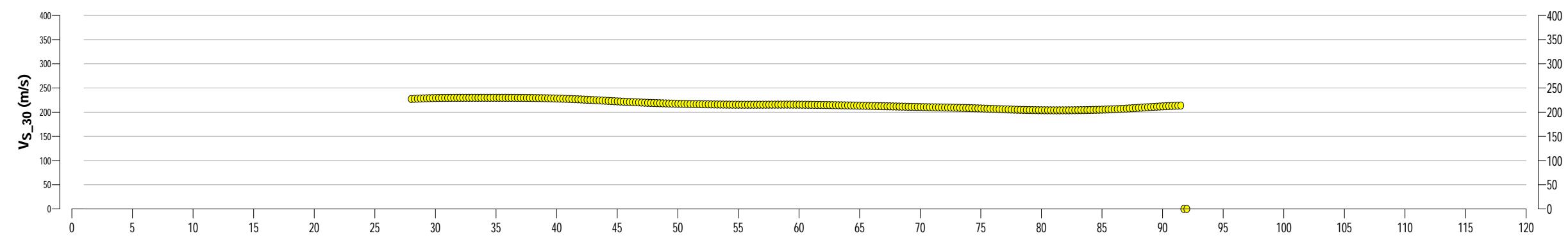
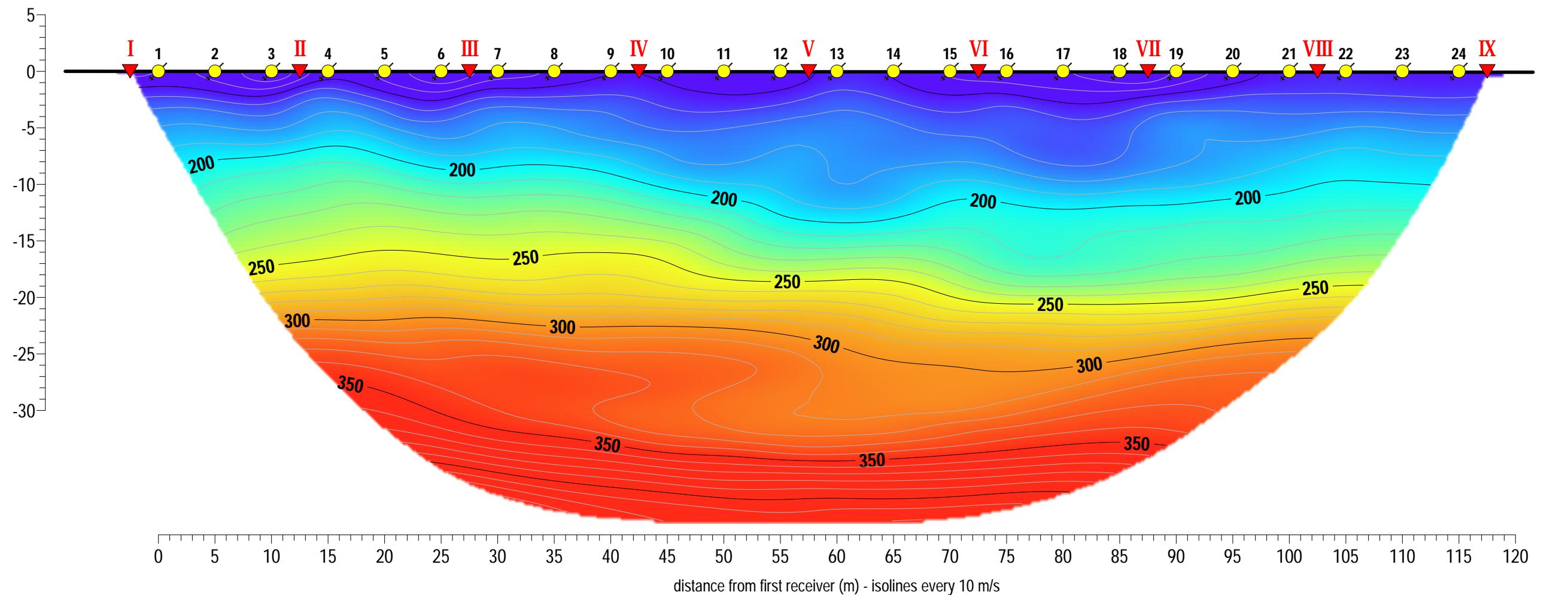
Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta	S_waves instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -	Log_Vs_(MASW) - 24 vertical, 4.5Hz x = 5.0m 2.5m - WinMasw Acd 2020	 Vertical receivers (green circle) Shots position (red triangle) refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) (black line) Log Vs from MASW (purple line)

0079



Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
<p>Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta</p>	<p>S_waves instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -</p>	<p>Log_Vs_(MASW) - 24 vertical, 4.5Hz x = 5.0m 2.5m - WinMasw Acd 2020</p> <p>S waves velocity (m/s)</p>	<p>Vertical receivers Horizontal receivers Shots position CPTU refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) Core drilling Log Vs from MASW</p>

0080

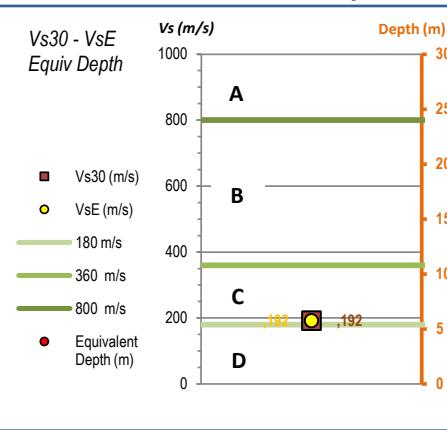


Order informations	Technical features	Chromatic scales	Legend
Customer: Dott. Geol. Luca Niccoli Requested from: Dott. Geol. Luca Niccoli Order num: -- Job reference: Argini Serchio Data acquisition: 26 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Data processing: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta Graphic table redaction: 31 Agosto 2020 _ Dott. Luigi Allacorta	S_waves instrument: DAQLink 3 channels: 24 geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz geop./electr.s distance: x = 5.0m shots position: 9, 15.0 m spaced acquisition software: VScope 2.59 processing software: Rayfract, vers. 3.35 sequences: -	<p style="text-align: center;">S waves velocity (m/s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Vertical receivers ▼ Shots position ■ refractor with classic methods (wavefront or plus-minus) ■ Log Vs from MASW ○ Horizontal receivers ▲ CPTU ▼ Core drilling

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (FVS)

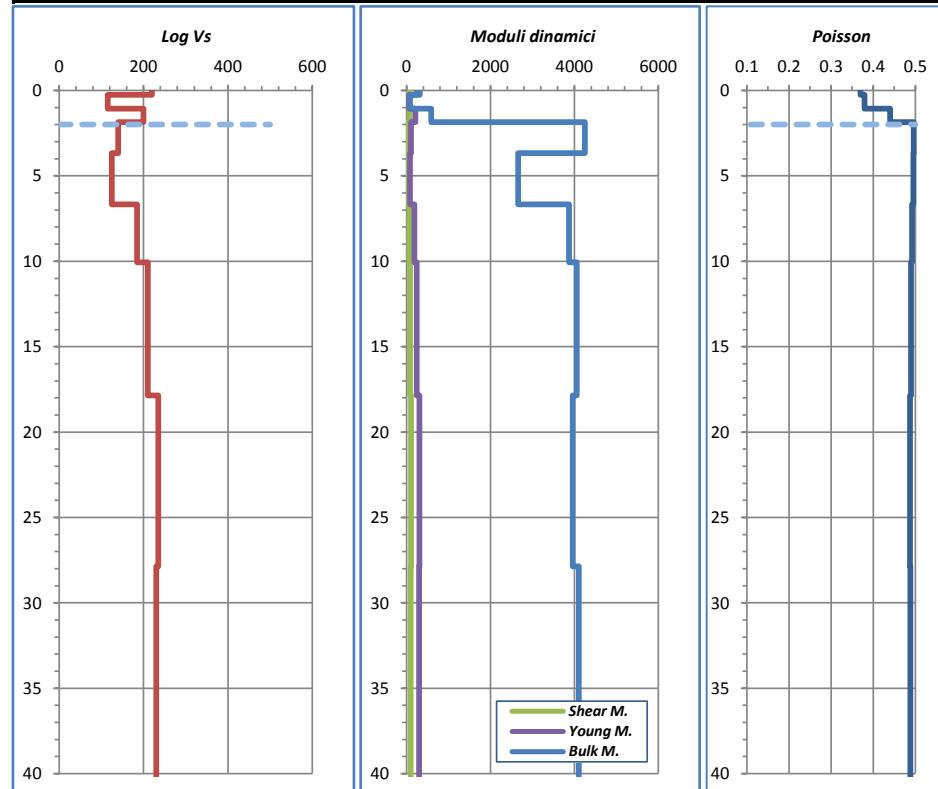
0081

layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	220	0.0	0.3	1.9	0.370	484	90	247	316
2	0.8	115	0.3	1.1	1.7	0.380	261	22	62	85
3	0.8	200	1.1	1.9	1.8	0.440	611	74	212	589
4	1.8	140	1.9	3.7	1.7	0.496	1571	34	102	4249
5	3.0	125	3.7	6.7	1.7	0.495	1256	27	80	2662
6	3.4	185	6.7	10.1	1.8	0.492	1474	62	186	3871
7	7.8	210	10.1	17.9	1.9	0.490	1500	82	243	4054
8	10.0	235	17.9	27.9	1.9	0.487	1476	104	309	3957
9	33.0	230	27.9	60.9	1.9	0.488	1502	99	296	4109
10										
11										
12										



Committente Dott. Geol. Lica Niccoli
Lavoro Arhini Serchio
Ubicazione Serchio

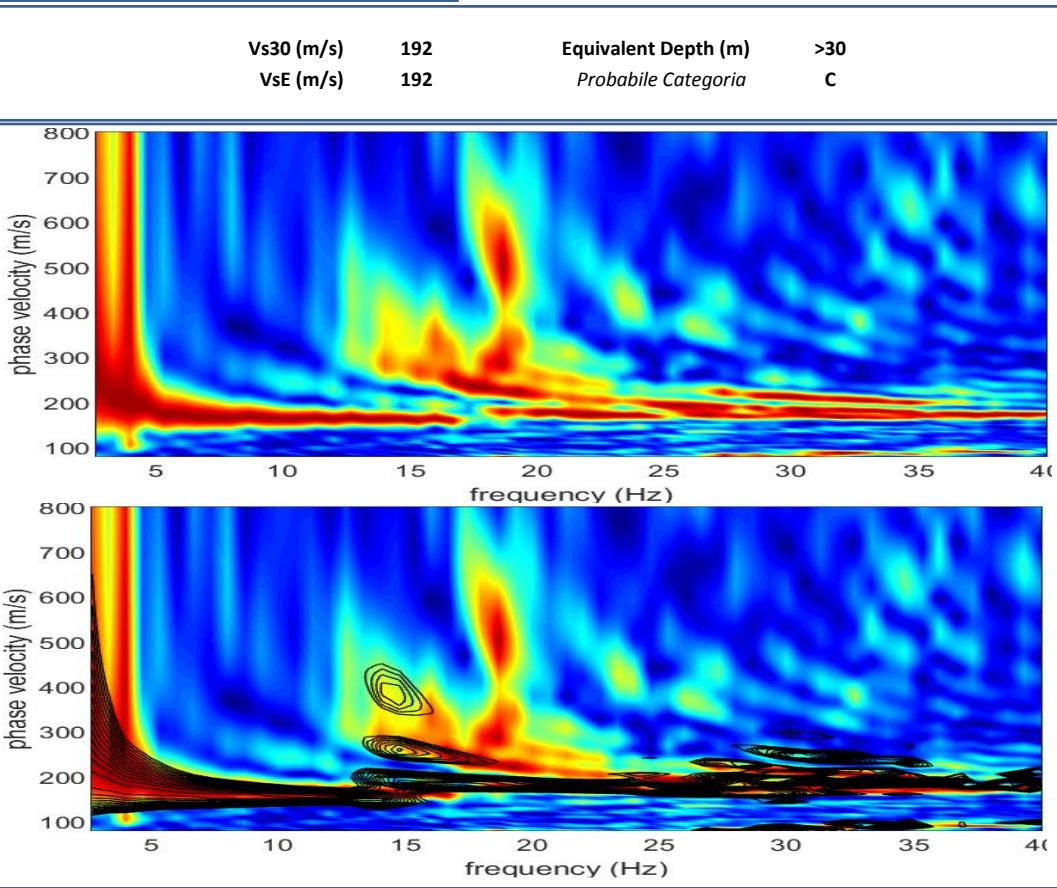
configurazione ch 14; x=5; m.o.=2.5
ricevitori geofoni freq. 4.5Hz
campionamento 500/1000ms
durata registrazione 1s
acquisizione ZVF+RVF
modellazione Rayleigh+Love
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)
modello finale serchio2



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.

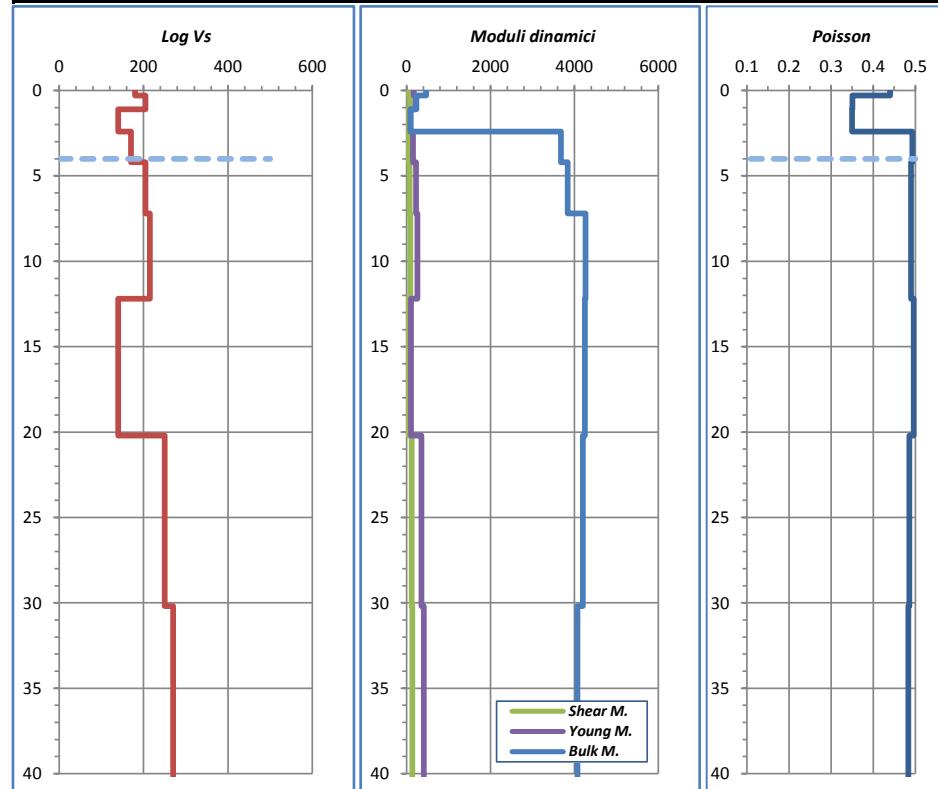
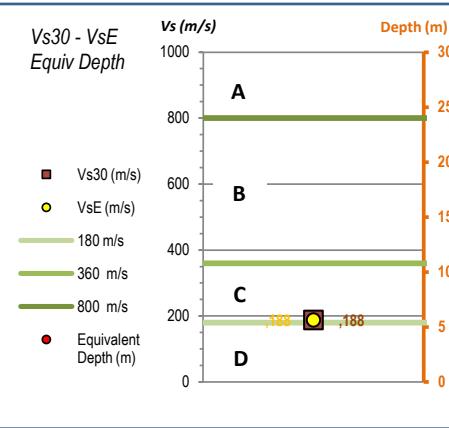


Confronto tra spettri sintetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: spettro di velocità di fase delle onde di Love (THF). Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0082

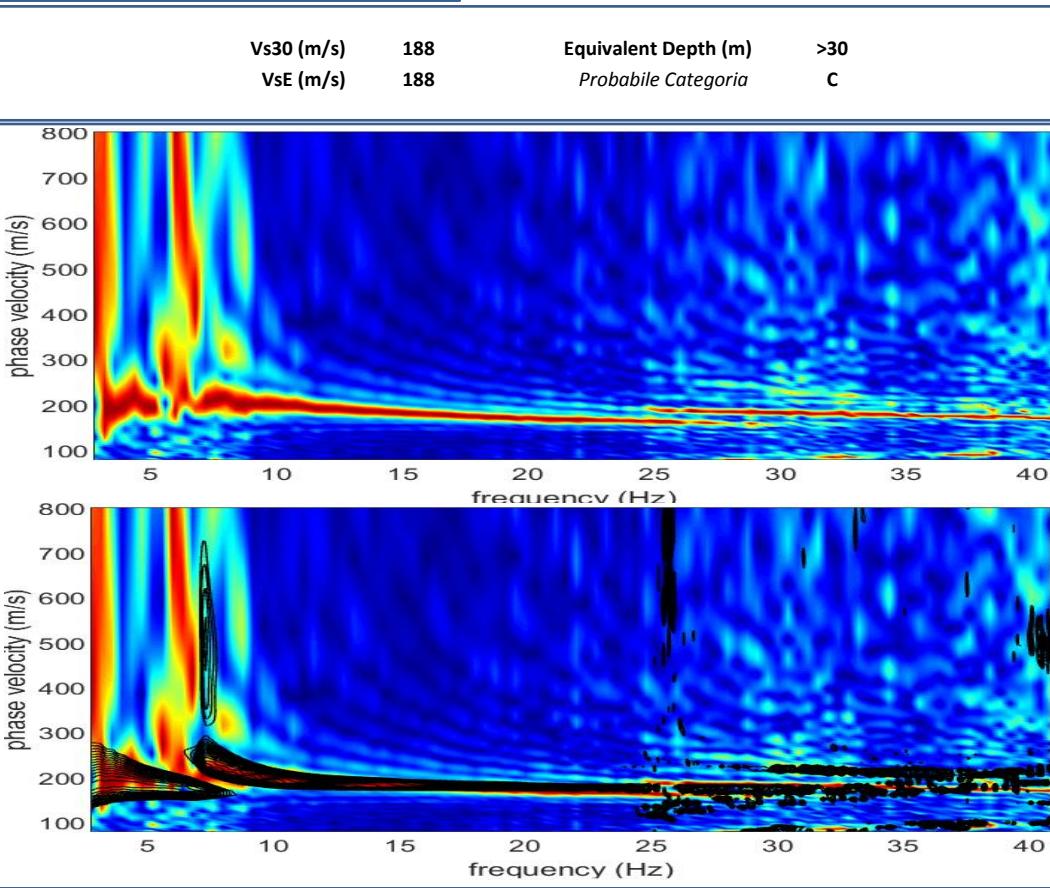
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	180	0.0	0.3	1.8	0.440	550	59	169	469
2	0.8	205	0.3	1.1	1.8	0.350	427	77	209	232
3	1.3	140	1.1	2.4	1.7	0.349	291	34	92	102
4	1.8	170	2.4	4.2	1.8	0.493	1447	52	154	3679
5	3.0	205	4.2	7.2	1.8	0.490	1464	77	230	3841
6	5.0	215	7.2	12.2	1.9	0.490	1535	86	256	4268
7	8.0	140	12.2	20.2	1.7	0.496	1571	34	102	4249
8	10.0	250	20.2	30.2	1.9	0.486	1515	119	353	4203
9	15.0	270	30.2	45.2	1.9	0.483	1489	140	415	4070
10										
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500\text{m/s}$.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh, componente orizzontale(RVF); Immagine inferiore: spettro di velocità di fase delle onde di Love (THF). Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Committente Dott. Geol. Lica Niccoli

Lavoro Argini Serchio

Ubicazione Serchio_5

configurazione ch 14; x=5; m.o.=2.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 500/1000ms

durata registrazione 1s

acquisizione RVF+THF

modellazione Rayleigh orizz.+Love

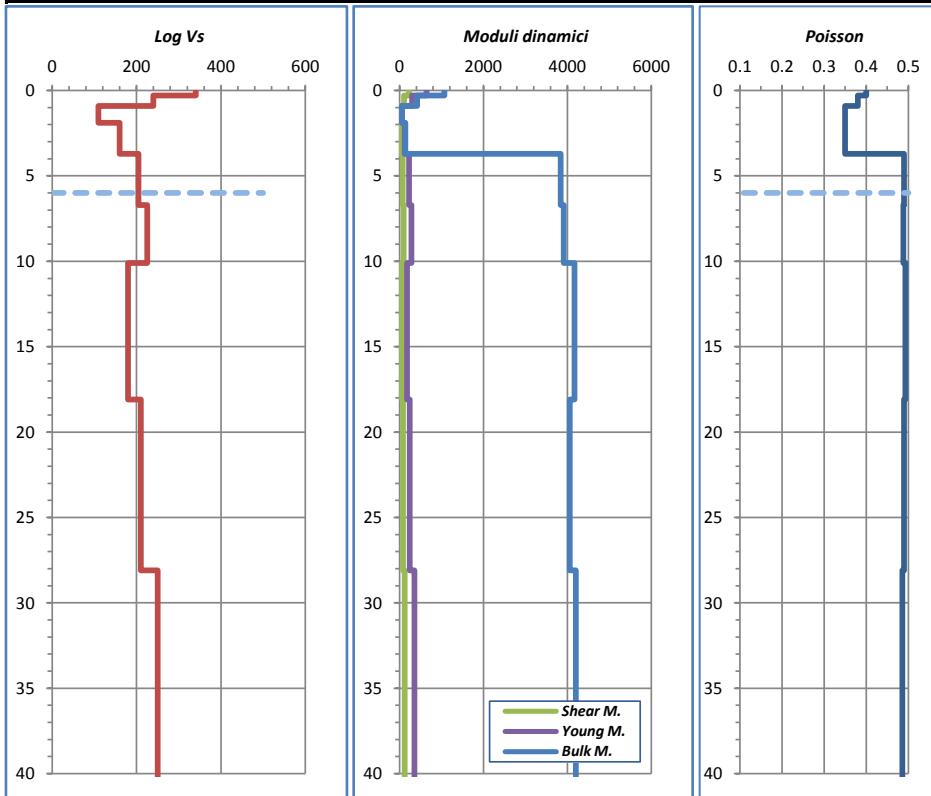
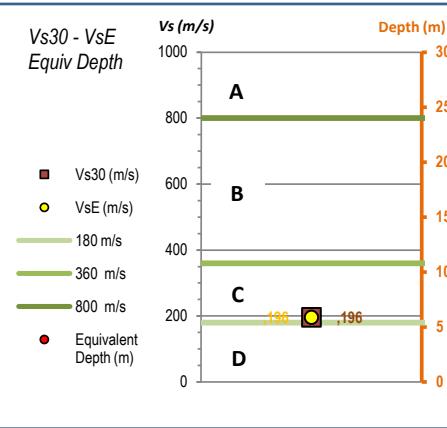
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

modello finale serchio5

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0083

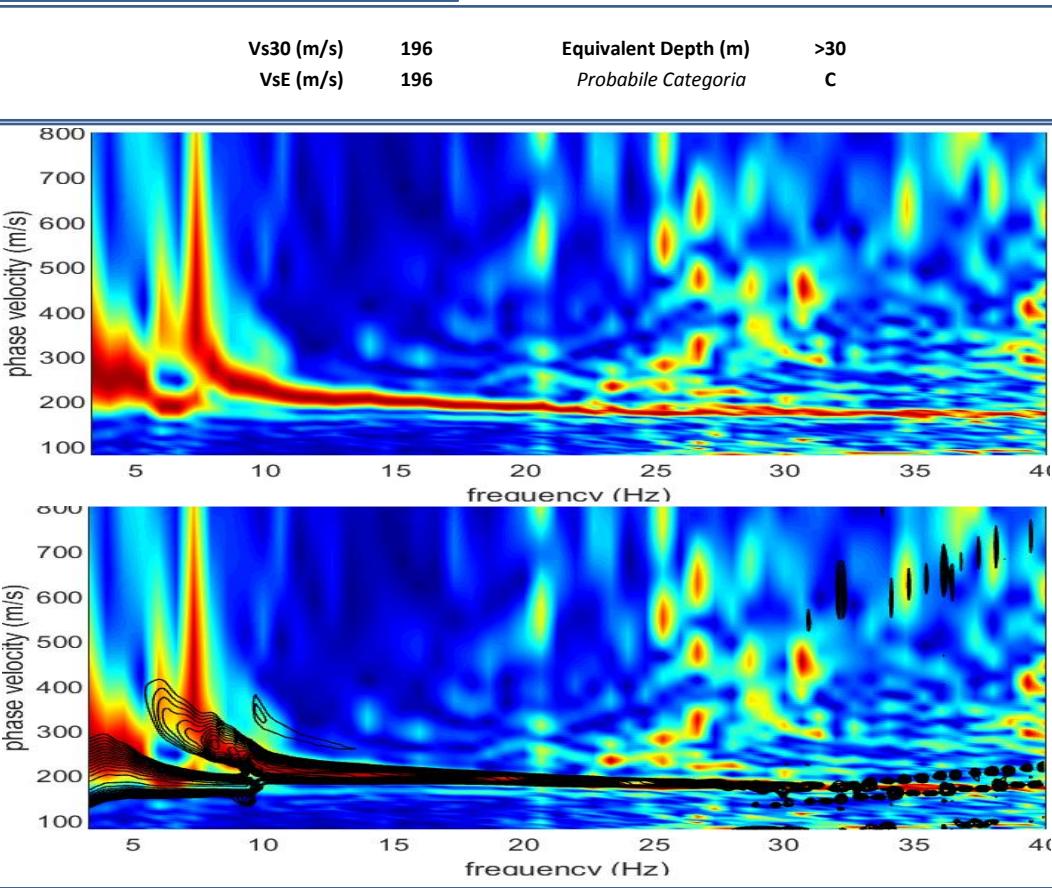
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	340	0.0	0.3	2.0	0.400	833	229	641	1069
2	0.6	240	0.3	0.9	1.9	0.380	546	109	301	418
3	1.0	110	0.9	1.9	1.7	0.350	229	20	55	61
4	1.8	160	1.9	3.7	1.8	0.350	333	46	123	137
5	3.0	205	3.7	6.7	1.8	0.490	1464	77	230	3841
6	3.4	225	6.7	10.1	1.9	0.488	1470	95	282	3915
7	8.0	180	10.1	18.1	1.8	0.493	1532	59	175	4170
8	10.0	210	18.1	28.1	1.9	0.490	1500	82	243	4054
9	33.0	250	28.1	61.1	1.9	0.486	1515	119	353	4203
10										
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni scolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Committente Dott. Geol. Lica Niccoli

Lavoro Argini Serchio

Ubicazione Serchio

configurazione ch 19; x=5; m.o.=2.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 500/1000ms

durata registrazione 1s

acquisizione THF

modellazione Love

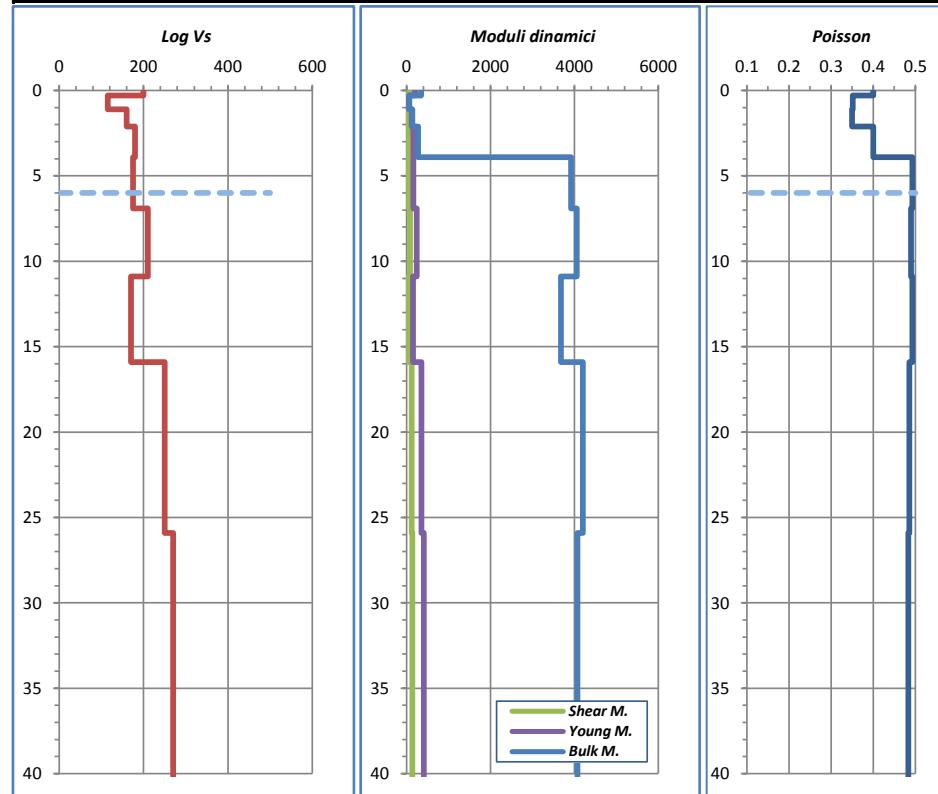
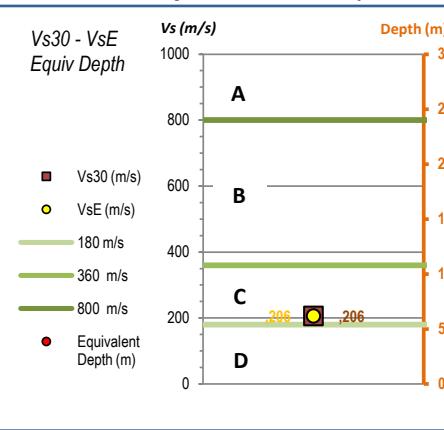
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

modello finale serchio6

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0084

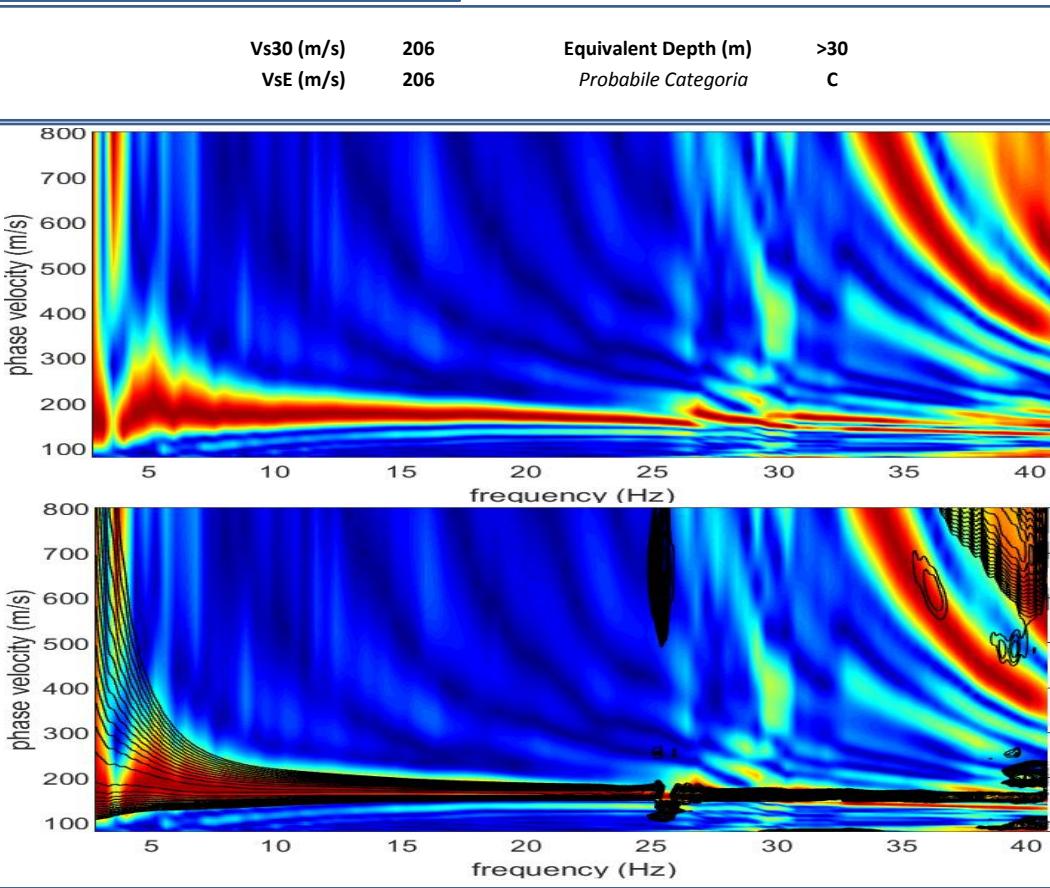
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	200	0.0	0.3	1.8	0.400	490	74	206	344
2	0.8	115	0.3	1.1	1.7	0.351	240	22	60	68
3	1.0	160	1.1	2.1	1.8	0.350	333	46	123	137
4	1.8	180	2.1	3.9	1.8	0.400	441	59	164	274
5	3.0	175	3.9	6.9	1.8	0.493	1489	55	165	3917
6	4.0	210	6.9	10.9	1.9	0.490	1500	82	243	4054
7	5.0	170	10.9	15.9	1.8	0.493	1447	52	154	3679
8	10.0	250	15.9	25.9	1.9	0.486	1515	119	353	4203
9	15.0	270	25.9	40.9	1.9	0.483	1489	140	415	4070
10	20.0	320	40.9	60.9	2.0	0.48	1495	202	595	4134
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni scolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp = 1500m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Committente Dott. Geol. Lica Niccoli

Lavoro Argini Serchio

Ubicazione Serchio

configurazione ch 10; x=5; m.o.=2.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 500/1000ms

durata registrazione 1s

acquisizione THF

modellazione Love

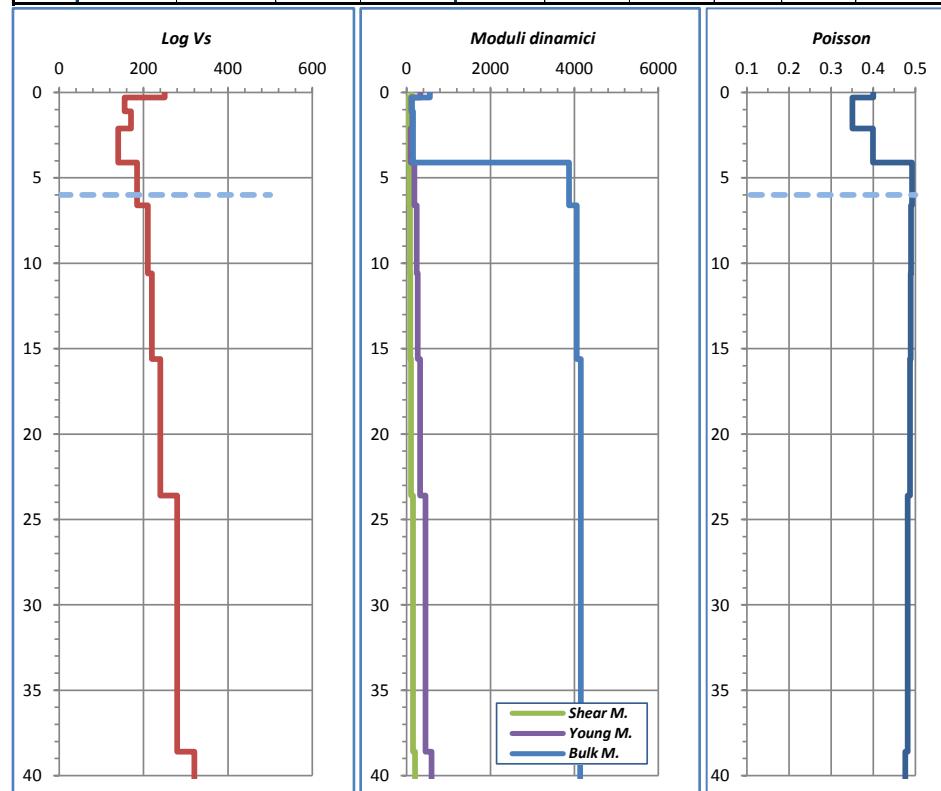
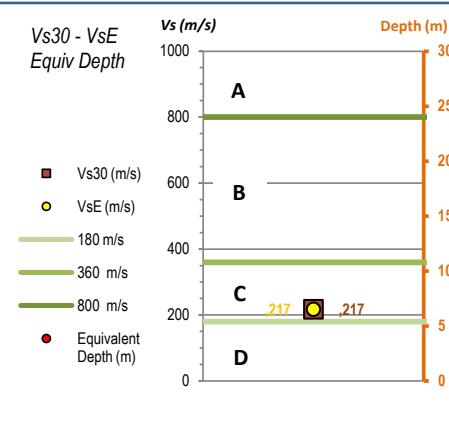
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

modello finale serchio7A

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0085

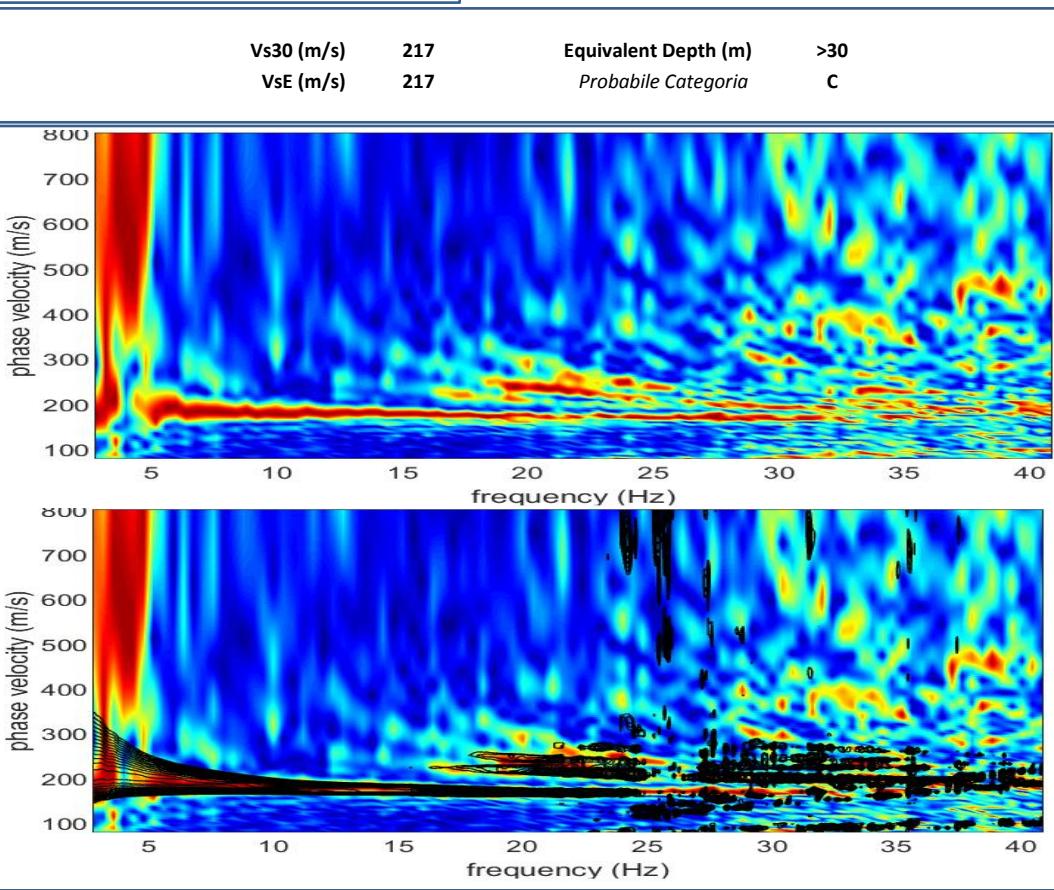
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	250	0.0	0.3	1.9	0.400	612	119	332	553
2	0.8	155	0.3	1.1	1.8	0.350	323	43	115	128
3	1.0	170	1.1	2.1	1.8	0.350	354	52	140	155
4	2.0	140	2.1	4.1	1.7	0.399	342	34	95	158
5	2.5	185	4.1	6.6	1.8	0.492	1474	62	186	3871
6	4.0	210	6.6	10.6	1.9	0.490	1500	82	243	4054
7	5.0	220	10.6	15.6	1.9	0.489	1499	90	268	4059
8	8.0	240	15.6	23.6	1.9	0.487	1508	109	324	4153
9	15.0	280	23.6	38.6	1.9	0.482	1502	151	448	4152
10	20.0	320	38.6	58.6	2.0	0.48	1495	202	595	4134
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni scolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione $Vp = 1500$ m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e esperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Committente Dott. Geol. Lica Niccoli

Lavoro Argini Serchio

Ubicazione Serchio

configurazione ch 24; x=5; m.o.=2.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 500/1000ms

durata registrazione 1s

acquisizione THF

modellazione Love

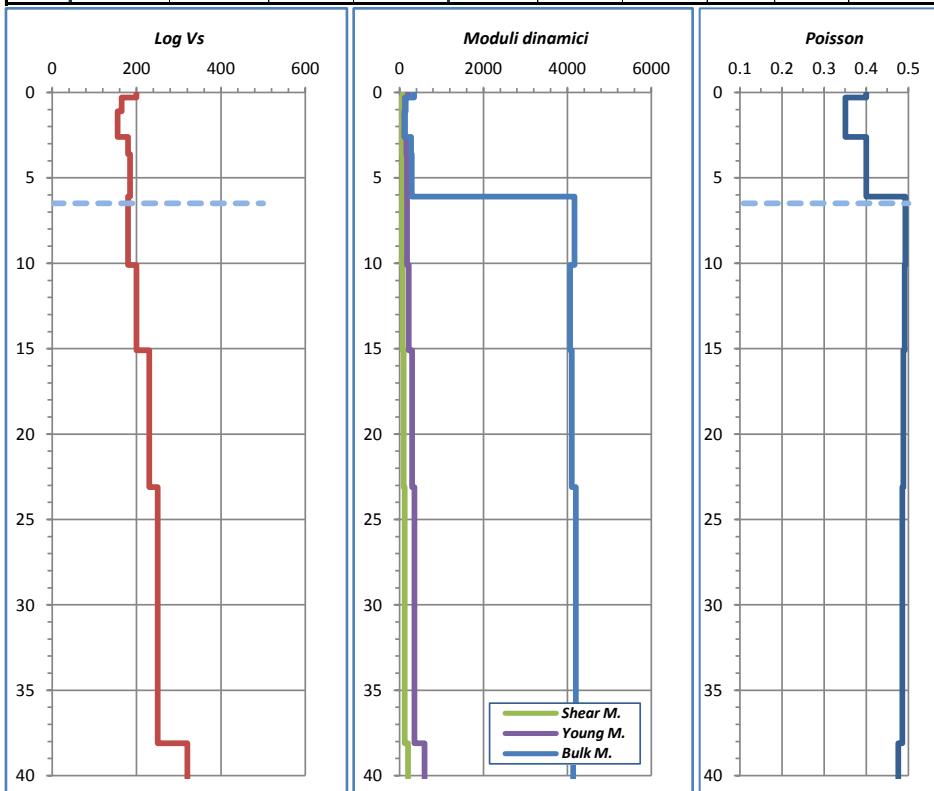
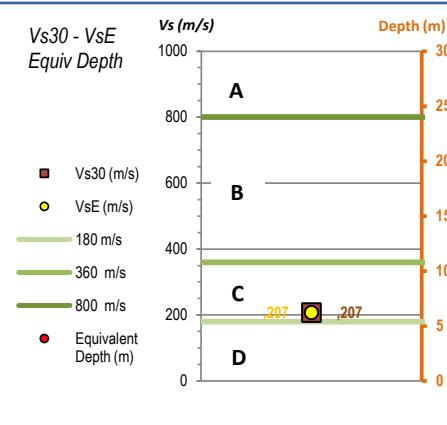
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

modello finale serchio8

Multichannel Analysis of Surface Waves - Modellazione mediante spettri sintetici (Full Velocity Spectrum approach)

0086

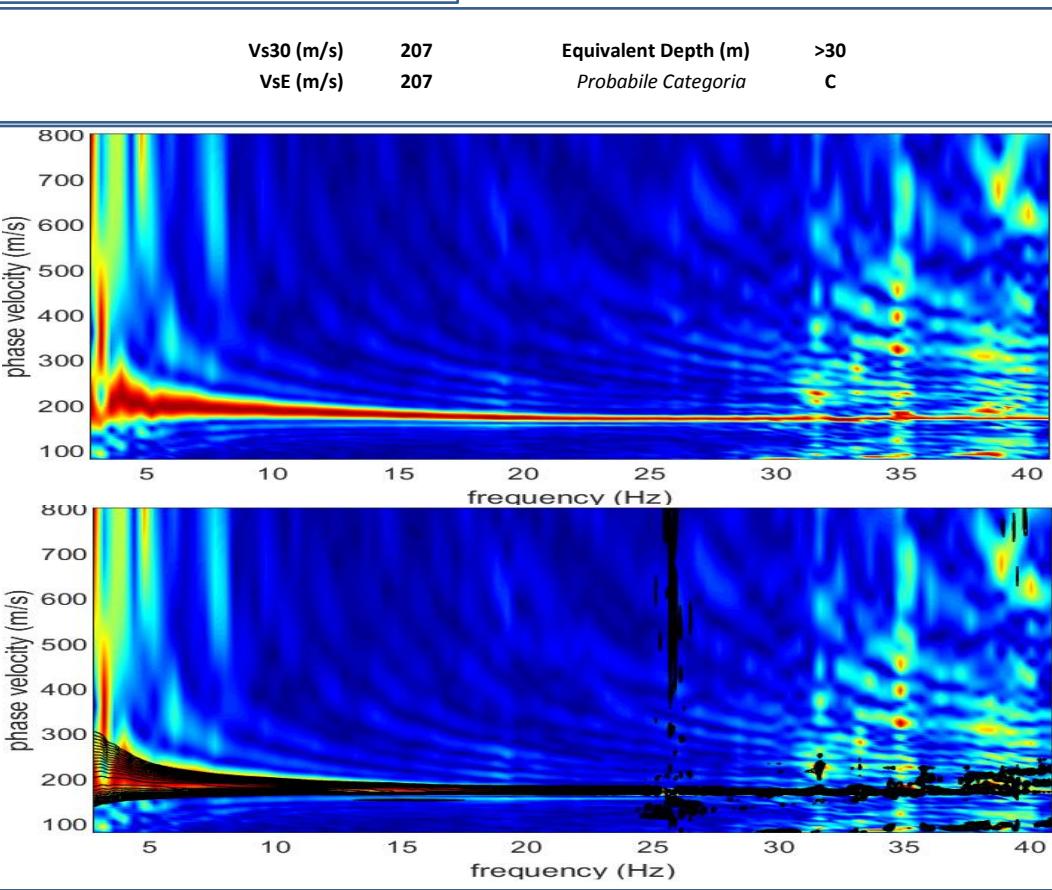
layer	h (m) (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm3)	Poisson (adim.)	Vp (m/s)	Shear G*	Young E*	Bulk M. k*
1	0.3	200	0.0	0.3	1.8	0.400	490	74	206	344
2	0.8	165	0.3	1.1	1.8	0.351	344	49	132	147
3	1.5	155	1.1	2.6	1.8	0.350	323	43	115	128
4	1.0	180	2.6	3.6	1.8	0.400	441	59	164	274
5	2.5	185	3.6	6.1	1.8	0.400	453	62	174	290
6	4.0	180	6.1	10.1	1.8	0.493	1532	59	175	4170
7	5.0	200	10.1	15.1	1.8	0.491	1504	74	219	4064
8	8.0	230	15.1	23.1	1.9	0.488	1502	99	296	4109
9	15.0	250	23.1	38.1	1.9	0.486	1515	119	353	4203
10	20.0	320	38.1		2.0	0.48	1495	202	595	4134
11										
12										



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp = 1500m/s.

Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density—the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.



Confronto tra spettri sintetici e esperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); Immagine inferiore: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

Committente Dott. Geol. Lica Niccoli

Lavoro Argini Serchio

Ubicazione Serchio

configurazione ch 24; x=5; m.o.=2.5

ricevitori geofoni freq. 4.5Hz

campionamento 500/1000ms

durata registrazione 1s

acquisizione THF

modellazione Love

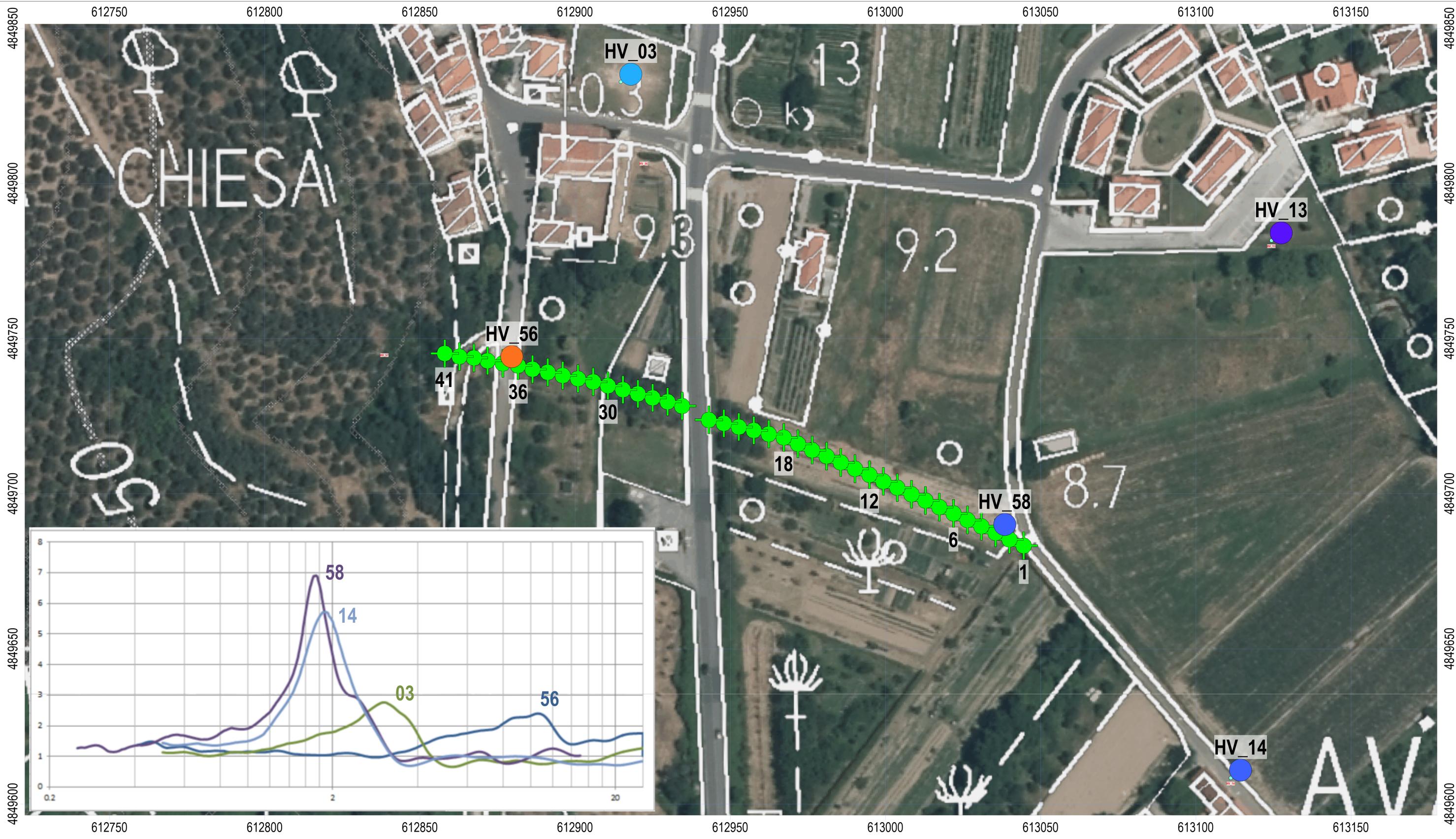
metodo di analisi Full Velocity Spectrum (FVS)

modello finale serchio9

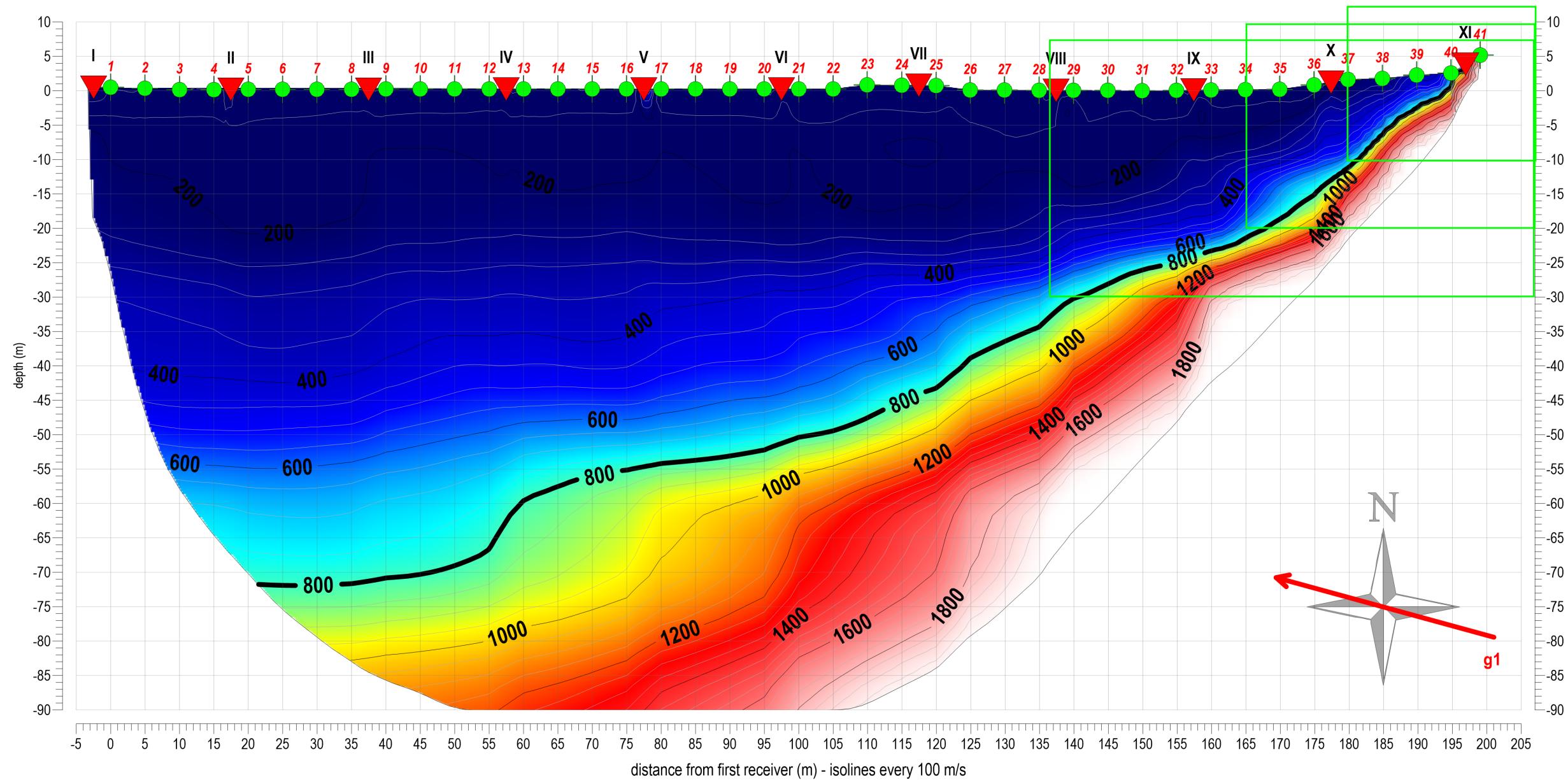
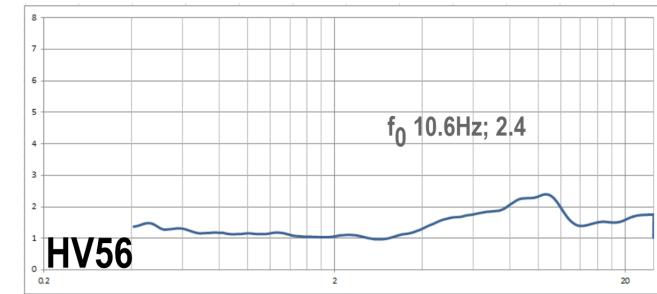
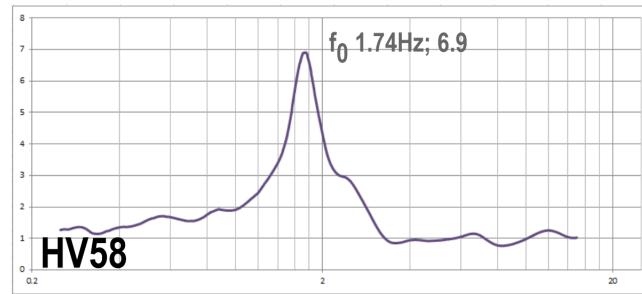
Ubicazione indagini
SRT_Vs

SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagini Geofisiche - Loc. Avane, Comune di VECCHIANO (PI)



Sistema di coordinate:
projection: UTM;
datum: WGS84_zone 32N
coordinates: m



Order informations

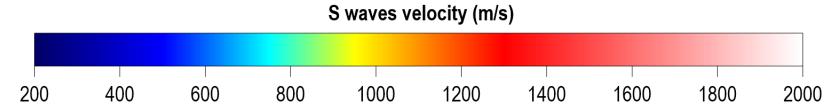
Customer: Amm.ne Comunale di Vecchiano
Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
Order num: MS_Vecchiano_SRT
Job reference: MS_Vecchiano_SRT

Data acquisition: 27 Marzo 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Graphic table redaction: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta

Technical features

S_waves
instrument: DAQLink III s.n.1132
channels: 41
geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz
geop.electr.s distance: x = 5.0m
shots position: 13. 20.0 m spaced
acquisition software: VScope 2.59
processing software: Rayfract, vers. 3.35
sequences: -

Chromatic scales



Legend

- Geophones
- Shots position
- refractor with classic methods (wavefront or plus-minus)
- Log Vs from MASW
- Other seismic line
- DL posizione
- DL profondità rifiuto

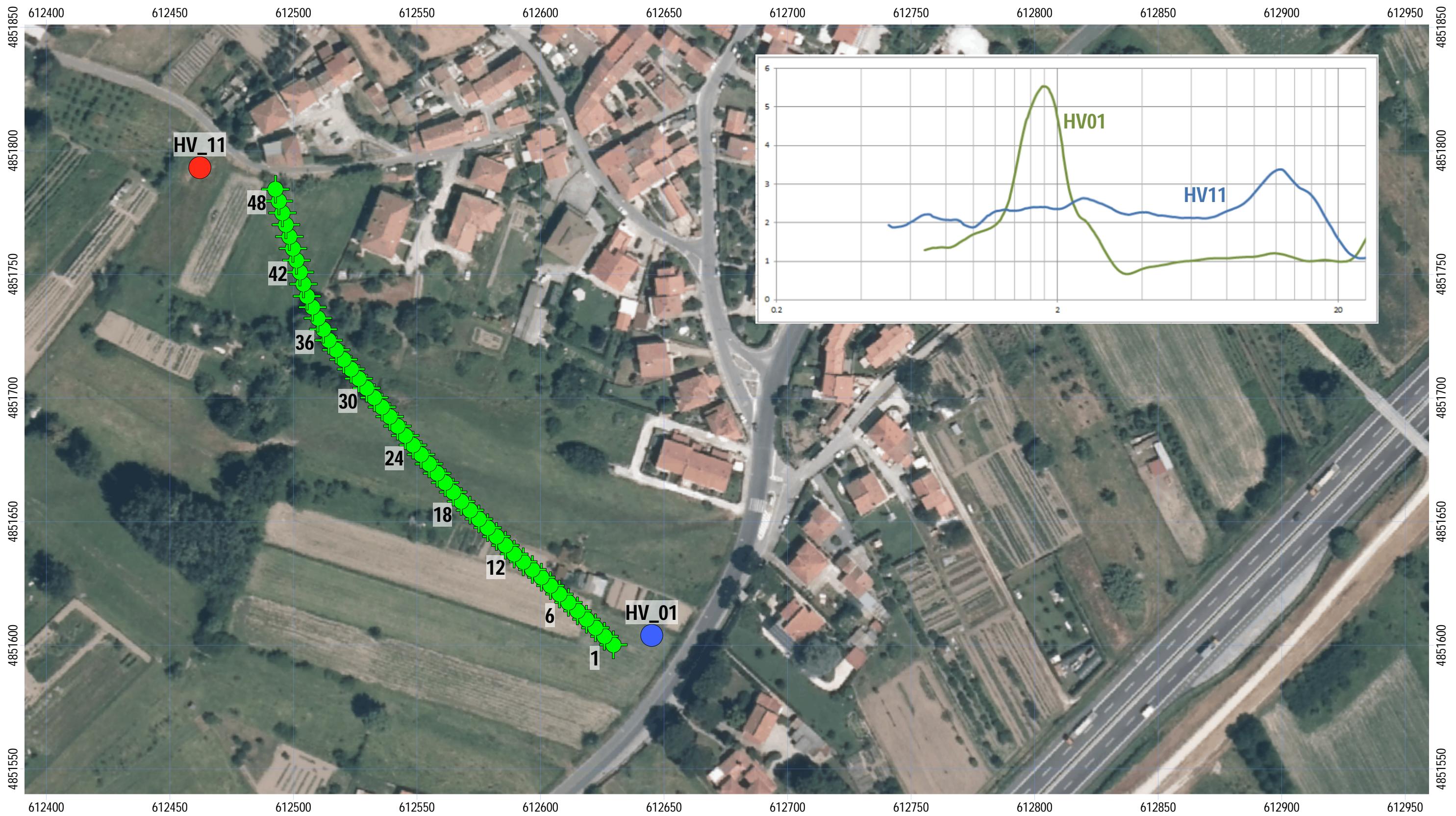
0089

first **b**reak
Near Surface Imaging Solution

Ubicazione indagini
SRT_Vs

SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagini Geofisiche - Loc. Filettole, Comune di VECCHIANO (PI)



Project info

Client: Amm.ne Comunale di Vecchiano
Richiedente: Dott. Geol. Roberto Balatri
Numero d'ordine: MS_Vecchiano_SRT
Riferimento lavoro: MS_Vecchiano_SRT

Acquisizione dati: 27 Marzo 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Report: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta

Technical features

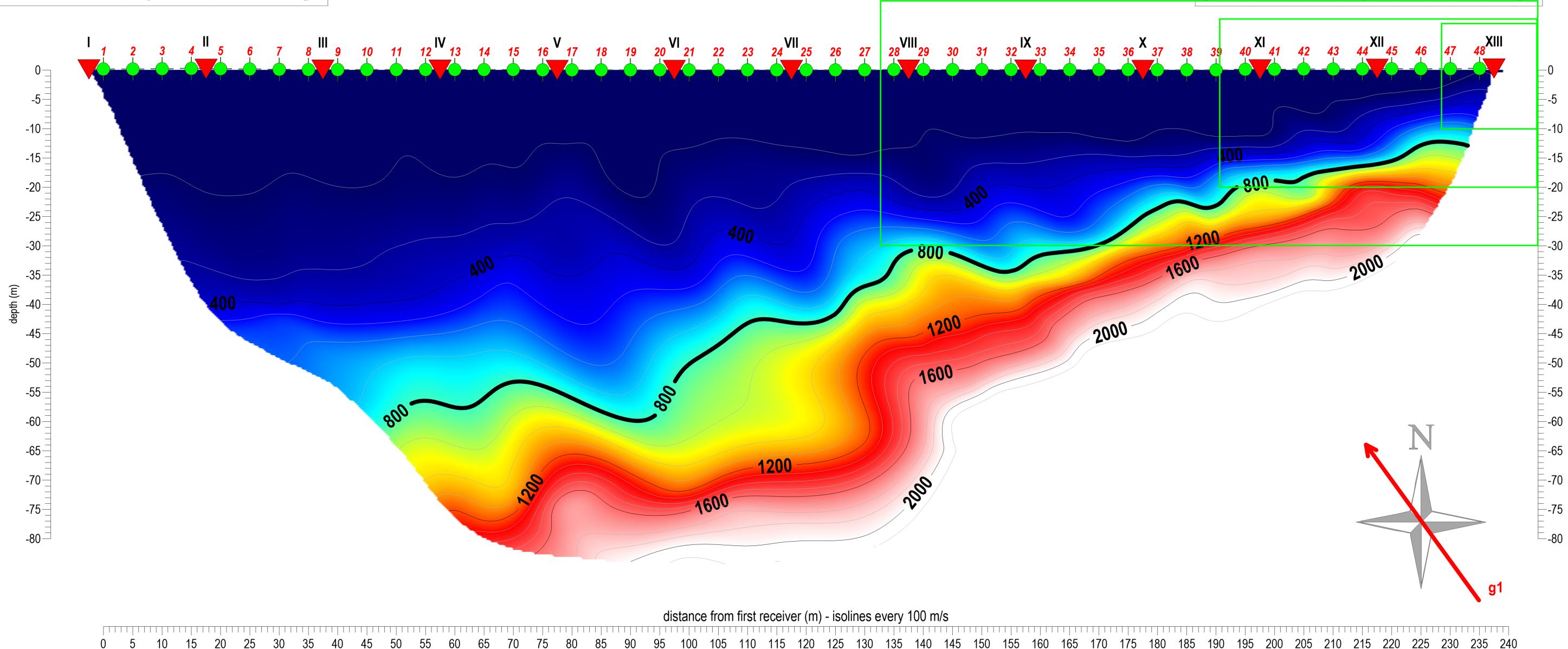
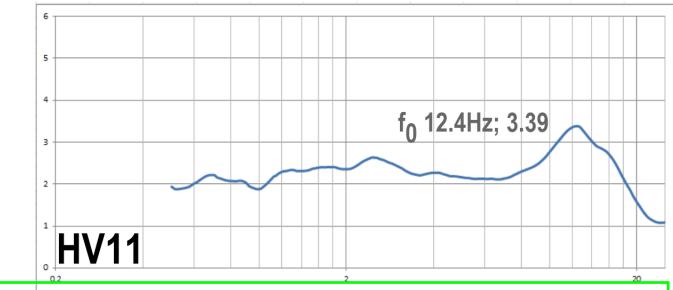
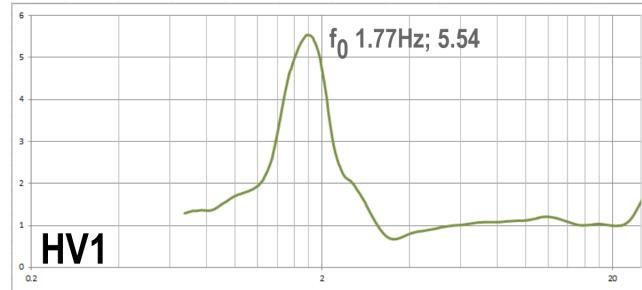
S_waves
strumento: DAQLink III s.n.1132
canali attivi: 41
canali totali: horizontal, 4.5Hz
geofoni/electrodi: x = 5.0m
interdistanza geof/elettr.: 13, 20.0 m spaced
posizione shots: VScope 2.59
software di acquisizione: Rayfract, vers. 4.03
software di elaborazione: -

Legenda

- Ricevitori linea 1
- Registrazioni HV

Scala 1:1200
0 20 40 60 80 100

Sistema di coordinate:
projection: UTM;
datum: WGS84_zone 32N
coordinates: m



Order informations

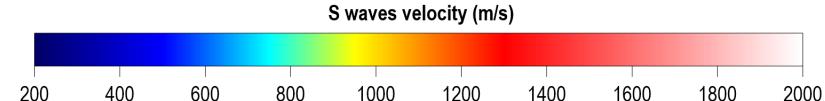
Customer: Amm.ne Comunale di Vecchiano
Requested from: Dott. Geol. Roberto Balatri
Order num: MS_Vecchiano_SRT
Job reference: MS_Vecchiano_SRT

Data acquisition: 27 Marzo 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Data processing: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta
Graphic table redaction: 06 Aprile 2023 - Dott. Luigi Allacorta

Technical features

S_waves
instrument: DAQLink III s.n.1132
channels: 48
geophones/electrodes: horizontal, 4.5Hz
geop./electr.s distance: $x = 5.0m$
shots position: 13, 20.0 m spaced
acquisition software: VScope 2.59
processing software: Rayfract, vers. 3.35
sequences: -

Chromatic scales

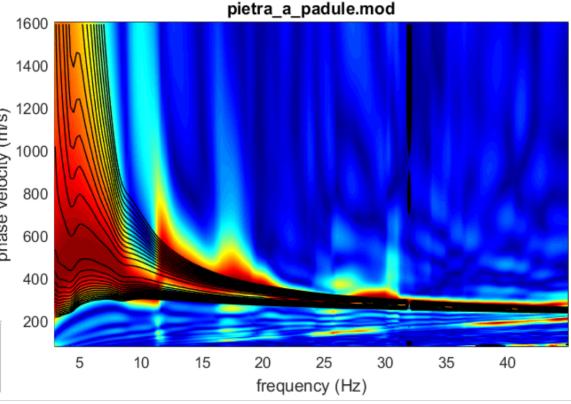
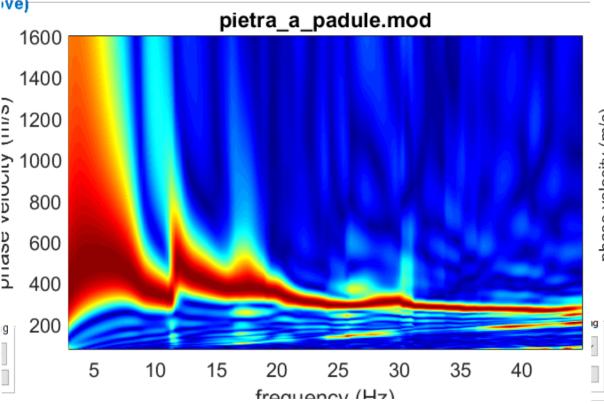
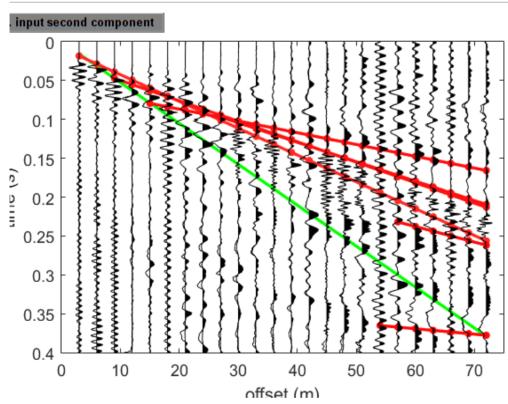
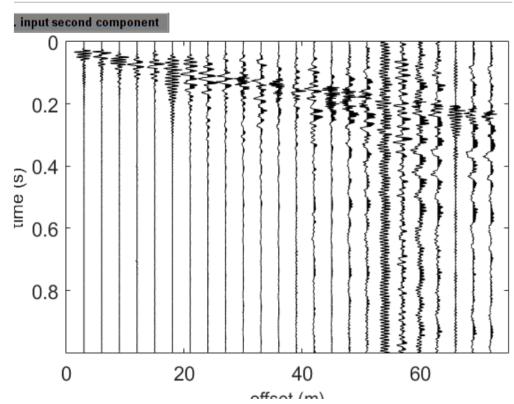
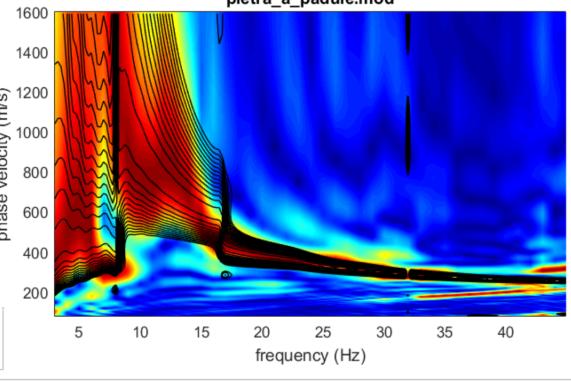
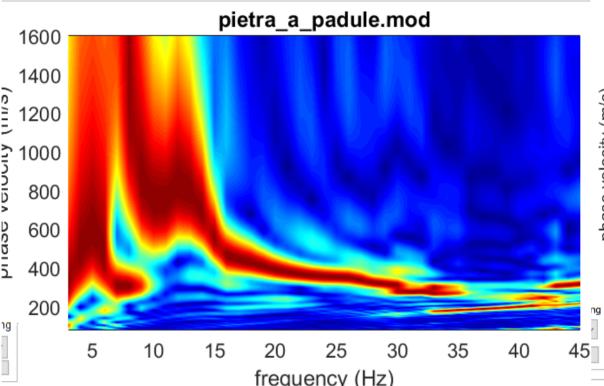
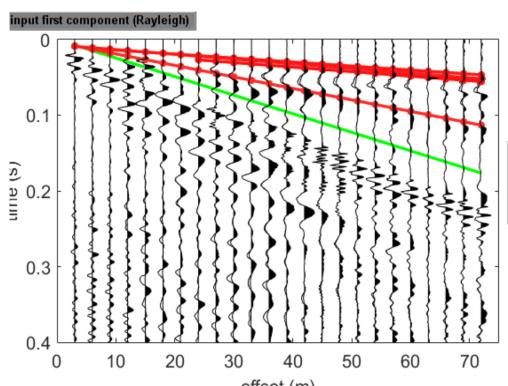
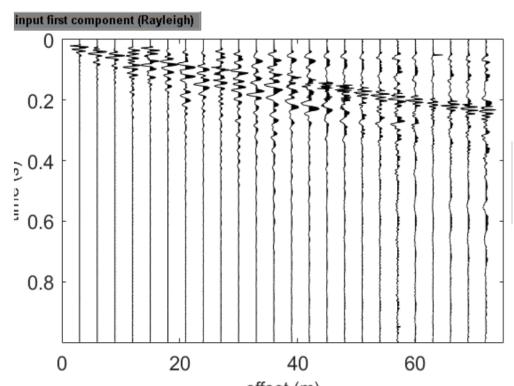


Legend

- Geophones
- Shots position
- refractor with classic methods (wavefront or plus-minus)
- Log Vs from MASW
- Other seismic line
- DL posizione
- DL profondità rifiuto

Multichannel Analysis of Surface Waves

inversione congiunta degli spettri della velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love mediante modellazione Full Velocity Spectra



sx: sismogrammi **common shot gather** a 24 tracce (rappresentazione del dato acquisito nel dominio spazio-tempo), relativi all'acquisizione finalizza alla registrazione delle onde di Rayleigh (componente verticale), ed alle onde di Love. Registrazioni ottenute per stack verticale di un numero minimo di 4 energizzazioni eseguite con mazza da 8kg, impatto verticale su piastra in acciaio per le Rayleigh (ZVF), impatto laterale su traversina di legno per le Love (THF). **dx:** ingrandimento sui primi arrivi rifratti con proiezione delle dromocronie sintetiche relative al modello sismo-stratigrafico ipotizzato. Il modulo di Poisson viene assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno (stima indicativa), mentre per gli strati più superficiali viene calibrato per riprodurre i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni scolti saturi, il modulo Poisson viene calcolato per soddisfare la condizione $V_p = 1500 \text{ m/s}$.

sx: dati sperimentali, spettri delle velocità di fase delle onde di Rayleigh (alto) e Love (basso); **dx:** spettri sintetici ottenuti per modellazione diretta mediante analisi FVS (full velocity spectrum) delle velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love (contouring nero), a confronto per sovrapposizione con i rispettivi spettri sperimentali (in scala colori).

MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO

Layer	h (m)	Vs (m/s)	top (m)	bottom (m)	Density (g/cm³)	Poisson (adim.)
1	0.2	190	0.0	0.2	1.8	0.36
2	0.7	180	0.2	0.9	1.8	0.36
3	0.9	290	0.9	1.8	1.9	0.38
4	2.1	275	1.8	3.9	1.9	0.48
5	3.0	380	3.9	6.9	2.0	0.48
6	4.2	430	6.9	11.1	2.1	0.43
7	5.0	640	11.1	16.1	2.2	0.41
8	8.0	560	16.1	24.1	2.1	0.39
9	410	24.1		2.0	0.38	

Modello sismostratigrafico: descrizione in termini di velocità e spessori della colonna sismo-stratigrafica. Gli strati profondi (prof.>30-35m) hanno valore puramente indicativo non essendo sufficientemente vincolabili, tuttavia risultano utili a guidare l'inversione verso un insieme di soluzioni geologicamente plausibili, escludendo quelle non compatibili con il contesto geologico.

Densità secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770-780.

Configurazione di acquisizione

strumento: DAQLink III
canali: 24
sensori: vertical, horizontal 4.5Hz
intertraccia sensori: x = 5.00 m
posizioni di scoppio: -5.0m
software di elaborazione: WinMasw Acd 2019

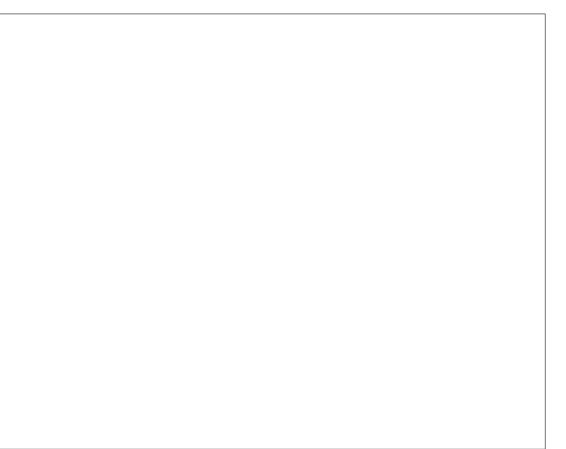
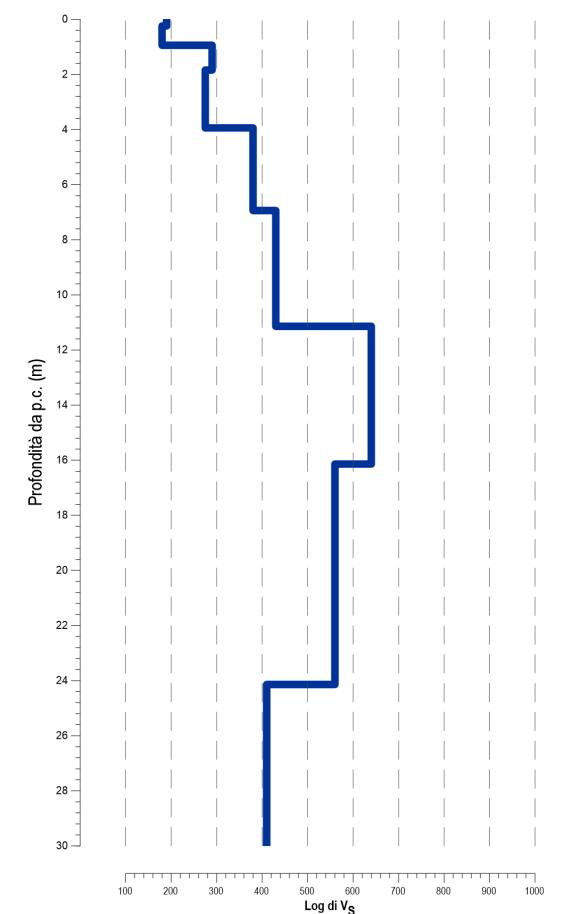
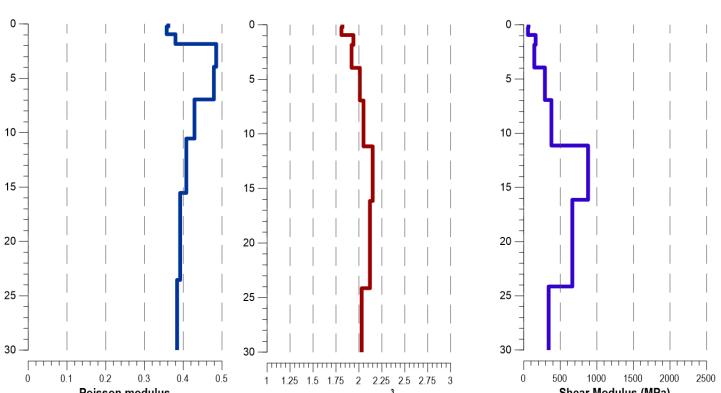
V_{Seq} (m/s) -
 VS_{30} (m/s) 429

Profondità equivalente (m) >30

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

Categoria di sottosuolo: ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (NTC2018 - DM del 17-01-18), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s)

MODULI DINAMICI



Info Commessa

Commessa: Pietra a Padule
Committente: Comune di vecchiano

Sito: Via Pietra a Padule, Comune di Vecchiano (LU)
Oggetto: sismica a rifrazione onde P+S

Strumentazione

sismografo: Seismic Source DAQLink IV
sensori: velocimetri verticali freq. 4.5Hz
sorgente: mazza 8kg

Acquisizione

data esecuzione: novembre 2023
operatore: Allacorta/Caputo

durata registrazione: 1.0s
campionamento: 500ms (2000Hz)
numero sensori: 24
intertraccia: 3.0 m
punti di sparo: 2

Data processing

elaborazione: Dott. Luigi Allacorta
data elaborazione: novembre 2023
metodo di analisi: MASW

software: WinMasw
versione:

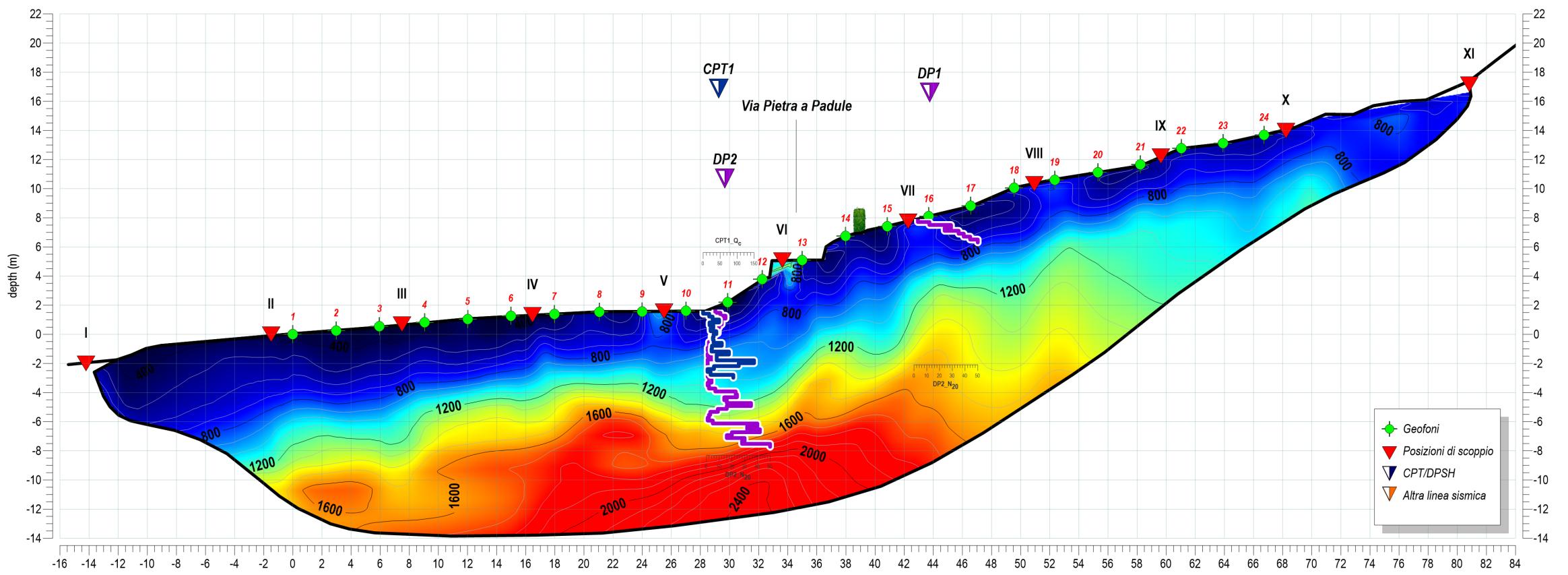
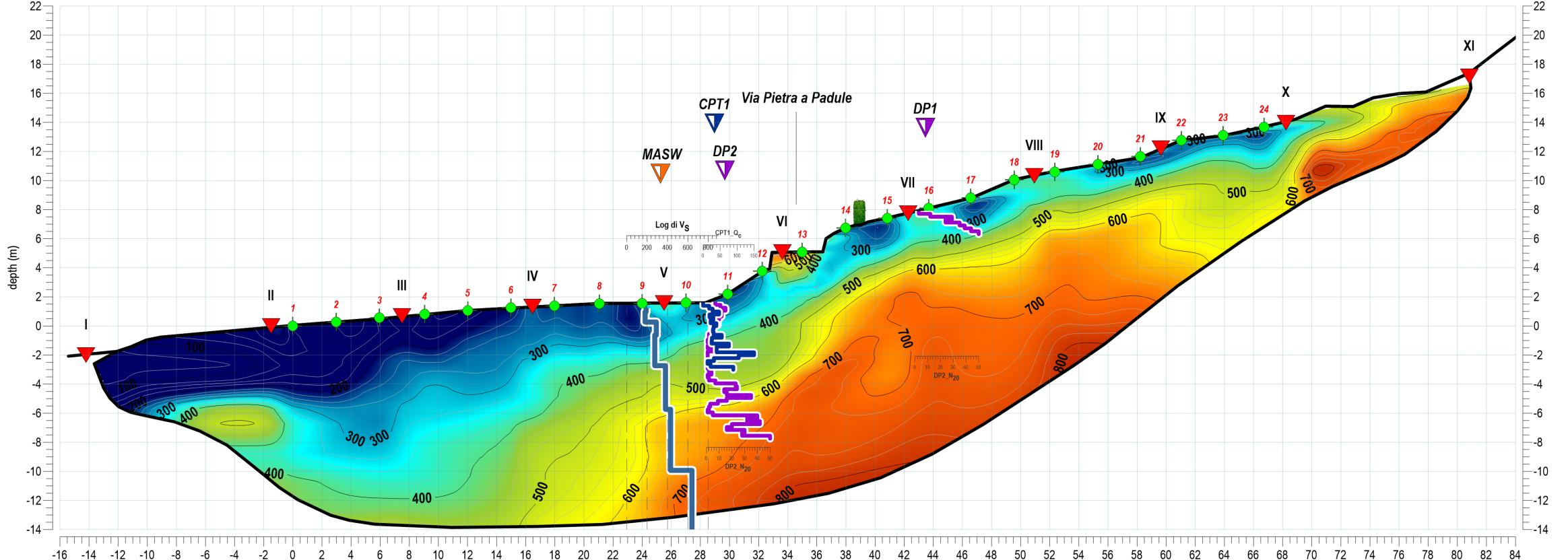
0090

first break

Advanced Geophysical Services
impresa individuale di Luigi Allacorta - Cod. Fisc. LLCLGU74C12B22Y e P.IVA 01392390454
email: luigi@near-surface.com - p.e.c. luigi@near-surface.com - Mob. +39.320.8547970
Sede Legale: Viale della Repubblica, 70 - 54100 Massa (MS)
Ufficio: Viale E. Chiesa, 70 - 54100 Massa (MS)

SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagine sismica a rifrazione in onde di compressione (P) e taglio (S) mediante elaborazione tomografica



VIA PIETRA A PADULE - Line 1_ond P+S

Info Commissa

Commissa: Pietra a Padule
Committente: Comune di vecchiano
Sito: Via Pietra a Padule, Comune di Vecchiano (LU)
Oggetto: sismica a rifrazione onde P+S

Strumentazione

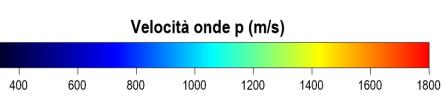
sismografo: DAQLink 4
sensori: velocimetri orizzontali freq. 4.5Hz
sorgente: trave +mazza 8kg

Acquisizione

data esecuzione: novembre 23
operatore: Allacorta/Caputo
durata registrazione: 1.0s
campionamento: 250ms (4000Hz)
numero sensori: 24
intertracca: 3.0m
punti di sbarco: 11

Data processing

elaborazione: Dott. Luigi Allacorta
data elaborazione: novembre 2023
metodo di analisi: tomografia



Ubicazione indagini
SRT_Vs

SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)
Indagini Geofisiche - Loc. Castellaccio - Filettolo, comune di Vecchiano (PI)



Project info

Clienter: Comune di Vecchiano
Richiedente:
Numero d'ordine: Frana_Filettolo
Riferimento lavoro: Frana_Filettolo
Acquisizione dati: 03 Ottobre 2022 _ Dott. Luigi Allacorta/Dott. Geol. Caputo
Data processing: 10 Ottobre 2022 _ Dott. Luigi Allacorta
Report: 10 Ottobre 2022 _ Dott. Luigi Allacorta

Technical features

S_waves
strumento: DAQLink IV s.n.2407
canali attivi: 24
canali totali: horizontal, 4.5Hz
geofoni/eletrodi: x = 2.50 m
interdistanza geof/elettr.: 9, 9.0 m spaced
posizione shots: VScope 2.59
software di acquisizione: Rayfract, vers. 4.02
software di elaborazione: -

Legenda

- Geofoni linea SRT_S
- ▼ Punti di scoppio
- ◆ CPT
- Geoelettrica 2012 (ERT)

Scala 1:400

Sistema di coordinate:
projection: UTM;
datum: WGS84_zone 17S
coordinates: m

SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

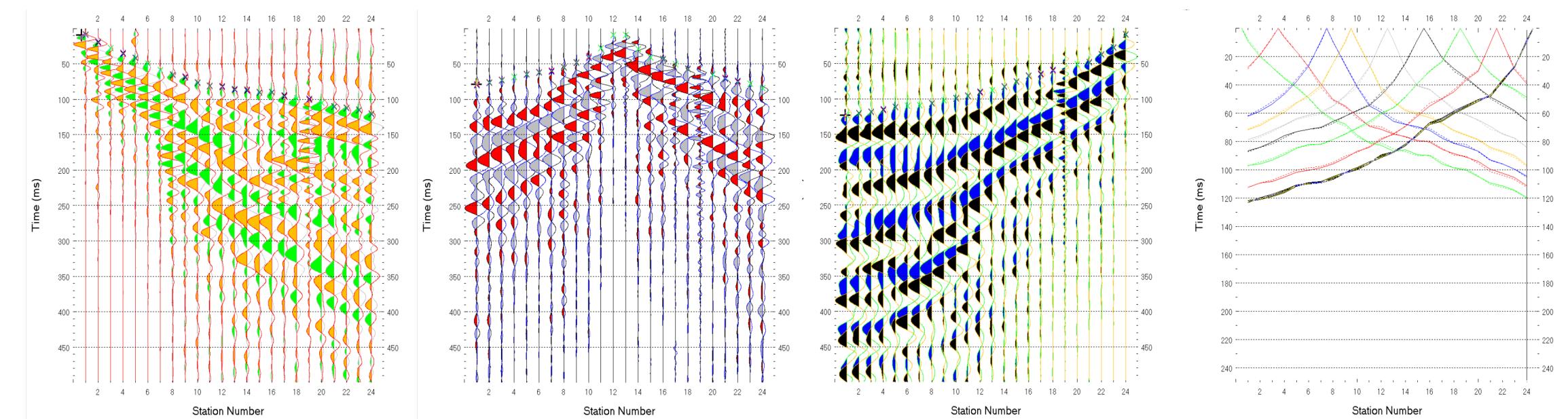
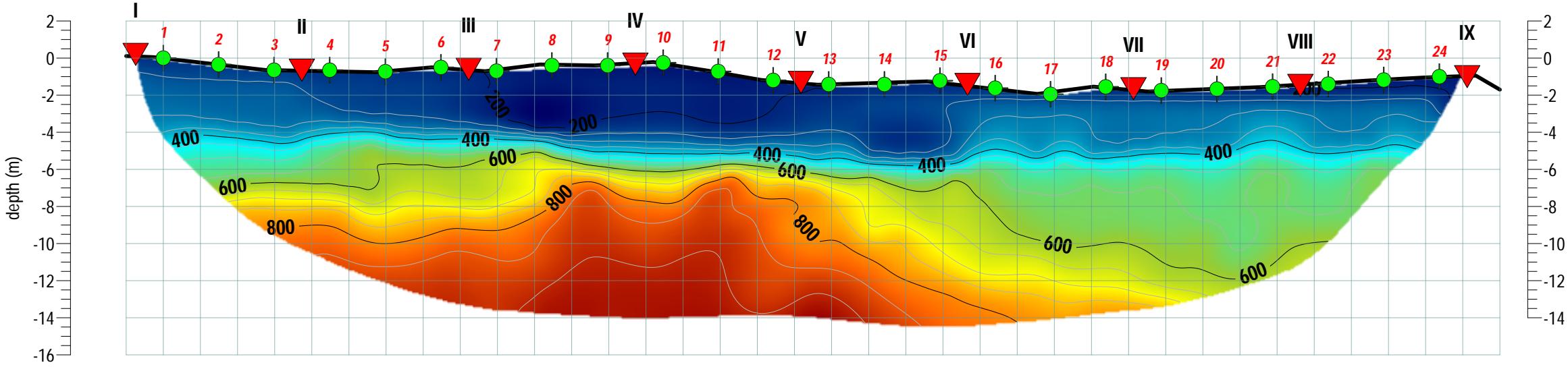
Indagine sismica a rifrazione in onde di taglio (S) mediante elaborazione tomografica

first break

Advanced Geophysical Services

e-mail luigi@near-surface.com - p.e.c. luigi@pec.near-surface.com - Mob. +39.320.8547970
impresa individuale del Dott. Luigi Allacorta - Cod. Fisc. LLLCLGU74C121622Y e P.IVA 01392390454
email luigi@near-surface.com - p.e.c. luigi@pec.near-surface.com - Mob. +39.320.8547970
Sede Legale: Viale della Repubblica, 70 - 54100 Massa (MS)
Ufficio: Viale E. Chiesa, 70 - 54100 Massa (MS)

SRT Via Cavallana - Line 1_onde S



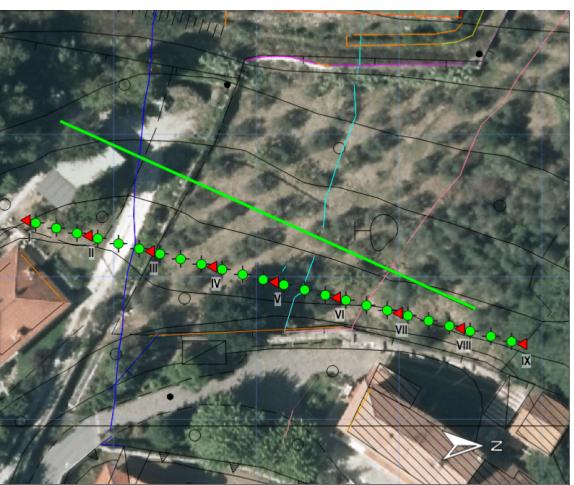
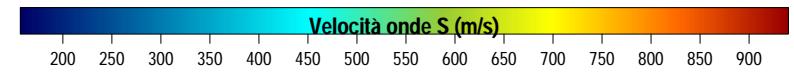
Legenda

Geofoni
Posizioni di scoppio

Altre linee sismiche
Sondaggi a carotaggio
Prove penetrometriche

Rifrattore con metodi classici (GRM o plus-minus)
Log Vs da metodi MASW

Traveltimes osservate (picking)
Traveltimes sintetiche (raytraced traveltimes)



Info Commissa

Commissa: Frana_Filettole
Committente: Comune di Vecchiano
Sito: Loc. Castelletto, Filettole
Oggetto: Frana Filettole

Strumentazione

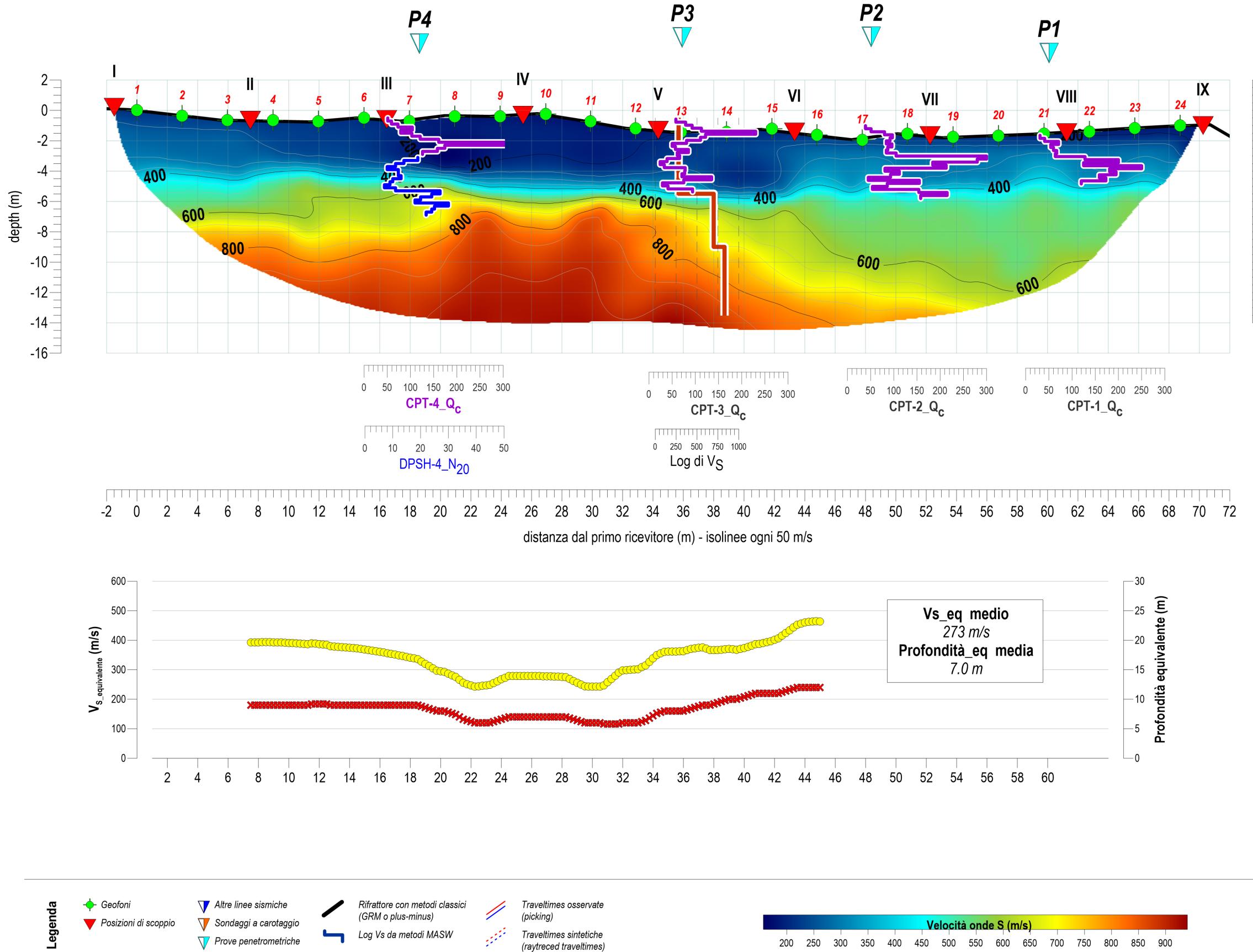
sismografo: Seismic Source DAQLink IV
sensori: velocimetri orizzontali freq. 4.5Hz
sorgente: mazza 8kg - trave in legno

Acquisizione

data esecuzione: 03 ottobre 22
operatore: Dott. Geol. Dorian Caputo
durata registrazione: 1.0s
campionamento: 250ms (4000Hz)
numero sensori: 24
interfaccia: 2.5 m
punti di sbarco: 9

Data processing

elaborazione: Dott. Luigi Allacorta
data elaborazione: 10 ott 2022
metodo di analisi: tomografia
software: Rayfract
versione: 4.02



Info Commissa

Commissa: Frana_Filettole
 Committente: Comune di Vecchiano
 Sito: Loc. Castelletto, Filettole
 Oggetto: Frana Filettole

Strumentazione

sismografo:
 sensori:
 sorgente:

Acquisizione

data esecuzione: 03 ottobre 22
 operatore: Dott. Geol. Doriane Caputo
 durata registrazione: 1.0s
 campionamento: 250ms (4000Hz)
 numero sensori: 24
 intertraccia: 2.5 m
 punti di sbarco: 9

Data processing

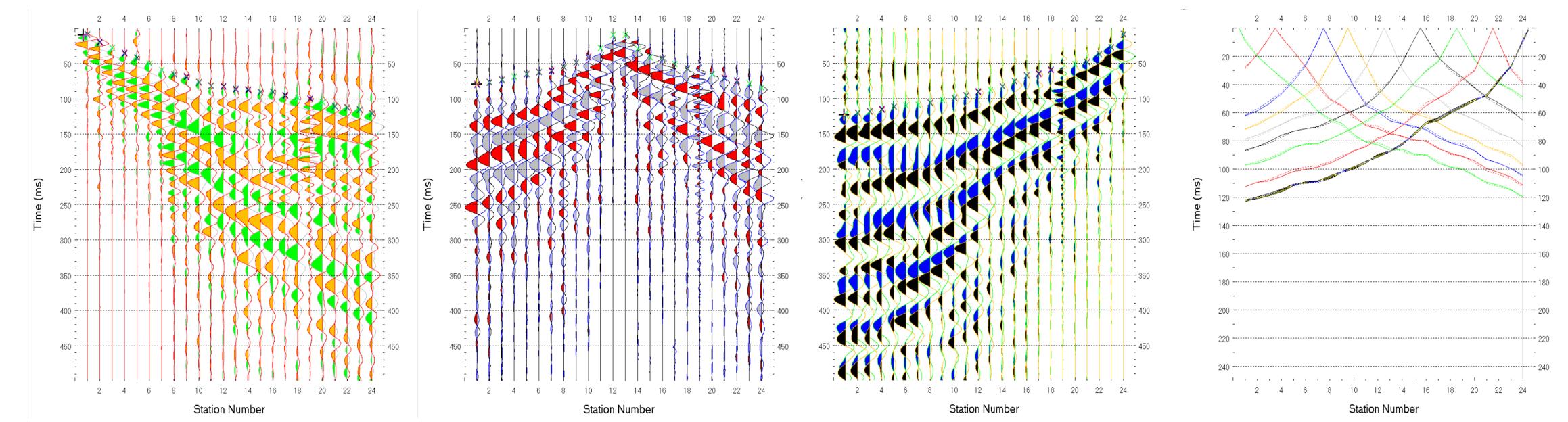
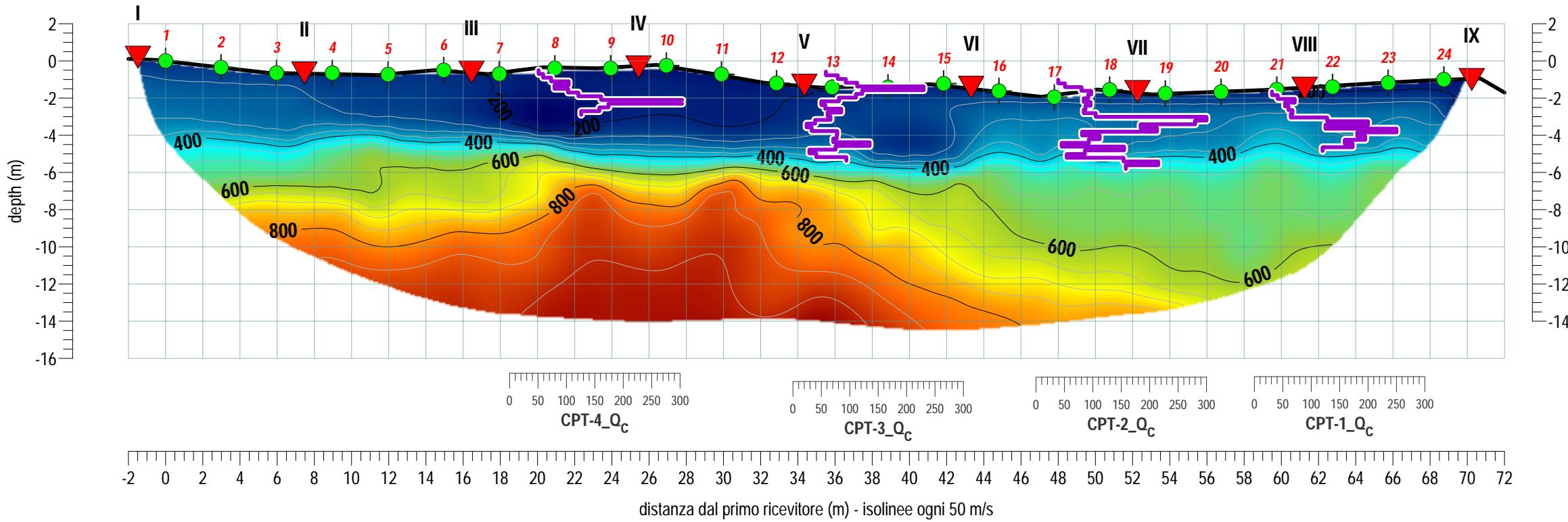
elaborazione: Dott. Luigi Allacorta
 data elaborazione: 10 ott 2022
 metodo di analisi: tomografia



SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)

Indagine sismica a rifrazione in onde di taglio (S) mediante elaborazione tomografica

first *b*reak
Advanced Geophysical Services
e-mail: luigi@near-surface.com - p.e.c. luigi@pec.near-surface.com - Mob: +39 320.8547970



Legenda

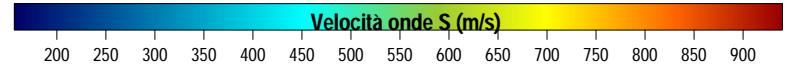
- Geofoni
- ▼ Posizioni di scoppio

- ▼ Altre linee sismiche
- ▼ Sondaggi a carotaggi
- ▼ Prove penetrometriche

1

Rifrattore con metodi classic
(GRM o plus-minus)

 *Traveltimes osservate (picking)*
 *Traveltimes sintetiche (raytraced traveltimes)*



SRT Via Cavallana - Line 1_onde S

Info Com messa

Commissa: *Frana_Filettole*
Committente: **Comune di Vecchiano**
Sito: *Loc. Castelletto, Filettole*
Oggetto: *Frana Filettole*

Strumentazione

sismografo: Seismic Source DAQLink IV
sensori: velocimetri orizzontali freq. 4.5Hz
sorgente: mazza 8kg - trave in legno

Acquisizione

data esecuzione: 03 ottobre 22
operatore: Dott. Geol. Dorian Caputo
data registrazione: 1.0s
campionamento: 250ms (4000Hz)
numero sensori: 24
intertraccia: 2.5 m
punti di sbarco: 9

Data processing

elaborazione: Dott. Luigi Allacorta
a elaborazione: 10 ott 2022
metodo di analisi: tomografia



winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

0092

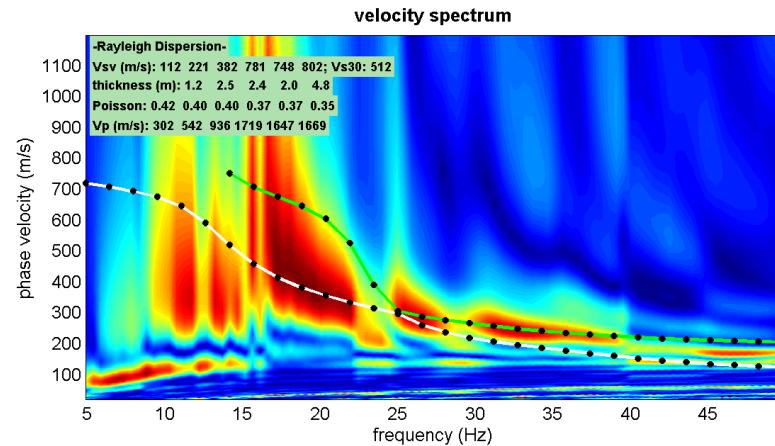
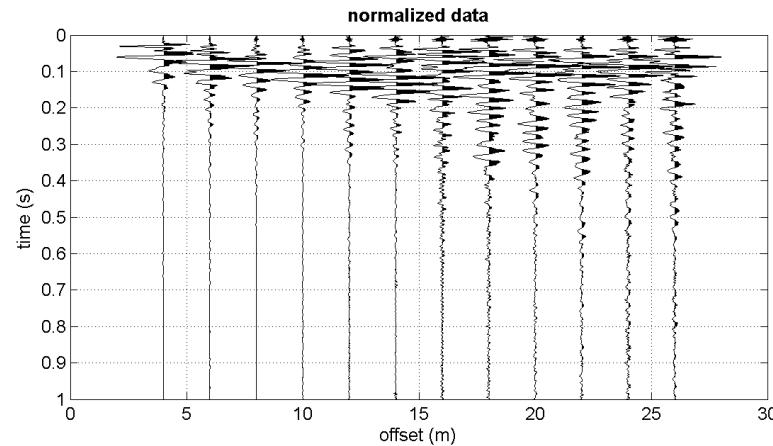
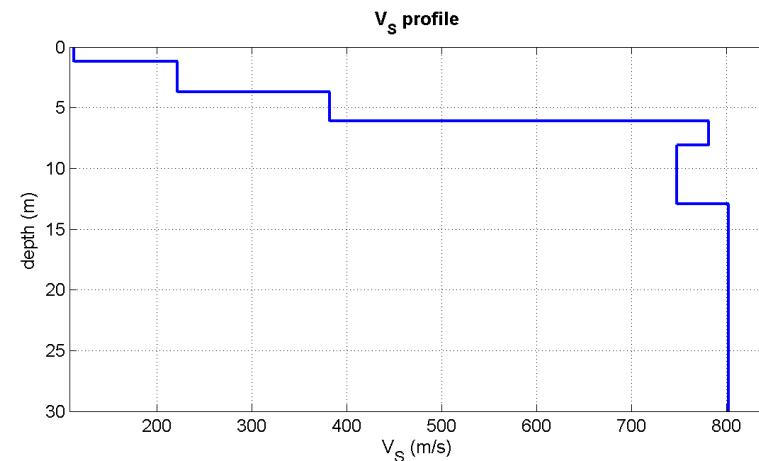
Main results

www.winmasw.com

Date: 13 10 2014

Time: 11 1

Dataset: ZVFx2mo4.sg2



Mean model

V_s (m/s): 112 221 382 781 748 802

Thickness (m): 1.2, 2.5, 2.4, 2.0, 4.8

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.76 1.91 2.04 2.19 2.18 2.18

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 22 93 297 1333 1217 1401

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 302 542 936 1719 1647 1669

Poisson: 0.42 0.40 0.40 0.37 0.37 0.35

Vs30 (m/s): 512

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con

spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT30 > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

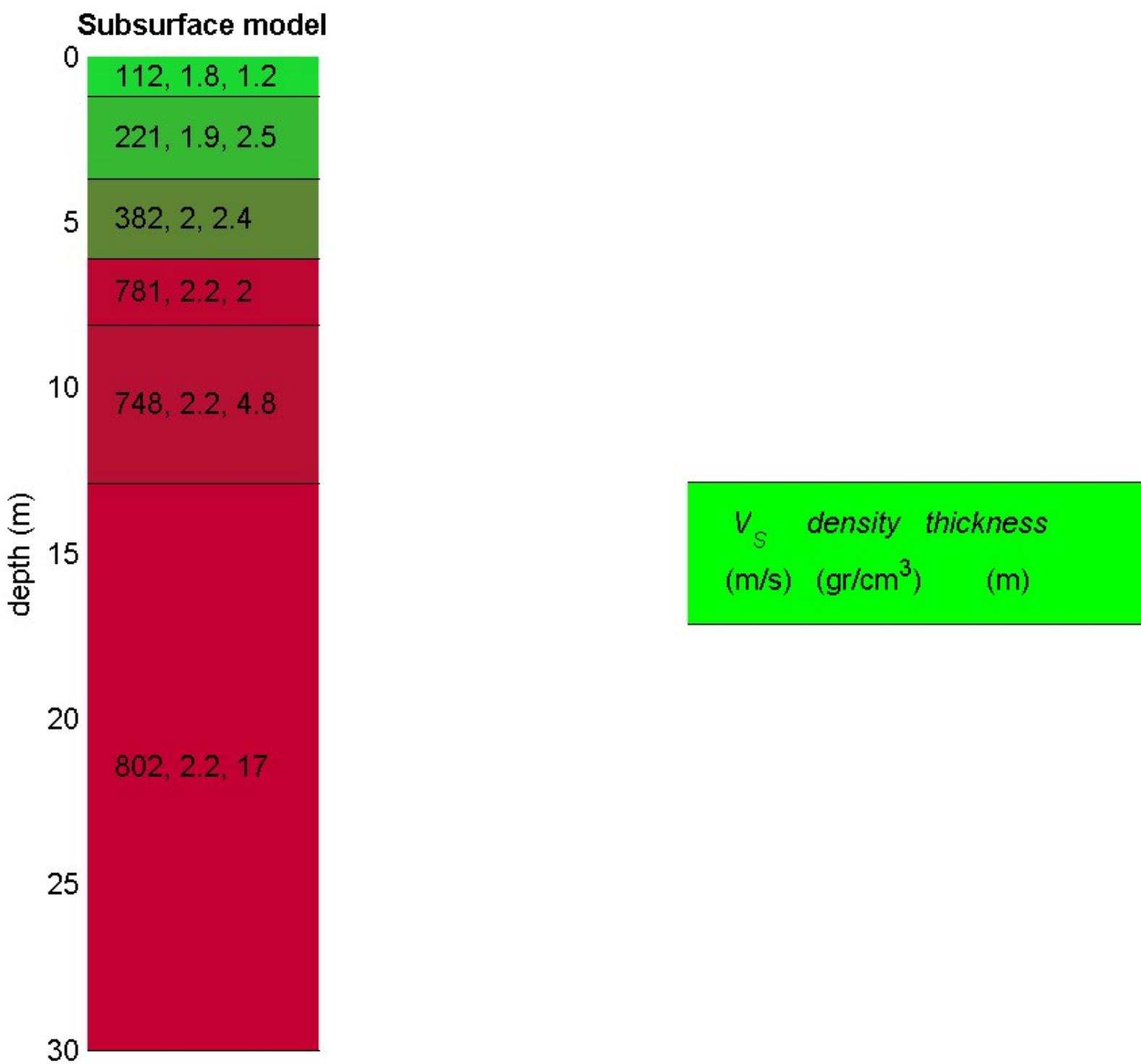
E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cuS30 < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P" (passo 2,00 m - 24 canali)

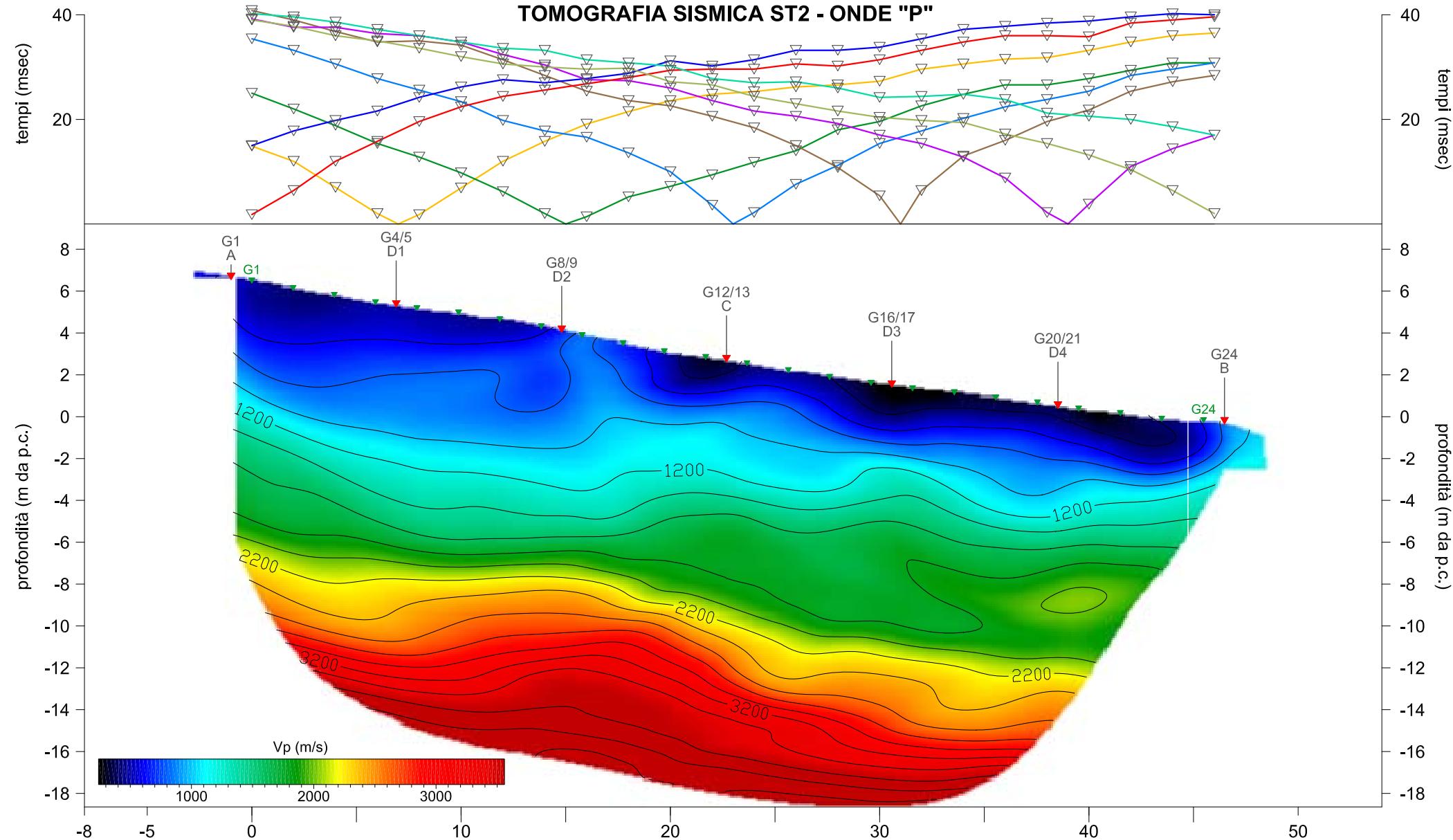
COMMITTENTE: Amm. Com.le di Vecchiano
LUOGO: Loc. Filettole, Vecchiano (PI)
DATA: 04-01-2013

SCALA 1:250

LEGENDA

- | | | | |
|-------------|------------------|----|-------------------|
| Blu | Esterno Sinistro | G1 | |
| Rosso | Estremo Sinistro | A | Posizione scoppi |
| Giallo | Interno Sinistro | I | |
| Verde | Interno Sinistro | G1 | Posizione geofoni |
| Ciano | Centrale | | |
| Marrone | Interno Destro | | |
| Magenta | Interno Destro | | |
| Verde scuro | Estremo Destro | | |
| Ciano scuro | Esterno Destro | | |

0093



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
 (passo 2,00 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Amm. Com.le di Vecchiano
 LUOGO: Loc. Filettole, Vecchiano (PI)
 DATA: 04-01-2013

SCALA 1:250

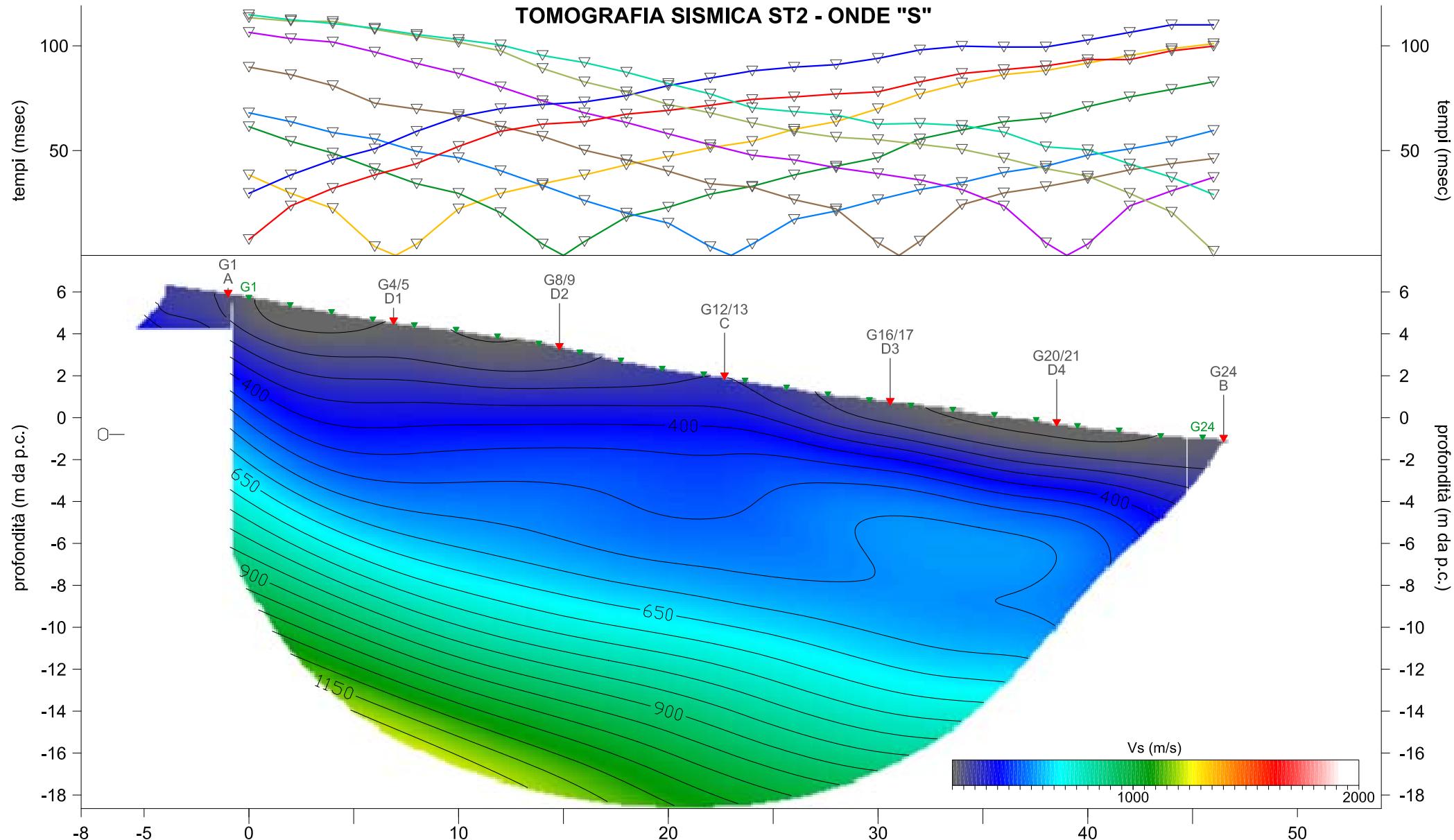
LEGENDA

- Esterno Sinistro
- Estremo Sinistro
- Interno Sinistro
- Interno Sinistro
- Centrale
- Interno Destro
- Interno Destro
- Estremo Destro
- Esterno Destro

- G1
 A
 I
 G1
- Posizione scippi
 Posizione geofoni



TOMOGRAFIA SISMICA ST2 - ONDE "S"



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
 (passo 2,00 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Amm. Com.le di Vecchiano
 LUOGO: Loc. Filettole, Vecchiano (PI)
 DATA: 04-01-2013

SCALA 1:250

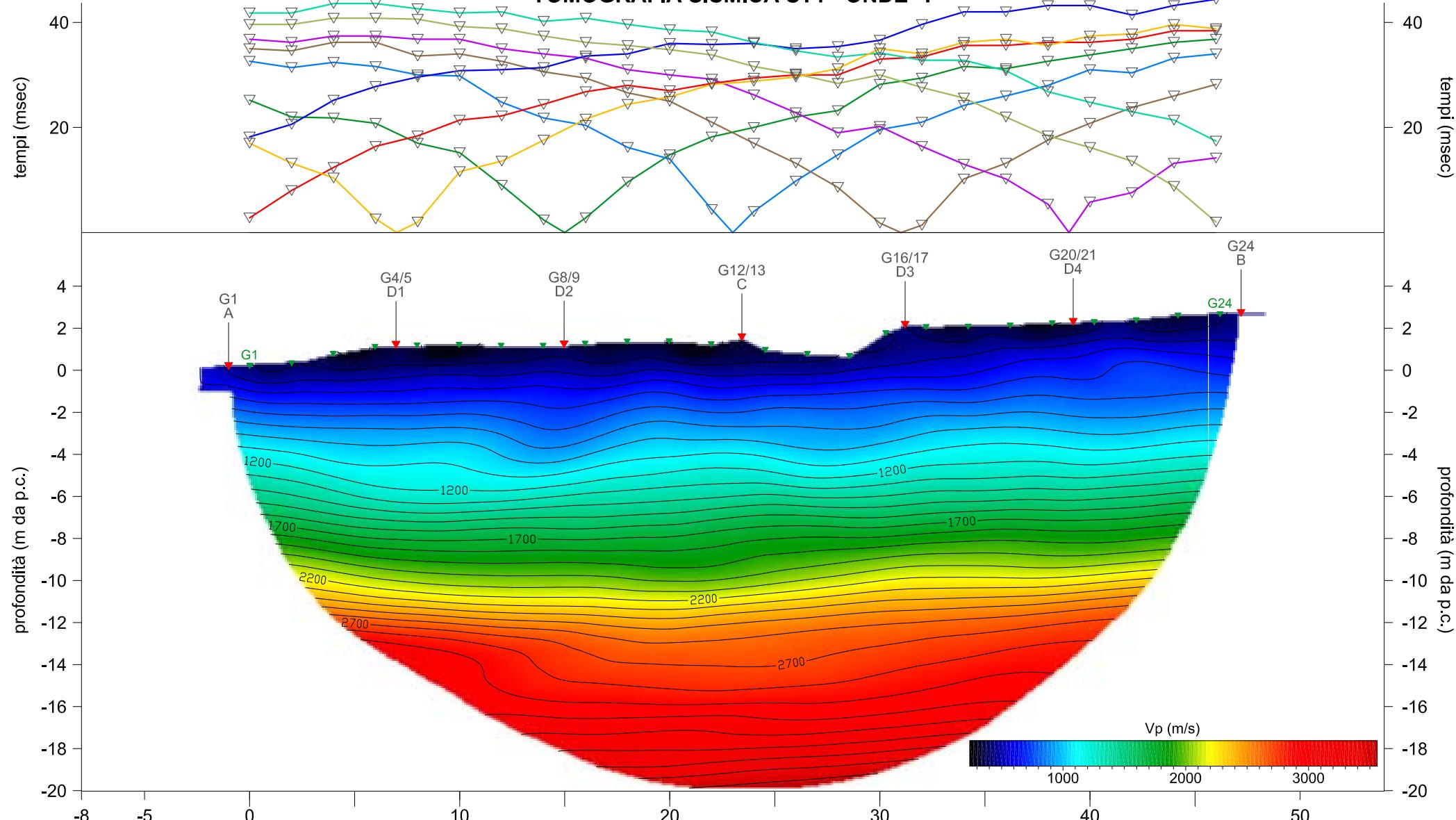
LEGENDA

- Esterno Sinistro
 - Estremo Sinistro
 - Interno Sinistro
 - Interno Sinistro
 - Centrale
 - Interno Destro
 - Interno Destro
 - Estremo Destro
 - Esterno Destro
- G1
 A Posizione scoppi
 I
 G1 Posizione geofoni

0094



TOMOGRAFIA SISMICA ST1 - ONDE "P"



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
 (passo 2,00 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Amm. Com.le di Vecchiano
 LUOGO: Loc. Filettole, Vecchiano (PI)
 DATA: 04-01-2013

SCALA 1:250

LEGENDA

- Esterno Sinistro
 - Estremo Sinistro
 - Interno Sinistro
 - Interno Sinistro
 - Centrale
 - Interno Destro
 - Interno Destro
 - Estremo Destro
 - Esterno Destro
- G1 A Posizione scippi
 G1 Posizione geofoni



TOMOGRAFIA SISMICA ST1 - ONDE "S"

