Dott. Geol. Francesco COSTI
Iscriz. Ord. Geologi Liguria: A. P. 350

Via P. Gobetti 10/5 – 16145 Genova
Tel. + fax: 010 366 455
Cellulare: 348 03 62 899
e-mail: costifr@tin.it

P. IVA: 0372 55 60 100
C.F.: CST FNC 66P22 D969Q

SISMICA A RIFRAZIONE
ONDE P

NE' (GE)

Committente: Alloro Giulio Autotrasporti - Esercizio Cave

Località: Costa dei Sergi – Né (GE)

Tipo di lavoro: ampliamento cava

Profili sismici effettuati: due con onde P

Data di acquisizione: 04/05/2011

Data di consegna: 09/05/2011

Dott. Geol. Francesco Costi



INDICE

COMMENTO AI RISULTATI

1	Introduzione	pag. 3
2	Acquisizione dei dati	pag. 3
3	Analisi delle dromocrone	pag. 4
4	Risultati	pag. 5
5	Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso	pag. 6
6	Note	pag. 8

ALLEGATI

Allegato 1 – Localizzazione dei profili sismici
Allegato 2 – Tabelle dei risultati
Allegato 3 – Grafici dei risultati
Allegato 4 – Sezioni interpretate
Allegato 5 – Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

SISMICA A RIFRAZIONE

COMMENTO AI RISULTATI

1 – Introduzione

Su incarico della ditta Alloro Giulio Autotrasporti - Esercizio Cave e sotto la supervisione del Dott. Geol. Giacomo Canepa, sono stati eseguiti due profili di sismica a rifrazione con onde P, in località Costa dei Sergi nel Comune di Né (GE), nell'ambito degli studi geologici relativi al progetto di ampliamento dell'omonima cava.
L'indagine è finalizzata alla ricostruzione della stratigrafia sismica, utile per la definizione del modello geologico di riferimento dell'area in esame.

La presente relazione riporta gli esiti di tale studio ed è organizzata nel seguente modo: innanzi tutto è descritta l'acquisizione dei dati, quindi viene presentata un'analisi delle dromocrone ed infine sono riassunti e commentati i principali risultati ottenuti.
Seguono gli allegati, con vari tipi di tabelle e grafici che riportano in dettaglio i diversi dati conseguiti.

2 – Acquisizione dei dati

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione dei dati sismici è un sismografo ABEM TERRALOC MARK 6 a 24 canali, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nel primo foglio dell'allegato 2.

Le specifiche dei due profili effettuati sono sintetizzate nella tabella sottostante.

CARATTERISTICHE DEI PROFILI								
Numero profilo	**Tipo**	**Onde**	**Num. Ch.**	**GSP**	**Num. shot**	**Lung. stesa**	**Lung. tot.**	**Note**
1	rifrazione	P	24	3	7	69	102	
2	rifrazione	P	24	3	7	69	97	

Numero profilo	numero progressivo del profilo
Tipo	tipo di indagine sismica effettuata
Onde	onde sismiche utilizzate
Num. Ch.	numero di canali (geofoni) utilizzati
GSP	spaziatura fra i geofoni in metri
Num. shot	numero di shot (punti sorgente)
Lung. stesa	lunghezza della stesa di geofoni in metri
Lung. tot.	lunghezza totale del profilo in metri, compresi gli shot esterni

La geometria della stesa ed i parametri di acquisizione sono stati scelti tenendo conto dei seguenti fattori:
- buon dettaglio nella definizione degli strati superficiali, necessario per calcolare con precisione la profondità del rifrattore più profondo;
- adeguata lunghezza per indagare ad una sufficiente profondità e per coprire l'area d'interesse, in relazione agli scopi dell'indagine sismica;
- spazio realmente a disposizione;
- ottimizzazione del rapporto benefici / costi.

I profili sono stati acquisiti e trattati a 24 canali.
La sorgente utilizzata è costituita da una mazza da 8 kg battuta verticalmente su una piastra metallica.
Le onde sismiche sono state registrate da geofoni verticali da 10 Hz.
Lungo il tracciato dei profili, prima di operare in campagna è stata necessaria una pulizia del terreno, con l'apertura di una traccia nella fitta vegetazione arbustiva.
I dettagli dei parametri d'acquisizione sono descritti nelle tabelle dei risultati (allegato 2).

La localizzazione indicativa dei profili sismici è riportata nell'allegato 1.
Per ogni profilo, il segmento in blu è rappresentativo della lunghezza totale dello stendimento ed è orientato nel senso delle progressive metriche crescenti; il suo inizio coincide con la progressiva 0 m (primo shot), mentre l'apice della freccia ne indica la fine (ultimo shot). Il segmento in rosso si estende dal primo all'ultimo geofono e di fatto corrisponde alla parte interpretata.

3 – Analisi delle dromocrone

Le tracce sono risultate in prevalenza di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche ben leggibili.
Solo in alcuni limitati casi il segnale sismico è stato di difficile riconoscimento a causa della presenza sulle tracce di un primo arrivo poco energetico.
Grazie alla sovrabbondanza di dati e basandosi sulle regole fisiche che intercorrono fra le dromocrone dei vari shot, è stato comunque possibile riconoscere ed eliminare eventuali dati anomali, ottenendo alla fine per tutti i profili un insieme coerente di tempi letti.

Le dromocrone mostrano in generale un andamento piuttosto irregolare, che indica la presenza di importanti variazioni laterali delle caratteristiche (velocità e/o profondità) degli strati sismici.
In tali situazioni, l'individuazione dei punti di cambio strato sulle dromocrone risulta non immediata e deve basarsi prevalentemente sul confronto fra le dromocrone relative ai vari shot di ogni profilo.

Da un'attenta analisi delle dromocrone è possibile riconoscere una situazione a tre strati, con due principali cambi di pendenza sulle dromocrone stesse.
Nella tabella sottostante sono sintetizzate le principali informazioni deducibili dalle dromocrone, con indicazione della posizione dei punti di cambio strato.

OSSERVAZIONI SULLE DROMOCRONE						
PASSAGGIO PRIMO - SECONDO STRATO						
N. Prof.	**numero geof.**			**metri dallo shot**		
	inizio	**centro**	**fine**	**inizio**	**centro**	**fine**
1	2 - 3	3 - 4	3 - 4	4.5 - 7.5	7.5 - 10.5	7.5 - 10.5
2	1 - 2	2	2 - 3	1.5 - 4.5	4.5	4.5 - 7.5
PASSAGGIO SECONDO - TERZO STRATO						
N. Prof.	**numero geof.**			**metri dallo shot**		
	inizio	**centro**	**fine**	**inizio**	**centro**	**fine**
1	6	5 - 6	8	16.5	13.5 - 16.5	22.5
2	6	7 - 9	8	16.5	19.5 - 25.5	22.5

N. Prof.	numero progressivo del profilo
numero geof.	distanza dallo shot del punto di cambio strato sulla dromocrona, espressa come numero di geofoni
metri dallo shot	distanza dallo shot del punto di cambio strato sulla dromocrona, espressa in metri
inizio	shot nella parte iniziale del profilo (1)
centro	shot nella parte centrale del profilo (1)
fine	shot nella parte finale del profilo (1)
nota (1)	con riferimento alle progressive metriche crescenti

In generale, sulle dromocrone la distanza dallo shot del punto di cambio strato, relativamente ad un determinato rifrattore, aumenta con:
- un aumento della velocità degli strati sovrastanti,
- una maggiore profondità del rifrattore,
- una diminuzione della velocità del rifrattore.

4 – Risultati

Nei fogli dei risultati sono riportati, sotto forma sia di tabelle (allegato 2) sia di grafici (allegati 3 e 4), i seguenti dati: posizione di shot e geofoni, tempi letti, valori di velocità e profondità punto per punto relativamente al primo strato ed ai rifrattori.

I due rifrattori individuati (interfacce superiori del secondo e del terzo strato) sono stati analizzati con il Generalized Reciprocal Method (GRM), sviluppato da J. Palmer nel 1980.
Per i dettagli dei risultati si rimanda agli allegati, mentre qui di seguito verranno riassunte e commentate le osservazioni più importanti deducibili dalle indagini svolte.
Nel testo sottostante, le diciture iniziale, centrale e finale indicano la posizione dell'osservazione lungo lo stendimento, con riferimento alle progressive metriche crescenti.

I due profili effettuati hanno dato risultati reciprocamente compatibili.

Il primo strato presenta una velocità di propagazione delle onde P compresa fra 300 m/s e 365 m/s.
Il secondo strato è caratterizzato da velocità piuttosto variabili nell'area indagata: nella prima metà del profilo 1 i valori vanno da 370 m/s a 500 m/s; nella zona centrale del profilo 2 le velocità raggiungono i 1000-1145 m/s; nelle restanti zone (seconda metà dal profilo 1, parti iniziale e finale del profilo 2) i valori sono compresi fra 500 m/s e 1000 m/s.
Nel terzo strato le onde P si propagano ad una velocità pari a 3755-4255 m/s sul profilo 1 ed a 3175-3615 sul profilo 2.

Lo spessore del primo strato oscilla fra 0,7 m e 3,6 m, con i valori più elevati nella parte finale del profilo 1.
Il passaggio fra secondo e terzo strato (secondo rifrattore) ha una morfologia piuttosto irregolare, con valori di profondità che variano da 4,8 m a 13,7 m; sul profilo 1 il rifrattore risulta mediamente in pendenza secondo le progressive metriche crescenti, mentre sul profilo 2 forma un avvallamento nella parte centrale della stesa.

Si precisa che, per questioni fisiche legate alla propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, la profondità di un determinato rifrattore non viene misurata verticalmente sotto la stesa di geofoni, bensì perpendicolarmente al rifrattore stesso. Il valore riportato nei risultati rappresenta in realtà lo spessore totale degli strati sovrastanti.
Nel caso di uno stendimento realizzato lungo le isoipse di un versante in pendenza (come i due profili in esame), a livello indicativo le profondità in verticale possono essere stimate dalle profondità dedotte con la sismica dividendo queste ultime per il coseno dell'angolo di inclinazione del versante.

Il primo strato è rappresentato dal suolo presente in superficie nell'area in esame.

Il secondo strato sulla base dei soli dati sismici non può essere attribuito in maniera univoca ad un particolare tipo di terreno. Le velocità sono ancora compatibili con un terreno sciolto; gli aumenti di velocità rispetto al primo strato e le variazioni di valori interne al secondo strato possono essere dovuti a vari fattori: una maggiore compattezza, una composizione granulometrica differente, un diverso tenore di umidità, la presenza di blocchi rocciosi disarticolati, ….
I valori di velocità del secondo strato, quando superiori ai 500 m/s, sono riferibili anche ad un cappellaccio d'alterazione e/o ad un ammasso roccioso estremamente fratturato-allentato. Si tratta in ogni modo di un materiale non saturo d'acqua.

Il terzo strato, dati i valori di velocità elevati, può essere attribuito ad un substrato roccioso, da mediamente a poco fratturato, come meglio analizzato nel successivo paragrafo.

5 – Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

Il percorso di un'onda sismica in un ammasso roccioso stratificato e/o fratturato può essere schematicamente suddiviso in due parti: una nella matrice rocciosa integra ed una nel riempimento dei giunti.
La velocità di propagazione risultante, che è la velocità misurata con un profilo di sismica a rifrazione, dipende dalle velocità nei due materiali e dallo stato di fratturazione.

Si nota che nel testo che segue e nei diagrammi riportati nell'allegato 5, il termine fratturazione viene utilizzato in senso lato, indicando tutte le discontinuità che interessano l'ammasso roccioso: stratificazione, scistosità, fratture in senso stretto, faglie, …

Nel primo diagramma dell'allegato 5 viene rappresentata la velocità risultante delle onde P in funzione dei tre parametri che la condizionano.
Lo stato di fratturazione rappresenta il percorso complessivo effettuato dall'onda sismica all'interno delle fratture, espresso come percentuale sulla distanza totale.
Le varie curve sul grafico sono state ricavate considerando il tempo di percorrenza dell'onda all'interno dei due differenti materiali attraversati e calcolando la velocità media risultante.
Il diagramma può essere utilizzato per stimare lo stato di fratturazione di un ammasso roccioso di cui è stata misurata la velocità risultante, note le velocità della matrice rocciosa e quella del materiale di riempimento delle fratture.

Partendo dal valore di fratturazione che si ottiene dal precedente diagramma ed ipotizzando un'apertura media delle fratture incontrate dall'onda sismica, tramite i due successivi grafici riportati nell'allegato 5 è possibile calcolare il numero di fratture attraversate in un metro e la spaziatura fra le fratture.

Si tenga tuttavia presente che il percorso delle onde sismiche all'interno di un ammasso fratturato è in realtà molto complesso, con fenomeni di rifrazione, diffrazione, riflessione, aggiramento delle fratture principali, ecc.
Le velocità della matrice rocciosa e del materiale di riempimento delle fratture sono inoltre sicuramente variabili lungo il percorso delle onde.
I diagrammi sopra indicati vanno pertanto utilizzati solo per considerazioni di tipo qualitativo ed a carattere indicativo.

Per il caso in esame è stato preparato il diagramma riportato alla pagina 3 dell'allegato 5, relativo al secondo ed al terzo strato individuati nei profili a rifrazione.
I dati di partenza sono due.
Il primo è la velocità di propagazione delle onde P nella matrice rocciosa priva di fratture, assimilabile ai risultati di un'eventuale prova ad ultrasuoni su un campione di roccia sano. In base a dati di letteratura e ad esperienze dirette, tale velocità è stata considerata pari a 5500-6500 m/s.
Il secondo dato di input è la velocità nel materiale di riempimento dei giunti, valutata variabile da 330 m/s a 400 m/s ipotizzando che i giunti siano pieni di terra areata.
E' stata quindi considerata la velocità misurata per le onde P nel secondo strato, suddiviso in due sottoclassi, e nel terzo strato; per i vari livelli i valori sono pari rispettivamente a: 500-1000 m/s per la sottoclasse 2-A del secondo strato, 1000-1145 m/s per la sottoclasse 2-B del secondo strato, 3175-4255 m/s per il terzo strato.
Da questi dati è stato calcolato il corrispondente livello di fratturazione, che risulta variabile da 28,7% a 78,7% per la sottoclasse 2-A del secondo strato, da 24,3% a 36,1% nella sottoclasse 2-B del secondo strato e da 1,9% a 6,9% relativamente al terzo strato.

6 - Note

Per una corretta interpretazione dei risultati, occorre tenere conto delle seguenti osservazioni.

- Un profilo sismico non è una sezione verticale del terreno, bensì una sezione perpendicolare al rifrattore. Un dato valore di profondità, calcolato in corrispondenza di un determinato geofono, indica che il rifrattore si trova in un punto dello spazio ad una distanza dal geofono pari al valore di profondità. L'andamento reale degli strati nel sottosuolo si ottiene combinando in tre dimensioni i risultati di vari profili.

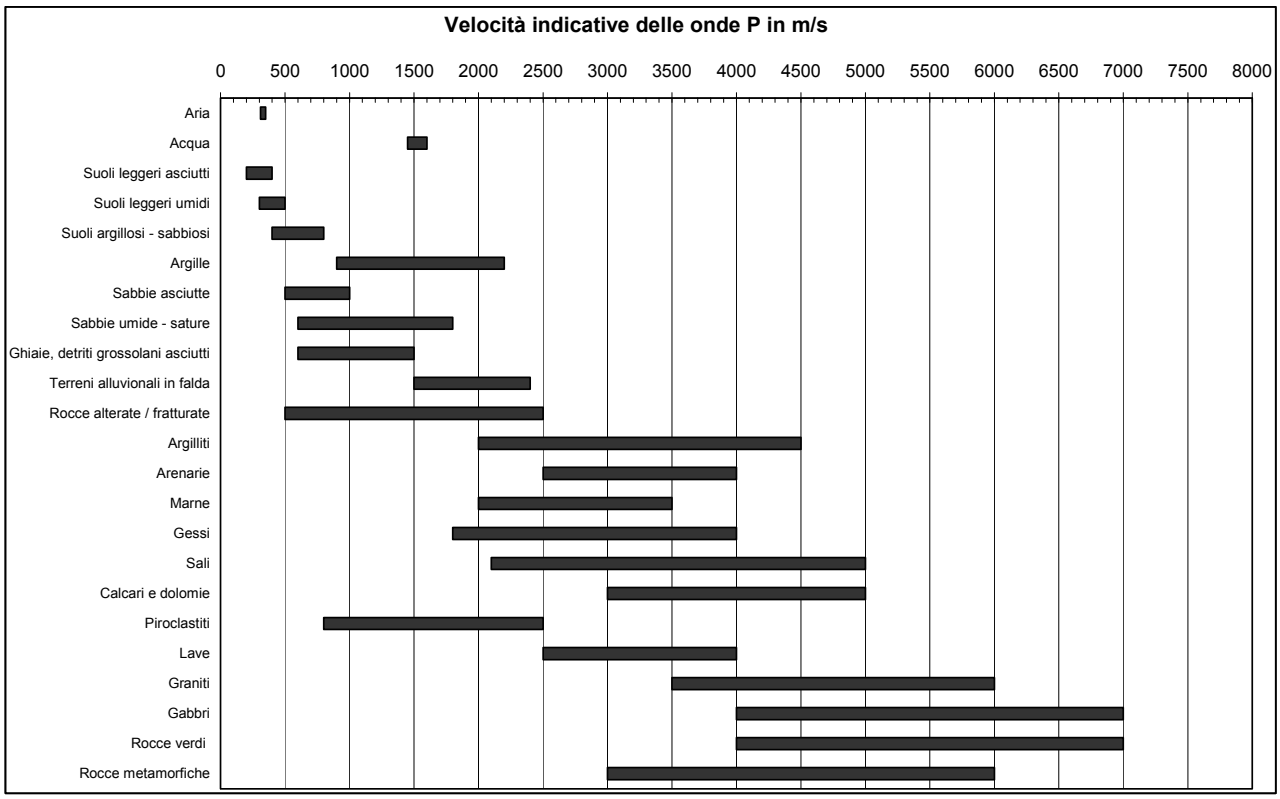
- Per ogni strato, la sismica fornisce un valore di velocità che rappresenta in un certo senso la media sull'intero spessore dello strato.

- Con la sismica a rifrazione non è possibile individuare inversioni di velocità, cioè non è possibile stabilire se le velocità diminuiscono fra due rifrattori individuati oppure ad una profondità maggiore dell'ultimo rifrattore riconosciuto.

- Nel caso di rocce che presentano piani di debolezza ben definiti (stratificazione, famiglie di fratture, …), la velocità di propagazione delle onde sismiche può variare sensibilmente in funzione dell'orientazione del profilo rispetto alla giacitura di tali strutture: un profilo parallelo ai piani di debolezza in generale dà velocità più elevate rispetto ad un profilo perpendicolare agli stessi piani.

- Nei disegni finali delle sezioni, i limiti laterali e lo spessore dell'ultimo strato hanno un significato puramente grafico, in quanto con la sismica a rifrazione si individua esclusivamente l'interfaccia superiore dei vari strati sismici.

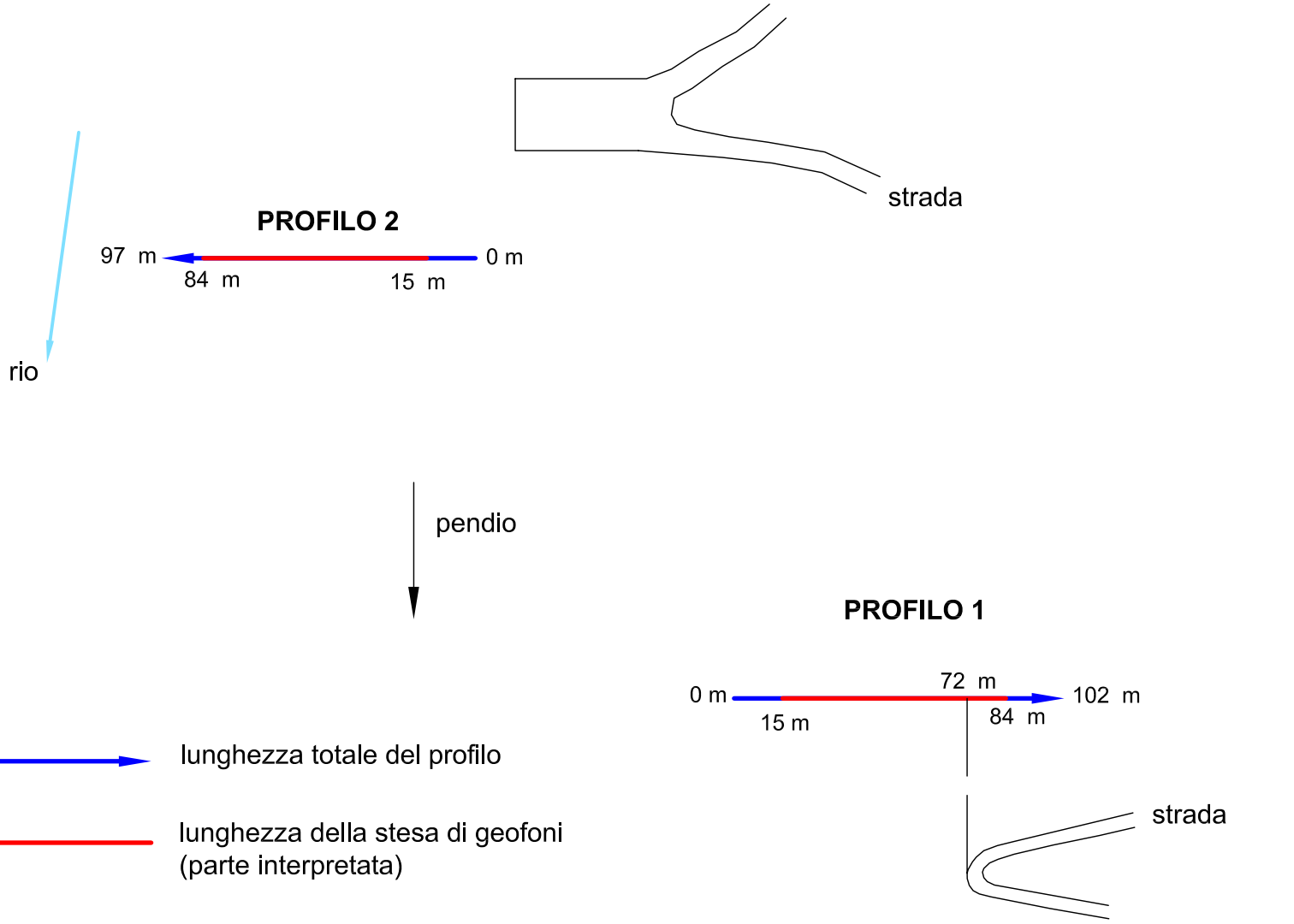
Nelle tabelle sottostanti sono riportati i valori medi delle velocità di propagazione delle onde P all'interno di differenti materiali.


Velocità indicative delle onde P in m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
7500
8000
Aria
Acqua
Suoli leggeri asciutti
Suoli leggeri umidi
Suoli argillosi - sabbiosi
Argille
Sabbie asciutte
Sabbie umide - sature
Ghiaie, detriti grossolani asciutti
Terreni alluvionali in falda
Rocce alterate / fratturate
Argilliti
Arenarie
Marne
Gessi
Sali
Calcari e dolomie
Piroclastiti
Lave
Graniti
Gabbri
Rocce verdi
Rocce metamorfiche

ALLEGATO 1

Localizzazione dei profili sismici

LOCALIZZAZIONE INDICATIVA
DELLE INDAGINI SISMICHE



ALLEGATO 2

Tabelle dei risultati

SISMICA A RIFRAZIONE

STRUMENTAZIONE E PROGRAMMI

SISMOGRAFO
Abem Terraloc Mark 6 a 24 canali.
Sismografo digitale ad elevata dinamica e sensibilità.
Le principali caratteristiche tecniche dello strumento sono:

- passo di campionamento = selezionabile da 0.025 ms a 2 ms;
- durata della registrazione = selezionabile da 3.2 ms a 32.7 s;
- filtri analogici in acquisizione = anti-aliasing, notch, high-pass;
- possibilità di sommare le tracce, fino a 999 stacks;
- possibilità di pre-trig o delay time;
- convertitore A/D = 21 bit (18 ADC + 3 IFP);
- range dinamico teorico = 126 dB;
- range di frequenza = 1 - 4000 Hz;
- computer interno con processore 486;
- visualizzazione delle tracce a video, per verifiche in fase di acquisizione.

GEOFONI
Geofoni verticali ed orizzontali 10 Hz **SM-4B** e **GEOSPACE**.

PROGRAMMA DI LETTURA DEI TEMPI
Programma al computer per la lettura dei tempi di arrivo delle onde sismiche: **Abem MK6.**
Dispone delle seguenti funzioni:

- visualizzazione delle tracce complessivamente o singolarmente;
- zoom delle tracce;
- analisi spettrale;
- filtraggio digitale (lowpass, highpass, bandpass, bandreject, alpha-beta, ...);
- normalizzazione delle ampiezze;
- applicazione di vari tipi di guadagno, ...

METODO DI INTERPRETAZIONE DEI DATI
I tempi letti sono interpretati sulla base del **Generalized Reciprocal Method** (GRM, Palmer D., 1980).
Le principali caratteristiche specifiche del metodo sono:

- utilizzo di più shot per ogni stesa, per risolvere le ambiguità relative a: lettura dei tempi di arrivo, riconoscimento dei vari strati, fasi interpretative finali;
- analisi puntuale delle dromocrone, che permette di definire le variazioni laterali di velocità e profondità di ogni rifrattore;
- presenza di vari parametri di controllo, per valutare l'affidabilità delle soluzioni parziali e finali e per individuare eventuali strati nascosti o inversioni di velocità;
- possibilità di utilizzo in condizioni topografiche accidentate.

PROGRAMMA DI INTERPRETAZIONE DEI DATI
Programma al computer per l'interpretazione dei dati con il GRM: INREPEX **GREMIX**.
Le principali caratteristiche sono:

- possibilità di riconoscimento di più rifrattori, per un massimo di 4;
- possibilità di utilizzo per ogni profilo di più shot, per un massimo di 9, e di 69 geofoni per ogni shot;
- interpretazione interattiva, che permette le seguenti funzioni: riconoscimento dei vari strati sulle dromocrone basandosi sul confronto fra diversi shot, controllo dei tempi reciproci, utilizzo di un xy medio per ogni rifrattore o riconoscimento del valore di xy ottimale per ogni singola coppia di shot, visualizzazione della sezione in tempi con i risultati derivati da ogni coppia di shot, utilizzo della “velocità media” nel caso di strati nascosti o inversioni di velocità, correzioni topografiche.

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 1

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 04/05/2011
Cliente = Cave Alloro Giulio
Luogo = Costa dei Sergi - Ne' (GE)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

N	X	Z
1	.00	.00
2	13.50	.00
3	31.50	.00
4	49.50	.00
5	67.50	.00
6	85.50	.00
7	102.00	.00

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

N	X	Z	Shot1	Shot2	Shot3	Shot4	Shot5	Shot6	Shot7
1	15.00	.00	31.4	4.4	33.4	44.4	49.2	55.2	56.7
2	18.00	.00	38.0	13.0	30.8	41.8	46.6	52.6	54.1
3	21.00	.00	43.8	17.6	29.8	40.8	45.6	51.6	53.1
4	24.00	.00	44.0	28.0	22.2	38.8	43.6	49.6	51.1
5	27.00	.00	43.2	32.8	13.4	37.2	42.0	48.0	49.5
6	30.00	.00	41.8	38.8	4.4	38.4	43.2	49.2	50.7
7	33.00	.00	39.6	36.6	6.2	38.0	42.8	48.8	50.3
8	36.00	.00	40.8	37.8	15.0	37.2	42.0	48.0	49.5
9	39.00	.00	43.6	40.6	23.2	30.2	42.4	48.4	49.9
10	42.00	.00	46.0	43.0	31.8	23.4	43.2	49.2	50.7
11	45.00	.00	50.4	47.4	40.4	14.0	44.2	50.2	51.7
12	48.00	.00	49.8	46.8	39.8	4.4	43.2	49.2	50.7
13	51.00	.00	51.2	48.2	41.2	6.6	40.0	46.0	47.5
14	54.00	.00	49.8	46.8	39.8	13.8	36.0	44.4	45.9
15	57.00	.00	48.8	45.8	38.8	22.6	31.6	43.0	44.5
16	59.00	.00	49.4	46.4	39.4	28.8	26.0	43.0	44.5
17	63.00	.00	51.0	48.0	41.0	37.2	14.2	44.4	45.9
18	66.00	.00	54.2	51.2	44.2	41.4	5.4	41.4	48.4
19	69.00	.00	56.8	53.8	46.8	44.0	5.0	36.2	47.6
20	72.00	.00	58.4	55.4	48.4	45.6	13.4	34.0	46.4
21	75.00	.00	59.0	56.0	49.0	46.2	22.6	29.8	45.6
22	78.00	.00	57.8	54.8	47.8	45.0	29.2	22.6	42.8
23	81.00	.00	59.2	56.2	49.2	46.4	31.9	14.4	42.0
24	84.00	.00	60.6	57.6	50.6	47.8	33.3	7.6	40.8

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 1

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 04/05/2011
Cliente = Cave Alloro Giulio
Luogo = Costa dei Sergi - Ne' (GE)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

Numero di punti per strato:
Strato 1 = 24
Strato 2 = 24
Strato 3 = 24

STRATO 1			STRATO 2			STRATO 3		
X(m)	Z(m)	V(m/s)	X(m)	Z(m)	V(m/s)	X(m)	Z(m)	V(m/s)
15.0	.0	325	15.0	-.9	440	15.0	-6.9	4237
18.0	.0	326	18.0	-1.2	440	18.0	-7.9	4238
21.0	.0	326	21.0	-1.6	441	21.0	-7.3	4092
24.0	.0	327	24.0	-2.0	441	24.0	-6.7	4092
27.0	.0	327	27.0	-1.6	441	27.0	-6.1	4080
30.0	.0	328	30.0	-1.2	372	30.0	-4.8	4080
33.0	.0	327	33.0	-1.1	378	33.0	-5.3	4080
36.0	.0	326	36.0	-1.0	384	36.0	-5.8	4080
39.0	.0	325	39.0	-1.0	390	39.0	-6.3	4080
42.0	.0	324	42.0	-1.2	390	42.0	-7.1	4179
45.0	.0	322	45.0	-1.5	390	45.0	-7.2	4255
48.0	.0	321	48.0	-2.1	493	48.0	-8.8	4255
51.0	.0	322	51.0	-2.3	527	51.0	-8.5	4255
54.0	.0	323	54.0	-2.4	562	54.0	-7.7	4255
57.0	.0	324	57.0	-2.6	596	57.0	-7.6	4155
59.0	.0	324	59.0	-2.7	619	59.0	-7.6	4087
63.0	.0	325	63.0	-3.0	665	63.0	-9.0	4080
66.0	.0	326	66.0	-3.2	700	66.0	-10.4	3976
69.0	.0	333	69.0	-2.9	732	69.0	-12.7	3887
72.0	.0	340	72.0	-2.5	764	72.0	-13.7	3887
75.0	.0	346	75.0	-3.5	764	75.0	-12.0	3887
78.0	.0	353	78.0	-3.3	764	78.0	-12.0	3887
81.0	.0	360	81.0	-3.4	765	81.0	-11.7	3887
84.0	.0	366	84.0	-3.5	765	84.0	-11.8	3757

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 2

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 04/05/2011
Cliente = Cave Alloro Giulio
Luogo = Costa dei Sergi - Ne' (GE)

ELEMENTI DELLA STESA

SHOT = posizione in m

N	X	Z
1	.00	.00
2	13.50	.00
3	31.50	.00
4	49.50	.00
5	67.50	.00
6	85.50	.00
7	97.00	.00

GEOFONI = posizione in m, tempi letti in ms

N	X	Z	Shot1	Shot2	Shot3	Shot4	Shot5	Shot6	Shot7
1	15.00	.00	21.2	2.6	26.0	33.8	39.2	47.8	48.4
2	18.00	.00	23.6	12.0	24.2	33.0	38.4	47.0	47.6
3	21.00	.00	26.0	16.6	19.2	32.2	37.6	46.2	46.8
4	24.00	.00	25.6	22.6	12.4	29.6	35.0	43.6	44.2
5	27.00	.00	26.0	24.2	8.8	28.2	33.6	42.2	42.8
6	30.00	.00	29.4	28.0	5.4	29.2	35.6	44.2	44.8
7	33.00	.00	30.4	29.0	4.2	29.0	35.2	43.8	44.4
8	36.00	.00	33.2	31.8	12.0	28.0	36.0	44.6	45.2
9	39.00	.00	34.8	33.4	19.0	22.4	34.4	43.0	43.6
10	42.00	.00	37.4	36.0	25.0	19.6	35.6	45.6	46.2
11	45.00	.00	34.6	33.2	24.8	14.0	30.0	41.0	41.6
12	48.00	.00	35.0	33.6	25.8	5.2	29.2	40.4	41.0
13	51.00	.00	38.0	36.6	28.6	4.2	26.0	40.4	41.0
14	54.00	.00	37.6	36.2	29.8	13.2	22.2	36.8	37.4
15	57.00	.00	37.0	35.6	30.1	17.0	19.4	37.2	37.8
16	60.00	.00	37.4	36.0	30.5	19.6	16.6	37.2	37.8
17	63.00	.00	39.9	38.5	33.0	24.0	12.2	37.8	39.6
18	66.00	.00	41.5	40.1	34.6	26.4	4.8	34.0	37.4
19	69.00	.00	43.1	41.7	36.2	32.6	4.0	30.8	34.2
20	72.00	.00	40.8	39.4	33.9	31.7	11.4	28.2	32.2
21	75.00	.00	41.4	40.0	34.5	32.3	17.6	26.4	31.2
22	78.00	.00	45.9	44.5	39.0	36.8	23.6	22.2	31.6
23	81.00	.00	47.1	45.7	40.2	38.0	26.0	13.8	29.0
24	84.00	.00	50.3	48.9	43.4	41.2	30.0	4.8	29.0

SISMICA A RIFRAZIONE

PROFILO N. 2

DATI GENERALI DELLA STESA

Data = 04/05/2011
Cliente = Cave Alloro Giulio
Luogo = Costa dei Sergi - Ne' (GE)

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Passo di campionamento = 0.10 ms
Numero di campioni per traccia = 2048
Durata di una traccia = 204 ms
Filtri analogici high-pass = off
Filtro notch 50 Hz = off
Sorgente = mazza 8 kg

RISULTATI

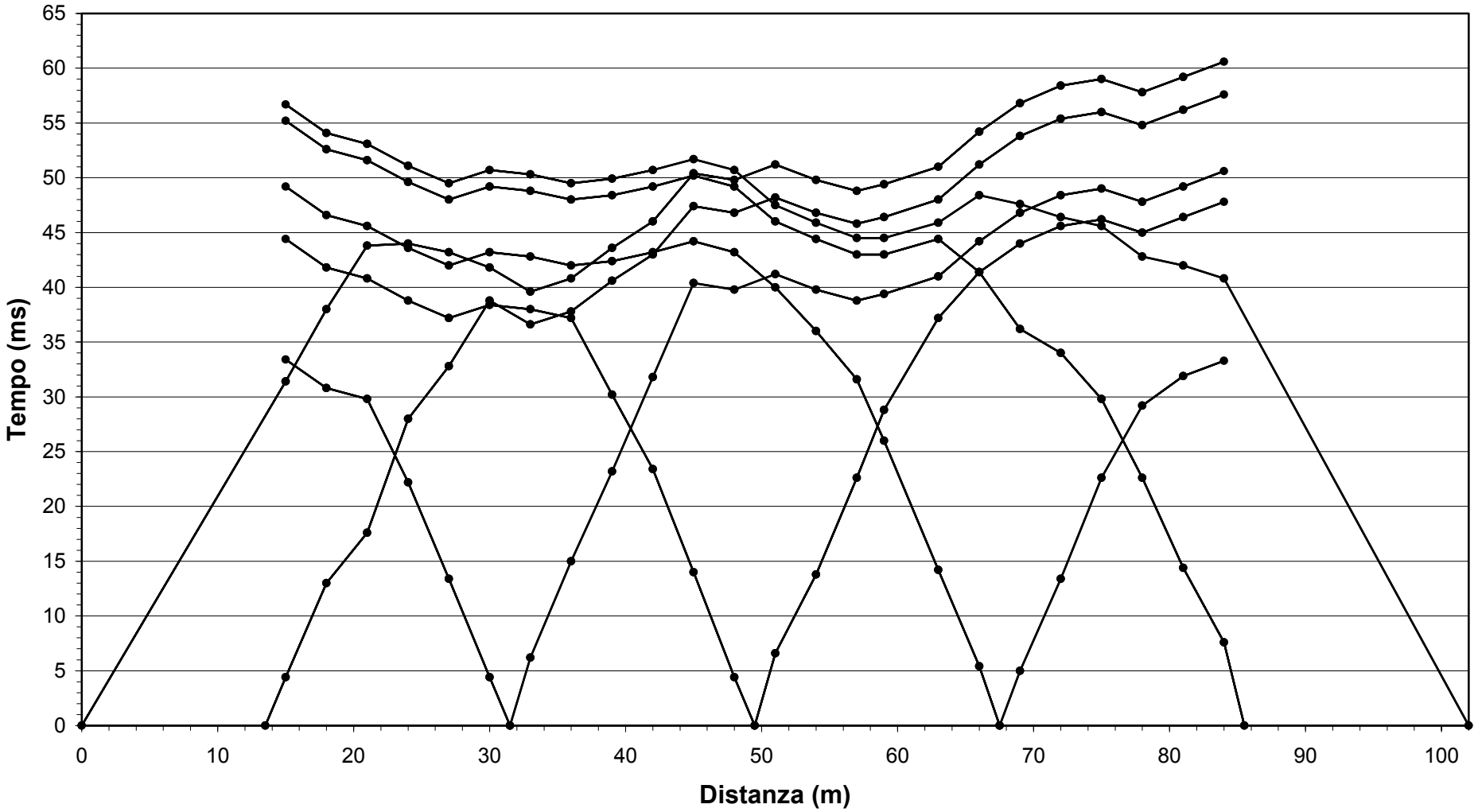
Numero di punti per strato:
Strato 1 = 24
Strato 2 = 23
Strato 3 = 20

STRATO 1			STRATO 2			STRATO 3		
X(m)	Z(m)	V(m/s)	X(m)	Z(m)	V(m/s)	X(m)	Z(m)	V(m/s)
15.0	.0	342	15.0	-1.1	699	21.0	-5.9	3305
18.0	.0	332	18.0	-1.3	699	24.0	-5.3	3305
21.0	.0	322	21.0	-1.6	699	27.0	-5.4	3305
24.0	.0	312	24.0	-1.2	699	30.0	-7.3	3333
27.0	.0	303	27.0	-.7	699	33.0	-7.5	3412
30.0	.0	293	30.0	-.7	699	36.0	-8.2	3412
33.0	.0	296	33.0	-1.5	836	39.0	-7.2	3412
36.0	.0	299	36.0	-2.0	836	42.0	-11.2	3412
39.0	.0	302	39.0	-2.5	836	45.0	-9.3	3617
42.0	.0	306	42.0	-2.3	979	48.0	-10.4	3617
45.0	.0	309	45.0	-1.8	1051	51.0	-12.2	3587
48.0	.0	312	48.0	-1.6	1122	54.0	-9.4	3487
51.0	.0	320	51.0	-1.6	1144	57.0	-8.3	3487
54.0	.0	328	54.0	-1.5	1023	60.0	-8.5	3487
57.0	.0	335	57.0	-1.5	901	63.0	-10.2	3487
60.0	.0	343	60.0	-1.7	901	66.0	-10.6	3359
63.0	.0	351	63.0	-1.7	901	69.0	-8.7	3174
66.0	.0	359	66.0	-1.5	901	72.0	-6.7	3174
69.0	.0	355	69.0	-1.4	775	75.0	-5.5	3174
72.0	.0	352	72.0	-1.7	775	78.0	-7.2	3174
75.0	.0	348	75.0	-2.4	775			
78.0	.0	345	78.0	-2.7	775			
81.0	.0	342	81.0	-2.4	775			
84.0	.0	338						

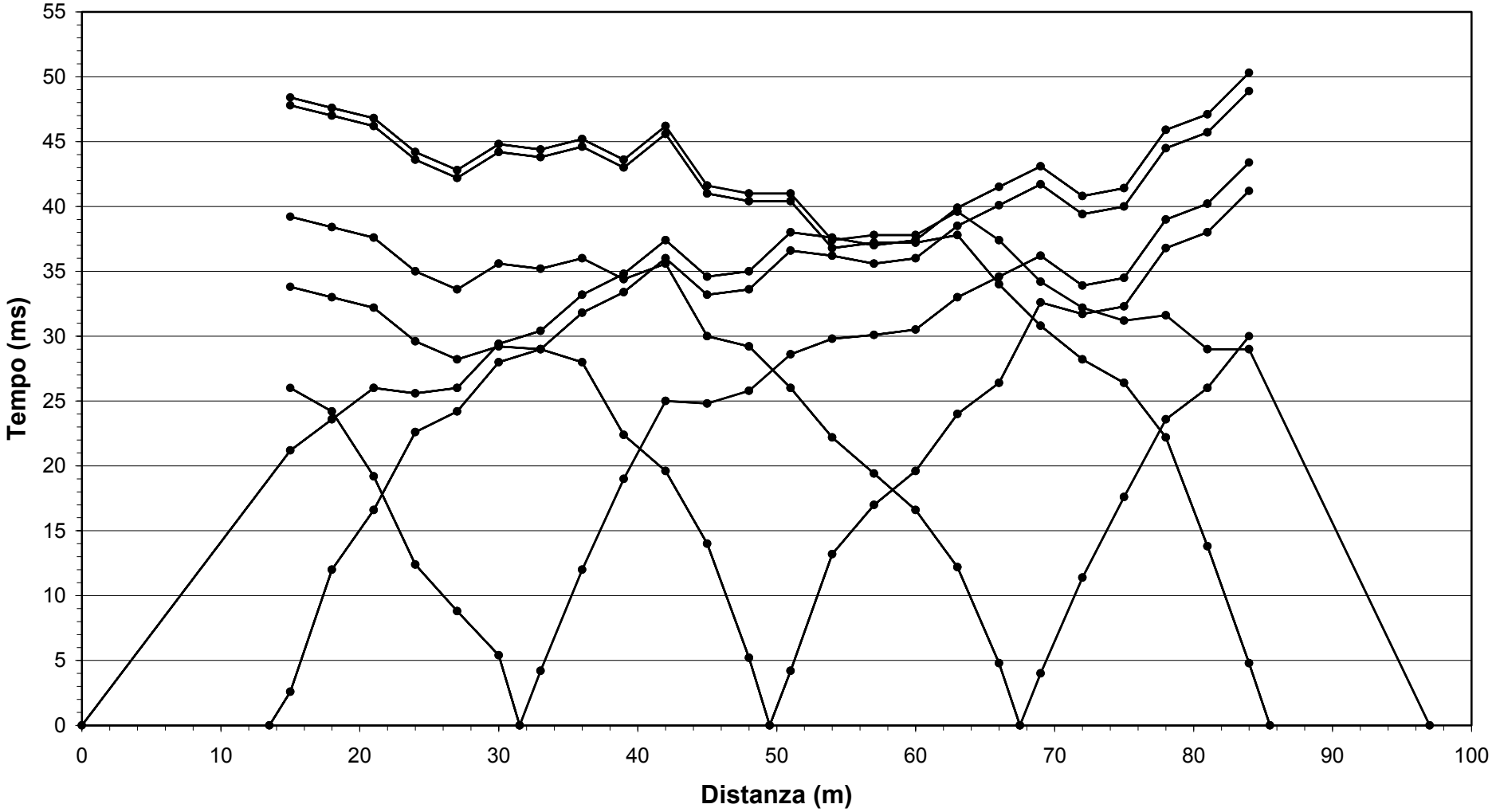
ALLEGATO 3

Grafici dei risultati

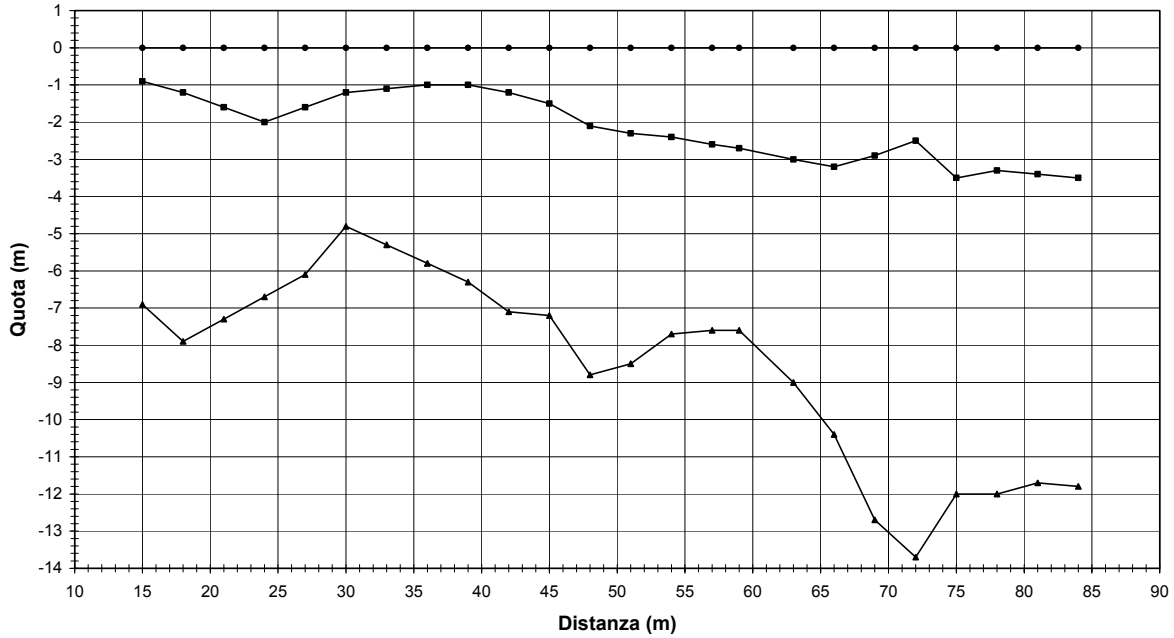
PROFILO 1 - Tempi di arrivo letti



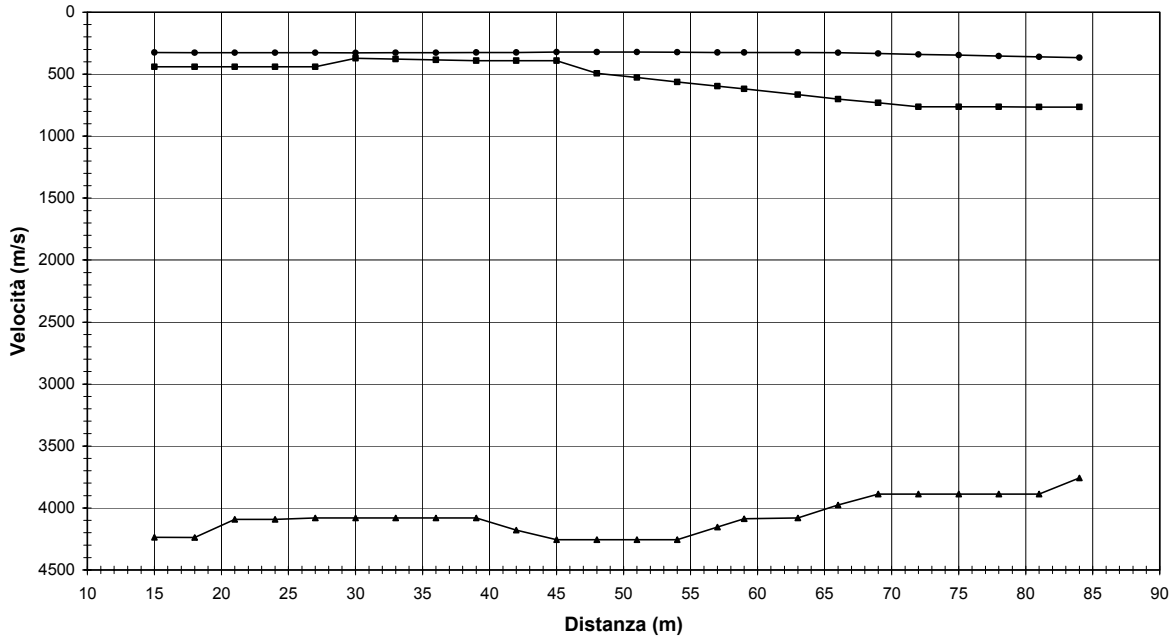
PROFILO 2 - Tempi di arrivo letti



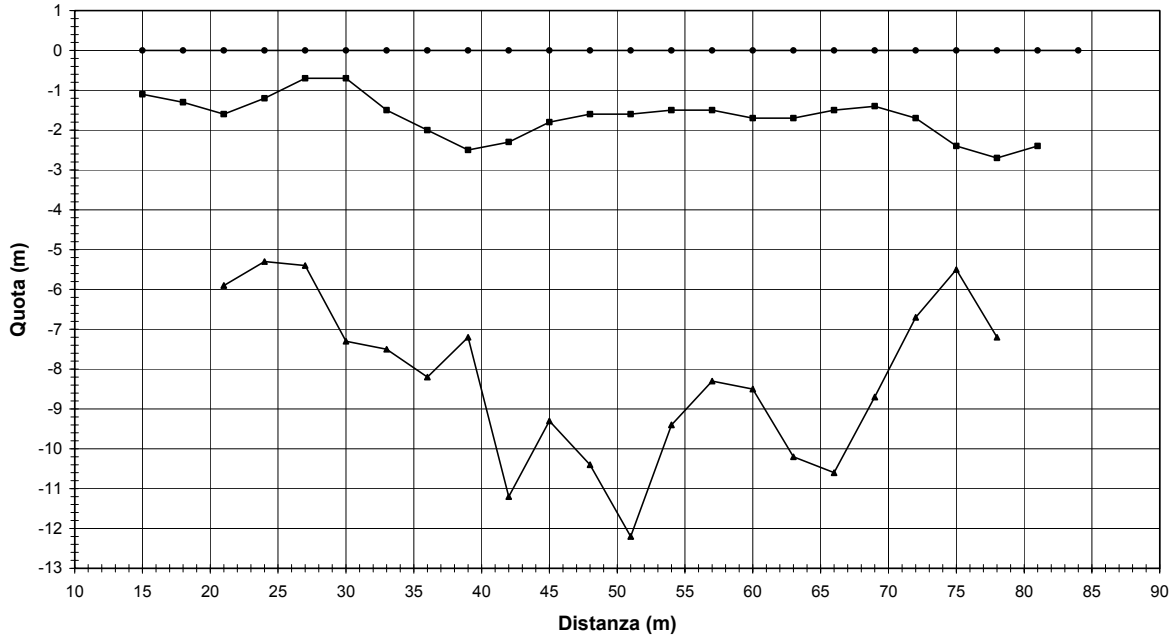
PROFILO 1 - Quote topografia e rifrattori



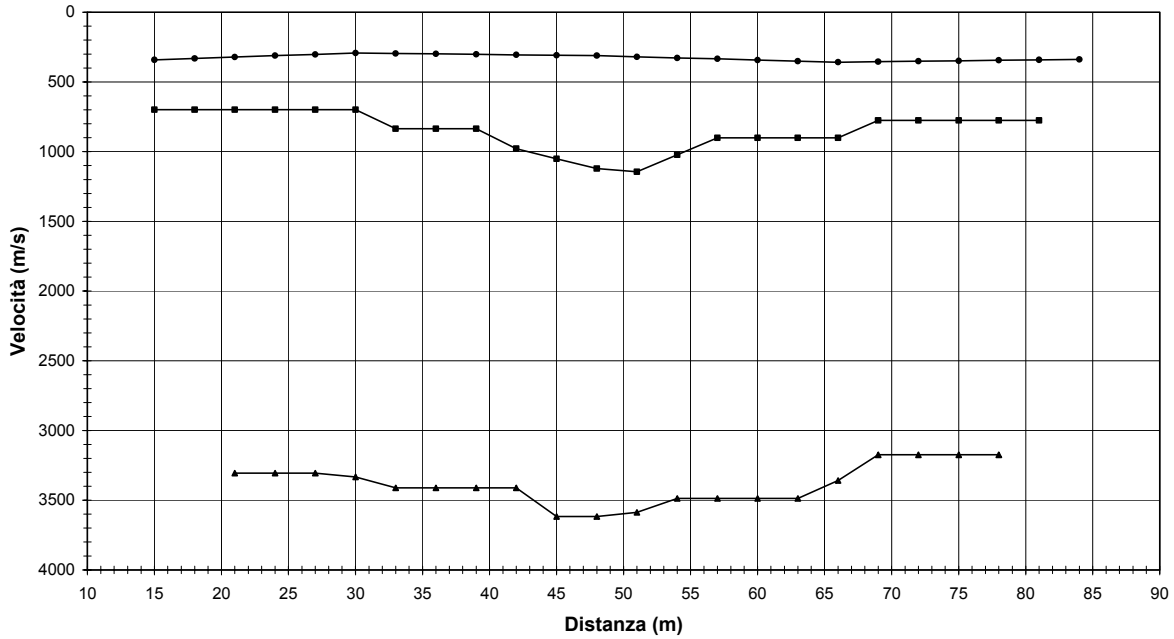
PROFILO 1 - Velocità primo strato e rifrattori



PROFILO 2 - Quote topografia e rifrattori



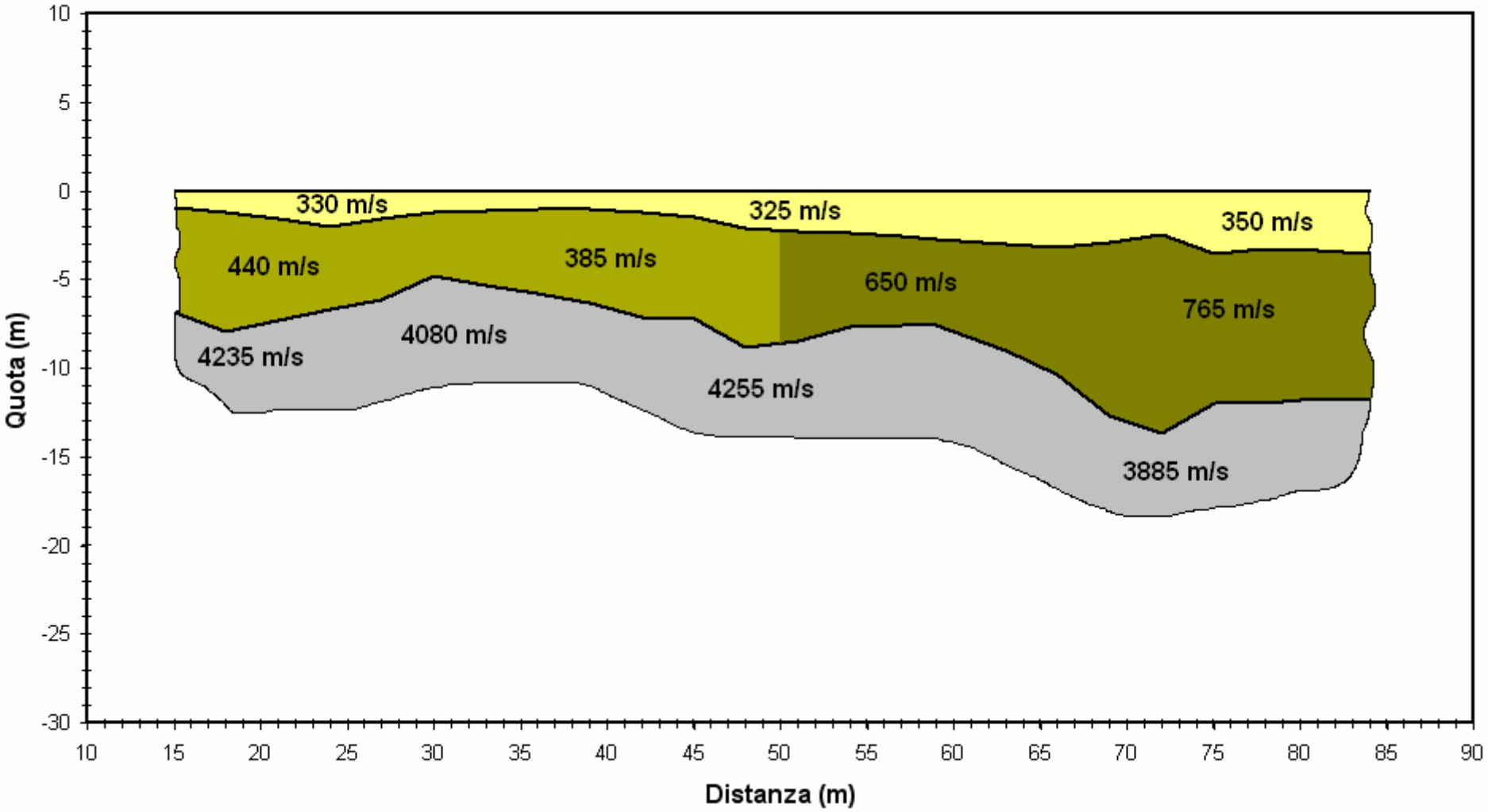
PROFILO 2 - Velocità primo strato e rifrattori



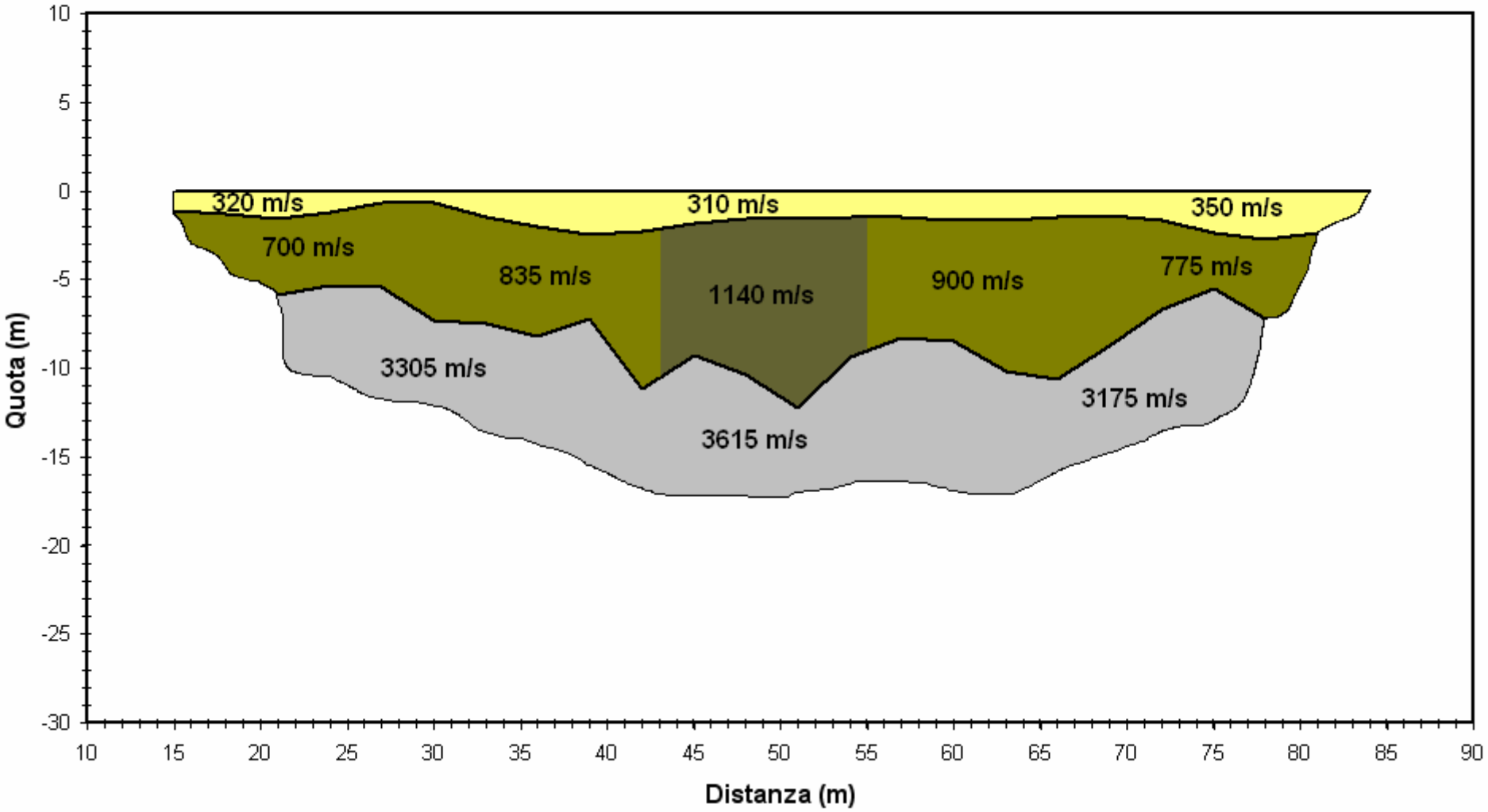
ALLEGATO 4

Sezioni interpretate

PROFILO 1 - Sezione interpretata



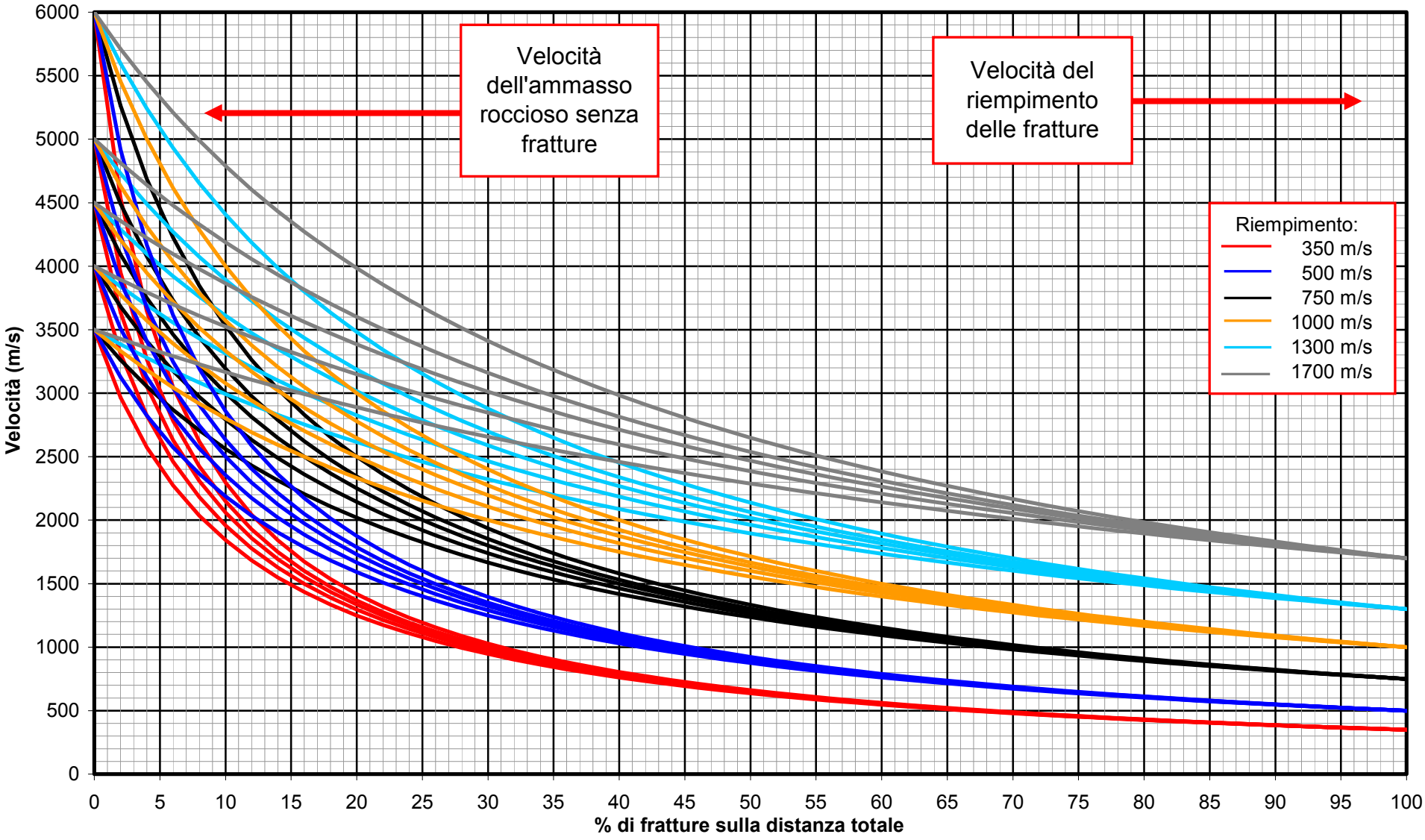
PROFILO 2 - Sezione interpretata

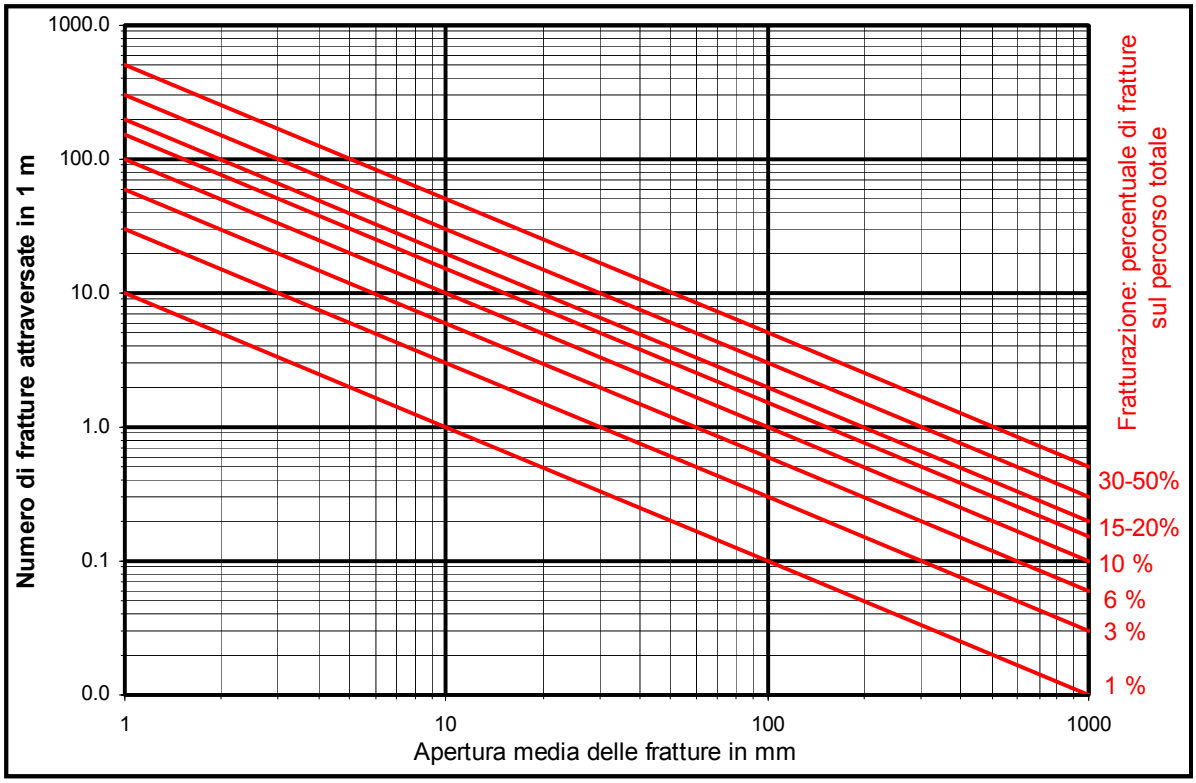


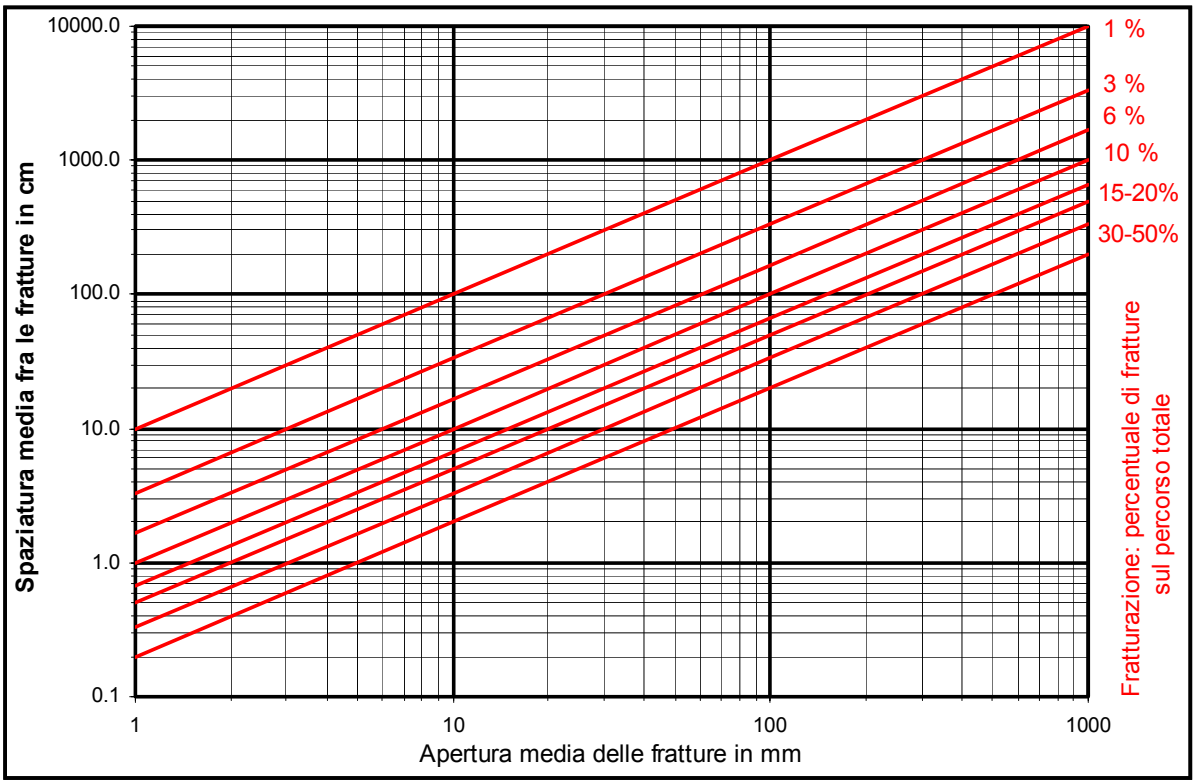
ALLEGATO 5

Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

ONDE P - Velocità di propagazione e stato di fratturazione




Numero di fratture attraversate in 1 m
1000.0
100.0
10.0
1.0
0.1
0.0
1
10
100
1000
Apertura media delle fratture in mm
Fratturazione: percentuale di fratture sul percorso totale
30-50%
15-20%
10 %
6 %
3 %
1 %


Spaziatura media fra le fratture in cm
10000.0
1000.0
100.0
10.0
1.0
0.1
1
10
100
1000
Apertura media delle fratture in mm
Fratturazione: percentuale di fratture sul percorso totale
1 %
3 %
6 %
10 %
15-20%
30-50%

VELOCITA' SISMICA - FRATTURAZIONE

ONDE P			STRATO 2-A	STRATO 2-B	STRATO 3
PARAMETRI DI INPUT	Velocità nell'ammasso roccioso non fratturato (m/s)	min	5500		
		max	6500		
	Velocità nel riempimento dei giunti (m/s)	min	330		
		max	400		
RISULTATI	Velocità totale risultante (m/s)	min	500	1000	3175
		max	1000	1145	4255
CALCOLI	Percentuale di fratturazione (% sul percorso totale)	min	28.7	24.3	1.9
		max	78.7	36.1	6.9

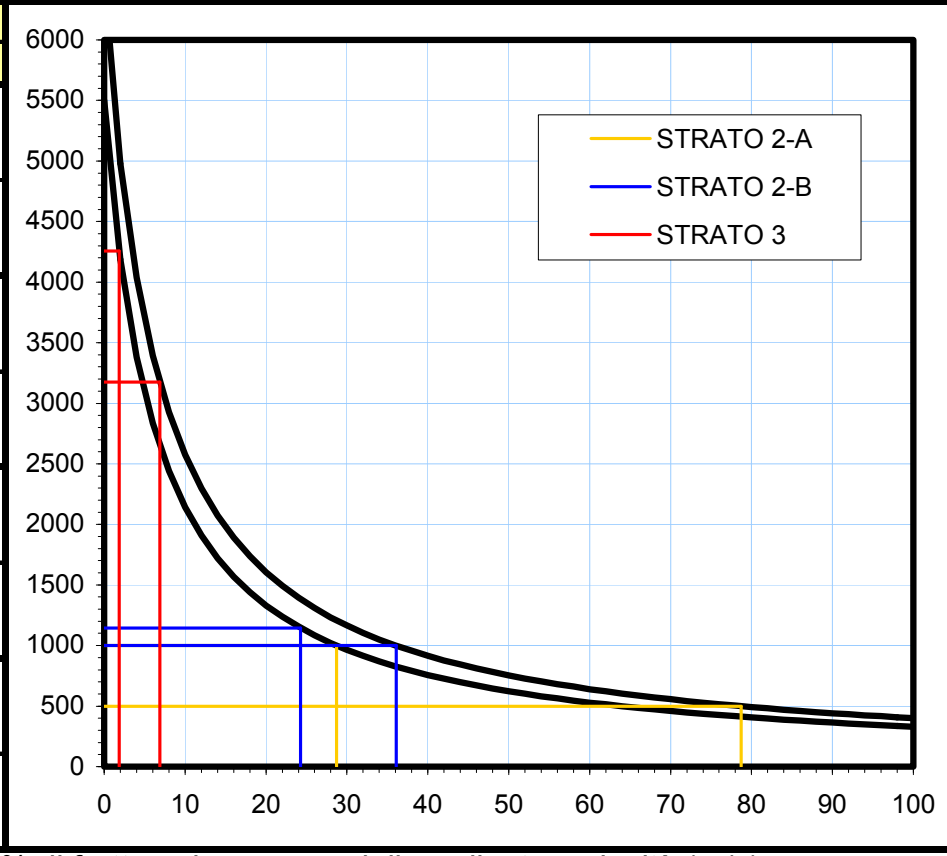


Grafico: asse delle ascisse = % di fratturazione; asse delle ordinate: velocità (m/s)