



COMUNE DI BARGE

Provincia di Cuneo

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

V A R I A N T E

PROGETTO DEFINITIVO

Indagini per la caratterizzazione sismica del territorio comunale



marzo 2007

STUDIO SERTE
ZANELLA dr. geol. EUGENIO

Geologia tecnica - Idrogeologia - Pianificazione territoriale
10069 VILLAR PEROSA - Viale G. Agnelli, 8 - Tel. e Fax 0121.315512

1

Il presente elaborato raccoglie le indagini svolte nel territorio comunale di Barge ai fini della sua caratterizzazione sismica come richiesto dalla D.G.R. 17 novembre 2003 n.61-11017 per i Comuni inseriti in Zona 3.

I punti di indagine sono evidenziati nella “Carta delle caratteristiche litotecniche”.

L’indagine n.1 consiste in uno stendimento sismico a rifrazione effettuato in località San Martino nella piana alluvionale principale.

L’indagine n.2 è costituita da due prove penetrometriche effettuate nell’area del centro storico.

L’indagine n.3, realizzata dal Comune, è stata così articolata:

- perforazione di 2 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo spinti fino a 30 metri di profondità, con prove SPT e sismiche in foro, recanti in carta le sigle 3S1 e 3S2, e ubicati nelle piana alluvionale di fondovalle e nel complesso del “glacis” formante la parte settentrionale del territorio comunale;
- esecuzione di n.2 stendimenti sismici a rifrazione nella piana di fondovalle ad oriente del concentrico nella fascia compresa tra il torrente Ghiandone ed il piede del “glacis”, recanti le sigle 3G1 e 3G2.

Con riferimento alla O.P.C.M. n.3274 del 20.03.2003 ed al successivo D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14 settembre 2005, tutte le indagini effettuate consentono di attribuire il sottosuolo dell’area esaminata al profilo stratigrafico B.

Confrontando i risultati ottenuti con i due sondaggi, di maggior dettaglio e di più facile lettura rispetto agli altri tipi di indagine, ubicati come detto uno nel complesso del “glacis” pedemontano (sondaggi S1) e l’altro nella piana alluvionale di fondovalle (S2), si può notare che:

- in entrambi i casi alla profondità raggiunta (30 metri) non è stato incontrato il substrato roccioso (mentre all’indagine n.1 posta molto più a valle il substrato è stato interpretato alla profondità di 25 metri);
- il “glacis” presenta uno strato superficiale, intensamente alterato e poco consistente, limoso-argilloso-localmente sabbioso fine potente metri 3.50 a scadenti requisiti geotecnici, attribuibile ad un profilo stratigrafico D e quindi poco idoneo come terreno per fondazioni dirette;
- al disotto si ha un complesso ghiaioso-sabbioso con grado di ossidazione ed alterazione piuttosto intenso, di color bruno-nocciola, da addensato a molto addensato e talora debolmente cementato;
- lo strato superficiale più alterato manca nel complesso alluvionale di fondovalle, dove fino a 12 metri circa si ha un deposito sempre ghiaioso-sabbioso ma più “fresco”;
- sotto tale quota il complesso deposizionale incontrato sembra potersi nuovamente attribuire al “glacis” che risulta quindi eroso e ricoperto da sedimenti alluvionali più recenti.

Mancano ovunque consistenti livelli di sabbie monogranulari che possano dar luogo a fenomeni di “liquefazione”.

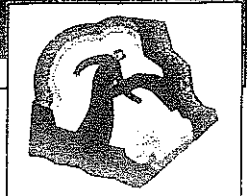
REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO

COMUNE DI BARGE

DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO VS30 DI UN P.E.C. IN AREA C 17 DI P.R.G.

COMMITTENTE <u>EDIL 2000 S.N.C.</u> <u>DI BELTRAMO F. & C.</u>		REPORT 12/07/2006 N° 59/2006
---	---	---



SVILUPPO GENERALE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE GEOTECNICHE

La professione del geologo, nella maggior parte dei casi, ha come fine ultimo quello di fornire "dati significativi affinché le attività umane si sviluppino nell'ambiente naturale nelle migliori condizioni di sicurezza (rischio sismico, rischio frane, rischio alluvioni) e senza alterarne i fragili equilibri (gestione razionale delle georisorse).

Il modello geologico va inteso come "il modello fisico significativo del sottosuolo" che permette di affrontare correttamente le diverse problematiche geologico-applicative, cioè fissare le condizioni al contorno per vincolare modelli idrogeologici, modelli geotecnici, modelli geofisici ecc.

Pertanto il grado di professionalità del geologo dipende, in gran parte, dalla qualità e oggettività del "modello geologico" che riesce a fornire. In questa ottica il rilevamento geologico e la realizzazione di carte geologiche e geomorfologiche e le prove geotecniche, sono il cuore dell'indagine geologica.

Pertanto, grazie ai sistemi di analisi della geologia del sedimentario, geologia regionale, della geomorfologia, geologia-strutturale e della geologia del quaternario, volti a definire oggi più che in passato il significato genetico sia delle unità stratigrafiche che delle forme del rilievo, è possibile ricostruire il modello geologico da cui trarre indicazioni fondamentali per l'estensione areale dei dati puntuali e la riduzione dei margini di approssimazione di eventuali approcci "geostatistici" nella modellazione geotecnica, idrogeologica, geofisica ecc.

In definitiva il geologo nella pratica deve realizzare "modelli geologici" la cui oggettività non lascia spazio a dubbi riguardo alle competenze del geologo e al suo contributo sostanziale ai problemi di sicurezza e di gestione delle georisorse.

La relazione geologica deve essere redatta da un tecnico abilitato all'esercizio della professione di Geologo, a norma della legge 3/02/1963 n° 112 e dalla legge 25/07/1966 n° 616.

Coloro che abusivamente elaborano relazioni geologiche possono essere denunciati alla Procura o ai Carabinieri per abusivo esercizio della professione.

INTRODUZIONE IN LINGUAGGIO NON TECNICO

Tale premessa è stata scritta con un linguaggio non tecnico con lo scopo di far comprendere meglio al lettore la metodologia utilizzata per la determinazione delle onde di taglio VS30.

All'interno della relazione in ogni specifico paragrafo verranno descritte le procedure seguite utilizzando un linguaggio tecnico.

In seguito si riportano in un elenco puntato le fasi principali della misura delle onde di taglio:

1. sul terreno è stata disposta una rotella metrica della lunghezza di 100 + 5 m lungo la direzione dell'allineamento prescelto per la verifica;
2. in seguito ad intervalli decisi dallo scrivente di 5 metri sono stati piantati nel terreno nel modo più solidale possibile dei sensori (in seguito chiamati geofoni) che misurano le onde di compressione che vengono generate con una mazza pesante 20 Kg;
3. in seguito in punti prestabiliti vengono date delle mazzate sul terreno e ai geofoni vengono rilevate le onde sismiche generate. Tutti i dati vengono registrati in un apposito strumento in seguito denominato sismografo;
4. in una fase successiva i geofoni ad asse verticale vengono smontati e negli stessi punti vengono montati geofoni ad asse orizzontale (parallelo al terreno) che sono in grado di rilevare le onde di taglio;
5. come al punto 3 in punti prestabiliti vengono generate le onde di taglio con un apposito peso che percuote orizzontalmente una tavola in legno posta sul terreno (si veda foto in seguito riportata);

tutti i dati acquisiti vengono in seguito elaborati in ufficio e come risultato finale si restituisce un grafico a colori nel quale vengono riportati con diversi colori i valori delle onde di compressione e di taglio calcolate in relazione alla profondità;

CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

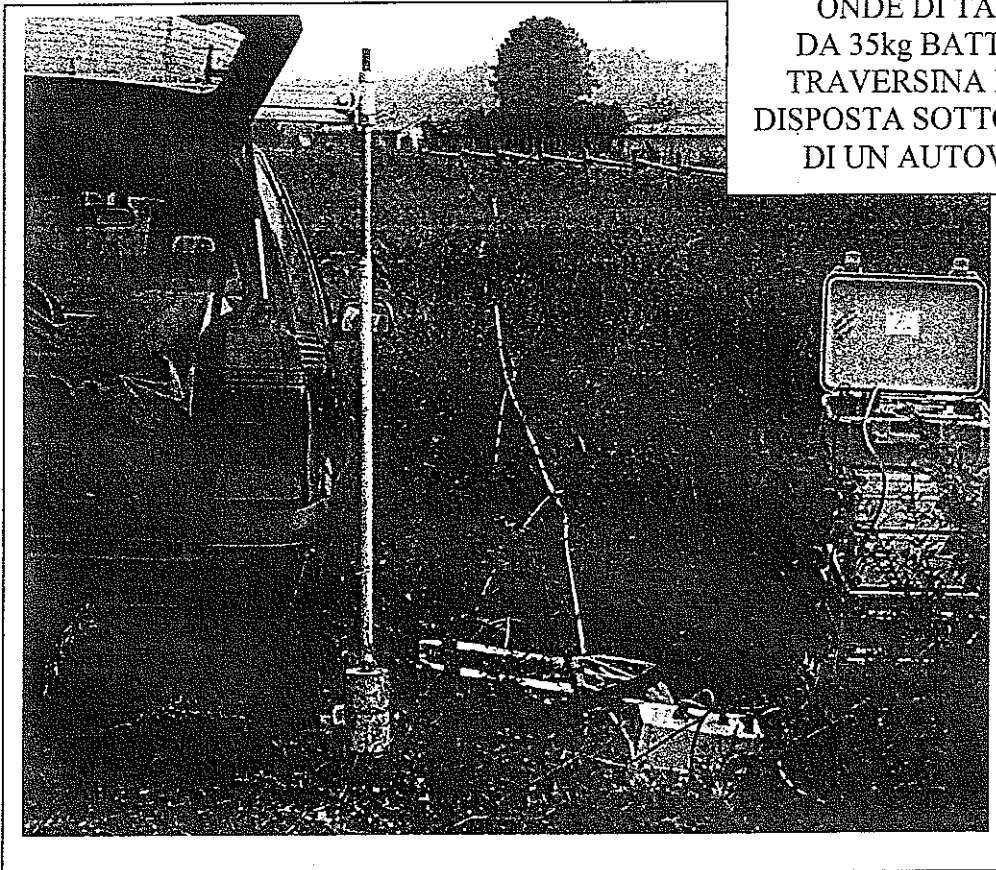
L'attrezzatura di prova è costituita dai seguenti componenti:

- ❖ sismografo a 16 canali, con stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita a 24 bit.
- ❖ 16 geofoni verticali a frequenza propria di 14 Hz;
- ❖ 16 geofoni orizzontali a frequenza propria di 10 Hz;
- ❖ Sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine - costituito da massa battente o mini bangs per le onde di compressione e di telaio montato su autoveicolo per energizzare di taglio sul terreno attraverso un braccio mobile vincolato su di una traversina in legno;

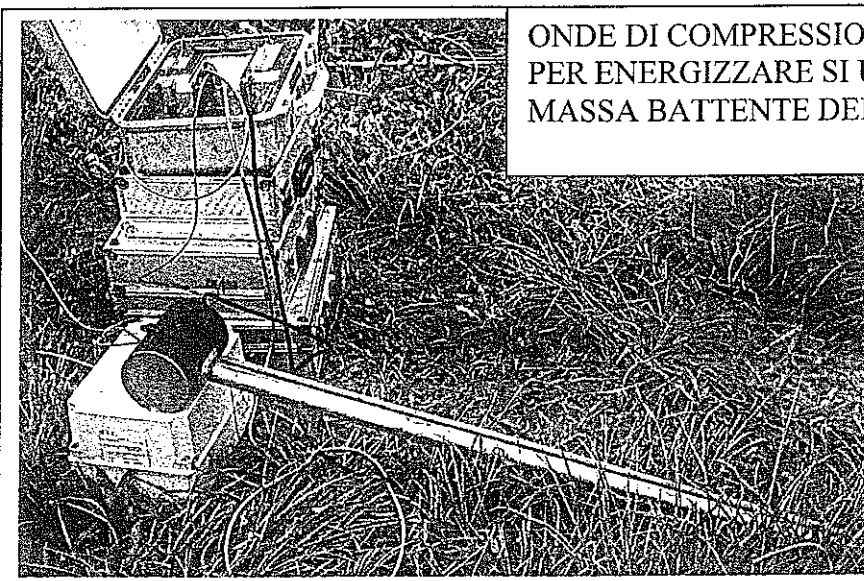


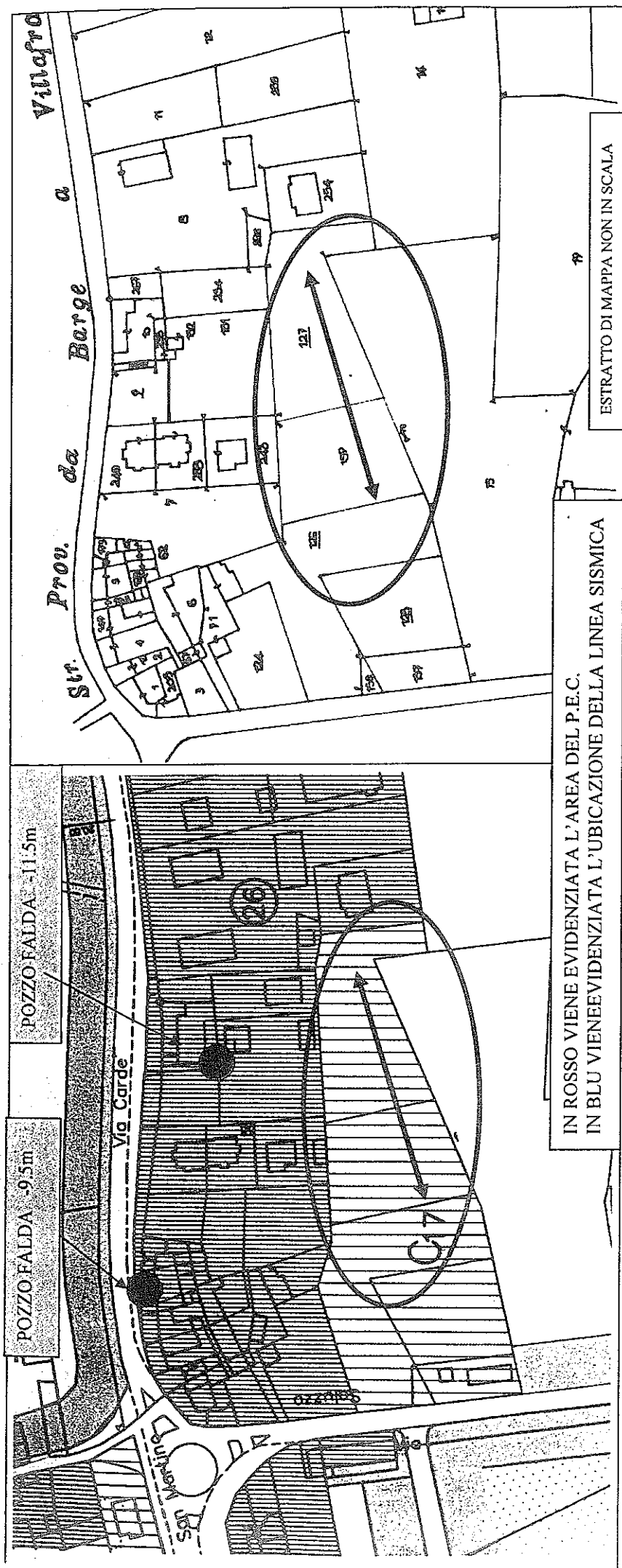
METODI DI ENERGIZZAZIONE

SISTEMA DI
ENERGIZZAZIONE:
ONDE DI TAGLIO SH
DA 35kg BATTENTE SU
TRAVERSINA IN LEGNO
DISPOSTA SOTTO LE RUOTE
DI UN AUTOVEICOLO



ONDE DI COMPRESIONE :
PER ENERGIZZARE SI UTILIZZA UNA
MASSA BATTENTE DEL PESO DI 20 KG

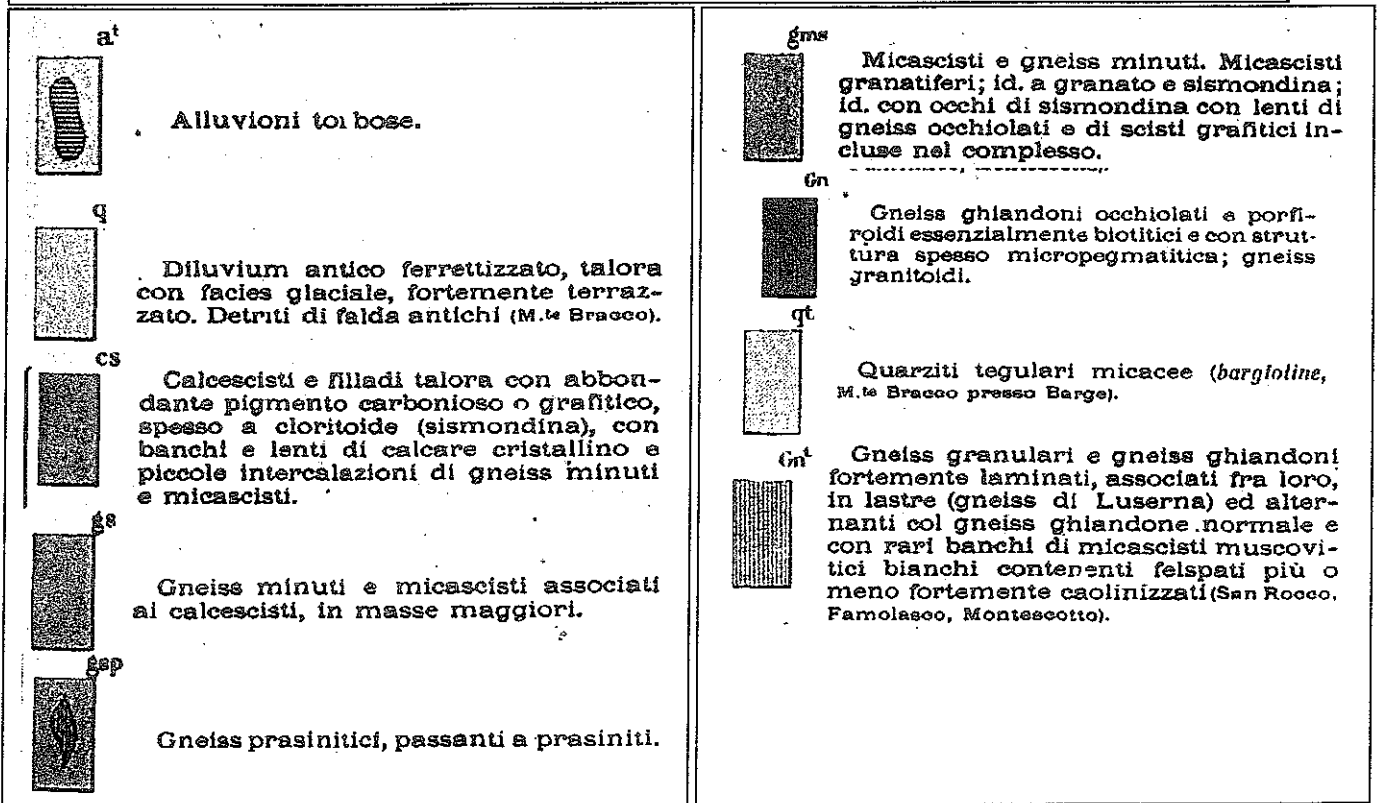
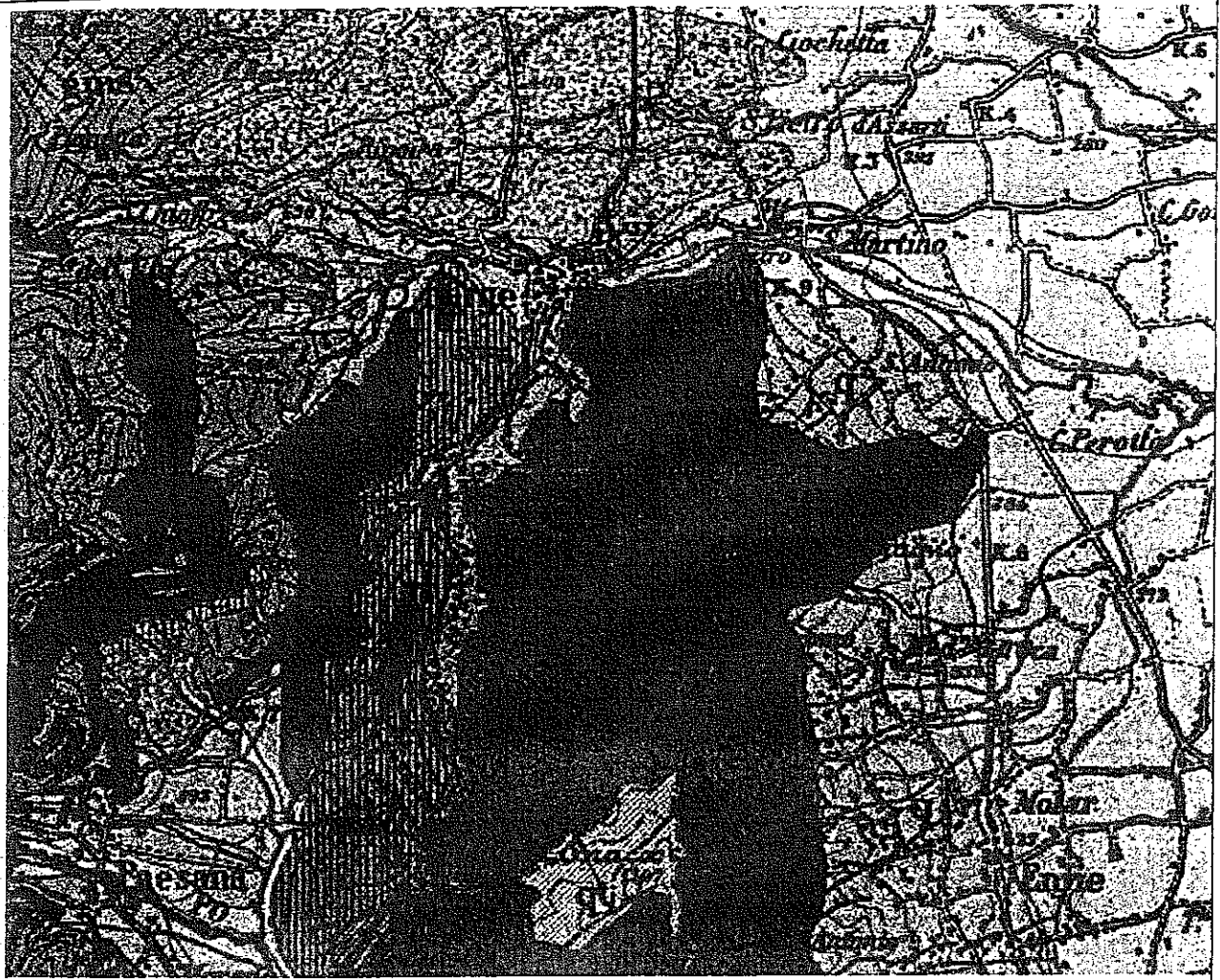




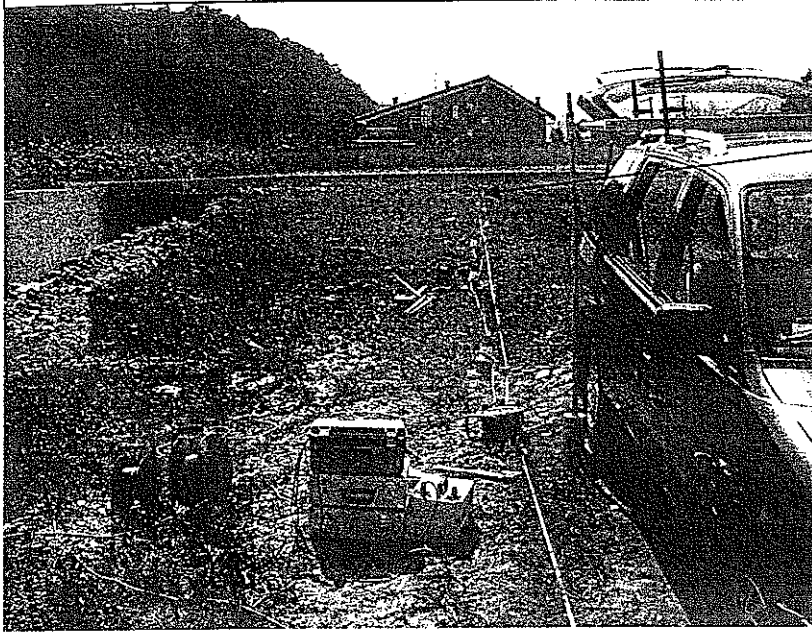
L'area di P.E.C. è descritta in Catasto Terreni al Foglio 52 mappali 157 – 158 – 125 – 126 (parte) – 159 – 127 e nella tavola 4.2 del vigente e adottato P.R.G.C.

L'area in oggetto viene suddivisa in tre lotti di cui:

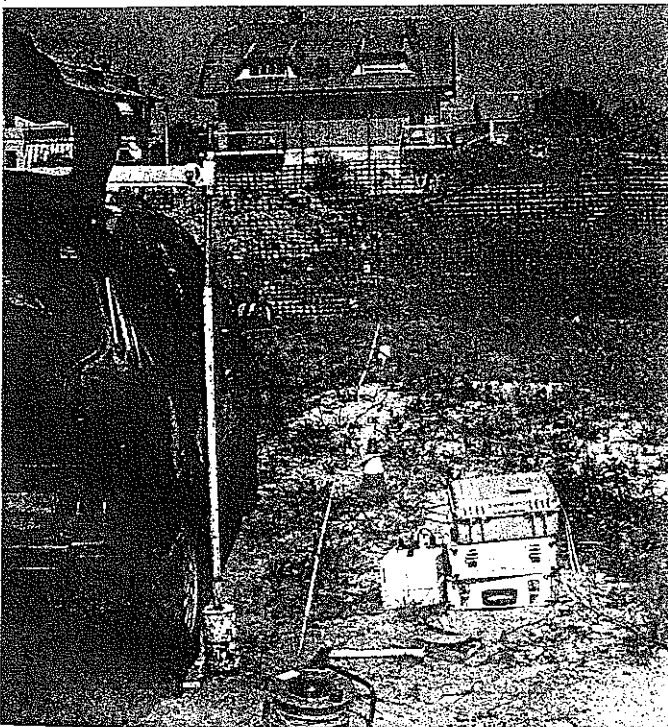
- LOTTO I di proprietà del Sig. Gonnat-Beccaria (coniugi)
- LOTTO II di proprietà delle Sigg. BELTRAMO Francesca e Lidia
- LOTTO III di proprietà della Società EDIL 2000 S.n.c.



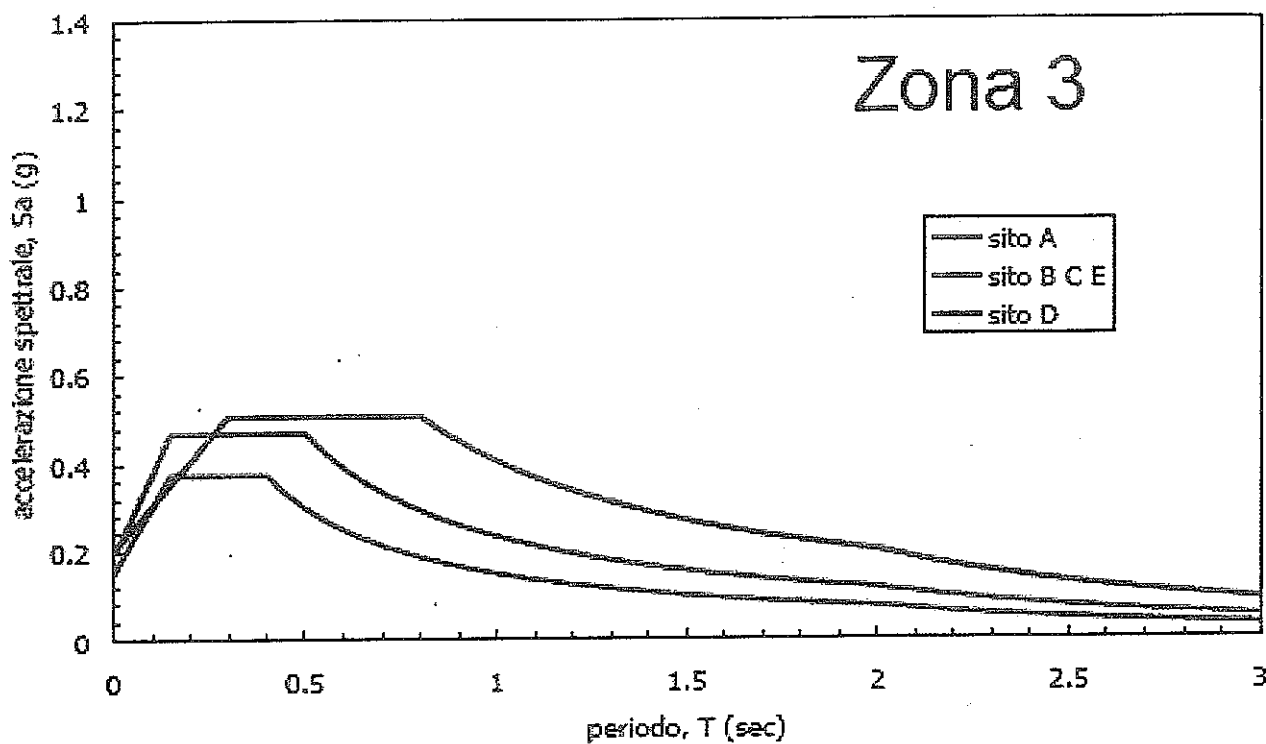
ELABORATO FOTOGRAFICO



INIZIO LINEA SISMICA

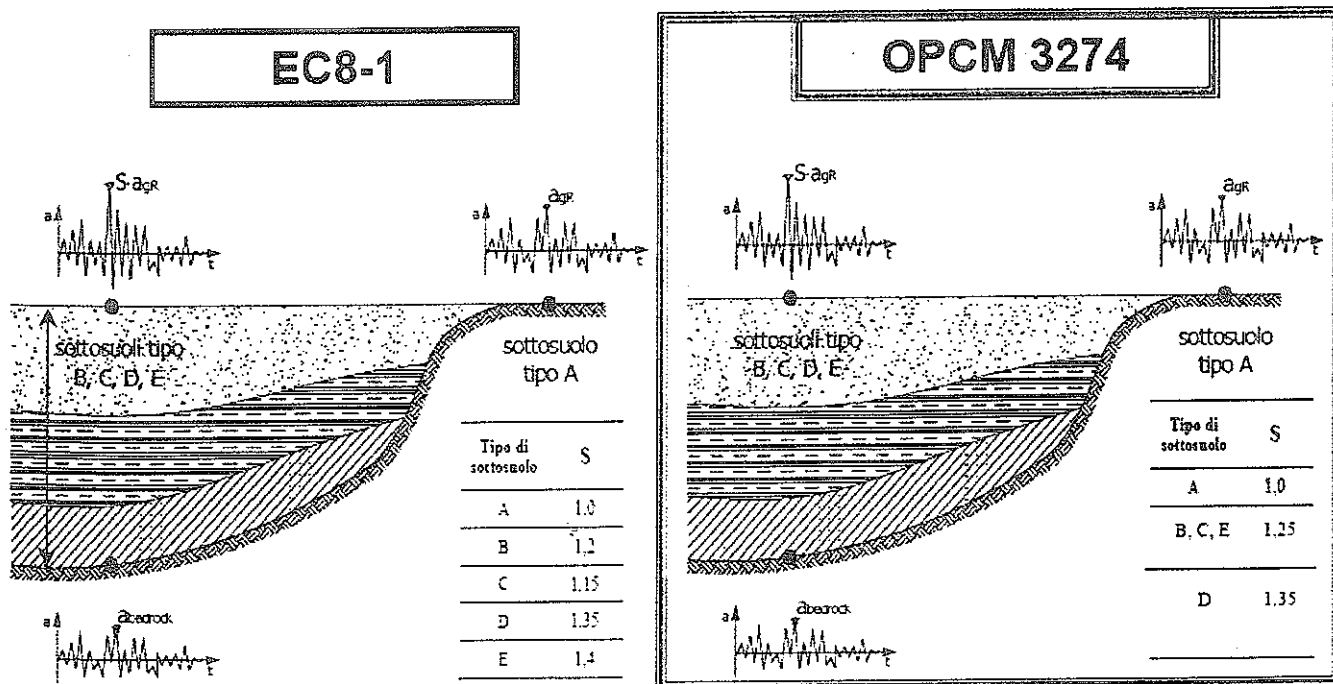


FINE LINEA SISMICA



COMUNE INSERITO IN ZONA 3 - OPCM 3274

ACCELERAZIONI AL BEDROCK ED IN SUPERFICIE



CLASSI OPCM 3274

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{sp} < 15$, $cu < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi che includono o sono costituiti da uno strato spesso almeno 10 m. di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < cu < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

NORMATIVA ITALIANA DI RIFERIMENTO – CENNI

L'indagine condotta è risultata necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche in un'area sismica di Classe 3, come disposto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003.

Al sensi dell'art 89 del D.P.R 6 Giugno 2001 m 380 è obbligatorio ottenere il parere preventivo della Regione Piemonte ai fini della verifica della compatibilità delle previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio (norme per le costruzioni in zona sismica).

Sarà cura del Comune presentare direttamente la richiesta di parere alla Regione Piemonte - Direzione Opere Pubbliche - Settore Protezione Civile che provvederà alla trasmissione all'ARPA competente.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274 e smi), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura, sia dello spessore della stessa. Vengono identificate cinque classi, A, B, C, D e E, ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è riportato in allegato alla presente relazione.

GENERALITÀ

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE (ONDE P ED ONDE S).

L'indagine sismica a rifrazione consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S rifratte in corrispondenza di geofoni verticali e orizzontali disposti secondo un allineamento con interasse tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

Nel sito in oggetto si è effettuato uno stendimento della lunghezza di 105m che permette di indagare ad una profondità superiore a 30 metri; tale profondità varia soprattutto in relazione alla velocità delle onde nei terreni indagati.

La profondità di indagine può variare con tale metodo da metà a un terzo della stesa.

La misura dei tempi di arrivo delle onde ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità del rifratore e di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Normative specifiche di riferimento

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

MODALITÀ ESECUTIVE

La "copertura" dei tiri sulle basi sismiche è tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini con un numero di sette energizzazioni, delle quali cinque interne alla base e due esterne; questo per le onde di tipo P.

Per le onde di tipo s, vista l'omogeneità del litotipo, l'energizzazione di impulsi di taglio è stata ridotta di due, ma al tempo stesso per ogni punto sono state effettuate tre letture, rispettivamente in sh+ , sh- e nella somma cambiata di segno delle (sh+)-(sh-)

L'elaborazione dei dati viene in seguito realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per

ogni stazione geofonica (in particolare si utilizza un software che utilizza il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI

L'elaborazione delle indagini è stata sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale fornisce, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, hanno dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) rispettivamente pari a 1/10 della spaziatura tra i geofoni; i dati in oggetto sono stati elaborati con il software Rayfract.

DOCUMENTAZIONE PRODOTTA

La documentazione di ciascuna indagine comprende:

- ❖ informazioni generali;
- ❖ nominativo dell'operatore: **Geologo Bertagnin Giovanni**
- ❖ sismogrammi originali sia su supporto cartaceo che digitale;
- ❖ profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori delle velocità delle onde di compressione calcolati per intervalli omogenei;
- ❖ elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di compressione in caso di elaborazione tomografica;
- ❖ relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte, in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- ❖ documentazione fotografica.

SINTESI DELLE PROCEDURE ESEGUITE NELL'ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

Eseguito lo stendimento dei cavi sismici e dei geofoni, si è proceduto a energizzare lungo la linea nei punti (Shots) indicati negli schemi per le onde P e per le onde S.

Per ogni shot sono stati ottenuti 16 sismogrammi.

I dati così acquisiti sono stati elaborati con il software denominato Rayfract che consiste in un pacchetto a 32 bit adatto per il processing di dati e profili sismici a medie e alte coperture di punti di energizzazione.

In particolare, esso permette l'interpretazione di profili realizzati sia con onde di tipo P che di tipo S.

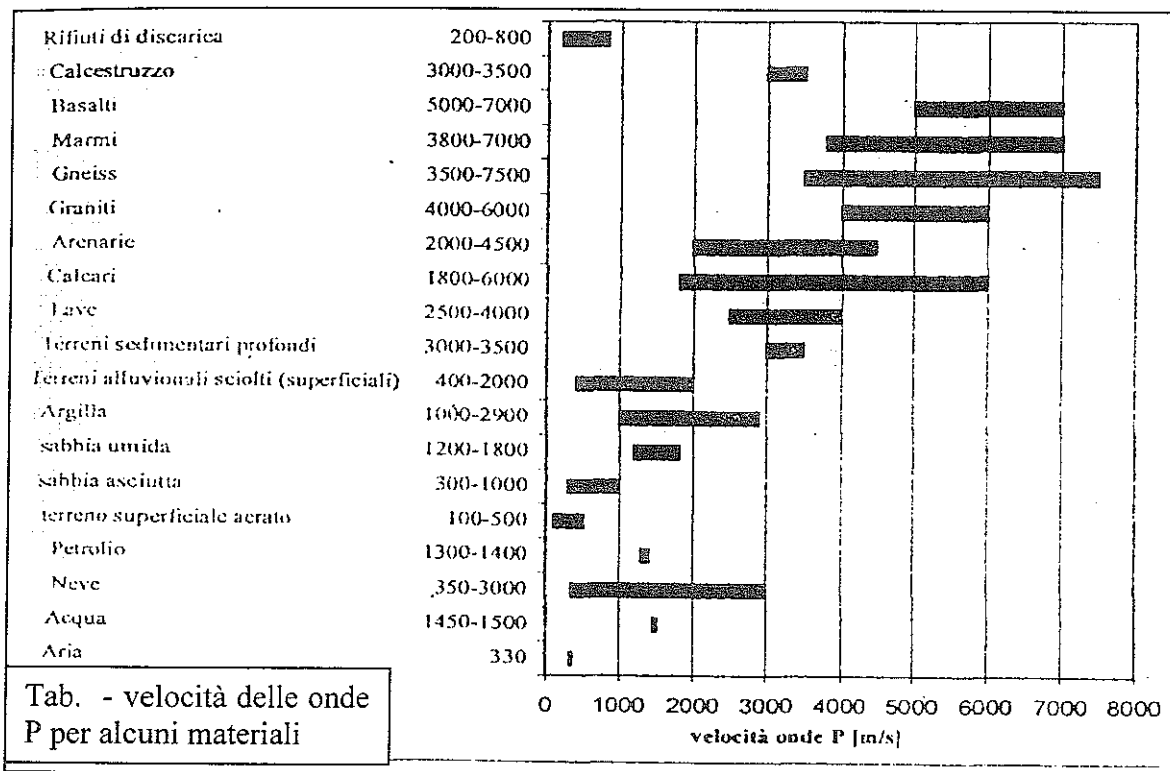
I tempi di primo arrivo sono stati importati attraverso file ASCII da formato *.std in formato *.Seg2. L'individuazione dei rifrattori in corrispondenza delle dromocrome è stata poi elaborata manualmente.

I dati raccolti sono stati elaborati attraverso le seguenti tecniche tomografiche:

- ❖ **Metodo Delta-t-V**
- ❖ **Metodo WET**

La velocità di propagazione delle onde sismiche nei terreni e nelle rocce dipende dalle caratteristiche meccaniche dei mezzi, per cui risulta possibile associare dei range di valori di velocità ai diversi litotipi e ai fluidi che essi possono contenere.

Ciò consente di legare modelli di distribuzione della velocità delle onde elastiche nel sottosuolo a possibili modelli geologici. A questo proposito si riportano nella Tabella a seguire i range di variazione della velocità delle onde P per alcuni materiali.



CARATTERISTICHE METODI DI ELABORAZIONE TOMOGRAFICA DELTA T-V E METODO WET

I dati sono poi stati elaborati con il software denominato Rayfract prodotto a Vancouver -Canada versione LICENZIATA 2.62 aggiornata all' agosto 2005 che consiste in un pacchetto a 32 bit.

RAYFRACT consente di gestire reali contesti geologici, quali topografie estreme, faglie, gradienti di velocità laterali e verticali, anomalie di velocità locali, strati di alterazione a bassa velocità, ecc.

Si riporta in brevemente in seguito la differenza tra il Metodo Delta-t-V ed il Metodo WET.

Il metodo Delta-t-V è stato elaborato con la versione 1.30 del Dicembre 1998 che fa uso del metodo d'inversione (pseudo 2D - Gebrande e Miller, 1985), che permette di ottenere profili mono-dimensionali (1D) di tipo "profondità-velocità". I profili sono scritti in formato ASCII, e possono essere plottati con opportuni software, quali il "Surfer", per ottenere rappresentazioni di tipo "station number-depth velocity maps".

Il metodo WET è stato elaborato con la versione 2.77 RAYFRACT che supporta il raffinamento del modello ottenuto con il "Delta-t-V method" (o dei modelli di velocità del Surfer, .GRD file, ottenuti con altri metodi) attraverso il nuovo processing per tomografia di tipo WET, wavepath eikonal travelttime (Schuster, 1993; Watanable, 1999). Questo metodo esegue un gran numero di elaborazione fino ad ottenere un best fitting tra dati in ingresso e dati possibili in uscita. Tale metodo non è completamente automatico ma necessita di interventi e verifiche dell'operatore.

I valori di velocità per ogni materiale possono variare in intervalli abbastanza ampi, al variare delle condizioni del materiale stesso (fratturazione, compattazione, presenza di fluidi, saturazione,

stato tensionale, ecc...). Inoltre i valori di velocità non identificano univocamente un particolare litotipo ma anche materiali diversi che possono presentare analoghi valori di velocità di propagazione delle onde sismiche.

La recente normativa evidenzia come non sia corretto ricavare le onde di taglio dalle onde P integrando il risultato con il modulo di Poisson e quindi con la densità del materiale; inoltre, alcuni professionisti hanno osservato che mediando il valore degli spessori tra le VP e le SH si individuano con precisione gli spessori;

Le onde P, al contrario delle onde SH, risentono della presenza dello stato fluido.

Per ricavare le onde SH si è energizzato sul terreno su una traversina posta sotto le ruote di una macchina. L'impulso è stato conferito di taglio orizzontalmente al terreno a destra e a sinistra.

Sommando i rispettivi sismogrammi cambiati di segno si ha un annullamento delle onde P e una sommatoria delle onde SH che arrivano con la stessa fase misurati su apposti geofoni orizzontali opportunamente posizionati.

Nella presente relazione sono stati riportati in originale i sismogrammi delle onde VP e delle onde SH+ , SH- e la somma cambiata di segno tra SH+ e SH-.

L'interpretazione con il metodo delta T-V e con il metodo WET ha fornito risultati concordanti.

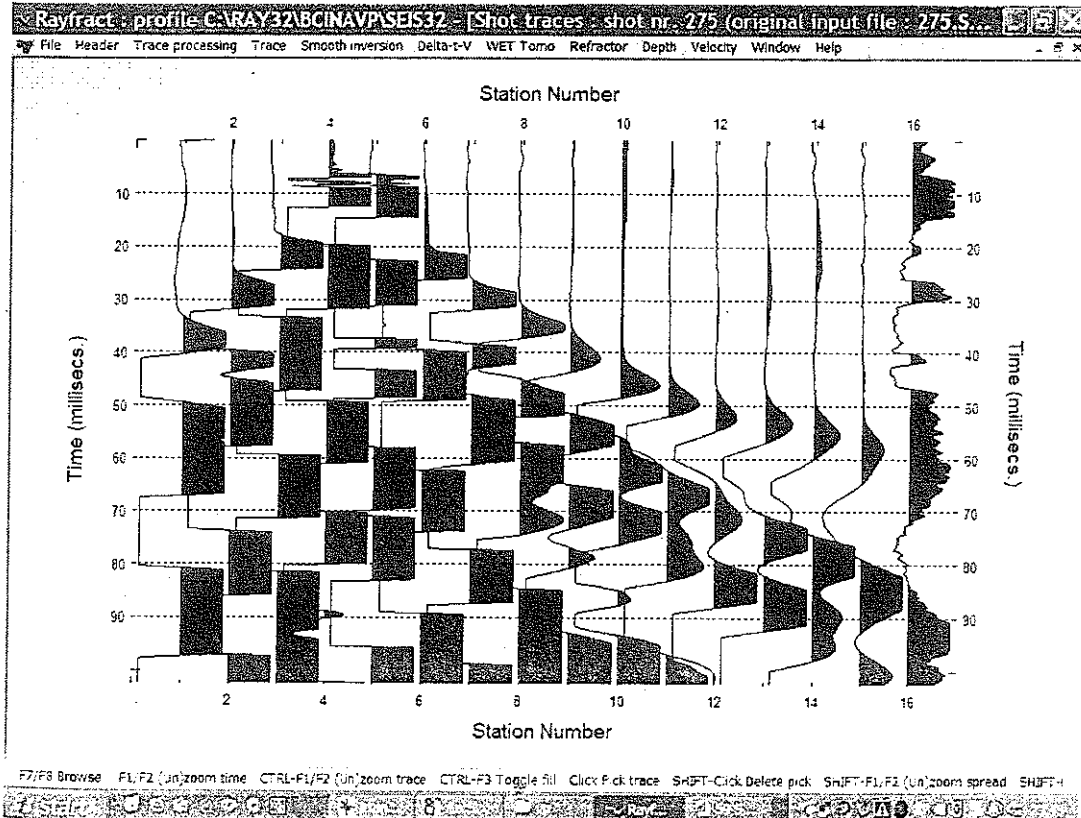
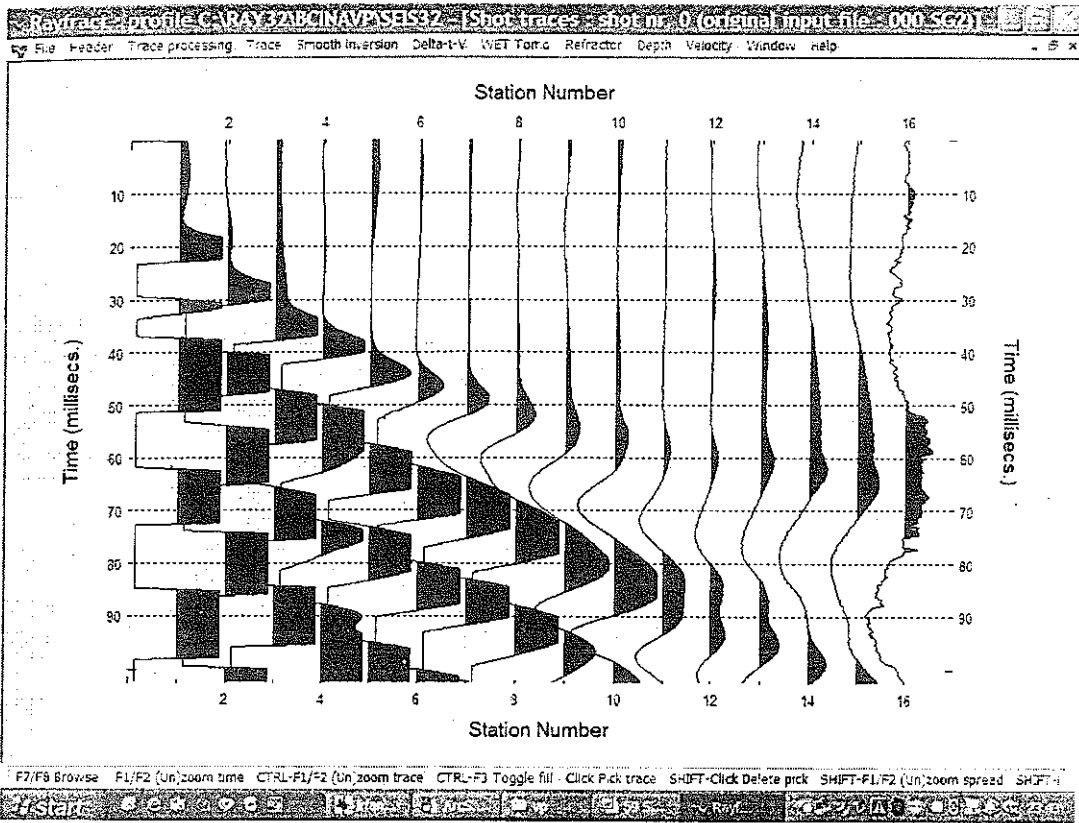
I commenti sono riportati direttamente sulle tomografie.

ALLEGATO

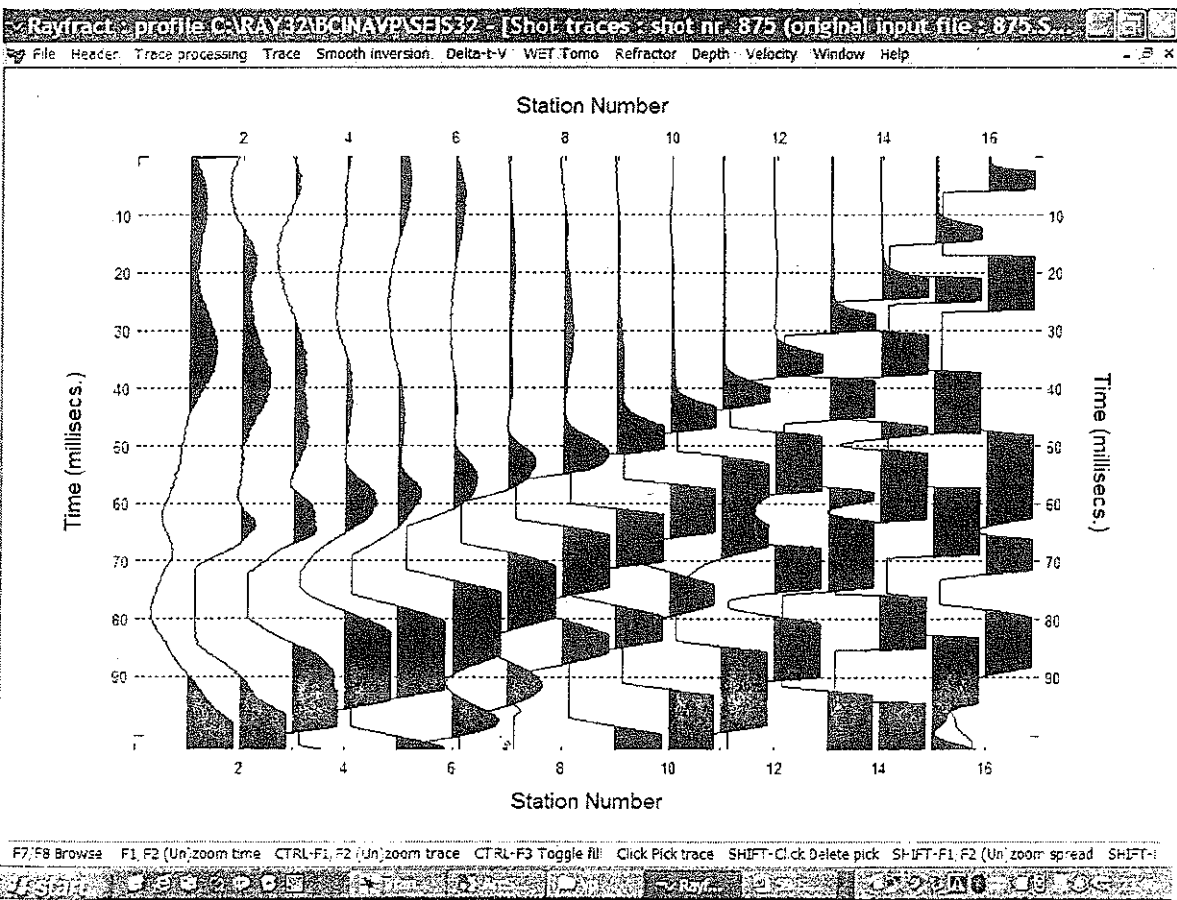
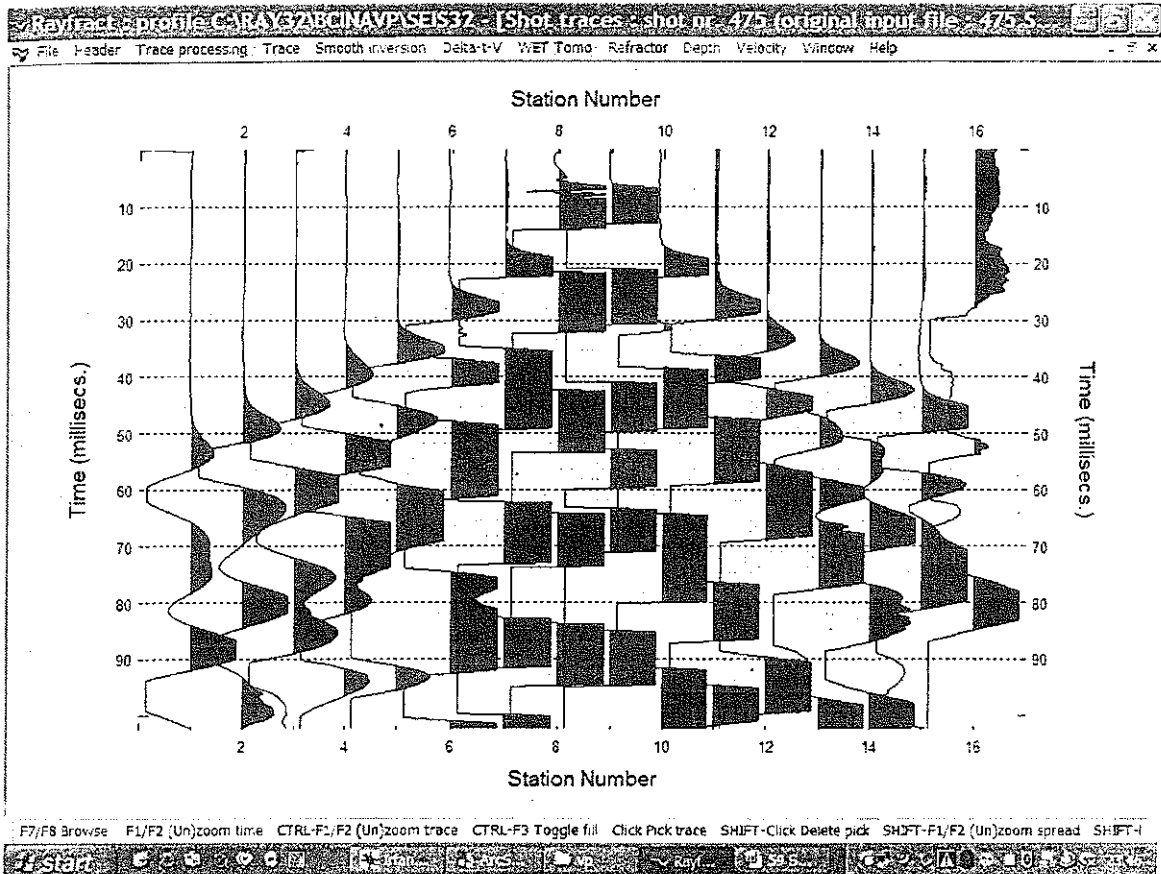
NUMERO GEOFONO	POSIZIONE RAYFRACT	POSIZIONE ROTELLA	POSIZIONE SHOT
	-2	-5	000
	-1	0	
	0	5	
	0,5		75
1		10	
	1,5		
2		15	
	2,5		
3		20	
	3,5		
4		25	
	4,5		275
5		30	
	5,5		
6		35	
	6,5		
7		40	
	7,5		
8		45	
	8,5		475
9		50	
	9,5		
10		55	
	10,5		
11		60	
	11,5		
12		65	
	12,5		675
13		70	
	13,5		
14		75	
	14,5		
15		80	
	15,5		
16		85	
	16,5		875
	17	90	
	18	95	
	19	100	999

UBICAZIONE GEOFONI E PUNTI DI ENERGIZZAZIONE

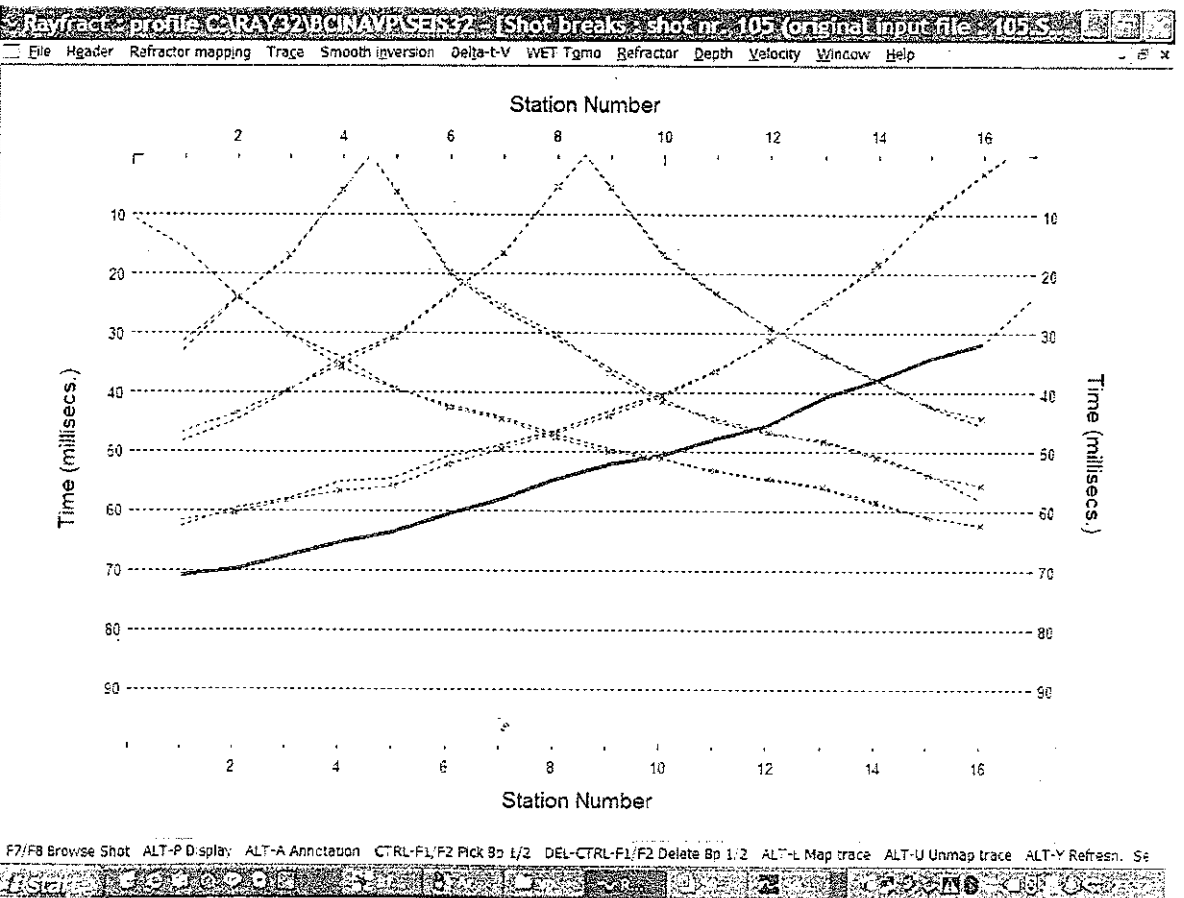
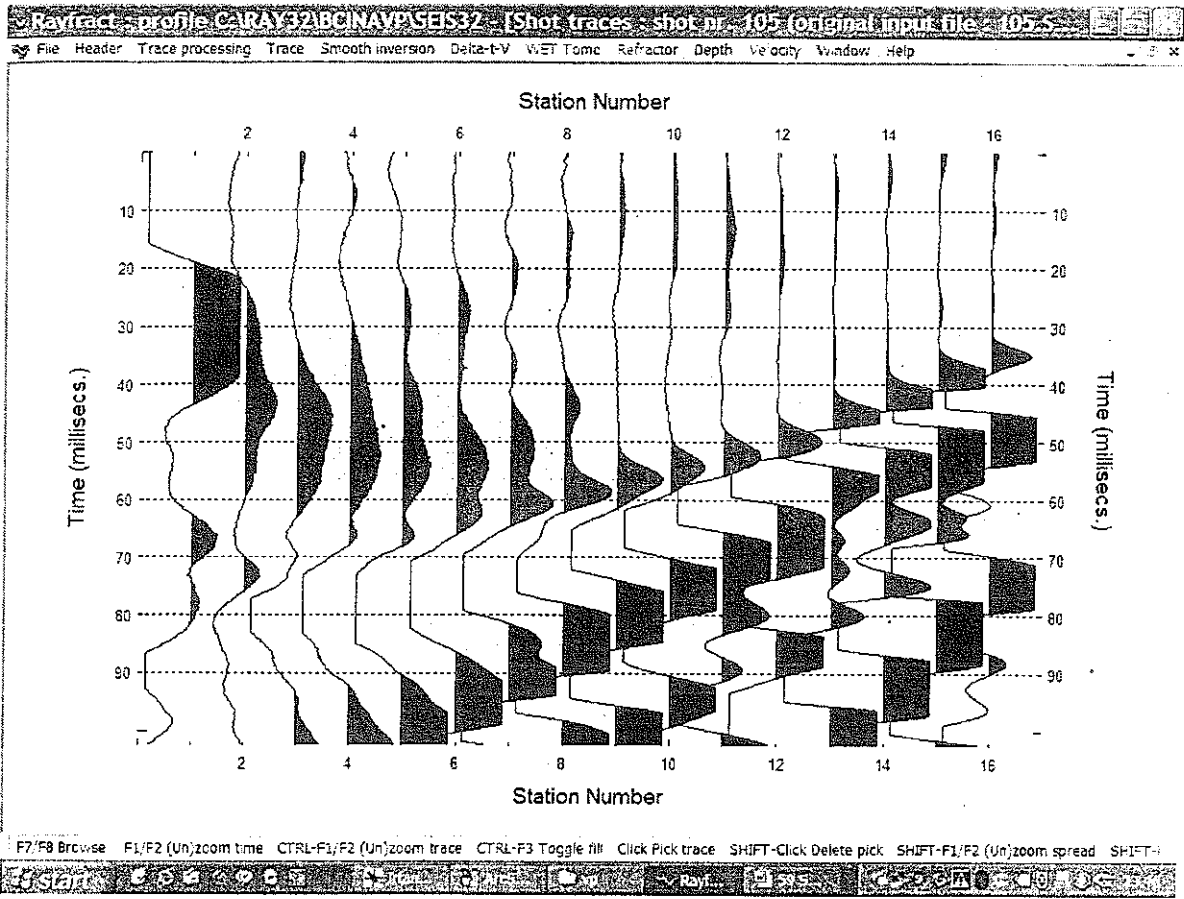
SISMOGRAMMI ORIGINALI ONDE DI COMPRESSIONE



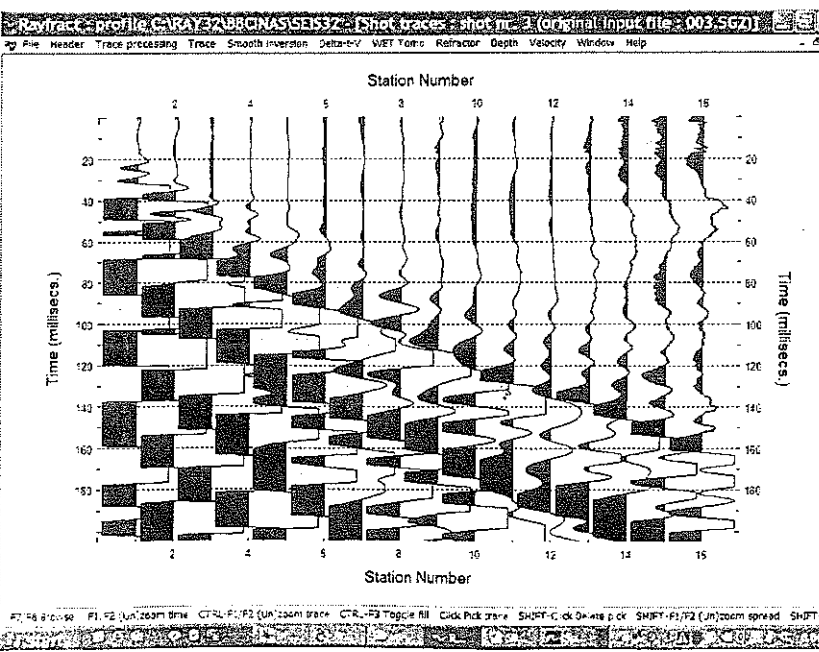
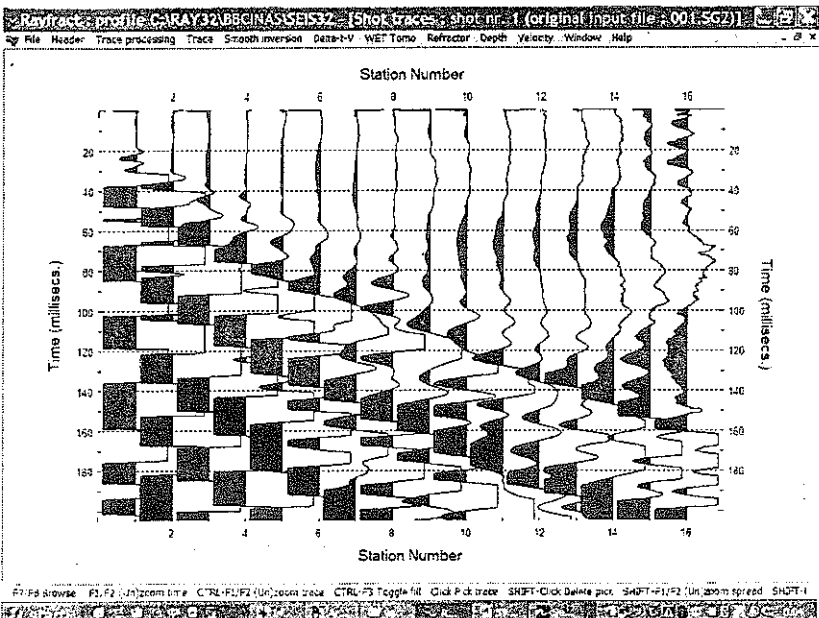
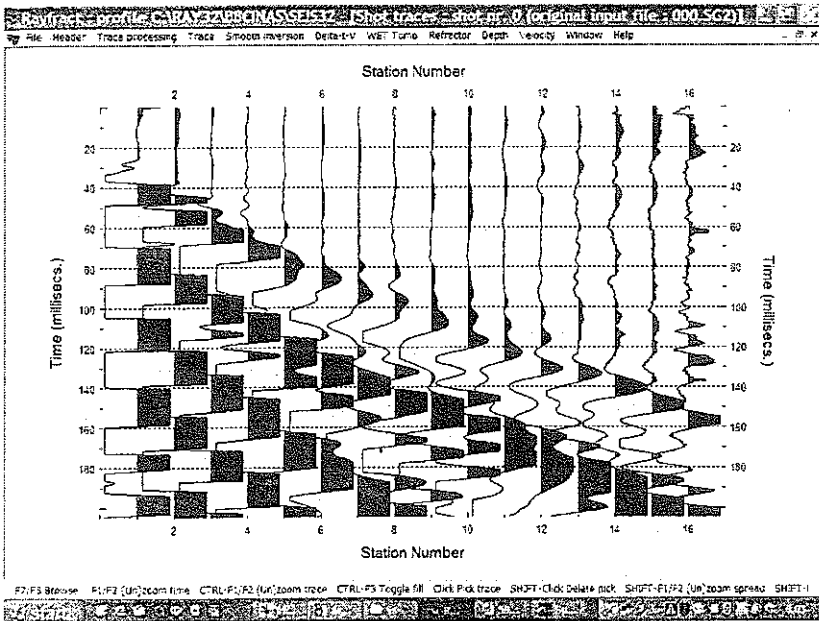
SISMOGRAMMI ORIGINALI ONDE DI COMPRESIONE



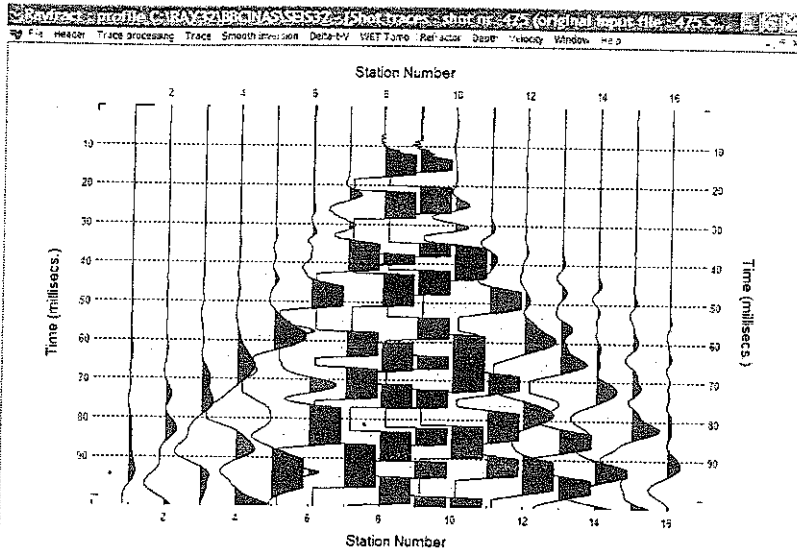
SISMOGRAMMI ORIGINALI ONDE DI COMPRESSIONE



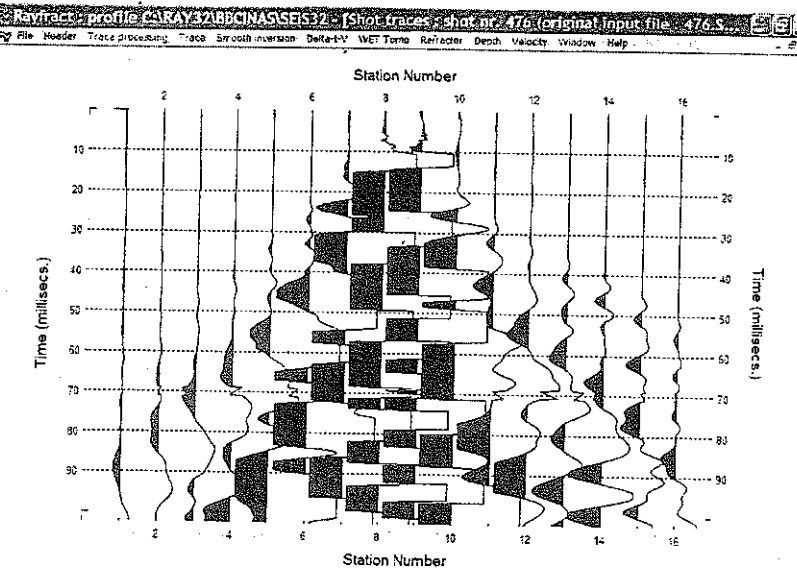
PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO ONDE VP



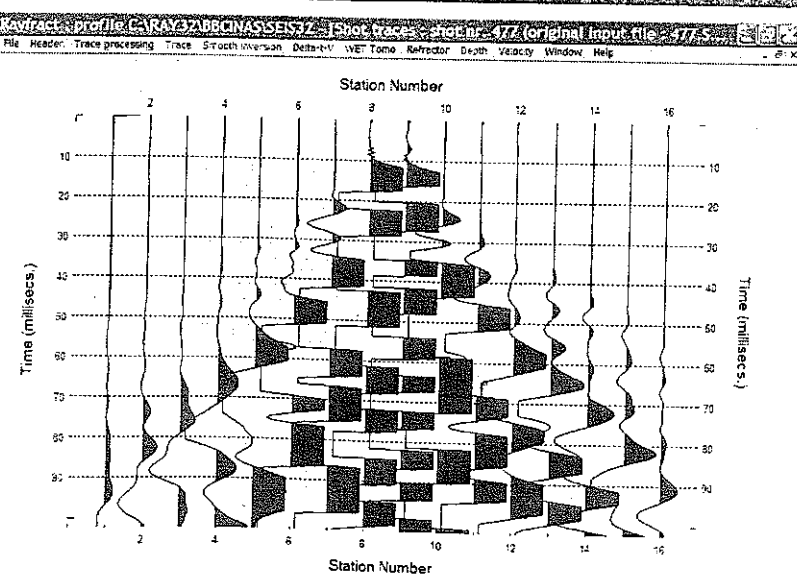
SS+) + (SS-



F7:79 Browse F1:F2 (Un)zoom time CTRL-F1:F2 (Un)zoom trace CTRL-F3 Toggle fill Click Pick trace SHFT-Click Delete pick SHFT-F1:F2 (Un)zoom spread S-F7:4

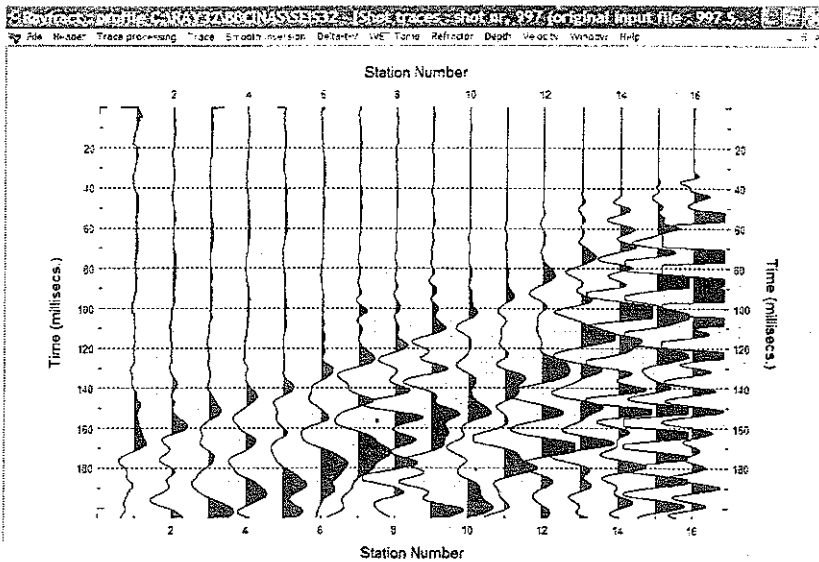


F7:79 Browse F1:F2 (Un)zoom time CTRL-F1:F2 (Un)zoom trace CTRL-F3 Toggle fill Click Pick trace SHFT-Click Delete pick SHFT-F1:F2 (Un)zoom spread SHFT-4

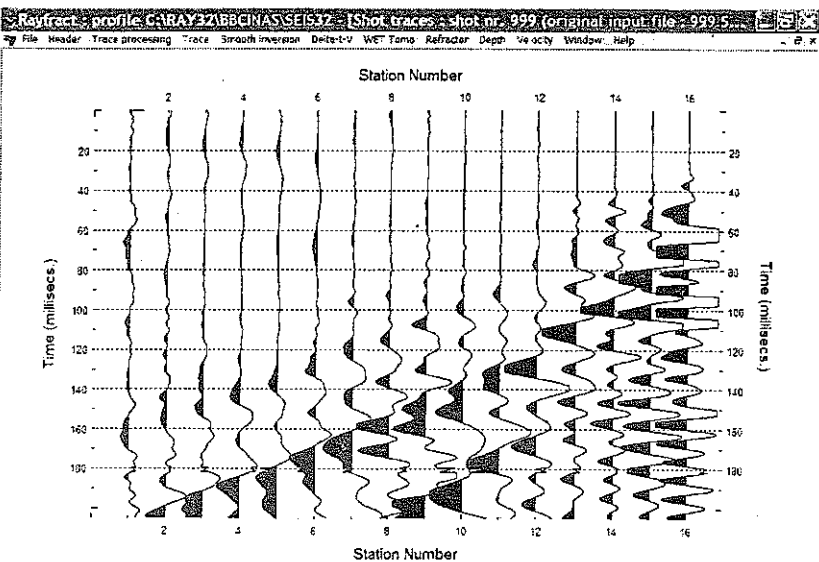


F7:79 Browse F1:F2 (Un)zoom time CTRL-F1:F2 (Un)zoom trace CTRL-F3 Toggle fill Click Pick trace SHFT-Click Delete pick SHFT-F1:F2 (Un)zoom spread SHFT-4

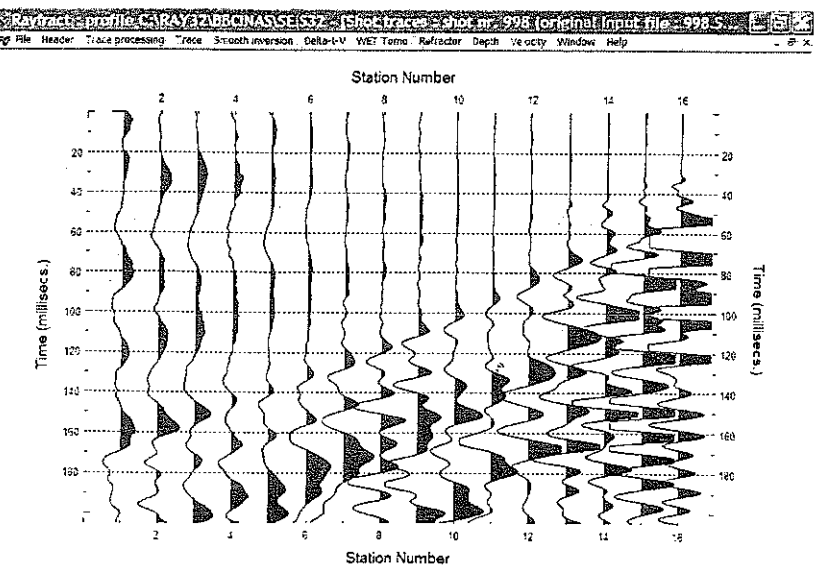
SS+) + (SS-)



Rayfract: profile CARAY32BBCINASSE532 - 1Shot traces - shot nr. 997 (original input file - 997.5)



Rayfract: profile CARAY32BBCINASSE532 - 1Shot traces - shot nr. 998 (original input file - 998.5)

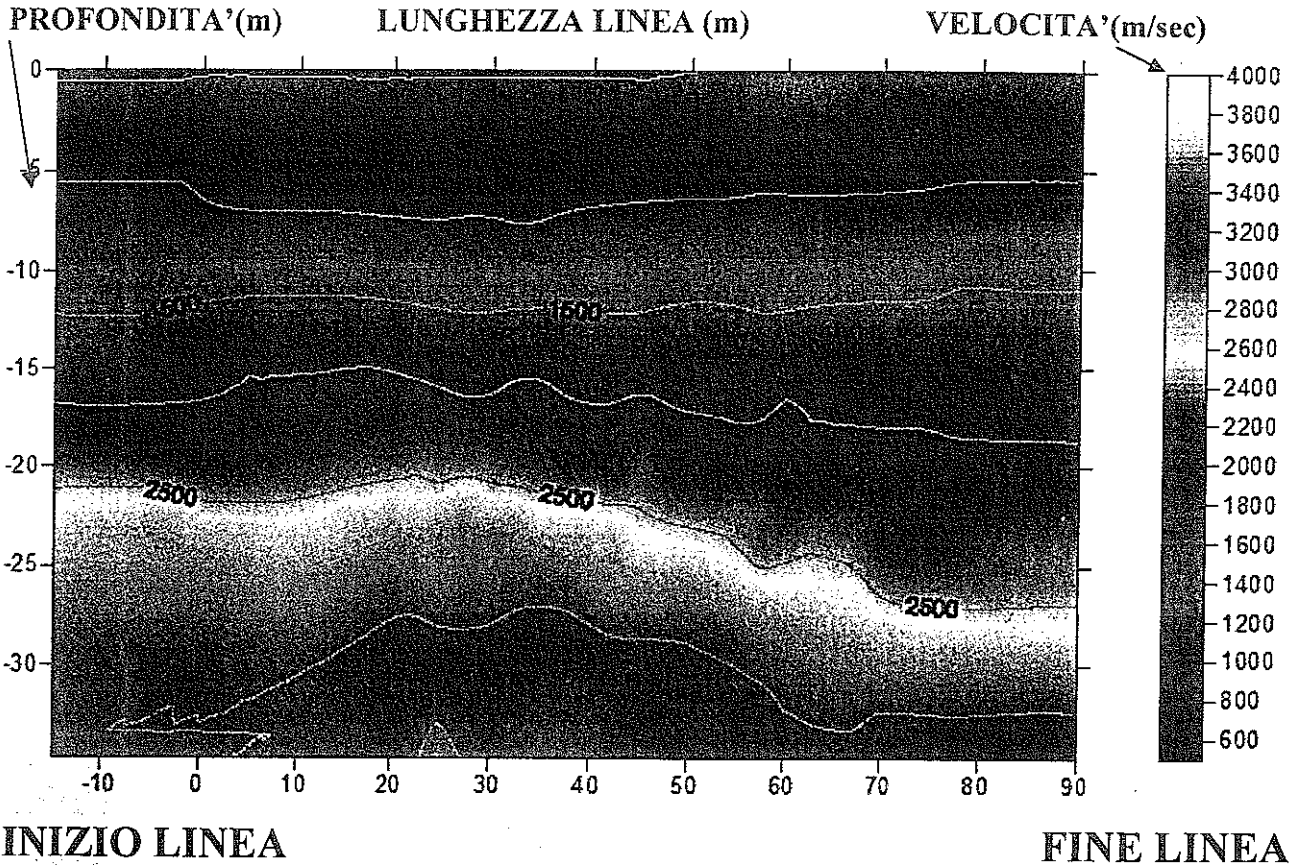


Rayfract: profile CARAY32BBCINASSE532 - 1Shot traces - shot nr. 999 (original input file - 999.5)

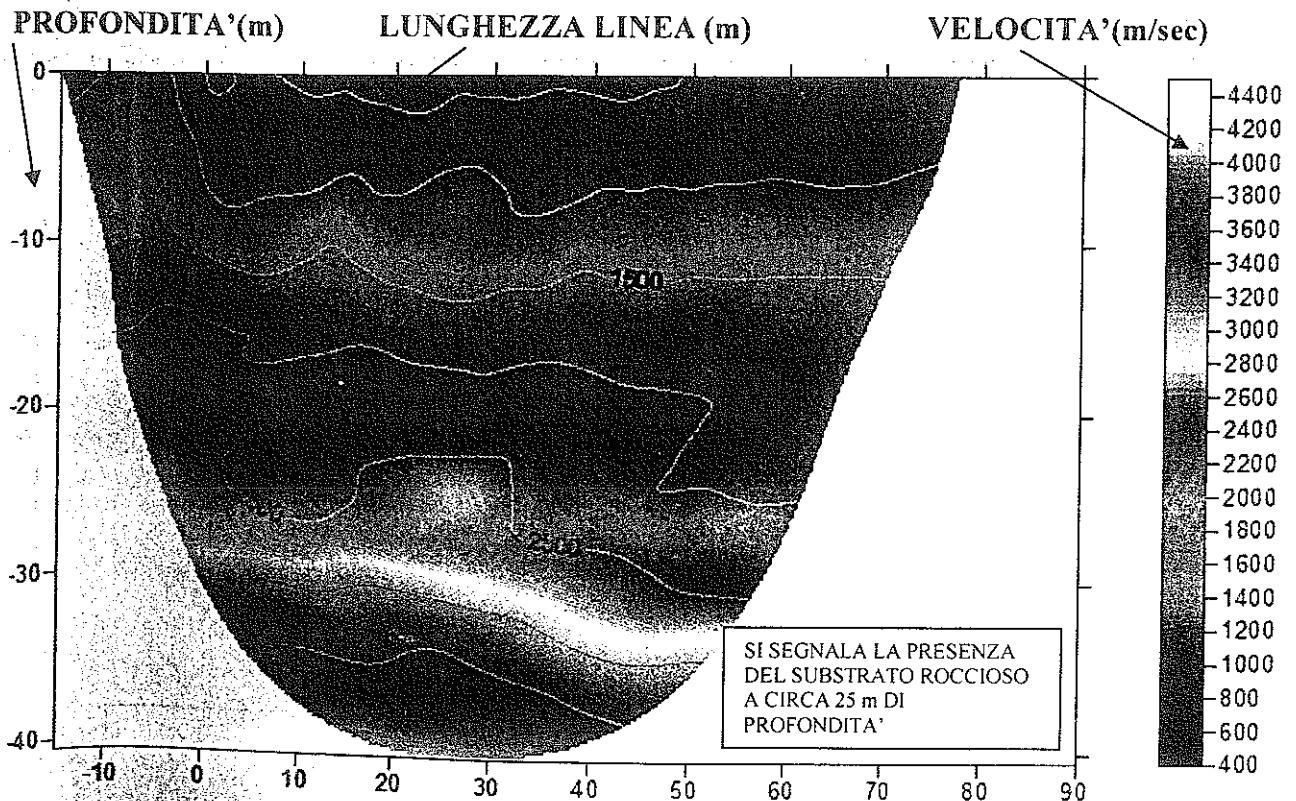
SS+) + (SS-)

ONDE DI COMPRESSIONE

PROFILO SISMO STRATIGRAFICO ELABORAZIONE TOMOGRAFICA METODO DELTA TV



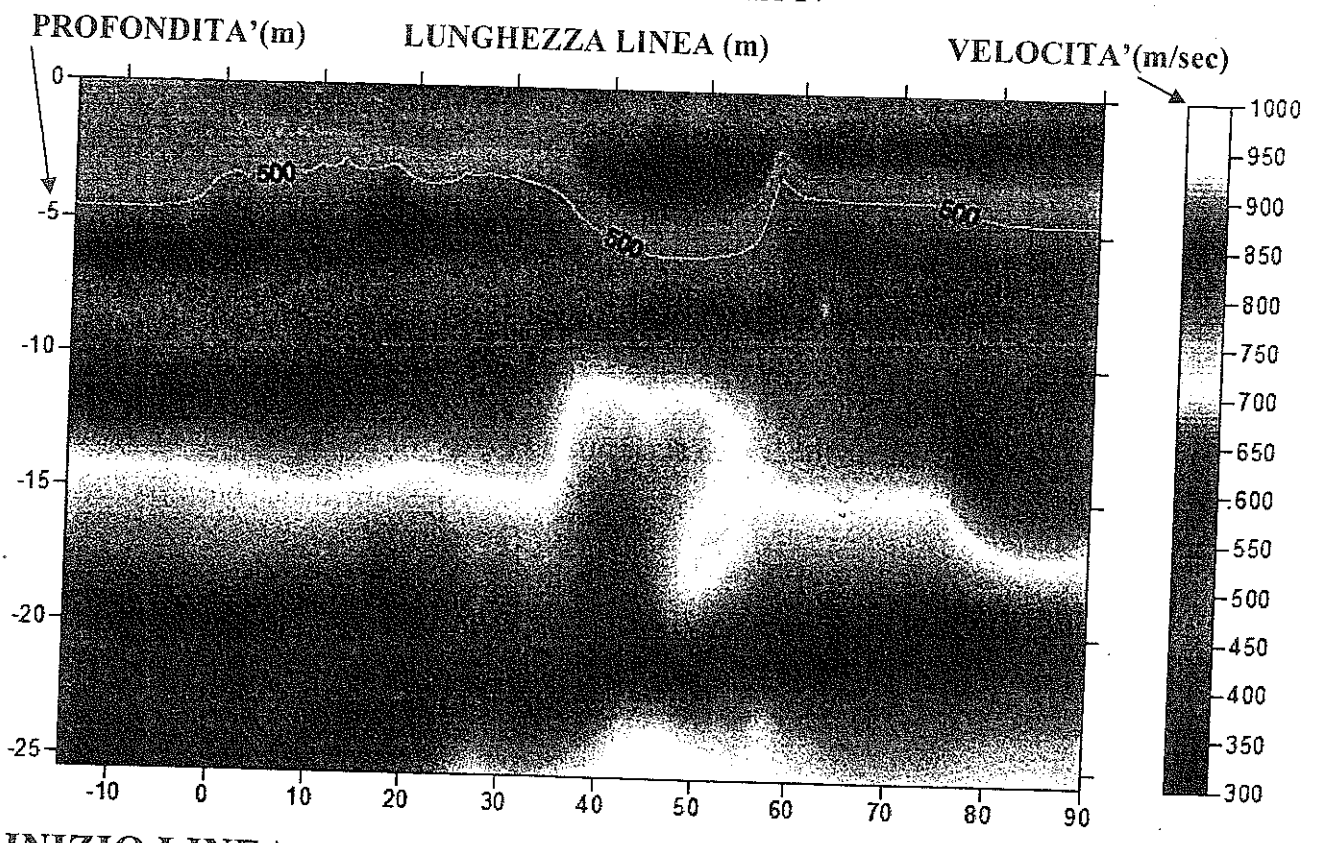
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA METODO WET



ONDE DI TAGLIO

PROFILO SISMO STRATIGRAFICO

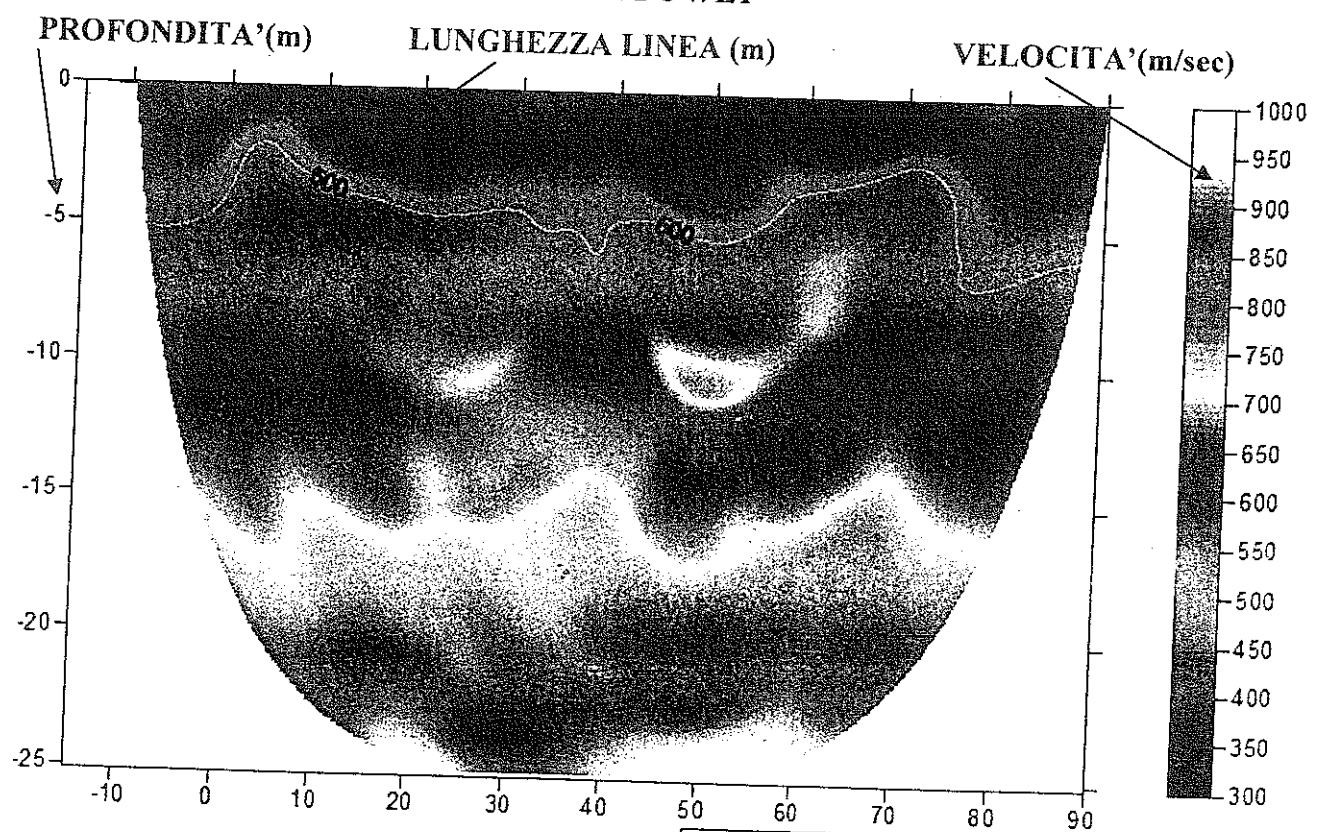
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA METODO DELTA TV



INIZIO LINEA

FINE LINEA

ELABORAZIONE TOMOGRAFICA METODO WET



> Asse X distanza in metri del profilo sismico :
> Asse Y profondità in metri raggiunta

ELABORAZIONE DEI DATI

Per ogni 2.5 metri indagati viene calcolata la media delle velocità rilevate in un foglio di calcolo tipo Excell, in seguito vengono calcolati i seguenti parametri e moduli.

$$\nu = \frac{0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}{\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

dove ν rappresenta il coefficiente di Poisson

Successivamente, dai parametri V_p e V_s e stimata la densità (ρ) del mezzo attraversato, è possibile definire i seguenti parametri:

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

dove G rappresenta il modulo di deformazione a taglio

$$E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$$

dove E rappresenta il modulo di Young

$$K = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2\nu)}$$

dove K rappresenta il modulo di Bulk

Si noti che per quanto concerne i moduli si è dovuto ricorrere a una ipotesi del peso di volume del materiale :

- ❖ $\rho = 1.7 \text{ t/m}^3$ per lo strato più superficiale ;
- ❖ $\rho = 2.5 \text{ t/m}^3$ per le rocce in profondità;

I moduli dinamici possono essere calcolati tramite le formule in precedenza descritte utilizzando il parametro velocità sopra calcolato e il parametro densità; è evidente, quindi, che alla possibile incertezza del parametro velocità calcolato si aggiunge l'incertezza del parametro densità stimato.

Tali parametri potranno essere utilizzati per la verifica delle fondazioni con modello dinamico.

CONCLUSIONI STRATIGRAFIA SISMICA

IL SITO RIENTRA IN CLASSE B

Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).

NELLO SPECIFICO $V_{s30} = 629$ m/sec

FALDA RILEVATA IN DUE POZZI A UNA PROFONDITA' VARIABILE NELLA CONOIDE TRA 9.5m E 11.5m.

SUBSTRATO ROCCIOSO RILEVATO A 25m DI PROFONDITA'

NON E' STATA ESEGUITA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN QUANTO IL POZZETTO GEOGNOSTICO HA EVIDENZIATO PRESENZA DI CONGLOMERATI ALLUVIONALI IN SUPERFICE.

L'INDAGINE GEOLOGICA E' STATA ESEGUITA DAL GEOLOGO ERALDO VIADA.

CUNEO 13/07/2006



GIOVANNI BERTAGNIN
GEOLOGO ☎ FAX 0171602441
VIA MEUCCI 20-12100 CN
P. IVA 02834980043

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Giovanni Bertagnin".



2

geol. Giuseppe Genovese geol. Fabrizio Gola geol. Pietro Campantico

genovese & associati

REGIONE PIEMONTE

Provincia di Cuneo

COMUNE DI BARGE

Progetto di P.E.C. in via Gallo

L. 64/74 - D.M. 11/03/88 :

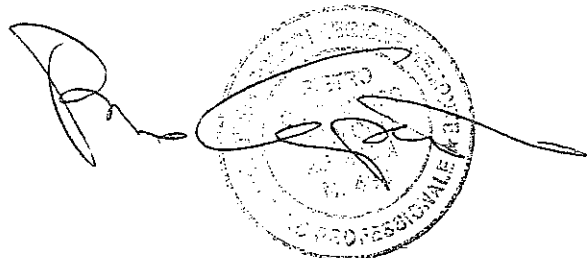
RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

Torino, li 26/04/2006

il tecnico incaricato :

geol. Pietro Campantico

Collaborazione:
geol. Silvia Ambrosio



genovese & associati
studio di geologia applicata
via Camogli 10 - 10134 TORINO
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

1. PREMESSA

Il presente studio geologico espone i risultati dell'indagine condotta ai sensi del *D.M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione"* e dalla **Legge n°64 del 2/2/1974**, facendo inoltre continuo riferimento alla circolare del P.G.R. n°5/GEO/P del 7/3/1989, alla recente **Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003** e s.m.i. "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e in risposta alle richieste di integrazioni formulate dall'ARPA Piemonte in data 10/03/06 (prot. 31738).

Lo studio si prefigge la verifica della fattibilità geologica e geotecnica del progetto di **piano esecutivo convenzionato** di prevista realizzazione nel comune di Barge (Cn) - via Gallo ang. Via Bosco, nell'area di proprietà del Sig. Bertolino Antonio e la verifica delle eventuali condizioni di dissesto o di pericolosità anche in chiave sismica locale.

L'attività d'indagine in sito si è espletata mediante :

- rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio del sito di intervento e di un suo intorno significativo;
- esecuzione di n°2 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro leggero tipo Deep Drill DL 030 IT a massa battente da 30 kg;
- misurazione della soggiacenza della prima falda superficiale in un pozzo sito entro una proprietà contigua a quella oggetto di intervento.

Si è proceduto inoltre alla raccolta ed organizzazione dei dati geologici esistenti, con particolare riferimento alla seguente documentazione:

- o allegati geologici del Piano Regolatore Generale Comunale vigente, approvato con delibera della Giunta Regionale, contenute nello "*Allegato F: Indagine geologica composta di Relazione geologico-tecnica, Relazione a commento della Carta geolitologica e dei dissesti idrogeologici, Carta geolitologica, Carta dei dissesti geoidrologici*";
- o allegati geologici e idraulici a corredo della "Variante Strutturale Specifica n°XXI al PRGC per l'adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico" adottata preliminarmente con Deliberazione di Consiglio Comunale del 29/09/2003, relativamente alle "*Carta dei dissesti*" e "*Carta di Sintesi*" redatta dal geol. Eugenio Zanella dello studio Serte e alla "*Planimetria generale delle aree esondabili*" a firma dell'ing. Martina dello studio Polithema.

Il territorio comunale di Barge non risultava inserito nell'elenco delle zone sismiche della Regione Piemonte (Ordinanza della P.C.M. n°2788 del 12 giugno 1998). La più recente Ordinanza della P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ha invece classificato il territorio comunale di Barge come ZONA SISMICA 3.

Come si evince dalla **Carta di sintesi** allegata alla Variante n°XXI al P.R.G.C. per l'adeguamento al PAI, l'area di indagine risulta ascritta alla **Classe I** indicata come "*Porzioni di territorio edificate e non edificate nelle quali non sussistono particolari condizioni di pericolosità – edificabili senza condizionamenti e prescrizioni*".

Gli interventi prevedono la realizzazione di due fabbricati di civile abitazione rispettivamente a un piano f.t. e sottotetto (fabbricato A) e due piani fuori terra e sottotetto (fabbricato B), con un unico piano interrato, parzialmente fuori sagoma, adibito a box e cantine, con rampa di accesso sul lato sud.

Il sopralluogo ed i rilievi tecnici sono stati effettuati nella seconda decade di Aprile 2006.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di intervento, cartografata nella sezione n°190080 - scala 1:10.000 - della Carta Tecnica della Regione Piemonte, si estende nella porzione centrale del concentrico principale di Barge, all'interno del contesto storico, nel settore compreso tra la via Gallo, via Bosio e via Peano. Nel dettaglio il lotto di intervento occupa un'area subpianeggiante attualmente a destinazione prativa, debolmente degradante verso Est, inserita entro un ambito già intensamente urbanizzato.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico generale l'area pedemontana su cui sorge gran parte del territorio comunale di Barge si localizza immediatamente a Est dei rilievi costituenti lo spartiacque tra le Valli Pellice e Po. Si evidenzia come la nomenclatura formazionale adottata nel seguito, concordemente a quanto riportato negli allegati geologici al Piano Regolatore Generale Comunale, non trovi una immediata corrispondenza con le suddivisioni e le interpretazioni a suo tempo suggerite nella redazione della cartografia geologica ufficiale Fg. 67 - PINEROLO - scala 1:100.000: i più recenti indirizzi sul rilevamento delle formazioni superficiali hanno infatti portato sia a differenti suddivisioni stratigrafiche ed in parte cronologiche che all'abbandono di termini (come "diluvium antico") giudicati obsoleti o non univoci nell'interpretazione.

Il paesaggio è caratterizzato dalla presenza di tre distinte unità morfologiche:

- un settore propriamente montano caratterizzato da un aspro rilievo a W e S del concentrico cittadino principale, con substrato lapideo pretriassico (prevalentemente costituito da gneiss minuti scuri a luoghi passanti a micascisti e scisti grafitici, gneiss granulari e gneiss ghiandoni talora fortemente laminati ascrivibili al "Massiccio del Dora-Maira") in genere affiorante in corrispondenza degli alti-medi versanti;
- una fascia più o meno ampia di raccordo morfologico tra i rilievi e la pianura principale, con blandi declivi modellati su depositi fluvioglaciali e fluviali talora ricoperti da coltri eluvio-colluviali ben sviluppate a causa della degradabilità del materiale roccia in oggetto;
- pianura alluvionale Pinerolese.

I tre insiemi morfologici hanno spesso limiti di separazione mal definiti e raramente netti in quanto rappresentano il risultato finale delle continue sovrapposizioni di fenomeni glaciali, fluvioglaciali, fluviali e tettonici accompagnati da processi pedogenetici ed erosivi.

Nel dettaglio il sito di intervento si colloca in corrispondenza dell'area di raccordo tra i depositi fluvioglaciali di probabile età rissiana e wurmiana, ricoperti da un paleosuolo rosso-bruno ferrettizzato di potenza c.ca metrica e costituenti la debole dorsale allungata E/W su cui corre la via Stazione, e i depositi alluvionali antichi ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi che concorrono insieme a quelli più recenti a formare l'apparato deposizionale allo sbocco in pianura del rio Infernotto. Il raccordo è costituito da un piano inclinato debolmente acclive, solo a tratti conservato nella sua morfologia originaria in quanto per lo più obliterato dai rimodellamenti antropici.

3. SISMICITÀ

L'area del Pinerolese (con le basse valli Pellice, Chisone e Susa) è caratterizzata da una frequente attività sismica, per lo più con eventi a bassa energia sebbene talora siano state registrate anche scosse di discreta entità.

La sismicità è di tipo superficiale ad energia medio-bassa, distribuita in brevi sequenze e con scosse occasionali di maggiore intensità seguite da lunghe serie di repliche.

Gli studi condotti dall'Istituto Geofisico di Genova nonché da alcuni autori francesi evidenziano una certa particolarità del campo di forze che agisce sull'area pinerolese: le caratteristiche tensionali derivano infatti da meccanismi focali di natura prevalentemente distensiva (così come avviene nei limitrofi massicci francesi del Queyras e di Briançon), mentre nell'intero arco alpino occidentale prevalgono generalmente sforzi di tipo compressivo.

Con l'Ordinanza 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" vengono individuate 4 zone (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3, 4). In prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone simiche sono individuate sulla base dei documenti da cui ha tratto origine la "Proposta di riclassificazione 1998": il territorio comunale di Barge è pertanto attualmente classificato come ZONA SISMICA 3 ai sensi dell'Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003, contrassegnata da un valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g) pari a 0,15 g.

In corrispondenza del lotto in oggetto e delle sue immediate adiacenze non sussistono elementi morfologici (quale scarpate, rotture di pendenza significative, culminazioni o emergenze rocciose) che possano amplificare localmente l'effetto di eventuali scosse sismiche incrementando la situazioni di pericolosità e/o rischio areale.

4. COMMENTO ALLE PROVE PENETROMETRICHE ED AI RILIEVI DI DETTAGLIO

Per la ricostruzione lito-stratigrafica superficiale di dettaglio lungo tutta l'area di previsto intervento si è fatto riferimento ai dati ricavati dalle osservazioni di campagna e dalle indagini geognostiche all'uopo effettuate, consistite in n°2 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro leggero tipo Deep Drill DL 030 IT a massa battente da 30 kg. I risultati di queste prove penetrometriche dinamiche vengono espressi in termini di N' (intendendo con tale quantità il numero di colpi necessario all'avanzamento della punta del penetrometro medio leggero per un tratto di 10 cm); per la parametrizzazione geotecnica tali valori verranno poi normalizzati al termine N_{SPT} della resistenza penetrometrica standard in base al rapporto di energia esistente con il penetrometro utilizzato, assunti rispettivamente pari a $N_{SPT} = 0,77 N'$.

L'area di previsto intervento si adagia al passaggio tra i depositi fluvioglaciali morenici e le alluvioni terrazzate antiche, mascherate da una coltre detrico-colluviale (e a tratti di riporto) di spessore variabile.

La stratigrafia superficiale risulta così schematizzabile:

dal p.c. a c.ca -1,0÷2,5 m **ORIZZONTE A** : al di sotto di una coltre decimetrica di terreno agrario e suolo incipiente affiorano depositi eluvio-colluviali costituiti prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi da grigi a rossastri da sciolti a poco addensati, associati a terreno di riporto della medesima granulometria steso lungo la porzione più orientale dell'area (cfr. prova 2) per il raggiungimento dell'attuale configurazione pianeggiante su una originaria superficie debolmente degradante. L'orizzonte è caratterizzato nel complesso da una modesta valenza geotecnica.

oltre - 1,0÷2,5 m c.ca **ORIZZONTE B** : substrato ghiaioso con ciottoli e blocchi prevalentemente gneissici in matrice sabbiosa grigia ben addensato e compatto, alterato e ferrettizzato, con paleosuolo rosso-arancio nella porzione più superficiale, al quale si associano buone caratteristiche geotecniche. Valori di resistenza penetrometrica in repentino incremento fino al rifiuto alla penetrazione ($N' > 50$ colpi/dm). Lo spessore di tale orizzonte è da ritenersi marcatamente superiore al bulbo di influenza generato dal carico di esercizio del fabbricato in progetto.

Non è stata rilevata la presenza di acqua di falda all'interno dei fori penetrometrici; è stato tuttavia possibile effettuare la misura della soggiacenza della prima falda superficiale all'interno di un pozzo esistente nelle immediate vicinanze, risultata pari a c.ca -16,50 m dal p.c.

5. RAPPORTO GEOTECNICO

5.1 Parametri geotecnici assunti

Sulla base dei dati ricavati dalle indagini eseguite si è proceduto ad una parametrizzazione geotecnica degli orizzonti costituenti la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dagli interventi in progetto.

Sono state adottate le correlazioni esistenti in letteratura specifica tra N_{SPT} e densità relativa (D_r) [Gibbs e Holtz, 1957], fra angolo di attrito (ϕ') e densità relativa (D_r) [Schmertmann, 1977], tenendo conto del rapporto di energia esistente tra la resistenza penetrometrica standard (N_{SPT}) e quella rilevata con il penetrometro utilizzato.

I terreni rilevati possono essere descritti e parametrizzati come segue:

ORIZZONTE A coltre eluvio-colluviale limoso-sabbiosa, scarsamente addensata; in particolare le prove penetrometriche effettuate hanno fornito nell'ambito di tale termine valori medi di resistenza pari a circa 4 colpi/piede. L'orizzonte è stato caratterizzato nel seguente modo :

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 19,0 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,00 \text{ kPa}$$

$$\phi' = \text{angolo di resistenza al taglio di picco} = 28^\circ$$

$$\phi' = \text{angolo di resistenza al taglio a vol. cost.} = 26^\circ$$

ORIZZONTE B ghiaia e ghiaia sabbiosa da moderatamente addensata in superficie ad addensata in profondità, che offre il rifiuto alla penetrazione. L'angolo di resistenza al taglio di picco è stato stimato mediante le correlazioni e i valori forniti da numerosi autori: in particolare Leonards (1962) propone, per terreni con percentuale di ghiaia fino al 65% e densità relativa media, dei valori compresi tra 37° e 41° , mentre Lambe & Whitman (1969), per sabbia e ghiaie con densità media, suggeriscono un campo di valori compresi tra 36° e 42° . E' possibile quindi ritenere rappresentativo per il deposito in oggetto un valore di 38° , tenendo conto anche della presenza di livelli maggiormente sabbiosi.

Analogamente si può definire il valore di resistenza al taglio a volume costante (ϕ_{cv}), parametro che descrive il comportamento dei terreni granulari alle elevate deformazioni, in cui si ha l'assenza di variazioni di volume ed una resistenza disponibile corrispondente allo stato critico (LANCELLOTTA, 1987). Lambe & Whitman propongono per tale parametro dei valori compresi tra 32° e 36° : mediamente si assumerà $\phi_{cv} = 34^\circ$. Trattandosi di terreni ghiaioso-sabbiosi si assumerà un valore nullo della coesione.

La definizione dei parametri di deformazione è possibile sulla base del diagramma proposto da Janbu (1967), assumendo come rappresentativa del deposito una Densità relativa media D_r pari al 60%. Il coefficiente di Poisson può essere assunto pari a $\nu = 0,30$.

Infine il peso di volume può essere valutato sulla base delle correlazioni proposte dal NAVFAC (1971), che per terreni di questa granulometria permette di stimare un valore di 20 kN/m^3 .

I terreni del substrato ghiaioso sono pertanto così descrivibili:

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 20,0 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,00 \text{ kPa}$$

$$E' = \text{modulo elastico} = 40 \text{ MPa}$$

$$\nu = \text{coefficiente di Poisson} = 0,3$$

$$\phi' = \text{angolo di resistenza al taglio di picco} = 38^\circ$$

$$\phi' = \text{angolo di resistenza al taglio a vol. cost.} = 34^\circ$$

In riferimento alla Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", la suddetta stratigrafia e le caratteristiche geotecniche consentono di inquadrare il sedime osservato nell'ambito della **categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo C** "*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di V_{s30} tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$)*".

5.2 Stima della capacità portante ammissibile

Le prove penetrometriche effettuate hanno evidenziato la presenza di un ORIZZONTE A superficiale con moderata valenza geotecnica e di un sottostante ORIZZONTE B, affiorante a partire da una profondità massima di c.ca 2,6 m, con buona valenza geotecnica: si impone pertanto il raggiungimento dell'ORIZZONTE B ghiaioso quale sedime di imposta dei fabbricati in progetto, configurazione peraltro agevolmente perseguibile stante la prevista realizzazione di un piano interrato.

Per le buone caratteristiche geotecniche del sedime fondazionale imposto sono state verificate soluzioni fondazionali dirette superficiali continue di tipo nastriforme di lato $B = 0,8 \div 1,5 \text{ mt}$ e di lunghezza $L \gg B$ saldamente immorsate all'interno dell'ORIZZONTE B ad una profondità minima di c.ca -2,5 m dal p.c..

Considerando che il terreno fondazionale è costituito da terreni granulari, la verifica della capacità portante è stata effettuata "in condizioni drenate", nell'assunto cioè che i fenomeni di consolidazione in seguito all'applicazione di una tensione siano governati da condizioni di equilibrio idrostatico o di flusso stazionario e trascurando il moto di filtrazione necessario alla dissipazione delle sovrappressioni dell'acqua interstiziale. In un siffatto modello reologico l'analisi di stabilità fondazionale può essere effettuata in termini di tensioni efficaci: in assenza di legami di cementazione, l'involuppo di rottura del terreno sabbioso è infatti caratterizzato da $c'=0$ e da $\phi=\phi'$.

La valutazione della capacità portante limite ed ammissibile del terreno è stata verificata a rottura, adottando la soluzione di BRINCH - HANSEN [1970]:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \quad (1)$$

dove:

- q_{lim} = portata unitaria agente sul piano di fondazione che determina la rottura del terreno per raggiunto limite della resistenza al taglio;
 γ' = peso di volume eff. del terreno sotto il piano di fondazione;
 c' = coesione efficace;
 $N_{\gamma} N_q N_c$ = fattori di capacità portante dipendenti da ϕ' ;
 $s_{\gamma} s_c s_q$ = fattori di forma della fondazione;
 $i_{\gamma} i_c i_q$ = fattori correttivi per inclinazione del carico;
 $b_{\gamma} b_c b_q$ = fattori correttivi per inclinazione della base fondazione;
 $g_{\gamma} g_c g_q$ = fattori correttivi per inclinazione del piano campagna;
 $d_c d_q$ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Nei calcoli per la valutazione della capacità portante è stato adottato un valore di resistenza al taglio, intermedio tra quello di "picco" (ϕ'_p) e quello "residuo" (ϕ'_r) (LANCELLOTTA, 1979), pari all'angolo a volume costante ϕ'_{cv} . Come dimostrato da YAMAGUCHI et Al. (1972), si ha infatti il raggiungimento della Q_{lim} in corrispondenza di elevate deformazioni, al cui livello il comportamento del terreno granulare risulta caratterizzato dall'assenza di variazioni di volume e la resistenza disponibile è corrispondente allo stato critico, individuato dall'angolo ϕ'_{cv} a volume costante (LANCELLOTTA, 1987). Per un coefficiente di sicurezza $F_s = 3$ ed un ricoprimento $D \geq 0,5$ m si ottengono dalla espressione (1) i seguenti valori di portata ammissibile Q_{amm} (kPa):

PORTANZA AMMISSIBILE VERIFICATA A ROTTURA

tipologia	$Q_{lim.}$ (kPa)	$Q_{amm.}$ (kPa)
nastriforme B = 0,8 m	723	241
nastriforme B = 1,2 m	871	291
nastriforme B = 1,5 m	988	330

I valori di pressione ottenuti non possono essere considerati pari alla pressione ammissibile poiché occorre verificare che ad essi corrispondano cedimenti tollerabili dalle strutture.

La stima dei cedimenti è stata eseguita in base al metodo di calcolo di BURLAND e BURBIDGE [1984] utilizzando i dati relativi alle prove penetrometriche dinamiche effettuate ($N' \rightarrow N_{SPT}$).

$$S = f_s \cdot f_h \cdot f_t \cdot [\sigma'_{vo} \cdot B^{0,7} \cdot I_c/3 + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0,7} \cdot I_c] \quad (2)$$

essendo:

- S = cedimento in mm
 B = lato minore della fondazione in m
 q' = pressione applicata in kPa
 I_c = indice di compressibilità = $1,706/N_{spt}^{1,4}$
 f_s, f_h, f_t = fattori correttivi

Nei calcoli dei cedimenti è stato utilizzato un valore cautelativo di $N_{AV} = 12$ colpi/piede che rappresenta la media "conservativa" dei valori N_{SPT} all'interno della profondità significativa Z

(funzione del lato della fondazione) e tiene conto dell'eventuale presenza di un primo ridotto spessore di materiale alterato. Per contenere i cedimenti differenziali su valori accettabili per la stabilità della struttura, si considera un cedimento massimo ammissibile $S_{max} = 25$ mm (Terzaghi e Peck, 1967) calcolato nell'immediatezza dell'applicazione dei carichi (S_i) e dopo trent'anni (S_t). La verifica ha fornito i seguenti valori di Q_{amm} :

PORTANZA AMMISSIBILE VERIFICATA AI CEDIMENTI

tipologia fondazionale	S_i (mm)	S_t (mm)	Q_{amm} (kPa)	Q_{amm} (kg/cm ²)
nastriforme B = 0,8 m	14,28	21,43	240	2,4
nastriforme B = 1,2 m	15,97	23,95	210	2,1
nastriforme B = 1,5 m	16,37	24,55	190	1,9

La scelta progettuale ed il dimensionamento delle fondazioni dovranno essere valutati in funzione dei reali carichi di esercizio previsti da progetto; le dimensioni delle fondazioni adottate nei calcoli sono comunque da intendersi come *dimensioni efficaci* della fondazione.

5.3 Stabilità degli scavi

La realizzazione del piano interrato comporterà la formazione di fronti di scavo di altezza massima pari a circa 2,5÷3,0 m: ai sensi del punto G3.2 del D.M.11/03/88 si pone quindi la necessità di valutare la stabilità della scarpata di scavo. La presenza di terreno di modesta valenza geotecnica fino ad una profondità compresa tra 1,0 e 2,5 m dal p.c. attuale e la necessità di garantire un adeguato coefficiente di sicurezza alle maestranze coinvolte impongono l'adozione di accorgimenti operativi e/o opere provvisorie a sostegno e protezione delle pareti.

Nell'ipotesi di adottare scarpate libere, dove gli spazi lo consentiranno i fronti di scavo dovranno essere modellati con un angolo di inclinazione non superiore a 40°: tale configurazione garantisce nel breve termine un adeguato coefficiente di sicurezza grazie al contributo offerto dalla coesione apparente. Dovendo localmente realizzare fronti di scavo subverticali o comunque con inclinazione 1:1 o superiore, con particolare riferimento al tratto in aderenza o in contiguità alla viabilità sul perimetro dell'area, si dovranno adottare adeguate opere provvisorie a protezione e sostegno delle pareti (quali puntellamenti o sbadacchiature) o prevedere un avanzamento dello scavo "a campione" per conci di larghezza non superiore a 2,5 mt seguiti dall'immediata esecuzione dei muri perimetrali contro terra e delle strutture di fondazione.

Nei tratti in cui lo scavo in aderenza alla casa (munita di interrato) sul lato meridionale dovesse spingersi al di sotto della relativa quota di imposta delle relative strutture fondazionali occorrerà inoltre prevedere adeguati interventi di sottomurazione.

Si suggerisce di proteggere lo scavo con teli impermeabili, evitando comunque di lasciare lo stesso aperto per lungo tempo.

Non si è ritenuto necessario procedere ad una verifica numerica della stabilità dell'insieme opere-versante stante il contesto pianeggiante in cui si inseriscono i fabbricati in progetto e l'assenza nell'intorno significativo di condizionamenti morfologici naturali quali scarpate e/o rotture di pendenza significative.

5.4 Drenaggi e Impermeabilizzazioni

La falda freatica si attesta mediamente ad una profondità di almeno 16,50 m dal p.c., così come misurato in un pozzo nelle immediate vicinanze: tuttavia, stante la granulometria grossolana del sedime affiorante, non si possono escludere fenomeni di infiltrazione delle acque meteoriche e/o di ristagno superficiale nei primi metri di sottosuolo.

Si consiglia pertanto di predisporre una adeguata impermeabilizzazione lungo il lato controterra dei muri perimetrali; una idonea impermeabilizzazione dovrà essere altresì prevista per la soletta di copertura delle porzioni fuorisagoma del piano interrato.

I pluviali ricadenti all'interno del lotto di intervento e sulle aree impermeabilizzate di neoformazione dovranno essere adeguatamente raccolti - prevedendo anche griglie e/o caditoie lungo la rampa di accesso - e smaltiti in idoneo recettore.

6. CONCLUSIONI

Le indagini condotte hanno consentito di ricostruire nel dettaglio l'assetto geologico, morfologico e idrogeologico dell'area di previsto intervento, evidenziandone altresì le dinamiche morfoevolutive e le principali problematiche connesse alle realizzazioni delle opere in progetto ed alle sue incidenze sugli areali circostanti.

Il modello concettuale geotecnico del sottosuolo ha inoltre consentito di individuare le più idonee soluzioni fondazionali e di valutare la capacità portante ammissibile del terreno individuando altresì le prescrizioni operative atte a garantire la stabilità dei fronti di scavo e la compatibilità con l'assetto idrogeologico del territorio.

In ottemperanza a quanto richiesto dall'ARPA Piemonte con prot. 31738 del 10/03/06 si osserva che:

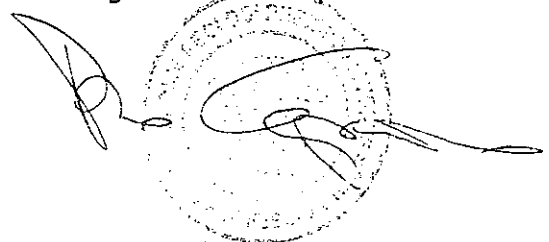
- o non sussistono elementi di dissesto coinvolgenti l'area oggetto di intervento o le sue immediate adiacenze
- o non sussistono elementi a carattere geologico, geomorfologico, geotecnico che possano condizionare negativamente la risposta sismica locale.

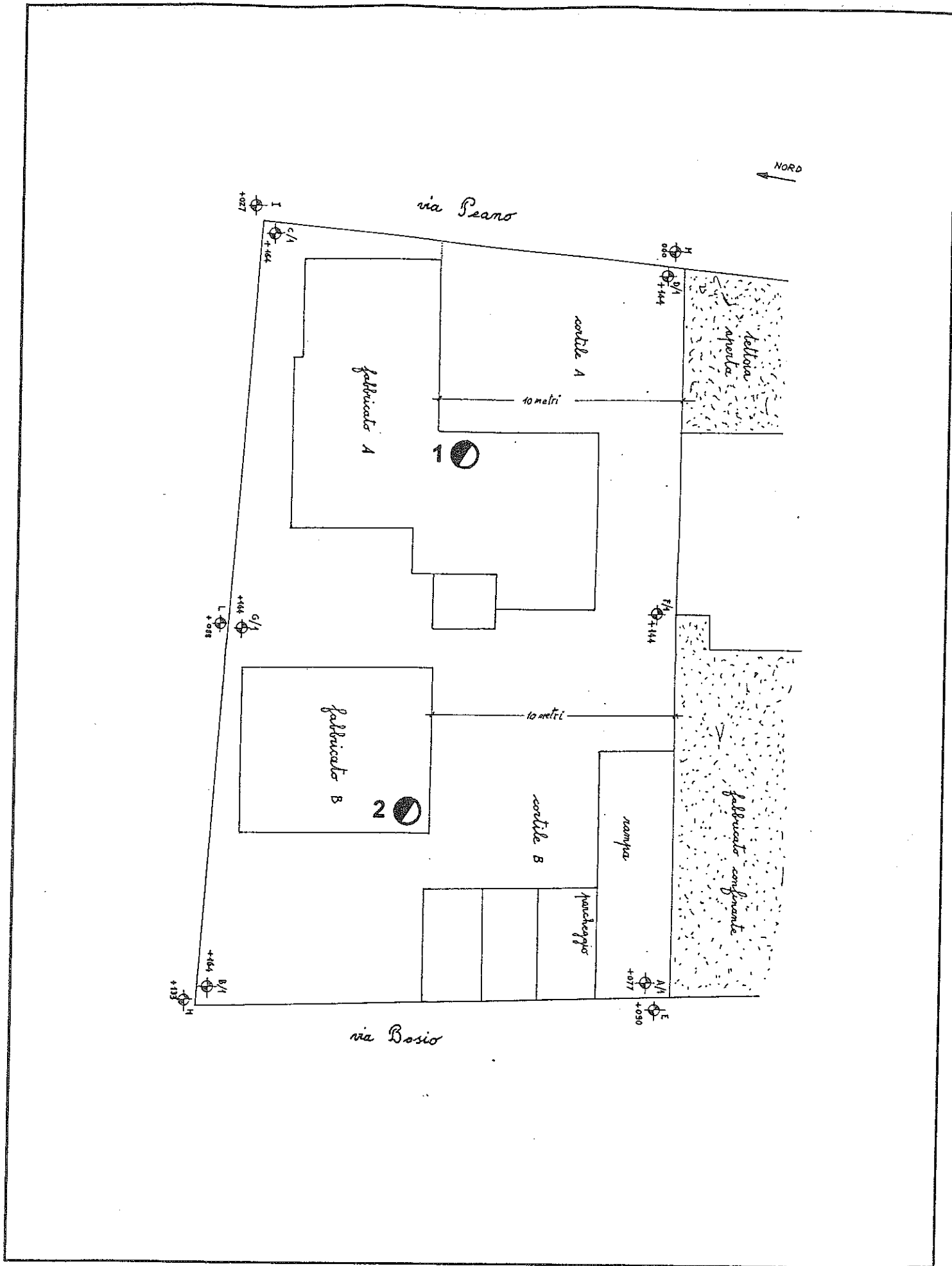
L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità geologica, geotecnica e la compatibilità idrogeologica, idraulica e sismica degli interventi in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente.

Torino, lì 26/04/2006

Collaboratore:
geol. Silvia Ambrosio

geol. Pietro Campantico





PLANIMETRIA GENERALE dell'area d'intervento con ubicazione delle prove penetrometriche eseguite
 Estratto da: Elaborati di progetto - Scala 1:200

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico leggero italiano DL301T

prova n°: 1

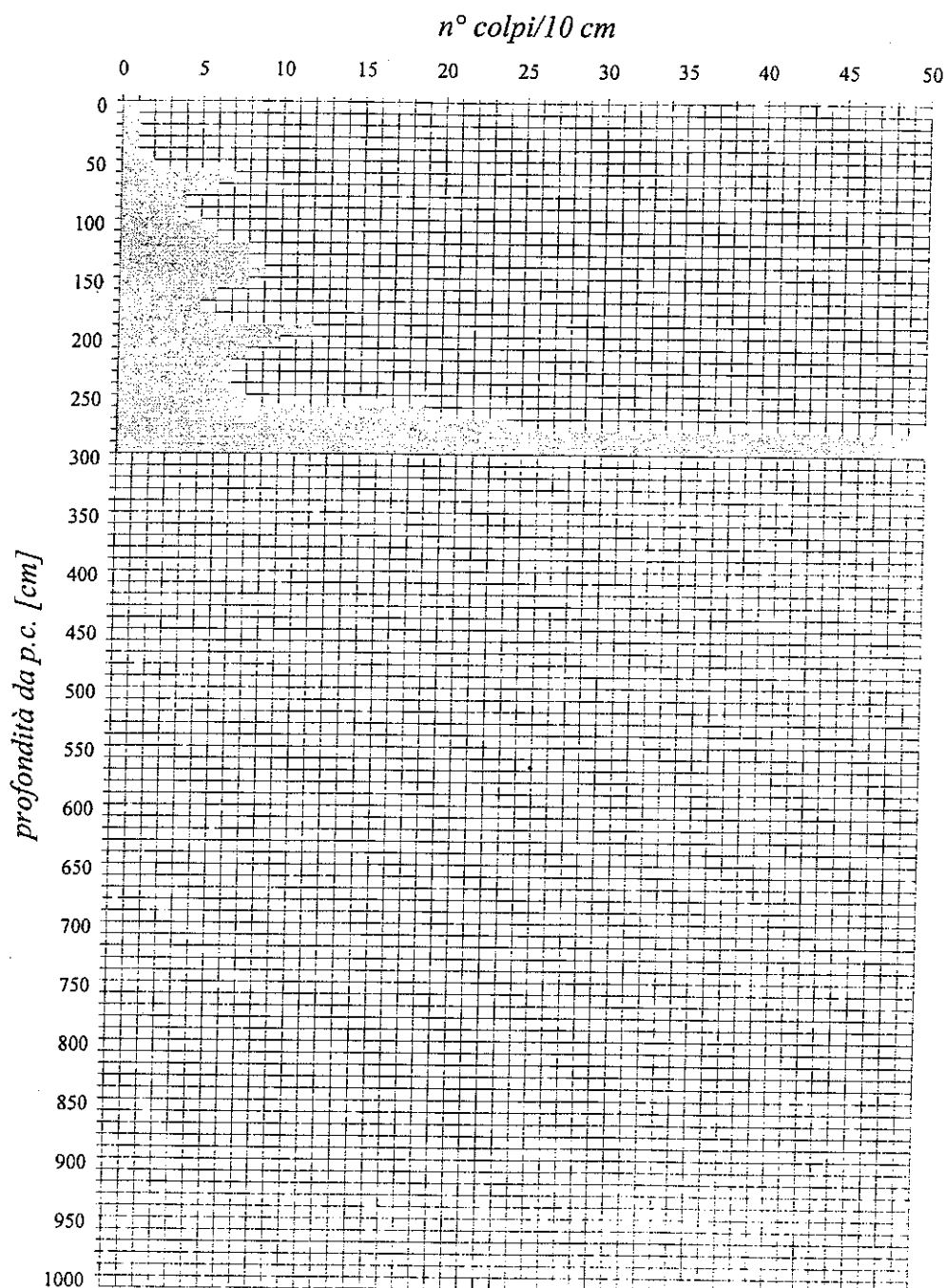
committente: Geom. Frenchia

località: Barge (Cn) - Via Bosio

falda: - 16,50 m da p.c.

quota inizio: p.c. attuale

data: 21/04/2006



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	Peso sistema battuta senza massa battente [Kg]	lungh. asta = m 1,0 Peso asta = 2,93 kg/m coeff. teorico di energia Bt = Q/Qspt = 0,77
30	0,2	13	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico leggero italiano DL301T

prova n°: 2

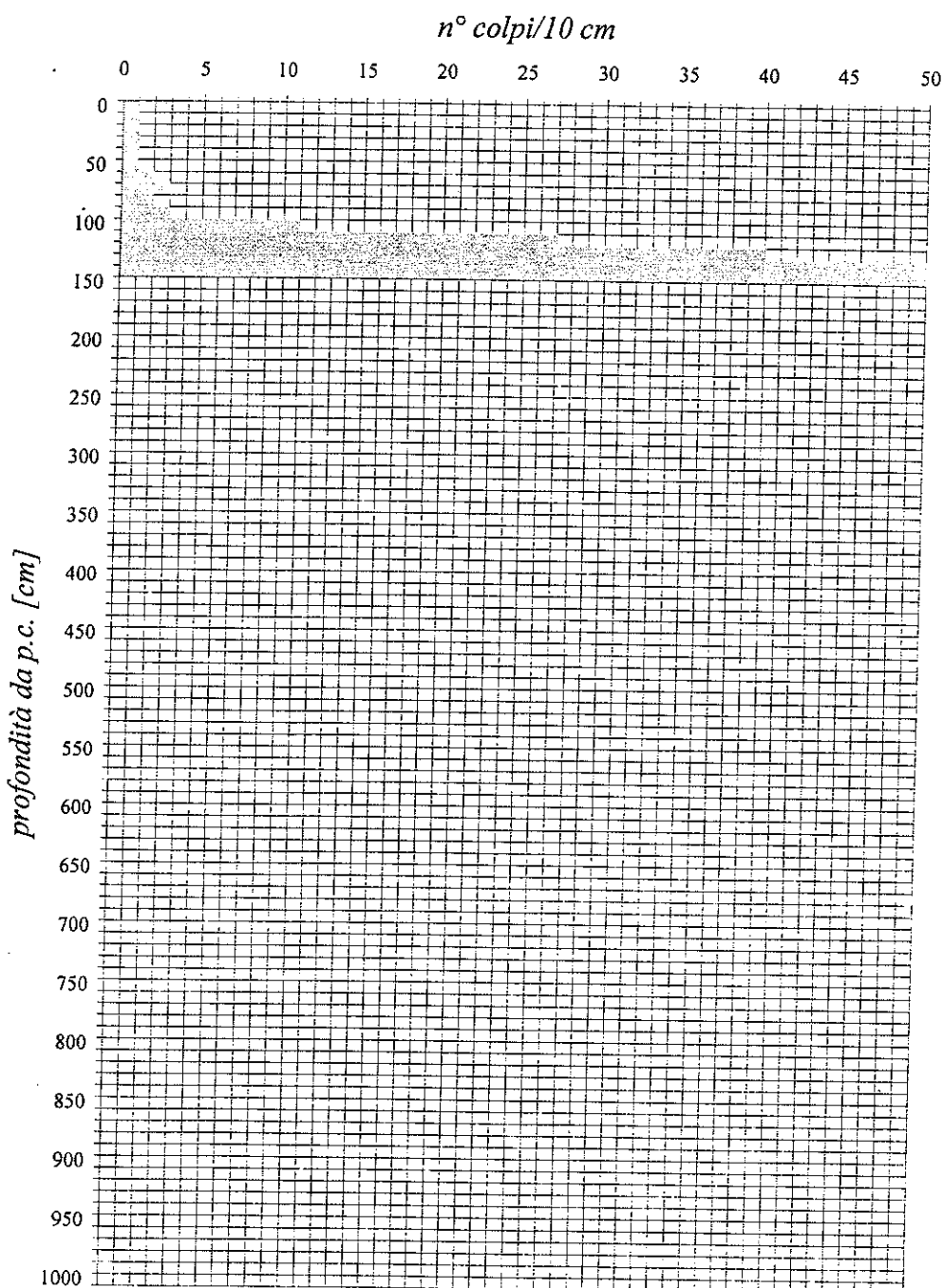
committente: Geom. Frecia

località: Barge (Cn) - Via Bosio

falda: - 16,50 m da p.c.

quota inizio: p.c. attuale

data: 21/04/2006



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	Peso sistema battuta senza massa battente [Kg]	lungh. asta = m 1,0 Peso asta = 2,93 kg/m coeff. teorico di energia $Bt = Q/Q_{spt} = 0,77$
30	0,2	13	

3

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI CUNEO
 COMUNE DI BARGE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE FINALIZZATE ALLA
 CARATTERIZZAZIONE SISMICA IN LOCALITA' CONCENTRICO



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

RAPPORTO INTERPRETATIVO DELLE INDAGINI

<i>ELABORATO N°</i>	<i>ALLEGATO N°</i>	<i>CODICE</i>	 COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl		
IG-GF	--	07004\IG-GF			
<i>COMMITTENTE</i>					
Studio Dott. ZANELLA Viale G. Agnelli, 8 10069 VILLAR PEROSA (TO) c/o COMUNE DI BARGE Piazza Garibaldi, 11 12032 BARGE (CN)					
<i>2</i>			<i>Silvia Josa</i>	<i>Guizzetti Danilo</i>	<i>M. Ferrari</i>
<i>1</i>			Dott. S. Josa	Dott. D. Guizzetti	Dott. M. Ferrari
<i>0</i>	GENNAIO 2007	Edizione	<i>REDATTO</i>	<i>CONTROLLATO</i>	<i>APPROVATO</i>
<i>REV.</i>	<i>DATA</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>REDATTO</i>	<i>CONTROLLATO</i>	<i>APPROVATO</i>



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI CUNEO
COMUNE DI BARGE

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE FINALIZZATE ALLA
CARATTERIZZAZIONE SISMICA IN LOCALITA' CONCENTRICO

Documentazione indagini geognostiche e geofisiche

Gennaio 2007

SOMMARIO

PREMESSA	
INDAGINI GEOGNOSTICHE	
INDAGINE GEOFISICA DI TIPO DOWN-HOLE	
▪ Principi di base	
▪ Descrizione del metodo	
▪ Modalità di esecuzione della prova	
▪ Strumentazione utilizzata	
▪ Analisi dei risultati e considerazioni conclusive	
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	
▪ Descrizione del metodo	
▪ Finalità e programmazione dello studio	
▪ Strumentazione utilizzata	
▪ Geometria degli stendimenti	
▪ Analisi dei risultati e considerazioni conclusive	
ALLEGATI	
STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI	
INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE	
RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE	
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

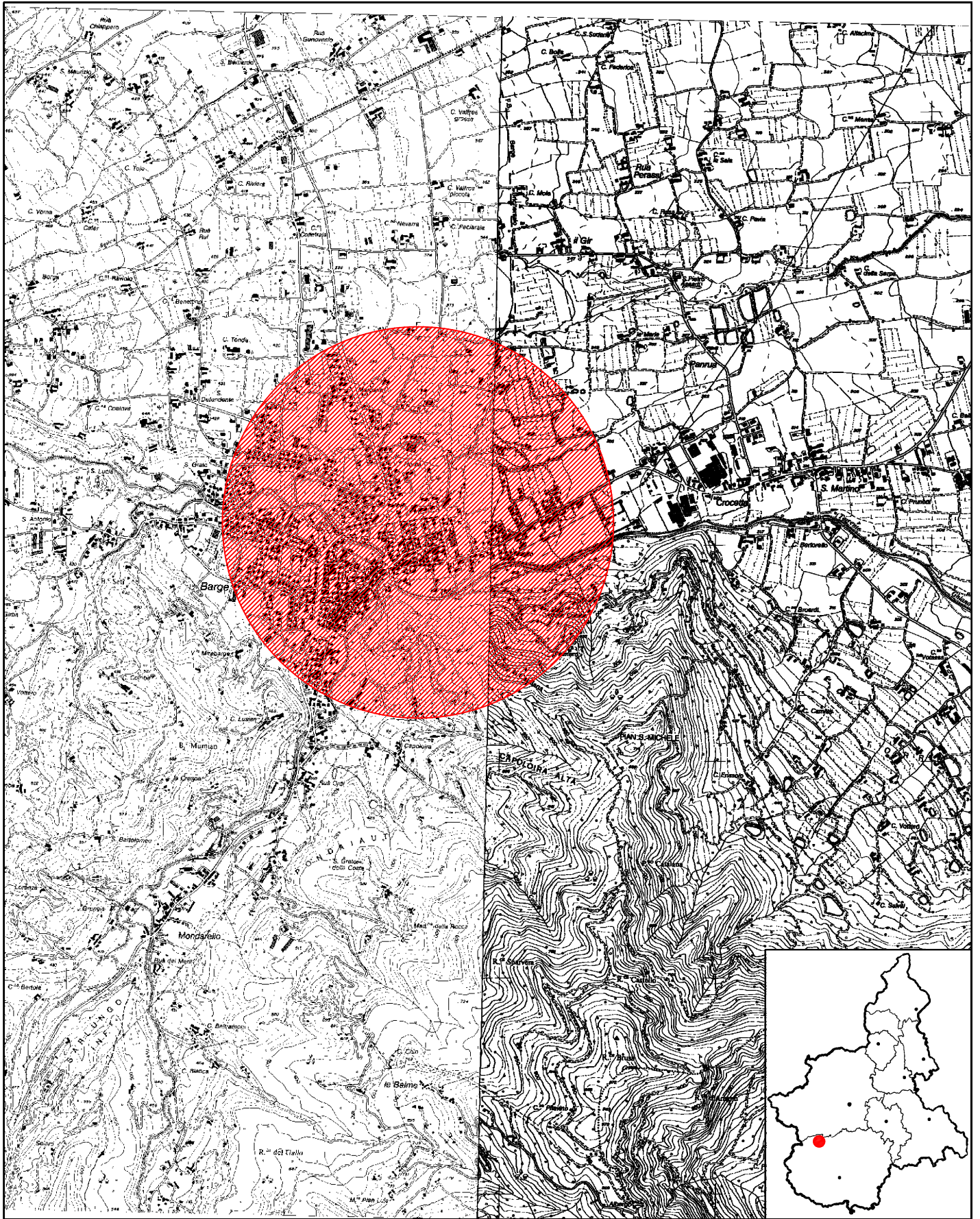


PREMESSA

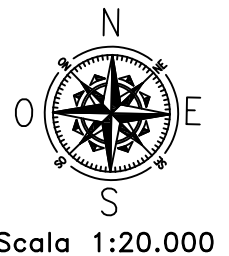
Tra il 22/01/07 e il 30/01/07 sono stati realizzati n.2 sondaggi geognostici propedeutici alla caratterizzazione sismica del sito in località concentrico in Comune di Barge (CN).

Nei giorni 07/02/2007 e 08/02/2007, inoltre, è stata eseguita una campagna d'indagini geofisiche rispettivamente con metodologia Down – Hole nei fori di sondaggio S1 ed S2, e con tecnica a rifrazione sugli stendimenti denominati G1 e G2.

Di seguito vengono descritte le modalità di esecuzione delle indagini realizzate e in allegato si forniscono i risultati ottenuti.



COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO GENERALE
DELL'AREA OGGETTO DI INDAGINI
(Reg. Piemonte - C.T.R. Raster F190080/191050)



INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: Studio Dott. ZANELLA

Commessa: 07004

Cantiere: Barge (CN)

Tra il 22/01/07 e il 30/01/07 sono stati realizzati n.2 sondaggi geognostici propedeutici alla caratterizzazione sismica del sito in località concentrico in Comune di Barge (CN). (Vedi corografia e Tav.01).

In particolare si tratta dei sondaggi denominati:

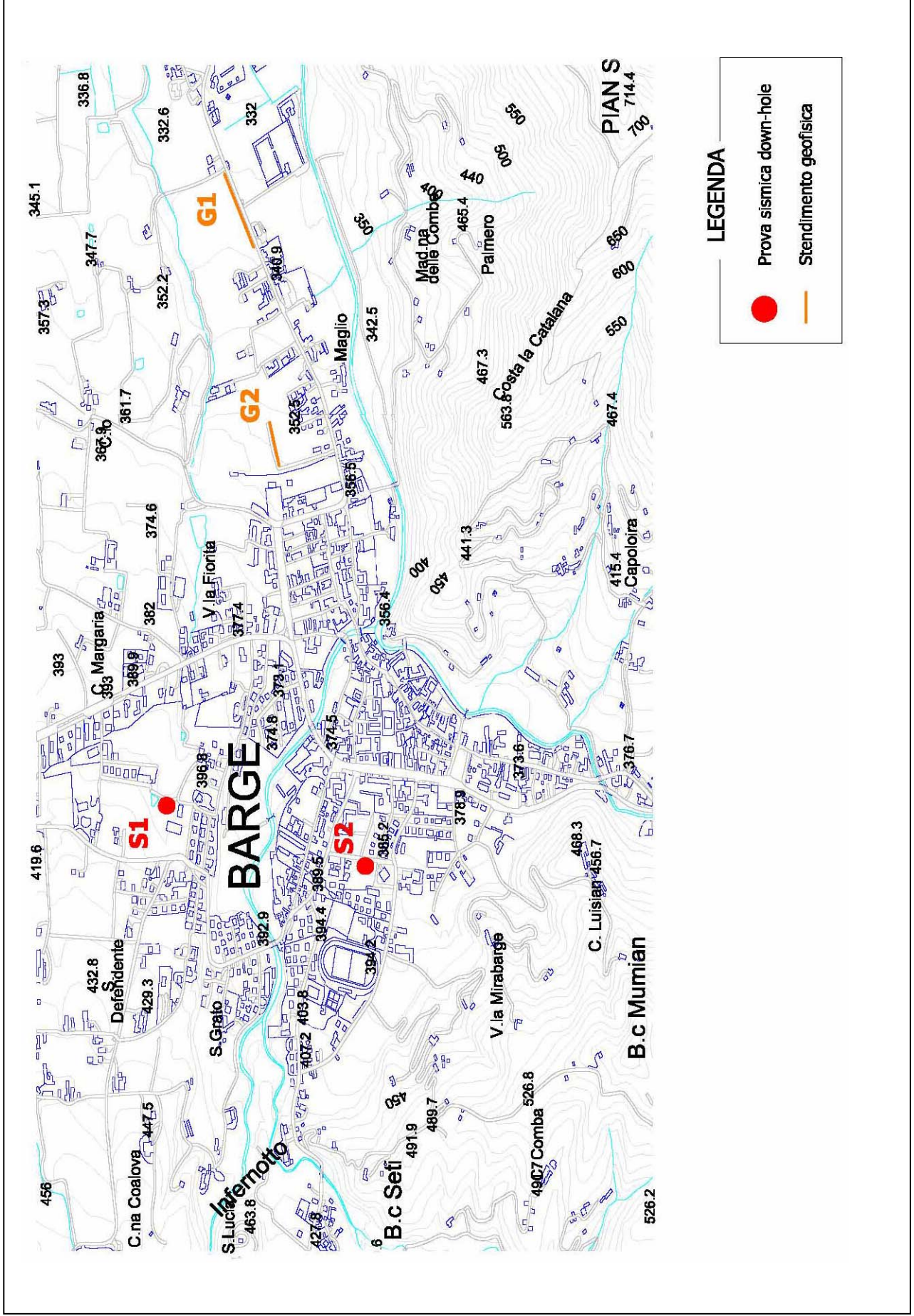
- *S1, S2:* profondi 30.00m, e attrezzati con tubo cieco in PVC diam. 3" fino alla profondità di -30.0m da p.c. per eseguire una prospezione sismica tipo Down-Hole.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC – G2 montata su carro cingolato (vedi foto successiva), di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:



Particolare fotografico della sonda utilizzata

Barge (CN) – Località concentrica – TAV. 01





SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello:	GEOMARC – G2	
coppia max.	kgm	1000
velocità di rotazione	rpm	12÷550
spinta	kg	5800
tiro	kg	8300
velocità risalita (min.-max.)	m/min	10÷42
velocità discesa (min.-max.)	m/min	14÷61
tiro max. argano	kg	3350
motore diesel Deutz	Hp	120
Pompa a pistoni Nenzi triplex 200 per fanghi		
portata max.	l/min	200
pressione max. esercizio	bar	80

Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 131mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti del foro, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5m e del diametro di 127mm fino a fondo foro.



Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

I campioni estratti durante la perforazione a carotaggio continuo sono conservati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio, depositate presso il deposito comunale.

Strumentazione geotecnica

Tubo per indagine down-hole

Al termine della perforazione, nei fori di sondaggio è stata installata un'apposita tubazione per alloggiare lo strumento di misura della prova geofisica.

Lo strumento, posato nel foro appositamente predisposto, è costituito da un tubo PVC pesante diam. 3". Gli spezzoni, della lunghezza di 3m ciascuno, sono uniti tramite apposite giunzioni M/F a bicchiere. Per migliorare le condizioni di tenuta della tubazione, i filetti sono stati sigillati con silicone e nastrati.

Per rendere solidale la colonna al terreno, l'intercapedine è stata sigillata e cementata con miscela binaria acqua-cemento fino a refluento a piano campagna.

Nel sigillo cementizio è stato, infine, annegato il pozzetto metallico di protezione, munito di chiusura a lucchetto, le cui chiavi sono a disposizione del Committente.



Particolari fotografici dei terminali di protezione adottati

PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Prove S.P.T.

Nei fori di sondaggio S1 ed S2 sono state eseguite n.20 prove S.P.T. (“Standard Penetration Test”), alle profondità indicate in stratigrafia (n.10 prove per sondaggio).

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l’avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l’infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un’apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall’altezza prefissata di 760mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall’organo oleodinamico della sonda perforatrice.



Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76 mm.



INDAGINE GEOFISICA DI TIPO DOWN HOLE

In data 07/02/2007, nel Comune di Barge (CN), è stata condotta un'indagine sismica con metodologia Down – Hole in due fori di sondaggio profondi 30m, denominati S1 ed S2 (la stratigrafia dei sondaggi eseguiti viene presentata in allegato).

L'indagine, spinta a tutta la profondità dei fori, è stata effettuata allo scopo di determinare i tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S e consentire, di conseguenza, la caratterizzazione dal punto di vista sismico dei terreni indagati.

Le misurazioni Down-Hole tradizionali usufruiscono di un solo foro di sondaggio, alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale. L'energia sismica viene prodotta in superficie, nei pressi della bocca del foro, secondo criteri tali da produrre anche le onde S. Misurando sui sismogrammi i tempi di transito relativi alle onde P ed S è possibile stimare l'andamento delle velocità intervallari V_p e V_s e i parametri elastici relativi ai terreni attraversati.

I terreni indagati, come dimostrano le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo allegate al presente report, risultano essere costituiti essenzialmente da materiali di copertura soprastanti stratificazioni di ghiaie variamente addensate e cementate.

La Normativa Italiana (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i.), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura sia dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E a ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $cu < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.



Principi di base

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente per mezzo di esplosioni controllate o di altre tipologie di sorgenti –mazze battenti- e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi, in superficie e/o in profondità tramite trasduttori che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

Se un corpo in equilibrio subisce una sollecitazione in un punto, esso tende a deformarsi in relazione alle caratteristiche elastiche del corpo stesso e al tipo di sollecitazione. La propagazione della deformazione nei punti circostanti avviene come propagazione di onde la cui velocità dipende dalle caratteristiche elastiche del corpo (Godio et al., 2001).

Le onde sismiche (o onde elastiche) si generano e si propagano in un corpo quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo di piccola energia (cioè nel campo delle piccole tensioni e delle piccole deformazioni). Quando il corpo sollecitato si deforma nel campo elastico (campo di linearità della legge di Hooke) le sue particelle si spostano dalla loro posizione di equilibrio.

Al cessare della sollecitazione le particelle tendono a tornare alla loro posizione di equilibrio innescando un moto di oscillazione (vibrazione). Tale moto di oscillazione si propaga in tutte le direzioni alle particelle circostanti con velocità che dipende dalla facilità delle stesse ad abbandonare il loro stato di quiete, cioè dalle caratteristiche meccaniche del corpo.

Le onde elastiche così generatesi interessano tutto il volume del corpo (onde di volume), non sono dispersive (la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza) e possono essere distinte in funzione della direzione di vibrazione rispetto alla direzione di propagazione.



Si hanno dunque:

- onde di compressione (onde P): longitudinali e primarie, si propagano ad alta velocità sia nei solidi che nei liquidi e sono caratterizzate da un moto delle particelle nella stessa direzione di propagazione dell'onda, con successive compressioni e rarefazioni;
- onde di taglio (onde S): trasversali e secondarie, si propagano più lentamente delle onde P e presentano un moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione. Non si trasmettono nei fluidi;
- onde di Rayleigh: sono onde superficiali e determinano spostamenti ellittici delle particelle il cui moto avviene nel piano verticale e con verso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione stessa;
- onde di Love: sono onde superficiali che si sviluppano solo in presenza di uno strato a bassa velocità e non si trasmettono nei fluidi; gli spostamenti sono orizzontali e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.

Descrizione del metodo

Le prove sismiche Down-Hole vengono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità.

Il terreno viene energizzato in superficie in prossimità di testa foro e la registrazione avviene in un foro di sondaggio grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti che registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z).

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo): nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z); nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

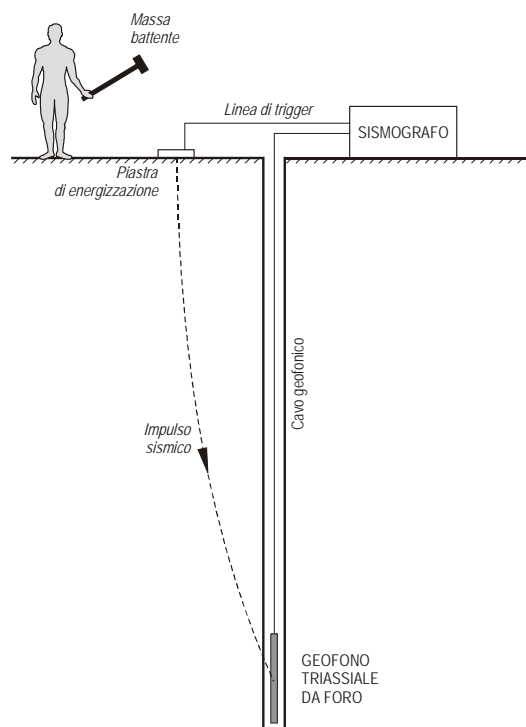


Figura 1 Energizzazione con onde P

Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle compressive e quindi raggiungeranno il geofono triassiale quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda S. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale.

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non inferiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati. Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un secondo geofono in prossimità del punto di battuta a testa foro. La forma d'onda restituita da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente rispetto a quello che avanza in profondità, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo del treno d'onda. Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è sempre lo stesso per tutte le battute e il segnale è ricco di alte frequenze grazie alla prossimità con la sorgente e quindi è preciso il tempo misurato.



Figura 2 Energizzazione con onde S



L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti, avanzando in profondità, vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le posizioni di misura nel foro.

In particolare vengono raggruppate in un sismogramma le forme d'onda relative al geofono verticale (asse z) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (assi x e y). Poiché i geofoni orizzontali sono due (e posizionati tra di loro a 90°) e il sismogramma uno solo, è necessario che le forme d'onda vengano fra loro composte secondo un certo angolo (diverso da 90°) che viene opportunamente modificato dal programma di interpretazione per cercare il piano di oscillazione principale dell'onda di taglio.

La progressiva modifica dell'angolo di composizione tra x e y, accompagnata dalla grafica in tempo reale della forma d'onda composta, consente di individuare quel valore dell'angolo per il quale è minima l'energia dell'onda compressiva e massima quella dell'onda trasversale. Questo valore dell'angolo di composizione, diverso per ciascuna profondità, viene utilizzato per la creazione del sismogramma riguardante le onde di taglio.

Una volta determinati i tempi di arrivo delle onde sismiche P ed S ai ricevitori a ogni profondità, viene calcolata la velocità P ed S su tutto il percorso del raggio sismico; successivamente vengono calcolate le velocità intervallari (velocità sismiche del tratto corrispondente a due successive posizioni di misura); da ultimo vengono poi calcolati i parametri dinamici di elasticità e taglio ottenibili per correlazione dei dati di cui sopra.

I parametri dinamici prevedono ovviamente alcune approssimazioni relative soprattutto alle ipotesi circa la densità dei materiali investigati.



Modalità di esecuzione della prova

Nel foro di sondaggio appositamente attrezzato vengono alloggiati i ricevitori e preparati gli strumenti di registrazione.

La prova si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

- 1.** Dopo aver predisposto un opportuno piano d'appoggio, le sorgenti sono state collocate sulla superficie in prossimità del foro a una distanza dal suo asse di circa 2m e orientate perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde P si è energizzato con massa battente (una mazza del peso di 10-12kg) a impatto verticale su una piastra metallica. Per la produzione di onde S la sorgente (una trave di legno) è stata fissata al terreno e su di essa è stato applicato un carico statico addizionale (ruote anteriori di un'automobile fuoristrada) in modo che potesse rimanere aderente e solidale al piano di appoggio, sia al momento della battuta, sia successivamente e l'energia prodotta non venisse in parte dispersa: l'impatto, in questo caso, è avvenuto in direzione orizzontale battendo su due piastre metalliche appositamente fissate alle estremità della trave.
- 2.** Il sistema ricevente, costituito da due ricevitori (geofoni tridimensionali) distanziati di 1m uno dall'altro, è stato calato alla profondità di fondo foro. Si utilizzano due trasduttori per registrare contemporaneamente a due profondità diverse lo stesso segnale e velocizzare i tempi di esecuzione.
- 3.** Le sollecitazioni (3 per ogni gradino di profondità) sono state ripetute risalendo lungo il foro con passi di 2m fino all'esecuzione di quelle relative a 1m da piano campagna.

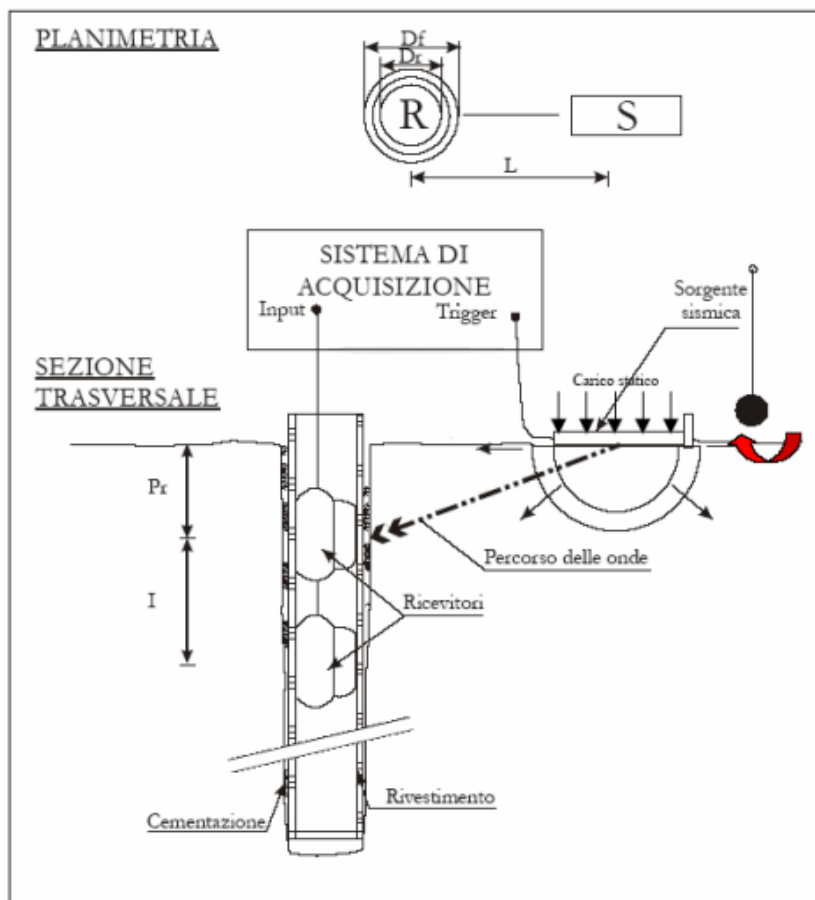
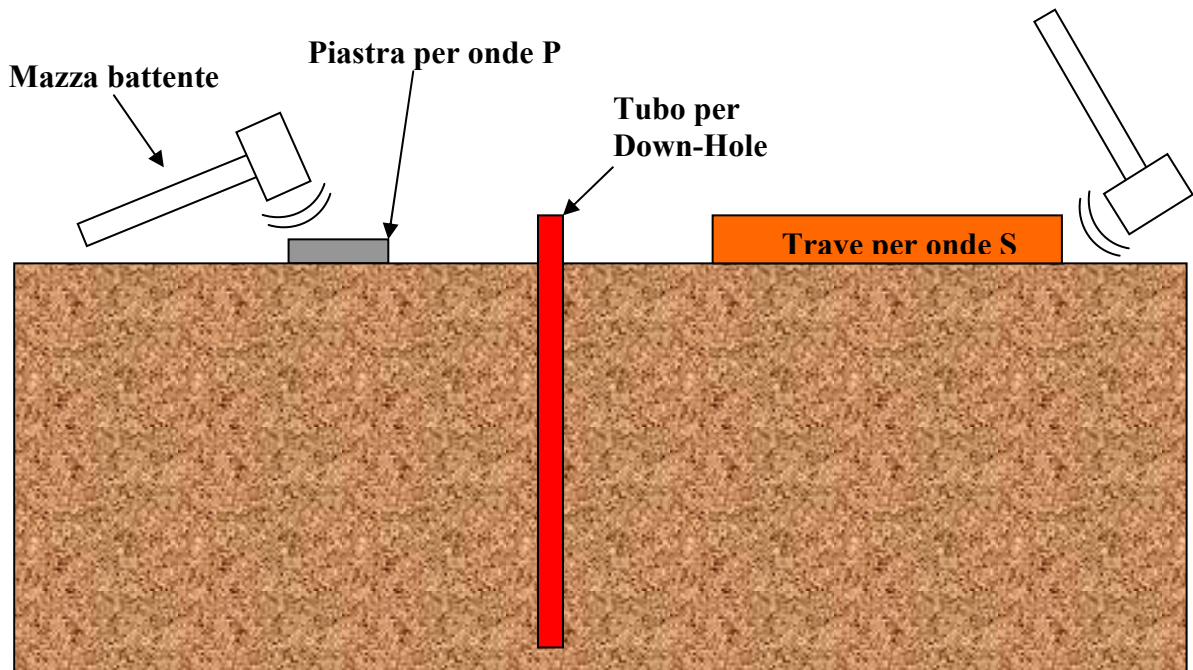


Figure 3 e 4 Schemi di funzionamento Down-Hole



Strumentazione utilizzata

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali della EEG S.r.l
- Canale aggiuntivo segnale di starter non filtrato
- Geofono da pozzo triassiale con sistema di fissaggio alle pareti del foro
- Massa battente da 10 kg per energizzazione P e S provvisto di blocco di energizzazione
- Sistema di trigger
- Alimentazione 12V – 3°
- Set di connessioni d'uso

Specifiche Unità di Acquisizione Dati

- Canali: 24
- Canale aggiuntivo: segnale di starter non filtrato
- Risoluzione: 16 bit
- Dinamica: equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
- Pretrigger: automatico
- Rumore: paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
- Trigger: segnale, apertura e chiusura
- Filtri analogici: antialias 4° ordine
- Alimentazione: 12 V - 3A

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC200 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Valigia in copolimeri di polypropylene antischiacciamento
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C



Analisi dei risultati e considerazioni conclusive

Il rilievo down-hole ha permesso la determinazione dei tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S. Dai tempi di arrivo è stata calcolata, nota la profondità del geofono, la velocità dell'impulso P ed S. Successivamente, dai parametri V_p e V_s stimata la densità del mezzo attraversato (ρ), è possibile definire i seguenti parametri:

$$\nu = \frac{0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}{\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

dove ν rappresenta il coefficiente di Poisson

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

dove G rappresenta il modulo di deformazione a taglio

$$E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$$

dove E rappresenta il modulo elastico di Young.

Si noti che per quanto concerne i moduli si è dovuto ricorrere ad un'ipotesi sul peso di volume del materiale secondo quanto specificato nel seguito.

I risultati delle prove Down-Hole sono illustrati nelle tabelle e nei grafici allegati a seguire (Tavv 1a, 1b, 2a, 2b), in cui vengono riportati gli andamenti dei seguenti parametri con la profondità:

- DVp: velocità di pseudointervallo (quella tra due impulsi successivi) delle onde P (m/s)
- DVs: velocità di pseudointervallo delle onde S (m/s)
- ν : coefficiente di Poisson
- E: modulo elastico di Young (MPa)
- G: modulo di taglio (MPa)



E' normale che tanto maggiore sia l'incremento delle velocità P e soprattutto delle velocità S, tanto migliori saranno le caratteristiche meccaniche del mezzo indagato.

I moduli dinamici sono stati calcolati tramite le formule in precedenza descritte, utilizzando i parametri velocità e densità. In seguito alle valutazioni svolte sulla stratigrafia emersa dal sondaggio si è deciso di adoperare una densità variabile con la profondità secondo il seguente schema:

Profondità [m]	Densità ρ [t/m ³]
0÷10	1.8
11÷30	2.0

Considerando la stratigrafia dei terreni indagati suddivisa in 30 segmenti di un metro di spessore ciascuno, è stata utilizzata la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., per il calcolo del V_{S30} , ovvero:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dall'applicazione di questa formula si è ricavato quanto segue:

- Down-Hole S1: $V_{S30} = 502$ m/s;
- Down-Hole S2: $V_{S30} = 604$ m/s.



La tipologia di indagine condotta è risultata necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche e consentire l'inserimento dei siti in esame in un'area sismica di Classe B, in riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e alla successiva Ordinanza n. 3431 del 10 Maggio 2005, in vista, nel caso specifico, della realizzazione di edifici a uso civile.

Tale ordinanza definisce, infatti, per la Classe B:

Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

In data 08/02/2007, nel Comune di Barge (CN) è stata condotta anche un'indagine sismica di superficie.

Allo scopo di verificare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni che costituiscono la zona si è dunque provveduto alla realizzazione di un'indagine a rifrazione con la realizzazione di due stendimenti superficiali denominati G1 e G2 (cfr. planimetria tav. 1).

Di seguito si riportano i risultati dell'indagine sismica realizzata.



Descrizione del metodo

Il metodo sismico a rifrazione utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo.

Le onde sismiche si propagano nel terreno con velocità che sono funzione delle caratteristiche elastiche dei materiali attraversati e quindi delle caratteristiche litologiche degli stessi e del loro stato di conservazione.

Depositi incoerenti (ghiaie, sabbie, detriti in genere) hanno velocità sismiche notevolmente inferiori alle velocità riscontrabili nelle rocce coerenti (calcari, graniti, ecc.); approssimativamente i primi hanno velocità che possono variare da 0.35 km/s a 1.80 km/s; le rocce coerenti hanno, invece, valori generalmente superiori ai 3.0 km/s.

Tali onde sono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.).

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati.

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica.

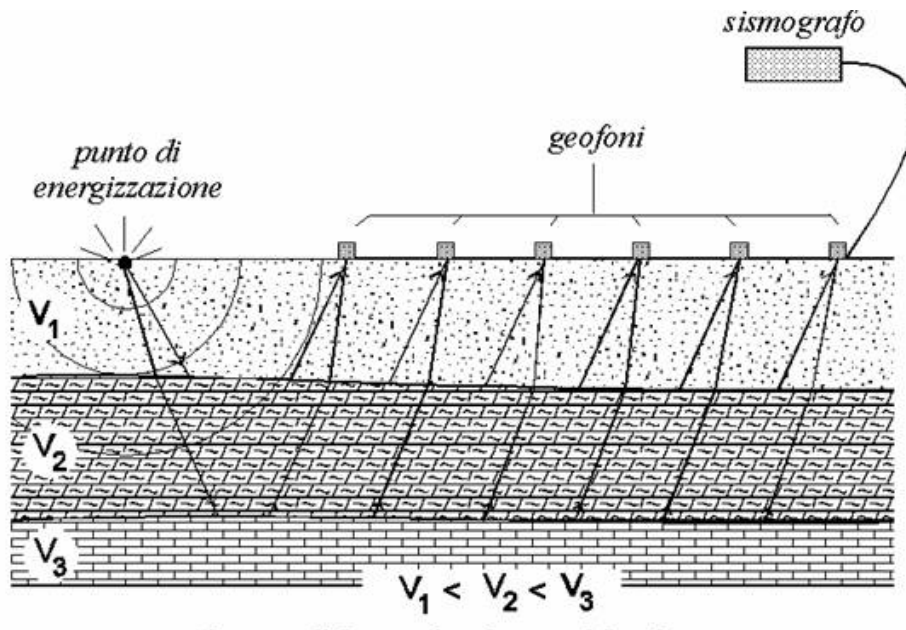


Figura 1 Schema di rifrazione sismica

L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, vengono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

Per registrare simultaneamente gli impulsi sismici rilevati dai geofoni è necessario l'utilizzo di una strumentazione elettronica multicanale, a bassissimo rumore interno, ad alta velocità di campionamento, dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione filtraggio e conversione analogico/digitale.

Per generare le onde sismiche si utilizza un apposito fucile sismico o in alternativa una massa battente. L'impulso di sparo viene trasmesso immediatamente al sismografo per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0.



Le sezioni sismiche sono costituite da 24 geofoni allineati a passo costante e vengono energizzate in cinque, sette o nove punti in linea interni ed esterni alle stesse.

La procedura di elaborazione dati è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo;
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method);
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate;
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale;
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascuno strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ogni strato);
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici);
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.



Finalità e programmazione dello studio

Sono stati eseguiti due stendimenti sismici al fine di caratterizzare la stratigrafia del terreno in sito.

Proprio per localizzare e dimensionare la geometria dei depositi, alle indagini realizzate nelle vicinanze con metodologie dirette, ovvero sondaggi geognostici a carotaggio continuo, è stata affiancata un'indagine sismica al fine di valutare gli spessori della coltre di ricoprimento superficiale ed, eventualmente, la profondità del substrato.

Nel caso in esame, si è ipotizzata sulla scorta delle stratigrafie la presenza di una coltre di materiali di copertura soprastanti depositi alluvionali con grado di addensamento crescente con la profondità.

In particolare ci si aspetta una velocità delle onde sismiche decisamente superiore nei depositi più compatti e grossolani; tale contrasto permette la definizione della profondità dell'orizzonte rifrattore al di sotto di ciascun geofono e, quindi, la ricostruzione di sezioni di velocità.



Strumentazione utilizzata

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali della EEG S.r.l
- Canale aggiuntivo segnale di starter non filtrato
- 24 geofoni verticali, contenitore ermetico, puntale
- Fucile sismico (minibang) con cartucce da 8mm per l'energizzazione
- Sistema di trigger
- Alimentazione 12V – 3°
- Set di connessioni d'uso

Specifiche Unità di Acquisizione Dati

- Canali: 24
- Risoluzione: 16 bit
- Dinamica: equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
- Pretrigger: automatico
- Rumore: paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
- Trigger: segnale, apertura e chiusura
- Alimentazione: 12 V - 3A

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC200 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Valigia in copolimeri di polypropylene antischiacciamento
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C



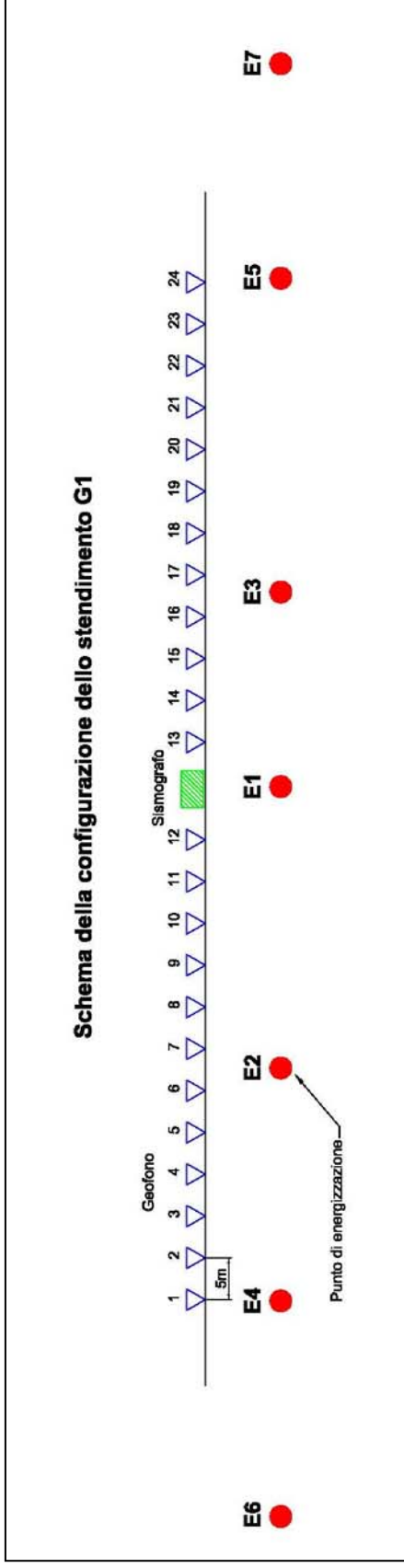
Geometria degli stendimenti

Sono stati eseguiti n° 2 stendimenti sismici (G1, G2) costituiti da 24 geofoni ciascuno. Le geometrie di stendimento prevedevano una lunghezza complessiva di ciascuno pari a 120 m (che per 24 geofoni equivale a una distanza inter-geofonica pari a 5 metri).

Per ogni linea di misura si è prevista l'energizzazione in 7 punti. La necessità di 7 tiri è legata alla scelta di invertire topograficamente il dato sismico acquisito. È infatti noto che la miglior soluzione deve essere caratterizzata da una copertura il più possibile omogenea del modello di sottosuolo che si vuole ricostruire.

I 7 scoppi sono stati eseguiti come definito nelle pagine seguenti dove si illustra schematicamente la geometria degli stendimenti.

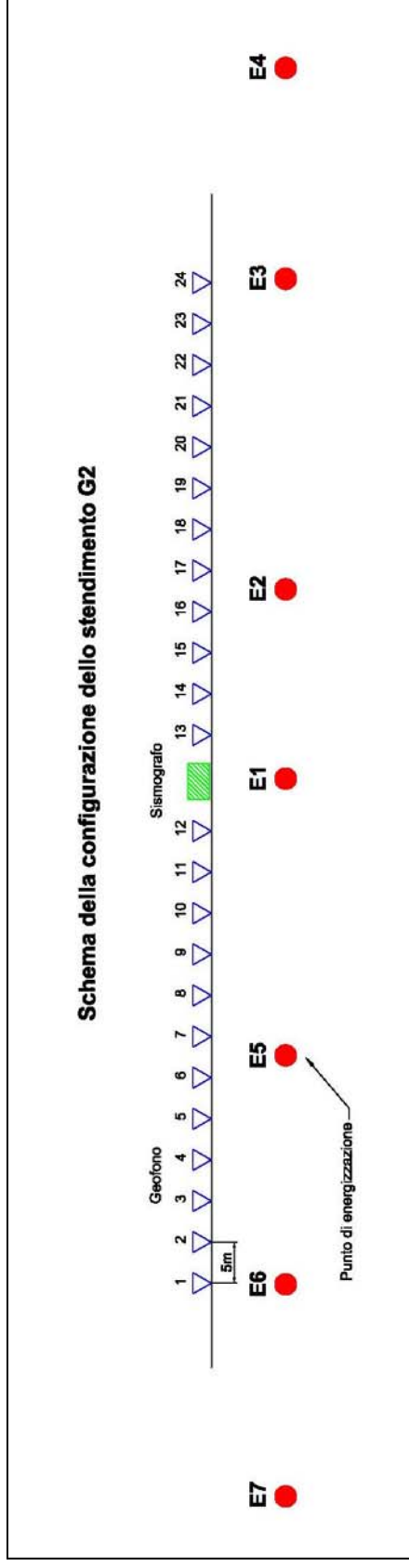
STENDIMENTO G1



SPARO DESCRIZIONE

- E1 A metà stendimento, in corrispondenza del sismografo
- E2 A metà del semi stendimento di sinistra tra i geofoni 6 e 7
- E3 Nel semi stendimento di destra tra i geofoni 16 e 17
- E4 In corrispondenza del geofono 1
- E5 In corrispondenza del geofono 24
- E6 A circa 38 m di distanza dal geofono 1 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento
- E7 A circa 16 m di distanza dal geofono 24 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento

STENDIMENTO G2



SPARO DESCRIZIONE

- E1 A metà stendimento, in corrispondenza del sismografo
- E2 Nel del semi stendimento di destra tra i geofoni 16 e17
- E3 In corrispondenza del geofono 24
- E4 A circa 20 m di distanza dal geofono 24 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento
- E5 A metà del semi stendimento di destra tra i geofoni 6 e 7
- E6 In corrispondenza del geofono 1
- E7 A circa 20m di distanza dal geofono 1 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento



Analisi dei risultati e considerazioni conclusive

I risultati dell'indagine sono presentati in allegato: le tavole riportano i grafici relativi alle dromocrone originali e traslate (grafici tempi / distanze), i percorsi dei raggi sismici, le sezioni verticali con indicazione della velocità delle onde sismiche all'interno degli strati individuati e le sezioni interpretative dei risultati.

Nella lettura delle sezioni verticali occorre tenere in considerazione come la superficie di separazione tra due strati risulta dall'unione delle profondità dei rifrattori al di sotto di ogni geofono, per cui può risultare piuttosto ondulata, con un andamento che non sempre si può ricondurre alla reale conformazione geomorfologica del sottosuolo.

Più in dettaglio, per quanto riguarda i risultati ottenuti, si può notare su entrambi gli stendimenti come fino alla profondità di circa 2m dal p.c. le velocità delle onde sismiche risultino inferiori a 800 m/s: a queste sono assimilabili terreni di copertura areati e poco addensati quali quelli rinvenuti nei sondaggi geognostici.

Al di sotto di questi, con geometrie variabili lungo le sezioni, si assiste ad un progressivo incremento delle velocità delle onde sismiche.

Il graduale incremento della velocità che si nota all'aumentare della profondità conferma il progressivo aumento del grado di addensamento del terreno in sito, con transizione da sabbia e ghiaia moderatamente addensate a ghiaia ben addensata e/o debolmente cementata che s'individua a profondità inferiori a circa 14 m da piano campagna: il campo di velocità compreso tra 800 e 2000-2300m/s, infatti, indica la presenza di strati più addensati, anche se di natura non coerente, assimilabili a depositi alluvionali ghiaiosi.

Dall'osservazione dei percorsi dei raggi sismici di entrambi gli stendimenti si nota come, in realtà, al di sotto di 24 m circa di profondità dal p.c. i raggi sismici non siano penetrati, se non in minima parte, per cui le indicazioni presentate nelle sezioni di velocità al di sotto di tali profondità, non sono supportate da un numero di raggi così fitto da fornire la certezza assoluta della correttezza del dato interpretato che, seppur verosimile, potrebbe scostarsi lievemente per geometria e velocità dalla situazione reale a quelle profondità.

ALLEGATI

**STRATIGRAFIE SONDAGGI
GEOGNOSTICI**



Committente Studio Dott. ZANELLA c/o COMUNE DI BARGE
 Cantiere Caratterizzazione sismica del sito
 Località Barge (CN) - Località concentrico
 Inizio Perforazione 22/01/2007 Fine Perforazione 24/01/2007
 Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S1 1/1

Il geologo
Dott. S. Josa

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	tubazione per down hole	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.20		Terreno di copertura vegetale.												
0.20	3.30		Limo argilloso debolmente sabbioso fine, intenso grado di ossidazione, poco consistente, debolmente plastico, colore nocciola-brunastro con screziature ocracee.		c.c. diam. 131mm sempl.					3.00 N: 5 - 7 - 6					
3.50	2.50		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-fine debolmente limosa, rari ciottoli. intenso grado di ossidazione e alterazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola screziato.							6.00 N: 38 - RIF.					
6.00	0.70		Ciottoli con subordinata frazione ghiaiosa in matrice sabbioso-siltosa talora scarsa, addensata, colore grigio.							9.00 N: 17 - 21 - 25					
6.70	2.80		Sabbia eterometrica debolmente limosa con subordinata frazione ghiaioso fine, discreto grado di ossidazione e alterazione a tratti intenso, da moderatamente addensata ad addensata, colore da nocciola-brunastro a nocciola.	9.40						12.00 N: 25 - 25 - 28					
9.50	3.90		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine sabbioso-limosa, ciottolosa a inizio strato (fino alla profondità da p.c. di -10.30m), intenso grado di ossidazione e alterazione, addensata, colore nocciola-brunastro con screziature.							15.00 N: 18 - 31 - 20					
13.40	2.10		Ghiaia eterometrica, ciottoli (diam. max 8-10cm) e sabbia, debole grado di ossidazione e alterazione a tratti discreto, da addensata a debolmente cementata, colore grigio-nocciola.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm sempl.	127mm	90-100%			18.00 N: 19 - 25 - 28					
15.50	4.20		Ghiaia eterometrica con sabbia limosa a livelli prevalente, rari ciottoli, intenso grado di ossidazione e alterazione, addensata, colore nocciola-grigiastro con screziature.							21.00 N: 31 - 45 - RIF.					
19.70	3.50		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e ciottoli (diam. max 10-15cm) in matrice sabbioso-siltosa talora abbondante, debole grado di alterazione e ossidazione, da addensata a debolmente cementata, colore grigio.							24.00 N: 28 - 27 - 27					
23.20	6.80		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-fine a tratti limosa a livelli prevalente, ciottolosa a inizio e fondo strato, intenso grado di ossidazione e alterazione, addensata, colore nocciola-brunastro con screziature.							27.00 N: 25 - 29 - 25					
30.00										30.00					

N: 23 - 26 - 29

DEPOSITO CASSETTE: deposito comunale.

Il foro di sondaggio è attrezzato con tubazione cieca in PVC diam. 3", per eseguire indagine geofisica tipo Down-Hole.



Committente Studio Dott. ZANELLA c/o COMUNE DI BARGE
 Cantiere Caratterizzazione sismica del sito
 Località Barge (CN) - Località concentrico
 Inizio Perforazione 26/01/2007 Fine Perforazione 30/01/2007
 Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S2 1/1

Il geologo
 Dott. S. Josa

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	tubazione per down hole	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	1.00		Terreno di copertura vegetale costituito prevalentemente da limo debolmente sabbioso fine con resti vegetali e ciottoli sparsi, poco consistente, colore bruno scuro.												
1.00	4.30		Ghiaia ciottolosa (diam. max 15-18cm) con sabbia debolmente limosa, da addensata a molto addensata e/o debolmente cementata, colore grigio-nocciola.		c.c. diam. 131mm sempl.	131mm				3.00 N: 29 - 41 - RIF.					
5.30	3.20		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia da debolmente limosa a limosa, rari ciottoli, debole grado di alterazione e ossidazione, addensata, colore nocciola-brunastro.							6.00 N: 17 - 20 - 23					
8.50	3.90		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a livelli prevalente, debole grado di alterazione e ossidazione, colore bruno-nocciola.							9.00 N: 20 - 22 - 19					
12.40	4.30		Ghiaia prevalentemente grossolana e ciottoli con sabbia limosa e/o limo sabbioso, grado di alterazione da discreto a elevato con la profondità (alcuni ciottoli risultano completamente alterati), addensata, colore bruno-ocraceo.	13.50						12.00 N: 19 - 20 - 26					
16.70	1.30		Ghiaia sabbiosa, elevato grado di alterazione e ossidazione, colore bruno-ocraceo.							15.00 N: 16 - 17 - 21					
18.00	5.70		Ghiaia ciottolosa con sabbia da debolmente limosa a limosa, discreto grado di alterazione e ossidazione, addensata, colore bruno-nocciola con evidenti screziature ocracee.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm sempl.	127mm	90-100%			18.00 N: 27 - RIF.					
23.70	2.70		Sabbia prevalentemente medio-grossolana con subordinata frazione ghiaiosa, elevato grado di alterazione e ossidazione, addensata, colore bruno-ocraceo.							21.00 N: 24 - 30 - 28					
26.40	3.60		Come sopra, aumento della frazione ghiaiosa e ciottoli sparsi.							24.00 N: 33 - RIF.					
30.00										27.00 N: 26 - 26 - 31					
										30.00					

N: 31 - 24 - 27

DEPOSITO CASSETTE: deposito comunale.

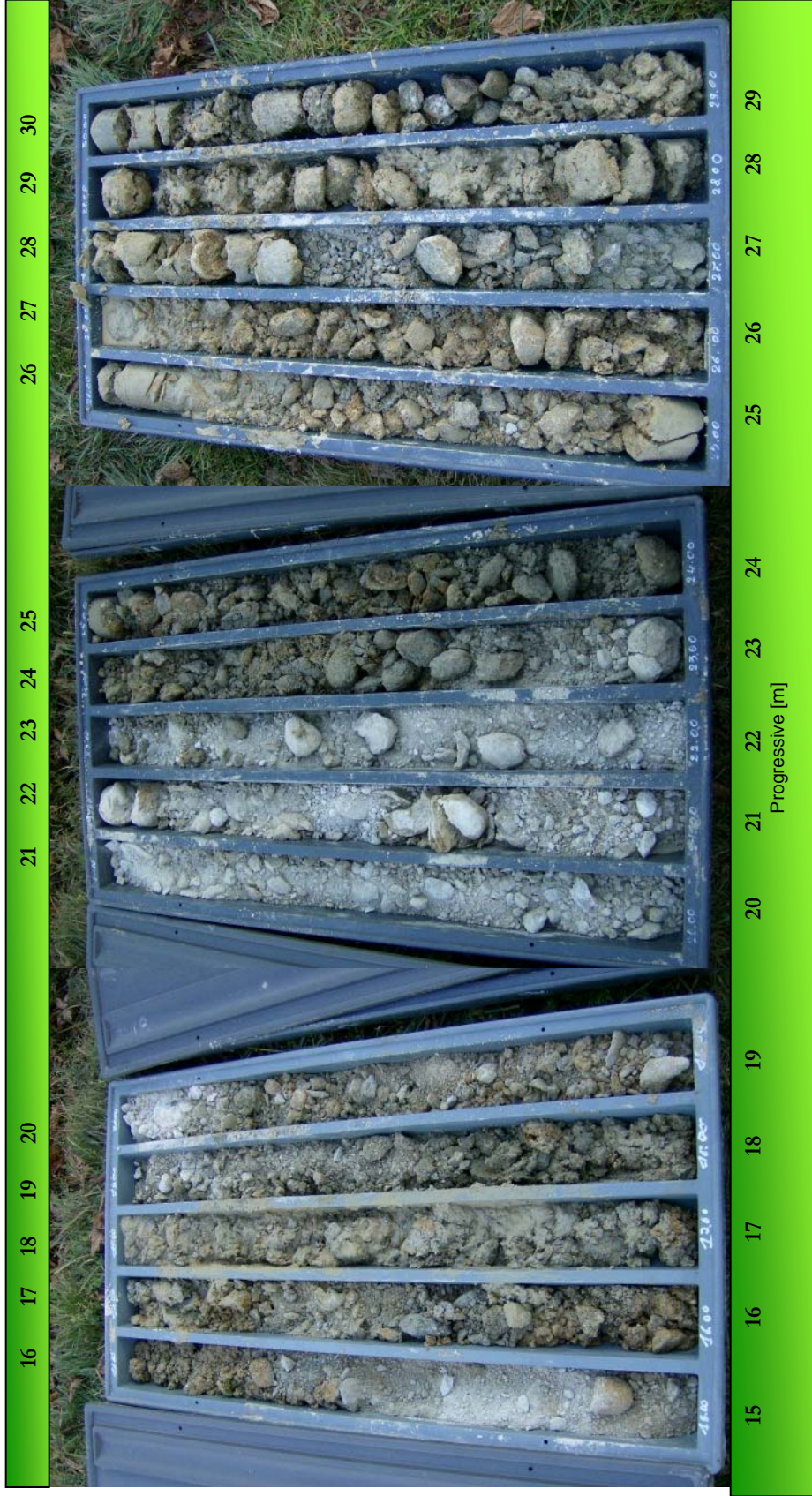
Il foro di sondaggio è attrezzato con tubazione cieca in PVC diam. 3", per eseguire indagine geofisica tipo Down-Hole.

Barge (CN) – Località concentrico - Sondaggio SI (L=30.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Barge (CN) – Località concentrico - Sondaggio S1 (L=30.00m)



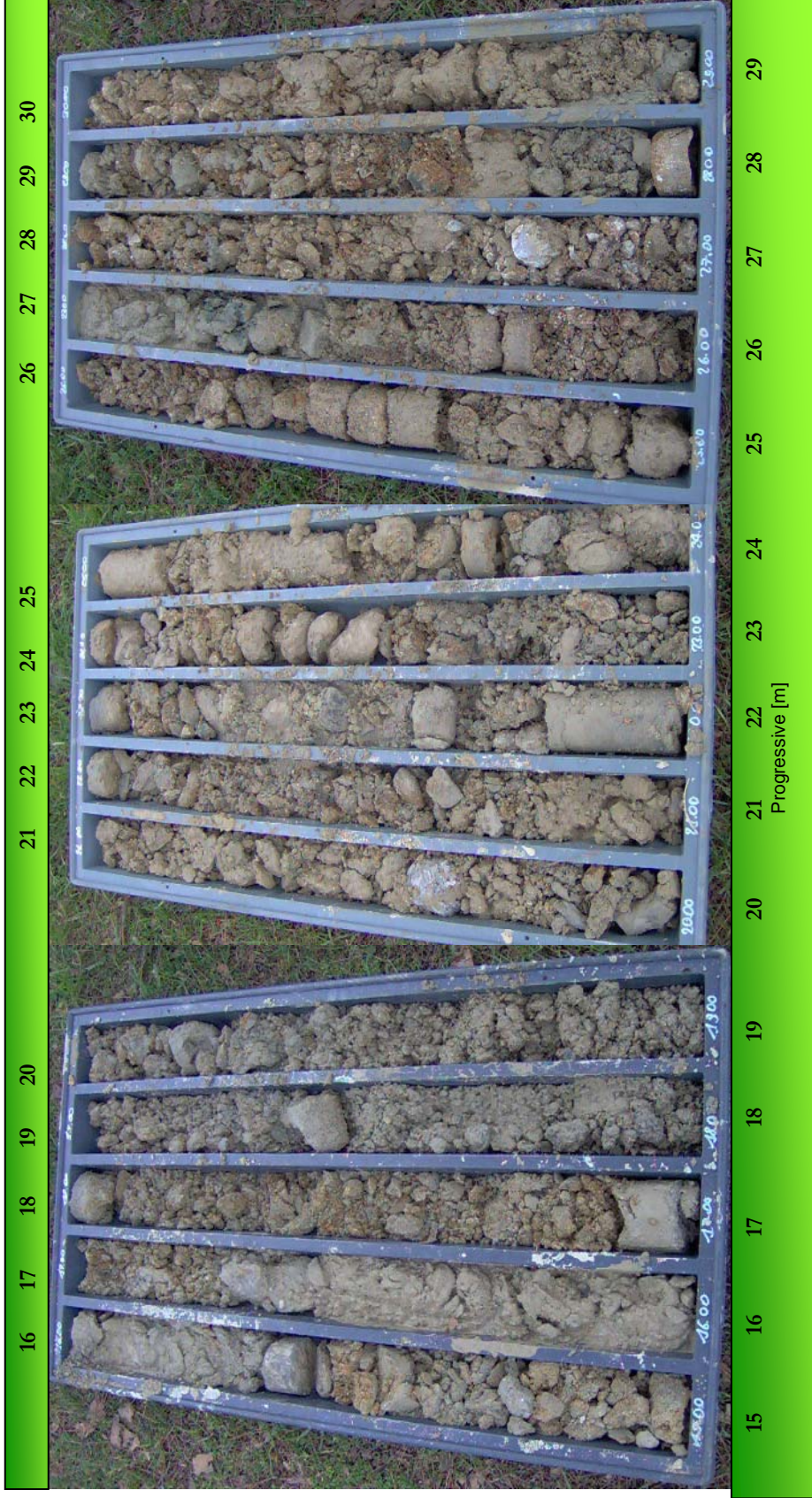
Cassette 4-6 da 15.00m a 30.00m da p.c.

Barge (CN) – Località concentrico - Sondaggio S2 (L=30.00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.c.

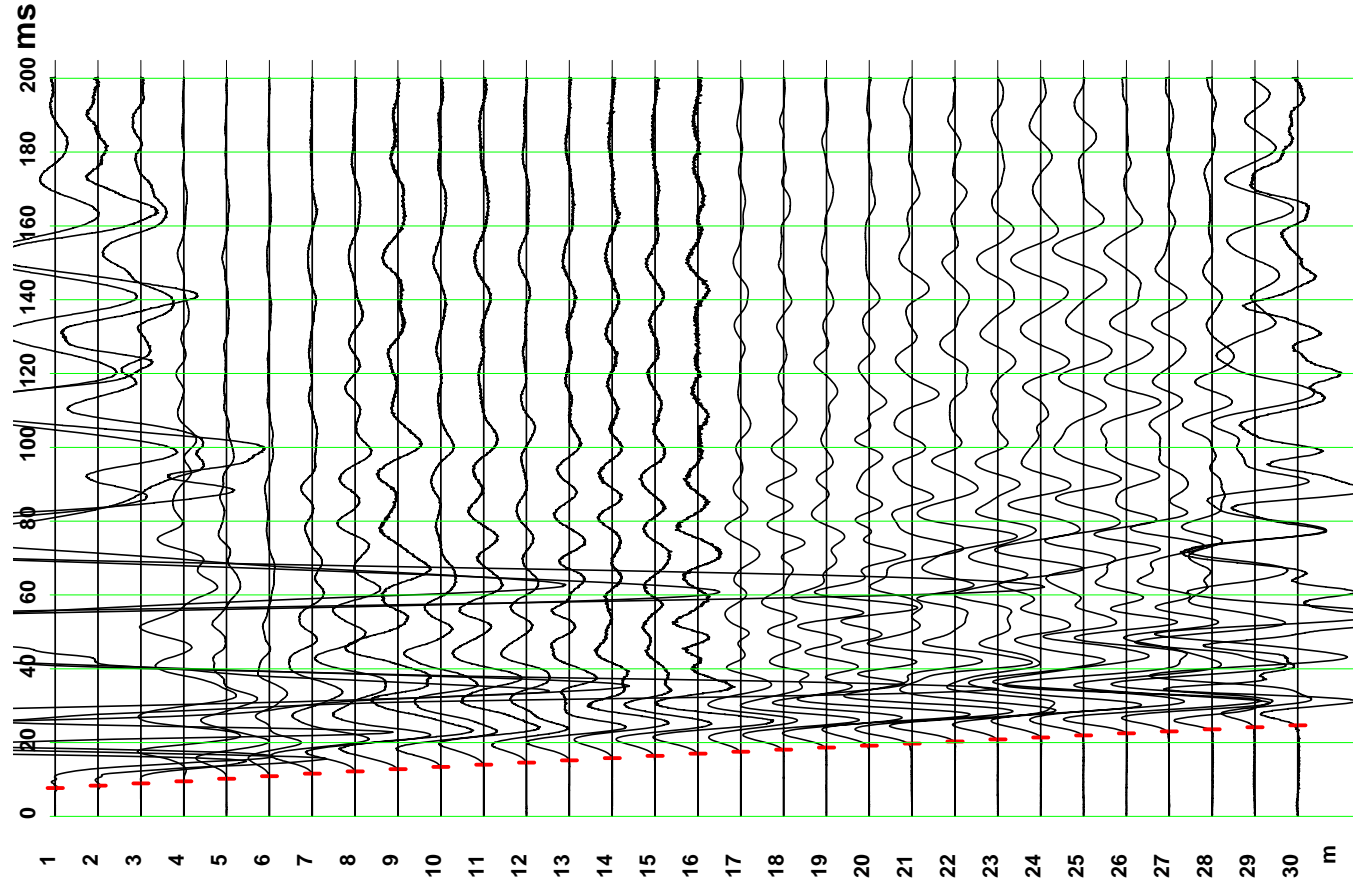
Barge (CN) – Località concentrico - Sondaggio S2 (L=30.00m)



Cassette 4-6 da 15.00m a 30.00m da p.c.

INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE

Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

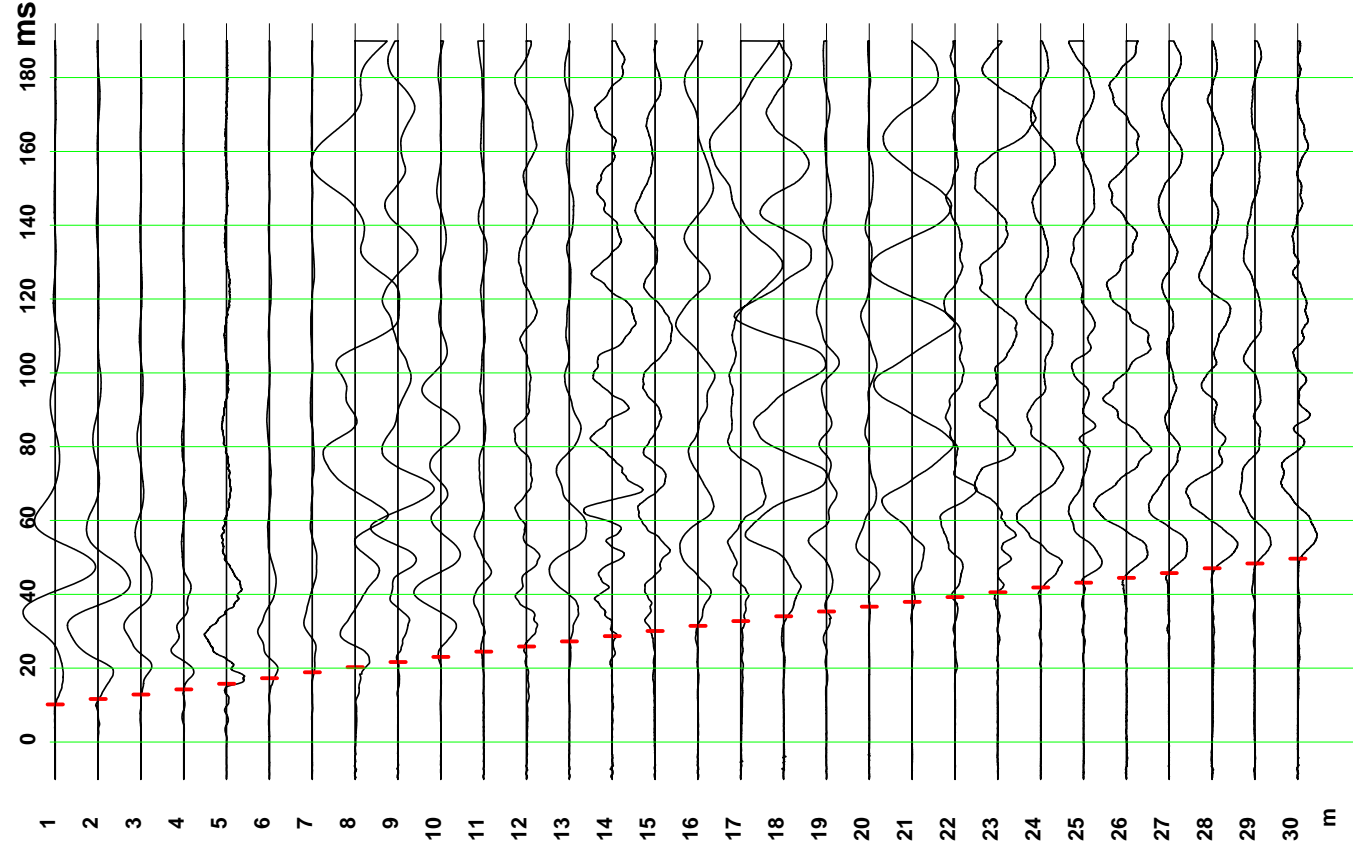
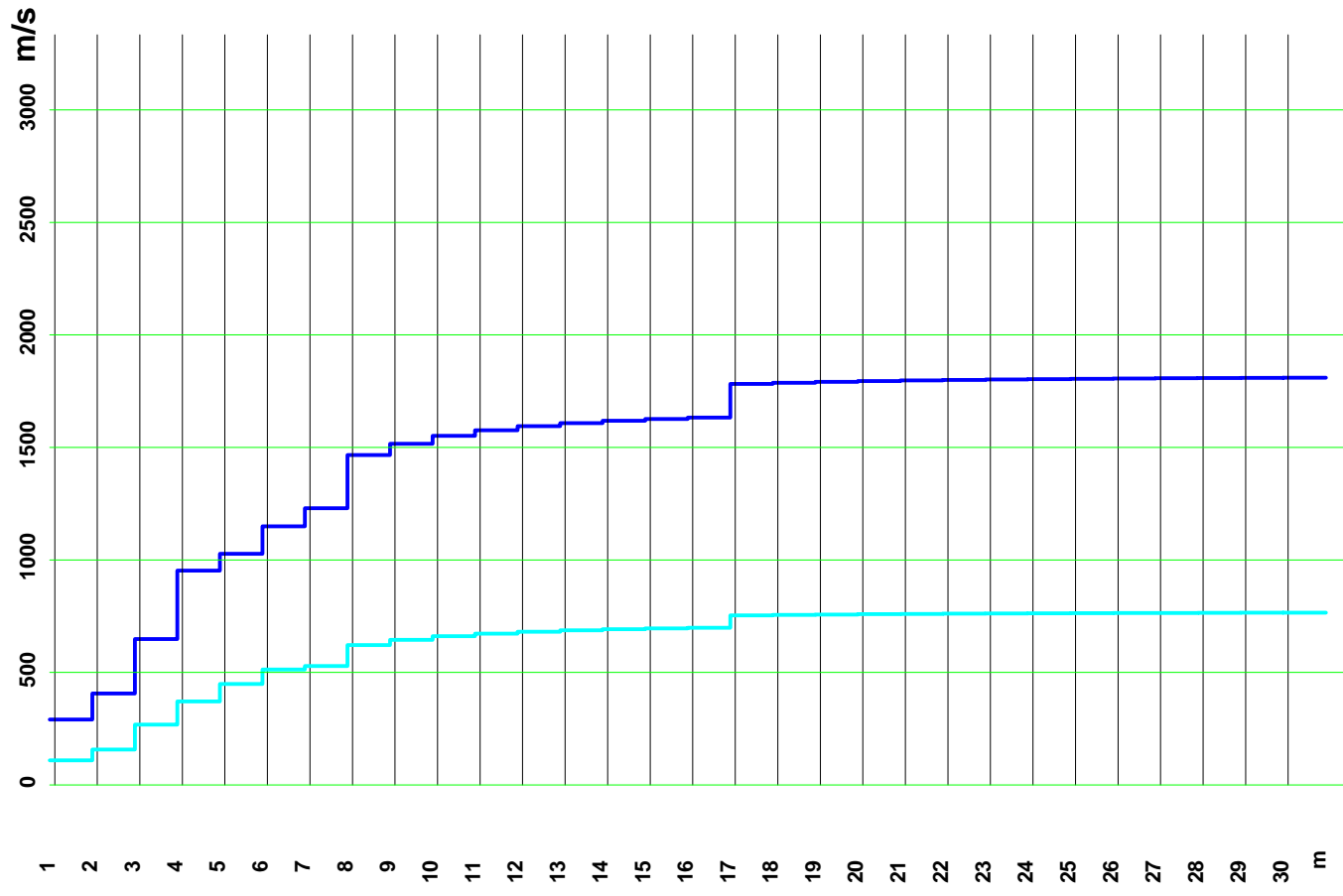


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	TP	Ts	DVP	DVs	DVP/DVs	DVs/DVP	V	E	G	r
1	2.8	7.7	20.4	290	110	2.65	3.8	4.1	61	22	1.88
2	3.6	8.9	21.3	406	268	2.42	3.9	4.1	126	44	1.88
3	4.4	9.5	22.4	648	371	2.56	4.1	4.1	200	129	1.88
4	5.3	10.9	26.5	1027	449	2.29	4.5	3.8	700	248	1.88
5	6.3	12.9	33.3	1249	513	2.42	4.5	3.8	1304	474	1.88
6	8.3	15.4	40.3	1556	645	2.35	4.3	3.9	1935	603	1.88
7	10.2	17.4	48.7	1791	759	2.34	4.3	3.9	2185	786	1.88
8	12.2	19.4	56.1	1594	687	2.34	4.3	3.9	2575	927	1.88
9	14.1	21.4	61.7	1608	687	2.34	4.3	3.9	2623	945	1.88
10	16.1	23.4	67.5	1618	692	2.34	4.3	3.9	2659	968	1.88
11	18.1	25.4	73.3	1626	696	2.34	4.3	3.9	2687	988	1.88
12	20.1	27.4	79.1	1782	756	2.37	4.2	3.9	3179	1147	1.88
13	22.1	29.4	84.9	1791	759	2.37	4.2	3.9	3192	1147	1.88
14	24.1	31.4	90.7	1795	761	2.37	4.2	3.9	3192	1147	1.88
15	26.1	33.4	96.5	1800	761	2.36	4.2	3.9	32215	1155	1.88
16	28.1	35.4	102.3	1804	762	2.36	4.2	3.9	32315	1159	1.88
17	30.1	37.4	108.1	1804	763	2.36	4.2	3.9	32331	1161	1.88
18	32.1	39.4	113.9	1805	763	2.36	4.2	3.9	32337	1164	1.88
19	34.1	41.4	119.7	1807	763	2.36	4.2	3.9	32343	1169	1.88
20	36.1	43.4	125.5	1807	764	2.36	4.2	3.9	32349	1170	1.88
21	38.1	45.4	131.3	1809	765	2.36	4.2	3.9	32352	1171	1.88
22	40.1	47.4	137.1	1810	766	2.36	4.2	3.9	32355	1172	1.88
23	42.1	49.4	142.9	1810	766	2.36	4.2	3.9	32359	1172	1.88
24	44.1	51.4	148.7	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
25	46.1	53.4	154.5	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
26	48.1	55.4	160.3	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
27	50.1	57.4	166.1	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
28	52.1	59.4	171.9	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
29	54.1	61.4	177.7	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88
30	56.1	63.4	183.5	1810	766	2.36	4.2	3.9	32361	1172	1.88

LEGENDA

- Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S
- Velocità delle onde P
- Velocità delle onde S

- Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
- Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
- TP = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
- Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
- DVP = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
- DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
- v = Coefficiente di Poisson
- E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
- G = Modulo di taglio in MegaPascal
- r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 502 m/s

INDAGINI GEOSISMICHE

Sondaggio S1

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

Prova sismica Down-Hole - DH

**SISMOGRAMMI P ed S
E VELOCITA' SISMICHE**

Tav. 1a

Febbraio 2007



Grafico dei parametri E e G

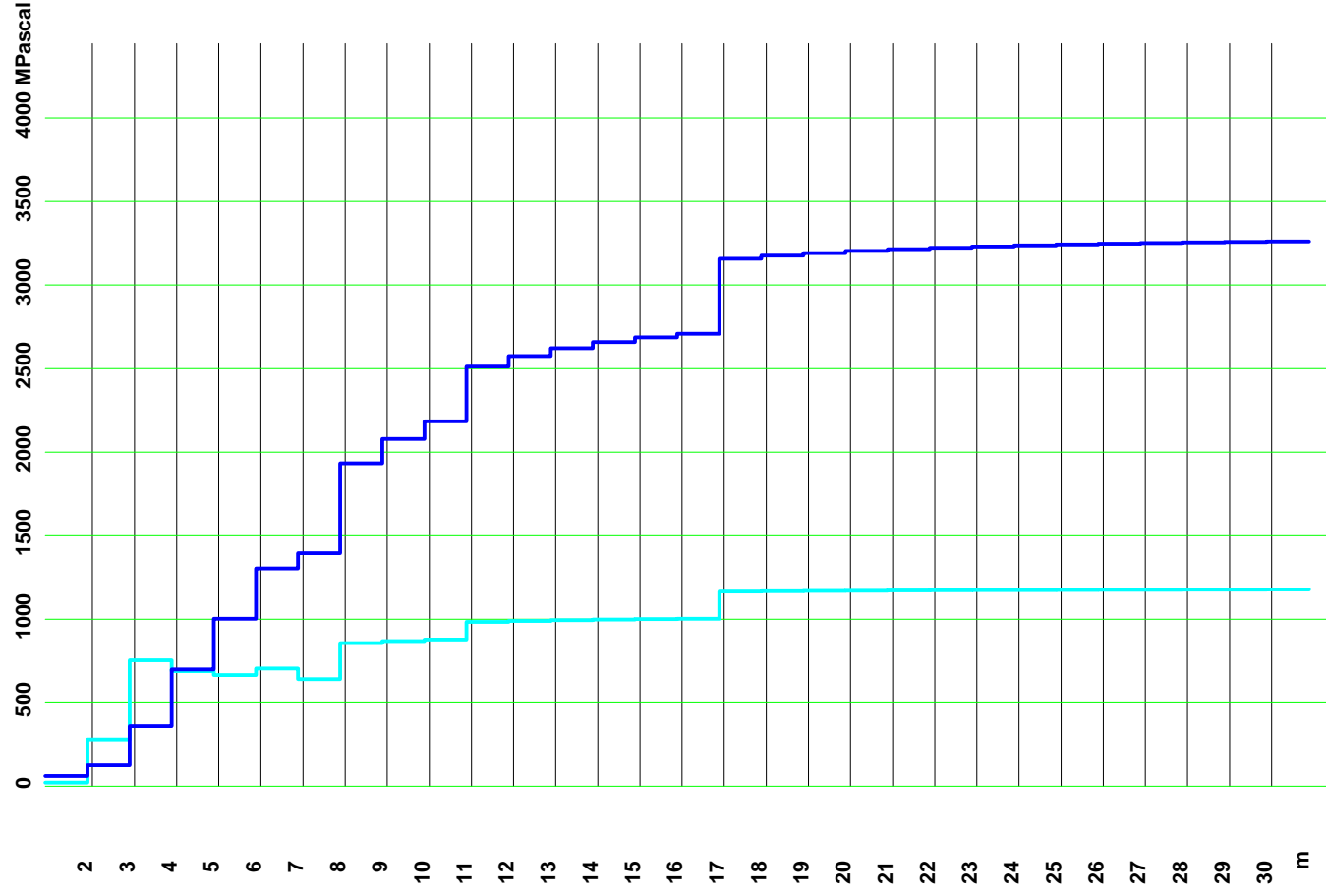


Grafico del coefficiente di Poisson

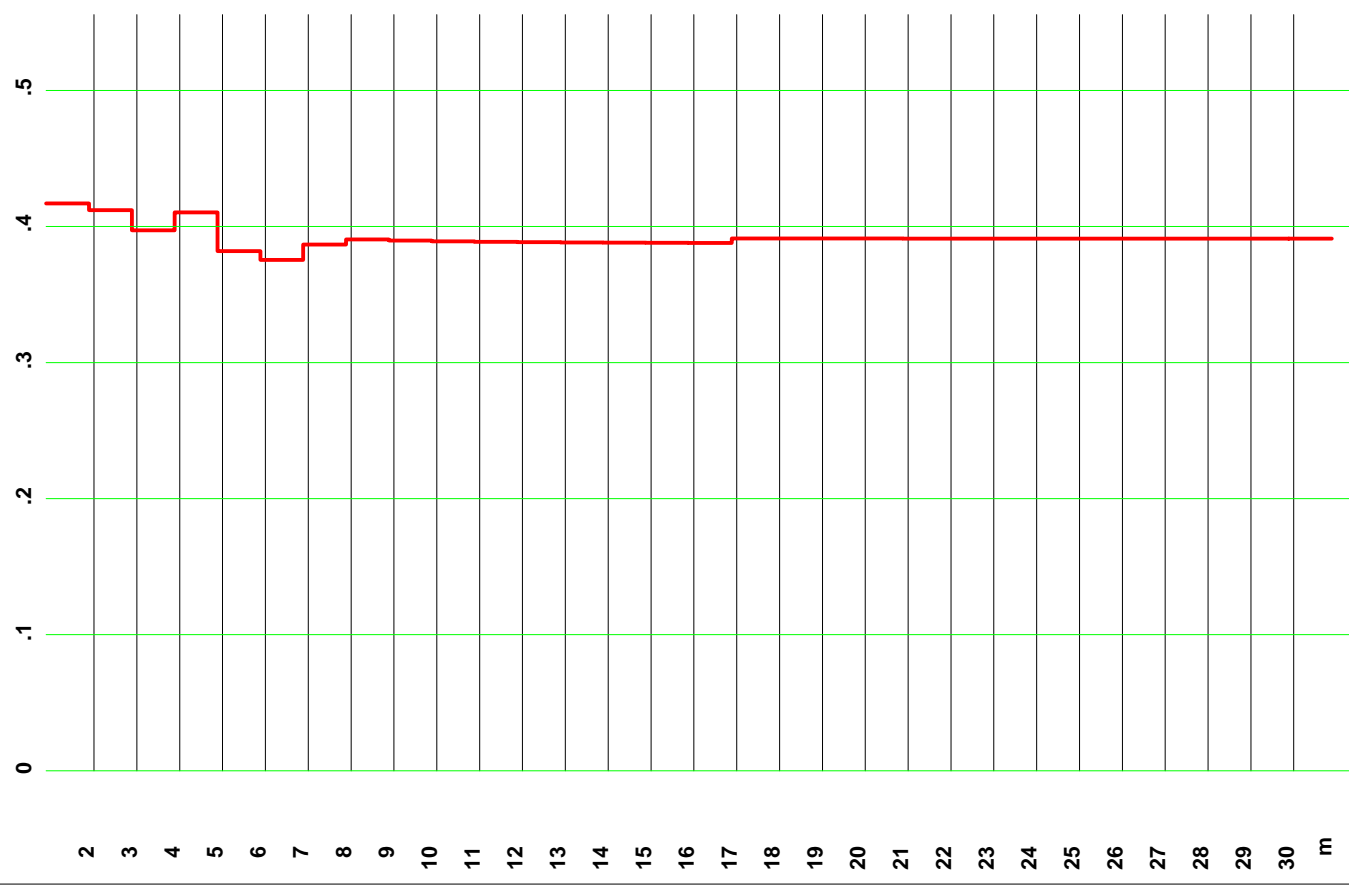
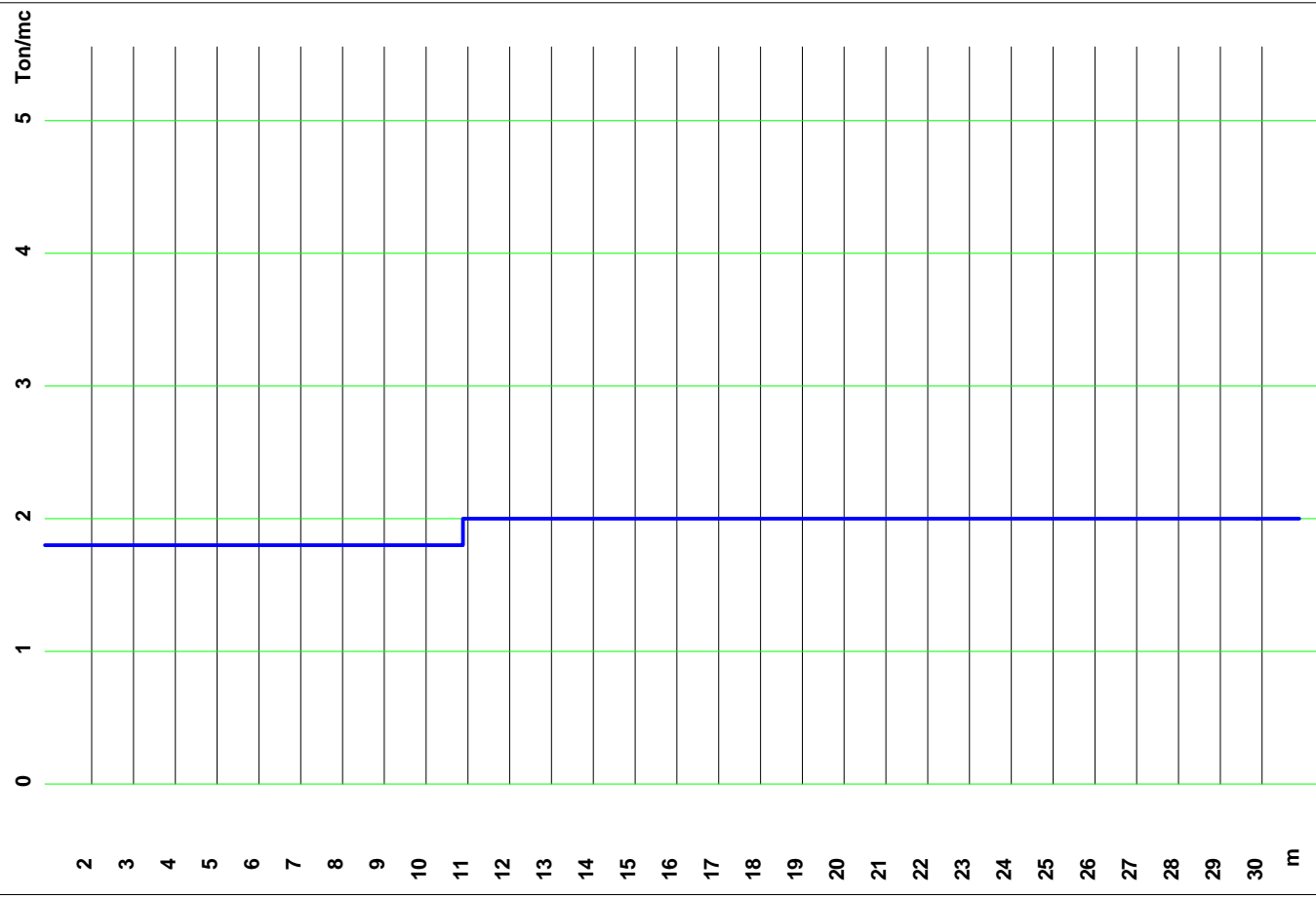


Grafico del peso di volume utilizzato



Prof.	Distanza	TP	Ts	Dvp	DVs	DVs/Dvp	DVs/DVs	V	E	G	r
1	2.8	7.7	20.4	290	117	38	2.65	4.1	61	22	1.8
2	3.6	8.9	23.1	406	157	39	2.42	4.1	126	44	1.8
3	4.5	9.5	24.5	648	268	41	2.29	3.8	361	129	1.8
4	5.4	10.9	26.1	1027	449	44	2.24	3.8	1003	248	1.8
5	6.3	11.9	27.5	1149	513	45	2.23	3.9	1304	363	1.8
6	7.3	12.3	29.1	1230	529	43	2.23	3.9	1396	474	1.8
7	8.2	12.3	30.9	1466	625	43	2.23	3.9	1934	503	1.8
8	9.2	12.3	32.7	1576	663	43	2.23	3.9	2080	595	1.8
9	11.2	14.4	33.7	1591	673	43	2.23	3.9	2572	788	1.8
10	13.2	15.4	34.7	1608	687	43	2.23	3.9	2623	827	1.8
11	14.1	15.8	35.9	1626	692	43	2.23	3.9	2659	945	1.8
12	15.1	16.4	36.3	1632	699	43	2.23	3.9	2687	958	1.8
13	16.1	17.1	37.1	1632	699	43	2.23	3.9	2709	976	1.8
14	17.1	17.9	38.3	1632	699	43	2.23	3.9	3158	1135	1.8
15	18.1	18.7	40.3	1781	759	42	2.23	3.9	3167	1147	1.8
16	19.1	19.7	41.6	1791	759	42	2.23	3.9	3204	1152	1.8
17	20.1	19.7	42.6	1798	760	42	2.23	3.9	3215	1159	1.8
18	21.1	20.3	43.8	1800	761	42	2.23	3.9	3221	1159	1.8
19	22.1	20.9	44.5	1802	763	42	2.23	3.9	3231	1161	1.8
20	23.1	21.4	45.5	1804	763	42	2.23	3.9	3237	1164	1.8
21	24.1	22.1	46.8	1805	764	42	2.23	3.9	3243	1166	1.8
22	25.1	22.5	47.4	1806	764	42	2.23	3.9	3248	1167	1.8
23	26.1	23.1	48.9	1806	764	42	2.23	3.9	3252	1170	1.8
24	27.1	23.6	50.3	1806	764	42	2.23	3.9	3255	1171	1.8
25	28.1	24.1	51.6	1806	764	42	2.23	3.9	3256	1172	1.8
26	29.1	24.7	53.3	1810	766	42	2.23	3.9	3259	1172	1.8
27	30.1	24.7	55.3	1810	766	42	2.23	3.9	3261	1172	1.8

LEGENDA

- Coefficiente di Poisson
- Modulo Elastico E
- Modulo di Taglio
- Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
- Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
- TP = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
- Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
- DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
- DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
- v = Coefficiente di Poisson
- E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
- G = Modulo di taglio in MegaPascal
- r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 502 m/s

INDAGINI GEOSISMICHE

Sondaggio S1

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

Prova sismica Down-Hole - DH

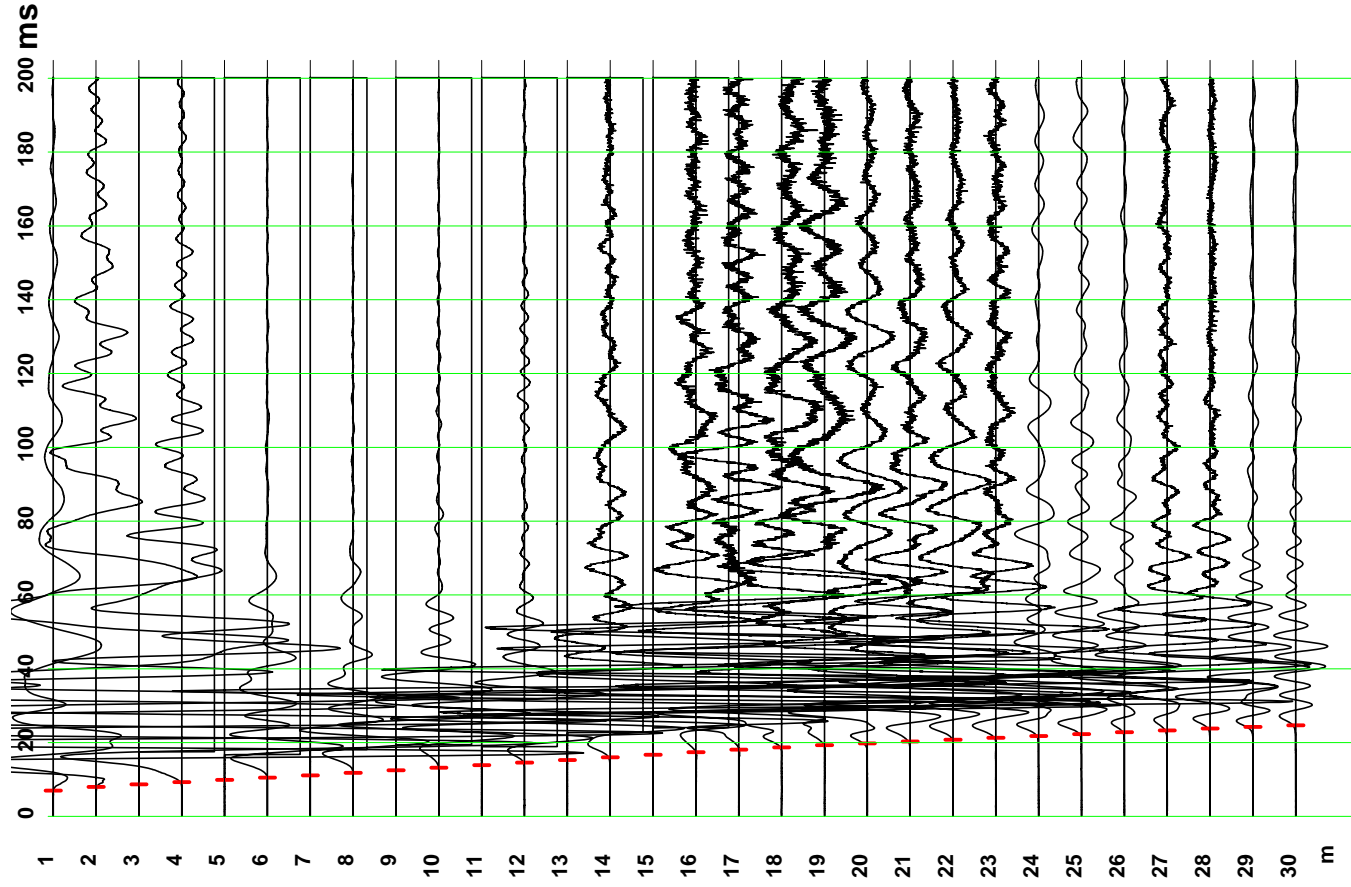
**PARAMETRI ELASTICI
E PESO DI VOLUME**

Tav. 1b

Febbraio 2007



Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

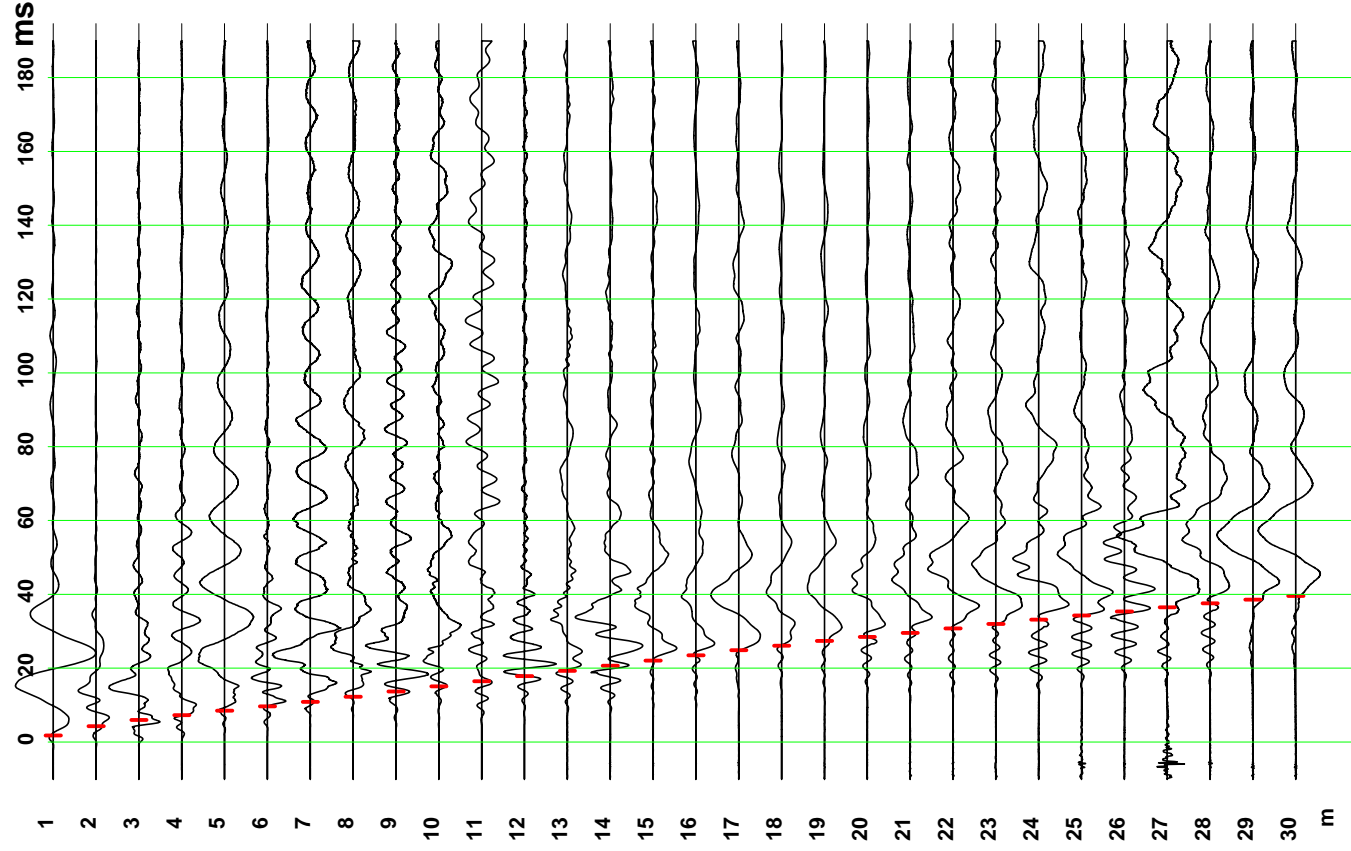
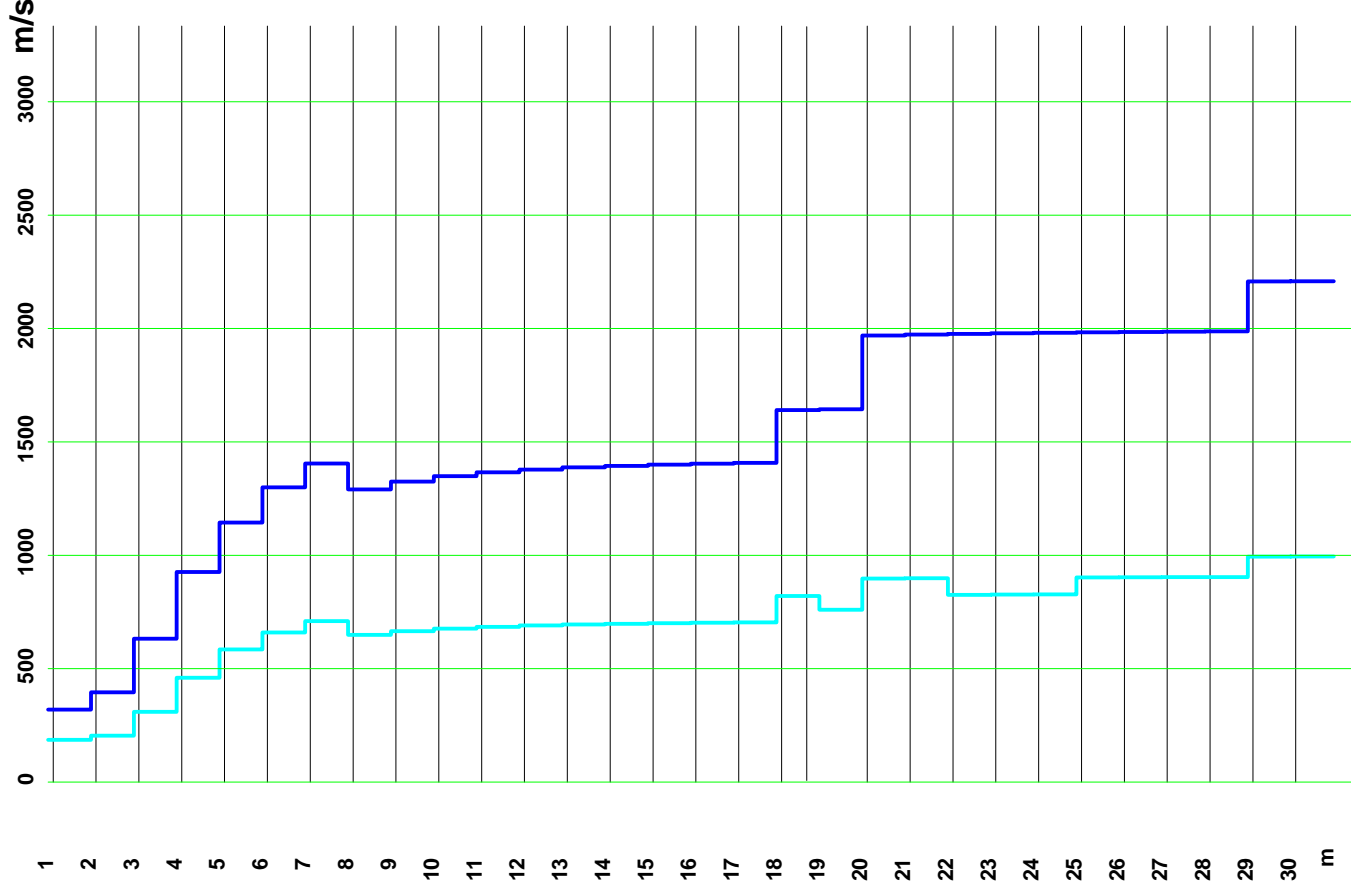
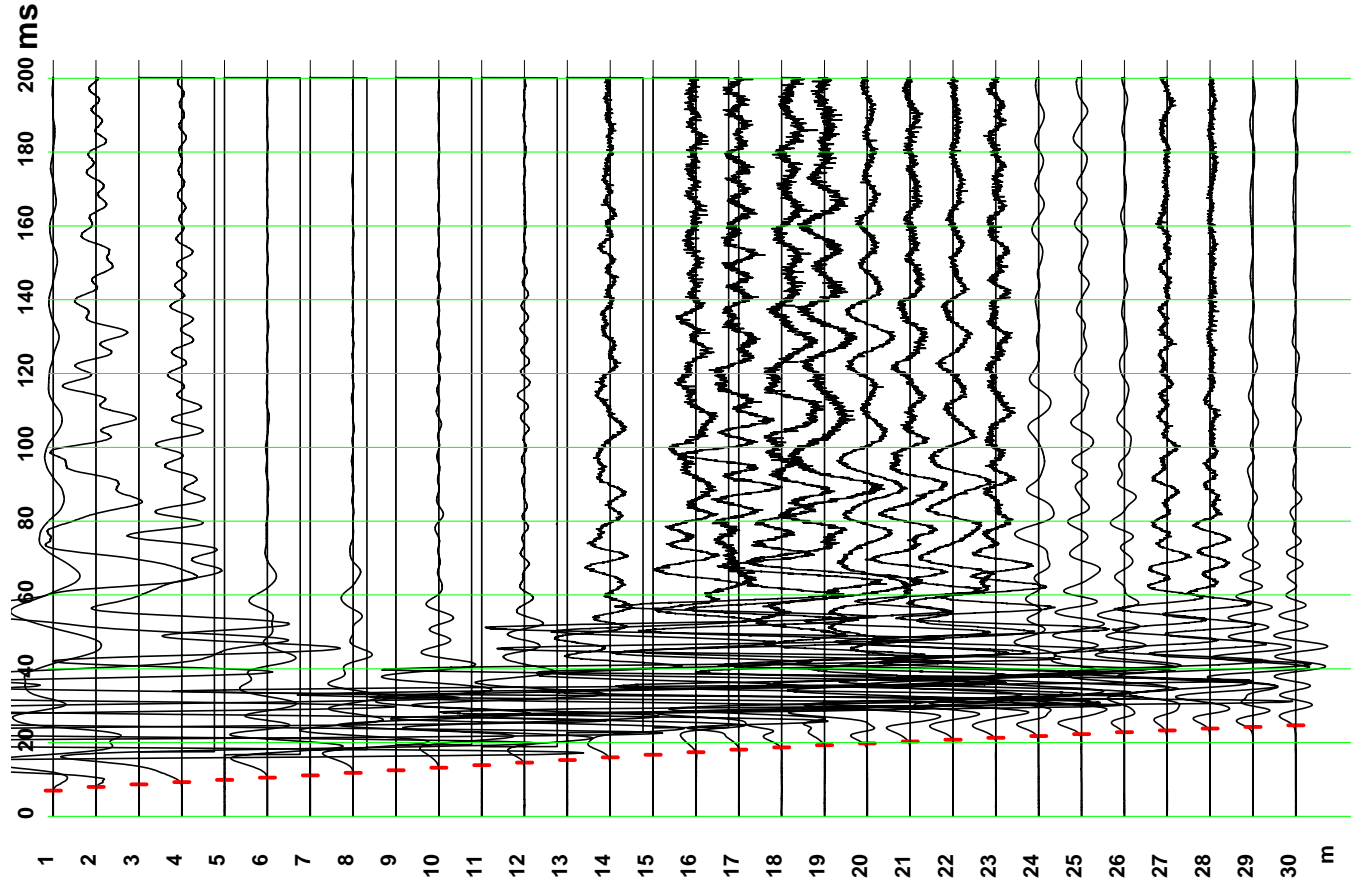


Grafico delle velocità P ed S



Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

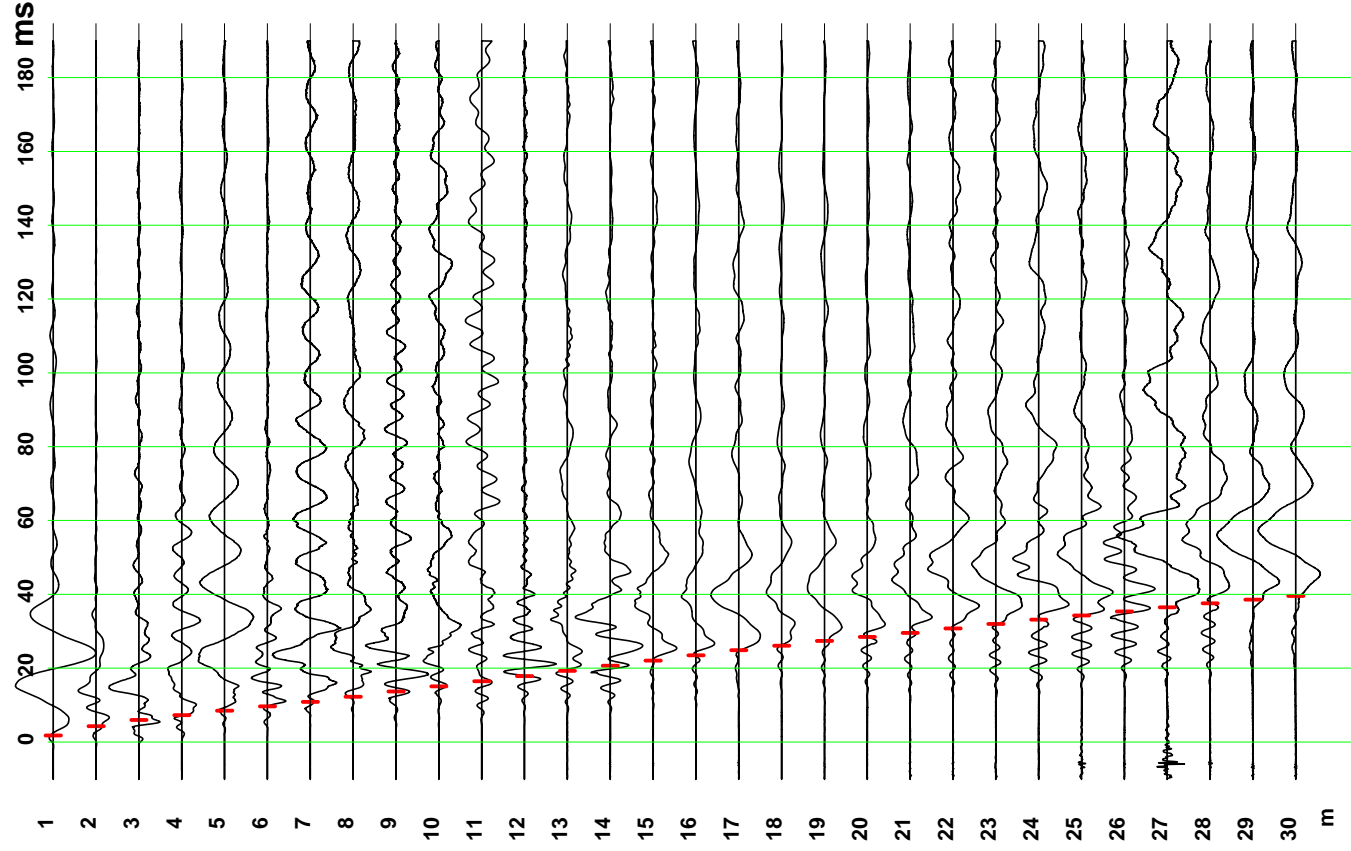
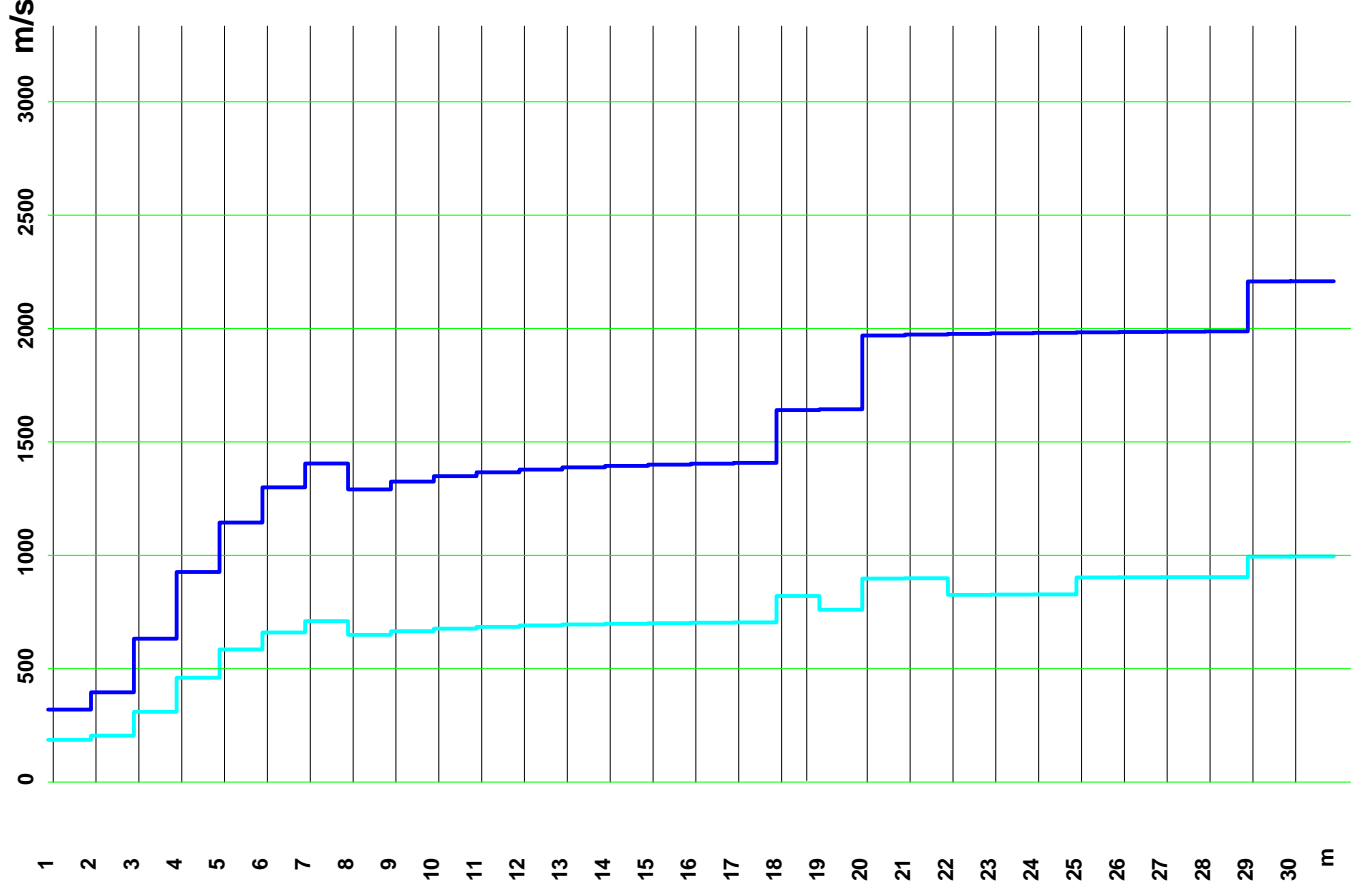


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	TP	Ts	Dvp	DVs	Dvp/DVs	DVs/Dvp	V	E	G	r
1	8	7	12,5	319	186	1,71	58	24	156	62	1,88
2	3,6	8,7	16,5	392	310	2,04	4,6	34	464	173	1,11
3	4,5	9,9	18,7	626	460	2,01	5,1	34	1019	381	1,11
4	5,6	10,1	19,9	1144	585	1,96	5,1	33	2077	616	1,11
5	6,3	10,5	21,1	1405	710	1,98	5,1	33	2408	906	1,11
6	7,3	11,8	22,3	1291	649	1,99	5,1	33	2020	759	1,11
7	8,2	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
8	9,2	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
9	10,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
10	11,2	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
11	12,3	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
12	13,2	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
13	14,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
14	15,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
15	16,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
16	17,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
17	18,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
18	19,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
19	20,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
20	21,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
21	22,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
22	23,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
23	24,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
24	25,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
25	26,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
26	27,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
27	28,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
28	29,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
29	30,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11
30	30,1	12,3	22,3	1378	685	1,99	5,1	33	2123	637	1,11

LEGENDA

- Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S
- Velocità delle onde P
- Velocità delle onde S
- Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
- Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
- TP = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
- Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
- Dvp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
- DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
- v = Coefficiente di Poisson
- E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
- G = Modulo di taglio in MegaPascal
- r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 604 m/s

INDAGINI GEOSISMICHE

Sondaggio S2

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

Prova sismica Down-Hole - DH

**SISMOGRAMMI P ed S
E VELOCITA' SISMICHE**

Tav. 2a

Febbraio 2007



Grafico dei parametri E e G

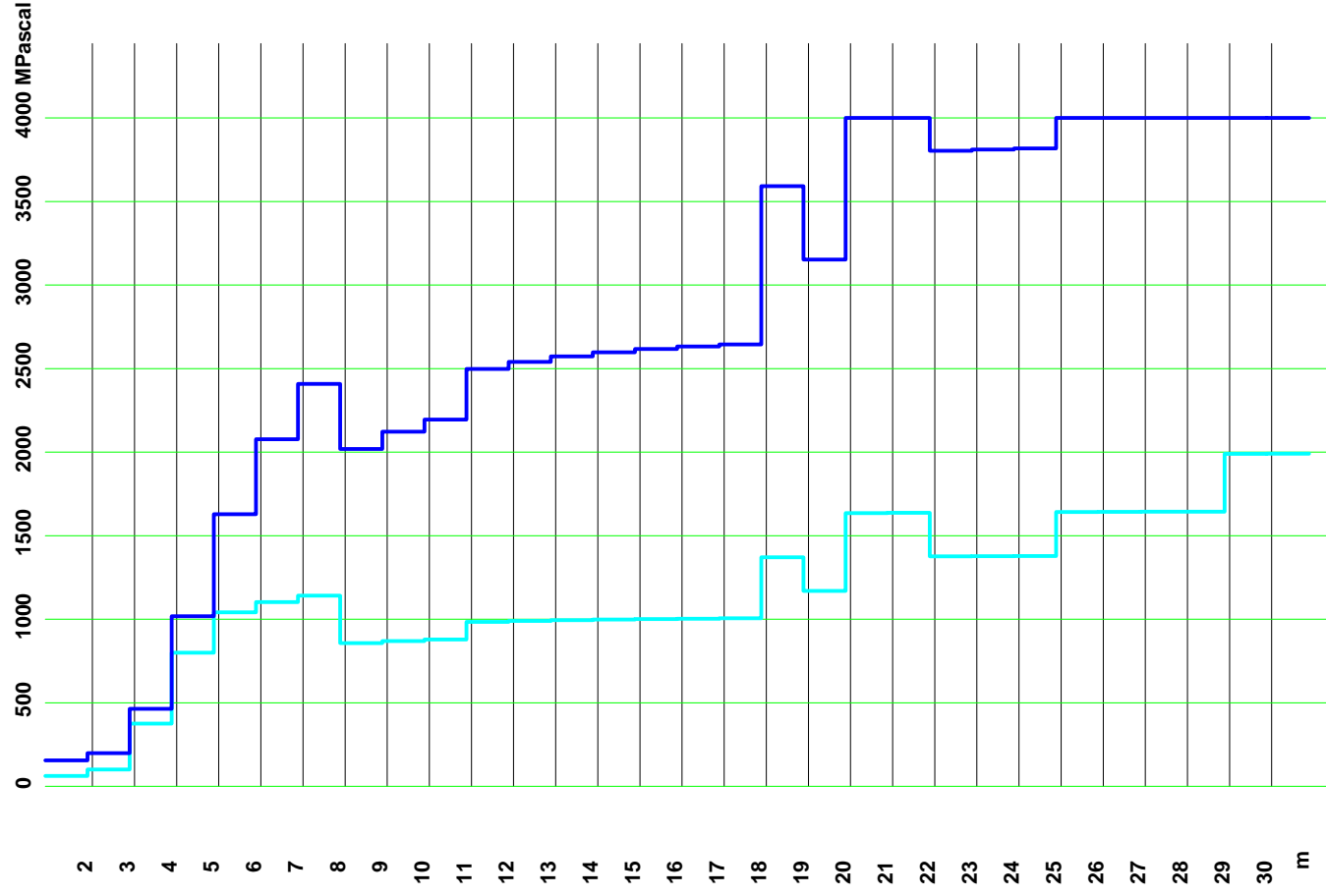


Grafico del coefficiente di Poisson

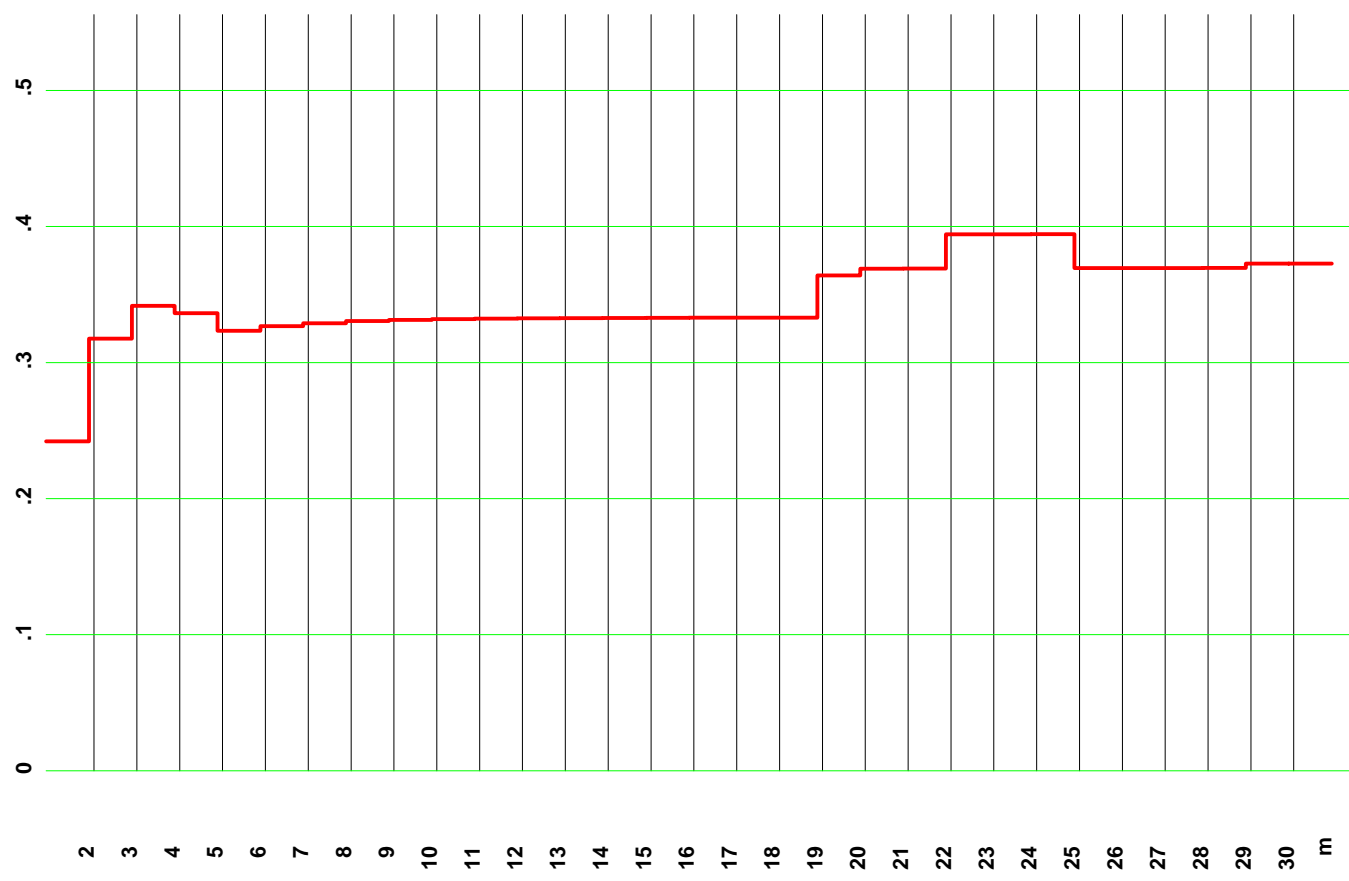
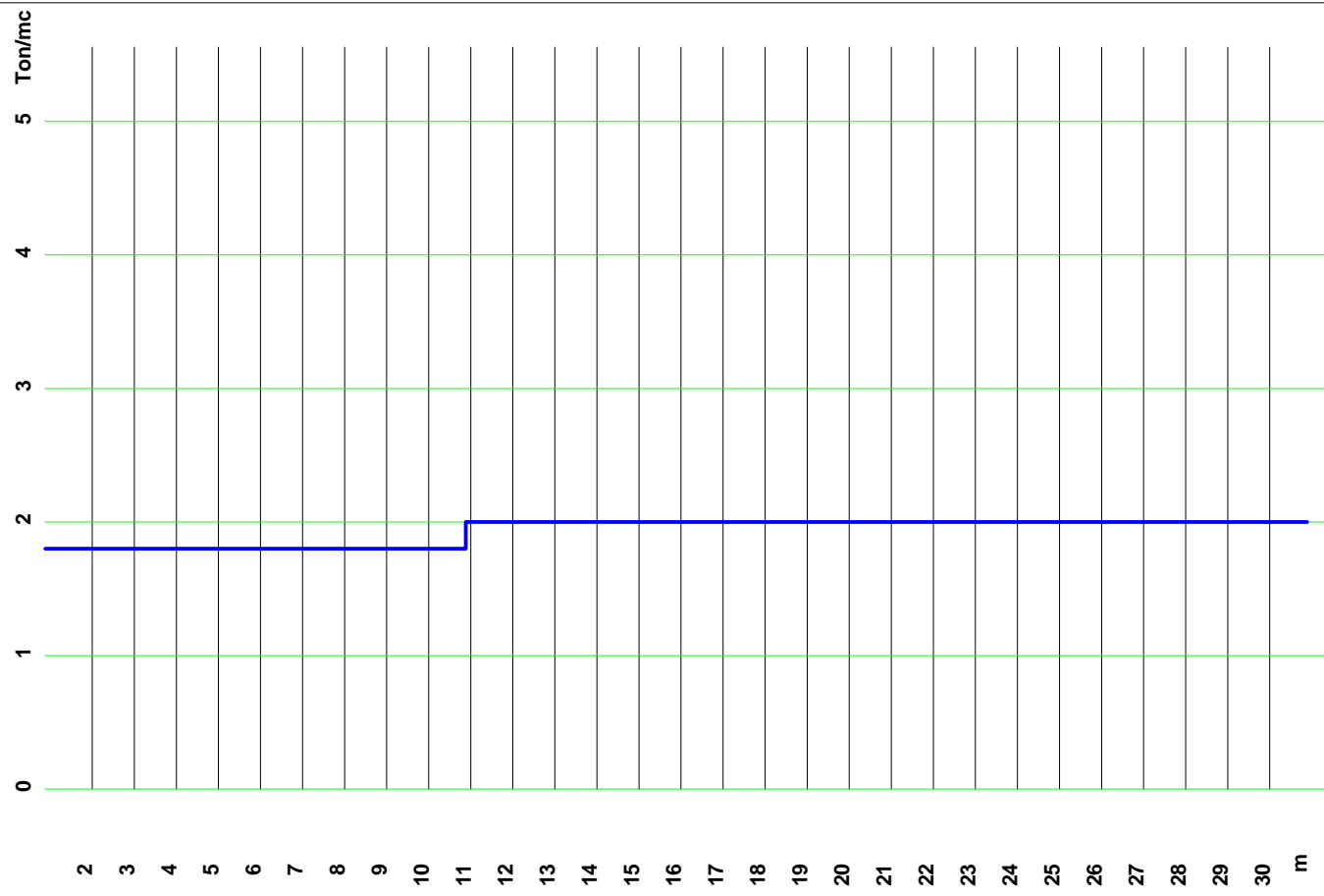


Grafico del peso di volume utilizzato



LEGENDA

- Coefficiente di Poisson
- Modulo Elastico E
- Modulo di Taglio

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
 Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
 Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
 Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
 DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
 DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
 v = Coefficiente di Poisson
 E = Modulo elastico (Young) in MegaPascal
 G = Modulo di taglio in MegaPascal
 r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs30 = 604 m/s

INDAGINI GEOSISMICHE

Sondaggio S2

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

Prova sismica Down-Hole - DH

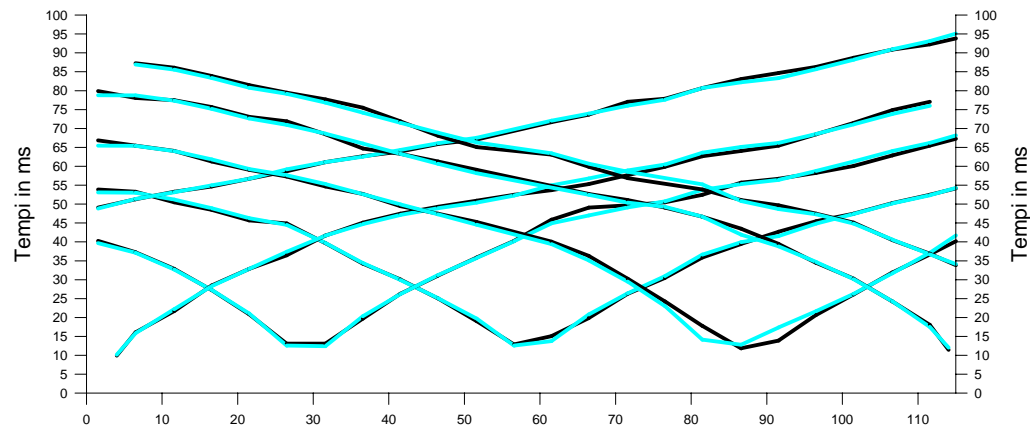
**PARAMETRI ELASTICI
E PESO DI VOLUME**

Tav. 2b

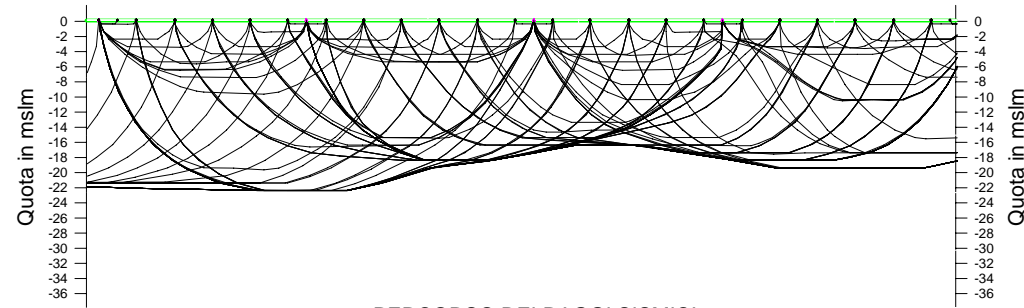
Febbraio 2007



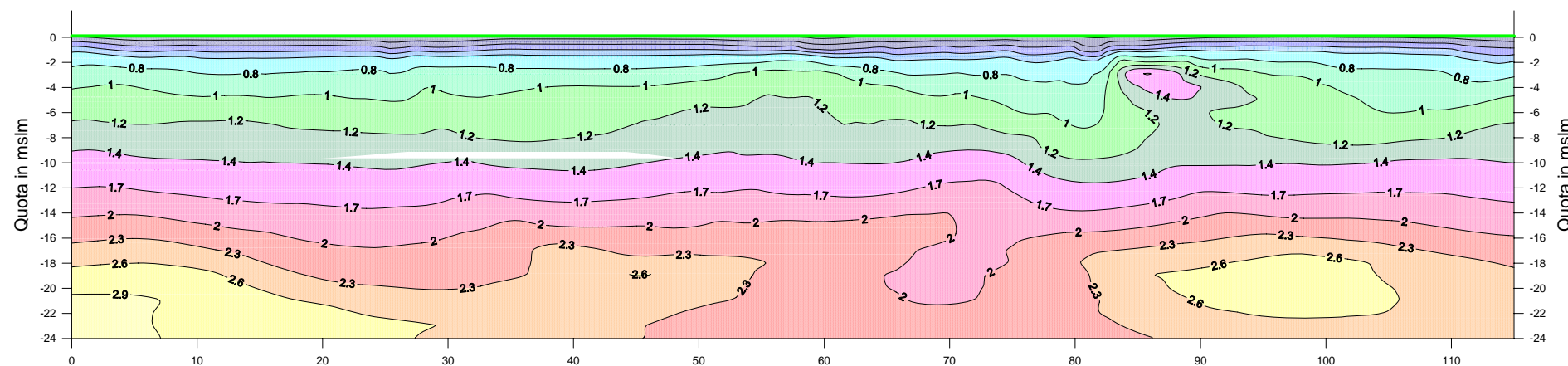
RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE



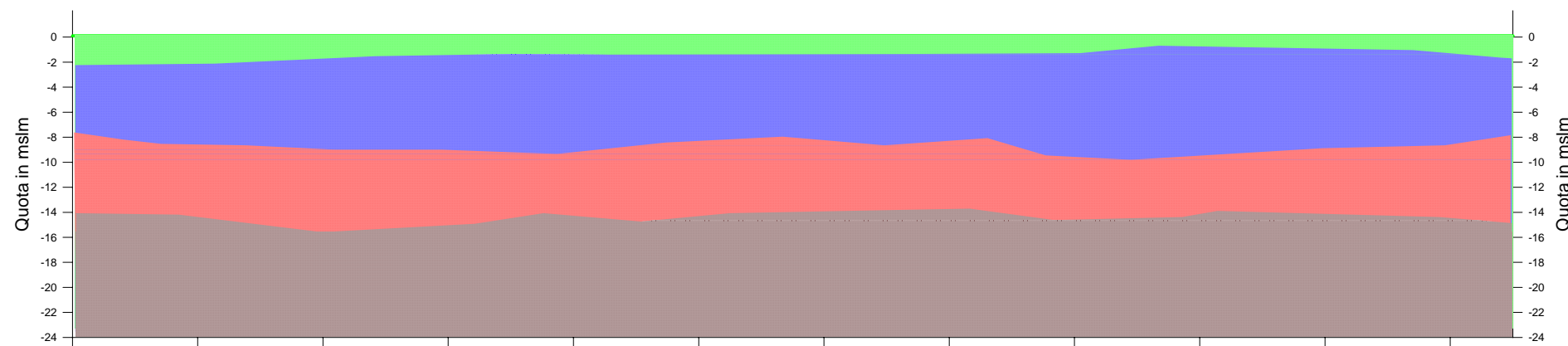
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE CALCOLATE E MISURATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



SEZIONE INTERPRETATA

LEGENDA

- Terreno di copertura
- Ghiaia e sabbia moderatamente addensate
- Ghiaia addensata
- Ghiaia ben addensata e/o debolmente cementata

File with raypaths: b.ray
 Number of data: 160
 RMS residual: 0.809904
 RMS relative residual(%): 3.741603

##	Source	Receiver	T obs.:	T calc.:	T - T0	Resid.:
1	57.500	0.100	0.000	0.000	0.100	0.000
2	57.500	0.100	0.000	5.000	0.100	51.600
3	57.500	0.100	0.000	10.000	0.100	50.787
4	57.500	0.100	0.000	15.000	0.100	50.727
5	57.500	0.100	0.000	20.000	0.100	48.200
6	57.500	0.100	0.000	25.000	0.100	48.920
7	57.500	0.100	0.000	30.000	0.100	46.200
8	57.500	0.100	0.000	35.000	0.100	46.617
9	57.500	0.100	0.000	40.000	0.100	43.986
10	57.500	0.100	0.000	45.000	0.100	42.242
11	57.500	0.100	0.000	50.000	0.100	42.446
12	57.500	0.100	0.000	55.000	0.100	37.446
13	57.500	0.100	0.000	60.000	0.100	32.149
14	57.500	0.100	0.000	65.000	0.100	27.887
15	57.500	0.100	0.000	70.000	0.100	22.818
16	57.500	0.100	0.000	75.000	0.100	17.418
17	57.500	0.100	0.000	80.000	0.100	12.818
18	57.500	0.100	0.000	85.000	0.100	8.200
19	57.500	0.100	0.000	90.000	0.100	3.587
20	57.500	0.100	0.000	95.000	0.100	-1.033
21	57.500	0.100	0.000	100.000	0.100	-5.653
22	57.500	0.100	0.000	105.000	0.100	-10.273
23	57.500	0.100	0.000	110.000	0.100	-14.893
24	57.500	0.100	0.000	115.000	0.100	-19.513
25	27.500	0.100	0.000	0.000	0.100	38.000
26	27.500	0.100	0.000	5.000	0.100	34.860
27	27.500	0.100	0.000	10.000	0.100	30.386
28	27.500	0.100	0.000	15.000	0.100	25.007
29	27.500	0.100	0.000	20.000	0.100	18.787
30	27.500	0.100	0.000	25.000	0.100	10.800
31	27.500	0.100	0.000	30.000	0.100	10.112
32	27.500	0.100	0.000	35.000	0.100	17.400
33	27.500	0.100	0.000	40.000	0.100	24.000
34	27.500	0.100	0.000	45.000	0.100	28.800
35	27.500	0.100	0.000	50.000	0.100	33.600
36	27.500	0.100	0.000	55.000	0.100	38.000
37	27.500	0.100	0.000	60.000	0.100	43.600
38	27.500	0.100	0.000	65.000	0.100	46.800
39	27.500	0.100	0.000	70.000	0.100	47.400
40	27.500	0.100	0.000	75.000	0.100	48.200
41	27.500	0.100	0.000	80.000	0.100	50.200
42	27.500	0.100	0.000	85.000	0.100	53.400
43	27.500	0.100	0.000	90.000	0.100	54.400
44	27.500	0.100	0.000	95.000	0.100	56.000
45	27.500	0.100	0.000	100.000	0.100	57.800
46	27.500	0.100	0.000	105.000	0.100	60.600
47	27.500	0.100	0.000	110.000	0.100	63.200
48	27.500	0.100	0.000	115.000	0.100	65.800
49	0.000	0.100	0.000	2.500	0.100	7.600
50	0.000	0.100	0.000	5.000	0.100	13.800
51	0.000	0.100	0.000	10.000	0.100	19.400
52	0.000	0.100	0.000	15.000	0.100	26.200
53	0.000	0.100	0.000	20.000	0.100	30.600
54	0.000	0.100	0.000	25.000	0.100	34.200
55	0.000	0.100	0.000	30.000	0.100	39.400
56	0.000	0.100	0.000	35.000	0.100	42.800
57	0.000	0.100	0.000	40.000	0.100	45.200
58	0.000	0.100	0.000	45.000	0.100	47.000
59	0.000	0.100	0.000	50.000	0.100	48.600
60	0.000	0.100	0.000	55.000	0.100	50.200
61	0.000	0.100	0.000	60.000	0.100	51.400

LEGENDA

4 Velocità
 3.5
 3.2
 2.9
 2.6
 2.3
 2
 1.7
 1.4
 1.2
 1
 0.8
 0.6
 0.5
 0.4
 0.3
 0.2
 0.1
 Km/s

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:500 Scala verticale = 1:500

INDAGINE GEOFISICA

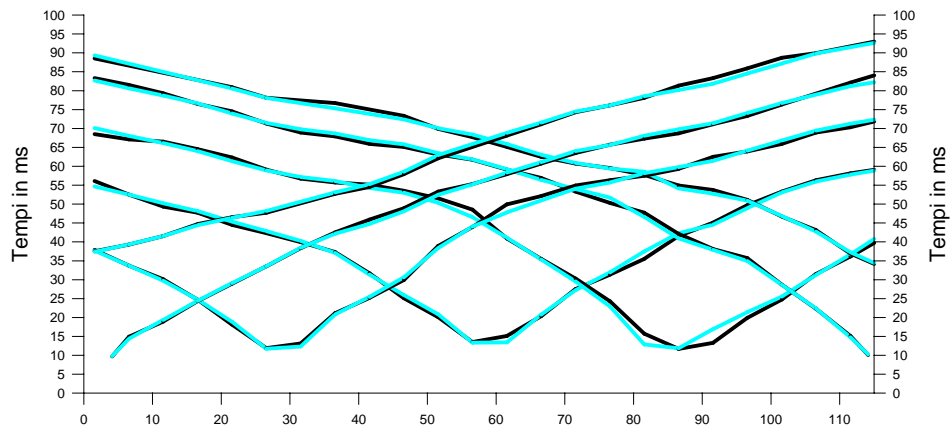
Barge - (CN)

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

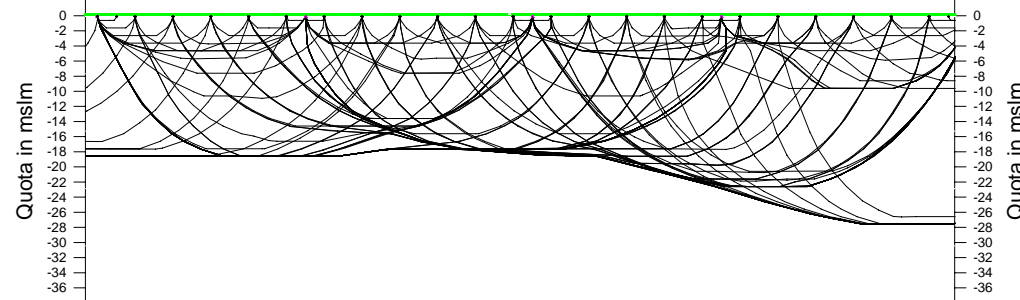
Indagine sismica a rifrazione

SEZIONI SISMICHE
Stendimento G1

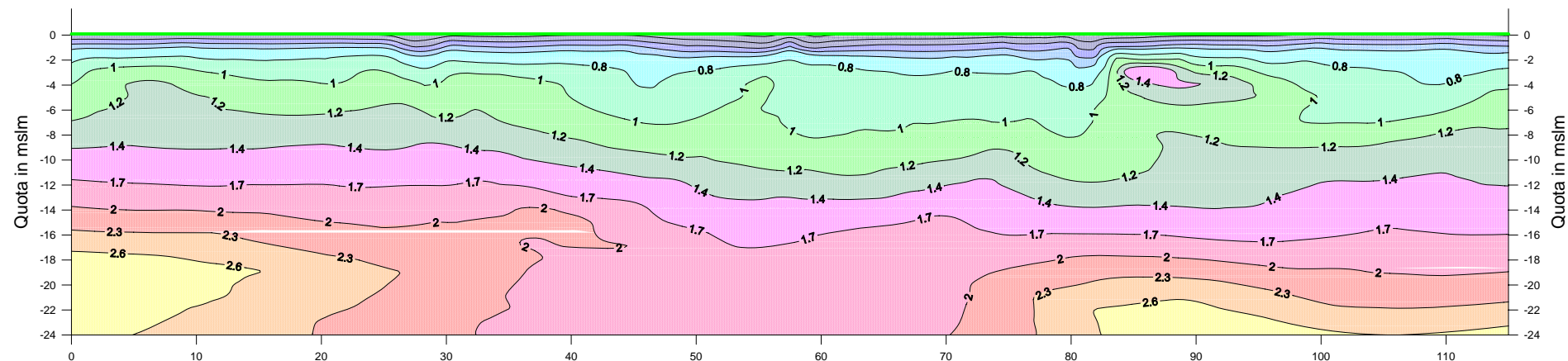
Tav. 3 Febbraio 2007



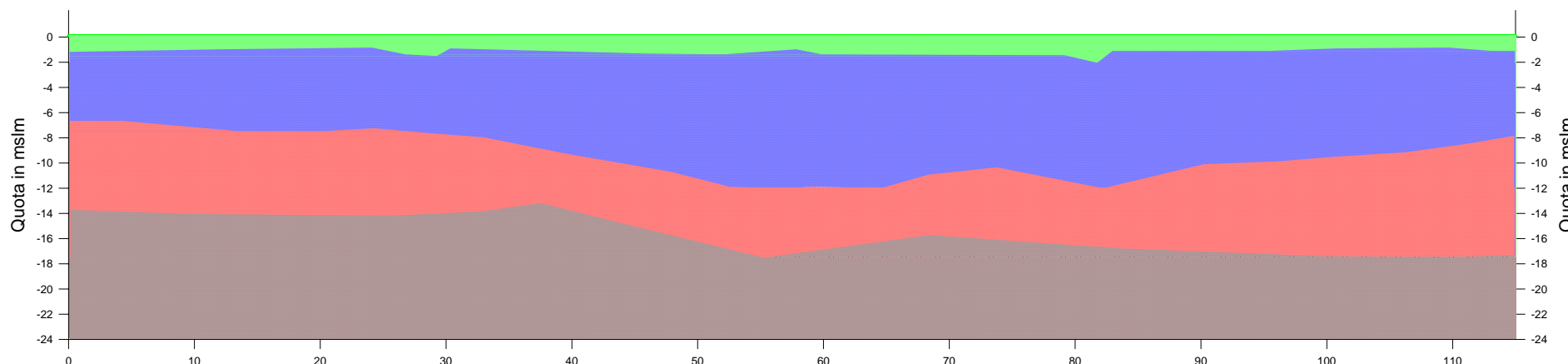
SOVRAPPOSIZIONE FRA LE DROMOCRONE CALCOLATE E MISURATE



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



VELOCITA' SISMICHE DEI TERRENI



SEZIONE INTERPRETATA

LEGENDA

- Terreno di copertura
- Ghiaia e sabbia moderatamente addensate
- Ghiaia addensata
- Ghiaia ben addensata e/o debolmente cementata

File with raypaths: b.ray
 Number of data: 159
 RMS residual: 0.831200
 RMS relative residual(%): 3.659526

##	Source	Receiver	T obs.:	T calc.:	T - T0	Resid.:		
1	57.500	0.100	0.000	0.000	53.800	52.383	1.417	2.705
2	57.500	0.100	0.000	5.000	50.200	50.219	-0.019	-0.038
3	57.500	0.100	0.000	10.000	47.000	47.951	-0.951	-1.984
4	57.500	0.100	0.000	15.000	45.400	45.846	-0.446	-0.972
5	57.500	0.100	0.000	20.000	42.200	43.050	-0.850	-1.975
6	57.500	0.100	0.000	25.000	40.000	40.553	-0.553	-1.363
7	57.500	0.100	0.000	30.000	37.600	37.985	-0.385	-1.015
8	57.500	0.100	0.000	35.000	35.000	34.794	0.206	0.593
9	57.500	0.100	0.000	40.000	29.400	29.106	0.294	1.011
10	57.500	0.100	0.000	45.000	22.800	23.645	-0.845	-3.574
11	57.500	0.100	0.000	50.000	17.800	18.591	-0.791	-4.256
12	57.500	0.100	0.000	55.000	11.200	11.073	0.127	1.147
13	57.500	0.100	0.000	60.000	12.800	11.155	1.645	14.749
14	57.500	0.100	0.000	65.000	18.000	18.478	-0.478	-2.586
15	57.500	0.100	0.000	70.000	25.200	24.933	0.267	1.072
16	57.500	0.100	0.000	75.000	29.000	29.615	-0.615	-2.077
17	57.500	0.100	0.000	80.000	33.200	35.187	-1.987	-5.646
18	57.500	0.100	0.000	85.000	39.200	40.029	-0.829	-2.070
19	57.500	0.100	0.000	90.000	42.800	42.256	0.544	1.288
20	57.500	0.100	0.000	95.000	47.400	46.660	0.740	1.587
21	57.500	0.100	0.000	100.000	51.000	50.817	0.183	0.361
22	57.500	0.100	0.000	105.000	54.000	53.654	0.346	0.644
23	57.500	0.100	0.000	110.000	55.800	55.511	0.289	0.520
24	57.500	0.100	0.000	115.000	57.200	57.016	0.184	0.323
25	82.500	0.100	0.000	0.000	66.200	67.806	-1.606	-2.368
26	82.500	0.100	0.000	5.000	64.800	65.721	-0.921	-1.402
27	82.500	0.100	0.000	10.000	64.200	63.835	0.365	0.571
28	82.500	0.100	0.000	15.000	62.200	61.736	0.464	0.752
29	82.500	0.100	0.000	20.000	60.000	59.052	0.948	1.605
30	82.500	0.100	0.000	25.000	56.800	56.582	0.218	0.386
31	82.500	0.100	0.000	30.000	54.400	54.858	-0.458	-0.836
32	82.500	0.100	0.000	35.000	53.400	53.901	-0.401	-0.745
33	82.500	0.100	0.000	40.000	52.800	51.996	0.804	1.546
34	82.500	0.100	0.000	45.000	51.200	50.697	0.503	0.992
35	82.500	0.100	0.000	50.000	49.200	48.042	1.158	2.411
36	82.500	0.100	0.000	55.000	46.200	44.223	1.977	4.470
37	82.500	0.100	0.000	60.000	38.600	38.838	-0.238	-0.614
38	82.500	0.100	0.000	65.000	33.200	33.042	0.158	0.479
39	82.500	0.100	0.000	70.000	28.000	27.278	0.722	2.647
40	82.500	0.100	0.000	75.000	22.000	20.673	1.327	6.417
41	82.500	0.100	0.000	80.000	13.400	10.594	2.806	28.490
42	82.500	0.100	0.000	85.000	9.400	9.585	-0.185	-1.935
43	82.500	0.100	0.000	90.000	11.000	14.613	-3.613	-24.726
44	82.500	0.100	0.000	95.000	17.600	19.149	-1.549	-8.087
45	82.500	0.100	0.000	100.000	22.400	23.275	-0.875	-3.757
46	82.500	0.100	0.000	105.000	29.200	28.956	0.244	0.843
47	82.500	0.100	0.000	110.000	33.800	34.383	-0.583	-1.695
48	82.500	0.100	0.000	115.000	39.000	40.318	-1.318	-3.270
49	115.000	0.100	0.000	0.000	81.000	80.398	0.602	0.749
50	115.000	0.100	0.000	5.000	79.200	78.314	0.886	1.132
51	115.000	0.100	0.000	10.000	77.000	76.430	0.570	0.746
52	115.000	0.100	0.000	15.000	74.200	74.328	-0.128	-0.173
53	115.000	0.100	0.000	20.000	72.200	71.643	0.557	0.778
54	115.000	0.100	0.000	25.000	69.000	69.173	-0.173	-0.249
55	115.000	0.100	0.000	30.000	66.600	67.451	-0.851	-1.262
56	115.000	0.100	0.000	35.000	65.000	66.393	-0.793	-1.195
57	115.000	0.100	0.000	40.000	63.600	64.587	-0.987	-1.529
58	115.000	0.100	0.000	45.000	62.800	63.497	-0.697	-1.098
59	115.000	0.100	0.000	50.000	60.800	61.186	-0.386	-0.632
60	115.000	0.100	0.000	55.000	59.400	59.487	-0.087	-0.146
61	115.000	0.100	0.000	60.000	56.800	56.959	-0.159	-0.280
62	115.000	0.100	0.000	65.000	54.600	54.108	0.492	0.910

LEGENDA

4 Velocità

3.5
3.2
2.9
2.6
2.3
2
1.7
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
Km/s

Dromocrone misurate
 Dromocrone calcolate

Strumento: EEG - BR24
 Geofoni: Mark Products 12Hz
 Energizzazione: Fucile sismico
 Elaborazione: GRM + inversione tomografica 2D

Scala orizzontale = 1:500 Scala verticale = 1:500

INDAGINE GEOFISICA

Barge - (CN)

Studio Dott. Zanella c/o Comune di Barge

Indagine sismica a rifrazione

SEZIONI SISMICHE
Stendimento G2

Tav. 4 Febbraio 2007

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1 Sismografo a 24 canali



Figura 2 Geofono verticale per rifrazione sismica



Figura 3 Fucile per mini-bang

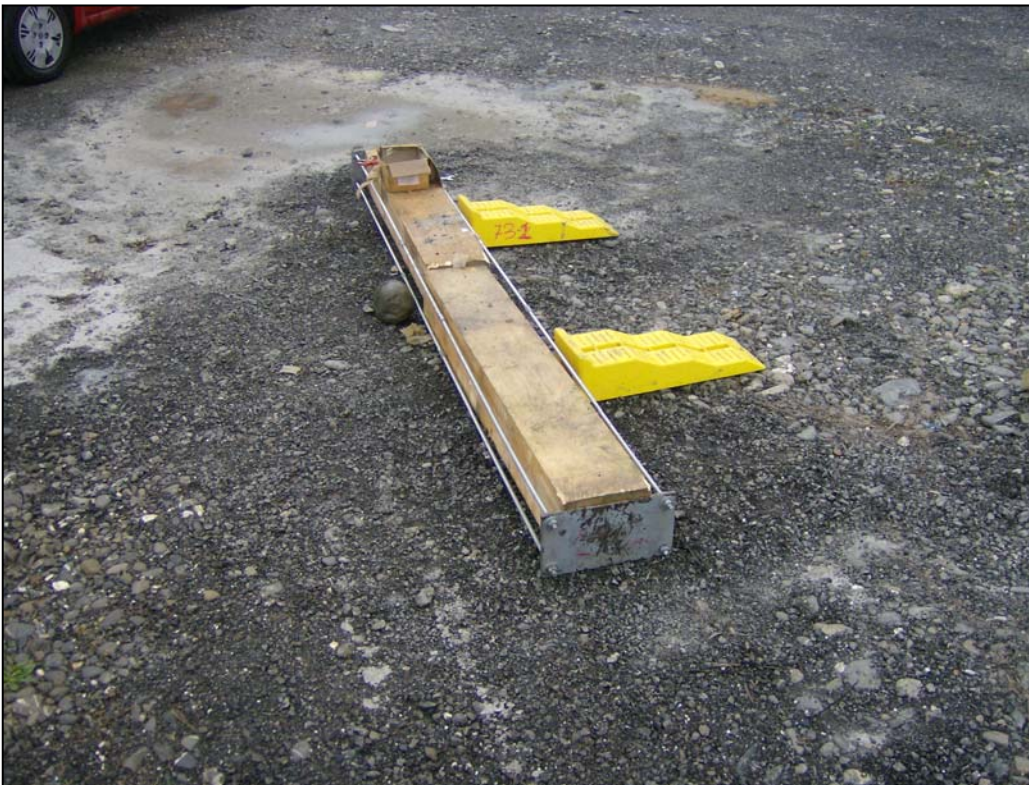


Figura 4 Trave per la creazione di onde S nel Down-Hole



Figura 5 Prova down-hole S1



Figura 6 Stendimento G2 sismica a rifrazione