Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

S.S. 1 "Nuova Aurelia"

Viabilità di accesso all'hub portuale di Savona

SVINCOLO DI MARGONARA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:
Ing. FULVIO MARIA SOCCODATO
Ordine Ing. di Roma n. 18861

Ing. ALESSANDRO MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19654

IL GEOLOGO:
Geol. STEFANO SERANGELI
Ordine Geol. del Lazio n. 659

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.
Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
Ing. NICOLA DINNELLA

PROTOCOLLO | DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS
Ing. Giuseppe Danilo Malgeri – Responsabile Progetto
Ing. Gianfranco Fusani – Strade
Ing. Francesco Primieri – Strade
Ing. Gabriele Giovannini – Cartografia
Ing. Attilio Petrillo – Idraulica
Ing. Pierluigi Fabbro – Interferenze
Geom. Valerio Altomare – Espropri
Ing. Luca Cedrone – Opere in sotterraneo
Ing. Rita Gandolfo – Opere in sotterraneo
Geom. Alessandro Cortese – Opere in sotterraneo
Ing. Pia Iasiello – Geotecnica
Ing. Francesco Bezzi – Impianti
Arch. Roberto Roggi – Computi
Geom. Marco Spinucci – Computi
Geol. Giuseppe Cardillo – Caratterizzazione ambientale

RESPONSABILI DI UNITA'
Ing. Fulvio Maria Soccodato – Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli – Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi – Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam – Ingegneria Computi, Stime e Capitolati
Geol. Serena Majetta – Caratterizzazione ambientale

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Documentazione Indagini Geofisiche

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO: LO901A / LIV. PROG.: D / N. PROG.: 1301	T00_GE00_GEO_RE04_A		
	CODICE ELAB.: T00GE00GEORE04	A	--

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B					
A	EMISSIONE	Ottobre 2013	S. SERANGELI	S. SERANGELI	A. MICHELI

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

Progetto Definitivo "Hub di Savona"

ANNO 2001

PREMESSA

Su incarico dell'ANAS Compartimento della Liguria è stato affidato alla C.EDIL COSTRUZIONI di Antonio Furfaro l'incarico di eseguire n.2 misure sismiche in foro di sondaggio tipo Down-Hole e n. 29 profili sismici a rifrazione, nell'ambito della campagna geognostica per la progettazione della variante alla S.S. n. 1 Aurelia nel tratto Savona – Albissola Superiore (SV).

Qui di seguito sono illustrate le modalità operative, la strumentazione impiegata ed i risultati ottenuti.

In allegato si riportano gli elaborati conclusivi relativi ad ogni serie di misure sismiche Down-Hole e profili sismici a rifrazione effettuati.

Le misure Down-Hole sono state eseguite in n.2 fori di sondaggi denominati: **S16bis** e **S25bis**.

UBICAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



MISURE SISMICHE IN FORO DI SONDAGGIO

Le misure sismiche in fori di sondaggio si possono effettuare mediante tre distinti metodi, denominati: "cross-hole", "down-hole" e "up-hole".

La terminologia anglosassone indica la posizione dei sensori (geofoni) rispetto al foro attrezzato ed alla sorgente energizzante. Nello studio in oggetto è stata impiegata la metodologia Down-hole.

Le misure Down-hole sono state eseguite in **n.2** fori di sondaggio denominati **S16bis** e **S25bis**.

Le misure sismiche in foro rappresentano il sistema più efficace per ottenere accurate informazioni sulla distribuzione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (Vp) e delle onde trasversali (Vs) nel sottosuolo, anche in presenza di inversioni di velocità (per es. terreno "veloce" sovrapposto a terreno "lento").

La metodica di prospezione, per le misure down-hole, impiega una sorgente energizzante posta sulla superficie del terreno a qualche metro di distanza dal boccaforo di un sondaggio adeguatamente attrezzato, all'interno del quale viene calata una "sonda" o "geofono da pozzo" che contiene una terna di geofoni atti a registrare l'arrivo delle onde elastiche, generate in superficie, alla profondità alla quale viene collocato.

Questa unità a tenuta stagna è composta da un'unità principale collegata attraverso il cavo di connessione al sismografo ed al compressore per il gonfiaggio della membrana di ancoraggio.

L'unità principale è composta da tre sensori (geofoni) da 10 Hz di frequenza: uno è orientato verticalmente e due orizzontali ortogonali tra loro, alloggiati all'interno di un cilindro in acciaio inox ed è rivestita da una membrana gonfiabile che garantisce l'ancoraggio nel pozzo e l'accoppiamento con la parete interna della tubazione in pvc cementata nel foro.

Il cavo di collegamento è composto da sei conduttori coassiali schermati, un cavo di acciaio ed un tubo di nylon per il gonfiaggio delle membrana, dotato di un rivestimento con guaina in poliuretano ed alla estremità esterna da connettore Amphenol a 7 pins. La resistenza a trazione del cavo è pari a 100 Kg. Le dimensioni del "geofono da pozzo" sono: diametro 68 mm e lunghezza 440 mm. E' stato impiegato un sismografo PASI mod. LCM12 a 12 canali ed un geofono tridimensionale FOUR LTD. mod. TM4.

L'interesse che riveste l'impiego di tale metodo di prospezione sismica è connesso alla risoluzione dei casi in cui sono presenti strati sottili o inversioni di velocità non rilevabili dalla normale tecnica di prospezione sismica a rifrazione di superficie. Un ulteriore motivo d'interesse è dato dalla possibilità di poter misurare le velocità delle onde trasversali (Vs).

Per la misurazione delle Vp e Vs è necessario che il geofono da pozzo sia dotato di un meccanismo pneumatico, elettromeccanico o idraulico in grado di garantire una solidarizzazione ottimale con la tubazione in pvc cementata alle pareti del foro. Per mezzo dei tempi di arrivo delle onde ai geofoni risulta possibile ricavare

una "velocità verticale media" (Vz) definita dal rapporto tra la profondità dei geofoni, rispetto al punto di energizzazione, ed il tempo verticale Tx:

$$VzX = \frac{Zx}{Tx} = \frac{Zx}{Tab * \cos \alpha}$$

in cui: Tx = tempo di arrivo delle onde alla profondità x;

Zx = profondità x;

α = angolo formato tra l'asse del foro e la retta ***a-b*** congiungente il geofono da pozzo ed il punto di battuta.

Per mezzo dei tempi verticali così acquisiti è possibile ricavare le "velocità intervallo" dividendo la differenza di quota tra due posizioni contigue del geofono per la differenza tra i relativi tempi verticali:

$$Vint = \frac{Z5 - Z4}{T5 - T4}$$

Le velocità intervallo rappresentano le velocità con cui viaggerebbe il fronte d'onda, lungo la verticale, tra due posizioni consecutive del geofono da pozzo e vengono calcolate per le onde longitudinali (Vp intervallo) e per le onde trasversali (Vs intervallo).

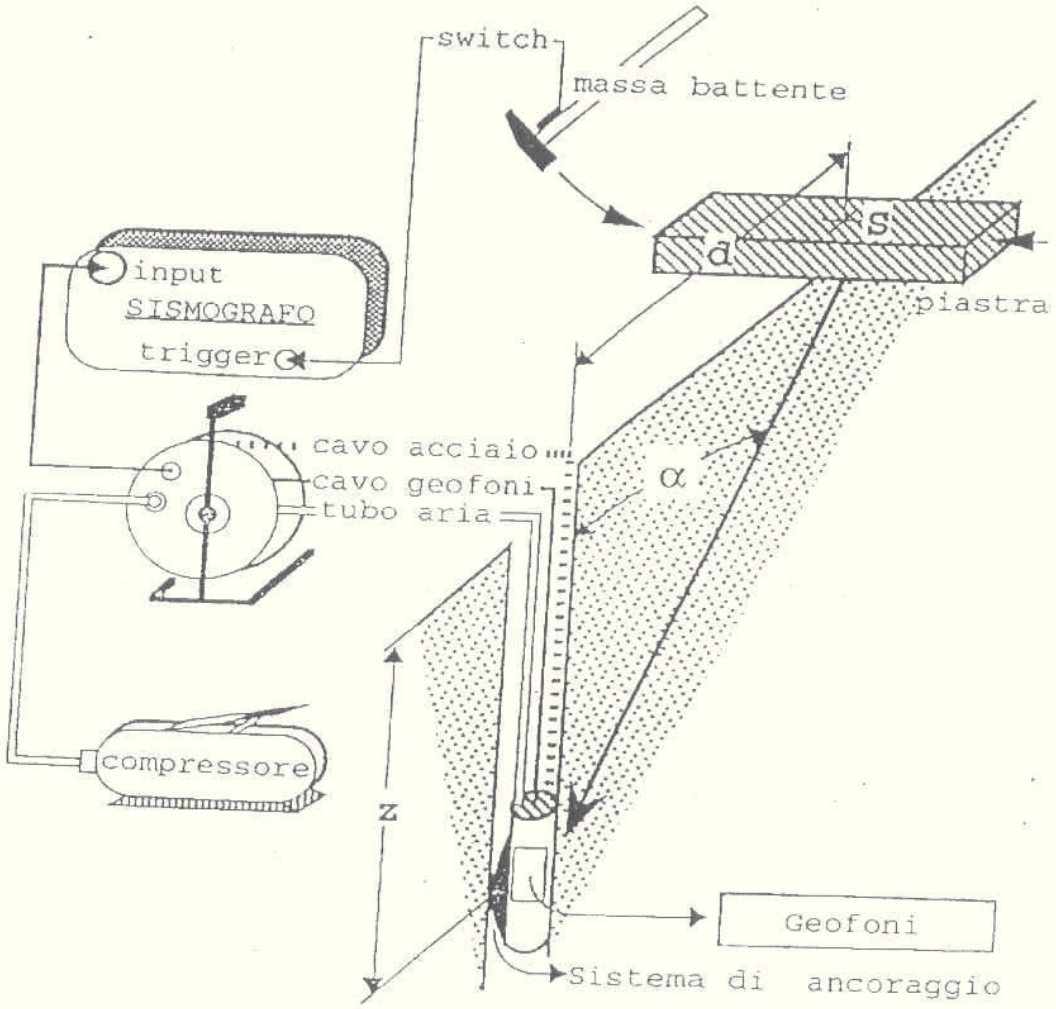
La generazione di onde a prevalente componente di taglio (Vs) è stata effettuata mediante l'impatto di una massa battente a traslazione orizzontale al suolo su di una trave di legno con piastra metallica di battuta.

Le misure sono state effettuate in risalita per ogni metro di profondità.

Le elaborazioni con i risultati delle misure down-hole sono composte da tre grafici, il primo riporta i "tempi corretti" (o verticali) espressi in millisecondi alle varie profondità (in metri), il secondo evidenzia l'andamento delle velocità dirette (in km/sec) lungo la verticale del foro, il terzo indica le velocità intervallo (onde P e S separatamente) espresse in km/sec rispetto alla profondità.

Si sottolinea, comunque, che una litostratigrafia rilevata in un carotaggio può non coincidere con la variazione delle velocità di propagazione delle onde elastiche, in quanto direttamente connesse ai parametri elastico-dinamici propri del litotipo in sito, inoltre strati con caratteristiche elastiche pressoché simili possono essere comuni a litotipi diversi.

Nel corso della prospezione in oggetto sono state adottate geometrie standard con fori verticali opportunamente attrezzati ed un solo punto di energizzazione ("shot point") per ogni foro.



— Schema della metodologia down-hole. S: sorgente; d: distanza tra sorgente ed asse del perforo; Z: profondità di ancoraggio; α angolo tra la congiungente il sistema di rilevazione-sorgente e la verticale.

FIGURA TRATTA DA : CARRARA E. ET ALII., "LE INDAGINI GEOFISICHE...", (1992)

ANALISI DELLA PROSPEZIONE DOWN-HOLE

I grafici relativi ad ogni down-hole effettuato sono tre: il primo riporta i tempi corretti in funzione della profondità, il secondo le velocità "dirette" ed il terzo le velocità "intervallo".

Gli istogrammi relativi alla "velocità dirette" nelle misure down-hole generalmente mostrano "trends" caratteristici con andamenti progressivamente crescenti delle Vp e Vs all'aumentare delle profondità con limiti di variazione ridotti.

I diagrammi che rappresentano le "velocità intervallo" forniscono una indicazione quali-quantitativa del grado di omogeneità dei litotipi presenti nel sottosuolo investigato. L'andamento di questi istogrammi caratteristici a picchi contrapposti è certamente imputabile all'esistenza di alternanze, nell'ambito del medesimo litotipo, di livelli a diverso grado di consistenza e/o addensamento (per riporti, argille, limi, sabbie e ghiaie) ed alterazione o grado di fratturazione (per le formazioni rocciose), dalle caratteristiche elastico-dinamiche sensibilmente distinte. Il coefficiente di Poisson viene calcolato per mezzo della relazione: $0.5 * \{ 1 - [Vs^2 / (Vp^2 - Vs^2)] \}$.

A seguire verranno analizzati i valori delle "velocità intervallo" riportati nei grafici allegati in quanto risultano i più rappresentativi delle velocità delle onde elastiche relativamente ad ogni singolo intervallo di profondità considerato.

Down-Hole S25b

La stratigrafia del sondaggio S25b ha rilevato la presenza da 0.0 a 6.2m di terreni di riporto eterogenei seguita da 6.2 a 18.8m da roccia da mediamente a intensamente fratturata, fino a 22.0m roccia da poco a mediamente fratturata e fino a 30.0m nuovamente roccia da mediamente a interamente fratturata.

L'interpretazione dei dati acquisiti in sito per il down-hole **S25b** ha evidenziato le seguenti velocità medie di propagazione delle onde elastiche raggruppate per materiale e/o litotipo:

RIPORTI .....Vp = 0,924 km/sec
Vs = 0,470 km/sec
Poisson (**P**) = 0,32.

ROCCIA MOLTO FRATTURATA ..... Vp = 2,849 km/sec
Vs = 1,574 km/sec
Poisson (**P**) = 0,28.

ROCCIA POCO FRATTURATA ..... Vp = 3,480 km/sec
Vs = 1,981 km/sec
Poisson (**P**) = 0,26.

ROCCIA MOLTO FRATTURATA ..... Vp = 3,089 km/sec
Vs = 1,707 km/sec
Poisson (**P**) = 0,28.

L'analisi dei dati ottenuti sopra riportati induce a ritenere che la stato di fratturazione delle metamorfiti (gneiss) condiziona la velocità di propagazione delle onde elastiche, attestandosi su valori che comunque rientrano nel "range" di variabilità de simili litotipi riportato in letteratura.

Down-Hole S16b

La stratigrafia del sondaggio S16b ha rilevato la presenza da 0.0 a 4.5m di terreni di riporto eterogenei seguita fino a 29.5m da roccia mediamente fratturata, fino a 35.5m roccia intensamente fratturata e fino a 50.0m nuovamente roccia mediamente fratturata.

L'interpretazione dei dati acquisiti in sito per il down-hole **S16b** ha evidenziato le seguenti velocità medie di propagazione delle onde elastiche raggruppate per materiale e/o litotipo:

RIPORTI .....Vp = 0,799 km/sec

Vs = 0,410 km/sec

Poisson (**P**) = 0,33.

ROCCIA MED. FRATTURATA .....Vp = 3,417 km/sec

Vs = 1,972 km/sec

Poisson (**P**) = 0,25.

ROCCIA MOLTO FRATTURATA .....Vp = 2,491 km/sec

Vs = 1,377 km/sec

Poisson (**P**) = 0,28.

ROCCIA MED. FRATTURATA .....Vp = 3,947 km/sec

Vs = 2,247 km/sec

Poisson (**P**) = 0,26.

L'analisi dei dati ottenuti sopra riportati induce a riproporre considerazioni analoghe a quelle espresse per il down-hole precedente.

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

La prospezione geofisica è stata realizzata con il metodo sismico a rifrazione, con generazione di onde elastiche alle estremità della stesa di geofoni utilizzando un sismografo PASI mod. ES 12 a dodici canali ed incremento di segnale e come fonte di energizzazione una massa battente; per un totale di n° 18 profili sismici (P.S.) da 55 ml. Cadauno.

La strumentazione è in grado di effettuare la registrazione simultanea dei vari segnali di arrivo, la visualizzazione su display CRT e la stampa su carta elettrosensibile.

A causa di sorgenti di "rumore" esterne (frequenze anomale, vibrazioni indotte, vento etc.), si è proceduto alla determinazione della frequenza del rumore di fondo ed all'opportuno filtraggio digitale per migliorare il rapporto segnale/rumore. Il sismografo effettua la sommatoria degli impulsi sismici in memorie digitali interne con dimensioni di 8 bit per ogni canale. In fase di acquisizione i singoli segnali vengono preamplificati di 33 db e amplificati in un "range" compreso tra 6 e 90 db, successivamente le tracce sono ulteriormente corrette al fine di ottimizzare i dati prima della registrazione.

Le interpretazioni ricavate dai profili sismici a rifrazione sono riportate in allegato, ove si possono osservare i diagrammi distanze/tempi di arrivo dirette e inverse, espressi in rispettivamente in metri e millisecondi ed i risultati delle interpretazioni per ognuna di esse.

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata per mezzo del software interattivo Gremix prodotto dalla soc. Interpex statunitense per mezzo dei metodi GRM di Palmer e Time Delay di Hawkins.

METODOLOGIA DI PROSPEZIONE

Scopo delle indagini sismiche è quello di indagare i materiali ed i litotipi presenti nel sottosuolo differenziandoli in base alla velocità di propagazione delle onde elastiche.

In realtà esistono vari tipi di onde che possono propagarsi, con differenti velocità, nella stessa roccia ed in particolare le più importanti ai fini della prospezione sismica sono le onde longitudinali (onde P) e le onde trasversali (onde S).

Il valore della velocità delle onde longitudinali (Vp) in un litotipo, così come quello delle onde trasversali (Vs), dipende dalle caratteristiche meccaniche intrinseche, in particolare essenzialmente dai moduli elastici (Young, Poisson, rigidità, etc.) e dal peso di volume. Il rapporto Vp/Vs (> 1) dipende infatti in primo luogo dal modulo di Poisson.

I metodi di prospezione sismica consistono essenzialmente nel generare onde elastiche in un punto del terreno, ad un istante noto e nel misurare il tempo impiegato dalle onde per raggiungere stazioni di misura (geofoni) poste a diversa distanza dalla sorgente.

L'obiettivo delle prospezioni sismiche è di determinare le caratteristiche elastiche dei vari strati percorsi dalle onde e la loro velocità di propagazione, al fine di ricostruire la disposizione geometrica delle varie unità presenti al di sotto della zona d'indagine.

La propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, analogamente ai noti fenomeni dell'ottica geometrica, subisce, in corrispondenza delle superfici di discontinuità sismiche (contatti tra litotipi caratterizzati da differenti valori di velocità delle onde) i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. A ciò si aggiunge, durante il percorso, l'attenuazione in ampiezza, parte della quale è anche selettiva in frequenza.

Nelle prospezioni sismiche, in genere, si distinguono tre tipi di onde:

- **"Onde dirette":** si propagano nel primo strato del terreno e non subiscono riflessioni o rifrazioni (in sismologia la dizione ha un significato diverso).

- **"Onde riflesse":** subiscono una riflessione ed un numero di 0,2,4,6,...rifrazioni senza mai compiere tratti di percorso lungo una superficie di discontinuità.
- **"Onde rifratte":** subiscono solo rifrazioni (in numero di 2,4,6,..) e compiono un tratto più o meno esteso lungo una superficie di discontinuità.

Conseguentemente, in un grafico tempi di arrivo-distanze, le onde dirette e quelle rifratte definiscono delle rette denominate "dromocrone". La dromocrona delle onde dirette passa per l'origine ed ha coefficiente angolare uguale a 1/V. La dromocrona delle onde rifratte ha coefficiente angolare uguale a 1/V ed il suo prolungamento incontrerà l'asse delle ordinate in corrispondenza del valore **Ti** che è chiamato "tempo intercetto".
I tempi di arrivo delle onde riflesse descrivono invece un'iperbole equilatera con asse coincidente all'asse dei tempi ed ordinata all'origine a 2h/V.
Disponendo una serie di geofoni lungo un allineamento e registrando, dopo l'istante di energizzazione, soltanto i ritardi di tempo relativi all'arrivo della prima vibrazione a ciascun geofono, si esegue la metodologia denominata "sismica a rifrazione", attraverso la quale si rivelano essenzialmente onde dirette e rifratte.
Le interpretazioni delle indagini eseguite con la sismica a rifrazione consentono di ottenere i valori delle velocità sismiche del primo strato di terreno e dei "rifrattori" (cioè strati con velocità sismica sempre crescente con l'aumentare della profondità) presenti nel sottosuolo per uno spessore dipendente dalla lunghezza dello stendimento adoperato, dalla posizione della sorgente e dalla quantità di energia impiegata, inoltre viene messa in luce la forma geometrica dell'interfaccia di questi rifrattori.
E' da notare che un singolo profilo (lineare) a riflessione o a rifrazione può ricevere le onde riflesse o rifratte da orizzonti comunque disposti nel sottosuolo e la verifica di un modello interpretativo tridimensionale più complesso di una semplice stratificazione piano-parallela richiede una serie di indagini in varie direzioni.

METODOLOGIA DI RESTITUZIONE

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata per mezzo del software interattivo ***Gremix*** per mezzo dei metodi di Palmer (GRM o del reciproco generalizzato) e "Time delay" di Hawkins.

Inizialmente vengono inseriti i dati sperimentali quali tempi e distanze per ciascun geofono, quindi viene stabilito dall'operatore il numero degli strati del modello e cioè il numero dei segmenti della dromocrona. Vengono infine calcolati tutti i valori degli spessori degli strati e relative velocità delle onde di volume.

Come restituzione si ha una tabella con due grafici: uno con i tempi di arrivo in funzione della distanza a cui segue una sezione con il numero degli strati individuati, la velocità e lo spessore relativo ad ognuno di essi.

In seguito all'analisi di un gran numero di sismostratigrafie ricavate da molteplici prospezioni sismiche a rifrazione si deduce che il potere risolutivo di questo tipo d'indagine deve essere considerato come relativo ad un volume significativo di terreno, in grado di evidenziare caratteristiche fisico-meccaniche mediate rispetto al grande volume di roccia investigato, quindi non è paragonabile ai risultati di un'indagine puntuale quale, per esempio, un sondaggio meccanico.

RISULTATI DELLA PROSPEZIONE

L'analisi e l'interpretazione dei dati sismici sperimentali acquisiti ha permesso di inquadrare e meglio definire i litotipi individuati per mezzo della campagna geognostica e relativa distribuzione dello stato di aggregazione dei litotipi presenti nell'area interessata dall'adeguamento della S.S. n°1 Aurelia tra Savona ed Albisola.
Data la peculiare situazione geologica, caratterizzata dalla presenza di successioni metamorfiche con coperture detritiche, la prospezione sismica a rifrazione ha permesso di ricostruire ventinove sismostratigrafie attendibili, una per ogni profilo sismico effettuato.

La letteratura esistente riporta i seguenti intervalli di velocità riscontrate nell'ambito dei litotipi presenti nell'area d'indagine:

LITOTIPO	Vp (Km/sec)
Terreno aerato superficiale di copertura	0.3 ÷ 0.8
Acqua	1.4 ÷ 1.5
Terreni alluvionali recenti	0.4 ÷ 2.0
Rocce Metamorfiche (gneiss)	3.0 ÷ 7.0

In base ai risultati delle interpretazioni dei singoli profili sismici (i tabulati dei quali vengono allegati) sono stati definiti degli intervalli di velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (Vp).

Operando in presenza di un sottosuolo costituito in sostanza da una successione

composta da metamorfiti di grado elevato ("Gneiss di Albissola") più o meno fratturata con una copertura detritica eluvio-colluviale a tratti alluvionale (terreni di copertura terrigeni e/o alluvionali), ad ogni intervallo di velocità di propagazione delle onde sismiche è stato attribuito un diverso litotipo, che ingloba materiali simili tra loro per caratteristiche fisico-meccaniche:

- **Velocità comprese tra 300 m/sec e 600 m/sec :**
  terreno di copertura, areato superficiale e materiale detritico superficiale.
- **Velocità comprese tra 800 m/sec e 1400 m/sec :**
  alluvioni recenti composte da limi, sabbie e ghiaie o unità rocciose notevolmente fratturate e/o intensamente alterate.
- **Velocità comprese tra 1600 m/sec e 2500 m/sec :**
  gneiss da molto a mediamente fratturati e/o alterati.
- **Velocità comprese tra 3000 m/sec e 7500 m/sec :**
  gneiss da poco fratturati a integri.

Nelle sezioni sismiche interpretative riportate nei tabulati, le superfici di separazione tra un livello ed il successivo sono individuate graficamente da una linea continua od in alternativa dall'inviluppo di archi.

I diciotto profili sono stati effettuati nei siti riportati nella planimetria allegata.

Profilo sismico n°1 – Sito Basci est - (Spread: 1). Sono stati individuati tre strati: il primo a 380 m/sec per uno spessore variabile da 1.0 a 1.5m da p.c., il secondo a 800 m/sec fino ad una profondità variabile da 6.0 a 8.5 m ed il terzo con Vp pari a 3000 m/sec.

Profilo sismico n°12 – Sito Cappuccini S8 - (Spread: 12). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre livelli: il primo con Vp di 500 m/sec per 1.0-2.0m di spessore, il secondo con Vp pari a 1300 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 6.0 a 9.0m ed il terzo livello con Vp di 4600 m/sec.

Profilo sismico n°13 – Sito Cappuccini est - (Spread: 13). Sono stati individuati tre strati: il primo a 350 m/sec per uno spessore variabile da 1.0 a 2.0m da p.c., il secondo a 450 m/sec fino ad una profondità variabile da 6.0 a 20.0m ed il terzo con Vp pari a 1100 m/sec il cui "tetto" si ritrova alla base del precedente strato.

Profilo sismico n°14 – Sito Cappuccini est - (Spread: 14). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre strati: il primo con Vp di 370 m/sec per 1.0-8.0m di spessore, il secondo con Vp di 500 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 6.0 a 16.0m ed il terzo con una Vp di 860 m/sec.

Profilo sismico n°15 – Sito Cappuccini est - (Spread: 15). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre livelli: il primo con Vp di 420 m/sec per 2.0-3.5m di spessore, il secondo con Vp pari a 550 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 15.0 a 21.0m ed il terzo con Vp di 1000 m/sec.

Profilo sismico n°16 – Sito Rio Termine - (Spread: 16). Sono stati individuati tre strati: il primo a 1000 m/sec per uno spessore variabile da 1.0 a 2.5m da p.c., il secondo a 2400 m/sec fino ad una profondità variabile da 4.0 a 20.0m ed il terzo con Vp pari a 7500 m/sec il cui "tetto" si ritrova alla base del precedente strato.

Profilo sismico n°17 – Sito Rio Termine - (Spread: 17). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre strati: il primo con Vp di 900 m/sec per 1.0-2.0m di spessore, il secondo con Vp di 2300 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 8.0 a 12.0m ed il terzo con una Vp di 5200 m/sec.

Profilo sismico n°18 – Sito Rio Termine - (Spread: 18). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre livelli: il primo con Vp di 800 m/sec per 1.0-1.5m di spessore, il secondo con Vp pari a 2000 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 5.0 a 8.5m ed il terzo con Vp di 4000 m/sec.

Profilo sismico n°19 – Sito Basci km4 - (Spread: 19). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre orizzonti: il primo con Vp di 1000 m/sec per 1.0-2.0m di spessore, il secondo con Vp pari a 2400 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 5.0 a 14.0m ed il terzo livello con Vp di 4800 m/sec.

Profilo sismico n°20 – Sito Basci km4 - (Spread: 20). Sono stati individuati tre strati: il primo a 640 m/sec per uno spessore variabile da 1.0 a 2.0m da p.c., il secondo a 2000 m/sec fino ad una profondità variabile da 5.0 a 15.0m ed il terzo con Vp pari a 2500 m/sec il cui "tetto" si ritrova alla base del precedente strato.

Profilo sismico n°21 – Sito Castellaro est - (Spread: 21). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre strati: il primo con Vp di 370 m/sec per 1.0-2.0m di spessore, il secondo con Vp di 1000 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 8.0 a 9.0m ed il terzo con una Vp di 3000 m/sec.

Profilo sismico n°27 – Sito Basci - (Spread: 27). L'interpretazione del profilo ha evidenziato tre livelli: il primo con Vp di 450 m/sec per 1.5m di spessore, il secondo con Vp pari a 770 m/sec fino ad una profondità da p.c. variabile da 5.0 a 7.0m ed il terzo con Vp di 2300 m/sec.

Profilo sismico n°28 – Sito Basci - (Spread: 28). Sono stati individuati tre strati: il primo a 400 m/sec per uno spessore variabile da 1.0 a 1.5m da p.c., il secondo a 830 m/sec fino ad una profondità variabile da 7.0 a 13.0m ed il terzo con Vp che varia da 2000 a 3000 m/sec il cui "tetto" si ritrova alla base del precedente strato.

Profilo sismico n°29 – Sito Basci - (Spread: 29). Sono stati individuati tre strati: il primo a 380 m/sec per uno spessore variabile da 1.5 a 2.0m da p.c., il secondo a 1200 m/sec fino ad una profondità variabile da 7.5 a 13.0m ed il terzo con Vp pari a 2800 m/sec il cui "tetto" si ritrova alla base del precedente strato.

CONCLUSIONI

Alla presente relazione esplicativa della prospezione sismica in foro ed a rifrazione eseguita nell'area in oggetto sono riprodotte ed allegate le diciotto sezioni sismostratigrafiche interpretative, denominate "spread" e numerate in successione (riportate in planimetria), che evidenziano la distribuzione nel sottosuolo delle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione (Vp espresse in m/sec) in funzione della profondità dal piano campagna.

Nelle sezioni interpretative riportate nei tabulati, le superfici di separazione tra un livello ed il successivo sono individuate graficamente da un limite a traccia semplice e non dall'inviluppo degli archi tipico del metodo GRM che rende meno "leggibile" la sezione.

I risultati dell'interpretazione dei singoli profili e dei due down-holes sono riportati nei paragrafi precedenti.

In conclusione si ritiene opportuno evidenziare che i risultati forniti derivano dall'esecuzione di una indagine geofisica, di tipo quindi indiretto, in cui l'interpretazione dei dati risulta subordinata ai limiti di risoluzione della metodologia impiegata.



ALLEGATI GRAFICI

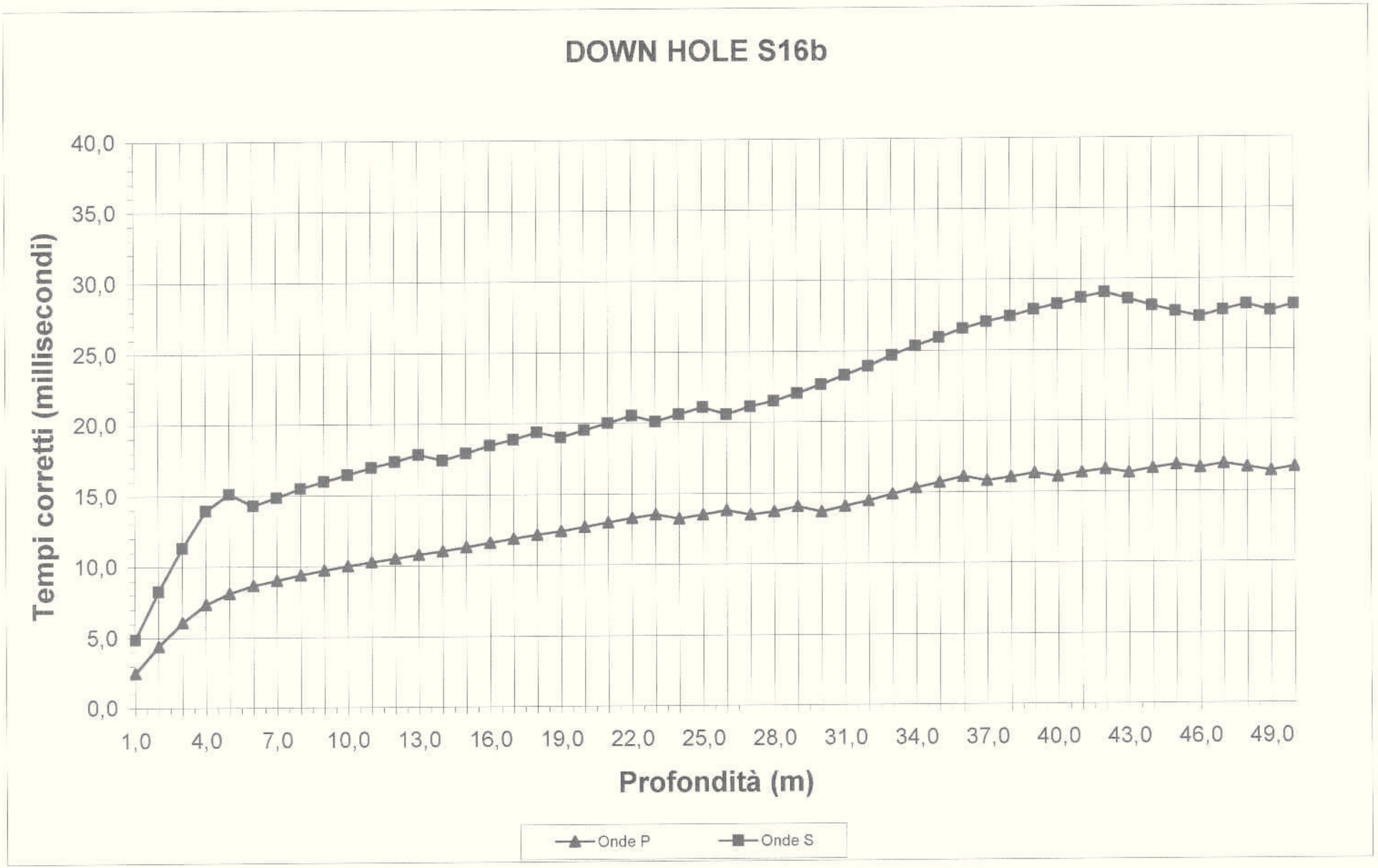
ANAS Aurelia Bis Savona-Albisola

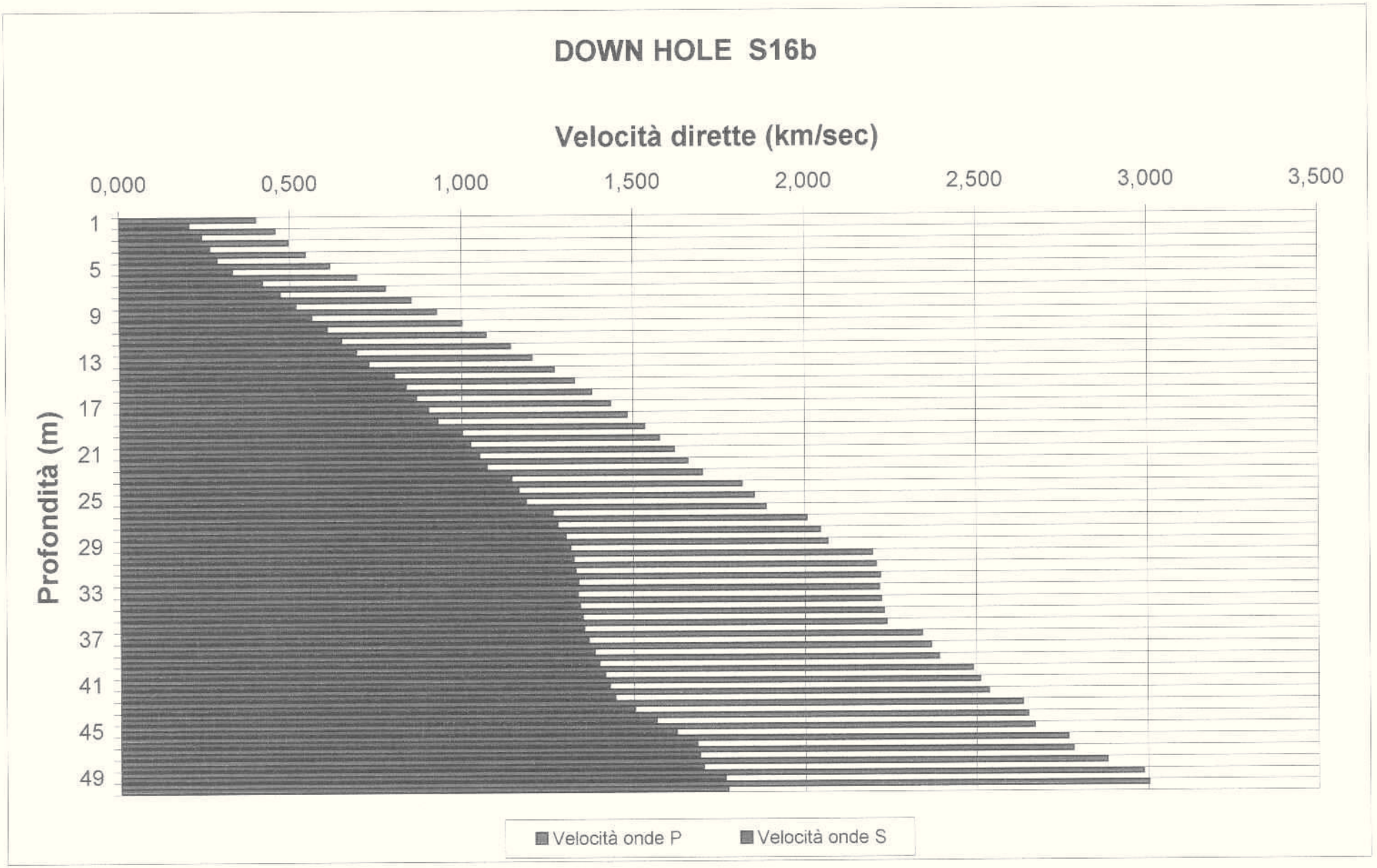
DOWN HOLE S16b

Data: Nov. 2001

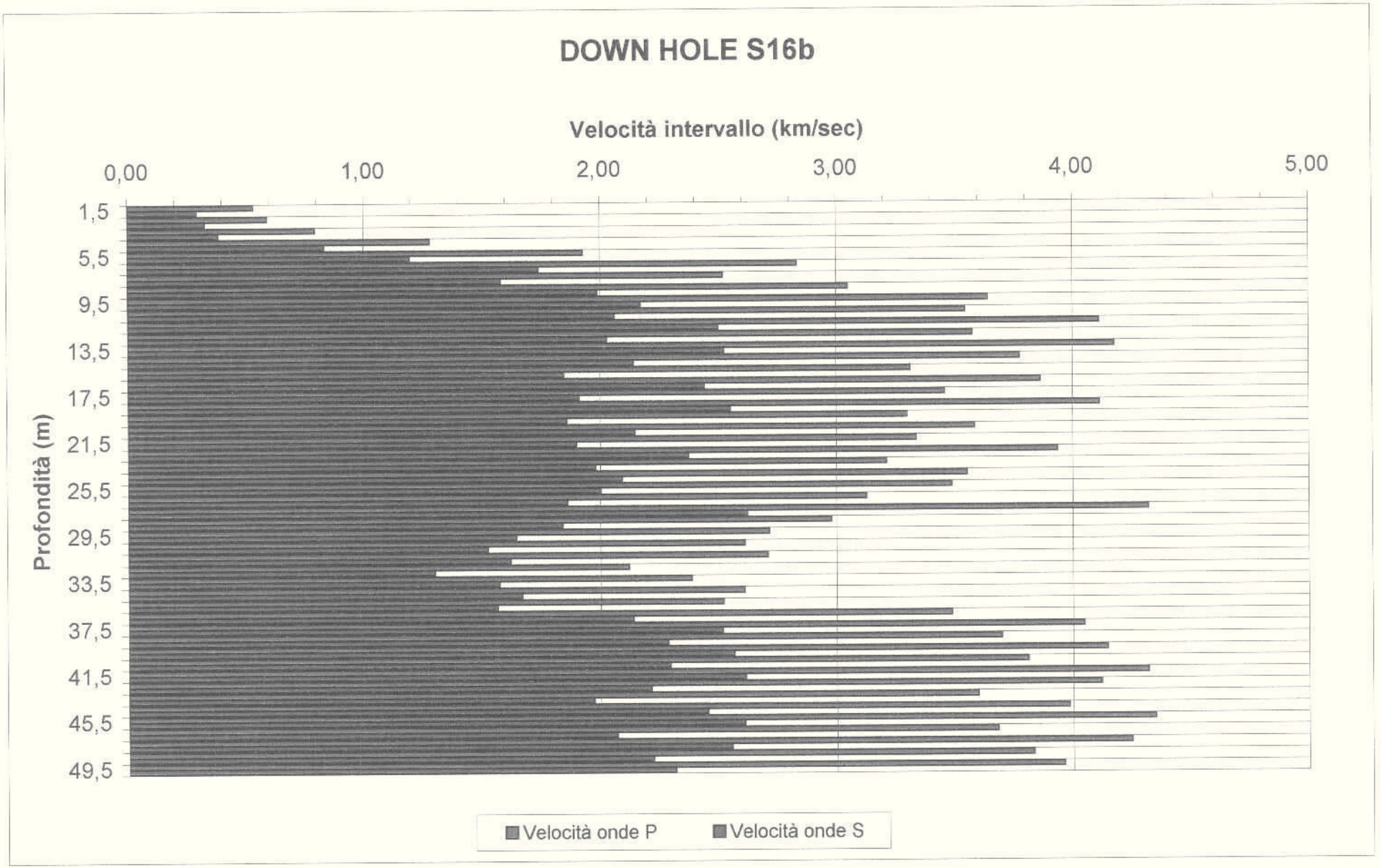
Distanza *d* "shot point" (m)	Profondità *z* (m)	Arctang *d/z* (alfa)	Cos alfa	Tp	Tp cos alfa	Ts	Ts cos alfa	Vp (km/sec)	Vs (km/sec)	Prof. (m)	Vp intervallo (km/sec)	Vs intervallo (km/sec)
2,00	1,0	63,43	0,447	5,6	2,50	10,9	4,87	0,399	0,205			
	2,0	45,00	0,707	6,2	4,38	11,7	8,27	0,456	0,242	1,5	0,532	0,294
	3,0	33,69	0,832	7,3	6,07	13,6	11,32	0,494	0,265	2,5	0,592	0,329
	4,0	26,57	0,894	8,2	7,33	15,6	13,92	0,545	0,287	3,5	0,793	0,384
	5,0	21,80	0,928	8,7	8,12	16,3	15,12	0,616	0,331	4,5	1,279	0,833
	6,0	18,43	0,949	9,1	8,63	15,1	14,28	0,695	0,420	5,5	1,928	1,195
	7,0	15,95	0,962	9,3	8,99	15,5	14,86	0,779	0,471	6,5	2,832	1,740
	8,0	14,04	0,970	9,7	9,38	16,0	15,49	0,852	0,516	7,5	2,519	1,579
	9,0	12,53	0,976	9,9	9,71	16,4	15,99	0,927	0,563	8,5	3,048	1,987
	10,0	11,31	0,981	10,2	9,99	16,8	16,45	1,001	0,608	9,5	3,640	2,171
	11,0	10,30	0,984	10,4	10,27	17,2	16,94	1,071	0,649	10,5	3,544	2,059
	12,0	9,46	0,986	10,7	10,51	17,6	17,34	1,141	0,692	11,5	4,113	2,500
	13,0	8,75	0,988	10,9	10,79	18,0	17,83	1,205	0,729	12,5	3,576	2,027
	14,0	8,13	0,990	11,1	11,03	17,6	17,44	1,269	0,803	13,5	4,175	2,524
	15,0	7,59	0,991	11,4	11,30	18,1	17,90	1,328	0,838	14,5	3,775	2,141
	16,0	7,13	0,992	11,7	11,60	18,6	18,45	1,379	0,867	15,5	3,312	1,846
	17,0	6,71	0,993	11,9	11,86	19,0	18,85	1,434	0,902	16,5	3,864	2,440
	18,0	6,34	0,994	12,2	12,15	19,5	19,38	1,482	0,929	17,5	3,456	1,911
	19,0	6,01	0,995	12,5	12,39	19,1	18,99	1,533	1,001	18,5	4,112	2,550
	20,0	5,71	0,995	12,8	12,69	19,6	19,52	1,576	1,024	19,5	3,297	1,859
	21,0	5,44	0,995	13,0	12,97	20,1	19,99	1,619	1,051	20,5	3,584	2,147
	22,0	5,19	0,996	13,3	13,27	20,6	20,52	1,658	1,072	21,5	3,336	1,900
	23,0	4,97	0,996	13,6	13,53	20,2	20,09	1,700	1,145	22,5	3,935	2,372
	24,0	4,76	0,997	13,3	13,22	20,7	20,60	1,816	1,165	23,5	3,211	1,980
	25,0	4,57	0,997	13,5	13,50	21,1	21,08	1,852	1,186	24,5	3,552	2,092
	26,0	4,40	0,997	13,8	13,78	20,6	20,58	1,886	1,263	25,5	3,488	1,999
	27,0	4,24	0,997	13,5	13,46	21,2	21,12	2,005	1,279	26,5	3,125	1,860
	28,0	4,09	0,997	13,7	13,69	21,6	21,50	2,045	1,302	27,5	4,319	2,620
	29,0	3,95	0,998	14,1	14,03	22,1	22,04	2,067	1,316	28,5	2,978	1,838
	30,0	3,81	0,998	13,7	13,66	22,7	22,65	2,196	1,325	29,5	2,713	1,643
	31,0	3,69	0,998	14,1	14,05	23,4	23,31	2,207	1,330	30,5	2,610	1,522

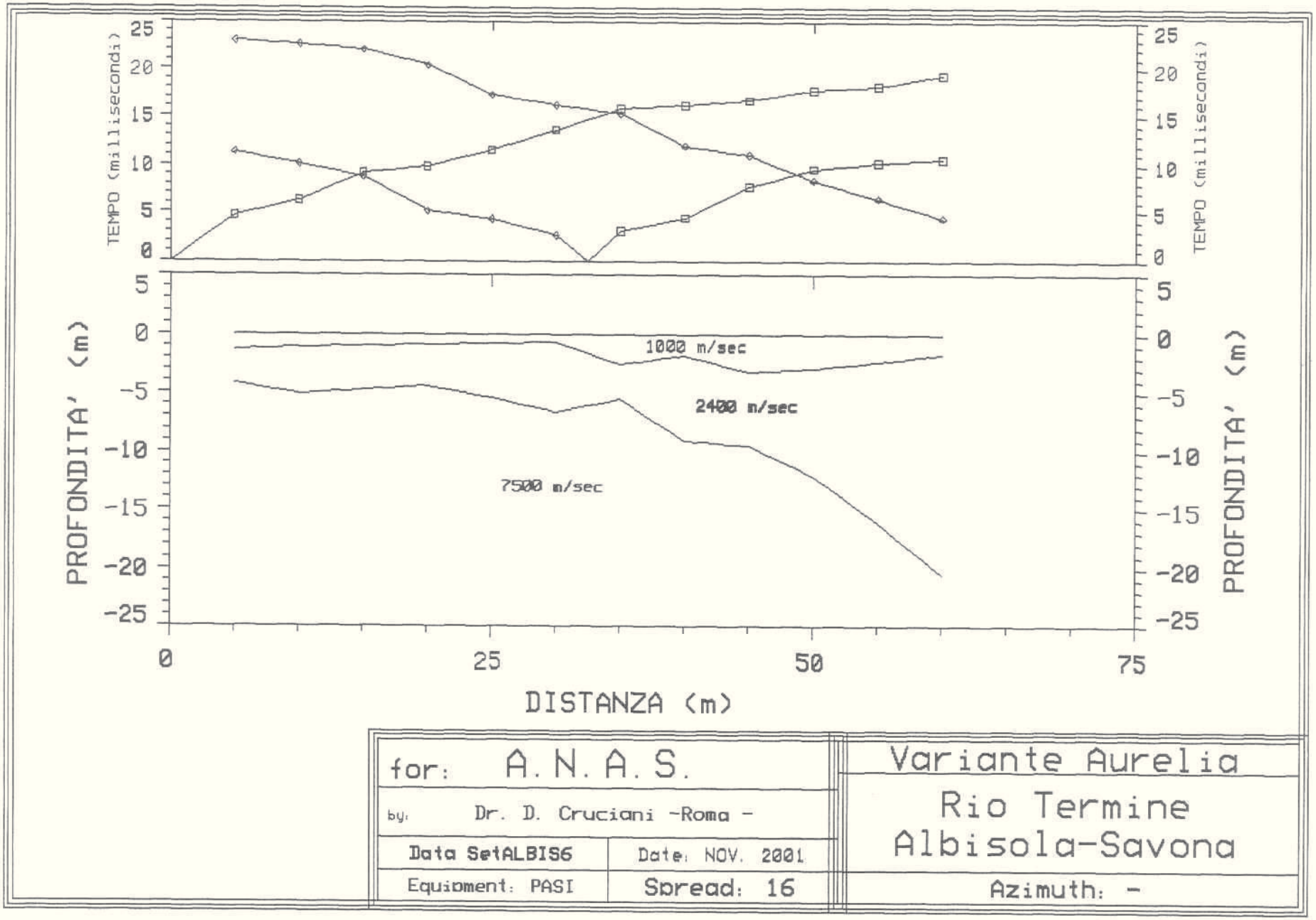
32,0	3,58	0,998	14,4	14,41	24,0	23,92	2,220	1,338	31,5	2,708	1,619
33,0	3,47	0,998	14,9	14,89	24,7	24,69	2,217	1,336	32,5	2,120	1,298
34,0	3,37	0,998	15,3	15,31	25,4	25,33	2,221	1,342	33,5	2,384	1,571
35,0	3,27	0,998	15,7	15,69	26,0	25,93	2,231	1,350	34,5	2,608	1,667
36,0	3,18	0,998	16,1	16,09	26,6	26,57	2,238	1,355	35,5	2,519	1,562
37,0	3,09	0,999	15,8	15,80	27,1	27,04	2,342	1,368	36,5	3,485	2,139
38,0	3,01	0,999	16,1	16,05	27,5	27,44	2,368	1,385	37,5	4,046	2,515
39,0	2,94	0,999	16,3	16,32	27,9	27,87	2,390	1,399	38,5	3,697	2,284
40,0	2,86	0,999	16,1	16,08	28,3	28,26	2,488	1,415	39,5	4,144	2,564
41,0	2,79	0,999	16,4	16,34	28,7	28,70	2,509	1,429	40,5	3,808	2,292
42,0	2,73	0,999	16,6	16,57	29,1	29,08	2,535	1,444	41,5	4,319	2,612
43,0	2,66	0,999	16,3	16,33	28,7	28,63	2,634	1,502	42,5	4,119	2,212
44,0	2,60	0,999	16,6	16,60	28,2	28,12	2,650	1,565	43,5	3,597	1,971
45,0	2,54	0,999	16,9	16,86	27,7	27,72	2,670	1,624	44,5	3,982	2,452
46,0	2,49	0,999	16,6	16,63	27,4	27,33	2,767	1,683	45,5	4,347	2,610
47,0	2,44	0,999	16,9	16,90	27,8	27,82	2,781	1,690	46,5	3,680	2,067
48,0	2,39	0,999	16,7	16,66	28,2	28,21	2,881	1,702	47,5	4,248	2,555
49,0	2,34	0,999	16,4	16,40	27,8	27,76	2,988	1,765	48,5	3,832	2,220
50,0	2,29	0,999	16,7	16,65	28,2	28,19	3,002	1,774	49,5	3,960	2,316


DOWN HOLE S16b
Tempi corretti (millisecondi)
40,0
35,0
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
1,0
4,0
7,0
10,0
13,0
16,0
19,0
22,0
25,0
28,0
31,0
34,0
37,0
40,0
43,0
46,0
49,0
Profondità (m)
Onde P
Onde S


DOWN HOLE S16b
Velocità dirette (km/sec)
0,000
0,500
1,000
1,500
2,000
2,500
3,000
3,500
Profondità (m)
1
5
9
13
17
21
25
29
33
37
41
45
49
Velocità onde P
Velocità onde S

DOWN HOLE S16b





for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Rio Termine Albisola-Savona
Data SetALBIS6 / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 16	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS6

CLIENT: A.N.A.S.
LOCATION: Rio Termine
COUNTY: Albisola-Savona
PROJECT: Variante Aurelia
SOURCE: Massa battente

DATE: NOV. 2001
LINE NO.: 16
AZIMUTH: -
G-SPACING: 5.00 m
EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	21.20	
2	E	13.00	13.15

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	4.60	23.00	11.30
2.00	0.00	6.20	22.60	10.10
3.00	0.00	9.20	22.00	8.70
4.00	0.00	9.80	20.40	5.10
5.00	0.00	11.50	17.20	4.20
6.00	0.00	13.60	16.20	2.60
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	15.80	15.20	3.00
8.00	0.00	16.20	12.00	4.40
9.00	0.00	16.70	11.00	7.70
10.00	0.00	17.80	8.40	9.60
11.00	0.00	18.20	6.40	10.20
12.00	0.00	19.40	4.40	10.60
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		
1:	1087.0	0.00	2173.9	2.07	3355.7	4.32	6496.0	10.13
3:	1136.4	0.00	2584.6	2.68	10000.0	17.03		
2:	961.5	0.00	2604.2	1.31	4104.2	4.59		
2:	833.3	0.00	2164.5	1.56	9378.3	7.72		

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:	1087.0	1.30	2173.9	4.51	3355.7	15.89	6496.0
3:	1136.4	1.70	2584.6	20.90	10000.0		
2:	961.5	0.68	2604.2	6.20	4104.2		
2:	833.3	0.70	2164.5	7.56	9378.3		

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	3	1	3	2	2	5.00	2
2	2	1	2	2	2	5.00	2
3	2	3	1	2	1	0.00	4

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	0.52	1.51	2.86
2	2.46	4.87	10.11

GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

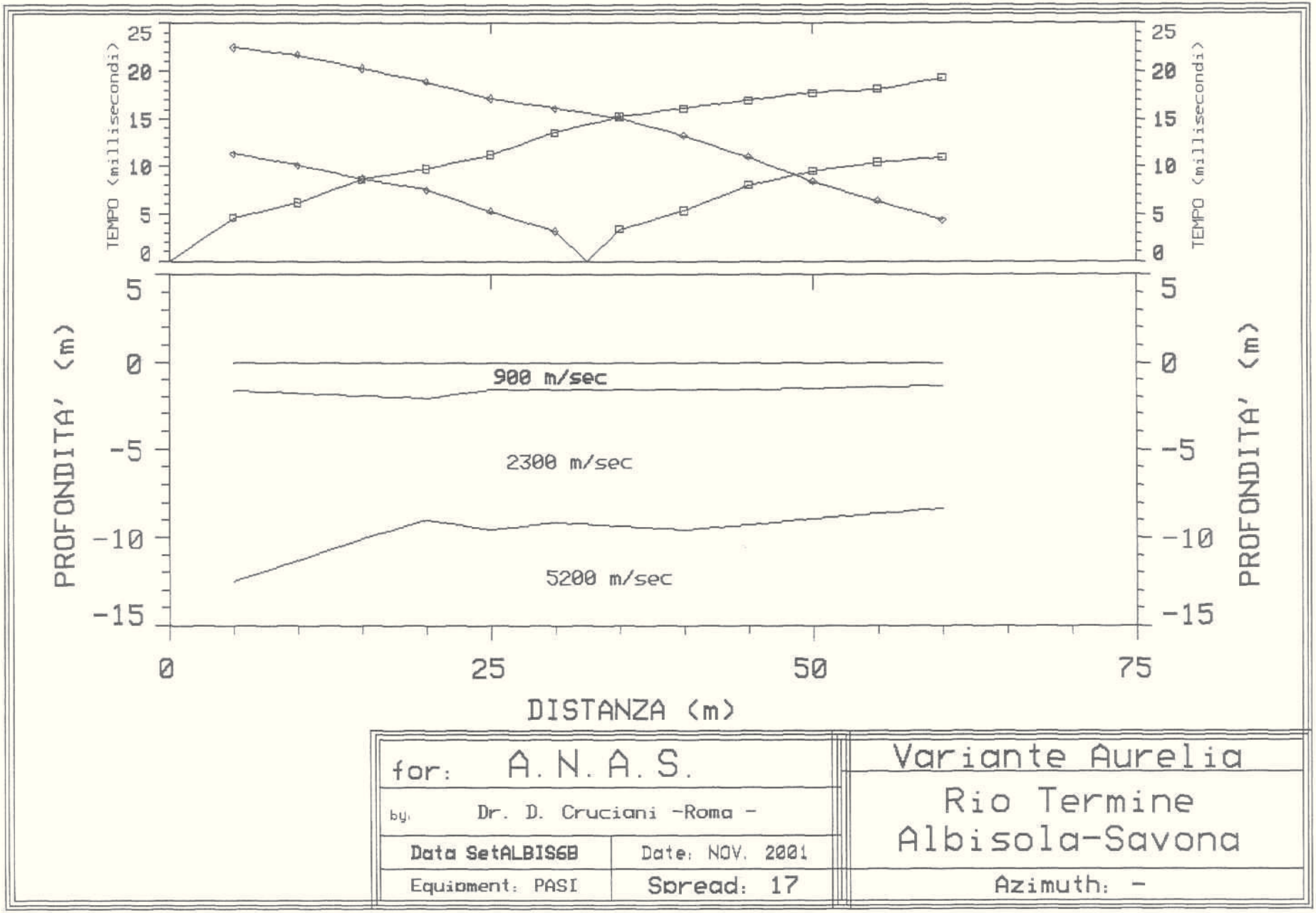
S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	1086.96	2173.91	3355.70		1.033	2.160	5.064
2.00	1049.05	2216.00	4999.88		0.970	2.650	
3.00	1011.15	2258.08	4999.88		0.907	2.450	
4.00	973.24	2300.17	4999.88		0.843	2.250	
5.00	935.34	2342.25	5870.58		0.780	2.663	
6.00	897.44	2384.33	6741.29		0.716	3.077	
7.00	937.26	2247.19	7284.41		2.525	3.984	
8.00	977.08	2247.19	7827.53		1.625	4.890	
9.00	1016.90	2247.19	8370.64		2.775	5.797	
10.00	1056.72	2247.19	8913.76		2.425	6.703	
11.00	1096.54	2415.89	9456.88		1.883	7.610	
12.00	1136.36	2584.59	10000.00		1.340	8.517	

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	1086.96	2173.91	3355.70		1.297	4.240	
2.00	1049.05	2216.00	4999.88		1.155	5.045	
3.00	1011.15	2258.08	4999.88		1.025	4.713	
4.00	973.24	2300.17	4999.88		0.906	4.370	
5.00	935.34	2342.25	5870.58		0.795	5.454	
6.00	897.44	2384.33	6741.29		0.694	6.584	
7.00	937.26	2247.19	7284.41		2.604	5.506	
8.00	977.08	2247.19	7827.53		1.763	9.035	
9.00	1016.90	2247.19	8370.64		3.164	9.482	
10.00	1056.72	2247.19	8913.76		2.904	12.134	
11.00	1096.54	2415.89	9456.88		2.317	16.089	
12.00	1136.36	2584.59	10000.00		1.695	20.516	



for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Rio Termine Albisola-Savona
Data SetALBIS6B / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 17	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS6B

CLIENT: A.N.A.S.
LOCATION: Rio Termine
COUNTY: Albisola-Savona
PROJECT: Variante Aurelia
SOURCE: Massa battente

DATE: NOV. 2001
LINE NO.: 17
AZIMUTH: -
G-SPACING: 5.00 m
EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	20.95	
2	E	12.87	13.35

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	4.60	22.50	11.30
2.00	0.00	6.20	21.70	10.10
3.00	0.00	8.60	20.30	8.70
4.00	0.00	9.70	19.00	7.50
5.00	0.00	11.20	17.20	5.30
6.00	0.00	13.60	16.20	3.20
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	15.30	15.20	3.40
8.00	0.00	16.20	13.30	5.40
9.00	0.00	17.00	11.00	8.00
10.00	0.00	17.80	8.40	9.50
11.00	0.00	18.20	6.40	10.40
12.00	0.00	19.40	4.40	11.00
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
1:	1087.0	0.00	2828.3	2.81	6410.3	9.91
3:	1136.4	0.00	2263.9	2.05	3888.9	7.30
2:	781.2	0.00	2325.6	2.11	4124.6	4.60
2:	735.3	0.00	2173.9	2.15	6093.1	6.55

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
1:	1087.0	1.66	2828.3	12.83	6410.3
3:	1136.4	1.35	2263.9	8.65	3888.9
2:	781.2	0.87	2325.6	4.38	4124.6
2:	735.3	0.84	2173.9	5.96	6093.1

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	3	1	2	2	2	5.00	2
2	2	1	1	2	1	0.00	3

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

* Dr. D. Cruciani -Roma - *

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	0.97	1.26	1.51
2	6.54	8.10	10.16

GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

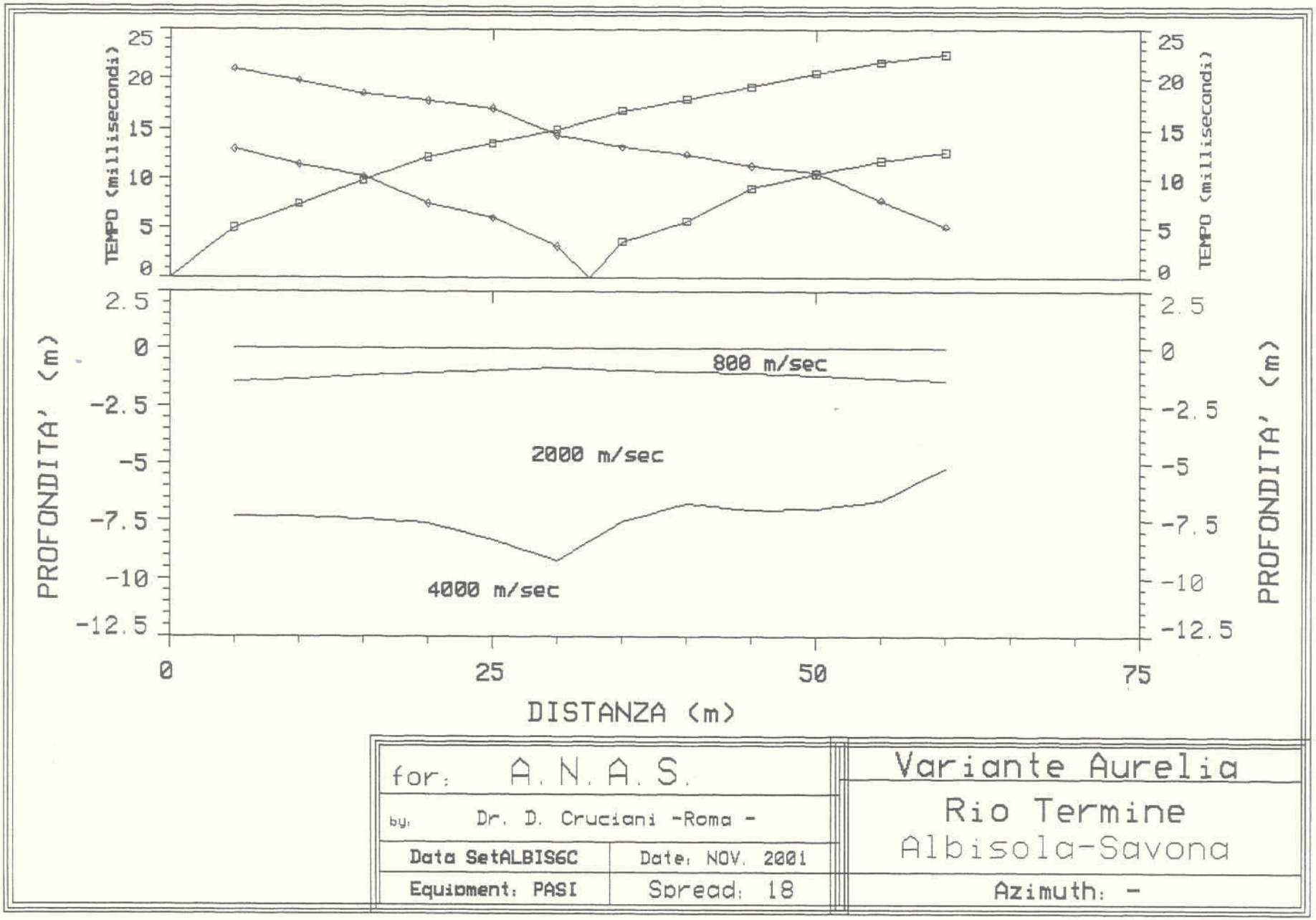
S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	1086.96	2828.28	6410.26		1.407	4.953	
2.00	1021.22	2698.52	6180.83		1.659	4.923	
3.00	955.48	2568.76	5951.41		1.911	4.892	
4.00	889.75	2439.00	5721.98		2.163	4.861	
5.00	824.01	2439.00	5492.56		1.813	4.831	
6.00	758.27	2439.00	5263.13		1.963	4.800	
7.00	821.29	2409.82	5263.13		1.807	4.775	
8.00	884.30	2380.64	5263.13		1.651	4.750	
9.00	947.32	2351.46	4919.57		1.495	4.475	
10.00	1010.33	2322.27	4576.01		1.339	4.200	
11.00	1073.35	2293.09	4232.45		1.183	3.925	
12.00	1136.36	2263.91	3888.89		1.027	3.650	

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	1086.96	2828.28	6410.26		1.657	12.534	
2.00	1021.22	2698.52	6180.83		1.830	11.294	
3.00	955.48	2568.76	5951.41		1.967	10.112	
4.00	889.75	2439.00	5721.98		2.067	8.988	
5.00	824.01	2439.00	5492.56		1.587	9.554	
6.00	758.27	2439.00	5263.13		1.566	9.153	
7.00	821.29	2409.82	5263.13		1.578	9.377	
8.00	884.30	2380.64	5263.13		1.572	9.574	
9.00	947.32	2351.46	4919.57		1.547	9.237	
10.00	1010.33	2322.27	4576.01		1.502	8.914	
11.00	1073.35	2293.09	4232.45		1.436	8.613	
12.00	1136.36	2263.91	3888.89		1.349	8.351	



for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Rio Termine Albisola-Savona
Data SetALBIS6C / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 18	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS6C

CLIENT: A.N.A.S. DATE: NOV. 2001
LOCATION: Rio Termine LINE NO.: 18
COUNTY: Albisola-Savona AZIMUTH: -
PROJECT: Variante Aurelia G-SPACING: 5.00 m
SOURCE: Massa battente EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	21.75	
2	E	14.45	13.25

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	5.00	21.00	13.00
2.00	0.00	7.40	19.80	11.40
3.00	0.00	9.80	18.50	10.20
4.00	0.00	12.20	17.80	7.50
5.00	0.00	13.60	17.00	6.00
6.00	0.00	15.00	14.40	3.20
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	16.80	13.20	3.60
8.00	0.00	18.00	12.50	5.70
9.00	0.00	19.20	11.30	9.00
10.00	0.00	20.60	10.60	10.50
11.00	0.00	21.70	7.80	11.80
12.00	0.00	22.50	5.20	12.70
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
1:	1000.0	0.00	2083.3	2.60	3919.1	7.60
3:	961.5	0.00	1851.9	2.47	4135.3	6.54
2:	781.2	0.00	2250.2	2.28	3792.9	5.62
2:	694.4	0.00	1851.9	2.05	4176.1	6.19

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
1:	1000.0	1.48	2083.3	7.64	3919.1
3:	961.5	1.39	1851.9	5.61	4135.3
2:	781.2	0.95	2250.2	5.61	3792.9
2:	694.4	0.77	1851.9	5.04	4176.1

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	3	1	2	2	2	15.00	9
2	2	3	2	2	2	15.00	4

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	0.62	1.02	1.44
2	4.11	6.64	9.10

GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

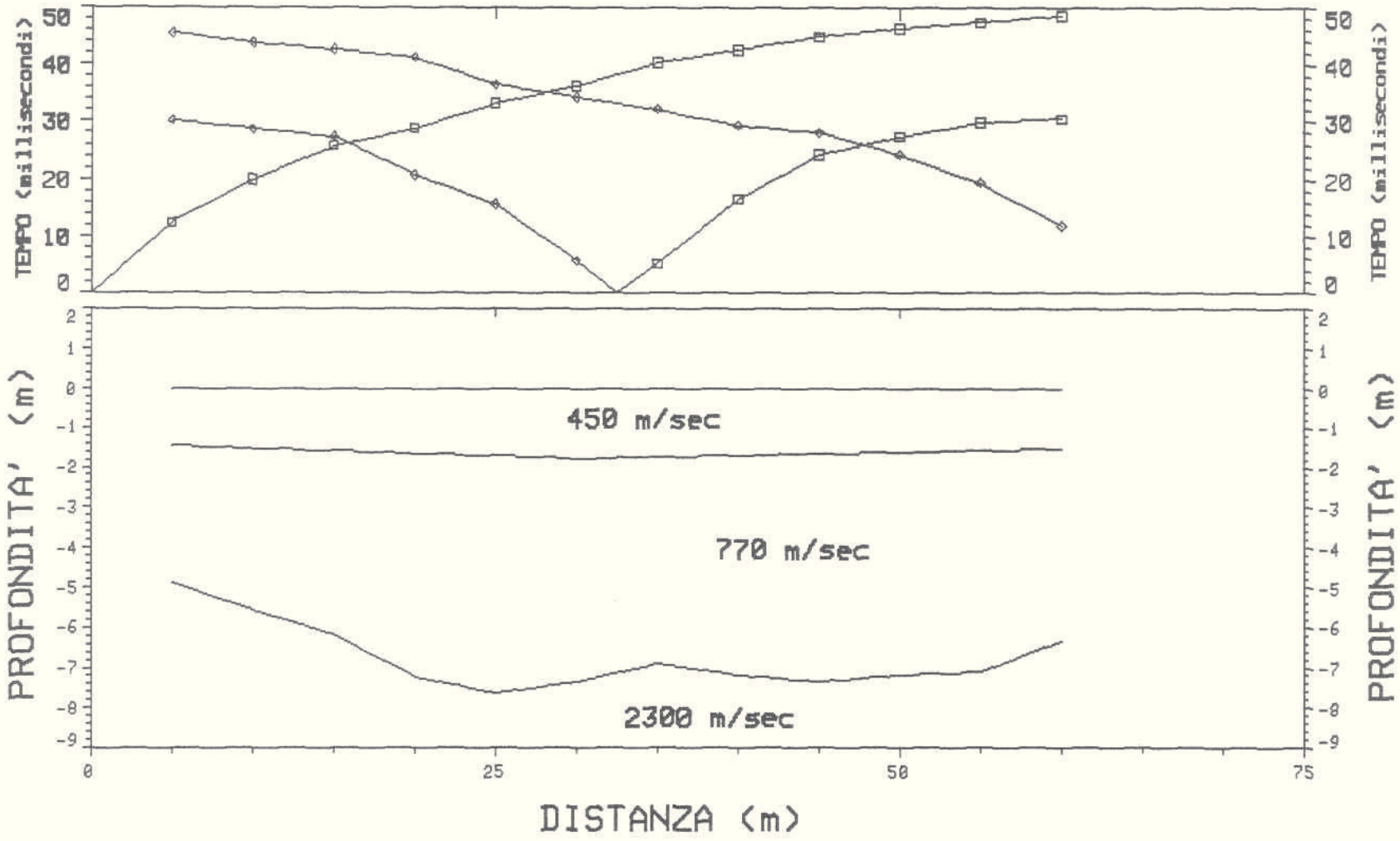
S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	1000.00	2083.33	3919.13		1.300	3.802	
2.00	947.57	2076.87	3901.13		1.257	3.802	
3.00	895.14	2070.41	3901.13		1.213	3.852	
4.00	842.71	2063.95	3901.13		1.170	3.927	
5.00	790.28	2057.49	3901.13		1.127	4.227	
6.00	737.85	2051.03	3901.13		1.083	4.602	
7.00	775.13	2017.84	4088.84		1.108	4.033	
8.00	812.41	1984.64	4182.69		1.133	3.761	
9.00	849.69	1951.44	4182.69		1.158	3.949	
10.00	886.97	1918.25	4182.69		1.183	3.986	
11.00	924.26	1885.05	4182.69		1.208	3.899	
12.00	961.54	1851.85	4135.34		1.233	3.271	

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	1000.00	2083.33	3919.13		1.482	7.310	
2.00	947.57	2076.87	3901.13		1.338	7.306	
3.00	895.14	2070.41	3901.13		1.204	7.416	
4.00	842.71	2063.95	3901.13		1.080	7.589	
5.00	790.28	2057.49	3901.13		0.964	8.308	
6.00	737.85	2051.03	3901.13		0.857	9.205	
7.00	775.13	2017.84	4088.84		0.930	7.553	
8.00	812.41	1984.64	4182.69		1.009	6.742	
9.00	849.69	1951.44	4182.69		1.093	7.026	
10.00	886.97	1918.25	4182.69		1.184	6.973	
11.00	924.26	1885.05	4182.69		1.281	6.659	
12.00	961.54	1851.85	4135.34		1.388	5.255	



for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Basci Albisola-Savona
Data SetALBIS10 / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 27	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS10

CLIENT: A.N.A.S.
LOCATION: Basci
COUNTY: Albisola-Savona
PROJECT: Variante Aurelia
SOURCE: Massa battente

DATE: NOV. 2001
LINE NO.: 27
AZIMUTH: -
G-SPACING: 5.00 m
EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	46.95	
2	E	34.25	31.92

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	12.50	45.40	30.20
2.00	0.00	20.00	43.70	28.60
3.00	0.00	25.70	42.50	27.40
4.00	0.00	28.80	41.20	20.80
5.00	0.00	33.20	36.50	15.70
6.00	0.00	36.30	34.30	5.70
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	40.30	32.20	5.20
8.00	0.00	42.50	29.40	16.70
9.00	0.00	44.70	28.00	24.20
10.00	0.00	46.20	24.30	27.40
11.00	0.00	47.20	19.50	29.80
12.00	0.00	48.50	12.00	30.60
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		
1:	400.0	0.00	757.6	6.20	1362.4	14.51	3312.8	30.58
3:	416.7	0.00	813.0	6.30	2154.8	18.15	3290.5	27.23
2:	480.8	0.20	854.7	6.68	3571.4	22.43		
2:	447.0	-0.16	666.7	5.45	2870.9	21.22		

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:	400.0	1.46	757.6	5.25	1362.4	17.26	3312.8
3:	416.7	1.53	813.0	6.73	2154.8	19.68	3290.5
2:	480.8	1.94	854.7	8.88	3571.4		
2:	447.0	1.64	666.7	7.05	2870.9		

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	2	1	2	2	2	15.00	3
2	2	3	2	2	2	15.00	4

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	1.54	1.82	2.16
2	3.15	4.38	5.44

GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

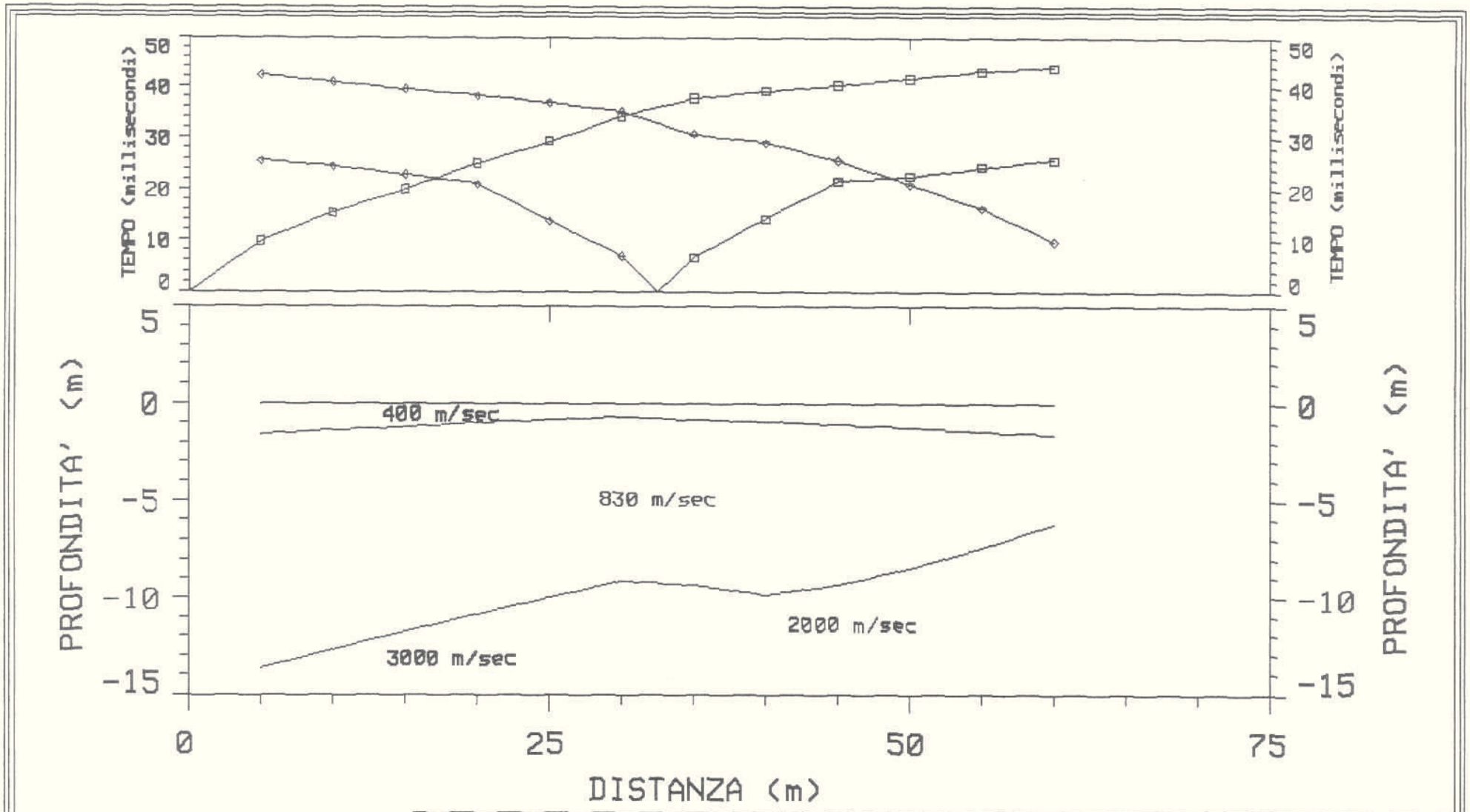
S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	400.00	757.58	1362.40		3.100	7.255	15.292
2.00	412.78	758.20	1941.72		3.086	8.513	15.140
3.00	425.55	758.82	1941.72		3.073	9.213	14.987
4.00	438.33	759.44	1941.72		3.059	10.388	14.835
5.00	451.11	760.06	1941.72		3.045	10.863	14.683
6.00	463.88	760.68	3221.16		3.031	10.913	14.531
7.00	456.01	769.40	2309.44		3.051	10.040	14.379
8.00	448.14	778.13	2309.44		3.071	10.315	14.226
9.00	440.28	786.85	2309.44		3.091	10.490	14.074
10.00	432.41	795.57	2309.44		3.110	10.240	13.922
11.00	424.54	804.29	2309.44		3.130	10.090	13.770
12.00	416.67	813.01	2154.77		3.150	9.077	13.617

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	400.00	757.58	1362.40		1.460	4.892	
2.00	412.78	758.20	1941.72		1.519	5.569	
3.00	425.55	758.82	1941.72		1.579	6.189	
4.00	438.33	759.44	1941.72		1.642	7.203	
5.00	451.11	760.06	1941.72		1.707	7.640	
6.00	463.88	760.68	3221.16		1.774	7.354	
7.00	456.01	769.40	2309.44		1.727	6.890	
8.00	448.14	778.13	2309.44		1.683	7.163	
9.00	440.28	786.85	2309.44		1.642	7.357	
10.00	432.41	795.57	2309.44		1.602	7.195	
11.00	424.54	804.29	2309.44		1.565	7.114	
12.00	416.67	813.01	2154.77		1.528	6.337	



for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Basci Albisola-Savona
Data SetALBIS10B / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 28	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS10B

CLIENT: A.N.A.S.
LOCATION: Basci
COUNTY: Albisola-Savona
PROJECT: Variante Aurelia
SOURCE: Massa battente

DATE: NOV. 2001
LINE NO.: 28
AZIMUTH: -
G-SPACING: 5.00 m
EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	43.00	
2	E	30.72	29.42

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	9.80	42.20	25.50
2.00	0.00	15.30	40.80	24.40
3.00	0.00	20.00	39.40	22.80
4.00	0.00	25.00	38.20	21.00
5.00	0.00	29.40	36.80	13.60
6.00	0.00	34.20	35.30	7.00
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	37.70	30.80	6.60
8.00	0.00	39.20	29.20	14.20
9.00	0.00	40.30	25.60	21.50
10.00	0.00	41.70	21.00	22.60
11.00	0.00	43.00	16.20	24.30
12.00	0.00	43.80	9.80	25.80
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		
1:	510.2	0.00	1033.7	5.35	3849.1	28.59		
3:	510.2	0.00	965.5	5.26	1647.6	13.59	3668.8	25.84
2:	357.1	0.00	714.3	3.37	3311.3	17.38		
2:	378.8	0.00	671.1	2.92	3424.7	17.71		

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:	510.2	1.57	1033.7	14.04	3849.1		
3:	510.2	1.58	965.5	6.54	1647.6	17.83	3668.8
2:	357.1	0.69	714.3	5.82	3311.3		
2:	378.8	0.67	671.1	5.73	3424.7		

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

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

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	0.73	1.18	1.67
2	6.17	6.76	7.47

GRM TIME-DEPTH SECTION VELOCITY ANALYSIS:

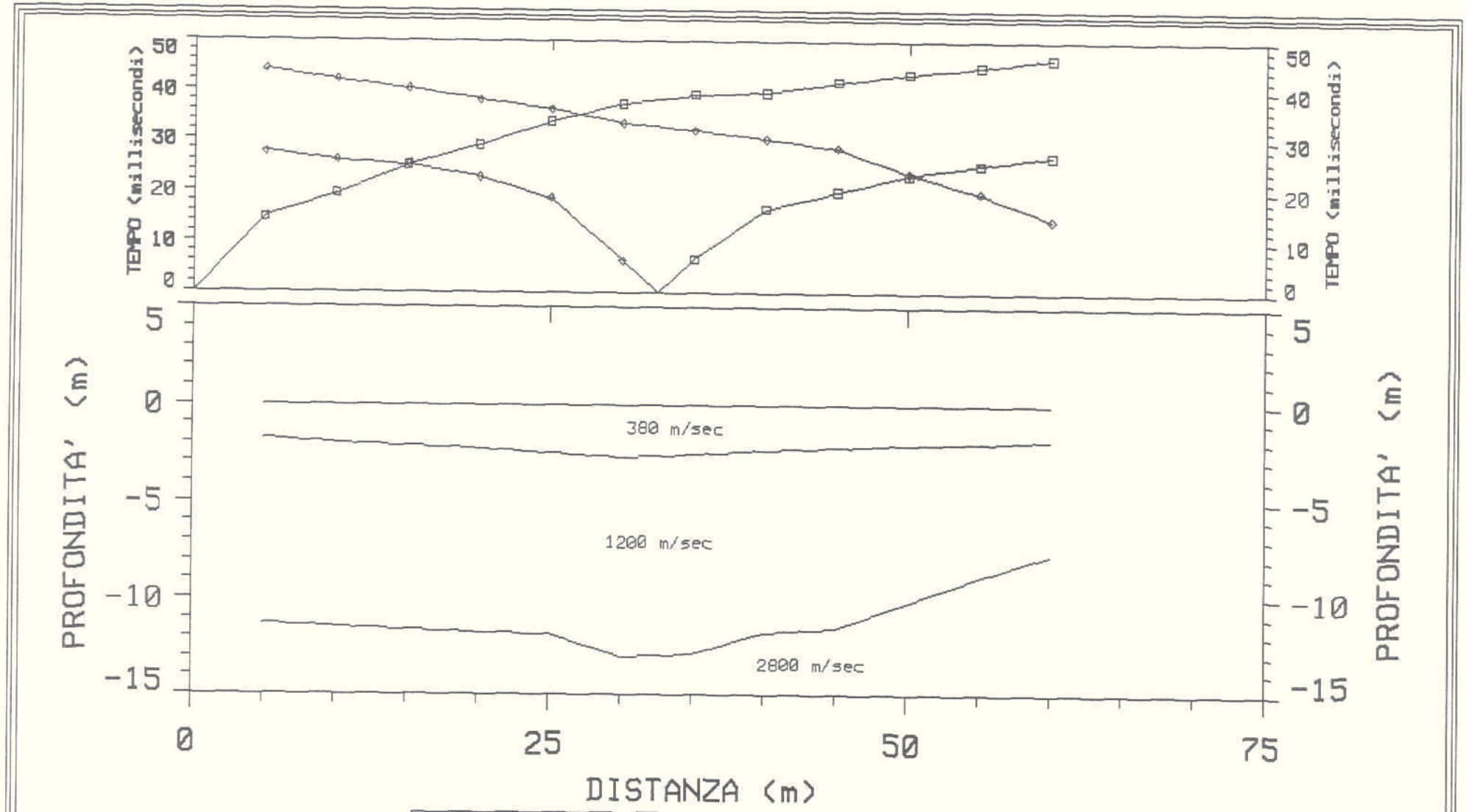
S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), T-D: TIME-DEPTH (msec)

S-N	V1	V2	V3	V4	T-D1	T-D2	T-D3
1.00	510.20	1033.67	3849.07		2.677	14.293	
2.00	481.76	965.48	3475.29		2.456	14.085	
3.00	453.31	897.29	3101.52		2.235	13.876	
4.00	424.86	829.10	2727.74		2.014	13.667	
5.00	396.41	760.90	2353.96		1.794	13.459	
6.00	367.97	692.71	1980.19		1.573	13.250	
7.00	391.67	738.17	1980.19		1.750	12.750	
8.00	415.38	783.64	1980.19		1.926	12.700	
9.00	439.08	829.10	1980.19		2.103	11.450	
10.00	462.79	874.56	1869.34		2.279	9.898	
11.00	486.50	920.02	1758.49		2.456	8.346	
12.00	510.20	965.48	1647.64		2.632	6.794	12.918

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	510.20	1033.67	3849.07		1.570	13.635	
2.00	481.76	965.48	3475.29		1.365	12.700	
3.00	453.31	897.29	3101.52		1.174	11.779	
4.00	424.86	829.10	2727.74		0.997	10.874	
5.00	396.41	760.90	2353.96		0.833	9.989	
6.00	367.97	692.71	1980.19		0.683	9.132	
7.00	391.67	738.17	1980.19		0.808	9.342	
8.00	415.38	783.64	1980.19		0.944	9.886	
9.00	439.08	829.10	1980.19		1.088	9.336	
10.00	462.79	874.56	1869.34		1.243	8.462	
11.00	486.50	920.02	1758.49		1.408	7.416	
12.00	510.20	965.48	1647.64		1.582	6.164	



for: A.N.A.S.	Variante Aurelia
by: Dr. D. Cruciani -Roma -	Basci Albisola-Savona
Data SetALBIS10C / Date: NOV. 2001	
Equipment: PASI / Spread: 29	Azimuth: -

DATA SET: ALBIS10C

CLIENT: A.N.A.S.
LOCATION: Basci
COUNTY: Albisola-Savona
PROJECT: Variante Aurelia
SOURCE: Massa battente

DATE: NOV. 2001
LINE NO.: 29
AZIMUTH: -
G-SPACING: 5.00 m
EQUIPMENT: PASI

REFRACTION SHOT PARAMETERS:

TYPE	NUMBER	STATION	ELEV (m)	DEPTH (m)	UPHOLE ---TIME	DELAY (msec)---	No. PTS
A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
B	3	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12
E	2	6.50	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

RECIPROCAL TIME INFORMATION:

SHOT	TYPE	RECIPROCAL TIMES (msec)	
3	B	45.25	
2	E	32.90	29.88

TYPE:	A	B
SHOT:	1	3

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
0.00	0.00	SHOT		
1.00	0.00	14.80	44.00	27.50
2.00	0.00	19.50	42.10	26.00
3.00	0.00	25.00	40.30	25.10
4.00	0.00	29.00	38.20	22.80
5.00	0.00	33.80	36.20	18.60
6.00	0.00	37.40	33.50	6.30
6.50	0.00			SHOT

OBSERVED TRAVEL TIMES (msec)

STATION No.	ELEVATION (m)	SHOT- 1 1	SHOT- 2 3	SHOT- 3 2
7.00	0.00	39.20	32.00	6.60
8.00	0.00	39.70	30.40	16.70
9.00	0.00	41.80	28.50	20.00
10.00	0.00	43.50	23.60	23.20
11.00	0.00	44.80	19.80	25.20
12.00	0.00	46.50	14.60	27.00
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
1:	337.8	0.00	1052.6	10.17	3205.2	27.71
3:	342.5	0.00	1098.9	10.25	2533.8	20.35
2:	403.7	0.04	1190.5	12.30	3927.3	20.51
2:	455.1	0.44	1538.5	11.84	3066.7	17.86

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
1:	337.8	1.81	1052.6	11.59	3205.2
3:	342.5	1.85	1098.9	8.00	2533.8
2:	403.7	2.64	1190.5	7.77	3927.3
2:	455.1	2.82	1538.5	8.18	3066.7

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	3	1	2	2	2	0.00	5

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	1.15	1.41	1.72
2	5.61	8.40	11.16

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	337.84	1052.63	3205.25		5.085	13.853	
2.00	356.15	1115.00	3086.98		5.275	13.484	
3.00	374.47	1177.37	2968.72		5.465	13.114	
4.00	392.78	1239.73	2850.45		5.655	12.744	
5.00	411.10	1302.10	2732.19		5.845	12.375	
6.00	429.41	1364.47	2732.19		6.035	12.825	
7.00	414.92	1320.21	2732.19		5.884	12.975	
8.00	400.43	1275.95	2732.19		5.732	12.425	
9.00	385.94	1231.69	2732.19		5.580	12.525	
10.00	371.45	1187.42	2666.06		5.428	11.741	
11.00	356.96	1143.16	2599.92		5.277	10.957	
12.00	342.47	1098.90	2533.79		5.125	10.173	

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	337.84	1052.63	3205.25		1.814	11.302	
2.00	356.15	1115.00	3086.98		1.983	11.493	
3.00	374.47	1177.37	2968.72		2.159	11.644	
4.00	392.78	1239.73	2850.45		2.342	11.758	
5.00	411.10	1302.10	2732.19		2.533	11.841	
6.00	429.41	1364.47	2732.19		2.730	13.039	
7.00	414.92	1320.21	2732.19		2.572	12.900	
8.00	400.43	1275.95	2732.19		2.417	11.729	
9.00	385.94	1231.69	2732.19		2.268	11.523	
10.00	371.45	1187.42	2666.06		2.123	10.188	
11.00	356.96	1143.16	2599.92		1.983	8.926	
12.00	342.47	1098.90	2533.79		1.847	7.737	

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

Progetto Esecutivo "Hub di Savona"

ANNO 2010

Committente:

LETIMBRO s.c. a r.l.

Indagini geognostiche per il progetto esecutivo della S.S. 1 Nuova Aurelia tra il Torrente Letimbro (Savona) ed Albisola Superiore

ALLEGATO FASCICOLO AL RAPPORTO DESCRITTIVO CONCLUSIVO: INDAGINI GEOFISICHE



Emissione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
Ed. 01 Rev. 00	14 Maggio 2010	Dr. Geol. G. Lombardi	Dr. Geol. F. Alpino	Dr. Geol. E.Isetta

terra srl indagini geognostiche - servizi di geologia tecnica e geofisica applicata per l'ingegneria
17047 Vado Ligure (SV) Via Piave, 33 Tel. +39 019.880440 Fax +39 019.880441 e-mail: terrageo@tin.it
Sede legale: 17100 Savona Via Ratti, 1/16 Cap. Sociale € 93.600,00 i.v. Reg. delle Imprese C.C.I.A.A. Savona Codice Fiscale e Partita Iva 01094630090

INDICE

1. PREMESSA **3**

2. PROSPEZIONI GEOFISICHE: STENDIMENTI SISMICI TOMOGRAFICI AD ALTA DEFINIZIONE 3

2.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE *3*
2.1.1. Tecnica di modellizzazione "intercept – time" *4*
2.1.2. Cenni sulla tecnica di modellizzazione tomografica dei dati sismici *4*
2.2. MODALITÀ OPERATIVE *5*
2.3. RISULTANZE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE SISMICA *7*
2.3.1. Stendimento sismico T1, onde "p" e onde "s" 7
2.3.2. Stendimento sismico T2_1, onde "p" e onde "s" 8
2.3.3. Stendimento sismico T2_2, onde "p" e onde "s" 8
2.3.4. Stendimento sismico T3, onde "p" e onde "s" 9
2.3.5. Stendimento sismico T4, onde "p" e onde "s" 9
2.3.6. Stendimento sismico T5, onde "p" e onde "s" 10
2.3.7. Stendimento sismico T6, onde "p" e onde "s" 10
2.3.8. Stendimenti sismici T7 e T8, onde "p" e onde "s" 11
2.3.9. Stendimento sismico T9, onde "p" e onde "s" 11
2.3.10. Stendimento sismico T10, onde "p" e onde "s" 12
2.3.11. Stendimento sismico T11, onde "p" e onde "s" 12
2.3.12. Stendimento sismico T12, onde "p" e onde "s" 13
2.3.13. Stendimento sismico T13, onde "p" e onde "s" 14

ALLEGATI

Stendimenti sismici T1, T2_1, T2_2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13: planimetrie, modelli finali di distribuzione delle onde di pressione, modelli finali di distribuzione delle onde di taglio, scale varie.

1. PREMESSA

La società a responsabilità limitata “Letimbro s.c.ar.l.” ha incaricato la società TERRA s.r.l. di Vado Ligure di eseguire una campagna di indagini geognostiche a supporto del progetto esecutivo della “Nuova Aurelia” nel tratto Savona – Albisola Superiore.
Nell’ambito della campagna in questione sono stati commissionati n° 14 stendimenti sismici ad alta definizione, ovvero acquisiti ed elaborati in modalità tomografica. Presso ognuno di essi sono state generate con appositi strumenti di contrasto, nonché registrate con specifici geofoni orizzontali e verticali, sia le onde di pressione (“p”) che le onde di taglio (“s”); successivamente sono stati restituiti i modelli di distribuzione delle velocità di entrambe le tipologie di perturbazioni elastiche, per un totale complessivo di 28 elaborati finali.
La presente relazione conclusiva descrive brevemente le modalità esecutive e gli esiti delle indagini sismiche eseguite.

2. PROSPEZIONI GEOFISICHE: STENDIMENTI SISMICI TOMOGRAFICI AD ALTA DEFINIZIONE

Le caratteristiche specifiche della campagna di indagine, sia relativamente all’acquisizione delle onde di superficie che di taglio, sono riportate nella tabella seguente.

data acquisizione	linea	n° geofoni	L g_{primo} - g_{ultimo} (m)	offset (m)	L_{totale} (m)	n° shot points	$g_{spacing}$ (m)
03.05.10	T1	24	115	(35) 5	160	10	5
22.04.10	T2_1	12	77	3	83	5	7
22.04.10	T2_2	12	77	5	87	5	7
29.04.10	T3	12	33	4	41	5	3
29.04.10	T4	12	44	3	50	5	4
29.04.10	T5	12	52 (2 tra g_1 e g_2)	15-12	79	5	5
28.04.10	T6	12	44	3	50	5	4
22.04.10	T7	12	44	3	50	5	4
28.04.10	T8	12	44	3	50	5	4
28.04.10	T9	12	44	5	54	5	4
28.04.10	T10	12	44	8	60	5	4
29.04.10	T11	15	70	7	84	6	5
29.04.10	T12	12	44	3	50	5	4
28.04.10	T13	12	44	3	50	5	4

Lo sviluppo complessivo totale, quindi, è pari a 948 m in onde “p” e 948 m in onde “s”.
sebbene non richiesto dalla Committenza, il *processing* in modalità tomografica è stato affiancato da un’elaborazione speditiva in modalità tradizionale (con tecnica “Intercept Time”) al fine di poter effettuare un controllo sull’affidabilità dei risultati ottenuti utilizzando il codice di calcolo “SeisOpt Pro” per l’elaborazione tomografica (si legga nel seguito).
Nei prossimi capitoli si descriveranno brevemente i metodi utilizzati ed i risultati ottenuti.

2.1. METODOLOGIA D’INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.
Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori (*geofoni*) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel terreno a seguito della generazione dell’onda elastica; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest’ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i “sismogrammi” sotto forma di *files*.

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (± mV) sull'asse verticale.
La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (le riflessioni, nel presente metodo, non vengono considerate).
Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto percorso sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia.
La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.
La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione, ecc.) è definita volta per volta in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e del fine dell'indagine.
Le velocità sismiche sono proporzionali al grado di addensamento dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

2.1.1. Tecnica di modellizzazione "intercept – time"

Il metodo permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento geofonico fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 – 1/4 dello sviluppo lineare dello stesso, intendendo per "sviluppo lineare" la distanza tra il primo e l'ultimo geofono.
Il metodo presuppone come elemento imprescindibile alla base della trattazione un incremento della velocità di propagazione delle onde elastiche con la profondità: non potranno essere individuate eventuali inversioni di velocità.
I tempi impiegati dagli impulsi elastici per percorrere, in via diretta o attraverso fenomeni di rifrazione, lo spazio compreso tra il punto sorgente ed i geofoni sono graficati su diagrammi (dromocrone) nei quali risultano leggibili le posizioni dei singoli geofoni in ascisse (proiettate sul piano orizzontale) ed i tempi - espressi in millesimi di secondo - in ordinate.
Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità - inizialmente "apparenti" e successivamente reali - di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici a vari stadi di profondità.
I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi - intercetta, alla pendenza delle curve in dromocrona ed alle variazioni di tempo sulle stesse, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei singoli livelli rifrangenti fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.
Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione degli spessori degli orizzonti sismici al di sotto dello sviluppo della stesa può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

2.1.2. Cenni sulla tecnica di modellizzazione tomografica dei dati sismici

Negli ultimi anni le tecniche d'acquisizione ed elaborazione di dati geofisici con metodi tomografici hanno trovato ampia utilizzazione e diffusione in campo ambientale e geotecnico, poiché in questi settori le problematiche sono spesso legate all'investigazione del primo sottosuolo con la richiesta di una risoluzione molto spinta.
Il metodo sismico tomografico costituisce una tecnica geofisica particolarmente utile per la ricostruzione della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nel terreno. L'elevato potere risolutivo del metodo ne consente l'applicazione in svariati campi, quali:

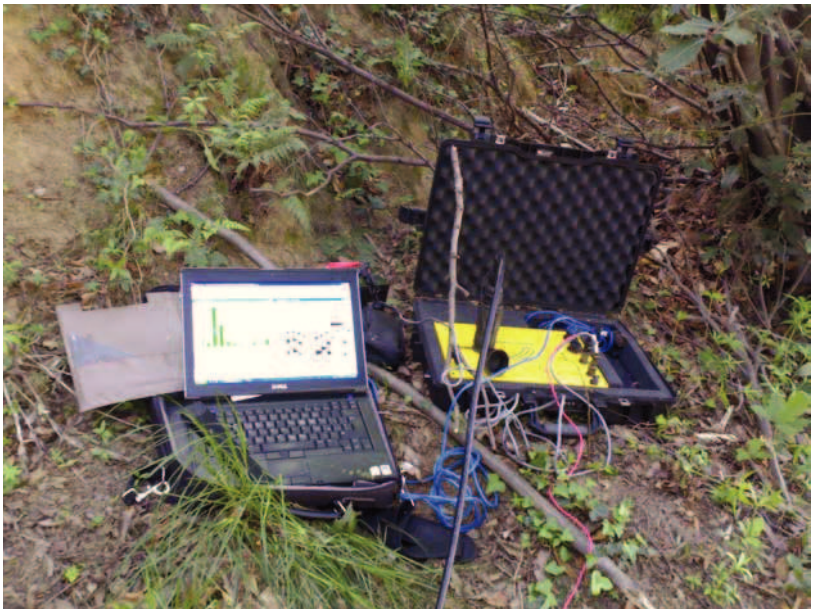
- indagini archeologiche,
- valutazione delle condizioni strutturali di manufatti,
- ricostruzione di strutture geologiche molto complesse in cui sia necessario individuare le geometrie strutturali con grande precisione,
- individuazione di anomalie di velocità (cavità, fratture, porzioni ammalorate all'interno di ammassi rocciosi).

L'apporto significativo di informazioni ottenibili attraverso la metodologia di prospezione sismica tomografica non trova riscontro nelle tecniche di elaborazione tradizionali, il cui utilizzo resta comunque di

importanza cruciale per una corretta definizione dei parametri di input, e costituisce un elemento integrativo di grande importanza per la ricostruzione di dettaglio di strutture sepolte complesse.
Il metodo consiste in una particolare e complessa modalità di acquisizione, trattamento e rappresentazione grafica di dati di carattere sismico, il cui risultato finale fornisce una mappatura dettagliata della variazione dei valori di velocità sismica in una sezione piana contenente sia le sorgenti energizzanti che i sensori di misura.
Poiché le caratteristiche meccaniche di un materiale influenzano in modo determinante la velocità con cui un'onda elastica si propaga al suo interno, ne consegue che tanto più è dettagliata e precisa la conoscenza della distribuzione dei valori di velocità, tanto più definita è la caratterizzazione fisico - meccanica del materiale indagato.
Le velocità di propagazione delle onde elastiche vengono valutate attraverso la misura dei tempi di percorrenza necessari alle onde stesse per propagarsi dalle sorgenti (posizionate in superficie e/o in foro) ai sensori (geofoni da foro e/o da superficie).
Il piano verticale che interseca la superficie topografica lungo lo stendimento sismico viene suddiviso dal software di elaborazione, fino alla massima profondità di investigazione e limitatamente al campo coperto dai "*ray – paths*", in celle elementari le cui dimensioni sono condizionate dalla spaziatura tra i sensori e dalla quantità di sorgenti di energizzazione disponibili.
Il processo prevede normalmente l'assunzione di un "modello sintetico" di partenza (*pseudosezione*) che viene confrontato in termini di velocità delle singole celle con i dati acquisiti. Il programma di calcolo utilizzato nello specifico non impone questo vincolo, partendo infatti con una "perturbazione" mirata di un modello di partenza isotropo e valutando quantitativamente, in occasione di ogni iterazione, la discrepanza tra il modello di partenza ed i dati sperimentali, procedendo quindi a variare i parametri del modello secondo un processo iterativo fino al raggiungimento di valori prefissati di opportune grandezze geometriche e/o fisiche: il modello, infatti, può essere confinato tramite l'imposizione di vincoli quali la velocità minima e massima dei materiali in oggetto ed altri di natura geometrica che interessano il modello di acquisizione.
Per l'elaborazione tomografica è stato utilizzato il software SeisOptPro prodotto da OPTIM Software, USA.

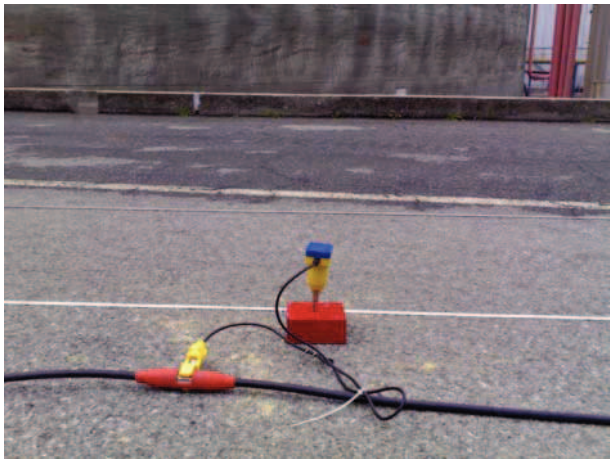
2.2. MODALITÀ OPERATIVE

Il rapporto segnale/disturbo è risultato estremamente variabile sito per sito, ovviamente problematico in ambito urbano: attraverso una scelta accurata degli istanti di acquisizione è stato in ogni caso possibile ottenere uno standard di indagine qualitativamente soddisfacente.
La generazione delle onde di compressione "p" e delle onde di taglio "s" è avvenuta mediante idonei strumenti di contrasto, utili per enfatizzare prevalentemente la propagazione delle due specifiche tipologie di perturbazione elastica.
La registrazione dei dati é stata effettuata mediante un sismografo Seismic Source "DaqLink III" di ultima generazione, corredato di pc portatile, cavi multipolari e geofoni verticali SunFull 40 Hz ed orizzontali Mark Products da 14 Hz.

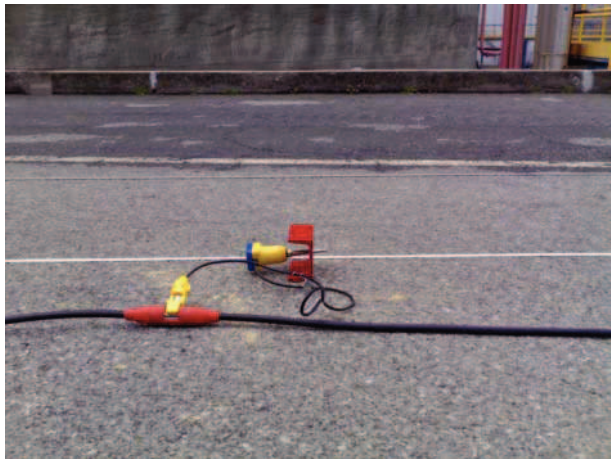


Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

Nel caso di stendimenti realizzati su asfalto o comunque su terreni in cui non è risultato possibile infiggere le punte dei geofoni, i sensori verticali da 40 Hz sono stati utilizzati anche per l'acquisizione delle onde di taglio abbinandoli ad apposite basi di supporto e quindi disponendoli orizzontalmente sul terreno, così come visibile in foto.



Acquisizione onde "p": geofono 40 Hz disposto verticalmente



Acquisizione onde "s": geofono 40 Hz disposto orizzontalmente

La registrazione e la lettura dei primi arrivi delle onde di compressione "p" e di taglio "s" é stata effettuata mediante utilizzo di software "Vibrascope – Seismic Data Acquisition System" proprietario Seismic Source.
I tempi zero di energizzazione sono stati rilevati mediante l'utilizzo di sensore *hammer-switch* vincolato alla massa battente.

2.3. RISULTANZE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE SISMICA

La finalità specifica dell'indagine è rappresentata essenzialmente dal conseguimento di informazioni relative alle variazioni anche minime delle velocità di propagazione delle onde "p" ed "s", associabili a differenti condizioni fisico – meccaniche del sottosuolo, ed in ultimo alla ricostruzione dell'assetto sismostratigrafico (traducibile in assetto stratigrafico) presso ogni sito.
Ai valori delle velocità sismiche misurate è stato inizialmente possibile associare un significato nei riguardi del grado di compattezza dei materiali sulla base delle evidenze geomorfologiche e di quanto osservabile in affioramento. In una seconda fase la bontà della "taratura" del dato geofisico (intesa in termini di associazione di un "significato fisico" ai range di velocità individuati) ha trovato ulteriori possibilità di raffinamento attraverso il confronto con i risultati delle indagini dirette (perforazioni geognostiche).
Nel seguito si riporta una breve descrizione dei risultati ottenuti sito per sito.
Per un'analisi di dettaglio si rimanda in ogni caso alle sezioni sismiche tomografiche interpretate, riportate in allegato.

2.3.1. Stendimento sismico T1, onde "p" e onde "s"





Lo stendimento copre una lunghezza notevole: 115 m tra i geofoni, con shot esterni simmetrici a distanza di 5.0 m dal primo e dall'ultimo geofono e, in aggiunta, uno shot in offset all'esterno del geofono 1 e a distanza molto elevata dallo stesso: 40 m (eseguito presso il marciapiede lato Ovest di Via Torino).
Proprio la presenza di un punto di energizzazione così distante dalla linea ha determinato alcuni scompensi al modello tomografico, che è risultato inizialmente affetto da notevoli difetti di bordo in particolare nella prima metà dello stendimento.
Si è quindi provveduto ad effettuare delle correzioni grafiche manuali (consentite dal software per la tomografia sismica), evitando di modificare l'assetto sismostratigrafico individuato anche grazie alla "traccia" fornita dall'elaborazione di supporto in modalità tradizionale (modellizzazione con tecnica "Delay Time").
Il modello, nonostante i già citati difetti di bordo (si tenga anche conto dei disturbi dovuti all'esigenza di mantenere pre-amplificazioni elevate a causa della lunghezza della stesa, nonostante l'intenso disturbo dovuto al traffico) risulta assolutamente affidabile: al di sotto dell'insieme costituito dai riporti e dai depositi alluvionali sciolti (potente complessivamente 4.0 m - 5.0 m) compaiono alluvioni in condizioni di densità medio - elevata (Vp = 800 - 1000 m/s)
Il modello in onde p indica chiaramente, inoltre, il passaggio a condizioni di completa saturazione dovute alla presenza della falda di subalveo di pertinenza del torrente Letimbro: ciò avviene in corrispondenza del passaggio al colore giallo, ovvero alla profondità di circa 8.0 m - 9.0 m dal piano campagna.

2.3.2. Stendimento sismico T2_1, onde “p” e onde “s”





La concordanza tra le sismosezioni in onde "p" e "s" è soddisfacente. Il passaggio ai colori giallo-arancio-rosso, al di sotto dei limi pliocenici ben addensati, è ben associabile alle brecce cementate, il passaggio al viola (solo alla massima profondità presso l'estremo di monte) indica il probabile passaggio ad un grado di maggiore cementazione in seno alle brecce.
Buona anche la concordanza con il sondaggio SG4, realizzato alla base della scarpata (intorno alle pp.mm. 50-55).
La pre - elaborazione in modalità tradizionale (“Delay Time”) ha consentito di raggiungere profondità superiori rispetto all’elaborazione tomografica: presso l’estremo di monte dello stendimento è stata individuata la probabile interfaccia tra le brecce cementate ed il bedrock costituito dagli gneiss del basamento cristallino: essa risulta presente alla profondità di 25.0 m dal piano campagna. Il contatto è stato riportato, così come individuato sia dall’elaborazione sismica che dalla perforazione SG4, nella sezione presente in Allegato 2.

2.3.3. Stendimento sismico T2_2, onde “p” e onde “s”



Verosimilmente gli orizzonti sub-litoidi e litoidi immergono decisamente procedendo verso valle: lo stendimento non li individua. Si rileva unicamente la presenza di “nuclei” a maggior densità, confinati molto probabilmente entro i limi pliocenici.

2.3.4. Stendimento sismico T3, onde “p” e onde “s”





Considerando le condizioni logistiche ed ambientali, il risultato è assolutamente soddisfacente: l'ubicazione e la profondità della tombinatura sono perfettamente individuabili grazie alla "sacca" di materiali a bassa velocità (Allegato 4, in azzurro - blu: riempimenti) presente nella seconda metà dello stendimento.
Dai dati sismici, il fondo della tombinatura dovrebbe trovarsi alla quota assoluta di 32.0 - 33.0 m s.l.m..
L'ubicazione più probabile dell'asse della tombinatura (l’orientazione è invece indicativa) è stata riportata in planimetria.

2.3.5. Stendimento sismico T4, onde “p” e onde “s”





Lo stendimento è stato registrato presso la bocciofila di Via Famagosta, con direzione di sviluppo suborthogonale all'asse dell'impluvio tombinato.
E’ stato ben individuato l’assetto del bedrock, che risale verso i fianchi della valle ed immerge a centro stesa fino a profondità superiori al limite di investigazione.
I materiali costituenti la colmata della valletta risultano essere in condizioni di densità crescente con la profondità e verosimilmente molto umidi – saturi a partire da 4.0 m- 5.0 m dal piano campagna.

2.3.6. Stendimento sismico T5, onde “p” e onde “s”



Si nota chiaramente come il bedrock "sano" sia stato intercettato sono nel terzo di monte e oltre i 7 - 8 m di profondità dal piano campagna: probabilmente il basamento cristallino (gneiss) immerge in maniera decisa verso mare.
Raffrontando i risultati in onde "p" ed in onde "s" si desume che la "zona" di colore verde, presente nella sezione in onde "p" ed associabile a velocità nell'ordine dei 1200-1400 m/s, è verosimilmente riconducibile a terreni saturi (falda e/o ingressione del cuneo salino) e non ad un reale aumento di densità associabile al passaggio a condizioni sub-litoidi. Essa, infatti, non trova riscontro (in termini di incremento di velocità) nella sismostratigrafia in onde "s". Il modello in onde di taglio conferma invece la risalita del bedrock verso la porzione di monte dello stendimento fino a profondità di 7.0 - 8.0 m dal piano campagna.
Tale dato risulta inoltre coerente con i risultati del sondaggio SG6.

2.3.7. Stendimento sismico T6, onde “p” e onde “s”



Lo stendimento è stato realizzato in sponda sinistra del rio Termine, a mezza costa.

Le coperture eluviali e detritiche, di notevole densità considerando le velocità elevate, appaiono di potenza ridotta (circa 2.0 m). A maggiori profondità, verosimilmente, esse "sfumano" nell'orizzonte superiore del substrato metamorfico che risulta con ogni probabilità scompaginato e variabilmente alterato nei primi metri.
Il bedrock in condizioni geomeccaniche discrete - buone inizia ad essere presente a partire da profondità pari a circa 5.0 m dal piano campagna.

2.3.8. Stendimenti sismici T7 e T8, onde “p” e onde “s”





Gli stendimenti sono stati realizzati presso “Villa La Pineta” così come osservabile in planimetria (Allegato 8).
Le coperture sciolte sono di potenza limitata (max 2.0 m circa). A maggiori profondità si individua il bedrock metamorfico che, sulla base delle velocità delle onde “p” e “s”, risulta probabilmente in condizioni geomeccaniche scadenti - discrete (intensamente fratturato, parzialmente alterato) fino a profondità pari a 5.0 m - 6.0 m dal piano campagna. Oltre tali quote si individuano velocità tipiche di caratteristiche geomeccaniche buone (Vp> 1700-1800 m/s).
In corrispondenza del punto di incrocio la sovrapponibilità dei risultati dei due stendimenti sismici è ottima, a riprova dell’affidabilità dei risultati ottenuti.

2.3.9. Stendimento sismico T9, onde “p” e onde “s”



Lo stendimento è stato realizzato in sponda destra del rio Basci, a mezza costa.
Le coltri eluviali – detritiche sono potenti nel complesso 3.0 - 4.0 m e risultano "veloci": è probabilmente presente uno scheletro grossolano ben rappresentato e di conseguenza il passaggio all'orizzonte superiore del bedrock non risulta netto bensì graduale.
Le velocità dell'orizzonte superiore del bedrock sono tipiche di ammassi rocciosi disarticolati ed almeno in parte alterati, in condizioni geomeccaniche verosimilmente scadenti.
Parametri associabili a condizioni geomeccaniche discrete - buone a carico del substrato metamorfico sono presenti a partire da profondità di circa 6.0 - 7.0 m dal piano campagna.

2.3.10. Stendimento sismico T10, onde "p" e onde "s"





Lo stendimento è stato realizzato in corrispondenza del previsto imbocco "Est" della galleria "Basci".
L'insieme costituito dai riporti, dalle coltri eluvio – colluviali e verosimilmente dal livello superiore del bedrock (maggiormente alterato e destrutturato) presentano complessivamente potenze dell'ordine di 3.0 m – 5.0 m.
Segue il sismostrato associabile all'orizzonte del substrato roccioso in condizioni geomeccaniche scadenti, la cui potenza varia tra circa 3.0 m e circa 4.0 m.
Il basamento litoide in condizioni geomeccaniche discrete – buone inizia ad essere presente a partire dalla quota assoluta di circa 24.0 m s.l.m..

2.3.11. Stendimento sismico T11, onde "p" e onde "s"



Lo stendimento è stato realizzato presso il viale d'ingresso dello stabilimento ESI.
La concordanza con la stratigrafia del sondaggio "SG17" è ottima: le coperture presenti nella seconda metà dello stendimento, costituite da riporti ed eluvio, sono di potenza complessiva pari a 3.0 m - 4.0 m (colori azzurro scuro - blu) e sfumano lateralmente verso valle (lato Via delle Industrie) nei depositi alluvionali. Questi ultimi presentano velocità leggermente superiori: il colore prevalente nel modello tomografico è infatti azzurro chiaro.
Le alluvioni raggiungono una potenza massima stimabile in circa 5.0 m al di sotto di Via delle Industrie, ovvero presso l'inizio dello stendimento.
Al di sotto dei depositi superficiali inizia la sequenza pliocenica: argille limose molto dense, in condizioni sub-litoidi (Vp comprese tra 1000 m/s e 1300 m/s) per uno spessore di 3.0 m - 4.0 m circa. A maggiori profondità, ovvero mediamente da 10 m dal piano campagna, si riscontrano condizioni più marcatamente litoidi (Vp>1500 m/s).

2.3.12. Stendimento sismico T12, onde "p" e onde "s"



Lo stendimento è stato realizzato presso il piazzale retrostante il "Fai da te".
Si nota chiaramente come il bedrock (velocità onde p pari o superiori a 1400 m/s, condizioni geomeccaniche discrete - buone), presente immediatamente al di sotto dell'asfalto ed a tergo del muro di controripa presso l'inizio dello stendimento (lato geofono "g1"), immerge procedendo verso l'asse dell'impluvio (ovvero verso Via delle Industrie): da metà stendimento in poi compare una "lente" corrispondente al modesto deposito alluvionale (materiale probabilmente granulare grossolano in condizioni di densità non trascurabile, come evincibile dalle velocità discretamente alte) che pare raggiungere una potenza massima locale di circa 3.0 m.
Tra i depositi alluvionali ed il substrato roccioso in posto sono presenti materiali che presentano Vp comprese tra 1000 e 1200 m/s: trattasi verosimilmente dell'orizzonte più superficiale (maggiormente scompaginato e destrutturato) del basamento cristallino e/o dei depositi pliocenici argillosi – limosi parzialmente diagenizzati (verosimilmente questi ultimi risultano più rappresentati al di sotto della seconda metà dello stendimento, ovvero alla base dei depositi alluvionali).

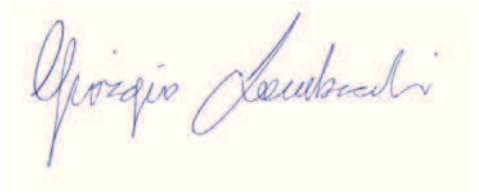
2.3.13. Stendimento sismico T13, onde “p” e onde “s”



Lo stendimento è stato realizzato presso l’imbocco Est della galleria “Grana” prevista dal progetto.
Le coperture sciolte (coltri eluvio-colluviali, verosimilmente comprendenti un orizzonte detritico grossolano) sono potenti complessivamente circa 2.0 m in media.
Si noti però come il materiale sottostante presenti, fino ad una profondità che corrisponde mediamente alla quota assoluta +20 m s.l.m., velocità decisamente basse per un ammasso roccioso (riferendosi alle onde di pressione: Vpmax = 1000 - 1100 m/s).
Trattasi probabilmente di substrato in posto estremamente disarticolato ed alterato, in condizioni geomeccaniche scadenti, ma considerando l’ubicazione dello stendimento (in prossimità della radice del versante) tali velocità potrebbero essere virtualmente associabili anche ad un accumulo detritico pedemontano molto grossolano, comprendente massi e blocchi.
Il bedrock in posto dalle caratteristiche geomeccaniche decisamente migliori ("discrete") è in ogni caso presente oltre le profondità corrispondenti alle quote assolute 19 m ÷ 20 m s.l.m..

Vado Ligure, 14 Maggio 2010

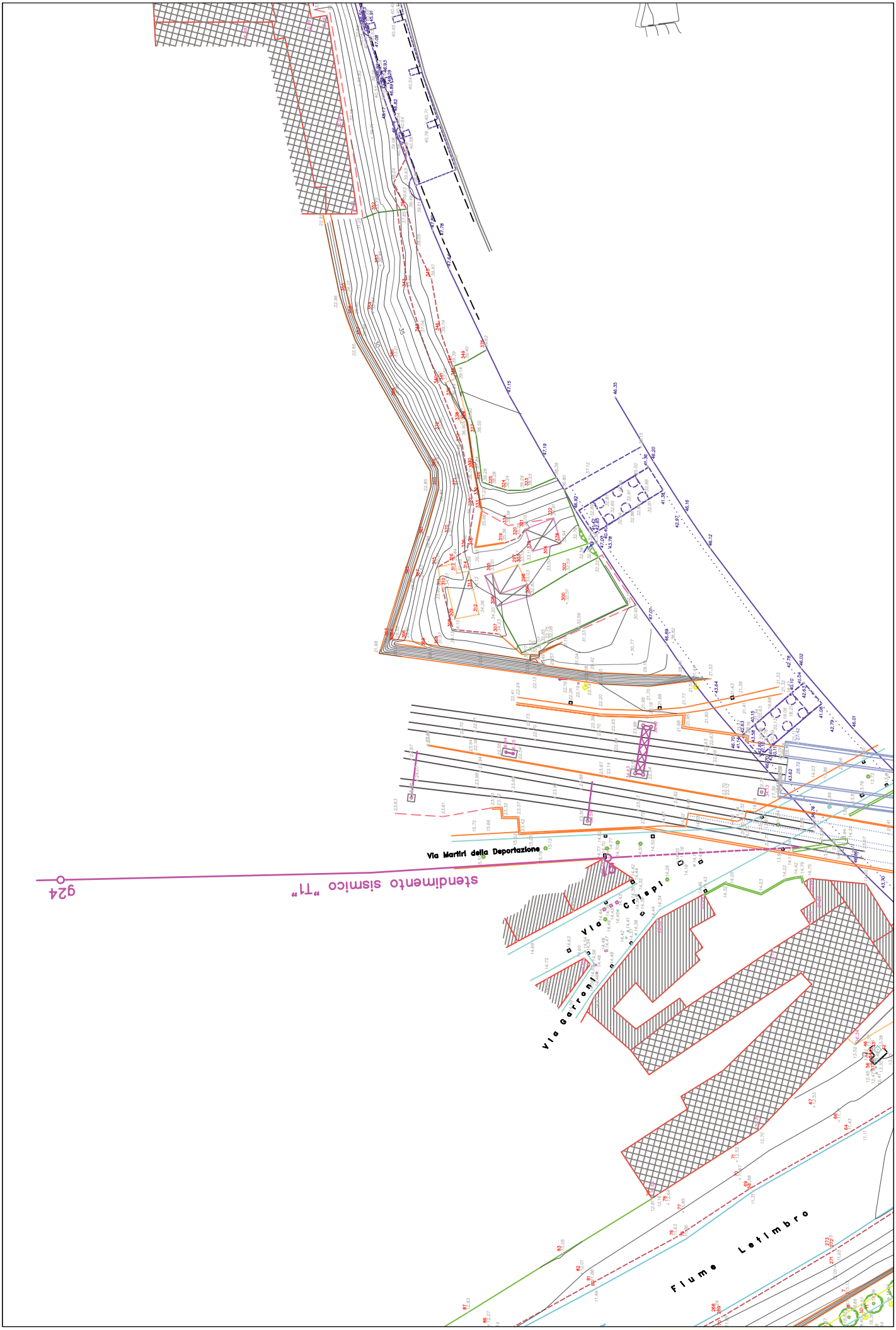
Il redattore: geologo dott. Giorgio Lombardi



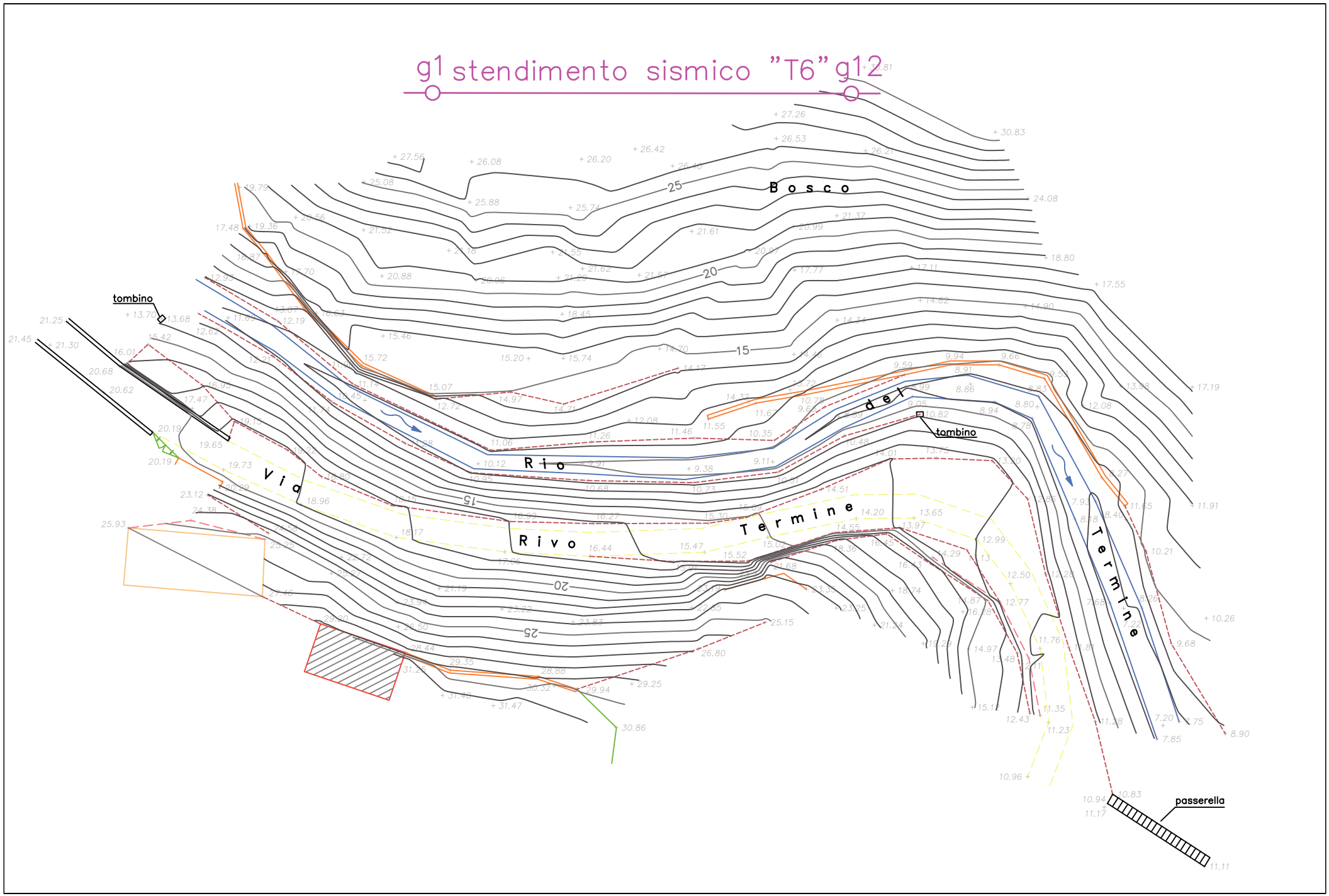
Per approvazione: geologo dott. Enrico Isetta



VIA MARTIRI DELLA DEPORTAZIONE: UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO "T1", SCALA 1:1000



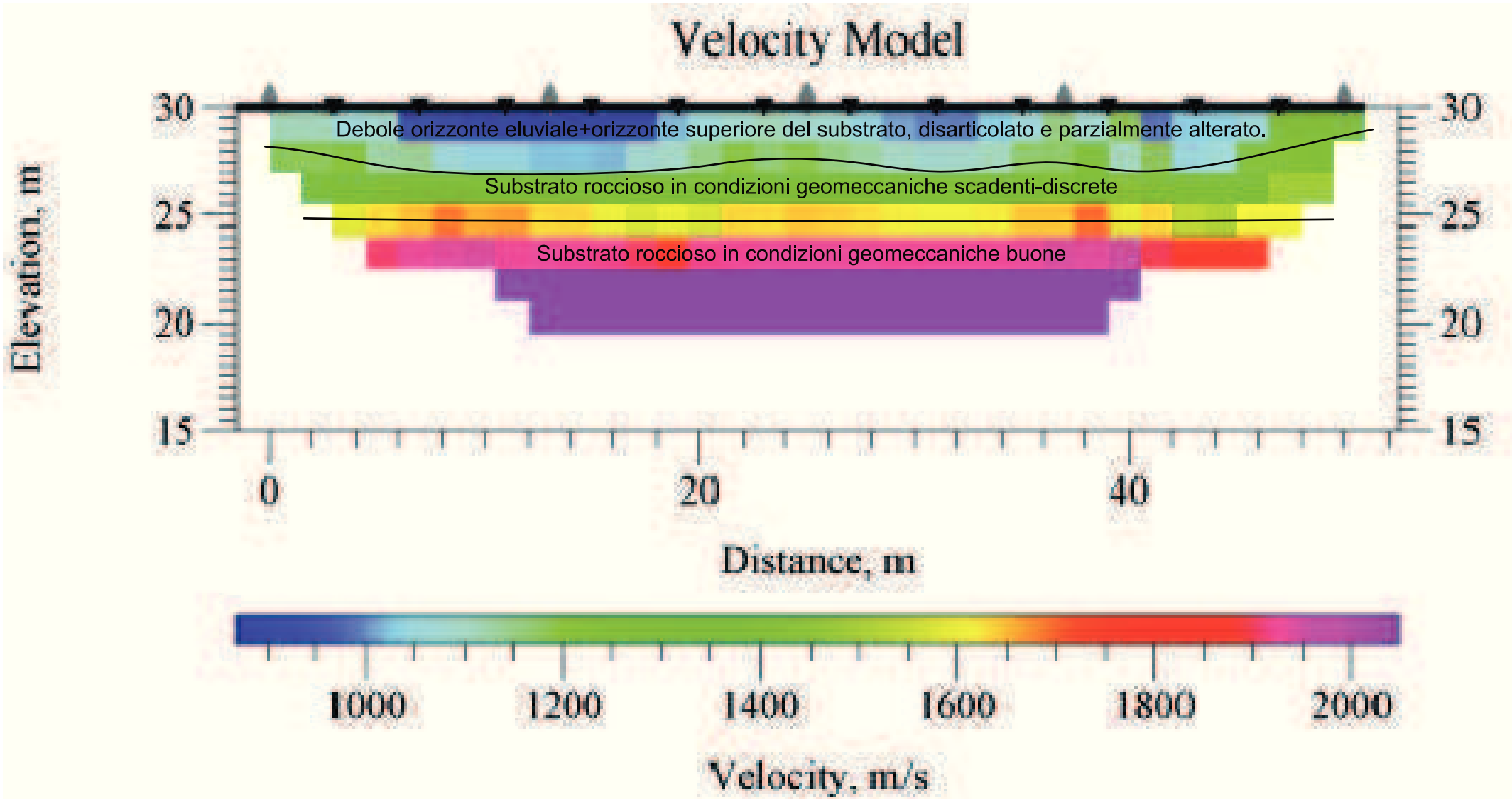
"RIO TERMINE": UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO "T6", SCALA 1:500



codice lavoro: 10031012

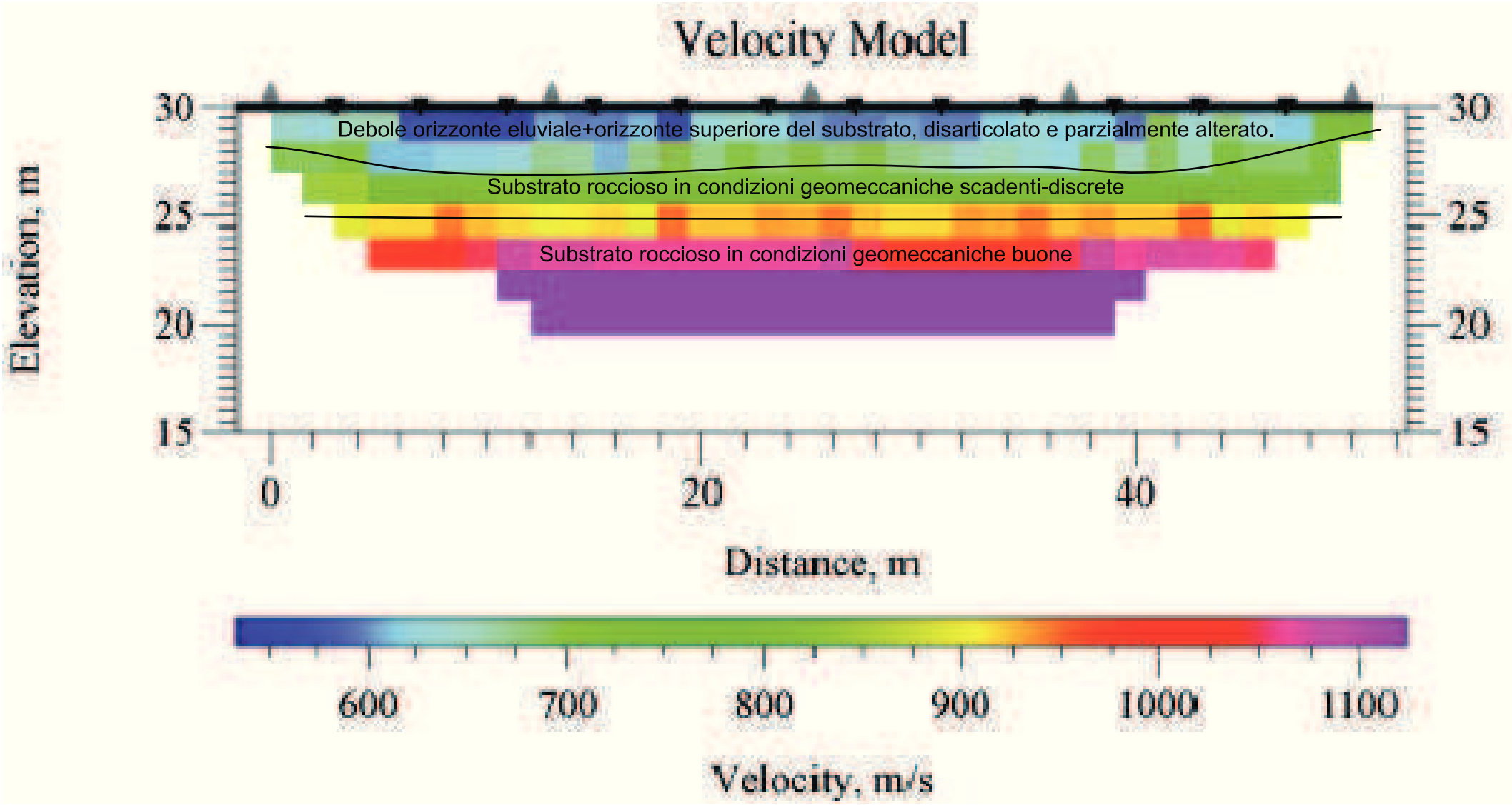
Allegato 7

TOMOGRAFIA SISMICA "T6" (RIO TERMINE).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI PRESSIONE, SCALA 1:250



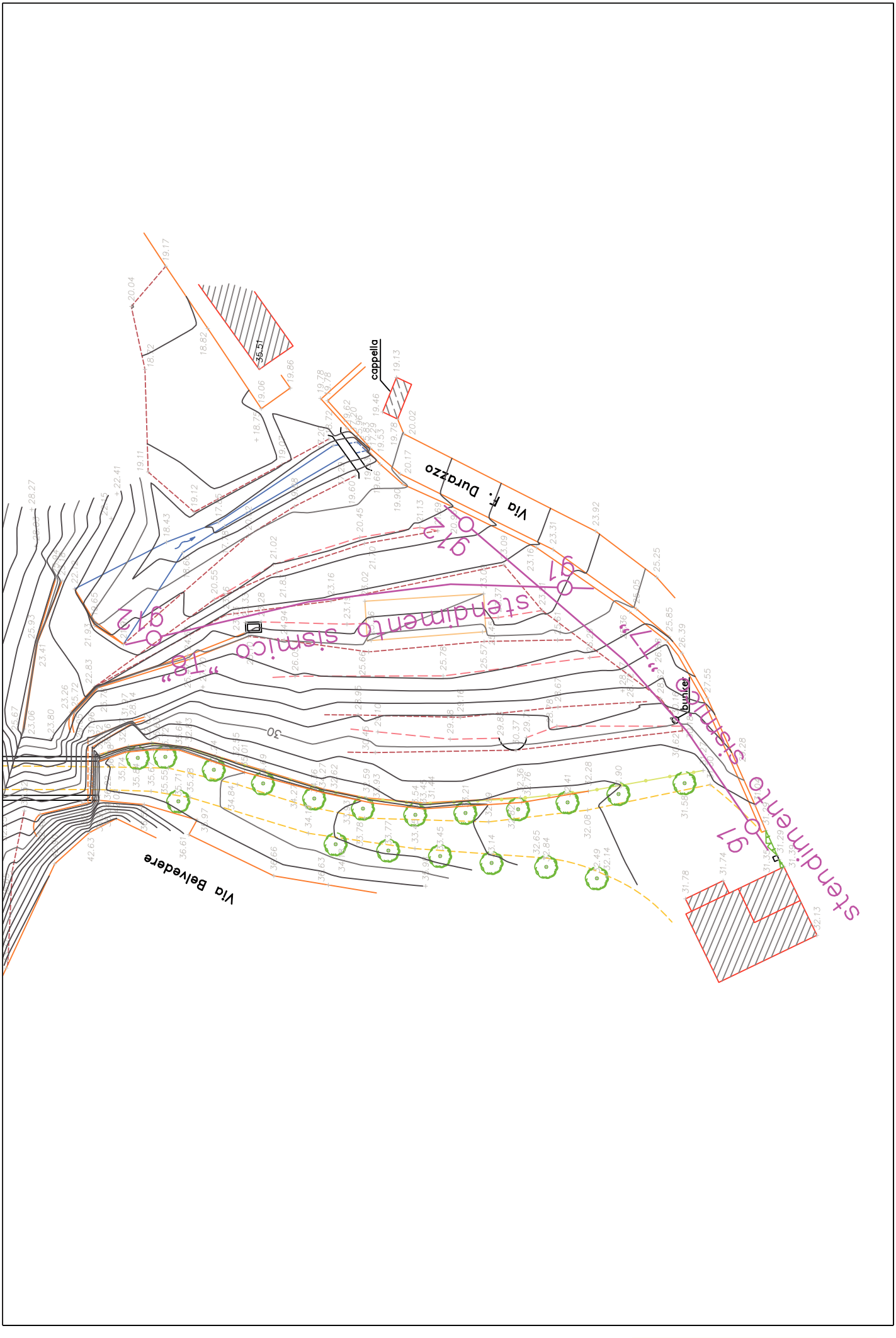
Codice lavoro: 1003I012

TOMOGRAFIA SISMICA "T6" (RIO TERMINE).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO, SCALA 1:250

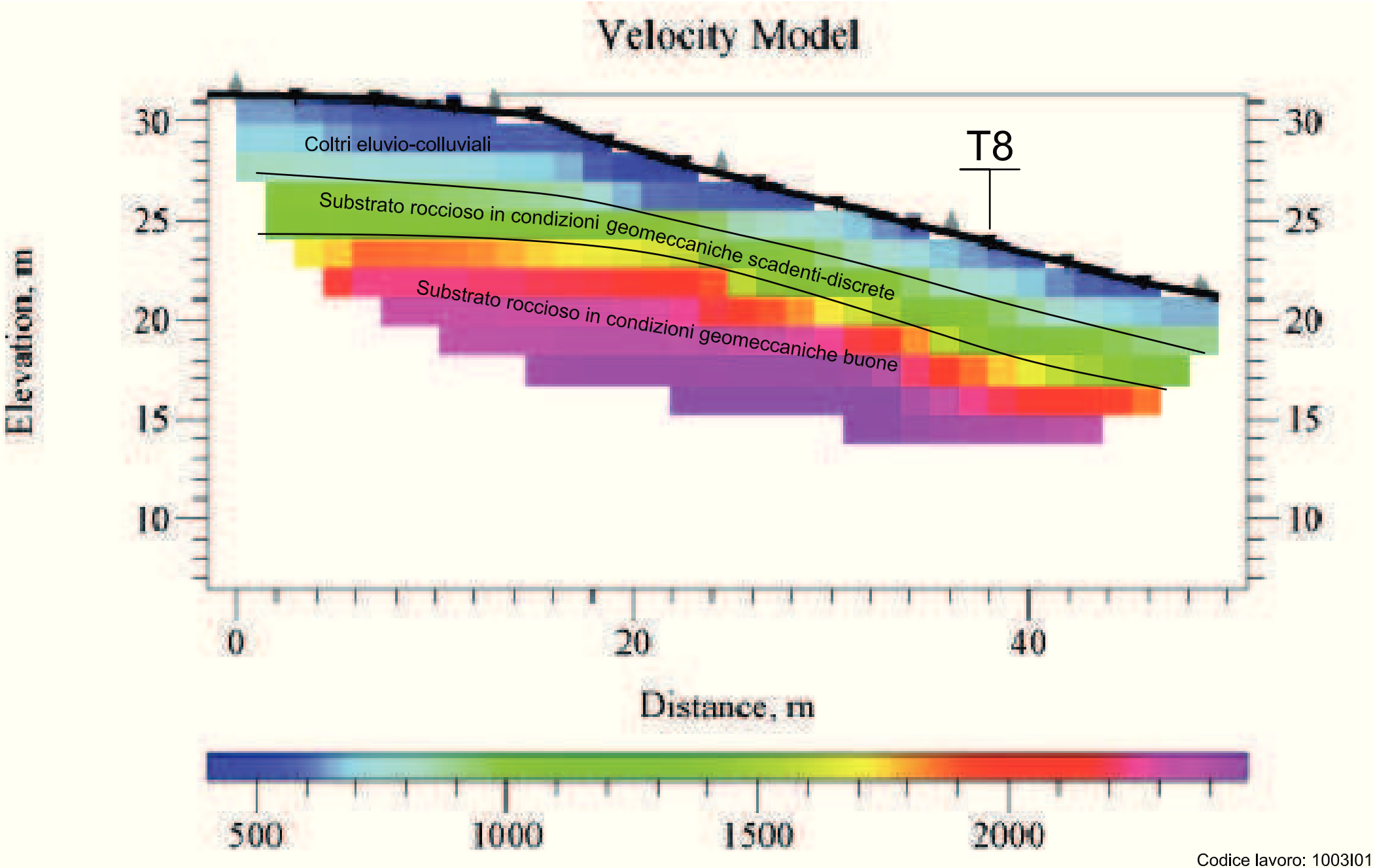


Codice lavoro: 1003I012

"VILLA PINETA": UBICAZIONE STENDIMENTI SISMICI "T7" E "T8", SCALA 1:500

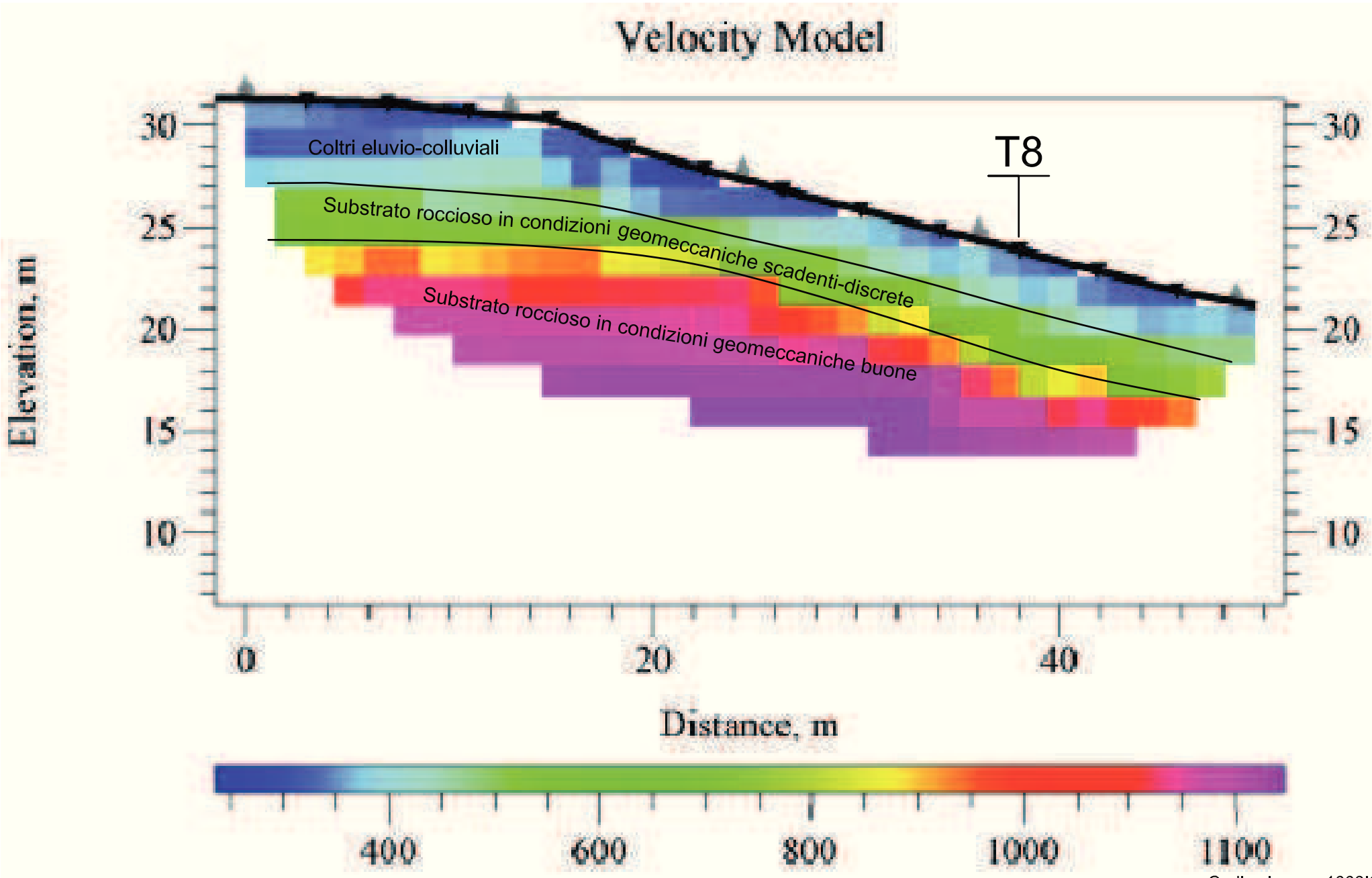


TOMOGRAFIA SISMICA "T7" (VILLA PINETA).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI PRESSIONE, SCALA 1:250



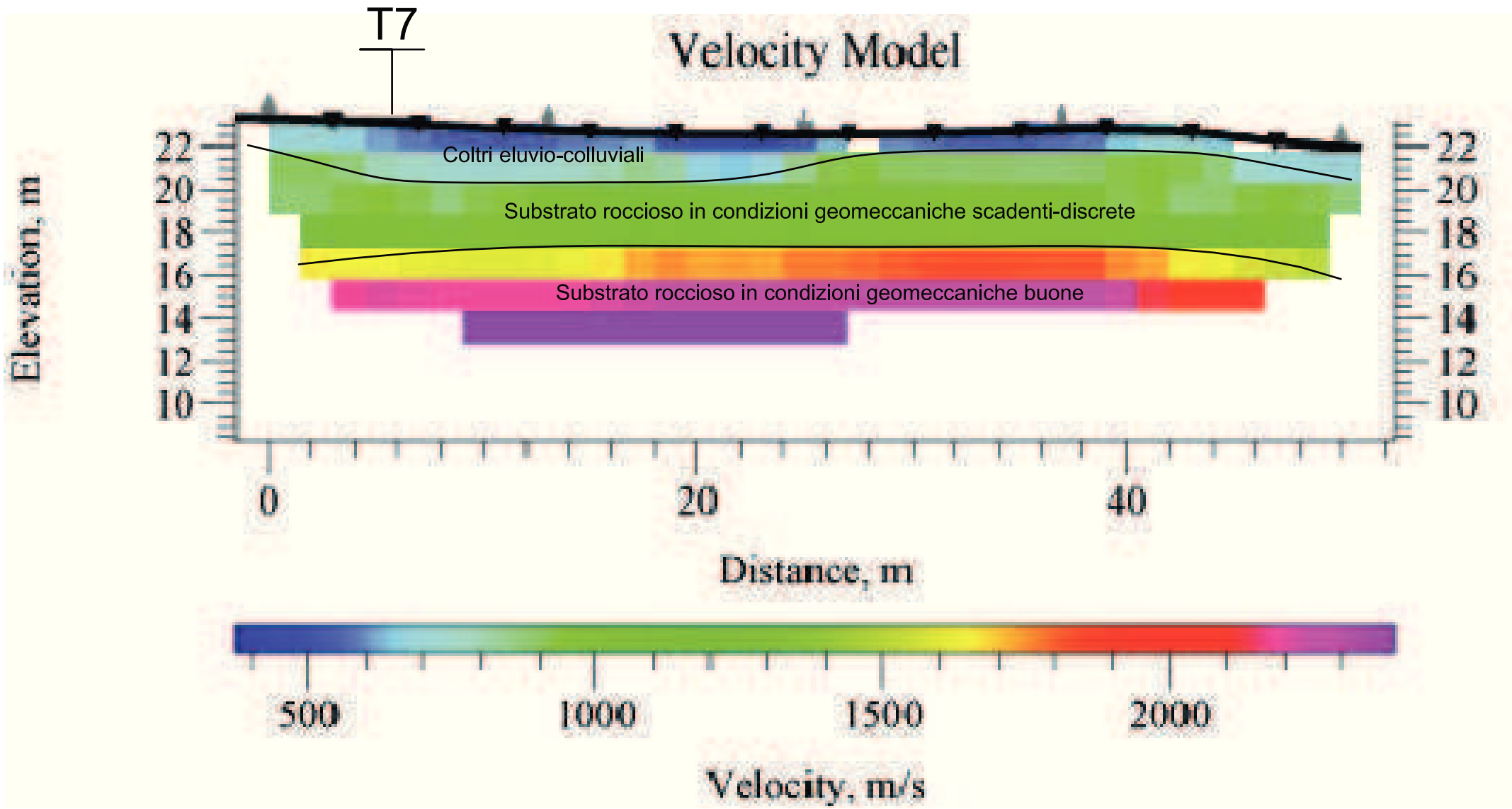
Codice lavoro: 1003I012

TOMOGRAFIA SISMICA "T7" (VILLA PINETA).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO, SCALA 1:250



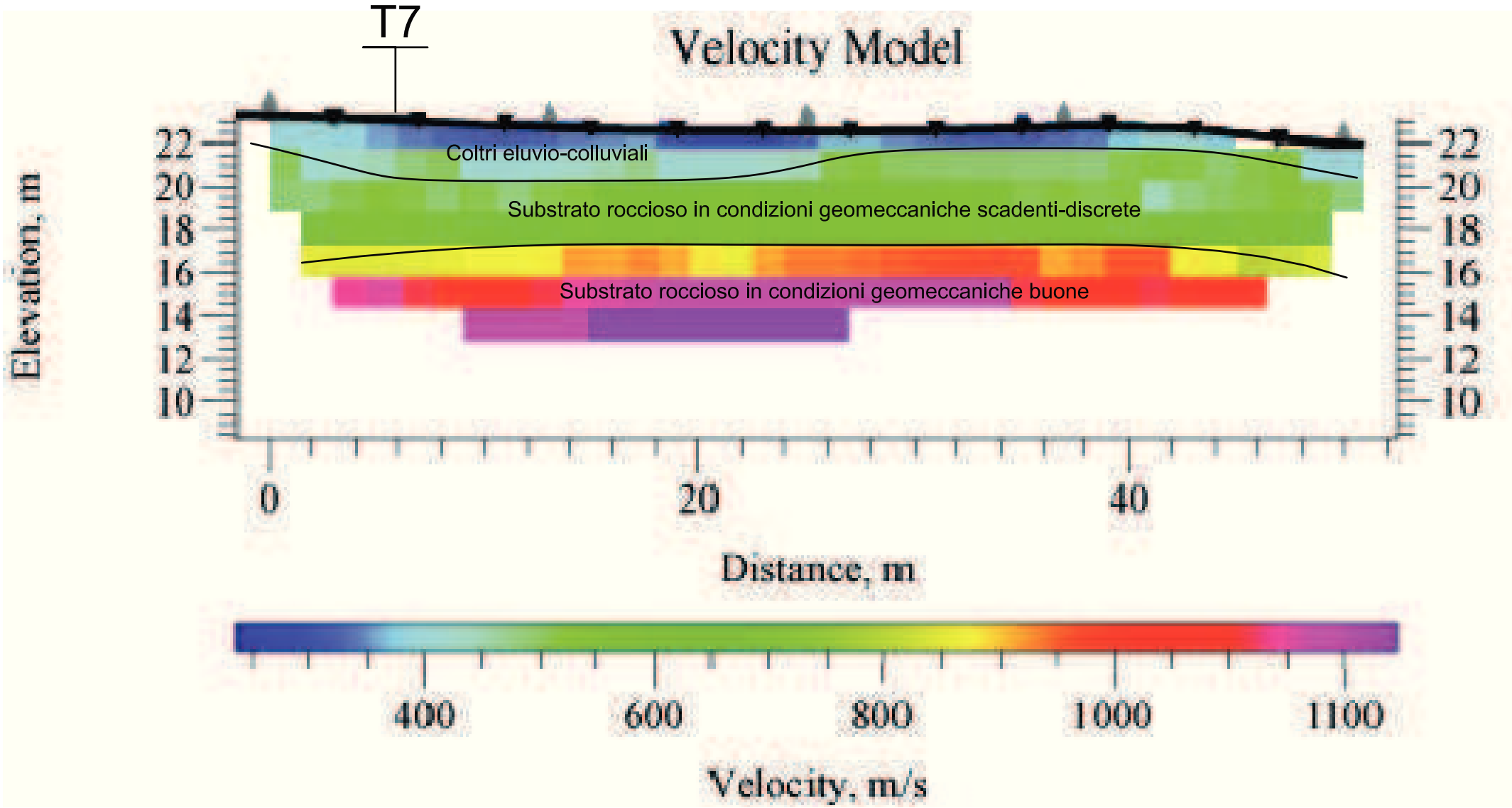
Codice lavoro: 1003I012

TOMOGRAFIA SISMICA "T8" (VILLA PINETA).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI PRESSIONE, SCALA 1:250



Codice lavoro: 1003I012

TOMOGRAFIA SISMICA "T8" (VILLA PINETA).
MODELLO FINALE DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO, SCALA 1:250



Codice lavoro: 1003I012