

Approvazioni:

Geol. AMATO Antonino

Via II Trav.sa Lucente , 41  
85044 Lauria (PZ)  
tel. 3385961963

**REGIONE BASILICATA**  
**Provincia di Potenza**  
**Comuni di Castelluccio Inf. e Rotonda**

Oggetto:

PROGETTAZIONE ESECUTIVA e  
REALIZZAZIONE degli INTERVENTI  
di MANUTENZIONE STRAORDINARIA delle  
SRADE COMUNALI e PROVINCIALI POSTE  
in ADIACENZA e/o in INTERCONNESSIONE  
con l' AUTOSTRADA del MEDITERRA-  
NEO. AREA POLLINO - LOTTO C -  
S.P. n.4 "Del Pollino" dal Km 0.00 al  
al Km 9+500

Committenti:

Amministrazione Provinciale di Potenza  
Ufficio Viabilità e Trasporti - Area Sud

Ubicazione:

Comuni di Castelluccio Inf. e  
Rotonda

All. n.:

13

Data: novembre 2021

Elaborati:

RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE ☒

Il Progettista:

Geol. AMATO Antonino

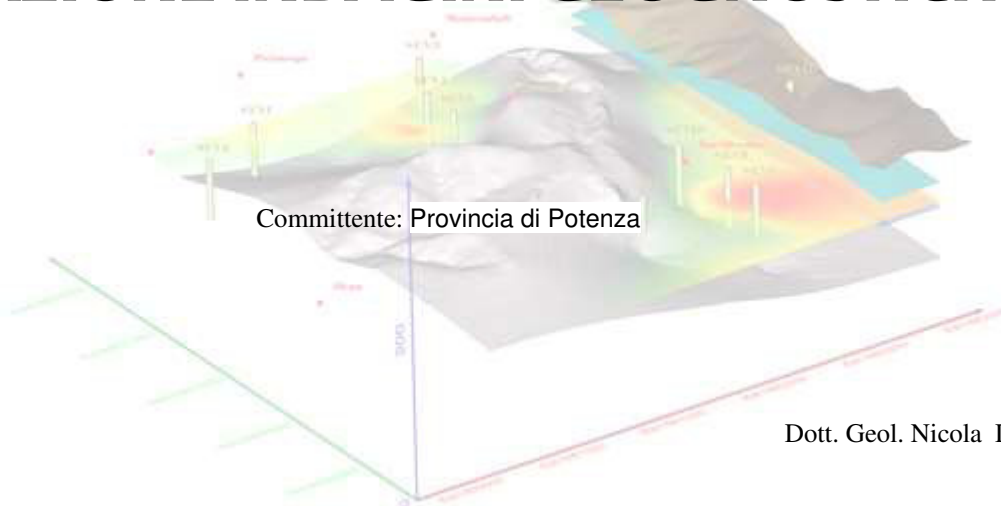
# REGIONE BASILICATA

## PROVINCIA DI POTENZA

### UFFICIO VIABILITA' E TRASPORTI

Progettazione esecutiva e realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria sulle strade comunali e provinciali poste in adiacenza e/o in interconnessione con l'autostrada del mediterraneo (ex Salerno - Reggio C.)  
Area Pollino -- Lotto C. - S.P. N. 4 "Del Pollino" dal Km 0+000 al Km 9+500

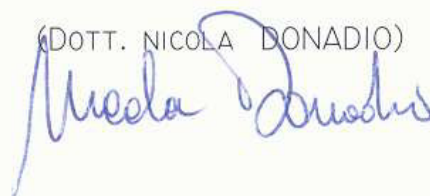
## RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Dott. Geol. Nicola DONADIO

 **INGEO sas**  
Società di servizi

(DOTT. NICOLA DONADIO)



INDAGINI GEOGNOSTICHE SP4 DEL PO  
PROVINCIA DI POTENZA

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. SONDAGGI MECCANICI.....	4
3. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDA P.....	18
4. PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE - METODO MASW -.....	34
5. GENERALITÀ SULLA TOMOGRAFIA ELETTRICA.....	37

## 1. PREMESSA

Su incarico della Provincia di Potenza è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche per interventi di manutenzione straordinaria della SP n.4 del Pollino.

In particolare sono stati realizzati cinque sondaggi geognostici a carotaggio continuo:

S1 pari a 15 ml, S2 20 ml; S3 17 ml; S8 18 ml ed S4 20 ml. Durante la terebrazione sono stati prelevati 4 campioni indisturbati, nei sondaggi S1, S2 ed S3 ed eseguiti le relative analisi di laboratorio.

Inoltre sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- Quattro prospezioni sismiche del tipo MASW;
- sette tomografie sismica ed elaborate con opportuno software di inversione;
- Una tomografia elettrica.

Di seguito verranno illustrati le metodologie d'indagine utilizzate ed i risultati conseguiti.

In allegato alla presente vengono riportati i seguenti elaborati:

- stratigrafie di dettaglio del sondaggio geotecnico;
- documentazione fotografica delle indagini eseguite;
- stralcio planimetrico delle indagini;
- analisi geotecniche di laboratorio.

## **2. SONDAGGI MECCANICI**

Le perforazioni sono state realizzate a carotaggio continuo per mezzo di sonde a rotazione con carotiere semplice. Inoltre è stato effettuato con circolazione di acqua, mentre le pareti dei fori, laddove necessario, sono state sostenute da rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm.

I campioni estratti dal carotiere (carote) sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici atte alla loro conservazione, ove sono stati riportati in modo indelebile, la data di esecuzione, il numero della cassetta catalogatrice, il numero di sondaggio e le profondità di riferimento, la profondità di prelievo del campione indisturbato e delle prode SPT con il numero di colpi.

Nel corso dei sondaggi è stata rilevata la stratigrafia del terreno attraversato, annotando tutte le informazioni relative ai livelli di terreno intercettati, nonché le profondità dove è stata intercettata, la presenza di elementi strutturali (vedi fotografie e colonne stratigrafiche allegate). Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n.4 campioni indisturbati su cui sono stati effettuate prove di laboratorio al fine di caratterizzarle dal punto di vista geotecnico. In allegato sono riportati in relativi certificati delle analisi effettuate.

***STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI***

Committente POVINCIA DI POTENZA	Profondità raggiunta 15 m	Quota Ass. P.C.	
Operatore	Indagine Manutenzione straordinaria S.P.4 del Pollino		Inizio/Fine Esecuzione 12/10/2021- 12/10/2021
Responsabile	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio A rotazione carotaggio continuo	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	
2		Riporto antropico con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	2.20					
3		Argilla debolmente sabbiosa di colore grigio scuro, con livelli sabbiosi in diminuzione con la profondità			3.00 S 3.50	n.1 5.00		
5		Argilla grigio azzurra, mediamente plastica.	5.00					
6		Argilla sabbiosa di colore grigio	6.40					
8		Argilla grigio azzurra mediamente plastica	7.40					
9						n.2 10.00		
11								
12								
14								
15			15.00		14.50 S 15.00	n.3 15.00		
17								
18								
20								
21								
23								
24								
26								
27								
29								
30								

Committente POVINCIA DI POTENZA	Profondità raggiunta 20 m	Quota Ass. P.C.	
Operatore	Indagine Manutenzione straordinaria S.P.4 del Pollino		Inizio/Fine Esecuzione 13/10/2021- 13/10/2021
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio A rotazione carotaggio continuo	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	
		Terreno agrario di colore marrone	0.50					
2		Riporto antropico con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	2.50					
3		Sabbia limosa e limo-sabbiosa con scheletro lapideo centimetrico				n.1		
5			5.00			5.00		
6		Limo sabbioso di colore grigio, con scheletro lapideo centimetrico	7.50					
8		argilla limosa con sabbia di colore grigio	9.00					
9		Limo sabbioso di colore grigio, con scheletro lapideo centimetrico.				n.2		
11			12.50			10.00		
12		Sabbia limosa di colore grigio						
14								
15					14.50 S	n.3		
17					15.00	15.00		
18		Livello organogeno di colore marrone scuro (lignite)	18.00					
		Sabbia limosa di colore marrone, con scheletro lapideo centimetrico	18.30					
20			20.00			n.4		
						20.00		
21								
23								
24								
26								
27								
29								
30								



Committente POVINCIA DI POTENZA	Profondità raggiunta 17 m	Quota Ass. P.C.	
Operatore	Indagine Manutenzione straordinaria S.P.4 del Pollino		Inizio/Fine Esecuzione 14/10/2021- 14/10/2021
Responsabile	Sondaggio S3	Tipo Carotaggio A rotazione carotaggio continuo	

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	
2		Massicciata stradale e riporto antropico con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	1.20					
3		Limo sabbioso e sabbia limosa di colore marrone con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
5		Sabbia limosa di colore variabile da marrone chiaro a marrone scuro con scheletro lapideo centimetrico	5.00			n.1 5.00		
6		Sabbia con ghiaia di colore grigio						
9		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	9.30			n.2 10.00		
11		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	11.00	14-25-45 11.00 PC		n.3 15.00		
12		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico				n.4 17.00		
14		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
15		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
17		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	17.00					
18		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
20		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
21		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
23		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
24		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
26		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
27		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
29		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						
30		Sabbia limosa di colore grigio con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico						

Committente POVINCIA DI POTENZA	Profondità raggiunta 18 m	Quota Ass. P.C.	
Operatore	Indagine Manutenzione straordinaria S.P.4 del Pollino		Inizio/Fine Esecuzione 15/10/2021- 15/10/2021
Responsabile	Sondaggio S4	Tipo Carotaggio A rotazione carotaggio continuo	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	
2		Massicciata stradale e riporto antropico con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	2.50		3.00 S			
3		Limo argilloso leggermente sabbioso di colore marrone, con scheletro lapideo centimetrico	4.00		3.50	n.1		
5		Sabbia con ghiaia e ciottoli arrotondati di colore grigio				5.00		
6		Limo argilloso di colore marrone chiaro	6.30					
8		Sabbia con ghiaia e ciottoli arrotondati di colore grigio	6.70					
9						n.2		
11						10.00		
12								
14						n.3		
15						15.00		
17			18.00			n.4		
18						18.00		
20								
21								
23								
24								
26								
27								
29								
30								

Campioni: Metri Sottili, O Osterberg, M Meisner, R Romeneggiato, R Romeneggiato da SPT

Prova SPT: R Romeneggiato, R Romeneggiato

Sonda Carotaggio: A rotazione carotaggio continuo

Carotaggio: A rotazione carotaggio continuo

Responsabile

Committente POVINCIA DI POTENZA	Profondità raggiunta 20m	Quota Ass. P.C.	
Operatore	Indagine Manutenzione straordinaria S.P.4 del Pollino		Inizio/Fine Esecuzione 16/10/2021- 16/10/2021
Responsabile	Sondaggio S5	Tipo Carotaggio A rotazione carotaggio continuo	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Cass. Catalog.	Falda	
2		Massicciata stradale e riporto antropico con scheletro lapideo da centimetrico a decimetrico	2.00					
3		Limo argilloso sabbioso di colore variabile da marrone chiaro a marrone scuro, con inclusi da centimetrici a decimetrici e di ciottoli calcarenitici				n.1 5.00		
5								
6			7.00					
8		Conglomerati calcarenitici in abbondante matrice limo argillosa				n.2 10.00		
9								
11								
12								
14								
15				55 R 15.00 PC		n.3 15.00		
17								
18								
20			20.00			n.4 20.00		
21								
23								
24								
26								
27								
29								
30								

Campioni: S-Pirelli Sottili, O-Osterberg, M-Mastur, R-Romaneggiato - Ra-Romaneggiato da SPT  
Prova SPT: RA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio: A rotazione carotaggio continuo

Simbo: Carotaggio A rotazione carotaggio continuo

Responsabile

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n. 1: fase esecutiva sondaggio S1



Foto n. 2: fase esecutiva sondaggio S2



Foto n. 3: fase esecutiva sondaggio S3

INDAGINI GEOGNOSTICHE SP4 DEL POLLINO  
PROVINCIA DI POTENZA



Foto n. 4: esecuzione prova SPT del sondaggio S2



Foto n. 5: fase esecutiva sondaggio S4



Foto n. 6: fase esecutiva sondaggio S5





Foto n. 7: sondaggio S1 da mt 0 a mt 5



Foto n. 8: sondaggio S1 da mt 5 a mt 10



Foto n. 9: sondaggio S1 da mt 10 a mt 15



Foto n. 10: sondaggio S2 da mt 0 a mt 5



Foto n. 11: sondaggio S2 da mt 5 a mt 10



Foto n. 12: sondaggio S2 da mt 10 a mt 15



Foto n. 13: sondaggio S2 da mt 15 a mt 20





Foto n. 14: sondaggio S3 da mt 0 a mt 5



Foto n. 15: sondaggio S3 da mt 5 a mt 10



Foto n. 16: sondaggio S3 da mt 10 a mt 15



Foto n. 17: sondaggio S3 da mt 15 a mt 17





Foto n. 18: sondaggio S4 da mt 0 a mt 5



Foto n. 19: sondaggio S4 da mt 5 a mt 10



Foto n. 20: sondaggio S4 da mt 10 a mt 15



Foto n. 21: sondaggio S4 da mt 15 a mt 18



Foto n. 22: sondaggio S5 da mt 0 a mt 5



Foto n. 23: sondaggio S5 da mt 5 a mt 10



Foto n. 24: sondaggio S5 da mt 10 a mt 15



Foto n. 25: sondaggio S5 da mt 15 a mt 20

### 3. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDA P

Il metodo della sismica a rifrazione è basato sulla misura del tempo necessario affinché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale a bassa velocità (con onde dirette) e le superfici di strati a velocità crescente con la profondità (onde rifratte).

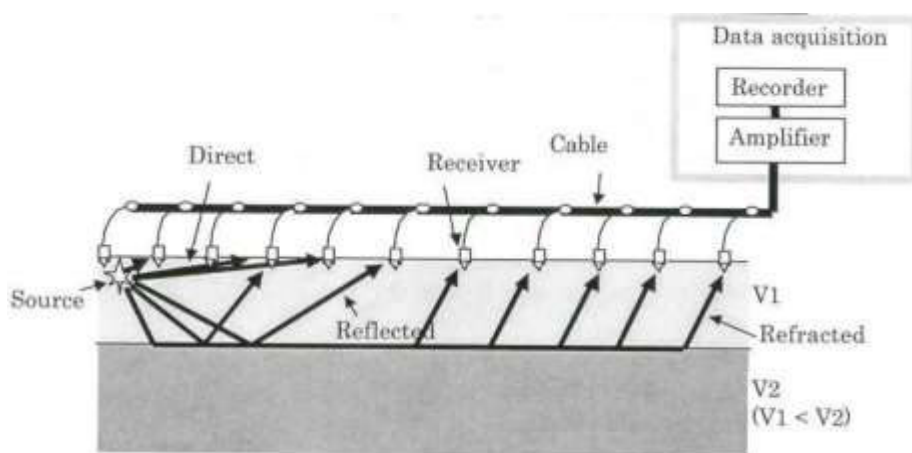


fig. 1 - Principio fisico della Sismica a Rifrazione

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni sismiche è costituita da una serie di geofoni (24) spaziatamente lungo un determinato allineamento e da un cronografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. La registrazione, sia del momento della battuta sia del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su un unico diagramma.

Gli stendimenti, di cui alla premessa, sono stati realizzati mediante l'utilizzo di geofoni Sensor Geospace con frequenza di 4,5 Hz e distorsione del 0.05%, testati con certificazione giugno 2016.

Per tale lavoro è stata utilizzato un sismografo **DAQLink III** della Seismic Source, composta da una unità di acquisizione a 24 canali con un convertitore sigma delta ad alta velocità a



24 Bit, dotata di memoria per la cumulabilità degli impulsi. Mentre i geofoni verticali impiegati hanno una frequenza propria di 4,5 Hz ad interasse di 3 m

## ANALISI DELLE PROSPEZIONI

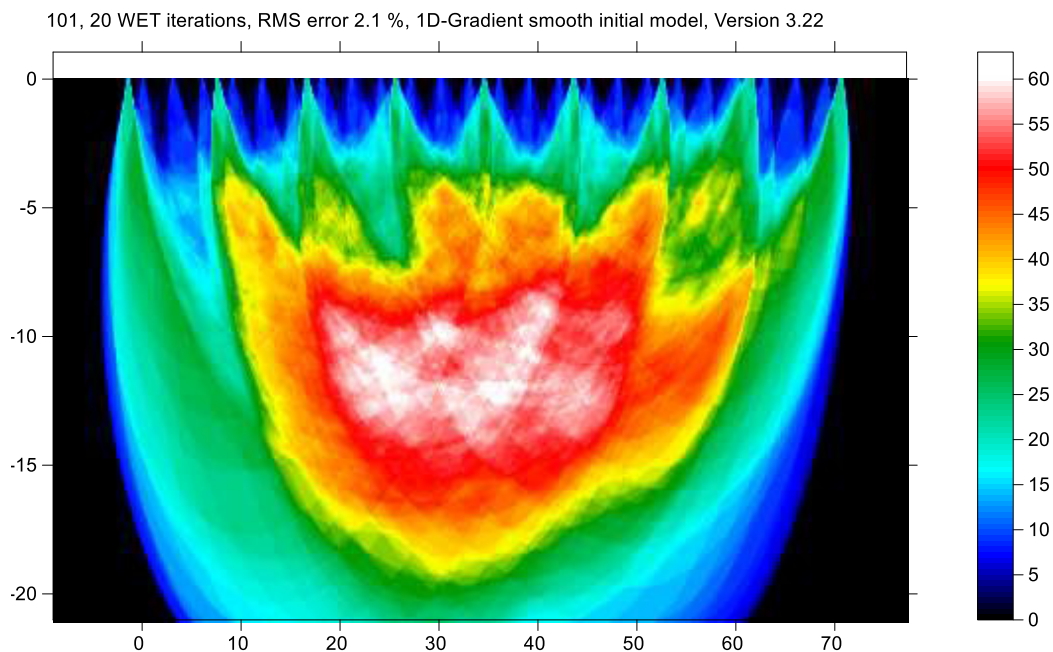
I valori dei tempi di percorso delle onde sismiche misurati in fase di acquisizione dati, unitamente con la distanza dei geofoni sono stati elaborati con il software WinSism 10.60, che ha consentito il calcolo delle velocità delle onde di volume, la profondità degli orizzonti rifrangenti con relative inclinazioni sull'orizzonte.

Durante la fase di elaborazione, dopo aver esaminato la struttura dei files acquisiti in campagna e provveduto a filtrare alcuni di essi, si è proceduti all'inserimento della geometria nella stringa (header) della traccia ottenuta. Successivamente, e dopo aver impostato i primi arrivi, è stata creata la dromocrona dello stendimento. Utilizzando le energizzazioni prodotte con gli scoppi esterni (offset) e centrale è stata calcolata la velocità vera del bedrock relativo che rappresenta la velocità dell'ultimo strato individuato. Dal suo esame è emerso che i punti in tutti gli stendimenti elaborati non risultano allineati pertanto è da supporre che il "bedrock" non risulta omogeneo. La sismostratigrafia è stata determinata con il metodo del tempo intercetta (IT) calcolando la profondità sotto tutti i ricevitori e costruendo un grafico distanza/profondità - ottenuto con il metodo "ABC".

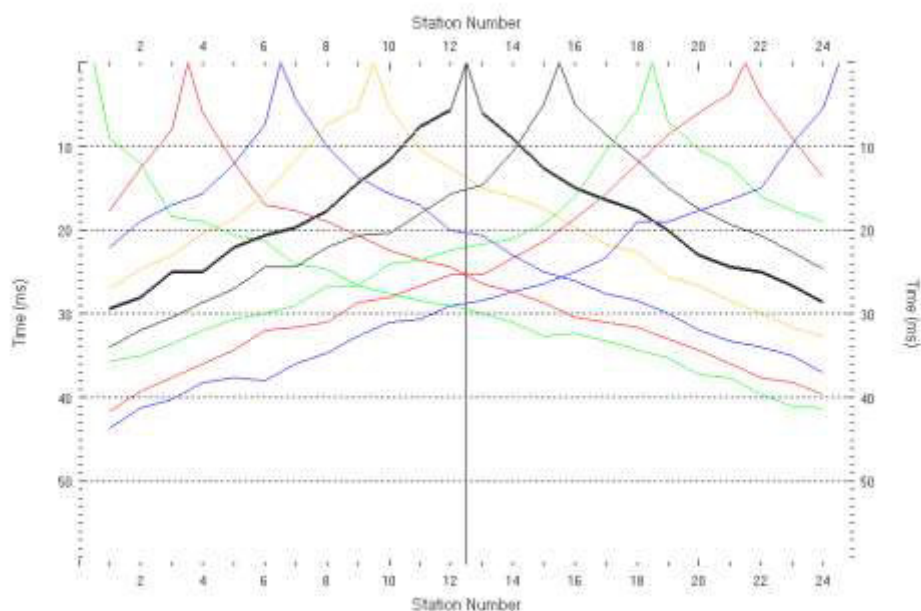
Successivamente dal modello multistrato si è passati all'inversione tomografica. Per tale scopo è stato utilizzato il software **RAYFRAC**T della Intelligent Resources Inc. Il software consente la ricostruzione delle geometrie dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale. Tali tecniche consistono in due metodi, quello dell'inversione Delta t-v mediante la quale si ottengono dei profili 1D, e il metodo dell'inversione 2D con la tecnica Smooth Inversion, mediante la quale si ottimizzano i modelli di velocità del modello delta t-v, successivamente sono state esportate le risultanze della sismostratigrafia mediante il software Surfer v11, con il quale è stato eseguito il contouring del modello di velocità.

# STENDIMENTO N.1

## COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA



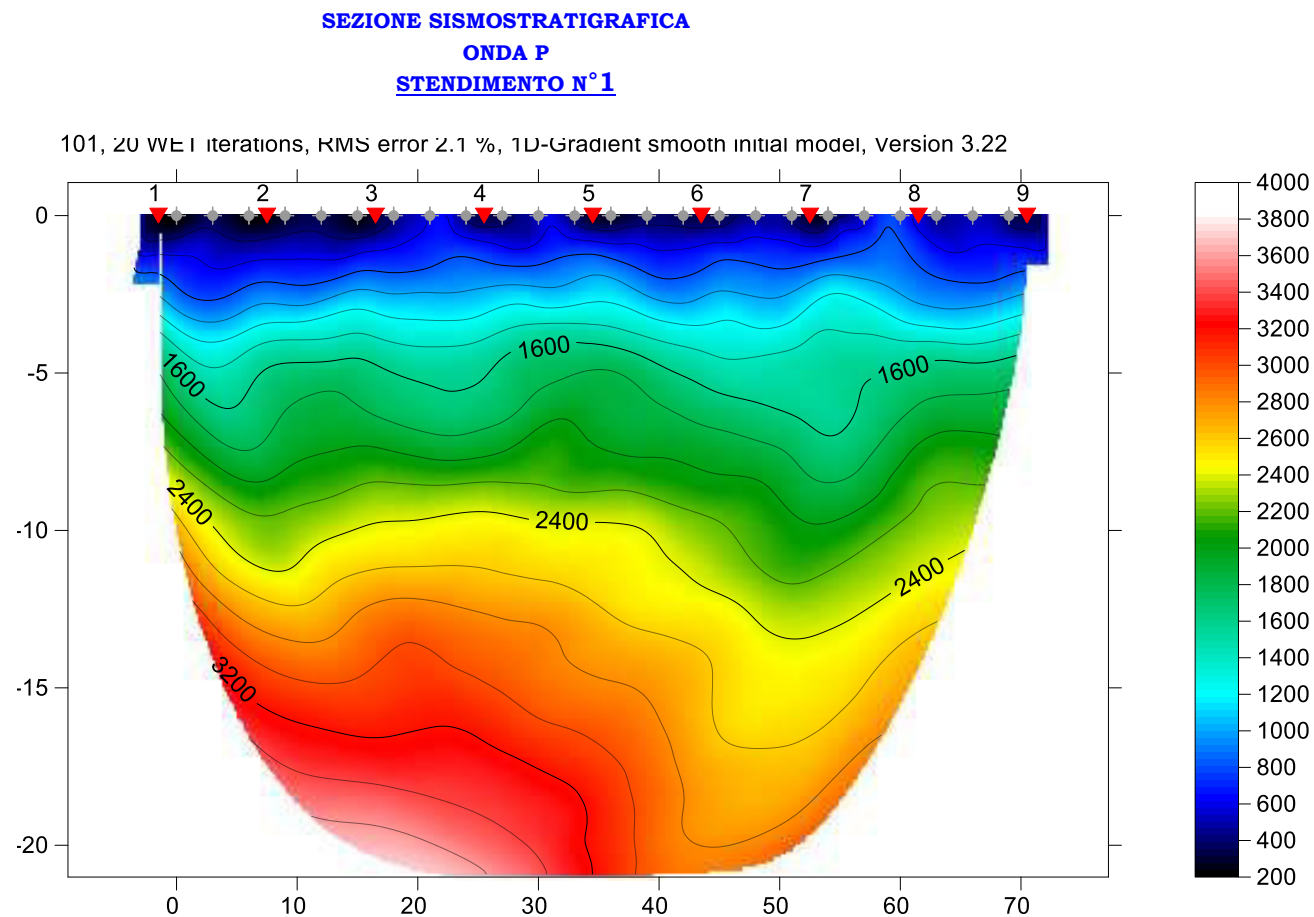
## DROMOCRONE ONDA P SIS1



Software: Rayfract ver. 3.21



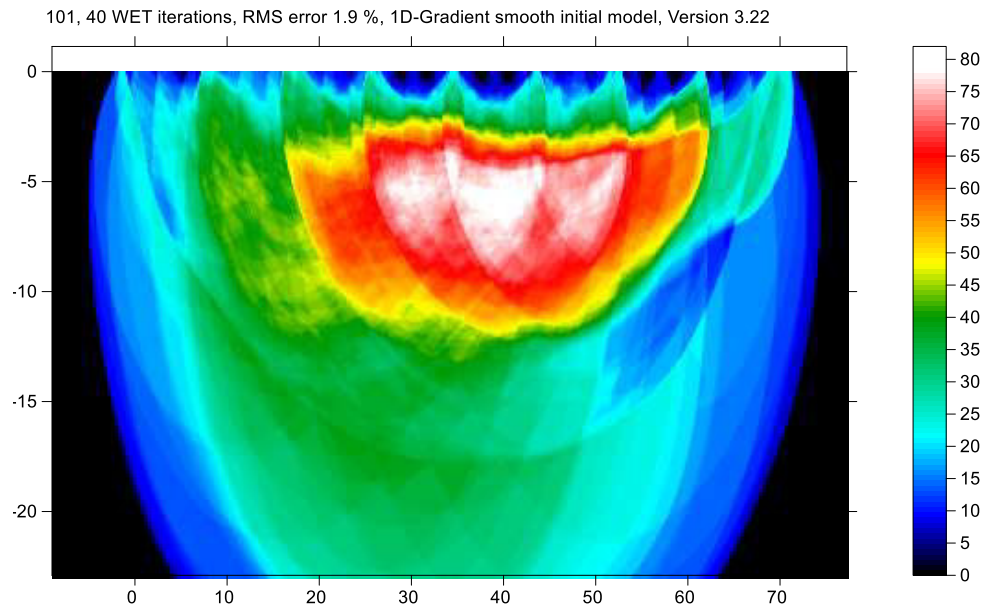
Foto n. 26: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P



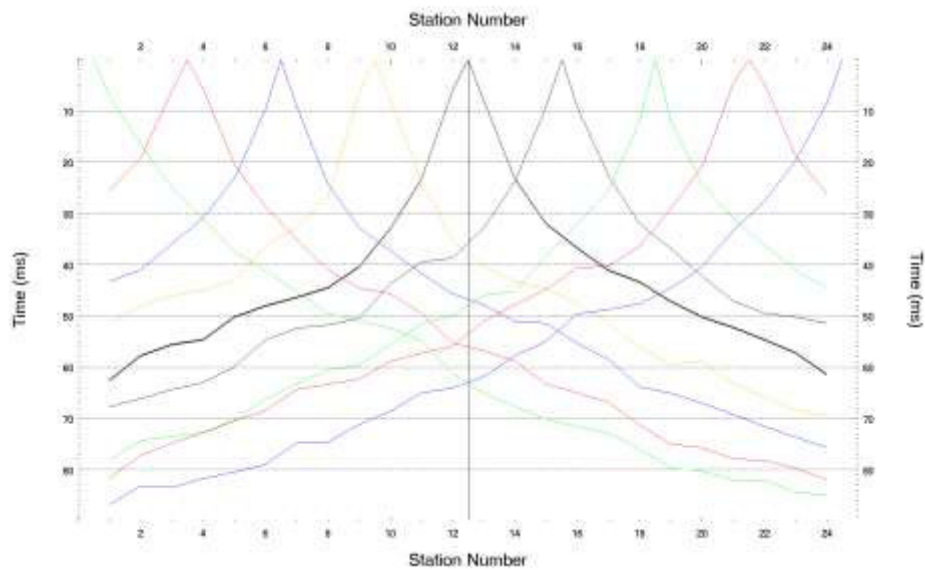
Software: Rayfract ver. 3.22

**STENDIMENTO N.2**

**COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA**



**DROMOCRONE ONDA P SIS2**

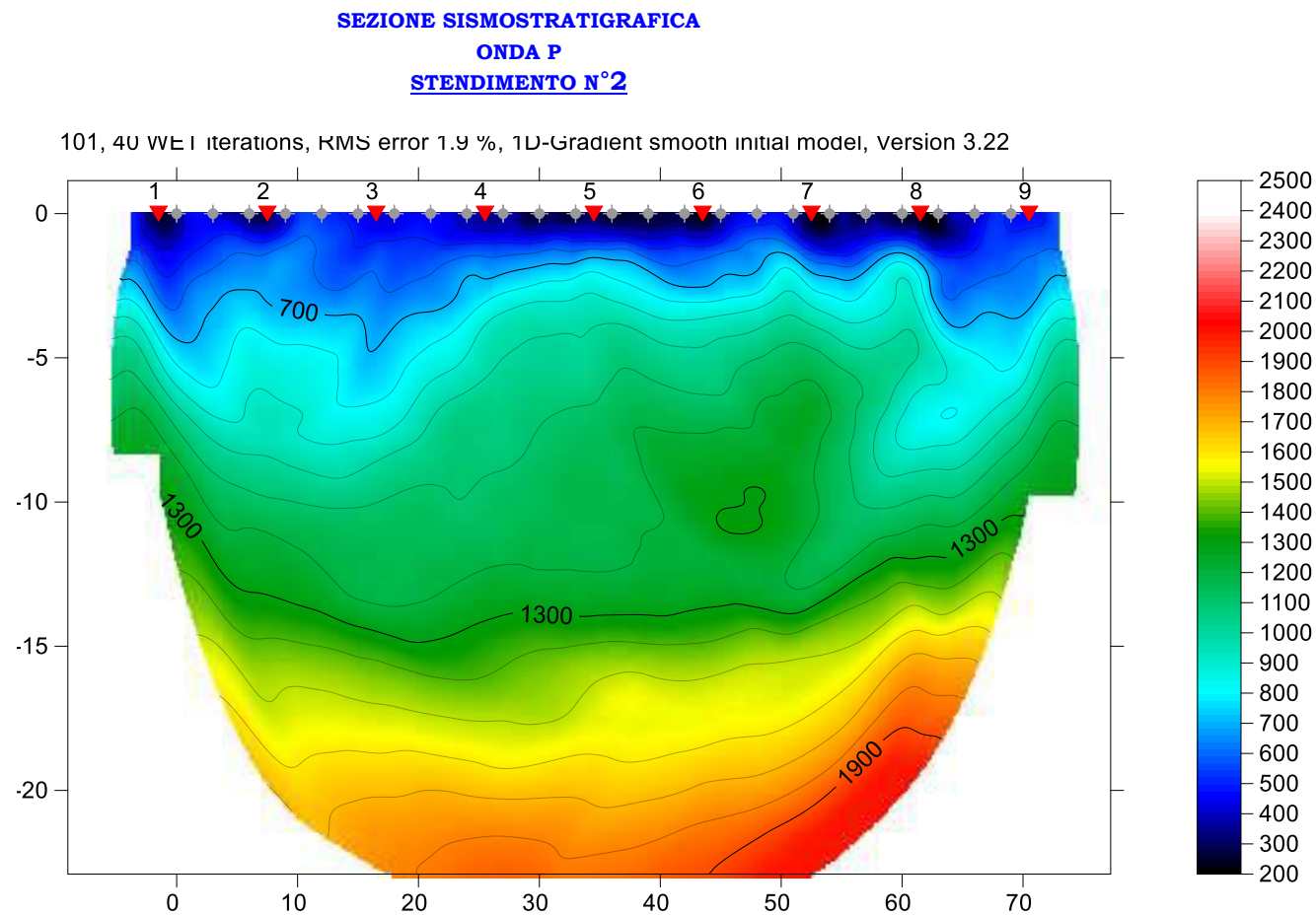


Software: Rayfract ver. 3.22





Foto n. 27: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P



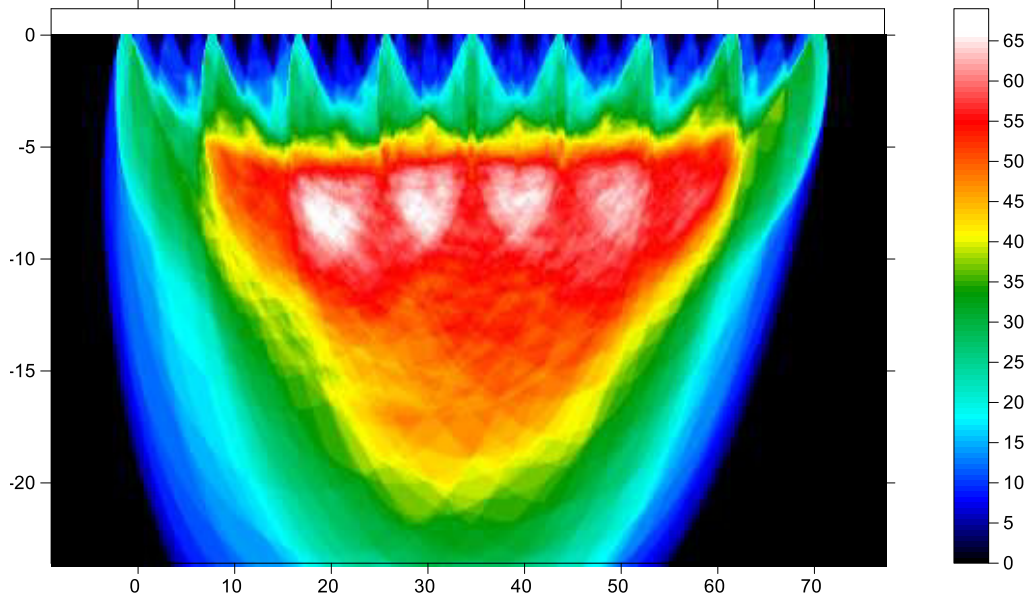
Software: Rayfract ver. 3.22



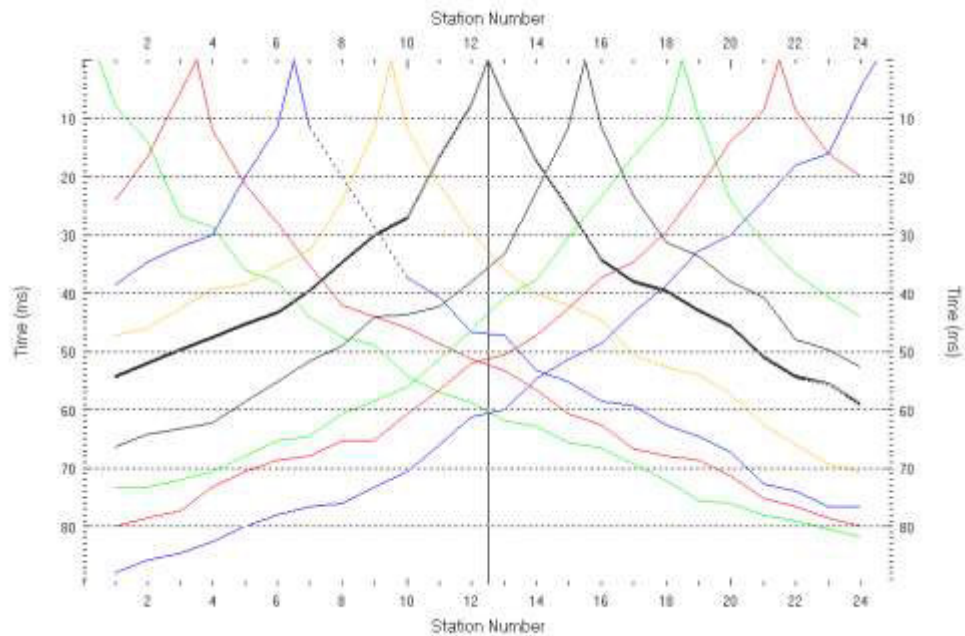
**STENDIMENTO N.3**

**COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA**

101, 20 WET iterations, RMS error 2.4 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.22



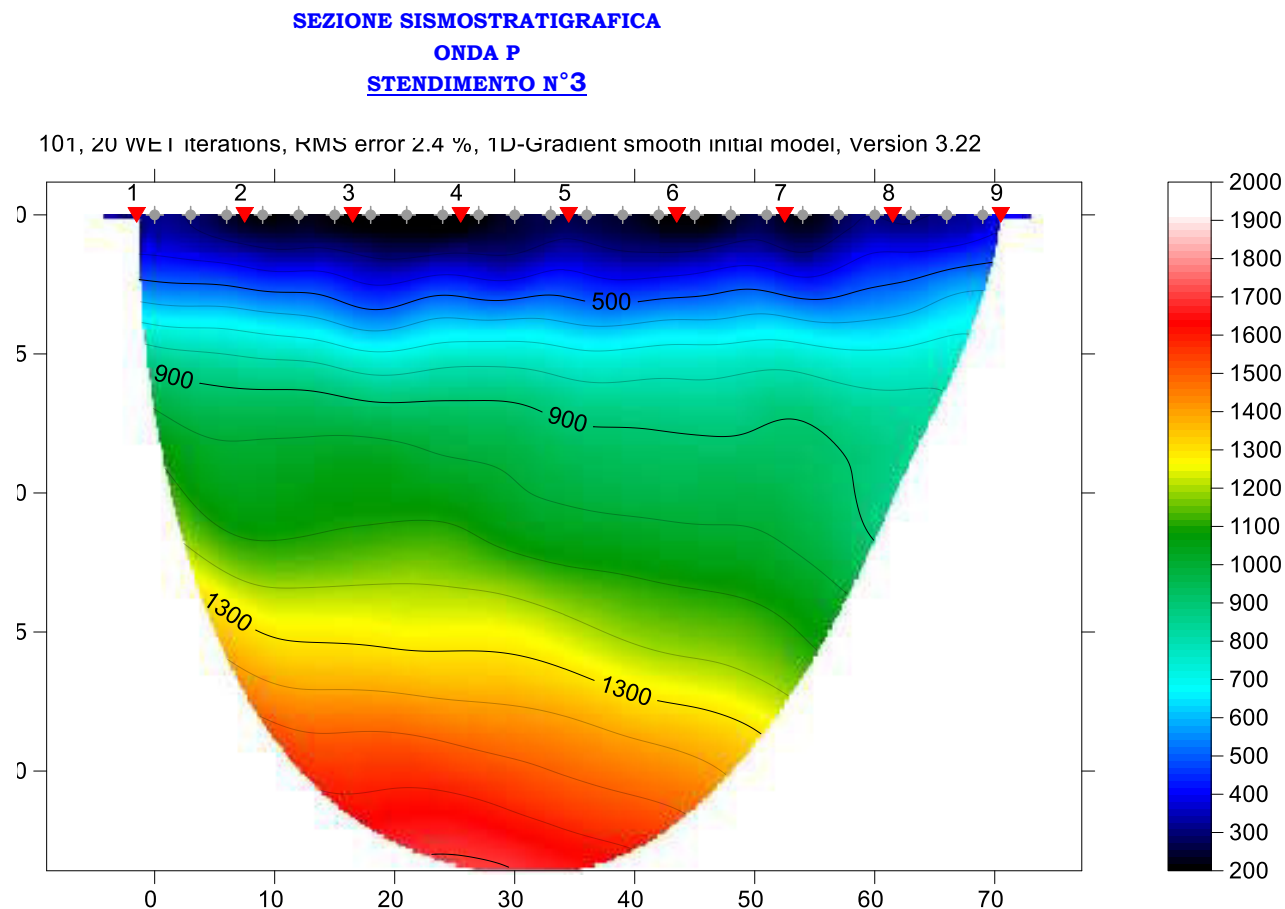
**DROMOCRONE ONDA P SIS3**



Software: Rayfract ver. 3.22



Foto n. 28: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P

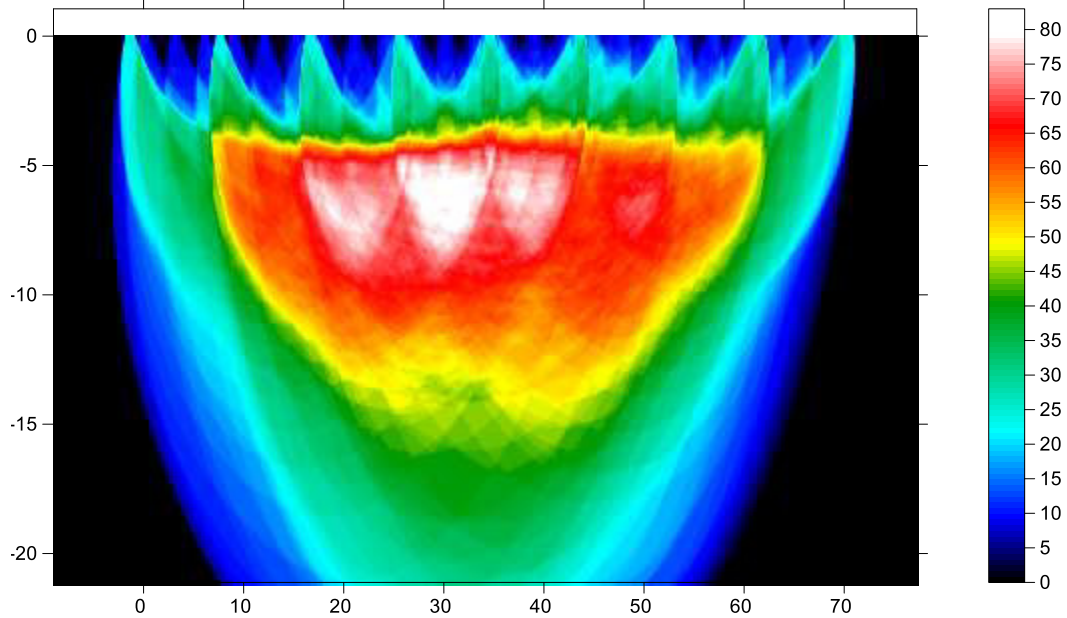


Software: Rayfract ver. 3.22

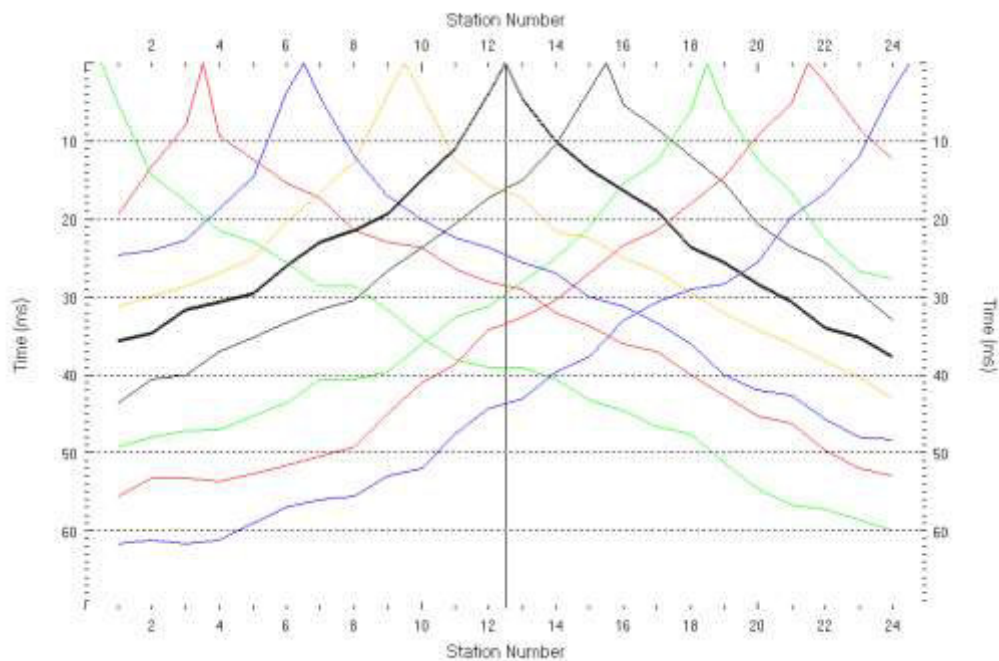
#### STENDIMENTO N.4

#### COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA

101, 20 WET iterations, RMS error 2.9 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.22



#### DROMOCRONE ONDA P SIS4

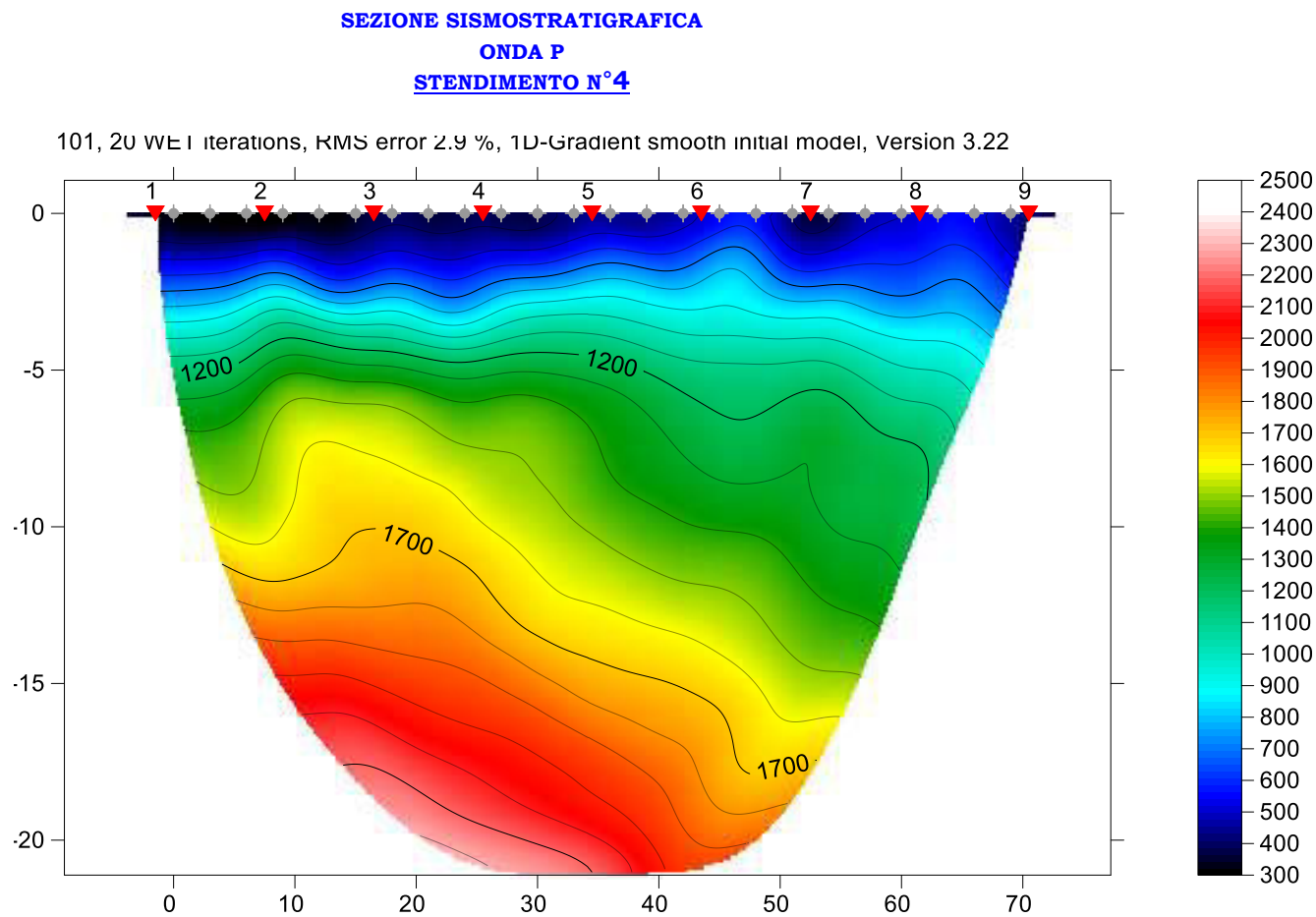


Software: Rayfract ver. 3.22





Foto n. 29: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P

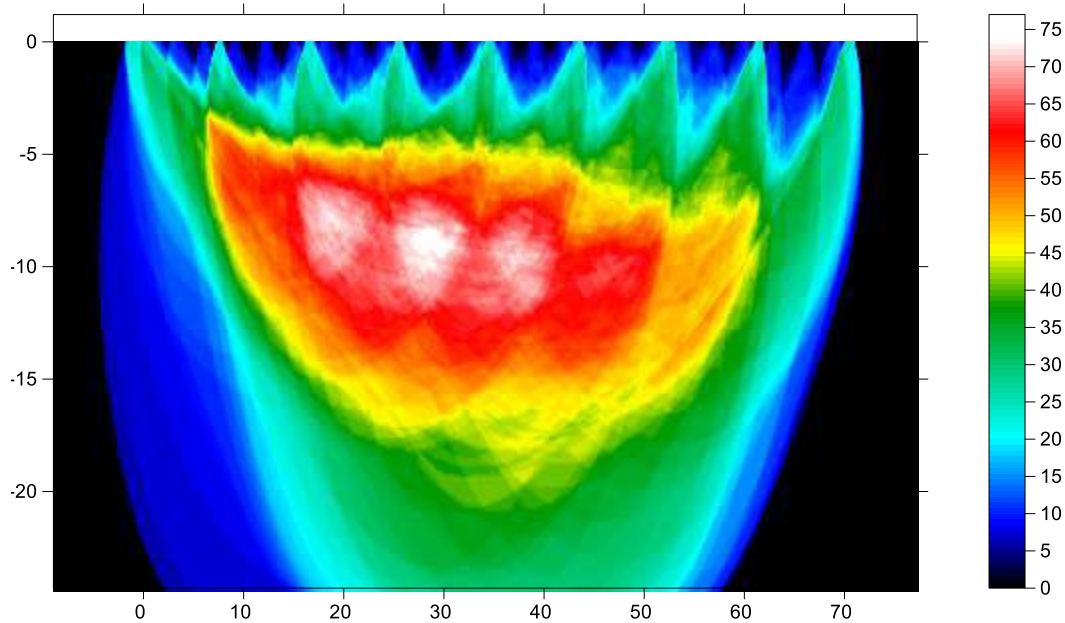


Software: Rayfract ver. 3.22

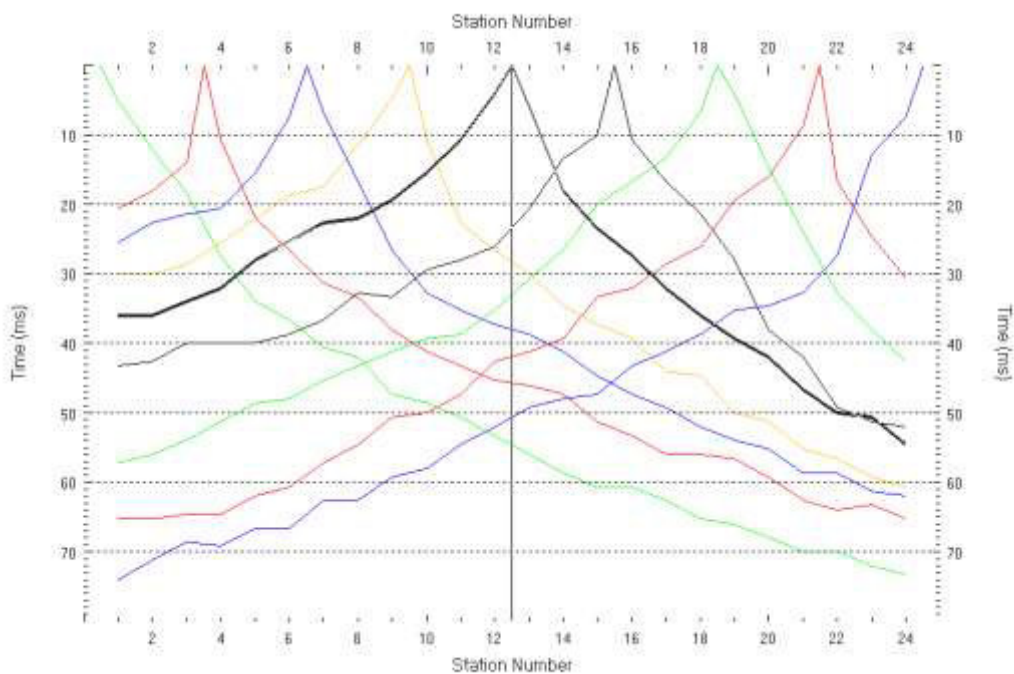
### STENDIMENTO N.5

#### COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA

101, 20 WET iterations, RMS error 5.1 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.22



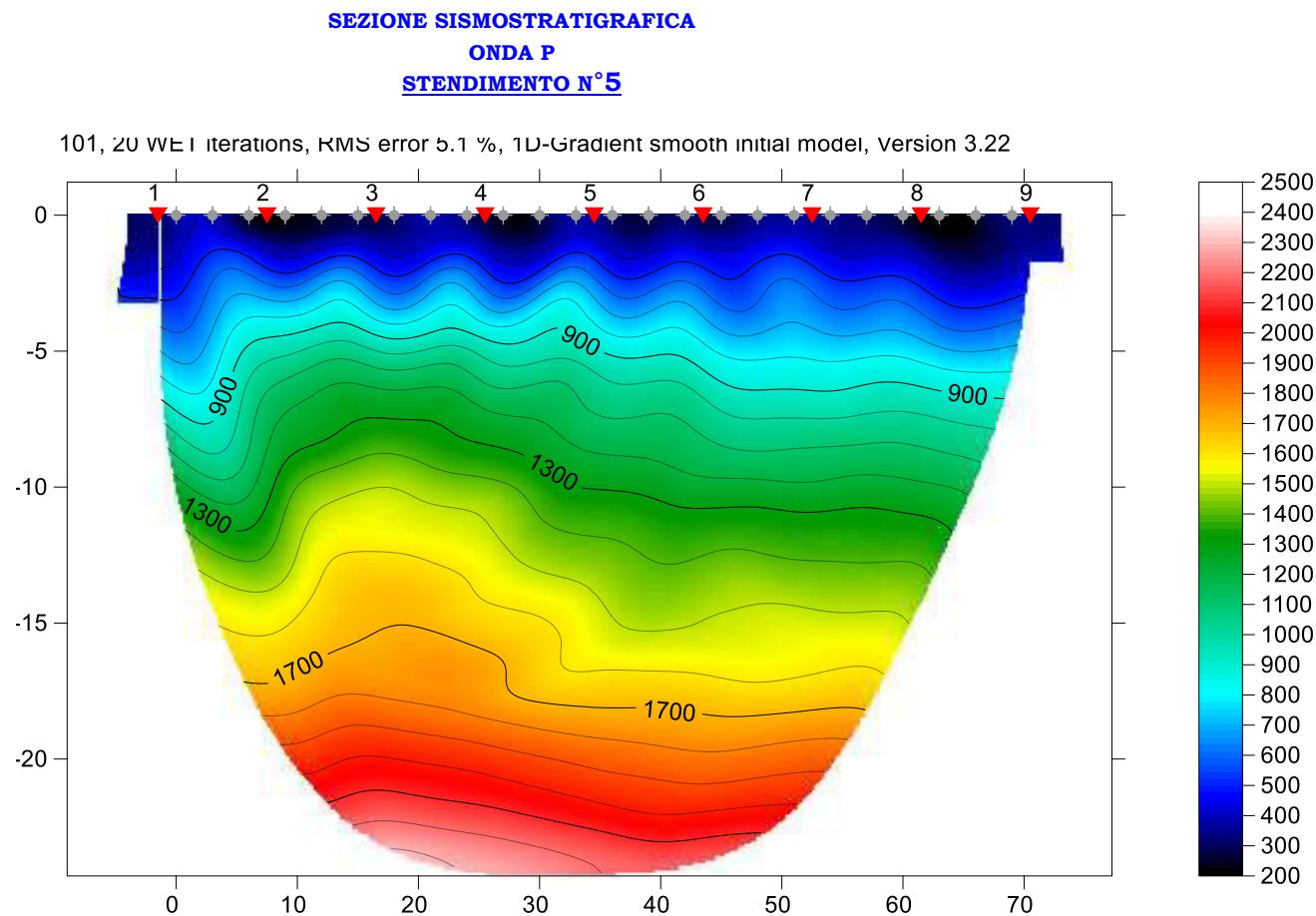
### DROMOCRONE ONDA P SIS5



Software: Rayfract ver. 3.21



Foto n. 30: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P

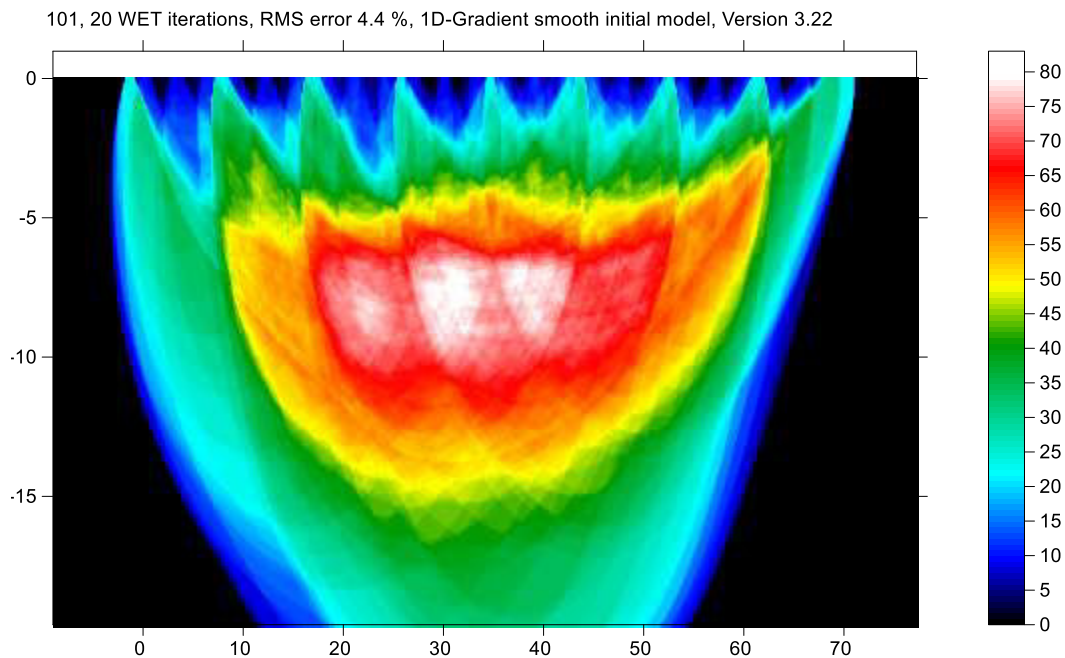


Software: Rayfract ver. 3.22

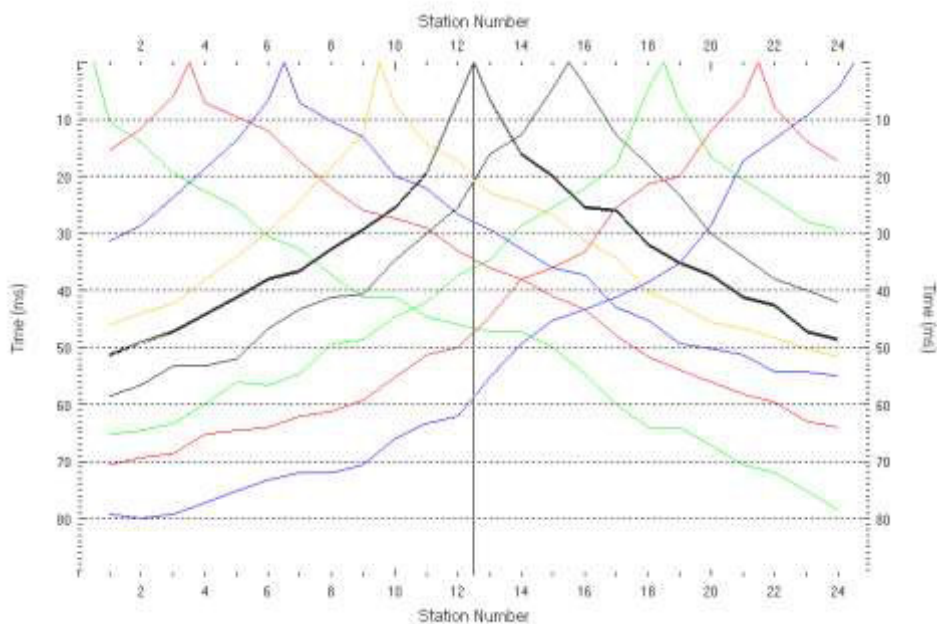


## STENDIMENTO N.6

### COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA



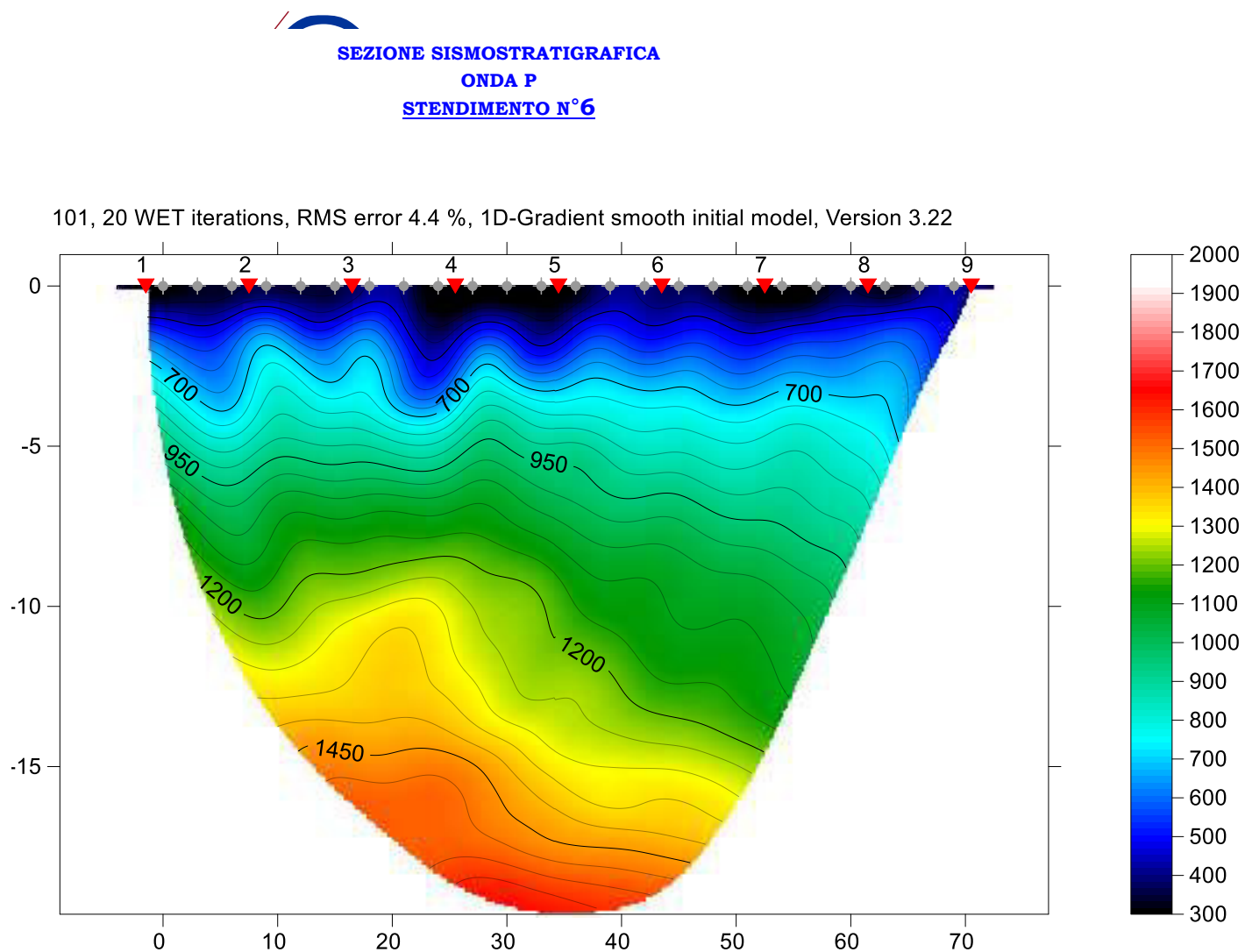
### DROMOCRONE ONDA P SIS6



Software: Rayfract ver. 3.22



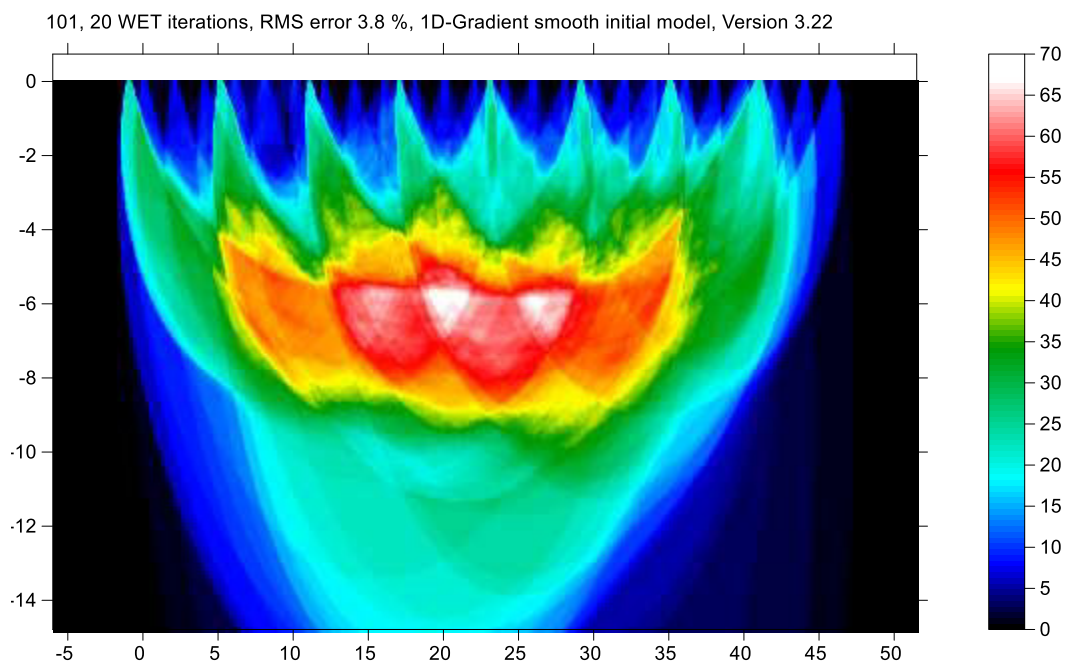
Foto n. 31: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P



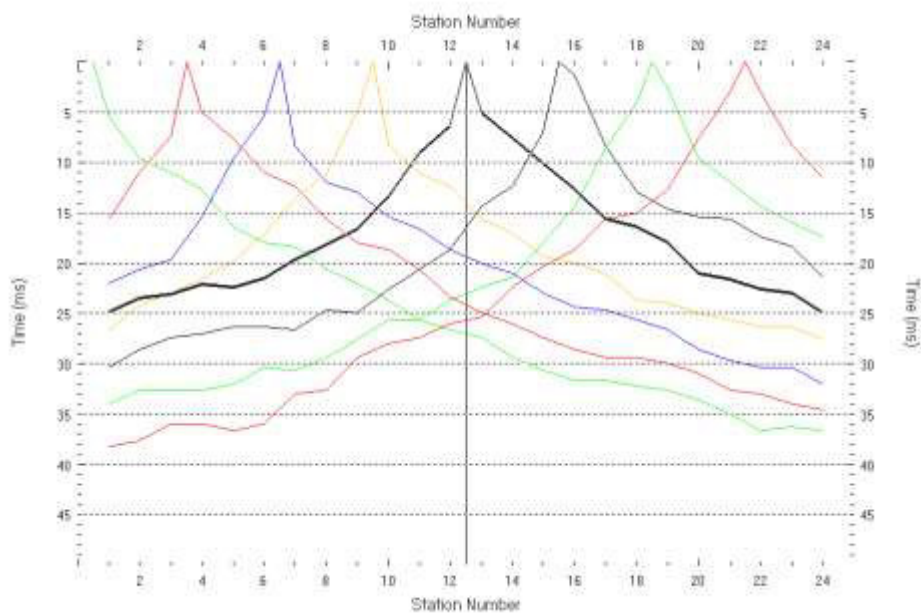


## STENDIMENTO N.7

### **COPERTURA DEI RAGGI SISMICI DELLA SEZIONE TOMOGRAFICA**



### **DROMOCRONE ONDA P SIS7**





**SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA**  
**ONDA P**  
**STENDIMENTO N°7**

101, 20 WET iterations, RMS error 3.8 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.22

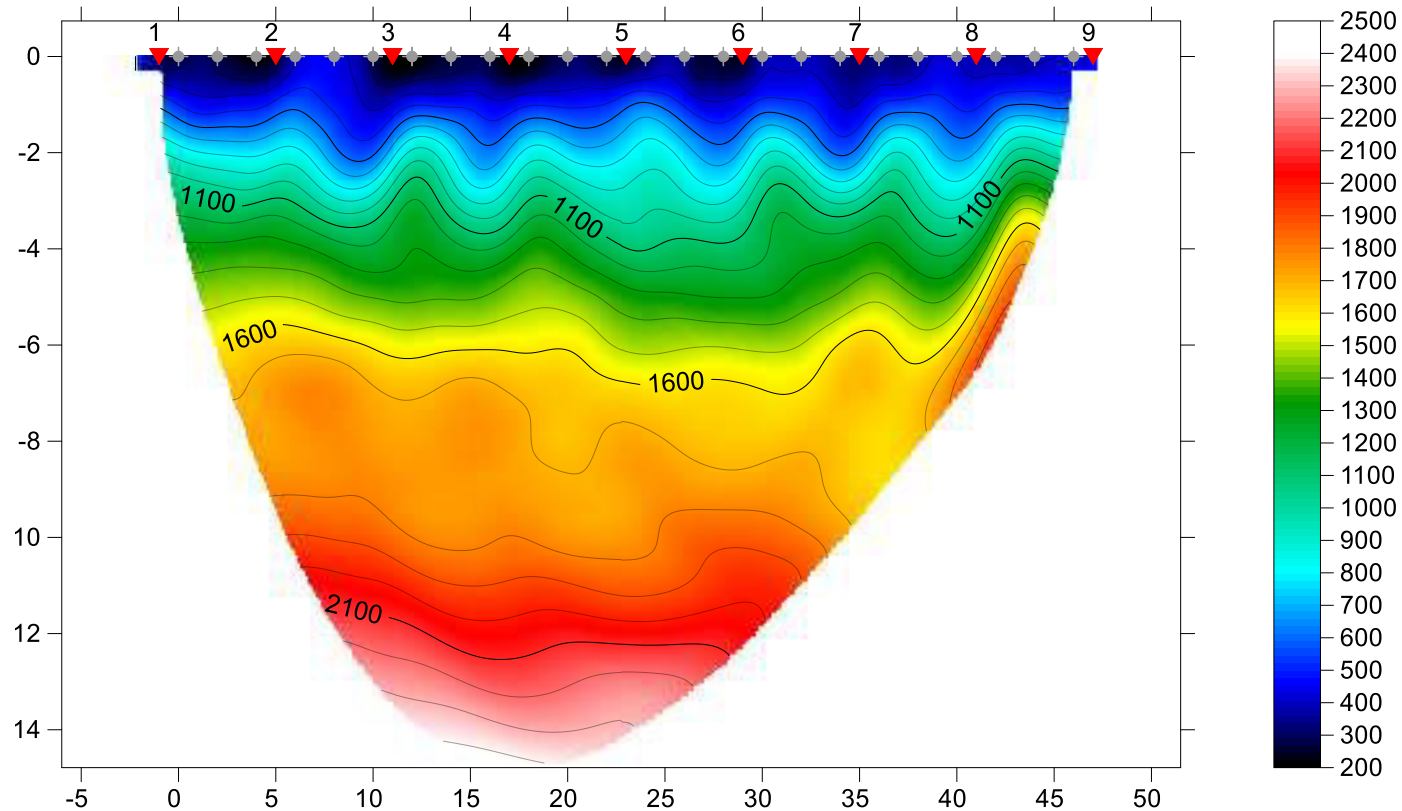
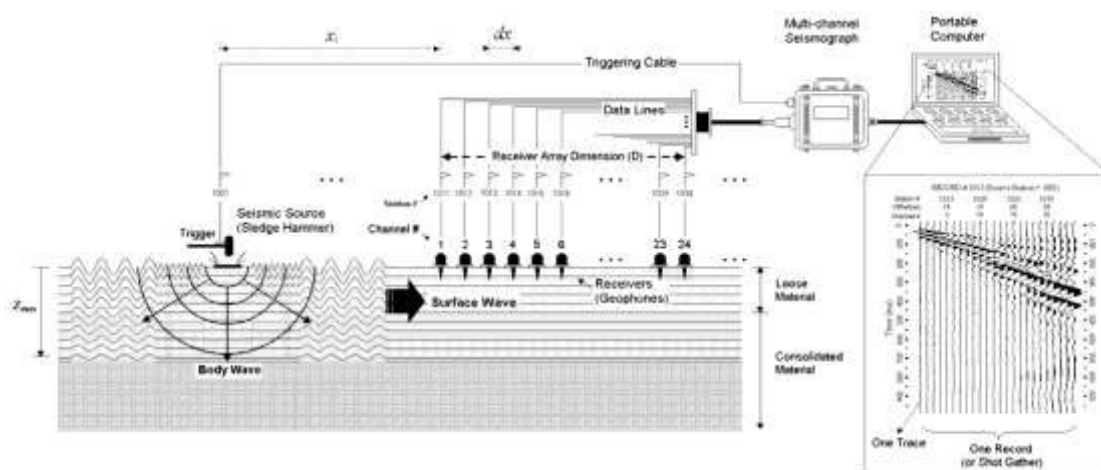


Foto n. 32: fase esecutiva prospezione sismica a rifrazione in onda P

#### 4. PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE - METODO MASW -

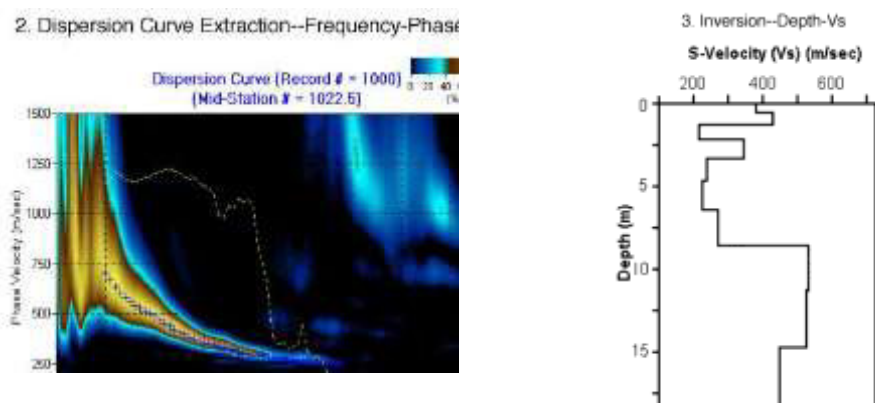
L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh in onda P (MASW), è una prospezione sismica che serve per la determinazione delle velocità delle onde di taglio Vs. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Queste onde durante la loro propagazione sono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso appositi algoritmi sfruttando la capacità dispersiva delle onde superficiali, basate sul riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La procedura consiste di 3 passi fondamentali: Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), e/o rumore di fondo, lungo uno stendimento (Fig. 1);



*Fig. 1–Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.*

In fase di elaborazione si procede all'estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh. La fase successiva consiste nell'inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle Vs (Fig.2) (posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).



*Fig. 2--Curva di dispersione velocità di fase-Frequenza e profilo verticale delle Vs*

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte le onde sismiche dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione delle onde di volume e superficiali sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

Per tale lavoro è stata utilizzato un sismografo **DAQLink III** della Seismic Source, composta da una unità di acquisizione a 24 canali con un convertitore sigma delta ad alta velocità a 24 Bit, dotata di memoria per la cumulabilità degli impulsi. Mentre i geofoni verticali impiegati hanno una frequenza propria di 4,5 Hz ad interasse di 1.5 m, e l'impulso è costituito da una massa battente di 8Kg. Durante la fase di acquisizione dei dati di campagna per il medesimo stendimento si sono registrati più files con energizzazioni eseguite a diversa distanza. Le tracce registrate hanno una lunghezza temporale  $T=2s$  e un passo di campionamento  $dt=1ms$ . La frequenza di campionamento è pari a 1000Hz mentre la frequenza



massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{Nyquist}=1/2\Delta t=500\text{Hz}$ , infine la frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=0.5\text{Hz}$ . Per l'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stato utilizzato il software **SurfSeis ver 3,45** della Kansas Geological Survey.

Dall'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), si è ricostruita una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e mediante procedura d'inversione è stato ottenuto il profilo verticale delle  $V_s$ , che rappresenta la velocità equivalente.

Di seguito si riportano i diagrammi che permettono di ottenere le  $V_s$  e di conseguenza definire la tipologia di suolo caratterizzante il sito oggetto di studio.

Secondo quanto previsto dalle NTC 2018, non avendo intercettato il substrato nei primi 30 mt di profondità, il valore di Velocità Equivalente è definito dal parametro  $V_{s30}$  ottenuto ponendo  $H=30\text{mt}$  e considerando la proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, Il valore è pari a  $V_{s,eq}$  è pari a 455 m/sec.

Tabella 3.2 .II delle NTC 18

A -Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C -Depositì di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D - Depositì 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s
E – terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 mt posto su substrato di riferimento con $V_s > 800\text{ m/s}$
S1 - Depositì costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argilla/limi di bassa consistenza.
S2 _ Depositì di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

<sup>1</sup> La classificazione del terreno è di pertinenza del tecnico professionista che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale  $V_s$ .

## MASW N.1

### VELOCITÀ LONGITUDINALE, TRASVERSALE MODULI ELASTICI:

fig. 37

Strati	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_d$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	149	339	1900	0,38	194	1187	430
2	155	352	1900	0,38	194	1285	465
3	251	522	2000	0,35	204	3469	1285
4	330	687	2000	0,35	204	5997	2221
5	384	799	2000	0,35	204	8120	3007
6	626	1243	2100	0,33	214	22322	8392

$V_p$  Velocità medie onde longitudinali

$\nu$  Modulo di Poisson

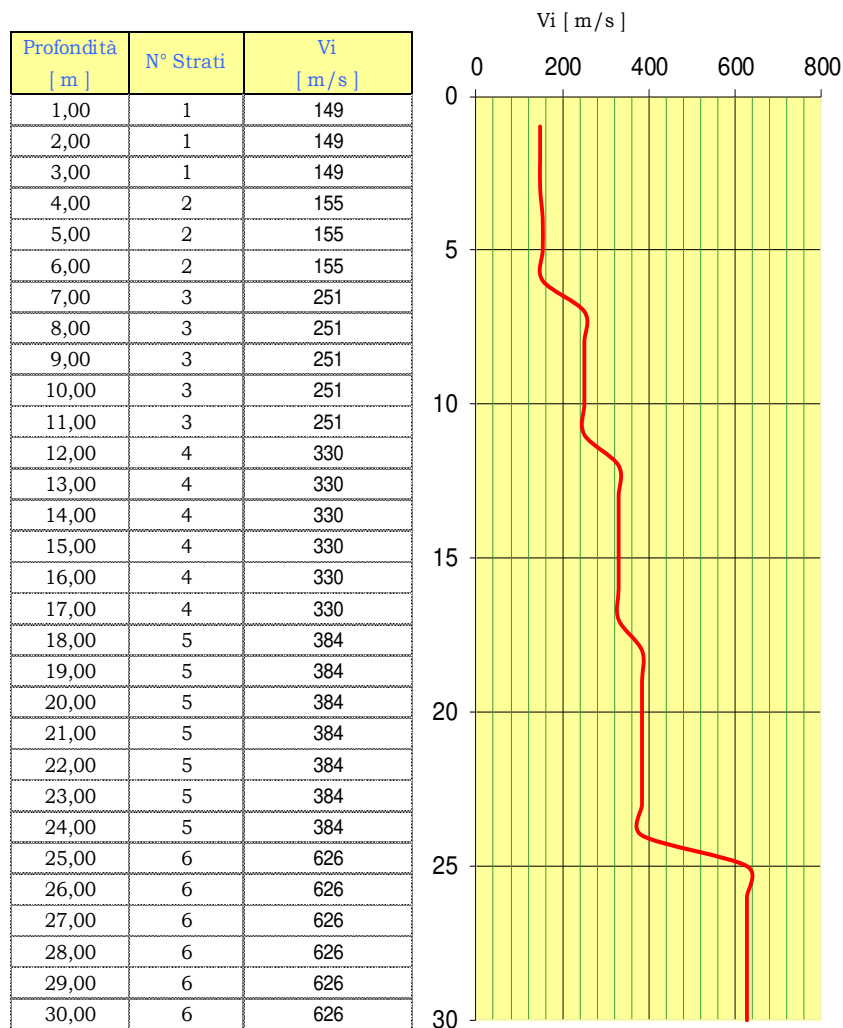
$V_s$  Velocità medie onde di Taglio

$\rho$  densità media per lo strato considerato

$\gamma$  Peso di volume della litologia

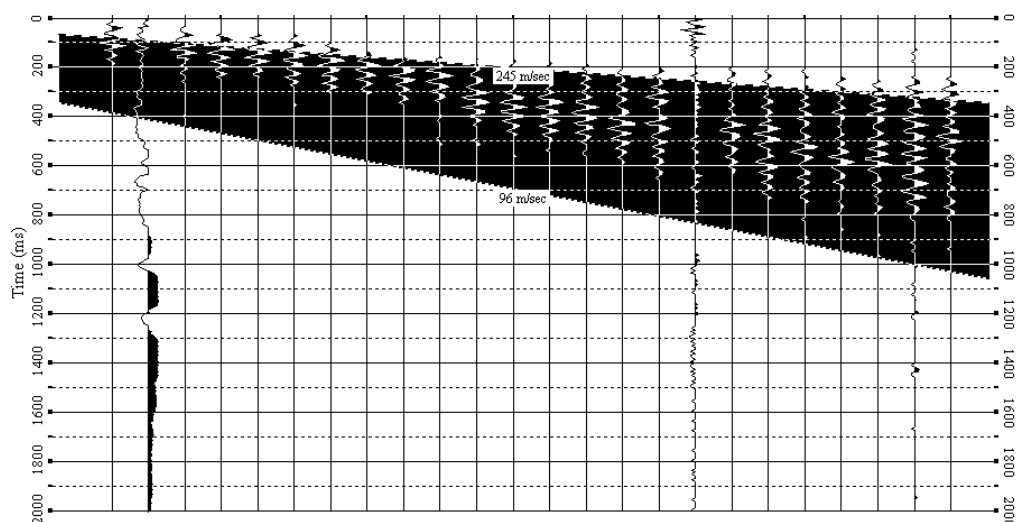
$E_d$  Modulo di deformazione dinamico di Young

### CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO NTC 2018

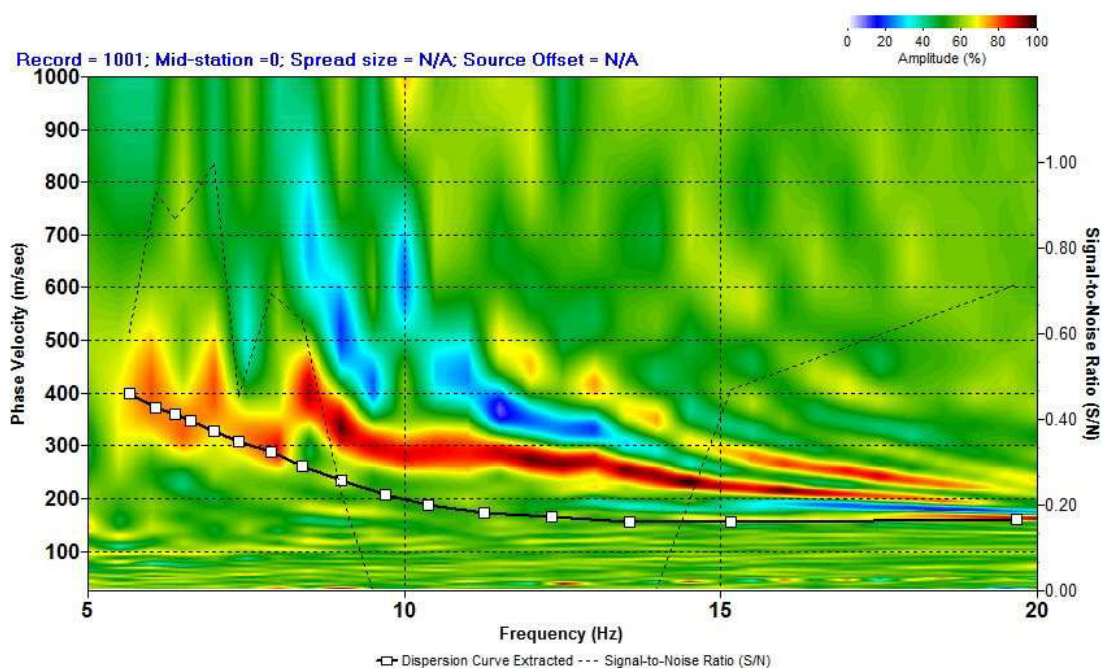


$V_{s30} = 285 \text{ m/s}$

## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) SISMOGRAMMA



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.) Spettro di velocità e curva di dispersione Fase /Frequenza



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

### Modello 1D di velocità delle onde di taglio

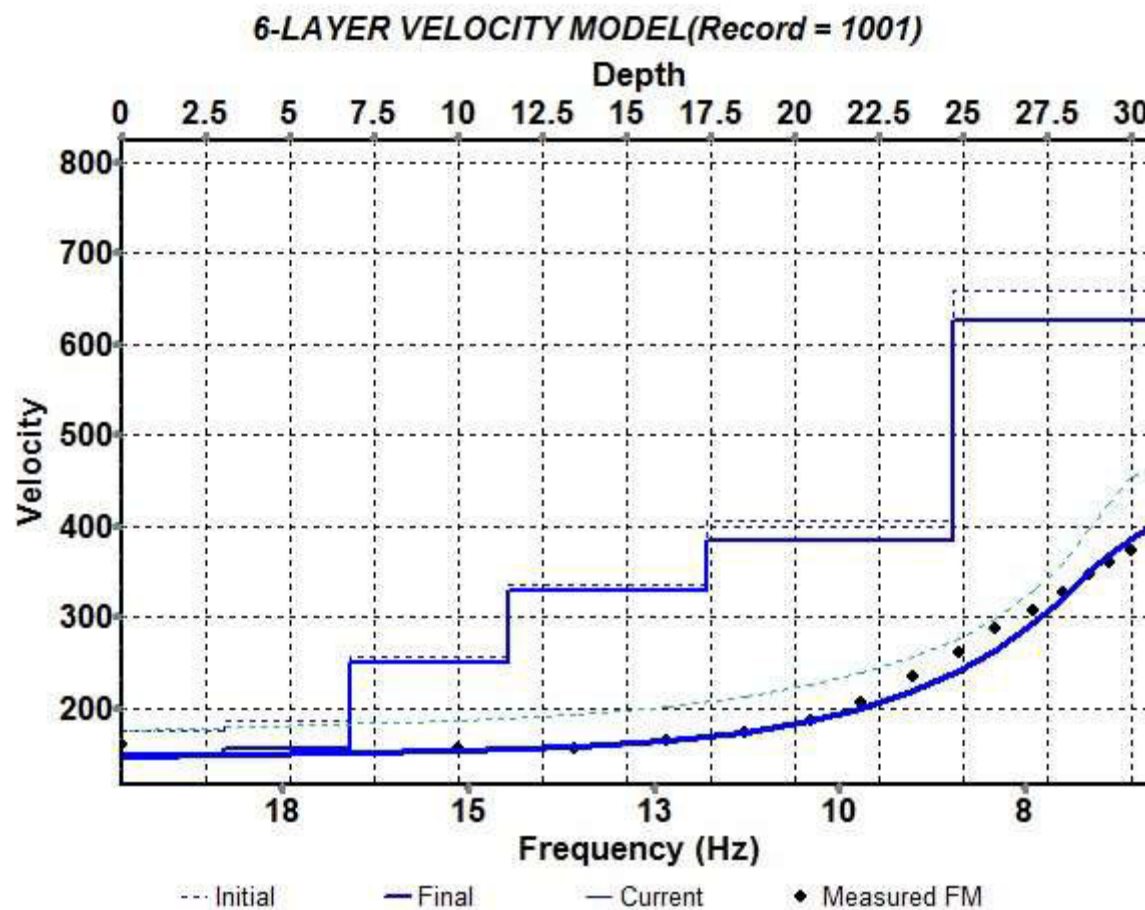


Foto n. 33: fase esecutiva prospezione sismica masw





## MASW N.2

### VELOCITÀ LONGITUDINALE, TRASVERSALE MODULI ELASTICI:

Strati	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_d$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	210	477	1900	0,38	194	2358	854
2	219	498	1900	0,38	194	2565	929
3	271	564	2000	0,35	204	4044	1498
4	377	785	2000	0,35	204	7826	2899
5	490	1020	2000	0,35	204	13221	4897
6	818	1624	2100	0,33	214	38114	14329

$V_p$  Velocità medie onde longitudinali

$\nu$  Modulo di Poisson

$V_s$  Velocità medie onde di Taglio

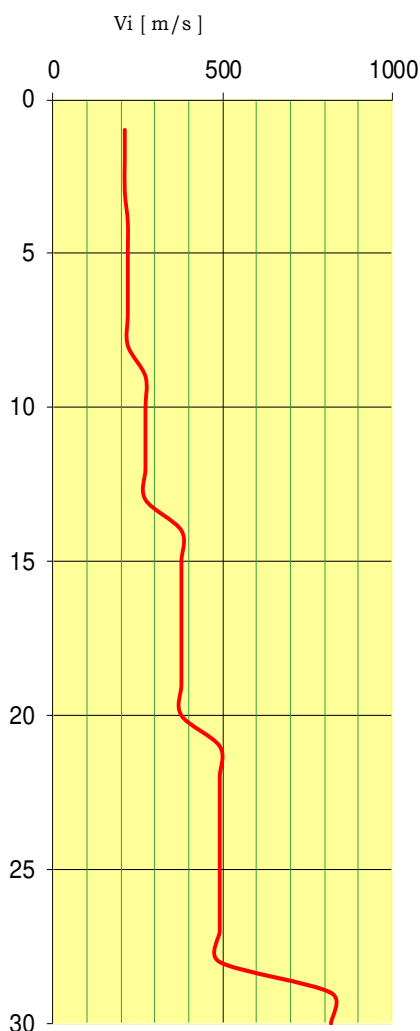
$\rho$  densità media per lo strato considerato

$\gamma$  Peso di volume della litologia

$E_d$  Modulo di deformazione dinamico di Young

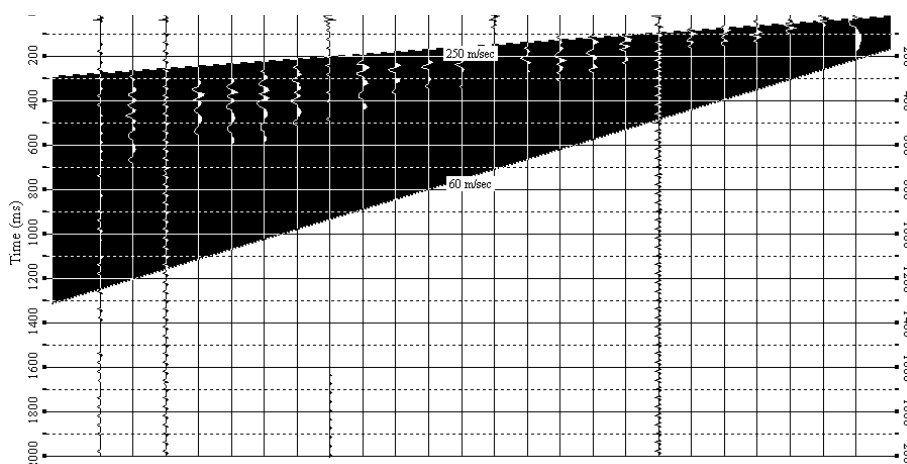
### CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO NTC 2018

Profondità [m]	N° Strati	$V_i$ [m/s]
1,00	1	210
2,00	1	210
3,00	1	210
4,00	2	219
5,00	2	219
6,00	2	219
7,00	2	219
8,00	2	219
9,00	3	271
10,00	3	271
11,00	3	271
12,00	3	271
13,00	3	271
14,00	4	377
15,00	4	377
16,00	4	377
17,00	4	377
18,00	4	377
19,00	4	377
20,00	4	377
21,00	5	490
22,00	5	490
23,00	5	490
24,00	5	490
25,00	5	490
26,00	5	490
27,00	5	490
28,00	5	490
29,00	6	818
30,00	6	818



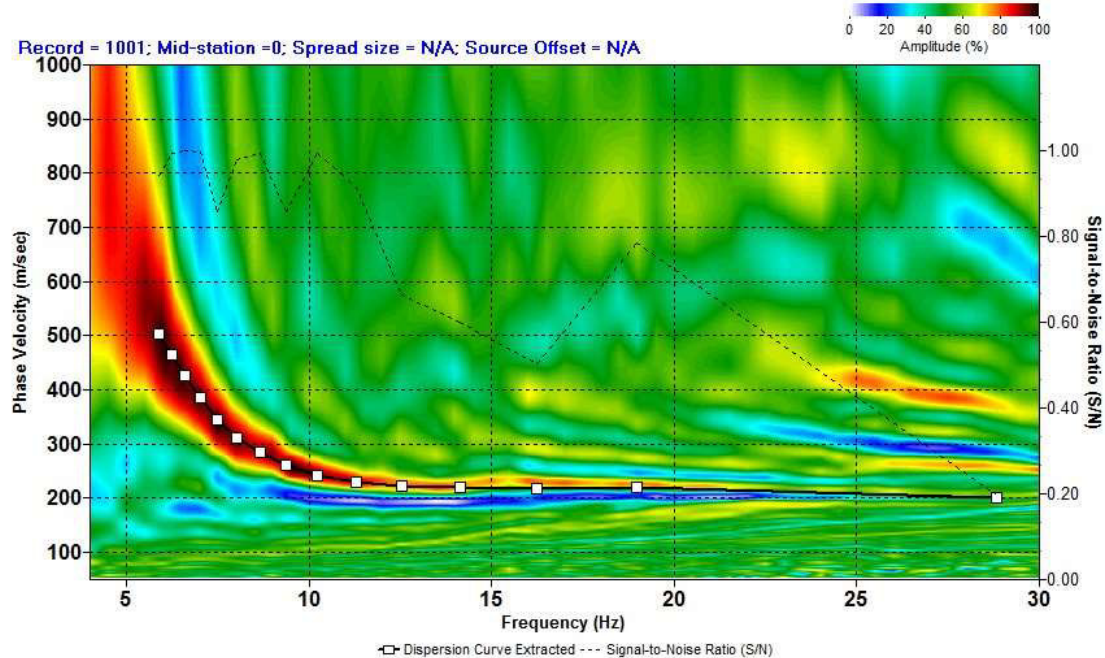
$V_{s30} = 323 \text{ m/s}$

## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) SISMOGRAMMA



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

Spettro di velocità e curva di dispersione Fase / Frequenza



## Modello 1D di velocità delle onde di taglio

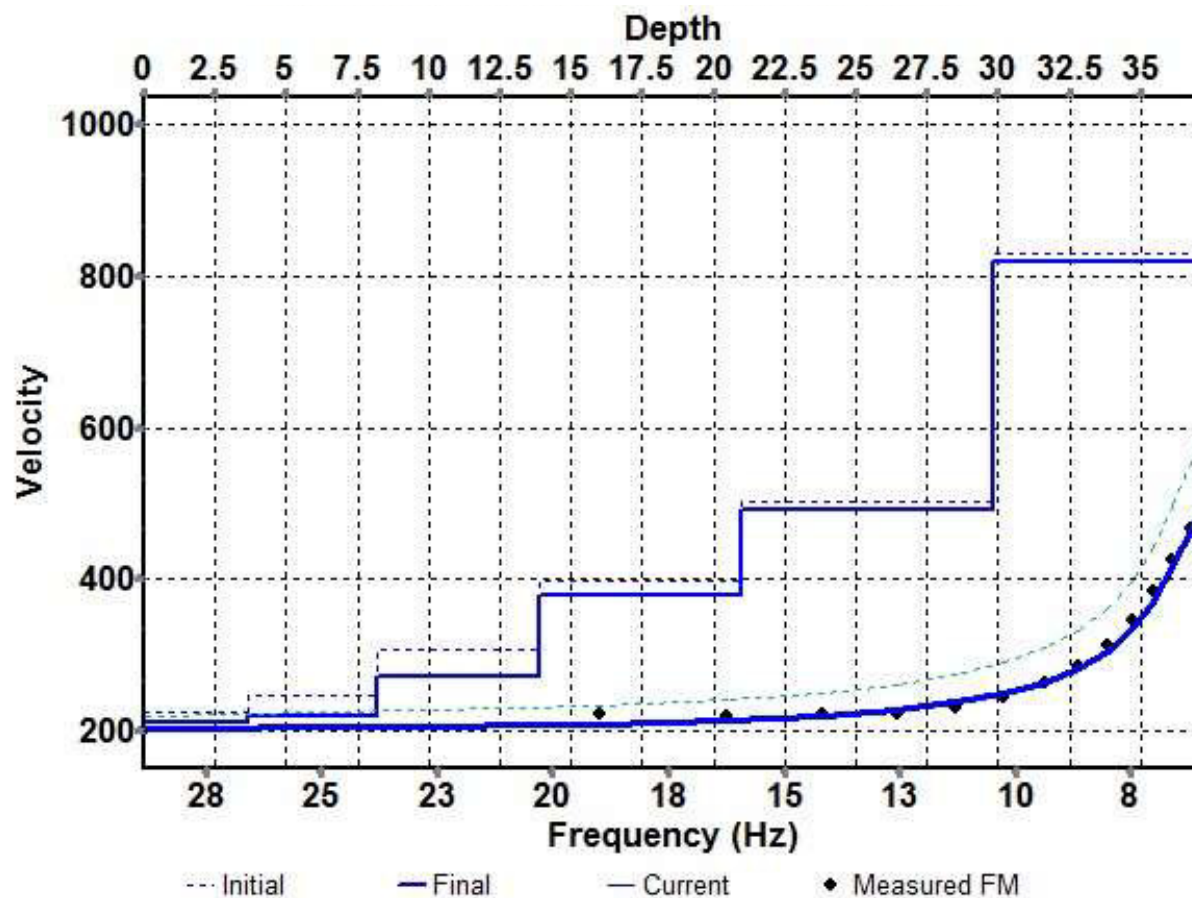


Foto n. 34: fase esecutiva prospezione sismica masw



### MASW N3

### VELOCITÀ LONGITUDINALE, TRASVERSALE MODULI ELASTICI:

Strati	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_d$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	241	548	1900	0,38	194	3106	1125
2	307	698	1900	0,38	194	5040	1826
3	368	766	2000	0,35	204	7457	2762
4	450	937	2000	0,35	204	11151	4130
5	501	1043	2000	0,35	204	13821	5119
6	734	1457	2100	0,33	214	30688	11537

$V_p$  Velocità medie onde longitudinali

$\nu$  Modulo di Poisson

$V_s$  Velocità medie onde di Taglio

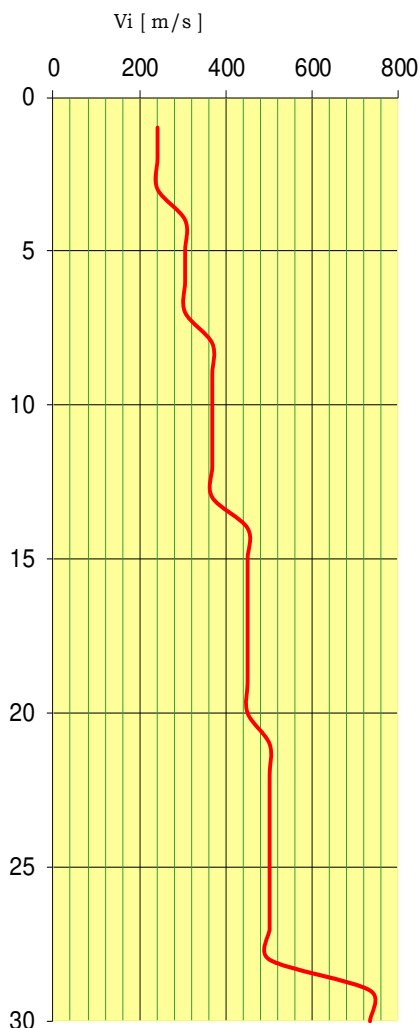
$\rho$  densità media per lo strato considerato

$\gamma$  Peso di volume della litologia

$E_d$  Modulo di deformazione dinamico di Young

### CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO NTC 2018

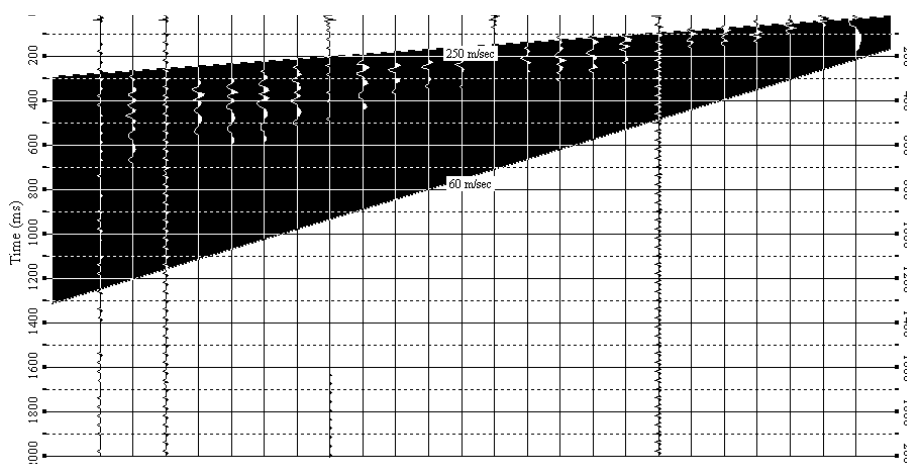
Profondità [ m ]	N° Strati	$V_i$ [ m/s ]
1,00	1	241
2,00	1	241
3,00	1	241
4,00	2	305
5,00	2	305
6,00	2	305
7,00	2	305
8,00	3	368
9,00	3	368
10,00	3	368
11,00	3	368
12,00	3	368
13,00	3	368
14,00	4	450
15,00	4	450
16,00	4	450
17,00	4	450
18,00	4	450
19,00	4	450
20,00	4	450
21,00	5	501
22,00	5	501
23,00	5	501
24,00	5	501
25,00	5	501
26,00	5	501
27,00	5	501
28,00	5	501
29,00	6	734
30,00	6	734



$V_{s30} = 394 \text{ m/s}$

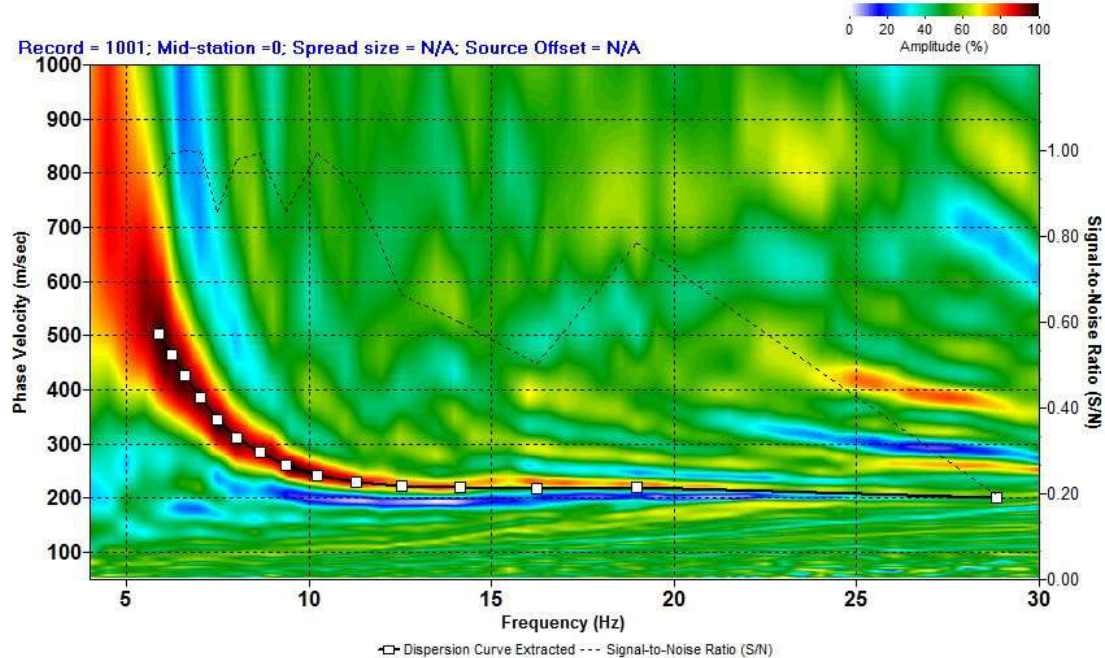


## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) SISMOGRAMMA



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

Spettro di velocità e curva di dispersione Fase / Frequenza



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

### Modello 1D di velocità delle onde di taglio

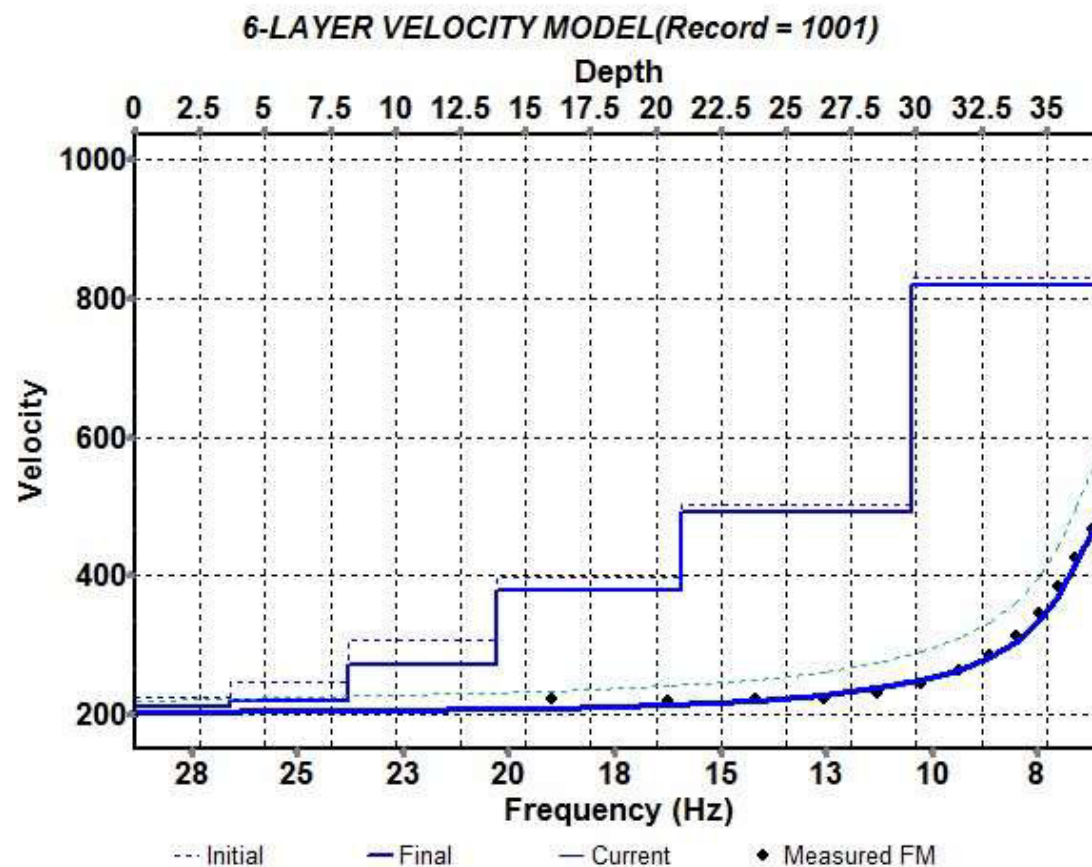


Foto n. 35: fase esecutiva prospezione sismica masw



### MASW N4

### VELOCITÀ LONGITUDINALE, TRASVERSALE MODULI ELASTICI:

Strati	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_d$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	585	1161	2000	0,33	204	18565	6979
2	444	881	2000	0,33	204	10694	4020
3	440	874	2000	0,33	204	10503	3948
4	901	1789	2000	0,33	204	44039	16556
5	542	1076	2000	0,33	204	15936	5991
6	414	822	2000	0,33	204	9298	3496
7	1127	2108	2100	0,30	214	70716	27199

$V_p$  Velocità medie onde longitudinali

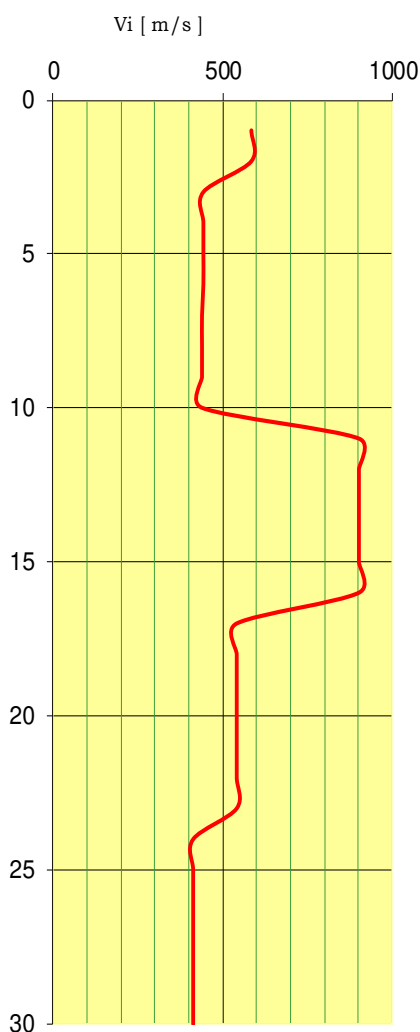
$\nu$  Modulo di Poisson

$V_s$  Velocità medie onde di Taglio

$\rho$  densità media per lo strato considerato

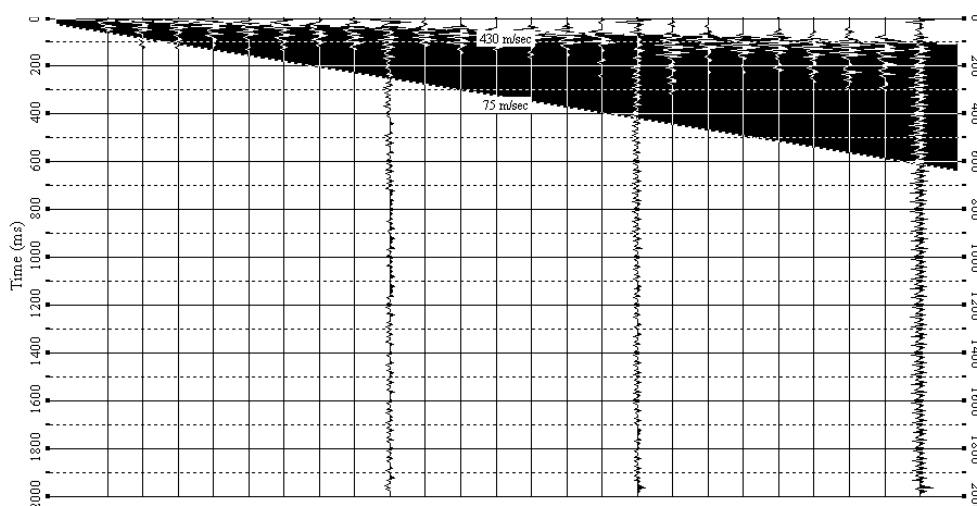
### CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO NTC 2018

Profondità [m]	N° Strati	$V_i$ [m/s]
1,00	1	585
2,00	1	585
3,00	2	444
4,00	2	444
5,00	2	444
6,00	2	444
7,00	3	440
8,00	3	440
9,00	3	440
10,00	3	440
11,00	4	901
12,00	4	901
13,00	4	901
14,00	4	901
15,00	4	901
16,00	4	901
17,00	5	542
18,00	5	542
19,00	5	542
20,00	5	542
21,00	5	542
22,00	5	542
23,00	5	542
24,00	6	414
25,00	6	414
26,00	6	414
27,00	6	414
28,00	6	414
29,00	6	414
30,00	6	414



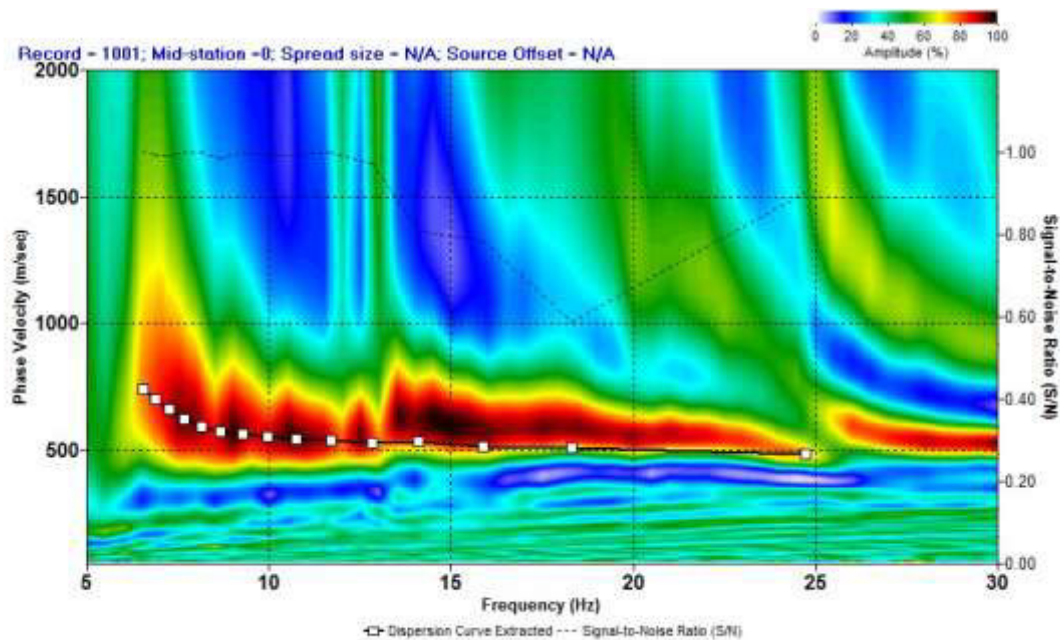
$V_{s30} = 517 \text{ m/s}$

## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) SISMOGRAMMA



## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

### Spettro di velocità e curva di dispersione Fase /Frequenza





## MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

### Modello 1D di velocità delle onde di taglio

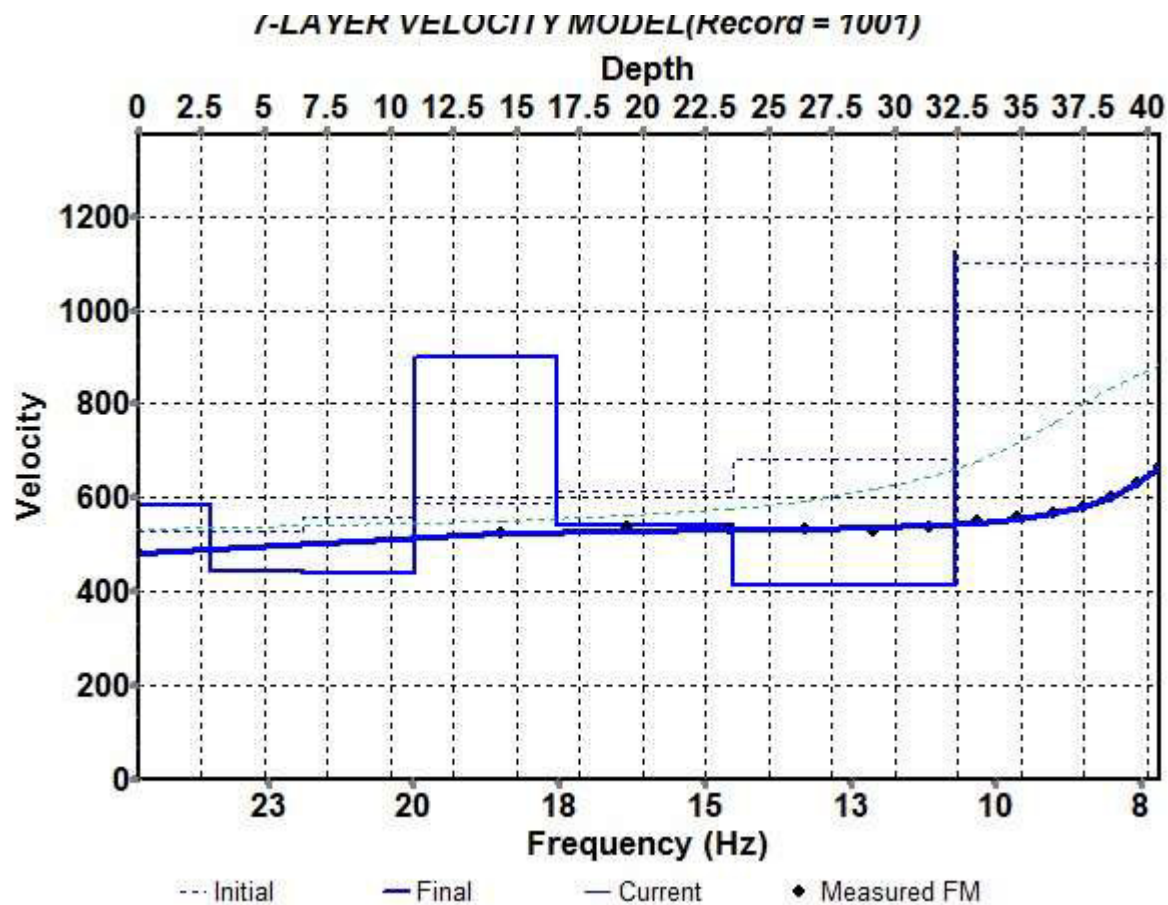


Foto n. 36: fase esecutiva prospezione sismica masw

INDAGINI GEOGNOSTICHE SP4 DEL POLLINO  
PROVINCIA DI POTENZA

## 5. GENERALITÀ SULLA TOMOGRAFIA ELETTRICA

La campagna di prospezione geofisica, Tomografia elettrica (metodo Dipolo-Dipolo), è stata eseguita con strumentazione **ARES VERS.5.5** le cui caratteristiche tecniche sono riportate nel presente rapporto alla tab. 1.

L'indagine è stata realizzata con l'esecuzione di tre stendimenti multielettrodi, distribuiti lungo il profilo con equidistanza pari a 2,75 m. Questi elettrodi sono collegati tra loro, all'unità di acquisizione dati e all'energizzatore in modo da poter funzionare alternativamente come elettrodi di corrente o di misura. In questo modo, non solo le misure lungo un profilo possono procedere in maniera automatica secondo la successione desiderata, ma sono ricavati valori di resistività apparente a differenti profondità e ubicazioni lungo il profilo stesso. Il risultato finale dell'elaborazione di questi dati è una vera sezione bidimensionale che rappresenta la distribuzione dei valori di resistività nel terreno.

Tale prospezione è stata finalizzata, con priorità principale, alla ricostruzione dei passaggi litostratigrafici. La suddetta indagine indiretta ha investigato una profondità massima di circa 6,4 m dal piano campagna.

Di seguito sono schematizzate le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata:

Tab. 1: Caratteristiche tecniche mod. ARES 5.5

<b>Potenza massima</b>	<b>300 W</b>
<b>Corrente Massima</b>	<b>2.0 A</b>
<b>Potenziale</b>	<b>10 – 550 V (1100 Vp-p)</b>
<b>Frequenza di filtraggio</b>	<b>50 - 60 HZ</b>
<b>Impedenza in ingresso</b>	<b>20 MΩ</b>
<b>Metodi supportati</b>	<b>Tomografie 2D/3D, VES, RP, SP, Stendimenti in foro</b>

La tomografia elettrica, nel mantenere costante l'interspazio tra gli elettrodi e nel provvedere ad incrementarlo nelle successive letture lungo lo stesso allineamento, consiste in una serie di misure di valori di resistività apparente.

Durante l'elaborazione dei dati registrati in campagna è possibile ottenere una pseudosezione che mostra la variazione spaziale della resistività apparente distribuita nel sottosuolo.

I risultati della pseudosezione vengono "invertiti" al fine di ottenere un'immagine della resistività reale del sottosuolo che sono rappresentati graficamente da più colori ognuno dei quali contiene un range di resistività apparente definito dall'operatore.

L'inversione è una tecnica di calcolo fondamentale soprattutto per poter limitare i rumori di fondo e l'influenza esercitata da strutture geometriche sepolte.

Tale procedura permette di poter determinare con maggior precisione la posizione e le dimensioni delle anomalie rilevate.

Il programma RES2DINV utilizza il metodo di ottimizzazione dei minimi quadrati "vincolato alla regolarità" per convertire i valori di resistività apparente in una sezione modello.

## **COMMENTO ALLA SEZIONE TOMOGRAFICA**

Nell'area di indagine è stata realizzata uno stendimento di tomografia elettrica per una lunghezza in superficie di 126 mt ed una profondità di investigazione di circa 25 mt. Dalla sezione modello inverso di resistività si evidenzia la presenza di valori di resistività superficiali superiori a 100 Ohm\*m, fino ad una profondità massima dal p.c. di circa 8 mt, da correlare terreni arenati superficiali. Ad una maggiore profondità vi è un passaggio graduale a un elettrostrato con resistività inferiore a 50 Ohm\*m, da correlare alla presenza di terreni coesivi.

**TOMOGRAFIA ELETTRICA  
MODELLO INVERSO**

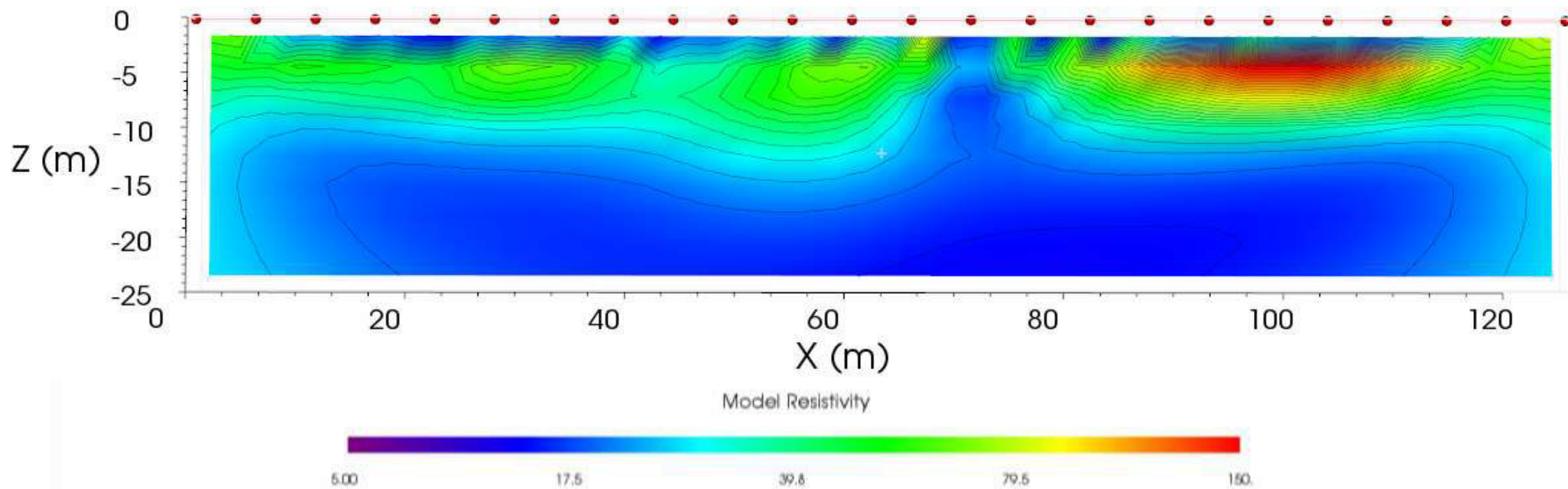






Foto n. 37: fase esecutiva Tomografia elettrica