

Dr. Geol. STEFANO CASTAGNETTI

GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

STUDIO A CARATTERE DI PROTEZIONE CIVILE

via Argini Sud, 24 - 43030 BASILICANOVA PR

tel. e fax 0521.681244 - 338.8740794

e-mail: studio@stefacasta.it

PROVINCIA DI PARMA

comune di **TRAVERSETOLO**



PSC

PIANO STRUTTURALE COMUNALE
ai sensi della L.R. 20/2000

ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

Secondo livello di approfondimento

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007

All. 2 – Rilievi geofisici di tipo sismico a rifrazione (prove MASW)

il tecnico incaricato:

Dott. Geol. Stefano Castagnetti

con la collaborazione di:

Dott. Geol. Marco Baldi



23 Aprile 2009

COMMITTENTE

Dott. Geol. CASTAGNETTI STEFANO
Via Argini sud, 24
43030 BASILICANOVA (PARMA)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

DETERMINAZIONE DELLE Vs30 AI FINI DELLA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI CUI ALLA D.A.L. 112/2007

OGGETTO DELL'ELABORATO

**RELAZIONE DI INDAGINE GEOFISICA DI TIPO
SISMICO A RIFRAZIONE**

COMUNE DI TRAVERSETOLO

LOCALIZZAZIONE

ITALIA

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: PARMA

COMUNE DI TRAVERSETOLO

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	LOTTO	SETTORE DI ATTIVITA'	TIPO DOCUMENTO	N. ELABORATO
2534	A-B-C-D-E-F	G	REL	1

VERSIONE

DATA

OGGETTO

0	30/03/2009	1° EMISSIONE

DATI PROGETTISTA

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO) – Italy



INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
3	NORMATIVA D.M. 14/01/2008	7
4	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE.....	9
4.1	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE BASI SISMICHE “A”, “B”, “C”, “D”, “E” (INTERASSE 3,00 MT)	9
4.2	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE BASE SISMICA “F” (INTERASSE 2,00 MT).....	10
5	BASE SISMICA “A” – LOCALITA’ MAMIANO.....	11
6	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “A”.....	22
7	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “A”.....	25
8	BASE SISMICA “B” – LOCALITA’ BANNONE	27
9	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “B”	38
10	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “B”	41
11	BASE SISMICA “C” – LOCALITA’ MASDONE	43
12	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “C”	54
13	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “C”	57
14	BASE SISMICA “D” – LOCALITA’ TRAVERSETOLO 1	59
15	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “D”.....	70
16	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “D”	73
17	BASE SISMICA “E” – LOCALITA’ TRAVERSETOLO 2	75
18	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “E”	86
19	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “E”	89
20	BASE SISMICA “F” – LOCALITA’ VIGNALE.....	91
21	VELOCITA’ DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE “F”	102
22	ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE “F”	105

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON POSIZIONAMENTO DELLE UBICAZIONI RILEVATE	6
FIGURA 2: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-SO “ BIBBIANO” - SCALA 1:25.000 – BASE “A”	11
FIGURA 3: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. N. 200090 “BASILICANOVA” – SCALA 1:10.000 – BASE “A”	11
FIGURA 4: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE “A”	12
FIGURA 5: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “A”	13
FIGURA 6: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE “A”	14
FIGURA 7: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE “A”	15
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE “A”	16
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE “A”	17
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE “A”	18
FIGURA 11: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE “A”	19

FIGURA 12: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "A"	20
FIGURA 13: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "A"	21
FIGURA 14: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "A"	22
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "A"	23
FIGURA 16: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "A"	23
FIGURA 17: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "A"	24
FIGURA 18: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-SO "BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "B"	27
FIGURA 19: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. N. 200090 "BASILICANOVA" – SCALA 1:10.000 – BASE "B"	27
FIGURA 20: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE "B"	28
FIGURA 21: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "B"	29
FIGURA 22: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "B"	30
FIGURA 23: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "B"	31
FIGURA 24: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "B"	32
FIGURA 25: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "B"	33
FIGURA 26: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "B"	34
FIGURA 27: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "B"	35
FIGURA 28: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "B"	36
FIGURA 29: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "B"	37
FIGURA 30: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "B"	38
FIGURA 31: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "B"	39
FIGURA 32: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "B"	39
FIGURA 33: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "B"	40
FIGURA 34: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-SO "BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "C"	43
FIGURA 35: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. N. 200090 "BASILICANOVA" – SCALA 1:10.000 – BASE "C"	43
FIGURA 36: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE "C"	44
FIGURA 37: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "C"	45
FIGURA 38: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "C"	46
FIGURA 39: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "C"	47
FIGURA 40: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "C"	48
FIGURA 41: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "C"	49
FIGURA 42: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "C"	50
FIGURA 43: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "C"	51
FIGURA 44: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "C"	52
FIGURA 45: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "C"	53
FIGURA 46: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "C"	54
FIGURA 47: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "C"	55
FIGURA 48: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "C"	55
FIGURA 49: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "C"	56
FIGURA 50: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-SO "BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "D"	59
FIGURA 51: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. N. 200090 "BASILICANOVA" – SCALA 1:10.000 – BASE "D"	59
FIGURA 52: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE "D"	60
FIGURA 53: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "D"	61
FIGURA 54: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "D"	62
FIGURA 55: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "D"	63
FIGURA 56: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "D"	64

FIGURA 57: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "D"	65
FIGURA 58: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "D"	66
FIGURA 59: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "D"	67
FIGURA 60: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "D"	68
FIGURA 61: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "D"	69
FIGURA 62: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "D"	70
FIGURA 63: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "D"	71
FIGURA 64: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "D"	71
FIGURA 65: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "D"	72
FIGURA 66: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "E"	75
FIGURA 67: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – SCALA 1:10.000 – BASE "E"	75
FIGURA 68: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE "E"	76
FIGURA 69: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "E"	77
FIGURA 70: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "E"	78
FIGURA 71: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "E"	79
FIGURA 72: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "E"	80
FIGURA 73: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "E"	81
FIGURA 74: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "E"	82
FIGURA 75: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "E"	83
FIGURA 76: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "E"	84
FIGURA 77: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "E"	85
FIGURA 78: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "E"	86
FIGURA 79: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "E"	87
FIGURA 80: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "E"	87
FIGURA 81: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "E"	88
FIGURA 82: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "F"	91
FIGURA 83: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200130 "TRAVERSETOLO" – SCALA 1:10.000 – BASE "F"	91
FIGURA 84: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - SCALA 1:1.000 – BASE "F"	92
FIGURA 85: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "F"	93
FIGURA 86: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "F"	94
FIGURA 87: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "F"	95
FIGURA 88: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "F"	96
FIGURA 89: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "F"	97
FIGURA 90: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "F"	98
FIGURA 91: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "F"	99
FIGURA 92: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "F"	100
FIGURA 93: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "F"	101
FIGURA 94: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "F"	102
FIGURA 95: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "F"	103
FIGURA 96: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "F"	103
FIGURA 97: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "F"	104

1 PREMESSA

Come richiesto dal tecnico incaricato per gli studi geologici-geotecnici, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente snc, con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata alla elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

L'area interessata dall'indagine geologico-geotecnica si trova in provincia di **PARMA** nel territorio comunale di **TRAVERSETOLO**.

Allo scopo di determinare le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni presenti, è stata condotta un'indagine diretta in sito di tipo sismico a rifrazione costituita da nr. 6 basi sismiche che sono state eseguite in data 20/03/2009, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di Vs,30.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto d'intervento si colloca nell'ambito del territorio comunale di **TRAVERSETOLO** e risulta compresa all'interno della documentazione cartografica sotto riportata:

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-SO denominata "BIBBIANO" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – scala 1:10.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200130 "TRAVERSETOLO" – scala 1:10.000

3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008

Le "Norme tecniche per le costruzioni" definiscono che, ai fini della valutazione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche"), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche, morfologiche e topografiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il sub-strato rigido di riferimento con velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s (bedrock) o comunque un sub-strato commisurato alla estensione ed importanza dell'opera.

La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

Nei casi in cui tale determinazione della velocità non sia disponibile, la classificazione può essere eseguita in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove h_i , $V_{s,i}$, $N_{SPT,i}$ e $c_{u,i}$ sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio V_s , il numero di colpi N_{SPT} e la resistenza non drenata c_u nell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

Categoria	Descrizione
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 (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi 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 (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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 (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore ai 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

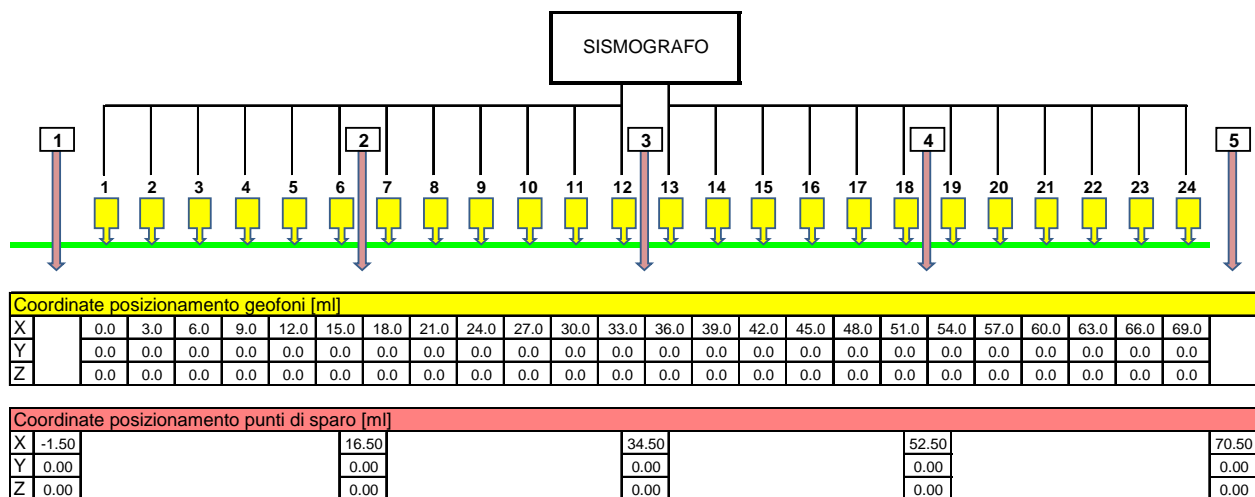
Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

4.1 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE BASI SISMICHE “A”, “B”, “C”, “D”, “E” (interasse 3,00 mt)

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni dei comparti urbanistici di studio, sono state eseguite in data 20/03/2009 nr. 5 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante un utilizzatore di un energizzatore per sismica per tutti i 5 punti (nr. 1, 2, 3, 4, 5), classificato dal Ministero dell'Interno come “strumento di lavoro”, costituito da un corpo cilindrico di forma tubolare in acciaio inox con una sezione anteriore svitabile, denominata camera di cartuccia, predisposta per contenere una cartuccia di tipo industriale calibro 8. La camera di cartuccia è senza canna, consentendo l'esplosione assiale dell'onda di energia con generazione di onde di tipo “P” (longitudinali) e di tipo “S” (trasversali).

Per la disposizione dei trasduttori velocimetrici (geofoni) sul sito oggetto di indagine, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	69,0m	Spazio intergeofonico	3,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetri	24

Strumentazione e impostazioni di registrazione

Modello strumento di acquisizione	PASI 16S24
Risoluzione di campionamento	16 bit
Frequenza di campionamento	125 μ s
Geofoni verticali con frequenza di pari a 4,5 Hz	24
Tempo di acquisizione	256 ms

Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono “starter” posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul “Tempo Zero” non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

1a energizzazione posta a ml. 1.50 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)

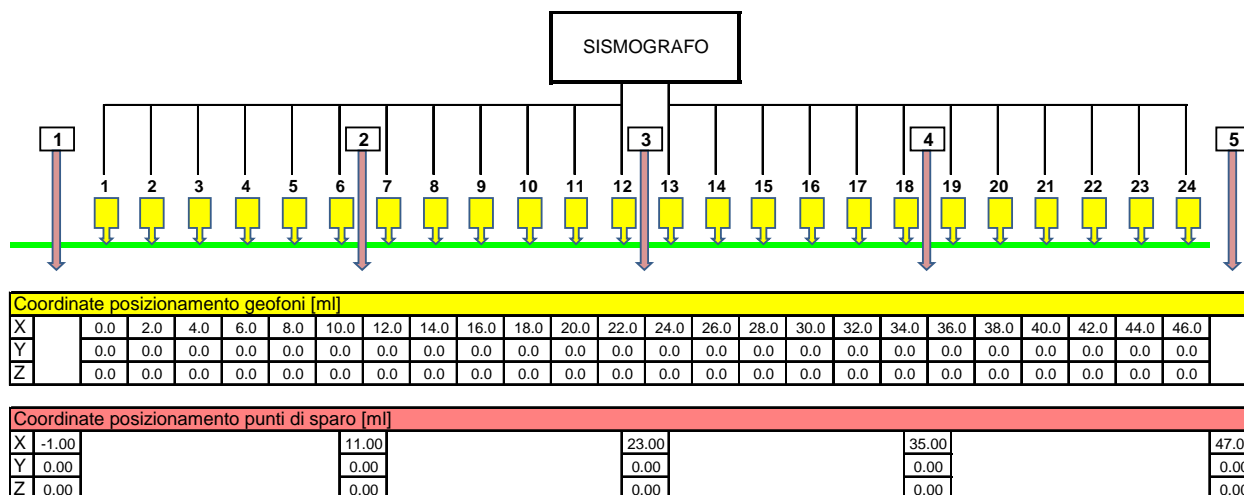
4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)

5a energizzazione posta a ml. 1.50 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

4.2 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE BASE SISMICA "F" (interasse 2,00 mt)

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio, è stata eseguita in data 20/03/2009 nr. 1 base sismica a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante l'utilizzo di una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio per i nr. 3 punti di energizzazione centrali (nr. 2, 3, 4) e per i 2 punti estremi (nr. 1, 5).

Per la disposizione dei trasduttori velocimetrici (geofoni) sul sito oggetto di indagine, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	46,0m	Spazio intergeofonico	2,0m
Numero di punti di energizzazione	5	Numero di trasduttori velocimetrici	24

Strumentazione e impostazioni di registrazione

Modello strumento di acquisizione	PASI 16S24
Risoluzione di campionamento	16 bit
Frequenza di campionamento	125 μ s
Geofoni verticali con frequenza di pari a 4,5 Hz	24
Tempo di acquisizione	256 ms

Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1 msec. Per la base sismica sono stati effettuati nr. 5 punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico:

1a energizzazione posta a ml. 1.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

3a energizzazione posta tra i geofoni nr. 12 e nr. 13 (centrale)

4a energizzazione posta tra i geofoni nr. 18 e nr. 19 (intermedio destro)

5a energizzazione posta a ml. 1.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA "A" – LOCALITA' MAMIANO

Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "A"

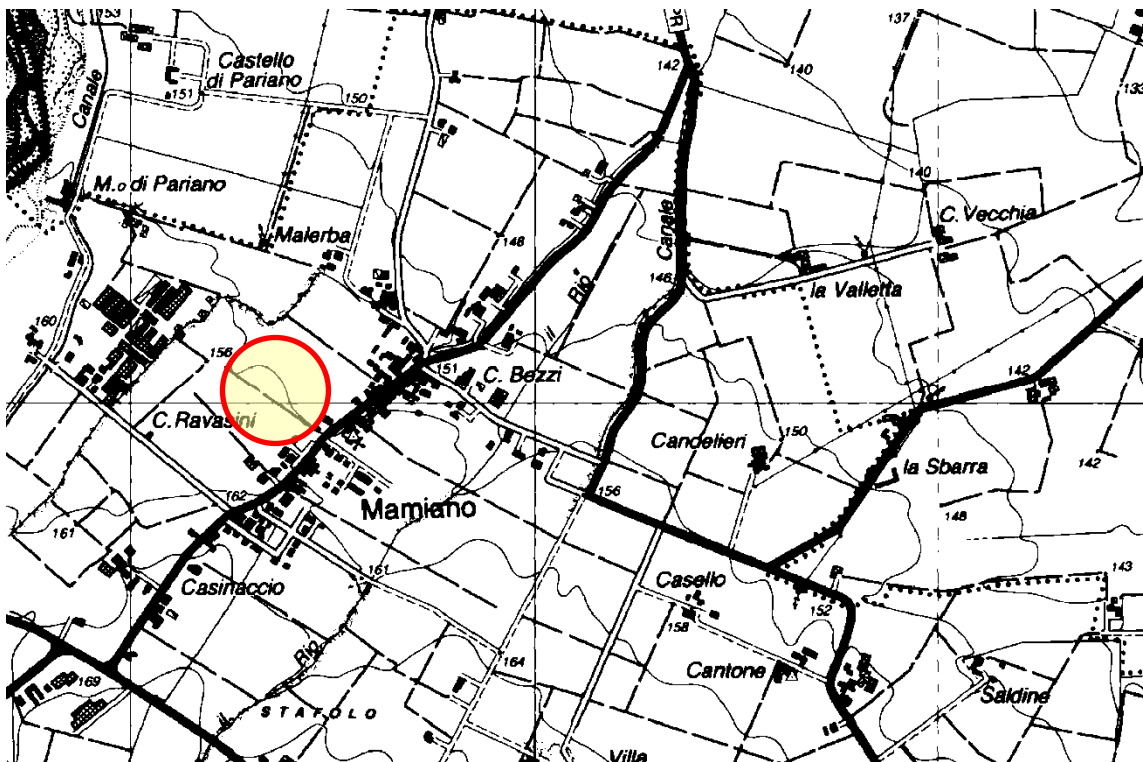


Figura 3: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – scala 1:10.000 – BASE "A"

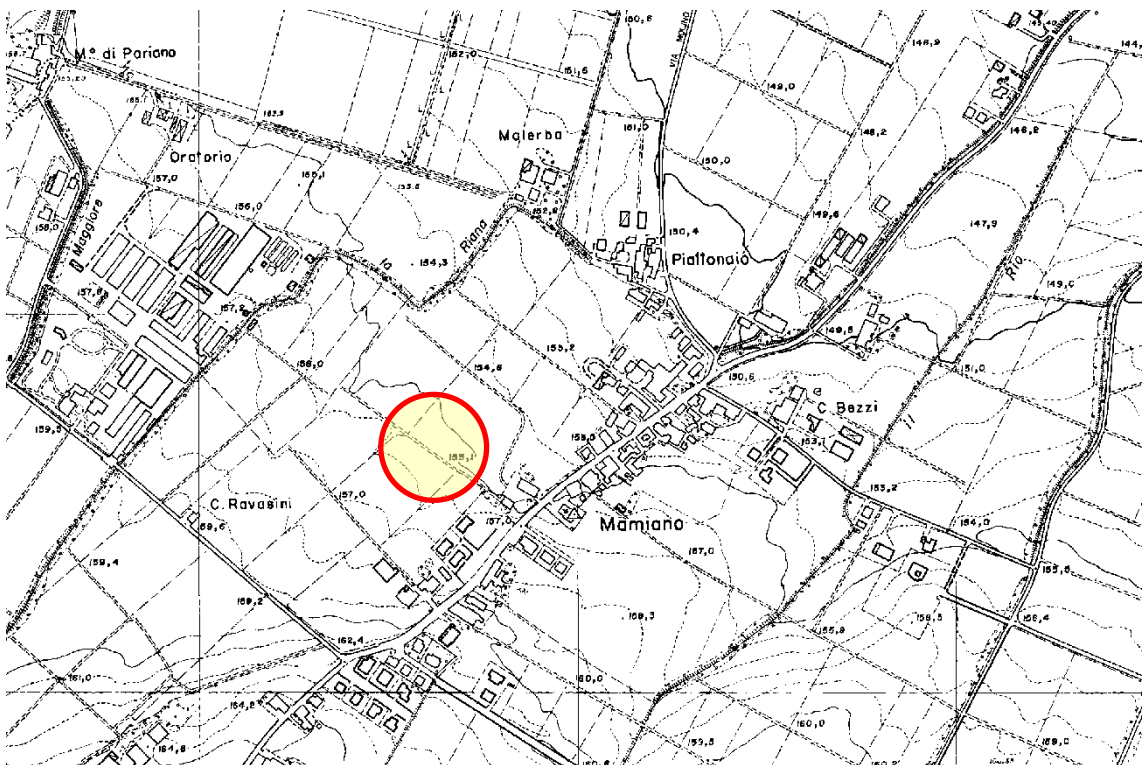


Figura 4: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE "A"



Figura 5: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “A”



Figura 6: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "A"

File Reference	
1	AA1.DAT
2	AA67B.DAT
3	AA1213.DAT
4	AA1819.DAT
5	AA24.DAT
MASW	AA1M.DAT

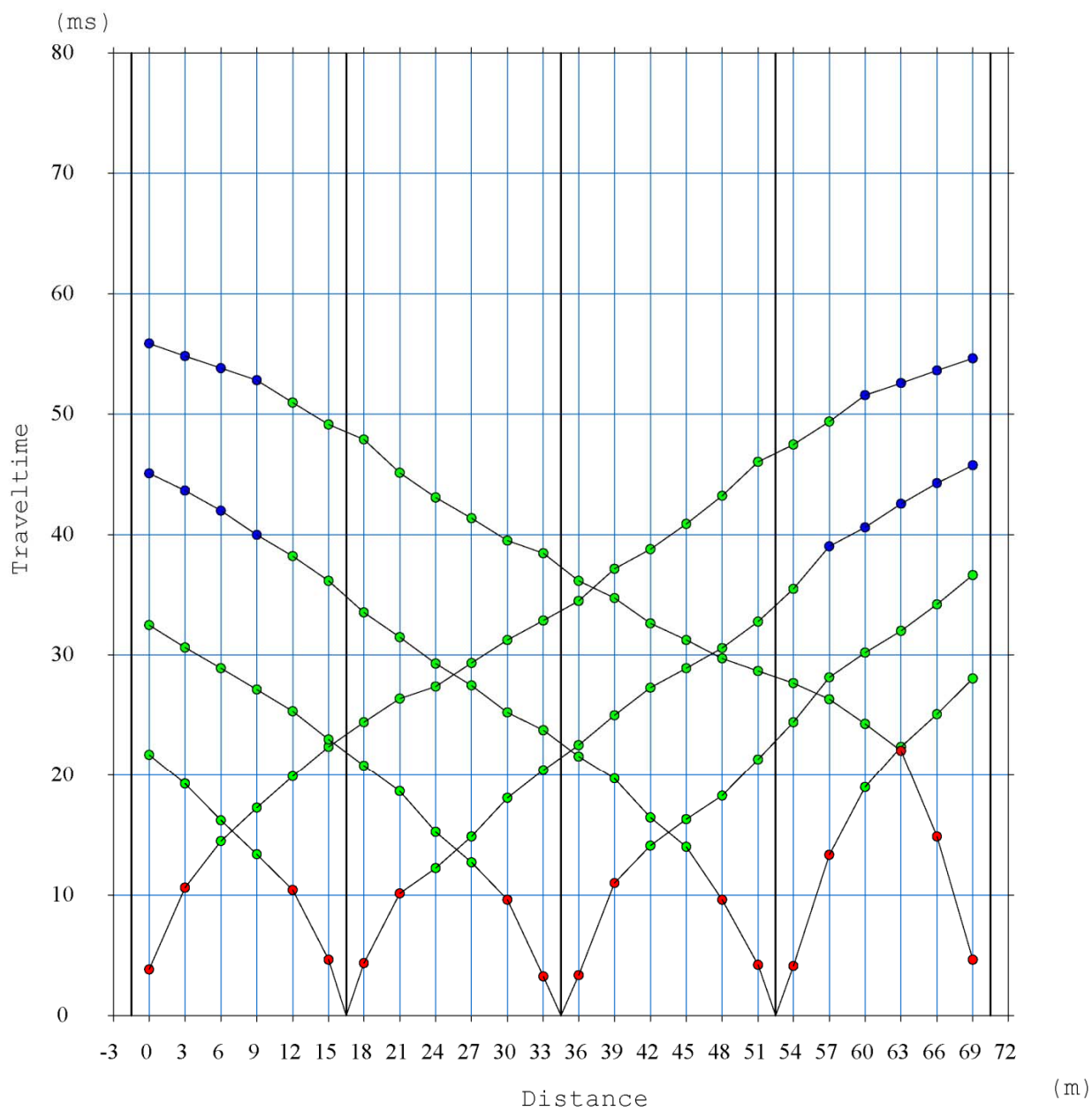
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0.00	-1.50	0.00	0.00
2	0.00	16.50	0.00	0.00
3	0.00	34.50	0.00	0.00
4	0.00	52.50	0.00	0.00
5	0.00	70.50	0.00	0.00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0.00	0.00	0.00	3.85	21.72	32.50	45.10	55.87
2	0.00	3.00	0.00	10.63	19.25	30.64	43.68	54.85
3	0.00	6.00	0.00	14.48	16.21	28.91	42.00	53.83
4	0.00	9.00	0.00	17.28	13.41	27.13	40.00	52.81
5	0.00	12.00	0.00	19.88	10.45	25.33	38.24	50.99
6	0.00	15.00	0.00	22.38	4.67	22.99	36.19	49.17
7	0.00	18.00	0.00	24.43	4.37	20.77	33.56	47.89
8	0.00	21.00	0.00	26.40	10.13	18.64	31.49	45.15
9	0.00	24.00	0.00	27.38	12.25	15.25	29.28	43.09
10	0.00	27.00	0.00	29.36	14.88	12.72	27.47	41.36
11	0.00	30.00	0.00	31.25	18.05	9.63	25.25	39.52
12	0.00	33.00	0.00	32.88	20.40	3.25	23.73	38.45
13	0.00	36.00	0.00	34.51	22.53	3.38	21.55	36.19
14	0.00	39.00	0.00	37.17	25.00	10.99	19.71	34.75
15	0.00	42.00	0.00	38.77	27.31	14.11	16.45	32.61
16	0.00	45.00	0.00	40.91	28.91	16.29	14.03	31.25
17	0.00	48.00	0.00	43.25	30.56	18.27	9.63	29.73
18	0.00	51.00	0.00	46.05	32.77	21.33	4.21	28.67
19	0.00	54.00	0.00	47.49	35.48	24.43	4.13	27.68
20	0.00	57.00	0.00	49.39	39.04	28.13	13.33	26.32
21	0.00	60.00	0.00	51.57	40.60	30.19	19.00	24.27
22	0.00	63.00	0.00	52.60	42.56	32.00	22.37	22.04
23	0.00	66.00	0.00	53.63	44.28	34.21	25.09	14.85
24	0.00	69.00	0.00	54.66	45.76	36.64	28.05	4.67

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0.00	2.49	15.33	0.00	0.00
2	3.00	2.29	15.24	0.00	0.00
3	6.00	2.10	15.06	0.00	0.00
4	9.00	2.08	14.76	0.00	0.00
5	12.00	2.16	14.41	0.00	0.00
6	15.00	2.21	14.09	0.00	0.00
7	18.00	2.17	13.66	0.00	0.00
8	21.00	2.01	13.52	0.00	0.00
9	24.00	1.83	13.44	0.00	0.00
10	27.00	1.82	13.40	0.00	0.00
11	30.00	1.91	13.40	0.00	0.00
12	33.00	1.99	13.41	0.00	0.00
13	36.00	2.05	13.44	0.00	0.00
14	39.00	2.07	13.44	0.00	0.00
15	42.00	2.04	13.41	0.00	0.00
16	45.00	2.09	13.35	0.00	0.00
17	48.00	2.27	13.28	0.00	0.00
18	51.00	2.47	13.20	0.00	0.00
19	54.00	2.82	13.15	0.00	0.00
20	57.00	3.08	13.14	0.00	0.00
21	60.00	3.35	13.05	0.00	0.00
22	63.00	3.62	12.85	0.00	0.00
23	66.00	3.85	12.59	0.00	0.00
24	69.00	4.00	12.31	0.00	0.00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	382
2	1572
3	2584
4	
5	

Figura 7: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "A"



aa-finale.vs

**Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "A"**

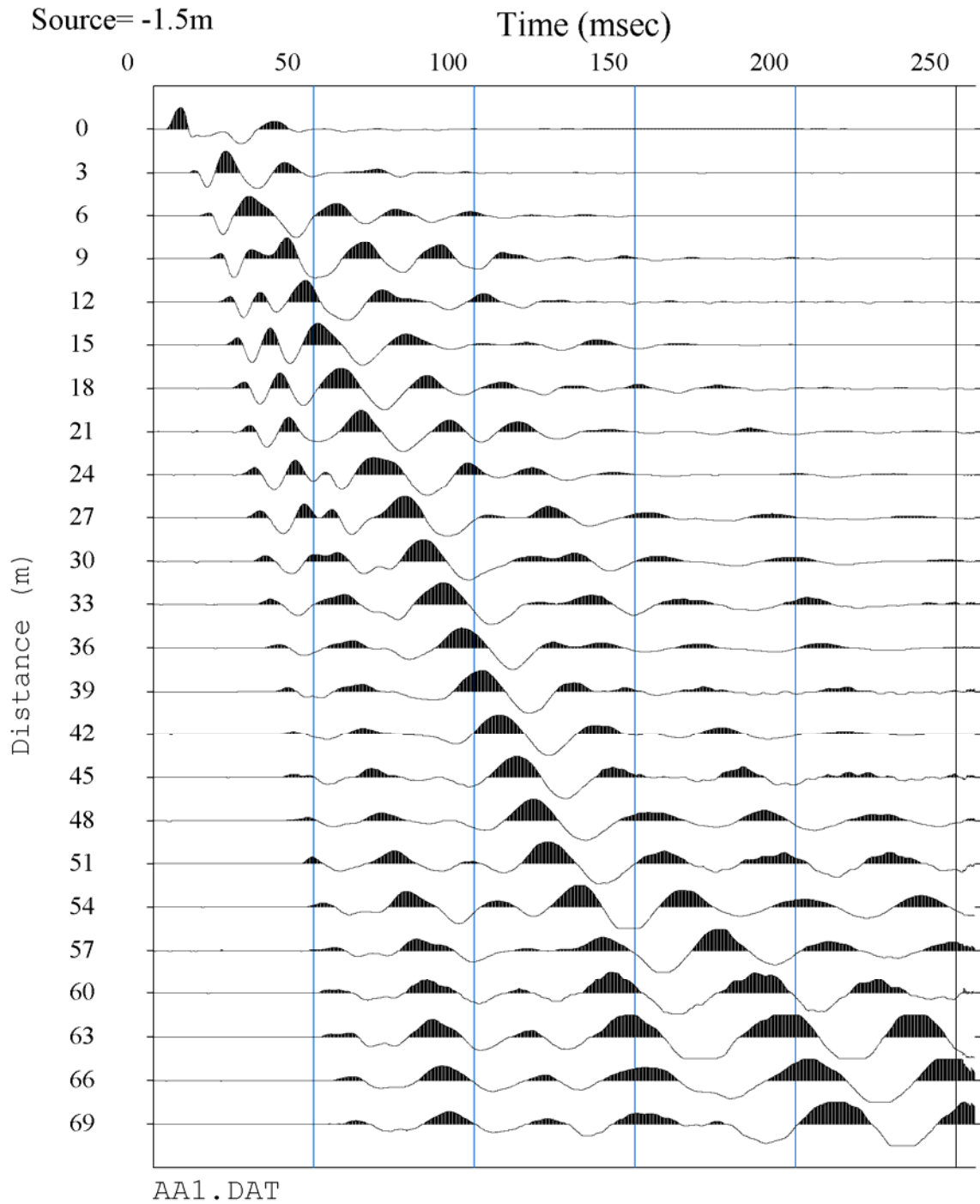


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "A"

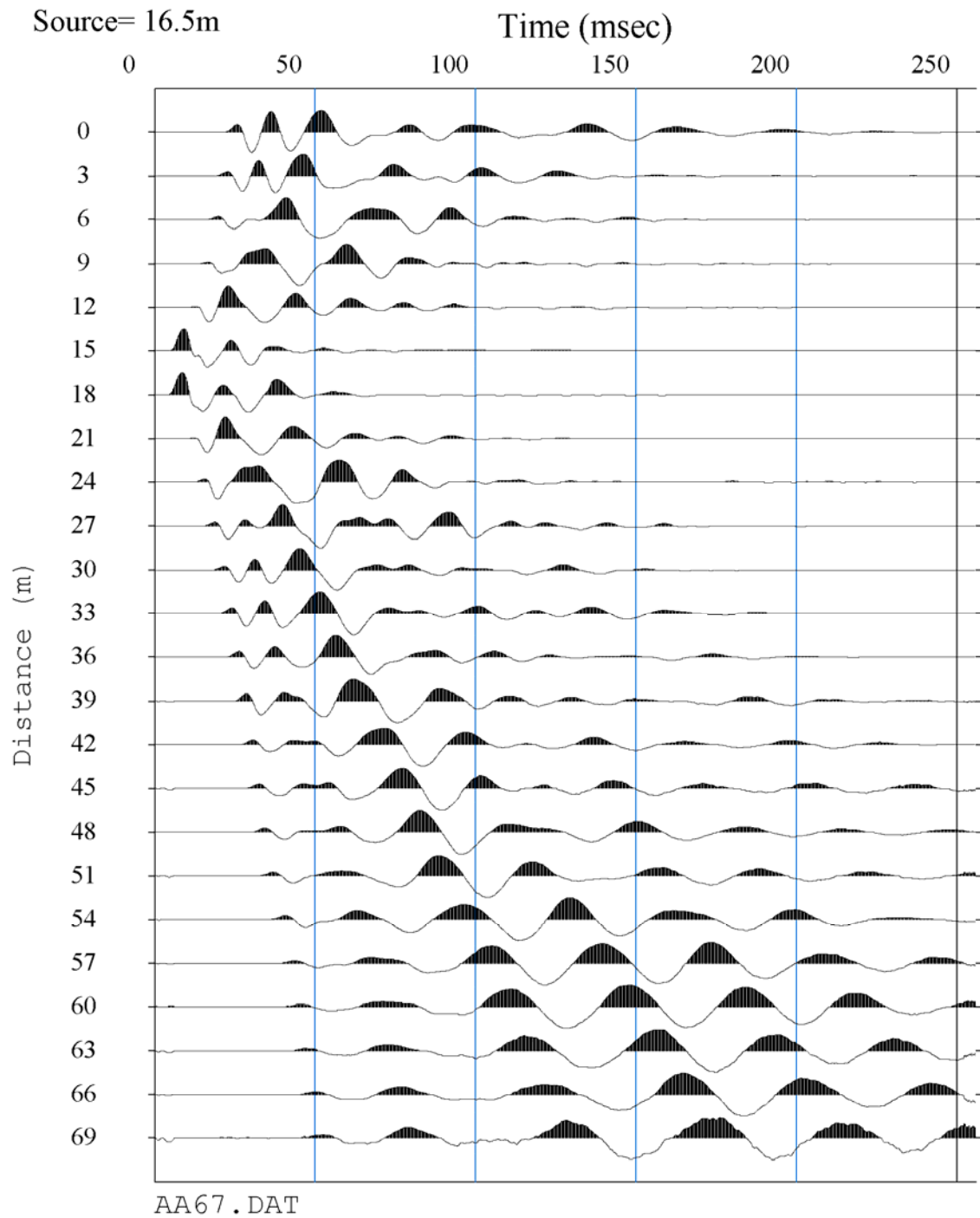


Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "A"

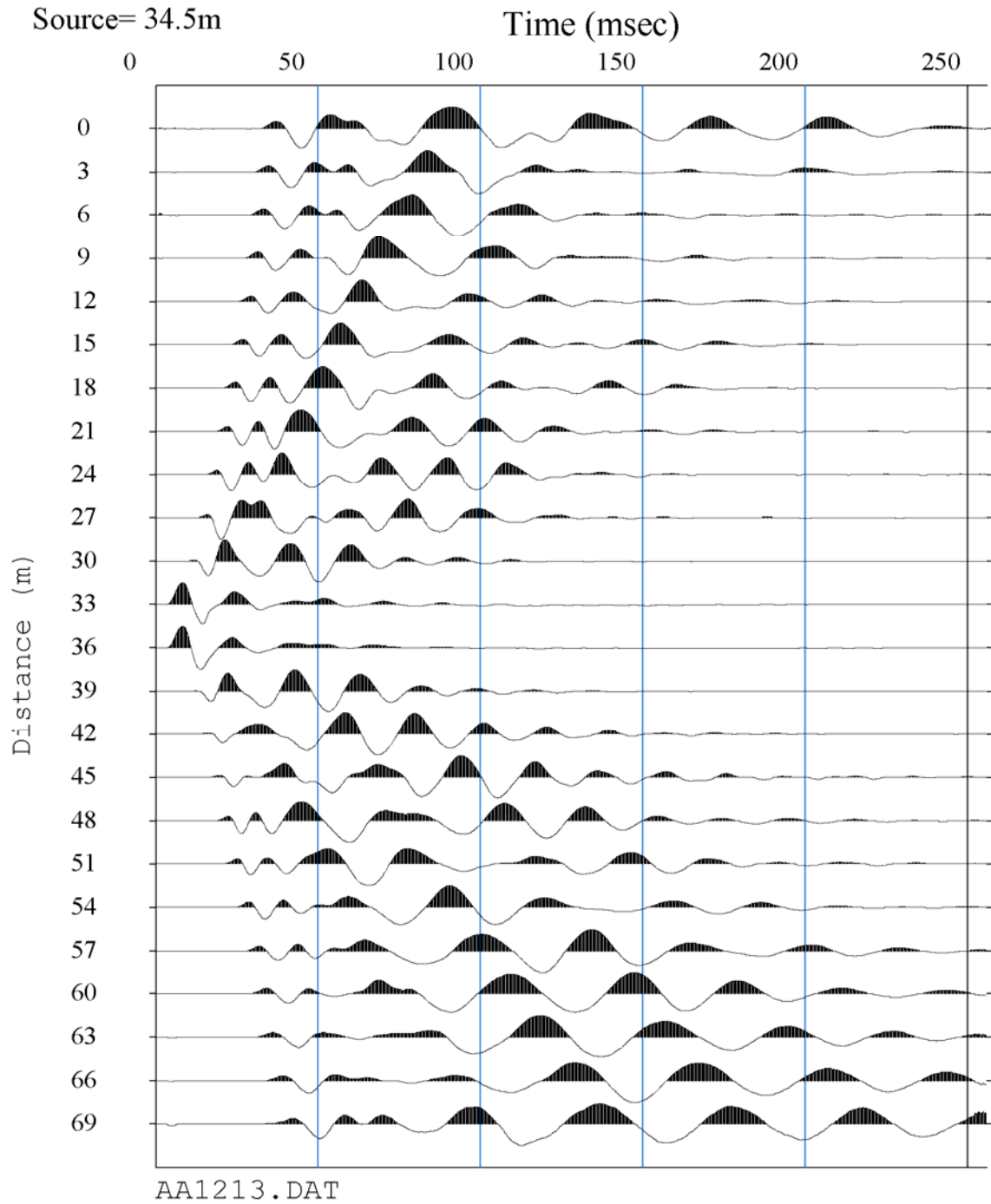
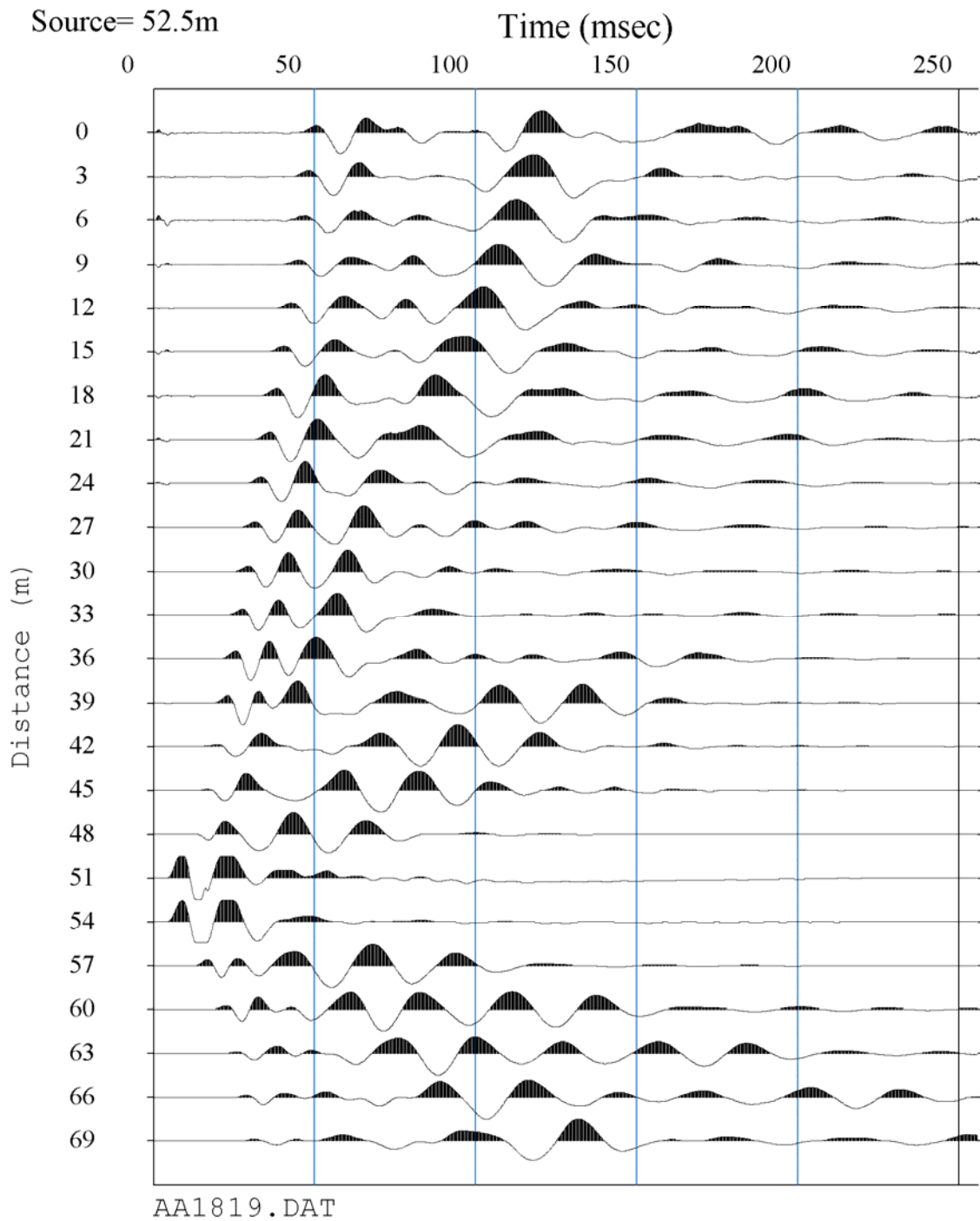


Figura 11: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "A"



**Figura 12: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "A"**

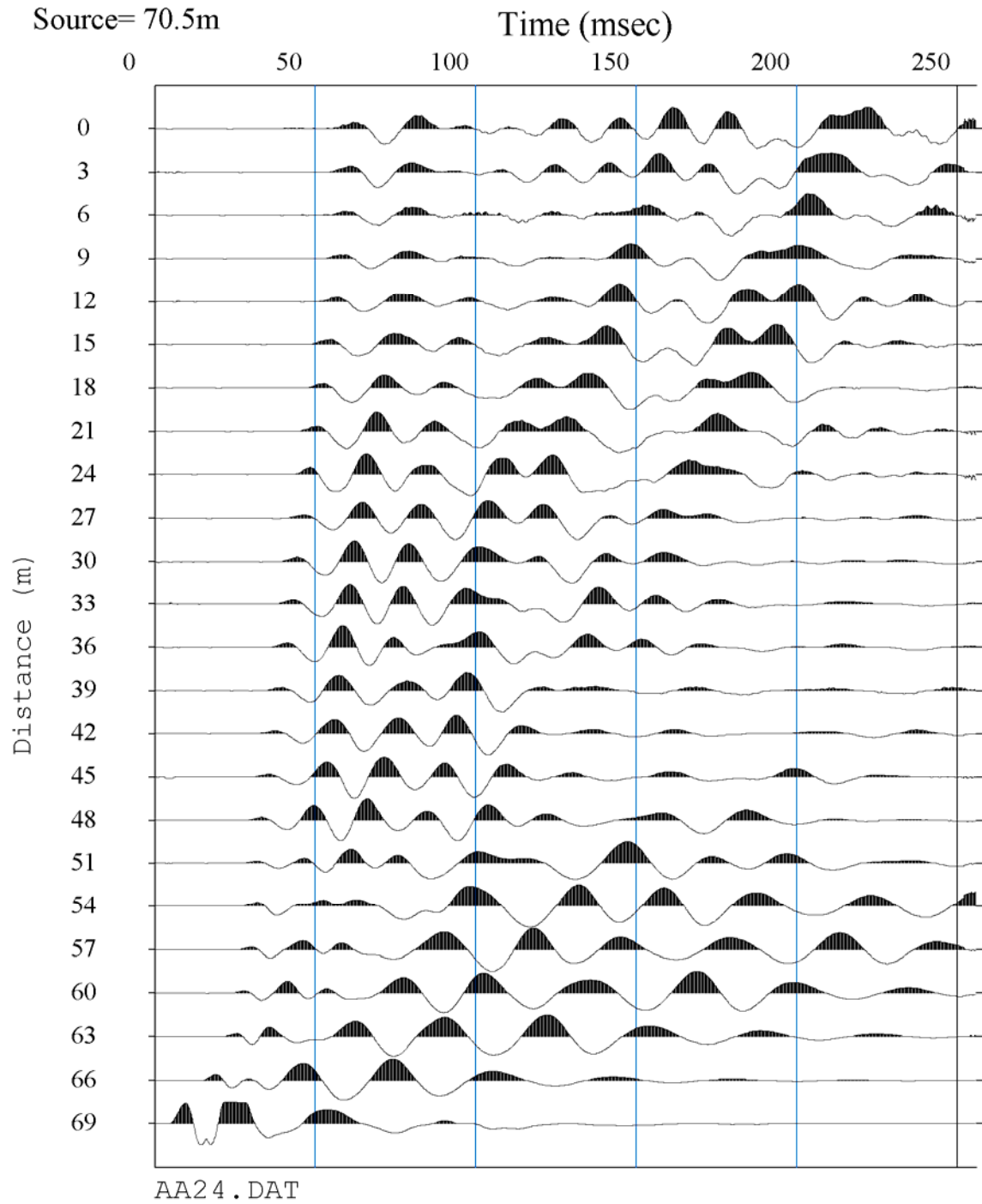
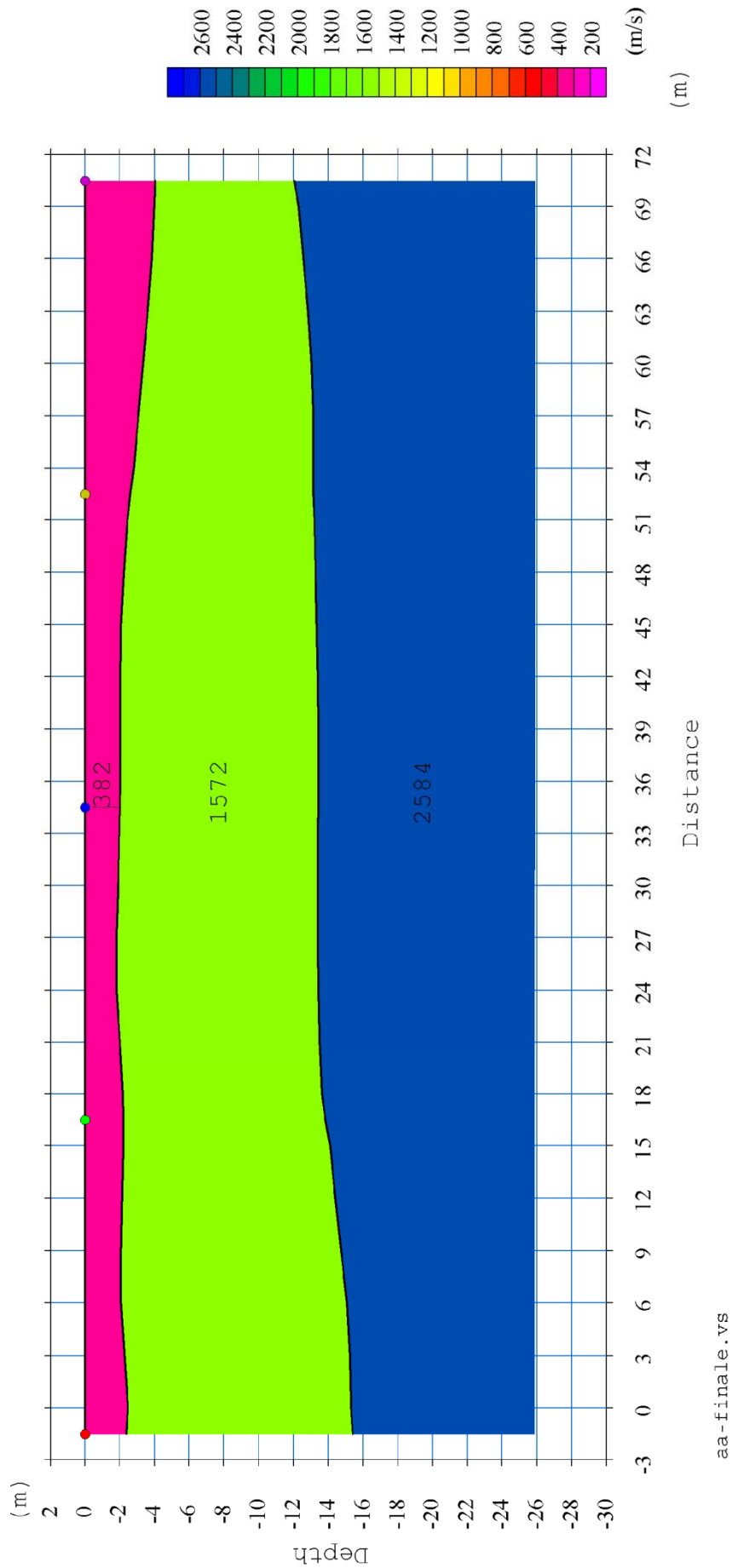


Figura 13: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “A”



6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "A"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,50 dal geofono nr. 1 in posizione di estrema sinistra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 14: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "A"

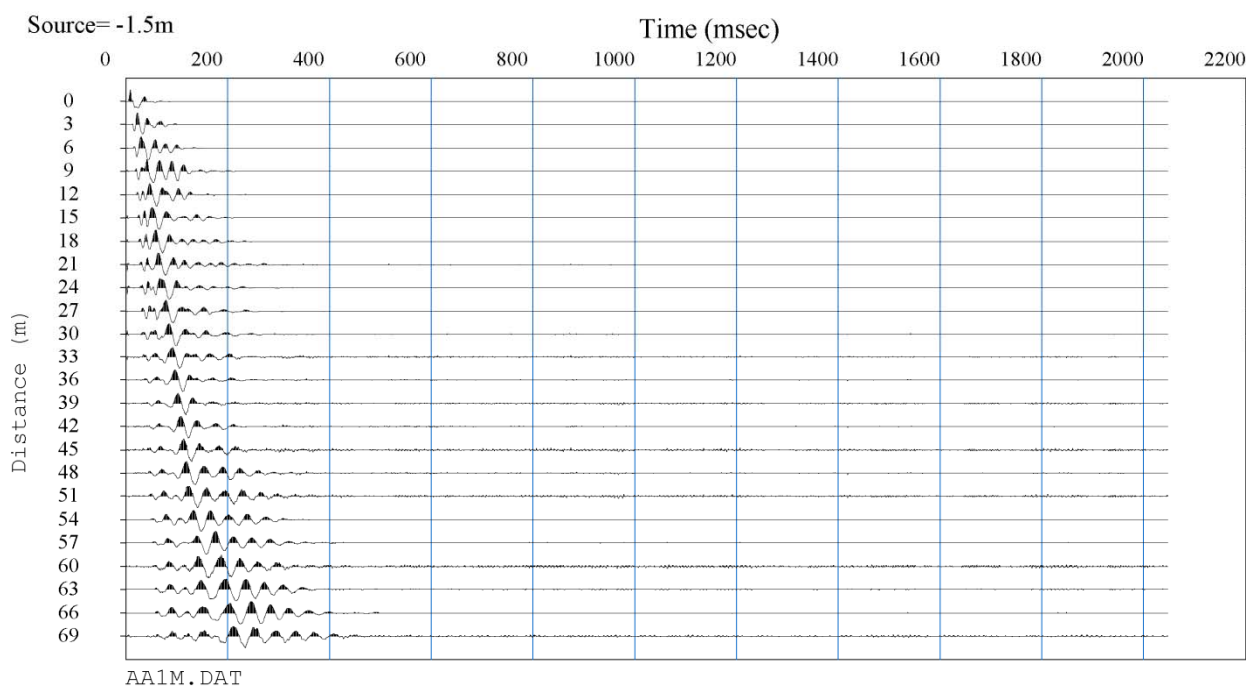


Figura 15: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "A"

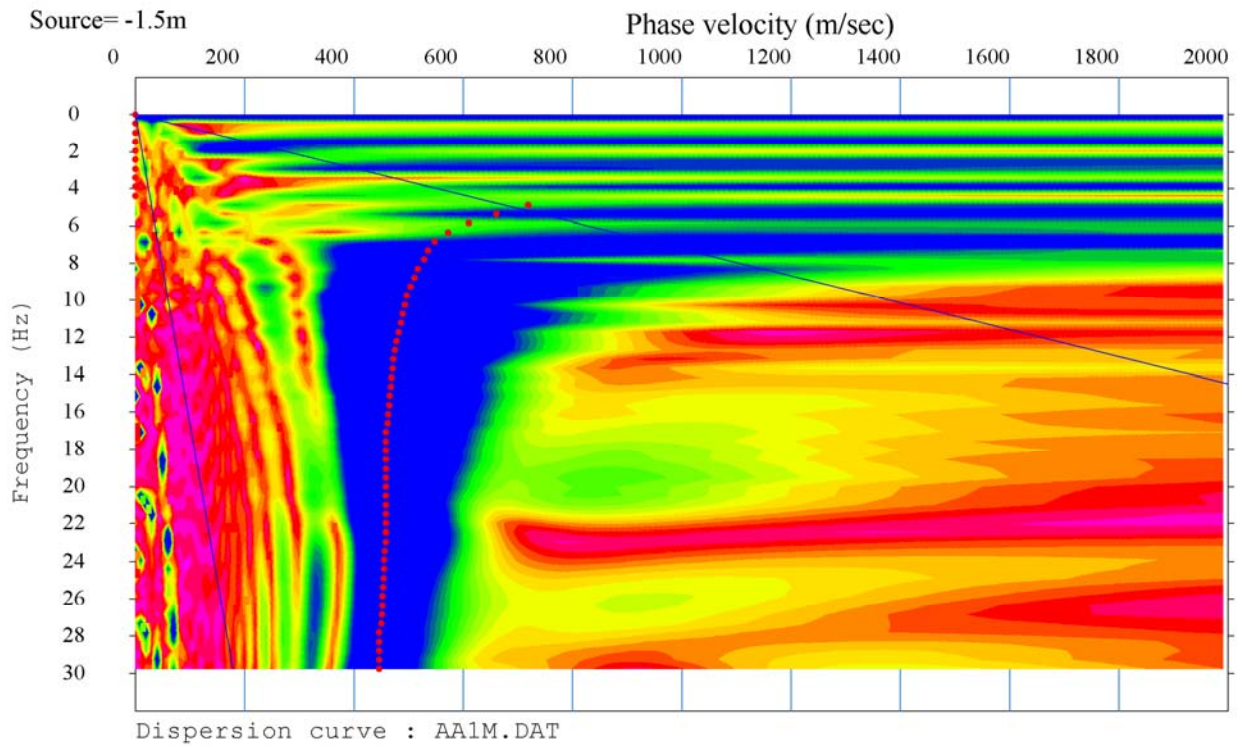


Figura 16: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "A"

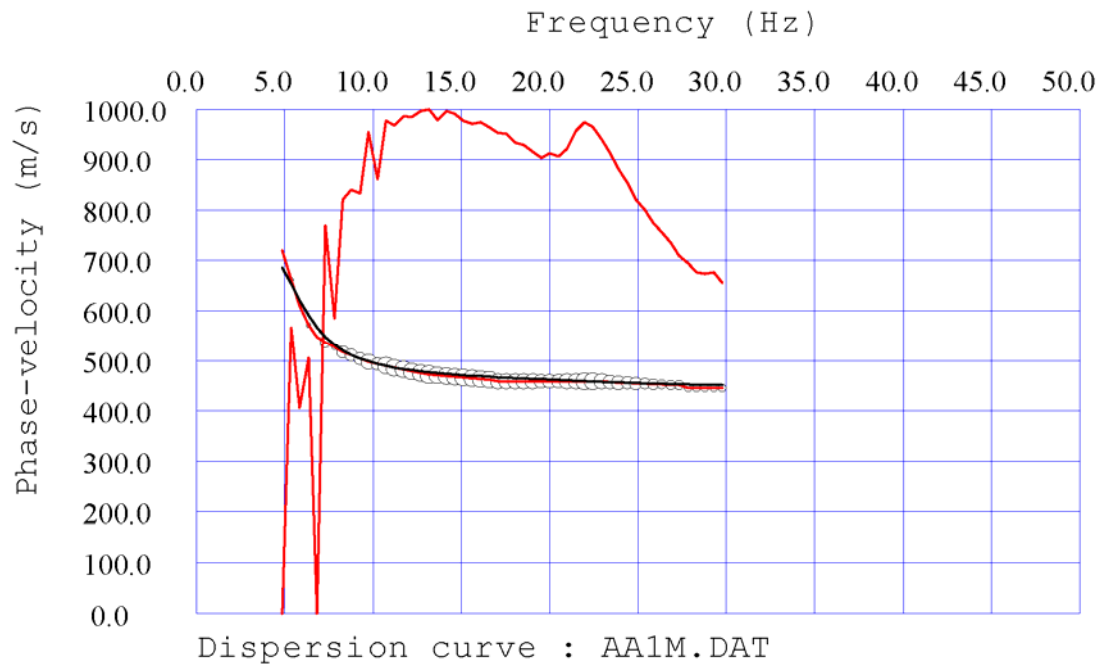
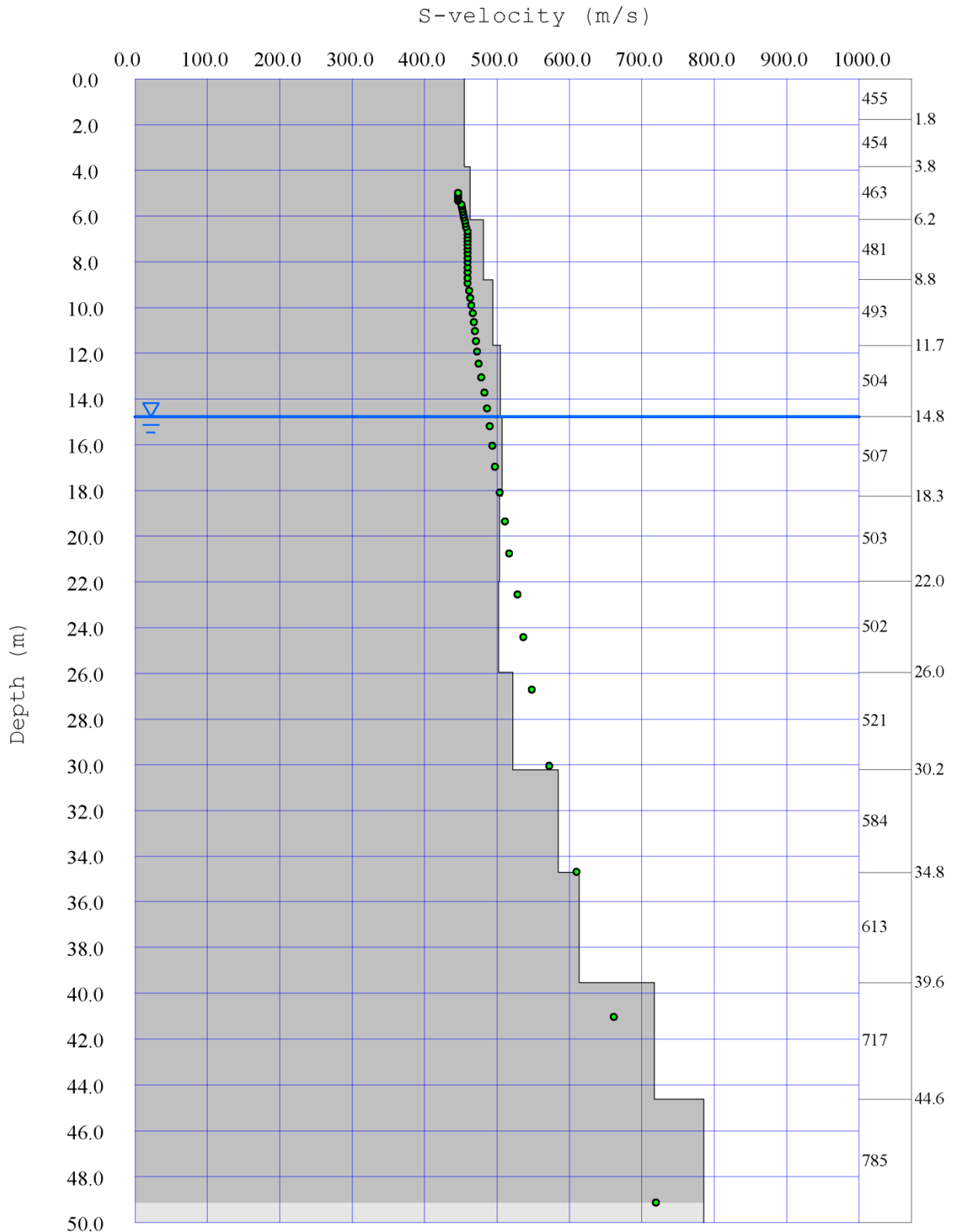


Figura 17: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "A"



S-velocity model : AA1M.DAT

Average Vs 30m = 493.2 m/s

7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "A"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con V_{p(media)} rispettivamente pari a 382 m/sec, 1572 m/sec e 2584 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 49,00 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-1,79	1,79	455	911	15,587
h2	-3,85	2,06	455	910	15,585
h3	-6,18	2,33	463	926	15,641
h4	-8,79	2,61	481	963	15,766
h5	-11,68	2,89	494	988	15,853
h6	-14,80	3,12	504	1008	15,922
h7	-18,27	3,47	507	1853	18,612
h8	-21,98	3,71	503	1849	18,600
h9	-25,96	3,98	502	1847	18,596
h10	-30,22	4,26	522	1869	18,660
h11	-34,75	4,53	584	1938	18,864
h12	-39,56	4,81	613	1971	18,958
h13	-44,64	5,08	717	2086	19,291
h14	-60,71	16,07	785	2162	19,505

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.052304%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=35.081550 m/s (6.653423%)	Iteration=1 RMS=28.976956 m/s (5.402123%)
Iteration=2 RMS=24.034392 m/s (4.383324%)	Iteration=3 RMS=20.060418 m/s (3.560840%)
Iteration=4 RMS=16.842740 m/s (2.891192%)	Iteration=5 RMS=14.271260 m/s (2.352295%)
Iteration=6 RMS=12.196570 m/s (1.914809%)	Iteration=7 RMS=10.532712 m/s (1.560795%)
Iteration=8 RMS=9.207813 m/s (1.275605%)	Iteration=9 RMS=8.148378 m/s (1.052304%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-1,79	1,79000	455	0,00393	
h2	-3,85	2,06000	455	0,00453	
h3	-6,18	2,33000	463	0,00503	
h4	-8,79	2,61000	481	0,00542	
h5	-11,68	2,89000	494	0,00585	
h6	-14,84	3,16000	504	0,00627	
h7	-18,27	3,43000	507	0,00676	
h8	-21,98	3,71000	503	0,00737	
h9	-25,96	3,98000	502	0,00792	
h10	-30,00	4,04000	522	0,00774	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	493	0,06083 [m/s]

8 BASE SISMICA "B" – LOCALITA' BANNONE

Figura 18: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "B"

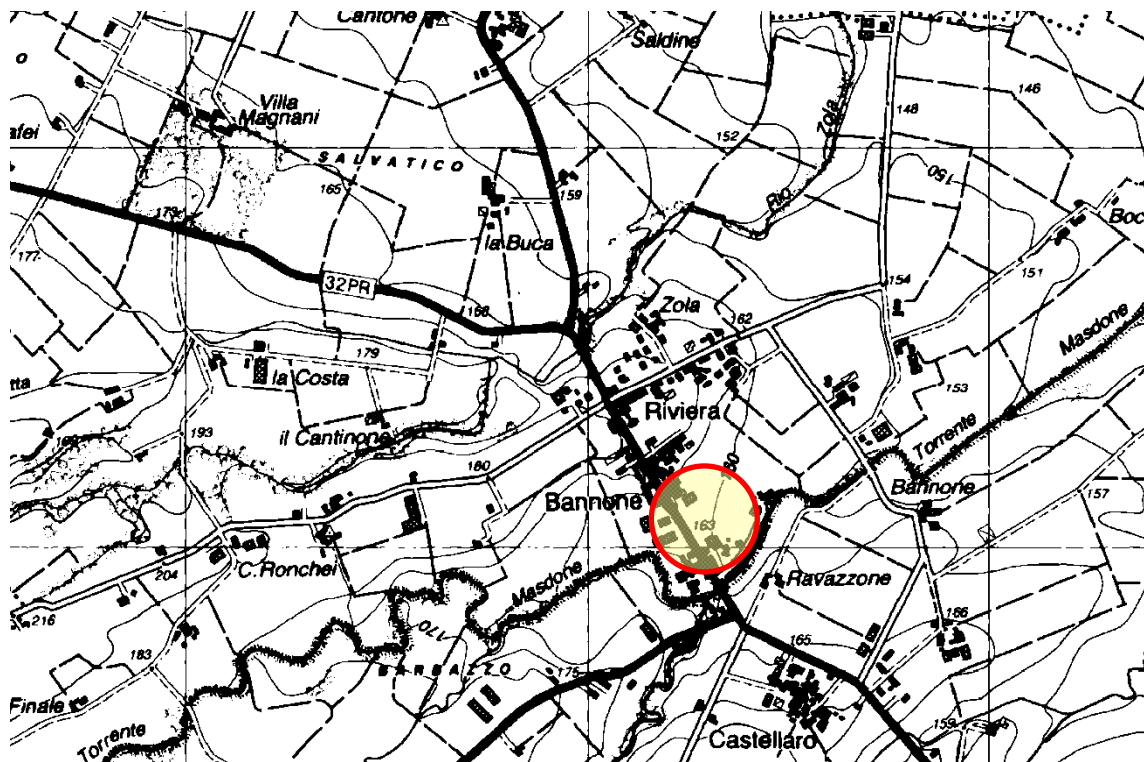


Figura 19: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – scala 1:10.000 – BASE "B"

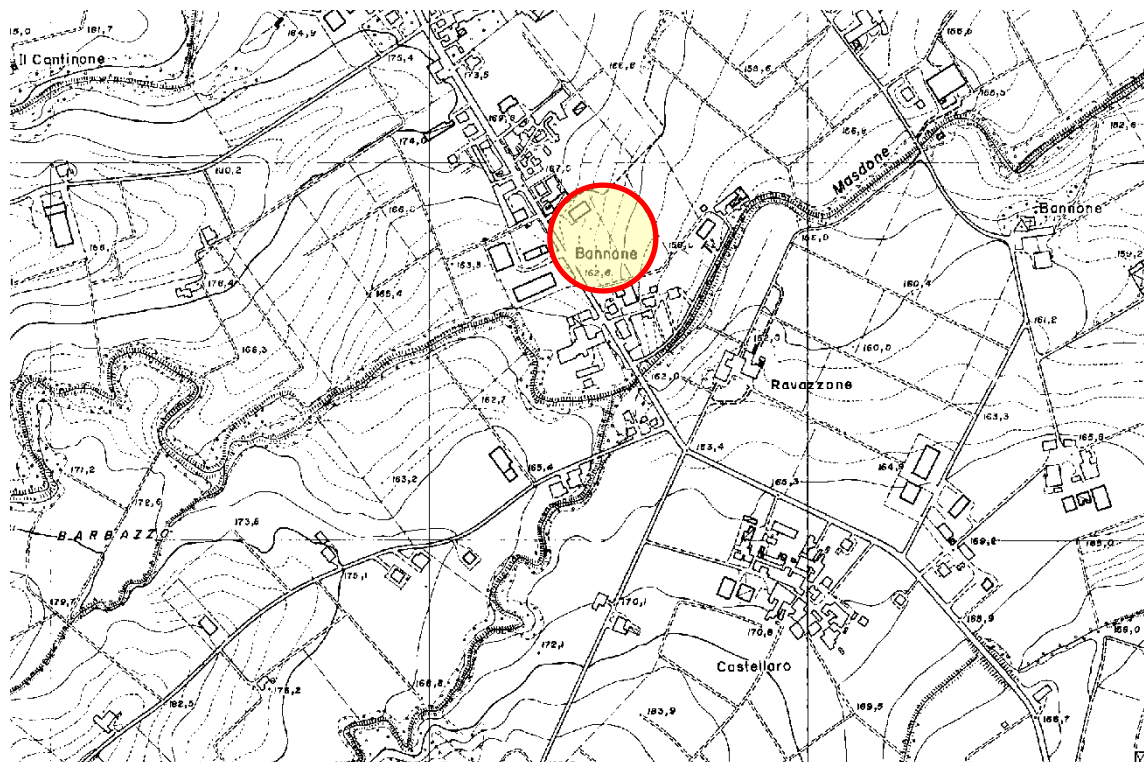


Figura 20: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE “B”



Figura 21: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “B”



Figura 22: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "B"

File Reference	
1	BA1.DAT
2	BA67B.DAT
3	BA1213.DAT
4	BA1819.DAT
5	BA24.DAT
MASW	BA24M.DAT

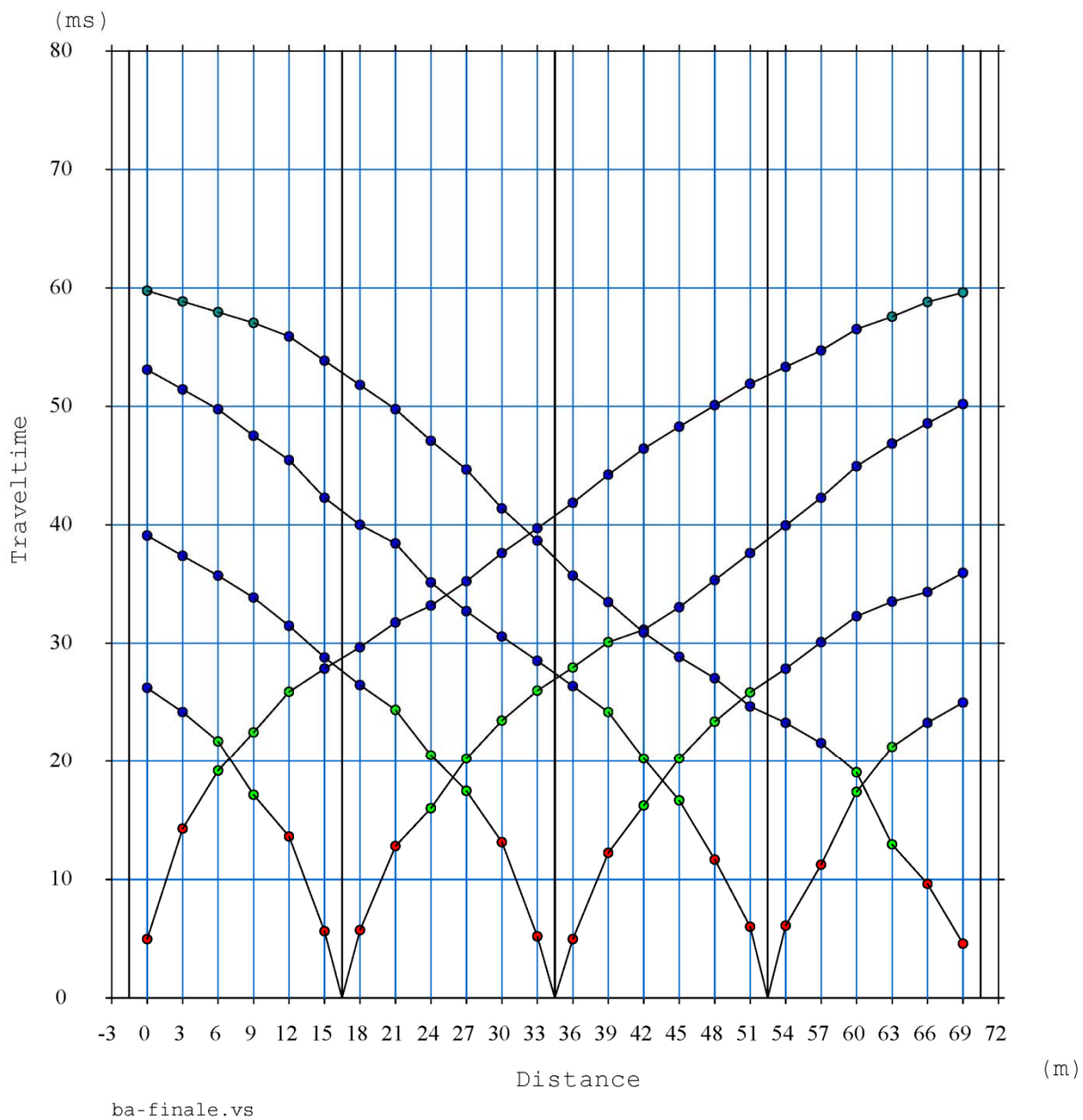
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-1,50	0,00	0,00
2	0,00	16,50	0,00	0,00
3	0,00	34,50	0,00	0,00
4	0,00	52,50	0,00	0,00
5	0,00	70,50	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	4,99	26,28	39,12	53,13	59,78
2	0,00	3,00	0,00	14,32	24,20	37,41	51,46	58,87
3	0,00	6,00	0,00	19,20	21,72	35,72	49,79	57,96
4	0,00	9,00	0,00	22,52	17,16	33,88	47,56	57,05
5	0,00	12,00	0,00	25,92	13,64	31,52	45,52	55,95
6	0,00	15,00	0,00	27,88	5,65	28,83	42,32	53,90
7	0,00	18,00	0,00	29,68	5,76	26,52	40,04	51,85
8	0,00	21,00	0,00	31,79	12,84	24,43	38,44	49,81
9	0,00	24,00	0,00	33,20	16,00	20,56	35,16	47,12
10	0,00	27,00	0,00	35,28	20,24	17,48	32,76	44,69
11	0,00	30,00	0,00	37,64	23,52	13,16	30,60	41,40
12	0,00	33,00	0,00	39,72	26,04	5,20	28,56	38,68
13	0,00	36,00	0,00	41,88	27,96	4,96	26,41	35,73
14	0,00	39,00	0,00	44,28	30,12	12,24	24,20	33,52
15	0,00	42,00	0,00	46,44	31,16	16,24	20,24	30,92
16	0,00	45,00	0,00	48,32	33,08	20,24	16,68	28,88
17	0,00	48,00	0,00	50,12	35,36	23,40	11,68	27,08
18	0,00	51,00	0,00	51,91	37,64	25,90	6,00	24,68
19	0,00	54,00	0,00	53,36	39,96	27,88	6,12	23,32
20	0,00	57,00	0,00	54,72	42,32	30,12	11,24	21,60
21	0,00	60,00	0,00	56,56	44,96	32,32	17,40	19,08
22	0,00	63,00	0,00	57,60	46,88	33,56	21,24	12,96
23	0,00	66,00	0,00	58,84	48,60	34,36	23,32	9,64
24	0,00	69,00	0,00	59,64	50,20	35,96	25,00	4,61

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	1,94	4,36	15,42	0,00
2	3,00	1,99	4,32	15,58	0,00
3	6,00	2,03	4,40	15,74	0,00
4	9,00	2,00	4,56	15,90	0,00
5	12,00	1,87	4,77	16,03	0,00
6	15,00	1,69	4,98	16,12	0,00
7	18,00	1,50	5,11	16,17	0,00
8	21,00	1,47	4,94	16,16	0,00
9	24,00	1,49	4,67	16,14	0,00
10	27,00	1,58	4,44	16,12	0,00
11	30,00	1,56	4,37	16,08	0,00
12	33,00	1,42	4,46	16,04	0,00
13	36,00	1,01	4,69	15,96	0,00
14	39,00	0,91	4,64	15,93	0,00
15	42,00	0,95	4,51	15,90	0,00
16	45,00	1,01	4,40	15,85	0,00
17	48,00	1,00	4,33	15,80	0,00
18	51,00	0,94	4,26	15,75	0,00
19	54,00	1,08	4,03	15,70	0,00
20	57,00	1,20	3,98	15,73	0,00
21	60,00	1,18	3,98	15,80	0,00
22	63,00	1,03	4,00	15,91	0,00
23	66,00	0,90	4,00	16,04	0,00
24	69,00	0,84	3,98	16,18	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	315
2	874
3	1377
4	2121
5	

Figura 23: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "B"



ba-finale.vs

**Figura 24: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "B"**

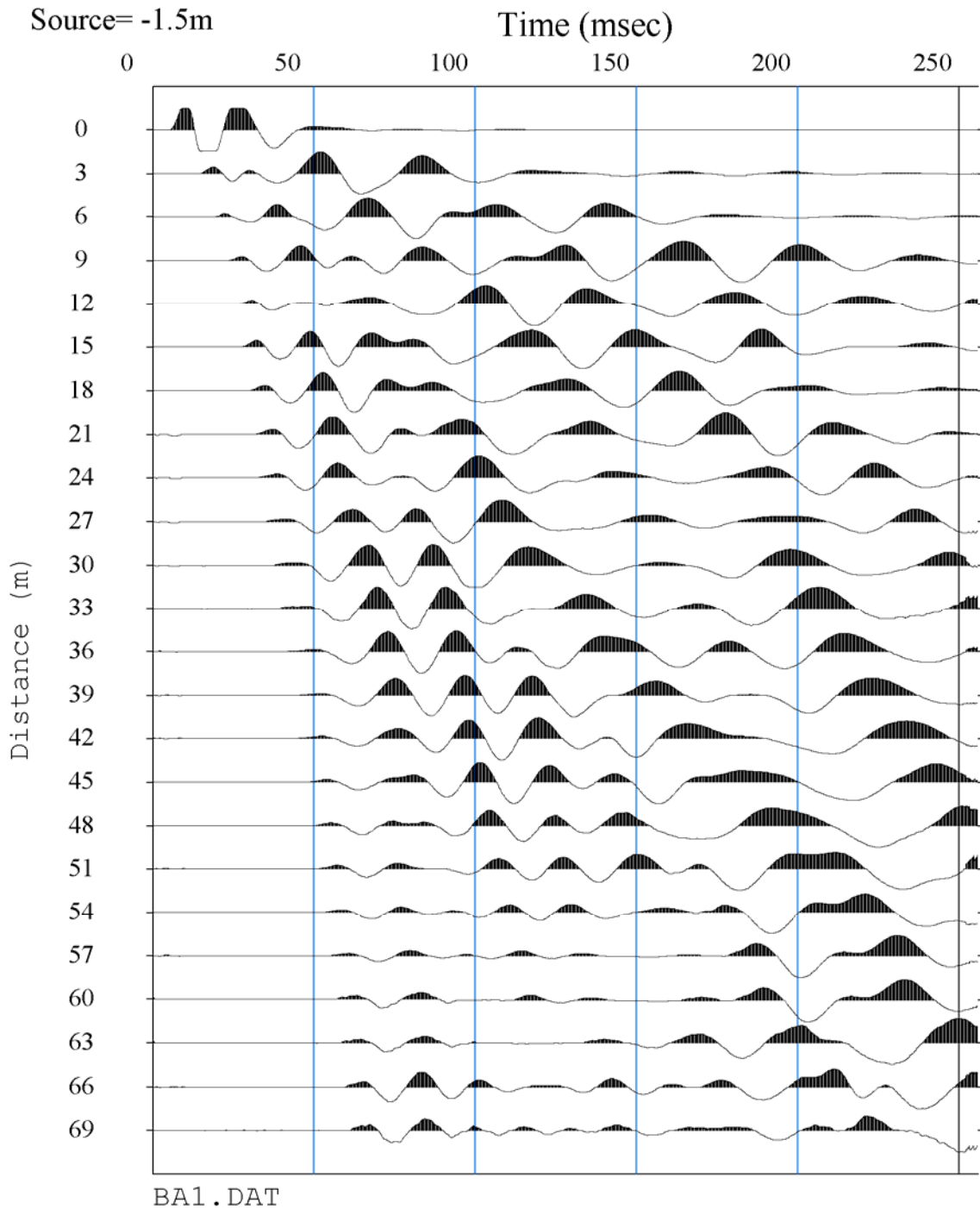


Figura 25: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "B"

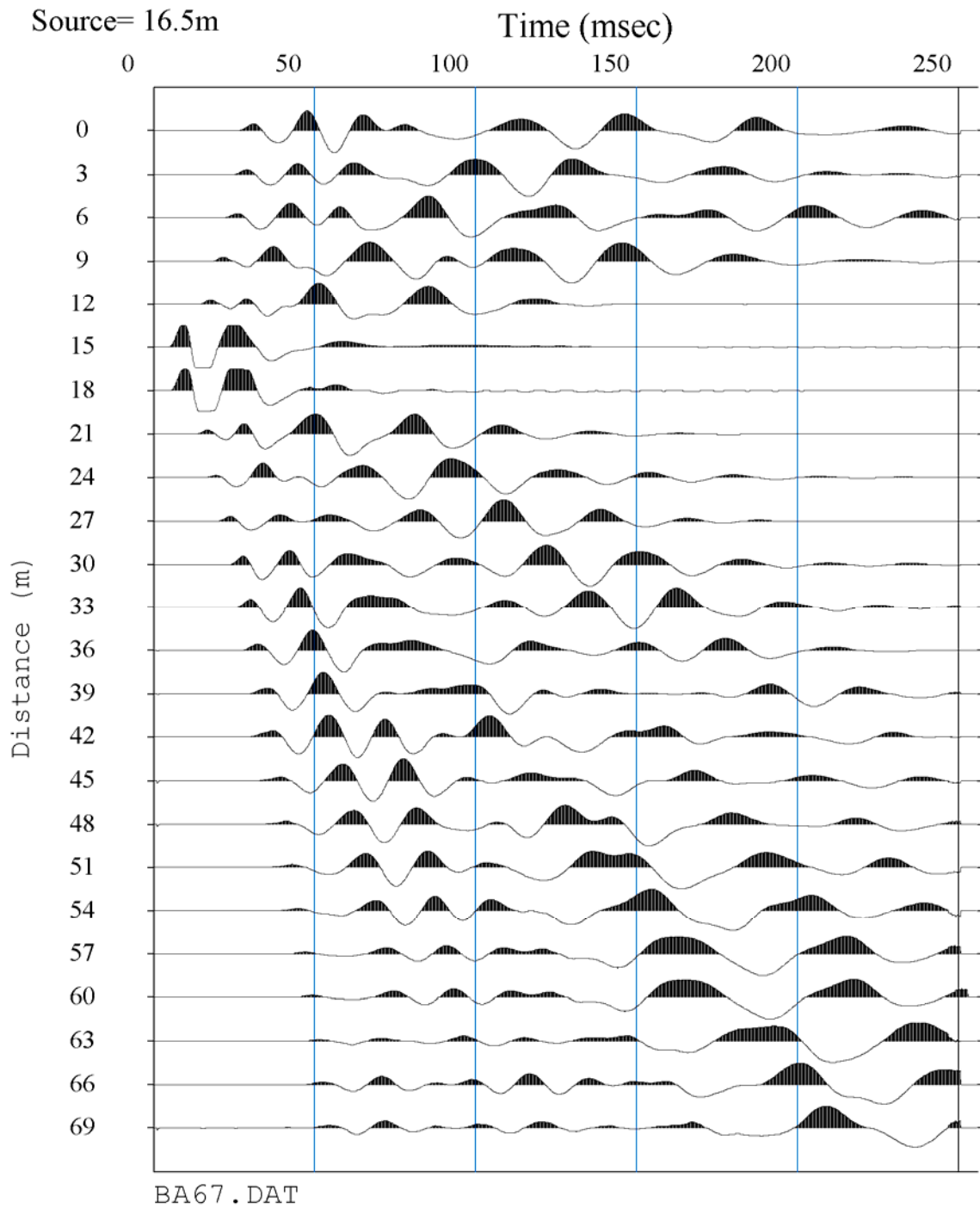


Figura 26: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "B"

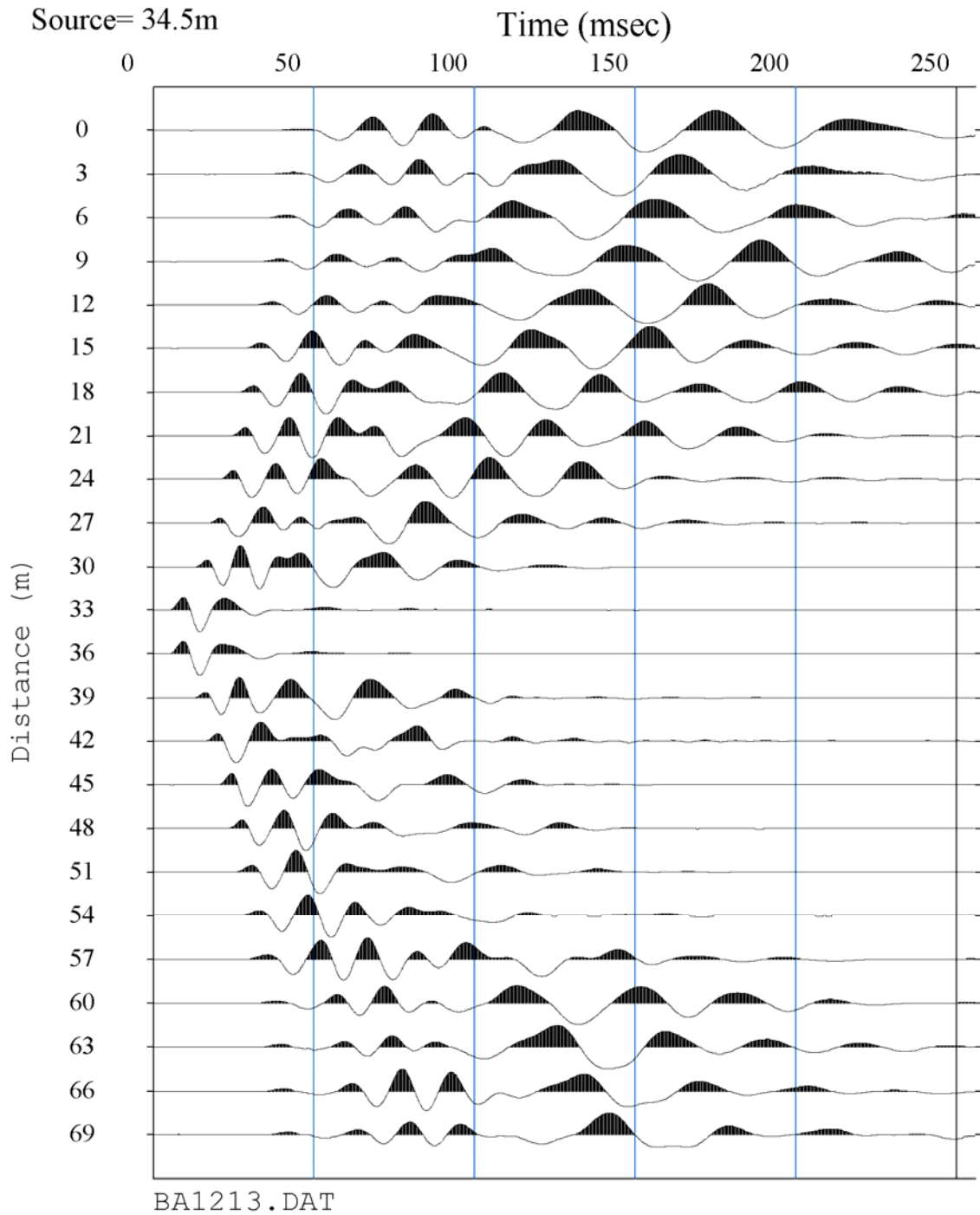
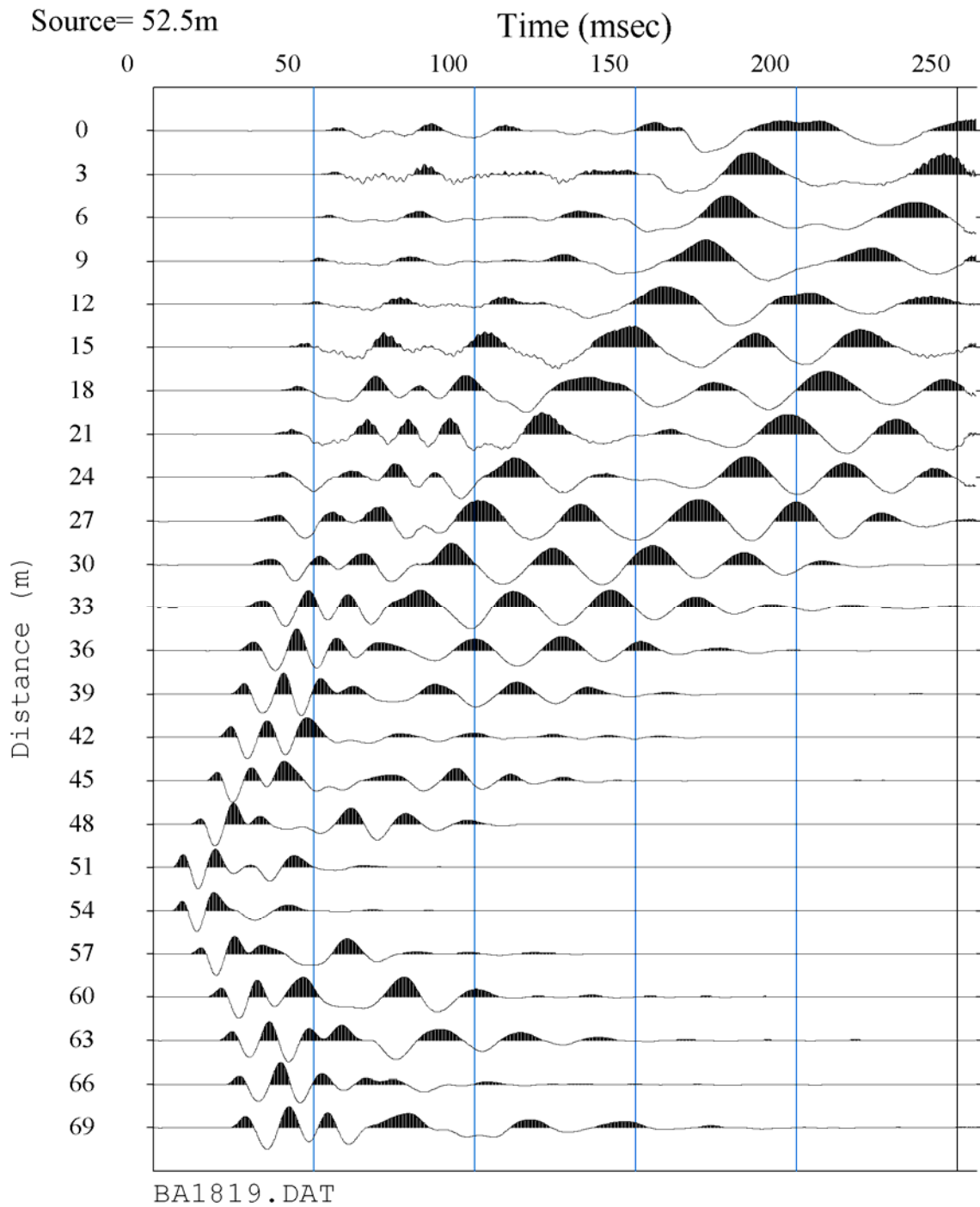


Figura 27: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "B"



**Figura 28: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "B"**

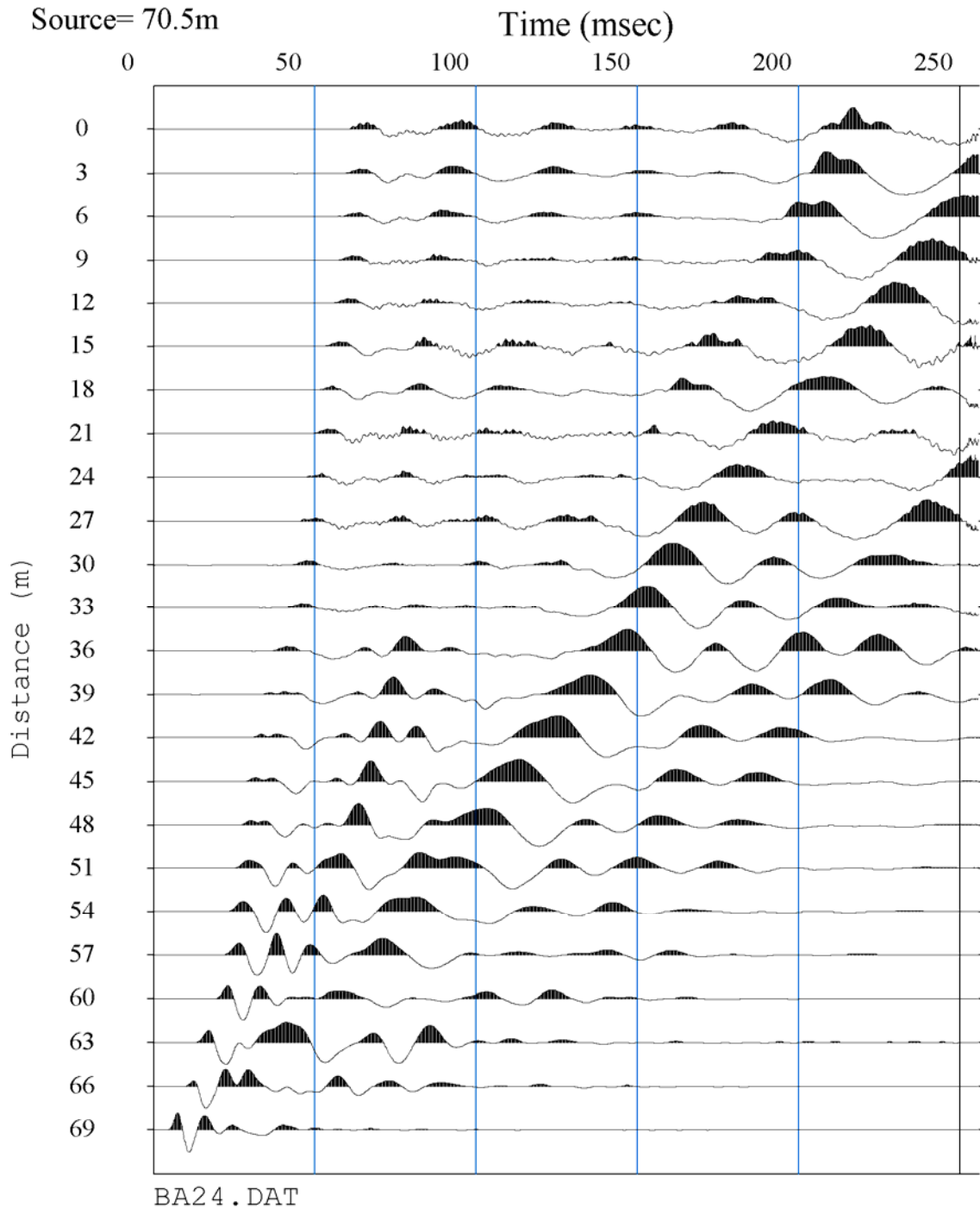
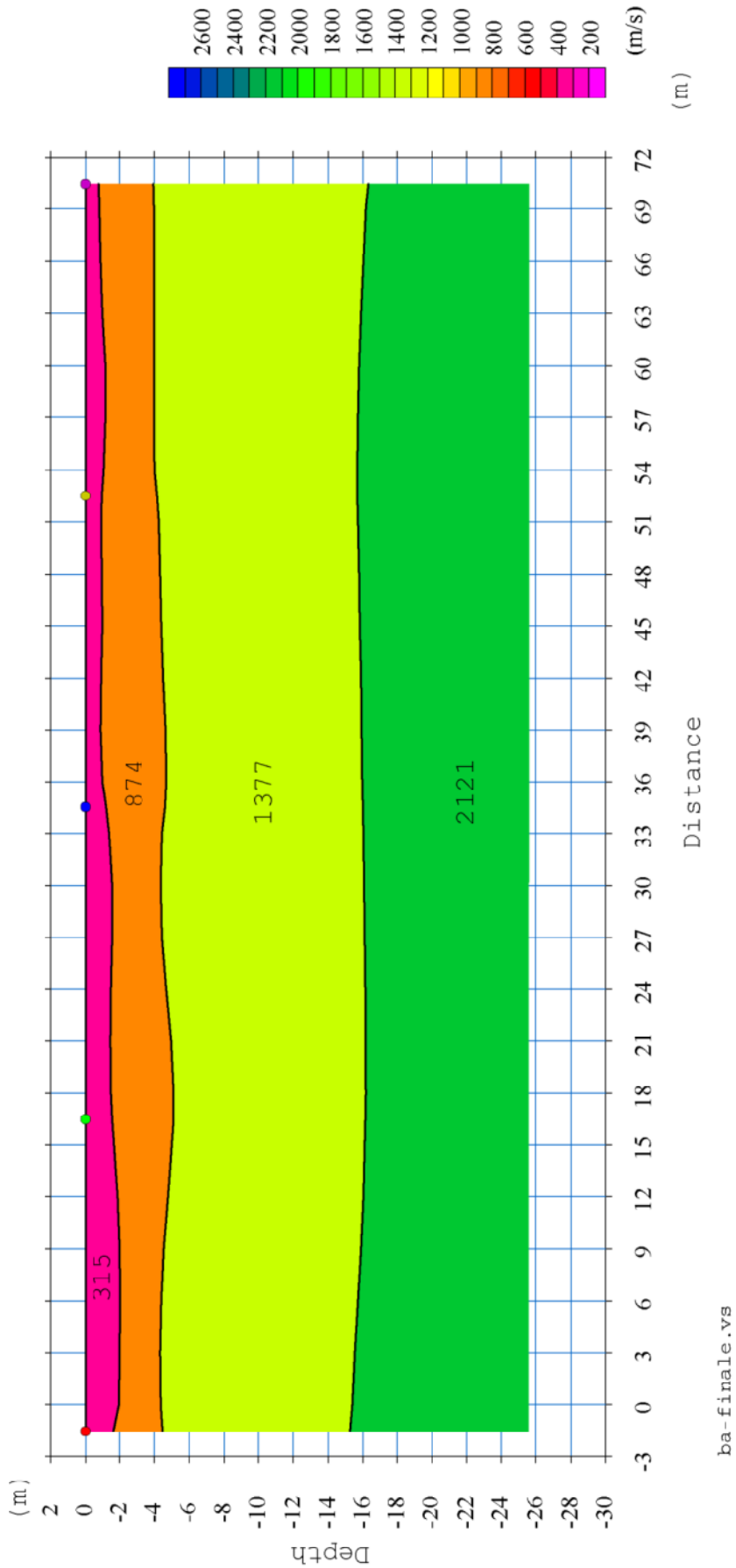


Figura 29: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “B”



9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "B"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,50 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 30: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "B"

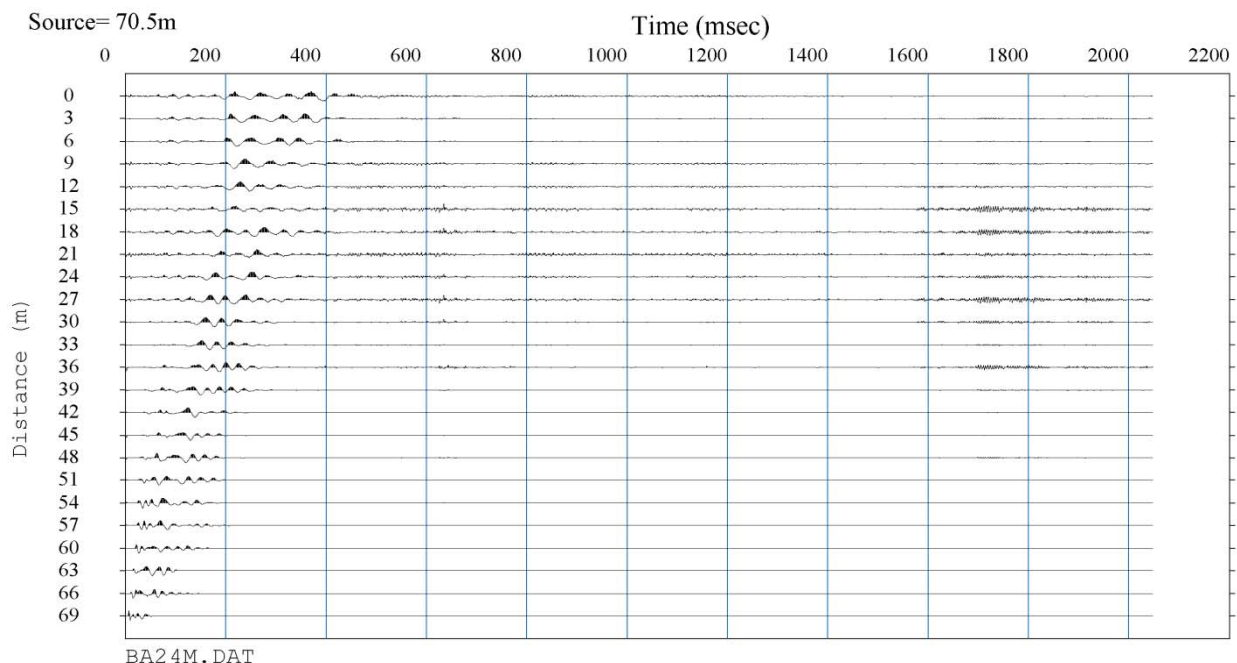


Figura 31: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "B"

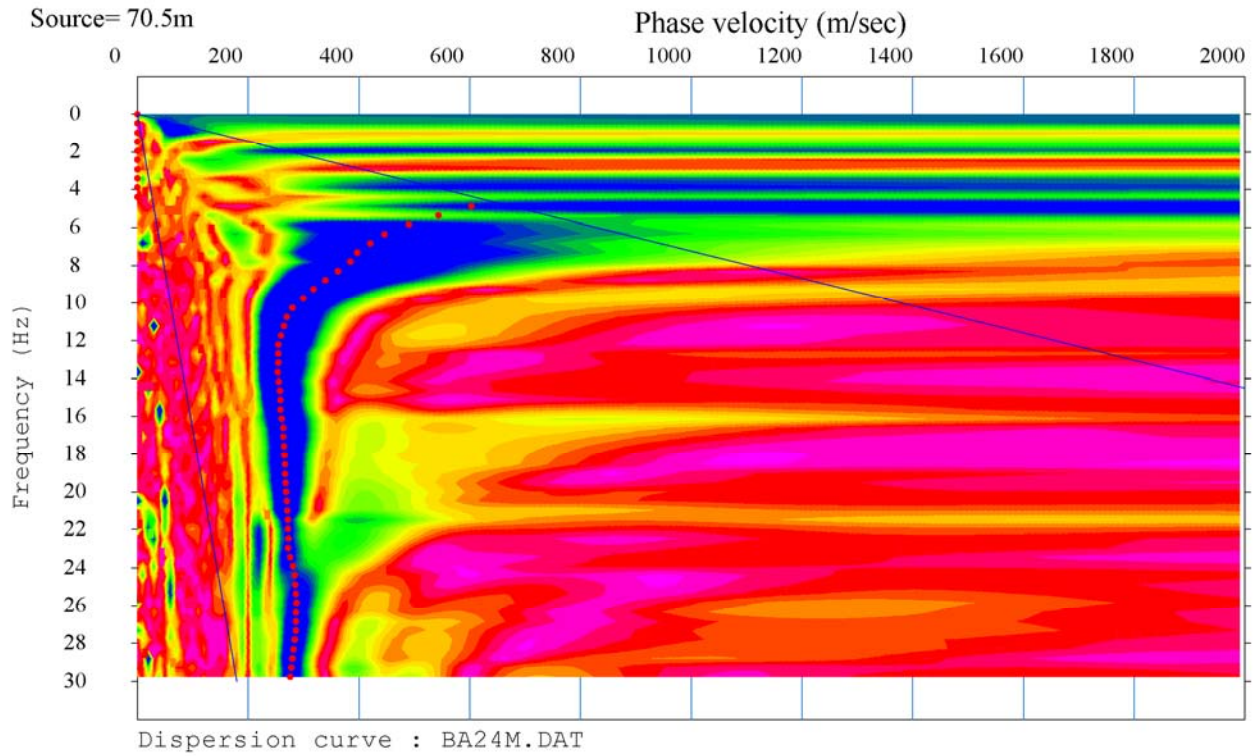


Figura 32: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "B"

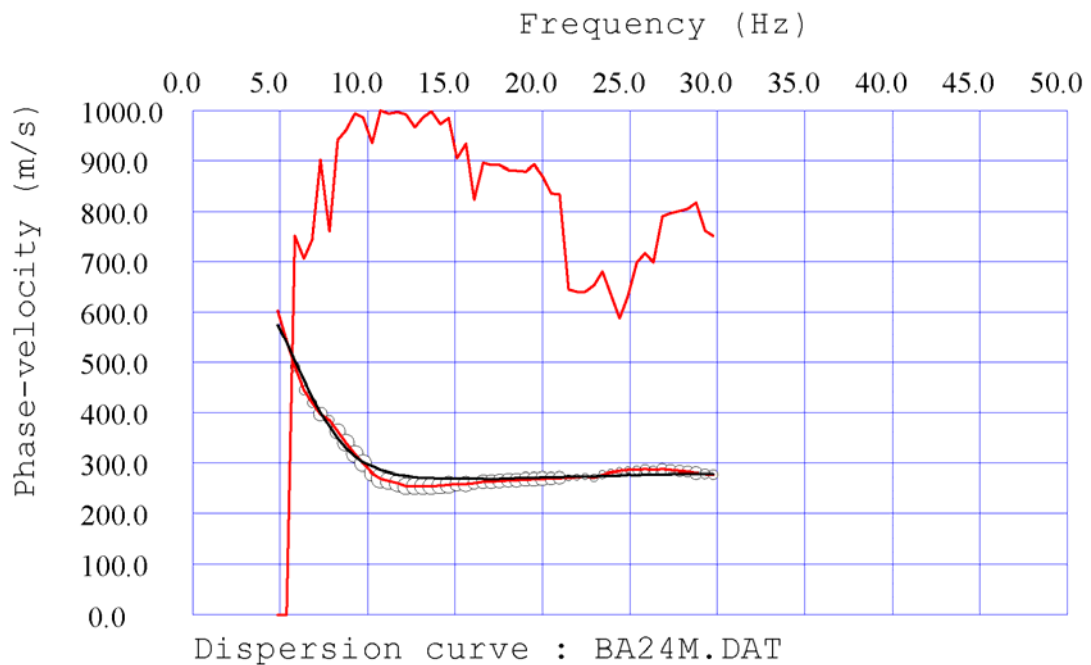
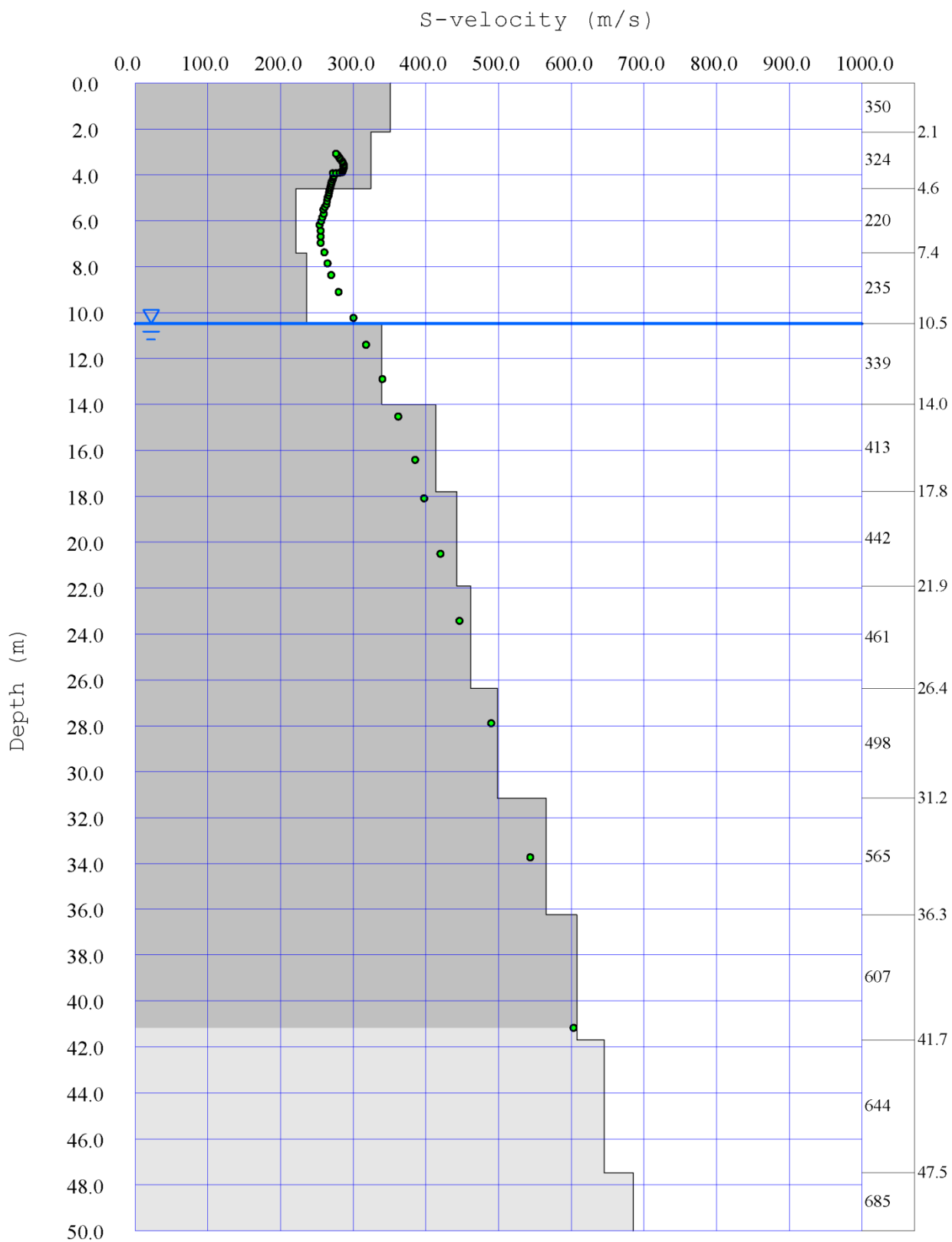


Figura 33: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "B"



S-velocity model : BA24M.DAT
Average Vs 30m = 352.0 m/s

10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "B"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da quattro sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 315 m/sec, 874 m/sec, 1377 m/sec e 2121 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 41,00 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m^3]
h1	-2,14	2,14	351	702	14,855
h2	-4,62	2,48	324	649	14,666
h3	-7,42	2,80	221	442	13,914
h4	-10,50	3,08	236	472	14,024
h5	-14,01	3,51	340	1667	18,051
h6	-17,80	3,79	414	1749	18,302
h7	-21,92	4,12	443	1782	18,399
h8	-26,37	4,45	461	1802	18,460
h9	-31,16	4,79	498	1843	18,583
h10	-36,27	5,11	566	1918	18,804
h11	-41,71	5,44	608	1965	18,941
h12	-47,47	5,76	645	2006	19,060
h13	-53,57	6,10	685	2051	19,190
h14	-72,86	19,29	725	2095	19,315

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 2.945328%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=35.941977 m/s (9.570080%)	Iteration=1 RMS=29.615859 m/s (7.892084%)
Iteration=2 RMS=24.671864 m/s (6.566700%)	Iteration=3 RMS=20.864518 m/s (5.532289%)
Iteration=4 RMS=17.952831 m/s (4.713013%)	Iteration=5 RMS=15.737442 m/s (4.130203%)
Iteration=6 RMS=14.054093 m/s (3.720418%)	Iteration=7 RMS=12.762619 m/s (3.397166%)
Iteration=8 RMS=11.757662 m/s (3.145224%)	Iteration=9 RMS=10.954149 m/s (2.945328%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2,14	2,14000	351	0,00610	
h2	-4,62	2,48000	324	0,00765	
h3	-7,42	2,80000	221	0,01267	
h4	-10,55	3,13000	236	0,01327	
h5	-14,01	3,46000	340	0,01019	
h6	-17,80	3,79000	414	0,00916	
h7	-21,92	4,12000	443	0,00930	
h8	-26,37	4,45000	461	0,00965	
h9	-30,00	3,63000	498	0,00729	
h10	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	352	0,08528 [m/s]

11 BASE SISMICA "C" – LOCALITA' MASDONE

Figura 34: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "C"

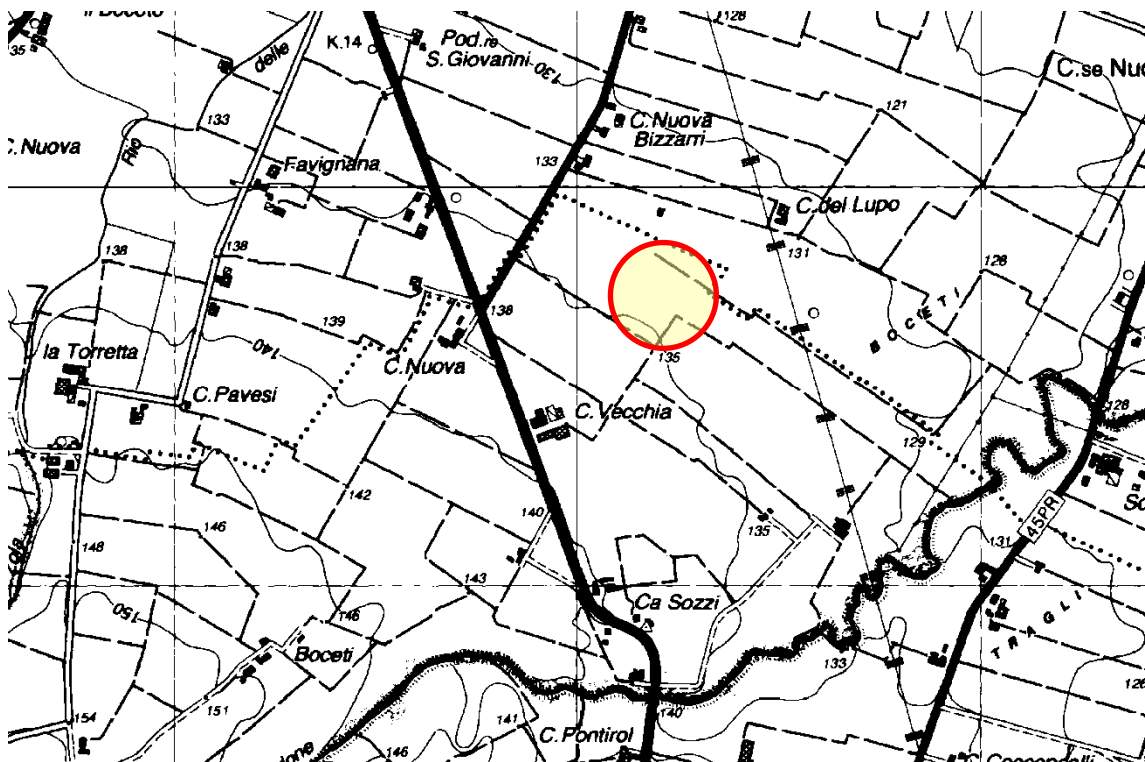


Figura 35: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – scala 1:10.000 – BASE "C"

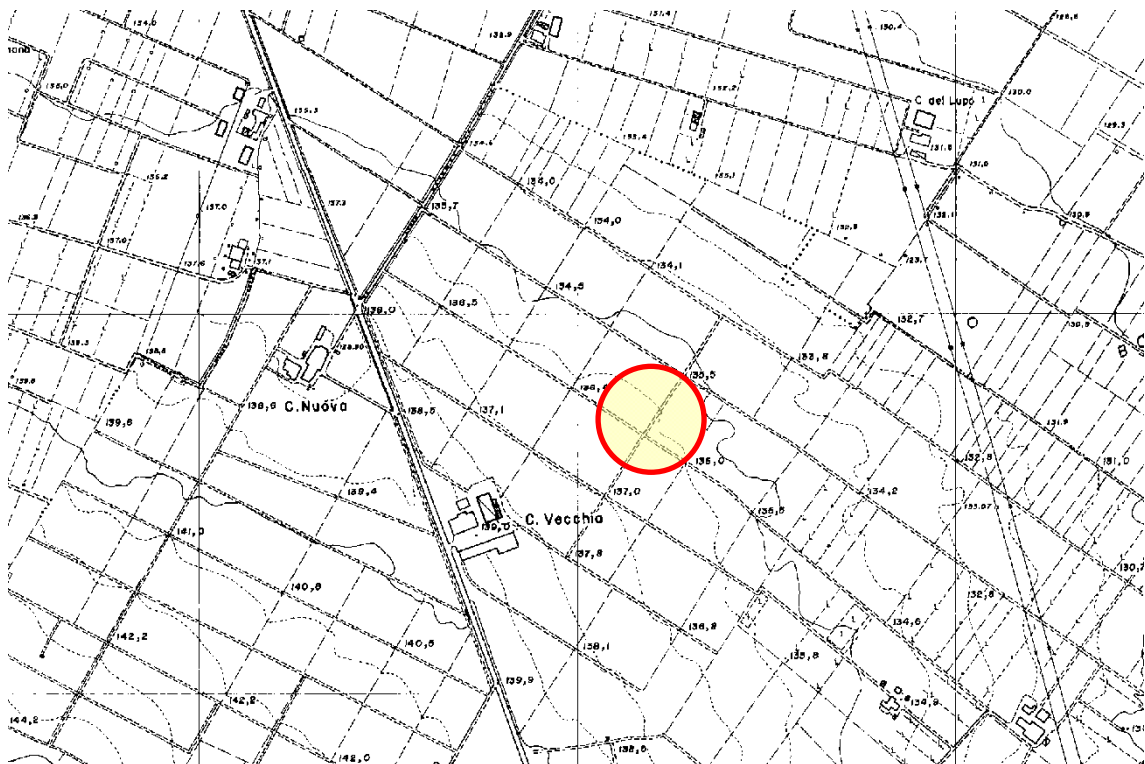


Figura 36: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE “C”

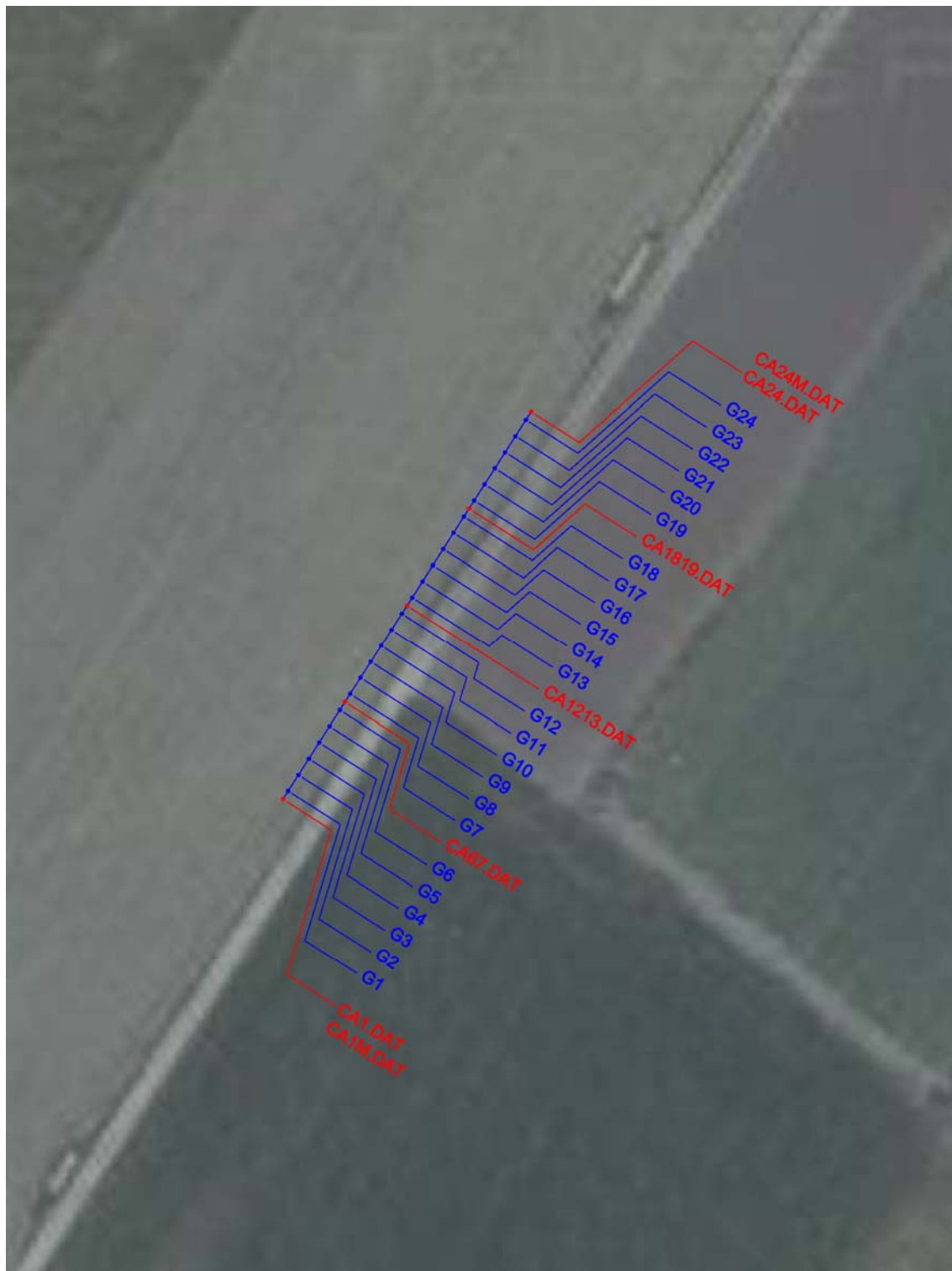


Figura 37: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “C”



Figura 38: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "C"

File Reference	
1	CA1.DAT
2	CA67B.DAT
3	CA1213.DAT
4	CA1819.DAT
5	CA24.DAT
MASW	CA24M.DAT

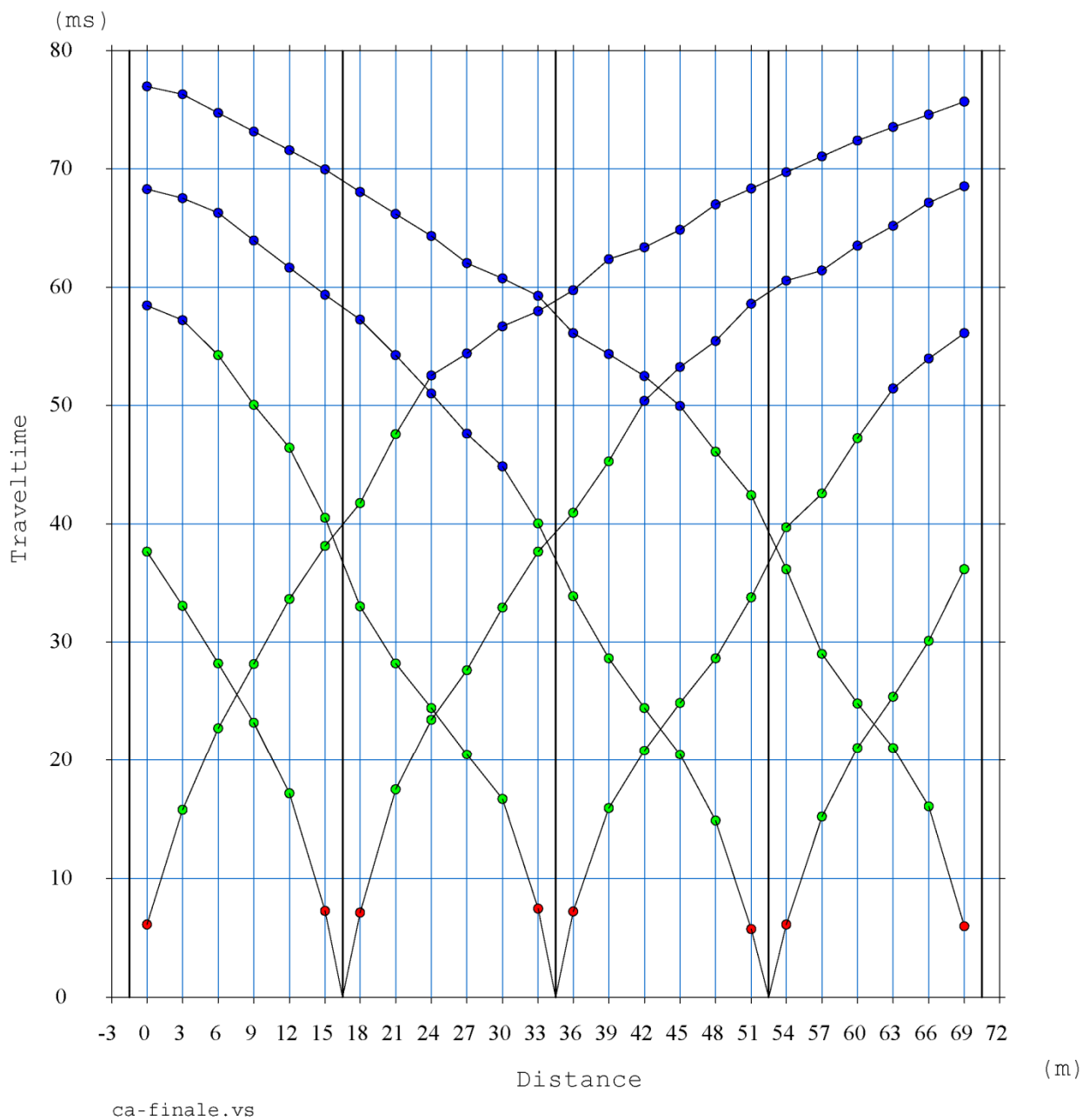
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-1,50	0,00	0,00
2	0,00	16,50	0,00	0,00
3	0,00	34,50	0,00	0,00
4	0,00	52,50	0,00	0,00
5	0,00	70,50	0,00	0,00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0,00	0,00	0,00	6,12	37,64	58,48	68,28	77,00
2	0,00	3,00	0,00	15,80	33,08	57,24	67,51	76,30
3	0,00	6,00	0,00	22,72	28,20	54,25	66,30	74,73
4	0,00	9,00	0,00	28,17	23,20	50,08	63,97	73,17
5	0,00	12,00	0,00	33,65	17,16	46,44	61,66	71,60
6	0,00	15,00	0,00	38,12	7,26	40,52	59,36	69,95
7	0,00	18,00	0,00	41,76	7,12	33,00	57,25	68,07
8	0,00	21,00	0,00	47,56	17,48	28,20	54,25	66,20
9	0,00	24,00	0,00	52,56	23,40	24,44	51,00	64,32
10	0,00	27,00	0,00	54,40	27,64	20,44	47,63	62,04
11	0,00	30,00	0,00	56,68	32,94	16,68	44,84	60,76
12	0,00	33,00	0,00	58,00	37,64	7,48	40,04	59,28
13	0,00	36,00	0,00	59,75	40,96	7,24	33,88	56,13
14	0,00	39,00	0,00	62,38	45,28	15,92	28,64	54,38
15	0,00	42,00	0,00	63,40	50,40	20,80	24,44	52,48
16	0,00	45,00	0,00	64,88	53,24	24,84	20,44	49,96
17	0,00	48,00	0,00	67,00	55,44	28,62	14,88	46,08
18	0,00	51,00	0,00	68,36	58,60	33,80	5,76	42,44
19	0,00	54,00	0,00	69,71	60,56	39,72	6,12	36,16
20	0,00	57,00	0,00	71,07	61,44	42,56	15,20	29,00
21	0,00	60,00	0,00	72,43	63,52	47,24	21,04	24,80
22	0,00	63,00	0,00	73,55	65,20	51,44	25,36	21,04
23	0,00	66,00	0,00	74,62	67,16	53,96	30,12	16,07
24	0,00	69,00	0,00	75,69	68,52	56,12	36,16	6,00

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	0,61	8,22	0,00	0,00
2	3,00	0,70	8,33	0,00	0,00
3	6,00	0,82	8,35	0,00	0,00
4	9,00	0,92	8,28	0,00	0,00
5	12,00	0,97	8,18	0,00	0,00
6	15,00	0,91	8,11	0,00	0,00
7	18,00	0,69	7,95	0,00	0,00
8	21,00	0,73	7,73	0,00	0,00
9	24,00	0,80	7,49	0,00	0,00
10	27,00	0,88	7,31	0,00	0,00
11	30,00	0,91	7,25	0,00	0,00
12	33,00	0,81	7,29	0,00	0,00
13	36,00	0,59	7,40	0,00	0,00
14	39,00	0,62	7,35	0,00	0,00
15	42,00	0,69	7,24	0,00	0,00
16	45,00	0,70	7,11	0,00	0,00
17	48,00	0,72	6,97	0,00	0,00
18	51,00	0,76	6,87	0,00	0,00
19	54,00	0,67	6,91	0,00	0,00
20	57,00	0,57	6,89	0,00	0,00
21	60,00	0,58	6,77	0,00	0,00
22	63,00	0,64	6,58	0,00	0,00
23	66,00	0,73	6,37	0,00	0,00
24	69,00	0,80	6,17	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	226
2	618
3	1674
4	
5	

Figura 39: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "C"



**Figura 40: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "C"**

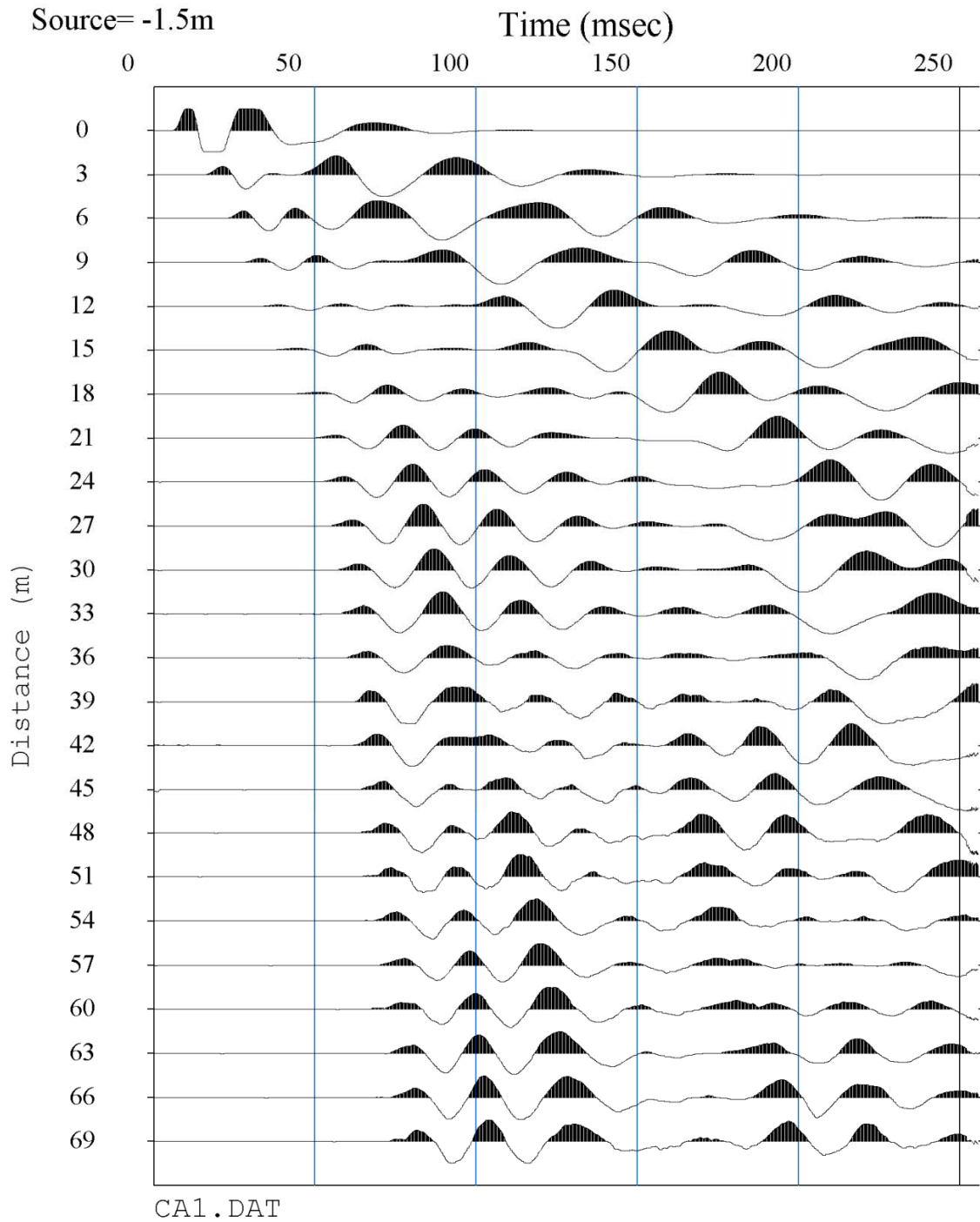


Figura 41: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "C"

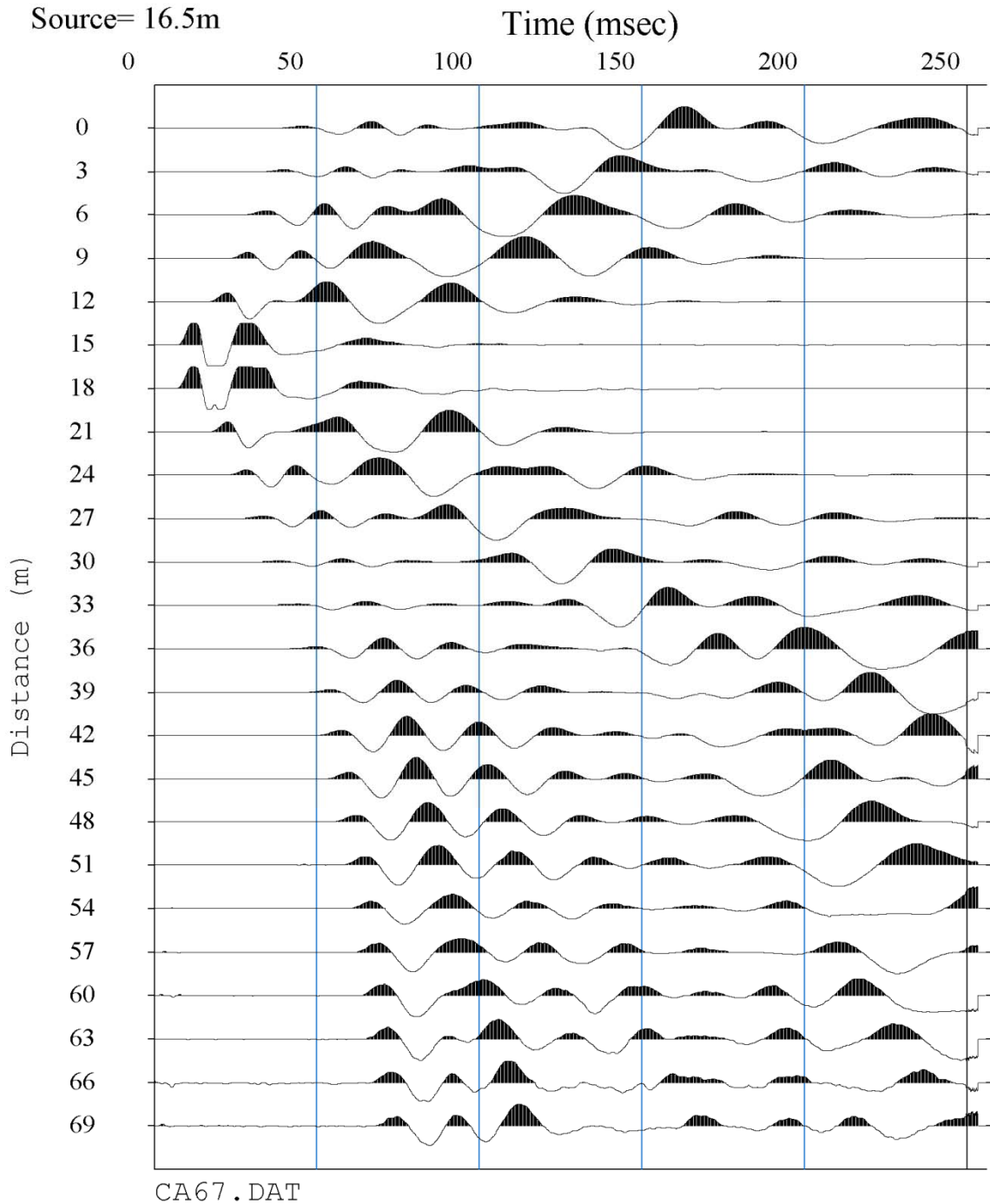


Figura 42: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "C"

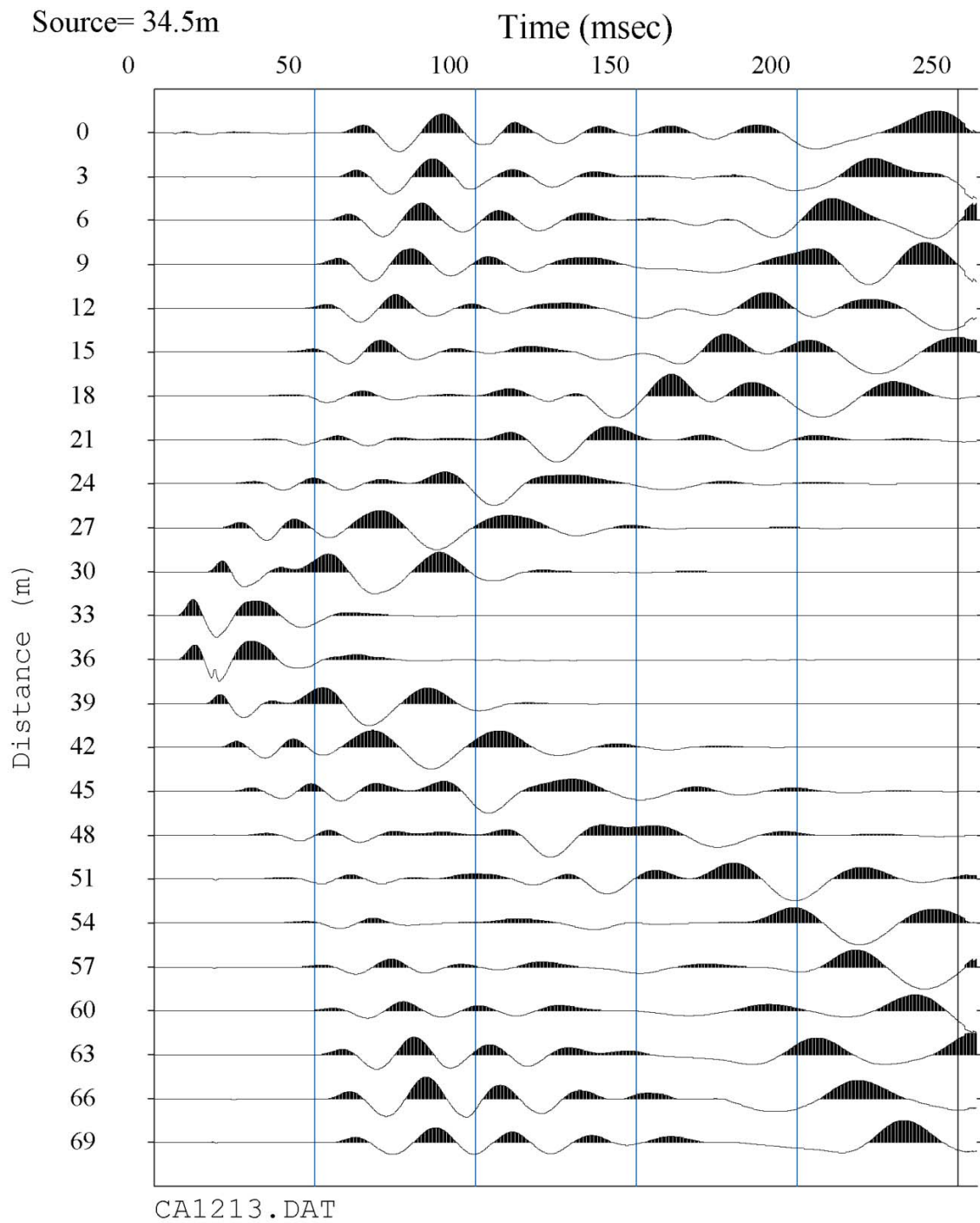
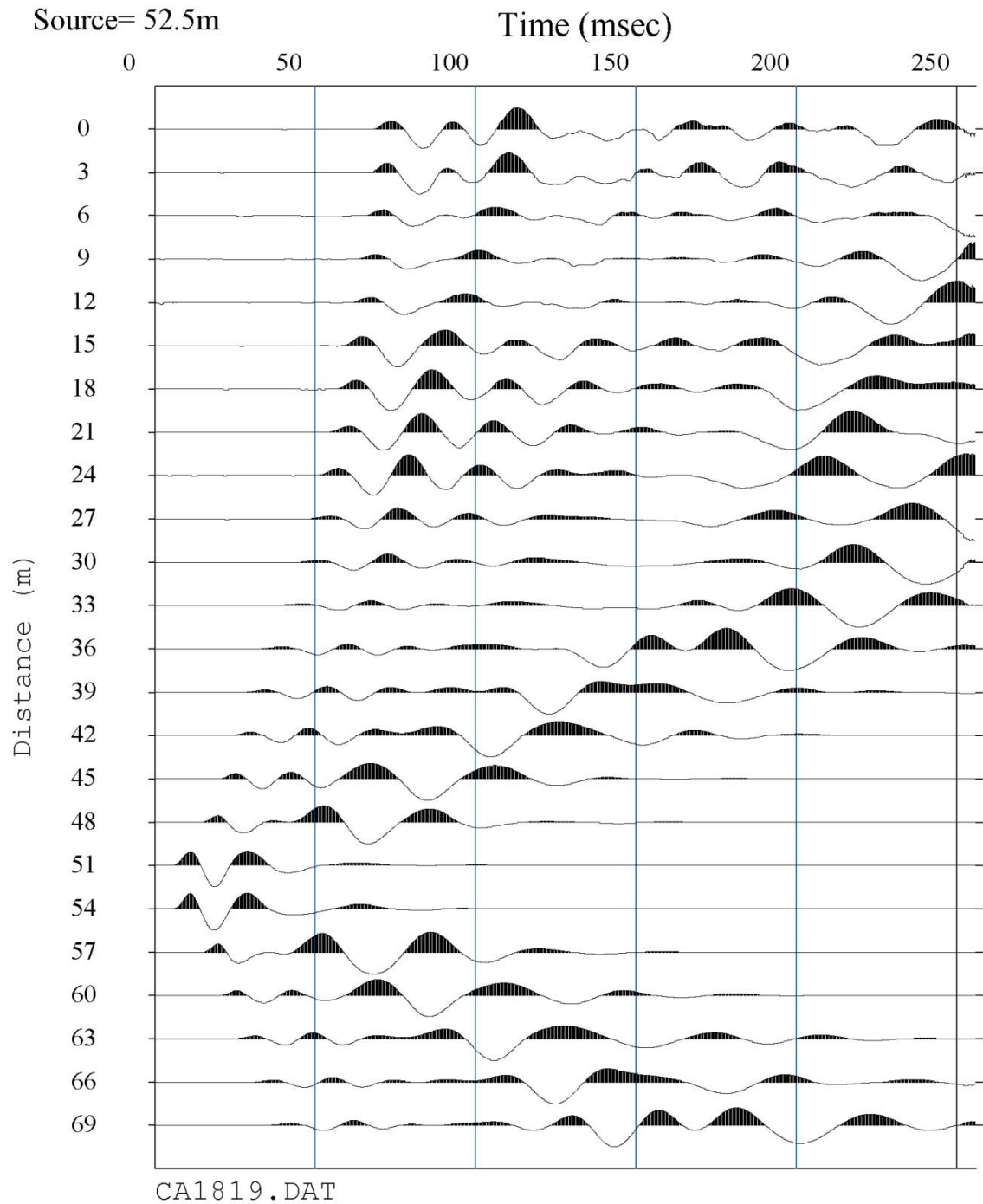


Figura 43: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "C"



**Figura 44: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "C"**

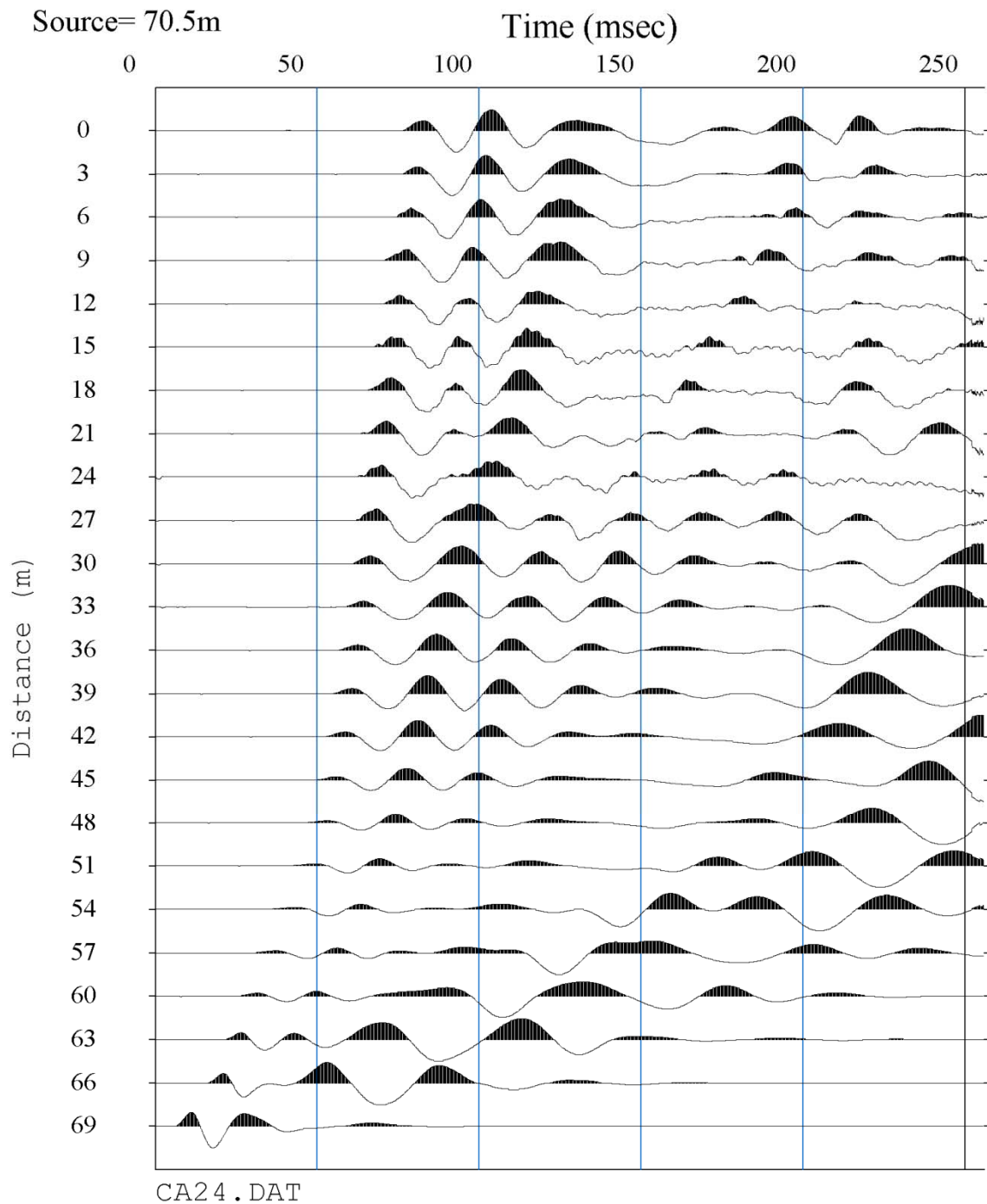
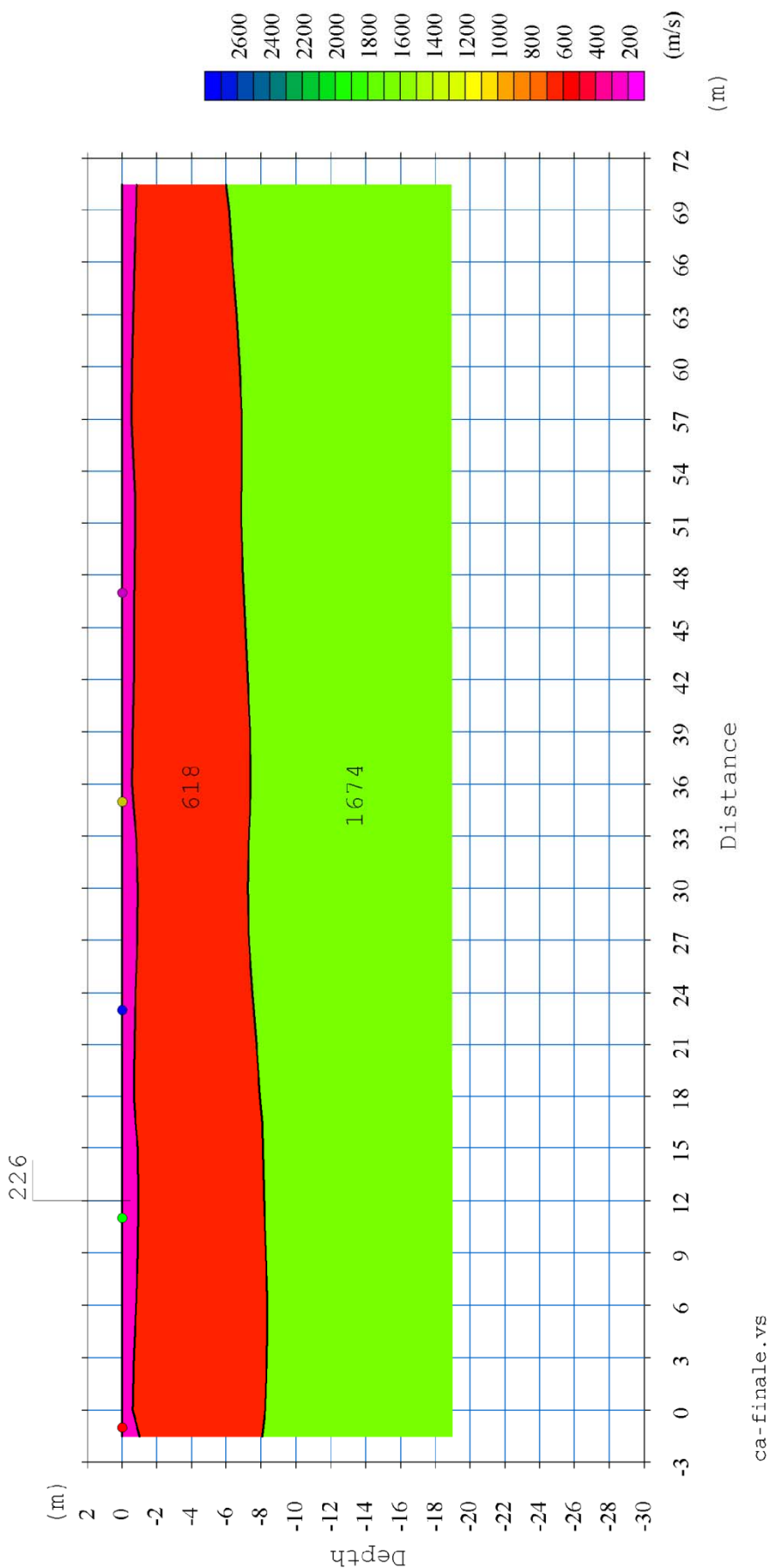


Figura 45: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “C”



12 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "C"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,50 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω - p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 46: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "C"

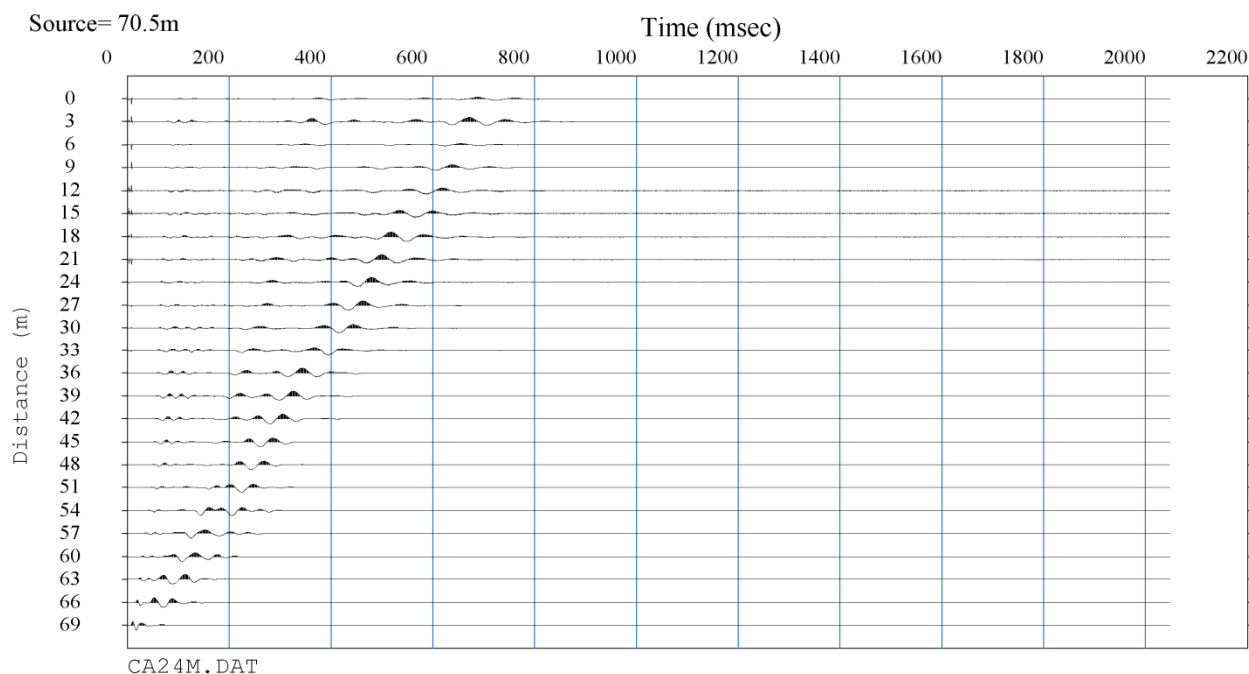


Figura 47: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "C"

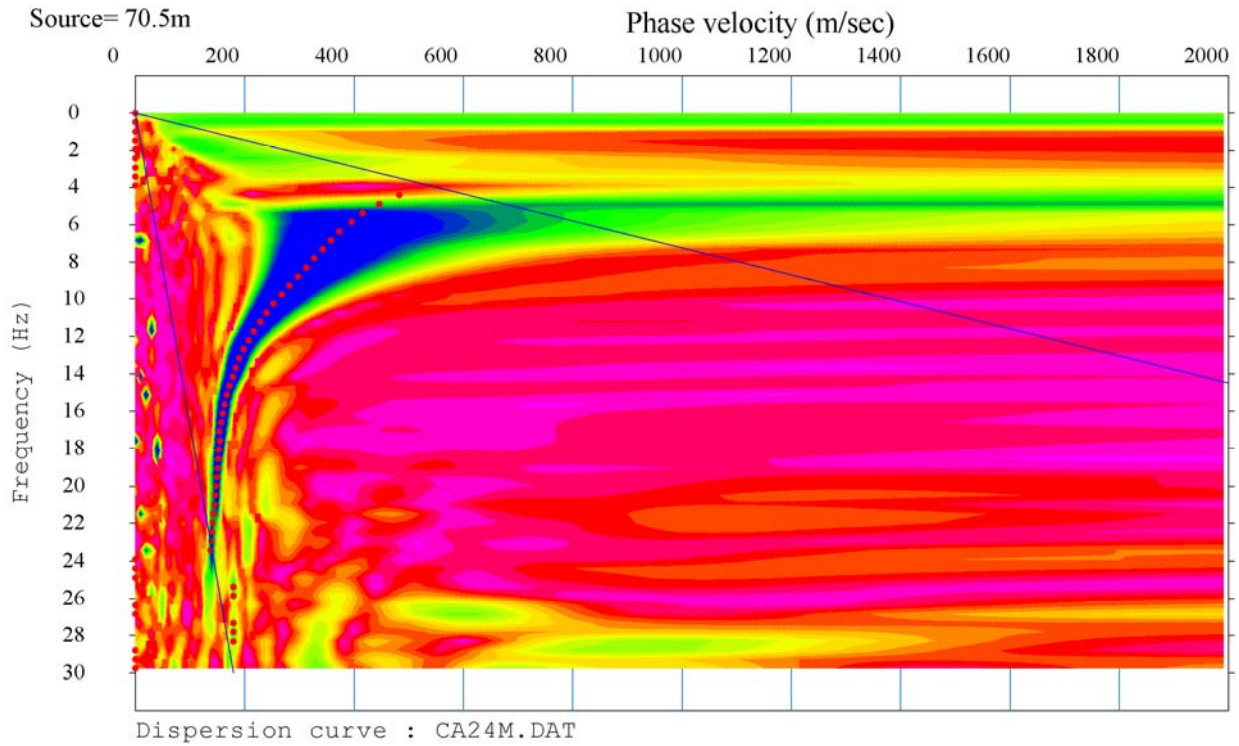


Figura 48: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "C"

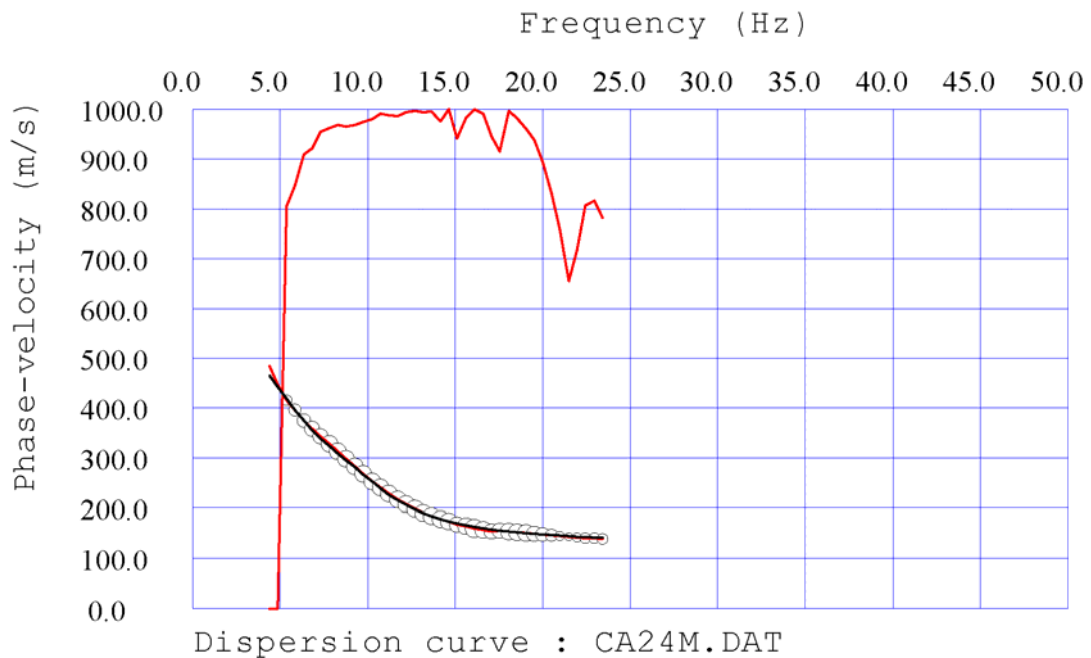
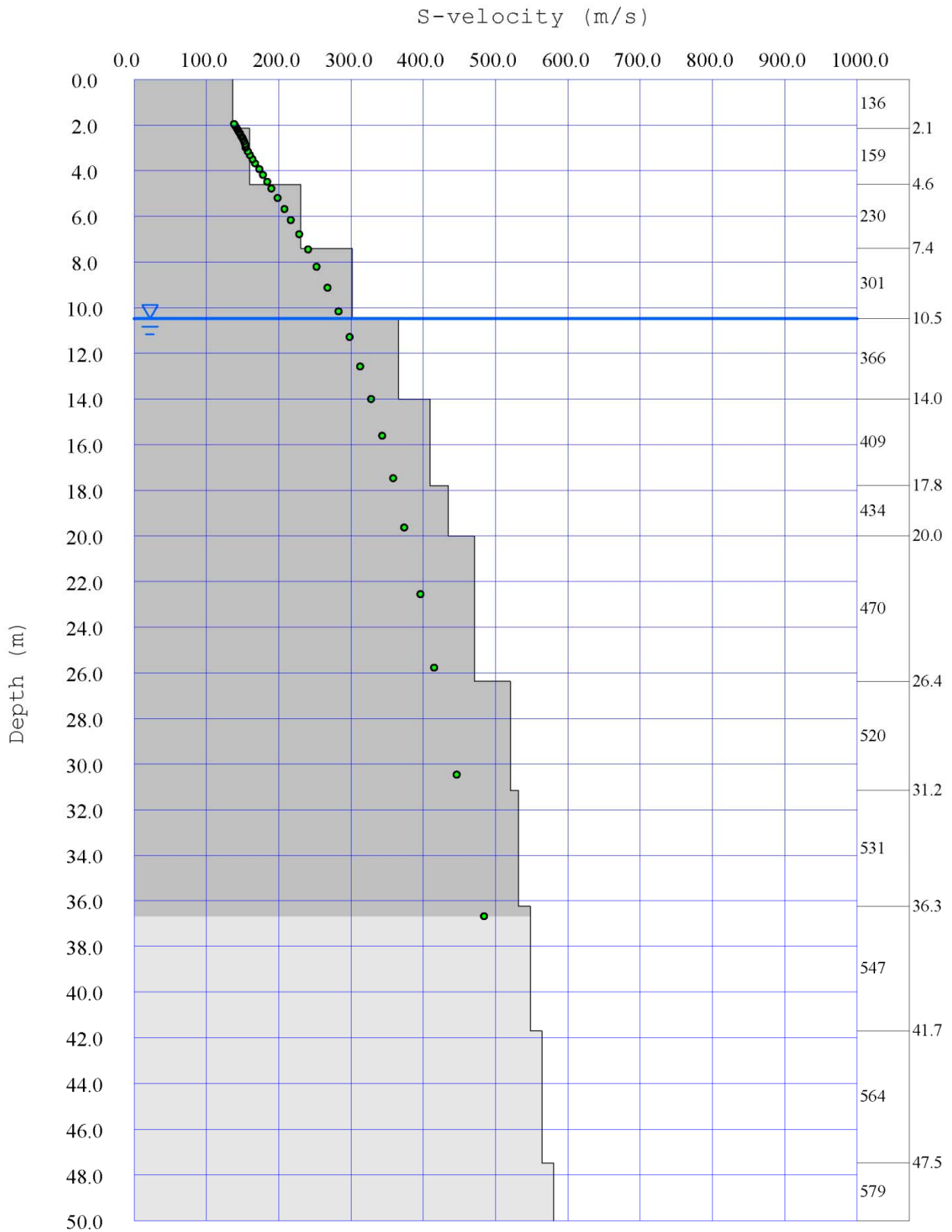


Figura 49: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "C"



S-velocity model : CA24M.DAT
Average Vs 30m = 306.0 m/s

13 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "C"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 226 m/sec, 618 m/sec e 1674 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 36,50 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-2,14	2,14	136	273	13,282
h2	-4,62	2,48	159	318	13,455
h3	-7,42	2,80	230	461	13,984
h4	-10,50	3,08	302	604	14,504
h5	-14,01	3,51	366	1696	18,141
h6	-17,80	3,79	409	1744	18,286
h7	-20,00	2,20	435	1772	18,372
h8	-26,37	6,37	471	1813	18,492
h9	-31,16	4,79	521	1868	18,657
h10	-36,27	5,11	532	1880	18,693
h11	-41,71	5,44	548	1898	18,746
h12	-47,47	5,76	564	1916	18,799
h13	-53,57	6,10	580	1933	18,850
h14	-72,86	19,29	594	1949	18,896

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.070488%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=21.192361 m/s (7.140859%)	Iteration=1 RMS=17.348474 m/s (5.739856%)
Iteration=2 RMS=14.233342 m/s (4.615068%)	Iteration=3 RMS=11.701480 m/s (3.708110%)
Iteration=4 RMS=9.667800 m/s (2.982483%)	Iteration=5 RMS=8.029871 m/s (2.403706%)
Iteration=6 RMS=6.722411 m/s (1.941051%)	Iteration=7 RMS=5.686499 m/s (1.570982%)
Iteration=8 RMS=4.884708 m/s (1.289146%)	Iteration=9 RMS=4.257968 m/s (1.070488%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2,14	2,14000	136	0,01570	
h2	-4,62	2,48000	159	0,01557	
h3	-7,42	2,80000	230	0,01215	
h4	-10,55	3,13000	302	0,01037	
h5	-14,01	3,46000	366	0,00945	
h6	-17,80	3,79000	409	0,00926	
h7	-20,00	2,20000	435	0,00506	
h8	-26,37	6,37000	471	0,01353	
h9	-30,00	3,63000	521	0,00697	
h10	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	306	0,09808 [m/s]

14 BASE SISMICA "D" – LOCALITA' TRAVERSETOLO 1

Figura 50: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "D"

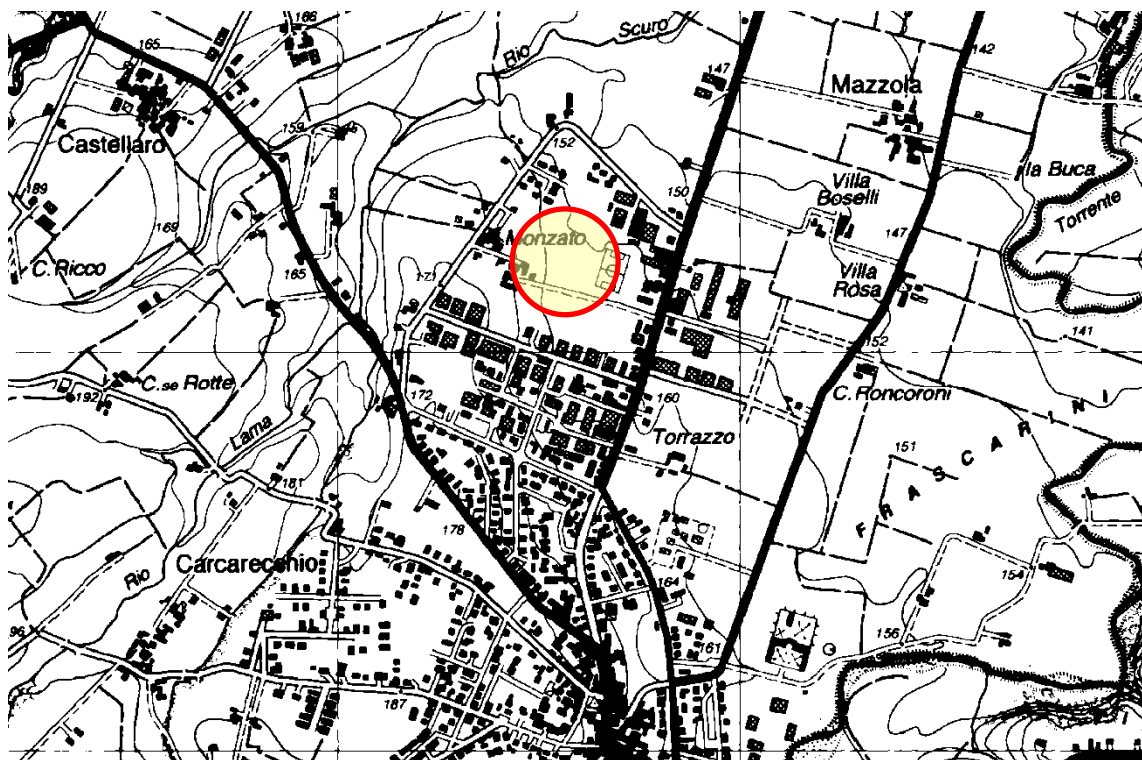


Figura 51: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 "BASILICANOVA" – scala 1:10.000 – BASE "D"



Figura 52: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE “D”



Figura 53: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “D”



Figura 54: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "D"

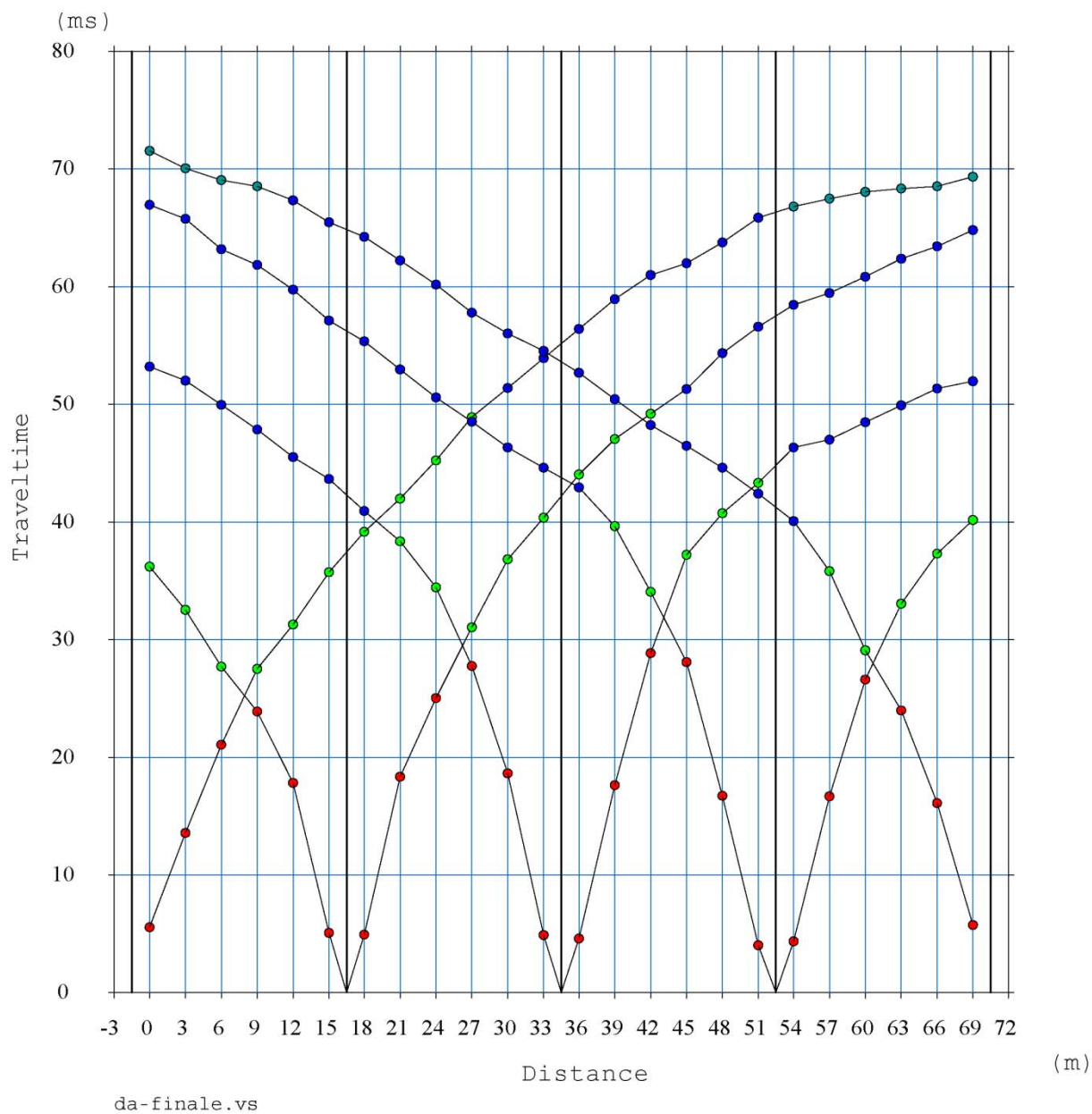
File Reference		SHOOT POINTS COORDINATE				
1	DA1.DAT	SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
2	DA67.DAT	1	0.00	-1.50	0.00	0.00
3	DA1213.DAT	2	0.00	16.50	0.00	0.00
4	DA1819.DAT	3	0.00	34.50	0.00	0.00
5	DA24.DAT	4	0.00	52.50	0.00	0.00
MASW	DA24M.DAT	5	0.00	70.50	0.00	0.00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0.00	0.00	0.00	5.58	36.24	53.22	66.96	71.53
2	0.00	3.00	0.00	13.56	32.52	52.02	65.79	70.08
3	0.00	6.00	0.00	21.06	27.72	49.98	63.18	69.06
4	0.00	9.00	0.00	27.54	23.88	47.88	61.83	68.52
5	0.00	12.00	0.00	31.32	17.84	45.54	59.76	67.32
6	0.00	15.00	0.00	35.76	5.08	43.68	57.11	65.46
7	0.00	18.00	0.00	39.18	4.96	40.92	55.38	64.26
8	0.00	21.00	0.00	42.00	18.36	38.34	52.98	62.22
9	0.00	24.00	0.00	45.25	25.02	34.44	50.58	60.18
10	0.00	27.00	0.00	48.91	31.04	27.75	48.54	57.78
11	0.00	30.00	0.00	51.41	36.84	18.63	46.32	56.04
12	0.00	33.00	0.00	53.92	40.38	4.88	44.64	54.54
13	0.00	36.00	0.00	56.42	44.04	4.63	42.93	52.68
14	0.00	39.00	0.00	58.93	47.06	17.63	39.66	50.46
15	0.00	42.00	0.00	61.00	49.18	28.87	34.08	48.24
16	0.00	45.00	0.00	62.00	51.30	37.20	28.08	46.50
17	0.00	48.00	0.00	63.77	54.36	40.74	16.74	44.64
18	0.00	51.00	0.00	65.88	56.59	43.32	4.02	42.42
19	0.00	54.00	0.00	66.84	58.44	46.35	4.38	40.08
20	0.00	57.00	0.00	67.50	59.46	47.02	16.68	35.84
21	0.00	60.00	0.00	68.04	60.84	48.47	26.60	29.10
22	0.00	63.00	0.00	68.34	62.40	49.92	33.08	24.00
23	0.00	66.00	0.00	68.52	63.42	51.37	37.32	16.12
24	0.00	69.00	0.00	69.36	64.80	51.95	40.20	5.76

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0.00	2.91	9.38	17.40	0.00
2	3.00	2.55	9.48	17.24	0.00
3	6.00	2.45	9.31	17.16	0.00
4	9.00	2.64	8.92	17.12	0.00
5	12.00	2.87	8.49	17.10	0.00
6	15.00	3.05	8.17	17.06	0.00
7	18.00	3.12	8.04	16.90	0.00
8	21.00	3.05	8.01	16.80	0.00
9	24.00	3.03	7.83	16.73	0.00
10	27.00	3.25	7.56	16.67	0.00
11	30.00	3.56	7.31	16.64	0.00
12	33.00	3.72	7.20	16.64	0.00
13	36.00	3.82	7.49	16.68	0.00
14	39.00	3.69	7.69	16.72	0.00
15	42.00	3.59	7.80	16.77	0.00
16	45.00	3.67	7.86	16.81	0.00
17	48.00	3.68	7.90	16.85	0.00
18	51.00	3.66	7.88	16.88	0.00
19	54.00	3.78	7.82	16.79	0.00
20	57.00	3.57	7.79	16.61	0.00
21	60.00	3.21	7.61	16.36	0.00
22	63.00	3.09	7.25	16.10	0.00
23	66.00	3.09	7.16	15.87	0.00
24	69.00	3.09	7.16	15.68	0.00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	287
2	875
3	1421
4	2197
5	

Figura 55: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "D"



da-finale.vs

**Figura 56: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "D"**

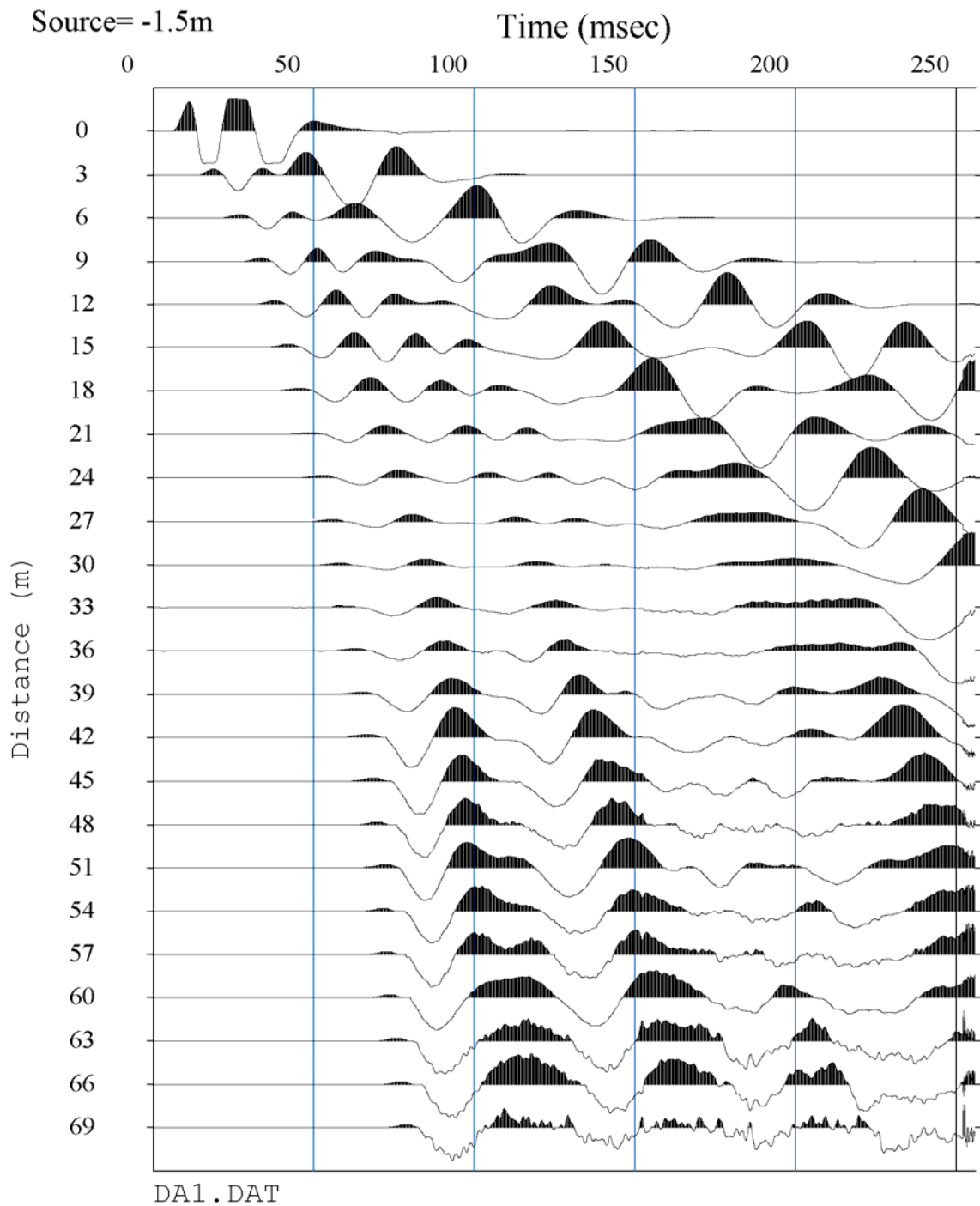


Figura 57: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "D"

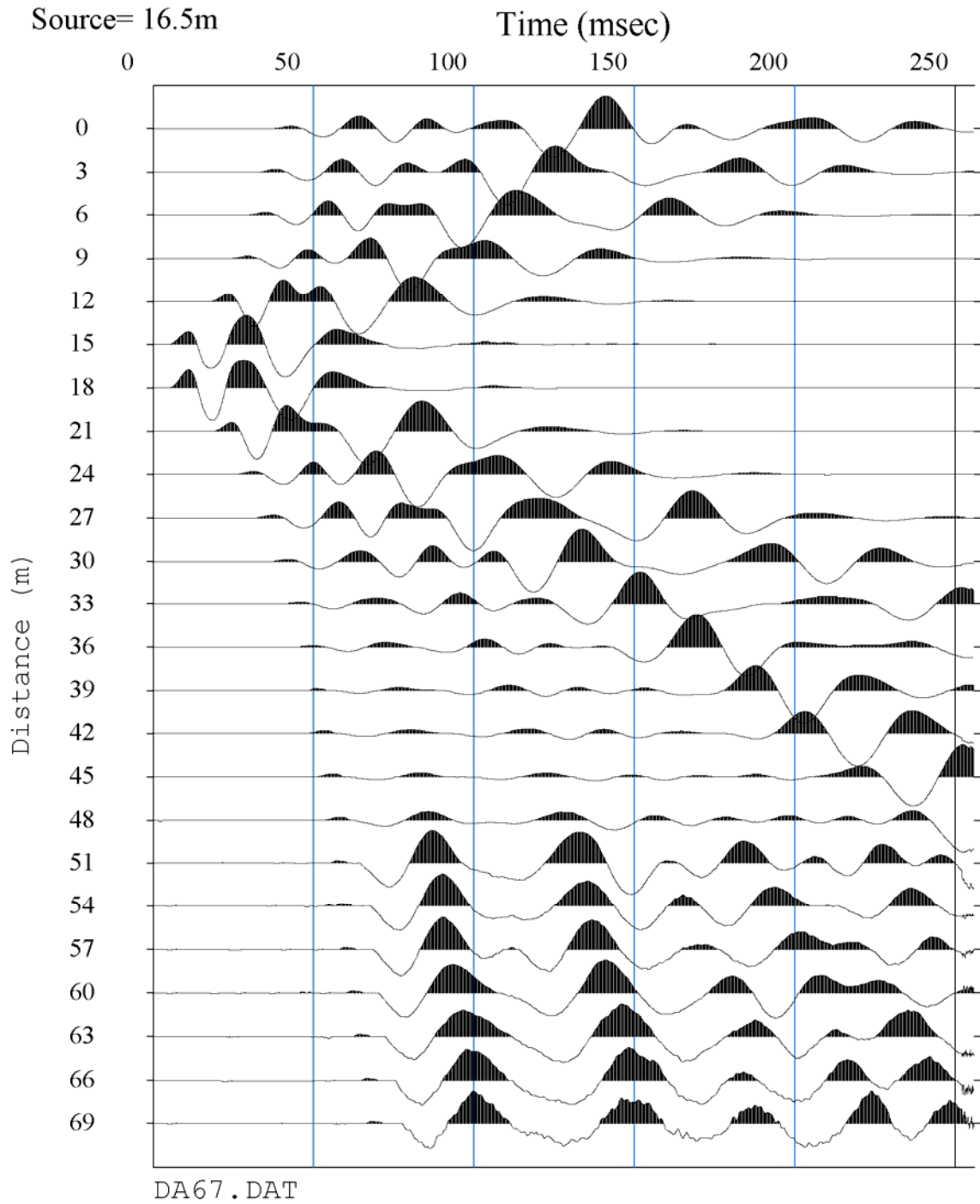


Figura 58: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "D"

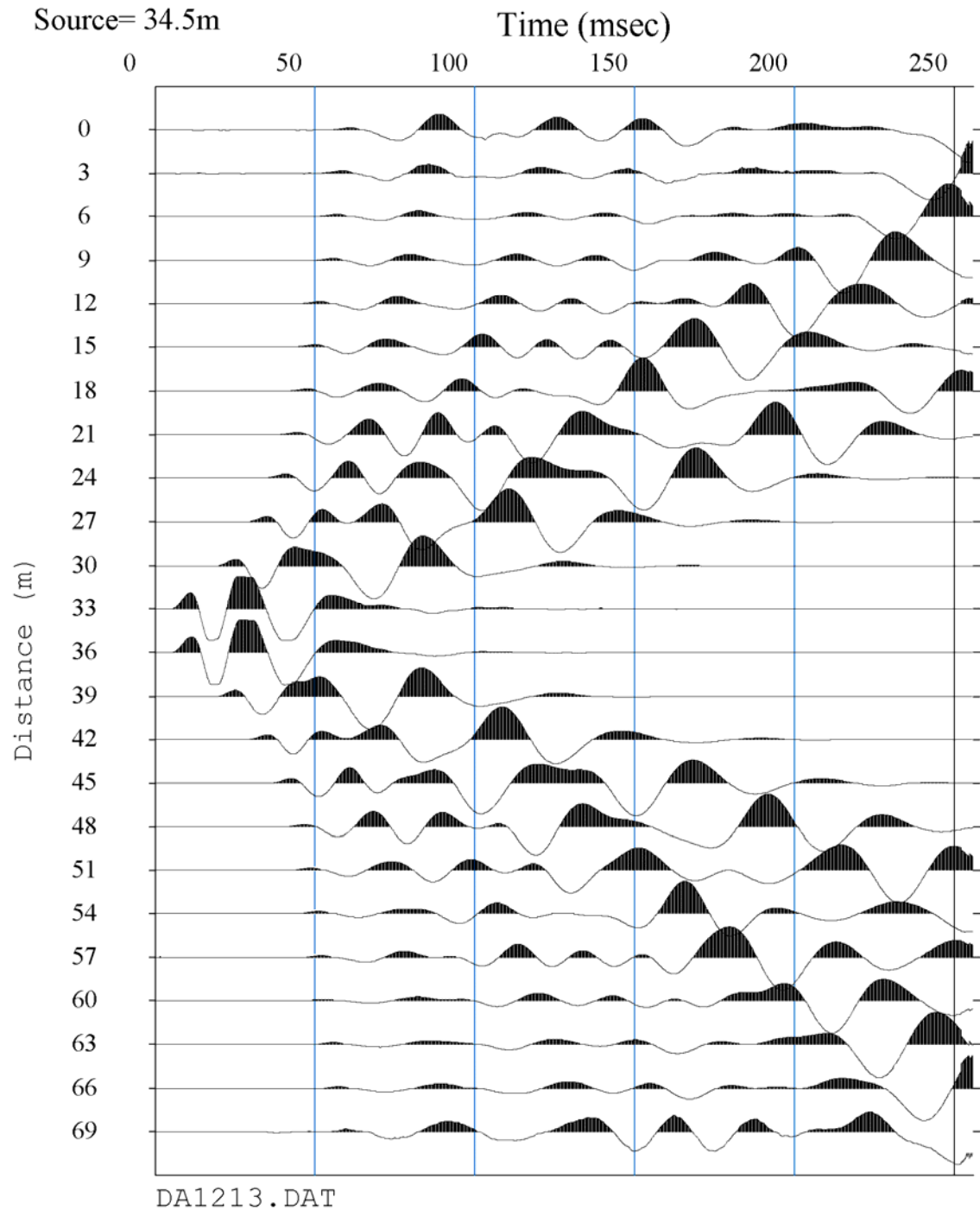
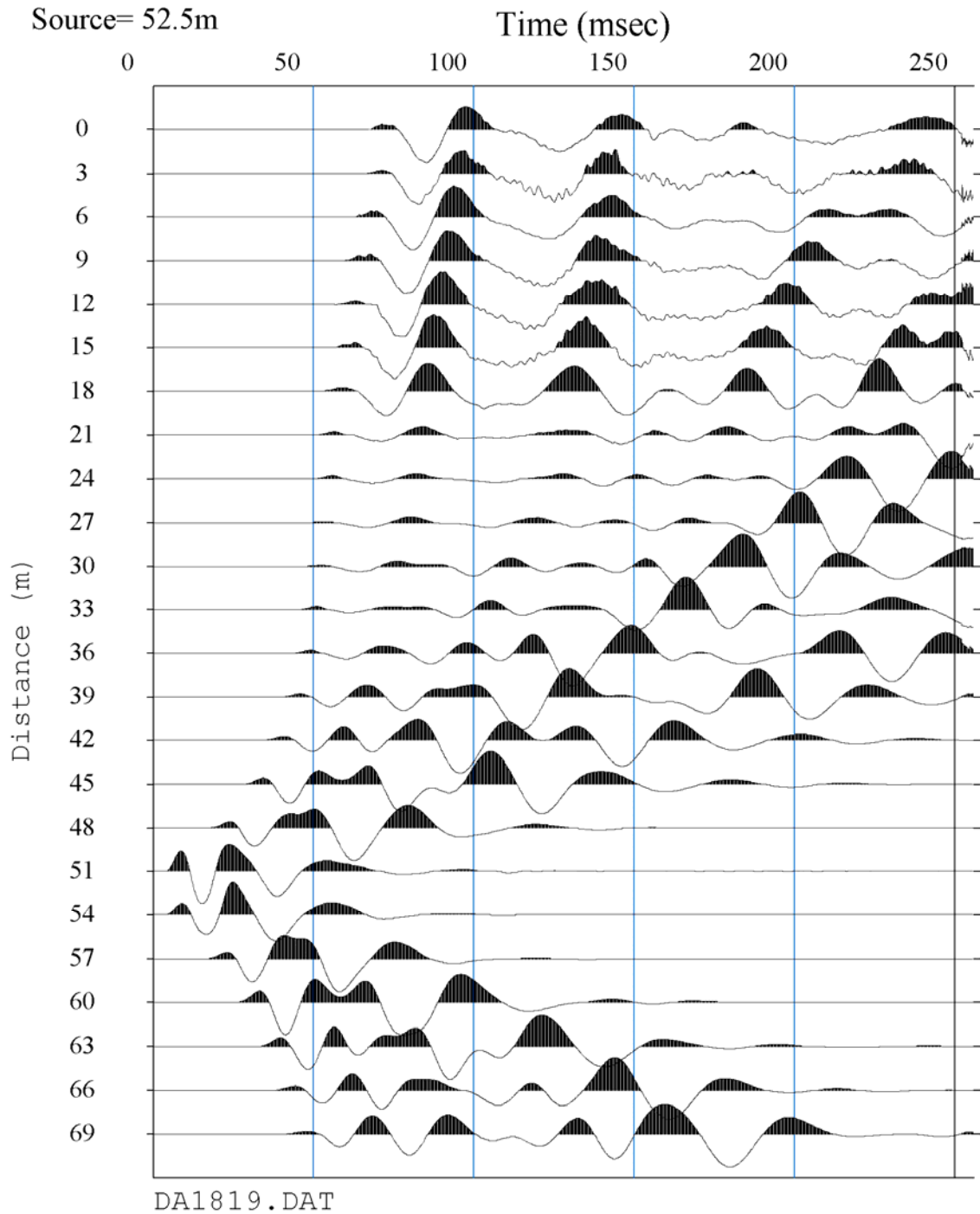


Figura 59: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "D"



**Figura 60: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "D"**

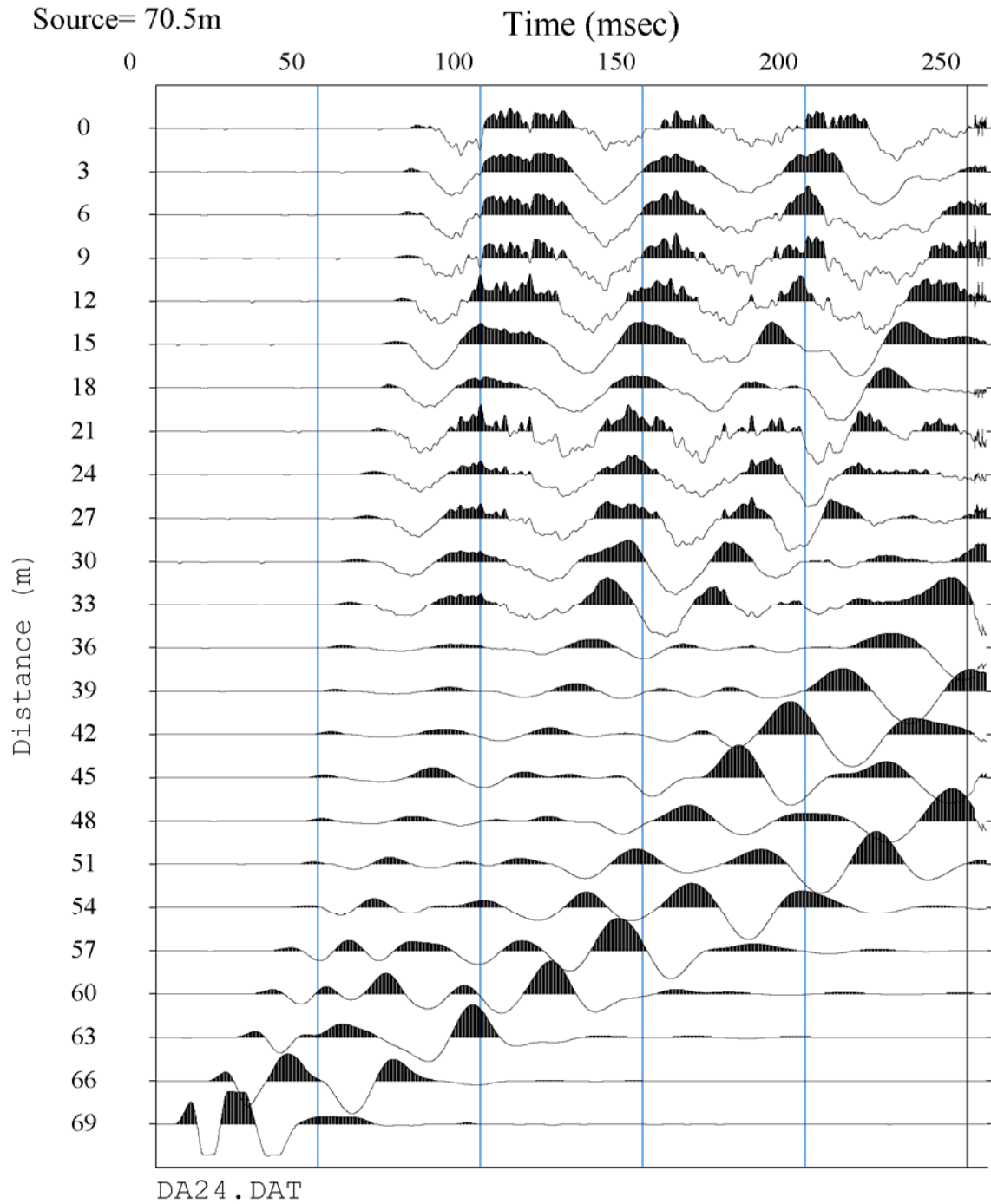
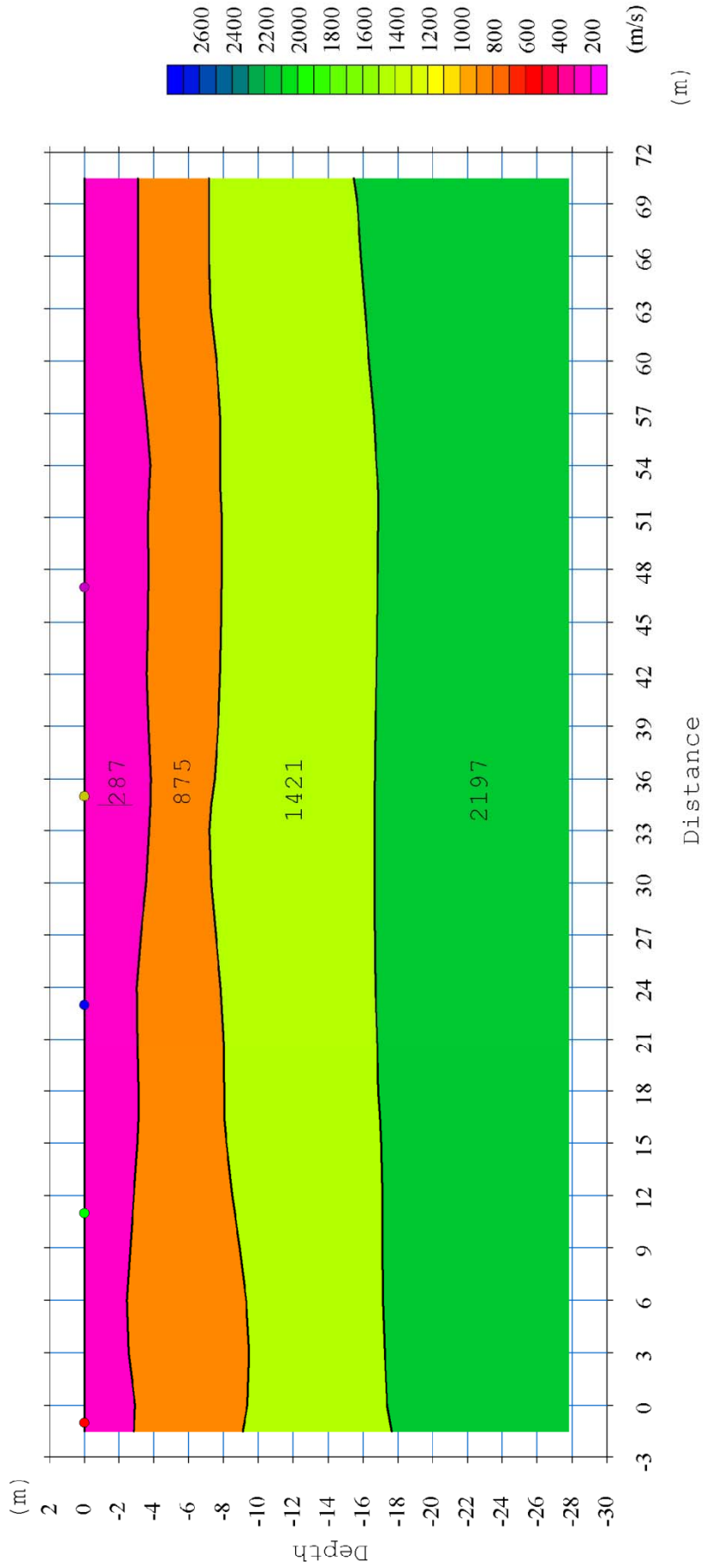


Figura 61: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “D”



15 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "D"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,50 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 62: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "D"

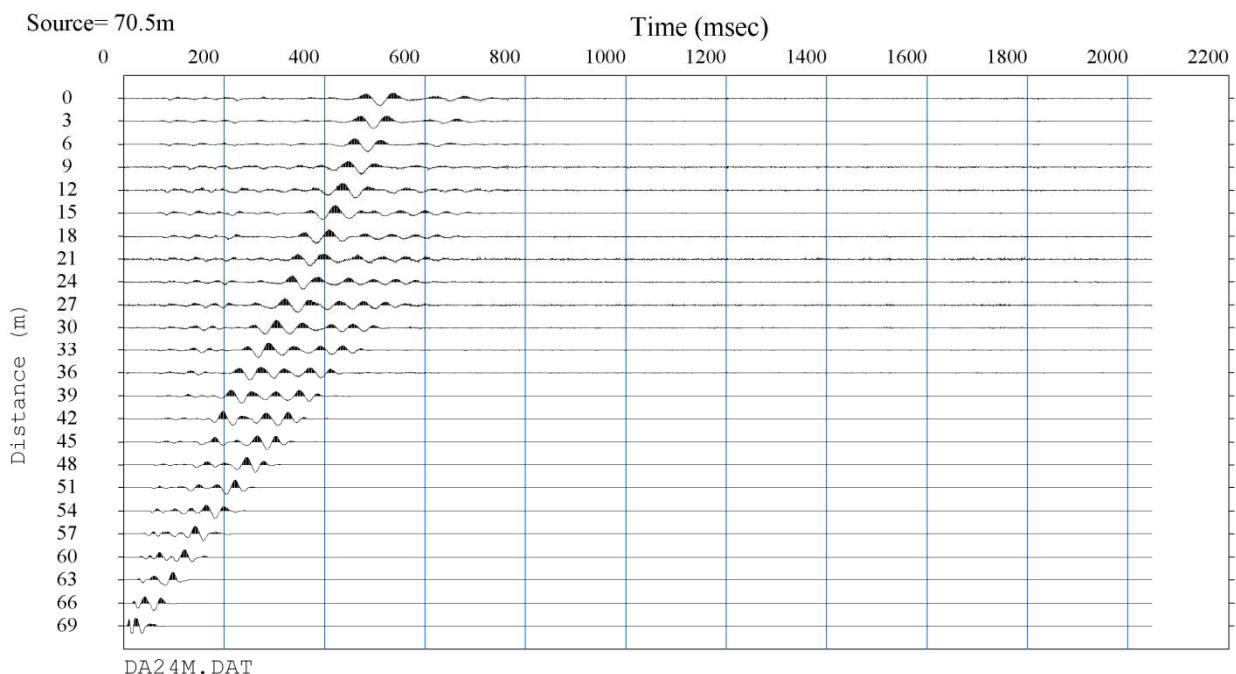


Figura 63: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "D"

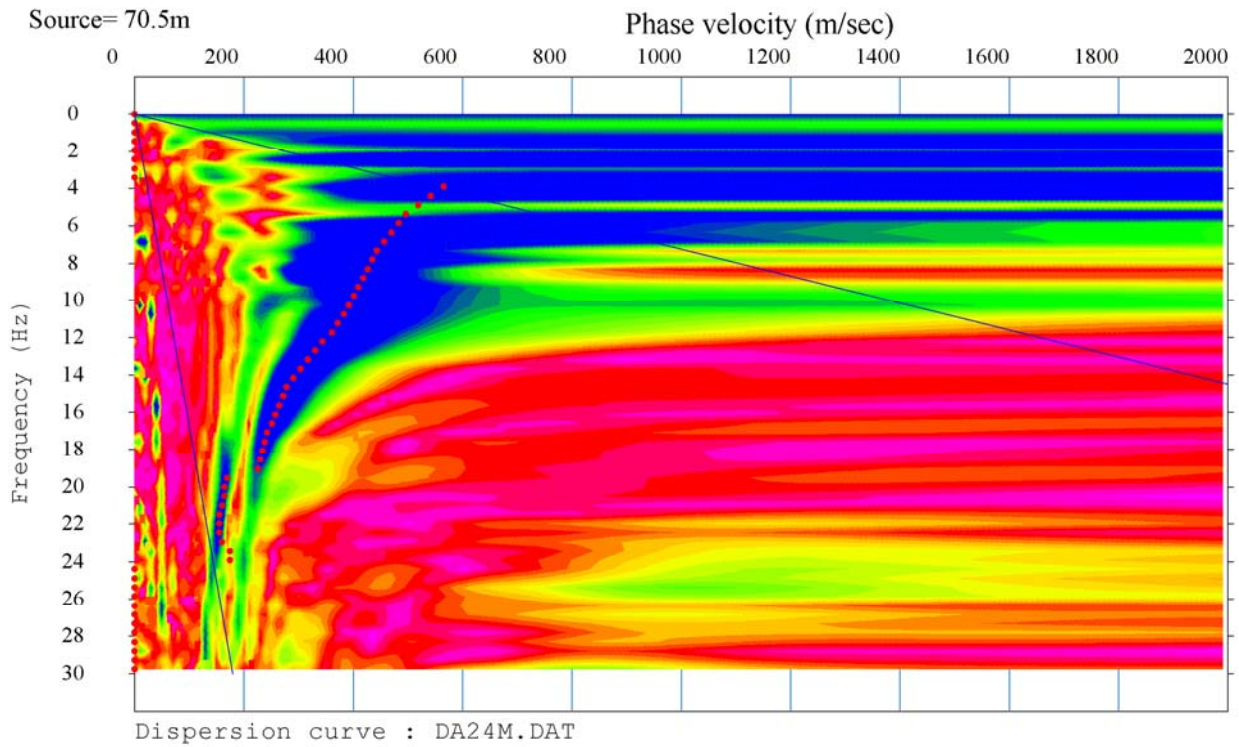


Figura 64: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "D"

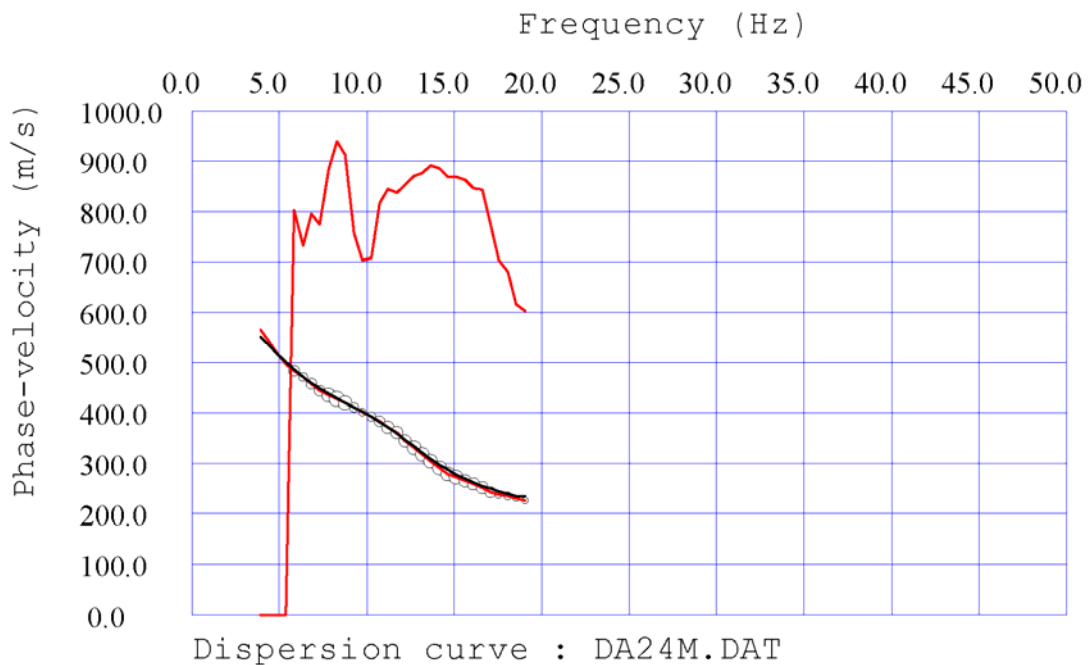
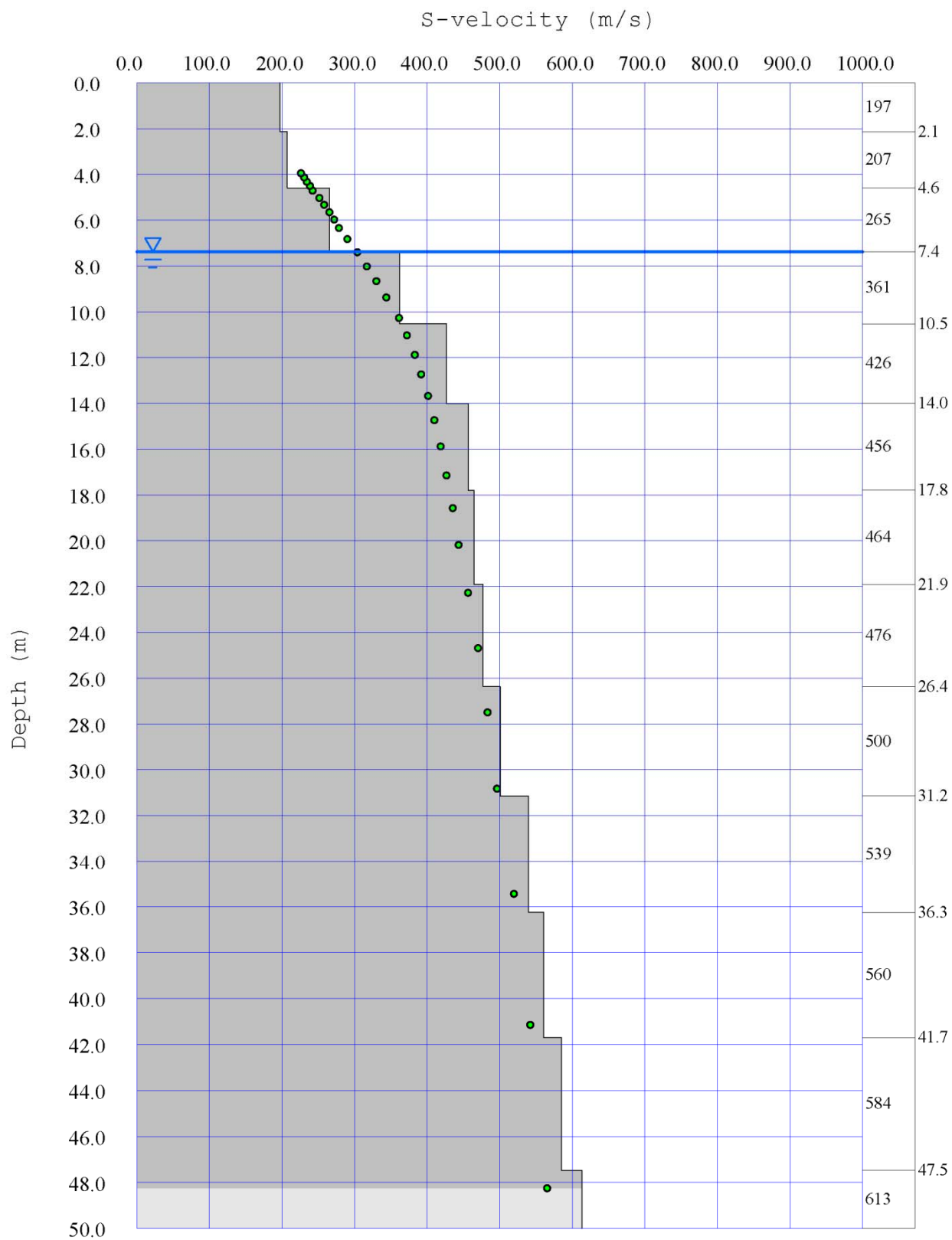


Figura 65: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "D"



S-velocity model : DA24M.DAT
Average Vs 30m = 357.6 m/s

16 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "D"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da quattro sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 287 m/sec, 875 m/sec, 1421 m/sec e 2197 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 48,00 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m ³]
h1	-2,14	2,14	197	394	13,737
h2	-4,62	2,48	207	414	13,813
h3	-7,40	2,78	265	531	14,239
h4	-10,55	3,15	362	1691	18,126
h5	-14,01	3,46	426	1763	18,344
h6	-17,80	3,79	456	1796	18,443
h7	-21,92	4,12	464	1805	18,470
h8	-26,37	4,45	476	1819	18,511
h9	-31,16	4,79	501	1846	18,591
h10	-36,27	5,11	539	1889	18,718
h11	-41,71	5,44	560	1912	18,786
h12	-47,47	5,76	585	1939	18,866
h13	-53,57	6,10	614	1971	18,960
h14	-72,86	19,29	644	2005	19,058

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.529295%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=38.122036 m/s (10.931780%)	Iteration=1 RMS=30.567314 m/s (8.706496%)
Iteration=2 RMS=24.576483 m/s (6.941756%)	Iteration=3 RMS=19.816896 m/s (5.540291%)
Iteration=4 RMS=16.031463 m/s (4.441694%)	Iteration=5 RMS=13.008118 m/s (3.564386%)
Iteration=6 RMS=10.592015 m/s (2.863422%)	Iteration=7 RMS=8.668739 m/s (2.312199%)
Iteration=8 RMS=7.133859 m/s (1.874487%)	Iteration=9 RMS=5.910732 m/s (1.529295%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2,14	2,14000	197	0,01086	
h2	-4,62	2,48000	207	0,01197	
h3	-7,42	2,80000	265	0,01056	
h4	-10,55	3,13000	362	0,00865	
h5	-14,01	3,46000	426	0,00812	
h6	-17,80	3,79000	456	0,00831	
h7	-21,92	4,12000	464	0,00888	
h8	-26,37	4,45000	476	0,00934	
h9	-30,00	3,63000	501	0,00725	
h10	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	357	0,08393 [m/s]

17 BASE SISMICA “E” – LOCALITA’ TRAVERSETOLO 2

Figura 66: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO “ BIBBIANO” - SCALA 1:25.000 – BASE “E”

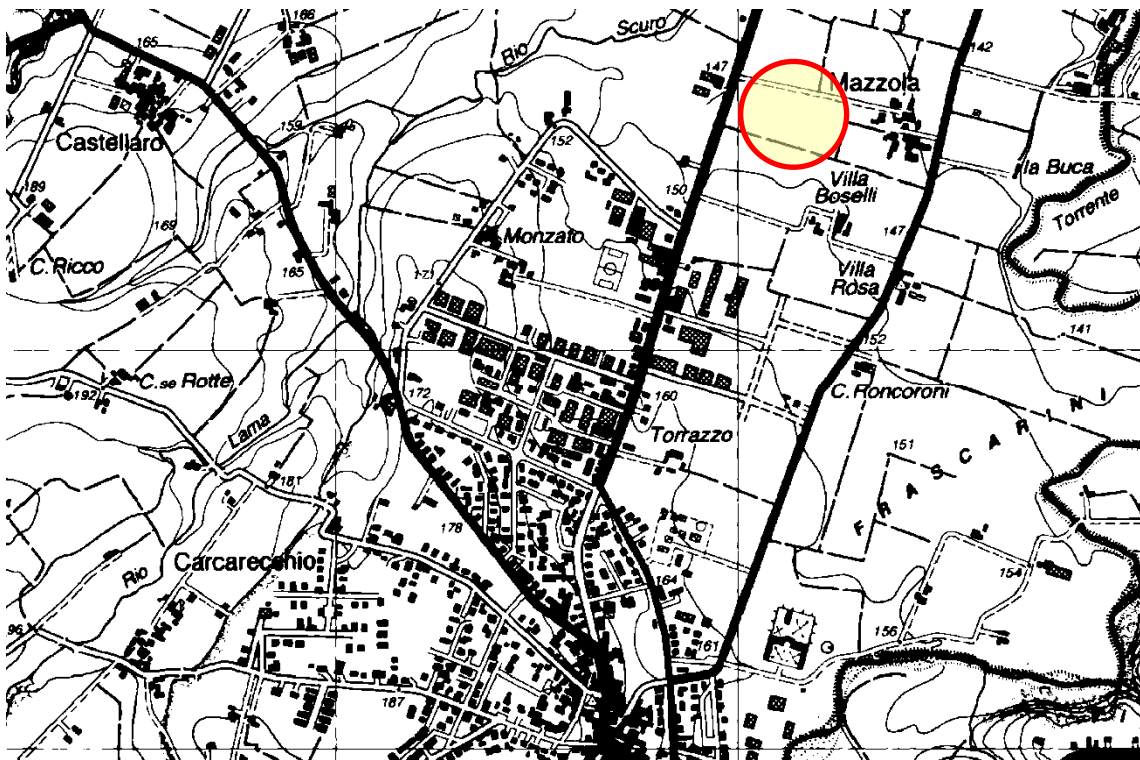


Figura 67: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200090 “BASILICANOVA” – scala 1:10.000 – BASE “E”

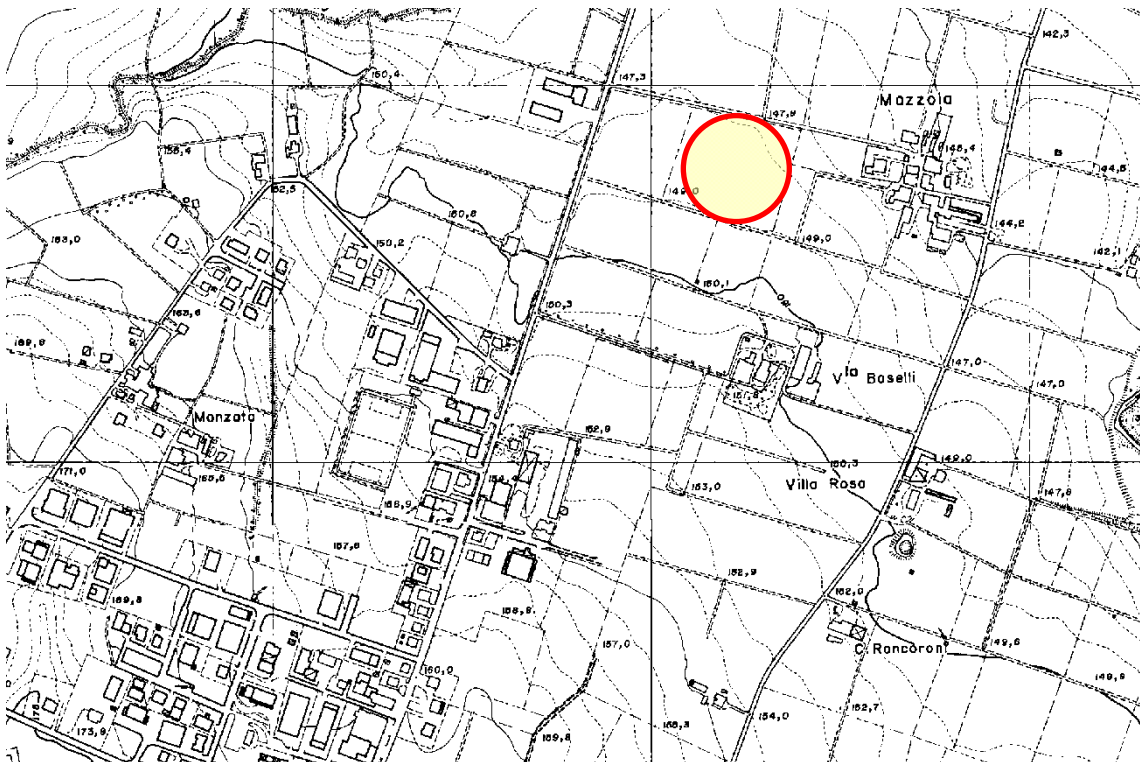


Figura 68: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE “E”



Figura 69: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “E”



Figura 70: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "E"

File Reference	
1	EA1.DAT
2	EA67.DAT
3	EA1213.DAT
4	EA1819.DAT
5	EA24.DAT
MASW	EA24M.DAT

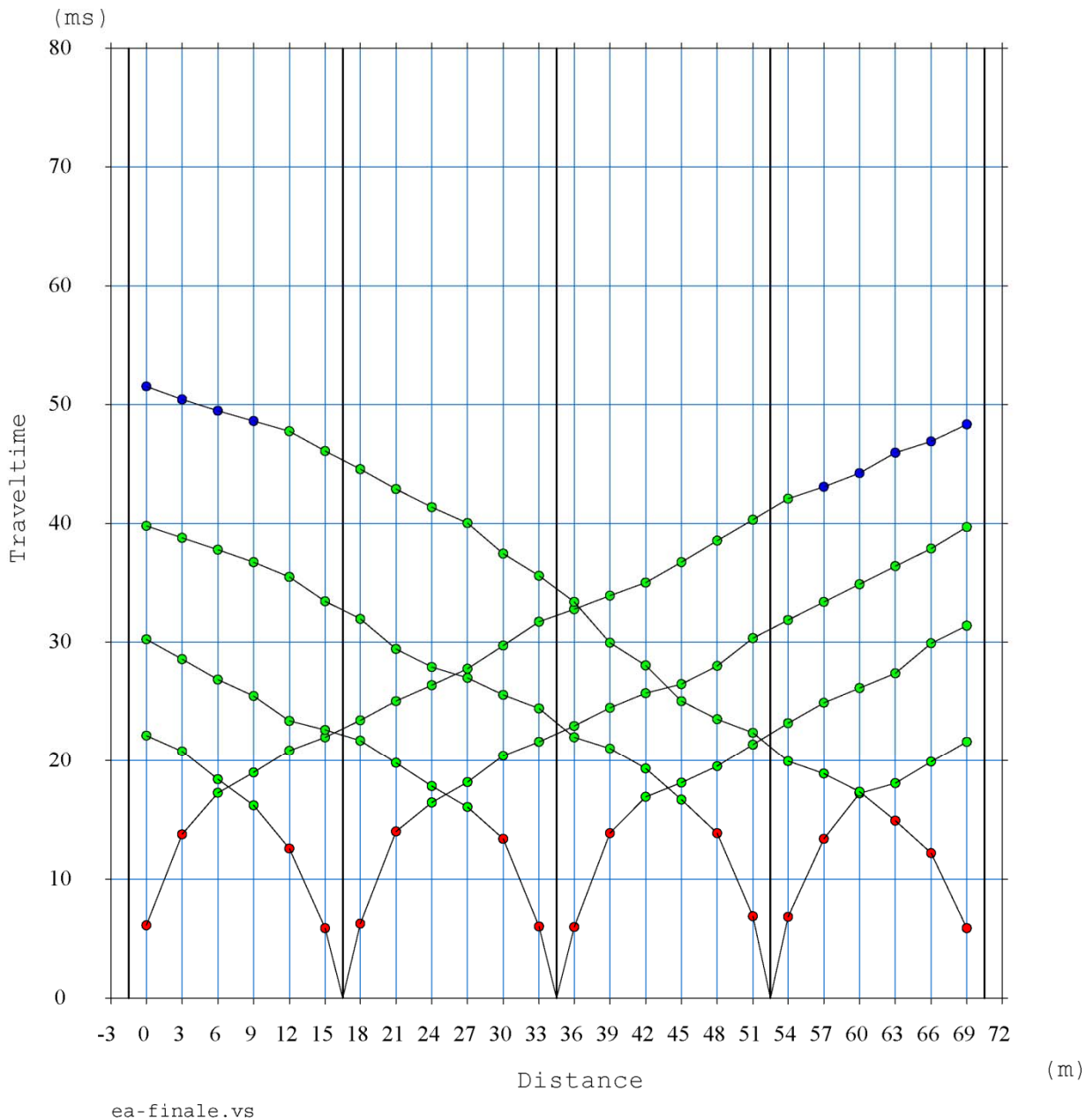
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0.00	-1.50	0.00	0.00
2	0.00	16.50	0.00	0.00
3	0.00	34.50	0.00	0.00
4	0.00	52.50	0.00	0.00
5	0.00	70.50	0.00	0.00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0.00	0.00	0.00	6.13	22.13	30.27	39.81	51.52
2	0.00	3.00	0.00	13.80	20.77	28.59	38.79	50.45
3	0.00	6.00	0.00	17.24	18.43	26.88	37.77	49.49
4	0.00	9.00	0.00	18.96	16.21	25.49	36.75	48.63
5	0.00	12.00	0.00	20.85	12.59	23.36	35.49	47.76
6	0.00	15.00	0.00	22.00	5.89	22.59	33.47	46.11
7	0.00	18.00	0.00	23.41	6.27	21.68	31.98	44.55
8	0.00	21.00	0.00	25.02	14.00	19.79	29.44	42.88
9	0.00	24.00	0.00	26.40	16.45	17.81	27.89	41.36
10	0.00	27.00	0.00	27.78	18.19	16.08	27.01	40.05
11	0.00	30.00	0.00	29.74	20.43	13.41	25.55	37.47
12	0.00	33.00	0.00	31.74	21.60	6.05	24.43	35.57
13	0.00	36.00	0.00	32.77	22.93	6.00	22.00	33.39
14	0.00	39.00	0.00	33.92	24.49	13.87	21.01	29.97
15	0.00	42.00	0.00	35.04	25.71	16.91	19.33	28.05
16	0.00	45.00	0.00	36.72	26.48	18.13	16.69	25.04
17	0.00	48.00	0.00	38.53	28.00	19.49	13.85	23.52
18	0.00	51.00	0.00	40.32	30.36	21.39	6.91	22.37
19	0.00	54.00	0.00	42.11	31.87	23.20	6.87	19.95
20	0.00	57.00	0.00	43.09	33.37	24.88	13.41	18.88
21	0.00	60.00	0.00	44.24	34.88	26.16	17.20	17.36
22	0.00	63.00	0.00	45.97	36.39	27.39	18.05	14.93
23	0.00	66.00	0.00	46.91	37.90	29.89	19.87	12.19
24	0.00	69.00	0.00	48.35	39.68	31.41	21.60	5.88

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0.00	1.52	13.20	0.00	0.00
2	3.00	1.64	13.15	0.00	0.00
3	6.00	1.73	13.18	0.00	0.00
4	9.00	1.82	13.26	0.00	0.00
5	12.00	1.90	13.34	0.00	0.00
6	15.00	1.94	13.41	0.00	0.00
7	18.00	1.96	13.48	0.00	0.00
8	21.00	1.93	13.49	0.00	0.00
9	24.00	1.92	13.50	0.00	0.00
10	27.00	1.95	13.51	0.00	0.00
11	30.00	1.98	13.51	0.00	0.00
12	33.00	1.98	13.49	0.00	0.00
13	36.00	1.86	13.40	0.00	0.00
14	39.00	1.77	13.33	0.00	0.00
15	42.00	1.67	13.26	0.00	0.00
16	45.00	1.54	13.20	0.00	0.00
17	48.00	1.49	13.15	0.00	0.00
18	51.00	1.50	13.11	0.00	0.00
19	54.00	1.49	13.04	0.00	0.00
20	57.00	1.51	13.03	0.00	0.00
21	60.00	1.54	13.02	0.00	0.00
22	63.00	1.58	12.99	0.00	0.00
23	66.00	1.62	12.94	0.00	0.00
24	69.00	1.64	12.89	0.00	0.00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	287
2	1823
3	2563
4	
5	

Figura 71: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "E"



**Figura 72: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "E"**

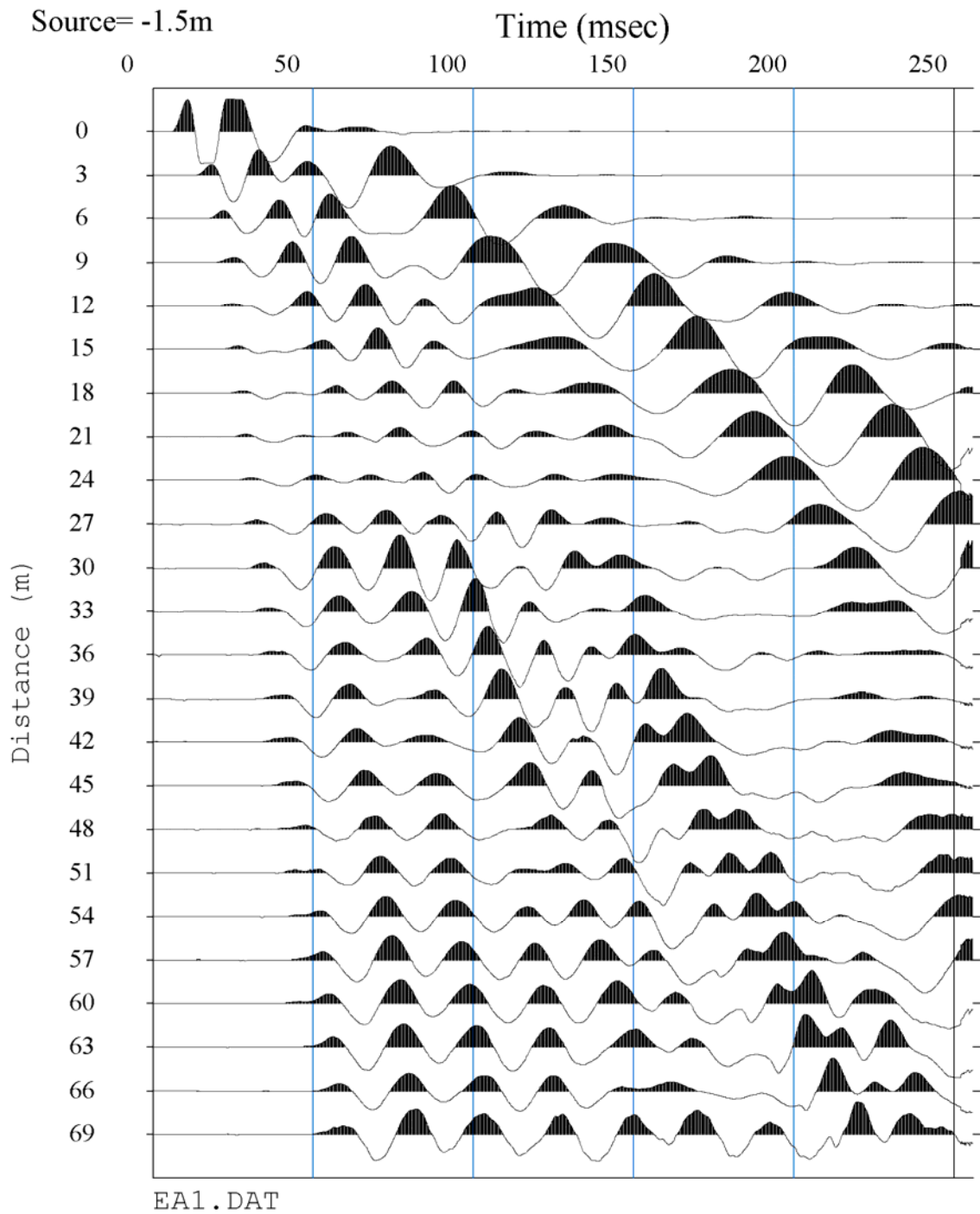


Figura 73: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "E"

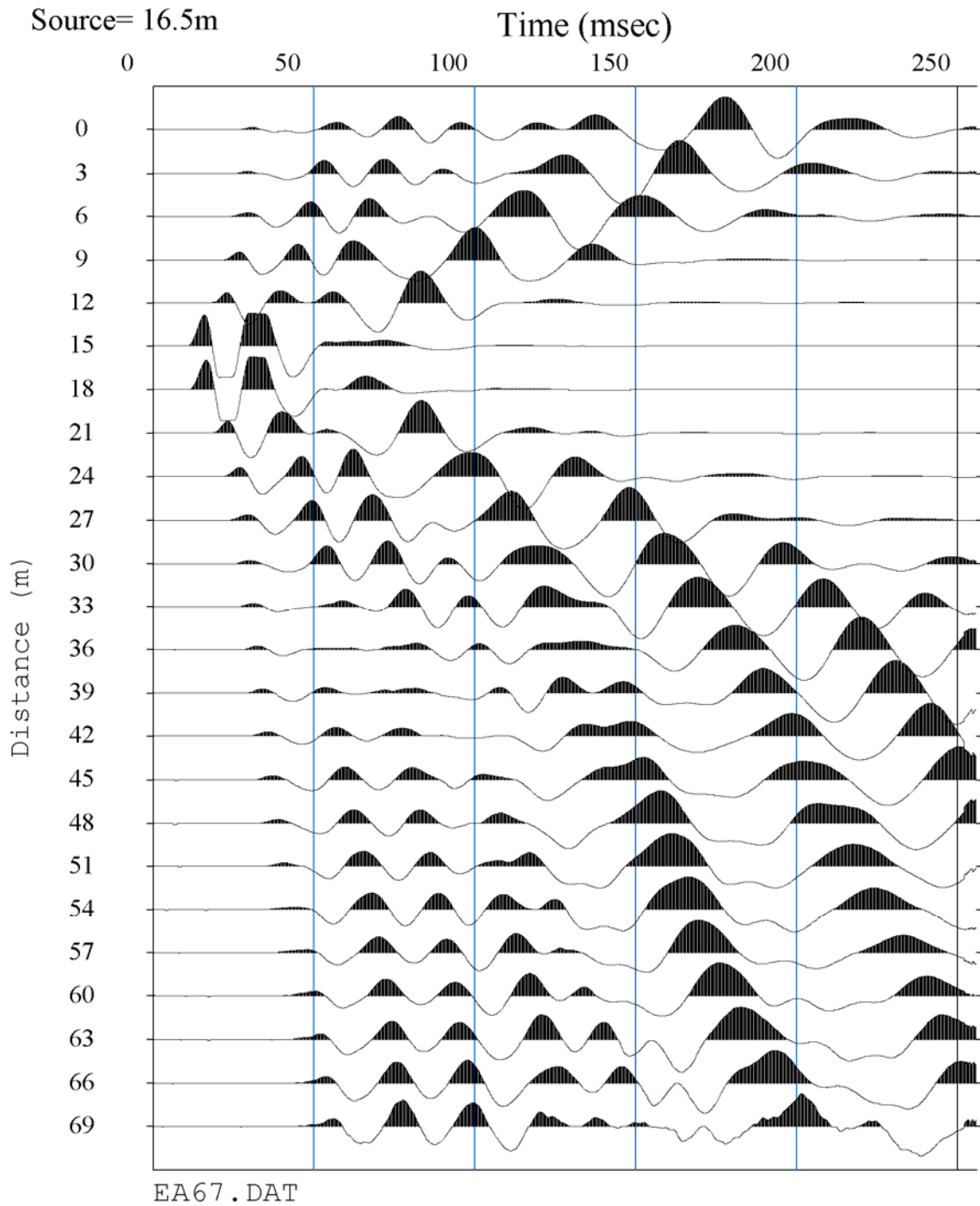


Figura 74: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "E"

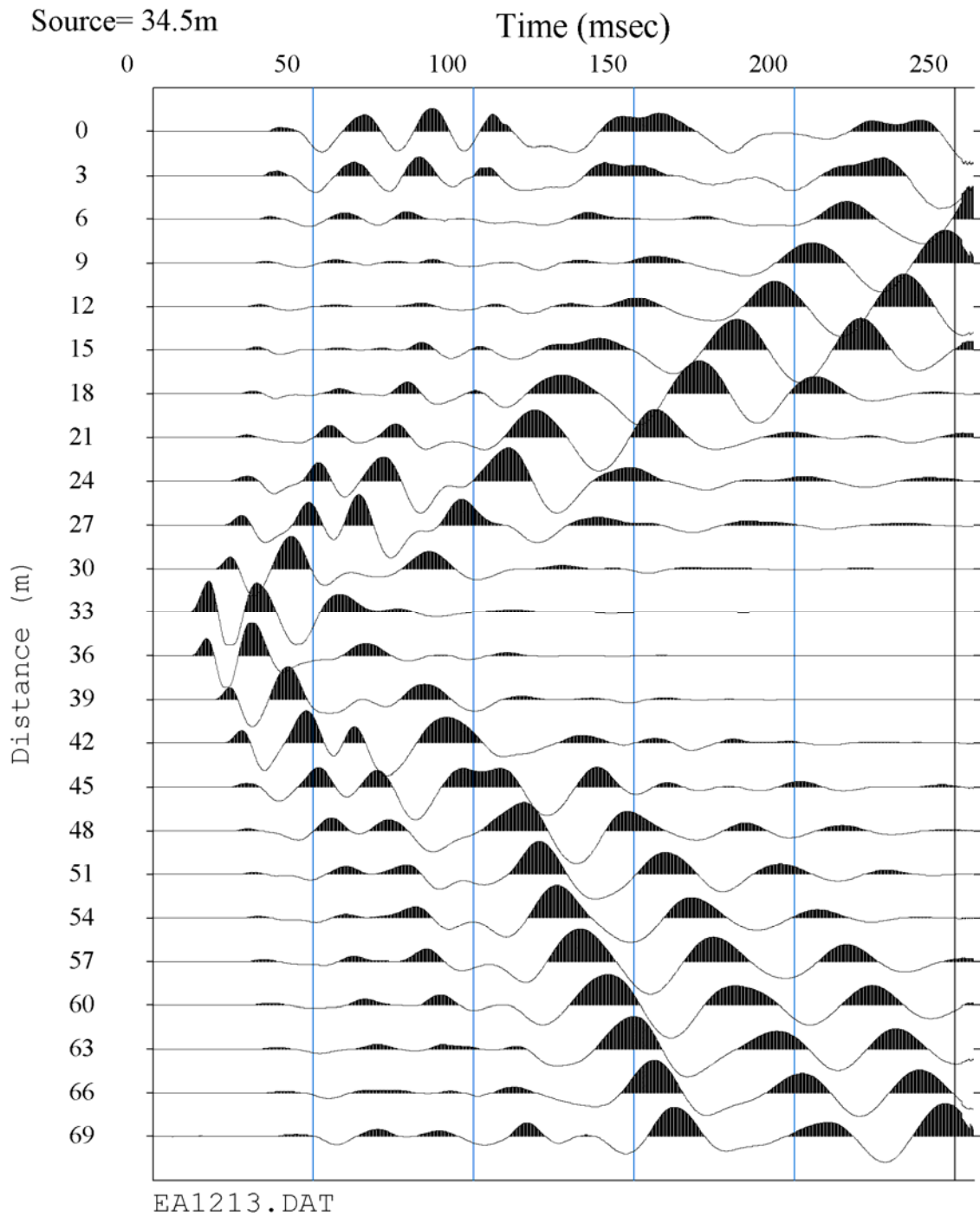
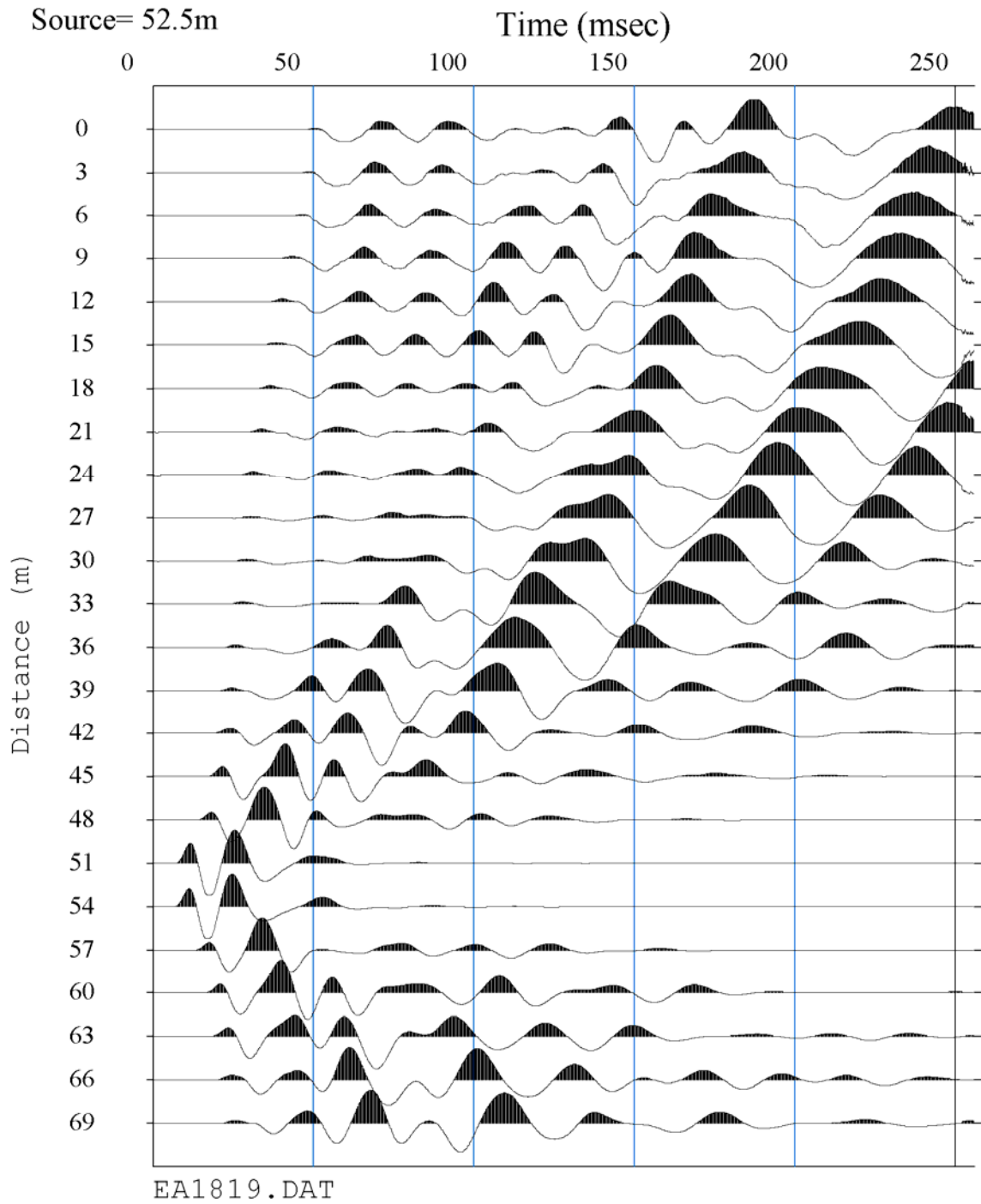


Figura 75: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "E"



**Figura 76: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "E"**

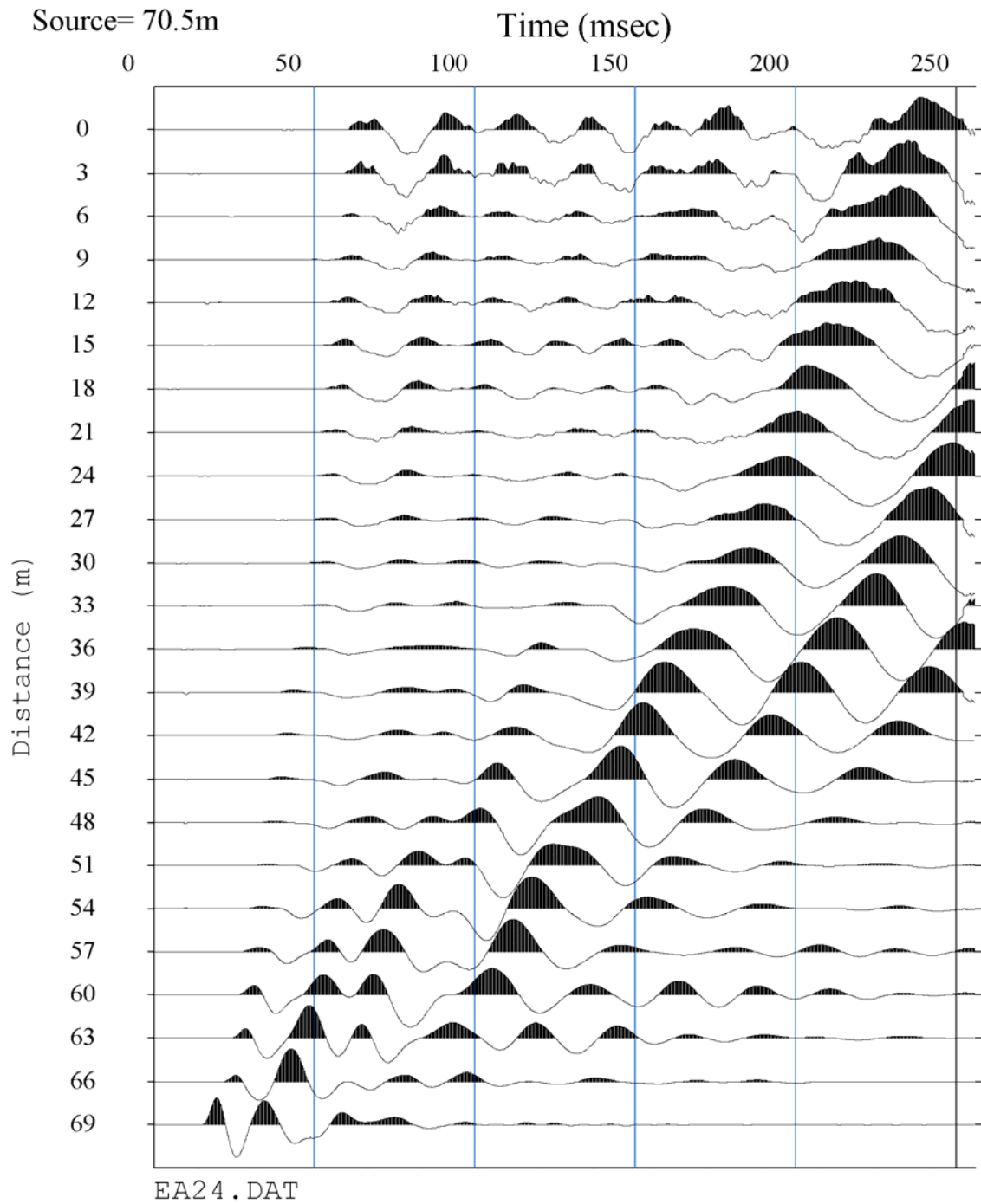
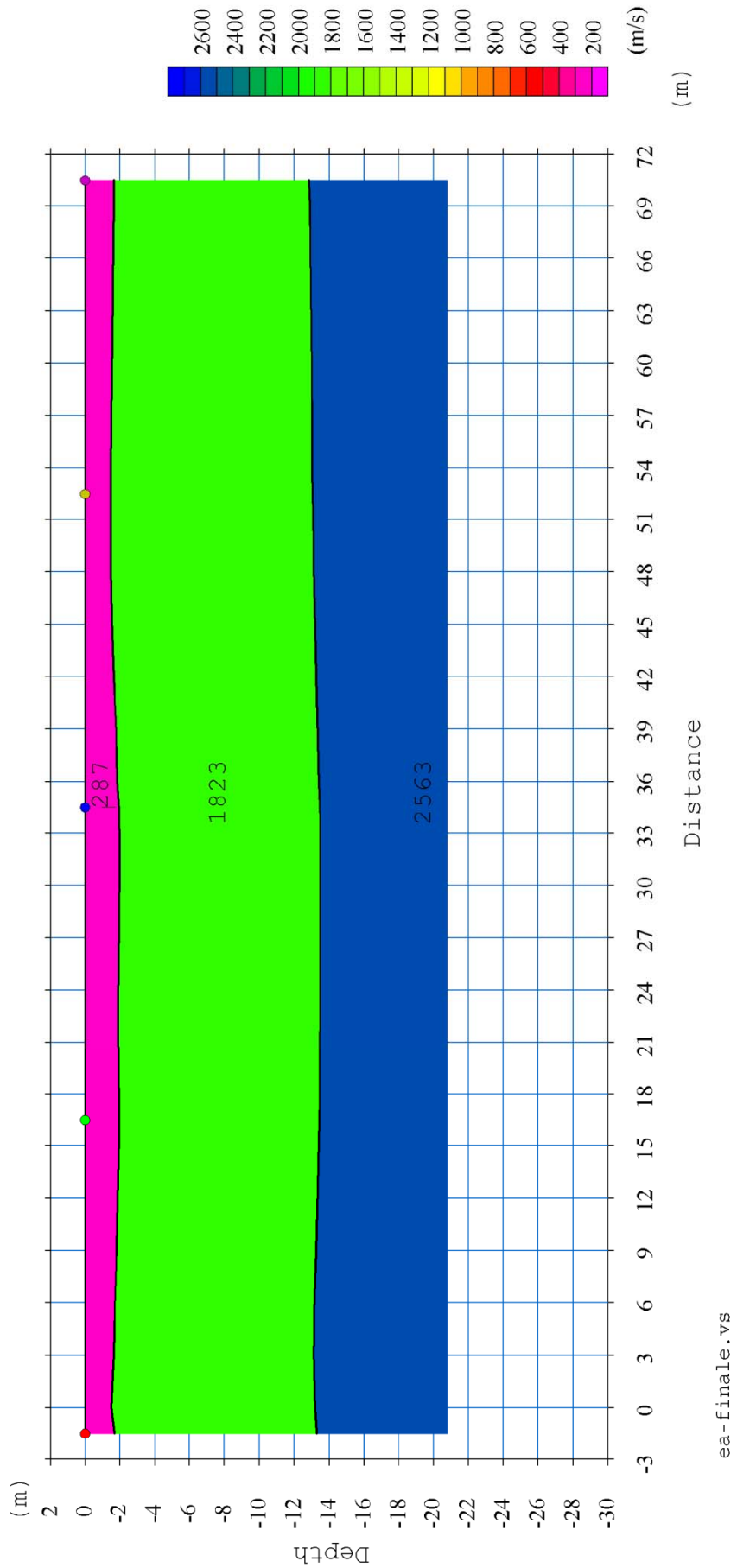


Figura 77: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “E”



18 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "E"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,50 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 78: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "E"

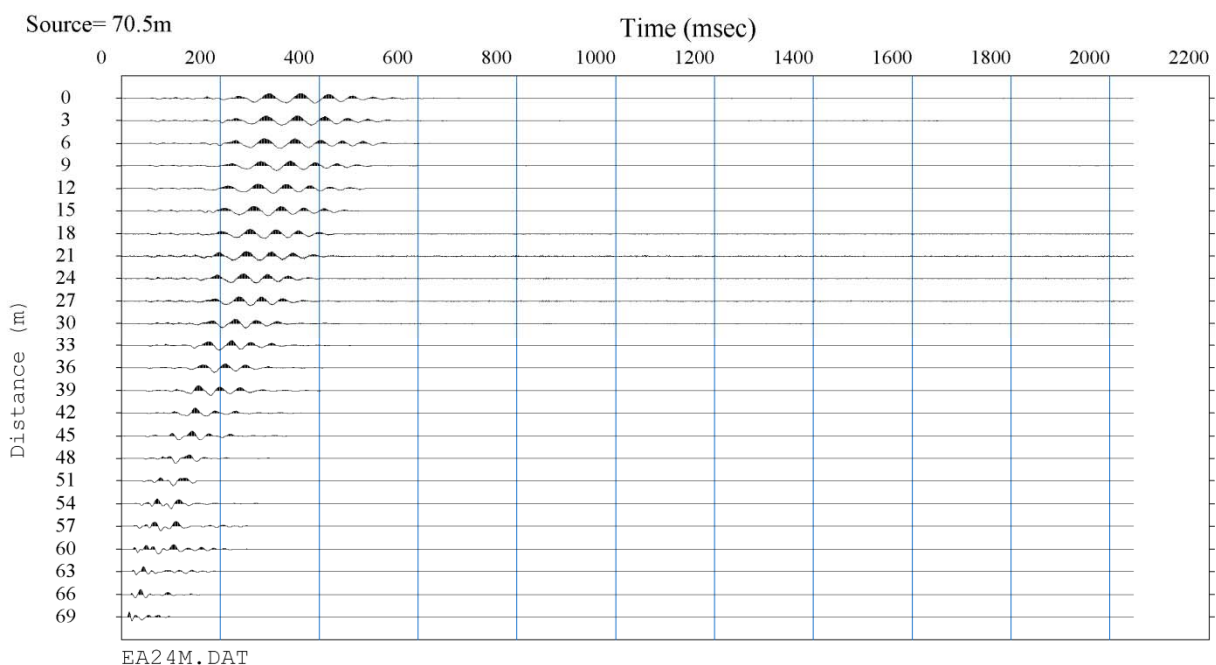


Figura 79: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "E"

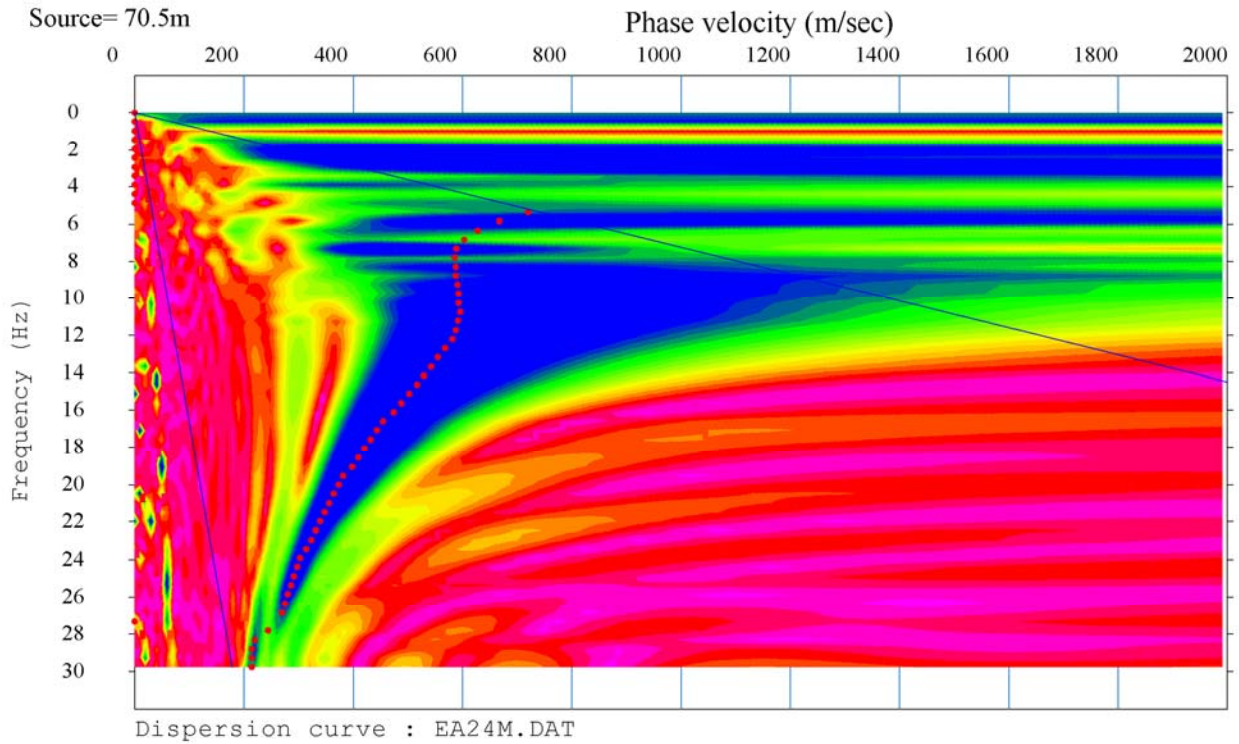


Figura 80: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "E"

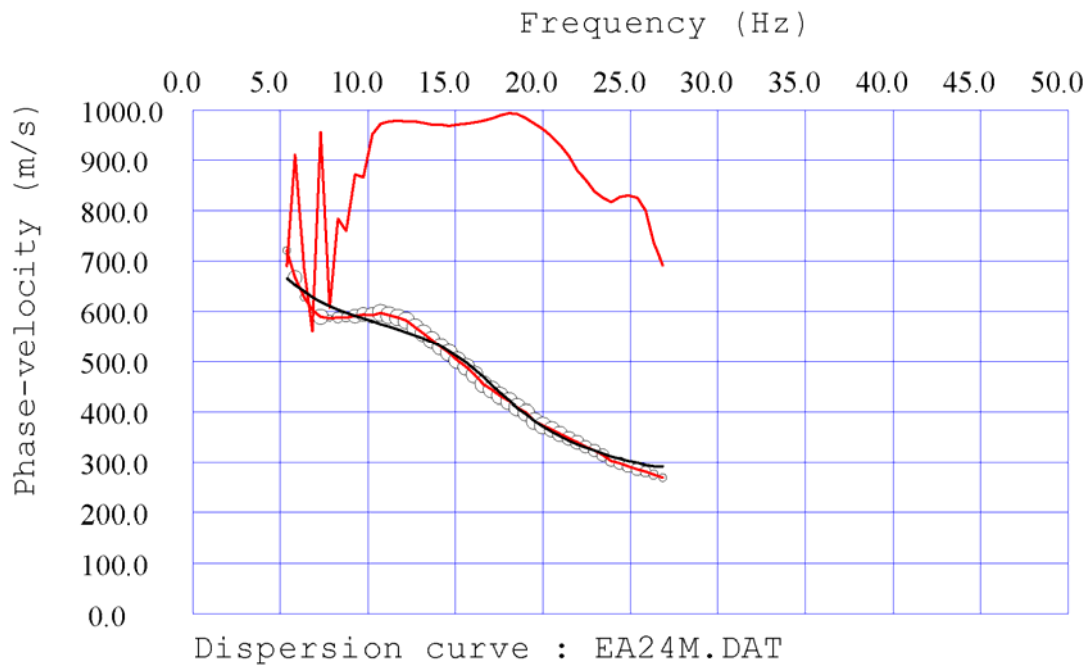
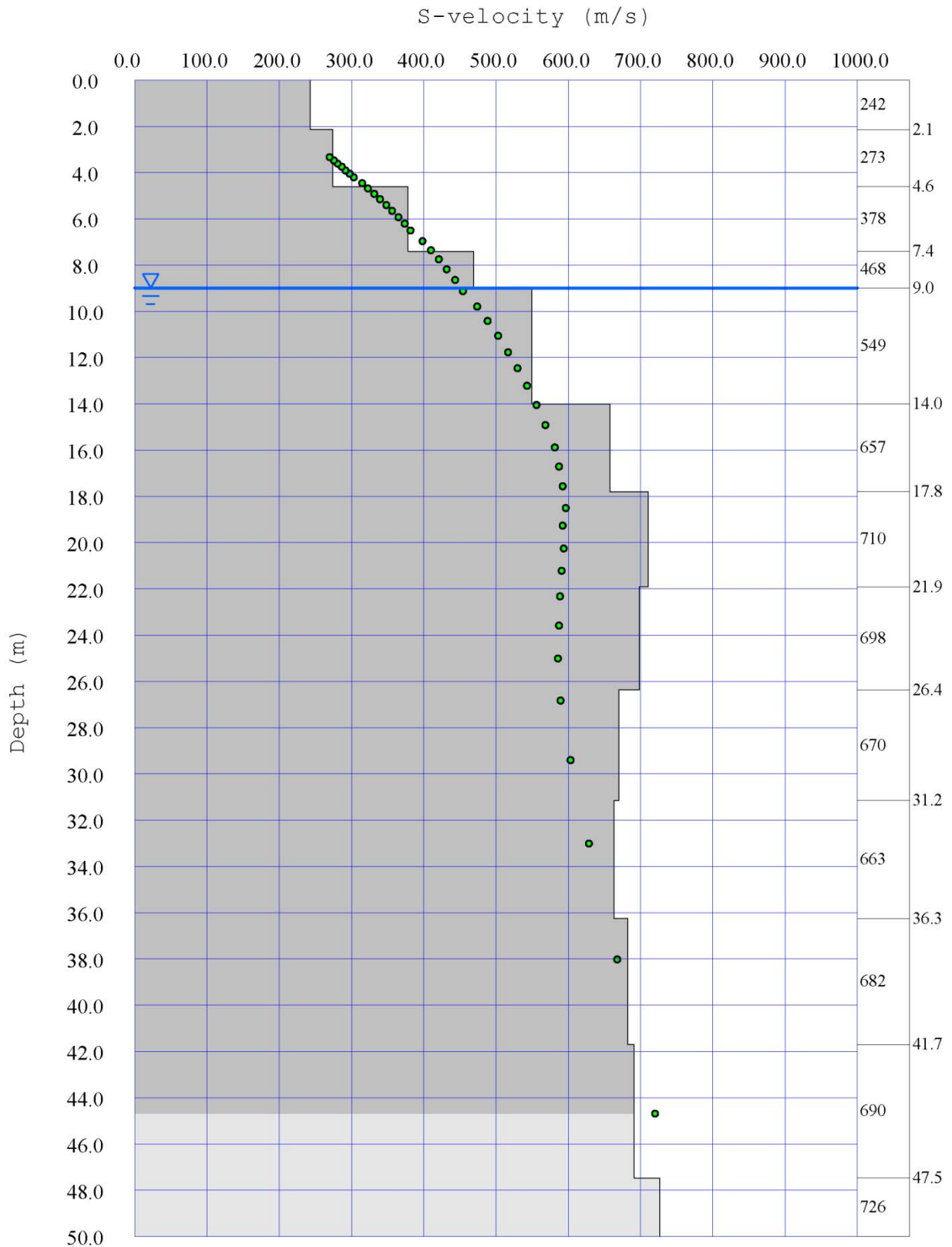


Figura 81: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "E"



S-velocity model : EA24M.DAT
Average Vs 30m = 491.0 m/s

19 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "E"

- ONDE V_p

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con V_{p(media)} rispettivamente pari a 287 m/sec, 1823 m/sec e 2563 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE V_s

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 44,50 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde V_p e V_s ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-2.14	2.14	243	583	14.431
h2	-4.62	2.48	274	627	14.587
h3	-7.42	2.80	378	784	15.147
h4	-9.00	1.58	469	977	15.817
h5	-14.01	5.01	550	1917	18.803
h6	-17.80	3.79	658	1982	18.993
h7	-21.92	4.12	710	2002	19.049
h8	-26.37	4.45	699	1995	19.028
h9	-31.15	4.78	670	2005	19.059
h10	-36.26	5.11	663	2044	19.171
h11	-41.70	5.44	683	2089	19.300
h12	-47.47	5.77	691	2089	19.300
h13	-53.57	6.10	727	2089	19.300
h14	-72.86	19.29	782	2089	19.300

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 2.508039%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=37.516065 m/s (8.285878%)	Iteration=1 RMS=31.484045 m/s (6.817772%)
Iteration=2 RMS=26.998576 m/s (5.691618%)	Iteration=3 RMS=23.663037 m/s (4.821255%)
Iteration=4 RMS=21.222359 m/s (4.132382%)	Iteration=5 RMS=19.439742 m/s (3.581295%)
Iteration=6 RMS=18.125981 m/s (3.148103%)	Iteration=7 RMS=17.151969 m/s (2.809903%)
Iteration=8 RMS=16.406978 m/s (2.621664%)	Iteration=9 RMS=15.824137 m/s (2.508039%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2,14	2,14000	243	0,00881	
h2	-4,62	2,48000	274	0,00905	
h3	-7,42	2,80000	378	0,00741	
h4	-9,00	1,58000	469	0,00337	
h5	-14,01	5,01000	550	0,00912	
h6	-17,80	3,79000	658	0,00576	
h7	-21,92	4,12000	710	0,00580	
h8	-26,37	4,45000	699	0,00637	
h9	-30,00	3,63000	670	0,00542	
h10	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	491	0,06111 [m/s]

20 BASE SISMICA "F" – LOCALITA' VIGNALE

Figura 82: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-SO " BIBBIANO" - SCALA 1:25.000 – BASE "F"

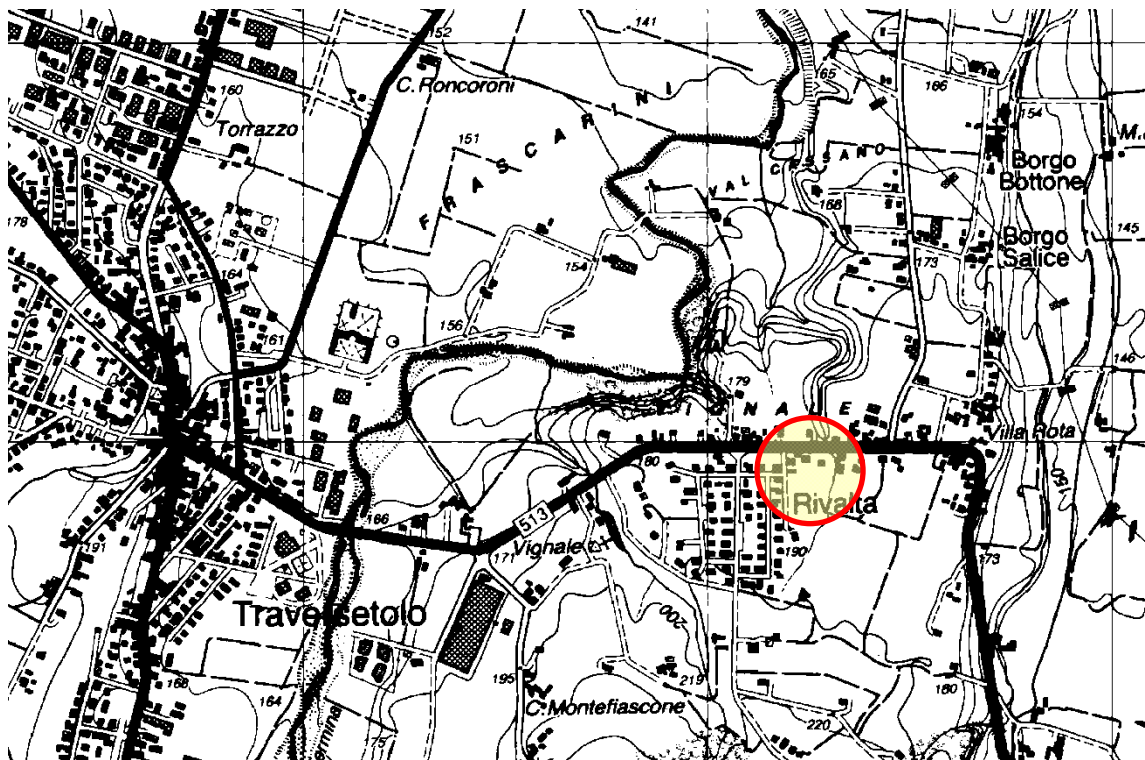


Figura 83: ESTRATTO DI SEZIONE R.E.R. n. 200130 "TRAVERSETOLO" – scala 1:10.000 – BASE "F"

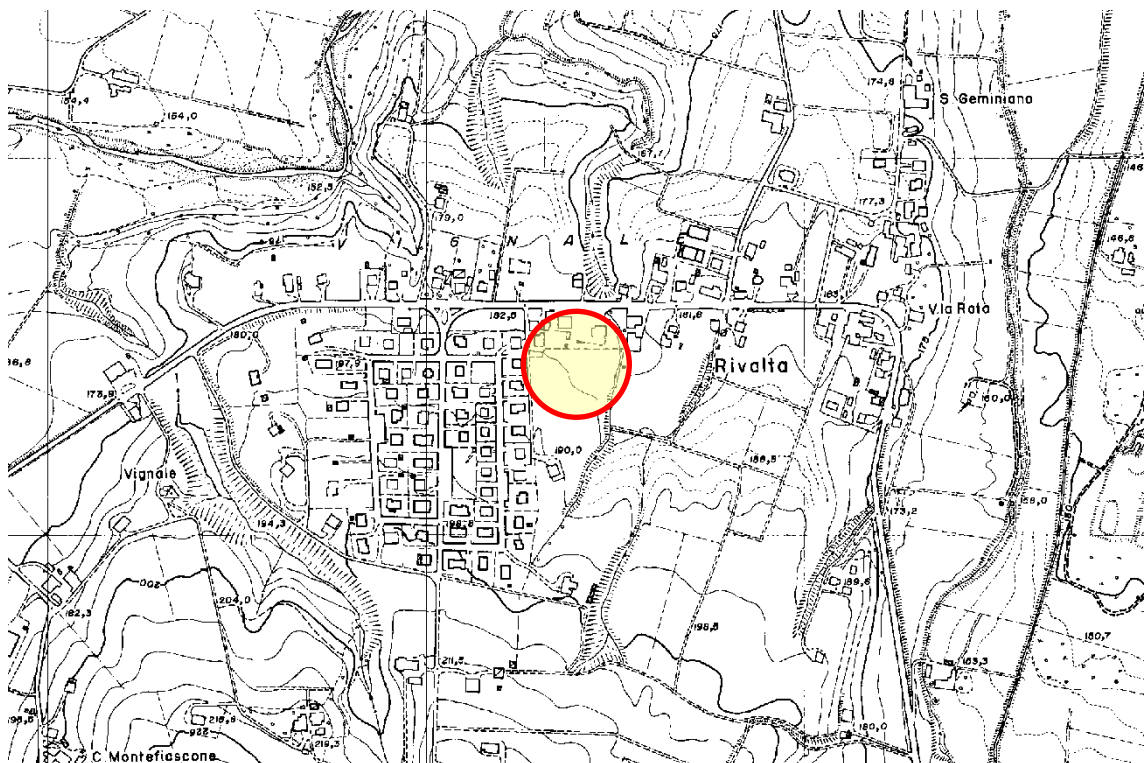


Figura 84: UBICAZIONE LINEA SISMICA SU BASE SATELLITARE - scala 1:1.000 – BASE “F”



Figura 85: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “F”



Figura 86: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "F"

File Reference	
1	FI1.DAT
2	FI67.DAT
3	FI1213.DAT
4	FI1819.DAT
5	FI24.DAT
MASW	FI24M.DAT

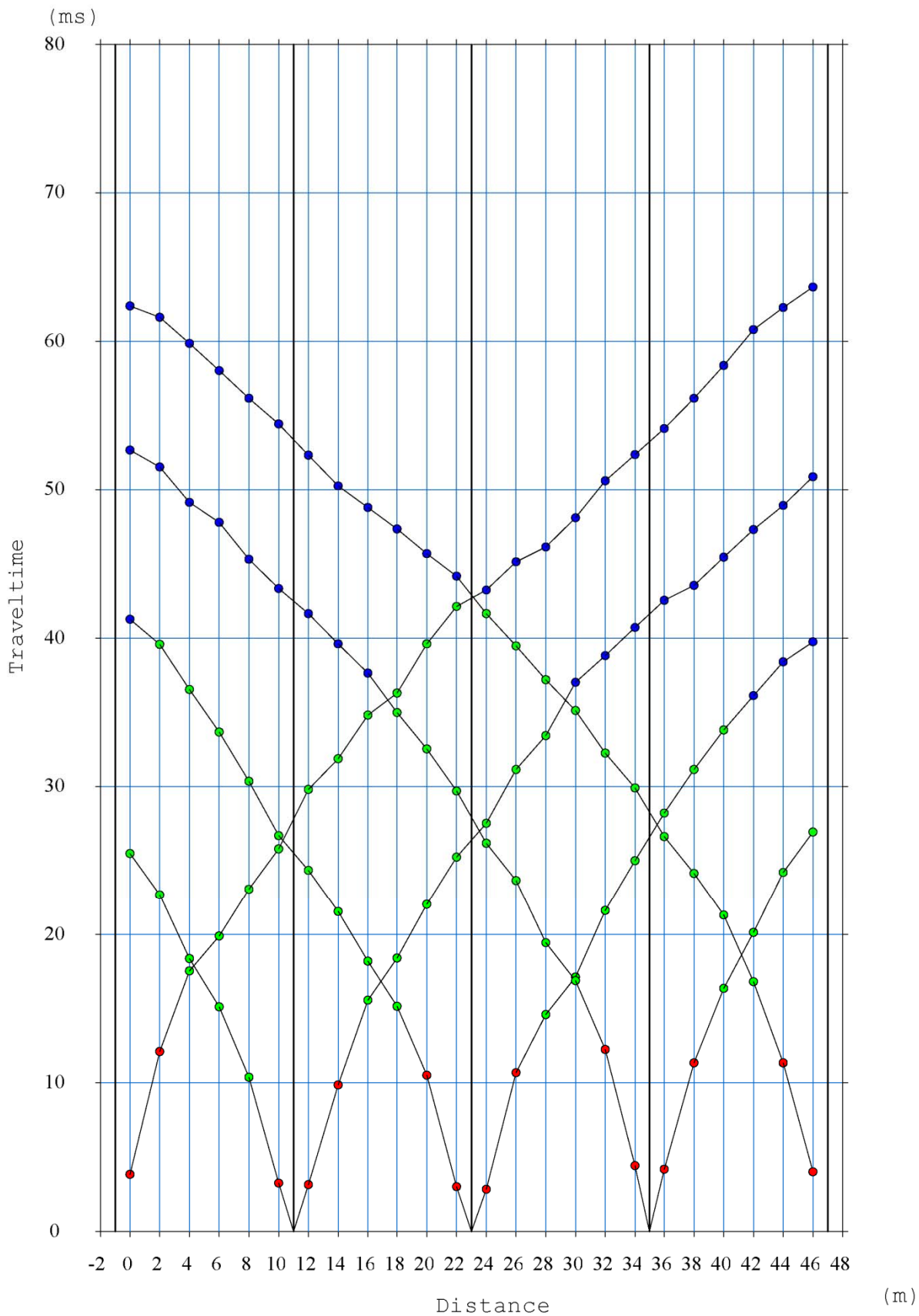
SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	-1.00	1.55	6.25	0.00
2	11.00	1.40	6.36	0.00
3	23.00	1.27	6.13	0.00
4	35.00	1.60	4.40	0.00
5	47.00	1.61	4.33	0.00

FIRST BREAKS ARRIVAL								
Geo	Z [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	SP 1 [mS]	SP 2 [mS]	SP 3 [mS]	SP 4 [mS]	SP 5 [mS]
1	0.00	0.00	0.00	3.84	25.49	41.28	52.68	62.37
2	0.00	2.00	0.00	12.13	22.67	39.59	51.52	61.63
3	0.00	4.00	0.00	17.52	18.38	36.52	49.16	59.87
4	0.00	6.00	0.00	19.88	15.12	33.68	47.80	58.02
5	0.00	8.00	0.00	23.07	10.37	30.35	45.31	56.16
6	0.00	10.00	0.00	25.79	3.25	26.69	43.33	54.41
7	0.00	12.00	0.00	29.81	3.17	24.35	41.64	52.34
8	0.00	14.00	0.00	31.86	9.88	21.55	39.60	50.26
9	0.00	16.00	0.00	34.80	15.56	18.20	37.64	48.80
10	0.00	18.00	0.00	36.28	18.40	15.15	34.99	47.36
11	0.00	20.00	0.00	39.60	22.04	10.53	32.52	45.68
12	0.00	22.00	0.00	42.12	25.24	3.04	29.68	44.16
13	0.00	24.00	0.00	43.25	27.52	2.85	26.16	41.64
14	0.00	26.00	0.00	45.15	31.16	10.68	23.65	39.48
15	0.00	28.00	0.00	46.13	33.42	14.61	19.44	37.20
16	0.00	30.00	0.00	48.12	37.01	17.13	16.88	35.12
17	0.00	32.00	0.00	50.59	38.80	21.60	12.24	32.24
18	0.00	34.00	0.00	52.35	40.72	25.00	4.45	29.89
19	0.00	36.00	0.00	54.11	42.56	28.20	4.21	26.61
20	0.00	38.00	0.00	56.15	43.56	31.16	11.36	24.12
21	0.00	40.00	0.00	58.38	45.44	33.80	16.36	21.31
22	0.00	42.00	0.00	60.78	47.32	36.11	20.12	16.80
23	0.00	44.00	0.00	62.28	48.93	38.40	24.20	11.36
24	0.00	46.00	0.00	63.66	50.88	39.76	26.93	4.04

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0.00	1.64	6.25	0.00	0.00
2	2.00	1.54	6.33	0.00	0.00
3	4.00	1.47	6.44	0.00	0.00
4	6.00	1.36	6.52	0.00	0.00
5	8.00	1.31	6.52	0.00	0.00
6	10.00	1.33	6.45	0.00	0.00
7	12.00	1.45	6.36	0.00	0.00
8	14.00	1.43	6.46	0.00	0.00
9	16.00	1.36	6.62	0.00	0.00
10	18.00	1.32	6.76	0.00	0.00
11	20.00	1.32	6.74	0.00	0.00
12	22.00	1.31	6.52	0.00	0.00
13	24.00	1.25	5.69	0.00	0.00
14	26.00	1.25	5.31	0.00	0.00
15	28.00	1.25	5.03	0.00	0.00
16	30.00	1.32	4.81	0.00	0.00
17	32.00	1.45	4.63	0.00	0.00
18	34.00	1.55	4.49	0.00	0.00
19	36.00	1.63	4.38	0.00	0.00
20	38.00	1.59	4.43	0.00	0.00
21	40.00	1.50	4.48	0.00	0.00
22	42.00	1.49	4.48	0.00	0.00
23	44.00	1.55	4.45	0.00	0.00
24	46.00	1.59	4.39	0.00	0.00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	273
2	677
3	1086
4	
5	

Figura 87: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "F"



fi-finale.vs

**Figura 88: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "F"**

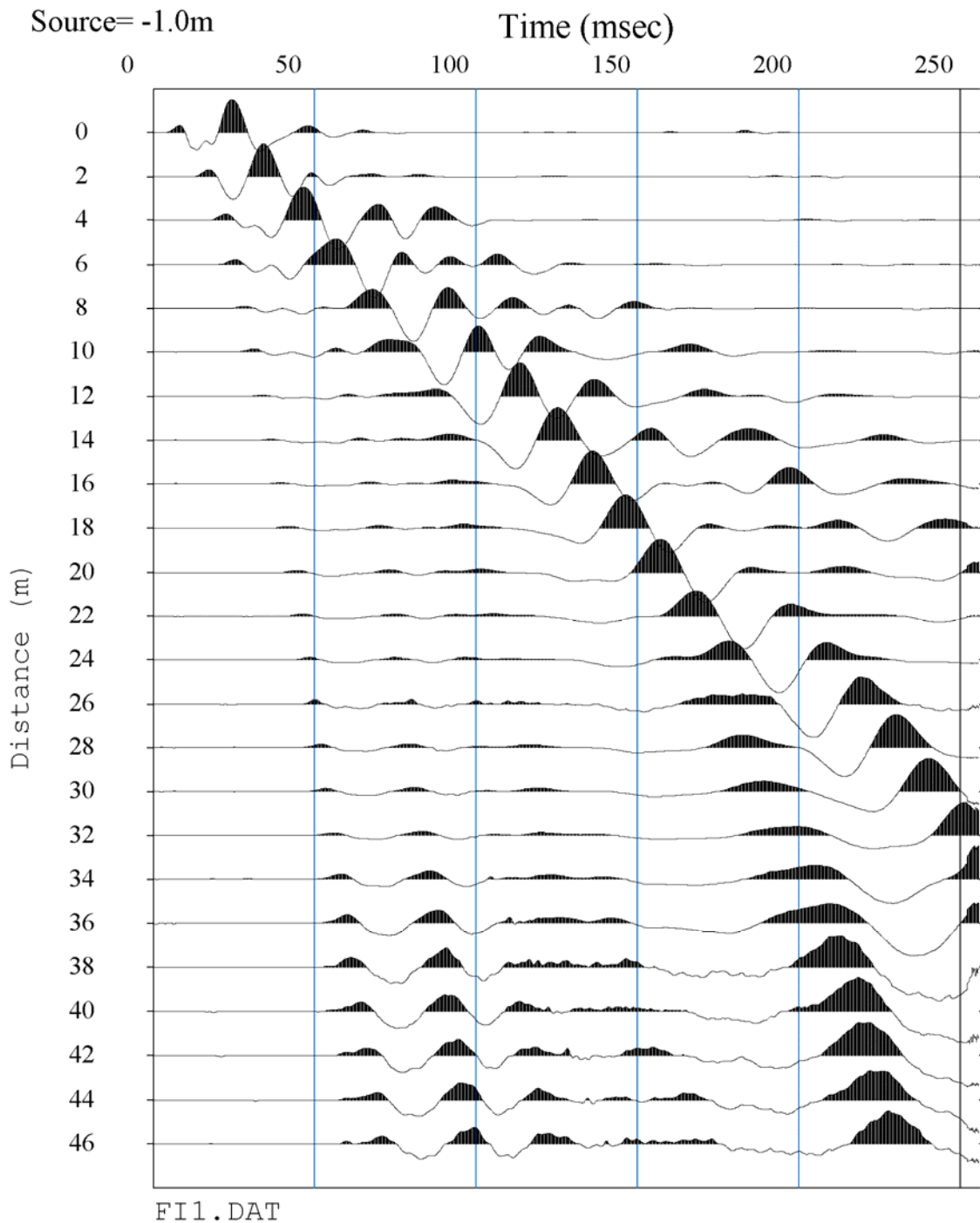


Figura 89: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "F"

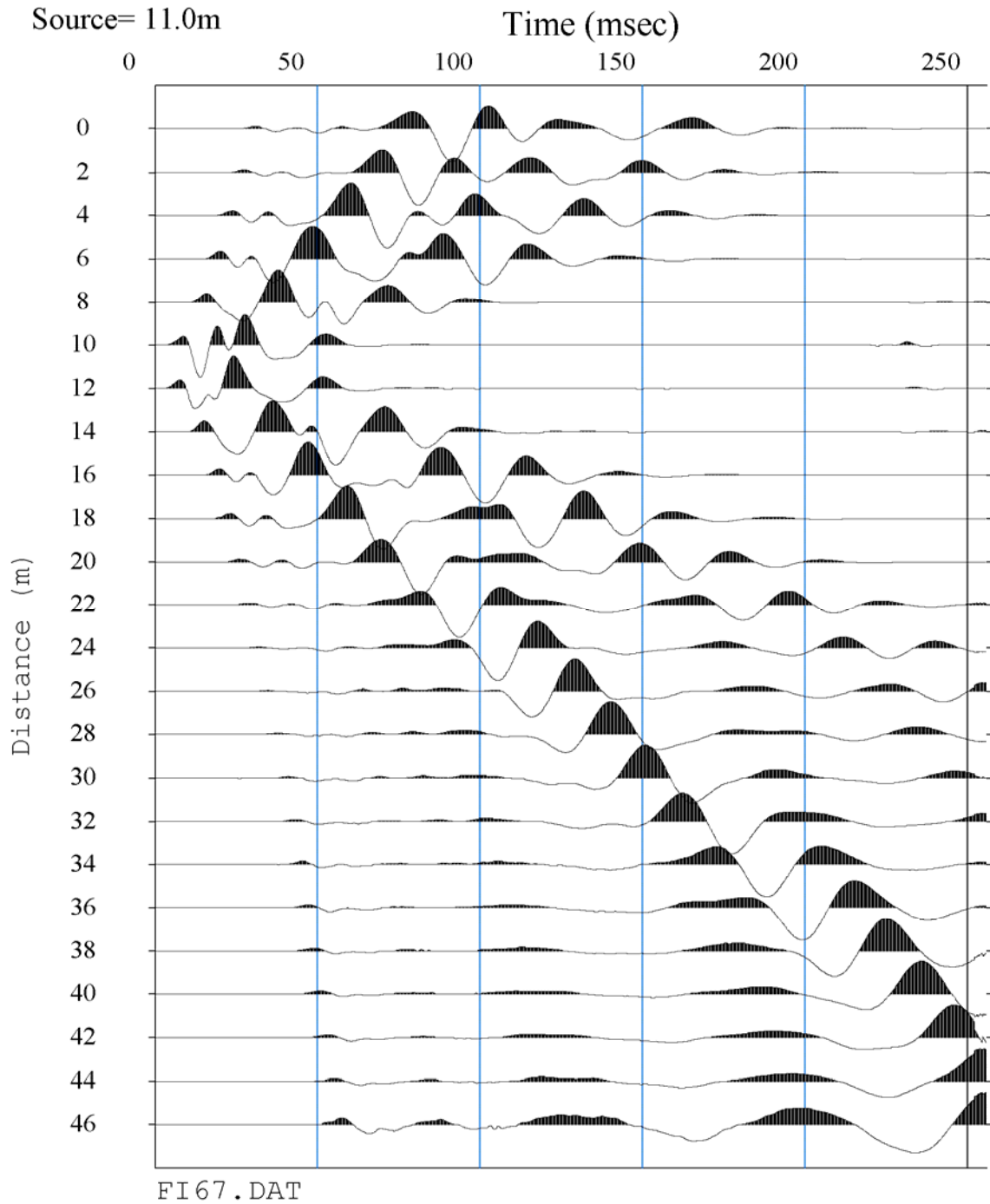


Figura 90: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "F"

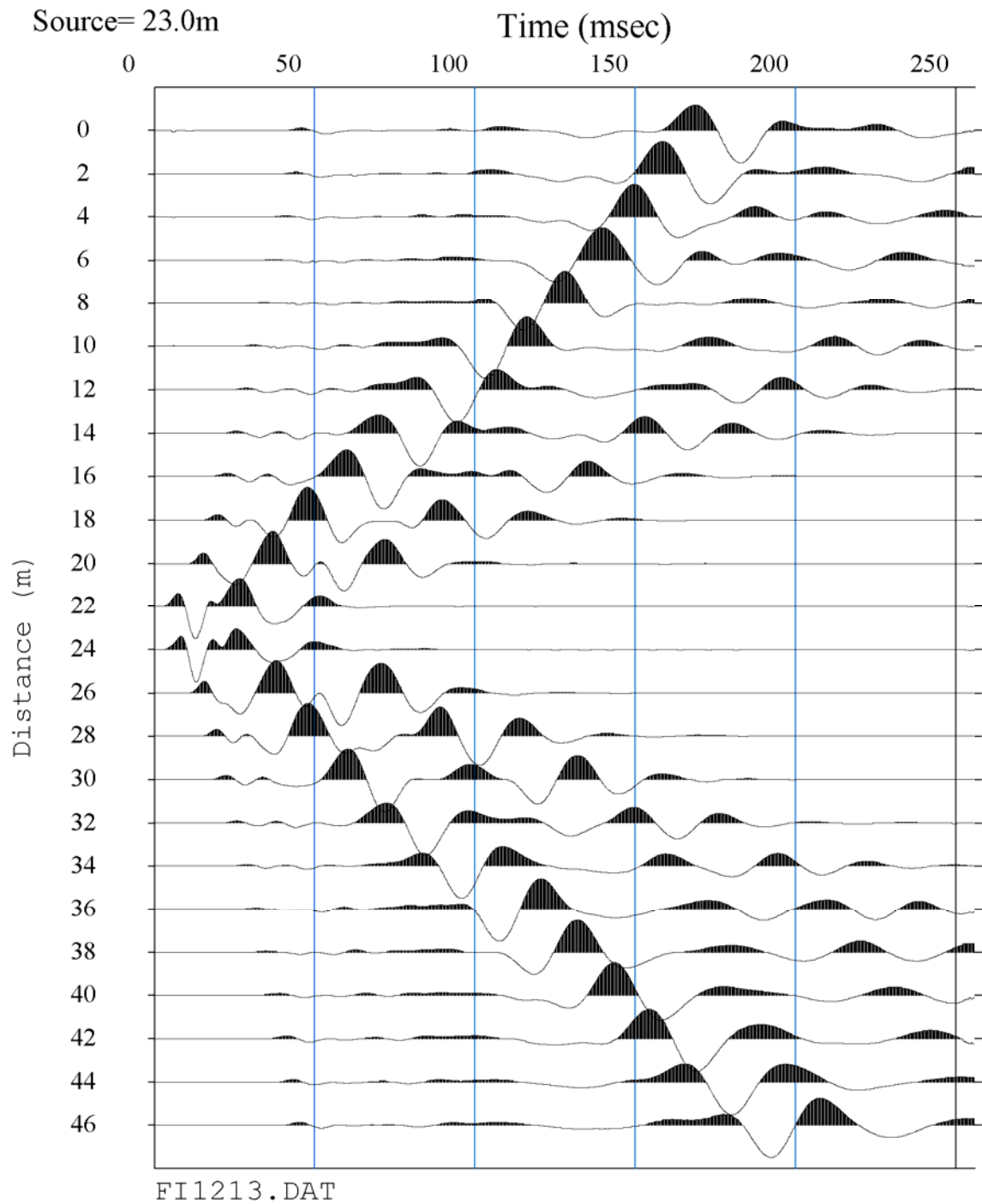
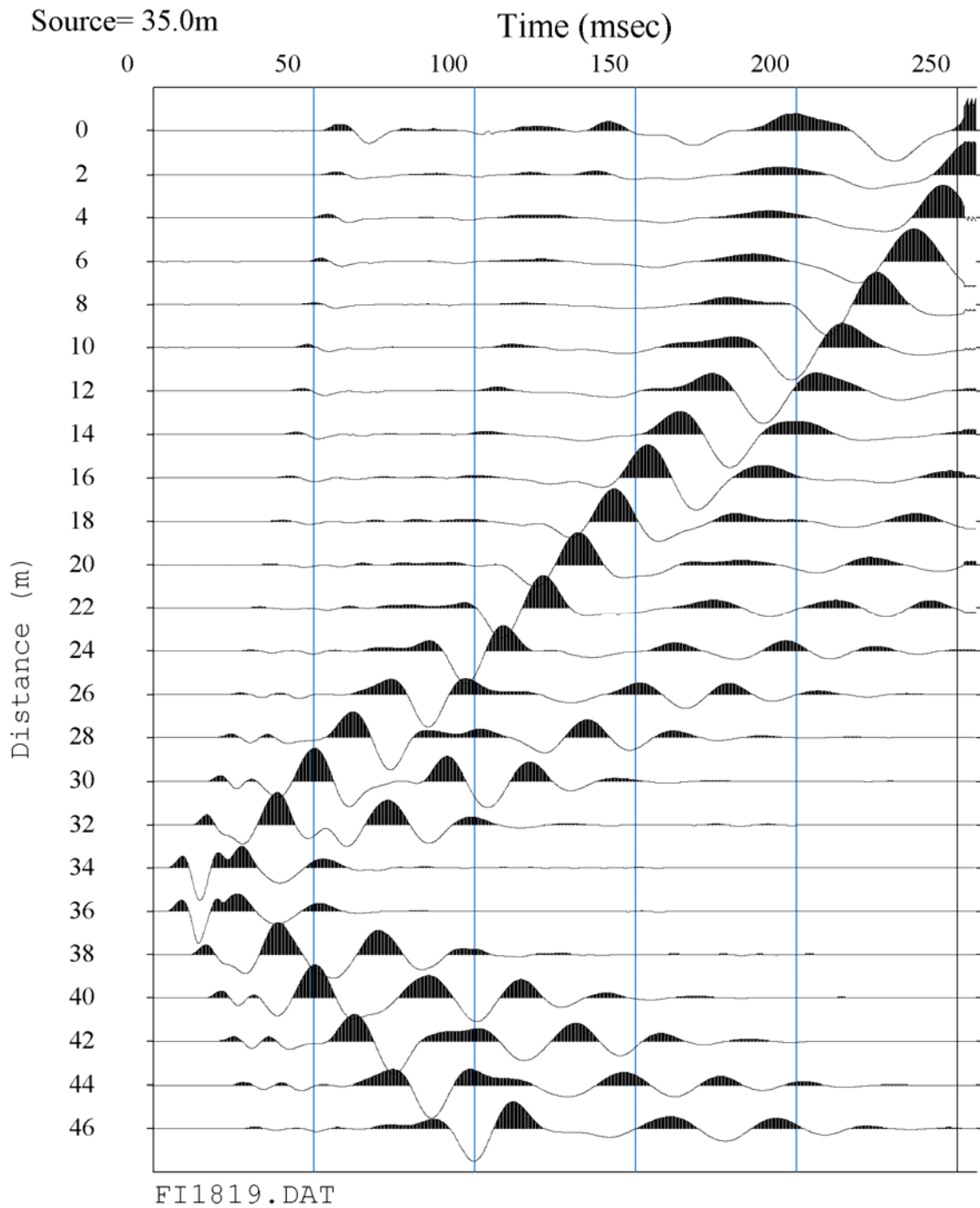


Figura 91: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "F"



**Figura 92: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,00
ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "F"**

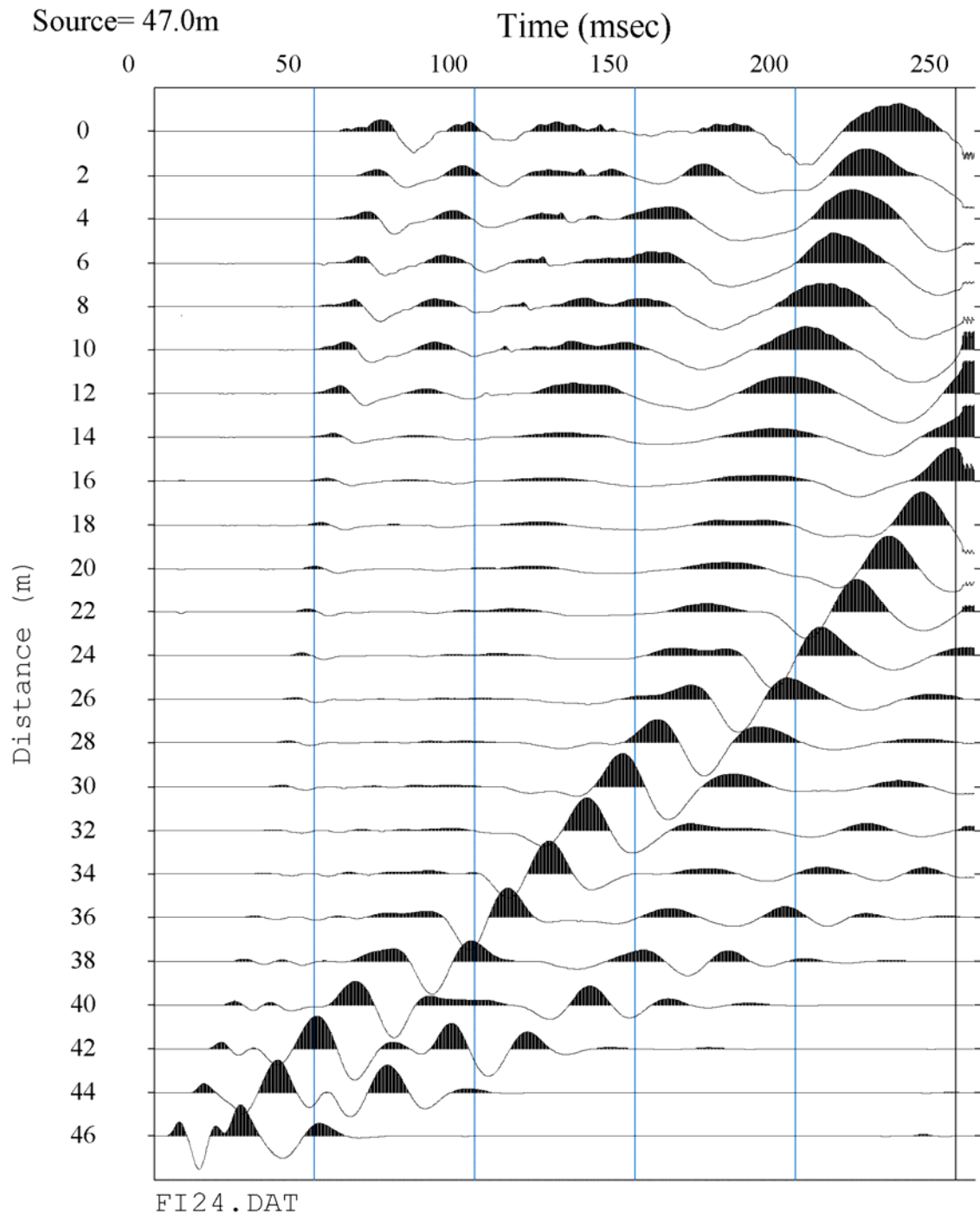
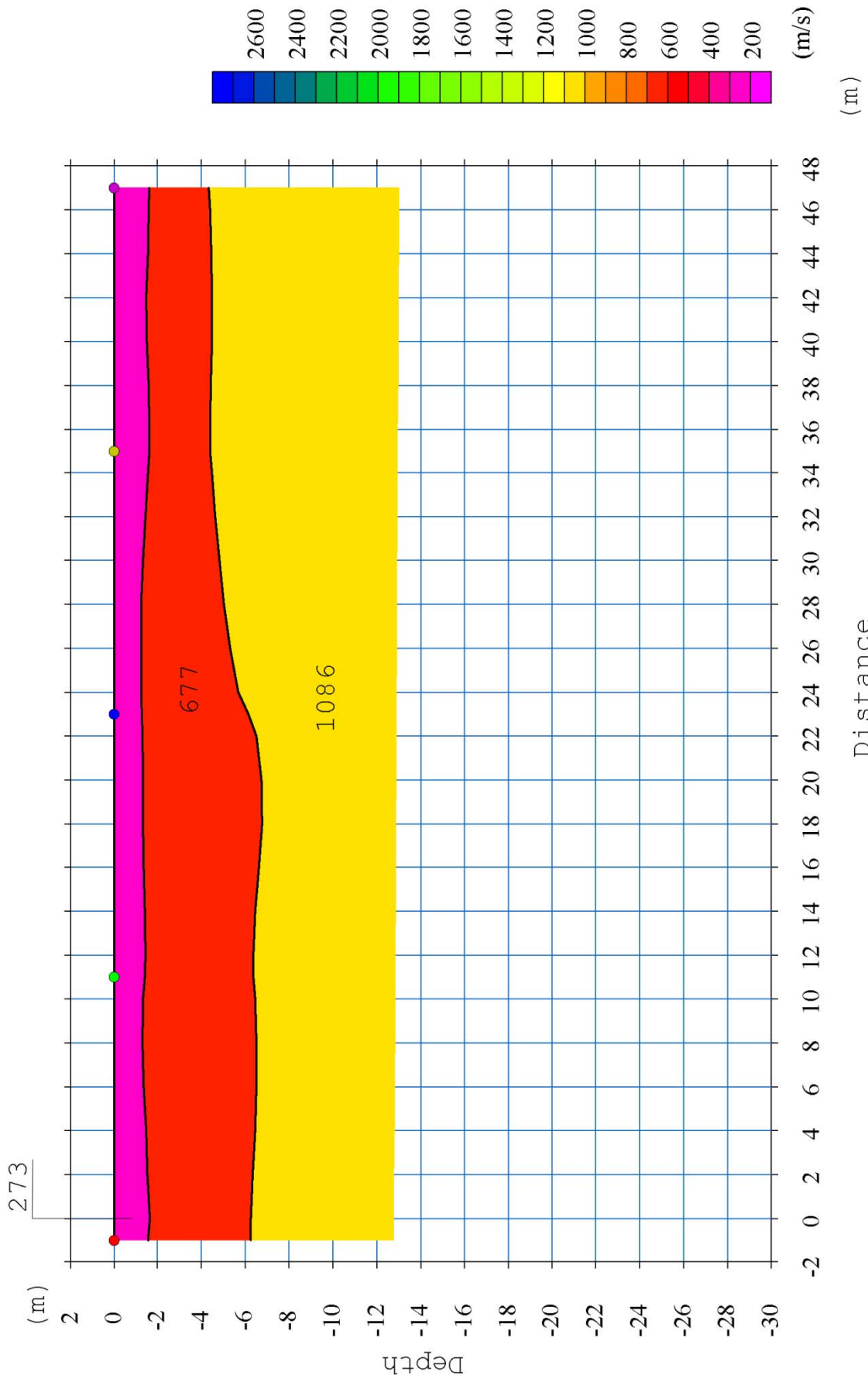


Figura 93: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “F”



21 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "F"

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Per l'elaborazione MASW si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata a ml. 1,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estrema destra rispetto alla base sismica.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS. Le misure del moto in superficie sono state elaborate tramite una doppia trasformata del campo d'onda (trasformate Slant-Stack e di Fourier), con la quale viene rappresentato il segnale nel dominio ω -p (frequenza angolare - slowness), in modo da identificare la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si procede con la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio V_s attraverso un processo di inversione delle stesse curve di dispersione. Il metodo consiste nell'assumere un profilo di velocità iniziale di primo tentativo e attraverso un opportuno software si calcola la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh corrispondente al profilo stratigrafico di velocità ipotizzato (curva di dispersione teorica). Dal confronto tra la curva di dispersione *sperimentale* e la curva di dispersione *teorica* vengono modificati gli spessori e le velocità del modello per minimizzare la distanza tra le due curve.

Il processo di identificazione si conclude quando si raggiunge la sovrapposizione ottimale fra le due curve, quella *sperimentale* e quella *teorica*.

Figura 94: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "F"

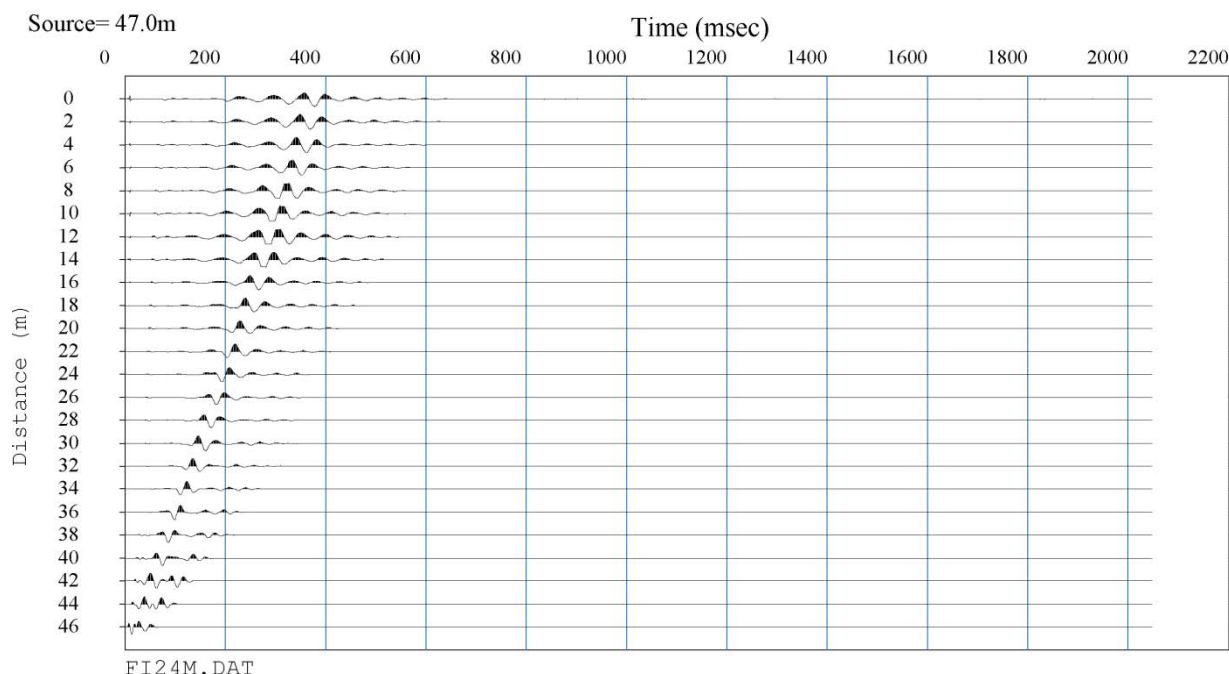


Figura 95: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "F"

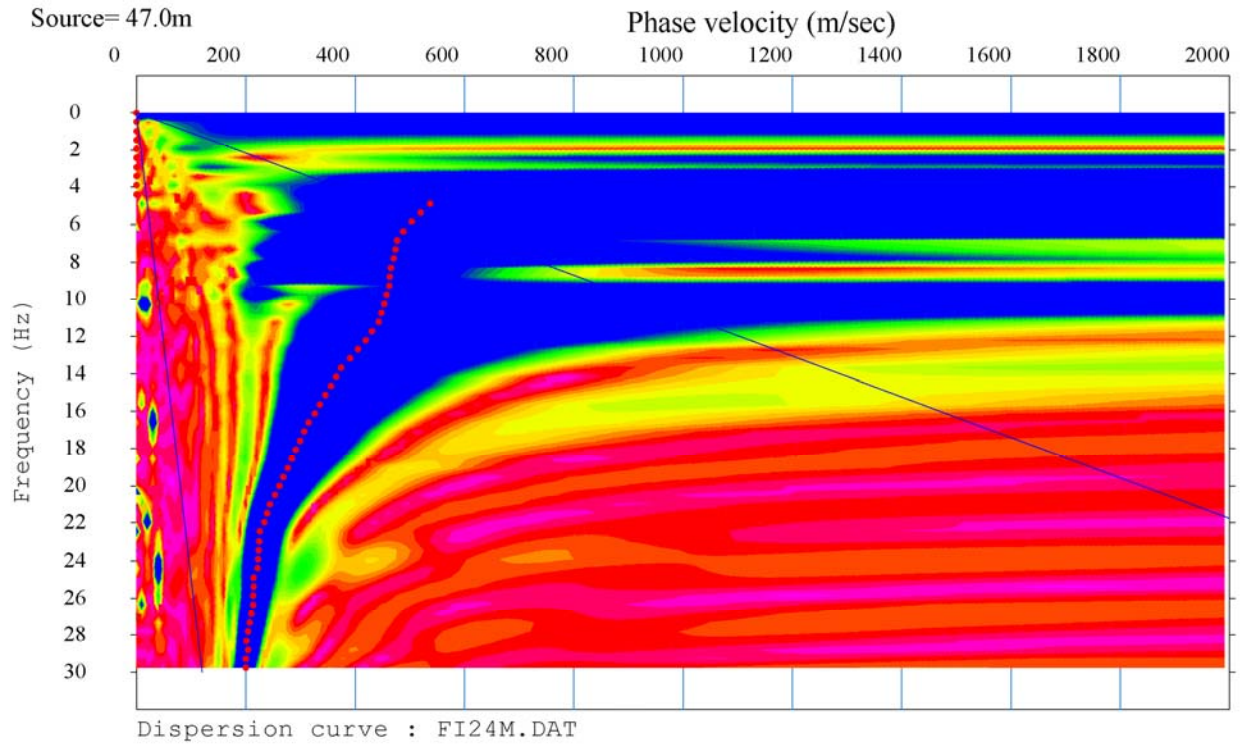


Figura 96: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "F"

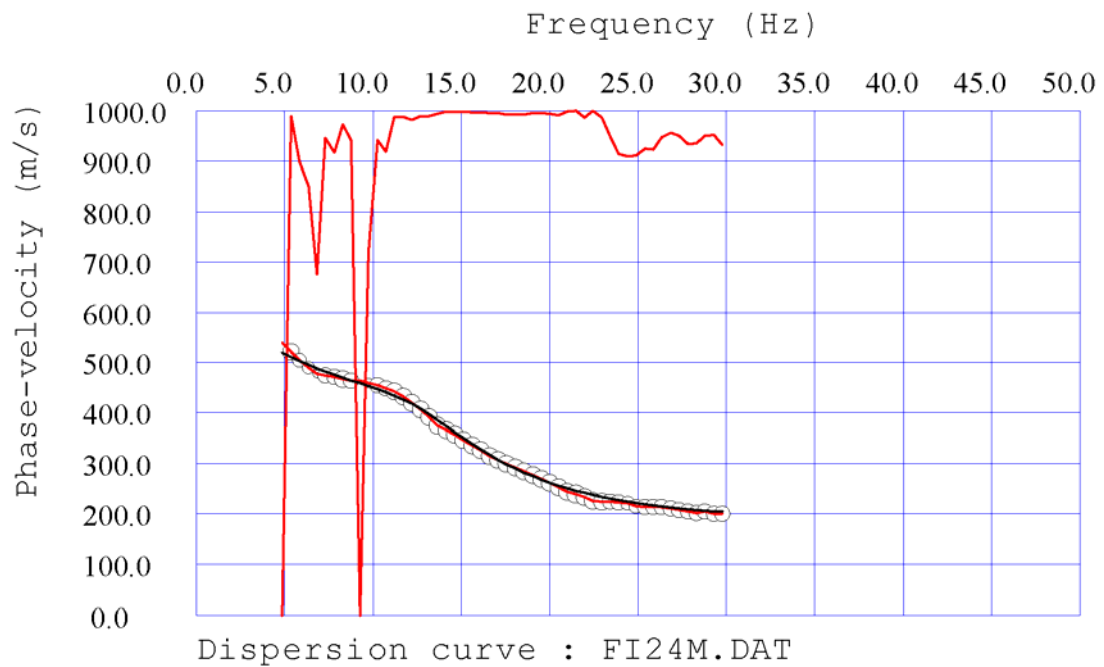
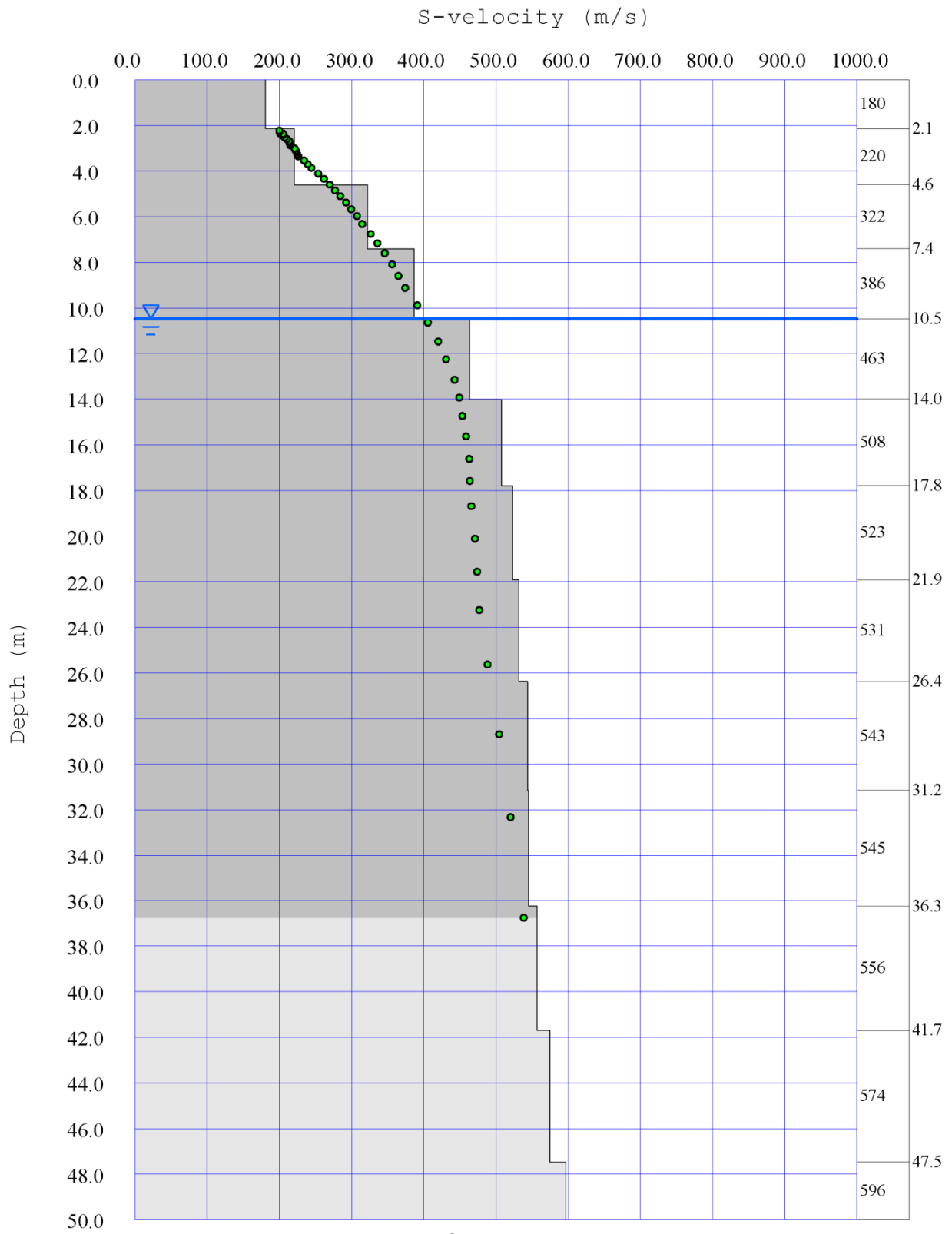


Figura 97: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "F"



S-velocity model : FI24M.DAT

Average Vs 30m = 386.2 m/s

22 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "F"

- ONDE Vp

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica a rifrazione superficiale, ha portato alla classificazione sismo-stratigrafica dei terreni sottoposti a test investigativo di tipo geometrico e meccanico (profondità dei sismostrati e velocità sismiche longitudinali medie di riferimento).

Le osservazioni ricavate dall'interpretazione dei dati permettono di ricostruire un'immagine sismica del sottosuolo investigato costituita da tre sismostrati con $V_{p(media)}$ rispettivamente pari a 273 m/sec, 677 m/sec e 1086 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata sopra.

- ONDE Vs

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità effettiva pari a circa 37,00 ml. dal piano campagna.


Dall'analisi delle elaborazioni si evidenzia la presenza dei seguenti livelli:

Velocità onde Vp e Vs ottenute dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	Spessore dello strato [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Peso di volume [kN/m³]
h1	-2,14	2,14	181	361	13,614
h2	-4,62	2,48	221	441	13,912
h3	-7,42	2,80	322	644	14,651
h4	-10,50	3,08	387	774	15,110
h5	-14,01	3,51	464	1805	18,468
h6	-17,80	3,79	508	1854	18,616
h7	-21,92	4,12	523	1871	18,666
h8	-26,37	4,45	532	1880	18,693
h9	-31,16	4,79	543	1893	18,731
h10	-36,27	5,11	545	1895	18,737
h11	-41,71	5,44	556	1908	18,774
h12	-47,47	5,76	575	1928	18,833
h13	-53,57	6,10	596	1952	18,904
h14	-72,86	19,29	619	1977	18,976

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.811003%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=30.308168 m/s (10.255810%)	Iteration=1 RMS=24.443423 m/s (8.209551%)
Iteration=2 RMS=19.832334 m/s (6.595616%)	Iteration=3 RMS=16.219040 m/s (5.337752%)
Iteration=4 RMS=13.401256 m/s (4.351796%)	Iteration=5 RMS=11.218281 m/s (3.577420%)
Iteration=6 RMS=9.545420 m/s (2.960726%)	Iteration=7 RMS=8.274978 m/s (2.465756%)
Iteration=8 RMS=7.320378 m/s (2.077209%)	Iteration=9 RMS=6.612221 m/s (1.811003%)

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche”, il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) può essere considerato come segue:

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW					
Strato	Quota da p.c. [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]	$\Sigma h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2,14	2,14000	181	0,01185	
h2	-4,62	2,48000	221	0,01124	
h3	-7,42	2,80000	322	0,00869	
h4	-10,55	3,13000	387	0,00809	
h5	-14,01	3,46000	464	0,00746	
h6	-17,80	3,79000	508	0,00746	
h7	-21,92	4,12000	523	0,00787	
h8	-26,37	4,45000	532	0,00837	
h9	-30,00	3,63000	543	0,00668	
h10	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h11	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h12	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	
			$V_{s,30}$	386	0,07771 [m/s]

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 30/03/2009

Geo-Xpert Italia snc
 (Dott. Geol. Giorgio Masotti)