

COMUNE DI FOLIGNO

**RELAZIONE GEOLOGICA ED ASPETTI IDRAULICI DI SUPPORTO AL  
PIANO DI RECUPERO DEL CENTRO FRAZIONALE  
DI VOLPERINO**

Relazione Tecnica



**I N D I C E**

1.- PREMESSA	pag. 3
2.- INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 3
3.- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	pag. 6
4.- CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE	pag. 8
5.- CONSIDERAZIONI LITOTECNICHE	pag. 9
6.- CARTA DELLE ZONE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	pag. 9
7.- INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 10
8.- DISTRIBUZIONE DELLA AMPLIFICAZIONE SISMICA (Fa) SUL TERRITORIO	pag. 14
9 - INDICAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE PER LA DEFINIZIONE DEL PIANO DI RECUPERO	pag. 16

## FIGURE

- FIG. 1 - COROGRAFIA (scala 1:25.000)
- FIG. 2 - CARTA DEGLI AFFIORAMENTI (scala 1:2.000)
- FIG. 3 - CARTA GEOMORFOLOGICA (scala 1:2.000)
- FIG. 4 - CARTA IDROGEOLOGICA (scala 1:2.000)
- FIG. 5 - CARTA LITOTECNICA (scala 1:2.000)
- FIG. 6 - CARTA DELLE ZONE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (scala 1:2.000)
- FIG. 7 - CARTA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1:2.000)
- FIG. 8 - CARTA DELL'ISOPACA DELLA COPERTURA (scala 1:2.000)
- FIG. 9 - CARTA DELLA DISTRIBUZIONE AREALE DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (Fa) (scala 1:2.000)

## ALLEGATI

All. 1 - TABULATI E DIAGRAMMI DELLE INDAGINI SISMICHE

All. 2 - LOG DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO

All. 3 - LOGS DEI SONDAGGI ESEGUITI PER LA MICROZONIZZAZIONE SISMICA SPEDITIVA (giugno 1998)

## 1. - PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Foligno sono state eseguite indagini geologico-geotecniche nell'ambito del programma di recupero ex Legge 61/98 (art. 3) - D.G.R. 4717-4718 del 5/8/98 - D.G.R. 5487 del 28/09/1998 nel centro frazionale di Volperino (v. Fig. 1 - COROGRAFIA).

Le indagini eseguite hanno avuto come obiettivo, seguendo i criteri dettati dalla D.G.R. 5487 del 28/09/98 (*protocollo d'intesa sulle competenze professionali dei geologi per la redazione dei Programmi di Recupero*), l'esame di dettaglio per la frazione di Volperino delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche che possono avere prodotto fenomeni di amplificazione della risposta sismica locale rispetto alle condizioni geologiche di riferimento (bedrock in free-field) e/o innescato fenomeni di instabilità indotta (frane, liquefazioni, sedimenti, etc).

A tale scopo sono state elaborate cartografie tematiche di dettaglio alla scala 1:2.000 ed eseguita una campagna geognostica e geofisica volta alla caratterizzazione geometrica (spessori) e meccanica dei terreni (parametri geotecnici) di fondazione dei fabbricati di Volperino.

Nella presente relazione tecnica si illustrano le indagini eseguite, i dati raccolti e il risultato della loro elaborazione avvenuta anche nel rispetto di quanto previsto dal D.M. 24/01/1986 ("Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche") e dal D.M. 11/03/1988 ("Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ecc.").

Ha collaborato alla redazione della presente indagine lo studio INGEO di Lucca nelle persone del Dott. Geol. Luigi Giammattei, Dott. Geol. Daniele Nannini e Dott. Geol. Alessandro Paoli.

## 2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di indagine interessa l'abitato di Volperino, località del Comune di Foligno (PG), posta lungo una fascia montuosa di rilievi ad altitudine media superiore agli 800 m.

Dal punto di vista geologico generale le formazioni affioranti nell'area appartengono alla successione pelagica cretaceo-eocenica della Successione Umbro-marchigiana, depositatesi all'interno di un bacino di tipo continentale in progressivo approfondimento a partire dal Trias sup. (Titonico sup.); queste formazioni si sovrappongono in concordanza stratigrafica alle formazioni sempre pelagiche di età giurassica della stessa Successione (v. Fig. 2 - CARTA DEGLI AFFIORAMENTI).

L'assetto tettonico generale vede queste formazioni implicate in una grossa piega anticlinale con asse diretto circa NNW-SSE (anticlinale di M. San Salvatore - M. Maggiore) al cui nucleo affiora la Maiolica; questa piega è dislocata da un sistema di faglie dirette circa N120 60SW delle quali, la principale - o una di esse -, è visibile lungo la strada per Popola a poche centinaia di metri dal paese. Questo assetto determina

L'affioramento del nucleo della piega (Maiolica) lungo i rilievi ad est di Volperino, in corrispondenza di quello che può essere considerato un alto strutturale.

Nell'area di indagine, in posizione geometricamente più bassa, affiora la Maiolica (M) che corrisponde anche alla base della successione pelagica cretaceo-terziaria; questa formazione affiora nei pressi dell'abitato di Croce, lungo la via per il cimitero e lungo i rilievi a monte di Volperino.

Si tratta di una roccia di natura calcarea con strati di calciliti da sottili a relativamente spessi (da 10 a 40 cm), di colore grigio-biancastro o grigio-verdastro. Si rilevano anche subordinate intercalazioni silicee sottoforma di lenti o venature.

Questa formazione è caratterizzata da uno stile tettonico "plastico", con numerose pieghe visibili alla mesoscala in genere con Piani Assiali sub-verticali o debolmente inclinati verso i quadranti occidentali, talvolta evoluti in superfici di taglio

Spiccato è il grado di fratturazione che in genere si sviluppa lungo il clivaggio di P.A. delle pieghe.

Associati a questa formazione sono evidenti anche una serie di affioramenti di breccia costituita da blocchi angolosi e sub-angolosi di calciliti con cemento carbonatico; si tratta di una breccia interpretata come tettonica (milonite) prodotta dalla dislocazione che ha interessato la struttura anticinalica e i cui affioramenti indicano grossomodo lo sviluppo della superficie di faglia.

La breccia è cementata da una "pasta carbonatica" molto compatta, di probabile derivazione da una dissoluzione progressiva dei clasti.

La roccia, dove affiora, ha generalmente un abito compatto ed è molto competente, se pur caratterizzata da numerose fratture. Talvolta su essa si sviluppa una copertura di limitato spessore ed in genere sciolta.

Salendo nella successione stratigrafica si incontra la formazione delle Marne a Fucoidi (MF) che affiora in maniera frammentaria lungo la strada per il cimitero, lungo la strada comunale per Popola e nello sbancamento eseguito per la sistemazione del campo "container".

Questa formazione è costituita da calcari marnosi e marne subordinate, in strati spessi da 10 a 30 cm, a cui si intercalano livelli argillitici decimetrici; la frazione carbonatica è caratterizzata da un'abbondante componente silicea, mentre le argilliti hanno composizione prossima alle *faniti*.

La formazione ha uno stile tettonico plastico con pieghe metriche aperte alle quali si affiancano pieghe isoclinali con P.A. sub-verticale.

Il grado di fratturazione è in genere elevato.

Chiudono la successione pelagica le formazioni appartenenti all'unità litostratigrafica della Scaglia.

Nella parte bassa di detta unità litostratigrafica si riconoscono affioramenti di Scaglia Bianca (SB) visibili in maniera discontinua all'inizio dell'abitato Volperino, qui in affioramenti molto alterati.

Si tratta di una roccia calcarea costituita da calcari micritici bianchi, in strati spessi da 10 a 30 cm.

Lo stile tettonico è impostato su pieghe a variabile geometria: sono visibili pieghe isoclinali o sub-isoclinali, pieghe asimmetriche e aperte. A queste pieghe si associa un clivaggio molto penetrativo cui corrispondono numerose superfici di fratturazione.

Se alterata, la roccia perde progressivamente la frazione silicea ed il calcare, meno competente, si frantuma in blocchi prismatici di dimensione media non superiore a qualche dm<sup>3</sup>.

La roccia, come descritto per la Maiolica, alimenta un detrito di spessore limitato ed in genere sciolto.

Il passaggio alla formazione della Scaglia Rossa (SR) avviene per un cambiamento di colore che dal bianco-latte passa al rosato-arancio.

Gli affioramenti sono localizzati principalmente lungo il Fosso del Bucarone e lungo la strada comunale di Volperino, poco prima del paese.

La formazione è analoga alla Scaglia Bianca, cambia solo la colorazione dei calcari. La roccia si presenta quasi sempre con un litotipo molto fratturato in blocchi prismatici di alcuni dm<sup>3</sup>; lo stile deformativo è difficilmente valutabile a causa della esiguità degli affioramenti, ma è ragionevole pensare che abbia forti analogie con quello evidenziato per la sottostante Scaglia Bianca.

Nell'area di indagine assumono valenza significativa le coperture, molto estese e talvolta anche potenti, che limitano gli affioramenti rocciosi in aree ristrette e discontinue.

La potente ed estesa copertura su cui si trova l'abitato di Volperino (FL), deriva dal progressivo riempimento di una piccola depressione di natura tettonica creatasi a seguito delle dislocazioni tardo-orogeniche che l'area ha subito.

In molte di queste depressioni si sono impostati piccoli bacini lacustri con un regime deposizionale a limitata attività, a cui è corrisposta la sedimentazione di depositi limo-argillosi prevalenti. La presenza di versanti anche molto acclivi, all'interno di un sistema in graduale ma continuo sollevamento, ha favorito anche una progressiva alimentazione con materiale litoide e non, sottoforma di colate di detrito.

All'interno del bacino si è prodotta quindi la sovrapposizione di due tipi di deposizione che ha portato allo sviluppo di un deposito ad assetto prevalentemente caotico, ma con una certa organizzazione nell'orientazione dei clasti.

Le altre coperture presenti (DT) derivano essenzialmente dall'alterazione sub-aerea e crio-nivale di rocce gelive quali la Maiolica, la Scaglia Bianca e la Scaglia Rossa. Sono quindi coperture prevalentemente sciolte o poco cementate e di limitato spessore, costituite da blocchi calcarei di pezzatura minuta che assumono assetto di conoide lungo i versanti che le alimentano.

I dati sin qui descritti sono stati rappresentati in Fig. 2 - "Carta degli affioramenti".

In questo elaborato sono stati cartografati gli affioramenti rocciosi presenti nell'area la cui perimetrazione comprende anche le coperture eluviali; sono state indicate poi le coperture detritiche, cartografate con una diversa simbologia in relazione allo spessore desunto dai dati di campagna.

### 3. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I lineamenti morfologici dell'area sono caratterizzati dalla evidente rottura di pendio che si osserva seguendo il profilo del versante che dai rilievi ad est di Volperino scende sino all'abitato.

Questo versante, orientato in direzione NW-SE, mostra una acclività spinta nel suo tratto di monte (a cui corrispondono gli affioramenti di rocce litoidi) con scarpate anche molto ardite, mentre ha un andamento decisamente progradante scendendo verso il nucleo abitato (a cui corrispondono gli affioramenti delle coperture).

L'idrografia superficiale è condizionata dalla presenza di corsi d'acqua per lo più a portata effimera, con aste dritte o leggermente incurvate, di direzione prevalente NE-SW.

Le valli che si individuano sono strette e incise nella parte alta del percorso, mentre sono aperte, poco profonde e spesso condizionate da tracciati artificiali nella porzione più bassa (seguono canalette di strade vicinali o si disperdono lungo fosse nei campi).

Il resto del sistema idrografico superficiale è regimato dall'attività agricola per quanto concerne le aree non urbanizzate, mentre, per i centri abitati, la regimazione delle acque è del tutto assente o limitata a brevi opere di canalizzazione, con cunette e chiavi che, peraltro, scaricano prive di un sistema di canalizzazione diretto sino al collettore principale più vicino.

Opere di canalizzazione sono presenti solo nella parte di abitato attraversata dal Fosso del Bucarone, che qui scorre intubato sotto il paese.

I processi morfogenetici principali riscontrati nell'area, i cui effetti sono rappresentati nella Fig. 3 - CARTA GEOMORFOLOGICA, sono dovuti principalmente alla gravità ed in subordine alla dinamica fluviale, spesso tra loro interagenti; assumono tra l'altro importanza anche gli interventi antropici come ulteriore fattore di interazione.

Tra le forme dovute alla gravità si rileva la presenza di una piccola frana (dimensioni lineari inferiori a 5 m) posta in sinistra idrografica del Fosso del Bucarone, subito a valle del paese, sviluppatasi lungo una scarpata antropica; si tratta di un corpo di frana generatosi con un movimento di tipo roto-traslativo per il quale, nella zona di distacco, si sono individuate una serie di superfici di frattura di forma arcuata, legate al rilascio tensionale del terreno.

L'area circostante a questo corpo instabile risulta interessata da diffusi, se pur limitati, fenomeni di deformazione plastica legati principalmente alle caratteristiche fisico-mecaniche del terreno, alla relativa acclività ed alla presenza del corso d'acqua.

Alla gravità sono da attribuire i limitati fenomeni di reptazione che si rilevano lungo alcuni versanti nei quali affiora il detrito derivante dalla alterazione della Maiolica (area a valle di Croce, area a monte della strada per Popola); la copertura scarsamente cementata ed il peso dovuto alla vegetazione favoriscono l'accentuarsi del fenomeno.

Sono state cartografate anche alcune linee di frattura rilevate lungo la viabilità locale, probabili prodotti dovuti all'evento sismico per aggravamento di condizioni di per sé già instabili, come le aree di scarpata lungo le quali, queste fratture, sembrano concentrarsi.

Le forme che sono riconducibili alla dinamica fluviale sono concentrate lungo le aste vallive e i fenomeni maggiormente evidenti si hanno lungo il Fosso del Bucarone, nel suo tratto di monte; in quest'area, il gradiente altimetrico condiziona la morfologia, determinando lo sviluppo di gradini naturali lungo le aste vallive, con scarpate laterali anche più alte di 10 metri.

Il particolare assetto morfologico tipico di un torrente con elevata energia, si riscontra in questa zona priva di corsi d'acqua a portata perenne, a causa delle condizioni geologiche generali, che vedono le formazioni rocciose coinvolte in una dislocazione tettonica tale da ridurne la compattezza favorendo quindi l'alterazione sub-aerea.

L'elemento morfologico più diffuso deriva dalla sovrapposizione di più agenti morfogenetici compreso anche l'intervento antropico, dei quali l'uno può predominare temporaneamente sugli altri.

Si tratta delle scarpate cartografate come poligenetiche, con una altezza non superiore ai 10 metri, disposte in varie parti della zona rilevata e in genere collocate a monte di tracciati stradali sia vicinali che comunali, lungo linee di confine nei campi, lungo sbancamenti ed in aree a morfologica ardita come lungo le superfici di faglia.

Sono state infine cartografate le manifestazioni sorgentizie presenti nell'area, che si esplicano attualmente con la sola sorgente perenne posta all'inizio di Volperino. Un'altra sorgente, localizzata lungo il Fosso della Foglia (fuori dall'area cartografata), la cui opera di raccolta consiste in un lavatoio lungo la via per il cimitero, a detta degli abitanti, sembra che si sia "prosciugata" a seguito dell'evento sismico.

#### 4. - CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

Il sistema idrogeologico dell'area di indagine è condizionato principalmente dall'assetto geologico-strutturale dei litotipi affioranti e dal loro mutuo rapporto in relazione alle dislocazioni tettoniche.

La successione di formazioni rilevata nell'area (cfr. Fig. 2 – Carta degli affioramenti) evidenzia come le rocce litoidi affioranti risultino costituite principalmente da litotipi carbonatici a grana fine o finissima (lutiti), in genere ben stratificati in strati da medi a sottili; inoltre, salendo verso il tetto della successione, si assiste alla riduzione dello spessore degli strati e ad un aumento della frazione argillitica.

La storia deformativa delle formazioni affioranti, implicate come detto in una piega anticinalica, ha determinato la genesi di una serie di superfici di fratturazione maggiormente frequenti e sviluppate nelle formazioni poste più in basso nell'edificio strutturale.

La successione degli eventi deformativi, associata alla tipologia delle rocce, ha determinato lo sviluppo di un diverso grado di fratturazione, che, spinto a variabile profondità, ha dato origine ad un diverso grado di permeabilità nelle rocce del substrato. Alle formazioni poste a livelli strutturali più bassi (M) corrisponde un grado di permeabilità medio-alto ( $K > 10^{-2}$  m/sec) che tende a decrescere salendo a livelli più alti (SB, SR) (permeabilità media -  $K = 10^{-3} \div 10^{-5}$  m/sec). Fa eccezione a quanto detto la formazione delle Marne a Fucoidi (MF), la cui costituzione litoide (alternanza di litotipi stratificati di natura marnosa ed argillitica) condiziona lo svilupparsi di estesi sistemi di fratturazione riducendo la permeabilità della roccia (permeabilità medio-bassa -  $K = 10^{-5} \div 10^{-7}$  m/sec).

Il contatto tra litotipi a permeabilità diversa favorisce lo sviluppo di scaturigini naturali, come nell'area a monte dell'abitato di Volperino dove un'importante dislocazione tettonica pone a contatto formazioni di diverso livello strutturale, con il "tetto" a minor permeabilità del "muro" (v. Fig. 4 - CARTA IDROGEOLOGICA).

I depositi Neogenici (FL, DT, conoide di deiezione), non compresi nelle dislocazioni tettoniche, possiedono caratteri tessiturali variabili, evidenziando sia una matrice prevalentemente argillosa, sovente preponderante sui clasti, sia un'abbondante presenza di clasti in limitata matrice. La permeabilità che né deriva ha valori limitati (permeabilità medio-bassa -  $K = 10^{-5} \div 10^{-7}$  m/sec e permeabilità bassa -  $K < 10^{-7}$  m/sec) nel caso di depositi matricesostenuti (FL, DT), tanto più bassi quanto maggiore è la frazione argillosa nella matrice, mentre può assumere valori medi ( $K = 10^{-3} \div 10^{-5}$  m/sec) nel caso di depositi granosostenuti (conoide di deiezione).

L'ampia estensione di depositi a permeabilità limitata nell'area favorisce il deflusso superficiale a scapito dell'infiltrazione, che, salvo per i primi centimetri di suolo, è del tutto assente; non sono state difatti rilevate falde idriche sub-superficiali.

La stessa circolazione idrica superficiale risulta comunque limitata, in relazione anche al ridotto sviluppo delle aste torrentizie ed alla limitata estensione dei bacini imbriferi sottesi.

I corsi d'acqua hanno difatti una portata spesso effimera, legata al regime pluviometrico dell'area, rimanendo secchi per la maggior parte dell'anno.

Le condizioni morfologiche dell'area indagata escludono qualsiasi fenomeno di esondazione e/o cattivo drenaggio delle acque meteoriche; l'assenza di specifiche verifiche sulle portate di smaltimento delle acque da parte delle varie opere idrauliche presenti (chiaviche, tratti intubati ecc.) non consente comunque di escludere a priori la possibilità che, a seguito di particolari e intensi eventi meteorici, in corrispondenza di queste possano avvenire fenomeni di tracimazione.

I dati sin qui descritti sono stati rappresentati in Fig. 4 - CARTA IDROGEOLOGICA.

## 5. - CONSIDERAZIONI LITOTECNICHE

L'elaborato che contiene considerazioni litotecniche è riportato in Fig. 5 - CARTA LITOTECNICA dove, per ciascuna litologia affiorante, è stata indicata l'appartenenza ad una unità litostratigrafica ben definita dal punto di vista fisico-meccanico.

Le unità litostratigrafiche utilizzate sono state indicate come da Allegato 4 del "Manuale per il rilevamento e l'identificazione delle zone suscettibili di amplificazioni o instabilità dinamiche locali" a cura del Servizio Sismico Nazionale, del CNR/GNDT e delle Regioni Umbria e Marche.

Facendo riferimento a quanto riportato in tale legenda, le rocce del substrato sono state rappresentate con la simbologia L2A e L2B2 ad indicare rispettivamente rocce lapidee stratificate, costituite da un unico litotipo (Scaglia Rossa, Scaglia Bianca e Maiolica) e rocce lapidee stratificate, costituite da più litotipi (Marne a Fucoidi).

Relativamente alle coperture, sono stati indicati con la simbologia L5b i materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza sabbiosa (coni di detrito); con la simbologia L5c i materiali sempre granulari a prevalenza limoso-argillosa (coperture sottili) ed infine, con la simbologia L6, sono stati indicati i materiali coesivi normalconsolidati (depositi di conche intramontane).

## 6. - CARTA DELLE ZONE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Questo elaborato grafico, rappresentato in Fig. 6 - CARTA DELLE ZONE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, è stato ottenuto attraverso la sintesi critica delle informazioni contenute nella Carta Geomorfologica e nella Carta Litotecnica, allo scopo di evidenziare le situazioni morfo-stratigrafiche suscettibili di instabilità o amplificazioni dinamiche rispetto ad un moto sismico di riferimento.

La cartografia è stata redatta seguendo la legenda riportata nell'Allegato 5 del "Manuale per il rilevamento e l'identificazione delle zone suscettibili di amplificazioni o instabilità dinamiche locali" a cura del Servizio Sismico Nazionale, del CNR/GNDT e delle Regioni Umbria e Marche e riportato anche nella D.G.R. dell'Umbria del 31.07.98

n. 4363 "Indagini urgenti di microzonazione sismica. Approvazione della relazione conclusiva, degli elaborati e delle tabelle dei coefficienti di amplificazione per i centri abitati sottoposti ad indagine".

E' stata analizzata la distribuzione delle coperture sul territorio, individuando e perimetrandosi gli affioramenti delle rocce litoidi; sono state messe in evidenza fratturazioni della sede stradale, imputabili sia all'azione dinamica del moto sismico, che all'azione degli agenti morfogenetici individuati all'interno dell'area.

Sulla base di quanto espresso è stata redatta un Carta di Sintesi nella quale sono state distinte le seguenti zone:

- E1 -Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi.
- E3 -Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana.
- E4 -Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti.
- E5 -Zona di ciglio con altezza superiore a 10 metri.
- E8 -Zona pedemontana di falda di detrito e di cono di deiezione.
- E9 -Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

La zona E4 è stata suddivisa in due sottozone (1) e (2) in relazione allo spessore presunto dei terreni con tali caratteristiche; le coperture inserite nella classe (1) hanno spessori ipotetici superiori a 5 m, mentre quelle appartenenti alla classe (2) hanno spessori ipotetici inferiori a 5 m.

## 7. - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Con riferimento alla Comunicazione del Comune di Foligno - "Area Gestione del Territorio", ricevuta in data 4.11.1998, riproducente il parere espresso dal Settore Geologico della Regione dell'Umbria, con nota del 30.10.1998, in merito al "Piano di indagini geognostiche relativo alle località Volperino e Montarone" (Programma di Recupero del Comune di Foligno - Legge 61/98, art. 3; - D.G.R. 4717-4718 del 05.08.98; - D.G.R. 5487 del 28.09.98), sono state condotte indagini geognostiche nell'abitato di Volperino.

L'indagine, svolta principalmente allo scopo di parametrizzare il terreno in funzione di un progetto di "ristrutturazione urbanistica", laddove possibile, è stata utilizzata anche per quantificare il "fattore di amplificazione sismica" (Fa) delle diverse zone presenti, secondo quanto previsto dal "Rapporto conclusivo sulla valutazione degli effetti di amplificazione dinamica locale delle località campione più danneggiate dalla sequenza dei terremoti dell'Umbria-Marche 1997-1998" redatto da GNDT-IRRS e SSN nel maggio 1998.

Allo scopo, sono state eseguite prospezioni sismiche a rifrazione, consistenti in 4 stendimenti le cui specifiche strumentali sono espresse come segue:

### SPECIFICHE DELL'ACQUISITORE

- Acquisitore: Sismografo a 12+12 canali DOLAG
- Convertitore: 12 bit

- Tratt. segnale: 16 bit
- Tempo di convers.:  $15 \mu S$
- Camp. canale: 3000 Hz
- Geofoni: 14 Hz

#### SPECIFICHE DELLE LINEE

##### *LINEA VOLPE A*

- Lunghezza della linea (L): 39 m
- Numero di linee (n): 1
- Durata campionamento: 150 msec
- Battute: da 3 per base
- Distanza geofoni: 3 m
- Numero geofoni: 12
- Energizzazione: mini-bang

##### *LINEA VOLPE B*

- Lunghezza della linea (L): 52 m
- Numero di linee (n): 1
- Durata campionamento: 100 msec
- Battute: da 3 per base
- Distanza geofoni: 4 m
- Numero geofoni: 12
- Energizzazione: mini-bang

##### *LINEA VOLPE C*

- Lunghezza della linea (L): 52 m
- Numero di linee (n): 1
- Durata campionamento: 100 msec
- Battute: da 3 per base
- Distanza geofoni: 4 m
- Numero geofoni: 12
- Energizzazione: mini-bang

##### *LINEA VOLPE I*

- Lunghezza della linea (L): 78 m
- Numero di linee (n): 1
- Durata campionamento: 200 msec
- Battute: da 3 per base
- Distanza geofoni: 6 m
- Numero geofoni: 12
- Energizzazione: mini-bang

La prospezione sismica a rifrazione consiste nel generare un'onda sismica di compressione nel terreno, attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo, dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*), seguendo le leggi di rifrazione delle onde elastiche, cioè rifrangendosi in corrispondenza della superficie di separazione tra due strati sovrapposti con significativo contrasto di impedenza acustica (diverso modulo elastico).

Il metodo sismico registra le onde che arrivano ai geofoni distribuiti lungo un determinato allineamento (base sismica), misurando il tempo che intercorre tra l'istante di generazione della perturbazione elastica e l'istante di ricezione in ciascun geofono. L'interpretazione dei sismogrammi, che rappresentano le tracce delle onde rilevate, avviene attraverso metodi analitici mediante i quali si ricavano le velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ) dei mezzi attraversati ed il loro spessore; questo consente di determinare la profondità dei vari orizzonti nonché la loro geometria in relazione alla possibile esistenza di variazioni laterali.

Tale interpretazione analitica è stata eseguita secondo il Metodo Reciproco Generalizzato (GRM), i cui diagrammi e tabulati ottenuti sono riprodotti in All. 1. I diagrammi riportano, in funzione delle distanze in metri, le misure dei tempi di arrivo ai geofoni espressi in msec (millisecondi). Le rette che si ottengono interpolando i punti si chiamano dromocrone ed in prima analisi, ogni segmento di retta rappresenta una discontinuità, mentre la relativa pendenza individua la velocità delle onde elastiche ( $V_p$ ).

In allegato sono stati riprodotti i tempi di propagazione letti ai geofoni di ciascun allineamento sismico, attraverso un primo stadio di elaborazione (*picking*) e riferiti ai tempi di primo arrivo delle onde dirette e rifratte; le tracce delle onde rilevate (sismogrammi) in relazione ai diversi punti di scoppio (Sa=battuta di andata – Sr=battuta di ritorno – Sc=battuta centrale); i tabulati di acquisizione dei dati (tempi di primo arrivo) e la relativa elaborazione con il metodo GRM; la sezione sismica interpretativa (Figg. 6A, 6B, 6C, 6V<sub>1</sub>) alla quale si associano i seguenti elaborati grafici:

- Figg. 1A, 1B, 1C, 1V<sub>1</sub> – QUADRO GENERALE DELLA PROSPEZIONE SISMICA  
Diagramma delle DROMOCRONE  
Profilo delle discontinuità elastiche (rifrattori)  
Distribuzione delle velocità nei rifrattori
- Figg. 2A, 2B, 2C, 2V<sub>1</sub> – DIAGRAMMA DELLE DROMOCRONE
- Figg. 3A, 3B, 3C – 1<sup>^</sup> ELABORAZIONE DELLE DROMOCRONE
- Figg. 4A, 4B, 4C – OTTIMIZZAZIONE DELLA DISTANZA XY TRA I GEOFONI
- Figg. 5A, 5B, 5C, 5V<sub>1</sub> – DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ NEI RIFRATTORI
- Figg. 6A, 6B, 6C, 6V<sub>1</sub> – SEZIONE SISMICA

L'acquisizione dei dati e la susseguente restituzione grafica mediante i tabulati e le figure contenute in All. 1 sono state condotte dallo studio GEOPROJET - Studio di Geologia e Geofisica - di Certaldo (FI).

Il confronto tra le Figg. 5 e 6 di ciascun stendimento sismico consente di esprimere alcune considerazioni circa l'assetto del substrato in corrispondenza della base sismica indagata; l'analisi dei diversi profili sismici, infatti, ha messo in evidenza due rifrattori a variabile profondità, a cui può essere associata la presenza di almeno tre "corpi" con diverse caratteristiche elastiche, interpretabili di volta in volta come discontinuità all'interno dello stesso litotipo, variazioni litologiche e/o litotecniche, saturazione da parte della falda acquifera.

La distribuzione delle velocità nei diversi rifrattori (Figg. 5) assume andamento pressoché costante in tutti i profili sismici acquisiti; questo può essere collegato ad una sostanziale omogeneità laterale degli orizzonti rifrattori o comunque ad un'assenza di

importanti discontinuità. Le variazioni che si riscontrano localmente vanno attribuite a limitate discontinuità nella struttura dell'orizzonte indagato, ovvero ad un differente grado di addensamento o di fratturazione, nel caso si tratti di depositi sciolti o di rocce litoidi rispettivamente.

L'assenza di importanti variazioni laterali consente di utilizzare, inoltre, la sezione sismica ricavata da ciascuna indagine alla stregua di una sezione litostratigrafica, interpretando le variazioni di modulo di elasticità dei rifrattori come variazioni litologiche.

Sulla base di queste considerazioni è stato possibile ricostruire una stratigrafia di massima della zona di Volperino, interpolando i rilevi sismici con i dati di campagna; nel dettaglio, lo scenario stratigrafico dell'abitato, può venir schematizzato come segue:

### Strato 1

Livello a bassa velocità ( $Vp=250\div600$  m/sec), correlabile con terreno vegetale e/o di copertura e/o di natura antropica, costituito da frammenti litoidi minuti in matrice limoso-argillosa e rari clasti.

*Spessore:* 1.5÷3.0 metri, fino a circa 5 metri.

### Strato 2

Livello caratterizzato da una velocità  $Vp=400\div850$  m/sec (fino a  $Vp=1400$  m/sec), correlabile con un deposito non litoide, riferibile all'orizzonte di natura fluvio-lacustre su cui insiste l'abitato di Volperino; le limitate differenze di velocità consentono di attribuire al deposito una grossolana omogeneità laterale, le cui variazioni sono presumibilmente imputabili alla presenza di livelli con differente grado di addensamento o di cementazione, magari con un maggiore tenore di umidità.

*Spessore:* livello soggetto a variazioni di spessore anche importanti (cfr. Fig. 8 – "CARTA DELLA ISOPACA DELLA COPERTURA"), con ispessimento nella porzione centrale dell'abitato; lateralmente lo spessore diminuisce (< 5 metri) mentre aumenta l'addensamento.

### Strato 3

Livello presumibilmente coincidente con la porzione più superficiale del *bedrock*, a limitata compagine di insieme ( $Vp=1200\div1500$  m/sec, fino a 2600 m/sec), costituito dalla formazione rocciosa delle Marne a Fucidi; i bassi valori di velocità delle onde sismiche, in riferimento ad un ammasso roccioso, sono da imputare ad un elevato grado di fratturazione ed alterazione dell'ammasso stesso, nonché alla alternanza tra litotipi calcarei e argillitici da cui è formato.

*Spessore:* non è stato individuato un terzo orizzonte rifrattore entro i primi 15÷20 metri di profondità, corrispondente all'incirca alla massima indagabile, pertanto non è definibile lo spessore dello strato.

Al fine di aumentare le conoscenze stratigrafiche dei terreni di fondazione dell'abitato di Volperino e per caratterizzarli dal punto di vista geotecnico è stato inoltre eseguito, con il budget finanziario concessoci con "parere geologico sui piani di indagine di cui al punto F della D.G.R. 5487 del 29.09.1998", un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità massima di 14.30 metri dal piano campagna.

L'ubicazione del sondaggio e degli stendimenti sismici eseguiti nel corso dell'indagine svolta è riportata in Fig. 7 - CARTA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.

Il sondaggio è stato eseguito a carotaggio continuo ( $\varnothing=101\text{mm}$ ) e tubazione di rivestimento ( $\varnothing=127\text{mm}$ ), con carotiere semplice, impiegando una macchina perforatrice idraulica cingolata; le carote di terreno estratte sono state conservate in cassette catalogatrici in polistirolo con capienza massima di 4.0 metri per il loro successivo esame.

Nel corso del sondaggio geognostico sono stati eseguiti nei punti significativi delle carote estratte prove speditive con pocket penetrometer ed alla profondità di metri 4.0 dal piano campagna una prova S.P.T..

I dati stratigrafici, geognostici e di perforazione sono riportati in dettaglio in allegato (Allegato 2 : LOG DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO). La successione geologico-stratigrafica interpretativa che si ricava dall'analisi del carotaggio è la seguente:

da m 0.00 a m 1.00:	HUMUS TERROSO MARRONE
da m 1.00 a m 3.20:	TERRENO DI RIPORTO COSTITUITO DA PIETRE DISPERSE IN MATRICE PREVALENTEMENTE ARGILLOSA
da m 3.20 a m 3.80:	MATERIALE DETRITICO CALCARO IN MATRICE SABBIOSA
da m 3.80 a m 6.80:	MATERIALE DETRITICO CALCARO IN MATRICE ARGILLOSO-SABBIOSA DI COLORE MARRONE CHIARO, TENDENTE TALVOLTA AL BIANCASTRO
da m 6.80 a m 11.6:	CALCARE GRIGIO-VERDASTRO STRATIFICATO CON NODULI DI SELCE
da m 11.6 a m 13.0:	SCISTI ARGILLOSI NERASTRI PASSANTI A MARNE ROSSASTRE TALORA TENDENTI AL GIALLO
da m 13.0 a m 14.3:	MARNE CALCAREE GRIGIE INTERCALATE A SCISTI VERDASTRI.

## 8. - DISTRIBUZIONE DELLA AMPLIFICAZIONE SISMICA (Fa) SUL TERRITORIO

Le indagini eseguite sull'abitato di Volperino, consistite in 4 stendimenti sismici accompagnati da un sondaggio a carotaggio continuo, integrate con i dati di campagna e con i dati ottenuti nel corso delle "indagini urgenti di microzonizzazione sismica speditiva" – Delib. G. R. n: 4363 del 31.07.98 (v. All. 3), hanno consentito di acquisire dati circa la stratigrafia dell'area di indagine e sulla profondità del substrato; l'elaborazione dei dati raccolti è stata utilizzata per la redazione della Fig. 8 – CARTA DELL'ISOPACA DELLA COPERTURA, nella quale è riportato l'andamento dello spessore della copertura espresso in termini di isopache.

Alla copertura, corrispondente al deposito fluviolacustre rilevato nell'area, sono stati attribuiti spessori interpretati sulla base delle sezioni sismiche ottenute in corrispondenza degli stendimenti sismici effettuati, confrontate con i dati stratigrafici derivanti dai sondaggi geognostici a disposizione. Questi ultimi sono stati integrati con un sondaggio

eseguito nel corso della presente indagine e ubicato nei pressi dell'ex edificio scolastico; tale ubicazione è stata scelta perché, oltre alla facilità di accesso per i macchinari ed al fatto che si tratta di un edificio pubblico, risultava in posizione grossomodo baricentrica rispetto agli stendimenti sismici e quindi ragionevolmente rappresentativa nelle correlazioni tra i diversi dati raccolti. Di ciascun punto di indagine (sondaggio, punto di battuta di andata della prospezione sismica) è stata presa la quota del piano campagna e la relativa posizione rispetto a riferimenti noti, mediante livellazione di precisione.

L'analisi dei dati raccolti ha messo in evidenza come, al di sotto dell'abitato di Volperino, vi sia uno spessore di depositi non litoidi variabile tra 6 e 15 metri, le cui maggiori profondità si localizzano nella porzione centrale dell'area edificata; verso le estremità lo spessore sembra ridursi gradualmente (< 5 metri), dove il deposito di natura fluviolacustre passa a semplice copertura detritica.

La distribuzione degli spessori della copertura fluviolacustre nei pressi di Volperino, nonché la disposizione delle diverse aree a variabile pericolosità sismica locale (cfr. Fig. 6), hanno consentito la redazione della Fig. 9 – CARTA DELLA DISTRIBUZIONE AREALE DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (Fa), i cui valori di Fa espressi, risultano derivanti da quanto previsto dalla Tab. 5.5 contenuta nel “Rapporto conclusivo sulla valutazione degli effetti di amplificazione dinamica locale delle località campione più danneggiate dalla sequenza di terremoti dell’Umbria-Marche 1997-1998” a cura de GNDT-IRRS e SSN.

Alle aree indicate come E8 (zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione) e come E5 (zona di ciglio in roccia con altezza H > 10 metri) sono stati attribuiti valori di Fa come da tabella (Fa=1.2). Per l'area classificata come E4/1 (zona caratterizzata da terreni di fondazione particolarmente scadenti e con spessori ipotizzati superiori a 5 metri), alla luce delle indagini svolte ed in relazione alle caratteristiche litologiche del deposito affiorante è stato valutato un valore del coefficiente Fa pari ad 1.5 corrispondente a *"depositi di natura fluvio-lacustre limoso argillosa con spessore superiore a 10 metri"*.

Per le aree classificate come E4/2 (zona caratterizzata da terreni di fondazione particolarmente scadenti e con spessori ipotizzati inferiori a 5 metri) ed E9 (zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-mecaniche molto diverse) presenti nei dintorni di Volperino, la limitatezza dei dati derivanti da indagini specifiche non consente di fare valutazioni dirette circa i valori da attribuire al coefficiente Fa; va comunque ricordato che in tali aree lo spessore della copertura è stimato essere inferiore a 5 metri e sono anche presenti diffusi, se pur discontinui, affioramenti di rocce litoidi. Quanto riferito dunque, affiancato al limitato numero di abitazioni presenti, è stato utilizzato per definire unitario il coefficiente di amplificazione (Fa=1).

Per le aree classificate come E1 (zona caratterizzata da movimenti franosi attivi) ed E3 (zona potenzialmente franosa esposta a rischi di frana) non è stata fatta alcuna valutazione del coefficiente Fa per la mancanza di indagini specifiche necessarie, come prevede la normativa, per la valutazione di tale coefficiente. Tali aree sono state tenute fuori dal programma di indagine svolto, in quanto la raccolta dei dati si è concentrata sulle aree urbanizzate (vedi sondaggio e stese sismiche) allo scopo di meglio valutare le condizioni geologico-stratigrafiche e quindi di risposta sismica presenti.

## 9. - INDICAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE PER LA DEFINIZIONE DEL PIANO DI RECUPERO

Il rilievo geologico ed i dati ricavati dalle indagine geofisiche e geognostiche eseguite hanno permesso di individuare, nell'ambito dell'abitato di Volperino, la presenza di tre orizzonti litologici a diverso comportamento geomecanico ed in grado di dare diverse risposte sismiche; il più superficiale viene fatto coincidere con un suolo agrario o con una sottile copertura detritico-eluviale; il secondo rappresenta un deposito non litoide con buona continuità laterale, avente variabile spessore; il terzo costituisce il substrato litoide a limitata compagine di insieme, coincidente con un *bedrock* alterato e fratturato (velocità sismica bassa).

La situazione geologico-stratigrafica che emerge dalle indagini eseguite evidenzia uno scenario nel quale l'abitato di Volperino si colloca su di una estesa copertura, talvolta anche potente, con approfondimento massimo nella zona centrale e assottigliamento verso le estremità; inoltre, sempre nei pressi dell'abitato, è presente una zona potenzialmente franosa esposta a rischi di frana che, se pur non interessando direttamente strutture o edifici esistenti, condiziona la stabilità generale dell'area.

Alla luce di ciò è auspicabile che il Piano di Recupero per il centro frazionale di Volperino preveda una serie di interventi atti a mitigare, se non ad escludere, eventuali rischi di instabilità; a tale scopo si consiglia l'applicazione delle seguenti prescrizioni:

- consolidamento dell'area abitata sita a monte della zona potenzialmente franosa (Zone E1 ed E3 di Fig. 6), attraverso l'esecuzione di opere di contenimento (muri di sostegno) di limitato impatto ambientale, fondate su pali o micropali e tirantate;
- bonifica dell'area potenzialmente franosa attraverso l'esecuzione di opportune opere di drenaggio sia superficiale che profondo (la realizzazione di questo intervento va riferita a quanto emergerà da una indagine all'uopo eseguita);

Nell'ambito di un progressivo recupero del centro frazionale, assumono rilevante importanza anche gli interventi atti alla realizzazione o al miglioramento dei servizi infrastrutturali (fognature, acque chiare ecc.); a tale scopo si consiglia la realizzazione dei seguenti interventi:

- regimazione delle acque superficiali mediante la realizzazione di una fognatura, che raccolga le acque bianche dai sistemi di canalizzazione a cielo aperto (canalette e/o cunette) ed avente quale recettore finale uno dei collettori principali indicati in Fig. 4 – CARTA IDROGEOLOGICA ;
- realizzazione di una rete fognaria a servizio di tutto l'abitato di Volperino, in sostituzione delle inadatte e puntuali opere di smaltimento dei liquami attualmente esistenti; tale sistema sarà completato con l'impiego di un depuratore centralizzato da ubicarsi possibilmente a valle dell'abitato, le cui acque reflue dovranno venir opportunamente convogliate nel collettore principale più vicino; l'intervento proposto si rende necessario per le condizioni stratigrafiche e di instabilità riscontrate nell'area;

A completamento della sistemazione idrologia dell'area di Volperino si suggerisce infine la realizzazione di opere di sistemazione idraulica dei collettori principali e loro rinaturalizzazione mediante interventi di ingegneria naturalistica (sistematizzazione delle sponde d'alveo, realizzazione di briglie in pietra e legname ecc.).

Per una progettazione di massima di tutti gli interventi sopraesposti, i progettisti delle opere potranno attenersi alle indicazioni stratigrafiche ad ai parametri geomeccanici attribuibili ai diversi orizzonti litologici e di seguito riportati.

Situazione stratigrafica	Parametri geomeccanici
Copertura detritica e/o vegetale (da p.c. a 1.20 metri)	$\phi = 2628^\circ$ $C = 0.0$ $\gamma = 1.8$
Deposito di natura fluviolacustre (da 1.20 al contatto con il substrato )	$\phi > 35^\circ$ $C = 0.0$ $\gamma = 1.8$
substrato litoide alterato e fratturato	$\phi > 40^\circ$ $C > 2$ $\gamma = 2.0$

dove:  $\phi$  è l'angolo di attrito interno;  $C$  è la coesione in  $\text{Kg/cm}^2$ ;  $\gamma$  è il peso di volume in  $\text{tonn/m}^3$ .

La progettazione esecutiva sia degli interventi proposti per il Piano di Recupero che di tutte le opere finalizzate al recupero degli immobili esistenti nonché per la realizzazione di infrastrutture a servizio del centro abitato (parcheggi, adeguamento della viabilità), dovrà invece essere supportata da una specifica indagine geognostica e geotecnica a norma del D.M. LL. PP. 11/3/1988 che comprenda:

- a) descrizione dell'intervento e delle modalità di utilizzazione dell'area;
- b) descrizione dei dati geologici (stratigrafici e strutturali), idrologici e idrogeologici dell'area di influenza dell'intervento;
- c) descrizione della campagna geognostica;
- d) descrizione dei dati geotecnici;
- e) calcolo del carico limite e verifiche dei sedimenti;
- f) indicazioni delle pressioni ammissibili e delle dimensioni delle opere di fondazione;
- g) per gli interventi su pendio, verifica di stabilità del versante che tenga conto sia delle condizioni oggettive del versante stesso, sia delle condizioni d'equilibrio del versante dopo l'intervento di progetto;
- h) analisi e dimensionamento degli eventuali interventi di consolidamento dei terreni o di bonifica del versante, con descrizione di dettaglio dei procedimenti costruttivi, anche in riferimento ai fabbricati vicini preesistenti ed una valutazione di confronto costi-benefici tra le possibili soluzioni individuate;
- i) elaborati grafici e cartografici descrittivi delle varie parti della relazione.

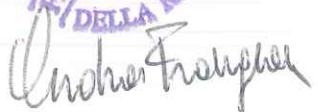
visto che l'indagine geologica di supporto al Programma di Recupero del Centro Frazionale di Volperino, è stata eseguita con le finalità proprie di uno strumento urbanistico.

Nel caso di ristrutturazione e/o consolidamento di strutture esistenti oltre a quanto previsto dai punti sopra citati dovranno essere verificate le opere fondazionali per renderle compatibili con l'intervento di progetto.

Alla presentazione della relazione suddetta è subordinato l'esame della pratica da parte della Commissione Edilizia Comunale.

Foligno, 30 Dicembre 1998

(Dott. Geol. Andrea Frangioni)



**ALLEGATO N° 1**

**TABULATI E DIAGRAMMI DELLE INDAGINI SISMICHE**

**SISMOGRAMMI**

**Sa = battuta di andata - Sr = battuta di ritorno - Sc = battuta centrale**

**FIGURE**

**Figg. 1A, 1B, 1C, 1V1 - QUADRO GENERALE DELLA PROSPEZIONE SISMICA**

Diagramma delle DROMOCRONE

Profilo delle discontinuità elastiche (rifrattori)

Distribuzione delle velocità nei rifrattori

**Figg. 2A, 2B, 2C, 2V1 - DIAGRAMMA DELLE DROMOCRONE**

**Figg. 3A, 3B, 3C, 3V1 - 1^ ELABORAZIONE DELLE DROMOCRONE**

**Figg. 4A, 4B, 4C - OTTIMIZZAZIONE DELLA DISTANZA XY TRA I GEOFONI**

**Figg. 5A, 5B, 5C - DISTRIBUZIONE DELLA VELOCITÀ NEI RIFRATTORI**

**Figg. 6A, 6B, 6C, 6V1 - SEZIONE SISMICA**



Dott. Geol. Fabio Montagnani

STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA - LAB. GEOTECNICO  
Viale matteotti 23/a 50052 Cetraldo (Fi)  
Tel. 0571/652602

BASE VOLPE..... A..... Comm.te: Dr. T. Almon  
Località: VOLPERILO..... Data: 17.12.88  
Note: TRA LE BASE

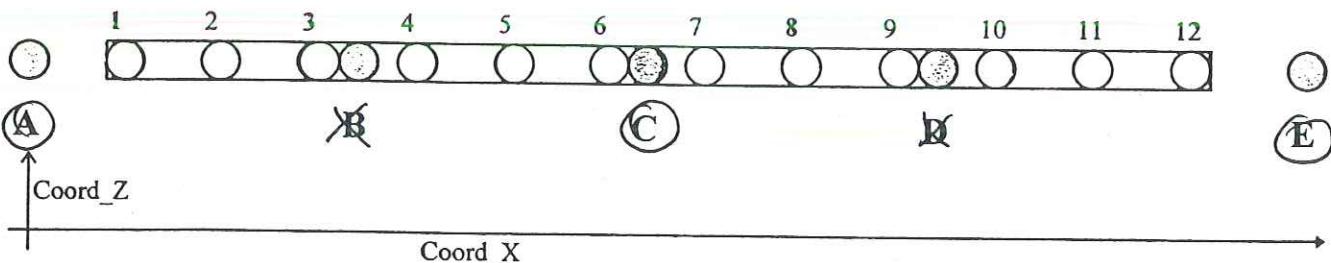
### BASE SISMICA A RIFRAZIONE

Picking dei primi arrivi (msec)

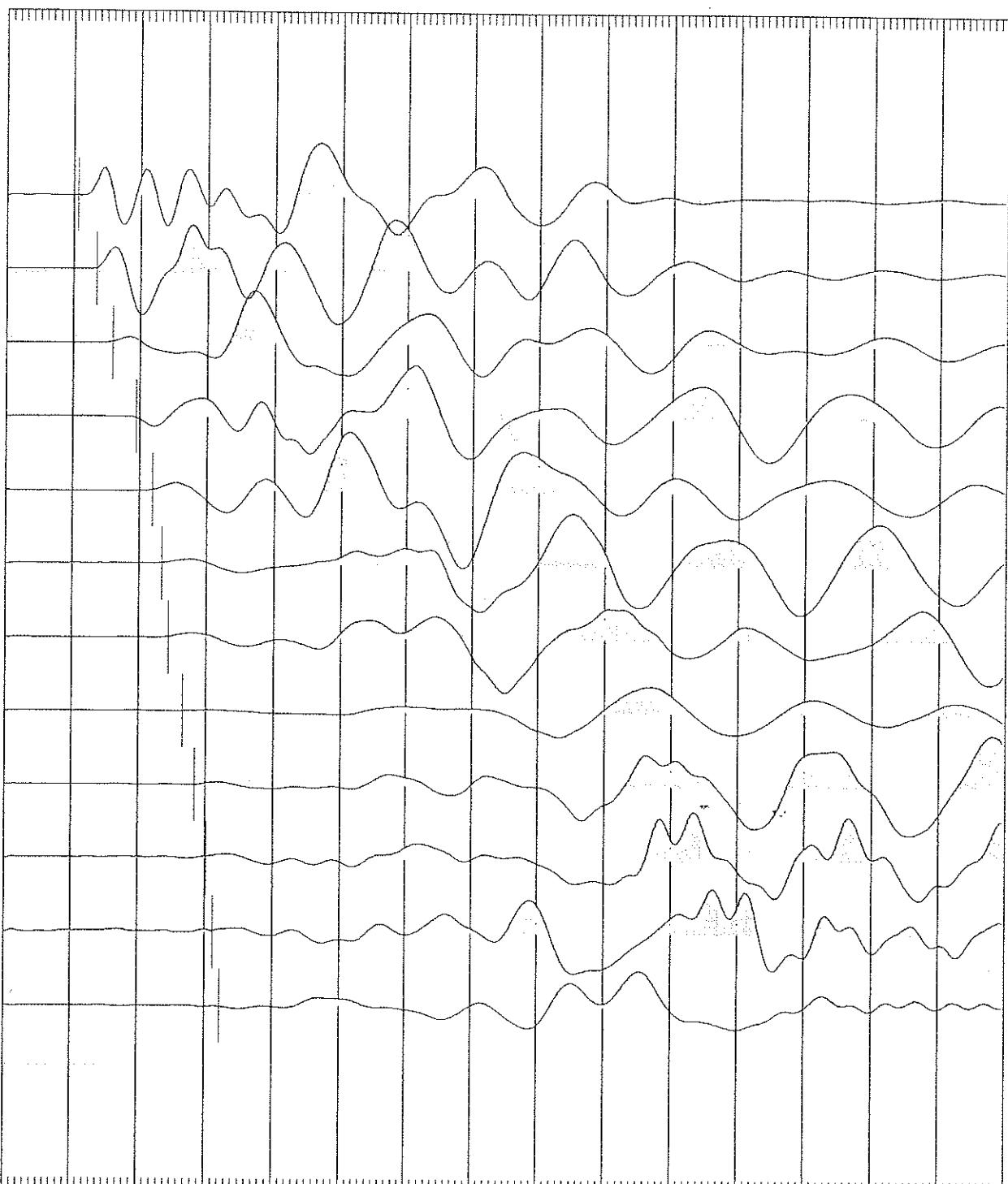
X	Z	n°	NOTE	X	0.00		19.5		39
X	Z	n°	NOTE	Z	0.00		2.6		3.4
3	0.4	1			10.6		14.5		26.8
6	0.8	2			13.6		13.5		23.6
9	1.4	3			15.3		11		21.6
12	2	4			18.5		8.3		20.5
15	2.3	5			21.9		8.5		18.5
18	2.5	6			23.4		6.4		18.4
21	2.8	7			25.4		5		17.2
24	3.1	8			26.5		8.8		16.6
27	3.4	9			28.3		11		13.5
30	3.4	10			30.1		13.5		9.9
33	3.4	11			31.1		15.2		7.6
36	3.4	12			32.2		16.3		3.3

X	Z	n°	NOTE	X	0.00		F	G	H	I	L
		1									
		2									
		3									
		4									
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
		11									
		12									

Durata acquisizione..... 150 msec.  
 Fine acquisizione..... 150 msec.  
 Distanza PS..... 3 m  
 offset 1° canale..... 3 m  
 Ampl..... VAGB ANAL 3 DIG COST  
 Freq. camp..... 2200 Hz



IL GEOFISICO



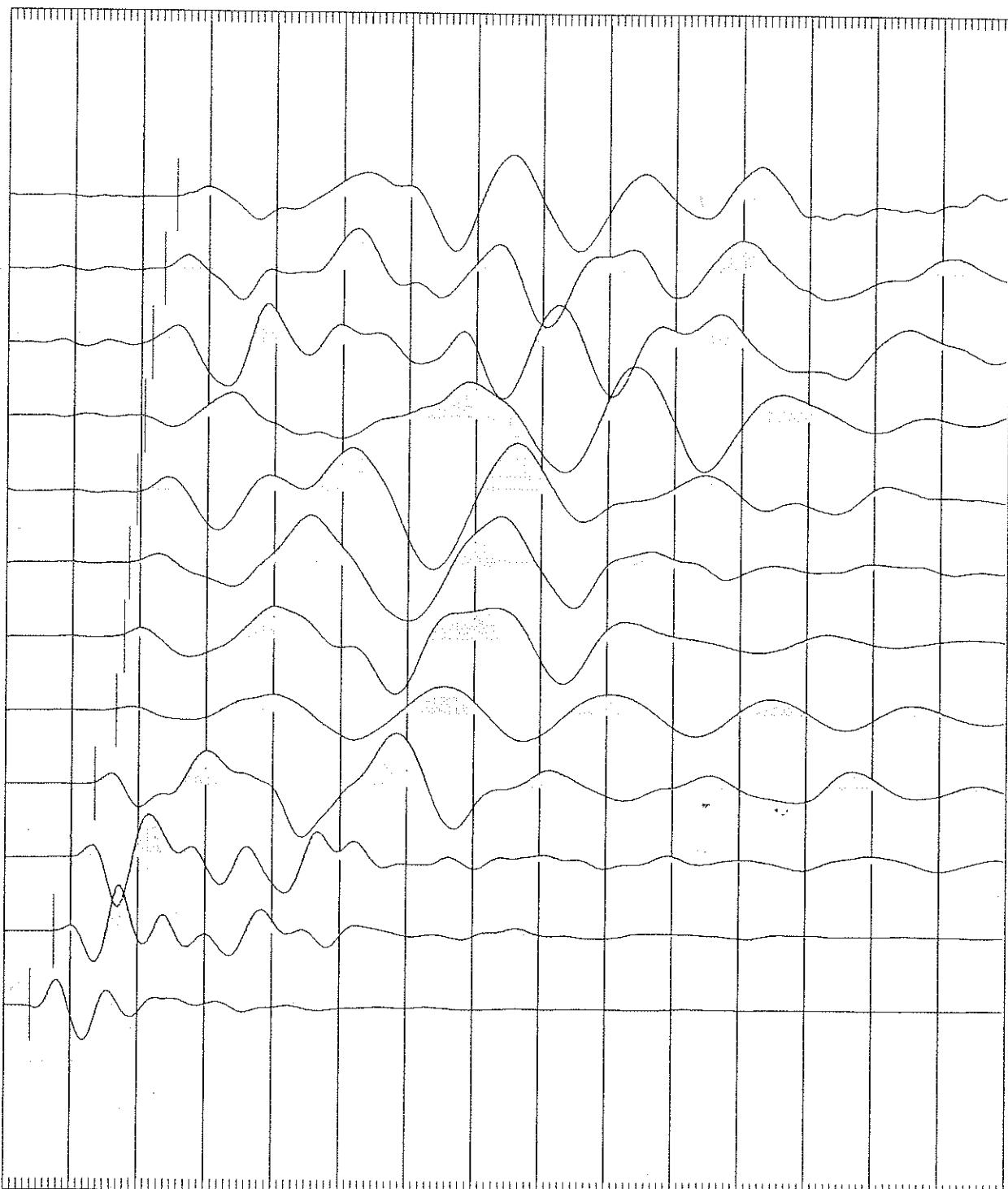
## Sondaggio: volpea - battuta andata

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



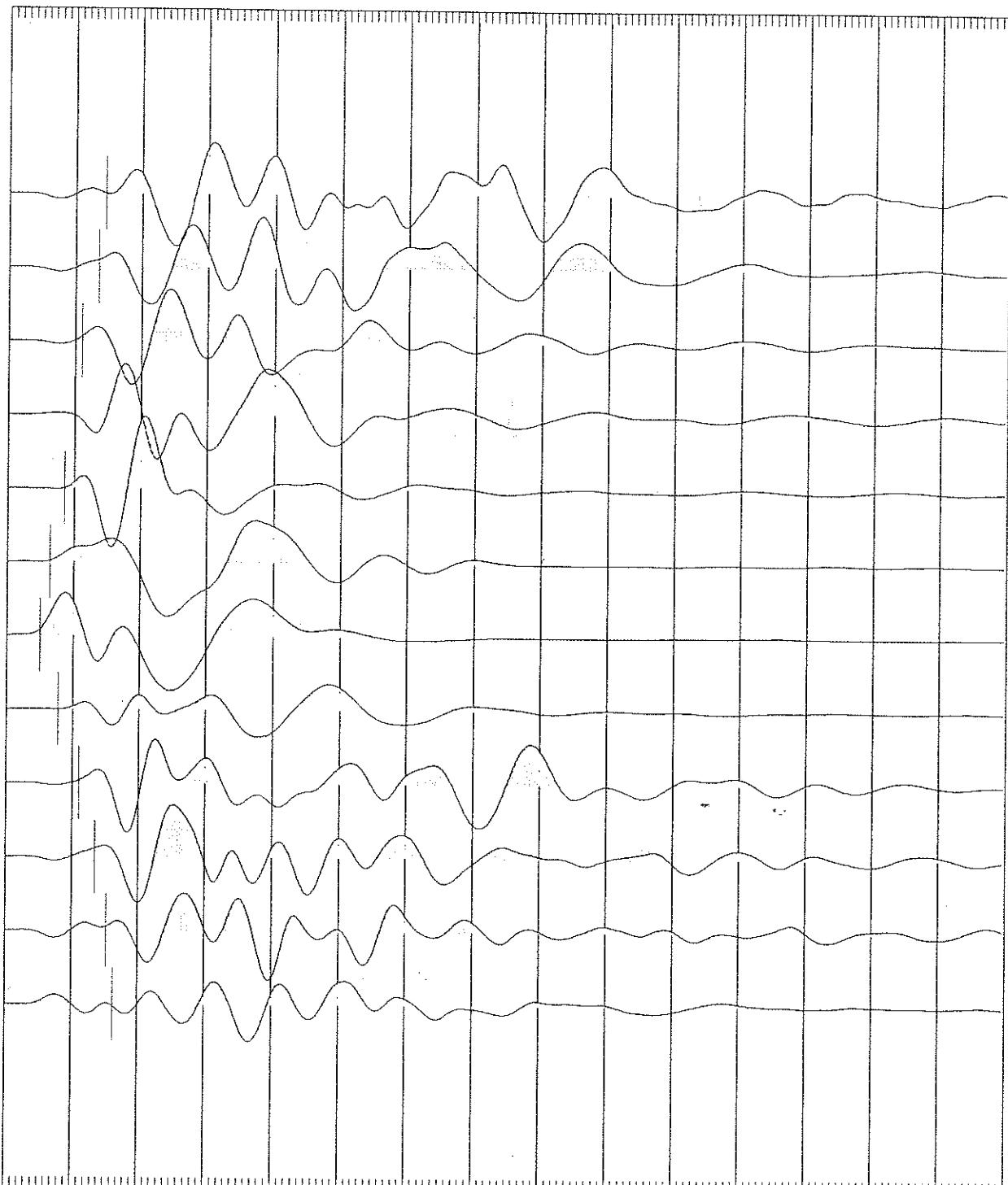
## Sondaggio: volpea - battuta ritorno

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



## Sondaggio: volpea - battuta centrale

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901 - Badalucco (IM) 0184/408759

## DATA SET: VOLPEA

CLIENT: Dr Frangioni Andrea  
 LOCATION: Volperino  
 COUNTY:  
 PROJECT: Prospettive Sismiche  
 SOURCE: Mini Bang

DATE: 17.12.98  
 LINE NO.: 3  
 AZIMUTH:  
 G-SPACING: 3.00 m  
 EQUIPMENT: DOLANG

## REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPTHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	2.60	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	3.40	0.00	0.00	0.00	12
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

## RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT TYPE ----- RECIPROCAL TIMES (msec) -----

2 E 19.20  
 3 B 28.50 17.17

TYPE: A E  
 SHOT: 1 2

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1	SHOT- 2	SHOT- 3
		1	2	3
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.40	10.60	14.50	24.80
2.00	0.80	13.40	13.30	23.40
3.00	1.40	15.90	11.00	21.60
4.00	2.00	19.50	9.90	20.50
5.00	2.30	21.90	8.50	19.50
6.00	2.50	23.40	6.40	18.40
6.50	2.60		SHOT	

\* GEOPROJECT - Dr.Fabio Montagnani \*

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 2	SHOT- 3 3
7.00	2.70	24.40	5.00	17.70
8.00	3.10	26.50	7.80	16.60
9.00	3.40	28.30	11.00	13.50
10.00	3.40	30.10	13.50	9.90
11.00	3.40	31.10	15.20	7.40
12.00	3.40	32.20	16.30	3.90
13.00	3.40			SHOT

## RAW TRAVEL TIME CURVE VELOCITY ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), T-I: INTERCEPT TIME (msec)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		
	V-A	T-I	V-A	T-I	V-A	T-I	
1:	283.0	0.00	1045.3	7.65	1816.6	13.38	2857.1 19.58
2:	234.4	0.00	1840.5	5.74	2500.0	7.90	
2:	300.0	0.00	1045.3	3.58	1764.7	7.55	2727.3 10.25
3:	810.8	0.07	961.5	0.93	2611.4	10.55	

## FLAT LAYER DEPTH SECTION FROM TRAVELTIME ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), I-D: INTERPRETED DEPTH (m)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		
	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A
1:	283.0	1.12	1045.3	4.79	1816.6	12.09	2857.1
2:	234.4	0.68	1840.5	3.61	2500.0		
2:	300.0	0.56	1045.3	3.13	1764.7	6.26	2727.3
3:	810.8	0.70	961.5	5.67	2611.4		

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	2	1	2	2	1	0.00	4
2	3	1	3	2	2	6.00	6

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
 Refractor RA is refractor analyzed

## Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	0.23	0.65	1.18
2	1.76	6.45	10.20

## GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	283.02	1045.30	1816.61		3.825	6.690	9.792
2.00	279.85	1345.28	1969.47		3.750	6.521	8.858
3.00	276.69	1345.28	2122.33		3.850	6.351	7.925
4.00	273.52	1345.28	2275.19		5.100	6.182	6.992
5.00	270.35	1345.28	2275.19		5.600	6.382	6.058
6.00	267.19	1442.89	2275.19	2727.28	2.332	6.382	5.125
7.00	357.79	1362.67	2275.19		2.021	6.882	
8.00	448.40	1282.44	2275.19		1.710	7.432	
9.00	539.00	1202.22	2275.19		1.399	7.782	
10.00	629.60	1121.99	2387.26		1.087	6.946	
11.00	720.21	1041.76	2499.33		0.776	6.110	
12.00	810.81	961.54	2611.40		0.465	5.274	

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
1.00	283.02	1045.30	1816.61		1.125	4.659	
2.00	279.85	1345.28	1969.47		1.073	6.094	
3.00	276.69	1345.28	2122.33		1.089	5.351	
4.00	273.52	1345.28	2275.19		1.425	3.110	
5.00	270.35	1345.28	2275.19		1.546	2.722	
6.00	267.19	1442.89	2275.19	2727.28	0.634	8.145	
7.00	357.79	1362.67	2275.19		0.749	8.939	
8.00	448.40	1282.44	2275.19		0.818	9.578	
9.00	539.00	1202.22	2275.19		0.843	9.710	
10.00	629.60	1121.99	2387.26		0.827	8.045	
11.00	720.21	1041.76	2499.33		0.774	6.597	
12.00	810.81	961.54	2611.40		0.701	5.305	

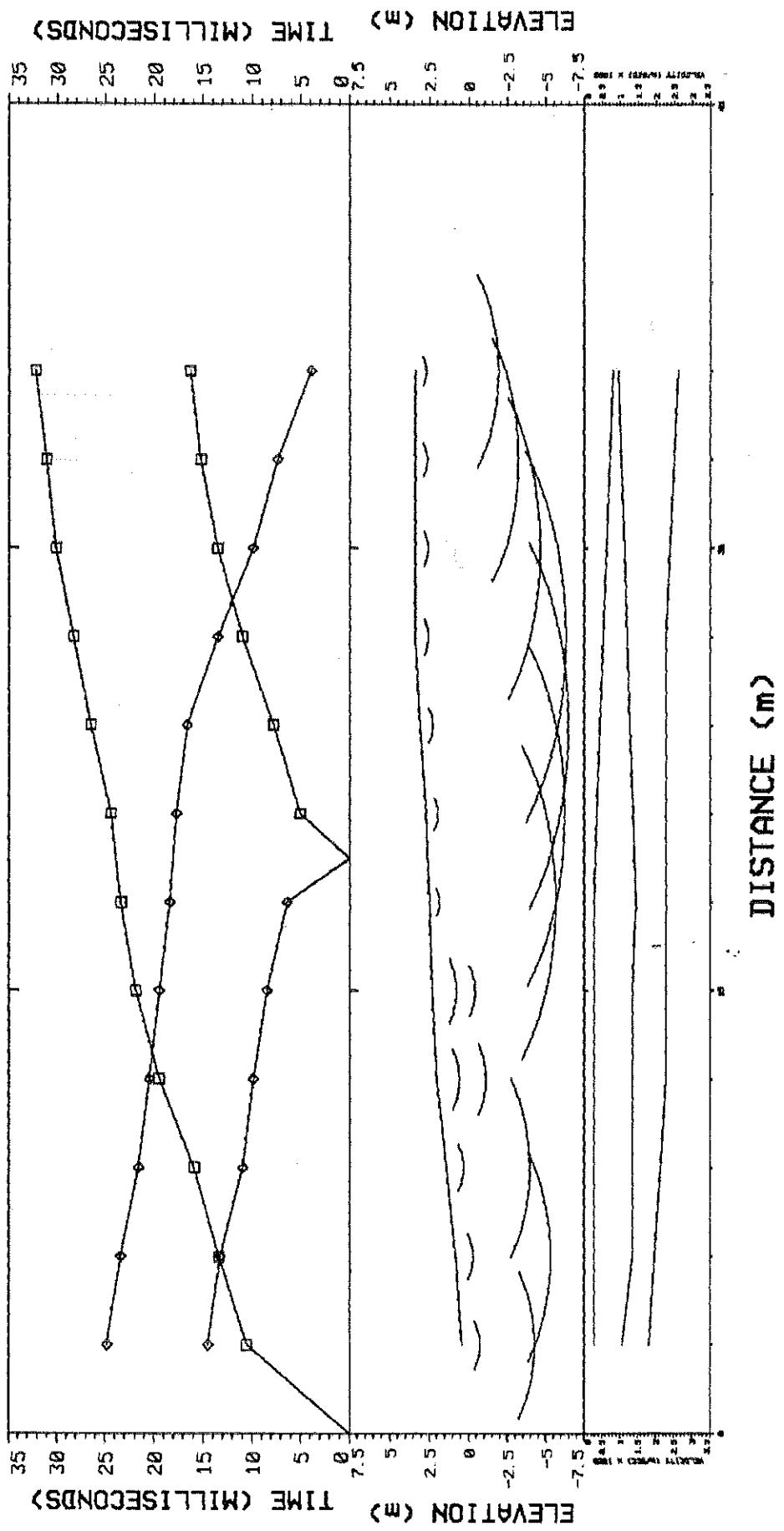


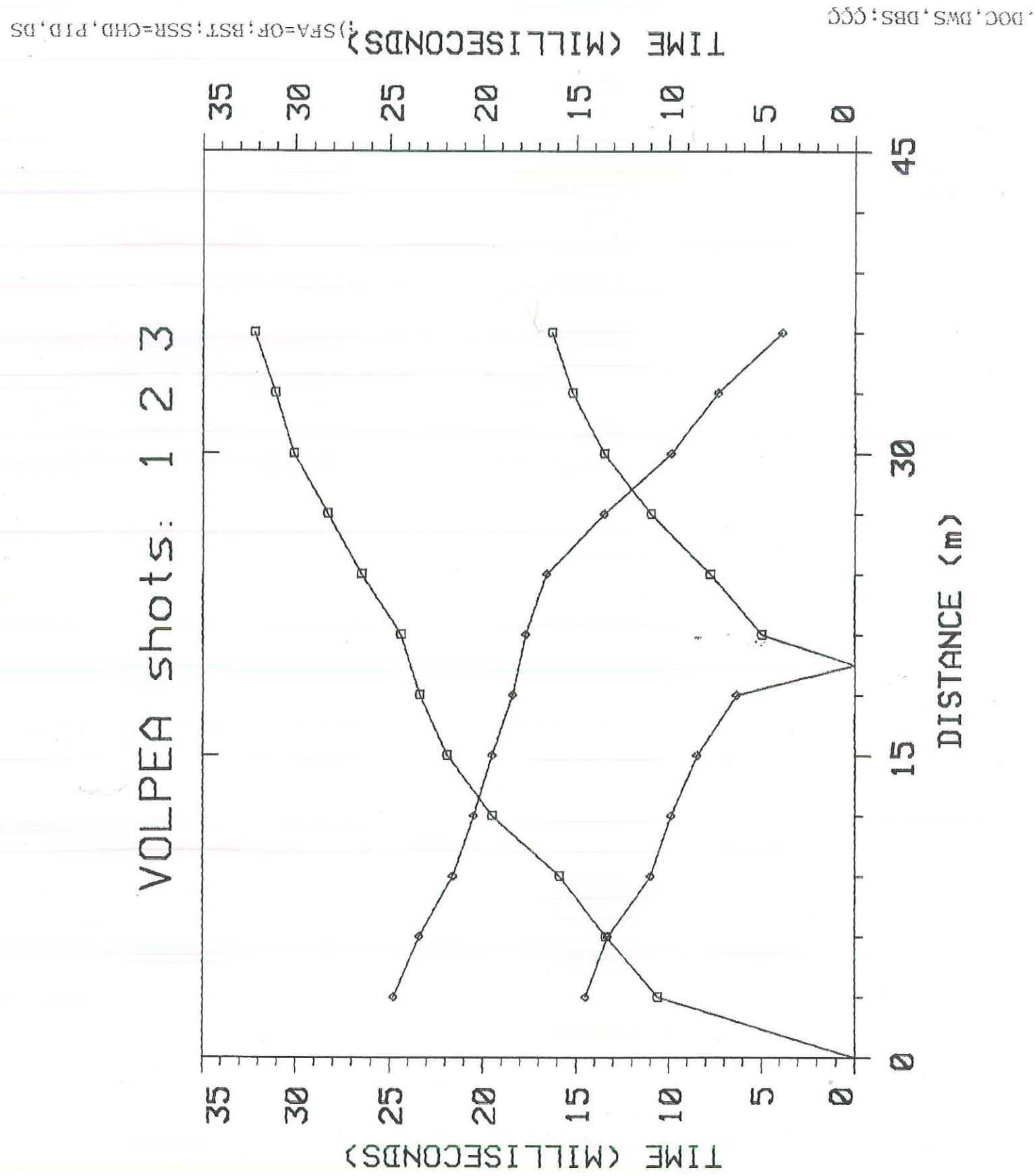
Plate: 10a

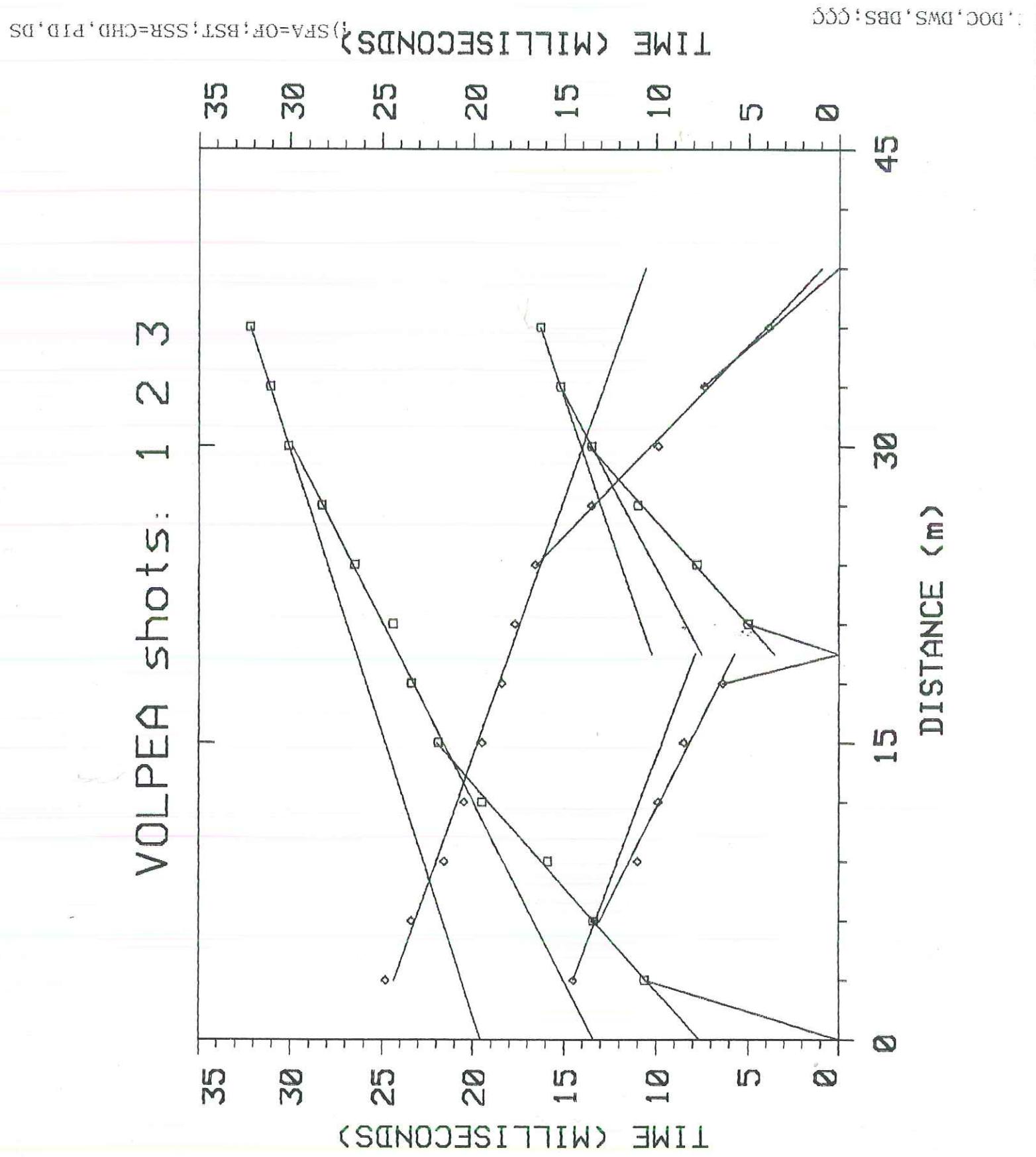
for: Dr Frangioni Andrea  
by: Prospezioni Sismiche  
GEOPROJECT - Dr. Fabio Montegiani  
**Volderrino**

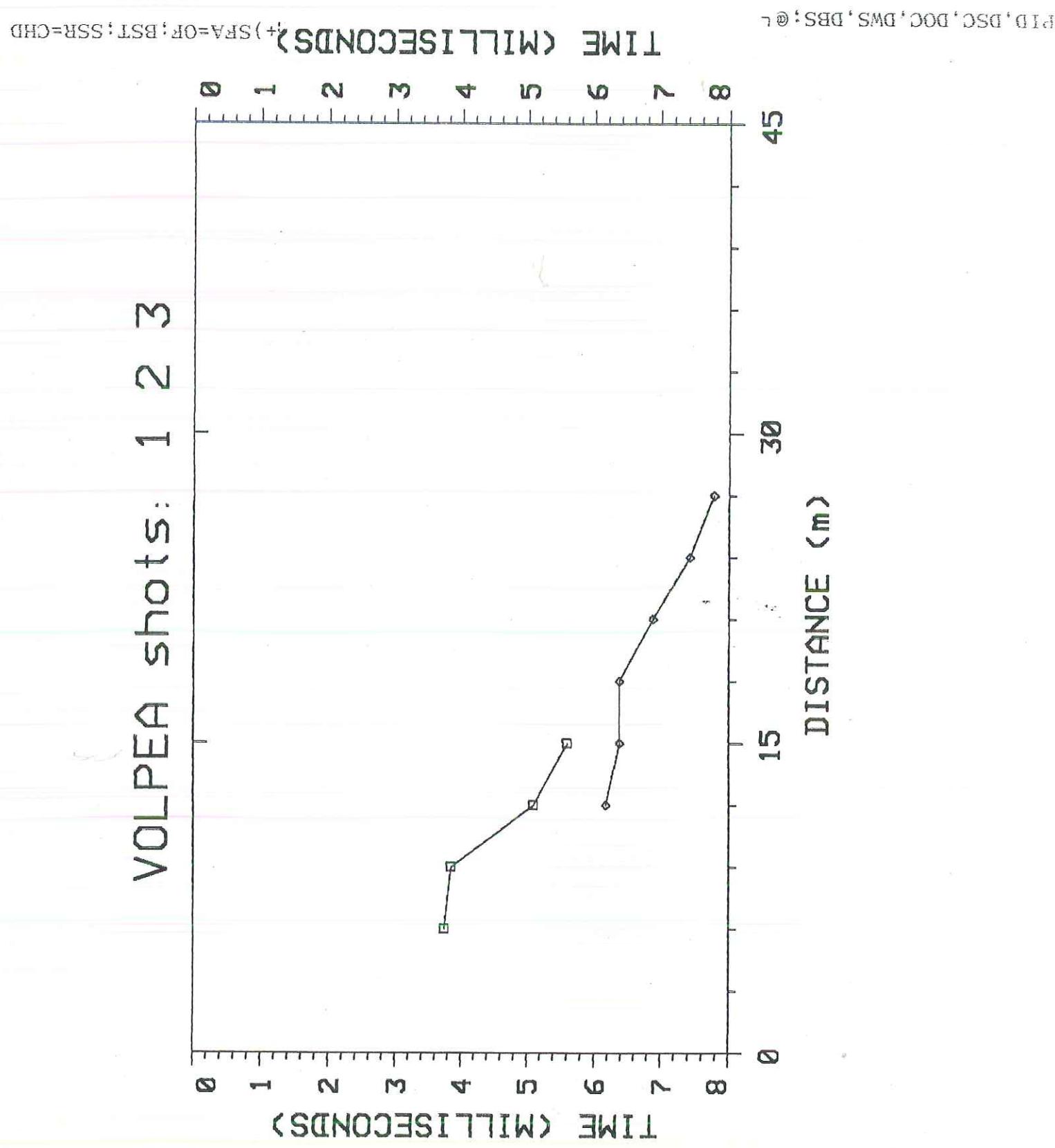
Date Set VOLPEA Date: 17.12.98  
Equipment: DG-LANG Spread: 3  
Azimuth:

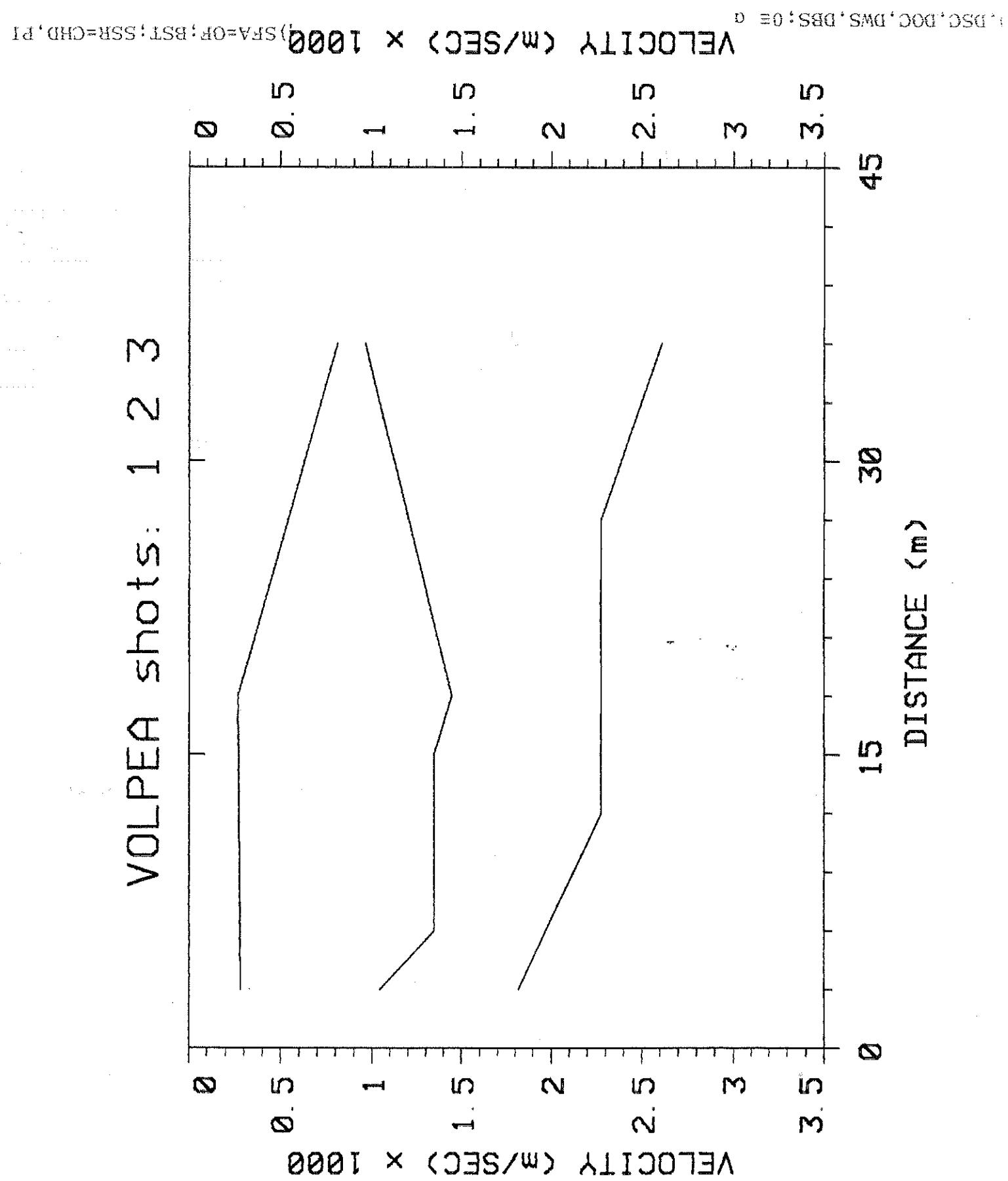
F1B 1A

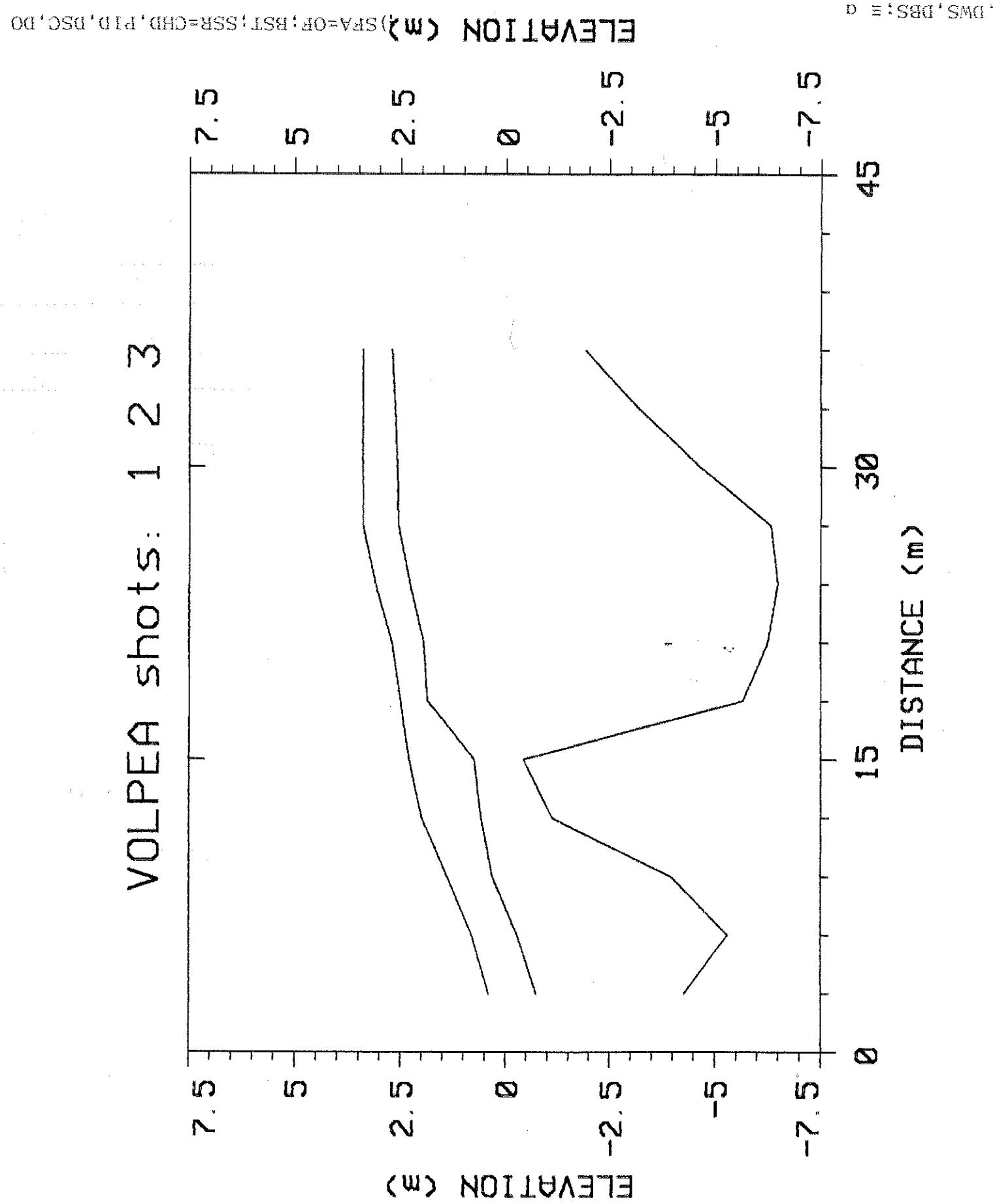
Fig. 2A













Dott. Geol. Fabio Montagnani

STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA - LAB. GEOTECNICO  
Viale matteotti 23/a 50052 Cetraldo (Fi)  
Tel. 0571/652602

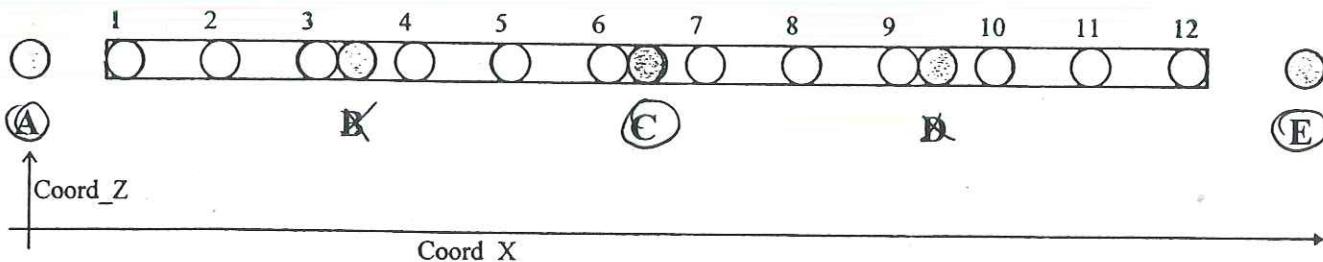
BASE... VOLPE B ... Comm.te: Dr. F. Montagnani  
Località: VOLPE B H.Q. Data: 17.12.88  
Note: LUNGO IL PERCORSO

### BASE SISMICA A RIFRAZIONE

Picking dei primi arrivi (msec)

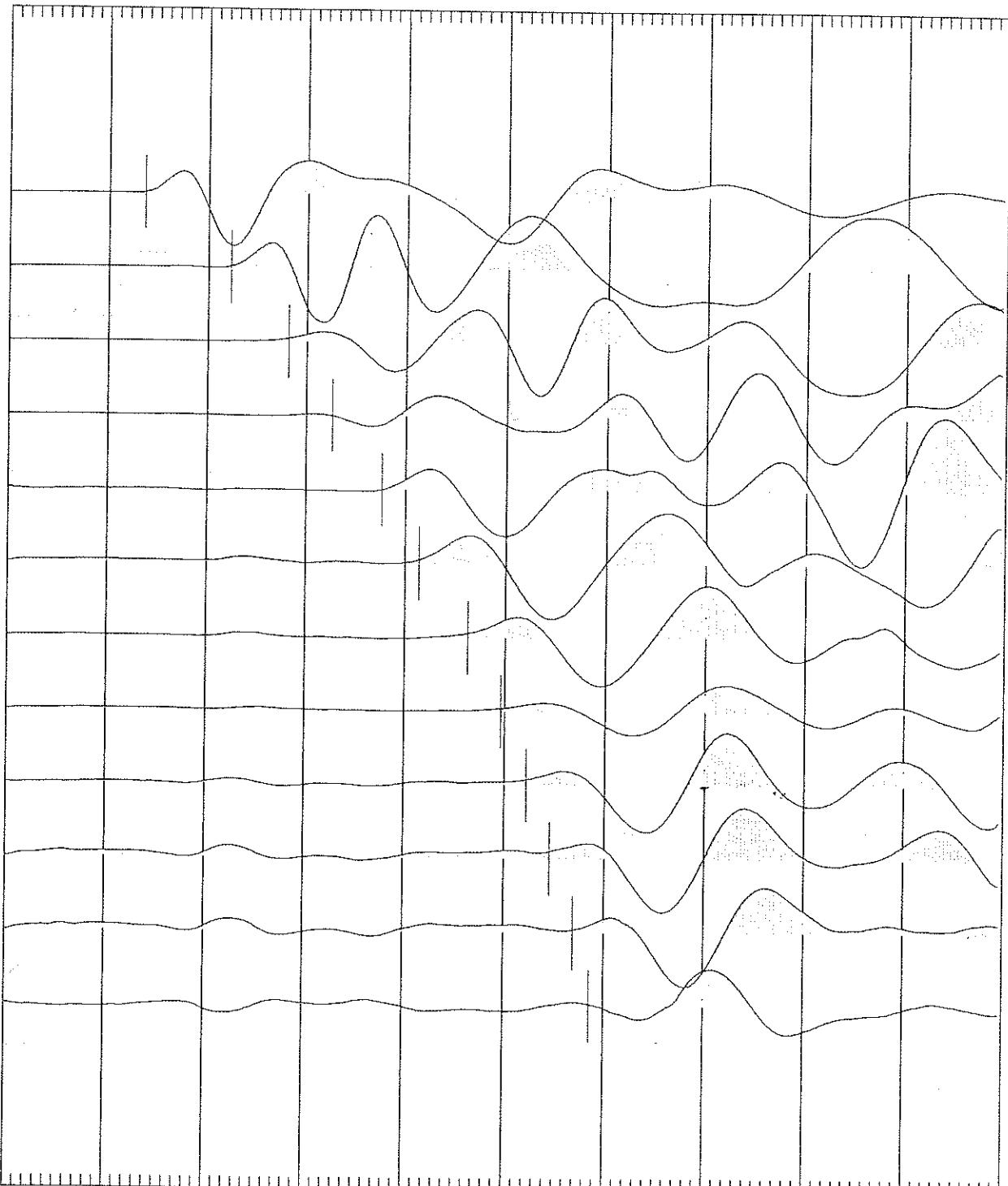
X	Z	n°	NOTE	A	B	C	D	E
X	Z	n°	NOTE	F	G	H	I	L
4	0.6	1		13.6		37.6		65.8
8	1	2		22.3		33.3		63.7
12	1.5	3		28.2		28.4		62.1
16	2.2	4		32.6		21.6		58.3
20	2.8	5		37.6		17.3		56.2
24	3.4	6		41.4		7.2		52.2
28	4	7		46.3		8.6		47.9
32	4.7	8		43.6		17.8		43.5
36	5.3	9		52.2		23		38.3
40	5.9	10		54.5		28.4		33.3
44	6.6	11		56.9		31.5		28.6
48	7.4	12		58.3		35		13.2
			X					
			Z					
			NOTE					
		1						
		2						
		3						
		4						
		5						
		6						
		7						
		8						
		9						
		10						
		11						
		12						

Durata acquisizione..... 100 msec.  
Fine acquisizione..... 100 msec.  
Distanza PS..... 4 m  
offset 1° canale..... 4 m  
Ampl..... VOLPE AH 3.005.016.  
Freq. camp..... 2.000 Hz



IL GEOFISICO

*[Handwritten signature]*



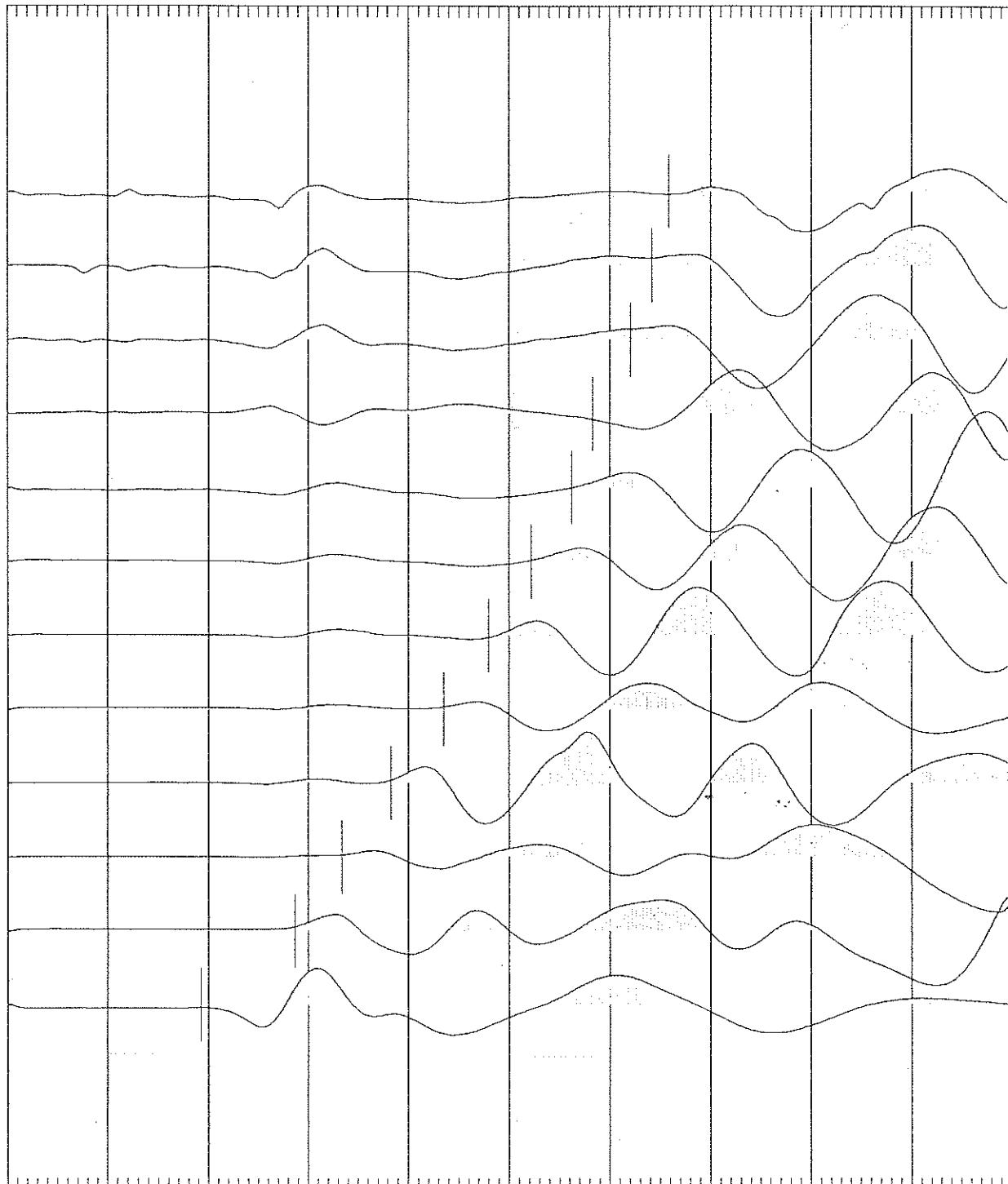
## Sondaggio: volpeb - battuta andata

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



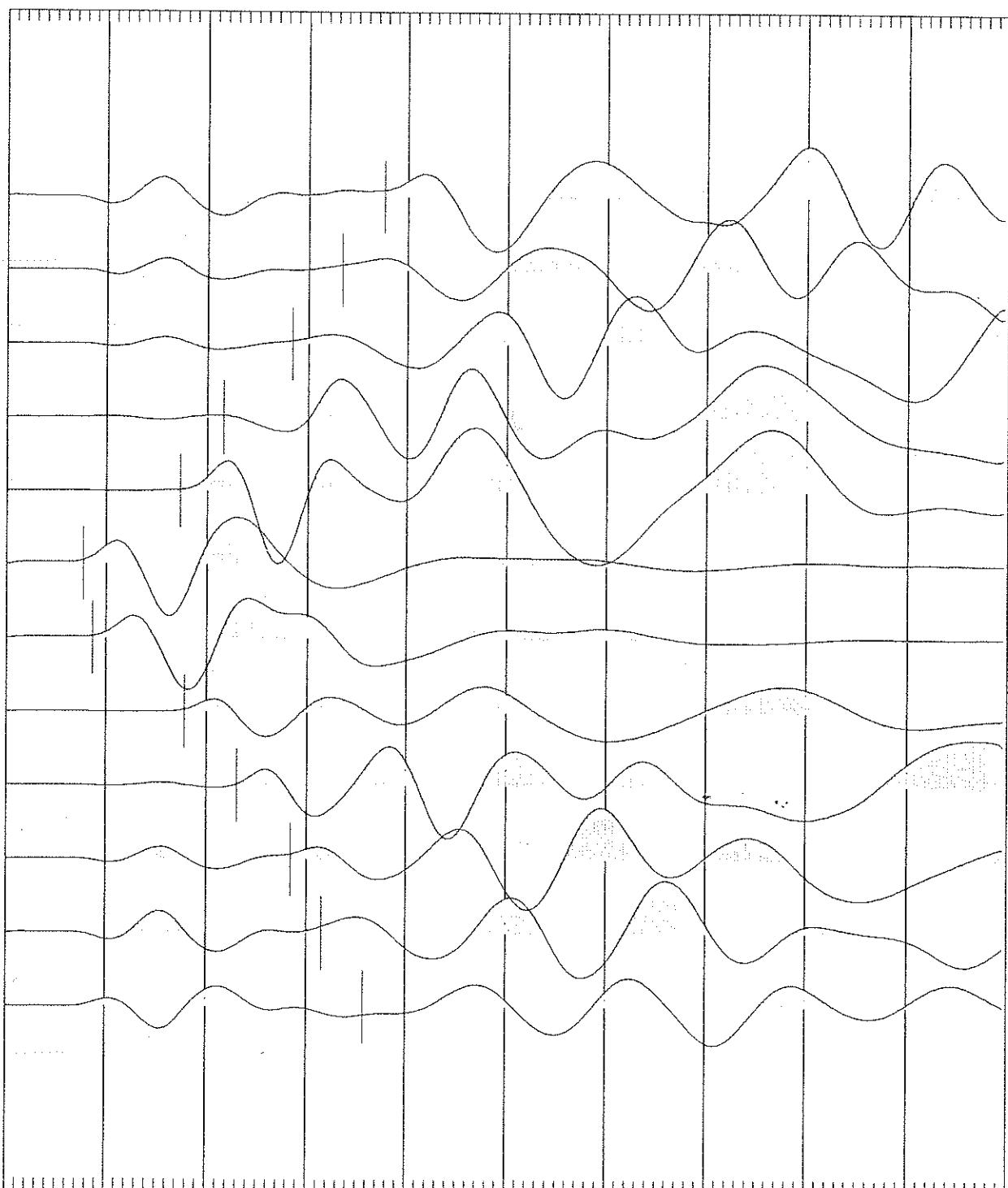
## Sondaggio: volpeb - battuta ritorno

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



## Sondaggio: volpeb - battuta centrale m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901 - Badalucco (IM) 0184/408759

## DATA SET: VOLPEB

CLIENT: Dr Frangioni Andrea  
 LOCATION: Volperino  
 COUNTY:  
 PROJECT: Prospsezioni Sismiche  
 SOURCE: Mini Bang

DATE: 17.12.98  
 LINE NO.: 4  
 AZIMUTH:  
 G-SPACING: 4.00 m  
 EQUIPMENT: DOLANG

## REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPTHOLE	DELAY ---TIME (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	3.70	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	8.20	0.00	0.00	0.00	12
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
NONE		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

## RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT TYPE ----- RECIPROCAL TIMES (msec) -----

2 E 40.72  
 3 B 62.05 42.52

TYPE: A E  
 SHOT: 1 2

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 2	SHOT- 3 3
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.40	13.60	37.60	65.80
2.00	1.00	22.30	33.30	63.70
3.00	1.50	28.20	28.40	62.10
4.00	2.20	32.60	21.60	58.30
5.00	2.80	37.60	17.30	56.20
6.00	3.40	41.40	7.70	52.20
6.50	3.70		SHOT	

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1	SHOT- 2	SHOT- 3
		1	2	3
7.00	4.00	46.30	8.60	47.90
8.00	4.70	49.60	17.80	43.50
9.00	5.30	52.20	23.00	38.30
10.00	5.90	54.50	28.40	33.30
11.00	6.60	56.90	31.50	28.60
12.00	7.40	58.30	35.00	19.20
13.00	8.20			SHOT

## RAW TRAVEL TIME CURVE VELOCITY ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), T-I: INTERCEPT TIME (msec)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		
	V-A	T-I	V-A	T-I	V-A	T-I	
1:	358.7	0.82	850.5	13.57	1532.6	28.41	2857.1 41.50
2:	355.3	0.83	729.9	8.71	930.2	13.95	
2:	348.3	1.14	754.7	9.82	1212.1	16.78	
3:	279.7	1.63	860.2	19.61	1355.9	32.32	2162.2 43.52

## FLAT LAYER DEPTH SECTION FROM TRAVELTIME ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), I-D: INTERPRETED DEPTH (m)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		
	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A
1:	358.7	2.68	850.5	10.27	1532.6	22.16	2857.1
2:	355.3	1.77	729.9	4.86	930.2		
2:	348.3	1.93	754.7	5.29	1212.1		
3:	279.7	2.90	860.2	9.97	1355.9	19.72	2162.2

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:  
SEGMENT SHOT1 SHOT2 R1 R2 RA X-Y No. Pts

1	2	1	1	2	1	4.00	4
2	3	2	2	1	1	4.00	3

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	1.89	2.46	2.93
2	2.97	5.83	9.69

#### GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	358.74	850.55	1532.57		6.785	14.205	20.750
2.00	357.35	804.83	1440.29		7.903	12.901	20.842
3.00	355.96	804.83	1348.01		7.778	11.596	20.933
4.00	354.57	804.83	1255.73		7.203	10.292	21.025
5.00	353.18	804.83	1163.46		6.628	8.988	21.117
6.00	351.79	804.83	1071.18		6.503	7.683	21.208
7.00	339.78	792.08	1118.64		9.063	9.096	21.300
8.00	327.77	792.08	1166.10		9.263	10.508	21.392
9.00	315.76	792.08	1213.56		9.513	11.921	21.483
10.00	303.74	792.08	1261.01		9.563	13.333	21.575
11.00	291.73	826.15	1308.47		9.683	14.746	21.667
12.00	279.72	860.22	1355.93		9.804	16.158	21.758

#### GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
1.00	358.74	850.55	1532.57		2.685	9.770	
2.00	357.35	804.83	1440.29		3.152	7.380	
3.00	355.96	804.83	1348.01		3.087	6.330	
4.00	354.57	804.83	1255.73		2.845	5.566	
5.00	353.18	804.83	1163.46		2.605	4.789	
6.00	351.79	804.83	1071.18		2.543	3.586	
7.00	339.78	792.08	1118.64		3.409		
8.00	327.77	792.08	1166.10		3.335	4.138	
9.00	315.76	792.08	1213.56		3.275	5.267	
10.00	303.74	792.08	1261.01		3.145	6.488	
11.00	291.73	826.15	1308.47		3.019	7.980	
12.00	279.72	860.22	1355.93		2.900	9.593	

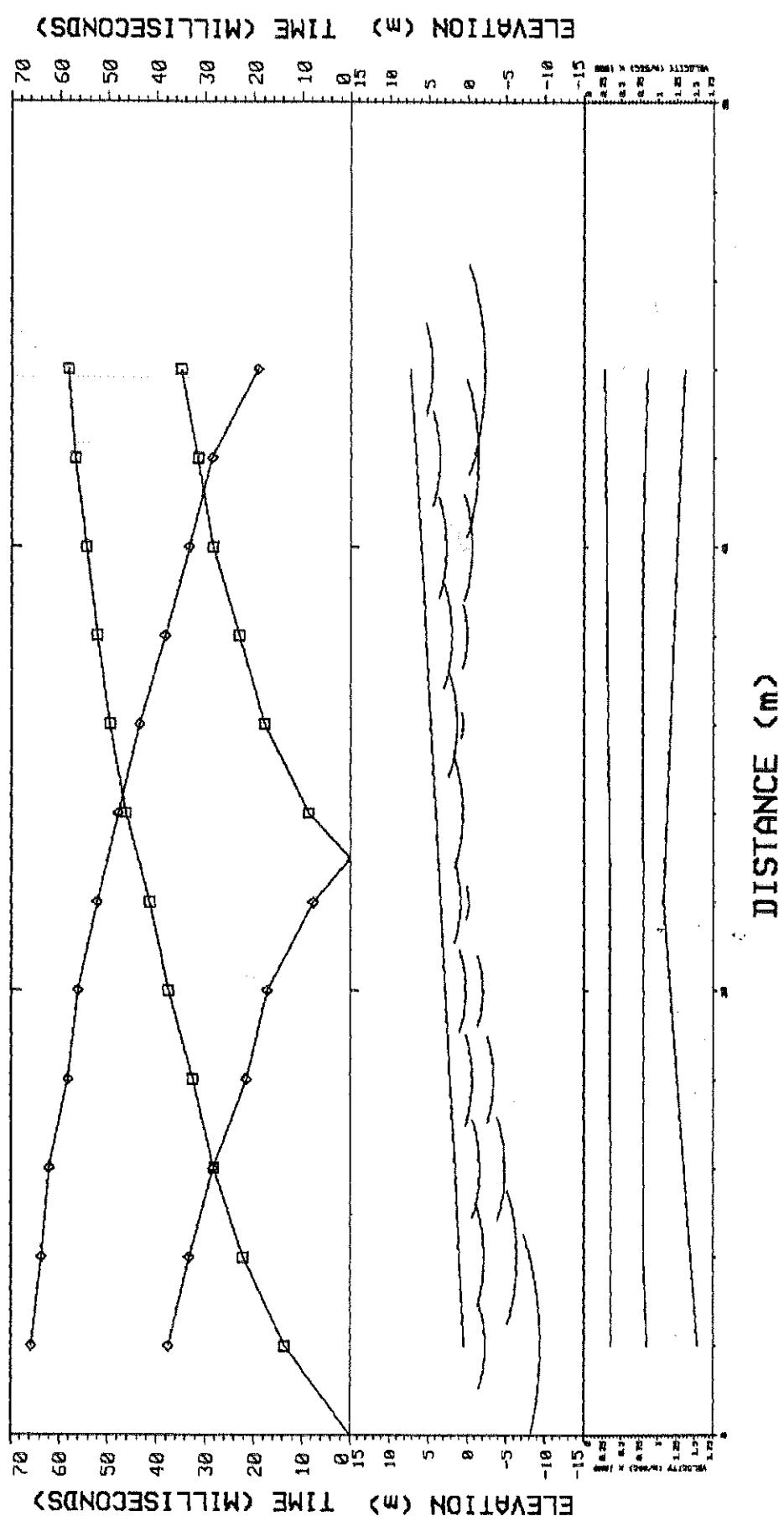


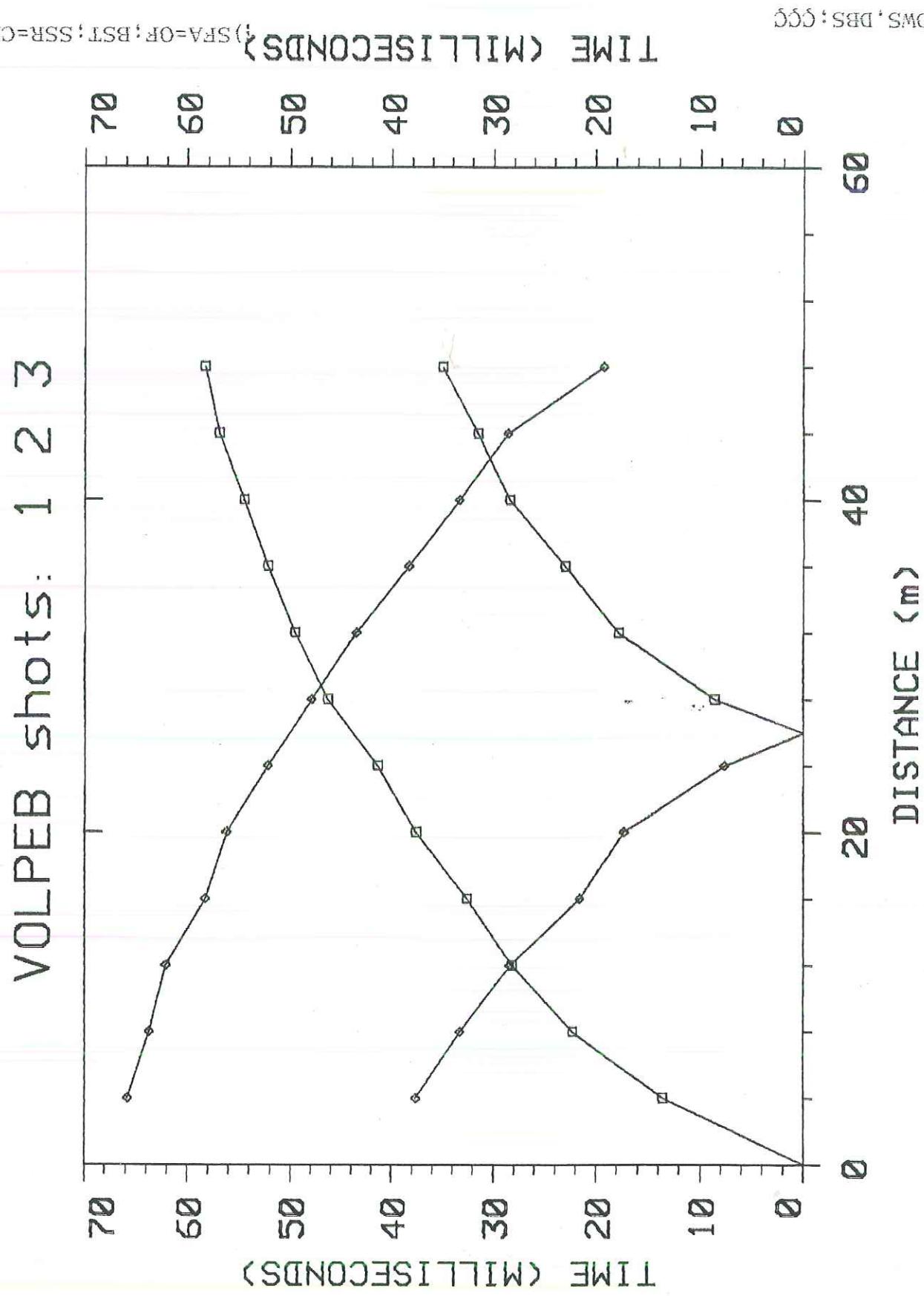
Plate: 10a

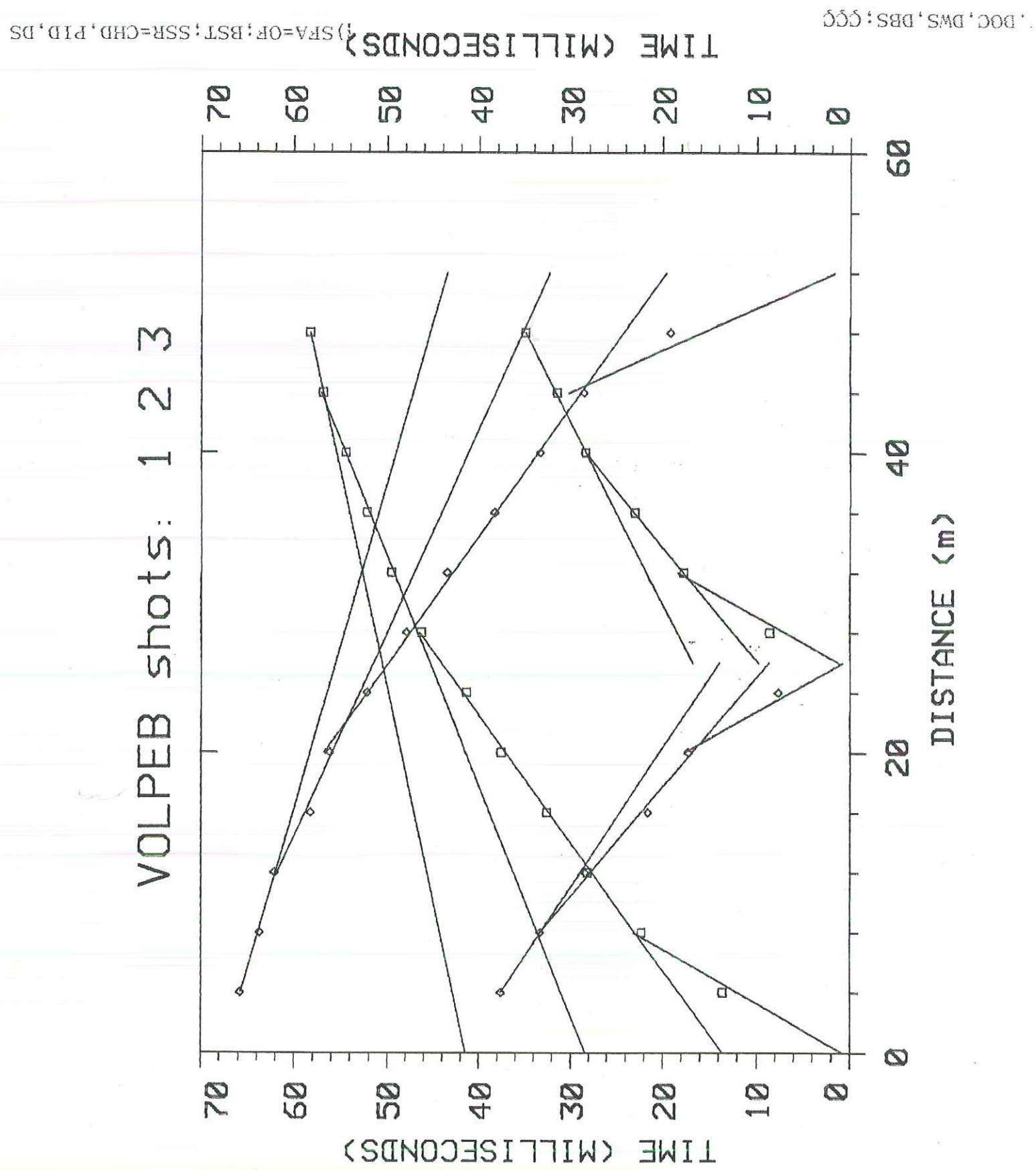
for: Dr Frangioni Andrea  
Geoproject - Dr. Fabio Montagnani  
**Prospettazioni Sismiche**  
**Volpiano**

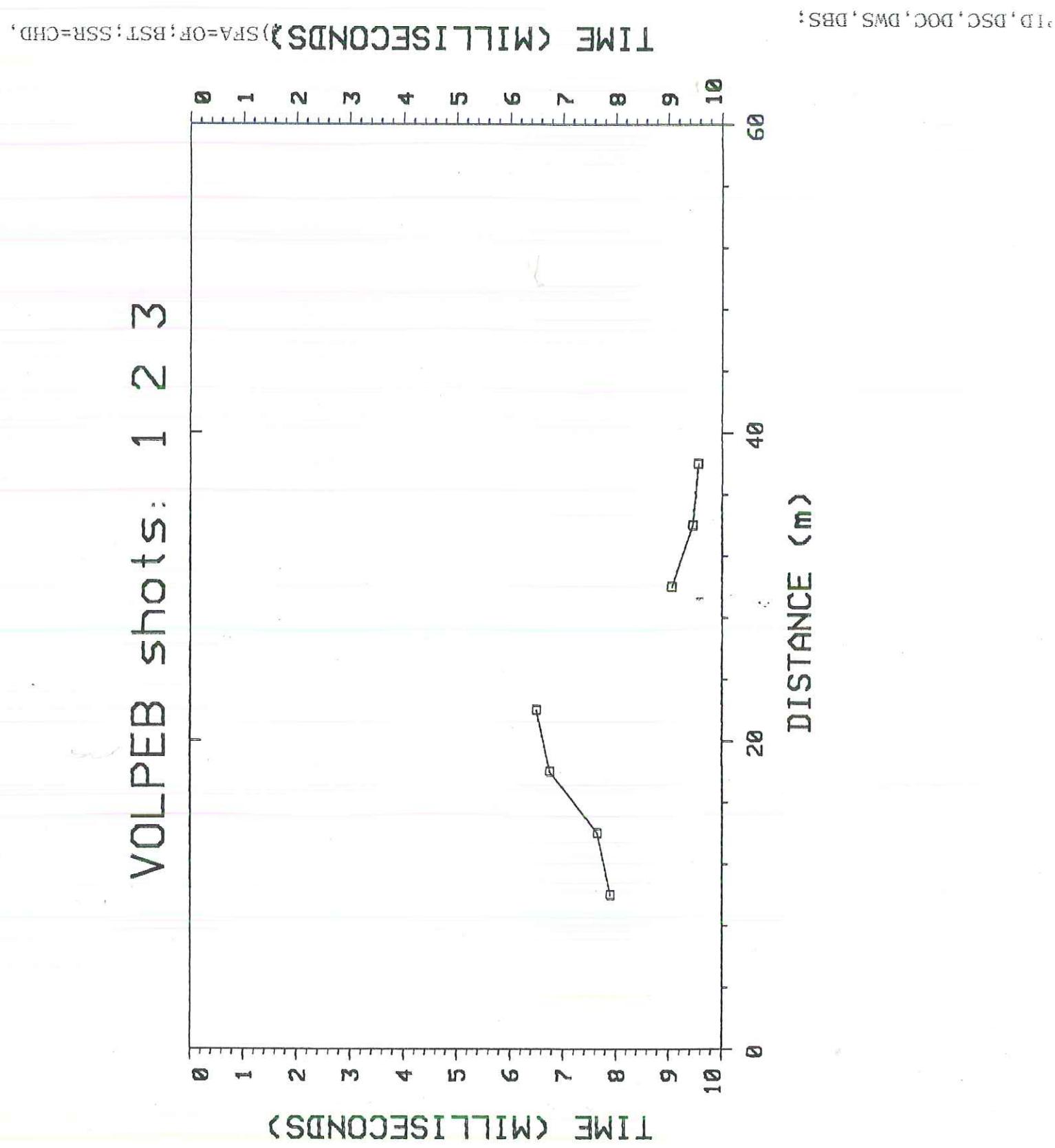
Azimuth:

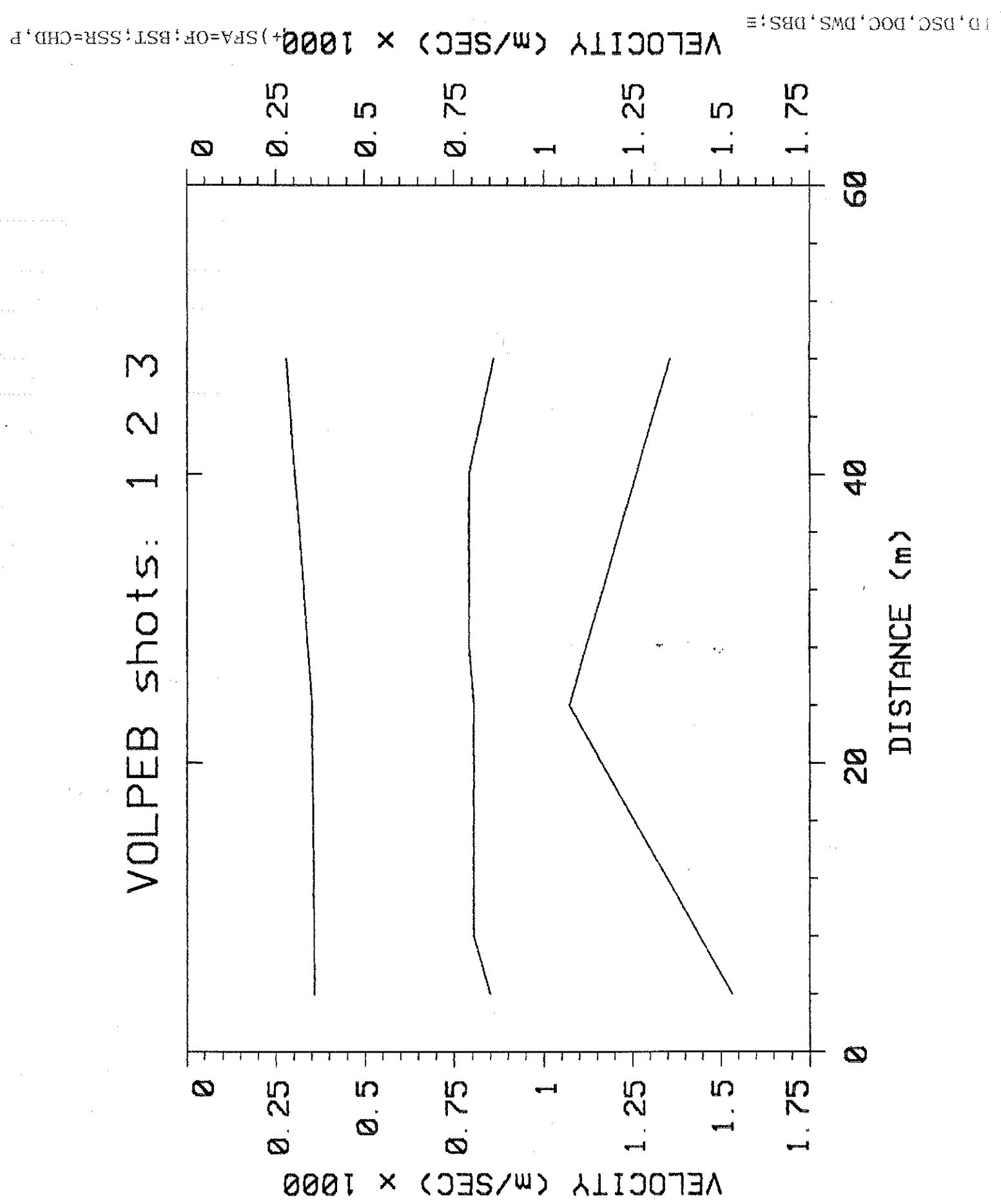
Dr. Frangioni Andrea	Date: 17.12.98
Geoproject - Dr. Fabio Montagnani	Stread: 4
<b>Data Set VOLPEB</b>	Equipment: DG.ANG

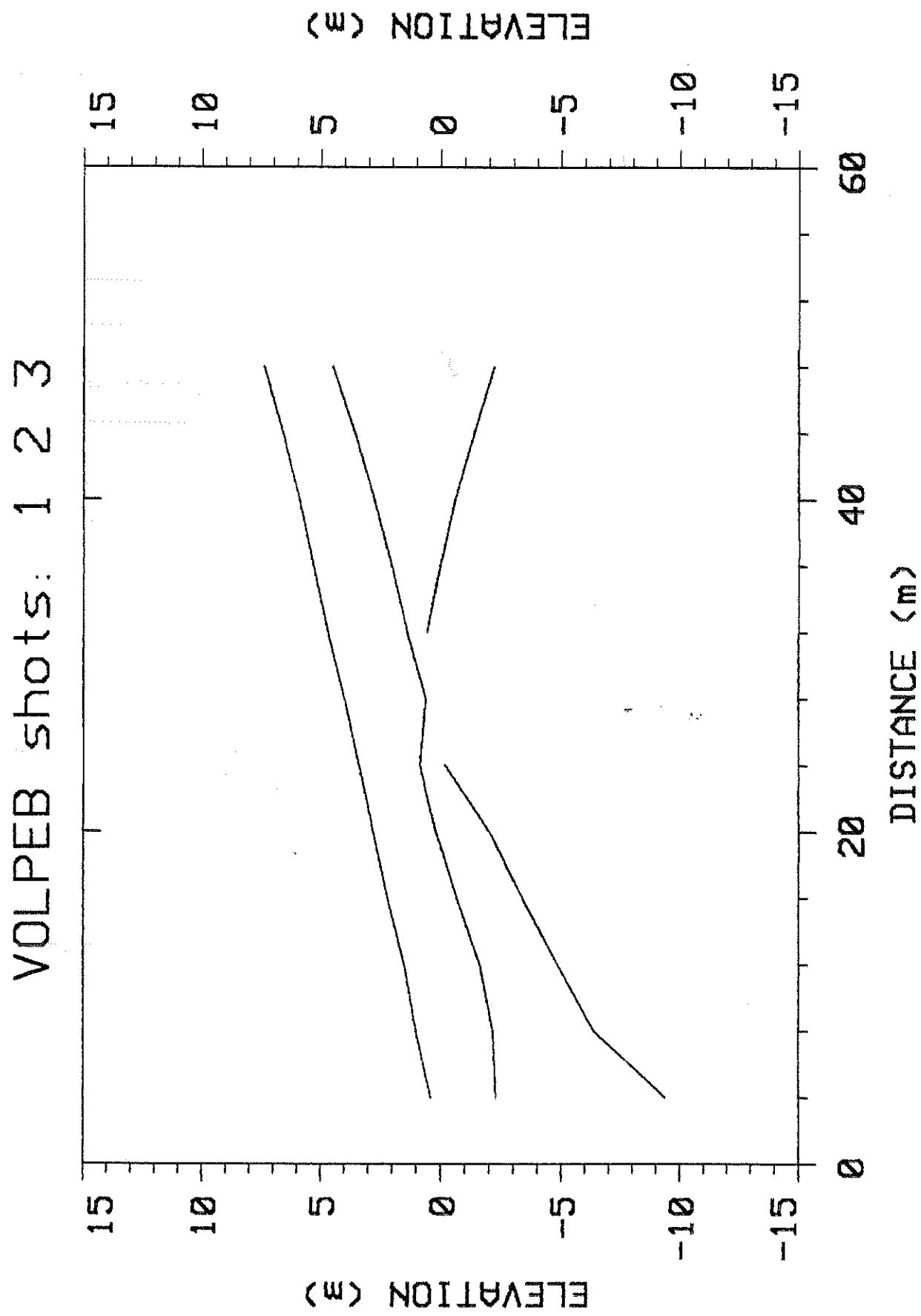
Fig. 1B











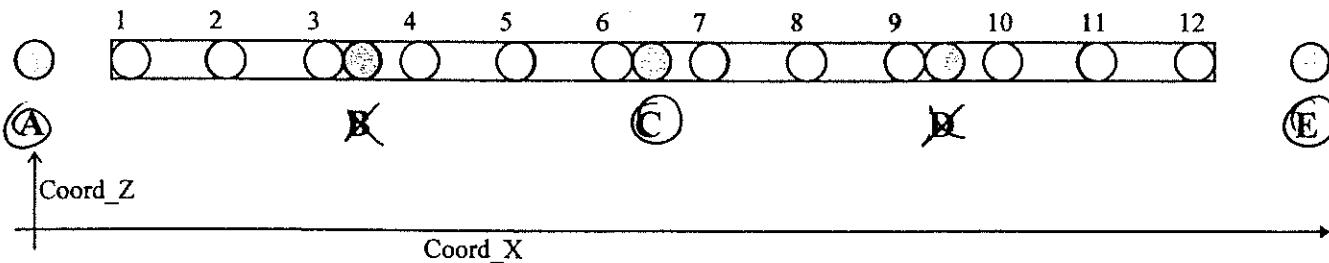
BASE...VOL.P.E.C..... Comm.te: Dr. T. Andra  
Località: VOLPE PESCHIERA..... Data: 17.12.88  
Note: P.R.I.H.A. DELLA BATTAGLIA

**BASE SISMICA A RIFRAZIONE**
*Piking dei primi arrivi (msec)*

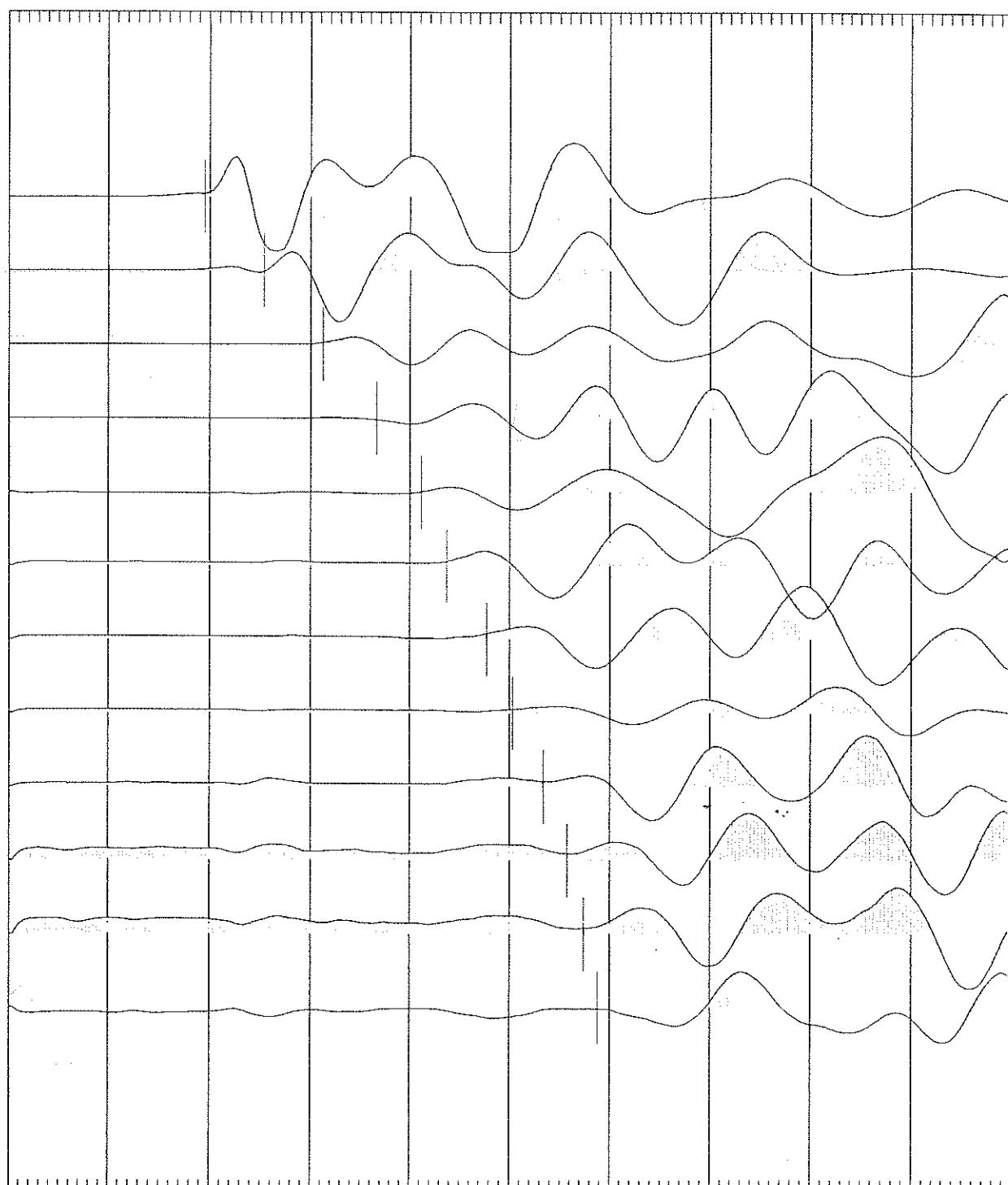
X	Z	n°	NOTE	A	B	C	D	E
				0.00		26		52
				0.00				
4		1		13.4		36.9		60.2
8		2		25.3		33.6		59.3
12		3		31.2		31.2		56.1
16		4		36.6		27.2		54.3
20		5		41.1		23.7		52.2
24		6		43.7		13.8		43.1
28		7		47.2		14.2		46.3
32		8		50.3		26.3		42.5
36		9		53.4		23.3		37.6
40		10		55.7		30.8		32.9
44		11		57.4		33.1		26.7
48		12		58.8		35		13.2

X	Z	n°	NOTE	F	G	H	I	L
		1						
		2						
		3						
		4						
		5						
		6						
		7						
		8						
		9						
		10						
		11						
		12						

Durata acquisizione..... 100. msec.  
Fine acquisizione..... 100. msec.  
Distanza PS..... 4 m  
offset 1° canale..... 4 m  
Ampl..... VALEGG. AN. 3 COST. DIG.  
Freq. camp..... 2000 Hz



IL GEOFISICO  
Fabio Montagnani



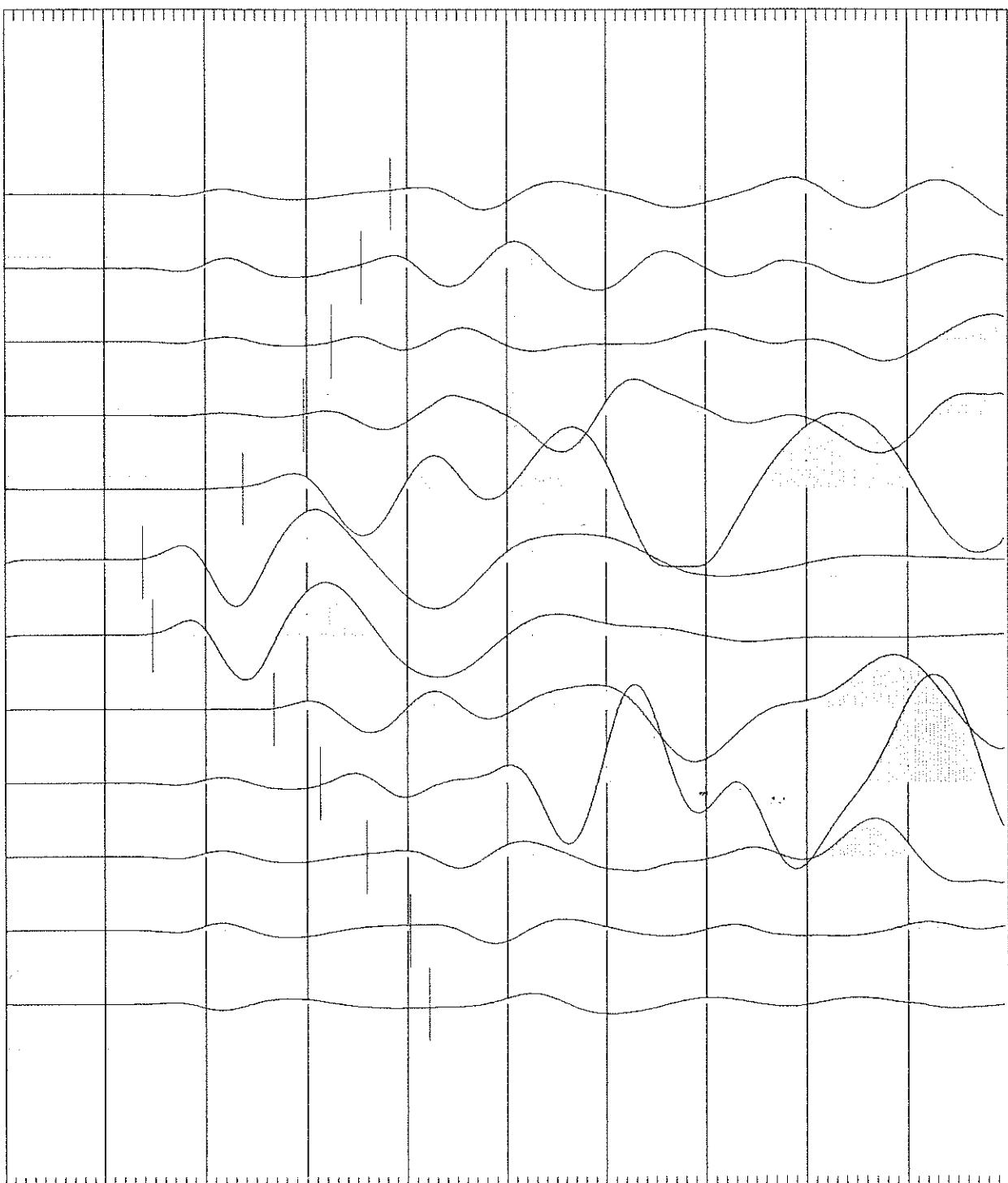
## Sondaggio: volpec - battuta andata

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



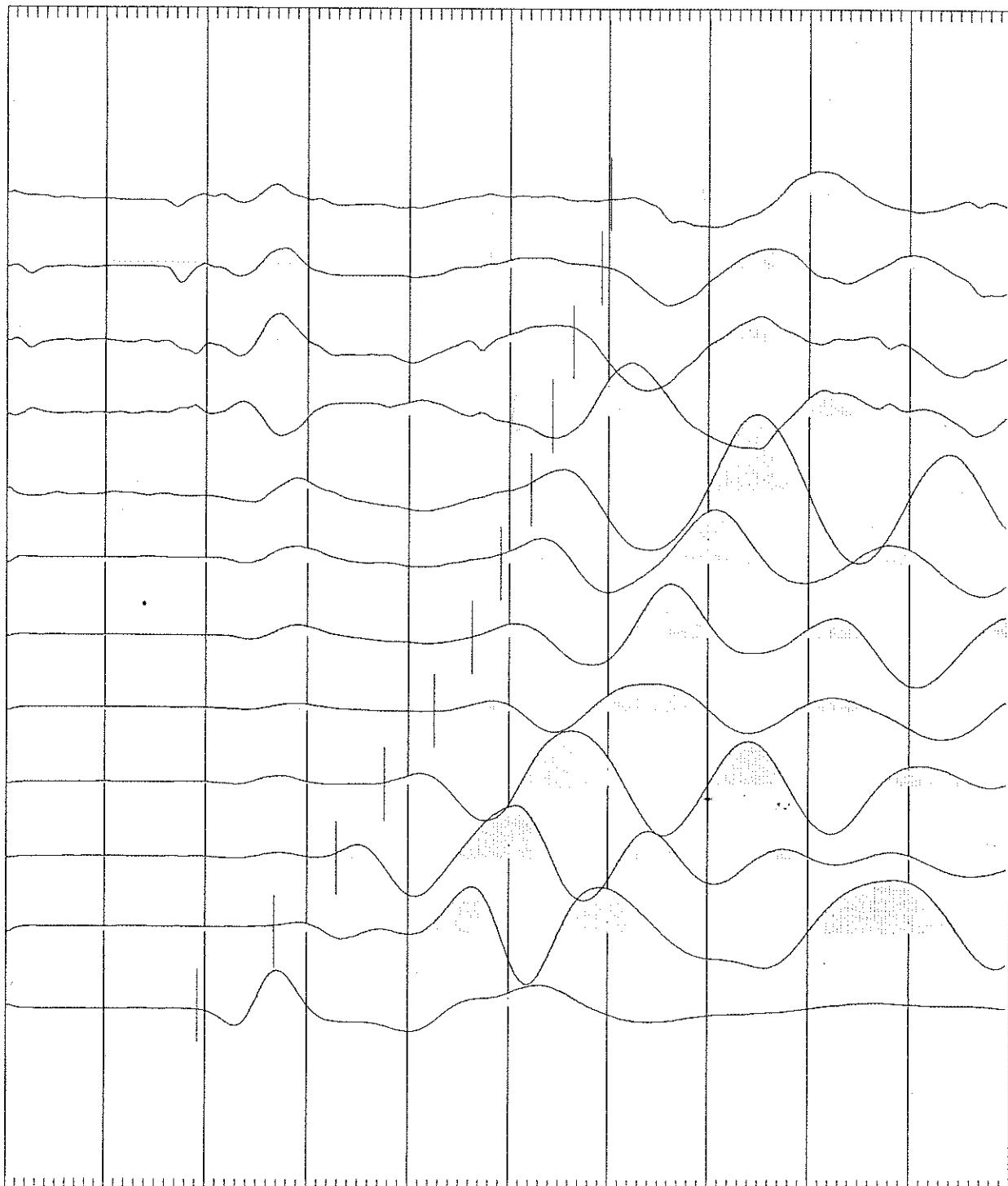
## Sondaggio: volpec - battuta centrale

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



## Sondaggio: volpec - battuta ritorno

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759

## DATA SET: VOLPEC

CLIENT: Dr Frangioni Andrea DATE: 17.12.98  
 LOCATION: Volperino LINE NO.: 5  
 COUNTY:  
 PROJECT: Prospettive Sismiche AZIMUTH:  
 SOURCE: Mini Bang G-SPACING: 4.00 m  
 EQUIPMENT: DOLANG

## REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPTHOLE	DELAY ---TIME (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

## RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT TYPE ----- RECIPROCAL TIMES (msec) -----

2 E 41.30  
 3 B 59.50 41.35

TYPE: A E  
 SHOT: 1 2

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 2	SHOT- 3 3
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	19.40	36.90	60.20
2.00	0.00	25.30	33.60	59.30
3.00	0.00	31.20	31.20	56.40
4.00	0.00	36.60	27.20	54.30
5.00	0.00	41.10	23.70	52.20
6.00	0.00	43.70	13.80	49.10
6.50	0.00		SHOT	

\* GEOPROJECT - Dr.Fabio Montagnani \*

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT-	SHOT-	SHOT-
		1	2	3
7.00	0.00	47.70	14.70	46.30
8.00	0.00	50.30	26.30	42.50
9.00	0.00	53.40	29.30	37.60
10.00	0.00	55.70	30.80	32.90
11.00	0.00	57.40	33.10	26.70
12.00	0.00	58.80	35.00	19.20
13.00	0.00			SHOT

## RAW TRAVEL TIME CURVE VELOCITY ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), T-I: INTERCEPT TIME (msec)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		T-I
	V-A	T-I	V-A	T-I	V-A	T-I	
1:	206.2	0.00	731.3	14.31	1337.2	26.21	2580.7
2:	144.9	0.00	404.0	8.85	1219.5	19.04	
2:	136.1	0.00	344.8	8.90	1886.8	23.48	
3:	208.3	0.00	695.7	14.53	1477.6	29.79	4444.4
							49.40

## FLAT LAYER DEPTH SECTION FROM TRAVELTIME ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), I-D: INTERPRETED DEPTH (m)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		V-A
	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A	I-D	
1:	206.2	1.54	731.3	6.74	1337.2	17.71	2580.7
2:	144.9	0.69	404.0	2.87	1219.5		
2:	136.1	0.66	344.8	3.22	1886.8		
3:	208.3	1.59	695.7	7.60	1477.6	22.97	4444.4

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	2	1	2	2	2	4.00	2
2	3	1	3	3	2	4.00	5
3	3	2	2	2	2	4.00	2

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2

Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	0.50	0.71	0.95
2	2.45	4.57	5.96

#### GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	206.19	731.26	1337.15		7.155	13.107	20.125
2.00	193.05	659.90	1329.67		6.611	13.473	20.541
3.00	179.91	588.53	1322.19		6.068	13.839	20.957
4.00	166.77	517.16	1314.70		5.524	14.204	21.373
5.00	153.63	445.80	1314.70		4.981	14.154	21.789
6.00	140.49	374.43	1315.78		4.438	15.114	22.205
7.00	151.80	427.97	1270.78		4.909	16.030	22.620
8.00	163.11	481.51	1247.21		5.380	15.292	23.036
9.00	174.41	535.04	1247.21		5.851	15.104	23.452
10.00	185.72	588.58	1323.99		6.323	15.034	23.868
11.00	197.03	642.12	1400.78		6.794	14.963	24.284
12.00	208.33	695.65	1477.57		7.265	14.893	24.700

#### GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
1.00	206.19	731.26	1337.15		1.538	6.550	
2.00	193.05	659.90	1329.67		1.335	6.376	
3.00	179.91	588.53	1322.19		1.147	6.092	
4.00	166.77	517.16	1314.70		0.973	5.707	
5.00	153.63	445.80	1314.70		0.815	5.025	
6.00	140.49	374.43	1315.78		0.673	4.717	
7.00	151.80	427.97	1270.78		0.797	5.714	
8.00	163.11	481.51	1247.21		0.933	5.955	
9.00	174.41	535.04	1247.21		1.079	6.396	
10.00	185.72	588.58	1323.99		1.237	6.781	
11.00	197.03	642.12	1400.78		1.406	7.111	
12.00	208.33	695.65	1477.57		1.586	7.385	

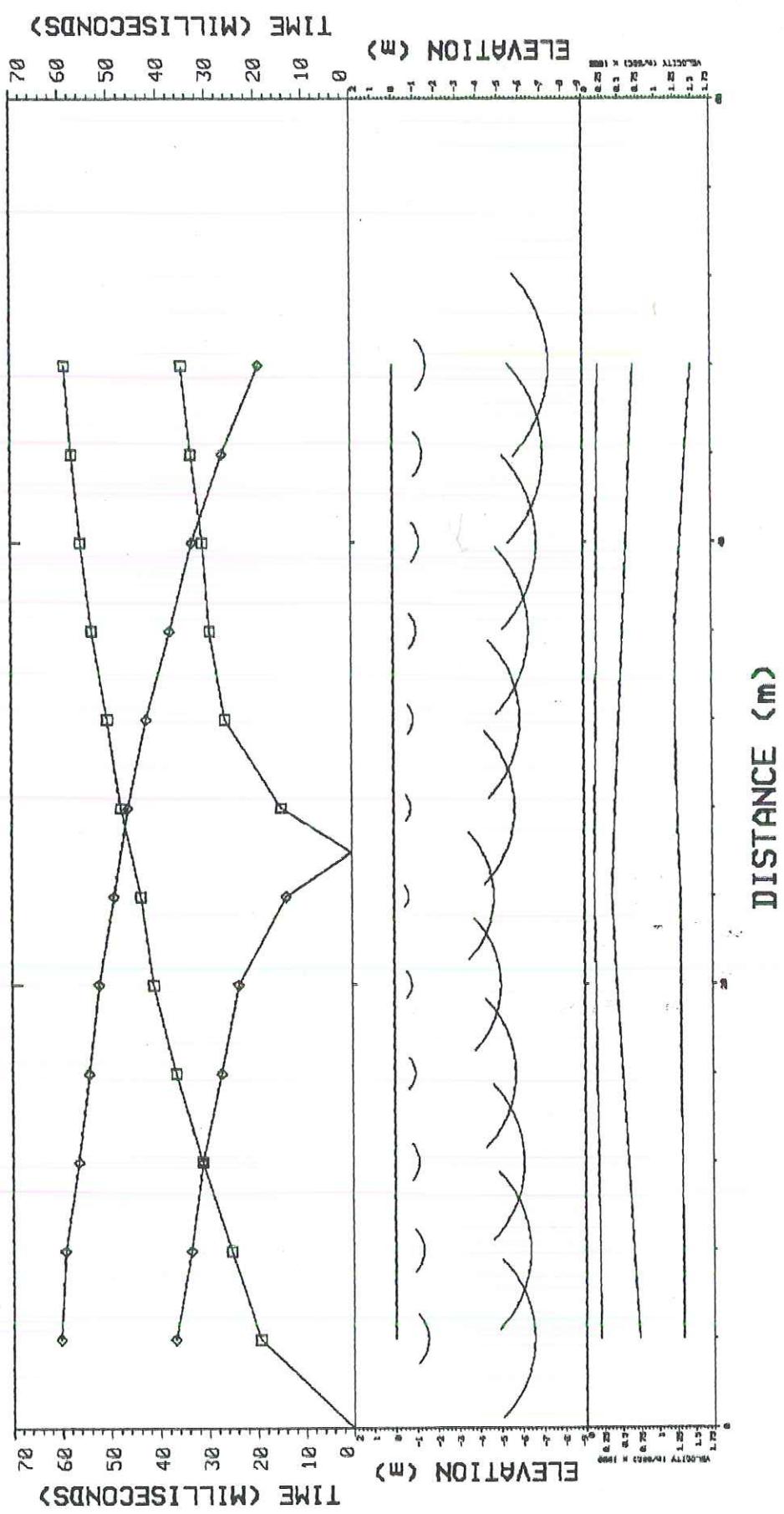


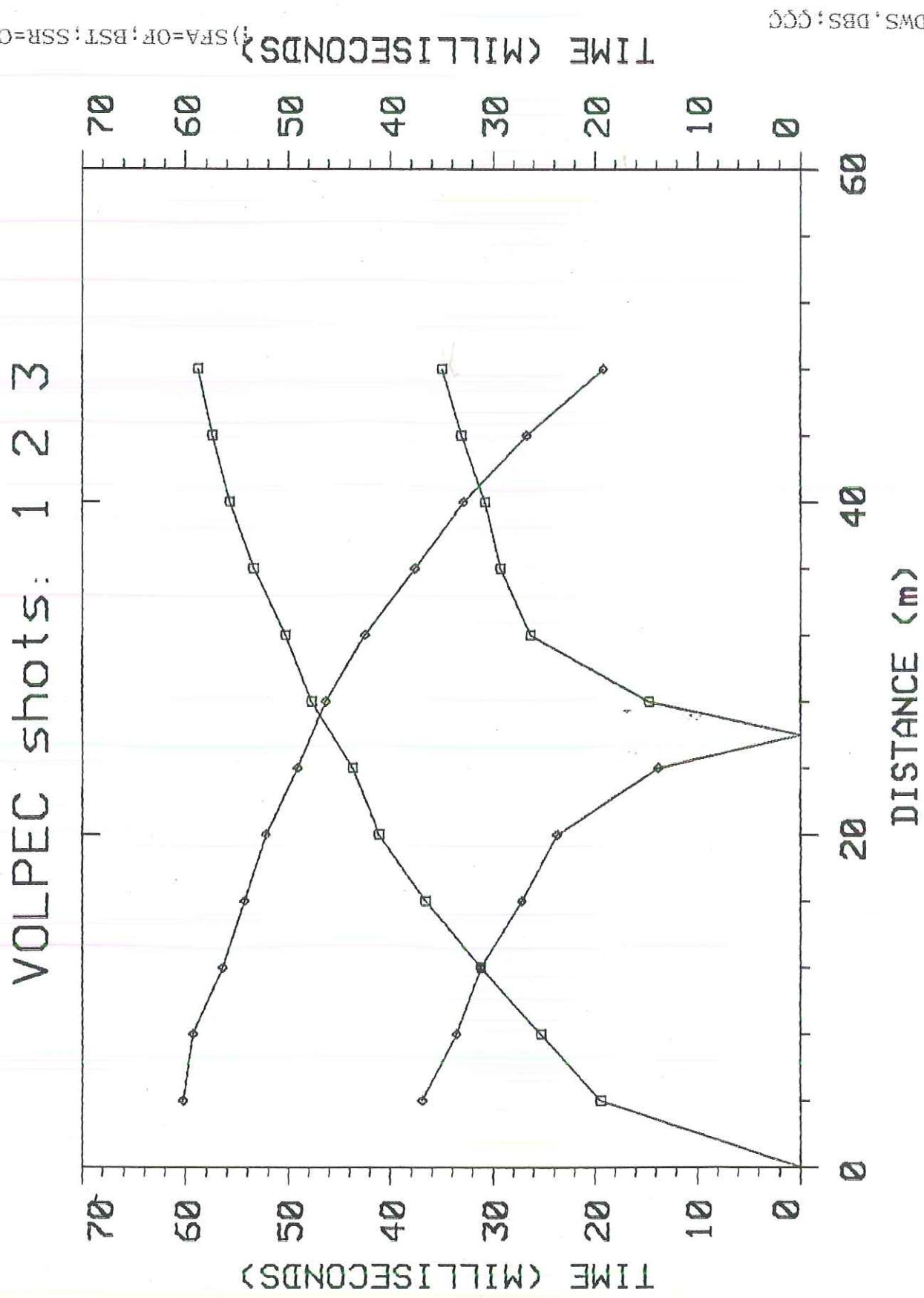
Plate: 10a

Prospezioni Sismiche  
Volperrino

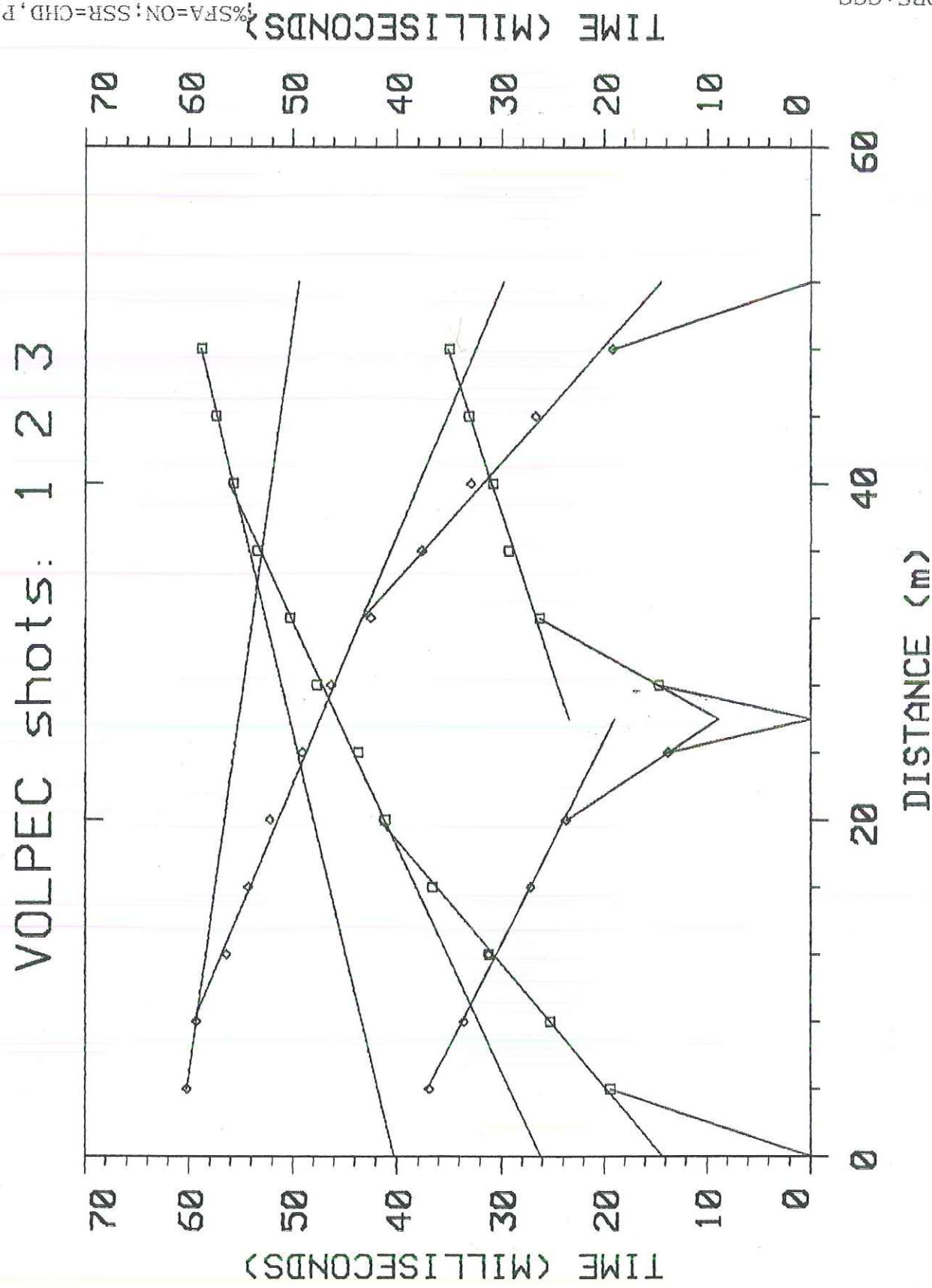
for: Dr Frangioni Andrea	PROJECT - Dr. Fabio Montagnani
Data Set VOLPEC	Date: 17.12.98
Equipment: DOLANG	Source: 5

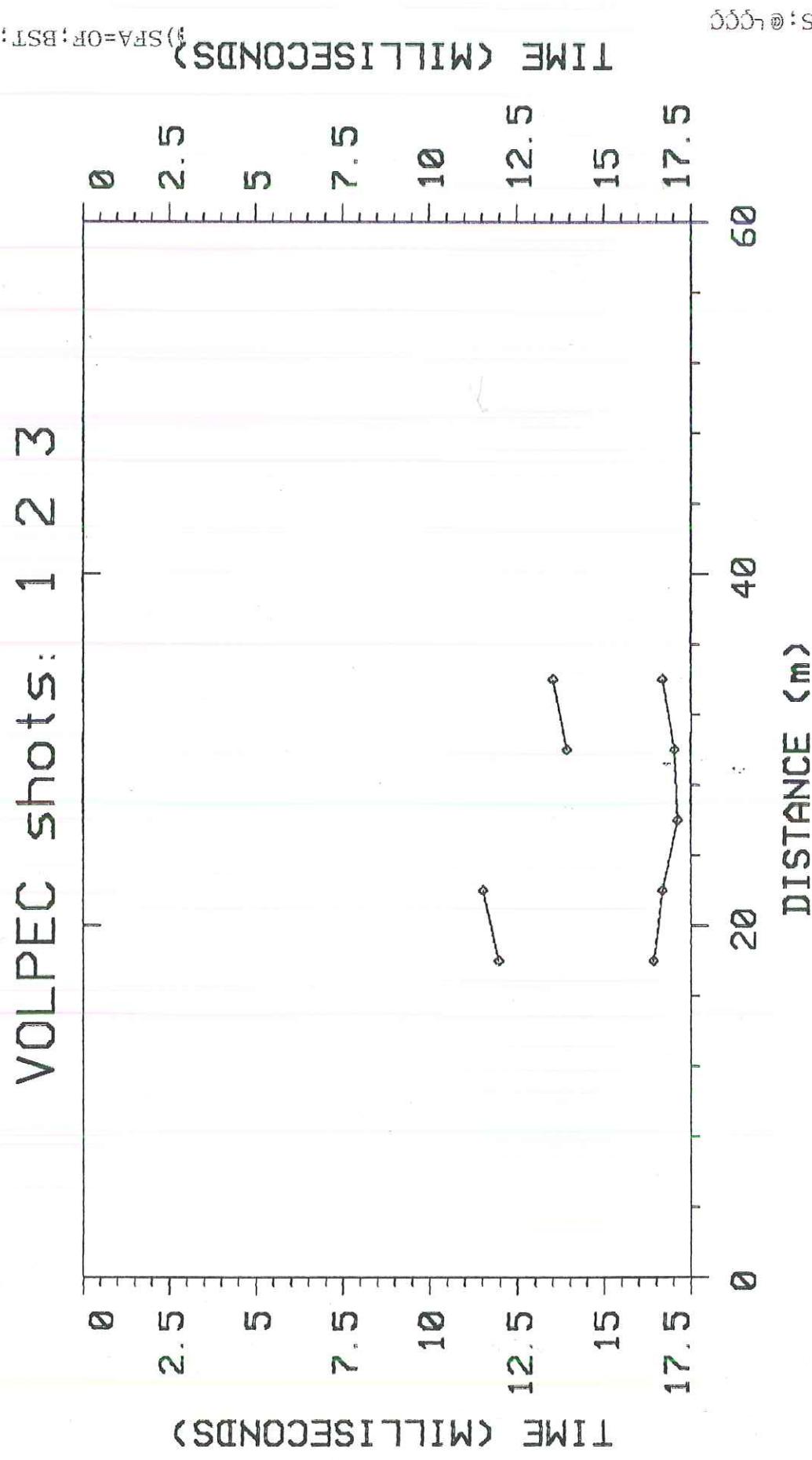
Fig. 1C

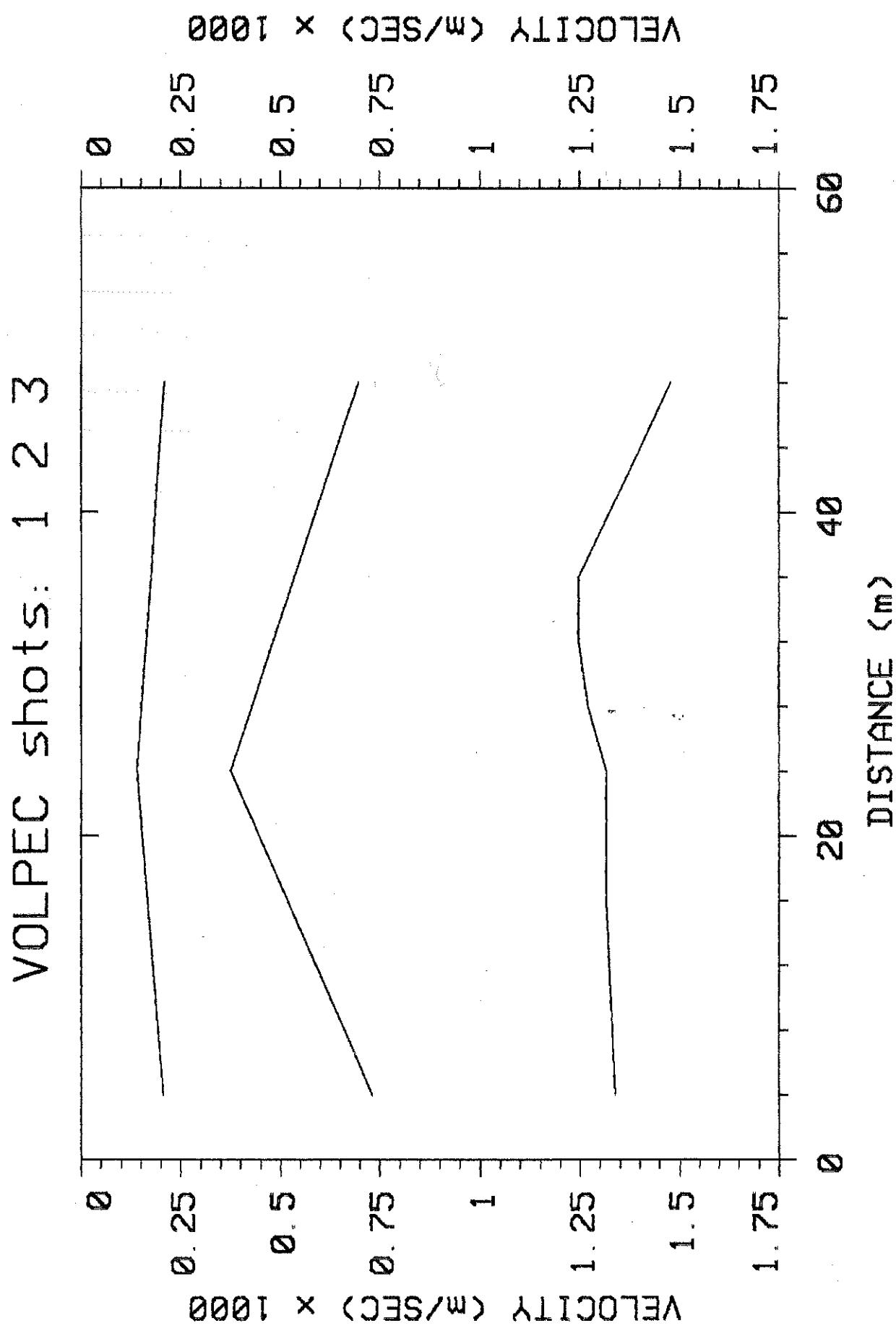
Fig. 2C

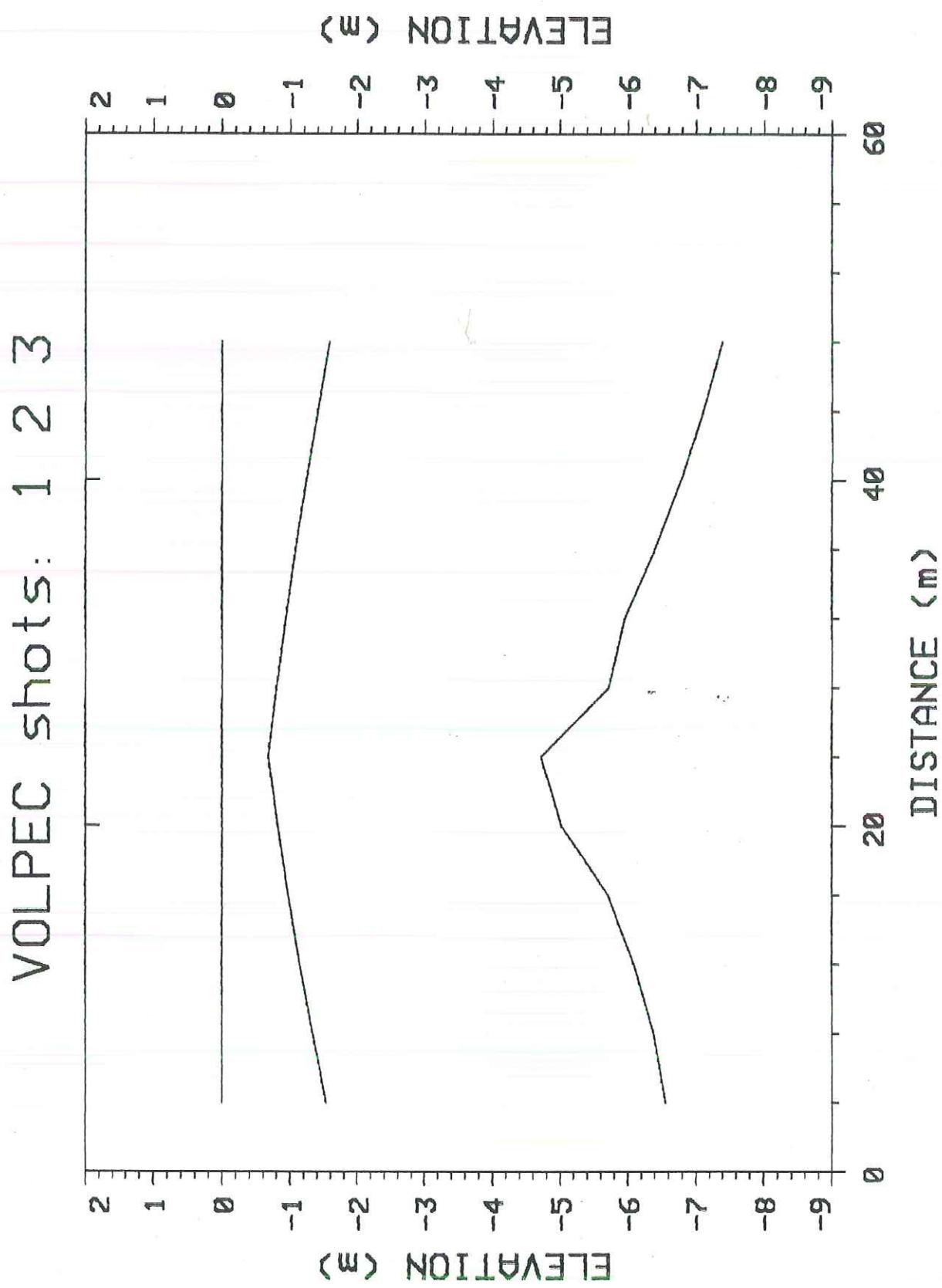


DWS, DBS; GGG











Dott. Geol. Fabio Montagnani

STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA - LAB. GEOTECNICO  
Viale matteotti 23/a 50052 Cetraldo (FI)  
Tel. 0571/652602

BASE...VOLPE 1..... Comm.te: Dr. T. Ambrosio  
Località: VOLPE; n°Q....Data: 17.12.82.....  
Note: ....L.H.G.D....S.R.A.P.A.....

### BASE SISMICA A RIFRAZIONE

Picking dei primi arrivi (msec)

X	Z	n°	NOTE	A	B	C	D	E
				0.00		3.9		2.8
				0.00				
6		1		16.4		45.2		67.4
12		2		24.4		40		65
18		3		31.5		31.5		61.7
24		4		37.6		26.8		58.9
30		5		41.4		12.6		53.2
36		6		48.5		3.2		49.5
42		7		51.3		3.2		63.3
48		8		54.1		10.2		37.2
54		9		55.1		26.8		31.5
60		10		55.6		3.2		23.5
66		11		56.5		40		16.5
72		12		58.4		44.2		5.1
				X				
				Z				
X	Z	n°	NOTE	F	G	H	I	L
		1						
		2						
		3						
		4						
		5						
		6						
		7						
		8						
		9						
		10						
		11						
		12						

Durata acquisizione..... 2.00 m.sec.

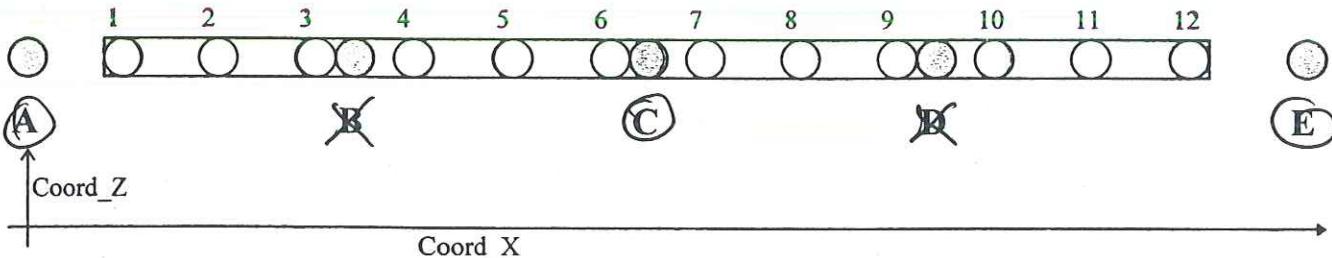
Fine acquisizione..... 2.00 m.sec.

Distanza PS..... 6 m

offset 1° canale..... 6 m

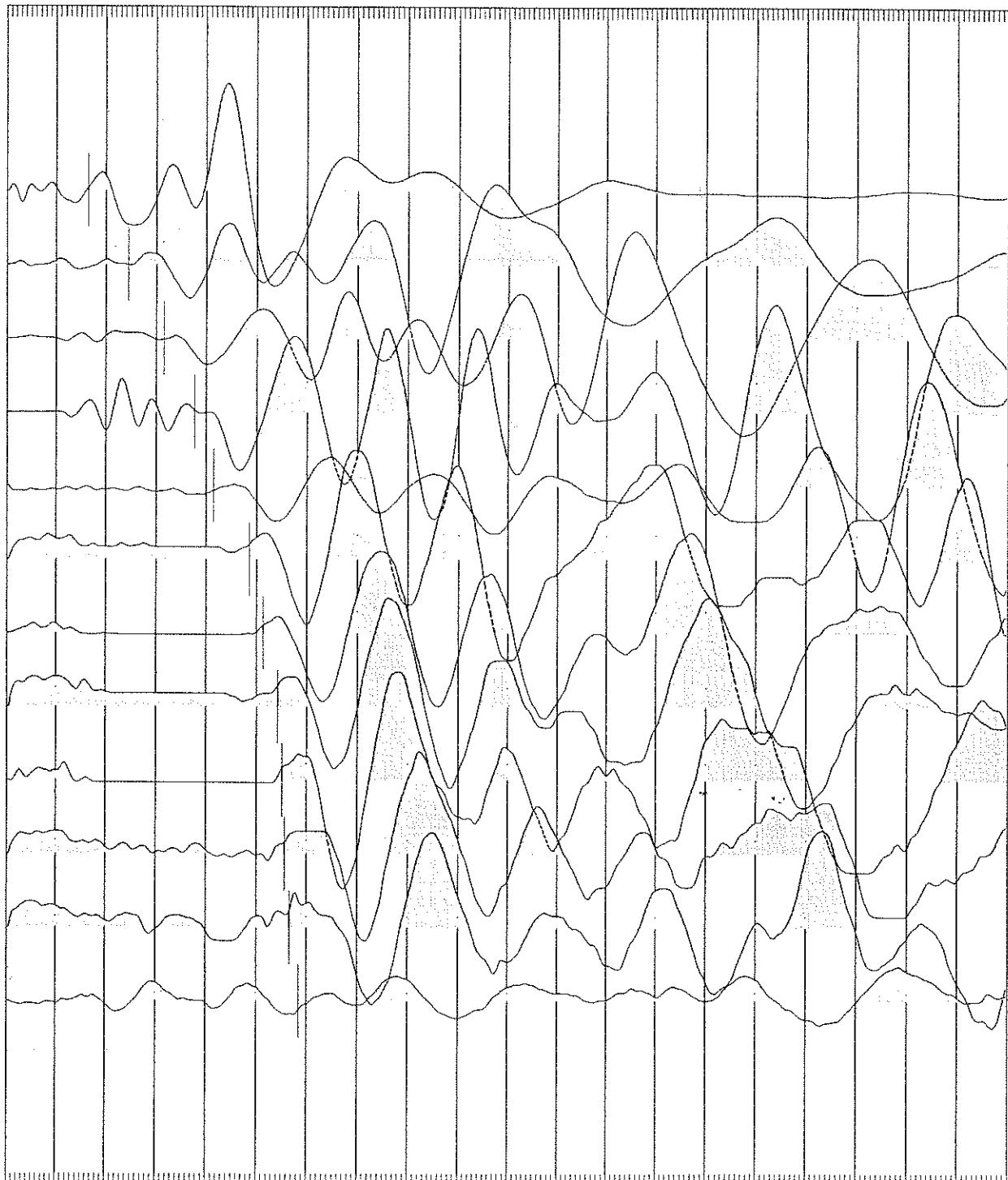
Ampl..... VAD:AB, AMAL: 3.0 i.e., cost.

Freq. camp..... 2.00 Hz



IL GEOFISICO

*[Handwritten signature]*



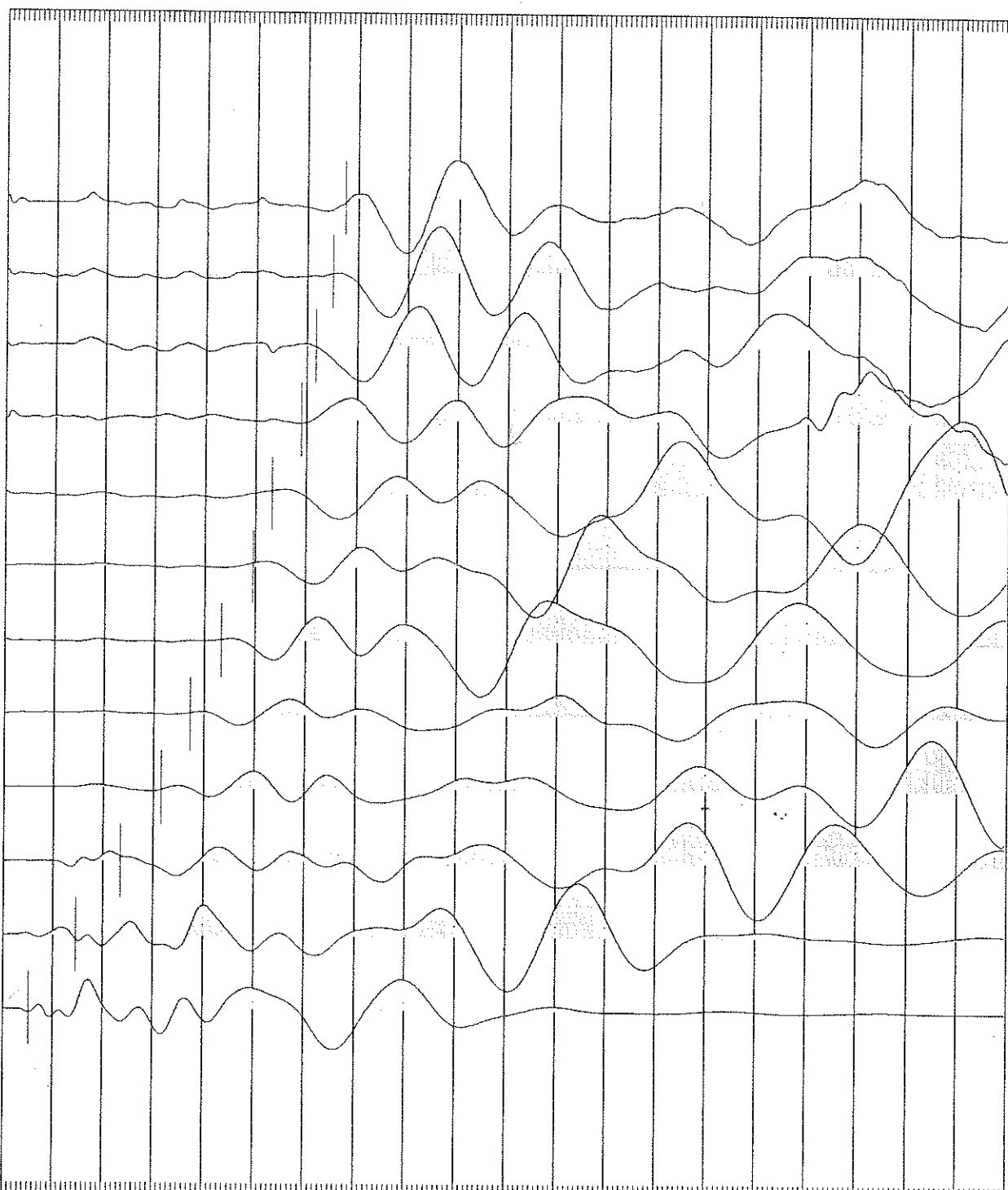
## Sondaggio: volpe - battuta andata

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



## Sondaggio: volpe - battuta ritorno

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901- Badalucco (IM) 0184/408759



## Sondaggio: volpe - battuta centrale

m/sec

Comune : ..... - località : .....

Sismografo Dolang

Strumentazione utilizzata : Sismografo Dolang 12 canali - Genova - Tel: 010/3622901 - Badalucco (IM) 0184/408759

## DATA SET: VOLPE1

CLIENT: Dr Frangioni Andrea  
 LOCATION: Volperino  
 COUNTY:  
 PROJECT: Prospettive Sismiche  
 SOURCE: Mini Bang

DATE: 17.12.98  
 LINE NO.: 2  
 AZIMUTH:  
 G-SPACING: 6.00 m  
 EQUIPMENT: DOLANG

## REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPTHOLE ---TIME ---	DELAY (msec)	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	NONE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

## RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT TYPE ----- RECIPROCAL TIMES (msec) -----

2 E 47.55  
 3 B 62.90 45.55

TYPE: A E  
 SHOT: 1 2

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT-	1	SHOT-	2	SHOT-	3
		1	2	3			
0.00	0.00	SHOT					
1.00	0.00	16.40	45.20	67.40			
2.00	0.00	24.40	40.00	65.00			
3.00	0.00	31.50	31.50	61.70			
4.00	0.00	37.60	26.80	58.90			
5.00	0.00	41.40	12.60	53.20			
6.00	0.00	48.50	3.70	49.50			
6.50	0.00		SHOT				

\* GEOPROJECT ~ Dr.Fabio Montagnani \*

## OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1	SHOT- 2	SHOT- 3
		1	2	3
7.00	0.00	51.30	3.70	43.30
8.00	0.00	54.10	10.70	37.20
9.00	0.00	55.10	26.80	31.50
10.00	0.00	55.60	33.90	23.50
11.00	0.00	56.50	40.00	14.50
12.00	0.00	58.40	44.70	5.10
13.00	0.00			SHOT

## RAW TRAVEL TIME CURVE VELOCITY ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), T-I: INTERCEPT TIME (msec)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		V-A	T-I
	V-A	T-I	V-A	T-I	V-A	T-I		
1:	365.9	0.00	848.7	9.80	1244.8	18.19	4861.1	43.44
2:	563.5	-1.20	909.1	9.67	1153.8	16.60		
2:	573.9	-1.46	909.1	10.47	1276.6	18.85		
3:	750.9	-1.21	940.4	5.10	1519.0	22.11	2500.0	38.60

## FLAT LAYER DEPTH SECTION FROM TRAVELTIME ANALYSIS:

V-A: APPARENT VELOCITY (m/SEC), I-D: INTERPRETED DEPTH (m)

	LAYER 1		LAYER 2		LAYER 3		V-A	I-D
	V-A	I-D	V-A	I-D	V-A	I-D		
1:	365.9	1.99	848.7	6.85	1244.8	23.11	4861.1	
2:	563.5	3.47	909.1	8.59	1153.8			
2:	573.9	3.87	909.1	9.30	1276.6			
3:	750.9	3.18	940.4	13.37	1519.0	29.13	2500.0	

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	3	1	3	3	2	18.00	3
2	3	2	2	1	1	6.00	3

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
 Refractor RA is refractor analyzed

## Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	1.71	5.56	11.08
2	7.35	14.06	18.97

## GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	365.85	848.66	1244.81		4.900	9.095	21.720
2.00	406.43	860.74	1372.41		4.927	12.423	21.500
3.00	447.00	872.83	1500.00		4.953	15.751	21.280
4.00	487.57	884.92	1500.00		4.980	16.701	21.060
5.00	528.15	897.00	1500.00		5.007	17.651	20.840
6.00	568.72	909.09	1500.00		5.033	17.651	20.620
7.00	599.09	900.64	1503.17		5.448	16.551	20.400
8.00	629.46	892.19	1506.33		5.863	15.452	20.180
9.00	659.83	892.19	1509.49		6.213	14.353	19.960
10.00	690.20	892.19	1512.66		6.088	13.254	19.740
11.00	720.57	892.19	1515.82		5.613	12.154	19.520
12.00	750.94	940.44	1518.99		2.550	11.055	19.300

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
1.00	365.85	848.66	1244.81		1.987	6.516	
2.00	406.43	860.74	1372.41		2.272	10.101	
3.00	447.00	872.83	1500.00		2.578	13.574	
4.00	487.57	884.92	1500.00		2.910	15.028	
5.00	528.15	897.00	1500.00		3.271	16.537	
6.00	568.72	909.09	1500.00		3.669	17.019	
7.00	599.09	900.64	1503.17		4.371	15.462	
8.00	629.46	892.19	1506.33		5.208	13.995	
9.00	659.83	892.19	1509.49		6.091	12.783	
10.00	690.20	892.19	1512.66		6.631	11.829	
11.00	720.57	892.19	1515.82		6.859	11.030	
12.00	750.94	940.44	1518.99		3.181	12.010	

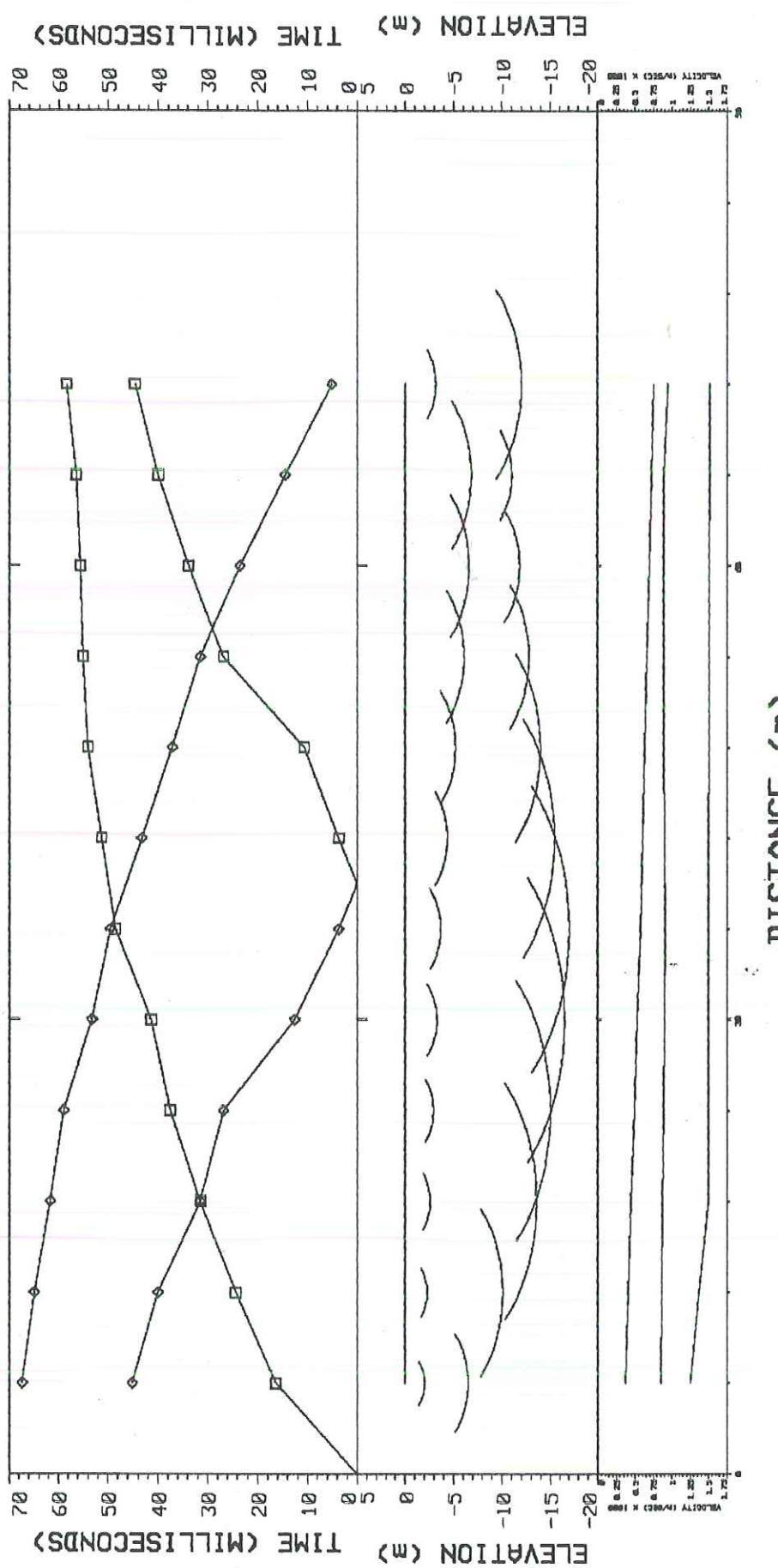
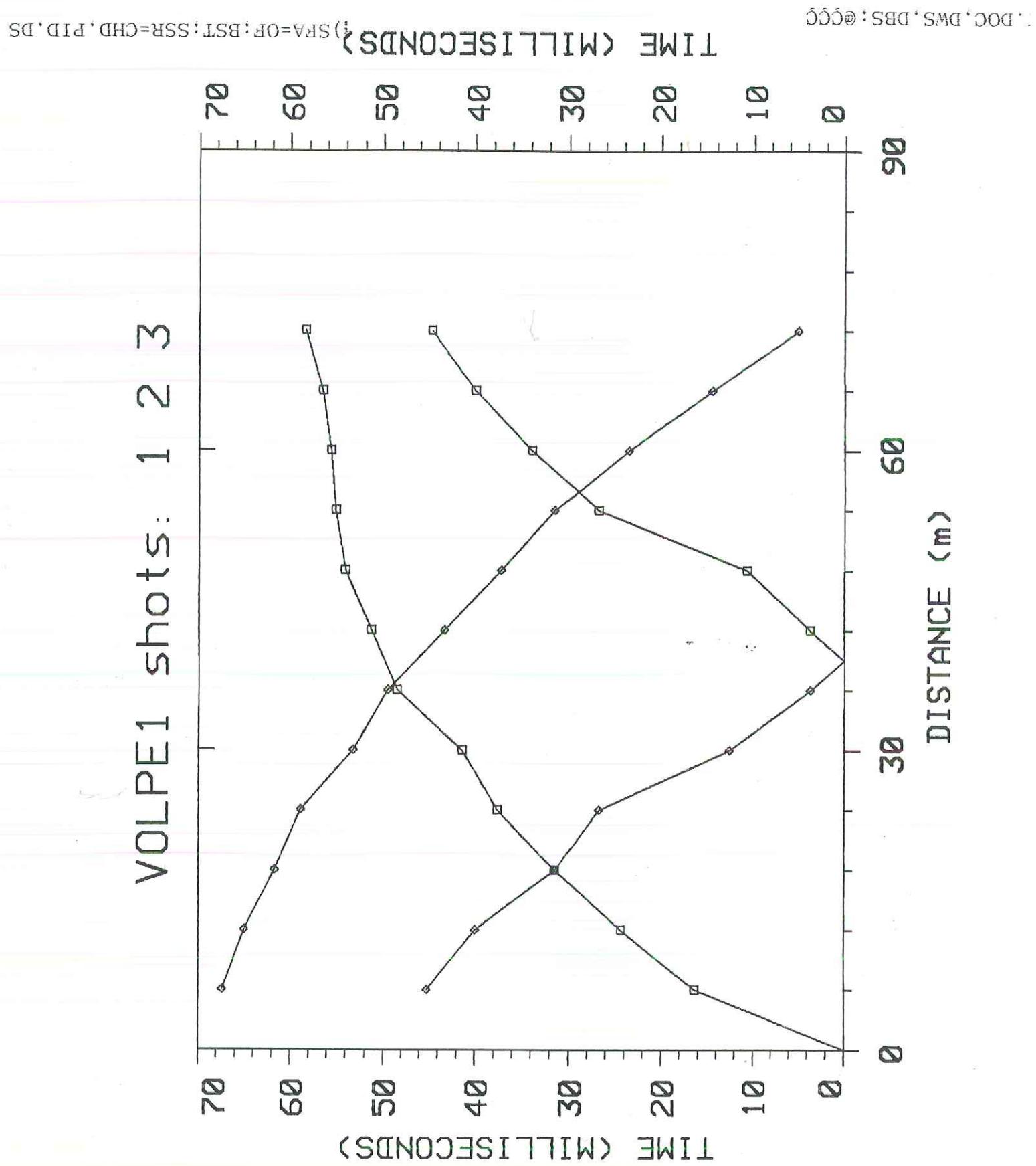


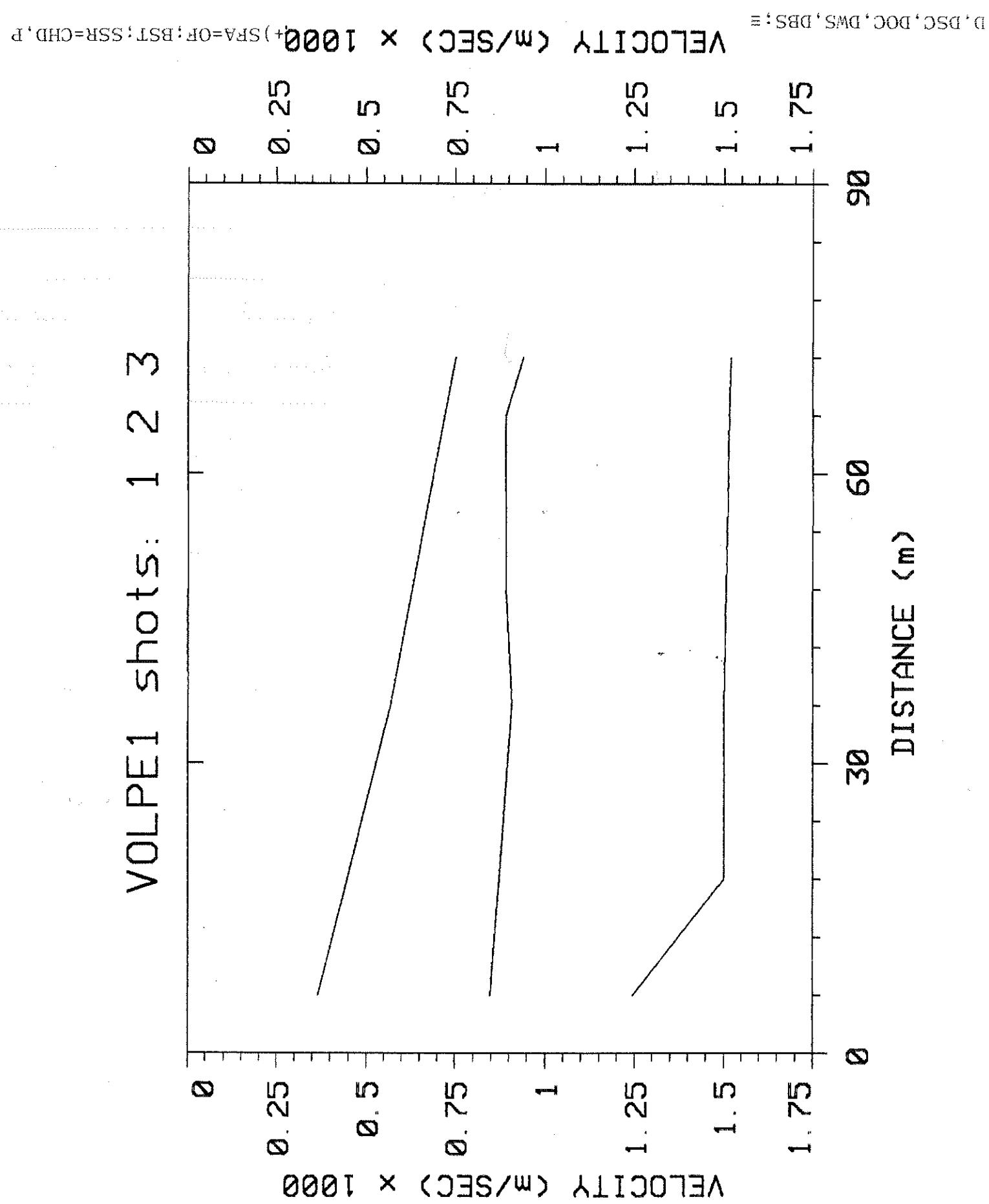
Plate: 10a

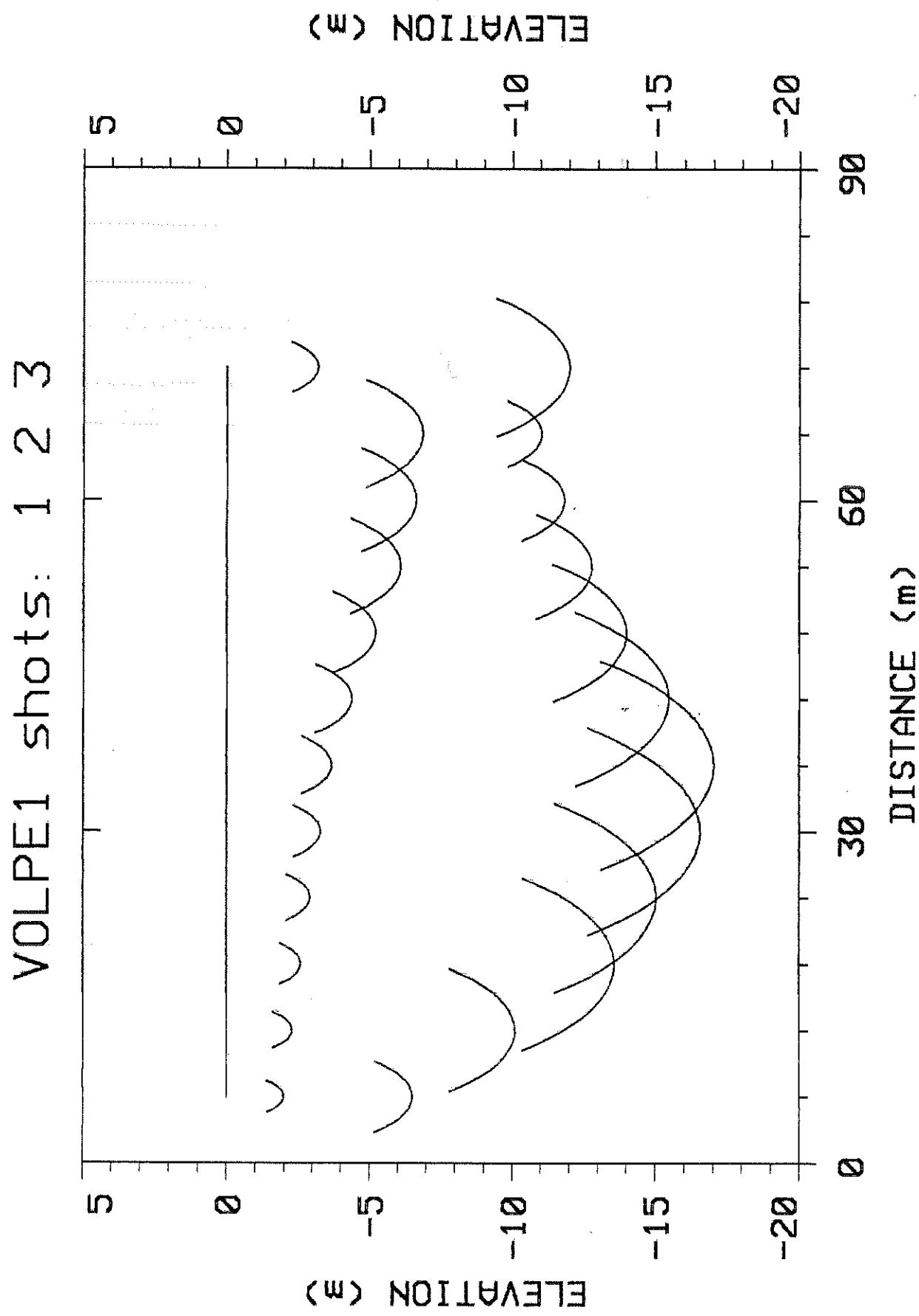
Prospezioni Sismiche  
Volperrino

for: Dr Frangioni Andrea	Date: 17.12.98
by: GEOPROJECT - Dr. Fabio Montegnani	
Data Set VOLPE1	
Equipment: DOLANG	Sparead: 2

Fig. 14







**ALLEGATO N° 2**

**LOG DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

**Committente:** Comune di Foligno

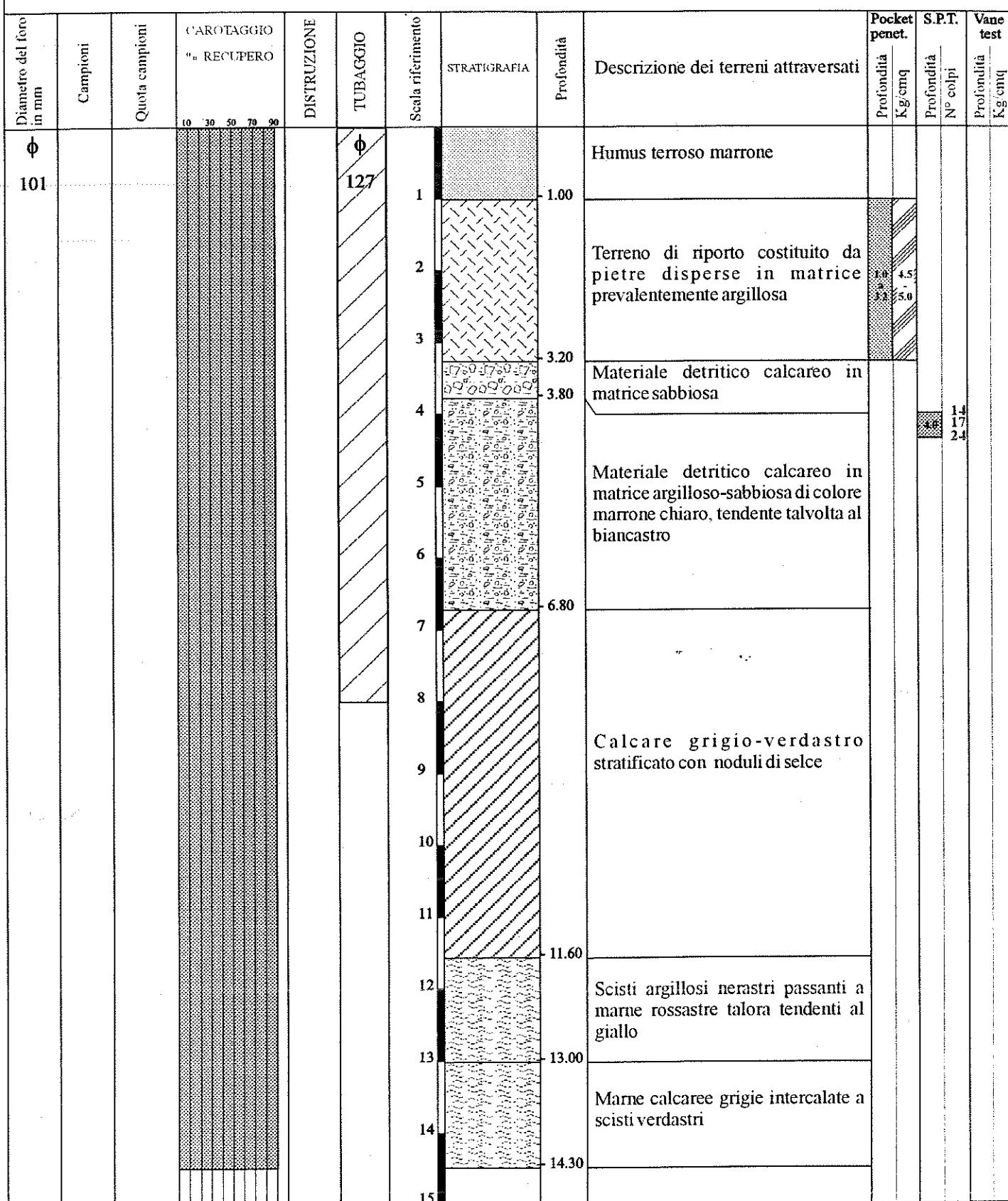
**Data:** 23 dicembre 1998

**Quota:** Piano campagna

**Cantiere:** Piano di recupero

**Lavoro:** Indagini geognostiche

**Sistema di foro:** Carotaggio continuo



CASSETTE CATALOGATRICI N°3

**ALLEGATO N° 3**

**LOGS DEI SONDAGGI ESEGUITI PER LA  
MICROZONIZZAZIONE SISMICA SPEDITIVA  
(giugno 98)**

Comune di Foligno	Loc. Volperino	Numero sondaggio S 1	Quota (p.c.) mt. 835
Committente	Regione Umbria	Scala sondaggio 1:100	
Perf.	Ditta Olivieri Francesco	Data ultimazione	27/06/38
Met. perf.	Rotazione a secco		
		Geologo Antonio Nini	

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket	Faldia
					1 2 3 4	
	0.5		Suolo agrario			
	1.8		Ghiaie poligeniche a spigoli vivi in matrice limosa			
	4.7		argille di colore rossiccio a medio grado di compattazione, con inclusi ghiaiosi, livelli sabbiosi, costituiti da frammenti di selce.			
	7.8		ghiaie con elementi a spigoli vivi in matrice limo argillosa, con livelli di sabbie			
	1.0		alterazione delle Marne a Fucoidi			
	1.1		Marne a Fucoidi			

Comune di Foligno	Loc. Volperino	Numero sondaggio S 2	Quota (p.c.) mt. 823
Committente Regione Umbria		Scala sondaggio 1:100	
Perf. Ditta Olivier Francesco Foligno		Data ultimazione 27/06/88	
Met. perf. Rotazione a secco			
		Geologo Antonio Nini	

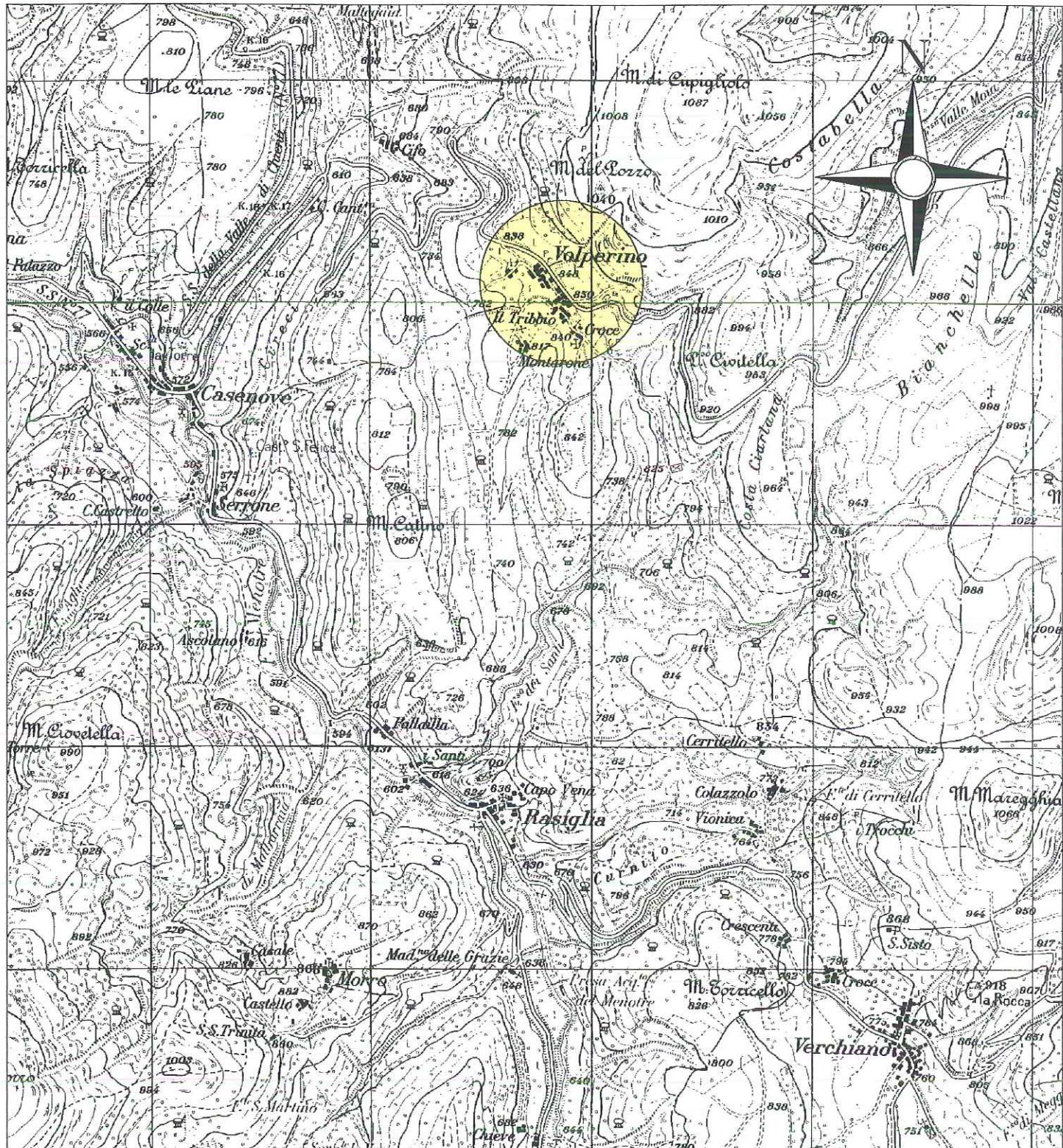
Profondità Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Poclet				Palda
				1	2	3	4	
0.8		Suolo agrario						
1.4		argille di colore rossiccio						
2.8		alterazione delle Marne a Fucoidi						
3.3		Marne a Fucoidi						



Comune di Foligno	Loc. Volperino	Numero sondaggio S 4	Quota (p.c.) mt. 846
Committente Regione Umbria		Scala sondaggio 1: 100	
Perf. Ditta Olivieri Francesco	Foligno	Data ultimazione 27/06/98	
Met. perf. Rotazione a secco			
		Geologo Antonio Nini	

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Poche	Ralda
					1 2 3 4	
	0,7		Suolo agrario argille di colore rossiccio a medio grado di compattezza, con inclusi ghiaiosi, livelli sabbiosi costituiti da frammenti di selce.			
	3,2		argille di colore rossiccio a medio grado di compattezza			
	5,0		alterazione della Scaglia Rossa			
	6,2					
	7,0		Scaglia Rossa			

## FIG. 1 — COROGRAFIA

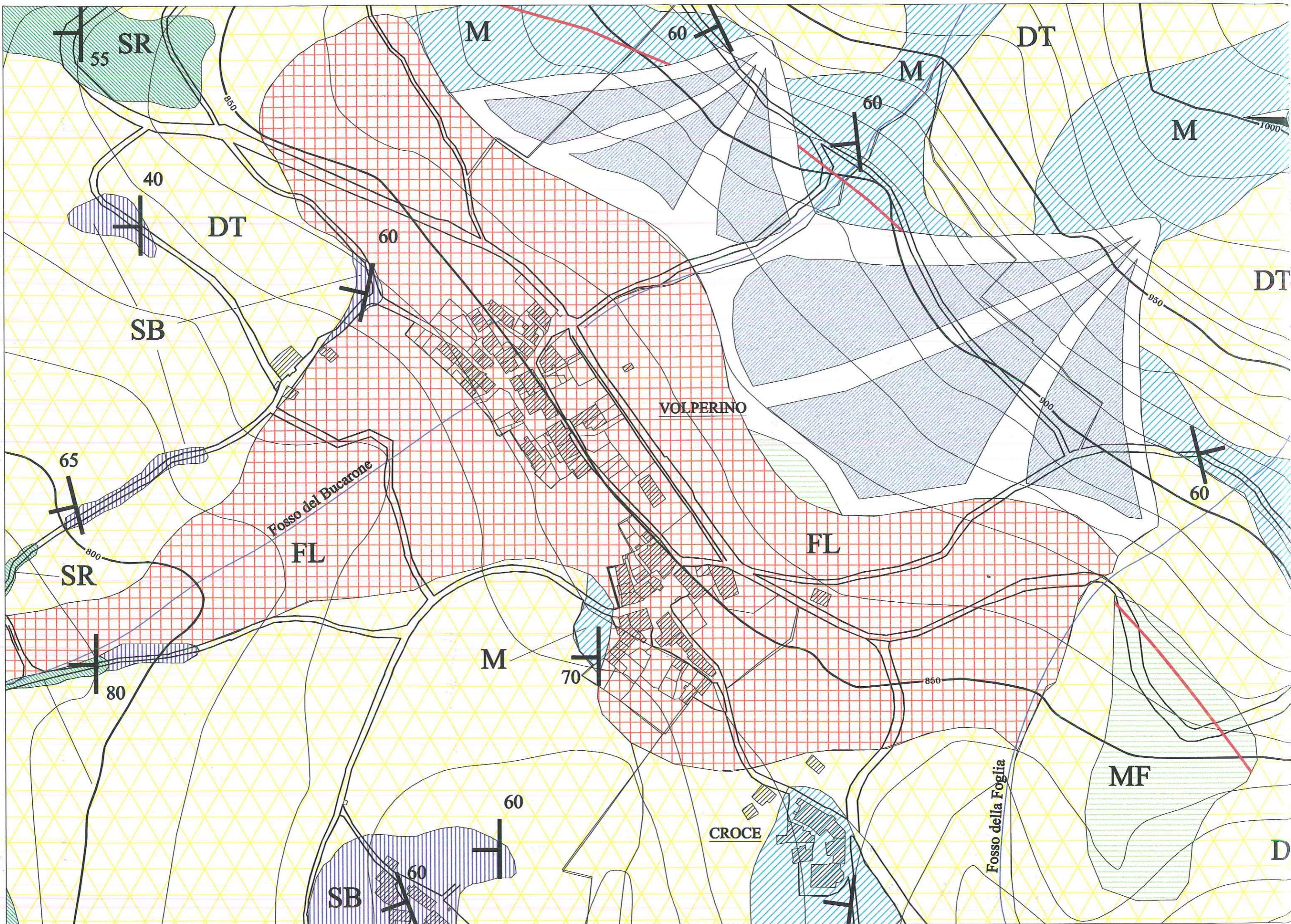


SCALA 1:25.000



## Area di intervento

FIG. 2 - CARTA DEGLI AFFIORAMENTI



# LEGENDA

DT



## COPERTURE SOTTILI

Detriti costituiti da clasti sub angolosi calcarei in matrice limoso sabbiosa prevalente (deposito matrice sostenuto); l'estensione della copertura così come cartografata ha spessori non superiori a 2.0–4.0 metri.

*Olocene*

CONI DI DETRITO

Depositi detritici a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici; in genere sciolti o scarsamente cementati. I clasti sono a spigoli vivi o moderatamente arrotondati, per lo più in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.

*Olocene*

FL



## DEPOSITI IN CONCHE INTRAMONTANE

Depositi lacustri, fluvio-lacustri e/o palustri, prevalentemente argillosi e limosi, depositisi all'interno di conche di origine tettonica, frammati a materiale detritico.

*Pleistocene inf. – Olocene*

SR



## SCAGLIA ROSSA

Calcari micritici e calcari marnosi da rosati e rosso scuri con noduli e liste di selce generalmente rosea o rossa. Sono presenti inoltre calcareniti laminate di colore grigio o bianco, talora di notevole spessore.

*Turoniano p.p. – base Eocene medio*

SB



## SCAGLIA BIANCA

Calcari micritici bianchi o grigi fittamente stratificati, con liste di selce nera o grigia. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calciruditiche.

*Albiano superiore p.p. – Turoniano p.p.*

MF



## MARNE A FUOCIDI (Scisti a Fucidi)

Argille marnose e argille laminate, grigio scure, talora variegate con ripetute intercalazioni nere, bituminose. Nelle parti più marnose e marnoso-calcaree frequenti tracce dendritiche di bioturbazione.

*Aptiano inf. p.p. – Albiano sup. p.p.*

M



## MAIOLICA

Calcari micritici bianchi a grana finissima e frattura concoide; regolarmente stratificati in strati e banchi di spessore variabile fra 10 e 60 cm talora con sottili interstrati argilosì grigio-neri. Selce grigia in strati o noduli. Giunti interstrato generalmente stilolitici.

*Titonico sup. – Aptiano inf. p.p.*

65

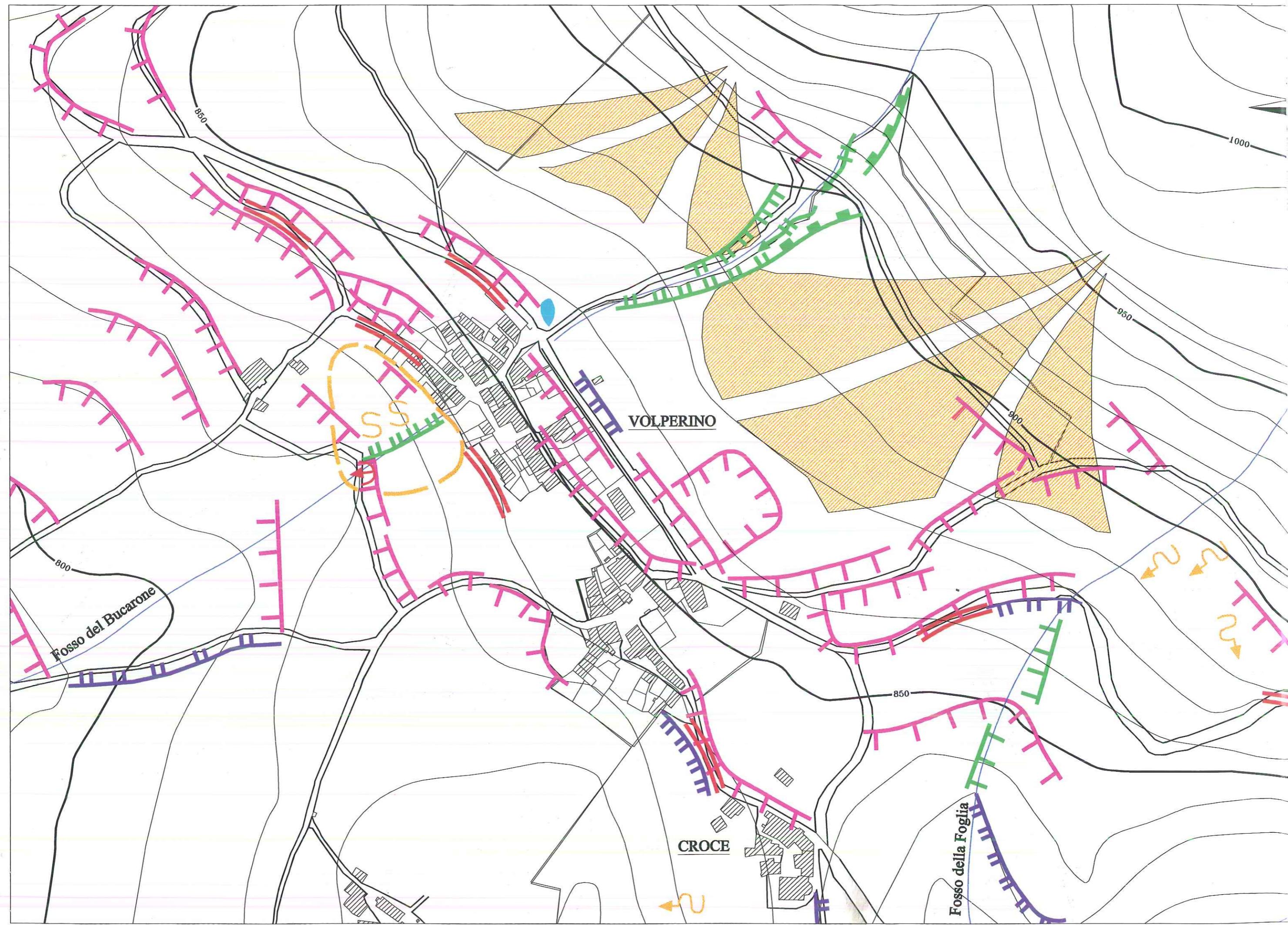
Giacitura degli strati (direzione, inclinazione, immersione)

Giacitura orizzontale

Faglie



FIG. 3 - CARTA GEOMORFOLOGICA



## L E G E N D A

-  Frana non cartografabile
-  Fratture
-  Deformazione plastica
-  Cono detritico
-  Reptazione
-  Orlo di scarpata poligenica interessata da crolli e/o caduta di detrito (altezza < 5 m)
-  Orlo di scarpata poligenica interessata da crolli e/o caduta di detrito (altezza 5-20 m)
-  Cascata e/o gradino naturale
-  Scarpata fluviale interessata da caduta di detrito e/o potenzialmente instabile per movimenti franosi (a < 5 m; b 5 - 10 m; c > 10 m)
-  Manifestazione sorgentizia

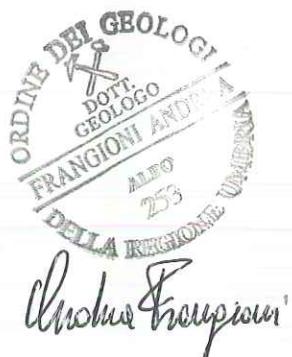
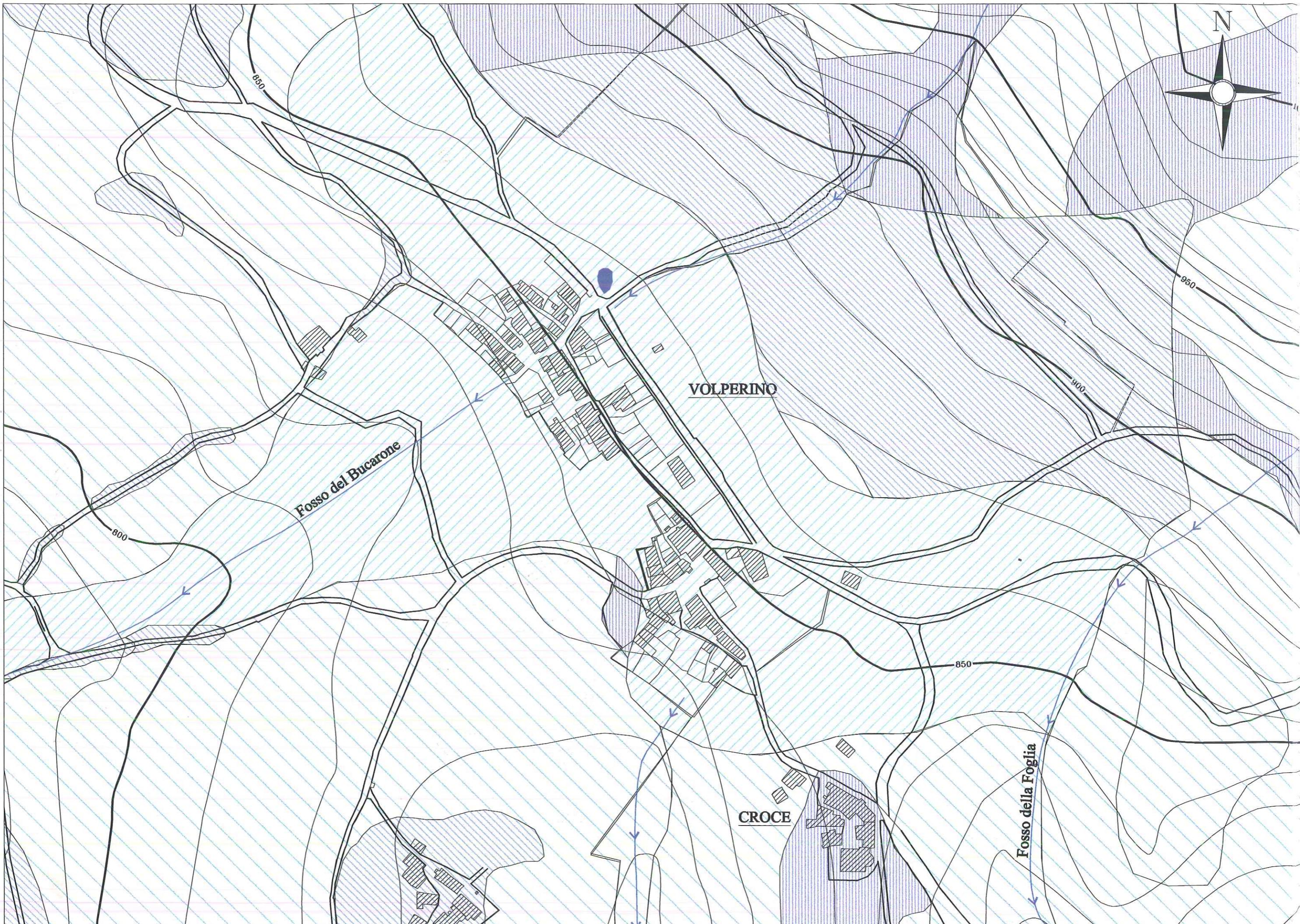


FIG. 4 – CARTA IDROGEOLOGICA



## L E G E N D A



Permeabilità medio-alta (M).  $K > 10^{-2}$  m/sec



Permeabilità media (SB,SR).  $K = 10^{-3} \div 10^{-5}$  m/sec



Permeabilità medio-bassa (DT,MF).  $K = 10^{-6} \div 10^{-7}$  m/sec



Permeabilità bassa (FL).  $K < 10^{-7}$  m/sec



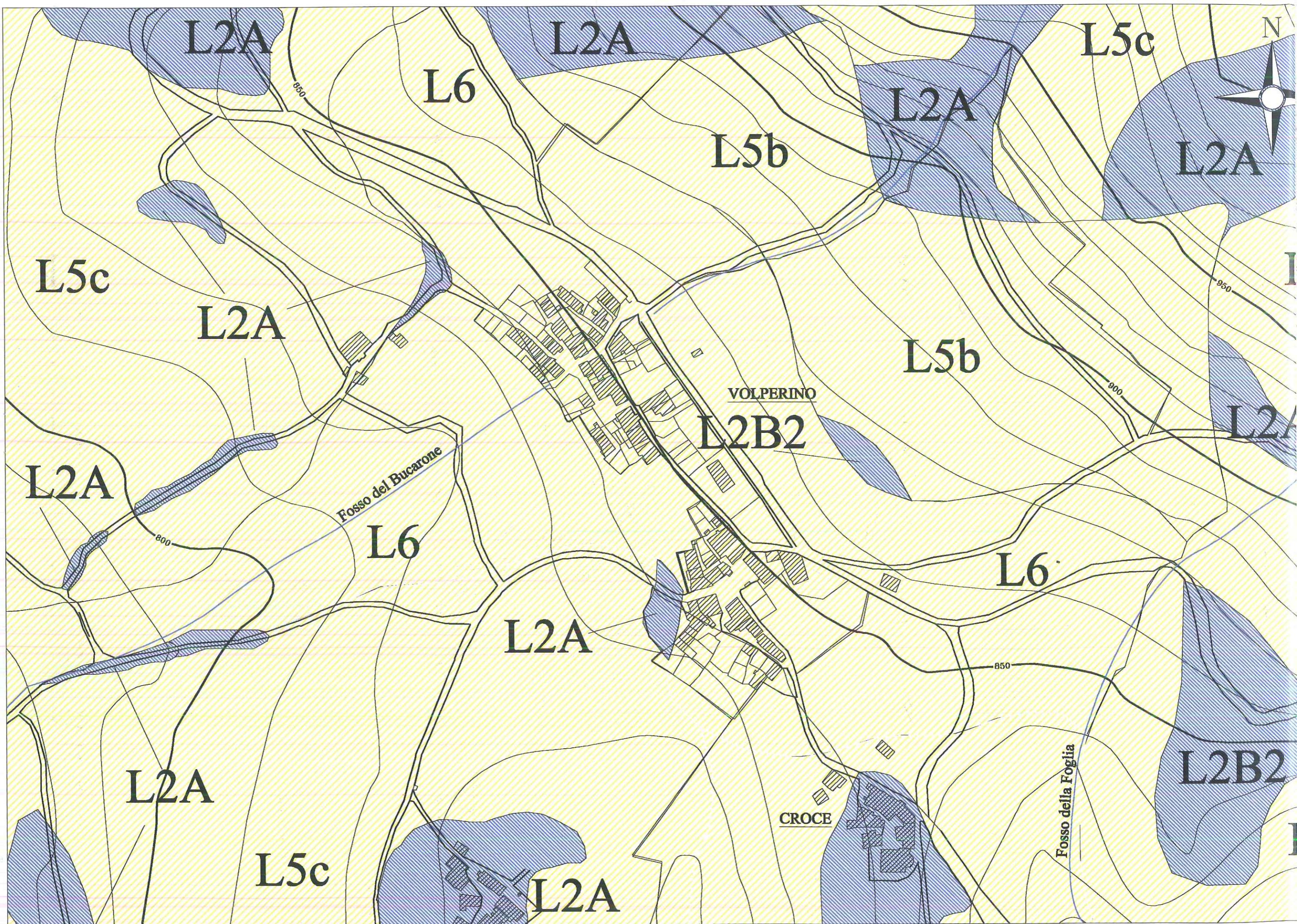
Collettori principali.



Sorgente.



FIG. 5 - CARTA LITOTECNICA



## L E G E N D A

L2A



Materiale lapideo costituito da un unico litotipo stratificato.

L2B2



Materiale lapideo costituito da più litotipi stratificati:  
Calcaro, calcaro marnoso, marne calcaree, arenarie  
Marne, marne siltose, marne argillose, argille siltose

L5b



Materiali granulari sciolti o poco addensati a prevalenza ciottolosa

L5c



Materiali coesivi normalconsolidati a prevalenza sabbiosa

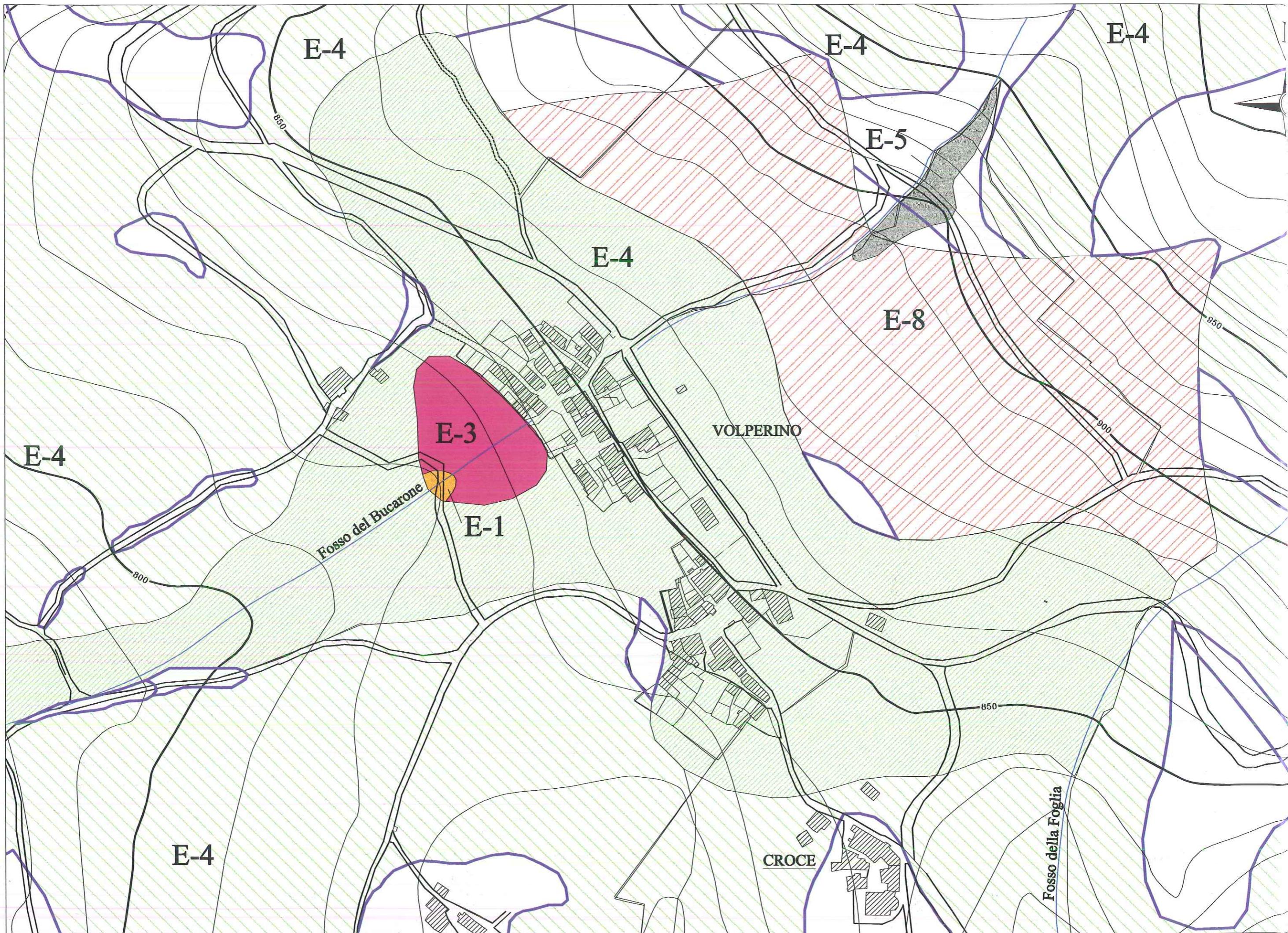
L6



Materiali coesivi normalconsolidati (limi-argille)



FIG. 6 – CARTA DELLE ZONE CARATTERIZZATE DA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE



## L E G E N D A



E-1: Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi



E-3: Zona potenzialmente franosa esposta a rischi di frana



E-4: Zona caratterizzata da terreni di fondazione particolarmente scadenti  
(1 - Spessori ipotizzati superiori a 5 m; 2 - spessori ipotizzati inferiori a 5 m)



E-5: Zona di ciglio con altezza superiore a 10 metri



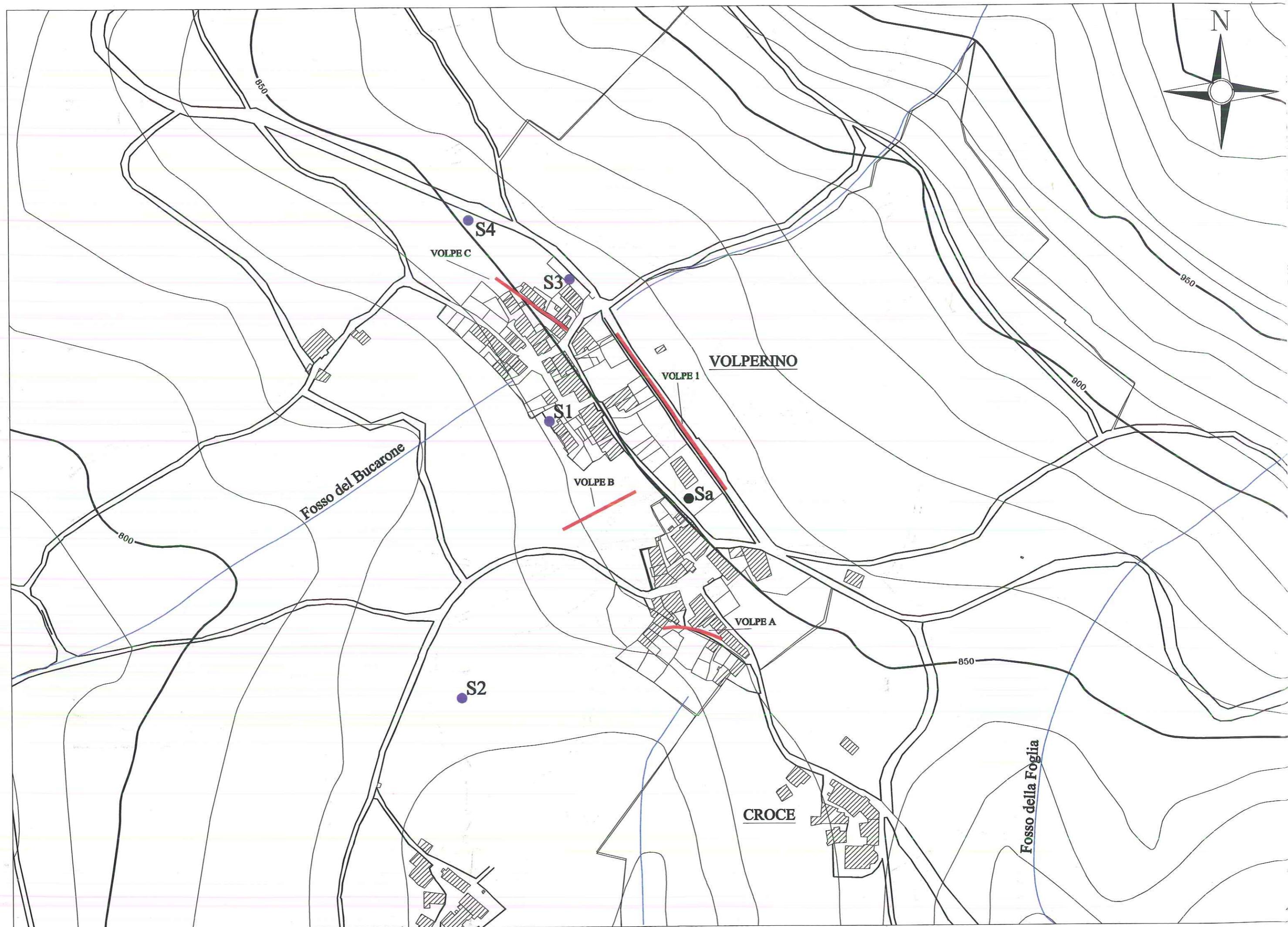
E-8: Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione



E-9: Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse



FIG. 7 - CARTA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



## L E G E N D A

Ubicazione delle stese sismiche.



• Sa

Ubicazione del sondaggio.

• S3

Ubicazione dei sondaggi eseguiti nel corso delle indagini urgenti di microzonizzazione sismica speditiva.

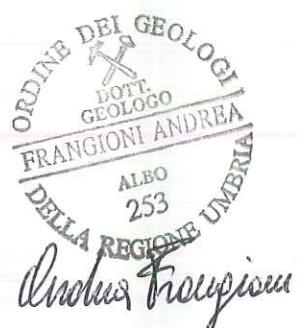
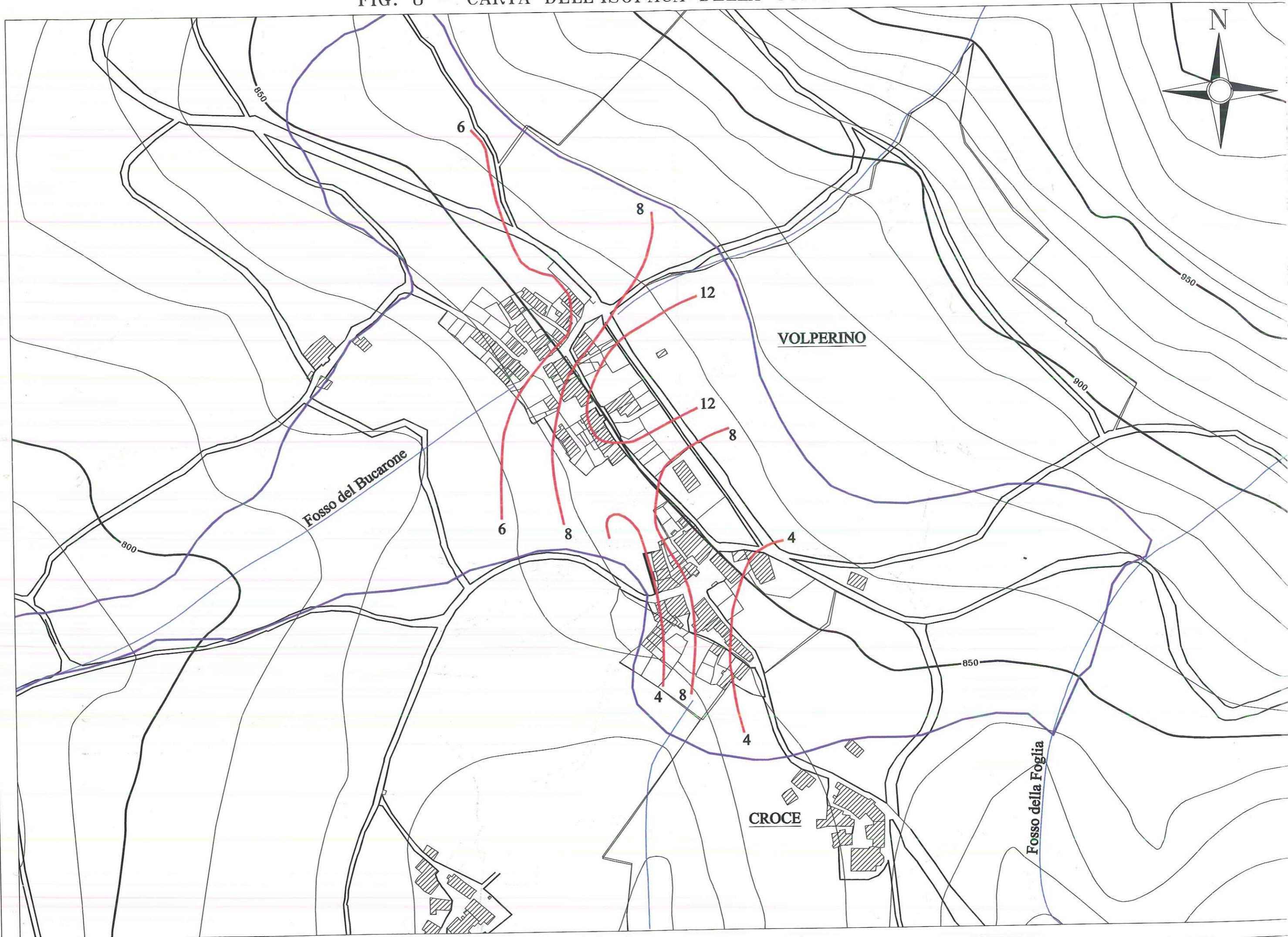
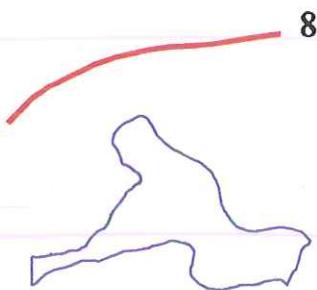


FIG. 8 - CARTA DELL'ISOPACA DELLA COPERTURA



## L E G E N D A

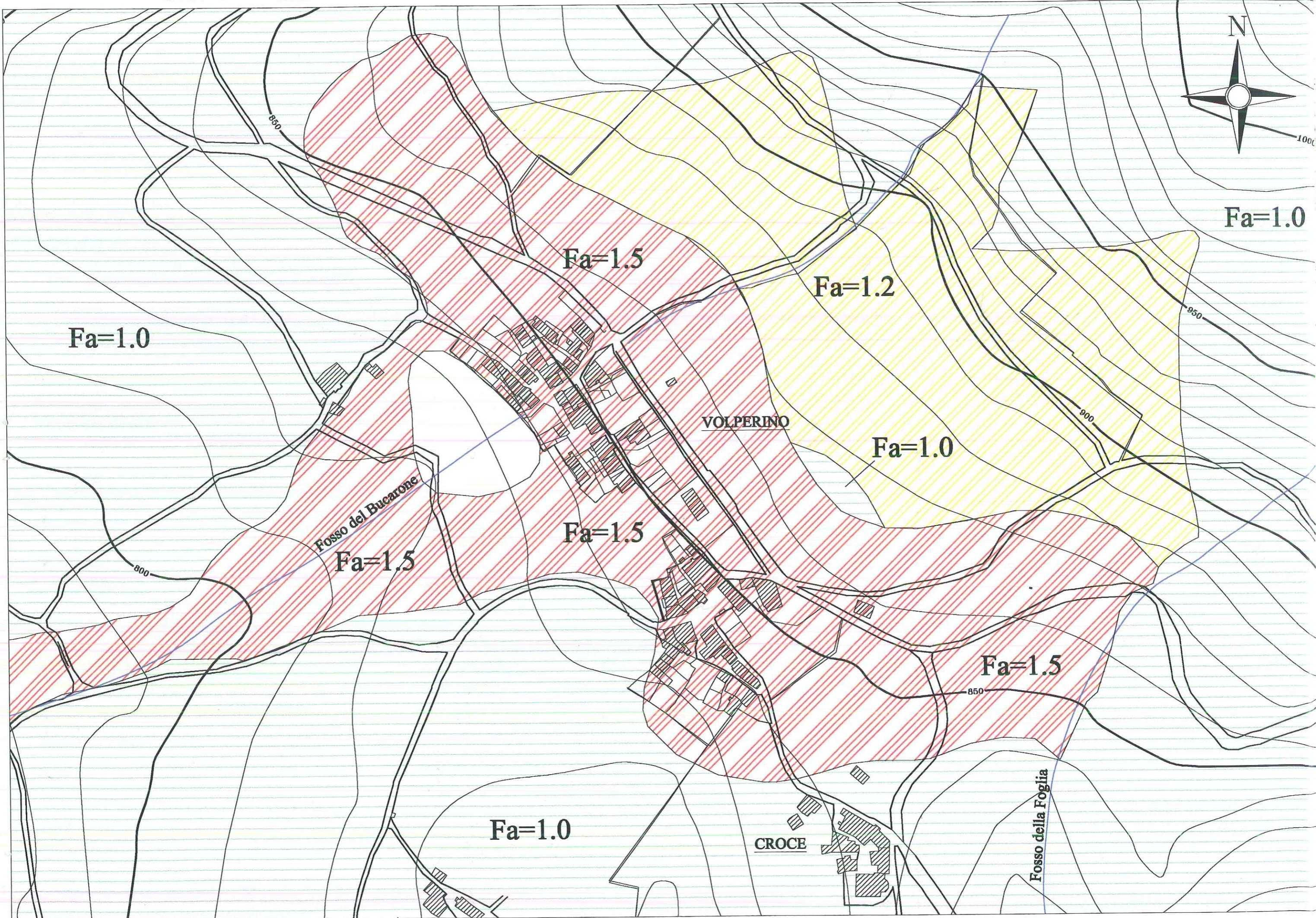


Isopache della copertura (profondità in metri dal p.c.).

Limite dei depositi lacustri, fluvio-lacustri e/o palustri depositati all'interno di conche di origine tettonica.

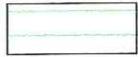


FIG. 9 – CARTA DELLA DISTRIBUZIONE AREALE DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (Fa)



## L E G E N D A

Fa - Coefficiente di amplificazione sismica



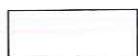
Fa = 1.0



Fa = 1.2



Fa = 1.5



Aree E1, E3 per le quali non è stato possibile eseguire indagini specifiche per la definizione del coefficiente di amplificazione sismica