Dr. Geol. STEFANO CASTAGNETTI
GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
STUDI A CARATTERE DI PROTEZIONE CIVILE
via Argini Sud, 24 - 43030 BASILICANOVA PR
☎e fax 0521.681244 - 338.8740794
e-mail: studio@stefacasta.it

PSC RE
PIANO STRUTTURALE COMUNALE
DI REGGIO EMILIA

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

Allegato 2

Rilievi geofisici di tipo sismico a rifrazione (basi sismiche I – J – K – L – M – N)

il tecnico incaricato:
Dott. Geol. Stefano Castagnetti

con la collaborazione di:
Dott. Geol. Marco Baldi

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA Dott. Geol. STEFANO CASTAGNETTI N. 514

Gennaio 2009

GEO-XPERT ITALIA
SERVIZI – TECNOLOGIE E AMBIENTE s.n.c.

Sede Legale: Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY
Telefono +39 059 761644 - **Telefax** +39 059 779111
Web www.geo-xpert.com **----** **Email** info@geo-xpert.com
PARTITA I.V.A.: 02740680364 – **COD. FISCALE:** 02740680364 **- C.C.I.A.A. 326926**

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

COMPARTO PRATO GAVASSA

LOCALIZZAZIONE

ITALIA
REGIONE: EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	*LOTTO*	*SETTORE DI ATTIVITA'*	*TIPO DOCUMENTO*	*N. ELABORATO*
2480	**I-J**	**G**	**REL**	**1**

VERSIONE	*DATA*	*OGGETTO*
0	**25/11/2008**	**1° EMISSIONE**

DATI PROGETTISTA

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

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 588

INDICE

1 PREMESSA 3
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3
3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008 6
4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE 8
5 BASE SISMICA "I" 9
6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "I" 19
7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "I" 22
8 BASE SISMICA "J" 24
9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "J" 34
10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "J" 37

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. N. 201-NO "CORREGGIO" – NORD" - SCALA 1:25.000 4
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO 5
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "I" 10
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "I" 11
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "I" 12
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "I" 13
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "I" 14
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "I" 15
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "I" 16
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "I" 17
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "I" 18
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "I" 19
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "I" 20
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "I" 20
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "I" 21
FIGURA 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "J" 25
FIGURA 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "J" 26
FIGURA 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "J" 27
FIGURA 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "J" 28
FIGURA 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "J" 29
FIGURA 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "J" 30
FIGURA 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "J" 31
FIGURA 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "J" 32
FIGURA 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "J" 33
FIGURA 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "J" 34
FIGURA 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "J" 35
FIGURA 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "J" 35
FIGURA 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "J" 36

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 comune di Reggio Emilia, Comparto PRATO GAVASSA.

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. 2 basi sismiche che sono state eseguite in data 06/11/2008, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

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

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 201-NO denominata "CORREGGIO" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 201050 "MASSENZATICO" – scala 1:10.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. n. 201-NO "CORREGGIO" – NORD" - SCALA 1:25.000

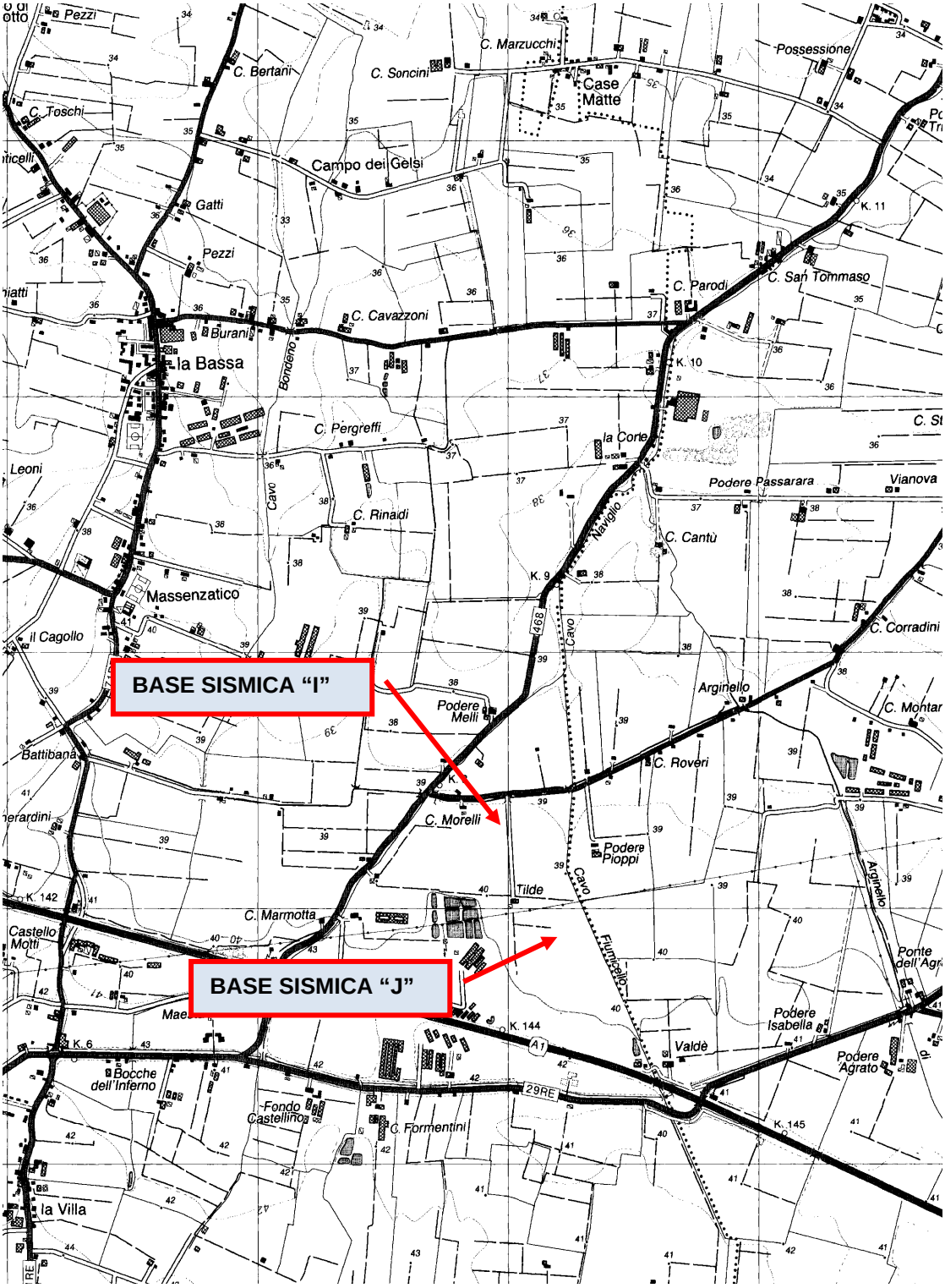
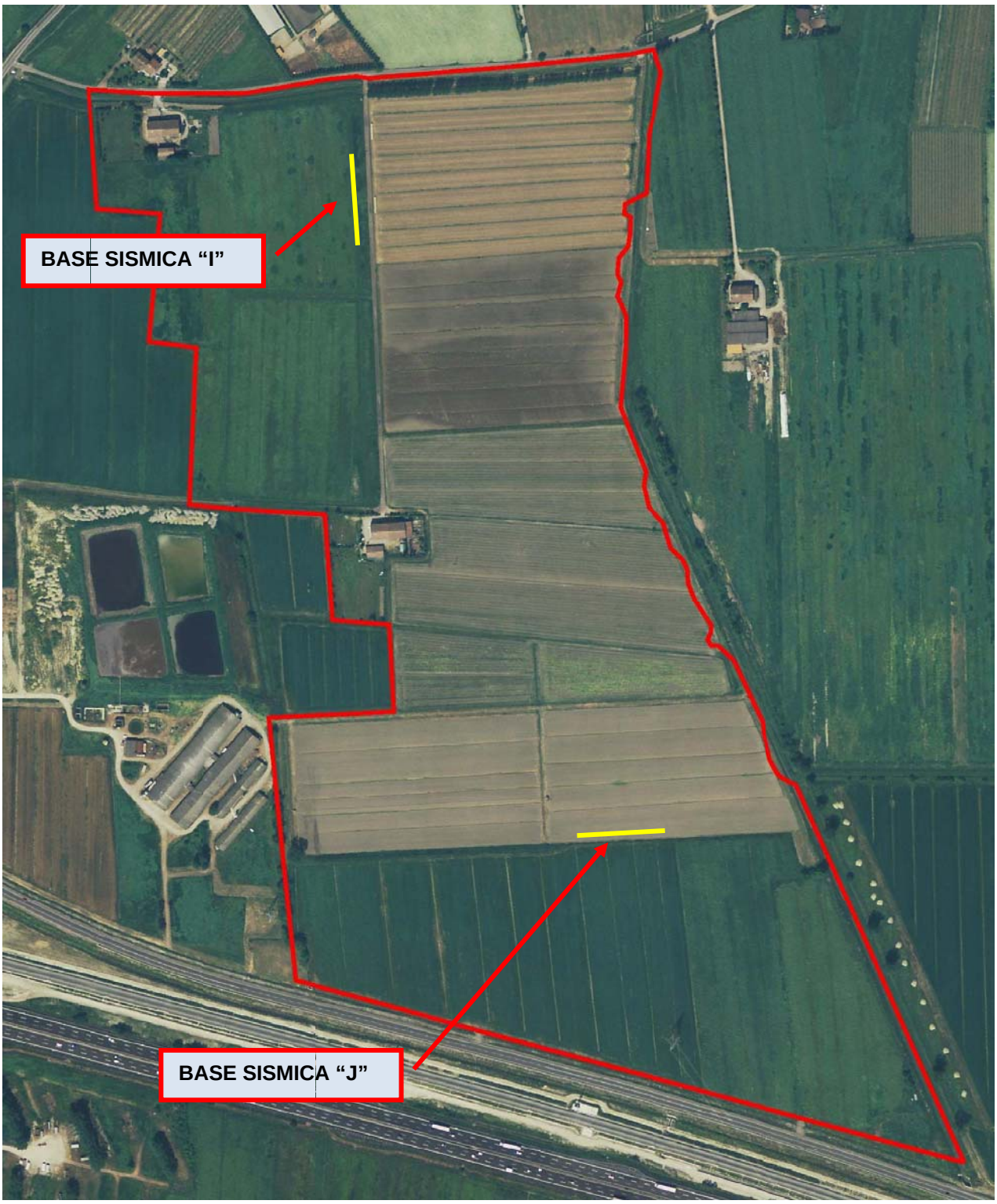


Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO



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

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

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

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 metri di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 <50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,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 Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs > 800 m/s).

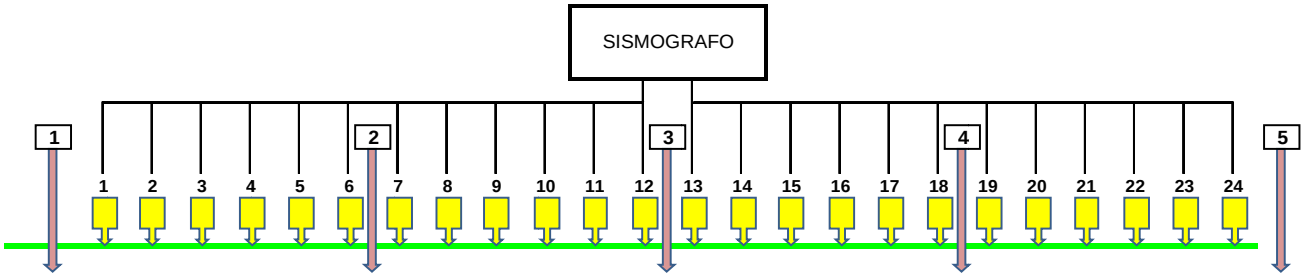
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 < 100 m/s (ovvero 10 < cu,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

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio sono state eseguite in data 06/11/2008 nr. 2 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante 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), mentre per i 2 punti estremi (nr. 1/5) è stato utilizzato un energizzatore per sismica, 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.



Coordinate posizionamento geofoni [ml]																									
X		0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	48.0	51.0	54.0	57.0	60.0	63.0	66.0	69.0	
Y		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Z		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Coordinate posizionamento punti di sparo [ml]																									
X	-3.00					16.50						34.50						52.50						72.00	
Y	0.00					0.00						0.00						0.00						0.00	
Z	0.00					0.00						0.00						0.00						0.00	

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 µs
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. 3.00 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. 3.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA "I"

SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "I"

Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "I"

File Reference	
1	I1.DAT
2	I67.DAT
3	I1213.DAT
4	I1819.DAT
5	I24.DAT
MASW	I24M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-3,00	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	72,00	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	18,36	35,21	47,97	57,32	70,58
2	0,00	3,00	0,00	25,48	31,82	45,61	55,78	69,48
3	0,00	6,00	0,00	31,17	28,43	43,25	54,48	67,41
4	0,00	9,00	0,00	34,71	25,04	40,89	52,81	64,89
5	0,00	12,00	0,00	37,26	21,65	38,53	51,49	63,14
6	0,00	15,00	0,00	38,61	4,77	36,18	49,60	61,87
7	0,00	18,00	0,00	40,95	5,22	35,42	47,70	60,60
8	0,00	21,00	0,00	42,59	18,18	32,69	45,81	57,09
9	0,00	24,00	0,00	44,36	25,38	29,96	43,59	54,36
10	0,00	27,00	0,00	46,12	31,53	27,43	41,66	52,67
11	0,00	30,00	0,00	47,88	33,12	20,25	39,73	50,80
12	0,00	33,00	0,00	49,65	35,46	2,52	37,81	48,94
13	0,00	36,00	0,00	51,41	36,54	3,42	35,88	47,08
14	0,00	39,00	0,00	53,17	39,60	19,26	33,13	45,21
15	0,00	42,00	0,00	54,94	42,12	26,59	31,38	43,35
16	0,00	45,00	0,00	57,45	42,84	29,88	26,88	41,49
17	0,00	48,00	0,00	58,87	44,64	32,67	21,13	39,62
18	0,00	51,00	0,00	60,29	45,99	35,60	7,56	37,76
19	0,00	54,00	0,00	61,43	49,09	37,26	6,50	35,90
20	0,00	57,00	0,00	63,64	51,03	38,88	21,63	34,29
21	0,00	60,00	0,00	65,03	53,19	40,50	27,25	31,82
22	0,00	63,00	0,00	66,85	54,71	42,12	31,00	26,53
23	0,00	66,00	0,00	68,24	56,16	43,92	33,25	22,50
24	0,00	69,00	0,00	70,61	57,32	45,09	34,88	14,94

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,30	13,81	0,00	0,00
2	3,00	3,09	13,81	0,00	0,00
3	6,00	2,93	13,57	0,00	0,00
4	9,00	2,92	13,43	0,00	0,00
5	12,00	2,99	13,43	0,00	0,00
6	15,00	3,03	13,20	0,00	0,00
7	18,00	3,09	13,43	0,00	0,00
8	21,00	3,05	13,30	0,00	0,00
9	24,00	3,03	12,97	0,00	0,00
10	27,00	3,05	12,97	0,00	0,00
11	30,00	3,06	13,20	0,00	0,00
12	33,00	3,07	12,97	0,00	0,00
13	36,00	3,04	12,83	0,00	0,00
14	39,00	3,05	13,06	0,00	0,00
15	42,00	3,05	12,97	0,00	0,00
16	45,00	3,06	13,06	0,00	0,00
17	48,00	3,09	13,30	0,00	0,00
18	51,00	3,12	13,20	0,00	0,00
19	54,00	3,17	13,67	0,00	0,00
20	57,00	3,10	13,67	0,00	0,00
21	60,00	2,93	13,81	0,00	0,00
22	63,00	2,76	14,04	0,00	0,00
23	66,00	2,68	14,27	0,00	0,00
24	69,00	2,69	14,88	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	250
2	1498
3	2227
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "I"

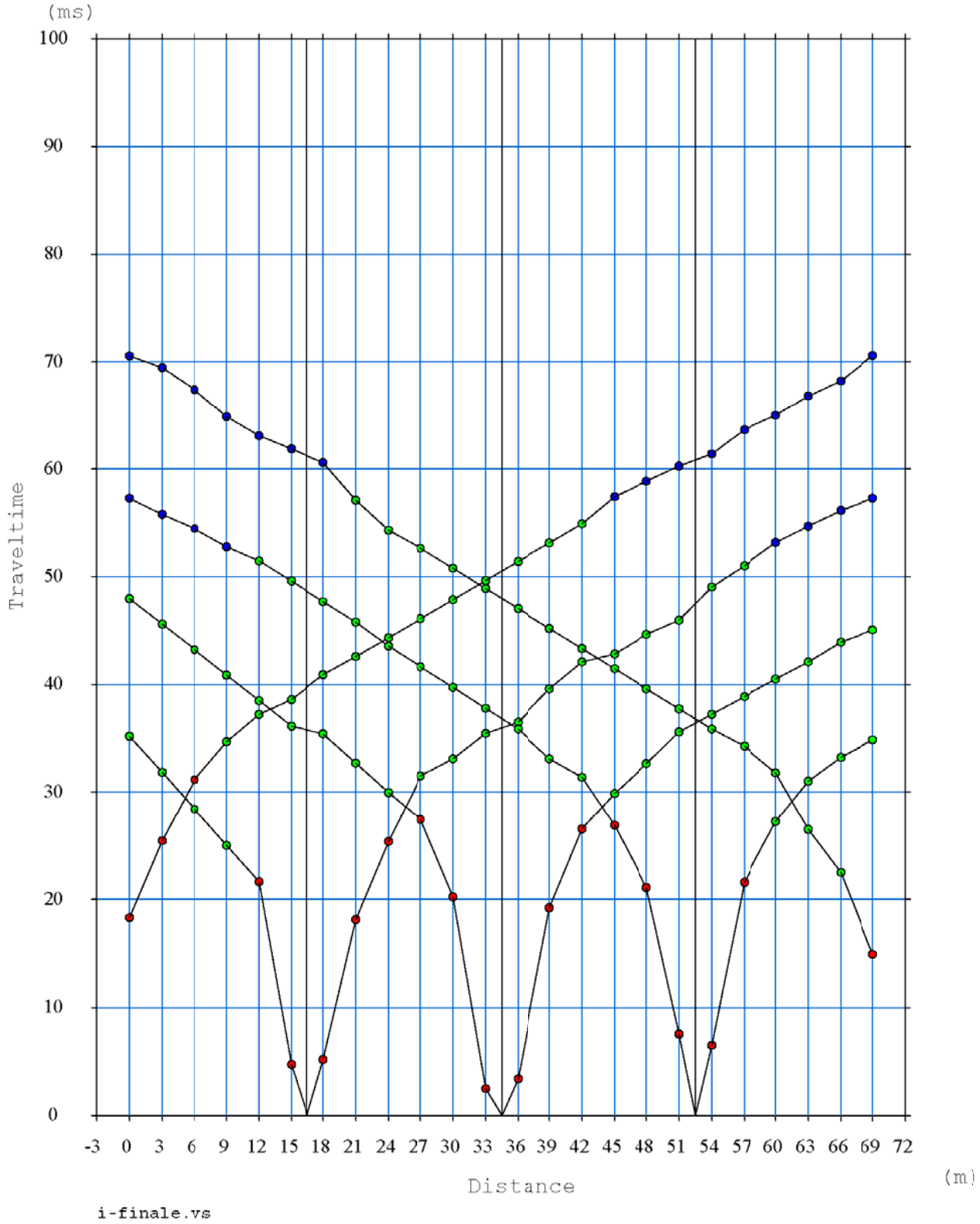


Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "I"

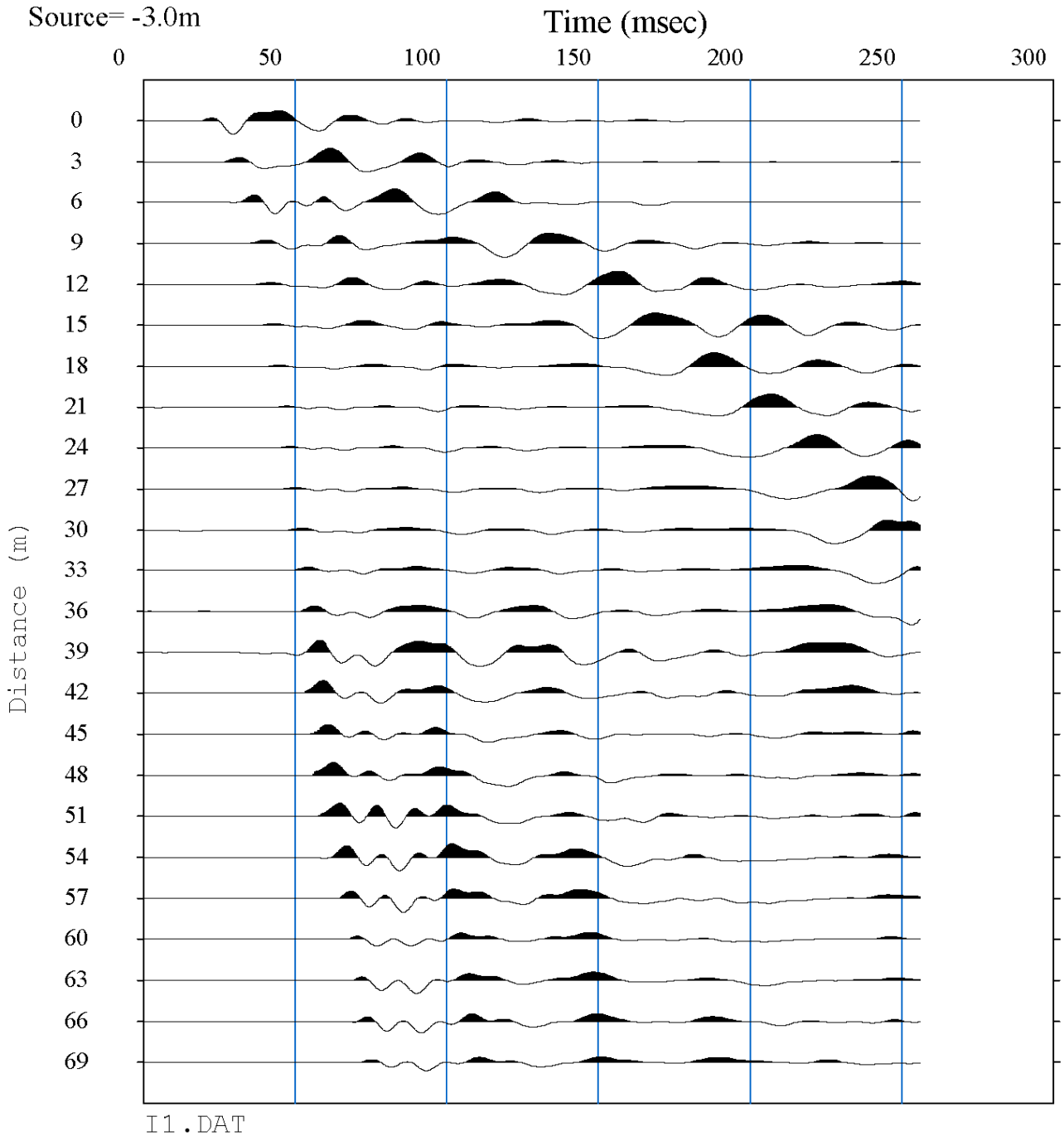


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "I"

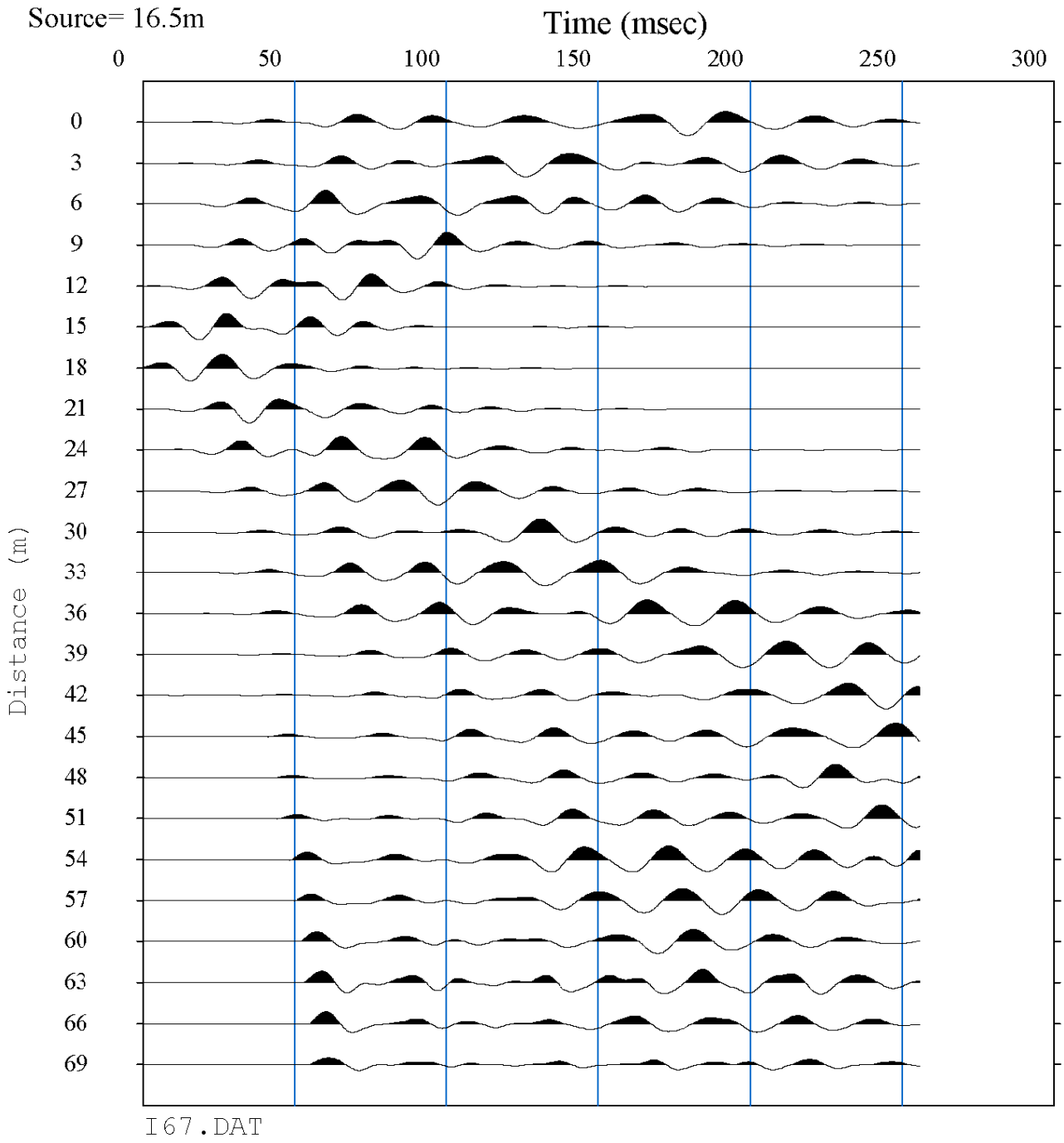


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "I"

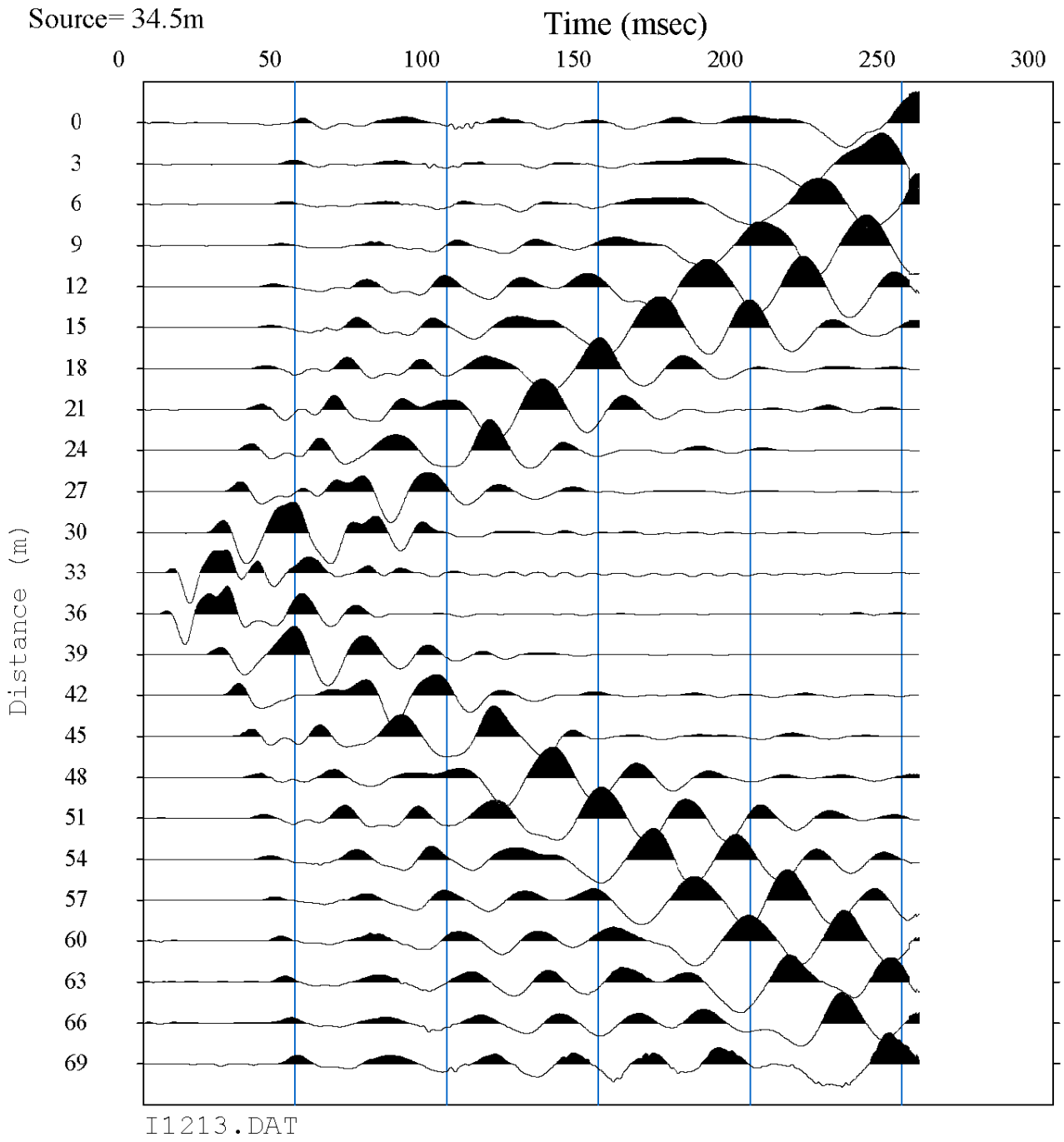


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "I"

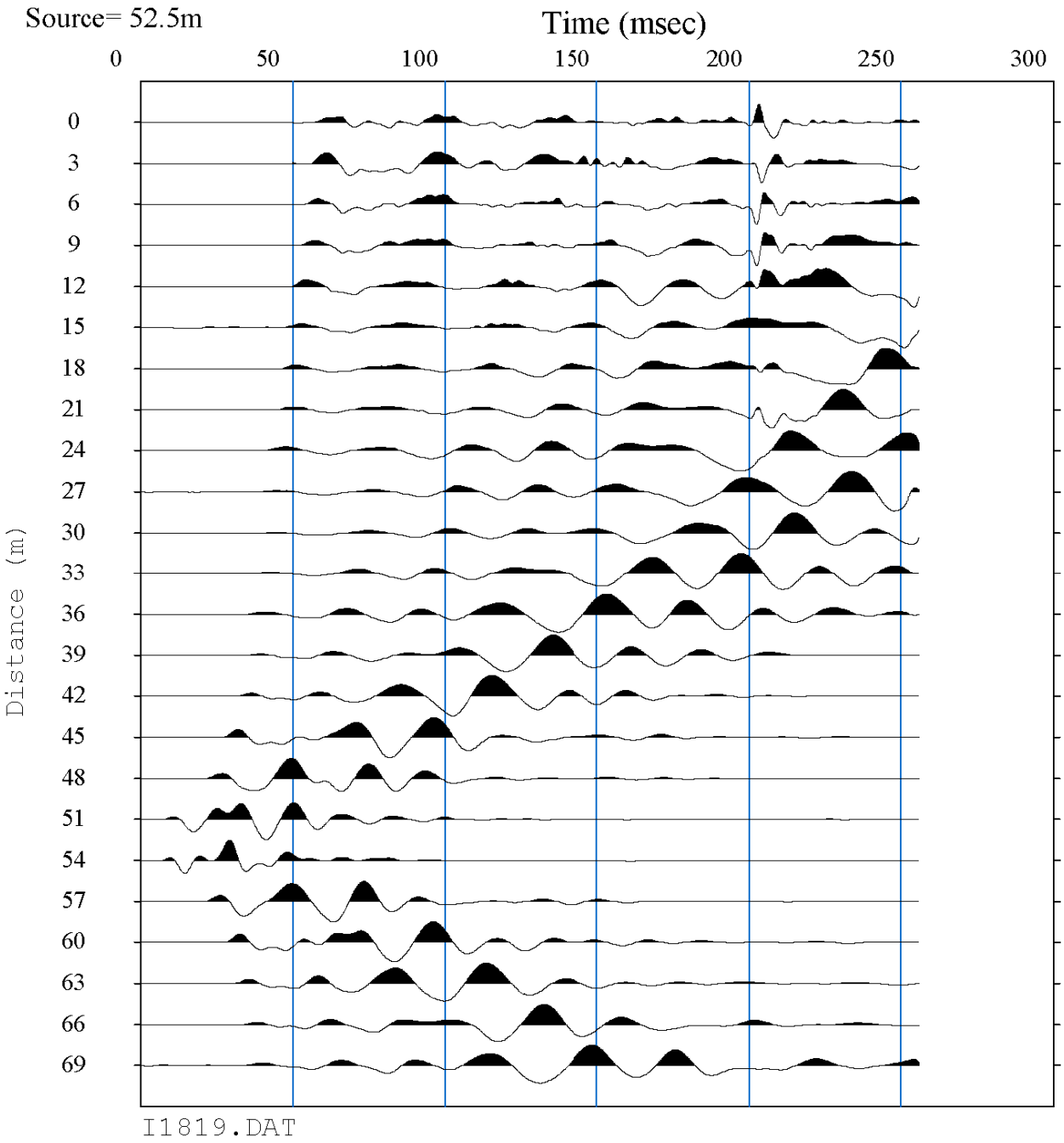


Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "I"

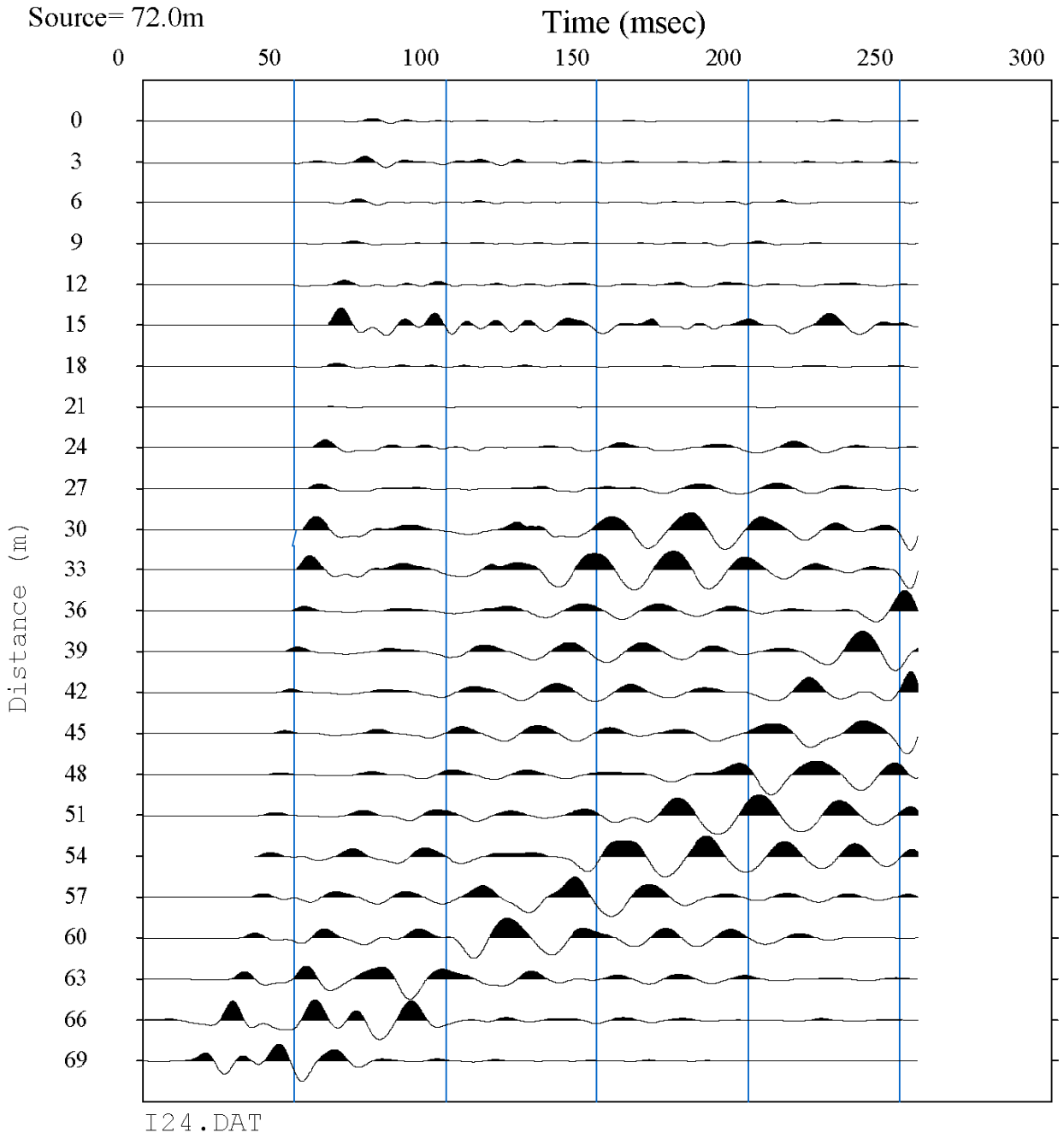
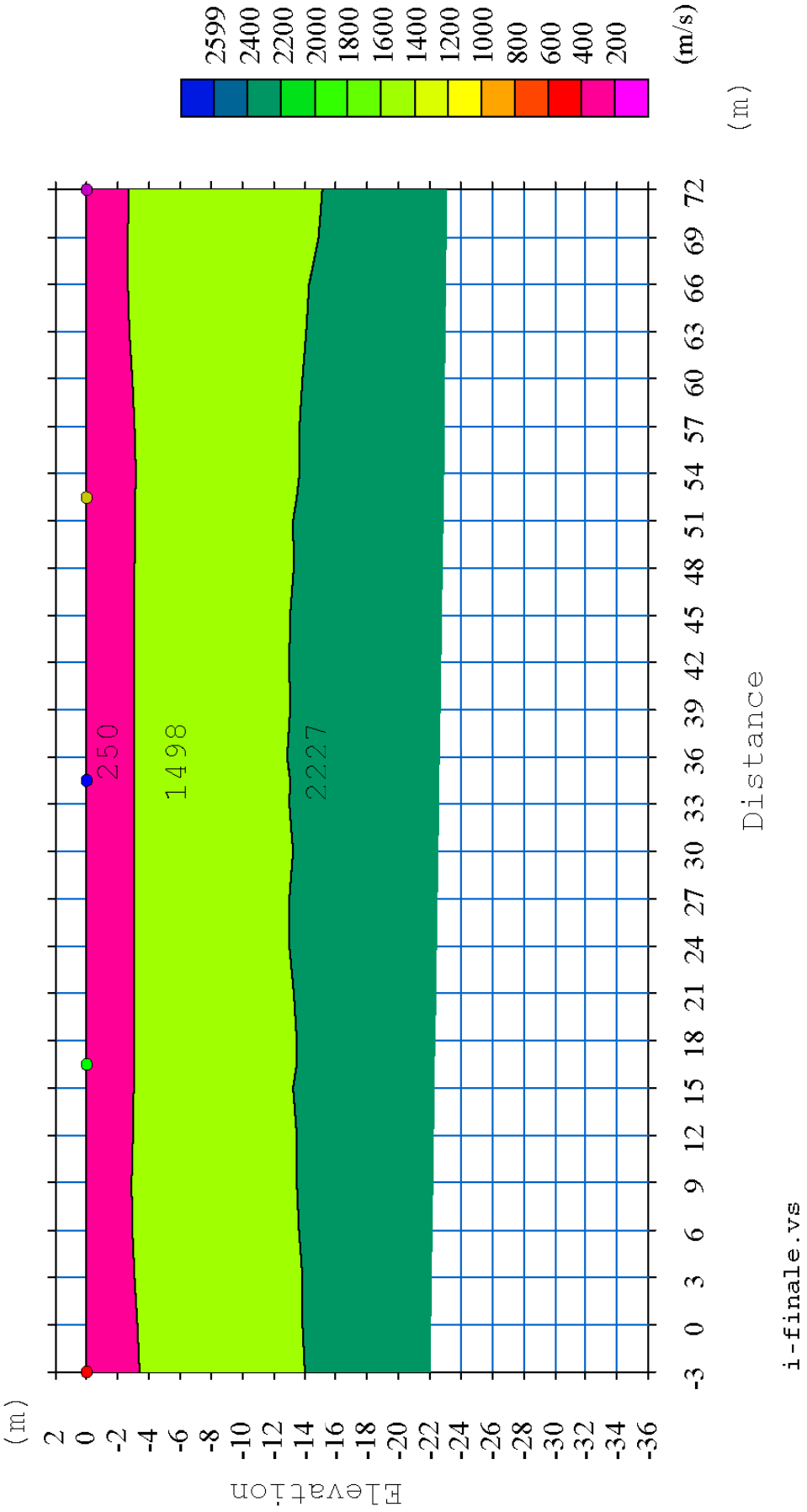


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "I"



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

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. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estremo destro 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 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "I"

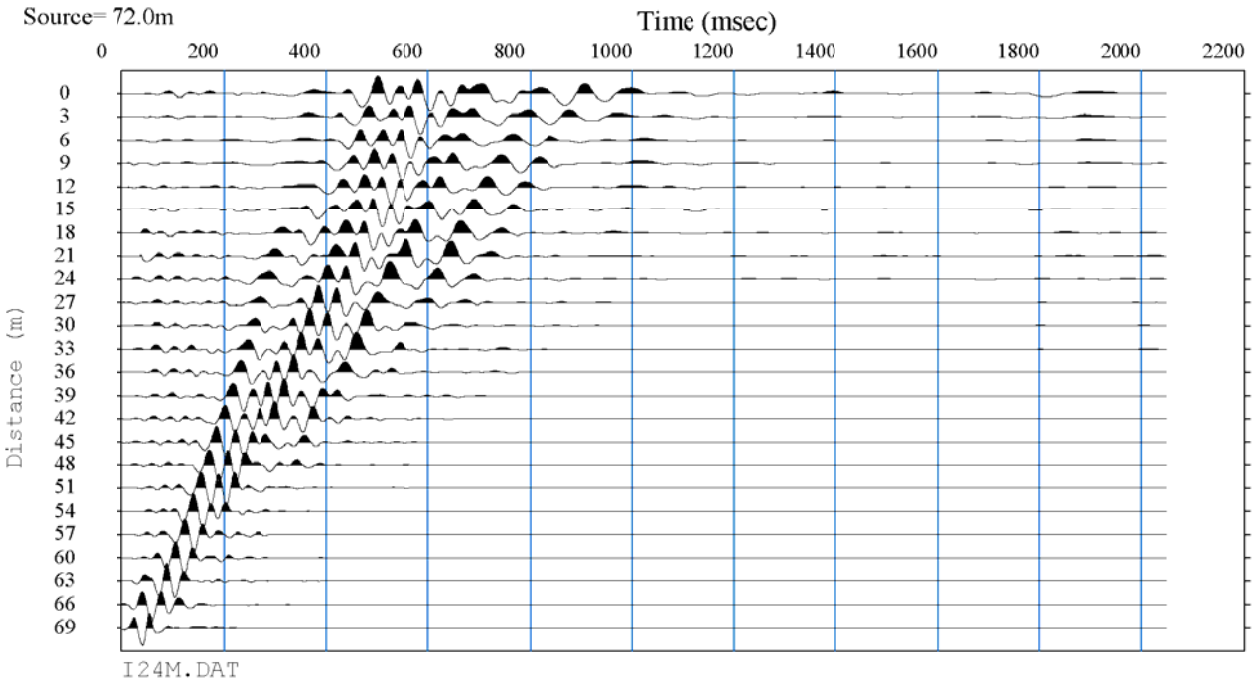


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "I"

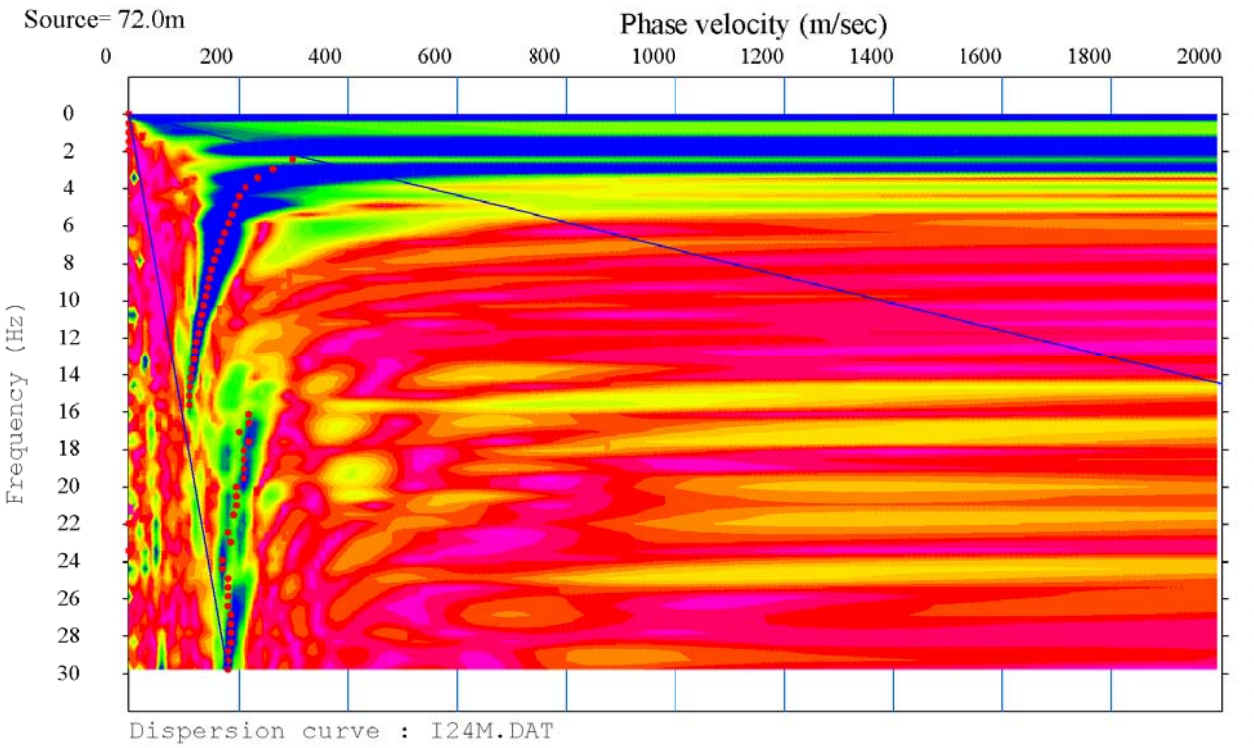


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "I"

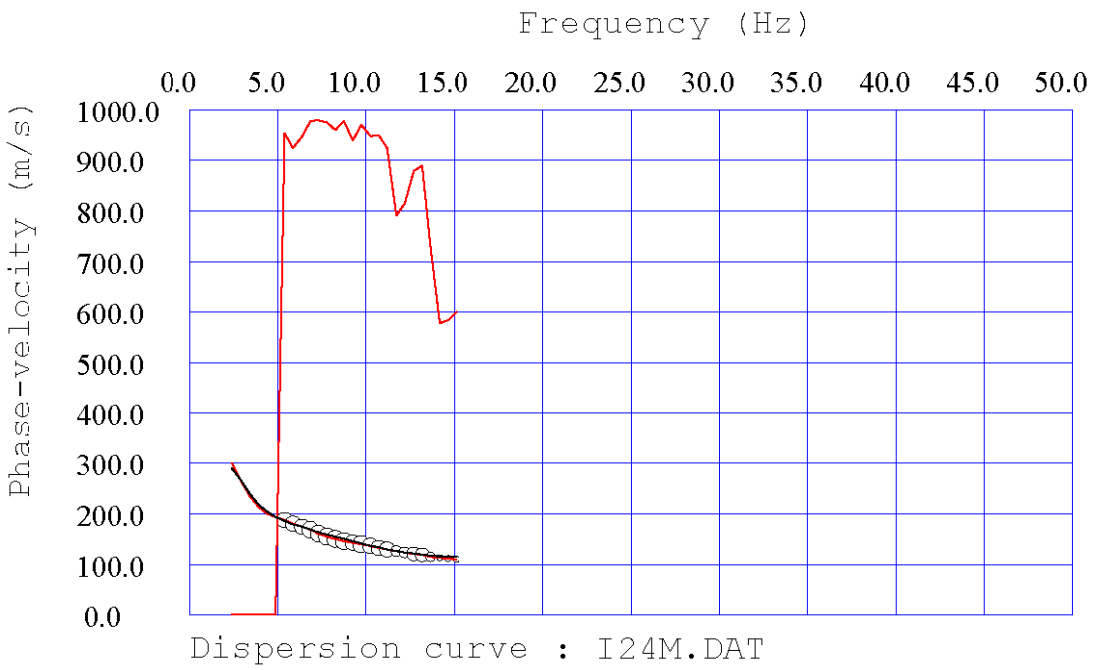
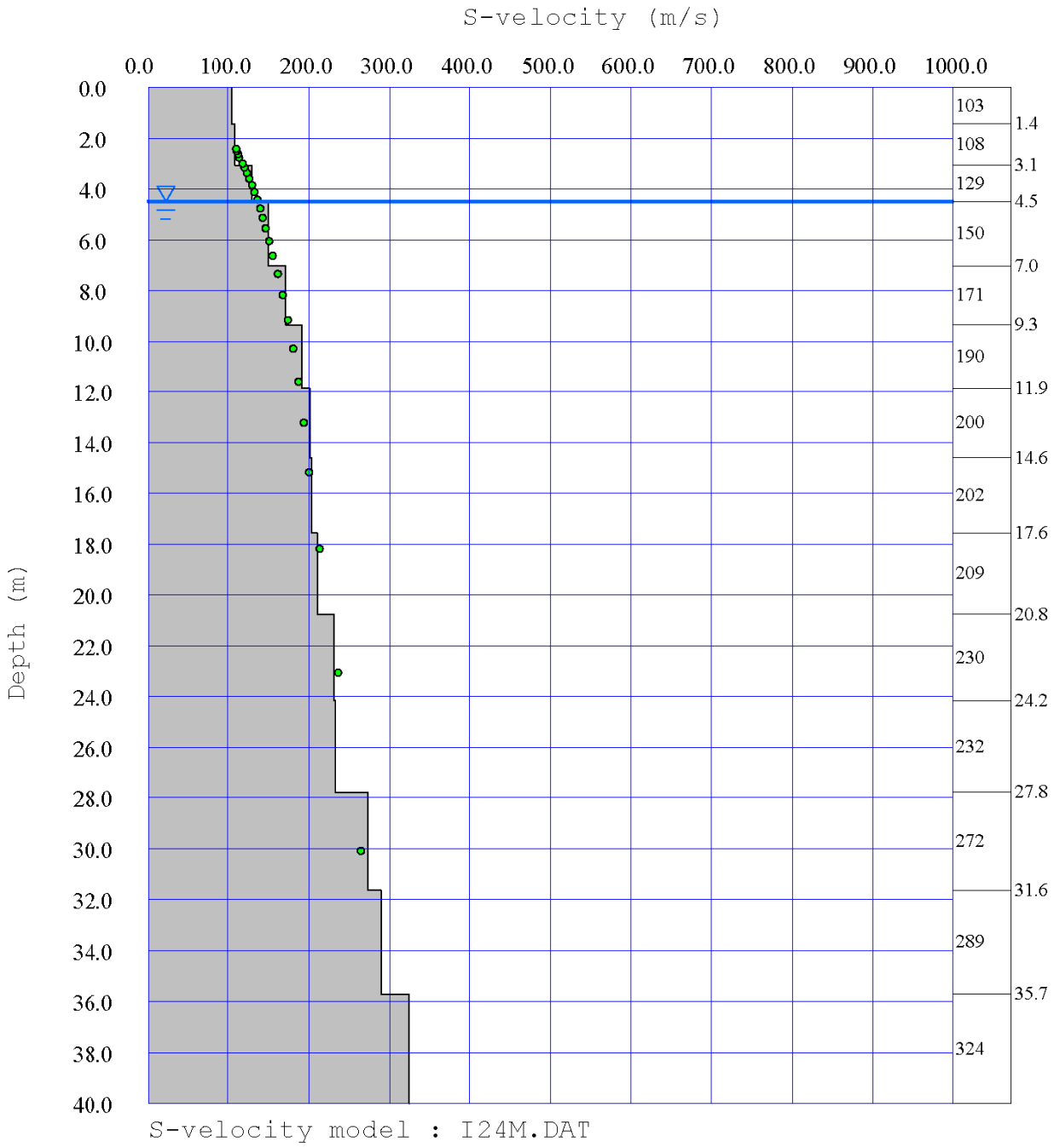


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "I"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "I"

- 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 250 m/sec, 1498 m/sec e 2227 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 11.

- 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 40 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/m^3]**
h1	-1,43	1,43	104	238	13,152
h2	-3,08	1,65	108	244	13,176
h3	-4,50	1,42	129	280	13,311
h4	-7,03	2,53	150	1468	17,432
h5	-9,34	2,31	171	1491	17,505
h6	-11,87	2,53	191	1511	17,566
h7	-14,62	2,75	201	1522	17,602
h8	-17,58	2,96	203	1530	17,627
h9	-20,77	3,19	210	1546	17,676
h10	-24,18	3,41	231	1574	17,763
h11	-27,80	3,62	232	1574	17,763
h12	-31,65	3,85	273	1607	17,868
h13	-35,71	4,06	289	1607	17,868
h14	-48,57	12,86	324	1623	17,914

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.704957%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=17.614393 m/s (11.242268%)	Iteration=1 RMS=14.406257 m/s (9.036957%)
Iteration=2 RMS=11.826331 m/s (7.266184%)	Iteration=3 RMS=9.752488 m/s (5.844536%)
Iteration=4 RMS=8.088727 m/s (4.702507%)	Iteration=5 RMS=6.755807 m/s (3.784175%)
Iteration=6 RMS=5.689800 m/s (3.045098%)	Iteration=7 RMS=4.841292 m/s (2.464988%)
Iteration=8 RMS=4.167221 m/s (2.033139%)	Iteration=9 RMS=3.634800 m/s (1.704957%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,43	1,43000	104	0,01376	
h2	-3,08	1,65000	108	0,01522	
h3	-4,50	1,42000	129	0,01099	
h4	-7,03	2,53000	150	0,01685	
h5	-9,34	2,31000	171	0,01349	
h6	-11,87	2,53000	191	0,01326	
h7	-14,62	2,75000	201	0,01370	
h8	-17,58	2,96000	203	0,01460	
h9	-20,77	3,19000	210	0,01520	
h10	-24,18	3,41000	231	0,01478	
h11	-27,80	3,62000	232	0,01557	
h12	-30,00	2,20000	273	0,00807	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,16548
			$V_{s,30}$	**181**	**[m/s]**

8 BASE SISMICA "J"

SCALA 1:1.000

Figura 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "J"

Figura 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "J"

File Reference	
1	J1.DAT
2	J67.DAT
3	J1213.DAT
4	J1819.DAT
5	J24.DAT
MASW	J1M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-3,00	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	72,00	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	6,90	34,47	47,09	55,26	71,00
2	0,00	3,00	0,00	15,96	31,74	45,49	54,20	69,75
3	0,00	6,00	0,00	24,54	29,00	43,89	53,14	68,50
4	0,00	9,00	0,00	29,23	24,36	42,30	52,11	67,25
5	0,00	12,00	0,00	33,60	18,54	40,47	50,58	65,75
6	0,00	15,00	0,00	36,06	4,74	38,00	49,04	63,53
7	0,00	18,00	0,00	37,98	4,71	35,52	47,51	60,97
8	0,00	21,00	0,00	39,90	19,14	33,04	45,97	59,03
9	0,00	24,00	0,00	41,83	25,44	30,56	44,44	57,10
10	0,00	27,00	0,00	43,75	29,47	26,69	42,80	55,17
11	0,00	30,00	0,00	45,68	31,44	20,10	40,68	53,24
12	0,00	33,00	0,00	47,60	34,80	6,24	38,56	51,31
13	0,00	36,00	0,00	49,53	37,12	6,24	36,45	49,37
14	0,00	39,00	0,00	51,94	38,71	19,32	33,80	47,44
15	0,00	42,00	0,00	53,99	40,31	26,27	30,33	45,51
16	0,00	45,00	0,00	56,05	41,91	29,76	26,85	43,58
17	0,00	48,00	0,00	58,10	43,51	33,66	19,47	41,64
18	0,00	51,00	0,00	60,16	45,10	35,75	5,64	39,71
19	0,00	54,00	0,00	62,21	46,70	37,84	5,94	37,78
20	0,00	57,00	0,00	64,26	48,30	39,93	20,70	35,85
21	0,00	60,00	0,00	65,62	49,65	41,95	26,70	33,42
22	0,00	63,00	0,00	67,24	50,58	43,21	31,32	24,87
23	0,00	66,00	0,00	68,86	51,27	44,47	34,28	16,86
24	0,00	69,00	0,00	70,48	52,48	45,74	35,76	7,02

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,74	9,67	0,00	0,00
2	3,00	3,76	9,99	0,00	0,00
3	6,00	3,57	10,26	0,00	0,00
4	9,00	3,30	10,53	0,00	0,00
5	12,00	3,24	10,37	0,00	0,00
6	15,00	3,35	9,83	0,00	0,00
7	18,00	3,34	9,40	0,00	0,00
8	21,00	3,27	9,29	0,00	0,00
9	24,00	3,33	9,13	0,00	0,00
10	27,00	3,42	9,13	0,00	0,00
11	30,00	3,53	9,02	0,00	0,00
12	33,00	3,60	8,75	0,00	0,00
13	36,00	3,64	8,59	0,00	0,00
14	39,00	3,55	8,59	0,00	0,00
15	42,00	3,41	8,59	0,00	0,00
16	45,00	3,37	8,75	0,00	0,00
17	48,00	3,40	8,86	0,00	0,00
18	51,00	3,41	8,75	0,00	0,00
19	54,00	3,29	8,74	0,00	0,00
20	57,00	3,18	9,13	0,00	0,00
21	60,00	3,29	9,13	0,00	0,00
22	63,00	3,56	9,29	0,00	0,00
23	66,00	3,71	9,56	0,00	0,00
24	69,00	3,72	10,10	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	297
2	1387
3	1724
4	
5	

Figura 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "J"

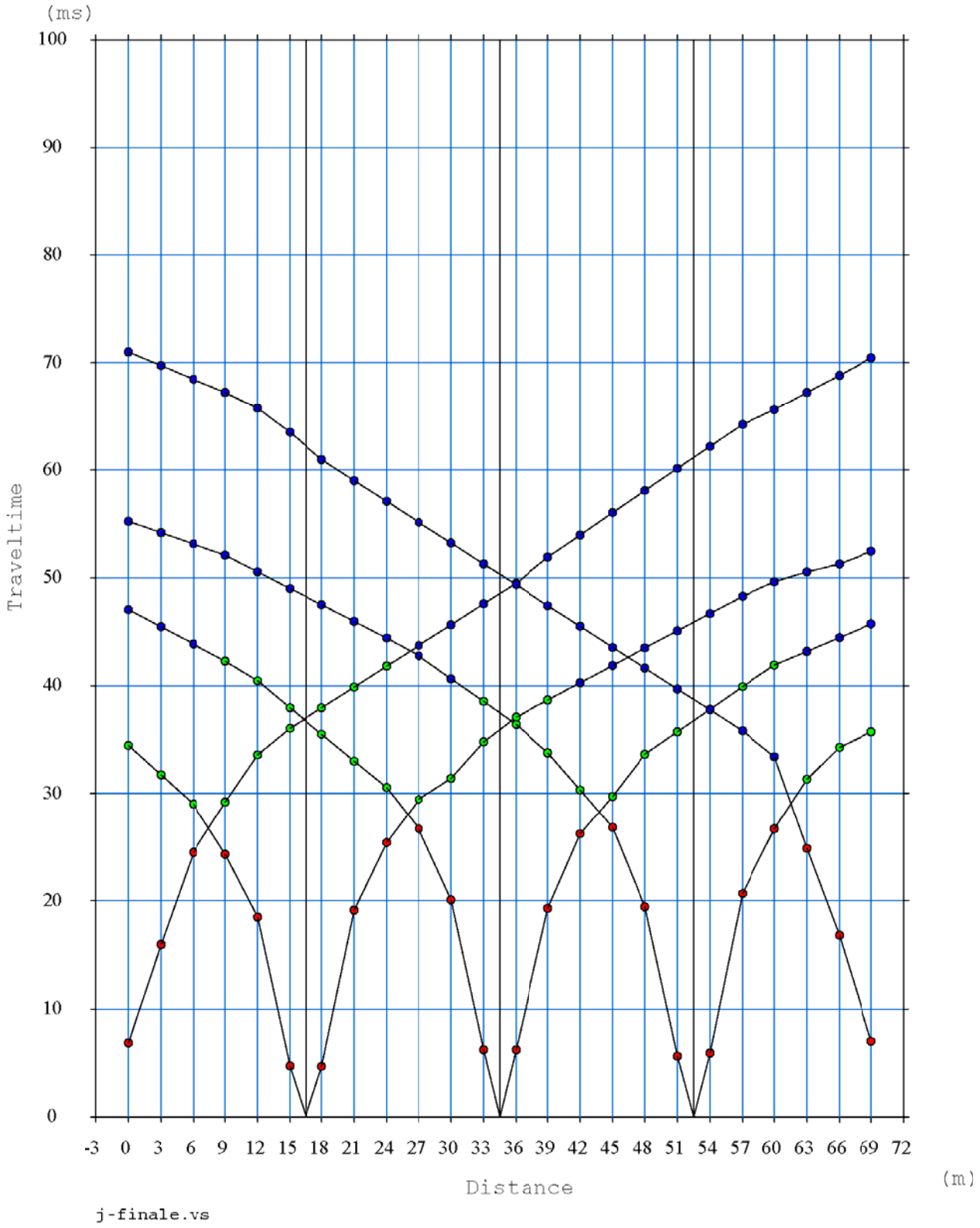


Figura 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "J"

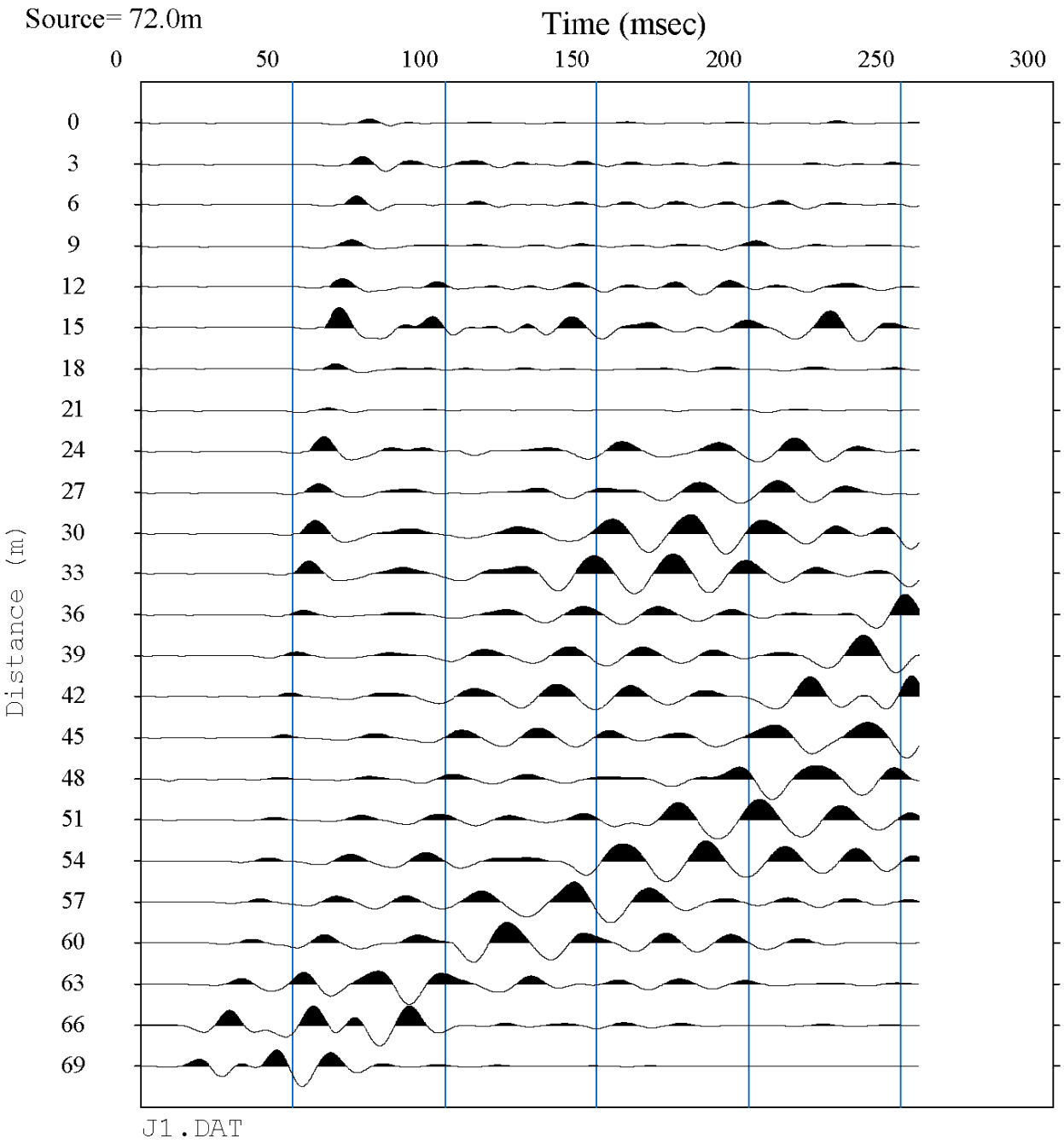


Figura 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "J"

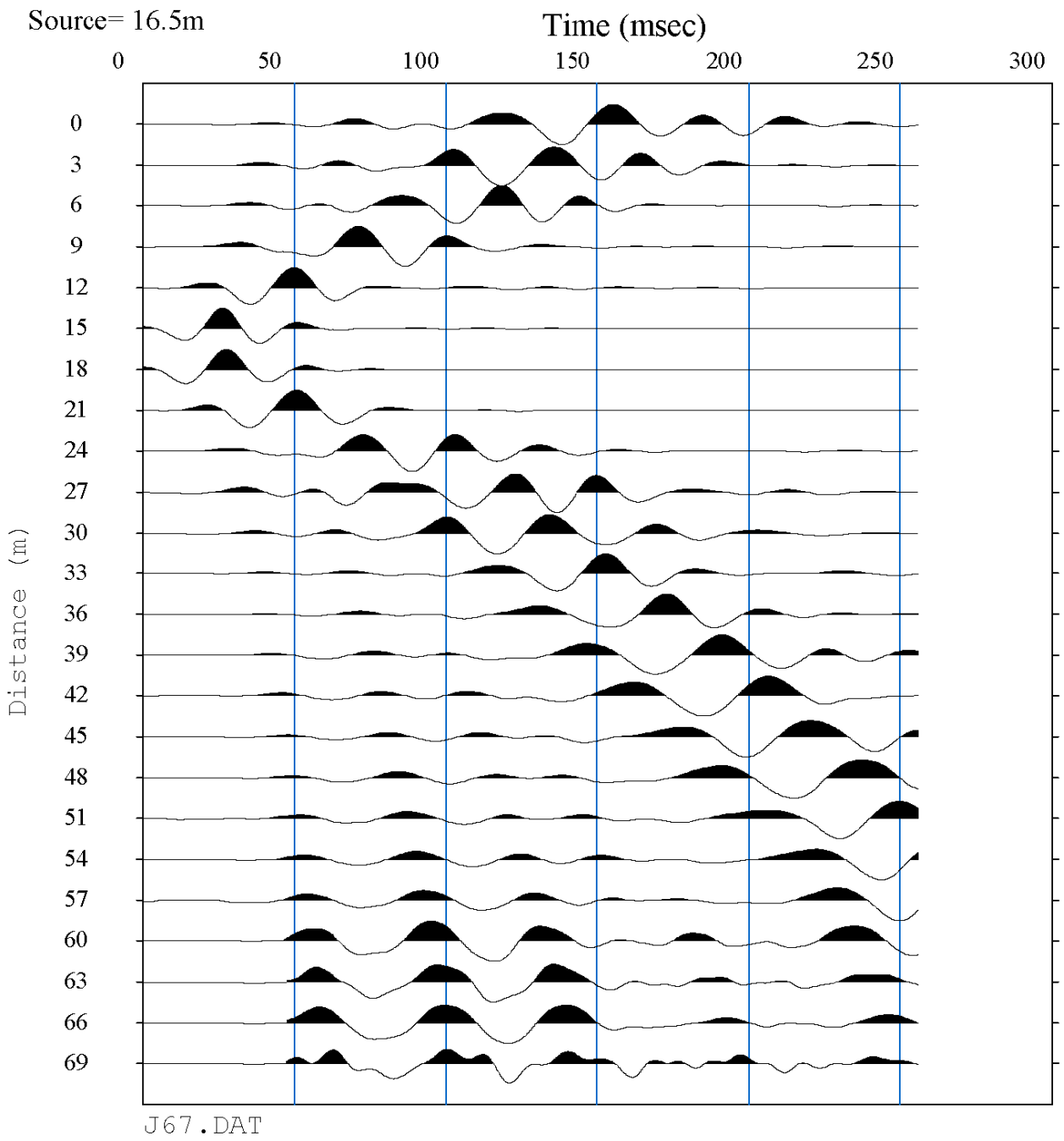


Figura 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "J"

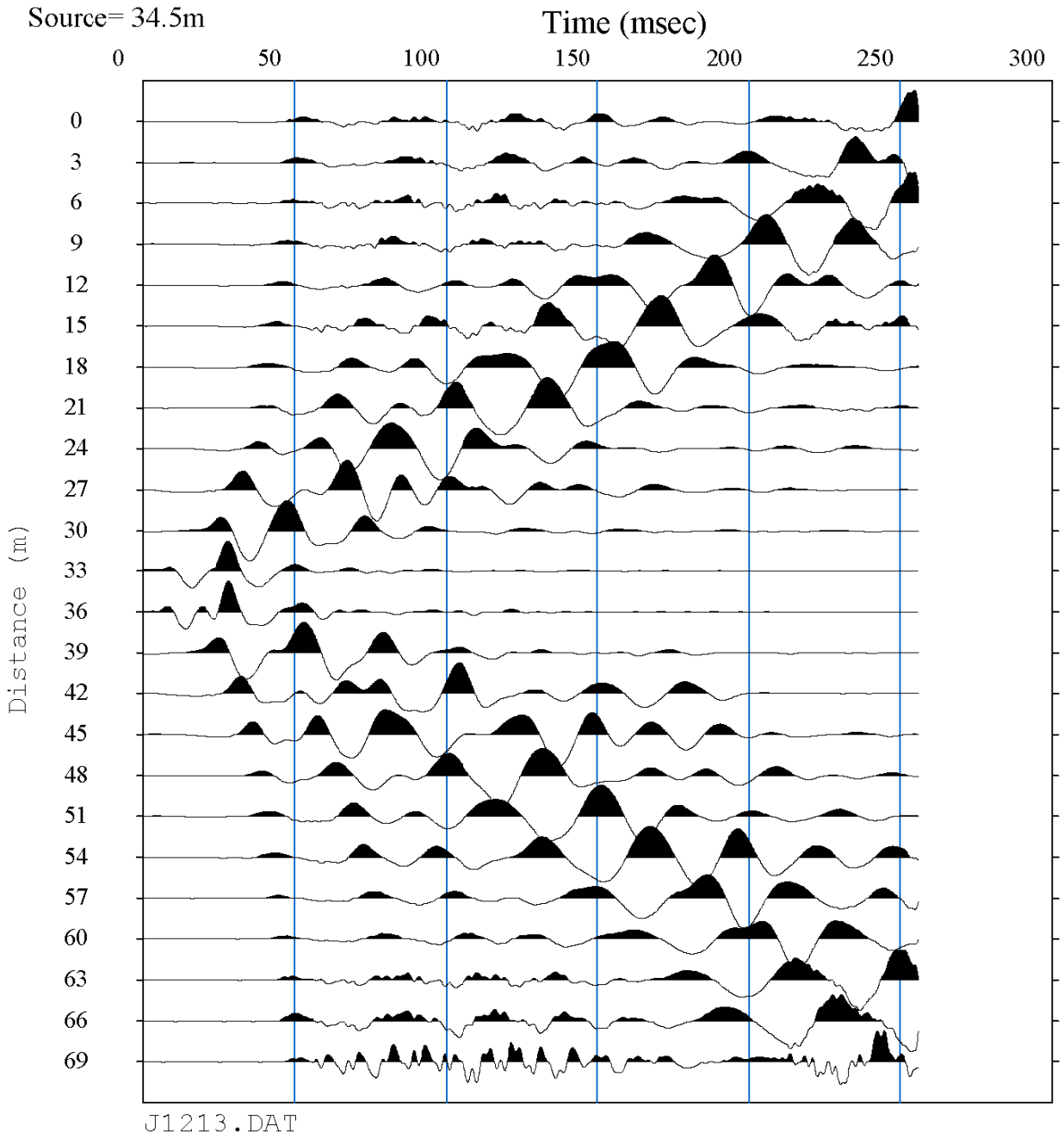


Figura 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "J"

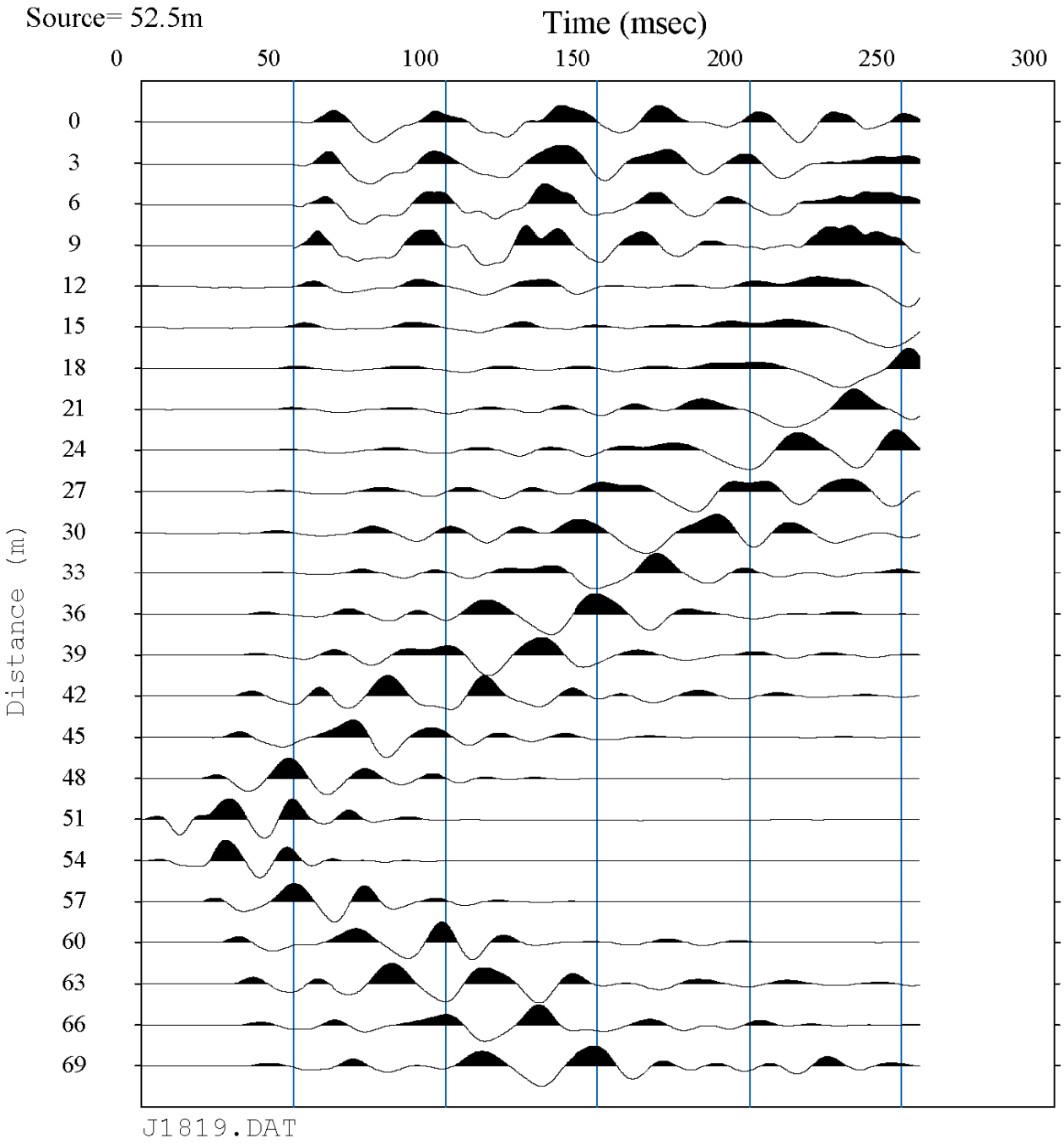


Figura 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 3,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "J"

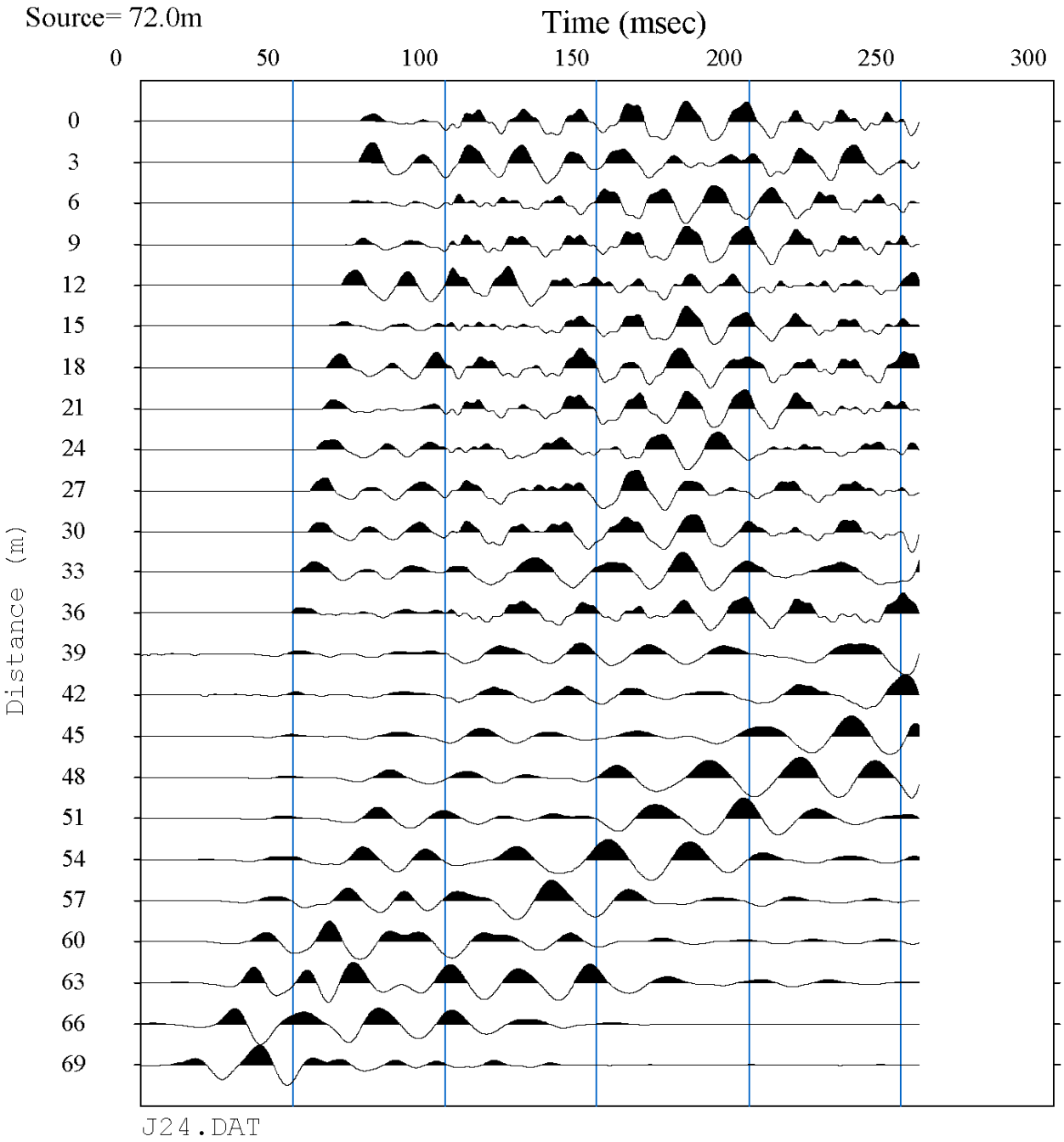
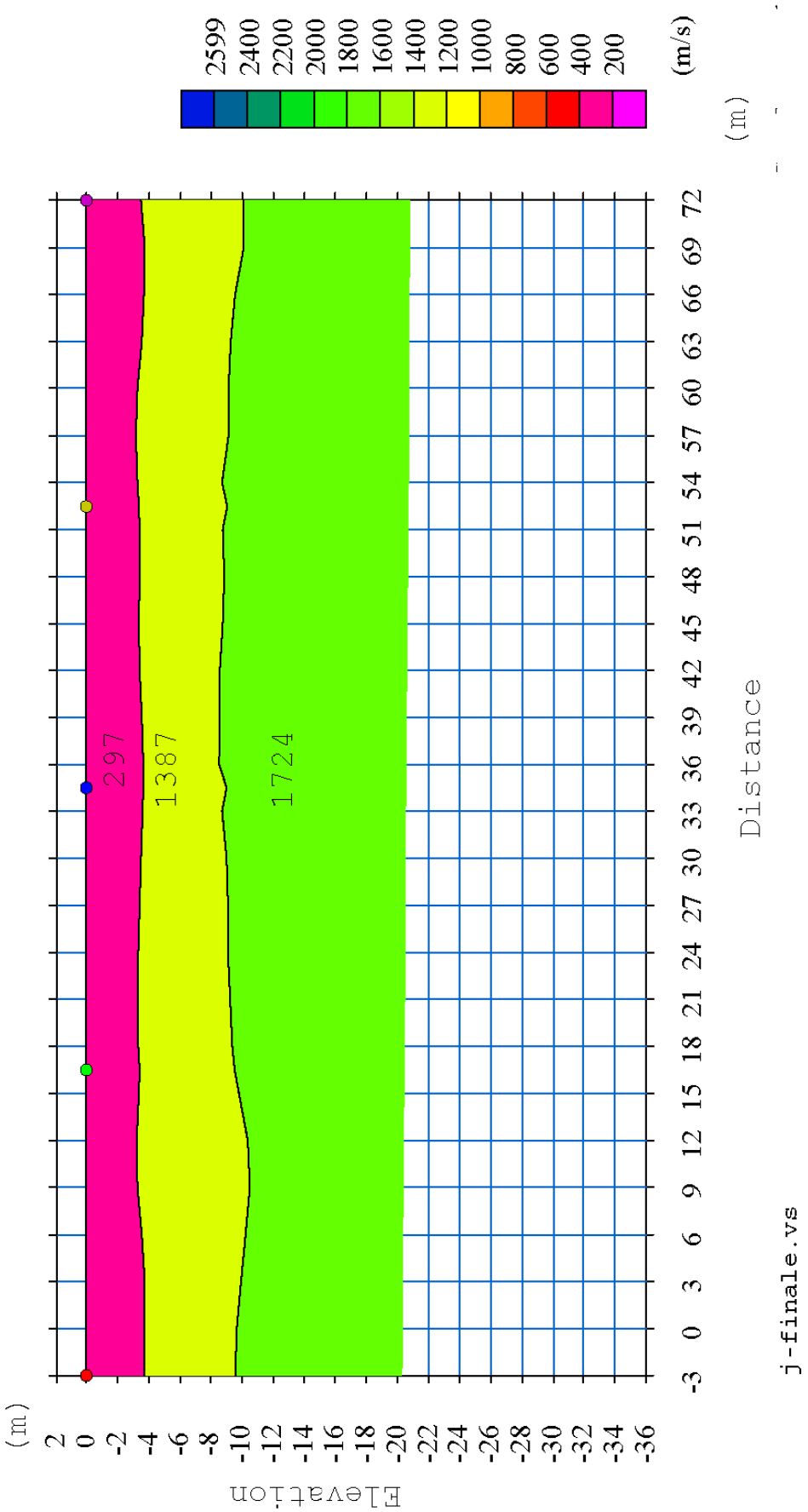


Figura 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "J"



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

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. 3,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estremo destro 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 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "J"

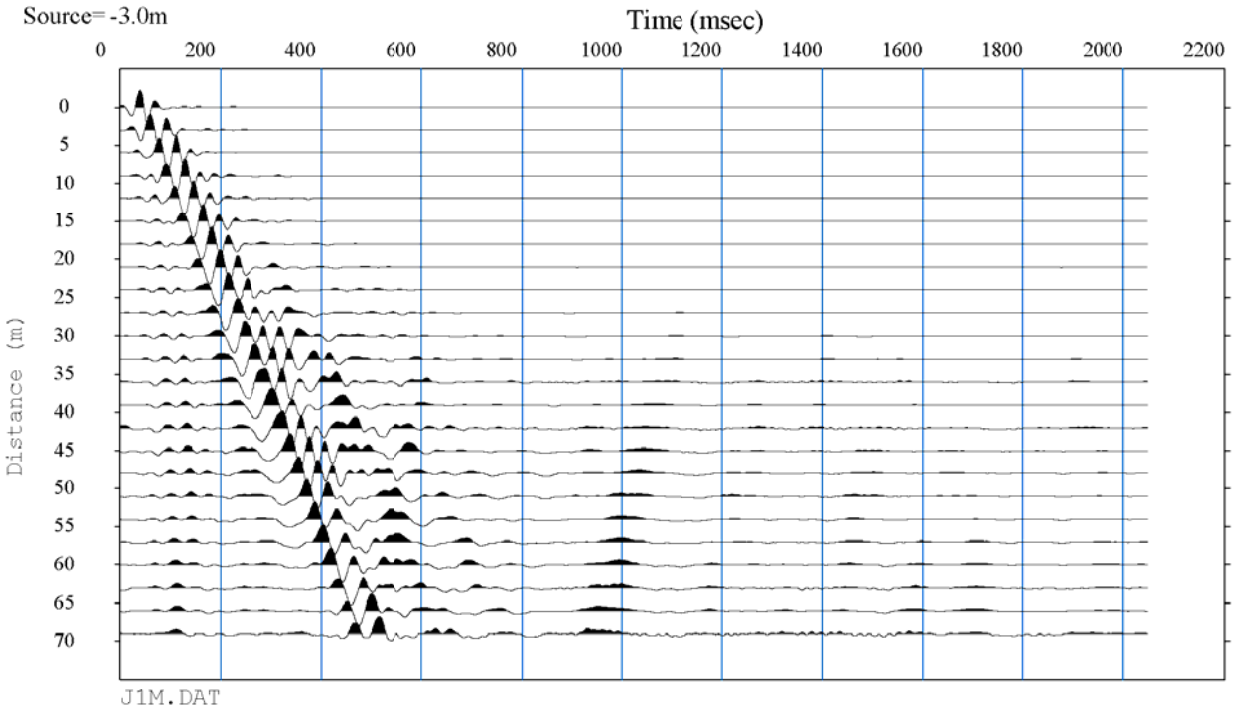


Figura 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "J"

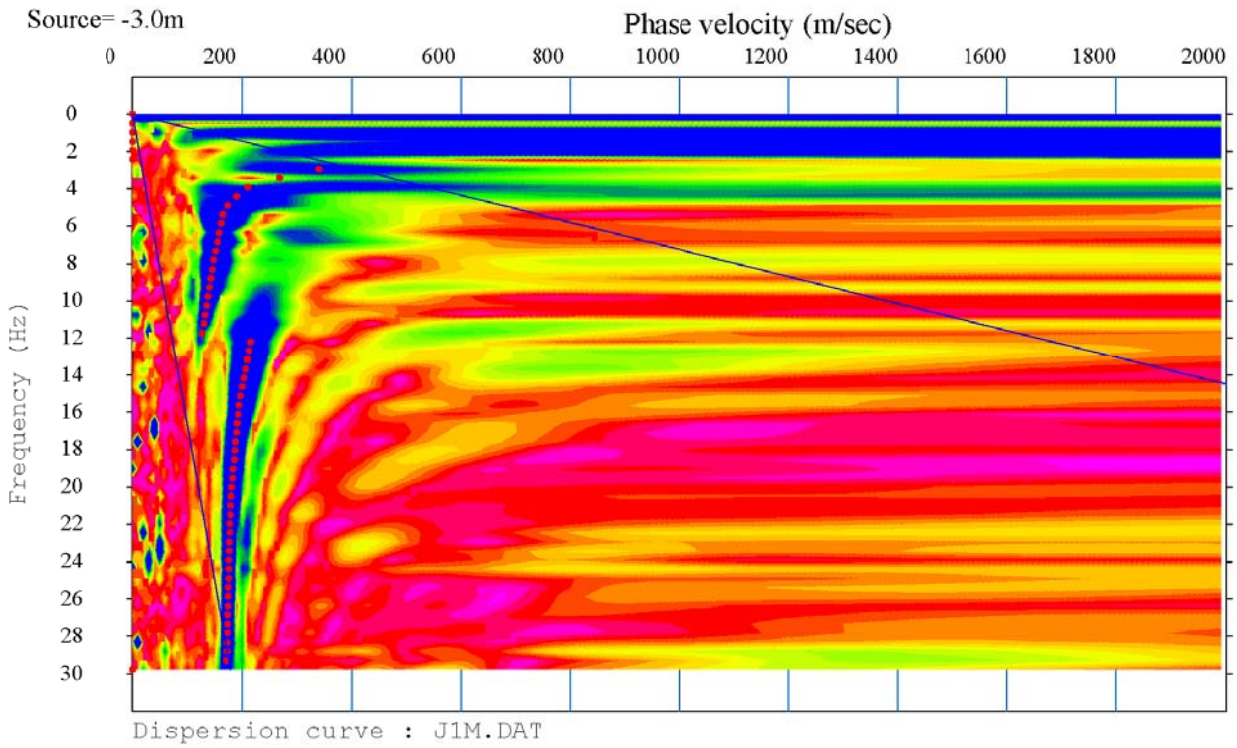


Figura 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "J"

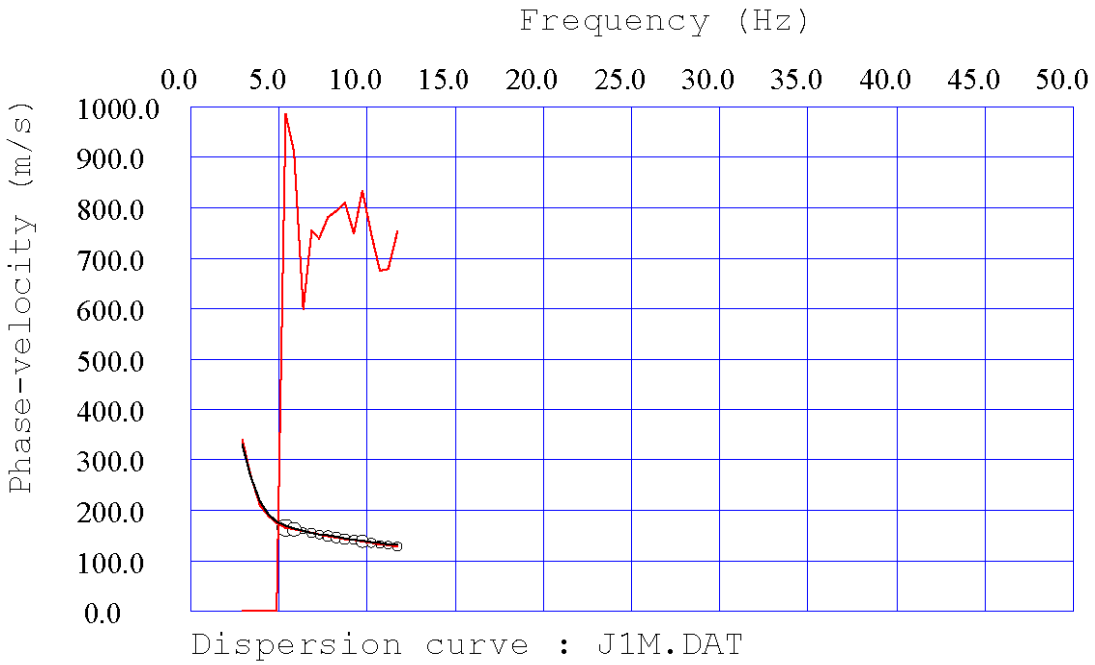
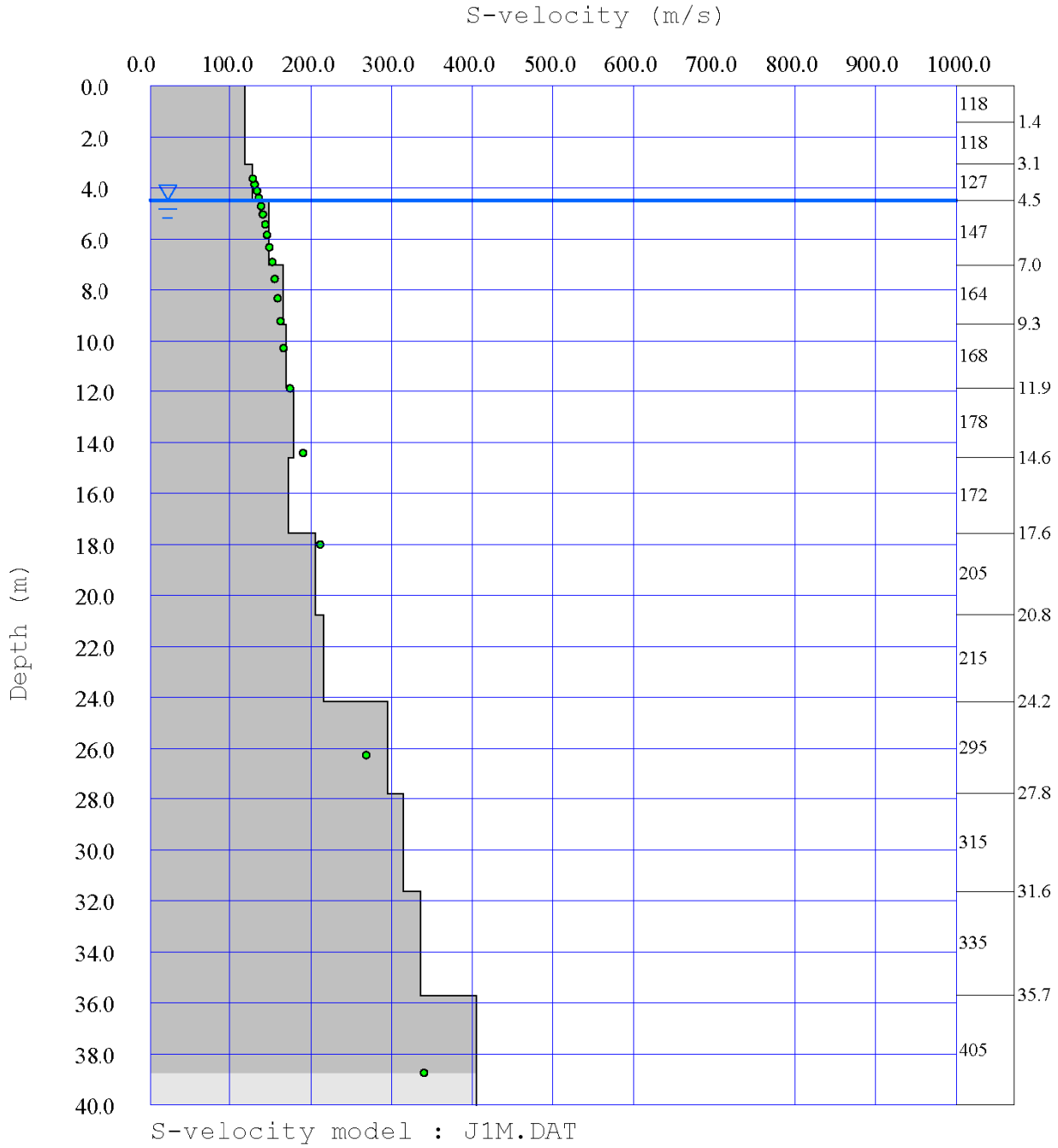


Figura 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "J"



10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "J"

- 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 297 m/sec, 1387 m/sec e 1724 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 24

- 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 38,50 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/m^3]**
h1	-1,43	1,43	118	276	13,297
h2	-3,08	1,65	118	276	13,297
h3	-4,50	1,42	127	288	13,338
h4	-7,03	2,53	148	1465	17,422
h5	-9,34	2,31	165	1480	17,471
h6	-11,87	2,53	169	1489	17,497
h7	-14,62	2,75	178	1508	17,559
h8	-17,58	2,96	172	1508	17,559
h9	-20,77	3,19	205	1543	17,668
h10	-24,18	3,41	215	1543	17,668
h11	-27,80	3,62	295	1613	17,885
h12	-31,65	3,85	315	1613	17,885
h13	-35,71	4,06	336	1613	17,885
h14	-48,57	12,86	405	1668	18,054

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.755618%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=22.990337 m/s (12.257643%)	Iteration=1 RMS=18.862456 m/s (9.837462%)
Iteration=2 RMS=15.443012 m/s (7.889968%)	Iteration=3 RMS=12.640522 m/s (6.330927%)
Iteration=4 RMS=10.359897 m/s (5.084370%)	Iteration=5 RMS=8.518289 m/s (4.090666%)
Iteration=6 RMS=7.038458 m/s (3.297951%)	Iteration=7 RMS=5.857958 m/s (2.665743%)
Iteration=8 RMS=4.923136 m/s (2.159763%)	Iteration=9 RMS=4.185694 m/s (1.755618%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,43	1,43000	118	0,01209	
h2	-3,08	1,65000	118	0,01397	
h3	-4,50	1,42000	127	0,01116	
h4	-7,03	2,53000	148	0,01714	
h5	-9,34	2,31000	165	0,01401	
h6	-11,87	2,53000	169	0,01500	
h7	-14,62	2,75000	178	0,01544	
h8	-17,58	2,96000	172	0,01720	
h9	-20,77	3,19000	205	0,01555	
h10	-24,18	3,41000	215	0,01582	
h11	-27,80	3,62000	295	0,01225	
h12	-30,00	2,20000	315	0,00698	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,16663
			$V_{s,30}$	**180**	**[m/s]**

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

Vignola, 25/11/2008

Geo-Xpert Italia snc

(Dott. Geol. Giorgio Masotti)

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 188

GEO-XPERT ITALIA
SERVIZI – TECNOLOGIE E AMBIENTE s.n.c.

Sede Legale: Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY
Telefono +39 059 761644 - **Telefax** +39 059 779111
Web www.geo-xpert.com **----** **Email** info@geo-xpert.com
PARTITA I.V.A.: 02740680364 – **COD. FISCALE:** 02740680364 **- C.C.I.A.A. 326926**

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

COMPARTO REGGIANE

LOCALIZZAZIONE

ITALIA
REGIONE: EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	*LOTTO*	*SETTORE DI ATTIVITA'*	*TIPO DOCUMENTO*	*N. ELABORATO*
2480	**K-L-M**	**G**	**REL**	**1**

VERSIONE	*DATA*	*OGGETTO*
0	**16/01/2009**	**1° EMISSIONE**

DATI PROGETTISTA

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

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 588

INDICE

1 PREMESSA 4
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 4
3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008 7
4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE 9
5 BASE SISMICA "K" 10
6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "K" 20
7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "K" 23
8 BASE SISMICA "L" 25
9 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "L" 35
10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "L" 38
11 BASE SISMICA "M" 40
12 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "M" 50
13 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "M" 53

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" E N. 200-SE "REGGIO EMILIA SUD" - SCALA 1:25.000 5
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO 6
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "K" 11
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "K" 12
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "K" 13
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "K" 14
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "K" 15
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "K" 16
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "K" 17
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "K" 18
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "K" 19
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "K" 20
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "K" 21
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "K" 21
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "K" 22
FIGURA 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "L" 26
FIGURA 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "L" 27
FIGURA 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "L" 28
FIGURA 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "L" 29
FIGURA 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "L" 30
FIGURA 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "L" 31
FIGURA 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "L" 32
FIGURA 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "L" 33

FIGURA 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “L” 34
FIGURA 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE “L” 35
FIGURA 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE “L” 36
FIGURA 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA’ DI FASE - BASE “L” 36
FIGURA 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE “L” 37
FIGURA 29: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE “M” 41
FIGURA 30: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE “M” 42
FIGURA 31: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE “M” 43
FIGURA 32: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE “M” .. 44
FIGURA 33: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE “M” 45
FIGURA 34: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE “M” 46
FIGURA 35: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE “M” 47
FIGURA 36: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE “M” .. 48
FIGURA 37: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE “M” 49
FIGURA 38: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE “M” 50
FIGURA 39: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE “M” 51
FIGURA 40: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA’ DI FASE - BASE “M” ... 51
FIGURA 41: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE “M” 52

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 comune di Reggio Emilia, Comparto Reggiane.

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. 3 basi sismiche che sono state eseguite in data 06/11/2008 e 12/01/2009 con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

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

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" – Scala 1:25.000
- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-SE denominata "REGGIO EMILIA SUD" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200080 "REGGIO EMILIA" – scala 1:10.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200120 "REGGIO EMILIA SUD EST" – scala 1:10.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. n. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" e n. 200-SE "REGGIO EMILIA SUD" - SCALA 1:25.000

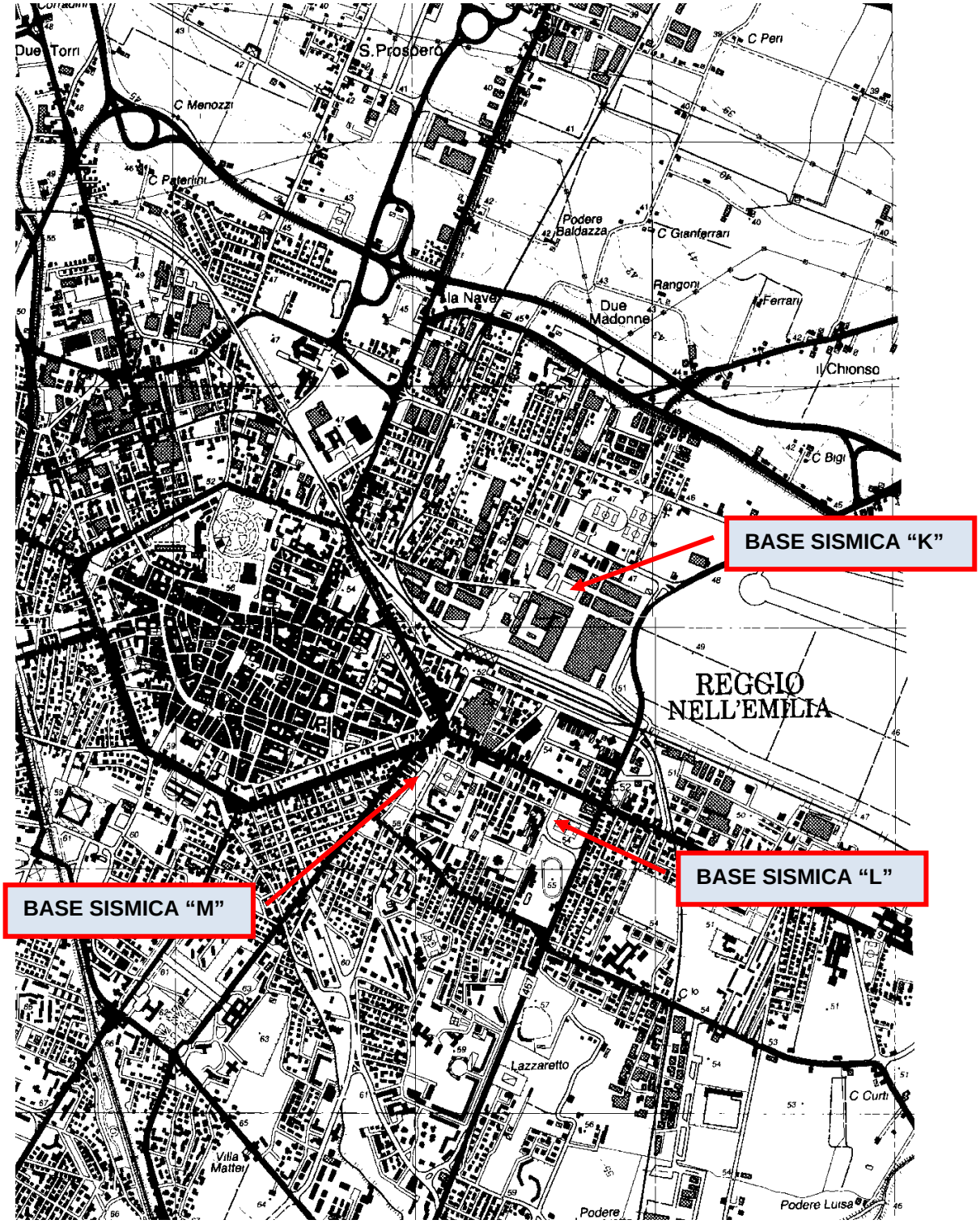


Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO

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 metri di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 <50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,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 Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs > 800 m/s).

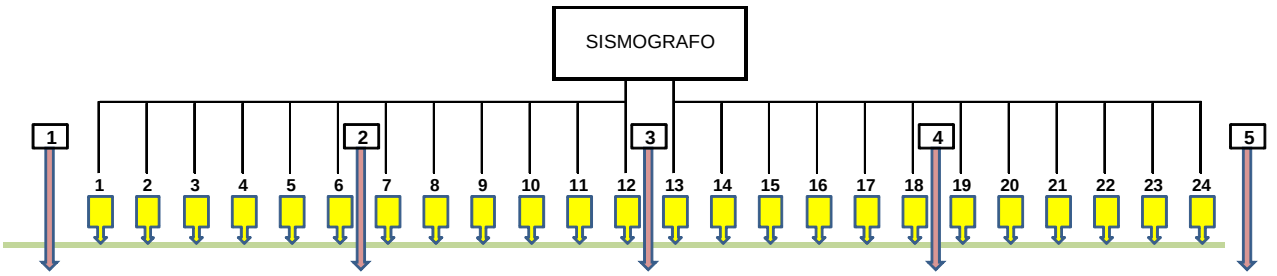
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 < 100 m/s (ovvero 10 < cu,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

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio, sono state eseguite in data 06/11/2008 e in data 12/01/2009 nr. 3 basi sismiche a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio.

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.



Coordinate posizionamento geofoni [ml]																									
X		0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	
Y		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Z		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Coordinate posizionamento punti di sparo [ml]								
X	-2.0	11.0	23.0	35.0	48.0
Y	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	46,0m	Spazio intergeofonico	2,0m
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 µs
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. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

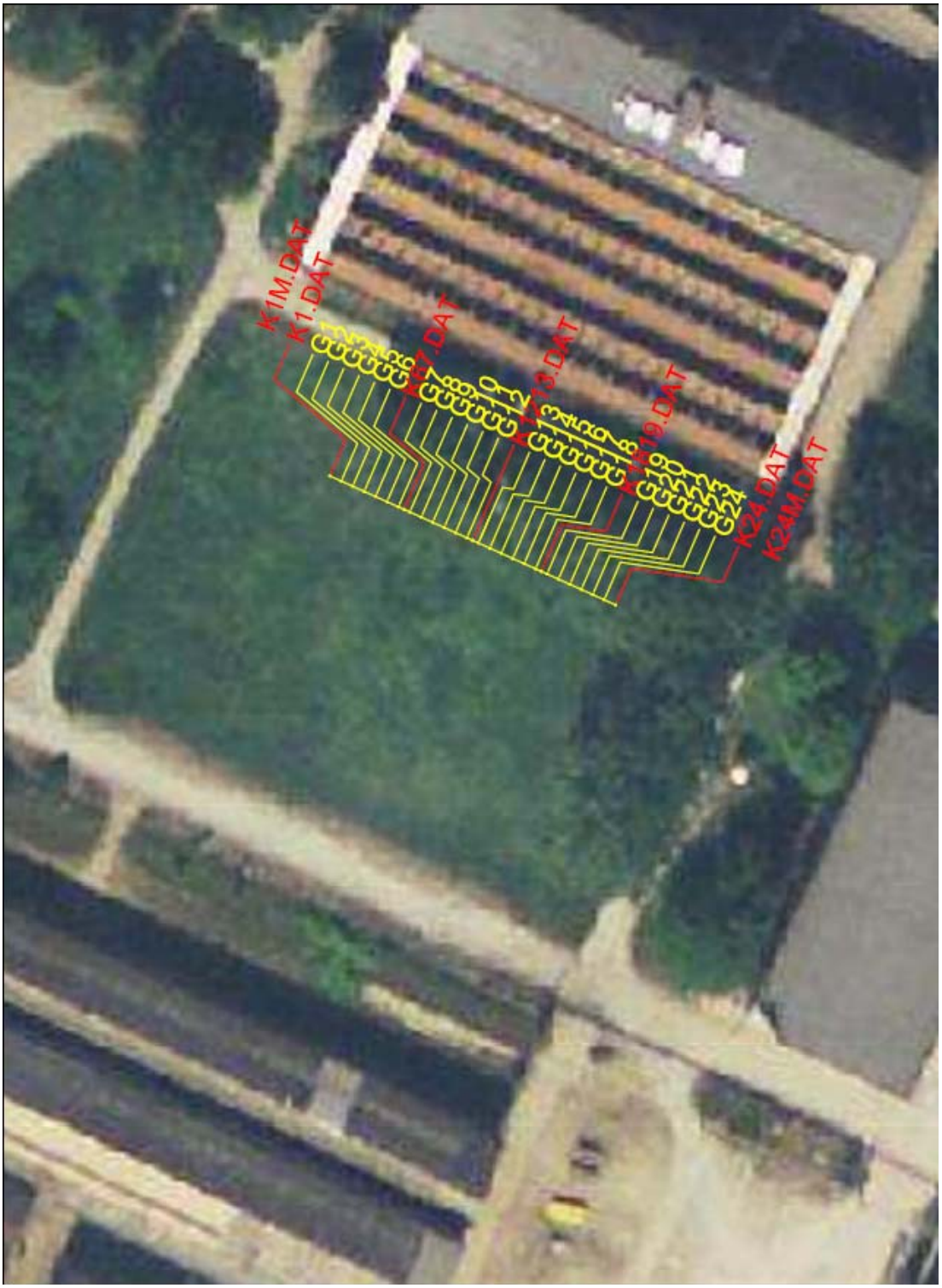
2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

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. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA “K“



SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "K"

Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "K"

File Reference	
1	K1.DAT
2	K67.DAT
3	K1213.DAT
4	K1819.DAT
5	K24.DAT
MASW	K24M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-2,00	0,00	0,00
2	0,00	11,00	0,00	0,00
3	0,00	23,00	0,00	0,00
4	0,00	35,00	0,00	0,00
5	0,00	48,00	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	4,92	24,00	36,24	41,11	51,06
2	0,00	2,00	0,00	10,84	22,44	34,92	39,81	49,77
3	0,00	4,00	0,00	16,92	21,36	34,02	39,18	49,08
4	0,00	6,00	0,00	20,64	20,04	33,00	38,41	48,24
5	0,00	8,00	0,00	22,88	16,08	31,60	37,12	46,55
6	0,00	10,00	0,00	24,59	4,52	30,20	35,40	45,48
7	0,00	12,00	0,00	25,78	4,52	28,64	33,72	44,26
8	0,00	14,00	0,00	27,84	11,91	26,96	32,88	42,99
9	0,00	16,00	0,00	29,92	21,32	20,88	31,48	41,72
10	0,00	18,00	0,00	30,72	24,12	15,24	30,48	40,44
11	0,00	20,00	0,00	31,73	25,01	9,32	29,36	39,36
12	0,00	22,00	0,00	33,55	26,72	3,08	28,08	37,89
13	0,00	24,00	0,00	34,81	28,17	3,20	26,68	36,62
14	0,00	26,00	0,00	36,75	29,45	9,04	22,16	35,35
15	0,00	28,00	0,00	38,31	30,57	15,05	15,92	34,07
16	0,00	30,00	0,00	39,50	31,70	21,16	10,00	32,80
17	0,00	32,00	0,00	41,08	32,72	26,76	4,08	31,53
18	0,00	34,00	0,00	42,52	34,72	30,92	1,56	30,66
19	0,00	36,00	0,00	44,66	36,40	32,36	1,69	29,58
20	0,00	38,00	0,00	47,04	37,68	34,04	4,03	27,08
21	0,00	40,00	0,00	49,24	39,52	35,92	9,89	21,56
22	0,00	42,00	0,00	50,52	40,68	37,44	15,71	15,18
23	0,00	44,00	0,00	51,08	42,05	38,57	20,91	8,40
24	0,00	46,00	0,00	52,05	43,14	39,95	23,11	3,06

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	2,73	8,14	0,00	0,00
2	2,00	2,87	8,21	0,00	0,00
3	4,00	3,01	8,21	0,00	0,00
4	6,00	3,14	8,45	0,00	0,00
5	8,00	3,23	8,39	0,00	0,00
6	10,00	3,28	8,51	0,00	0,00
7	12,00	3,37	8,71	0,00	0,00
8	14,00	3,50	8,80	0,00	0,00
9	16,00	3,62	8,88	0,00	0,00
10	18,00	3,70	8,95	0,00	0,00
11	20,00	3,75	9,00	0,00	0,00
12	22,00	3,78	9,04	0,00	0,00
13	24,00	3,78	9,08	0,00	0,00
14	26,00	3,79	9,08	0,00	0,00
15	28,00	3,78	9,09	0,00	0,00
16	30,00	3,76	9,10	0,00	0,00
17	32,00	3,79	9,12	0,00	0,00
18	34,00	3,83	9,14	0,00	0,00
19	36,00	3,90	9,22	0,00	0,00
20	38,00	3,98	9,33	0,00	0,00
21	40,00	3,98	9,36	0,00	0,00
22	42,00	3,78	9,36	0,00	0,00
23	44,00	3,55	9,61	0,00	0,00
24	46,00	3,43	9,79	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	366
2	1364
3	1473
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "K"

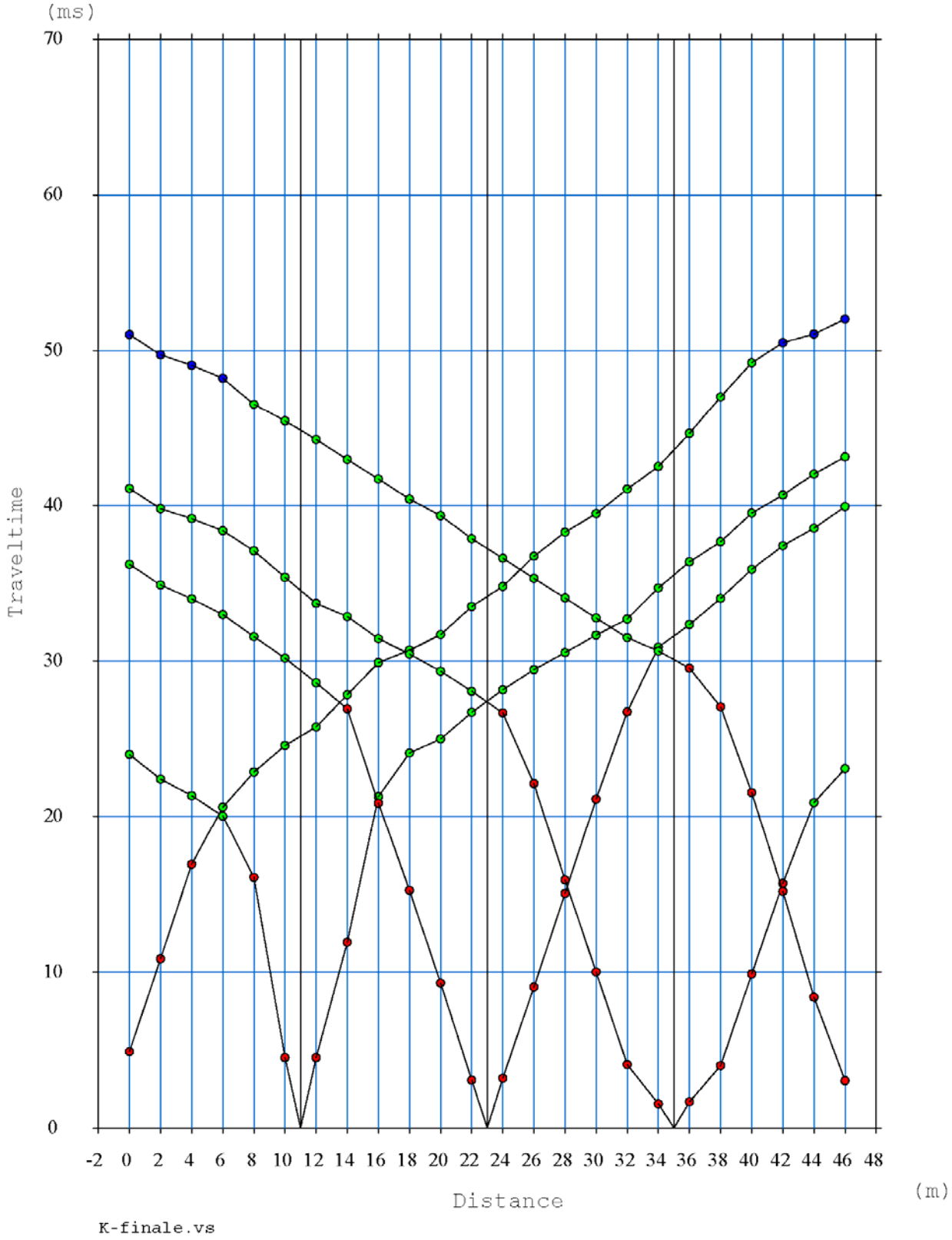


Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "K"

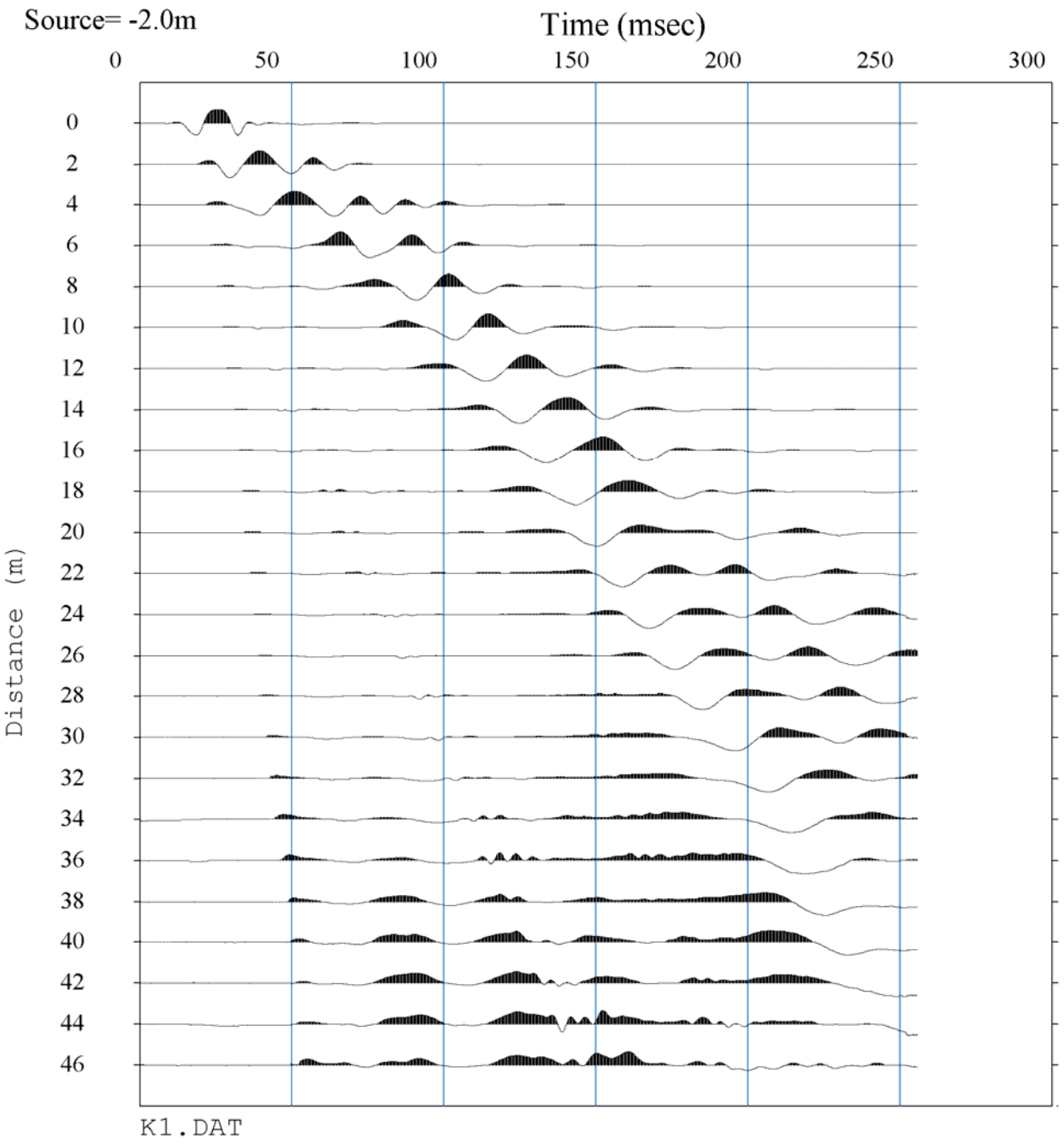


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "K"

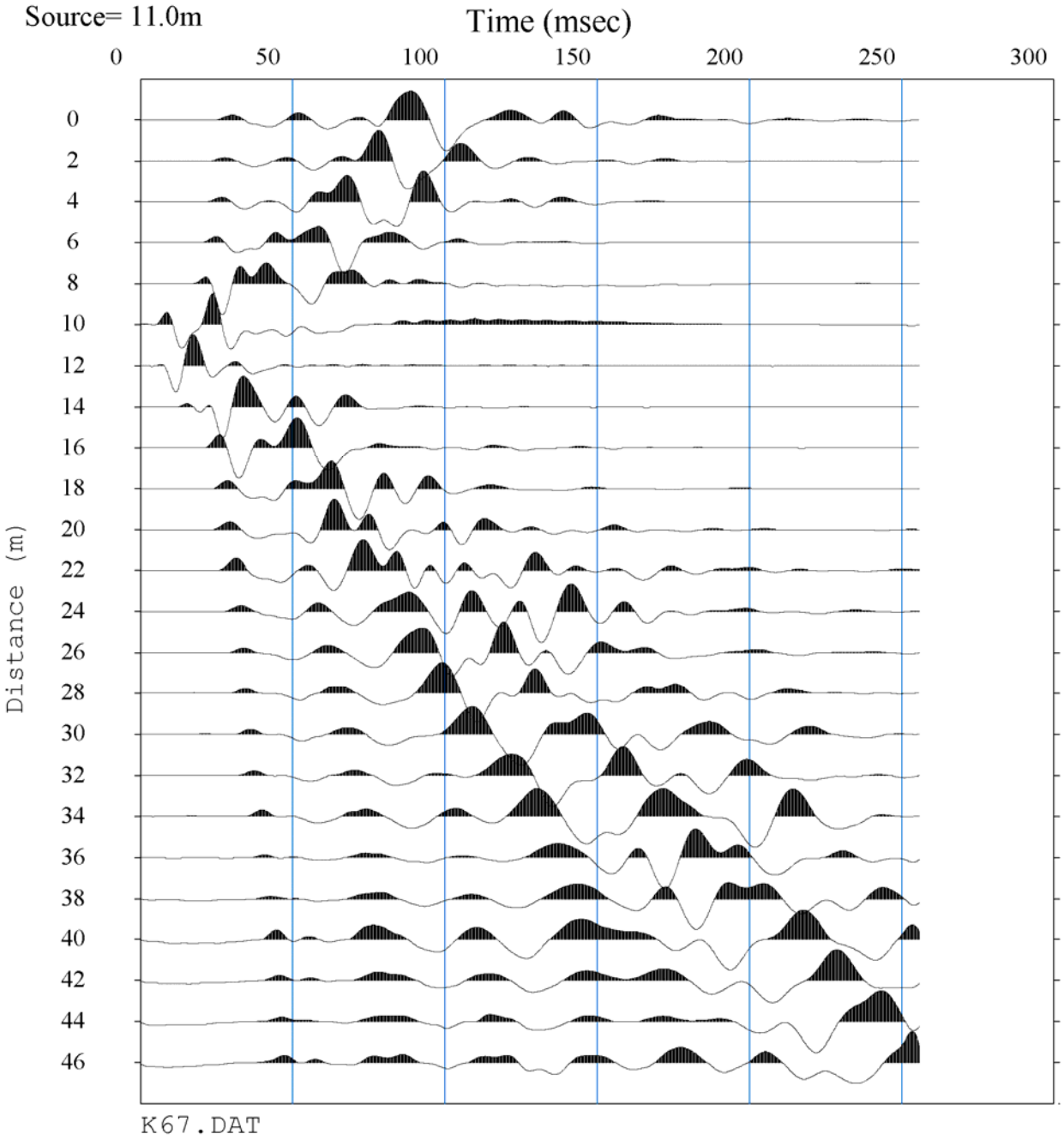


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "K"

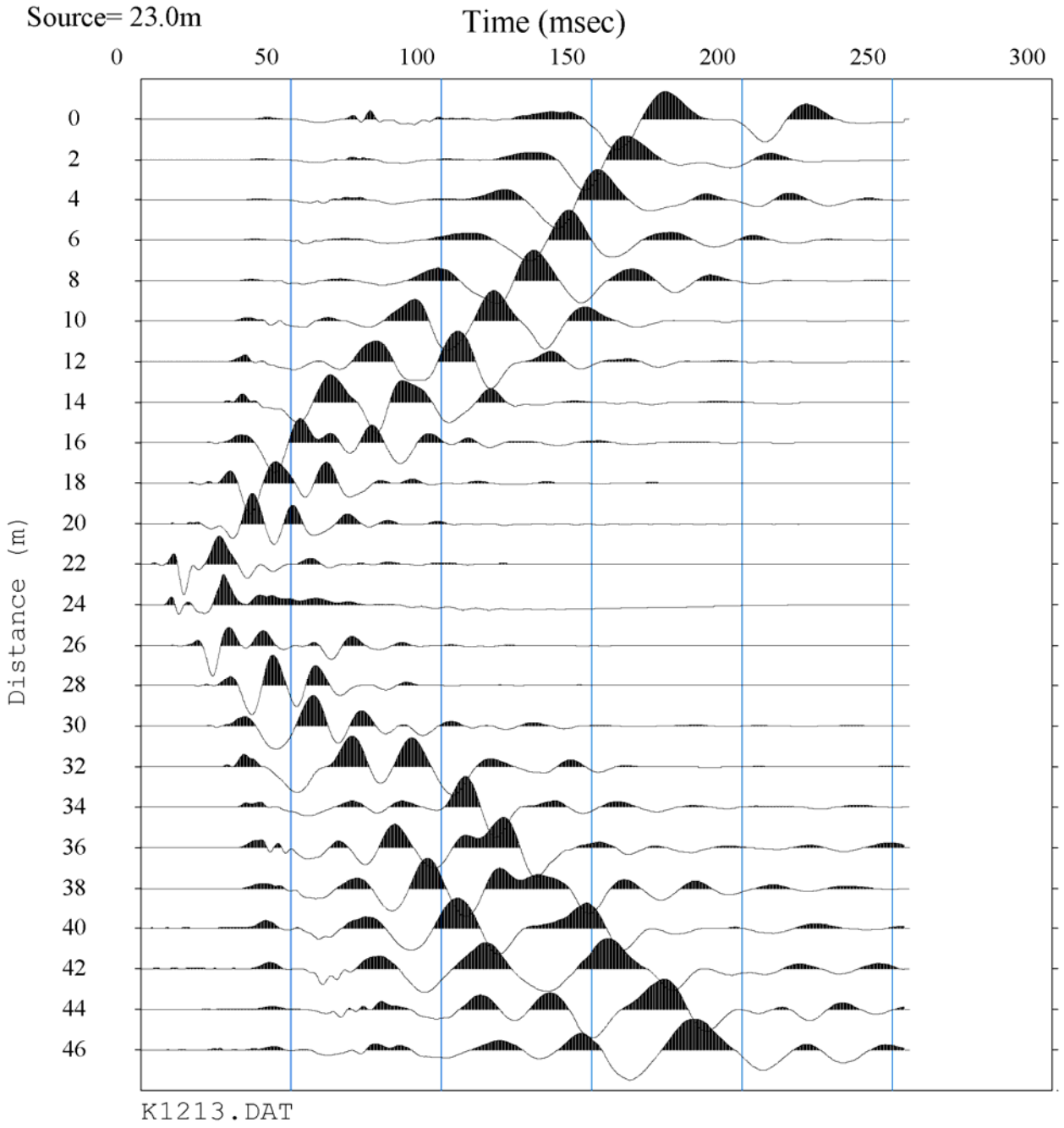


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "K"

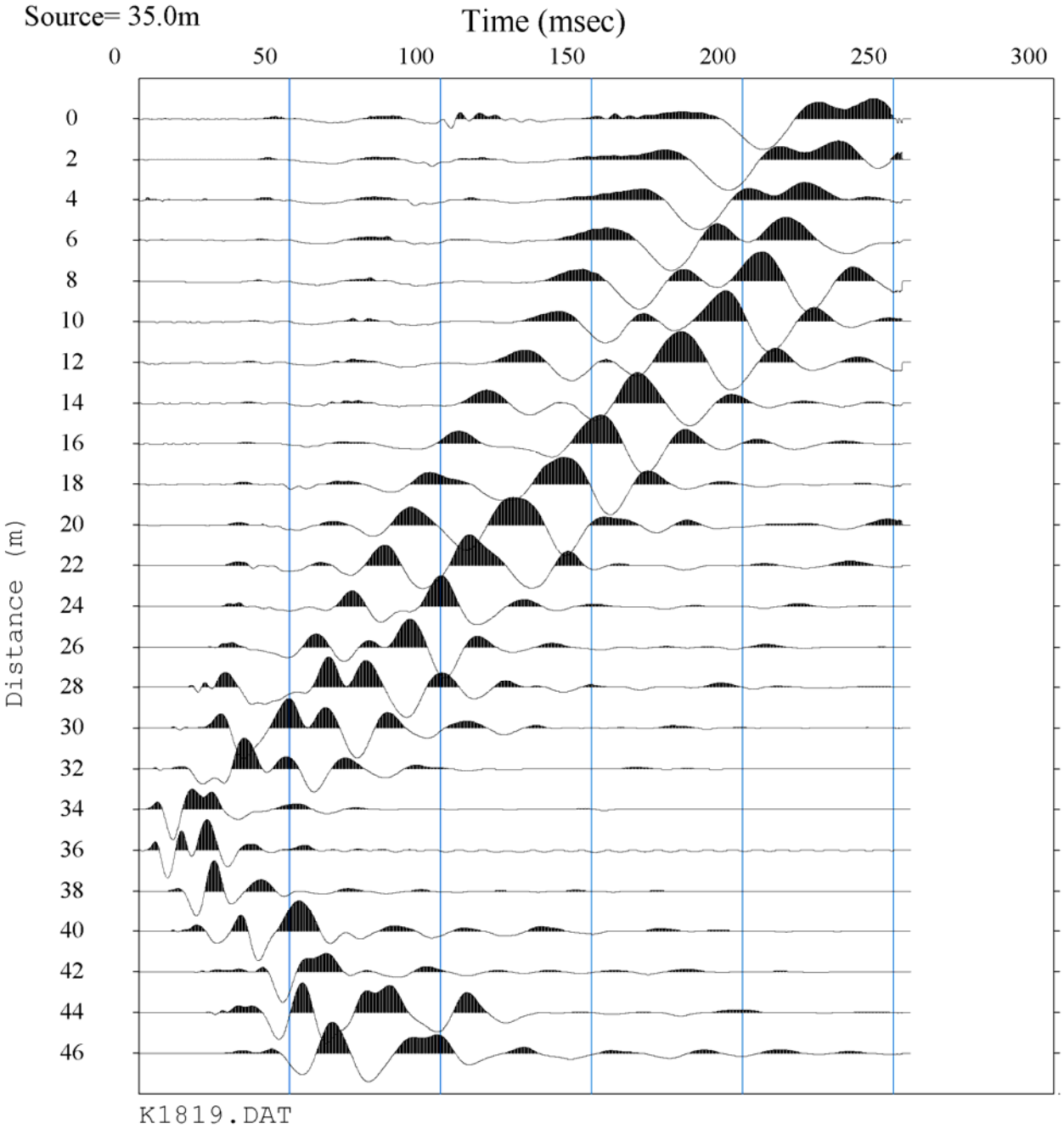


Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "K"

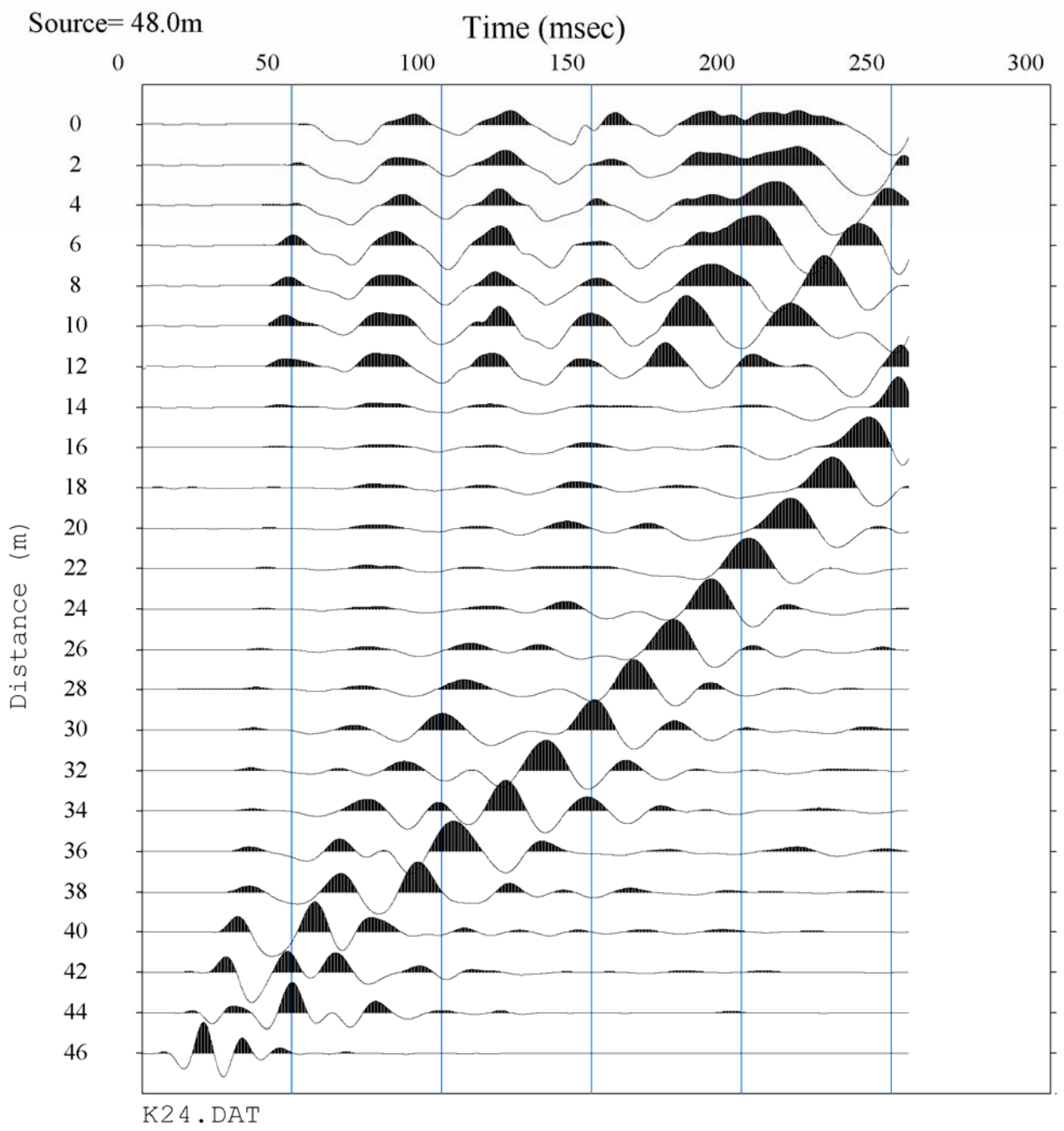
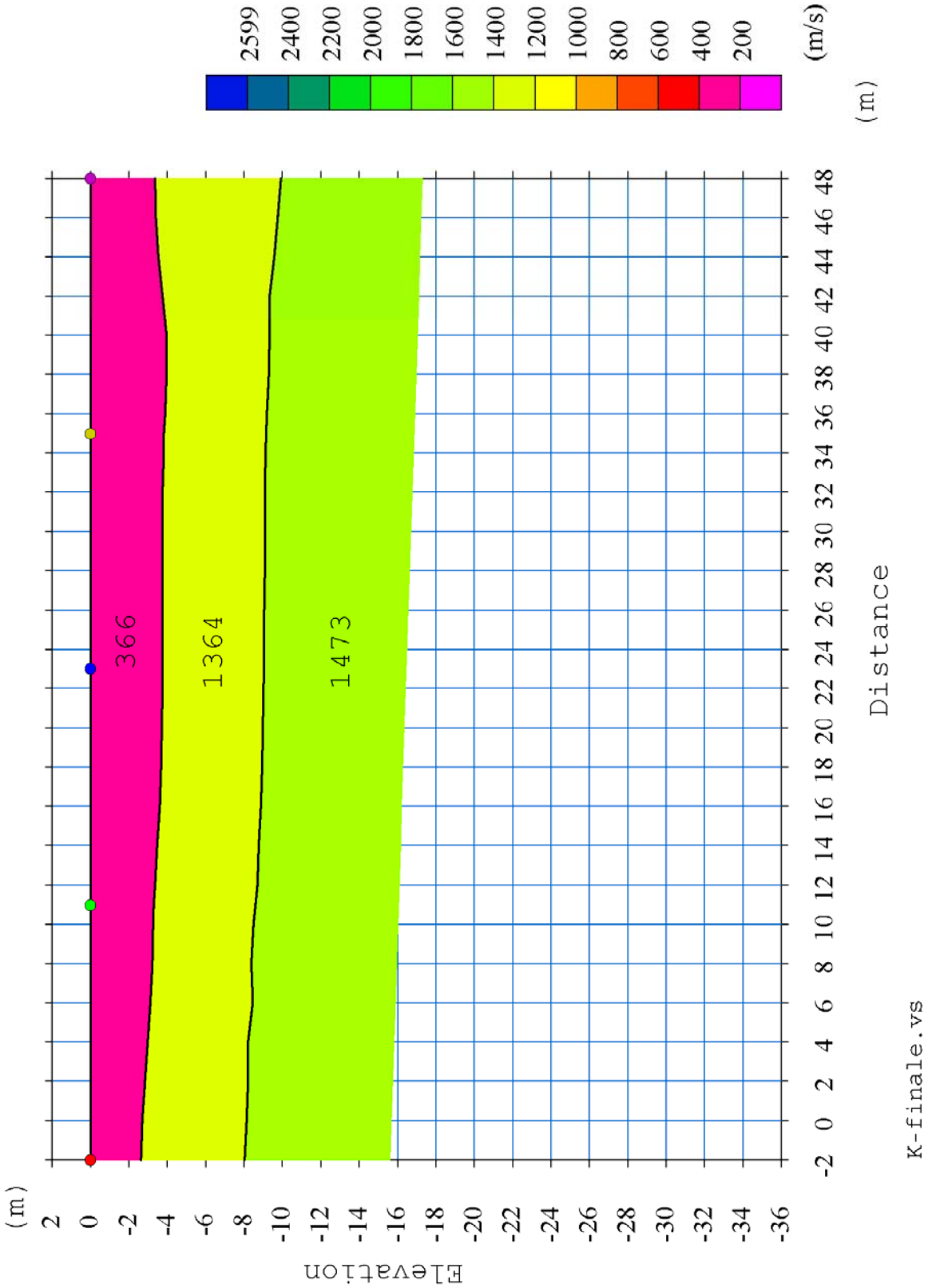


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "K"



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

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. 2,00 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 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "K"

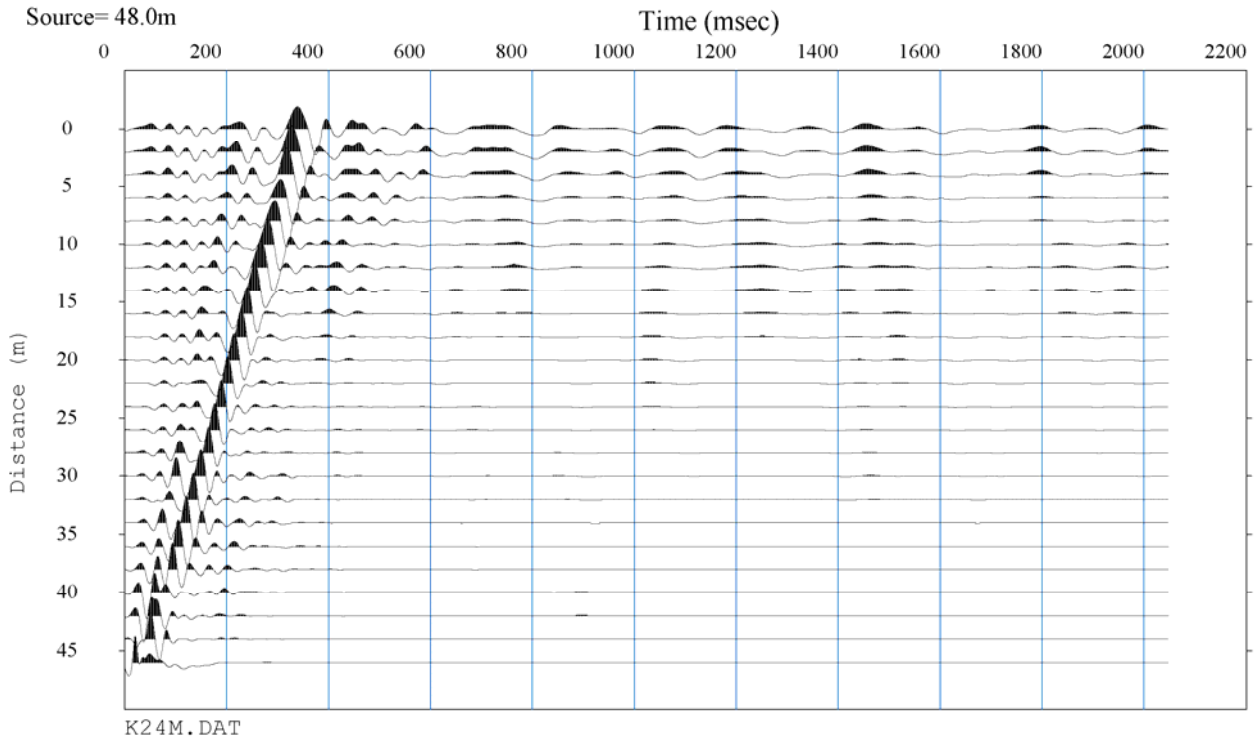


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "K"

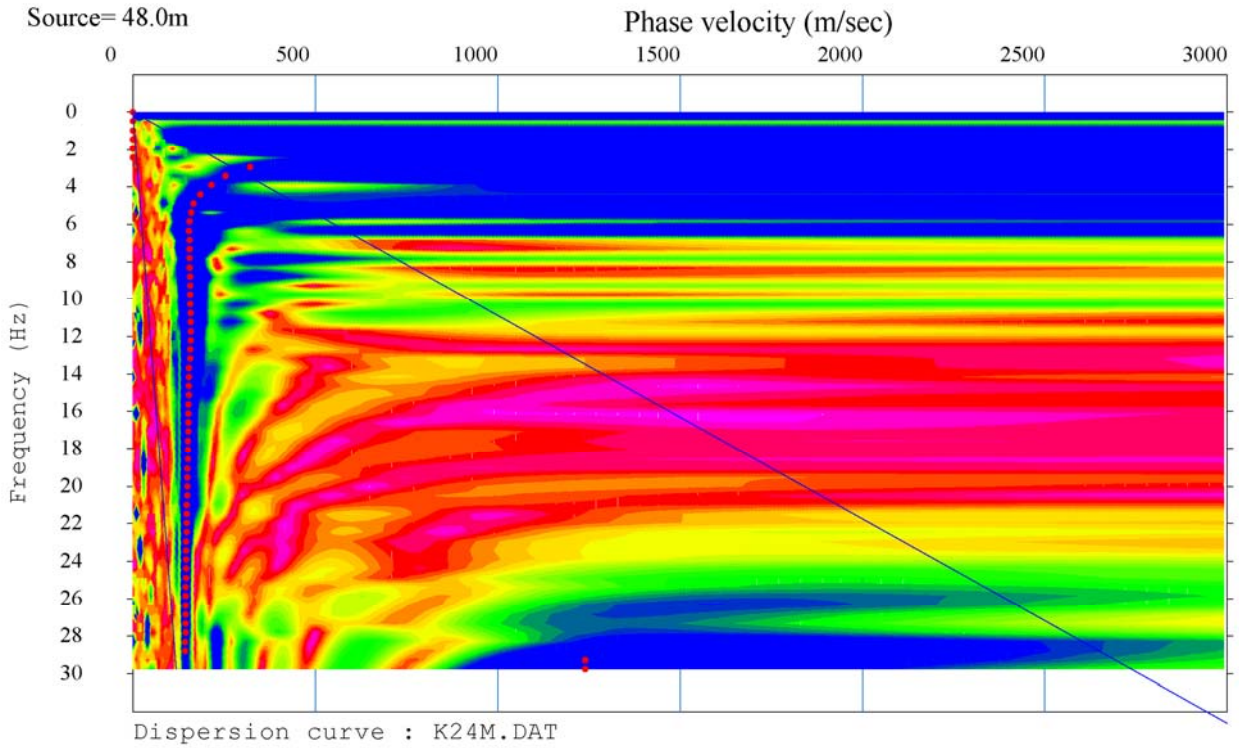


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "K"

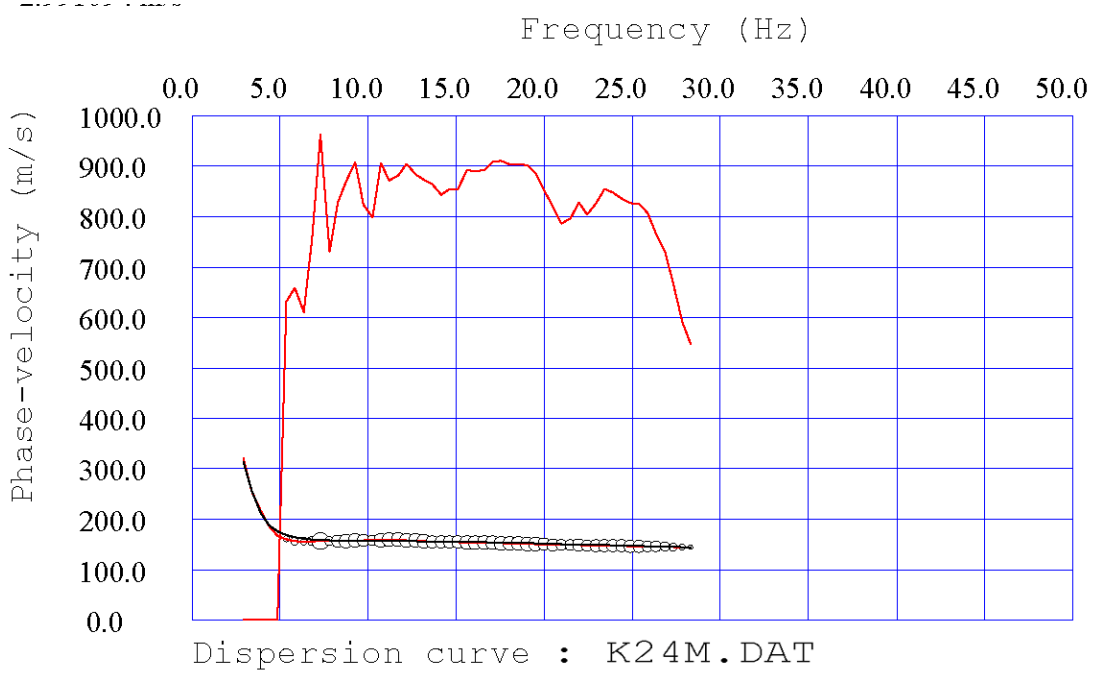
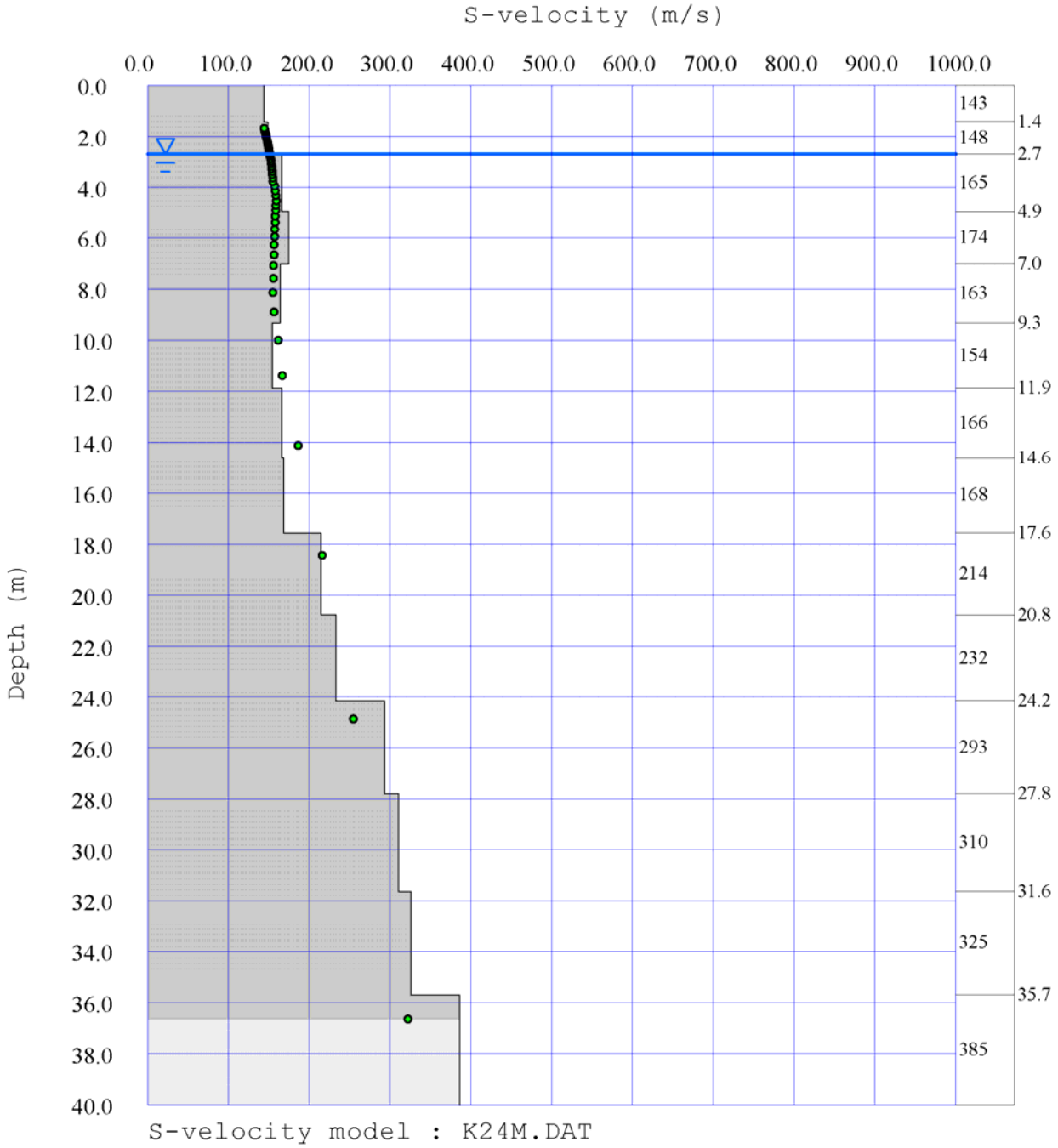


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "K"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "K"

- 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 366 m/sec, 1364 m/sec e 1473 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 11.

- 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/m^3]**
h1	-1,43	1,43	143	312	13,431
h2	-2,70	1,27	149	320	13,462
h3	-4,95	2,25	166	1477	17,461
h4	-7,03	2,08	175	1479	17,465
h5	-9,34	2,31	164	1477	17,459
h6	-11,87	2,53	154	1487	17,491
h7	-14,62	2,75	166	1513	17,574
h8	-17,58	2,96	168	1513	17,574
h9	-20,77	3,19	215	1549	17,687
h10	-24,18	3,41	233	1549	17,687
h11	-27,80	3,62	293	1596	17,832
h12	-31,65	3,85	310	1596	17,832
h13	-35,71	4,06	326	1596	17,832
h14	-48,57	12,86	386	1647	17,991

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.386292%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=14.685406 m/s (6.667939%)	Iteration=1 RMS=12.055246 m/s (5.333420%)
Iteration=2 RMS=9.905222 m/s (4.262135%)	Iteration=3 RMS=8.172220 m/s (3.421067%)
Iteration=4 RMS=6.785575 m/s (2.791689%)	Iteration=5 RMS=5.689612 m/s (2.320392%)
Iteration=6 RMS=4.830854 m/s (1.977424%)	Iteration=7 RMS=4.165925 m/s (1.727821%)
Iteration=8 RMS=3.657692 m/s (1.535715%)	Iteration=9 RMS=3.274821 m/s (1.386292%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,43	1,43000	143	0,00998	
h2	-2,70	1,27000	149	0,00854	
h3	-4,95	2,25000	166	0,01356	
h4	-7,03	2,08000	175	0,01191	
h5	-9,34	2,31000	164	0,01409	
h6	-11,87	2,53000	154	0,01642	
h7	-14,62	2,75000	166	0,01656	
h8	-17,58	2,96000	168	0,01759	
h9	-20,77	3,19000	215	0,01487	
h10	-24,18	3,41000	233	0,01464	
h11	-27,80	3,62000	293	0,01234	
h12	-30,00	2,20000	310	0,00709	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15760
			$V_{s,30}$	**190**	**[m/s]**

8 BASE SISMICA “L“

SCALA 1:1.000

Figura 16: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "L"

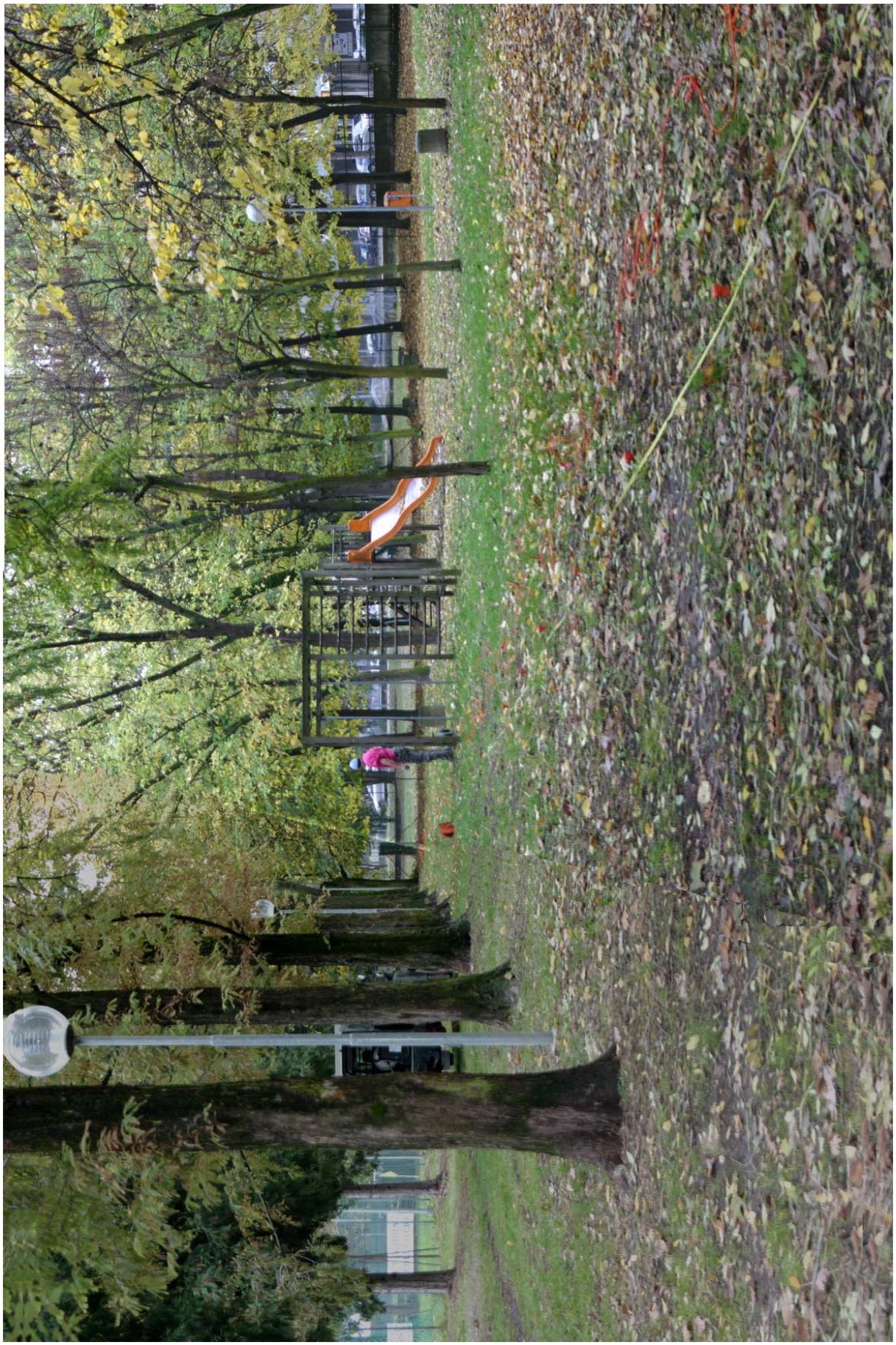


Figura 17: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "L"

File Reference	
1	L1.DAT
2	L67.DAT
3	L1213.DAT
4	L1819.DAT
5	L24.DAT
MASW	L24M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0.00	-2.00	0.00	0.00
2	0.00	11.00	0.00	0.00
3	0.00	23.00	0.00	0.00
4	0.00	35.00	0.00	0.00
5	0.00	48.00	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	4.64	23.84	35.00	41.43	46.77
2	0.00	2.00	0.00	10.38	21.96	34.12	40.72	46.21
3	0.00	4.00	0.00	16.36	19.12	32.88	39.20	45.76
4	0.00	6.00	0.00	21.88	13.32	30.84	38.24	45.17
5	0.00	8.00	0.00	24.88	7.36	29.44	36.36	44.19
6	0.00	10.00	0.00	26.57	1.60	26.89	34.68	43.21
7	0.00	12.00	0.00	27.92	1.44	25.32	33.08	42.23
8	0.00	14.00	0.00	29.88	7.12	23.20	32.08	41.26
9	0.00	16.00	0.00	31.56	13.32	21.08	31.04	40.28
10	0.00	18.00	0.00	33.60	19.04	18.92	29.96	39.30
11	0.00	20.00	0.00	35.92	22.52	13.32	28.16	38.32
12	0.00	22.00	0.00	36.72	24.80	1.32	26.76	37.34
13	0.00	24.00	0.00	38.04	26.76	1.68	24.72	35.56
14	0.00	26.00	0.00	39.12	28.64	15.28	21.53	33.52
15	0.00	28.00	0.00	40.36	29.68	19.72	20.44	32.00
16	0.00	30.00	0.00	41.76	31.28	21.96	17.88	30.84
17	0.00	32.00	0.00	42.48	32.36	24.00	12.36	30.04
18	0.00	34.00	0.00	43.12	33.68	25.60	3.36	28.28
19	0.00	36.00	0.00	44.72	35.04	27.48	3.28	27.28
20	0.00	38.00	0.00	45.52	35.64	28.39	11.92	25.60
21	0.00	40.00	0.00	46.48	36.16	30.21	17.88	21.32
22	0.00	42.00	0.00	46.92	37.44	32.00	21.44	12.68
23	0.00	44.00	0.00	47.28	38.48	32.80	22.84	7.93
24	0.00	46.00	0.00	47.64	38.92	33.57	24.64	4.18

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0.00	3.26	12.10	0.00	0.00
2	2.00	3.25	12.10	0.00	0.00
3	4.00	3.31	12.00	0.00	0.00
4	6.00	3.23	11.73	0.00	0.00
5	8.00	3.09	11.49	0.00	0.00
6	10.00	2.99	11.29	0.00	0.00
7	12.00	2.94	11.10	0.00	0.00
8	14.00	2.98	11.09	0.00	0.00
9	16.00	3.10	11.12	0.00	0.00
10	18.00	3.23	11.17	0.00	0.00
11	20.00	3.31	11.21	0.00	0.00
12	22.00	3.35	11.23	0.00	0.00
13	24.00	3.30	11.22	0.00	0.00
14	26.00	3.21	11.21	0.00	0.00
15	28.00	3.18	11.19	0.00	0.00
16	30.00	3.18	11.18	0.00	0.00
17	32.00	3.17	11.17	0.00	0.00
18	34.00	3.15	11.16	0.00	0.00
19	36.00	3.12	11.05	0.00	0.00
20	38.00	3.05	10.84	0.00	0.00
21	40.00	3.01	10.51	0.00	0.00
22	42.00	3.00	10.13	0.00	0.00
23	44.00	3.01	9.90	0.00	0.00
24	46.00	3.01	9.90	0.00	0.00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	349
2	1419
3	2407
4	
5	

Figura 18: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "L"

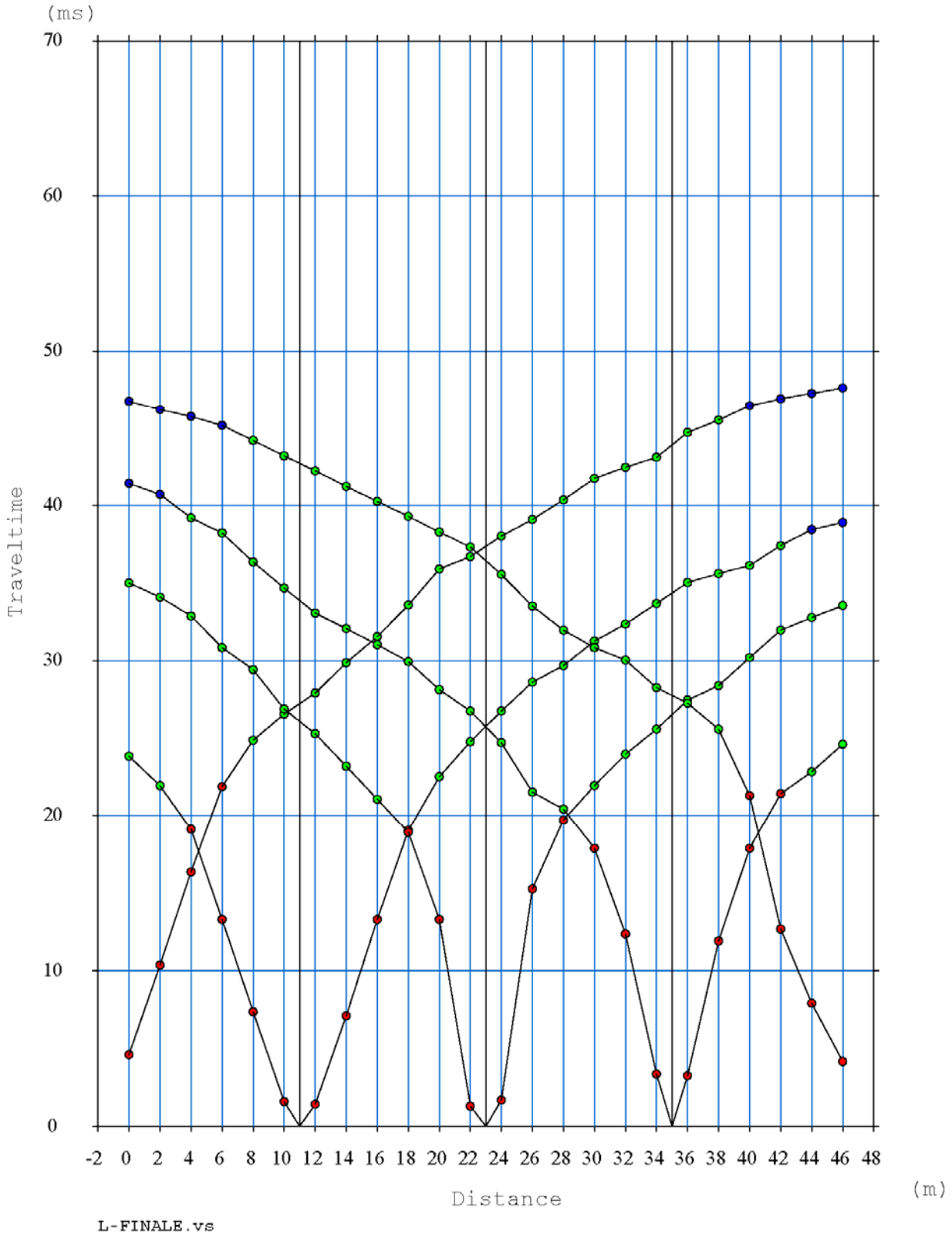


Figura 19: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "L"

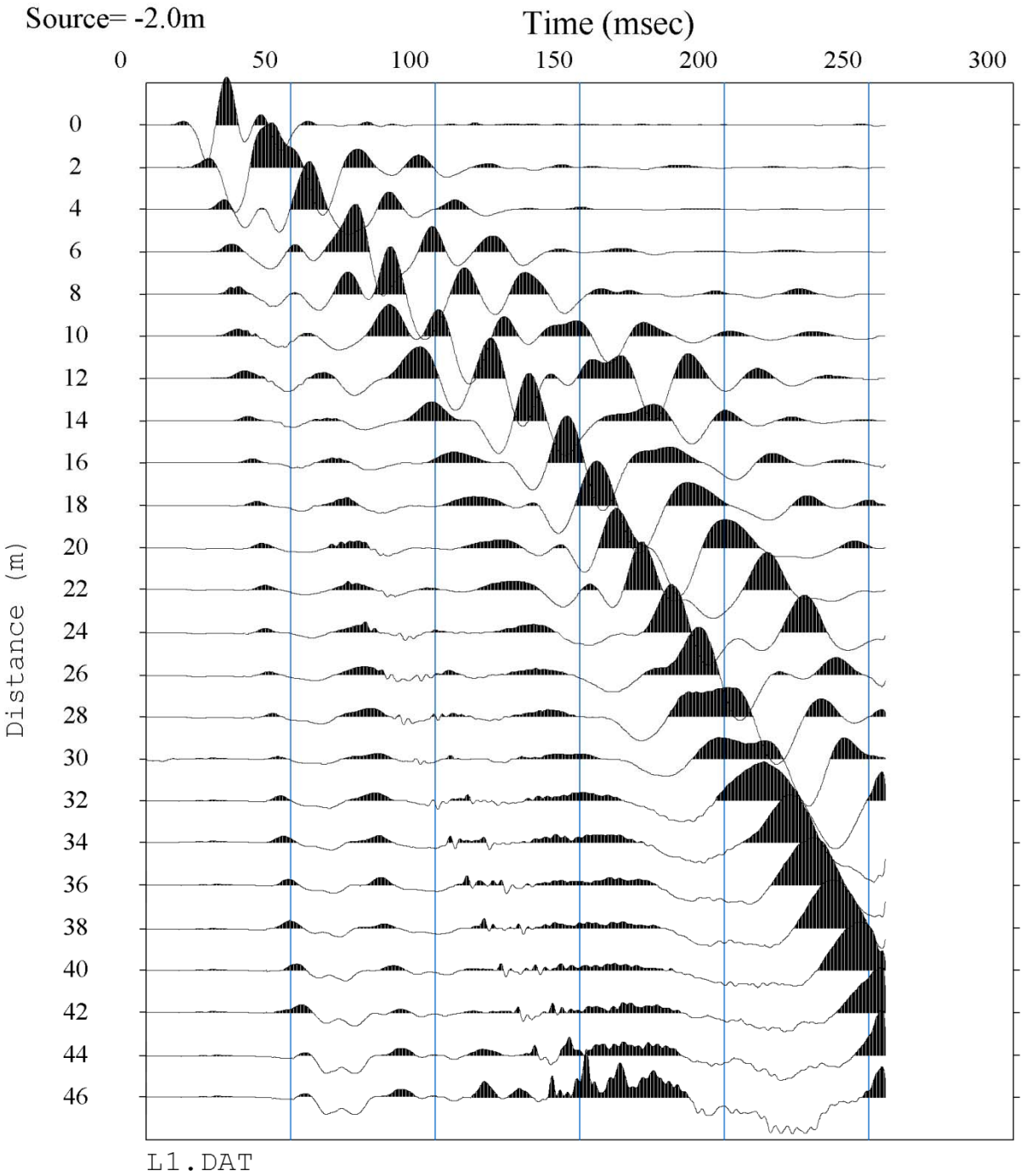


Figura 20: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "L"

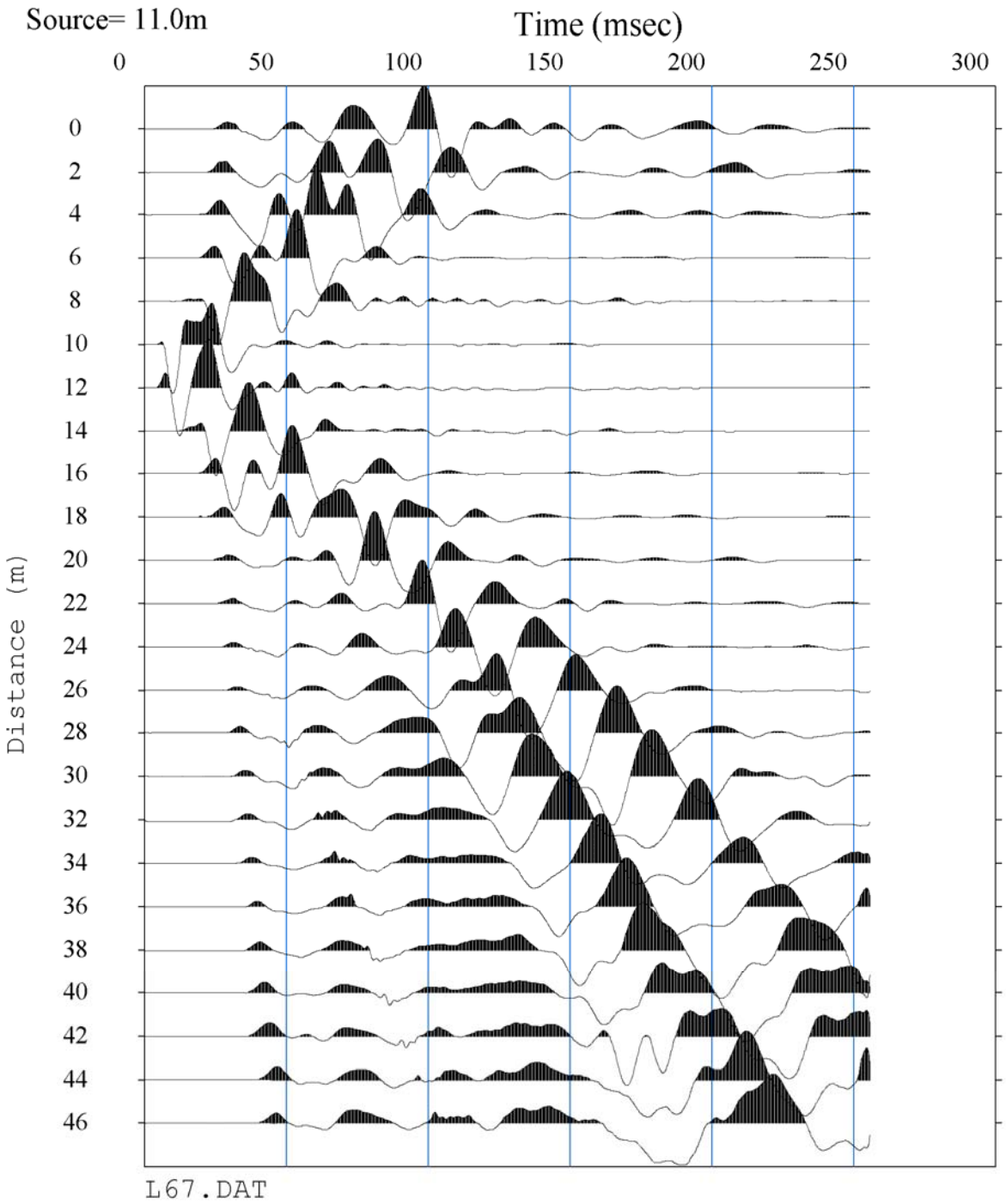


Figura 21: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "L"

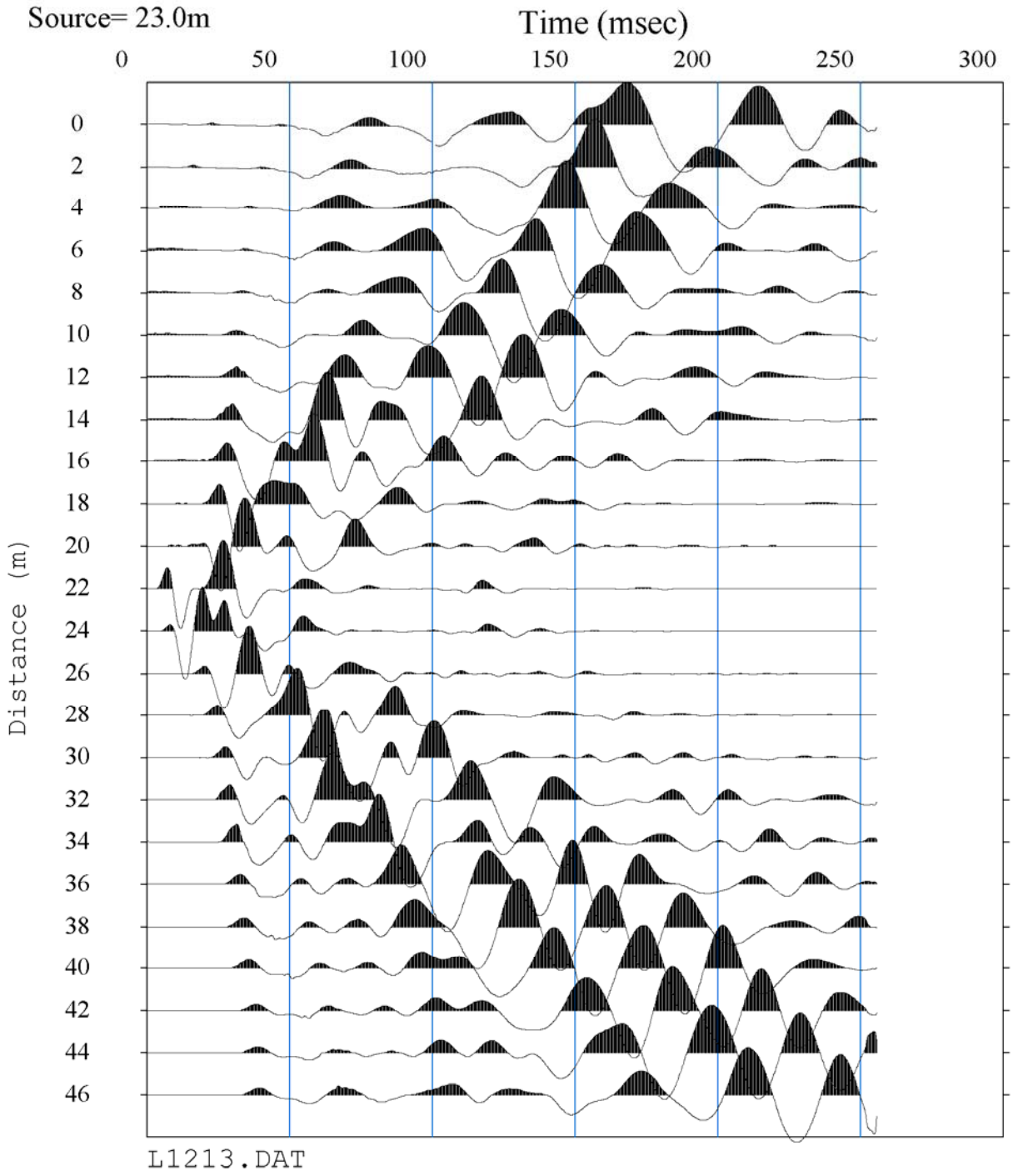


Figura 22: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "L"

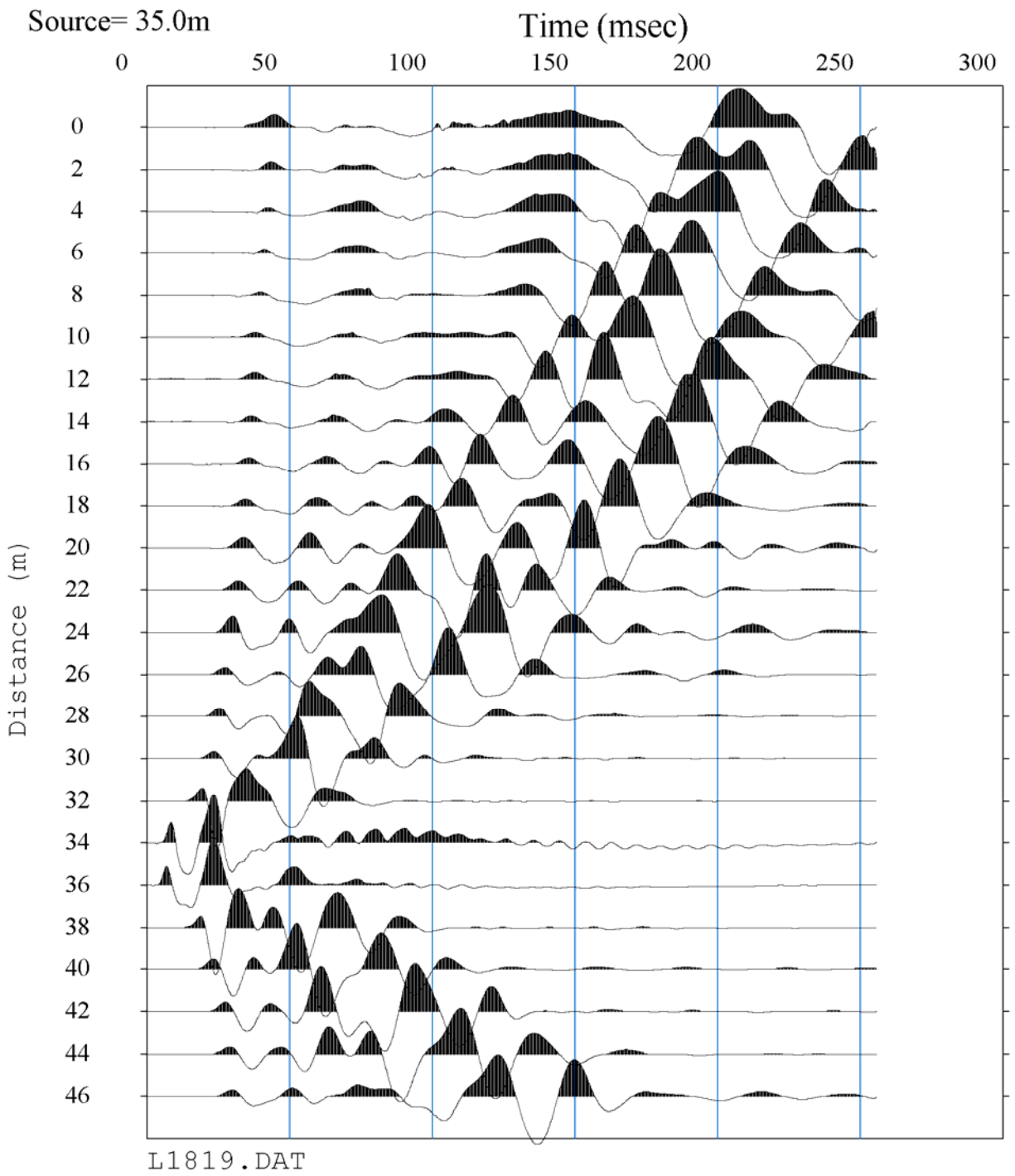


Figura 23: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "L"

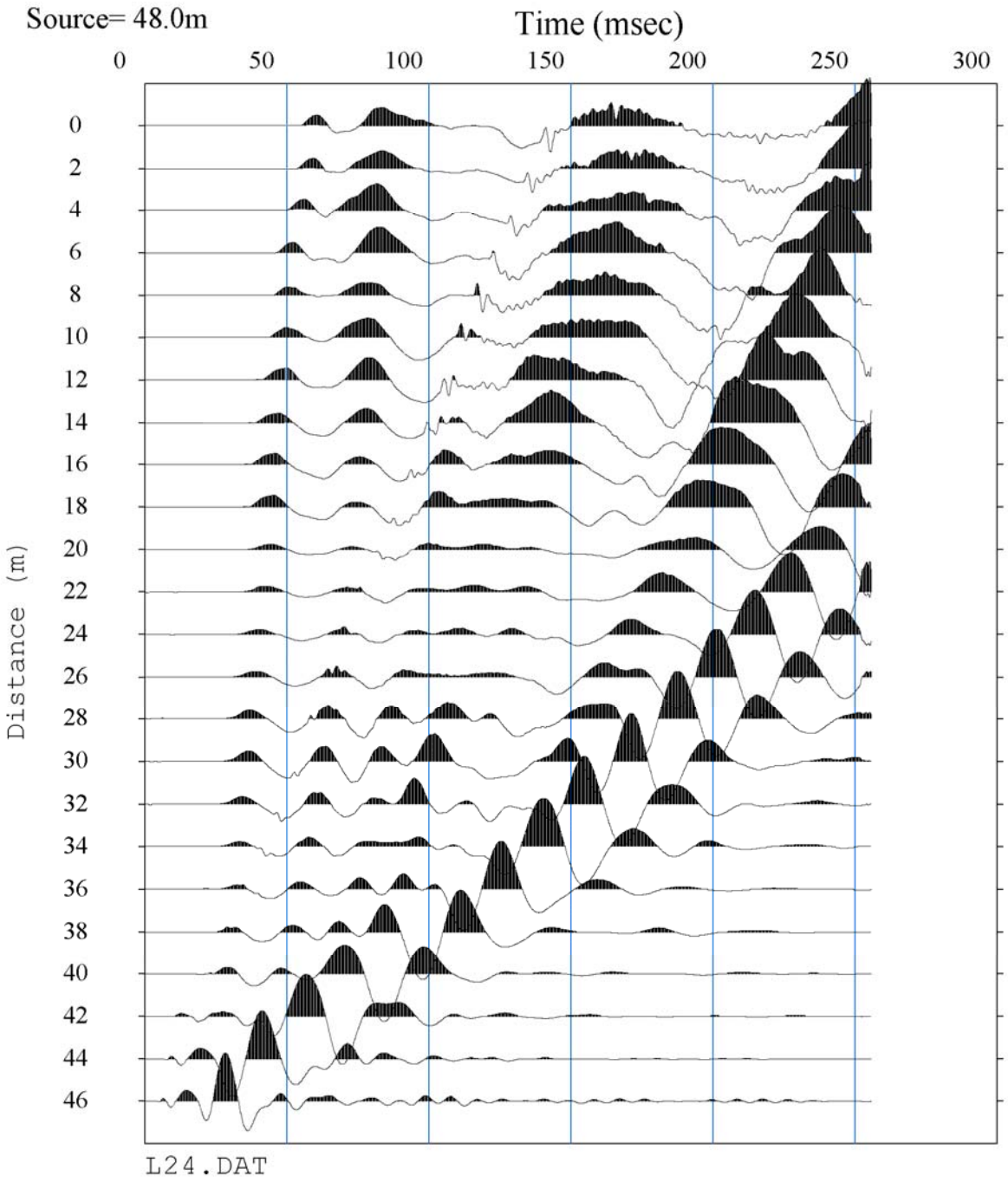
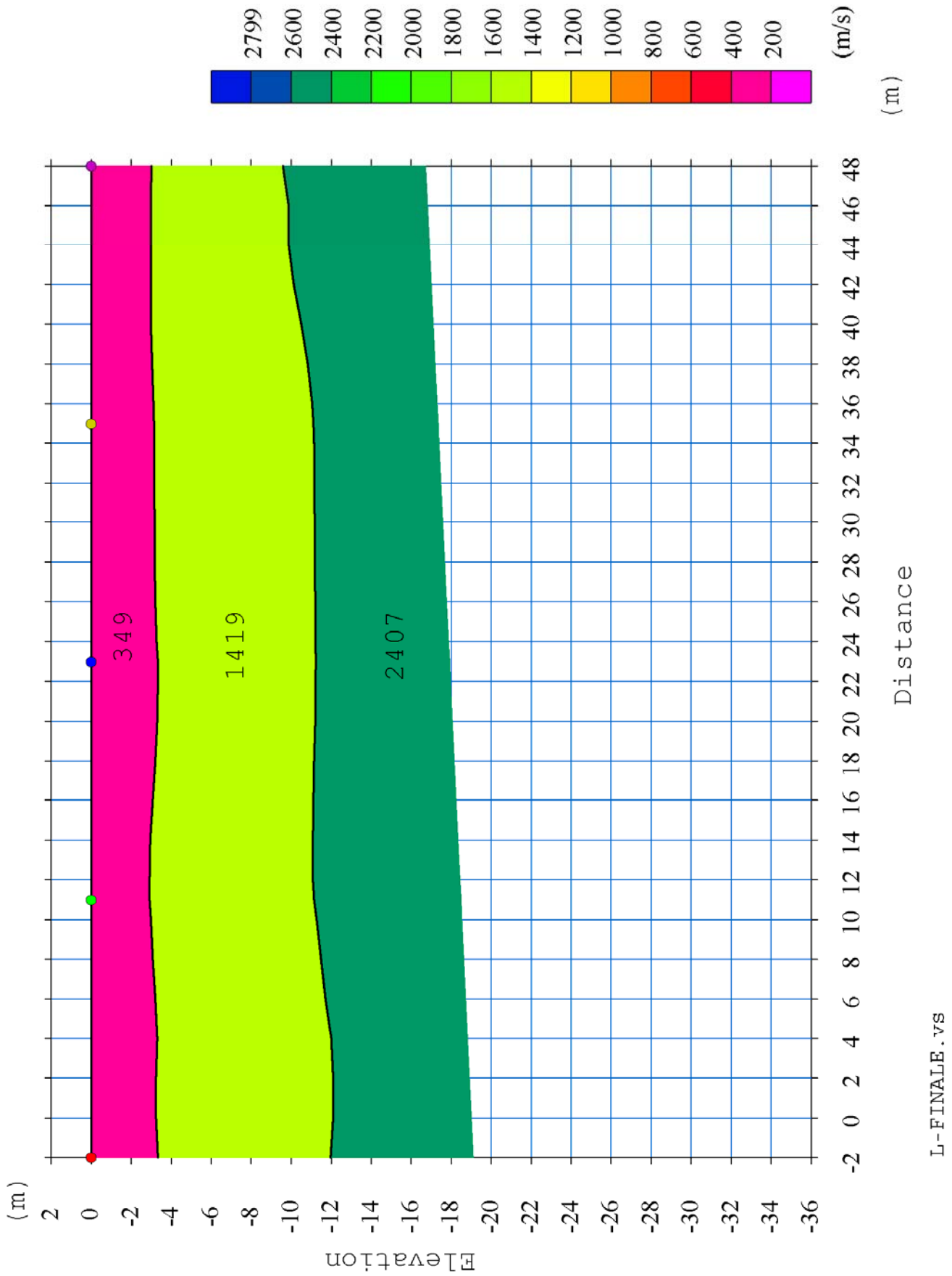


Figura 24: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "L"



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

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. 2,00 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 25: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "L"

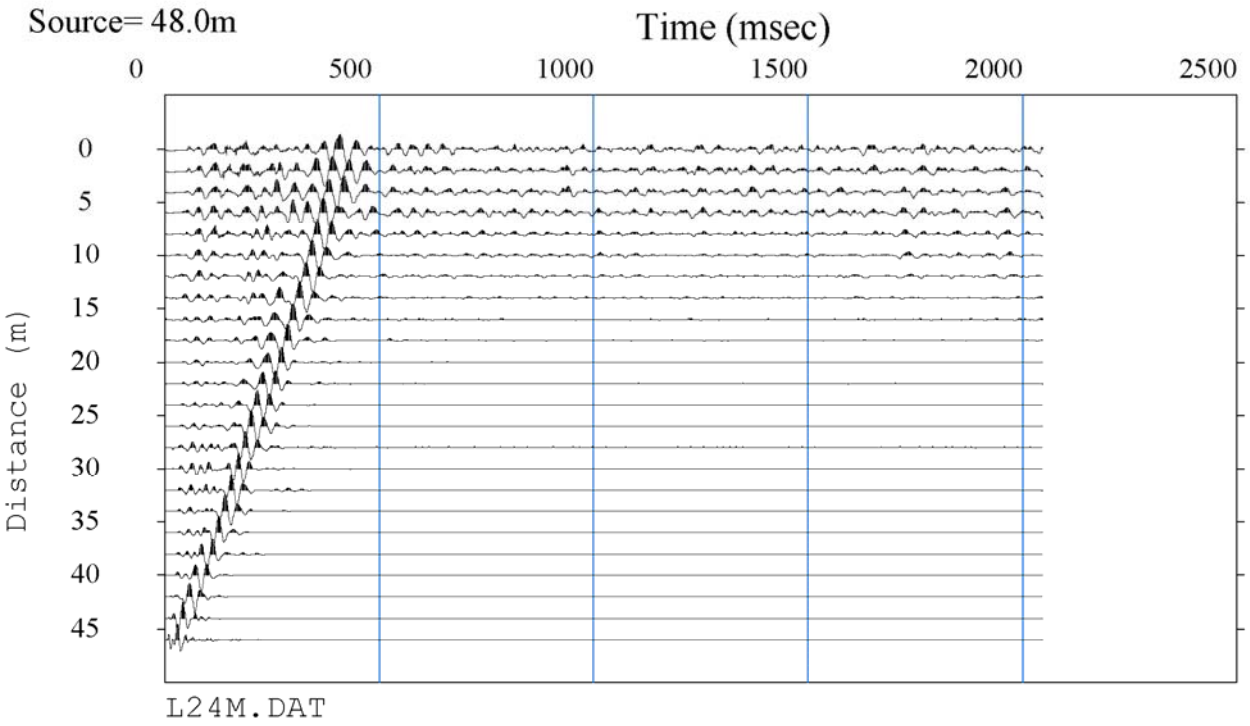


Figura 26: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "L"

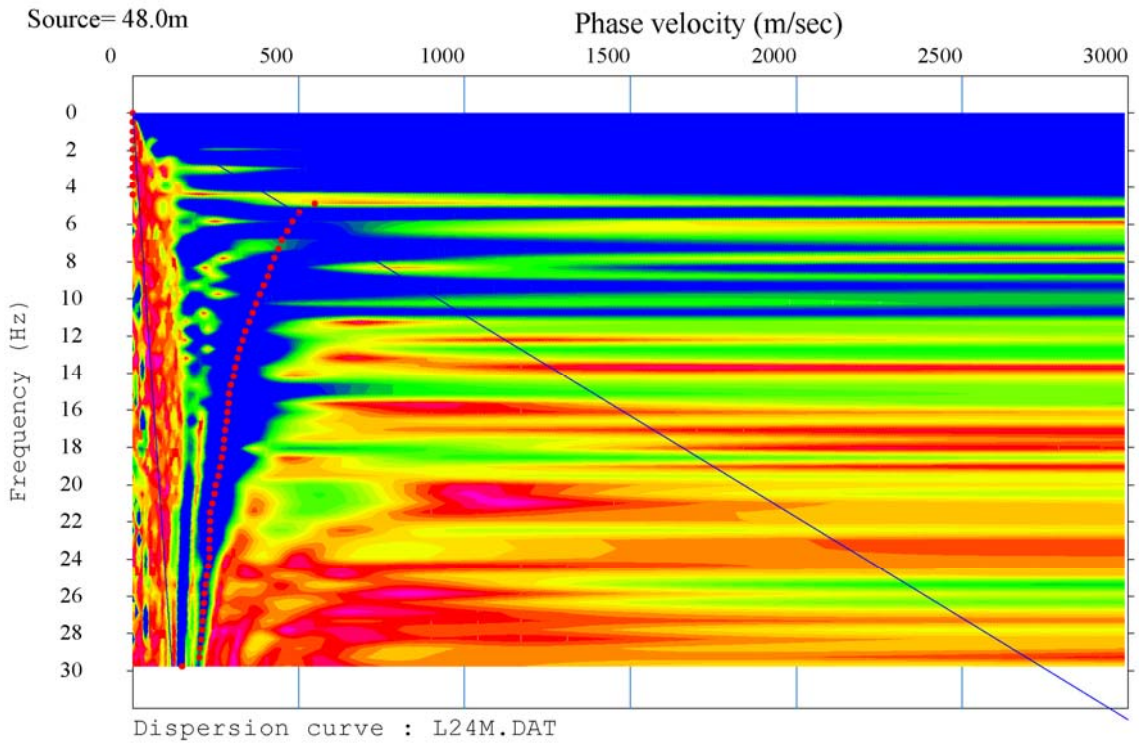


Figura 27: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "L"

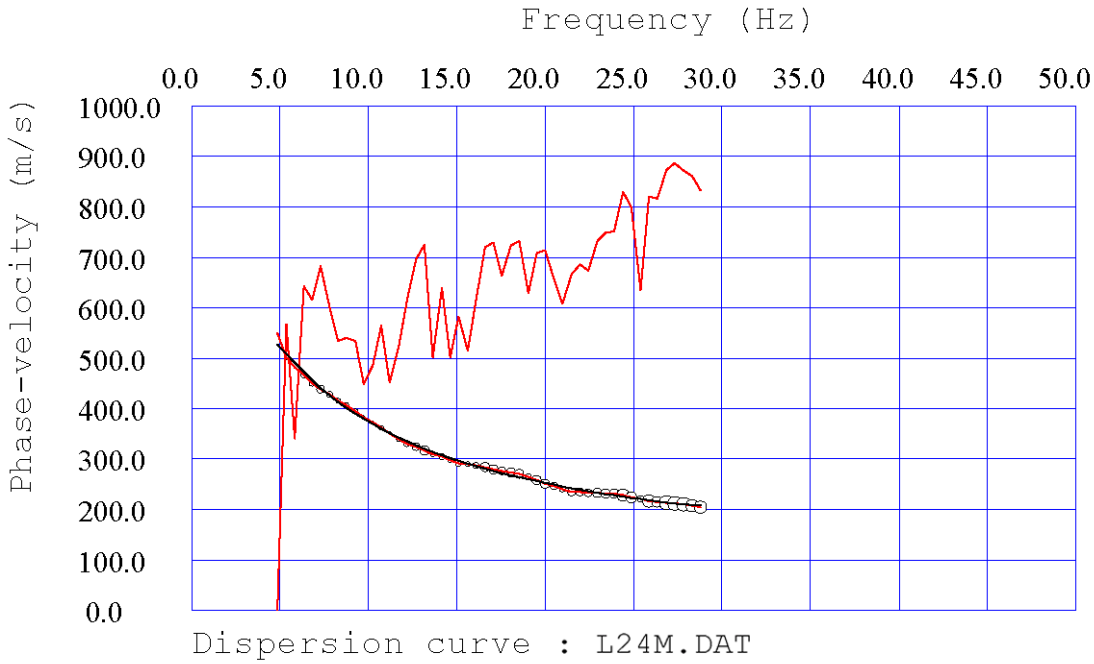
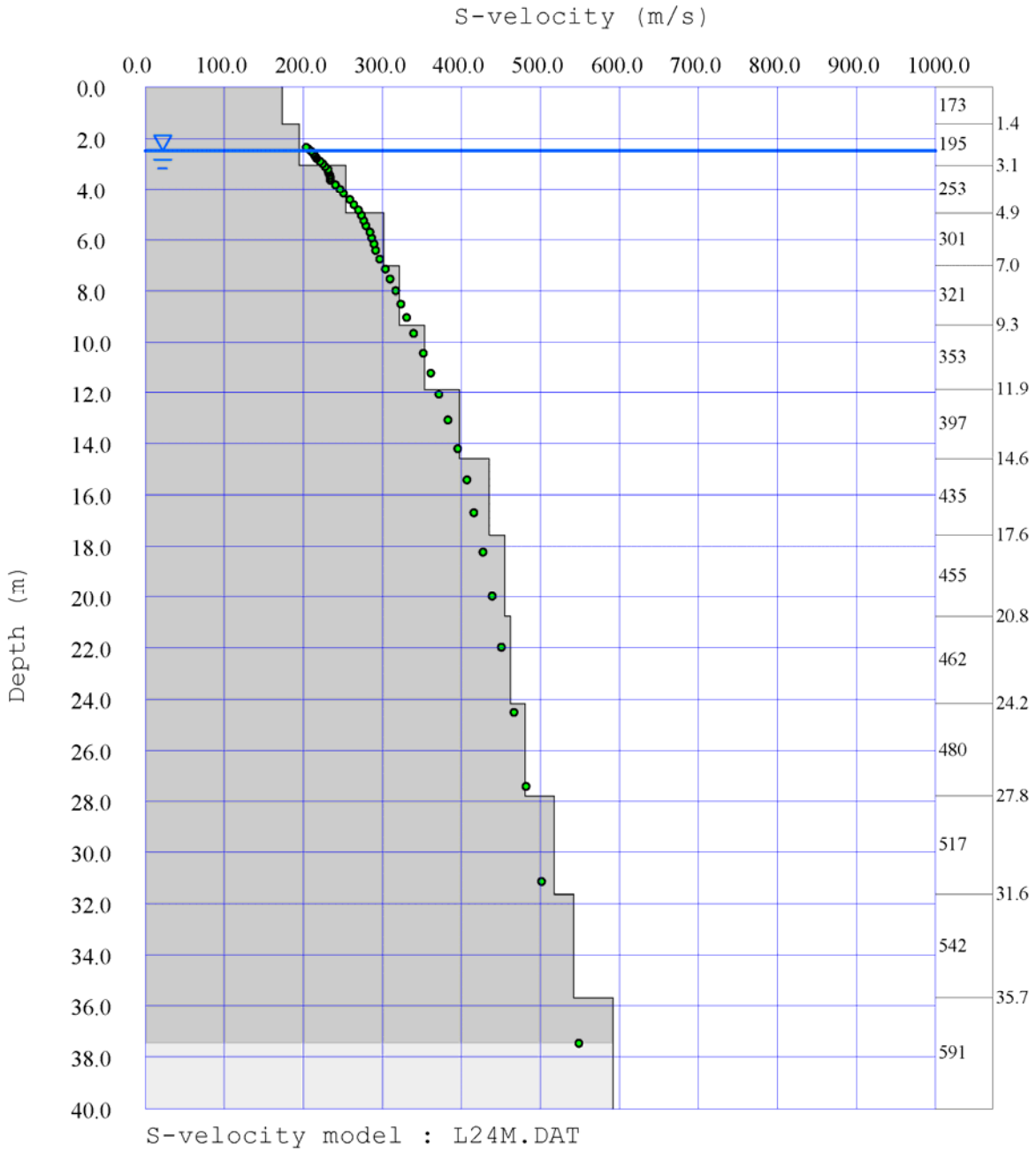


Figura 28: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "L"



10 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "L"

- 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 349 m/sec, 1419 m/sec e 2407 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 22.

- 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 37,50 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/m^3]**
h1	-1.43	1.43	173	346	13.558
h2	-3.08	1.65	195	390	13.723
h3	-4.95	1.87	254	1572	17.757
h4	-7.03	2.08	301	1625	17.921
h5	-9.34	2.31	321	1646	17.988
h6	-11.87	2.53	354	1682	18.098
h7	-14.62	2.75	398	1732	18.248
h8	-17.58	2.96	436	1773	18.375
h9	-20.77	3.19	455	1795	18.440
h10	-24.18	3.41	463	1803	18.464
h11	-27.80	3.62	481	1823	18.524
h12	-31.65	3.85	517	1864	18.645
h13	-35.71	4.06	542	1892	18.727
h14	-48.57	12.86	592	1947	18.888

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.147388%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=6.476299 m/s (1.539618%)	Iteration=1 RMS=6.115363 m/s (1.435905%)
Iteration=2 RMS=5.844492 m/s (1.356360%)	Iteration=3 RMS=5.637267 m/s (1.298593%)
Iteration=4 RMS=5.474984 m/s (1.254566%)	Iteration=5 RMS=5.342232 m/s (1.221546%)
Iteration=6 RMS=5.232660 m/s (1.199574%)	Iteration=7 RMS=5.139169 m/s (1.180805%)
Iteration=8 RMS=5.056186 m/s (1.163229%)	Iteration=9 RMS=4.982235 m/s (1.147388%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,43	1,43000	173	0,00826	
h2	-3,08	1,65000	195	0,00845	
h3	-4,95	1,87000	254	0,00736	
h4	-7,03	2,08000	301	0,00690	
h5	-9,34	2,31000	321	0,00720	
h6	-11,87	2,53000	354	0,00716	
h7	-14,62	2,75000	398	0,00691	
h8	-17,58	2,96000	436	0,00680	
h9	-20,77	3,19000	455	0,00701	
h10	-24,18	3,41000	463	0,00737	
h11	-27,80	3,62000	481	0,00753	
h12	-30,00	2,20000	517	0,00425	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,08521
			$V_{s,30}$	**352**	**[m/s]**

11 BASE SISMICA “M“

SCALA 1:1.000

Figura 29: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "M"

Figura 30: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI – BASE "M"

File Reference	
1	M1.DAT
2	M67.DAT
3	M1213.DAT
4	M1819.DAT
5	M24.DAT
MASW	M24M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-2,00	0,00	0,00
2	0,00	13,00	0,00	0,00
3	0,00	23,00	0,00	0,00
4	0,00	35,00	0,00	0,00
5	0,00	48,00	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	6,92	37,44	44,94	50,64	57,33
2	0,00	2,00	0,00	16,24	35,96	43,88	49,32	56,79
3	0,00	4,00	0,00	26,16	34,00	42,82	47,92	56,52
4	0,00	6,00	0,00	31,41	29,24	41,76	47,00	55,80
5	0,00	8,00	0,00	35,96	23,22	40,70	45,76	54,72
6	0,00	10,00	0,00	38,48	15,30	38,88	44,46	53,72
7	0,00	12,00	0,00	39,87	4,23	37,53	43,68	52,48
8	0,00	14,00	0,00	41,13	3,78	34,74	42,88	51,44
9	0,00	16,00	0,00	42,48	14,49	28,08	41,88	50,67
10	0,00	18,00	0,00	43,56	22,68	19,62	40,68	49,14
11	0,00	20,00	0,00	44,73	30,87	10,17	39,33	47,79
12	0,00	22,00	0,00	45,54	35,01	3,48	38,07	45,81
13	0,00	24,00	0,00	46,44	37,53	3,48	35,01	44,73
14	0,00	26,00	0,00	47,68	39,33	12,69	31,95	43,36
15	0,00	28,00	0,00	48,60	41,13	22,95	27,09	42,20
16	0,00	30,00	0,00	49,59	42,21	31,14	20,16	41,20
17	0,00	32,00	0,00	50,60	43,46	34,74	13,25	39,87
18	0,00	34,00	0,00	51,35	44,78	37,08	2,80	38,88
19	0,00	36,00	0,00	52,10	45,99	39,00	2,68	37,56
20	0,00	38,00	0,00	52,84	46,67	40,57	13,13	36,08
21	0,00	40,00	0,00	53,59	47,61	41,67	20,88	32,88
22	0,00	42,00	0,00	54,34	48,36	42,69	27,75	26,96
23	0,00	44,00	0,00	55,08	49,32	43,74	31,28	18,28
24	0,00	46,00	0,00	55,83	50,20	44,46	33,68	8,10

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	3,30	8,39	0,00	0,00
2	2,00	3,19	8,81	0,00	0,00
3	4,00	3,33	8,62	0,00	0,00
4	6,00	3,55	8,17	0,00	0,00
5	8,00	3,66	7,67	0,00	0,00
6	10,00	3,73	7,22	0,00	0,00
7	12,00	3,78	6,85	0,00	0,00
8	14,00	3,86	6,72	0,00	0,00
9	16,00	3,87	6,99	0,00	0,00
10	18,00	3,85	7,38	0,00	0,00
11	20,00	3,77	7,78	0,00	0,00
12	22,00	3,69	8,13	0,00	0,00
13	24,00	3,57	8,73	0,00	0,00
14	26,00	3,57	8,96	0,00	0,00
15	28,00	3,61	9,10	0,00	0,00
16	30,00	3,64	9,05	0,00	0,00
17	32,00	3,66	8,77	0,00	0,00
18	34,00	3,70	8,31	0,00	0,00
19	36,00	3,74	7,94	0,00	0,00
20	38,00	3,62	8,43	0,00	0,00
21	40,00	3,39	9,24	0,00	0,00
22	42,00	3,18	10,10	0,00	0,00
23	44,00	3,04	10,83	0,00	0,00
24	46,00	2,98	11,40	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	245,00
2	1514,00
3	1752,00
4	
5	

Figura 31: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "M"

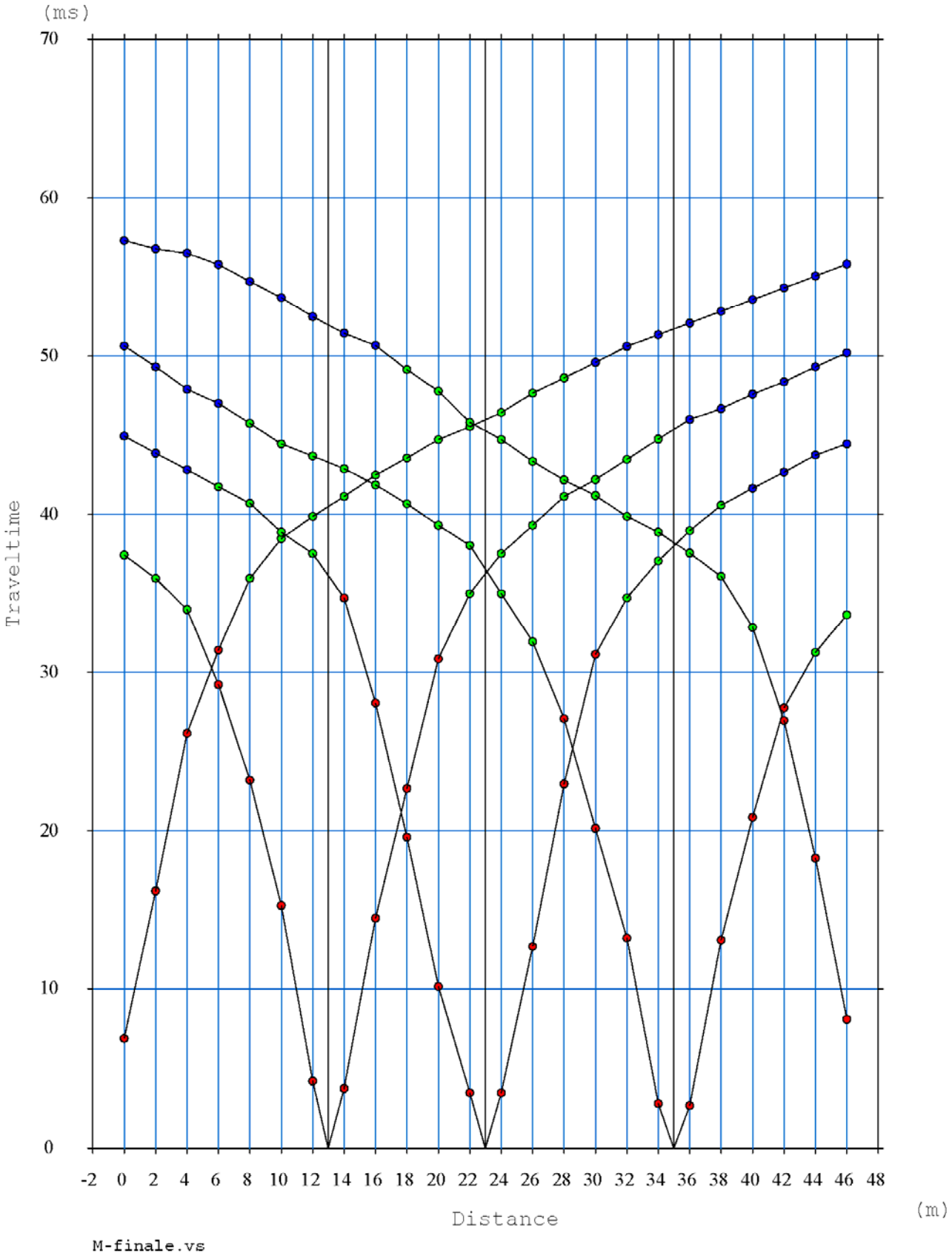


Figura 32: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "M"

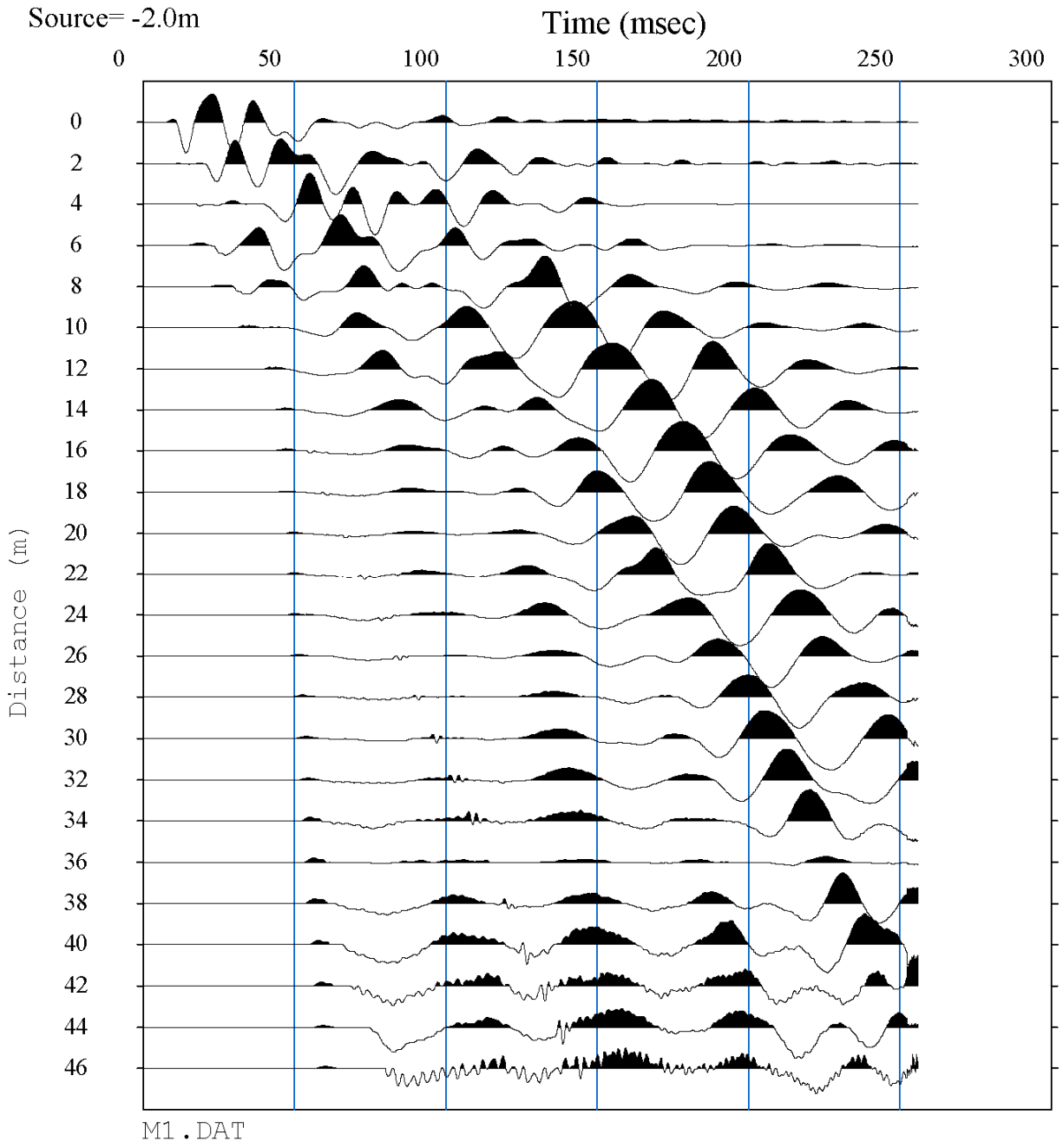


Figura 33: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "M"

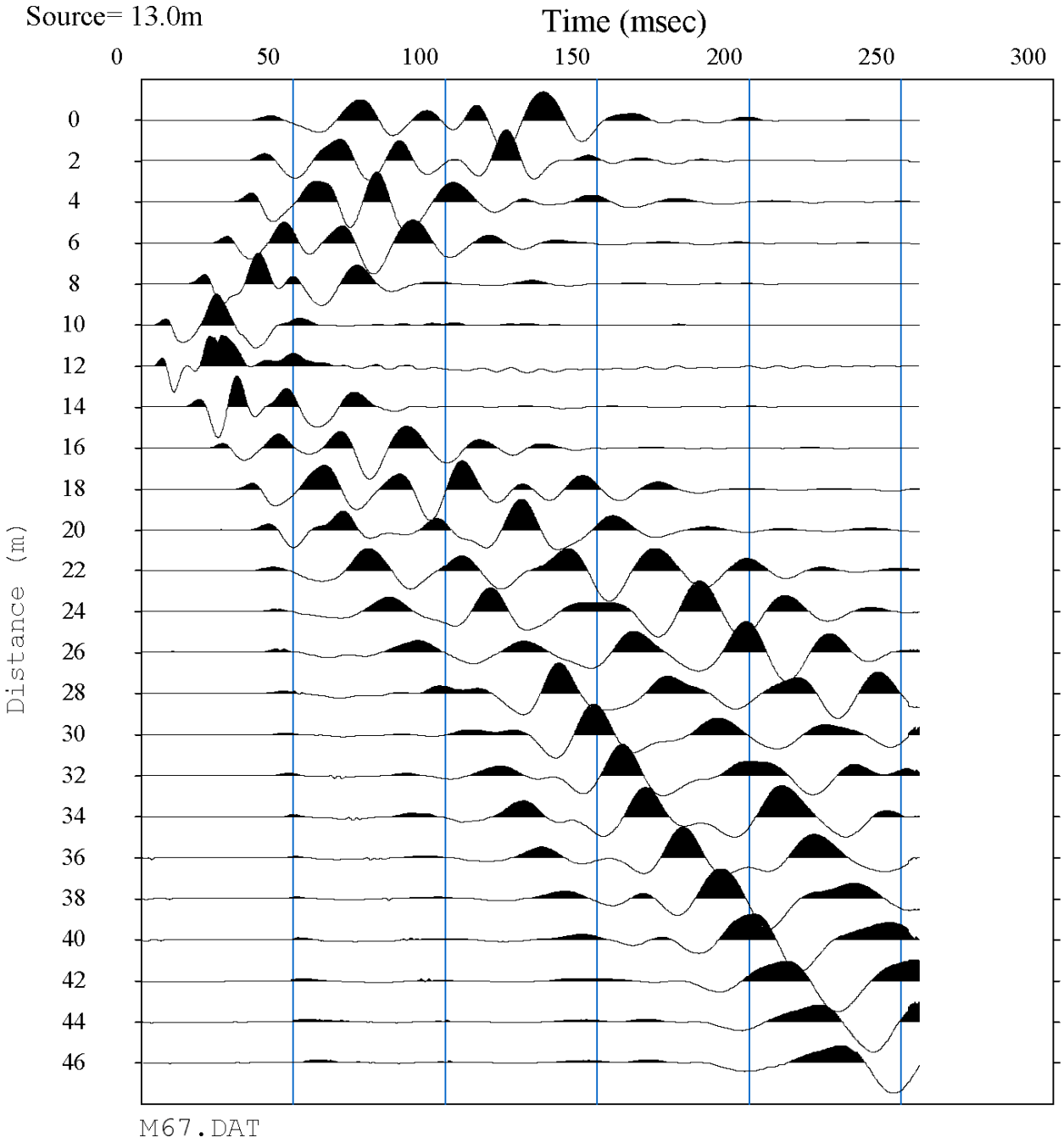


Figura 34: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "M"

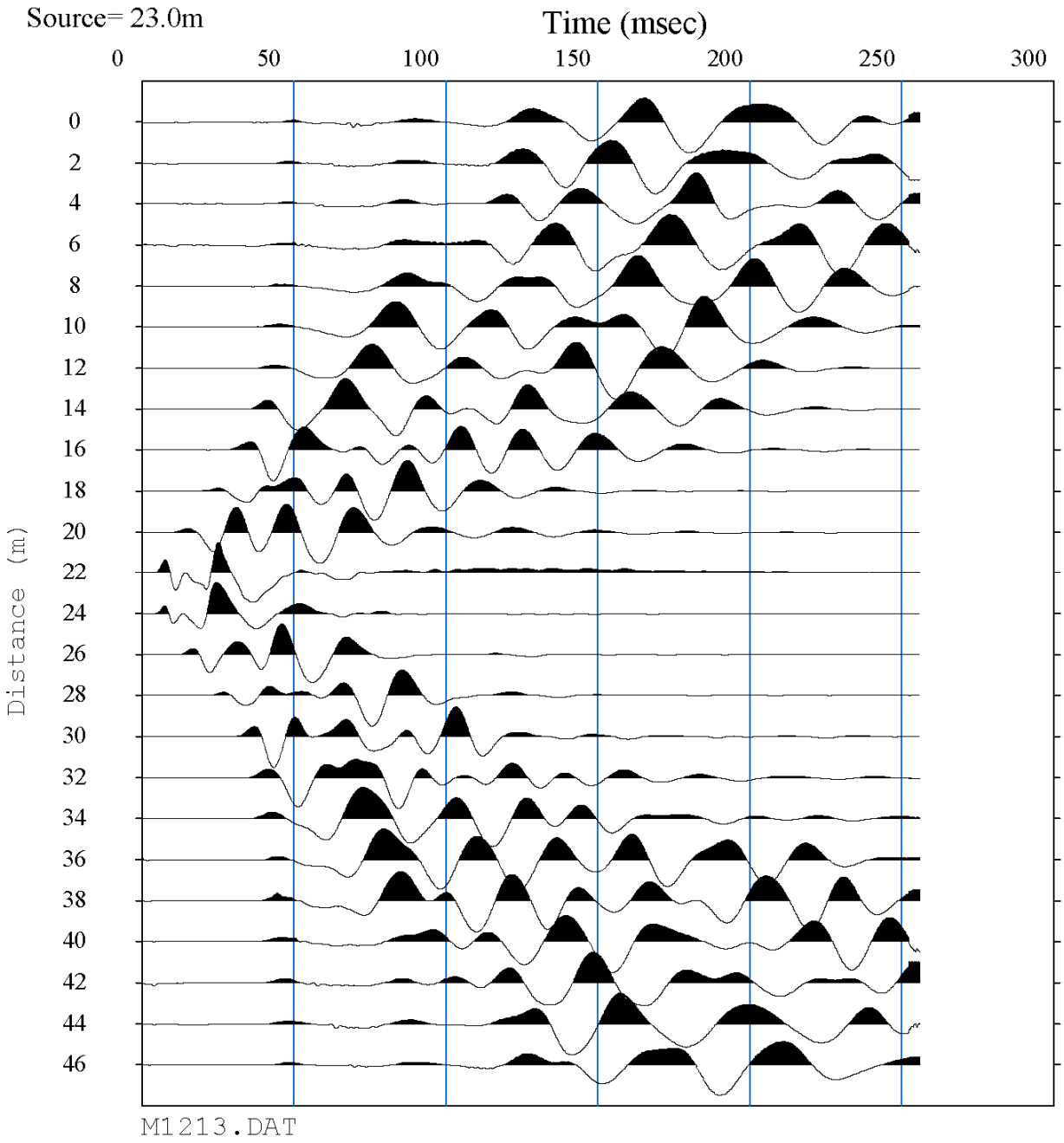


Figura 35: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "M"

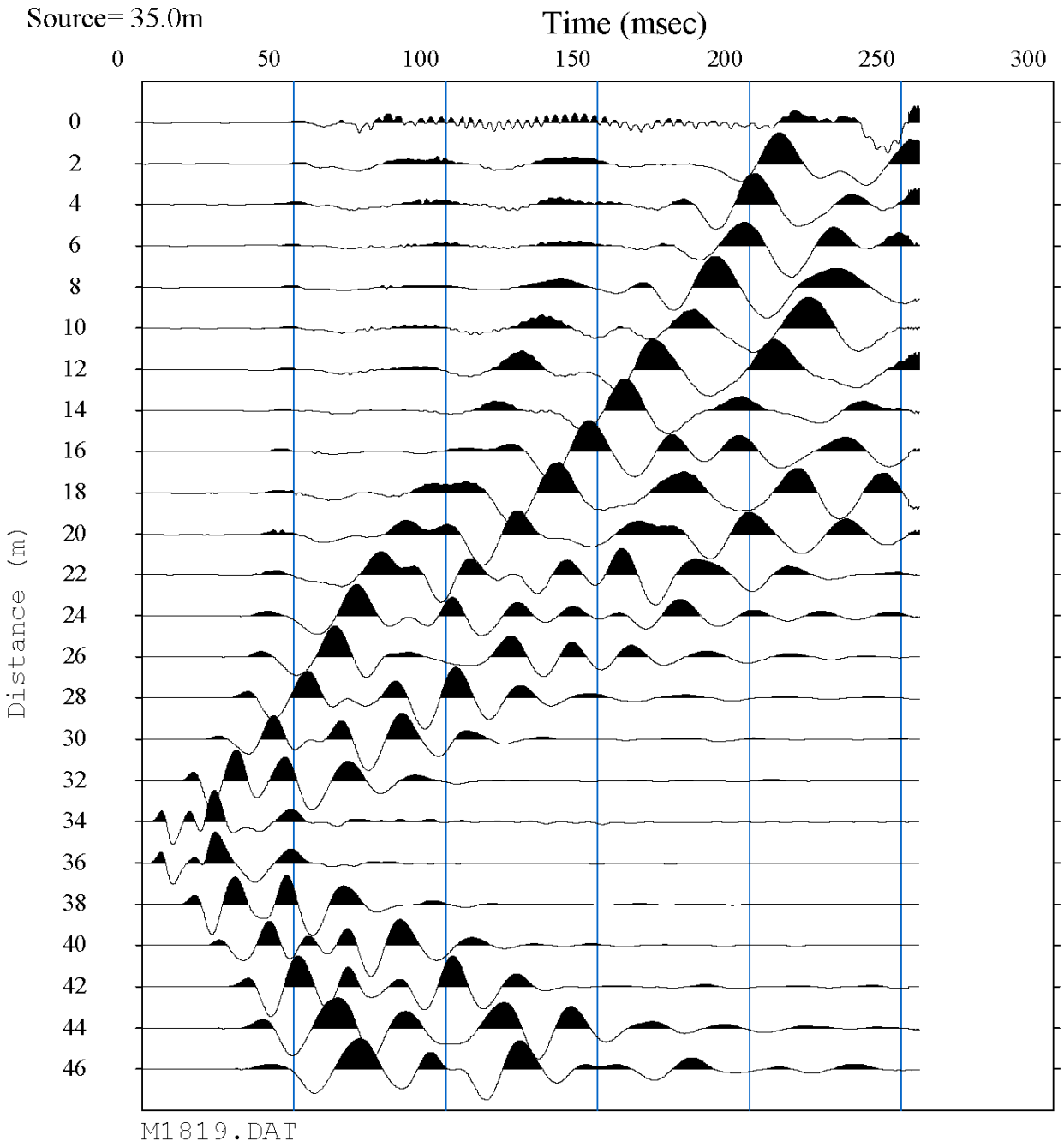


Figura 36: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "M"

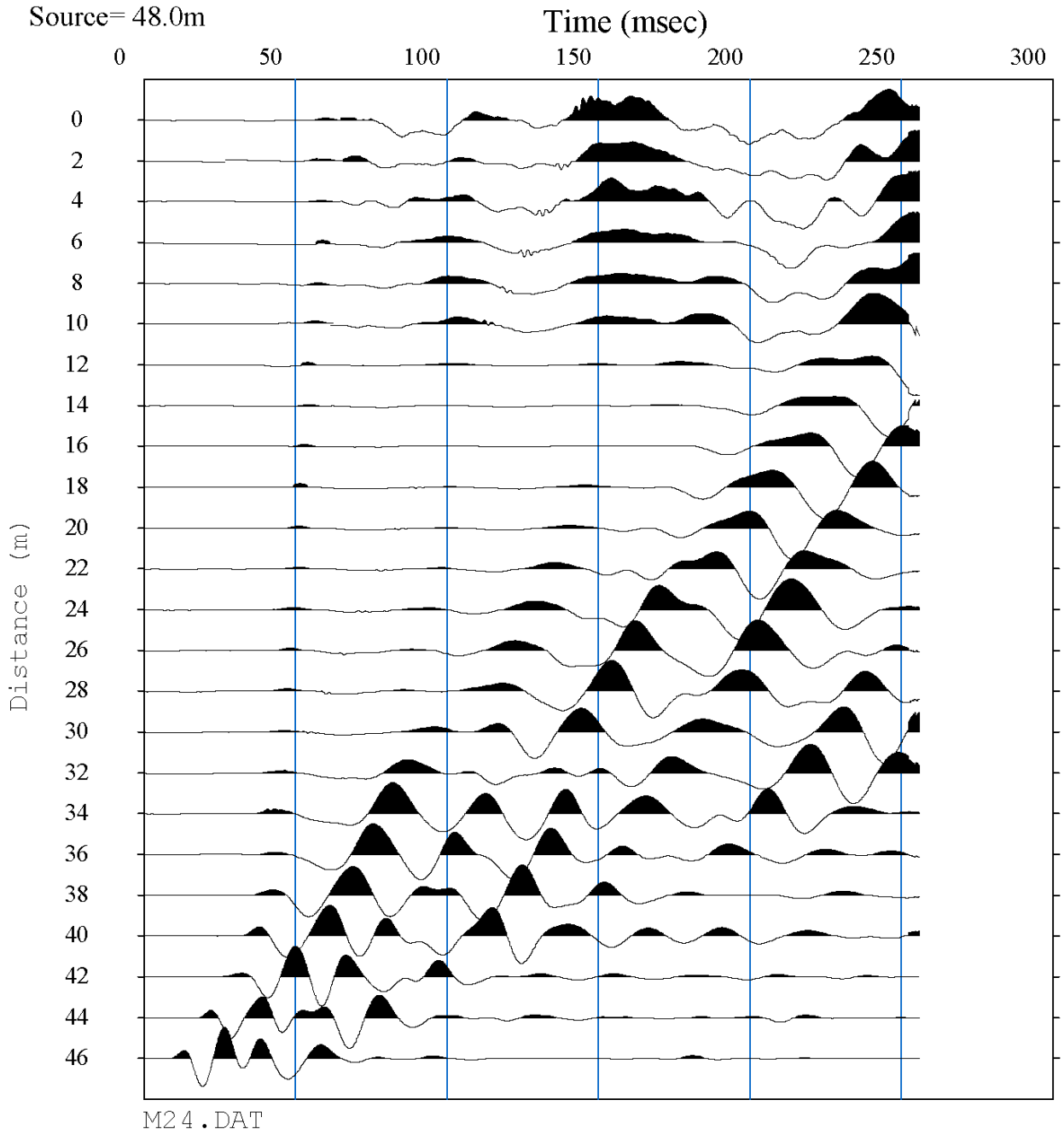
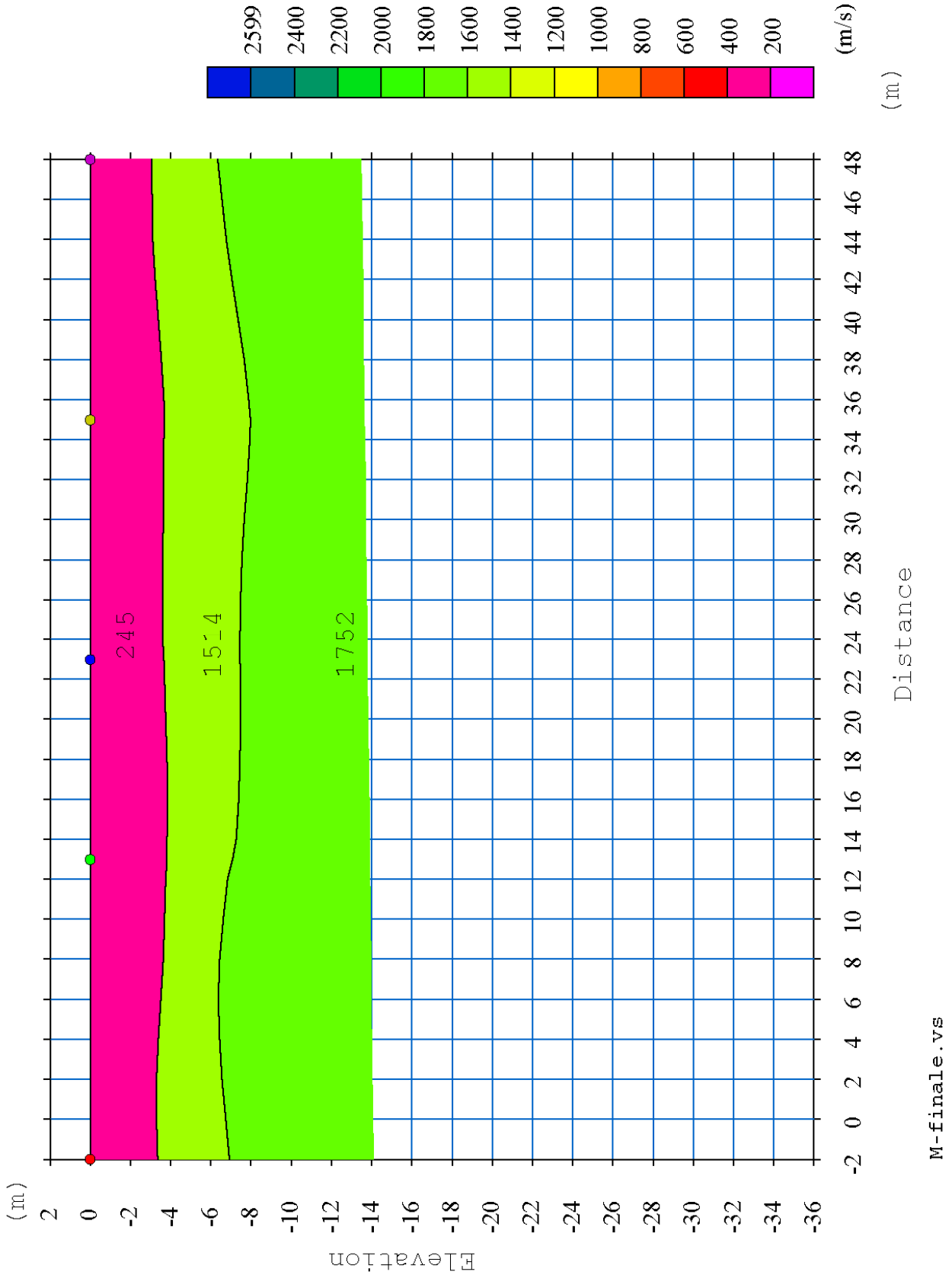


Figura 37: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "M"



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

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. 2,00 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 38: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "M"

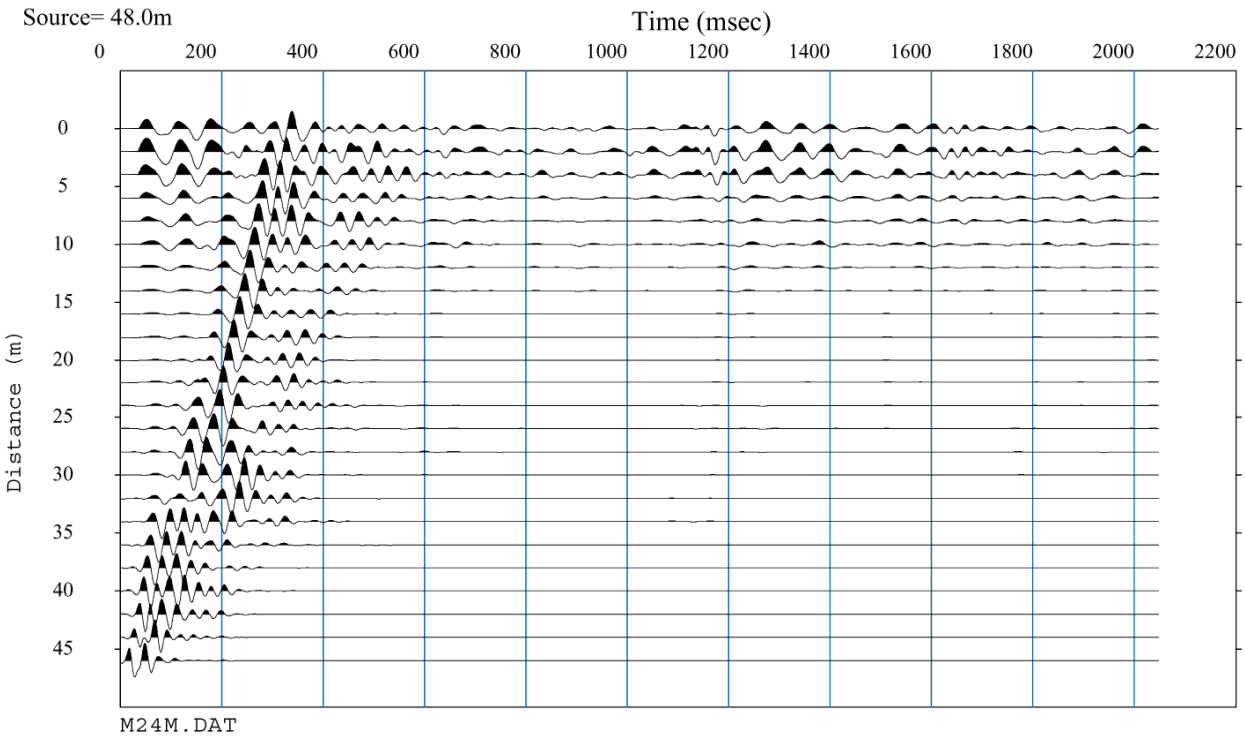


Figura 39: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "M"

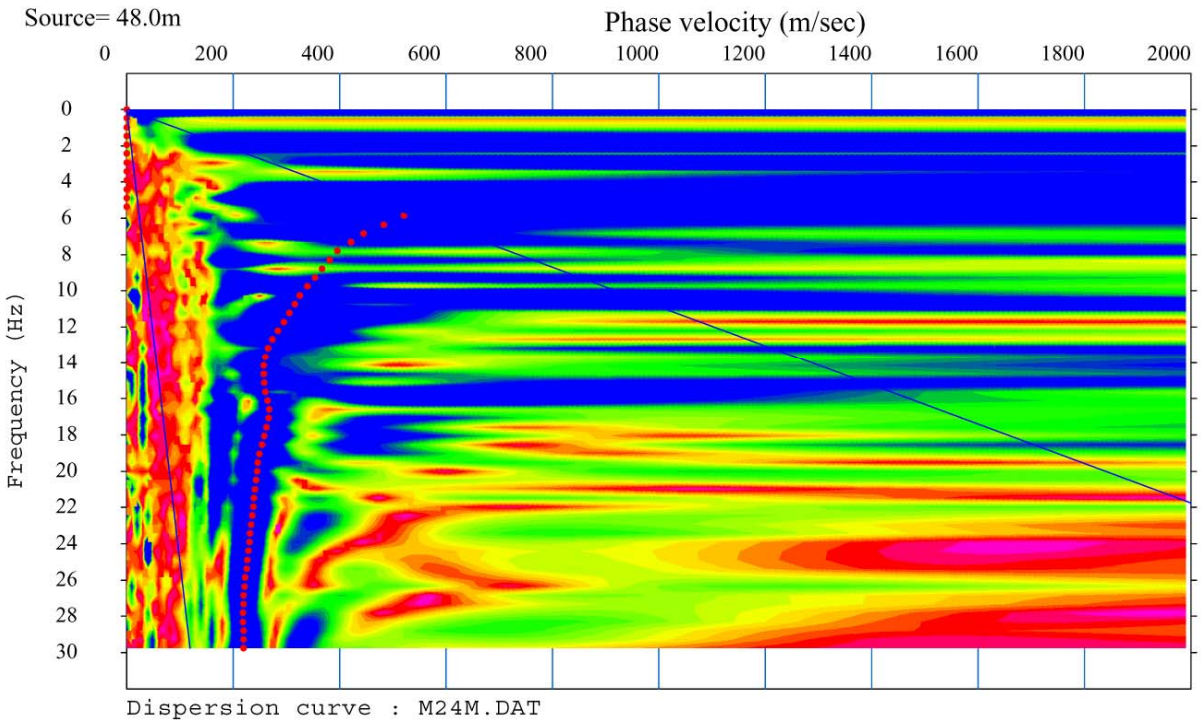


Figura 40: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "M"

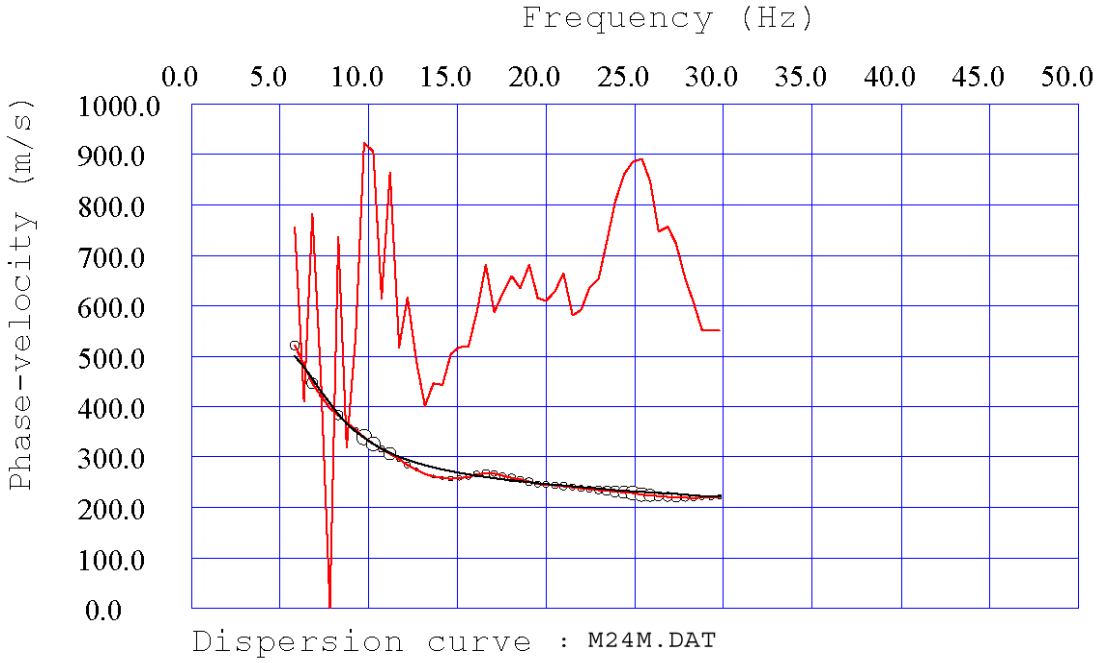
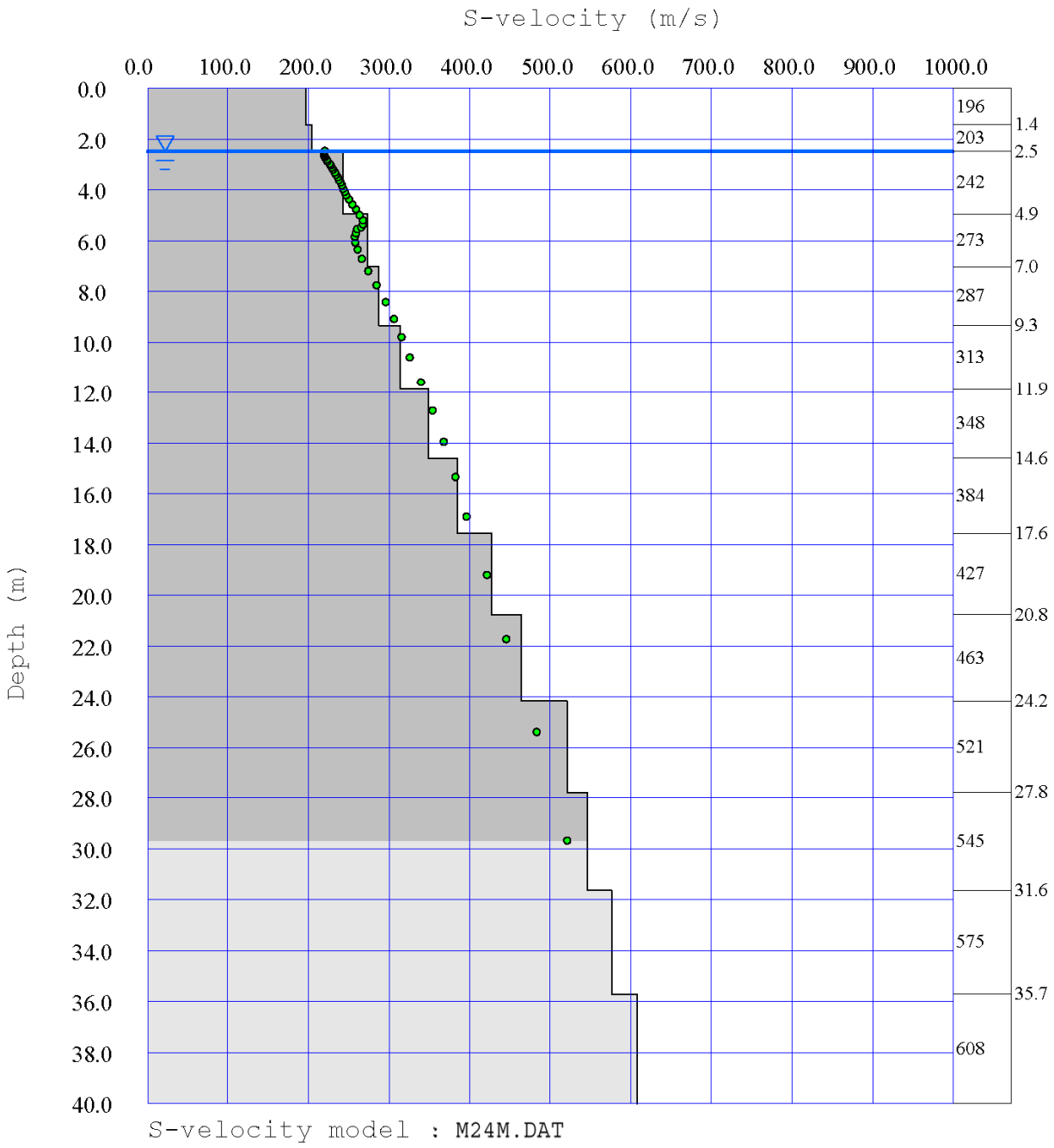


Figura 41: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "M"



13 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "M"

- 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 245 m/sec, 1514 m/sec e 1752 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 37.

- 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 29,50 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/m^3]**
h1	-1,43	1,43	197	476	14,040
h2	-2,50	1,07	203	479	14,050
h3	-4,95	2,45	243	1580	17,782
h4	-7,03	2,08	273	1605	17,860
h5	-9,34	2,31	287	1638	17,962
h6	-11,87	2,53	313	1683	18,099
h7	-14,62	2,75	349	1723	18,223
h8	-17,58	2,96	385	1757	18,325
h9	-20,77	3,19	427	1796	18,443
h10	-24,18	3,41	464	1824	18,527
h11	-27,80	3,62	521	1869	18,659
h12	-31,65	3,85	546	1869	18,659
h13	-35,71	4,06	576	1869	18,659
h14	-48,57	12,86	608	1869	18,659

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 2.320709%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=35.933383 m/s (12.533093%)	Iteration=1 RMS=29.230323 m/s (10.063563%)
Iteration=2 RMS=23.905603 m/s (8.091804%)	Iteration=3 RMS=19.683890 m/s (6.516425%)
Iteration=4 RMS=16.371008 m/s (5.253947%)	Iteration=5 RMS=13.793221 m/s (4.294273%)
Iteration=6 RMS=11.813431 m/s (3.587134%)	Iteration=7 RMS=10.312678 m/s (3.035903%)
Iteration=8 RMS=9.196039 m/s (2.613223%)	Iteration=9 RMS=8.372043 m/s (2.320709%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,43	1,43000	197	0,00727	
h2	-2,50	1,07000	203	0,00526	
h3	-4,95	2,45000	243	0,01009	
h4	-7,03	2,08000	273	0,00761	
h5	-9,34	2,31000	287	0,00805	
h6	-11,87	2,53000	313	0,00808	
h7	-14,62	2,75000	349	0,00788	
h8	-17,58	2,96000	385	0,00769	
h9	-20,77	3,19000	427	0,00747	
h10	-24,18	3,41000	464	0,00736	
h11	-27,80	3,62000	521	0,00695	
h12	-30,00	2,20000	546	0,00403	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,08773
			$V_{s,30}$	**342**	**[m/s]**

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

Vignola, 16/01/2009

Geo-Xpert Italia snc

(Dott. Geol. Giorgio Masotti)

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 188

GEO-XPERT ITALIA
SERVIZI – TECNOLOGIE E AMBIENTE s.n.c.

Sede Legale: Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY
Telefono +39 059 761644 - **Telefax** +39 059 779111
Web www.geo-xpert.com **----** **Email** info@geo-xpert.com
PARTITA I.V.A.: 02740680364 – **COD. FISCALE:** 02740680364 **- C.C.I.A.A. 326926**

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

COMPARTO PRATOFONTANA

LOCALIZZAZIONE

ITALIA
REGIONE: EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA: REGGIO EMILIA

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	*LOTTO*	*SETTORE DI ATTIVITA'*	*TIPO DOCUMENTO*	*N. ELABORATO*
2480	**N**	**G**	**REL**	**1**

VERSIONE	*DATA*	*OGGETTO*
0	**16/01/2009**	**1° EMISSIONE**

DATI PROGETTISTA

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

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 588

INDICE

1 PREMESSA 3
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3
3 NORMATIVA D.M. 14/01/2008 6
4 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE 8
5 BASE SISMICA "N" 9
6 VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO CON IL METODO MASW - BASE "N" 19
7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "N" 22

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. 200-NE DENOMINATA "REGGIO EMILIA NORD" E N. 201-NO DENOMINATA "CORREGGIO" - SCALA 1:25.000 4
FIGURA 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO 5
FIGURA 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "N" 10
FIGURA 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "N" 11
FIGURA 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "N" 12
FIGURA 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "N" 13
FIGURA 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "N" 14
FIGURA 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "N" 15
FIGURA 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "N" 16
FIGURA 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "N" .. 17
FIGURA 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "N" 18
FIGURA 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "N" 19
FIGURA 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "N" 20
FIGURA 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "N" ... 20
FIGURA 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "N" 21

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 comune di Reggio Emilia, Comparto PRATOFONTANA.

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. 1 base sismica eseguita in data 12/01/2009, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

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

Cartografia Regionale:

- CARTA TOPOGRAFICA n. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" e n. 201-NO denominata "CORREGGIO" – Scala 1:25.000
- SEZIONE R.E.R. n. 200080 "REGGIO EMILIA" e n. 201050 "MASSENZATICO" – scala 1:10.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. 200-NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" e n. 201-NO denominata "CORREGGIO" - SCALA 1:25.000

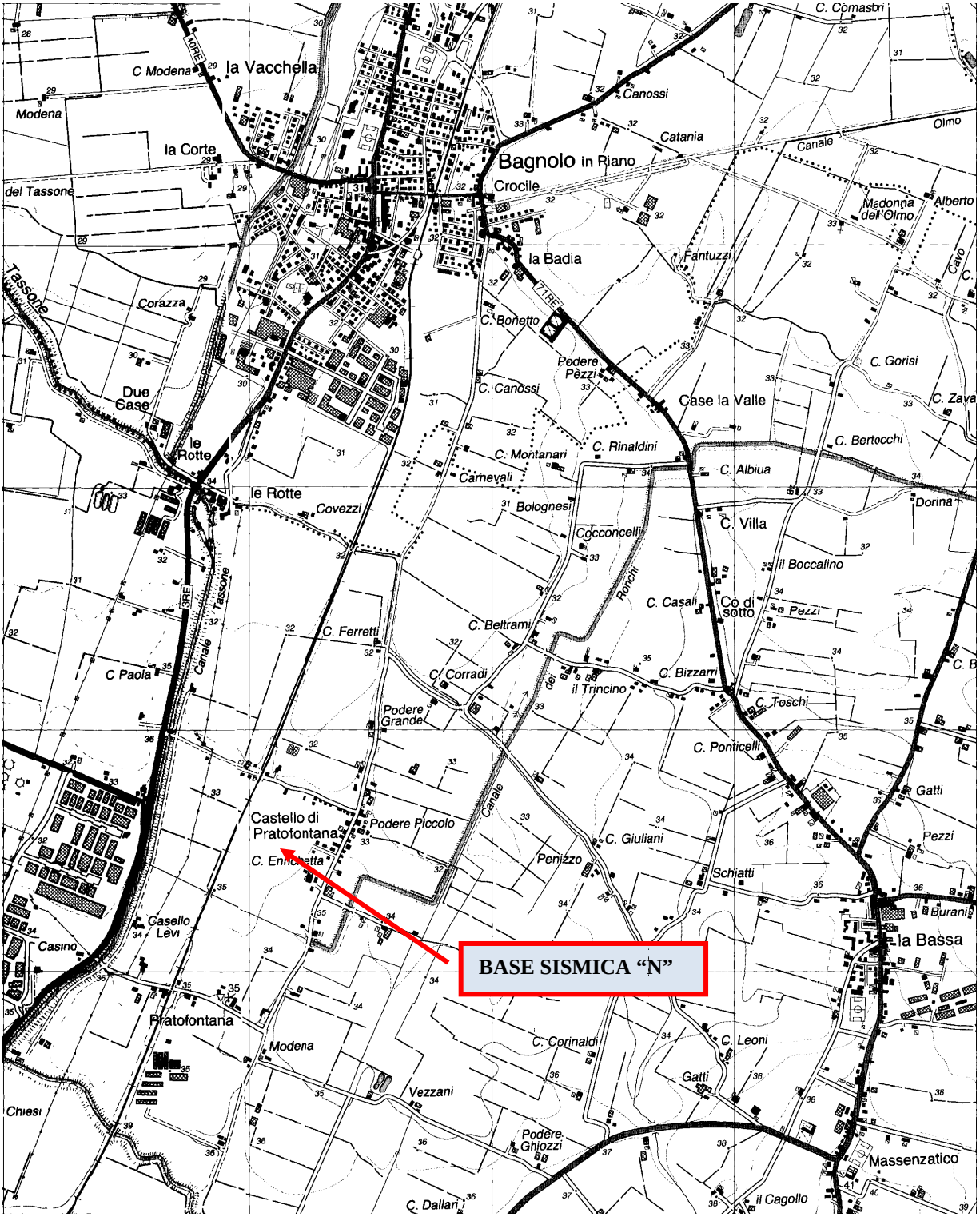


Figura 2: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DEL LIMITE DI COMPARTO

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

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

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

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 metri di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 <50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,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 Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,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 Vs > 800 m/s).

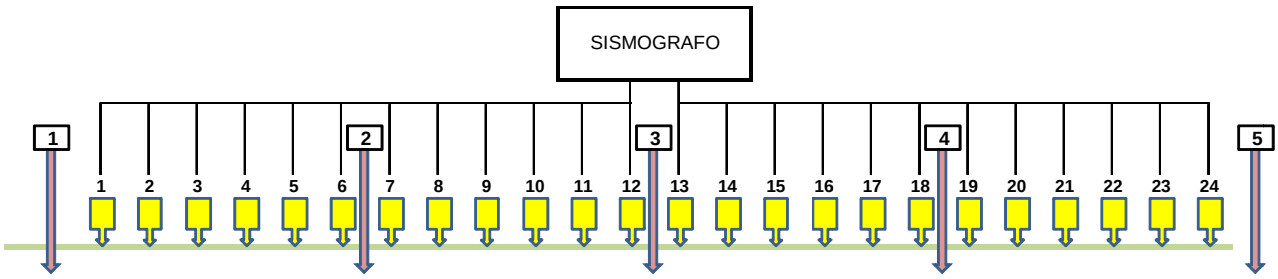
La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 < 100 m/s (ovvero 10 < cu,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

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni del comparto urbanistico di studio sono state eseguite in data 12/01/2009 nr. 1 base sismica a rifrazione con sistema di acquisizione 24 canali con energizzazione del terreno mediante una mazza battente da Kg. 9 su una piastra di battuta in alluminio.

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.



Coordinate posizionamento geofoni [ml]																										
X		0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	
Y		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Z		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Coordinate posizionamento punti di sparo [ml]																	
X	-2.0			11.0			23.0			35.0			48.0
Y	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0
Z	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0

Caratteristiche geometriche dello stendimento sismico

Lunghezza linea sismica	46,0m	Spazio intergeofonico	2,0m
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 µs
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. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 1 (estremo sinistro)

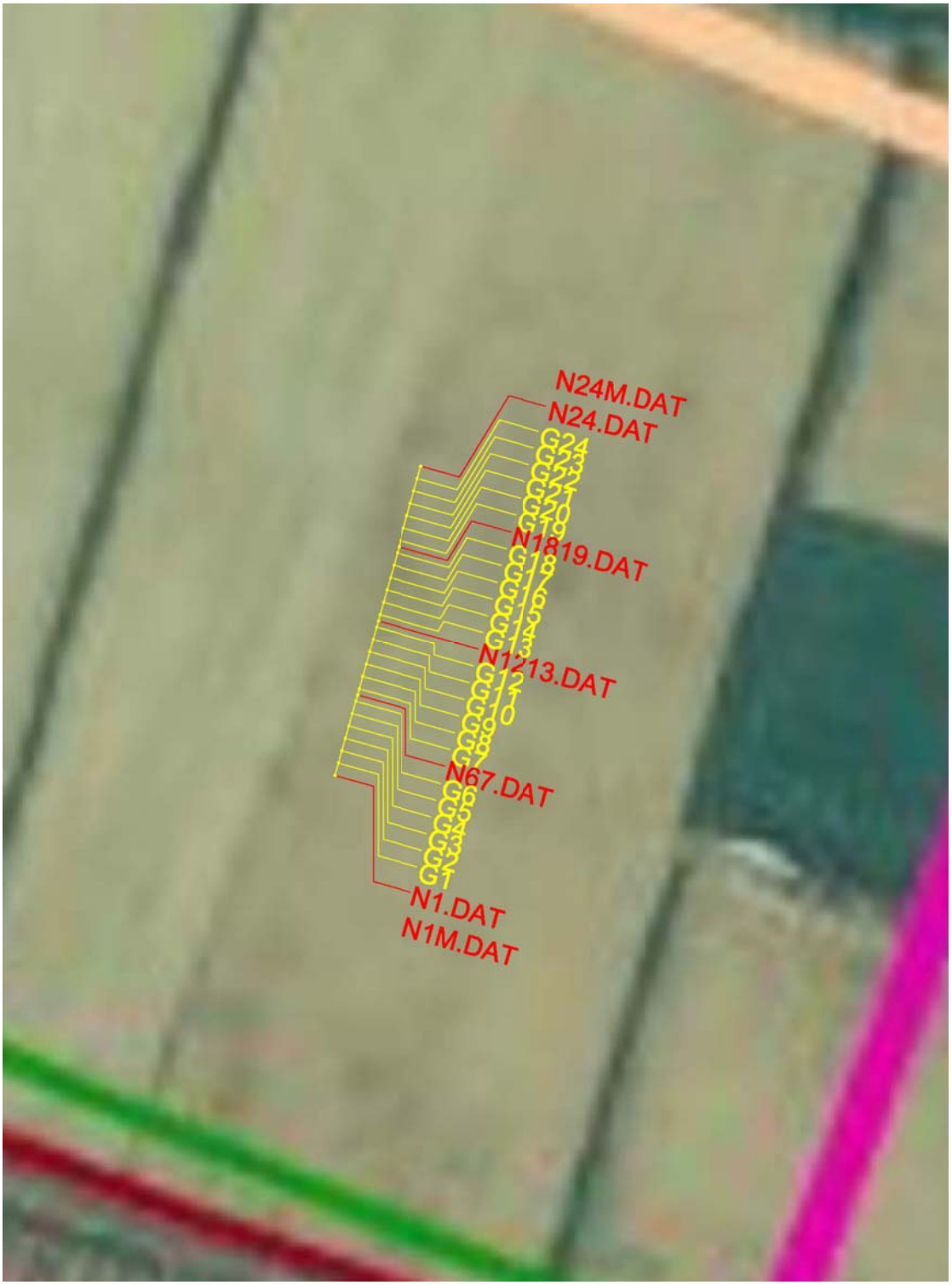
2a energizzazione posta tra i geofoni nr. 6 e nr. 7 (intermedio sinistro)

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. 2.00 verso l'esterno rispetto al geofono nr. 24 (estremo destro)

5 BASE SISMICA "N"



SCALA 1:1.000

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA LINEA SISMICA EFFETTUATA – BASE "N"

Figura 4: TABELLE DI ELABORAZIONE DEI DATI REGISTRATI - BASE "N"

File Reference	
1	N1.DAT
2	N67.DAT
3	N1213.DAT
4	N1819.DAT
5	N24.DAT
MASW	N1M.DAT

SHOOT POINTS COORDINATE				
SP	Elev [m]	X-loc [m]	Y-Loc [m]	Depth [m]
1	0,00	-2,00	0,00	0,00
2	0,00	11,00	0,00	0,00
3	0,00	23,00	0,00	0,00
4	0,00	35,00	0,00	0,00
5	0,00	48,00	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	4,52	23,64	32,31	39,31	48,87
2	0,00	2,00	0,00	15,44	22,28	30,77	38,11	47,83
3	0,00	4,00	0,00	19,08	19,68	29,23	36,91	46,78
4	0,00	6,00	0,00	21,24	16,92	27,69	35,71	45,28
5	0,00	8,00	0,00	22,52	9,88	26,16	34,51	43,62
6	0,00	10,00	0,00	23,32	1,32	24,62	33,32	41,63
7	0,00	12,00	0,00	25,12	1,88	23,08	32,12	40,50
8	0,00	14,00	0,00	26,84	10,88	21,00	30,92	39,36
9	0,00	16,00	0,00	28,44	16,60	19,20	29,72	38,32
10	0,00	18,00	0,00	30,04	19,08	17,13	28,52	37,76
11	0,00	20,00	0,00	31,28	21,36	12,13	27,32	37,08
12	0,00	22,00	0,00	32,20	22,40	2,48	26,12	35,48
13	0,00	24,00	0,00	33,68	23,68	3,16	24,92	33,56
14	0,00	26,00	0,00	34,80	25,00	8,40	22,84	32,52
15	0,00	28,00	0,00	37,44	26,48	16,40	21,04	31,28
16	0,00	30,00	0,00	38,92	28,44	20,80	17,72	29,80
17	0,00	32,00	0,00	39,60	29,24	22,04	13,16	28,08
18	0,00	34,00	0,00	40,84	30,92	24,39	2,80	27,76
19	0,00	36,00	0,00	42,20	32,20	25,85	2,24	26,60
20	0,00	38,00	0,00	44,41	34,12	27,30	13,84	25,12
21	0,00	40,00	0,00	46,08	35,48	28,75	19,88	23,08
22	0,00	42,00	0,00	47,25	36,76	30,20	23,40	20,50
23	0,00	44,00	0,00	48,24	38,12	31,66	24,96	15,88
24	0,00	46,00	0,00	49,40	39,36	33,11	26,48	8,63

LAYERS DEPTH					
Geo	X-loc [m]	Layer 2 [m]	Layer 3 [m]	Layer 4 [m]	Layer 5 [m]
1	0,00	2,61	14,53	0,00	0,00
2	2,00	2,56	14,43	0,00	0,00
3	4,00	2,50	14,35	0,00	0,00
4	6,00	2,43	14,30	0,00	0,00
5	8,00	2,38	14,26	0,00	0,00
6	10,00	2,33	14,23	0,00	0,00
7	12,00	2,33	14,22	0,00	0,00
8	14,00	2,34	14,25	0,00	0,00
9	16,00	2,40	14,28	0,00	0,00
10	18,00	2,50	14,32	0,00	0,00
11	20,00	2,56	14,35	0,00	0,00
12	22,00	2,58	14,37	0,00	0,00
13	24,00	2,56	14,40	0,00	0,00
14	26,00	2,56	14,41	0,00	0,00
15	28,00	2,59	14,43	0,00	0,00
16	30,00	2,61	14,45	0,00	0,00
17	32,00	2,63	14,47	0,00	0,00
18	34,00	2,68	14,50	0,00	0,00
19	36,00	2,77	14,55	0,00	0,00
20	38,00	2,81	14,53	0,00	0,00
21	40,00	2,82	14,45	0,00	0,00
22	42,00	2,86	14,33	0,00	0,00
23	44,00	2,92	14,19	0,00	0,00
24	46,00	2,96	14,07	0,00	0,00

LAYERS VELOCITY	
Layer	Velocity [m/s]
1	306
2	1499
3	2652
4	
5	

Figura 5: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE - BASE "N"

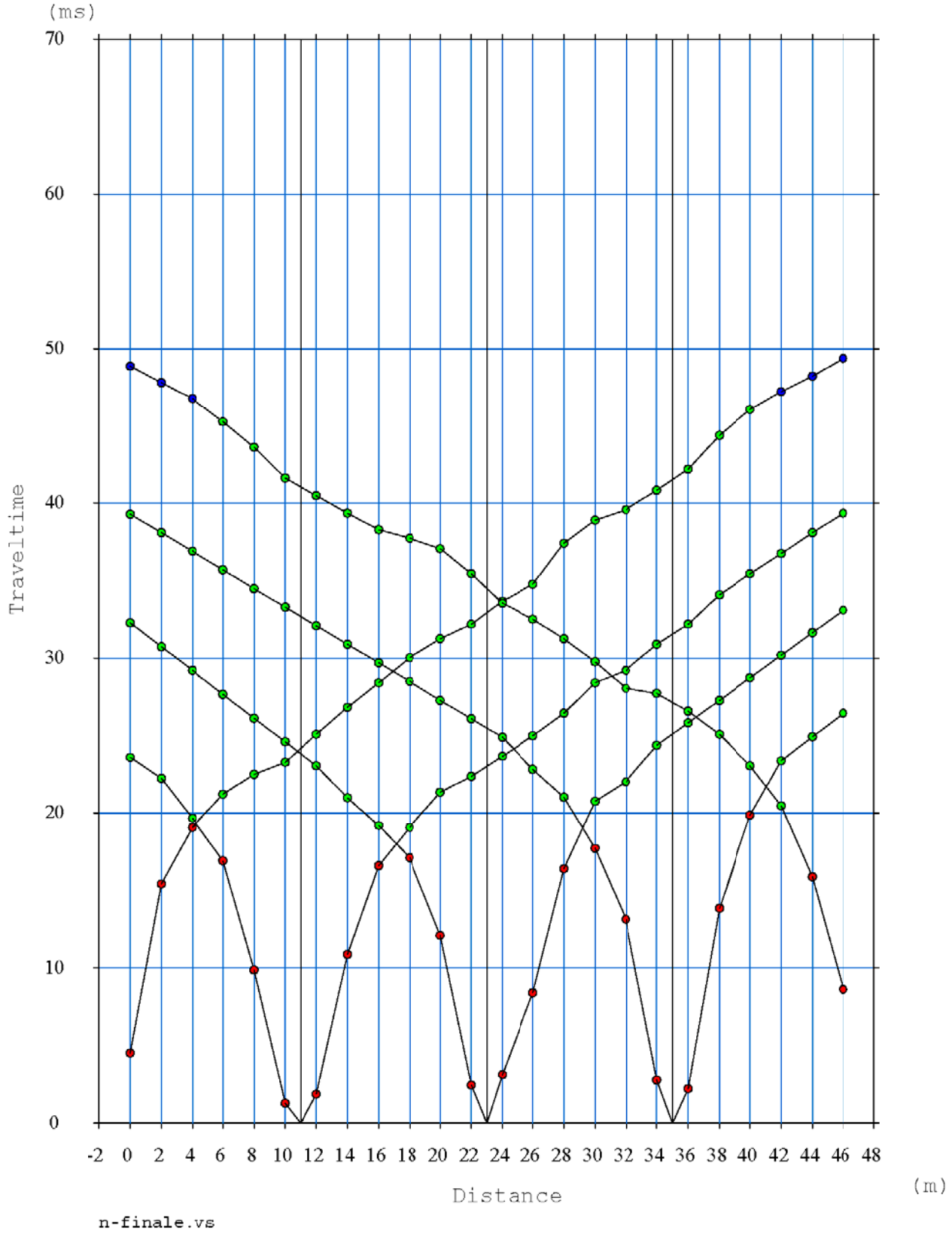


Figura 6: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO - BASE "N"

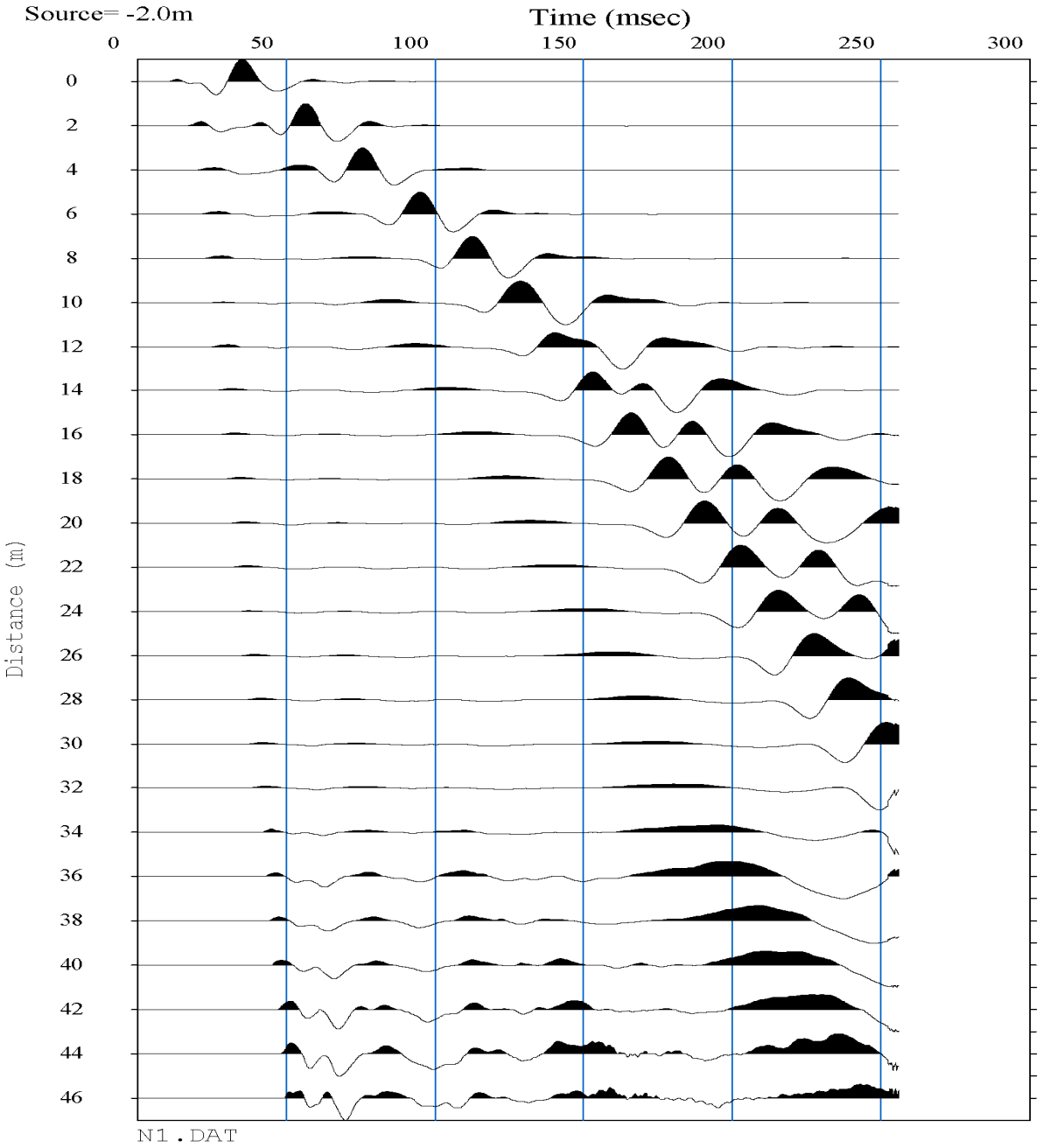


Figura 7: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO - BASE "N"

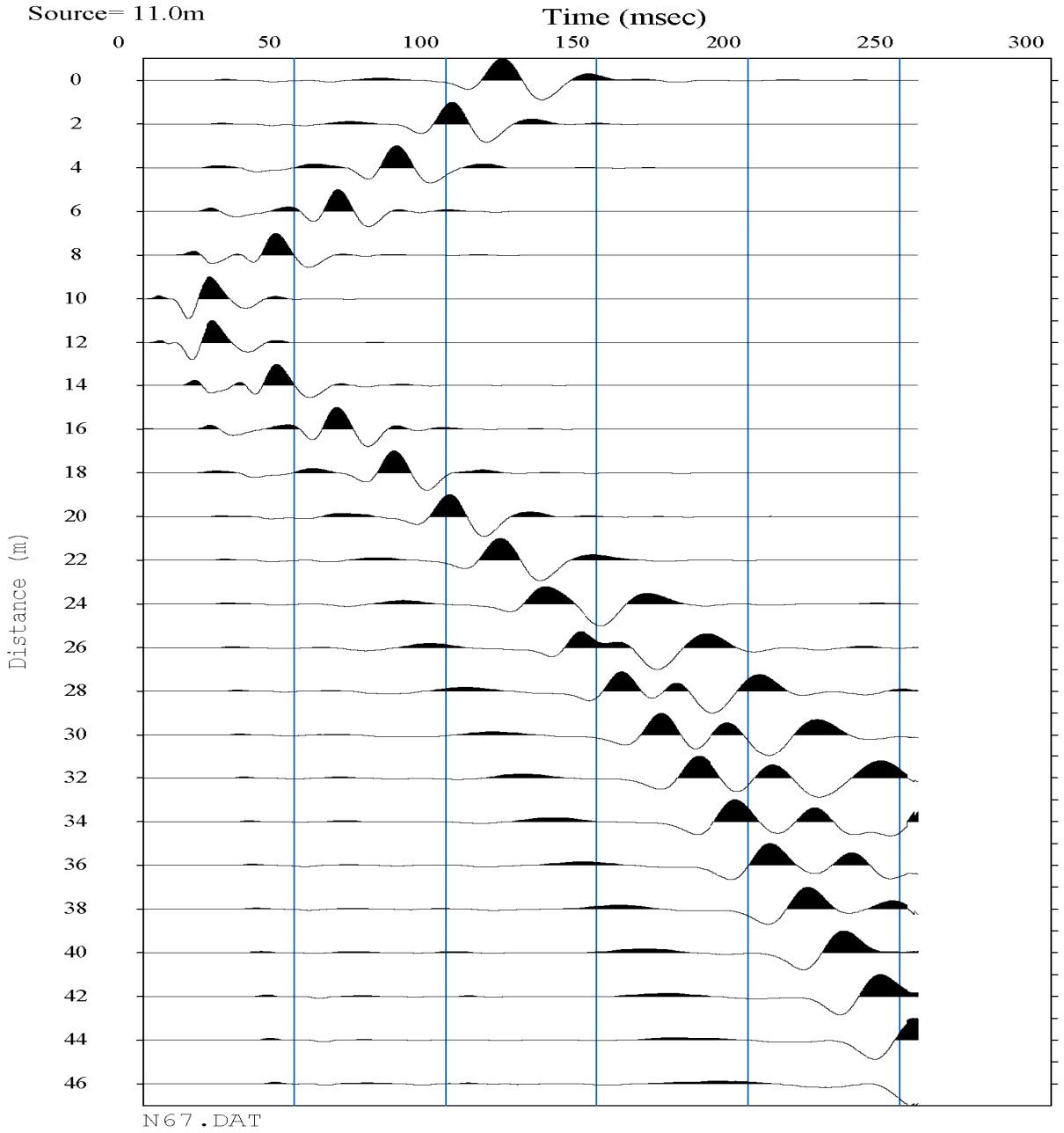


Figura 8: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE - BASE "N"

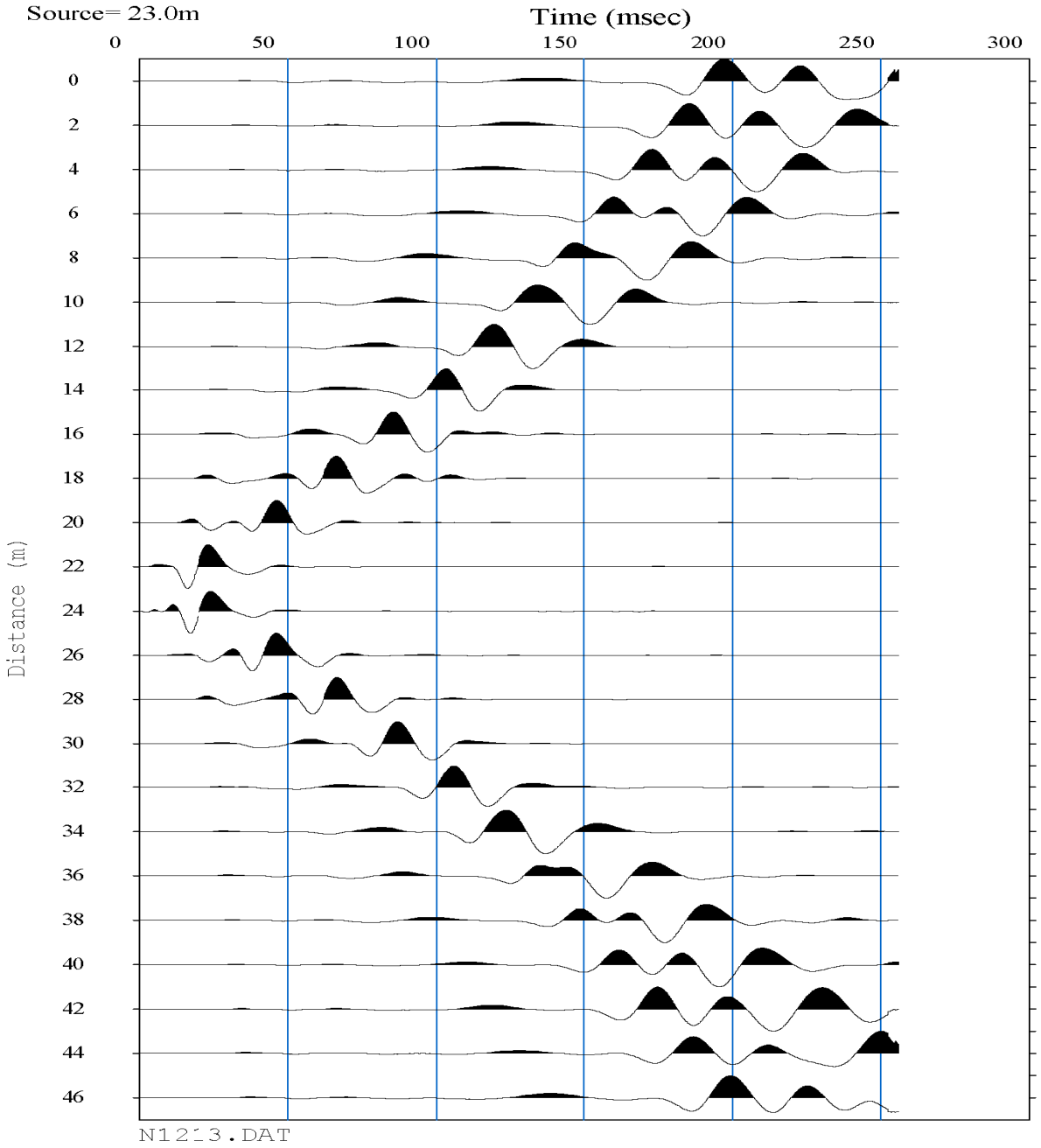


Figura 9: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO - BASE "N"

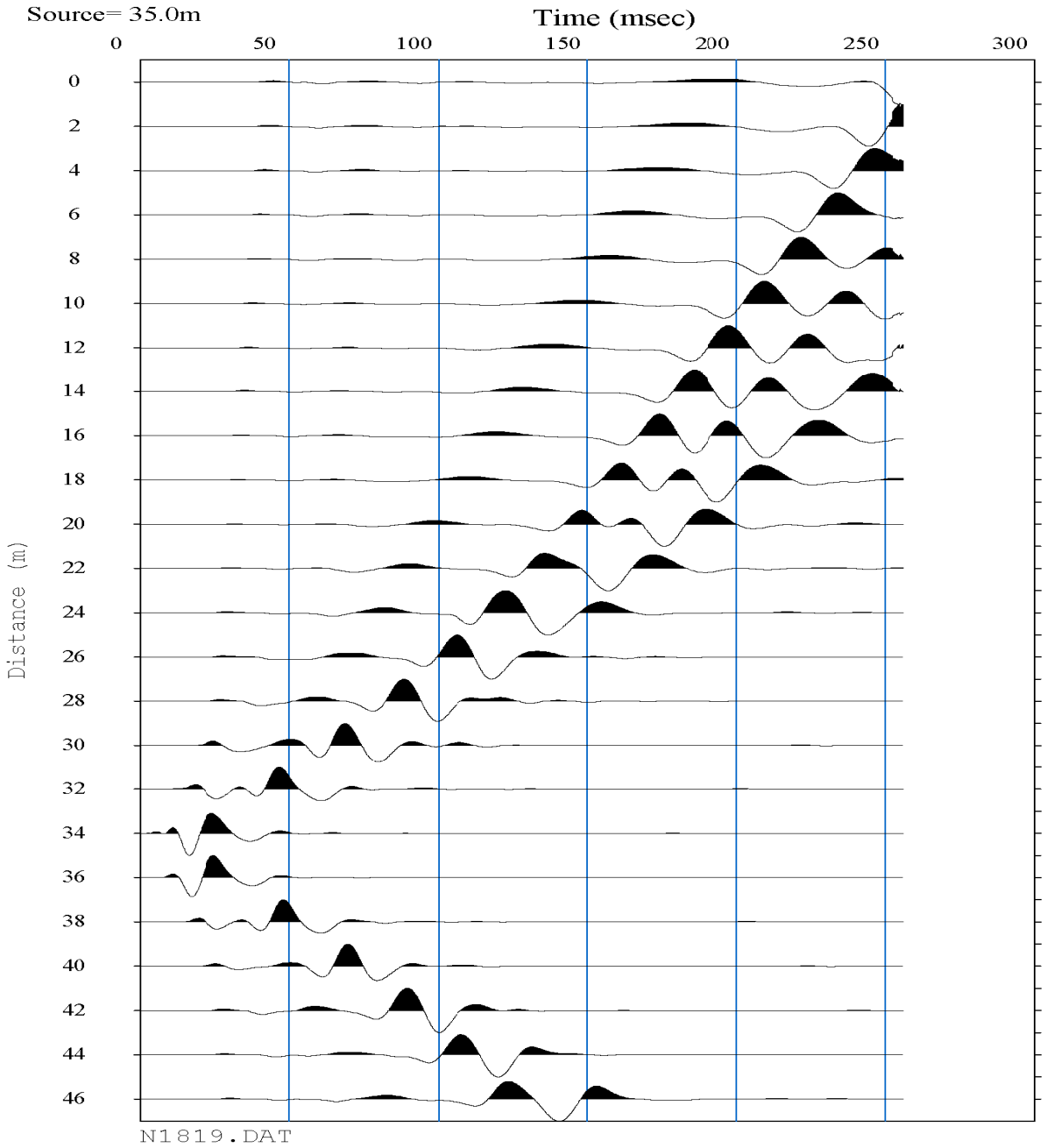


Figura 10: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 2,00 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO - BASE "N"

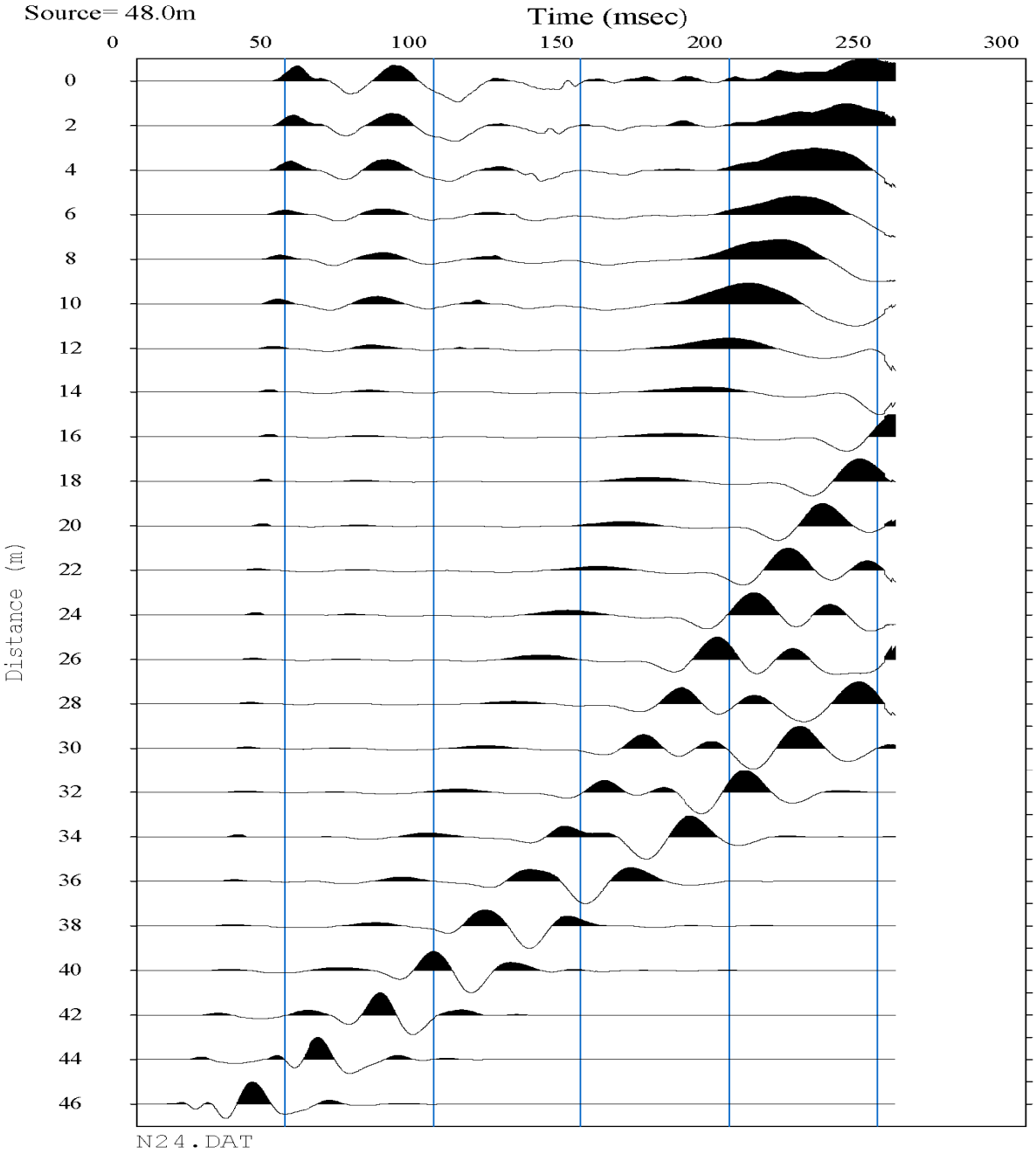
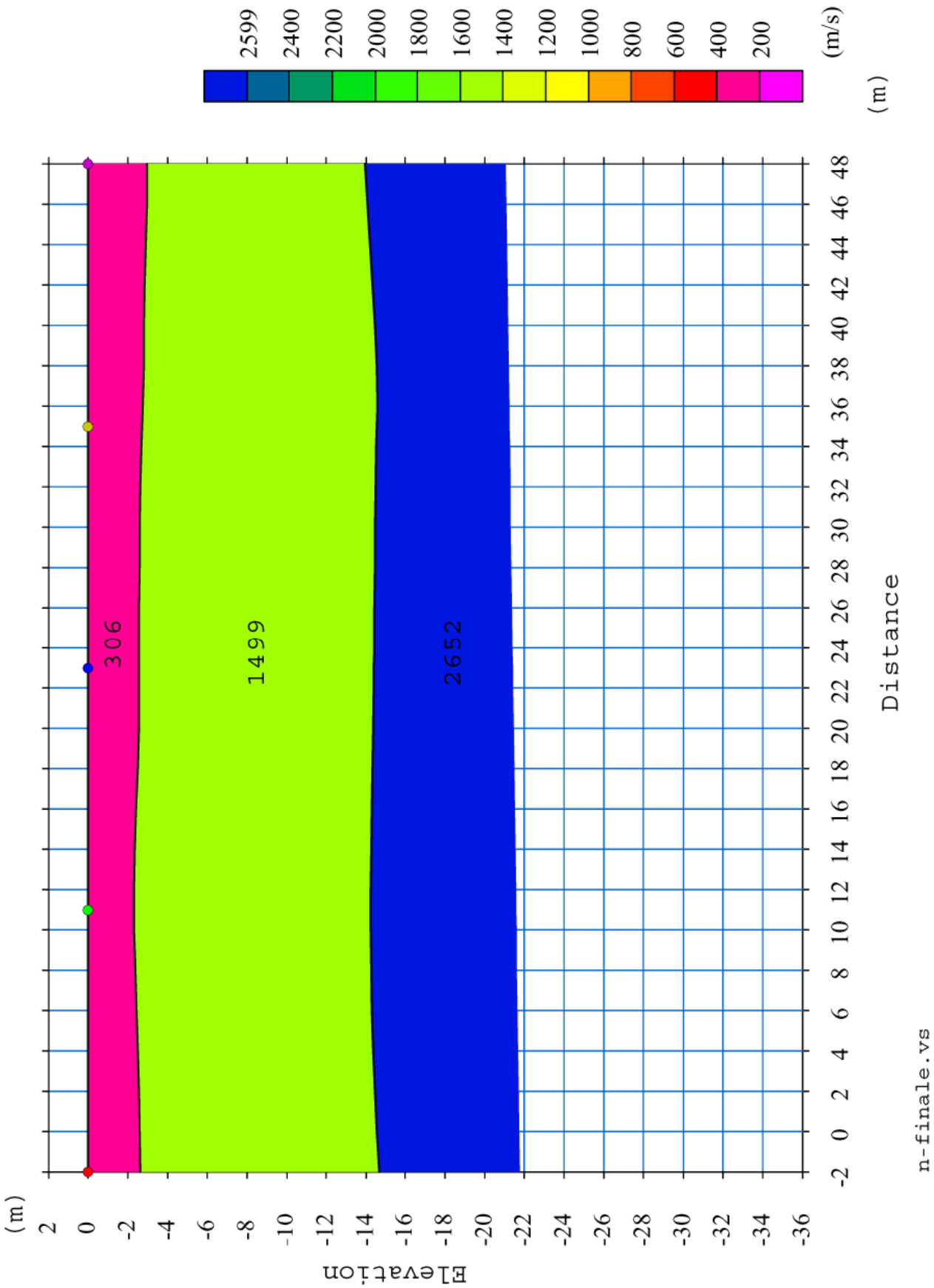


Figura 11: SEZIONE INTERPRETATIVA – BASE "N"



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

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. 2,00 dal geofono nr. 24 in posizione di estremo destro 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 12: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE - BASE "N"

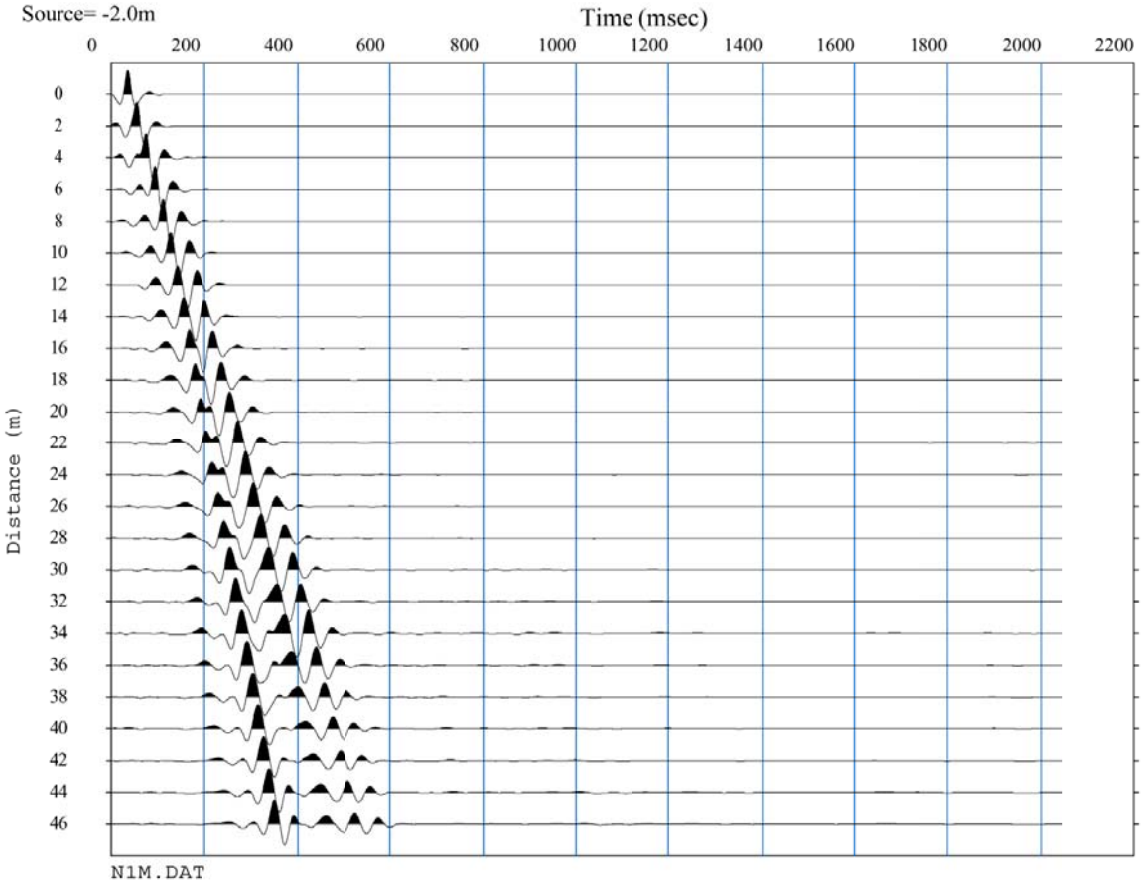


Figura 13: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE MISURATA - BASE "N"

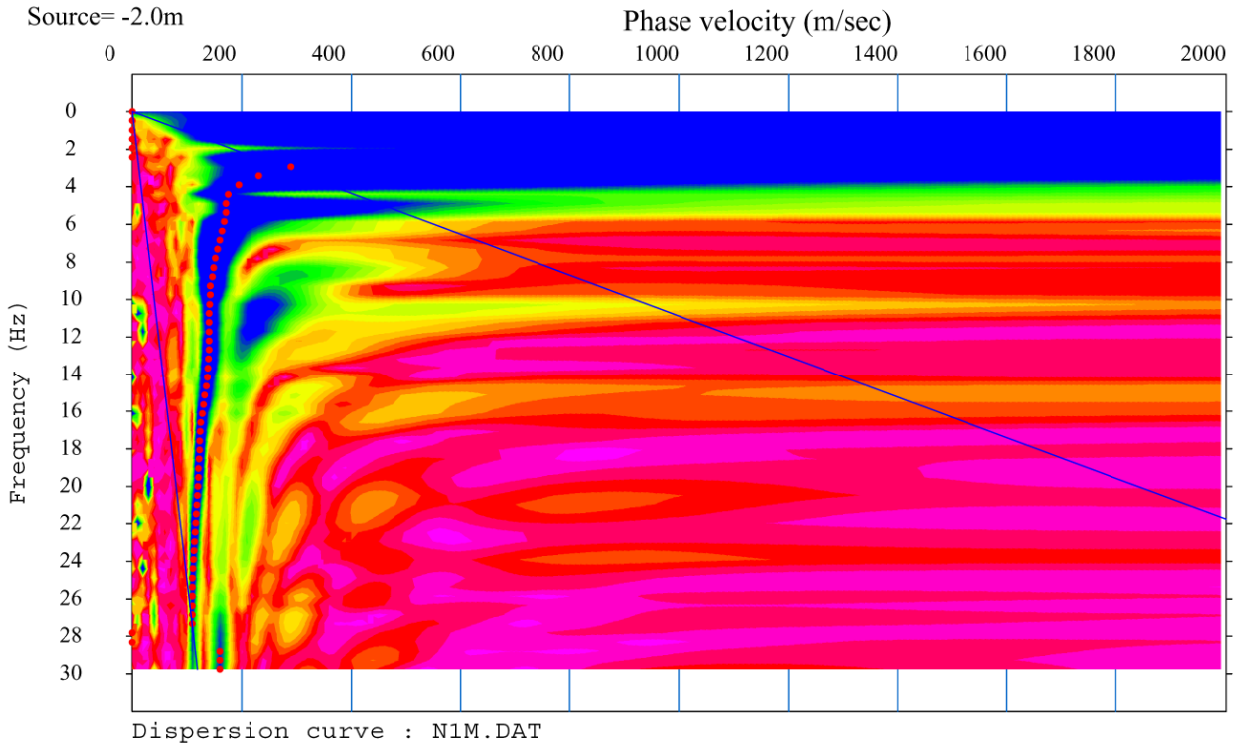


Figura 14: ANDAMENTO DELLE FREQUENZE RILEVATE E DELLA VELOCITA' DI FASE - BASE "N"

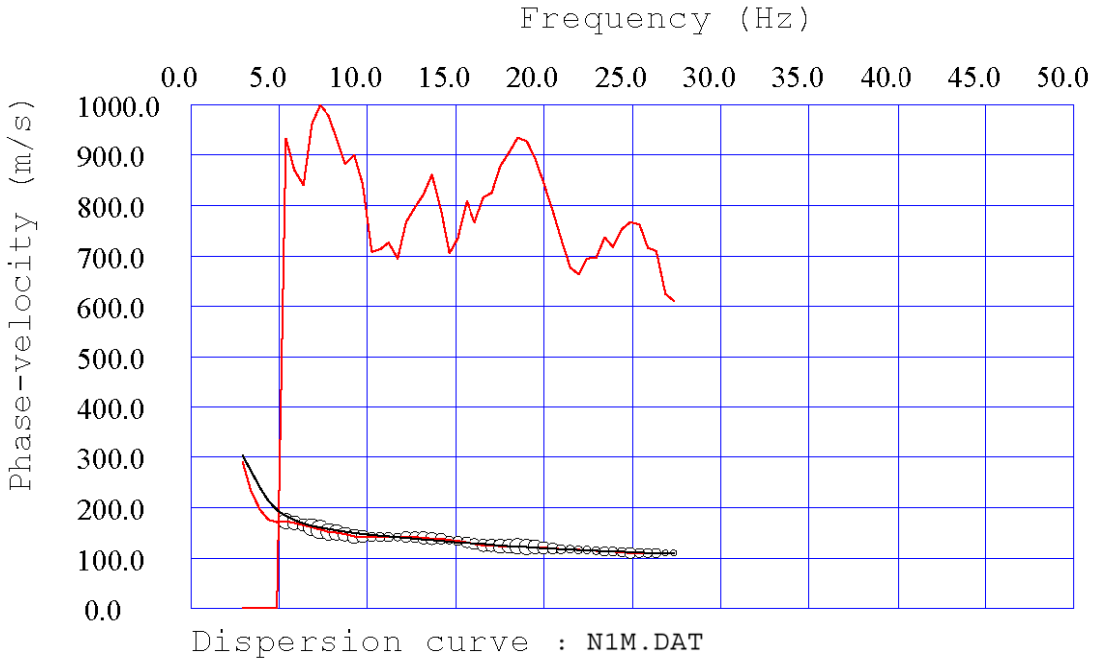
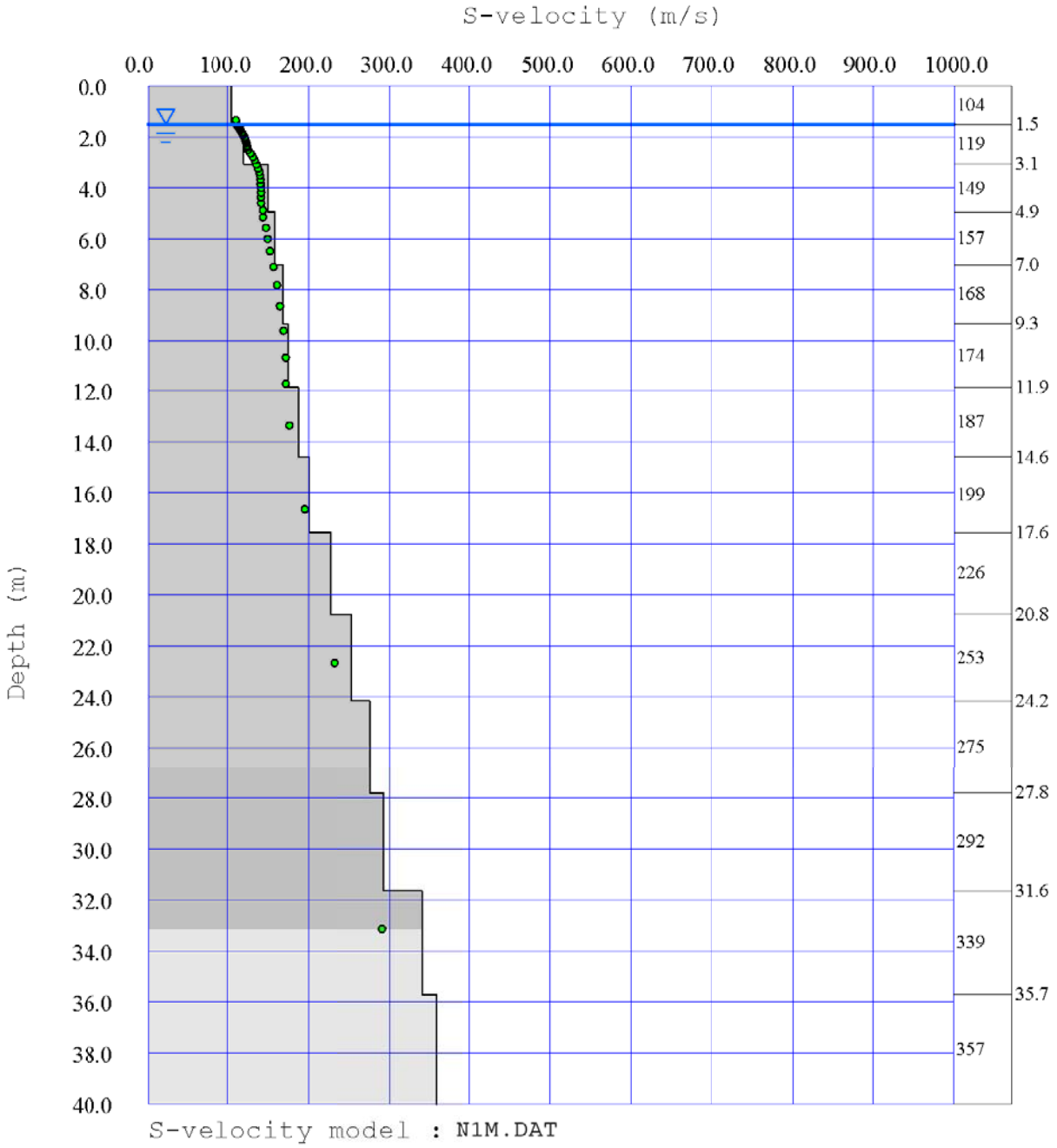


Figura 15: ANDAMENTO DELLE VELOCITA' DI TAGLIO DELLE ONDE SISMICHE CON IL PROCESSO DI INVERSIONE - BASE "N"



7 ELABORAZIONE DATI RILEVATI - BASE "N"

- 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 306 m/sec, 1499 m/sec e 2652 m/sec.

Per quanto riguarda la profondità degli orizzonti sismo-stratigrafici si rimanda alla sezione riportata in fig. 11.

- 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 33 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/m^3]**
h1	-1,50	1,50	104	208	13,037
h2	-3,08	1,58	119	1423	17,287
h3	-4,95	1,87	150	1456	17,393
h4	-7,03	2,08	158	1465	17,422
h5	-9,34	2,31	168	1477	17,459
h6	-11,87	2,53	175	1484	17,483
h7	-14,62	2,75	187	1498	17,526
h8	-17,58	2,96	200	1512	17,569
h9	-20,77	3,19	227	1542	17,663
h10	-24,18	3,41	253	1571	17,756
h11	-27,80	3,62	276	1596	17,833
h12	-31,65	3,85	293	1615	17,891
h13	-35,71	4,06	340	1667	18,052
h14	-48,57	12,86	358	1687	18,113

Al termine della elaborazione si è rilevato riscontrato una convergenza dei valori pari a 1.811444%, come riportato nella tabella sottostante:

Iteration=0 RMS=13.671136 m/s (8.493480%)	Iteration=1 RMS=11.379078 m/s (6.812007%)
Iteration=2 RMS=9.507777 m/s (5.475608%)	Iteration=3 RMS=7.988709 m/s (4.404262%)
Iteration=4 RMS=6.759643 m/s (3.586817%)	Iteration=5 RMS=5.773410 m/s (2.993651%)
Iteration=6 RMS=4.990753 m/s (2.555611%)	Iteration=7 RMS=4.376092 m/s (2.244416%)
Iteration=8 RMS=3.900168 m/s (2.001569%)	Iteration=9 RMS=3.535645 m/s (1.811444%)

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]**	**Σ h_i / $V_{s,i}$ [s]**
h1	-1,50	1,50000	104	0,01442	
h2	-3,08	1,58000	119	0,01322	
h3	-4,95	1,87000	150	0,01251	
h4	-7,03	2,08000	158	0,01318	
h5	-9,34	2,31000	168	0,01374	
h6	-11,87	2,53000	175	0,01446	
h7	-14,62	2,75000	187	0,01468	
h8	-17,58	2,96000	200	0,01482	
h9	-20,77	3,19000	227	0,01408	
h10	-24,18	3,41000	253	0,01345	
h11	-27,80	3,62000	276	0,01312	
h12	-30,00	2,20000	293	0,00752	
h13	-30,00	0,00000	0	0,00000	
h14	-30,00	0,00000	0	0,00000	0,15919
			$V_{s,30}$	**188**	**[m/s]**

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

Vignola, 16/01/2009

Geo-Xpert Italia snc

(Dott. Geol. Giorgio Masotti)

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI Nr. 188