







Comune di Verbania

PROVINCIA DI VERBANO CUSIO OSSOLA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER APPALTO INTEGRATO DELLE OPERE DI "VARIANTE ALL'ABITATO DI VERBANIA" DELLA S.S. N.34 - 1° LOTTO

STUDI E INDAGINI GEOTECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE E PROVE IN SITO

Mandataria:  IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Alberto Checchi	Mandanti:  IL RESPONSABILE : Dott. Ing. G.S. Kalamaras	 IL RESPONSABILE E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE : Dott. Ing. A. Salvago de Gennaro	 IL GEOLOGO : Dott. Carlo Alessio
--	---	--	--

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	FILE
B357	PD	GEO	OG03RT0102	0	—	GE00G03RT01020.PDF

3						
2						
1						
0	30/05/2012	PRIMA EMISSIONE	A. K.	G. KALAMARAS	C. ALESSIO	A. CHECCHI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

REGIONE PIEMONTE PROVINCIA DI VERBANIA COMUNE DI VERBANIA

INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL PRIMO LOTTO DELLA CIRCONVALLAZIONE DI VERBANIA



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

CODICE ELABORATO

12004/ IG-gf-lab


COMMITTENTE



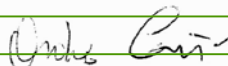
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl
C.so Bernardino Telesio, 99/C
10146 TORINO

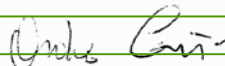


COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl

 Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Accettazione v. n.12004 del 20/01/2012


Dr. A. Cantù


Dr. A. Cantù



GEN-FEB / APR-MAG 2012

Lo Sperimentatore

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

DATA EDIZIONE

REDATTO

CONTROLLATO

VALIDATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI VERBANIA
COMUNE DI VERBANIA

INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA
DEL PRIMO LOTTO DELLA CIRCONVALLAZIONE DI VEBANIA

Rapporto certificativo delle indagini

Maggio 2012

INDICE CERTIFICATI

12004/01 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD01 pz.....	
12004/02 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SPD01 pz.....	
12004/03 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD03.....	
12004/04 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD04.....	
12004/05 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD05.....	
12004/06 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD02 pz.....	
12004/07 Rilievo stratigrafico di perforazione SPD06 pz.....	
12004/08 Prelievo di campioni indisturbati sondaggio SPD06 pz.....	
12004/09 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SPD06 pz.....	

≈

Documentazione non soggetta ad Autorizzazione Ministeriale

Prove dilatometriche.....	
Fotografie delle cassette.....	



INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Commessa: 12004

Cantiere: VERBANIA – Primo Lotto Circonvallazione

Nell'ambito della "Progettazione Definitiva del Primo Lotto della Circonvallazione di Verbania", è stata prevista l'esecuzione di n.6 sondaggi a carotaggio continuo in loc. Fondotoce presso il Comune di Verbania; tra i mesi di Gennaio e Febbraio 2012 sono state realizzate le prime 4, perforazioni, dopodiché è stata necessaria una sospensione delle attività per mancanza delle autorizzazioni per l'accesso ai siti di indagine. In seguito all'ottenimento di queste ultime, sono stati eseguiti i restanti 2 sondaggi tra i mesi di Aprile e Maggio 2012 (Vedi corografia e Tav.01).

In particolare, si tratta dei sondaggi:

- SPD01 pz: profondo 18 m, attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 1.5" con finestratura da 3 m da p.c. fino a fondo foro, per il rilievo della falda intercettata;
- SPD03: profondo 75 m;
- SPD04: profondo 50 m;
- SPD05: profondo 30 m, attrezzato con tubazione cieca in PVC di diametro 3" per indagine geofisica tipo Down-Hole fino alla profondità di 30 m.
- SPD02 pz: profondo 25 m, attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 1.5" con finestratura da 4 m da p.c. fino a fondo foro, per il rilievo della falda intercettata;
- SPD06 pz: profondo 30 m, attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 1.5" con finestratura da 3 m da p.c. fino a fondo foro, per il rilievo della falda intercettata;

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC G1000A montata su carro gommato Merlo, di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello:		GEOMARC – 1000A
Coppia max.	kgm	1100
Velocità di rotazione	rpm	12÷550
Spinta	kg	5800
Tiro	kg	8300
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida spinta	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore diesel Deutz	kw	78 F6L
<i>Dimensioni</i>		
Lunghezza	m	5.93
Larghezza	m	2.50
Altezza	m	3.80
Peso	kg	12080
Pompa a pistoncini Triplex 200 per fanghi		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	40



Particolare fotografico della sonda utilizzata



Verbania - Primo Lotto Circonvallazione
Consuntivo sondaggi - eseguiti dal 18/01/12 al 17/02/12 e dal 23/04/2012 al 03/05/2012

DATA	SONDAGGIO	Prof. [m]	Sonda	C.C. [m]	D.N. [m]	Prove SPT	Prove dilatometriche	C.I.	C.R.
18-19/01/2012	SPD01 pz	18	Geomarc G1000A Merlo	0-18	-	5	-	-	-
20/01-07/02/2012	SPD03	75	Geomarc G1000A Merlo	35-75	0-35	-	-	-	5
13-17/02/2012	SPD04	50	Geomarc G1000A Merlo	20-50	0-20	-	1	-	3
08-13/02/2012	SPD05	30	Geomarc G1000A Merlo	0-30	-	-	1	-	3
27/04-03/05/2012	SPD02 pz	25	Geomarc G1000A Merlo	0-25	-	-	-	-	-
23-26/04/2012	SPD06 pz	30	Geomarc G1000A Merlo	0-30	-	4	-	3	3
Totale	6	228		173	55	9	2	3	14

Legenda: CC=perforazione a carotaggio continuo
 DN=perforazione a distruzione di nucleo
 CI=campioni indisturbati
 CR=campioni rimaneggiati



Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101 mm e 131 mm e carotieri doppi con corona diamantata di diametro 101 mm, 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).

Distruzione di nucleo

Per i primi 35 m di SPD03 e per i primi 20 m di SPD04 la perforazione è stata condotta a distruzione di nucleo mediante l'impiego di scalpelli triconi di diametro 105 mm e con l'ausilio di circolazione diretta di acqua chiara.

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti dei fori, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestirli: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm alla profondità indicata in stratigrafia.

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.

Prelievo campioni

Campioni rimaneggiati

Al termine della terebrazione dei sondaggi SPD03, SPD04, SPD05 ed SPD06 pz sono stati prelevati complessivamente n.14 campioni di terreno rimaneggiato per eseguire le previste analisi di laboratorio (cfr. 12004/LAB-ig-gf, Gen-Feb/Apr-Mag 2012).

Campioni indisturbati

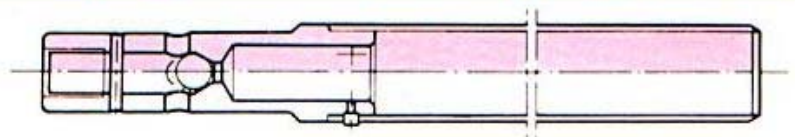
Durante la terebrazione del sondaggio SPD06 pz sono stati prelevati n° 3 campioni indisturbati di terreno alla quota riportata in stratigrafia, per eseguire le previste analisi di laboratorio (cfr. 12004 LAB-ig-gf).

Il prelievo di ogni campione è stato ottenuto tramite l'infissione a pressione di un campionatore a pareti sottili tipo aperto SHELBY (diametro 88.9 mm) in acciaio inox, collegato alla batteria di aste mediante l'apposita testina con valvola a sfera e relativi sfiati. Il contenitore definitivo, detto anche fustella, è lo stesso tubo di infissione; in accordo alle specifiche ANISIG esso è adeguatamente levigato all'interno, resistente alla corrosione e munito di estremità tagliente ($\alpha = 4^\circ \div 15^\circ$).

Per il prelievo dei campioni indisturbati si è adottata una velocità d'infissione elevata, pari a circa 15-20 cm/s, così da ridurre al minimo l'influenza dei fenomeni che possono provocare disturbo al terreno. Ultimata l'infissione, ogni campionatore estratto dal foro è stato ripulito delle parti detritiche presenti alle estremità, sigillato con paraffina fusa per preservarne l'integrità e infine etichettato.

Campionatore tipo "SHELBY"

CAMPIONATORE TIPO "SHELBY"				
Ø ESTERNO mm.	101,6	100	88,9	83
SPESSORE mm.	2	1,5	2	1,5
ATTACCO ASTE	50	50	50	50
LUNGHEZZA TOT. mm.	902	880	973	880
PESO Kg.	10,8	10,8	9,0	8,6



PROVE GEOTECNICHE IN FORO

PROVE S.P.T.

Nel foro di sondaggio SPD01 pz sono state eseguite n.8 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.



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 760 mm. 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 45 cm, 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.

PROVE DILATOMETRICHE

Nei sondaggi SPD04 e SPD05 sono state eseguite n.2 prove dilatometriche per definire le caratteristiche di deformabilità dell'ammasso roccioso mediante l'espansione della membrana elastica dell'apposita sonda utilizzata.

La membrana è assicurata al corpo interno della sonda dilatometrica, in modo da rendere completamente stagna la tenuta dello strumento. La deformazione della guaina produce a sua volta l'applicazione di una pressione sulla superficie laterale del foro, per la lunghezza di circa 1 m.

La prova dilatometrica, è, pertanto, concettualmente simile a una prova pressiometrica; viene eseguita in corrispondenza delle pareti di un foro di sondaggio privo di rivestimento, procedendo o dal basso verso l'alto a sondaggio completato, oppure in avanzamento, realizzando una tasca di prova sul fondo foro.



Particolari fotografici della strumentazione impiegata

Le deformazioni della membrana e, quindi, della parete rocciosa del foro, per effetto dell'applicazione della pressione sono misurate mediante n.3 trasduttori di spostamento potenziometrici collocati nel tratto mediano della sonda su livelli distanti tra loro 75 mm e disposti a 120°. La pressione di espansione della membrana all'interno del dilatometro è misurata mediante un trasduttore di pressione (sensibilità 0.1 bar).



Le variazioni di pressione e spostamento sono trasmesse a una centralina di misura e registrazione dei dati in superficie, al di fuori del foro di sondaggio, mediante un cavo elettrico multiconduttore. Per regolare la pressione si utilizza un sistema composto da valvola e rubinetto, con capacità 0-200 bar in grado di aumentare, diminuire o mantenere costante la pressione all'interno della sonda. Tale pressione è esercitata dall'esterno del foro tramite una centralina di pressurizzazione e un sistema di tubicini utilizzando azoto tecnico compresso.

La prova viene eseguita con n.3 cicli completi di carico e scarico; la pressione massima raggiunta a ogni ciclo viene raddoppiata e triplicata in quelli successivi, in funzione della profondità della prova e delle caratteristiche della roccia. In particolare, i valori di massima pressione vengono ridotti quando il foro presenta un diametro iniziale troppo elevato o la sezione dello stesso presenta una eccentricità marcata (soprattutto se in presenza di rocce ad alta deformabilità).

La “prova di creep” consiste nel mantenere la pressione costante e misurare le deformazioni diametrali a intervalli prefissati (di solito si esegue in corrispondenza del gradino di pressione più alto di ogni ciclo).

Calcolo dei moduli

I moduli sono stati calcolati in base alle teorie sull'espansione delle cavità cilindriche; in particolare per rocce a comportamento lineare-elastico si utilizza l'equazione:

$$E = (1 + \nu) * D \Delta p / \Delta D$$

dove:

Δp = variazione di pressione

ΔD = variazione diametrale

ν = coefficiente di Poisson (valore raccomandato in letteratura = 0.25)

D = diametro iniziale del foro

Nelle prove eseguite sono stati calcolati i seguenti moduli:

Modulo di deformazione: calcolato in fase di carico tra la minima pressione di prova e la massima pressione raggiunta a ogni ciclo.

Modulo di scarico elastico: calcolato in fase di scarico tra la massima pressione raggiunta a ogni ciclo e la minima pressione di prova.



Modulo di primo carico: calcolato in fase di carico tra la massima pressione raggiunta nel ciclo in esame e quella raggiunta nel ciclo precedente.

Modulo di ricarica: calcolato tra la minima pressione del ciclo in esame e il massimo raggiunto nel ciclo precedente.

I moduli sono stati calcolati singolarmente per ogni trasduttore e sul valore medio delle deformazioni.

STRUMENTAZIONE GEOTECNICA

Tubo per indagine geofisica down-hole

Al termine della perforazione di PDS05, nel foro 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 3 m 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.

Sullo strumento, infine, è stato messo in opera un terminale di protezione carrabile.

Piezometro a tubo aperto

I perfori SPD01 pz, SPD02 pz ed SPD06 pz profondi rispettivamente 18, 25 e 30 m sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto per il rilievo della falda freatica.

Gli strumenti sono costituiti da tubi in PVC rigido, di diametro 1.5", opportunamente fessurati con finestratura continua nella parte in falda, da -3 m da p.c. a fondo foro per SPD01 ed SPD06 e da -4 m a fondo foro per SPD02, e ciechi nel restante tratto.

La tubazione è stata posta in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

In particolare, la tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- la parte microfessurata a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo.

Sugli strumenti, infine, sono stati messi in opera terminale di protezione carrabili o a capitello a seconda dell'ubicazione del perforo.



Terminale di protezione carrabile (sinistra) e terminale di protezione a capitello (destra)

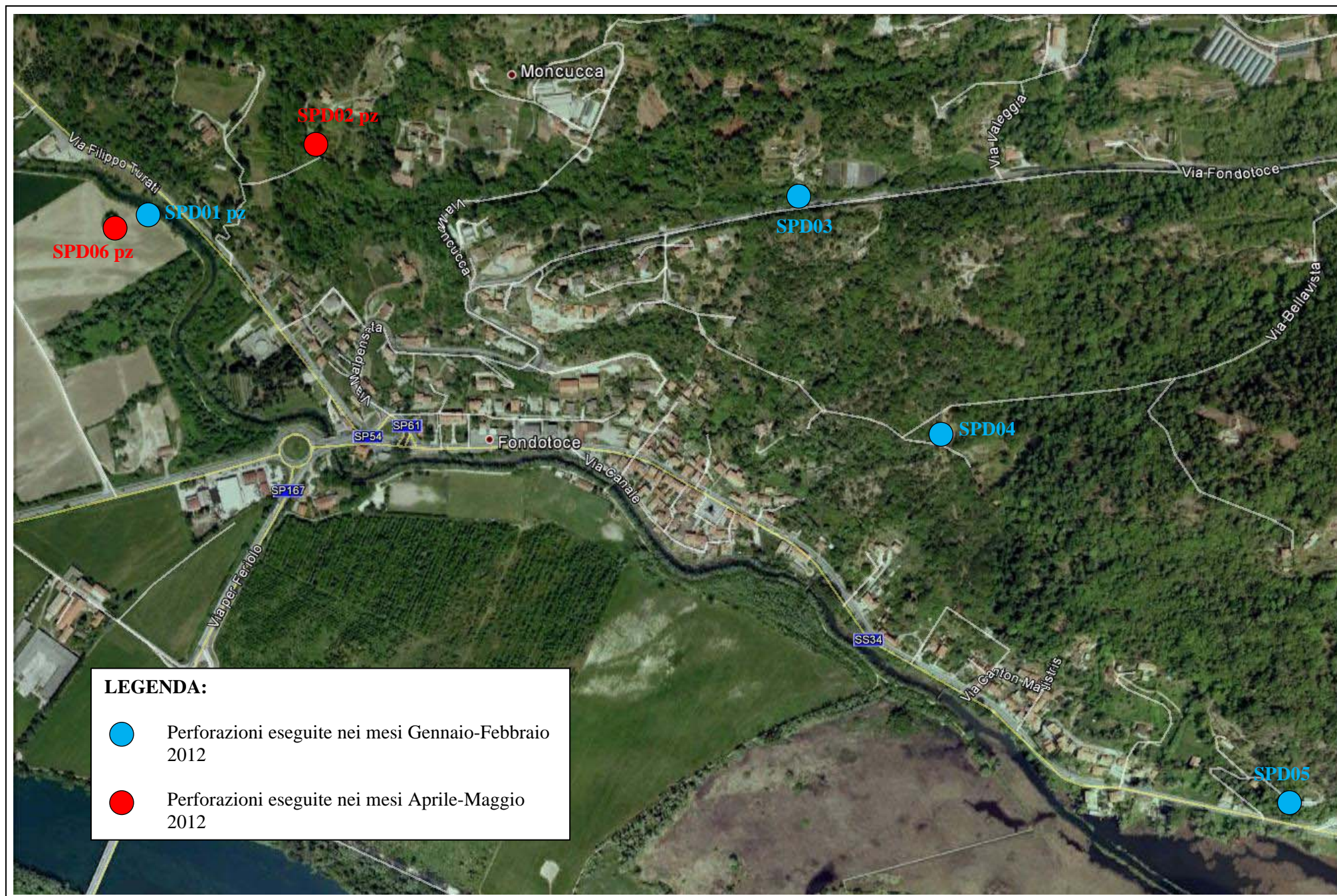
≈

In allegato vengono fornite le stratigrafie dei sondaggi eseguiti con i certificati relativi alle prove SPT e al prelievo dei campioni indisturbati, le schede con i risultati delle prove dilatometriche e la documentazione fotografica delle carote prelevate.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione – Corografia dell'area di indagine



Verbania – Primo Lotto Circonvallazione – Ubicazione sondaggi - Tav. 01



CERTIFICATI



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO

SPD01 pz

Pagina 1 di 1

Committente
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Cantiere
Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località
Verbania - Località Fondotoce

Perforazione
inizio: 18/01/2012 fine: 19/01/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo




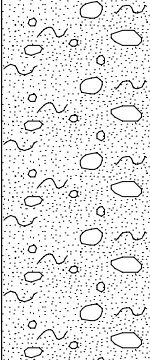
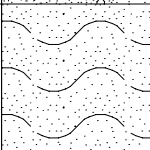
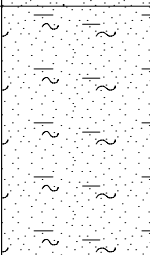
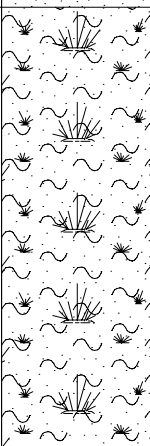
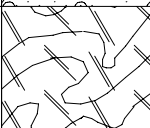
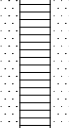
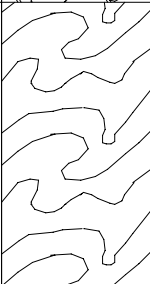
Coordinate: N= 45° 56.932' E= 8° 29.162' Scala 1:100

Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/01 del 23/02/2012

Commissa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressiometrica [MPa]
0.00	0.70		Terreno di copertura vegetale limoso debolmente sabbioso con frustoli vegetali e apparati radicali.	2.40 	c.c. diam. 131mm					3.00						
0.70	4.00		Sabbia fine limosa con discreta laminazione ossidata, subordinata frazione ghiaiosa e rari ciottoli, da poco addensata a sciolta, colore nocciola con deboli screziature ocracee da ossidazione.		1 - 1 - 2 pa											
4.70	1.60		Sabbia fine limosa con intercalati livelli siltosi, discreta laminazione ossidata, poco consistente, plastico, colore nocciola-grigiastro con screziature ocracee da ossidazione.		6.00											
6.30	2.70		Sabbia fine limosa con intercalate laminazioni limose debolmente argillose, grado di ossidazione da discreto a intenso fino a -7.30m da p.c., da poco addensata a sciolta, colore da nocciola con screziature ocracee a grigiastro.		9.00											
9.00	4.70		Limo debolmente sabbioso fine-argilloso, organico, poco consistente, plastico e compressibile, colore grigio-nerastro.		12.00											
13.70	1.30		Micascisto litoide, intensamente fratturato, colore grigio chiaro.	c.c. diam. 101mm T2 diamante						15.00						
15.00	3.00		Micascisto litoide a scistosità con inclinazione 50-60° c.a rispetto all'orizzontale, colore grigio. Si segnalano: sistema di fratture parallele alla scistosità con inclinazione 50° e riempimento argilloso da -15.10m a -15.40m da p.c.; fratture con inclinazione 50° parallele alla scistosità da -15.70m a -15.90m, da -17.30m a -17.40m e da -17.80m a -18.00m da p.c.; infine, sistema di fratture verticali e sub-verticali da -16.00m a -17.00m da p.c..							RIF. pa						
18.00																

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -18.00m. Pozzetto CARRABILE.

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)		SONDAGGIO n. SPD01 pz
	Mod. 7.5.13 rev. 00		
	Committente: <u>A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl</u>		Eseguito il 18-19/01/2012
	Cantiere: <u>Progettazione definitiva Primo Lotto Circonvallazione Verbania</u>		
Località: <u>Verbania</u>			
Coordinate: <u>N= 45° 56.930' ; E = 08° 29.162'</u>			
Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/02 del 23/02/12 - Commessa n. 12004/IG-lab			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	1	2	2	P.A.
2	6.00	1	2	2	P.A.
3	9.00	1	1	1	P.A.
4	12.00	1	1	1	P.A.
5	15.00	R			P.A.
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



Pagina 1 di 1



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO
SPD03

Pagina 1 di 2

Committente
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Cantiere
Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località
Verbania - Via Fondotoce

Perforazione
inizio: 20/01/2012 fine: 07/02/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo

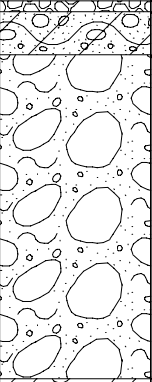
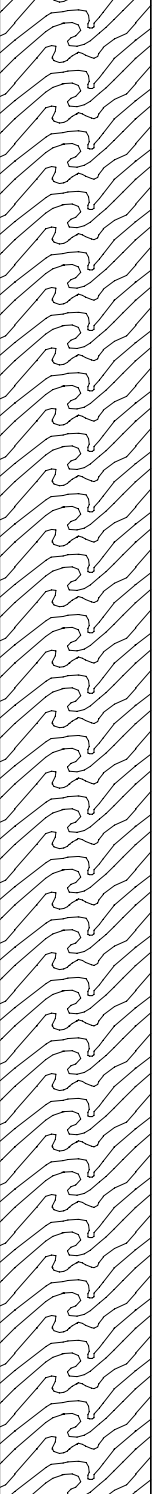
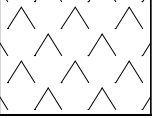
Coordinate: N= 45° 56.937' E= 8° 29.906' Scala 1: 150

Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/03 del 23/02/2012

Commissa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressionometrica [MPa]
0.00 0.20 1.00	0.20 0.80		Asfalto bituminoso. Terreno di riporto e/o rimaneggiato costituito da limo sabbioso con clasti rocciosi e ciottoli. Ciottoli e rari blocchi in matrice limoso-sabbiosa talora abbondante, colore nocciola.	6.00		127mm										
7.00	28.00		Miscascisto litoide, colore grigio.		perforazionea distruzione di nucleo diam. 105mm											
35.00 36.40 38.60	1.40 2.20		Miscascisto litoide, colore grigio chiaro. Si segnala una passata intensamente fratturata da -36.00m a fondo strato e un sistema di fratture sub-verticali da -36.00m a -36.40m da p.c.. Metabasite litoide, a tessitura microcristallina, fratturata (blasti di pirite sulle superfici di frattura), con vene biancastre di quarzo e calcite, colore verde scuro. Si segnalano fratture con inclinazione 50° da -38.30m a -38.40m e frattura sub-orizzontale da -38.10m a -38.20m da p.c.; infine, frattura sub-verticale da -37.25m a -37.60m da p.c..		c.c. diam. 101mm T2 diamante		90-100%								36.50 CRA 36.75	

NOTA: il valore di falda espresso rappresenta un dato puramente indicativo (non trattandosi di un piezometro) rilevato nel corso della perforazione (nel corso della perforazione il livello dell'acqua tendeva a stabilizzarsi alla quota indicata; non sono state registrate perdite di acqua durante la perforazione).
MANOVRE DI CAROTAGGIO (prof. m): 35-37, 37-39, 39-41, 41-43, 43-43.7, 43.7-45.5, 45.5-47, 47-48.5, 48.5-48.8, 48.8-51.4, 51.4-53, 53-54.3, 54.3-56, 56-57.4, 57.4-59, 59-61,61-63.30, 63.3-64, 64-65, 65-66.7, 66.7-67.5, 67.5-69.3, 69.3-70.3, 70.3-73, 73-75.



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO
SPD03

Pagina 2 di 2

Committente
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Cantiere
Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località
Verbania - Via Fondotoce

Perforazione
inizio: 20/01/2012 fine: 07/02/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo

Coordinate: N= 45° 56.937' E= 8° 29.906' Scala 1: 150

Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/03 del 23/02/2012

Commissa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressionometrica [MPa]
38.60	5.40		Micascisto litoide, colore grigio verdognolo. Rispetto all'orizzontale scistosità da sub-verticale a inclinata di 60° c.a.. Si segnalano: sistema di frattura con inclinazione 50° e spaziatura 3-5cm da -38.70m a -39.40m da p.c.; sistema di fratture sub-verticali da -39.50m a -39.70m e da -42.00m a -42.30m da p.c.; sistema di fratture con inclinazione 50°, ortogonali tra loro da -43.70m a -44.00m da p.c.; frattura con inclinazione 50° da -39.90m a -40.00m da p.c.; livello intensamente fratturato da -43.00m a -43.70m da p.c.; infine, frattura sub-verticale da -42.60m a -42.80m da p.c..													
44.00	1.10		Micascisto a granato con scistosità a 60° rispetto all'orizzontale, litoide, colore grigio. Si segnalano: sistema di fratture con inclinazione 50° ortogonali fra loro da -44.80m a -45.10m da p.c.; infine, fratture con inclinazione 50° da -44.00m a -44.10m e da -44.40m a -44.60m da p.c..													
45.10	3.90		Micascisto litoide con boudins cm di quarzo paralleli alla scistosità principale, colore grigio chiaro. Si segnala una passata intensamente fratturata da -48.40m a -48.80m da p.c..													
49.00	2.40		Micascisto litoide a scistosità da sub-verticale a debolmente inclinata interrotta da fascie milonitiche sub-verticali (max pluricentriche). Si segnalano: fratture con inclinazione 50° da -49.60m a -49.70m e da -51.20m a -51.30m da p.c.; frattura sub-verticale da -49.00m a -49.20m da p.c..													
51.40	4.60		Milonite di aspetto cataclastico costituita da clasti e frammenti eterometrici di micascisto (diam. max 10cm) e matrice fine coesiva e foliata in cui si riconosce la direzione del flusso a inclinazione circa sub-verticale, colore bruno-grigio scuro. Si segnalano: frattura verticale da -51.40m a -52.00m da p.c.; frattura con inclinazione 50° da -53.15m a -53.30m da p.c.; sistema di fratture con inclinazione 50° da -52.70m a -53.00m da p.c.; infine, livello intensamente fratturato da -53.50m a -54.70m da p.c..													
56.00	1.80		Come sopra. Si segnala un livello intensamente fratturato da -56.70m a -57.10m da p.c.. (Il passaggio ai micascisti sottostanti, non deformati, è difficilmente riscontrabile, ma verosimilmente comparabile a quello osservato a tetto del livello deformato).													
57.80	17.20		Micascisto litoide, a scistosità ondulata con inclinazione da sub-verticale a inclinata di 50-60° c.a rispetto all'orizzontale e con talora boudins cm di quarzo, colore grigio chiaro. Grado di fratturazione variabile, caratterizzato da livelli dm intensamente fratturati intercalati a livelli analoghi privi di fratture. In particolare si segnalano: fratture sub-verticali da -60.80m a -61.00m, da -62.80m a -63.00m, da -63.40m a -63.90m, da -66.50m a -66.60m, da -71.10m a -71.20m e da -71.40m a -71.50m da p.c.; sistema di fratture con inclinazione 50° da -65.60m a -66.00m, da -71.90m a -72.30m e da -74.00m a -74.40m da p.c.. Infine: fratture con inclinazione 50° da -66.30m a -66.40m, da -69.40m a -69.50m e da -69.55m a -69.65m da p.c..		c.c. diam. 101mm T2 diamante		90-100%									
75.00																

NOTA: il valore di falda espresso rappresenta un dato puramente indicativo (non trattandosi di un piezometro) rilevato nel corso della perforazione (nel corso della perforazione il livello dell'acqua tendeva a stabilizzarsi alla quota indicata; non sono state registrate perdite di acqua durante la perforazione).
MANOVRE DI CAROTAGGIO (prof. m): 35-37, 37-39, 39-41, 41-43, 43-43.7, 43.7-45.5, 45.5-47, 47-48.5, 48.5-48.8, 48.8-51.4, 51.4-53, 53-54.3, 54.3-56, 56-57.4, 57.4-59, 59-61,61-63.30, 63.3-64, 64-65, 65-66.7, 66.7-67.5, 67.5-69.3, 69.3-70.3, 70.3-73, 73-75.



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO
SPD04

Pagina 1 di 1

Committente
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Cantiere
Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località
Verbania - Località Fondotoce

Perforazione
inizio: 13/02/2012 fine: 17/02/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo




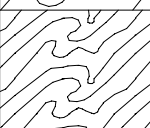

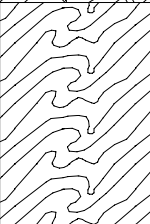

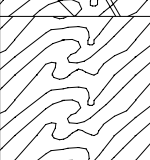


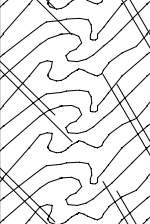
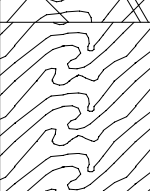

Coordinate: N= 45° 56.753' E= 8° 30.065' Scala 1: 150

Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/04 del 27/02/2012

Commissa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressionometrica [MPa]
0.00 0.50	0.50		Terreno di copertura vegetale costituito da li- mo debolmente sabbioso con clasti sparsi.	1.50	perforazionea distruzione di nucleo diam. 105mm	127mm										
0.50 3.50	3.00		Ciottoli e talora blocchi in matrice limosa de- bolmente sabbiosa, colore nocciola.													
3.50 20.00	16.50		Micascisto litoide, colore grigio-verdognolo.		c.c. diam. 101mm T2 diamante		90-100%									
20.00 23.30	3.30		Micascisto talora gneissico a tessitura granu- lare con intercalati livelli micacei intensa- mente fogliettati, colore grigio verdognolo. Si segnalano: fratture sub-verticali da -21.80m a -22.00m e da -22.10m a -22.30m da p.c. (sistema); livello intensamente fratturato, di aspetto cataclastico, da -20.10m a -20.20m da p.c.; frattura con inclinazione 45° da -23.20m a -23.30m da p.c.; fratture con incli- nazione 25-50° parallele alla scistosità con spaziatura 20-25cm per tutta la lunghezza dello strato.													
23.30 24.10	0.80		Micascisto intensamente fogliettato, talora di aspetto cataclastico, colore verdognolo.													
24.10 30.00	5.90		Micascisto litoide con intercalati livelli da mm a sub-millimetrici di fillosilicati e di quarzo e/o feldspato con subordinati livelli gneissici, colo- re grigio-verdognolo. Si segnalano fratture sub-verticali da -26.00m a -26.30m, da -26.35m a -27.00m e da -27.70m a -28.20m da p.c..													
30.00 33.70	3.70		Micascisto litoide, talora gneissico con intercalati livelli fillosilicatici fino a pluricenti- metrici, spesso di aspetto cataclastico, colore grigio-verdognolo.													
33.70 37.70	4.00		Micascisto litoide con intercalati livelli gneissi- ci di aspetto massiccio e subordinati livelli m- m di fillosilicati, colore grigio-verdognolo. Si segnalano: livello intensamente fratturato da -34.40m a -34.60m da p.c.; fratture con incli- nazione 50° parallele alla scistosità e sub-verticali per tutta la lunghezza dello stra- to.													
37.70 38.70	1.00		Anfibolite basica con intercalati livelli cm di micascisto, colore verdognolo. Si segnala frat- turazione diffusa con inclinazione 50° paralle- la alla scistosità e sub-verticale per tutta la lunghezza dello strato, spaziatura 15-20cm.													
38.70 40.00	1.30		Micascisto litoide con intercalati livelli gneissi- ci di aspetto massiccio e subordinati livelli m- m di fillosilicati, colore grigio-verdognolo. Si segnalano: frattura verticale da -39.00m a -39.20m da p.c.; frattura sub-verticale da -39.60m a -39.70m da p.c..													
40.00 46.00	6.00		Micascisto litoide con intercalati livelli gneissi- ci di aspetto massiccio e subordinati livelli m- m di fillosilicati, colore grigio-verdognolo. Si segnalano: frattura verticale da -39.00m a -39.20m da p.c.; frattura sub-verticale da -39.60m a -39.70m da p.c..													
46.00 50.00	4.00		Micascisto litoide, talora gneissico a tessitura intensamente fogliettata con intercalati livelli pluridecimetrici intensamente fratturati, di aspetto cataclastico, colore grigio-verdognolo.													
50.00	4.00		Micascisto litoide con intercalati livelli gneissi- ci di aspetto massiccio e subordinati livelli m- m di fillosilicati, colore grigio-verdognolo.													

NOTA: il valore di falda espresso rappresenta un dato puramente indicativo (non trattandosi di un piezometro) rilevato nel corso della perforazione.
MANOVRE DI CAROTAGGIO (prof. m): 20-21, 21-24, 24-25.5, 25.5-27.5, 27.5-30, 30-31.5, 31.5-33, 33-36, 36-37.5, 37.5-39, 39-40.50, 40.5-42, 42-43, 43-44.3, 44.3-46, 46-48,48-50.



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente
A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl

Cantiere
Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località
Verbania - Via Quarantadue Martiri

Perforazione
inizio: 08/02/2012 fine: 13/02/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo

Coordinate: N= 45° 56.467' E= 8° 30.459' Scala 1: 100

Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/05 del 28/02/2012

Commissa n. 12004

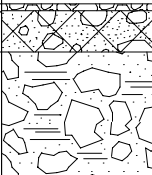

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola


SONDAGGIO

SPD05

Pagina 1 di 1

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressiometrica [MPa]
0.00 0.10 0.70	0.10 0.60		Asfalto bituminoso.		c.c.diam. 131mm	127mm	90-100%									
2.50	1.80		Rilevato stradale costituito da ghiaia e ciottoli. Clasti e ciottoli in matrice limosa debolmente sabbiosa, debolmente organica con frustoli vegetali, addensata, colore bruno scuro.		c.c.diam. 101mm											
4.10	1.60		Micascisto litoide a scistosità con inclinazione 50-60° c.a rispetto all'orizzontale, intenso grado di fratturazione, colore grigio.		c.c. diam. 101mm T2 diamante											
10.00	5.90	Micascisto litoide a scistosità con inclinazione 50-60° rispetto all'orizzontale e con boudins cm di quarzo paralleli alla scistosità principale, colore grigio. Si segnalano: livello gneissico a tessitura granulare da -4.20m a -4.80m da p.c.; fratture significative sempre intensamente ossidate con inclinazione 50° da -4.10m a -4.20m e da -5.00m a -5.20m da p.c.; sistema di fratture con inclinazione 45°, ortogonali tra loro da -4.70m a -4.90m da p.c.; frattura con inclinazione 30°, ossidata, da -4.60m a -5.20m da p.c.; frattura sub-verticale ossidata da -7.00m a -8.00m da p.c.; fratture con inclinazione 60° ossidate da -7.20m a -7.40m e da -9.60m a -9.80m da p.c.; livello intensamente fratturato e ossidato da -5.60m a -5.80m da p.c.. Infine, fratture con inclinazione 50° spesso ossidate, spaziatura 15-20cm fino a -8.00m da p.c. e spaziatura 25-35cm fino a fondo strato.														
21.60 22.10	0.50	Come sopra, intenso grado di fratturazione e ossidazione.														
30.00	7.90	Micascisto litoide a scistosità con inclinazione 50-60° c.a rispetto all'orizzontale e con subordinati boudins cm di quarzo paralleli alla scistosità principale, colore grigio scuro. Da -24.00m a -24.15m da p.c. sulle superfici di frattura si osservano patine di alterazione siltoso-argillose di spessore 1-3mm; le restanti fratture sono generalmente non alterate e/o con locale debole grado di ossidazione. Si segnalano: frattura sub-verticale da -24.70m a -25.00m da p.c., fratture parallele alla scistosità con spaziatura 25-35cm per tutta la lunghezza dello strato.														

NOTA: il valore di falda espresso rappresenta un dato puramente indicativo (non trattandosi di un piezometro) rilevato nel corso della perforazione.
Il foro di sondaggio è attrezzato con tubazione cieca in PVC di diam. 3" per indagine geofisica tipo Down Hole. Pozzetto CARRABILE.
MANOVRE DI CAROTAGGIO (prof. m): 0-2.5, 2.5-5, 5-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-18, 18-21, 21-22, 22-25, 25-27, 27-30.



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente

A&K INGEGNERIA GEOTECNICA srl

Cantiere

Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località

Verbania - localita' Fondotoce

Perforazione

inizio: 27/04/2012 fine: 03/05/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo

Coordinate:

N= 45°56,982' E= 8°28,362' Scala 1:100


Accettazione n. 12004

Certificato n. 12004/06

del 05/05/2012

Commissa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù



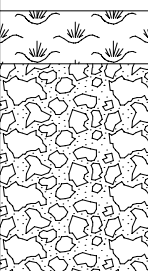
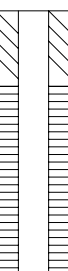
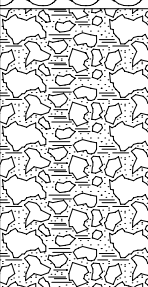

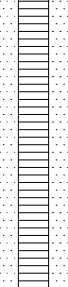
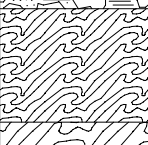
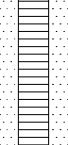
SONDAGGIO

SPD02 pz


Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	R.Q.D. %	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.70		Terreno vegetale organico limoso-sabbioso con ghiaietto sparso, colore bruno scuro.		CC 131 S	127mm										
0.70	2.80		Frammenti e clasti rocciosi prevalentemente minuti in matrice siltoso debolmente sabbiosa, moderatamente addensata, colore grigio nocciola.		CC 101 mm semplice											
3.50	1.30		Blocco gneissico, colore grigio.		CC 101T2 diam											
4.80	6.90		Frammenti e clasti centimetrici rocciosi in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso debolmente sabbiosa a tratti sabbiosa, debole ossidazione ed alterazione dei clasti, addensato, colore grigio-nocciola.	14.40 	CC 101 mm semplice		90-100%									
11.70	7.60		Frammenti e clasti eterom etrici talora ciottoli(diam. max 8-10 cm) a tratti subarrotondati con sabbia molto fine limosa a livelli prevalenti, discreta ossidazione talora intensa e debole alterazione, addensata, colore nocciola-grigiastro.													
19.30	1.50		Micascisto litoide di colore grigio chiaro; si segnala la presenza di numerose discontinuita' parallele alla scistosita' ed inclinate 35°-40° spesso ossidate con spaziatura 5-7 centimetri per tutta la lunghezza dello strato.		carotaggio continuo 101 mm T2 diamante			0								
20.80	4.20		Micascisto litoide di aspetto massiccio a tratti con inclusioni granatifere, colore grigio chiaro.Frattura suborizzontale a gradini scabbra 23.30. Si segnalano la presenza di alcune discontinuita' con inclinazione 35°-40° raramente ossidate con spaziatura 40-50 cm per tutta la lunghezza dello strato; livelli intensamente fratturati 21.40-21.60 e 22.50-22.60.					10-15								
25.00								80								
								85								
								90								

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diam. 1.5", fenestrato alla profondità' da p.c. compresa tra -4.00m e -25.00m. Pozzetto carrabile.



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente

A&K INGEGNERIA GEOTECNICA srl

Cantiere

Progettazione Primo Lotto Circonvallazione

Località

Verbania - localita' Fondotoce

Perforazione

inizio: 23/04/2012 fine: 26/04/2012 Sonda: Geomarc G1000A Merlo

Coordinate:

N= 45°56,920' E= 8°29,124' Scala 1:100


Accettazione n. 12004

Certificato n. 12004/07

del 05/05/2012

Commessa n. 12004

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù





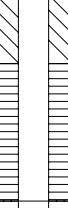

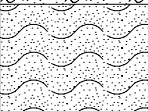
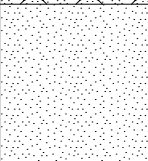

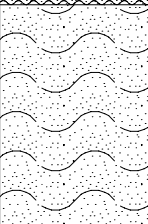
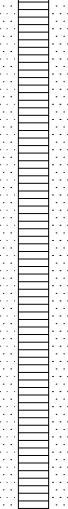
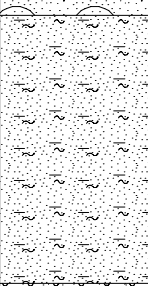
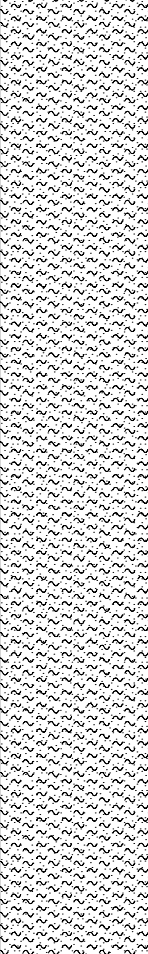
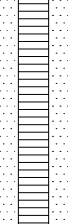
SONDAGGIO

SPD06 pz

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	1.00		Terreno vegetale limoso debolmente sabbioso talora dedolmente argilloso.	2.20 											
1.00	1.00		Sabbia molto fine limosa poco addensata, colore nocciola.												
2.00	1.60		sabbia molto fine limosa e/o limo sabbioso, poco addensato, colore nocciola.												
3.60	2.40		Sabbia eterometrica llimosa poco addensata a tratti sciolta, colore nocciola grigiastro.												
6.00	2.70		Come sopra con subordinate laminazioni limoso-silto-se.												
8.70	3.40		Sabbia medio fine limosa poco addensata a tratti sciolta, colore grigio.	carotaggio continuo 101 mm semplice		127mm	90-100%			9.00 1-1 (30 cm)			6.00 Ci 1 6.50	10.50 CR A 11.00	
12.10	3.90		Sabbia molto fine limosa con intercalati livelli centimetrici limosi che aumentano di frequenza e di potenza con la profondita', poco addensata a tratti sciolta, debolmente organica, colore grigio.							12.00 1-2-1					
16.00	14.00		Limo debolmente sabbioso, debolmente organico con intercalate laminazioni sabbioso fini prevalentemente ad inizio strato, poco consistente- debolmente plastico, colore grigio.							25.50 1-2-3			15.50 CR B 16.00		
30.00										28.50 1-1-2			18.00 CR C 18.50		
													22.00 Ci 2 22.50		
													27.00 Ci 3 27.50		

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diam. 1.5", fenestrato alla profondita' da p.c. compresa tra -3.00m e -30.00m. Pozzetto a capitello.

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI (UNI EN ISO 22475-1:2007)		SONDAGGIO n. SPD06 pz
	Mod. 7.5.5 rev. 00		
	Committente: A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl		Eseguito il 23/04-03/05/2012
	Cantiere: Progettazione definitiva Primo Lotto Circonvallazione Verbania		
Località: Verbania			
Coordinate: N= 45° 56.920' ; E = 08° 29.124'			
Accettazione n. 12004 - Certificato n. 12004/08 del 04/05/2012 - Commessa n. 12004/IG-lab			

Campionatore impiegato: Shelby diam. 88.9 mm

Campione n.	Profondità [m da p.c.]		Data prelievo	Note
	da m	a m		
1	6.00	6.50	26/04/2012	
2	22.00	22.50	26/04/2012	
3	27.10	27.50	26/04/2012	

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



Pagina 1 di 1

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)		SONDAGGIO n. SPD06 pz
	Mod. 7.5.13 rev. 00		
	Committente: A&K INGEGNERIA GEOTECNICA Srl		
	Cantiere: Progettazione definitiva Primo Lotto Circonvallazione Verbania		
	Località: Verbania		Eseguito il
	Coordinate: N= 45° 56.920' ; E = 08° 29.124'		23/04-03/05/2012
Accettazione n. 12004 Certificato n. 12004/09 del 04/05/12 - Commessa n. 12004/IG-lab			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	9.00	1	1	R (30 cm)	
2	12.00	1	2	1	
3	25.50	1	2	3	
4	28.50	1	1	2	
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



**DOCUMENTAZIONE NON SOGGETTA AD
AUTORIZZAZIONE MINISTERIALE**

PROVE DILATOMETRICHE

DATI PROVA

COMMITTENTE: **A & K INGEGNERIA GEOTECNICA S.R.L.**

PROF. PROVA (m): **45,0**

LOCALITA': **VERBANIA (VA)-PRIMO LOTTO CIRCONVALLAZIONE**

DIAMETRO SONDAGGIO (mm): **101,7**

SONDAGGIO: **SPD04**

UTENSILE DI PERFORAZIONE: **CAROTIERE DOPPIO**

PROVA N.: **D1**

INCLINAZIONE (°): **0**

DATA: **17/02/2012**

ESECUZ. ED INTERPRETAZIONE: **DOTT. COLOTTI**

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

TIPO STRUMENTO: **DILATOMETRO FLESSIBILE DILAROC**

CENTRAL.ACQUISIZIONE: **LM 99/16 MOD. DMP 02/95**

DIAMETRO GUAINA (mm): **95**

SONDA: **N° 14D01**

TIPO GUAINA:

PRESSIONE MAX. (Mpa): **20**

DATI LITOLGICI

LITOLOGIA:

RQD (stimato): %

PROFONDITA' FALDA DA p.c.:

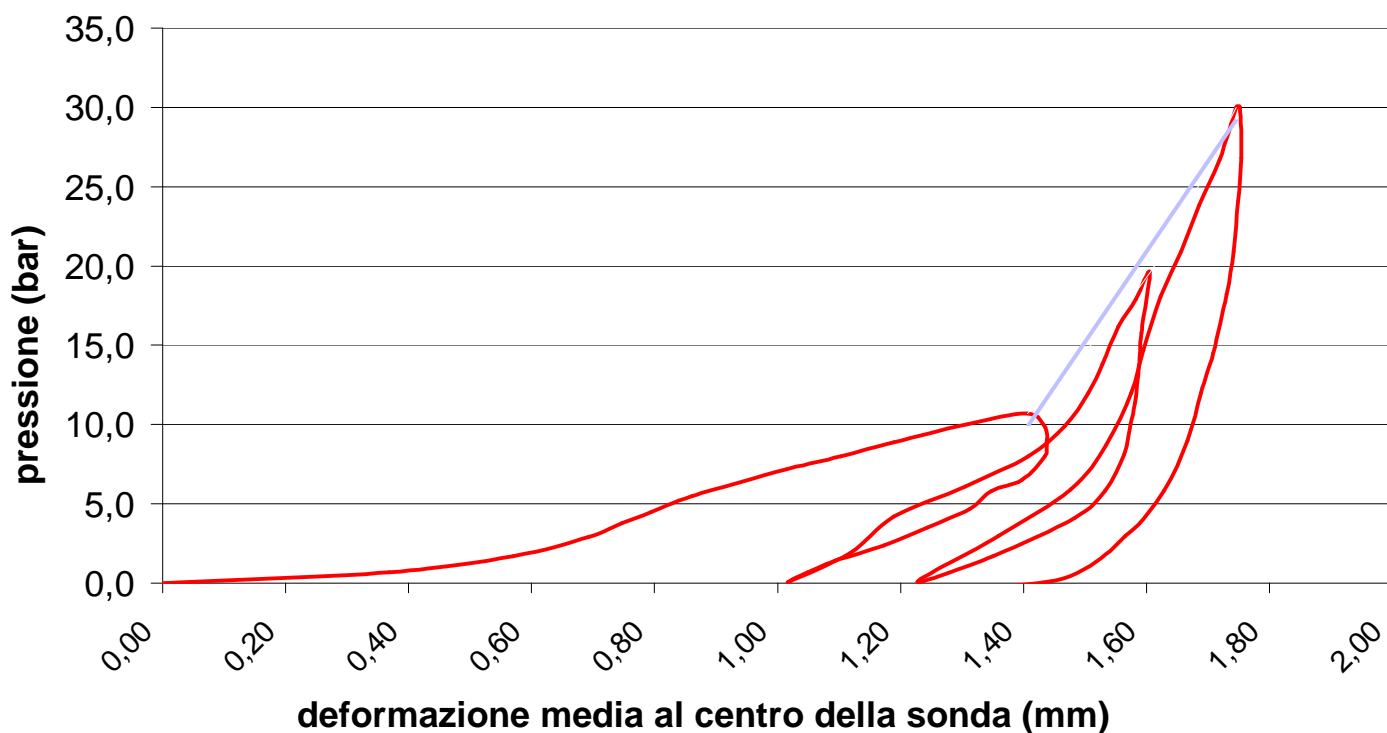
GRADO DI ALTERAZIONE:

MODULO DI DEFORMAZIONE: **Ed**
422 Mpa
CALCOLATO SUL 2° CARICO

MODULO ELASTICO: **Ee**
654 Mpa
CALCOLATO SUL 2° SCARICO

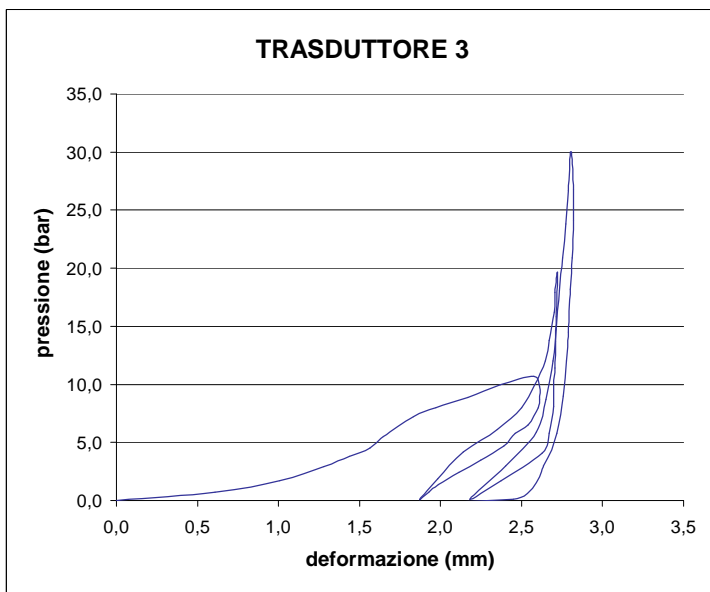
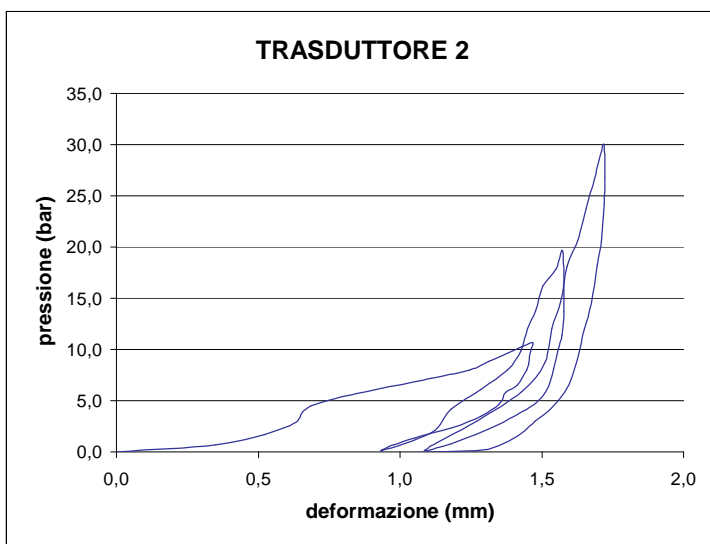
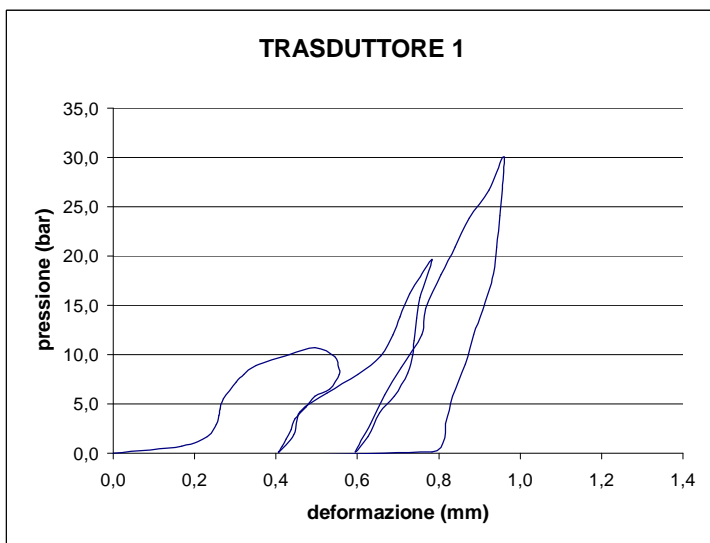
GRAFICO PRESSIONE - DEFORMAZIONE

(deformazione ricavata dalla media dei tre trasduttori)



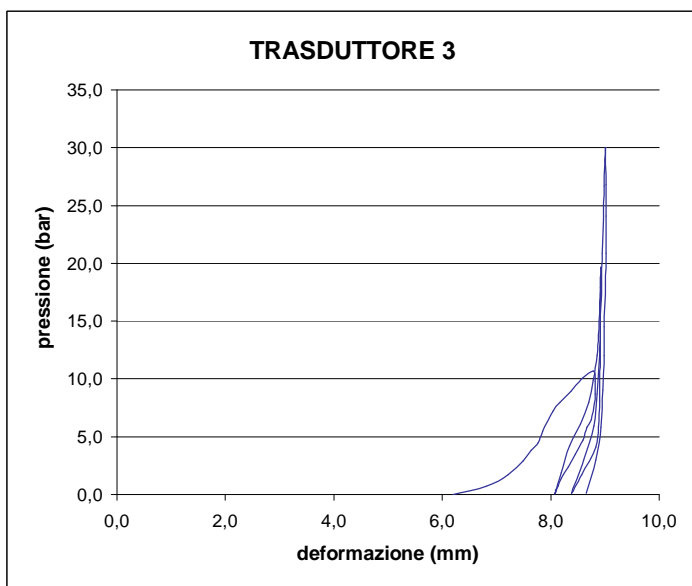
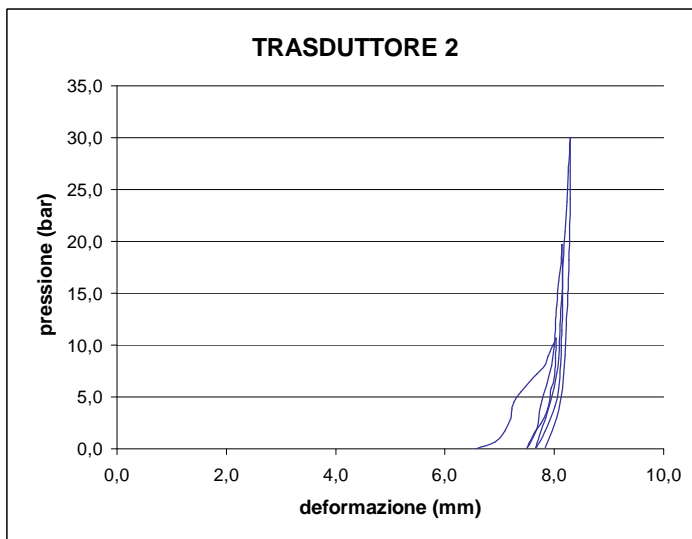
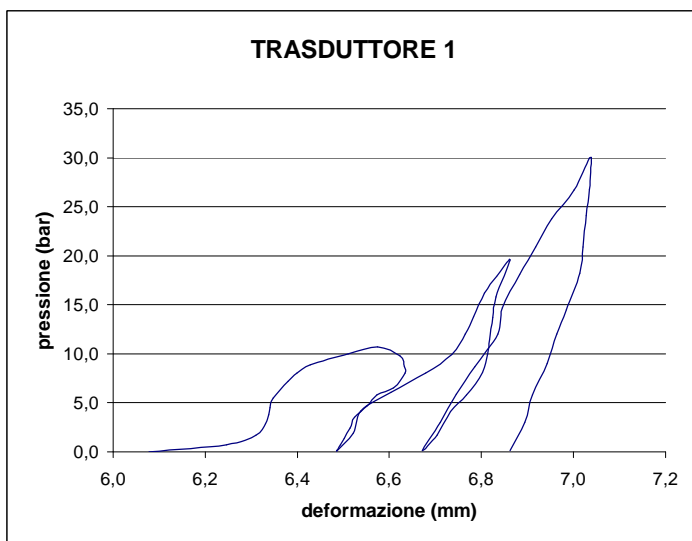
VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori relativi)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	4,2	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	4,9	0,168	0,350	0,608	0,287
1,0	5,9	0,232	0,522	1,006	0,416
1,5	7,1	0,253	0,631	1,278	0,475
2,0	8,0	0,260	0,654	1,437	0,494
2,5	8,7	0,263	0,687	1,564	0,509
3,0	9,7	0,270	0,814	1,649	0,542
3,5	11,4	0,302	1,110	1,833	0,631
4,0	12,2	0,321	1,247	1,972	0,678
4,5	13,1	0,350	1,316	2,168	0,736
5,0	14,2	0,433	1,409	2,370	0,872
5,5	14,9	0,496	1,467	2,577	0,972
6,0	14,0	0,545	1,460	2,612	1,034
6,5	12,9	0,554	1,454	2,611	1,043
7,0	12,2	0,556	1,447	2,602	1,044
7,5	10,7	0,531	1,413	2,541	1,005
8,0	10,0	0,495	1,372	2,462	0,951
8,5	8,9	0,474	1,349	2,389	0,918
9,0	7,7	0,446	1,287	2,248	0,866
9,5	6,6	0,437	1,185	2,115	0,832
10,0	5,6	0,424	1,055	1,987	0,787
10,5	4,9	0,415	0,977	1,928	0,759
11,0	4,3	0,408	0,936	1,874	0,740
11,5	6,1	0,443	1,111	1,985	0,819
12,0	8,4	0,460	1,181	2,141	0,860
12,5	10,3	0,526	1,287	2,349	0,967
13,0	12,2	0,601	1,379	2,502	1,076
13,5	14,1	0,658	1,426	2,579	1,150
14,0	16,2	0,687	1,450	2,648	1,189
14,5	18,0	0,705	1,478	2,672	1,215
15,0	20,4	0,728	1,504	2,701	1,245
15,5	22,1	0,755	1,551	2,707	1,283
16,0	23,8	0,784	1,574	2,721	1,317
16,5	20,0	0,754	1,578	2,715	1,288
17,0	17,9	0,746	1,578	2,710	1,280
17,5	15,6	0,740	1,571	2,707	1,273
18,0	14,2	0,736	1,558	2,700	1,265
18,5	12,3	0,724	1,541	2,699	1,250
19,0	10,0	0,690	1,512	2,672	1,207
19,5	8,3	0,655	1,444	2,625	1,154
20,0	5,9	0,626	1,267	2,374	1,068
20,5	4,3	0,594	1,086	2,180	0,979
21,0	7,2	0,632	1,270	2,400	1,077
21,5	10,1	0,667	1,430	2,593	1,161
22,0	12,9	0,708	1,510	2,651	1,224
22,5	16,2	0,758	1,534	2,695	1,281
23,0	18,9	0,767	1,567	2,715	1,299
23,5	22,3	0,805	1,590	2,733	1,341
24,0	25,1	0,840	1,630	2,752	1,384
24,5	28,0	0,875	1,658	2,773	1,424
25,0	30,9	0,923	1,686	2,787	1,474
25,5	34,2	0,957	1,715	2,800	1,511
26,0	34,2	0,961	1,721	2,807	1,517
26,5	31,0	0,957	1,723	2,819	1,515
27,0	28,3	0,950	1,719	2,819	1,508
27,5	25,1	0,943	1,710	2,812	1,499
28,0	22,4	0,935	1,695	2,801	1,488
28,5	18,7	0,907	1,674	2,787	1,457
29,0	16,2	0,886	1,649	2,777	1,432
29,5	13,2	0,865	1,625	2,757	1,406
30,0	10,0	0,833	1,580	2,717	1,363
30,5	7,2	0,816	1,477	2,633	1,314
31,0	4,3	0,784	1,268	2,451	1,214
31,5					
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					



VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori assoluti)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	4,2	6,078	6,570	6,203	6,277
0,5	4,9	6,246	6,920	6,811	6,646
1,0	5,9	6,310	7,092	7,209	6,846
1,5	7,1	6,331	7,201	7,481	6,969
2,0	8,0	6,338	7,224	7,640	7,024
2,5	8,7	6,341	7,257	7,767	7,071
3,0	9,7	6,348	7,384	7,852	7,138
3,5	11,4	6,380	7,680	8,036	7,292
4,0	12,2	6,399	7,817	8,175	7,380
4,5	13,1	6,428	7,886	8,371	7,466
5,0	14,2	6,511	7,979	8,573	7,584
5,5	14,9	6,574	8,037	8,780	7,684
6,0	14,0	6,623	8,030	8,815	7,713
6,5	12,9	6,632	8,024	8,814	7,715
7,0	12,2	6,634	8,017	8,805	7,711
7,5	10,7	6,609	7,983	8,744	7,674
8,0	10,0	6,573	7,942	8,665	7,625
8,5	8,9	6,552	7,919	8,592	7,589
9,0	7,7	6,524	7,857	8,451	7,521
9,5	6,6	6,515	7,755	8,318	7,450
10,0	5,6	6,502	7,625	8,190	7,370
10,5	4,9	6,493	7,547	8,131	7,326
11,0	4,3	6,486	7,506	8,077	7,295
11,5	6,1	6,521	7,681	8,188	7,395
12,0	8,4	6,538	7,751	8,344	7,466
12,5	10,3	6,604	7,857	8,552	7,583
13,0	12,2	6,679	7,949	8,705	7,684
13,5	14,1	6,736	7,996	8,782	7,744
14,0	16,2	6,765	8,020	8,851	7,782
14,5	18,0	6,783	8,048	8,875	7,805
15,0	20,4	6,806	8,074	8,904	7,831
15,5	22,1	6,833	8,121	8,910	7,859
16,0	23,8	6,862	8,144	8,924	7,883
16,5	20,0	6,832	8,148	8,918	7,869
17,0	17,9	6,824	8,148	8,913	7,864
17,5	15,6	6,818	8,141	8,910	7,859
18,0	14,2	6,814	8,128	8,903	7,851
18,5	12,3	6,802	8,111	8,902	7,840
19,0	10,0	6,768	8,082	8,875	7,809
19,5	8,3	6,733	8,014	8,828	7,760
20,0	5,9	6,704	7,837	8,577	7,627
20,5	4,3	6,672	7,656	8,383	7,504
21,0	7,2	6,710	7,840	8,603	7,637
21,5	10,1	6,745	8,000	8,796	7,753
22,0	12,9	6,786	8,080	8,854	7,811
22,5	16,2	6,836	8,104	8,898	7,852
23,0	18,9	6,845	8,137	8,918	7,872
23,5	22,3	6,883	8,160	8,936	7,900
24,0	25,1	6,918	8,200	8,955	7,933
24,5	28,0	6,953	8,228	8,976	7,962
25,0	30,9	7,001	8,256	8,990	7,996
25,5	34,2	7,035	8,285	9,003	8,023
26,0	34,2	7,039	8,291	9,010	8,029
26,5	31,0	7,035	8,293	9,022	8,031
27,0	28,3	7,028	8,289	9,022	8,026
27,5	25,1	7,021	8,280	9,015	8,019
28,0	22,4	7,013	8,265	9,004	8,008
28,5	18,7	6,985	8,244	8,990	7,985
29,0	16,2	6,964	8,219	8,980	7,966
29,5	13,2	6,943	8,195	8,960	7,944
30,0	10,0	6,911	8,150	8,920	7,905
30,5	7,2	6,894	8,047	8,836	7,843
31,0	4,3	6,862	7,838	8,654	7,715
31,5					
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					

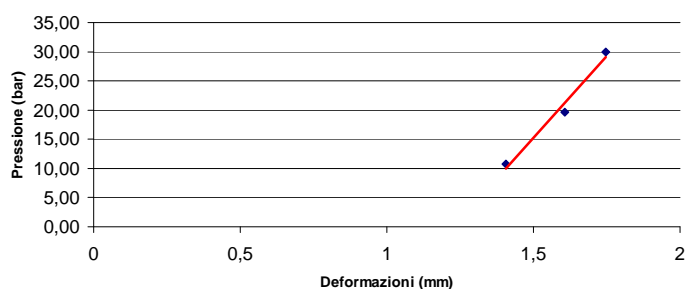


MODULI DI DEFORMAZIONE E MODULI ELASTICI CALCOLATI PER OGNI TRASDUTTORE E SULLA DEFORMAZIONE MEDIA

CICLO DI CARICO	MODULO DI PRIMO CARICO Ed (Mpa)								CICLO DI CARICO	MODULO DI DEFORMAZIONE Ed (Mpa)									
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
2°	9,9	19,6	9,9	19,6	9,9	19,6	9,9	19,6	1°	0,0	10,7	0,0	10,7	0,0	10,7	0,0	10,7		
	978		833		868		887			274		93		53		97			
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
3°	20,9	30,0	20,4	30,0	20,4	30,0	20,4	30,0	2°	0,1	19,6	0,1	19,6	0,1	19,6	0,1	19,6		
	988		1435		2541		1355			659		388		293		422			
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
									3°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
										0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0
										1047		604		613		732			

CICLO DI RICARICO	MODULO DI RICARICO Ed (Mpa)								CICLO DI SCARICO	MODULO ELASTICO Ee (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	0,1	9,9	0,1	9,9	0,1	9,9	0,1	9,9	1°	10,7	0,1	10,7	0,1	10,7	0,1	10,7	0,1
	498		254		177		278			1531		254		192		347	
3°	0,1	20,9	0,1	20,4	0,1	20,4	0,1	20,4	2°	19,6	0,1	19,6	0,1	19,6	0,1	19,6	0,1
	1074		474		451		601			1304		508		458		654	
									3°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
										30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1
									2155		839		1067		1210		

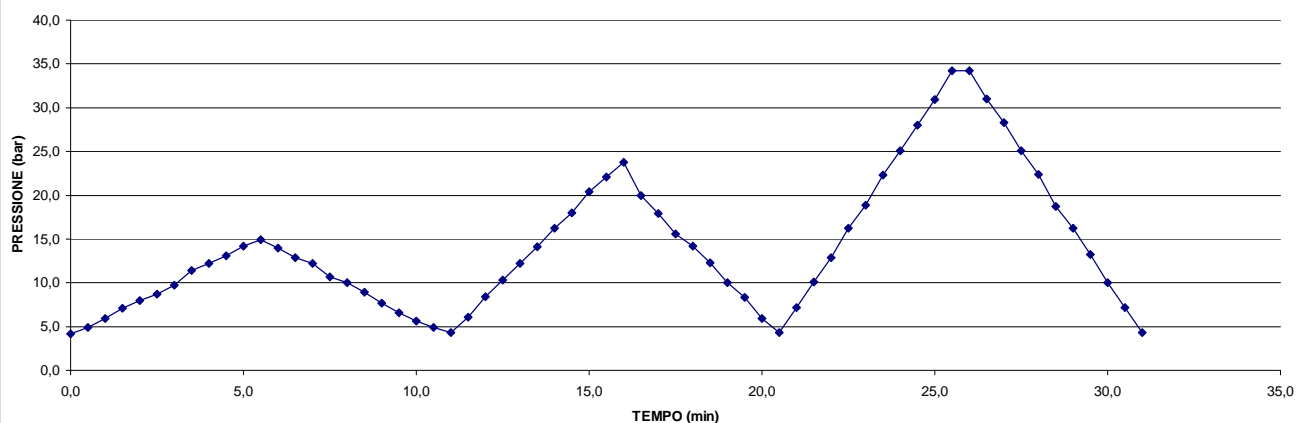
INTERPOLAZIONE PICCHI MASSIMI



MODULO RICAIVATO DALL'INTERPOLAZIONE DEI VALORI MASSIMI DI PRESSIONE RAGGIUNTI AD OGNI CICLO

 $E_d = 713 \text{ Mpa}$

DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO



PROVA DI CREEP

PROVA ESEGUITA ALLA PRESSIONE COSTANTE DI **34,2** bar

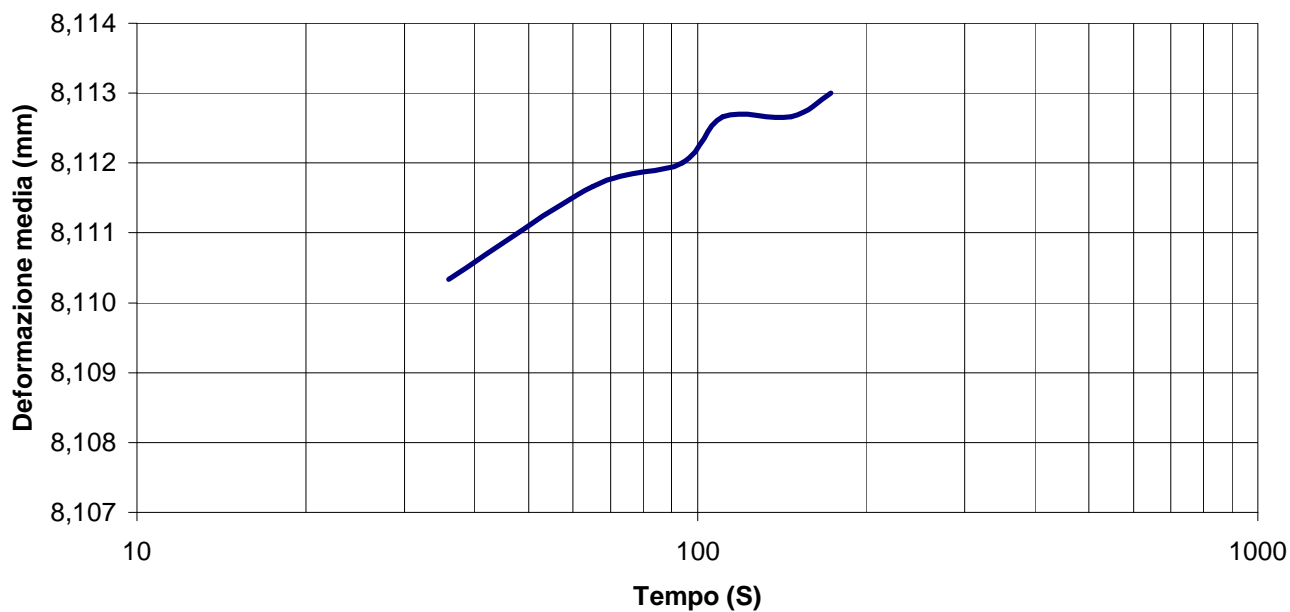
TEMPO MAX DELLA PROVA: **201** sec **3,4** min

TABELLA DATI

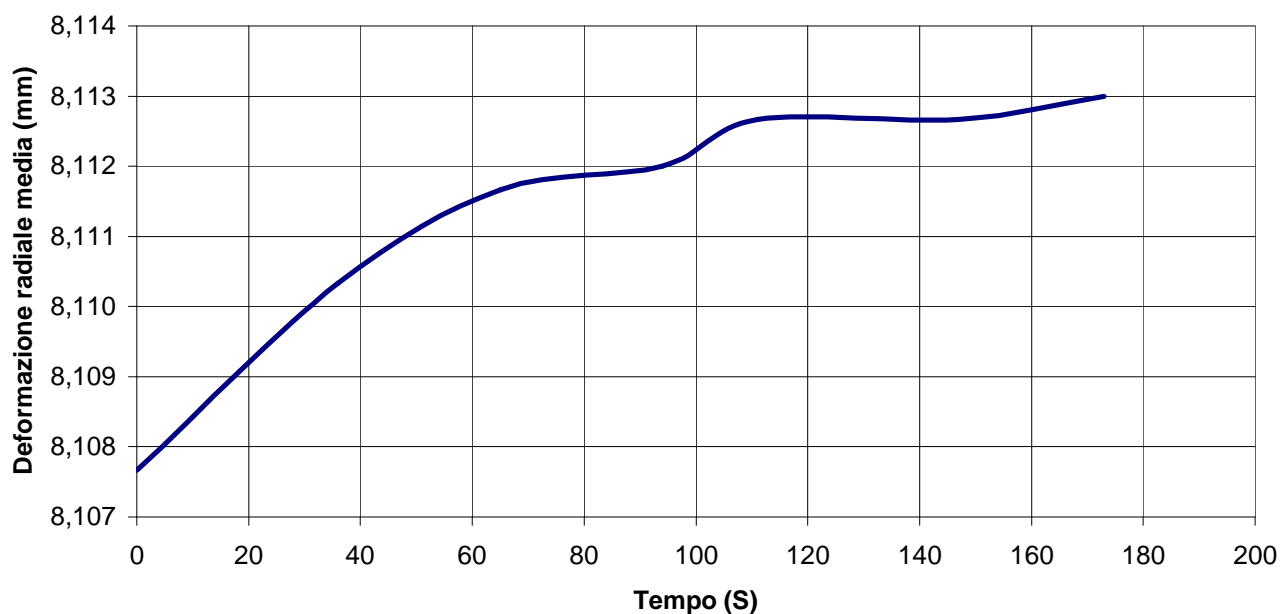
[illegible]

PROVA DI CREEP

DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA - LOG TEMPO (s)

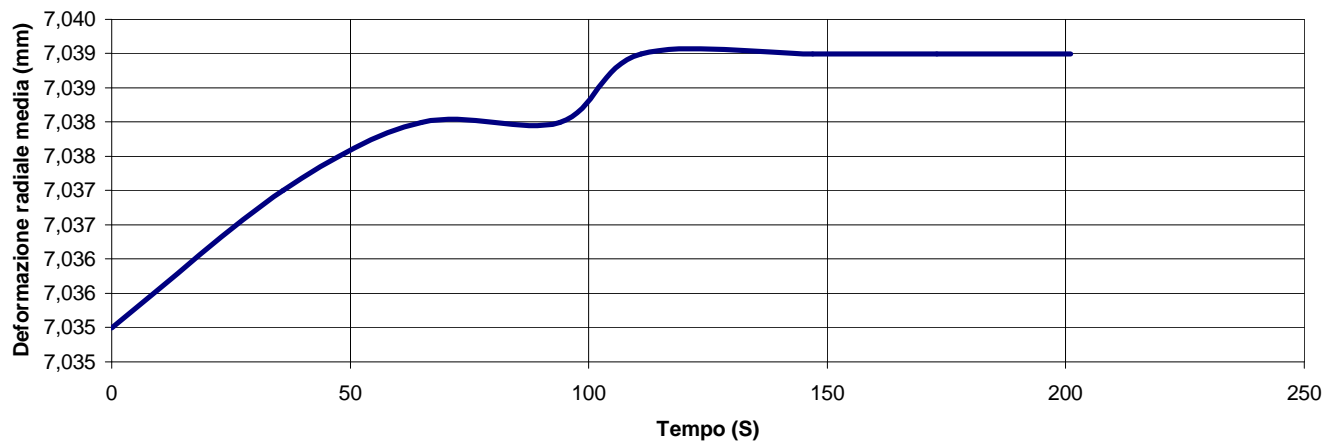


DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA -TEMPO (s)

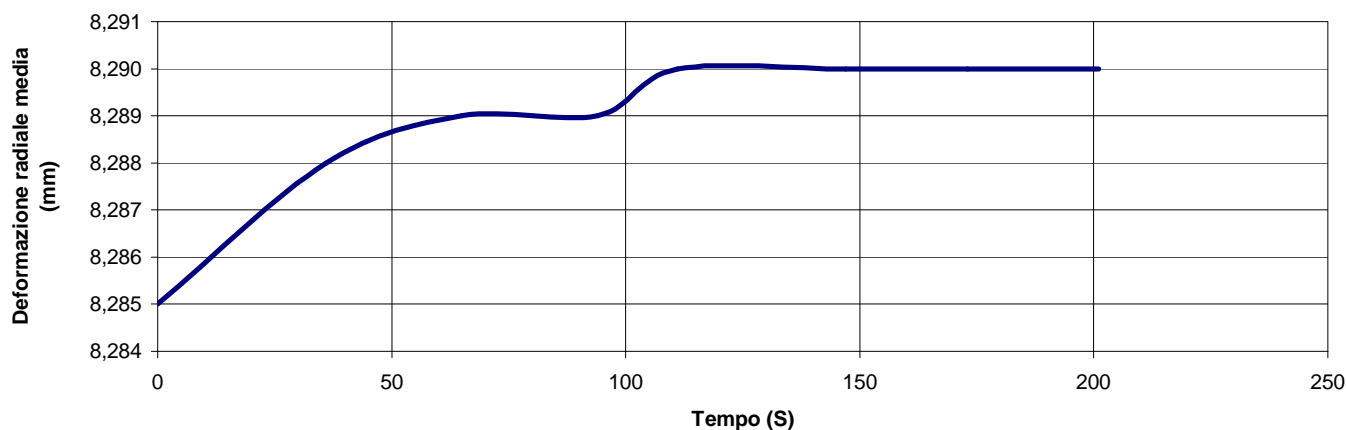


PROVA DI CREEP

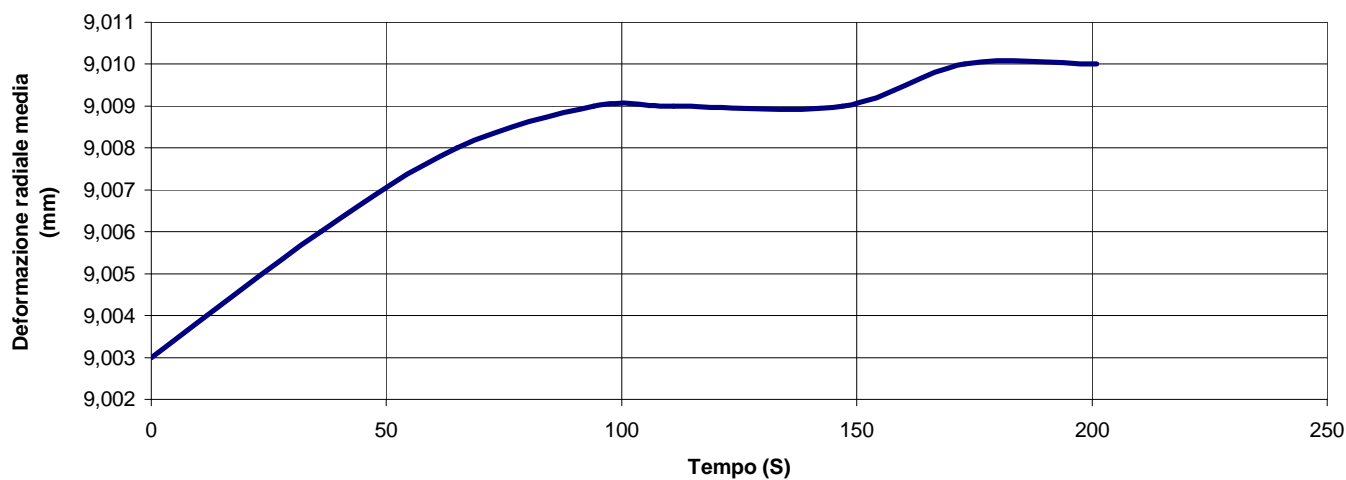
DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D1 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D2 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D3 (mm) -TEMPO (s)



PROVA DILATOMETRICA con DILAROC TELEMAT

CERT.N.: E07/13

DATI PROVA

COMMITTENTE: A & K INGEGNERIA GEOTECNICA S.R.L.

PROF. PROVA (m): **25,0**

LOCALITA': VERBANIA (VA)-PRIMO LOTTO CIRCONVALLAZIONE

DIAMETRO SONDAGGIO (mm): **100,8**

SONDAGGIO: SPD05

UTENSILE DI PERFORAZIONE: CAROTIERE DOPPIO

PROVA N.: D1

INCLINAZIONE (°): 0

DATA: 10/02/2012

ESECUZ. ED INTERPRETAZIONE: DOTT. COLOTTI

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

TIPO STRUMENTO: DILATOMETRO FLESSIBILE DILAROC

CENTRAL.ACQUISIZIONE: LM 99/16 MOD. DMP 02/95

DIAMETRO GUAINA (mm): 95

SONDA: N° 14D01

TIPO GUAINA:

PRESSIONE MAX. (Mpa): 20

DATI LITOLGICI

LITOLOGIA:

RQD (stimato): %

PROFONDITA' FALDA DA p.c.:

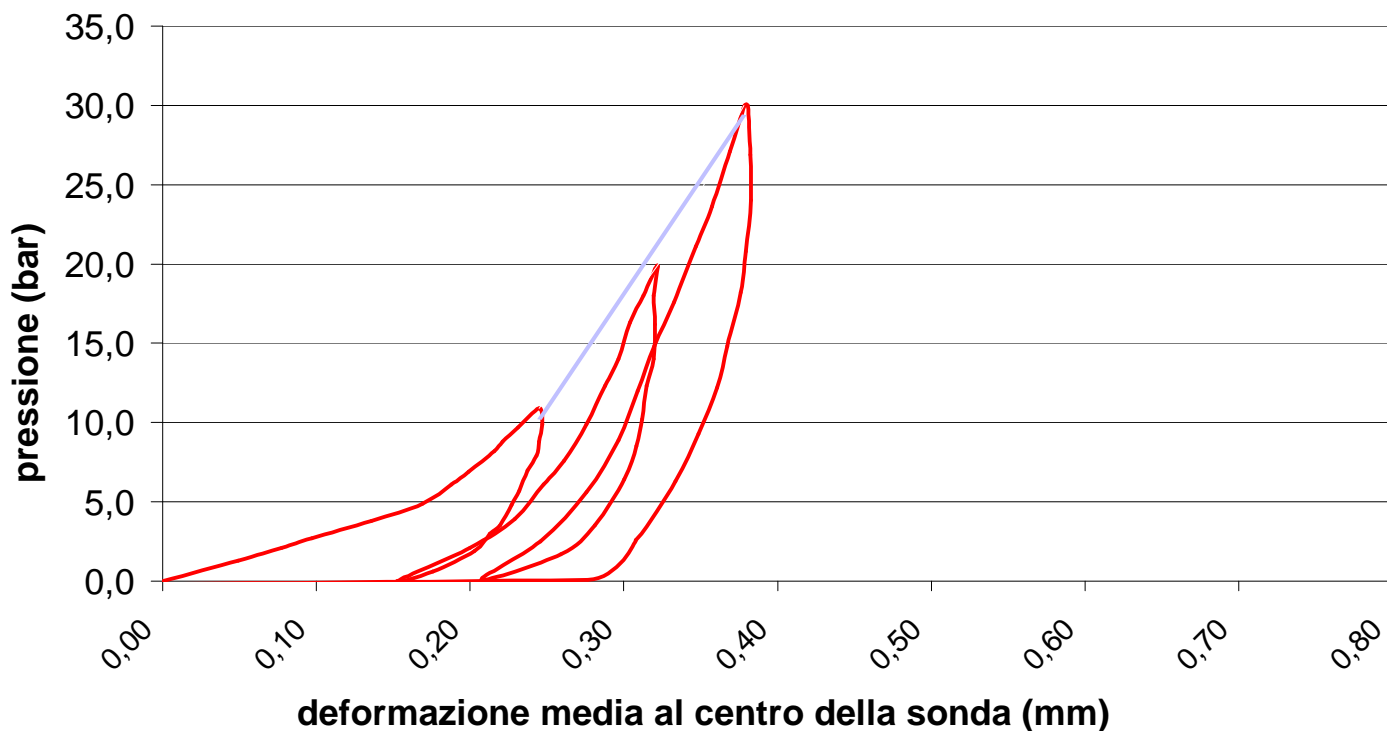
GRADO DI ALTERAZIONE:

MODULO DI DEFORMAZIONE: **Ed**
1483 Mpa
CALCOLATO SUL 2° CARICO

MODULO ELASTICO: **Ee**
2169 Mpa
CALCOLATO SUL 2° SCARICO

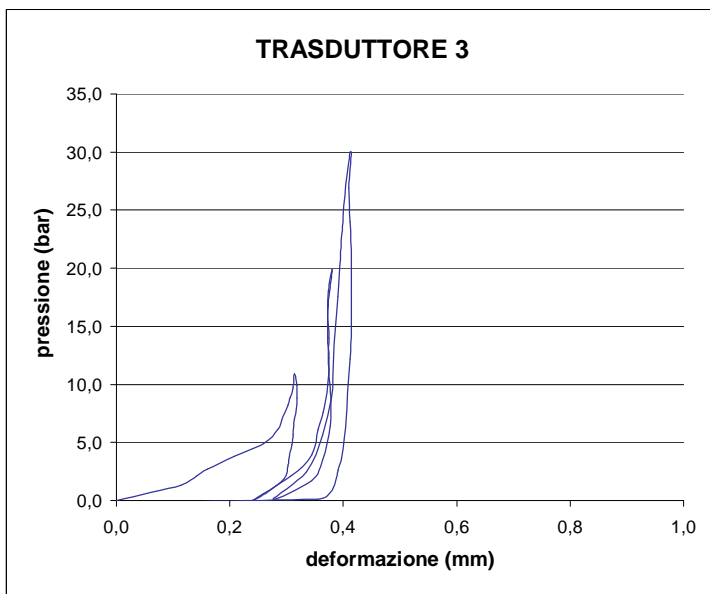
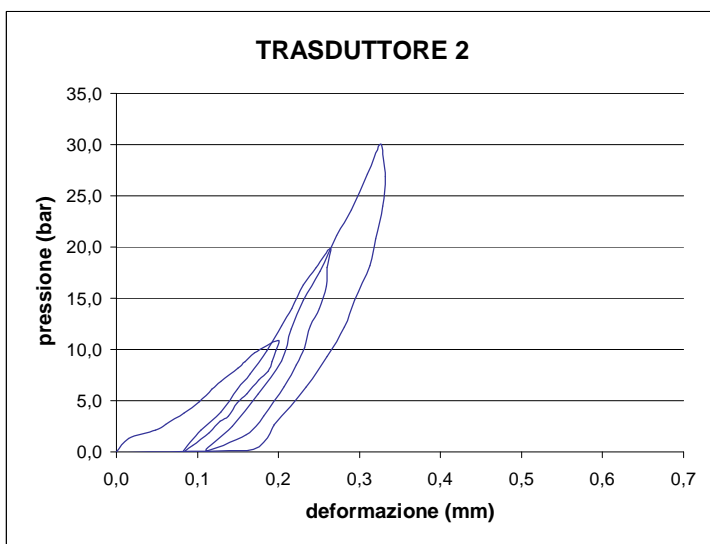
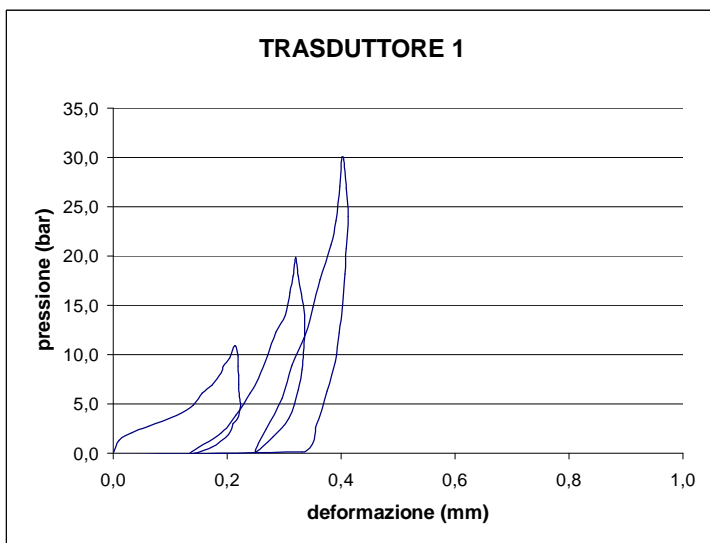
GRAFICO PRESSIONE - DEFORMAZIONE

(deformazione ricavata dalla media dei tre trasduttori)



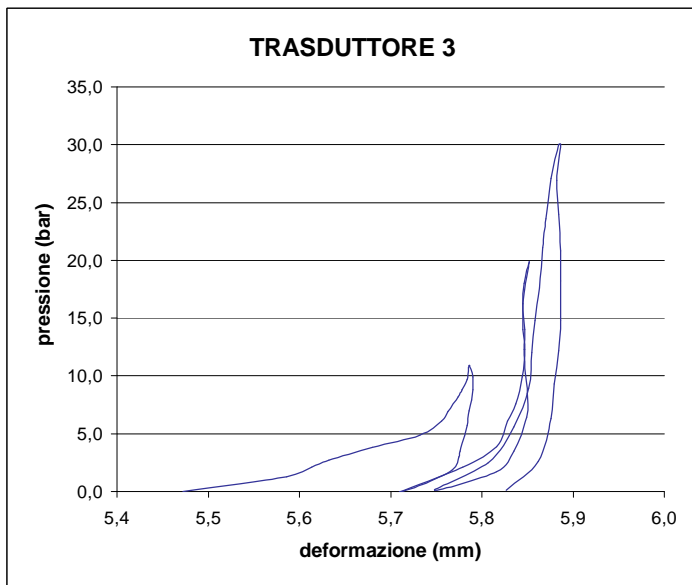
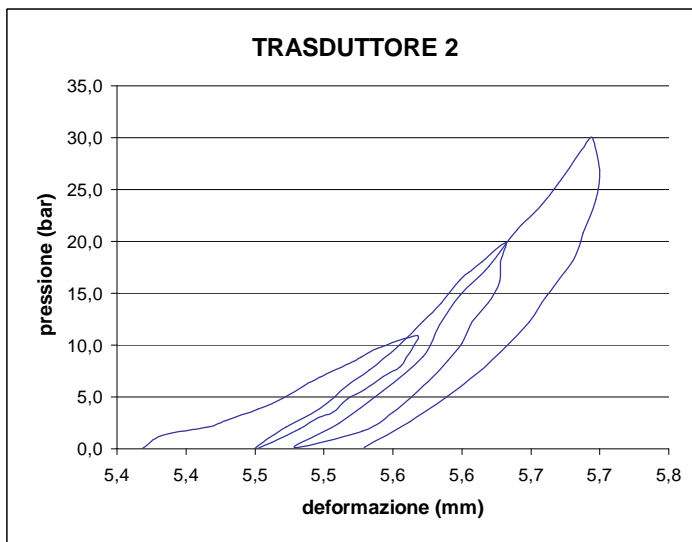
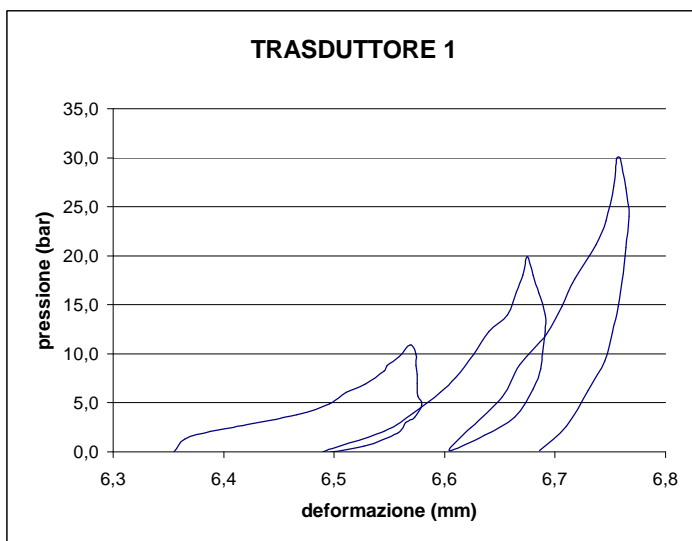
VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori relativi)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	4,1	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	5,4	0,010	0,015	0,114	0,017
1,0	6,2	0,033	0,048	0,141	0,052
1,5	6,8	0,062	0,061	0,160	0,077
2,0	7,9	0,111	0,084	0,208	0,117
2,5	9,0	0,141	0,102	0,260	0,145
3,0	10,2	0,156	0,118	0,284	0,163
3,5	11,0	0,173	0,129	0,291	0,177
4,0	12,3	0,190	0,150	0,302	0,197
4,5	12,9	0,193	0,159	0,306	0,204
5,0	13,8	0,204	0,171	0,312	0,215
5,5	15,0	0,214	0,199	0,314	0,233
6,0	14,0	0,219	0,197	0,318	0,235
6,5	12,9	0,219	0,192	0,318	0,232
7,0	12,0	0,220	0,187	0,317	0,230
7,5	11,1	0,220	0,175	0,314	0,223
8,0	9,8	0,221	0,161	0,312	0,215
8,5	8,9	0,224	0,149	0,309	0,208
9,0	7,6	0,218	0,139	0,304	0,199
9,5	7,1	0,210	0,128	0,303	0,189
10,0	6,0	0,202	0,114	0,296	0,176
10,5	4,7	0,172	0,094	0,263	0,148
11,0	4,1	0,135	0,082	0,239	0,126
11,5	6,2	0,190	0,105	0,307	0,166
12,0	8,0	0,216	0,129	0,344	0,196
12,5	10,2	0,241	0,149	0,356	0,219
13,0	11,7	0,255	0,165	0,365	0,236
13,5	14,0	0,271	0,186	0,372	0,255
14,0	16,4	0,285	0,204	0,375	0,271
14,5	18,1	0,302	0,217	0,373	0,283
15,0	20,4	0,310	0,231	0,373	0,293
15,5	22,1	0,316	0,246	0,376	0,304
16,0	24,0	0,320	0,264	0,380	0,314
16,5	22,1	0,325	0,260	0,374	0,313
17,0	20,3	0,330	0,259	0,373	0,314
17,5	18,1	0,336	0,251	0,375	0,311
18,0	16,4	0,336	0,239	0,374	0,305
18,5	14,3	0,334	0,232	0,376	0,301
19,0	12,6	0,332	0,222	0,378	0,295
19,5	10,5	0,325	0,207	0,377	0,284
20,0	7,6	0,308	0,182	0,363	0,261
20,5	5,8	0,281	0,160	0,344	0,236
21,0	4,2	0,249	0,111	0,276	0,180
21,5	6,6	0,269	0,143	0,335	0,219
22,0	9,7	0,297	0,175	0,363	0,253
22,5	13,0	0,313	0,204	0,379	0,279
23,0	16,1	0,337	0,216	0,383	0,294
23,5	18,9	0,351	0,231	0,386	0,307
24,0	21,7	0,363	0,252	0,391	0,323
24,5	25,2	0,382	0,272	0,395	0,340
25,0	27,7	0,391	0,290	0,398	0,352
25,5	31,2	0,398	0,310	0,404	0,365
26,0	34,1	0,401	0,325	0,412	0,375
26,5	34,1	0,404	0,327	0,414	0,377
27,0	31,0	0,409	0,332	0,410	0,380
27,5	28,1	0,412	0,329	0,412	0,380
28,0	24,9	0,409	0,320	0,414	0,376
28,5	22,3	0,407	0,313	0,414	0,372
29,0	18,9	0,402	0,294	0,414	0,361
29,5	16,3	0,397	0,281	0,412	0,353
30,0	13,4	0,390	0,260	0,407	0,338
30,5	10,4	0,375	0,234	0,404	0,319
31,0	6,7	0,355	0,194	0,390	0,285
31,5	4,2	0,331	0,161	0,355	0,249
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					
36,5					



VALORI REGISTRATI DAI SINGOLI TRASDUTTORI (valori assoluti)

Tempo (min)	Pressione (bar)	trasd. 1 (mm)	trasd. 2 (mm)	trasd. 3 (mm)	media (mm)
0,0	4,1	6,355	5,368	5,472	5,699
0,5	5,4	6,365	5,383	5,586	5,748
1,0	6,2	6,388	5,416	5,613	5,777
1,5	6,8	6,417	5,429	5,632	5,796
2,0	7,9	6,466	5,452	5,680	5,835
2,5	9,0	6,496	5,470	5,732	5,868
3,0	10,2	6,511	5,486	5,756	5,887
3,5	11,0	6,528	5,497	5,763	5,898
4,0	12,3	6,545	5,518	5,774	5,915
4,5	12,9	6,548	5,527	5,778	5,920
5,0	13,8	6,559	5,539	5,784	5,930
5,5	15,0	6,569	5,567	5,786	5,944
6,0	14,0	6,574	5,565	5,790	5,946
6,5	12,9	6,574	5,560	5,790	5,944
7,0	12,0	6,575	5,555	5,789	5,942
7,5	11,1	6,575	5,543	5,786	5,937
8,0	9,8	6,576	5,529	5,784	5,931
8,5	8,9	6,579	5,517	5,781	5,926
9,0	7,6	6,573	5,507	5,776	5,919
9,5	7,1	6,565	5,496	5,775	5,912
10,0	6,0	6,557	5,482	5,768	5,902
10,5	4,7	6,527	5,462	5,735	5,875
11,0	4,1	6,490	5,450	5,711	5,852
11,5	6,2	6,545	5,473	5,779	5,899
12,0	8,0	6,571	5,497	5,816	5,928
12,5	10,2	6,596	5,517	5,828	5,947
13,0	11,7	6,610	5,533	5,837	5,960
13,5	14,0	6,626	5,554	5,844	5,975
14,0	16,4	6,640	5,572	5,847	5,987
14,5	18,1	6,657	5,585	5,845	5,996
15,0	20,4	6,665	5,599	5,845	6,003
15,5	22,1	6,671	5,614	5,848	6,012
16,0	24,0	6,675	5,632	5,852	6,021
16,5	22,1	6,680	5,628	5,846	6,019
17,0	20,3	6,685	5,627	5,845	6,020
17,5	18,1	6,691	5,619	5,847	6,019
18,0	16,4	6,691	5,607	5,846	6,014
18,5	14,3	6,689	5,600	5,848	6,011
19,0	12,6	6,687	5,590	5,850	6,008
19,5	10,5	6,680	5,575	5,849	5,999
20,0	7,6	6,663	5,550	5,835	5,980
20,5	5,8	6,636	5,528	5,816	5,958
21,0	4,2	6,604	5,479	5,748	5,906
21,5	6,6	6,624	5,511	5,807	5,945
22,0	9,7	6,652	5,543	5,835	5,975
22,5	13,0	6,668	5,572	5,851	5,996
23,0	16,1	6,692	5,584	5,855	6,008
23,5	18,9	6,706	5,599	5,858	6,019
24,0	21,7	6,718	5,620	5,863	6,032
24,5	25,2	6,737	5,640	5,867	6,046
25,0	27,7	6,746	5,658	5,870	6,057
25,5	31,2	6,753	5,678	5,876	6,068
26,0	34,1	6,756	5,693	5,884	6,078
26,5	34,1	6,759	5,695	5,886	6,080
27,0	31,0	6,764	5,700	5,882	6,082
27,5	28,1	6,767	5,697	5,884	6,082
28,0	24,9	6,764	5,688	5,886	6,078
28,5	22,3	6,762	5,681	5,886	6,075
29,0	18,9	6,757	5,662	5,886	6,067
29,5	16,3	6,752	5,649	5,884	6,060
30,0	13,4	6,745	5,628	5,879	6,048
30,5	10,4	6,730	5,602	5,876	6,033
31,0	6,7	6,710	5,562	5,862	6,007
31,5	4,2	6,686	5,529	5,827	5,976
32,0					
32,5					
33,0					
33,5					
34,0					
34,5					
35,0					
35,5					
36,0					

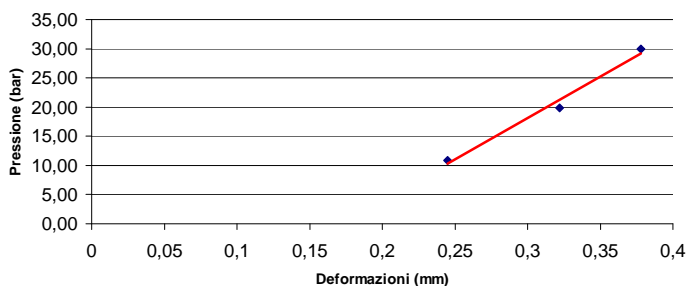


MODULI DI DEFORMAZIONE E MODULI ELASTICI CALCOLATI PER OGNI TRASDUTTORE E SULLA DEFORMAZIONE MEDIA

CICLO DI CARICO	MODULO DI PRIMO CARICO Ed (Mpa)								CICLO DI CARICO	MODULO DI DEFORMAZIONE Ed (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
2°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	1°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
	9,9	19,9	9,9	19,9	9,9	19,9	9,9	19,9		0,0	10,9	0,0	10,9	0,0	10,9	0,0	10,9
	2571		1615		15747		2739			642		690		437		560	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
3°	21,1	30,0	21,1	30,0	21,1	30,0	21,1	30,0	2°	0,0	19,9	0,0	19,9	0,0	19,9	0,0	19,9
	5901		2115		6595		3617			1355		1377		1778		1483	
									3°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
										0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0
										2478		1760		2770		2203	

CICLO DI RICARICO	MODULO DI RICARICO Ed (Mpa)								CICLO DI SCARICO	MODULO ELASTICO Ee (Mpa)							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA			TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
2°	0,0	9,9	0,0	9,9	0,0	9,9	0,0	9,9	1°	10,9	0,0	10,9	0,0	10,9	0,0	10,9	0,0
	917		1199		938		1014			1738		1174		1831		1493	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
3°	0,1	21,1	0,1	21,1	0,1	21,1	0,1	21,1	2°	19,9	0,1	19,9	0,1	19,9	0,1	19,9	0,1
	1989		1643		2223		1890			3513		1630		2398		2169	
	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)		
									3°	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)	P1(bar)	P2(bar)
										30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1	30,0	0,1
										5160		1550		7687		2943	

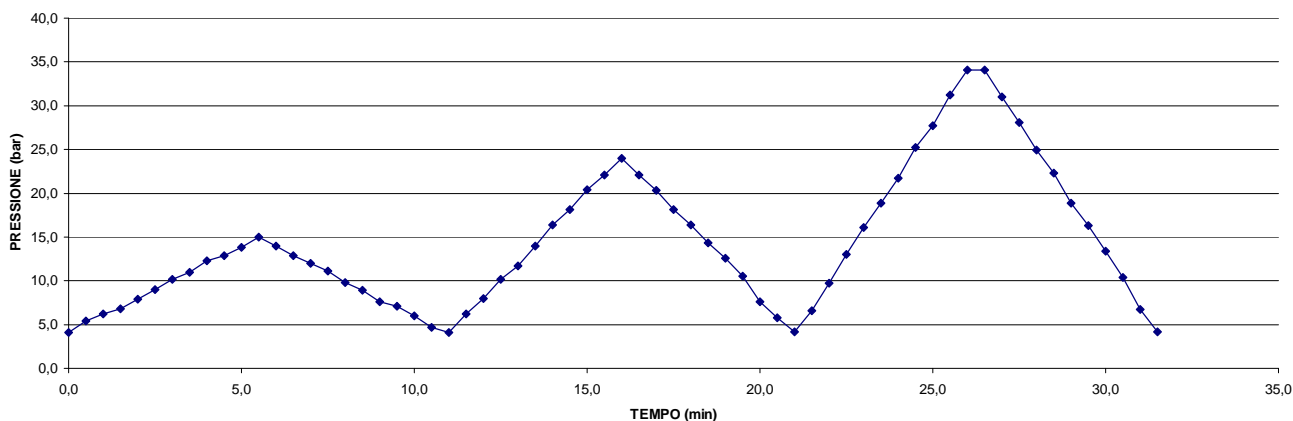
INTERPOLAZIONE PICCHI MASSIMI



MODULO RICAIVATO DALL'INTERPOLAZIONE DEI VALORI MASSIMI DI PRESSIONE RAGGIUNTI AD OGNI CICLO

 $E_d = 1789 \text{ Mpa}$

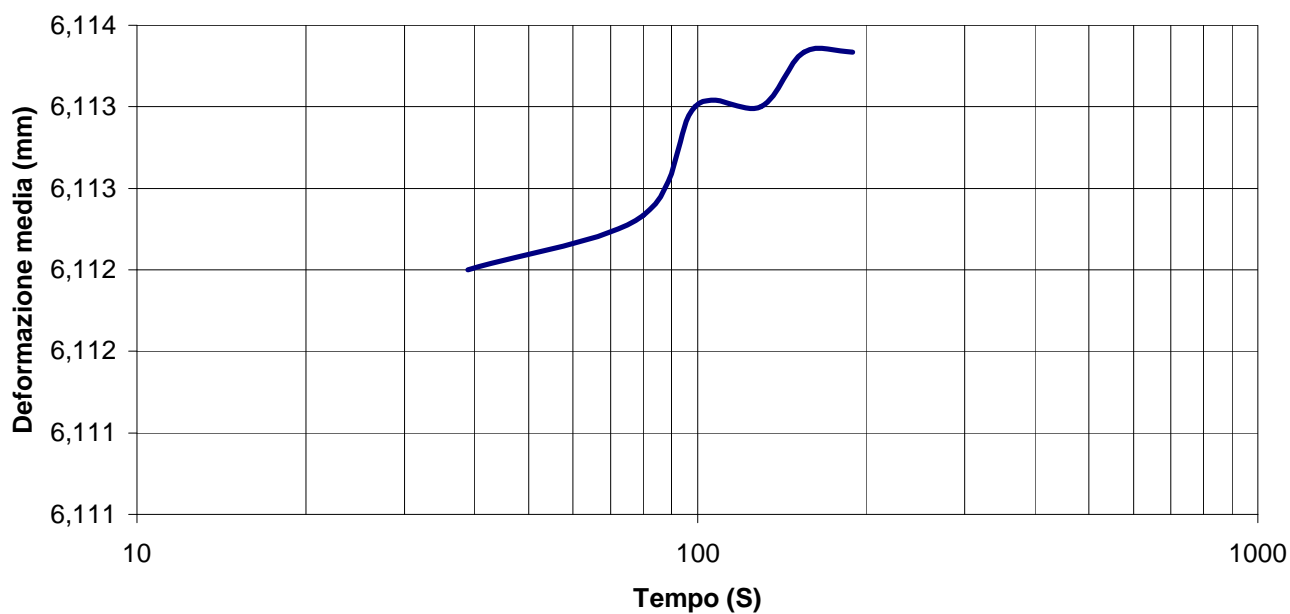
DIAGRAMMA PRESSIONE - TEMPO



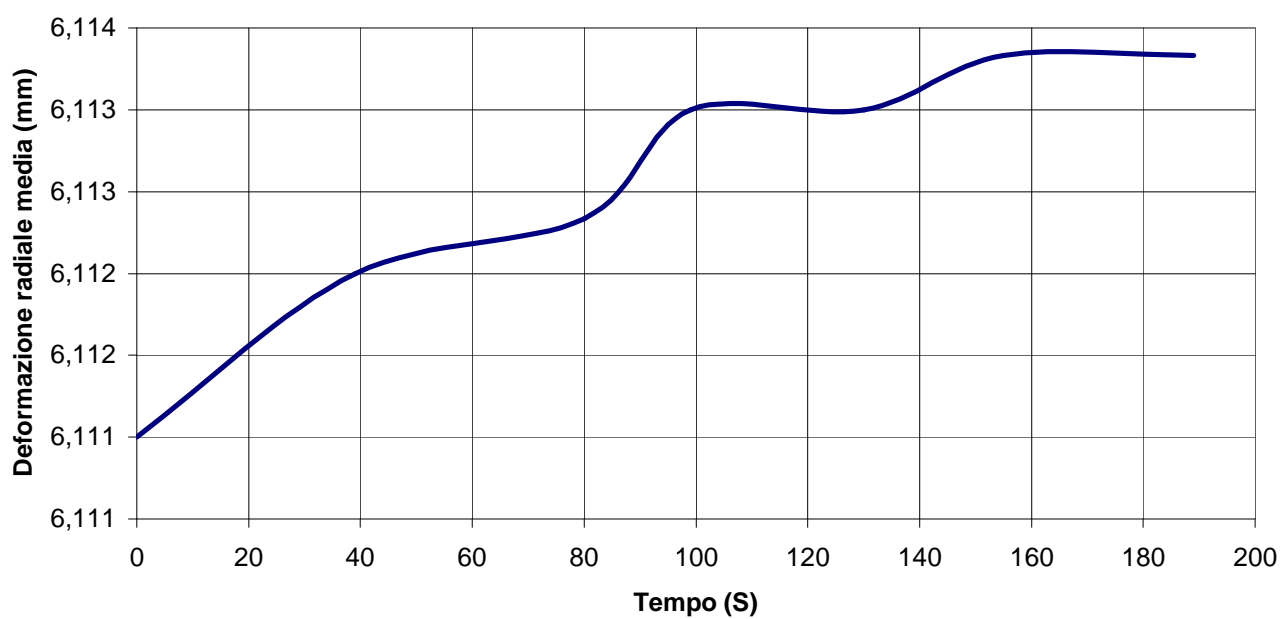
[illegible]

PROVA DI CREEP

DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA - LOG TEMPO (s)

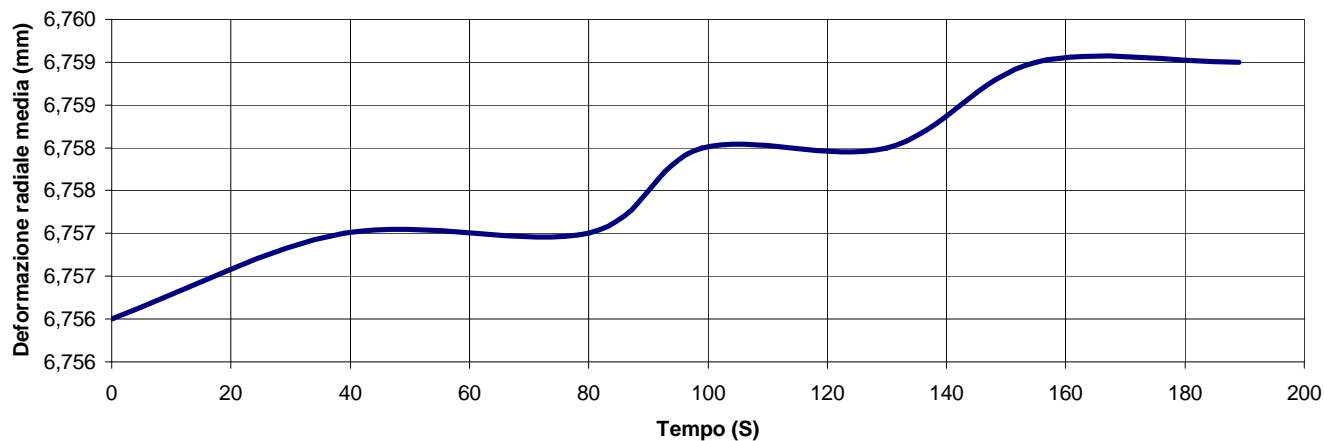


DEFORMAZIONE RADIALE MEDIA -TEMPO (s)

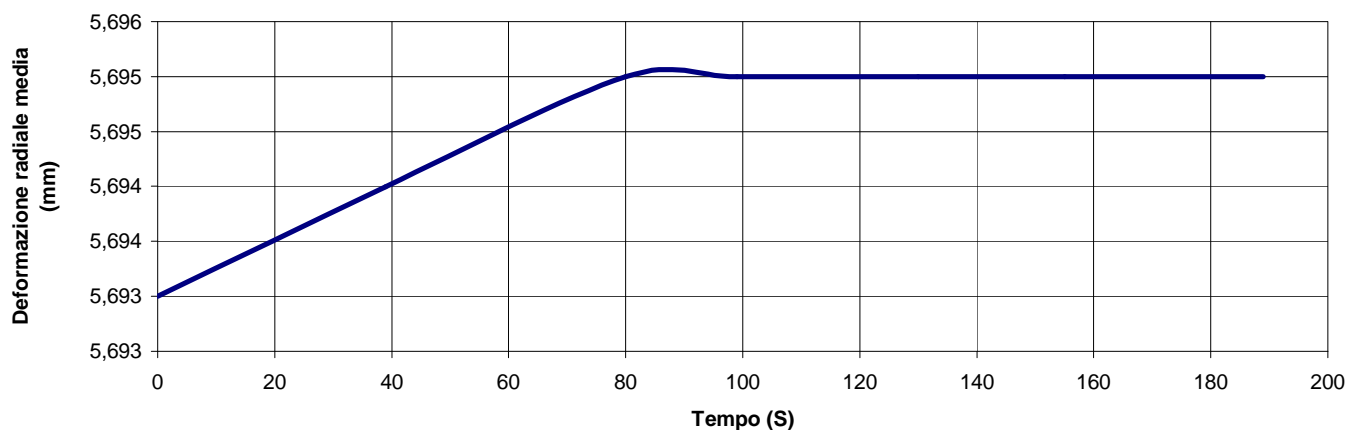


PROVA DI CREEP

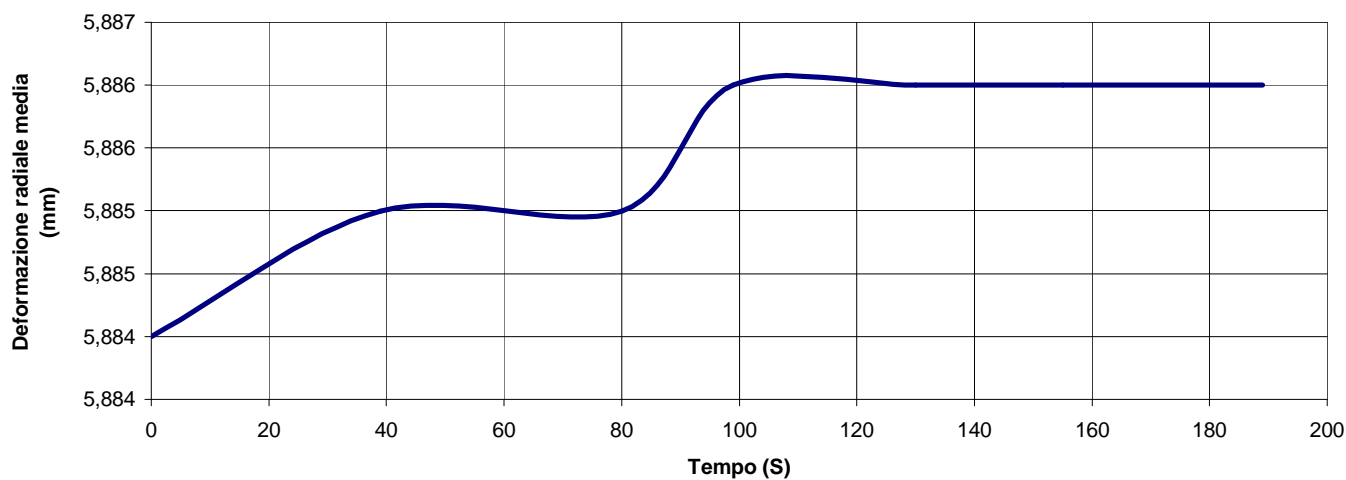
DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D1 (mm) -TEMPO (s)



DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D2 (mm) -TEMPO (s)

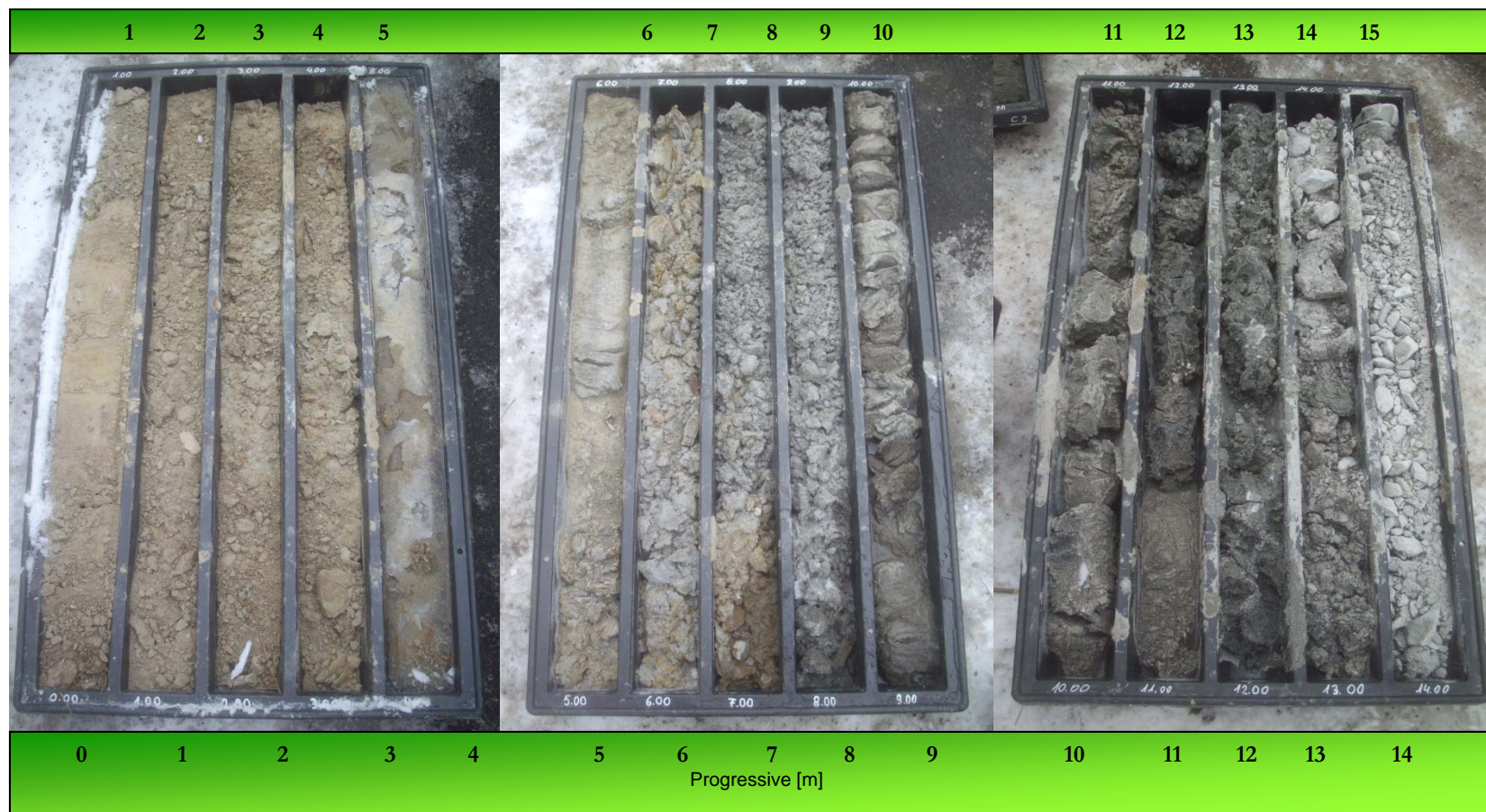


DEFORMAZIONE RADIALE TRASDUTTORE D3 (mm) -TEMPO (s)



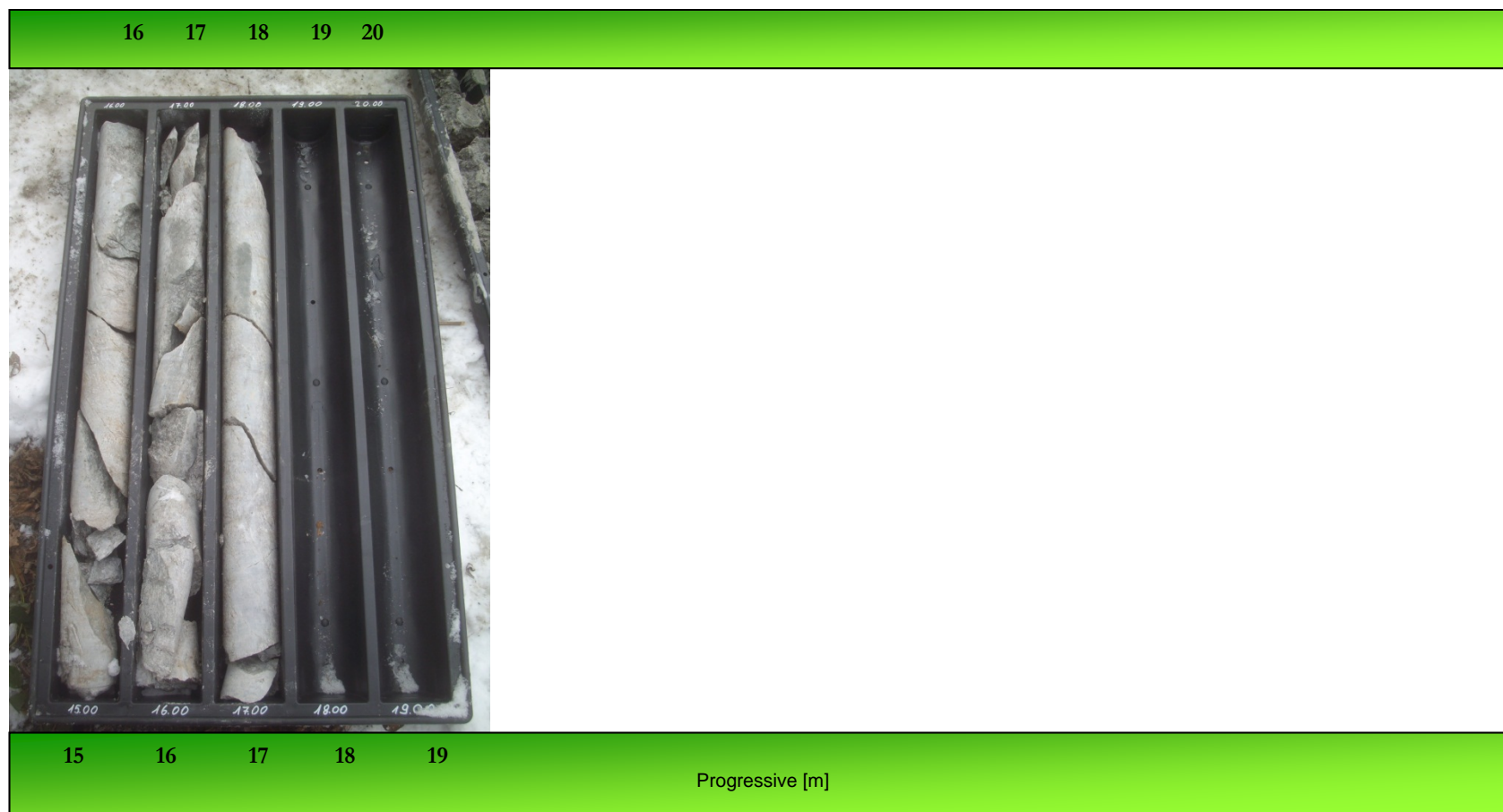
FOTOGRAFIE CASSETTE

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD01 pz (L=18.00m)



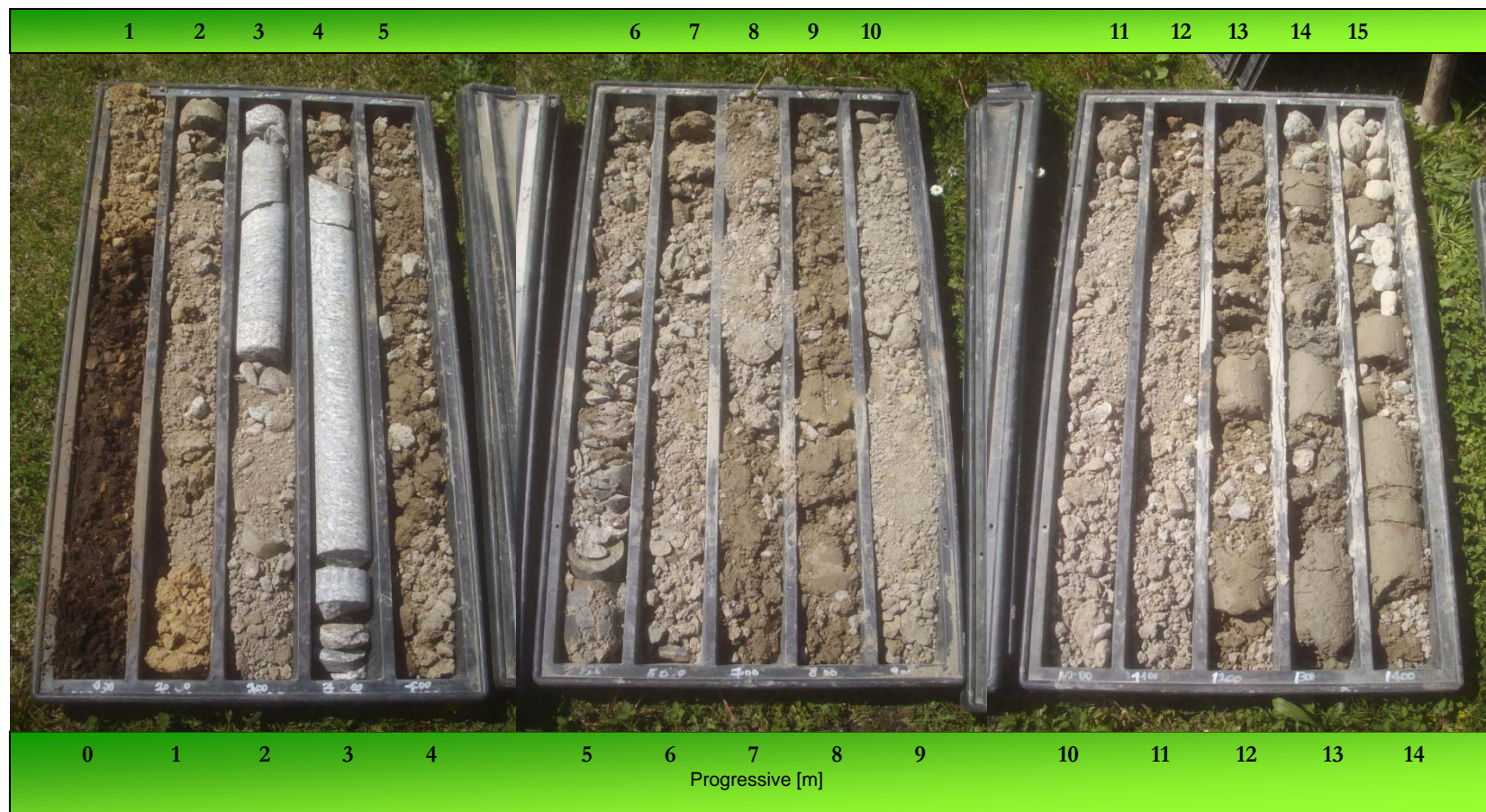
Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD01 pz (L=18.00m)



Cassetta 4 da 15.00m a 18.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD02 pz (L=25.00m)



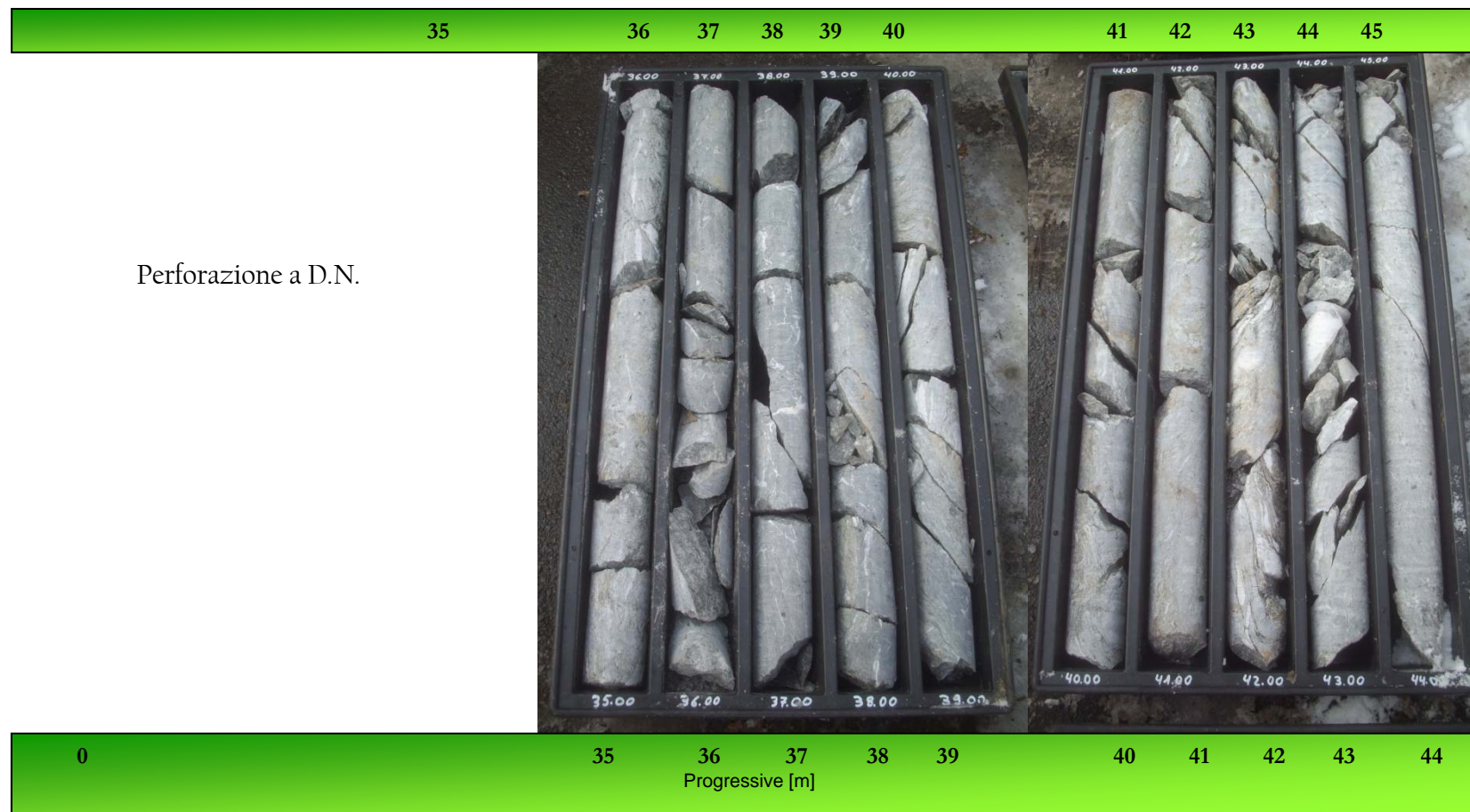
Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD02 pz (L=25.00m)



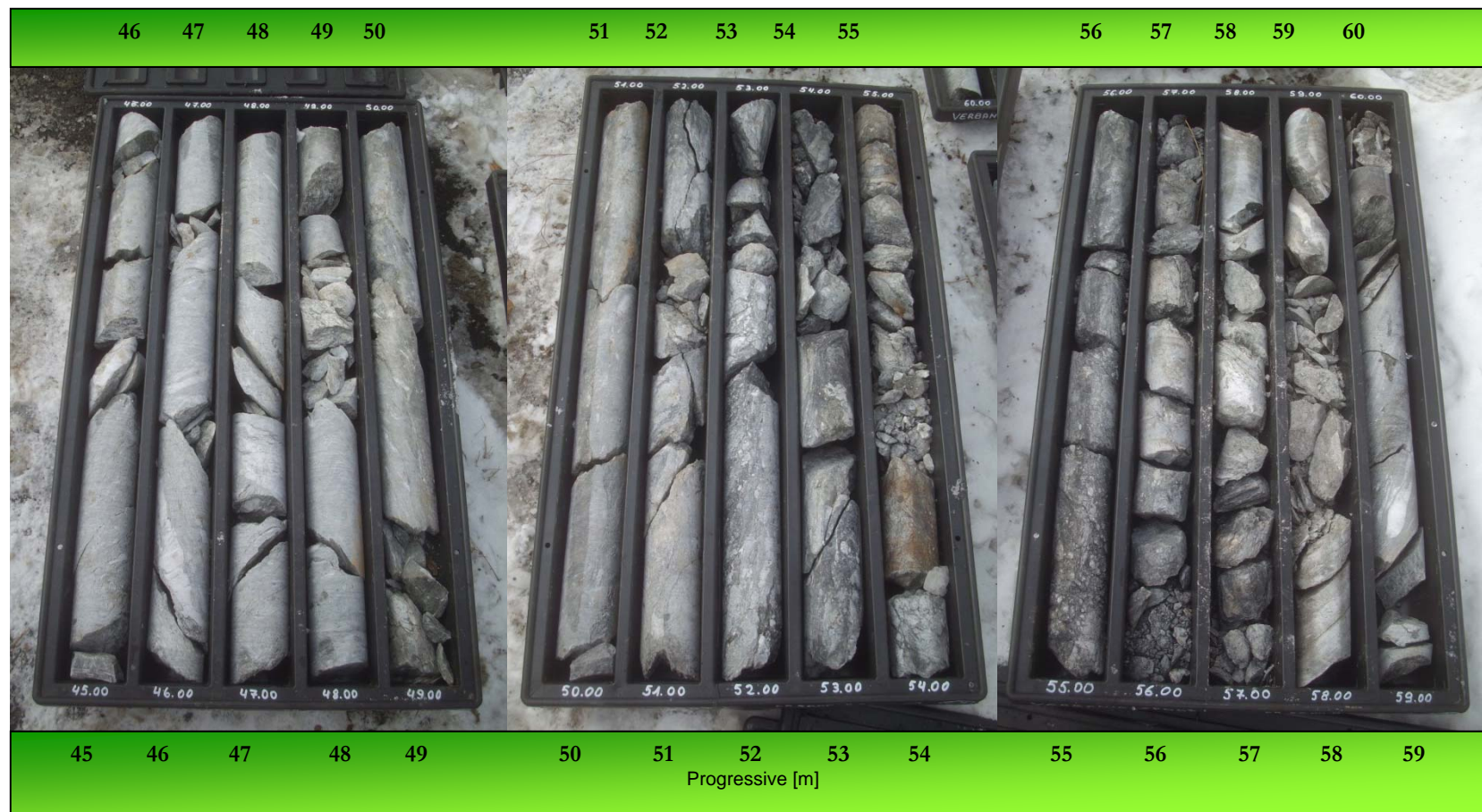
Cassette 4-5 da 15.00m a 25.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD03 (L=75.00m)



Cassette 1-2 da 35.00m a 45.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD03 (L=75.00m)



Cassette 3-5 da 45.00m a 60.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD03 (L=75.00m)



Cassette 6-8 da 60.00m a 75.00m da p.c.

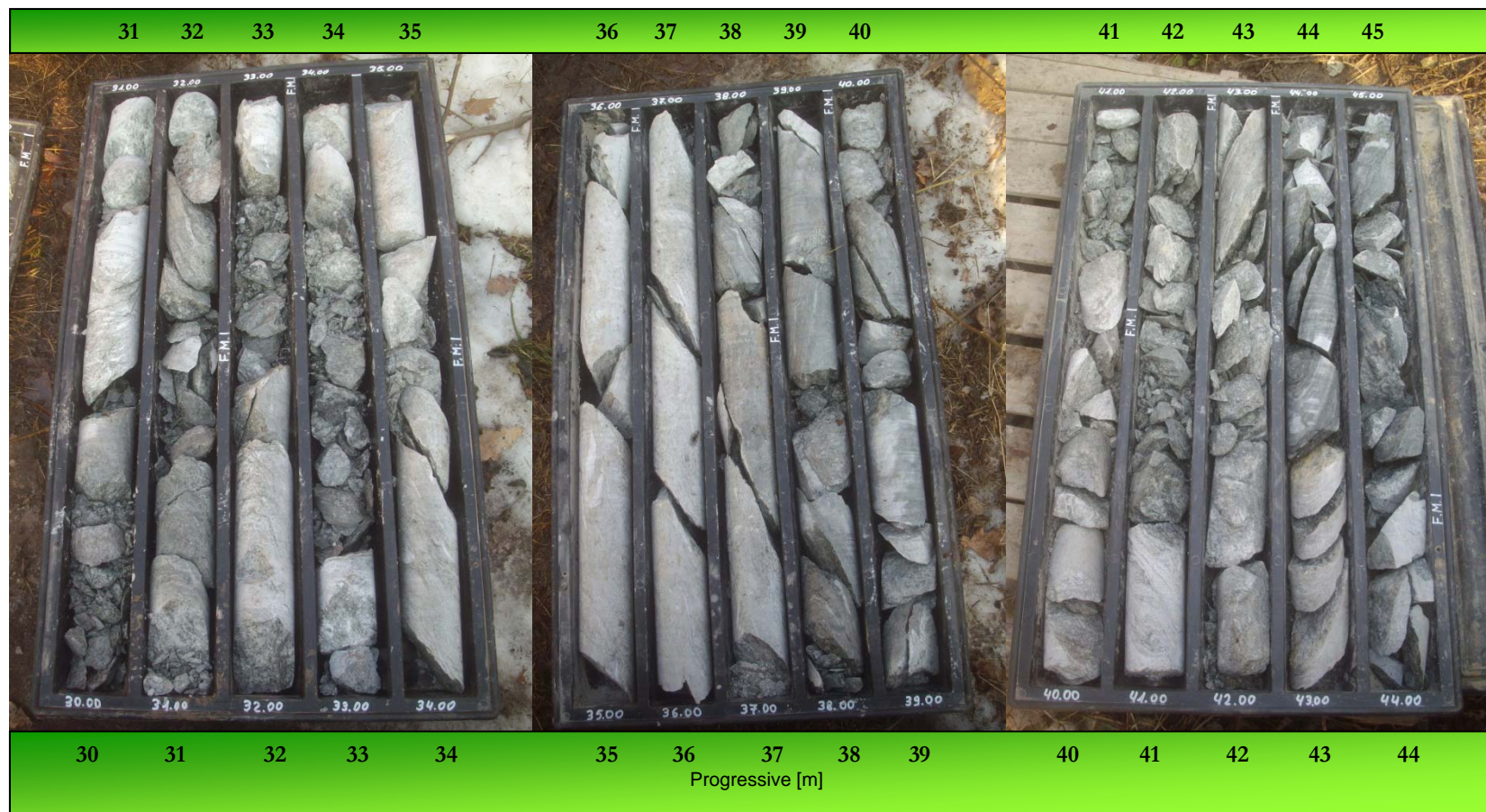
Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD04 (L=50.00m)

Perforazione a D.N.



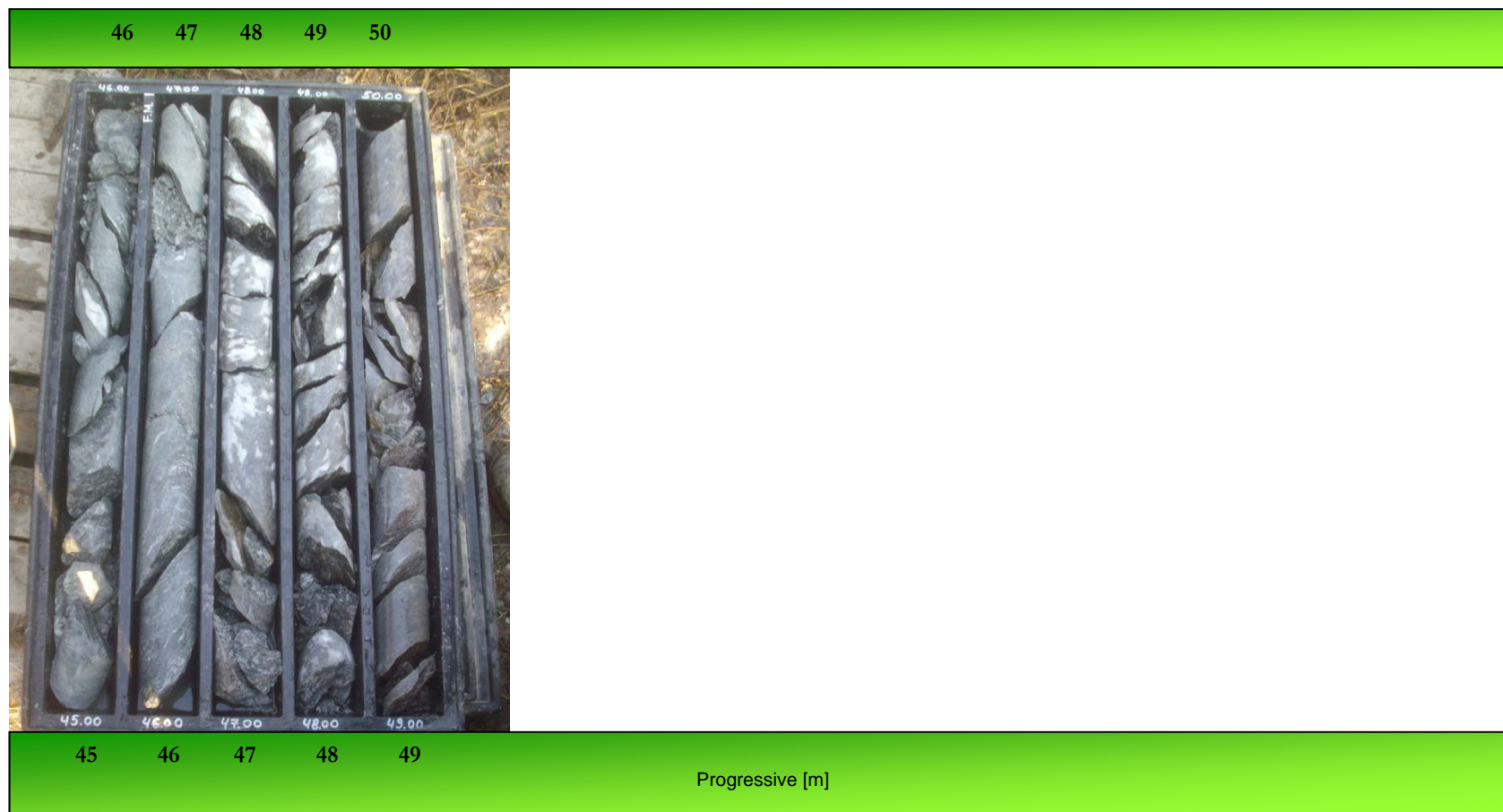
Cassette 1-2 da 20.00m a 30.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD04 (L=50.00m)



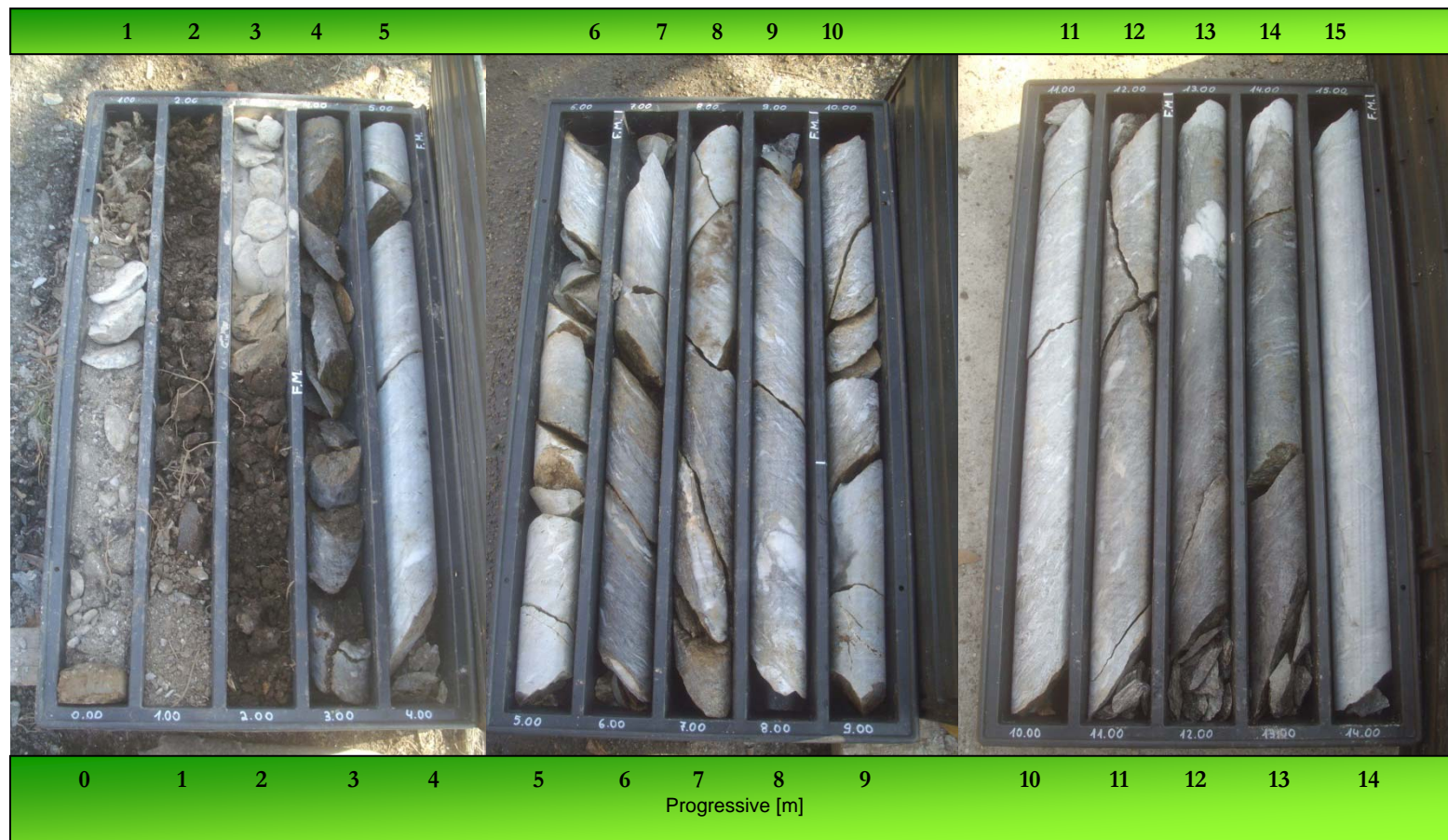
Cassette 3-5 da 30.00m a 45.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD04 (L=50.00m)



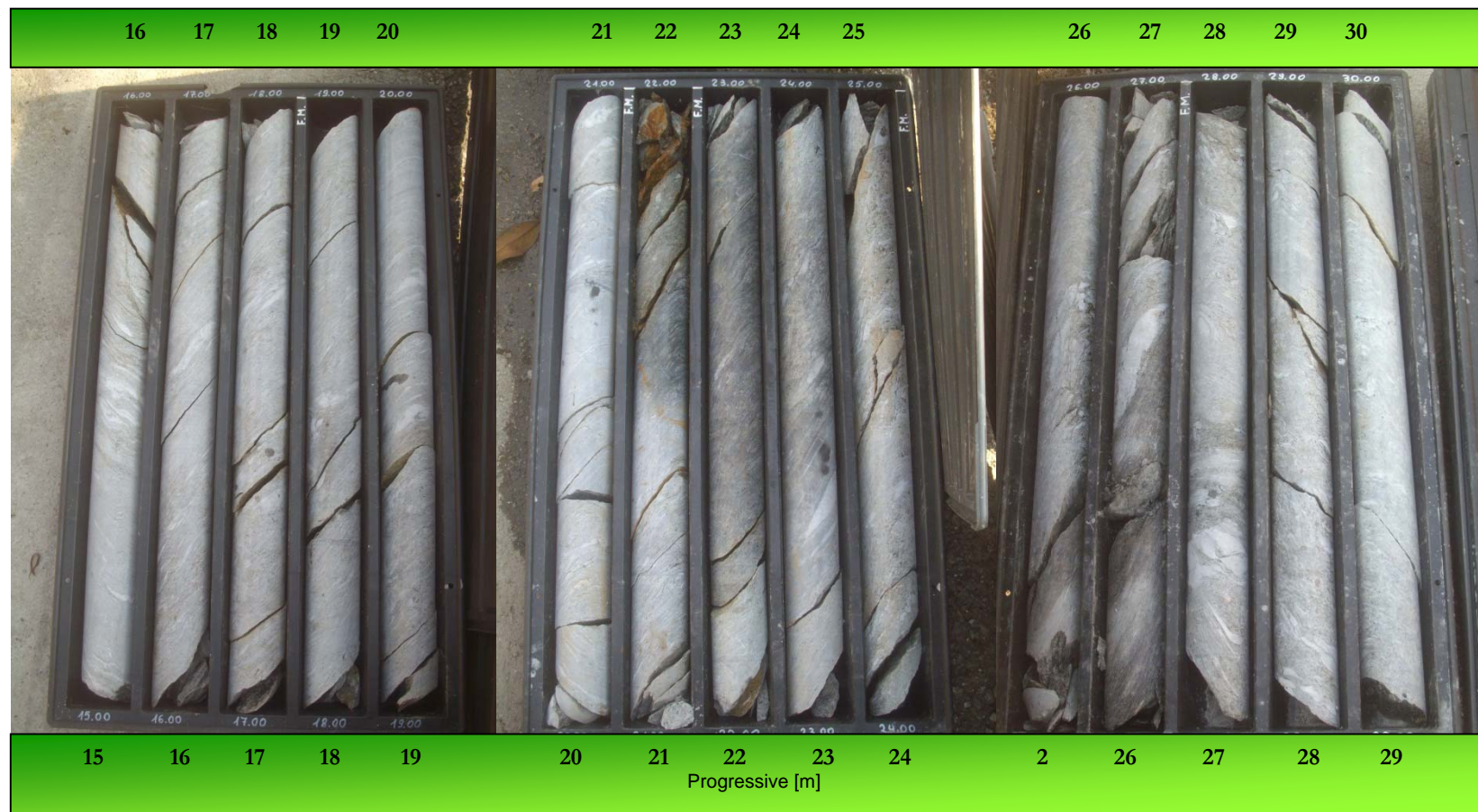
Cassetta 6 da 45.00m a 50.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD05 (L=30.00m)



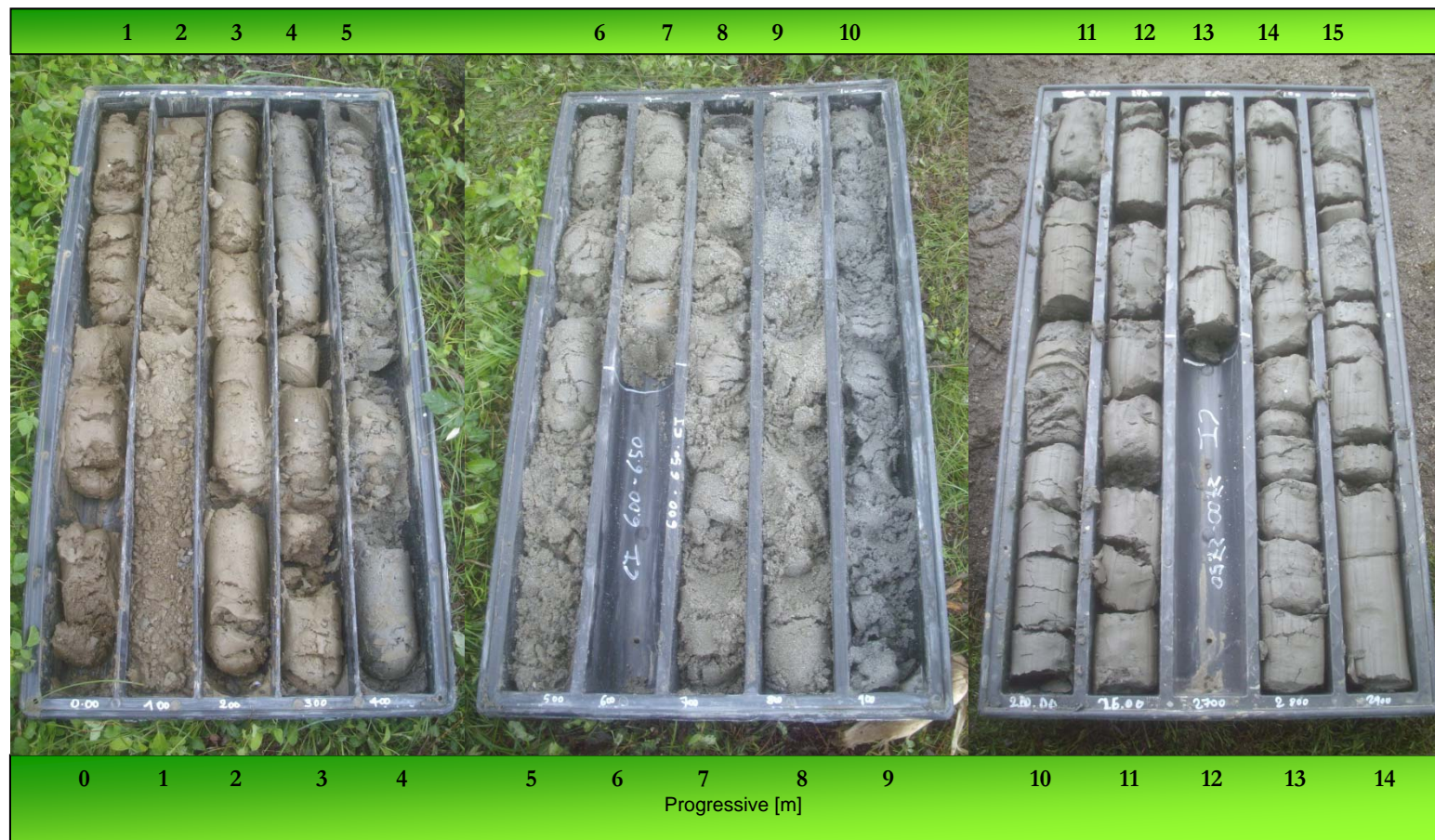
Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD05 (L=30.00m)



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

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD06 pz (L=30.00m)



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

Verbania – Primo Lotto Circonvallazione - Sondaggio SPD06 pz (L=30.00m)



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

REGIONE PIEMONTE PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA COMUNE DI VERBANIA

I Lotto Circonvallazione ESECUZIONE DI INDAGINE GEOFISICA IN COMUNE DI VERBANIA



RAPPORTO INTERPRETATIVO DELL'INDAGINE

ELABORATO N°		ALLEGATO N°		CODICE	
GF		--		12004\GF-ig-lab	
COMMITTENTE					
<div></div> <div>A&K INGEGNERIA GEOTECNICA S.R.L. C.so Bernardino Telesio, 99/C 10146 TORINO</div>					
<div></div> <div>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl</div>					
2					
1	APRILE 2012	Revisione			
0	FEBBRAIO 2012	Edizione		Ing. M. Brunatto	Dott. G. Sola
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
COMUNE DI VERBANIA

I LOTTO CIRCONVALLAZIONE
ESECUZIONE DI INDAGINE GEOFISICA
IN COMUNE DI VERBANIA

Rapporto interpretativo delle indagini

Aprile 2012

SOMMARIO

PREMESSA	
METODOLOGIA DI INDAGINE	
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	
DESCRIZIONE DEL RILIEVO	
ELABORAZIONE DATI	
RISULTATI DEL RILIEVO E CONCLUSIONI	

ALLEGATI

INDAGINE GEOFISICA SISMICA A RIFRAZIONE	
INDAGINE GEOFISICA MASW	
INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE	
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	



PREMESSA

Nell'ambito della progettazione del I Lotto della Circonvallazione nel comune di Verbania (VB), in corrispondenza dell'abitato di Fondotoce, è stato previsto lo svolgimento di un'indagine geofisica comprendente n° 5 stendimenti in superficie di tipo sismico a rifrazione e n° 1 di tipo MASW nonchè un'indagine sismica in foro (metodo Down-Hole).

Tra i giorni 25 e 26 Gennaio 2012 è stato possibile eseguire soltanto 4 stendimenti, a causa della mancanza di tutte le necessarie autorizzazioni per l'accesso ai siti di indagine, indagati con geofoni verticali (per la determinazione delle velocità delle onde P), per un totale di 780 m di indagine.

In seguito all'ottenimento delle autorizzazioni per accedere ai siti di indagine, in data 27/04/2012 è stata completata l'indagine sismica a rifrazione mediante l'esecuzione di 1 stendimento di 24 geofoni verticali disposti a passo 6 metri per un totale di 150 metri indagati, denominato LS.PD.01. L'indagine è stata finalizzata a ricavare una tomografia 2D delle velocità delle onde P delle aree oggetto di rilievo, con lo scopo di produrre un'ipotesi di ricostruzione stratigrafica del sottosuolo secondo parametri geomeccanici. Le caratteristiche meccaniche delle unità stratigrafiche individuate sono state elaborate in base alle variazioni di velocità delle onde sismiche generate artificialmente nelle aree interessate.

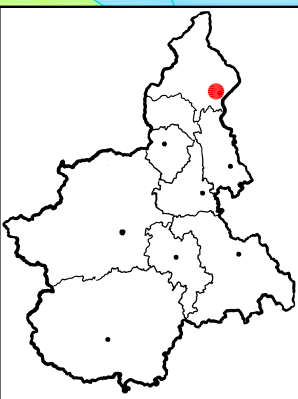
In data 25 Gennaio 2012 è stata inoltre eseguita un'indagine geofisica sismica di tipo MASW costituita da uno stendimento geofonico costituito da 24 ricevitori disposti con passo due metri. L'indagine è stata finalizzata a ricavare il parametro rappresentativo V_{s30} per la caratterizzazione sismica dei terreni indagati, secondo quanto disposto dalla normativa tecnica vigente.

In corrispondenza del sondaggio geognostico denominato DH.PD.01 è stata eseguita in data 15 Febbraio 2012 la prova sismica in foro con metodologia Down-Hole per tutta la lunghezza dello stesso (30 m), al fine di determinare l'andamento delle onde P ed S e ricavare il parametro V_{s30} utile per la classificazione sismica del sito.

Nel seguito si riportano la corografia dell'area di indagine e l'ubicazione degli stendimenti, la descrizione delle metodologie di indagine e della strumentazione utilizzata, la descrizione della



geometria di acquisizione (numero ed interdistanza tra i geofoni, numero e posizione dei punti di energizzazione, etc.) ed un commento ai risultati ottenuti, riportati nelle tavole allegate.



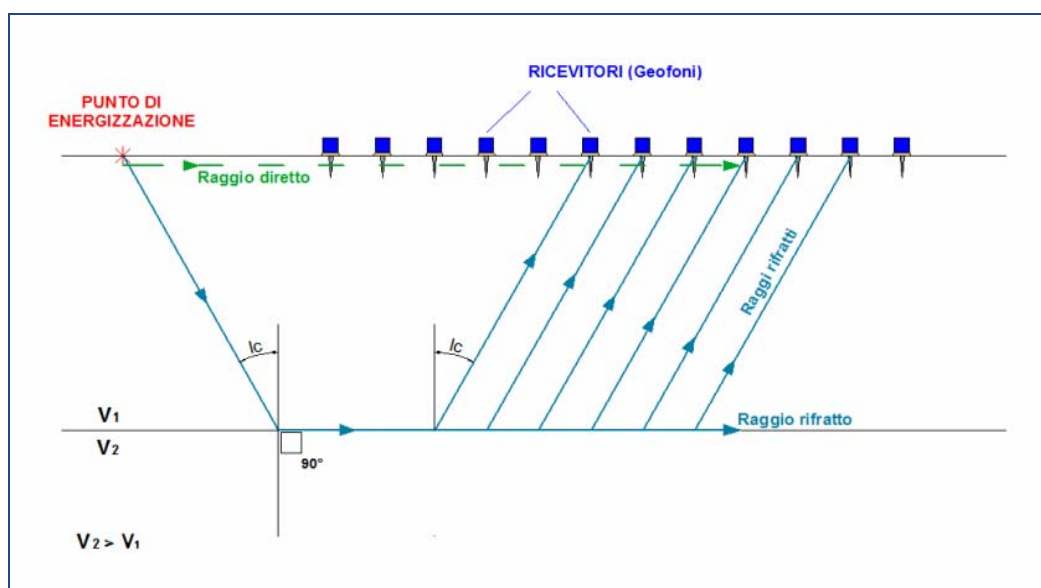
Scala 1:10.000

METODOLOGIA DI INDAGINE

I metodi geofisici di tipo sismico si basano sull'analisi della propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo. La determinazione delle velocità delle onde compressionali (onde P) e di taglio (onde S) è utilizzata per la caratterizzazione del sottosuolo in termini di geometria, spessore degli strati e parametri meccanici.

Le onde si propagano nel sottosuolo ogni qual volta quest'ultimo è sottoposto ad una sollecitazione che provoca una variazione dello stato di sforzo nei materiali. La velocità e la direzione di propagazione delle onde cambiano in base alle caratteristiche elastiche dei materiali che attraversano. Quando le onde sismiche incontrano una discontinuità o un orizzonte di separazione tra due mezzi a differente velocità, i raggi sismici incidenti sull'orizzonte di separazione si comportano seguendo le leggi di Snell.

La sismica a rifrazione utilizza i raggi sismici rifratti criticamente: quando la velocità dello strato più profondo è maggiore della velocità dello strato superficiale, i raggi incidono sull'orizzonte di separazione con un angolo di incidenza critico (I_c), sono rifratti con un angolo di 90° , viaggiano parallelamente alla discontinuità e risalgono nello strato superficiale con un angolo pari a quello di incidenza.

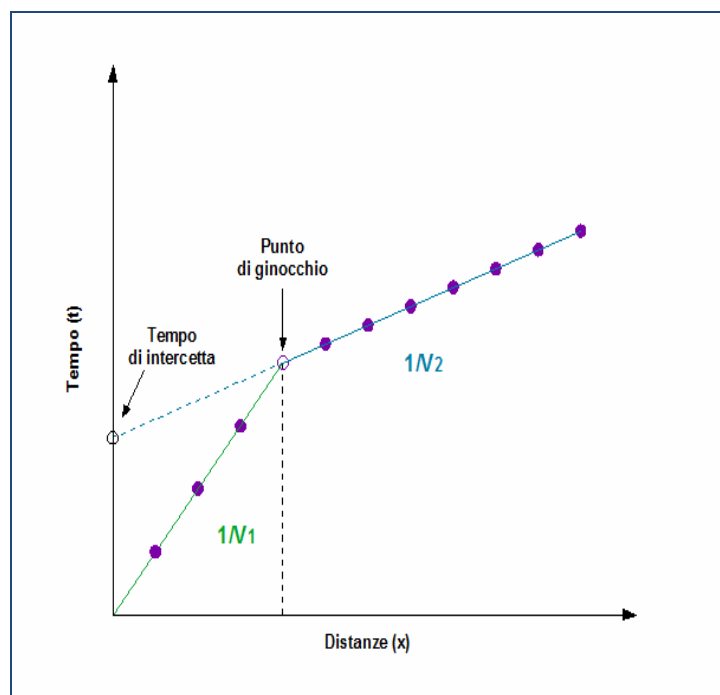


Schema indagine sismica a rifrazione

Un'indagine sismica a rifrazione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio in un punto in superficie attraverso una sorgente di energia (mazza e piastra di battuta, cannoncino sismico, esplosivo) e misurare mediante dei ricevitori sempre posti in superficie (geofoni) il tempo di primo arrivo, ossia il tempo che l'impulso impiega dalla sorgente a raggiungere i ricevitori attraverso il sottosuolo.

La spaziatura tra i geofoni e il numero di punti di energizzazione disposti simmetricamente lungo l'allineamento di geofoni dovranno essere scelti in funzione della risoluzione spaziale e della profondità obiettivo dell'indagine.

L'analisi dei tempi di primo arrivo degli impulsi ai geofoni permette di costruire un diagramma (dromocrona) nel quale in ascisse sono rappresentate le distanze dei ricevitori e in ordinate i tempi.



Curva tempi-distanze

Il metodo convenzionale di interpretazione delle indagini sismiche a rifrazione (metodo dei tempi di intercetta) consiste proprio nell'analisi delle dromocrone di ogni punto di energizzazione. Il tratto iniziale della curva (sopra riportata) rappresenta i primi arrivi diretti che viaggiano solo all'interno dello strato più superficiale. La pendenza di questo tratto corrisponde al reciproco della velocità dello strato più superficiale. Il secondo tratto ha una pendenza inferiore e rappresenta i primi arrivi

rifratti che al di là del punto di ginocchio arrivano in superficie prima dei raggi diretti. La pendenza di questo tratto sarà uguale al reciproco della velocità dello strato più profondo. Calcolando i tempi di intercetta e dei punti di ginocchio si possono ricostruire la profondità e la geometria di ogni rifrattore.

Oltre al metodo dei tempi di intercetta sono state implementate differenti tecniche interpretative che consentono di ottenere dei risultati più robusti:

- Metodi reciproci (Plus-Minus)
- Metodo reciproco generalizzato (GRM *Generalized Reciprocal Method*)
- Metodi di *delay-time*
- Metodi di *ray-tracing*

Ogni tecnica di elaborazione ha in se i propri limiti e vantaggi e talvolta queste metodologie si basano su assunzioni semplificative che frequentemente entrano in conflitto con le reali condizioni geologiche quali eterogeneità, discontinuità laterali e gradienti. In generale è però possibile definire le condizioni di applicabilità e i limiti del metodo sismico a rifrazione, come di seguito riportato.

Applicabilità:

- Determinazione del substrato roccioso (*bedrock*) al di sotto delle coperture alluvionali
- Caratterizzazione litologica degli strati che costituiscono il sottosuolo
- Determinazione della profondità della tavola d'acqua
- Definizione della profondità degli strati nel sottosuolo

Limiti del metodo:

- La zona cieca che si verifica qualora l'impulso sismico incontri uno strato ad impedenza meccanica inferiore rispetto a quella degli strati sovrastanti. In questo caso le condizioni di velocità sono tali per cui non si genera un'onda rifratta e lo strato non può essere individuato.
- Lo strato nascosto che si verifica qualora si incontri uno strato caratterizzato da una velocità maggiore rispetto allo strato sovrastante ma leggermente inferiore a quello sottostante. In questo caso lo strato non risulta rilevabile poiché i raggi rifratti risultano coperti da quelli dello strato sottostante che raggiungono prima la superficie. Oppure si può verificare qualora lo

strato abbia uno spessore così ridotto che gli impulsi rifratti si confondono con quelli dei rifrattori sopra e sottostanti.

- Altri limiti possono dipendere dalla presenza di acqua che può uniformare le velocità V_p di materiali a diversa litologia e renderne talvolta impossibile la distinzione.

La velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo è molto variabile. Genericamente si può affermare che i terreni hanno velocità inferiore alle rocce; ma la velocità di ogni materiale è influenzata da numerosi fattori quali la densità, la porosità, la saturazione oppure il grado di alterazione, di fratturazione e fessurazione. La presenza della falda acquifera ad es. influenza notevolmente la velocità delle onde compressionali che si trasmettono sia nello scheletro solido del mezzo sia nell'acqua (a differenza delle onde di taglio che non si trasmettono in acqua). Nelle rocce stratificate si possono avere sensibili variazioni di velocità se questa viene misurata lungo strato o perpendicolarmente ad esso.

Nella tabella di seguito si riportano alcuni range indicativi delle velocità onde P per diversi litotipi:

LITOTIPO	V_p (m/s)
Basalto	5500-6300
Gabbro	6400-6800
Granito	4500-6000
Gneiss	4600-5500
Calcare	3000-6000
Arenaria	2400-4200
Dolomia	3500-6500
Gesso	2100-3600
Materiali alluvionali	300-700
Argilla	1100-2500
Ghiaia	750-1000
Limo	650-1250
Sabbia asciutta	300-1000
Sabbia satura	1200-1900



Tomografia sismica

La tomografia è una tecnica che permette di ricostruire un oggetto attraverso immagini bidimensionali o tridimensionali utilizzando le proiezioni monodimensionali di grandezze misurabili funzioni delle proprietà fisiche dell'oggetto stesso. Questa tecnica consente pertanto di caratterizzare un'area non accessibile per mezzo di impulsi di energia che attraversano l'area oggetto di indagine.

Le tecniche di inversione tomografica sono state applicate ai metodi sismici poiché presentano dei vantaggi rispetto ai tradizionali metodi di interpretazione. La tomografia sismica a rifrazione, infatti, è in grado di risolvere gradienti, variazioni laterali di velocità e irregolarità stratigrafiche con un elevato grado di risoluzione e può essere impiegata in situazioni in cui le tecniche interpretative classiche hanno minore applicabilità quali aree di faglia, zone carsiche o di compattazione.

La grandezza misurabile nella tomografia sismica è costituita dai tempi che le onde compressionali e di taglio impiegano per attraversare il sottosuolo.

Per poter ricostruire le anomalie di velocità di propagazione è necessario che il sottosuolo sia discretizzato, ossia suddiviso in celle, a ciascuna delle quali è assegnata una velocità congruente con i tempi di arrivo dei raggi sismici.

La risoluzione delle immagini tomografiche dipende dal numero e dalla dimensione delle celle che a loro volta sono funzione della distribuzione e della densità dei raggi sismici. La copertura del sottosuolo deve essere quanto più possibile omogenea per poter risolvere con un dettaglio adeguato l'oggetto di indagine (la dimensione delle celle dovrà essere necessariamente inferiore alle dimensioni del target). Per questo motivo nelle indagini in tomografia si utilizzano un maggior numero di punti di energizzazione e di ricezione rispetto alla tradizionale sismica a rifrazione.

La tomografia è un problema di tipo inverso poiché inizialmente si misurano i tempi di arrivo degli impulsi sismici e successivamente questi stessi valori sono utilizzati per dedurre la velocità caratteristica del mezzo attraverso il quale l'impulso si è propagato.

La soluzione del problema tomografico può essere ricavata attraverso processi di tipo iterativo.

Questi metodi comportano la definizione di un modello iniziale di velocità del sottosuolo sulla base del quale si calcolano, note le posizioni di sorgenti e ricevitori, i tempi di arrivo teorici delle onde sismiche. Successivamente si possono calcolare i tempi residui, ossia la differenza tra tempi effettivamente osservati e tempi calcolati.



A questo punto si sviluppa un sistema di equazioni lineari per definire una relazione tra i tempi residui e la correzione che deve essere apportata al modello iniziale di velocità per ottenere un modello reale attendibile.

Il calcolo della soluzione del sistema di equazioni viene reiterato fino a quando la differenza tra tempi calcolati e tempi osservati risulta compresa in un range di errore accettabile e il modello di velocità calcolato appare privo di artefatti matematici non congruenti con la realtà fisica e geologica.

MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .



Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali.

Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.



Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale.

Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N.

Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

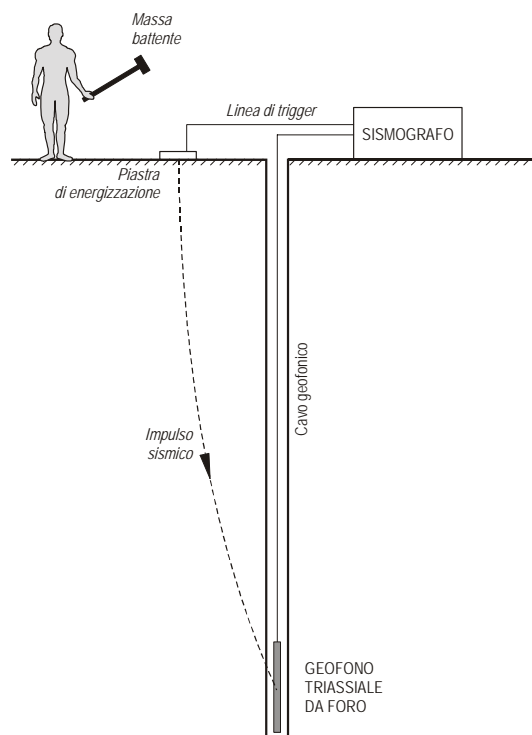
Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.

Down-Hole

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).



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, si ricorre alla chiusura di un circuito elettrico che avviene al momento dell'energizzazione. La forma d'onda così restituita 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.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti, avanzando in profondità o in risalita, 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.



Evidenza del punto di energizzazione con onde S



STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il sistema di acquisizione dati è sostanzialmente costituito dai seguenti elementi:

- Sismografo
- Sorgente di energizzazione
- Ricevitori
- Trigger

Nei paragrafi seguenti saranno descritte le caratteristiche tecniche di ogni singolo componente del sistema.

Sismografo

L'acquisitore utilizzato è il sismografo "GEODE" della Geometrics a 24 canali, di cui si riportano di seguito le caratteristiche tecniche:

A/D Converter	24 bit
Range dinamico	144 dB
Distorsione	0.0005%
Risoluzione	da 1.75 Hz a 20 kHz
Rumore	0.20 μ V
Precisione dello stacking	1/32 dell'intervallo di campionamento
Filtri anti-alias	-3 dB 83% della frequenza di Nyquist
Filtri analogici e digitali	Butterworth 24 o 48 dB/ottava; Notch
Intervallo di campionamento	selezionabile da 0.02 a 16.0 ms
Massima lunghezza di acquisizione	16384 campioni per canale
Formato dati	SEG-2

Sorgente di energizzazione

Per la generazione delle onde P è stato utilizzato un sistema di energizzazione costituito da una mazza da 8 kg con una piastra di impatto metallica di dimensioni 15 cm x 15 cm. L'energizzazione è prodotta dal colpo della mazza sulla piastra direttamente collocata sul piano campagna.



Per la generazione delle onde di taglio l'impulso viene generato in superficie tramite energizzazione orizzontale sulle piastre laterali di una trave ancorata al terreno. Come sorgente di energia sono state utilizzate apposite masse in metallo da 10 kg, vincolate ad una struttura in grado di farle basculare per la generazione di impulsi di taglio.

Ricevitori

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati n. 24 geofoni verticali di tipo elettromagnetico a massa sospesa modello GS20DX della OYO Geospace con frequenza propria di 14 Hz, mentre per l'analisi in frequenza MASW sono stati utilizzati geofoni analoghi, ma con frequenza pari a 4.5 Hz.

Per la prova in foro Down-Hole è stato utilizzato un geofono triassiale (modello BHG-3 della Geostuff) con frequenza pari a 15 Hz dotato di unità di controllo e sistema di ancoraggio meccanico alle pareti del foro.

I geofoni sono sensori di tipo elettromagnetico che generano una tensione proporzionale alla velocità della perturbazione sismica. I cavi utilizzati per l'acquisizione sono cavi con guaina in polipropilene schermati con connettori tipo militare Bendix o Cannon a 36 pin.

Trigger

Come sistema di trigger è stato utilizzato un geofono starter posizionato in prossimità del punto di energizzazione.



DESCRIZIONE DEL RILIEVO

Al fine di caratterizzare l'area di indagine sono stati eseguiti, come da specifiche tecniche concordate con il Committente, n. 5 stendimenti con metodo sismico a rifrazione per onde P, n.1 stendimento con metodologia MASW ed un'indagine in foro di tipo Down-Hole (ubicazione in Tav. 01).

Sismica a rifrazione onde P

Geometria degli stendimenti

Le linee sono state acquisite con il numero di ricevitori e l'interdistanza geofonica indicati nella tabella seguente:

SEZIONE	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	PUNTI DI ENERGIZZAZIONE	LUNGHEZZA LINEA (m)
LS.PD.01	24	6	7	150
LS.PD.02	24	10	7	250
LS.PD.03	24	10	7	250
LS.PD.04	12	10	7	130
LS.PD.05	24	6	7	150
TOTALE				930

L'energizzazione è stata effettuata in n. 7 posizioni disposte simmetricamente e reciprocamente rispetto allo stendimento ed in particolare:

- n. 2 *shot* esterni ad una distanza pari all'interdistanza geofonica dal primo ed ultimo geofono;
- n. 1 *shot* al centro della linea;
- n. 4 *shot* in posizioni intermedie.

Modalità di acquisizione

L'acquisizione dati è stata realizzata con passo di campionamento pari a 0,125 ms e lunghezza di 0,2 s. Ogni tiro è stato ripetuto almeno due volte per migliorare attraverso operazione di *stacking* (somma di più impulsi sismici generati nella medesima posizione) la qualità del segnale acquisito. Non sono stati applicati filtri analogici durante la fase di registrazione del segnale.



Indagine MASW

Geometria degli stendimenti

L'esecuzione dello stendimento è stata effettuata tramite la collocazione dei geofoni ad una distanza reciproca di 2 m fino a coprire un'estensione lineare di 46 m complessivi.

SEZIONE	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	PUNTI DI ENERGIZZAZIONE	LUNGHEZZA LINEA (m)
MA.PD.01	24	2	2	46
TOTALE				46

L'energizzazione è stata effettuata in 2 punti, collocati a 10 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono dello stendimento. Un geofono 'starter' è stato disposto accanto ad ogni punto di energizzazione per dare inizio alla registrazione del segnale trasmesso dai 24 geofoni al sismografo multicanale.

La scelta di energizzare lo stendimento in due punti diversi è dettata dalla possibilità, in fase di elaborazione dati, di selezionare la registrazione migliore e più chiara ai fini del calcolo del V_{S30} ; pertanto in allegato viene presentata la tavola riepilogativa di un solo sismogramma per stendimento.

Modalità di acquisizione

L'acquisizione dati è stata realizzata con passo di campionamento pari a 0,250 ms e lunghezza di 2,0 s. Ogni tiro è stato ripetuto almeno due volte per migliorare attraverso operazione di *stacking* (somma di più impulsi sismici generati nella medesima posizione) la qualità del segnale acquisito. Non sono stati applicati filtri analogici durante la fase di registrazione del segnale.

Indagine Down-Hole

Modalità di acquisizione

L'acquisizione dati è stata realizzata con passo di campionamento pari a 0,125 ms e lunghezza di 0,2 s. Ogni tiro è stato ripetuto almeno due volte per migliorare attraverso operazione di *stacking* (somma di più impulsi sismici generati nella medesima posizione) la qualità del segnale acquisito. Non sono stati applicati filtri analogici durante la fase di registrazione del segnale.



ELABORAZIONE DATI

La procedura di elaborazione dati è sinteticamente descritta nei paragrafi seguenti. Tutti i risultati delle indagini eseguite sono riportati in allegato unitamente ad una planimetria riportante l'ubicazione degli stendimenti (Tav. 01).

Sismica a rifrazione onde P

Definizione dei tempi di primo arrivo

I dati acquisiti in formato SEG2 sono stati analizzati con il software SeisImager (modulo PickWin) per la determinazione dei tempi di primo arrivo. Per migliorare il rapporto segnale/disturbo sono stati applicati dei filtri e successivamente sono stati determinati i tempi di primo arrivo per ogni traccia acquisita. I tempi registrati sono stati esportati in formato ASCII per poter essere utilizzati dal software di elaborazione tomografica.

Definizione della geometria di acquisizione

Per ogni punto di ricezione ed energizzazione sono state inserite le coordinate plano-altimetriche x, y, z ricavate dal rilievo topografico eseguito e dalle misurazioni effettuate sul terreno durante l'indagine.

Inversione tomografica

Per l'elaborazione tomografica dei dati è stato utilizzato il software Rayfract della Intelligent Resources Inc. che si basa sul metodo di inversione WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*).

L'algoritmo di inversione utilizza per la modellizzazione della propagazione delle onde sismiche l'approccio basato sulle zone di Fresnel. A differenza dei metodi di *ray-tracing* che considerano la frequenza dell'impulso sismico infinita e utilizzano come modello di propagazione delle onde i raggi sismici ("*thin rays*"), questo metodo di inversione considera la frequenza dell'impulso finita (valuta, anche se in modo parziale, i fenomeni di diffrazione e dispersione) e rappresenta le traiettorie d'onda come fasci di raggi tridimensionali ("*fat rays*"), riproducendo una condizione maggiormente rappresentativa della realtà.

Il primo step di elaborazione, eseguito con il metodo Delta-t-V, consiste nel determinare in corrispondenza di ogni stazione (posizione dei ricevitori e degli spari) dello stendimento sismico un



profilo monodimensionale velocità/profondità direttamente ricavato dall'analisi dei tempi di primo arrivo.

L'algoritmo *smooth inversion* permette di calcolare un modello iniziale 1D mediando i valori di velocità ottenuti dai profili sopra citati ed estendendo lateralmente questi valori a tutta la sezione.

Lo step successivo consiste nell'elaborazione tomografica che permette di ottenere un modello bidimensionale del sottosuolo. L'inversione WET 2D ottimizza il modello iniziale attraverso un processo iterativo che minimizza i tempi residui, ossia la differenza tra tempi di arrivo misurati e tempi di arrivo calcolati per ottenere un modello quanto più possibile attendibile.

Risultati dell'elaborazione

Dal processo di inversione tomografica si ottengono il modello calcolato delle velocità delle onde sismiche P, le dromocrone osservate e calcolate, la copertura dei raggi sismici dello spazio indagato e il valore di RMS per ogni singola sezione elaborata.

Il modello di velocità è rappresentato attraverso interpolazione geometrica 2D (l'algoritmo utilizzato è il kriging) mediante il software Surfer. Per i modelli di velocità è stata scelta una opportuna scala colore con un range compreso tra i 400 m/sec e i 3000 m/sec. Il passaggio tra gli strati individuati è stato evidenziato con isolinee di velocità scelte ogni 200 m/sec.

Indagine MASW

Inversione delle curve di dispersione

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software WinMASW di EliaSoft, che consente, a partire dal sismogramma registrato in campagna, il calcolo delle curve di dispersione e tramite un processo di inversione l'ottenimento del profilo verticale V_s .

Risultati dell'elaborazione

Ogni sezione è stata rappresentata in una tavola che riporta il sismogramma prodotto dai 24 geofoni in fase di acquisizione dati, le curve delle velocità rapportate alla frequenza ed alla profondità del terreno, una tabella di calcolo delle V_s ed il valore finale di V_{s30} .



Indagine Down-Hole

Definizione dei tempi di primo arrivo

Il rilievo down-hole ha permesso la determinazione dei tempi di arrivo (arrivi diretti) dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S attraverso il software Intersism, analizzando i film sismici acquisiti per ogni traccia.

Costruzione della geometria di acquisizione

Il metodo utilizzato (metodo dell'intervallo) permette di ricavare le velocità dividendo la differenza tra due profondità e i tempi di arrivo rilevati. L'elaborazione dei dati e la redazione dei grafici è stata effettuata con il software Microsoft Excel 2007.

Calcolo dei moduli dinamici

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 dinamico

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

dove E rappresenta il modulo elastico di Young dinamico.

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 moduli dinamici sono stati calcolati tramite le formule in precedenza descritte, utilizzando i parametri velocità e densità. Si è deciso di adoperare una densità compresa tra 20 e 28 kN/m³.



Per il calcolo del V_{S30} è stata utilizzata la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., ovvero:

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

- h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
- V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
- N = Numero di strati

La Normativa Italiana (Decreto Ministeriale del 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni e S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/08), 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 classi di terreno ad 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	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

CLASSE	DESCRIZIONE
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

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.



RISULTATI DEL RILIEVO E CONCLUSIONI

L'indagine geofisica di tipo sismico in oggetto è stata realizzata al fine di caratterizzare porzioni di sottosuolo lungo il tracciato di progetto del I Lotto della Circonvallazione in località Fondotoce nel Comune di Verbania.

L'indagine geofisica è stata condotta secondo le modalità sopra descritte e costituita da 5 stendimenti di tipo sismico a rifrazione per onde P, uno stendimento acquisito con metodologia MASW e da una prova di tipo Down-Hole effettuata nel foro di sondaggio opportunamente attrezzato profondo 30 metri, denominato DH.PD.01.

In allegato sono riportate le seguenti tavole:

- Tav. 01: Planimetria con ubicazione delle linee di rilievo
- Tav. 02: Tomografia sismica a rifrazione Vp – Sezione tomografica, modello interpretativo Vp e ubicazione della stesa LS.PD.01
- Tav. 03: Tomografia sismica a rifrazione Vp – Sezioni tomografiche e modelli interpretativi Vp
- All. 01: Elaborati dell'indagine MASW.
- Interpretazione con metodo pseudo-intervallare dell'indagine in foro Down-Hole.

Si ricorda che la velocità sismica è un parametro che dipende dalle caratteristiche meccaniche del materiale quali: porosità, resistenza al taglio, compressibilità, quantità di fratture, saturazione.

Ai fini dell'interpretazione del rilievo geofisico è opportuno avere presente alcune delle osservazioni riguardanti le proprietà dei materiali:

- i materiali sciolti presentano valori di velocità inferiori rispetto a materiali lapidei;
- i materiali sciolti presentano velocità proporzionali al materiale costituente i grani e alla percentuale di vuoti;
- le velocità sono proporzionali in modo diretto allo stato di addensamento dei materiali.



Sismica a rifrazione onde P

L'elaborazione dei dati sismici ha portato all'individuazione delle seguenti unità:

- La prima unità, con valori di velocità P inferiori ai 1000 m/s (1500 m/s per la stesa LS.PD.01 in quanto tale unità si spinge fino a profondità maggiori ed è quindi necessario considerare l'effetto dell'addensamento del materiale), caratterizzata dalla presenza di materiale di copertura a vario grado di addensamento, crescente con la profondità.
- La seconda unità, con velocità P comprese tra 1000 m/s (1500 m/s per LS.PD.01) e 3300 m/s, tipiche di un mezzo consolidato roccioso, con grado di alterazione/fratturazione decrescente all'aumentare dei valori di velocità di propagazione delle onde sismiche.
- La terza unità, con velocità P superiori a 3300 m/s, interpretabile come substrato roccioso compatto, caratterizzato da basso o nullo grado di alterazione/fratturazione.

LS.PD.01

La superficie di separazione tra le prime due unità è stata individuata grazie alla presenza di un rifrattore che si colloca a profondità varie e comprese tra circa 3 metri (nella porzione finale della stesa) e circa 20 metri nella parte iniziale.

La superficie di separazione tra la seconda e la terza unità è stata invece individuata in funzione di un gradiente molto marcato delle isolinee di velocità e si colloca generalmente a profondità maggiori di circa 5-7 metri rispetto al limite tra le prime due unità (10-12 metri da p.c.).

LS.PD.02-03-04-05

La superficie di separazione tra le prime due unità è stata individuata grazie alla presenza di un rifrattore che si colloca a profondità contenute e comprese generalmente entro 5-8 metri dal piano campagna. Tale limite è spesso affiorante rispetto alla superficie topografica quando non assente, come nel caso dello stendimento LS.PD.02.

La superficie di separazione tra la seconda e la terza unità è stata invece individuata in funzione di un gradiente molto marcato delle isolinee di velocità e si colloca a profondità molto variabili rispetto al piano campagna. In particolare nella linea LS.PD.02 si attesta ad una profondità di circa 10 m e risulta affiorante in corrispondenza del geofono G3. Negli stendimenti LS.PD.03 ed LS.PD.04 se ne osserva un andamento piuttosto irregolare con massimi di profondità prossimi a 20



m da piano campagna. In LS.PD.05 infine, il limite in oggetto si colloca circa stabilmente ad una quota prossima a 15 m di profondità lungo tutto lo stendimento.

La registrazione di valori di V_p molto alti (superiori a 4000 m/s) a profondità relativamente contenute, può rappresentare la testimonianza di un netto miglioramento delle proprietà meccaniche del mezzo in funzione di un abbattimento del grado di alterazione/fratturazione dello stesso o al passaggio graduale ad un litotipo differente.

In conclusione l'indagine ha permesso di evidenziare la presenza di un mezzo dalle buone caratteristiche di resistenza meccanica sub-affiorante o comunque a partire da pochi metri da piano campagna, in tutte le zone indagate; in particolare la presenza di velocità delle onde sismiche elevate già a pochi metri di profondità, che raggiungono picchi oltre 4000 m/s per V_p , attestano la presenza di un substrato lapideo compatto, poco fratturato o alterato.

Indagine MASW

I risultati ottenuti consentono di evidenziare un mezzo costituito nei primi 10 metri da materiale poco consistente (velocità delle onde S intorno a 130 m/s) al di sopra di un mezzo più veloce (V_s intorno a 330 m/s) che si estende fino a circa 15 metri da p.c.

A tale profondità è stato riscontrato il passaggio ad un mezzo “veloce”, maggiormente addensato e dalle migliori proprietà di resistenza meccanica: le velocità delle onde S sono risultate infatti superiori a 1000 m/s da qui fino alle massime profondità indagate (poco oltre i 30 metri).

Il risultato finale dell'indagine è pertanto molto dettagliato per quanto riguarda i primi trenta metri di profondità e permette di evidenziare la presenza del bedrock sismico a partire da circa 15 metri da piano campagna.

Dall'applicazione della formula riportata nel paragrafo precedente si è ricavato quanto segue:

- MASW MA.PD.01: $V_{s30} = 283 \text{ m/s}$;

In riferimento al Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Norme Tecniche per le costruzioni) e alla Successiva Ordinanza n. 30 riportante alla G.U. n. 29 del 04/02/08), il sito in esame si colloca all'interno della fascia E, che fornisce la seguente descrizione del terreno generalmente incontrato:



Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S30} > 800$ m/s).

Indagine Down-Hole

Il risultato della prova Down-hole è illustrato nelle tabelle e nei grafici allegati, in cui vengono riportati gli andamenti dei seguenti parametri con la profondità:

- V_p : velocità di pseudointervallo (quella tra due impulsi successivi) delle onde P (m/s)
- V_s : velocità di pseudointervallo delle onde S (m/s)
- ν : coefficiente di Poisson dinamico
- E : modulo elastico di Young dinamico (MPa)
- G : modulo di taglio dinamico (MPa)
- γ : densità (kN/m^3)

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.

Dall'applicazione della formula riportata nel paragrafo precedente si è ricavato quanto segue:

- Down-Hole DH.PD.01: $V_{S30} = 888$ m/s;

Il valore di V_{S30} è stato calcolato escludendo il primo metro di riporto, come suggerito dalla normativa in materia. Il valore risultante concorda con la stratigrafia del sottosuolo ricavata dal sondaggio geognostico e contribuisce a definire l'andamento dei parametri geotecnici dinamici E e G che caratterizzano il terreno.

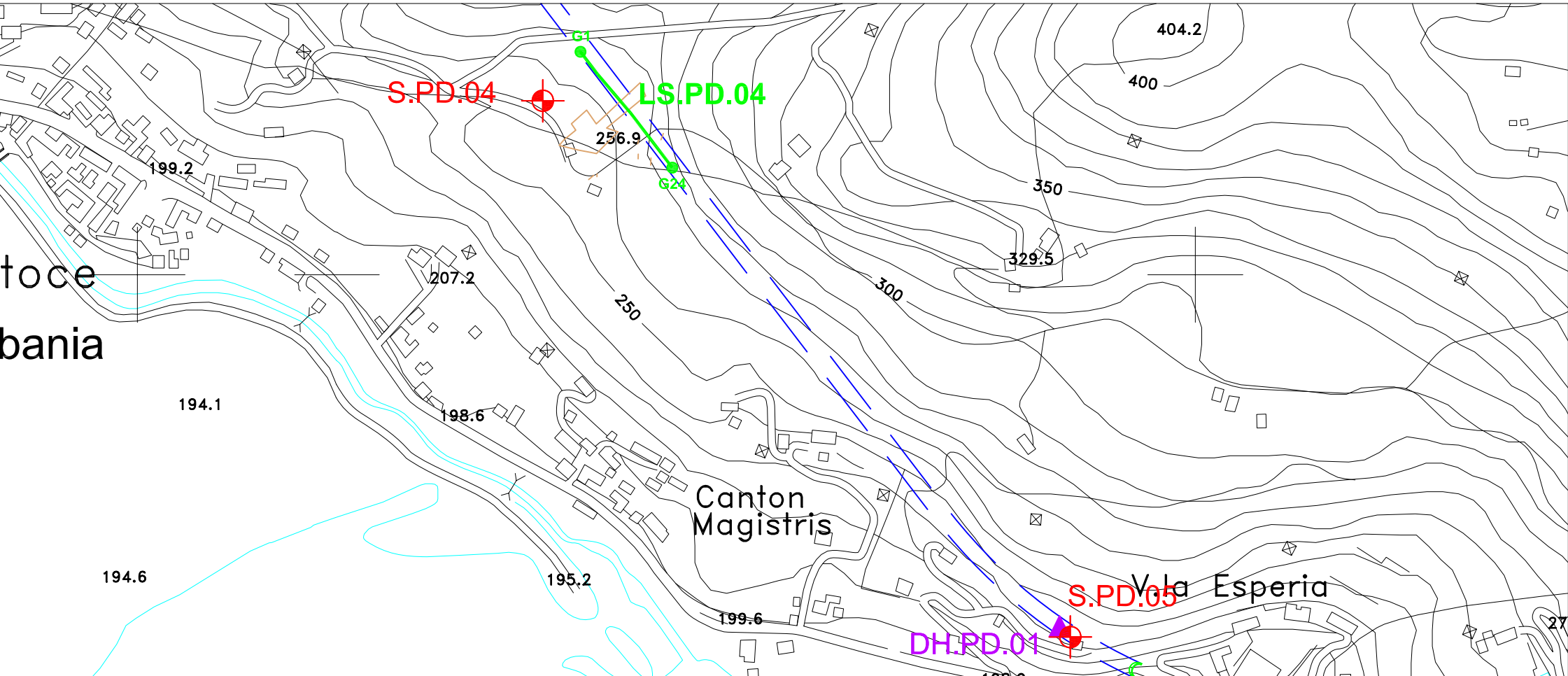
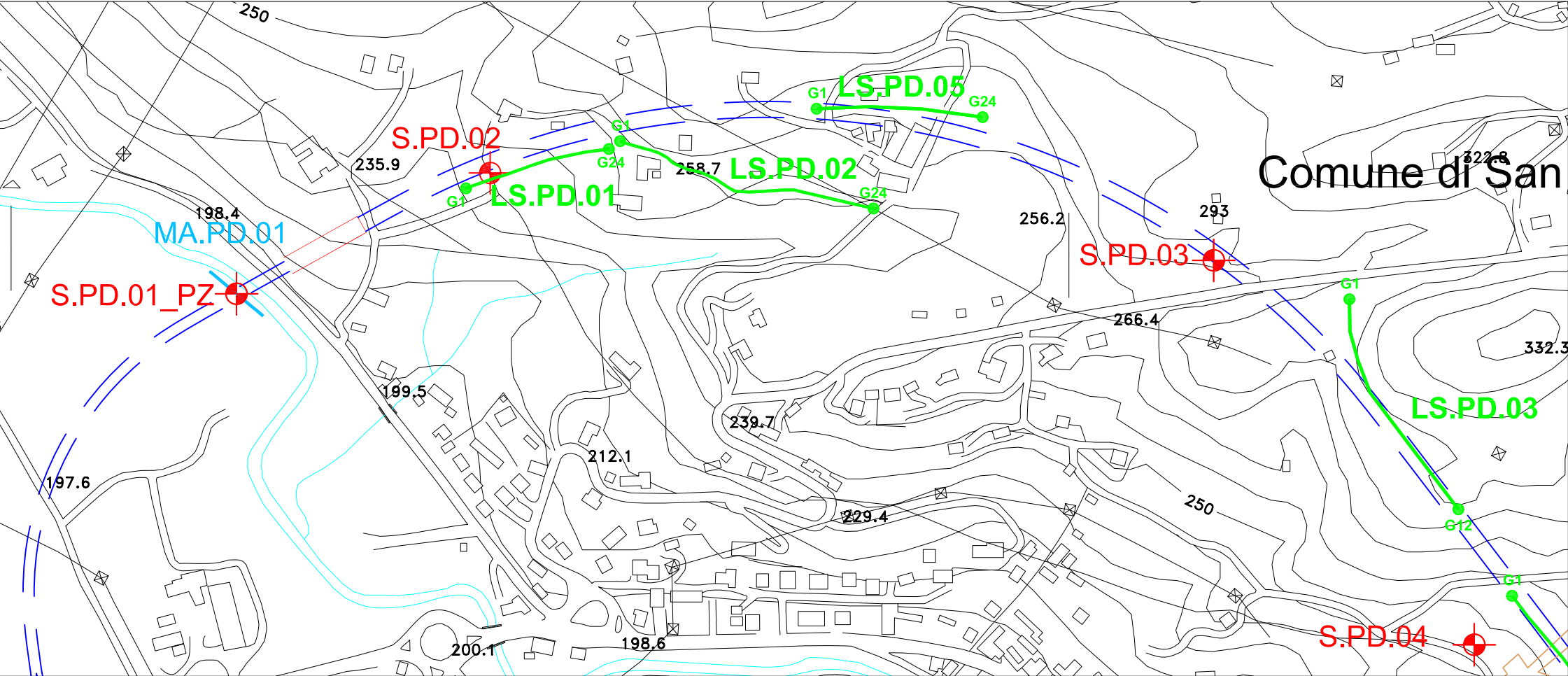
In riferimento al Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Norme Tecniche per le costruzioni) e alla Successiva Ordinanza n. 30 riportante alla G.U. n. 29 del 04/02/08), il sito in esame si colloca all'interno della fascia A, che fornisce la seguente descrizione del terreno generalmente incontrato:








Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

ALLEGATI

POSIZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



LEGENDA

-  **S.PD.01** Posizione sondaggi
-  **LS.PD.02** Posizione linee di rilievo in tomografia sismica a rifrazione
-  **G1** Posizione ricevitori
-  **MA.PD.01** Posizione linee di indagine di tipo MASW
-  **DH.PD.01** Posizione indagine down-hole

Scala 1:500

Regione Lombardia
Provincia del Verbano Cusio Ossola
Comune di Verbania

**I Lotto Circonvallazione
ESECUZIONE DI INDAGINE GEOFISICA
IN COMUNE DI VERBANIA**

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE
DELLE INDAGINI

Committente

A&K Ingegneria geotecnica



Via Donati, 14
20121 Torino
Tel. : 011 3975464
Fax : 011 3496506
www.citiemme.org

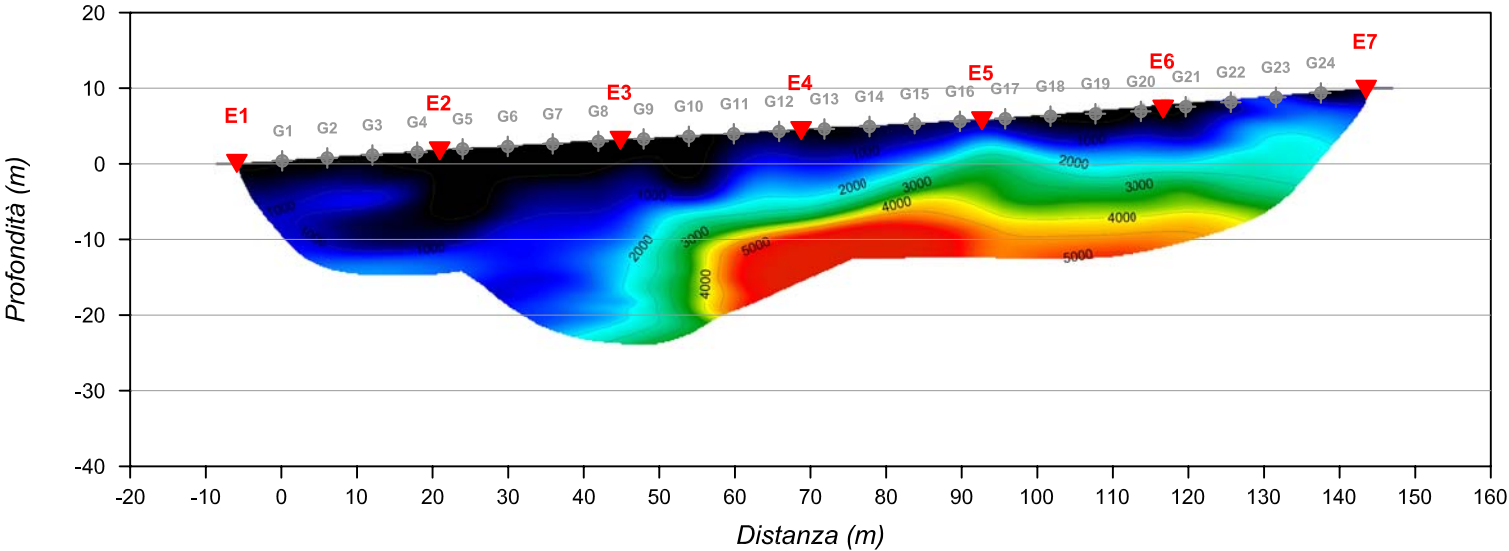
Tavola

01

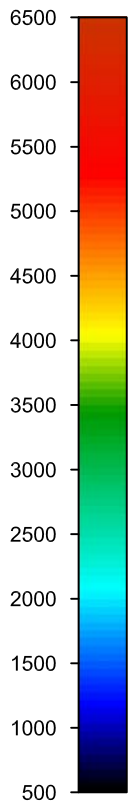
**INDAGINE GEOFISICA
SISMICA A RIFRAZIONE**

LS.PD.01

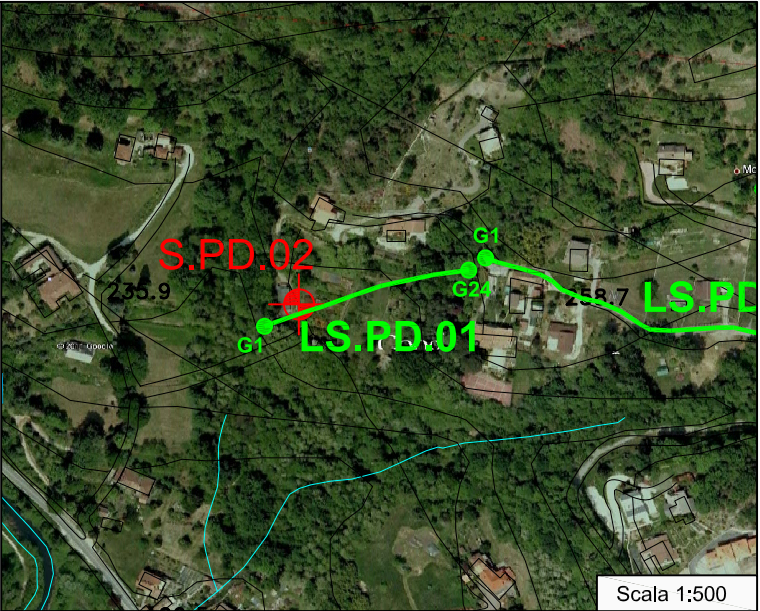
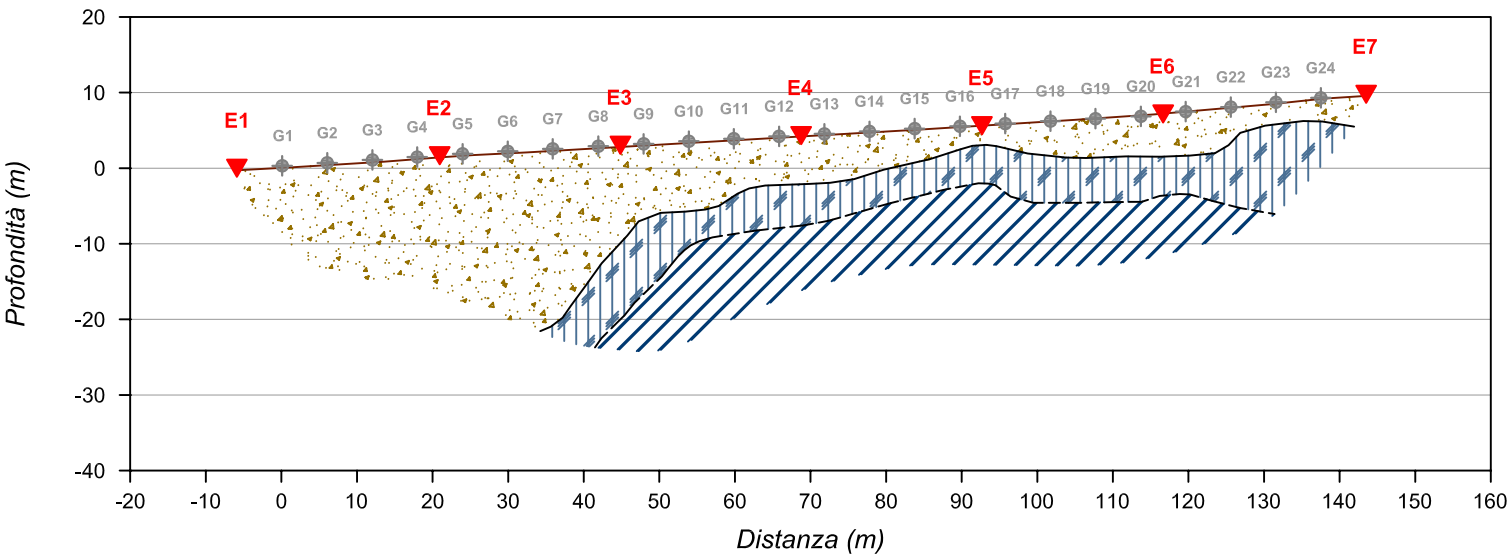
SEZIONE TOMOGRAFICA Vp



Velocità Onde P
(m/s)



MODELLO INTERPRETATIVO



LEGENDA

- S.PD.02** Posizione sondaggi
- LS.PD.01** Posizione linee di rilievo in tomografia sismica a rifrazione
- G1** Posizione ricevitori
- E1** Posizione punti di energizzazione
- G1** Posizione punti di ricezione
- Materiali di copertura a vario grado di addensamento
Velocità Onde P: < 1500 m/sec
- Substrato roccioso tipo "A"
Velocità Onde P: 1500 - 3300 m/sec
- Substrato roccioso tipo "B"
Velocità Onde P: > 3300 m/sec

Scala 1:1000

Regione Lombardia
Provincia del Verbano Cusio Ossola
Comune di Verbania

**I Lotto Circonvallazione
ESECUZIONE DI INDAGINE GEOFISICA
IN COMUNE DI VERBANIA**

**TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE Vp
Sezione, modello interpretativo e ubicazione
LS.PD.01**

Committente

A&K Ingegneria geotecnica



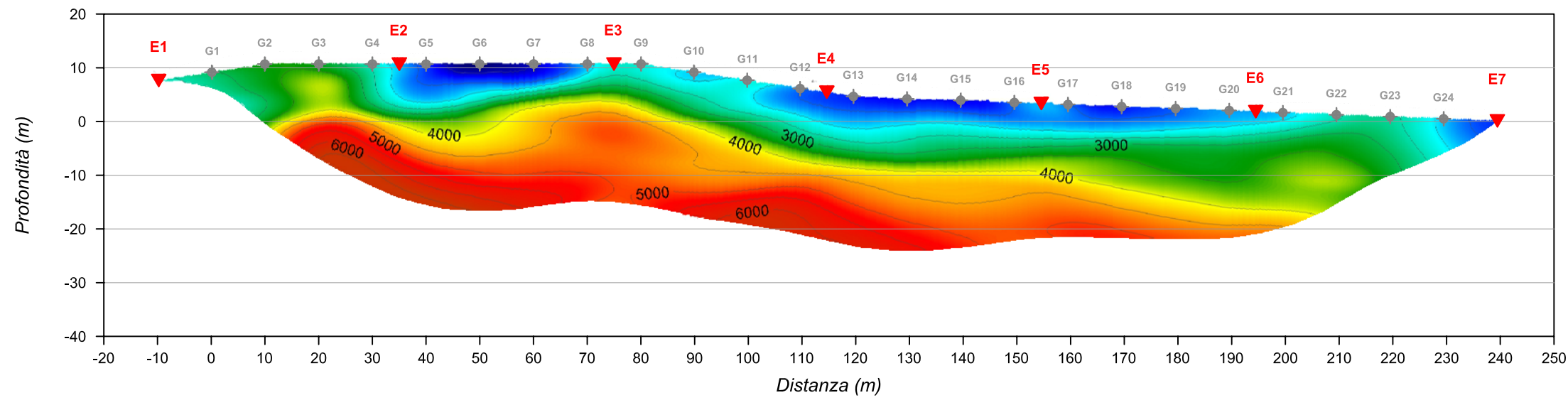
Via Donati, 14
20121 Torino
Tel. : 011 3975464
Fax : 011 3496506
www.citiemme.org

Tavola

02

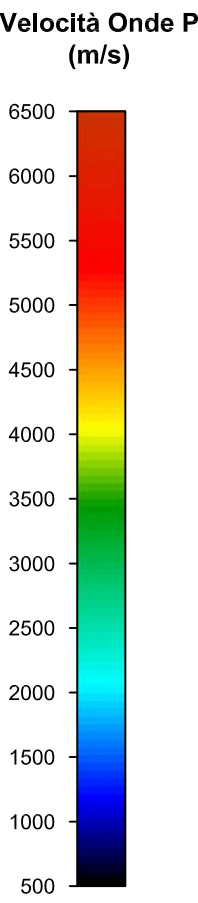
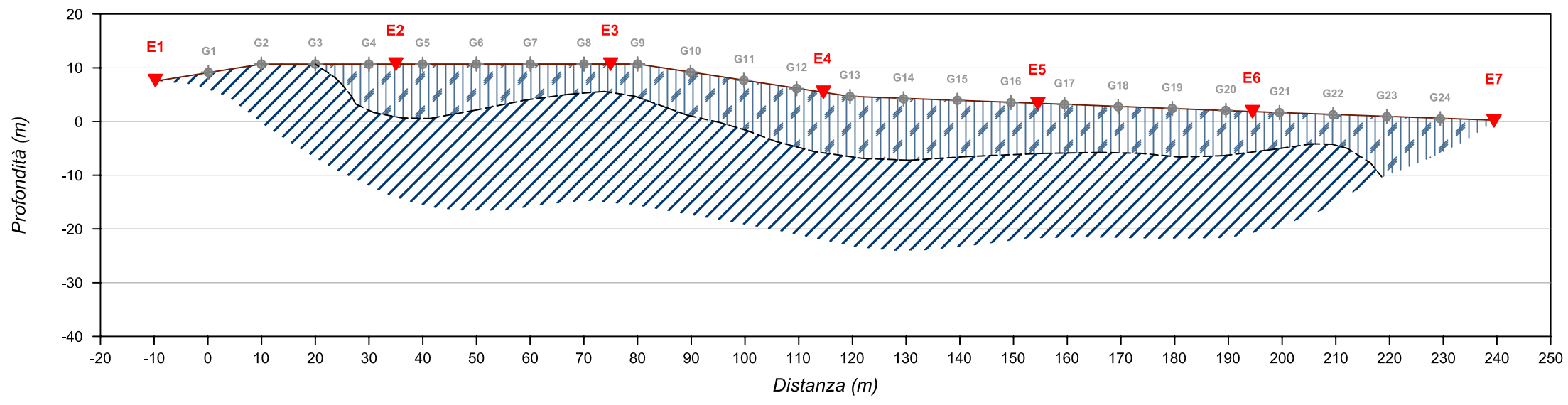
SEZIONI TOMOGRAFICHE Vp

LINEA LS.PD.02

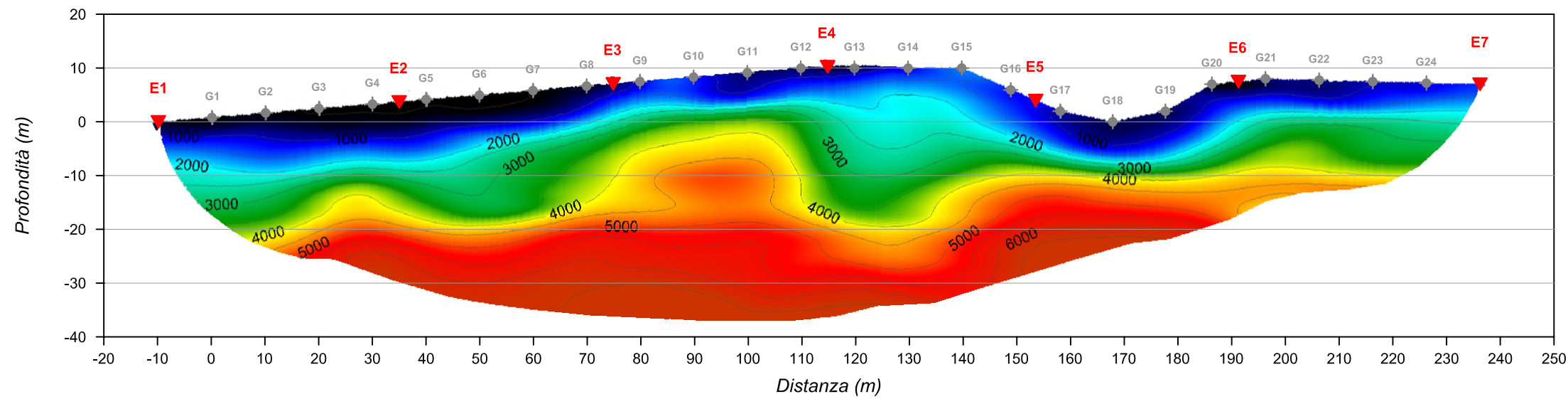


MODELLI INTERPRETATIVI

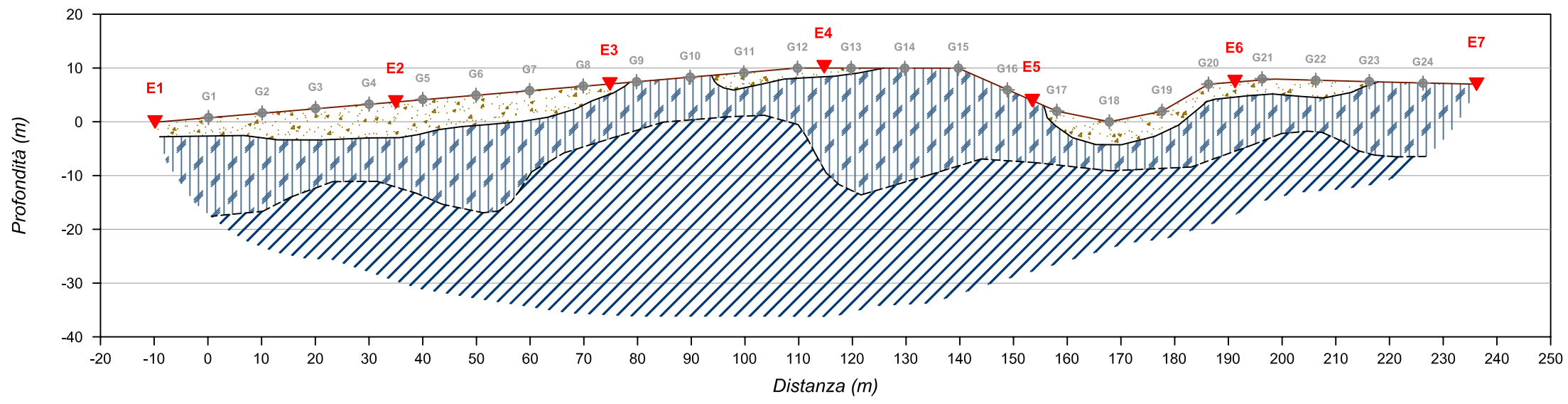
LINEA LS.PD.02



LINEA LS.PD.03



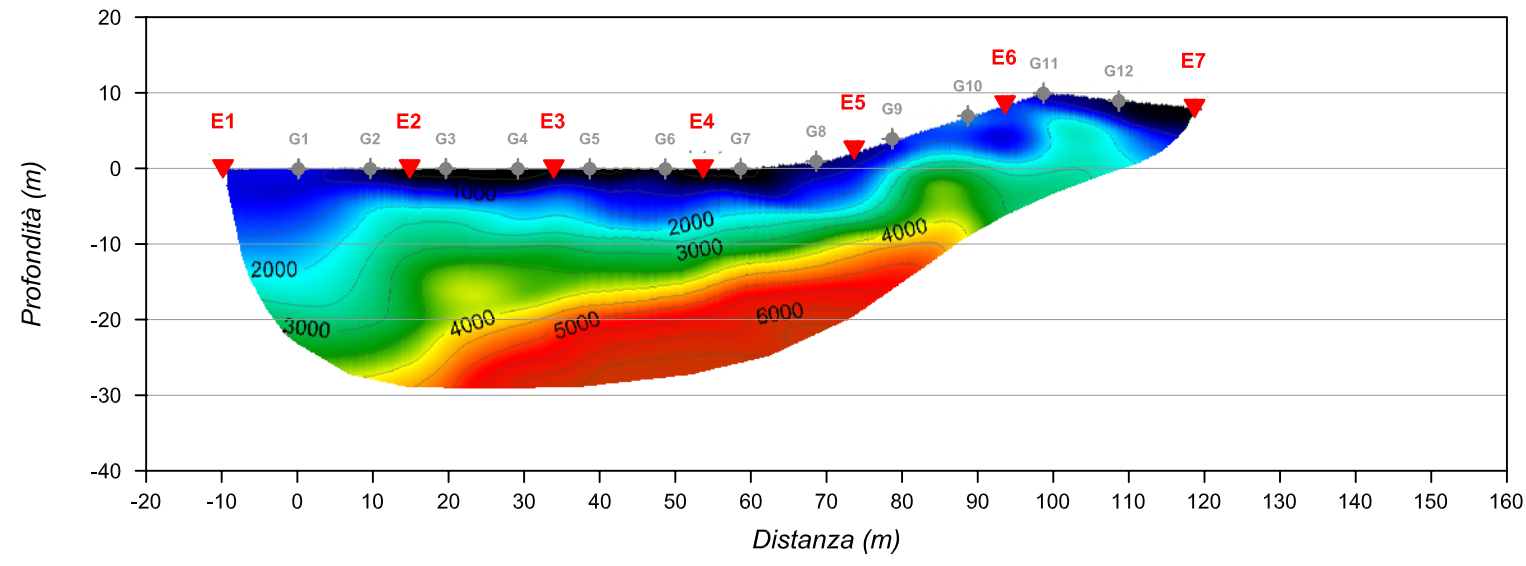
LINEA LS.PD.03



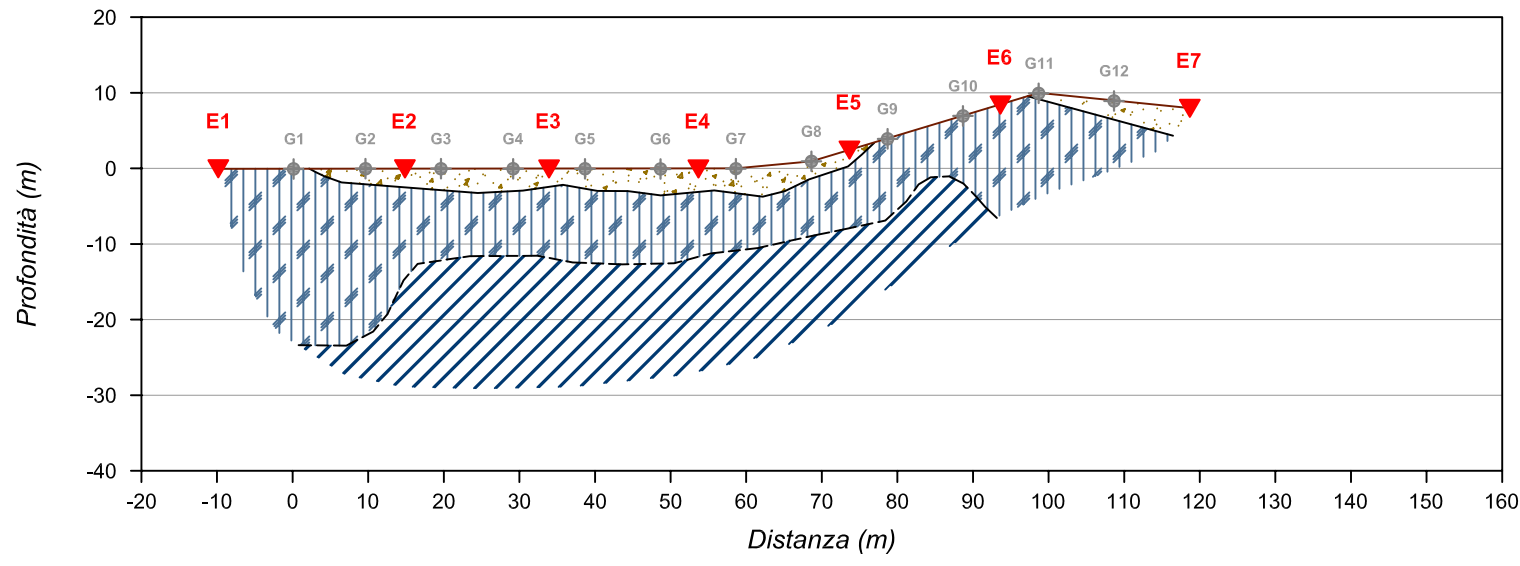
LEGENDA

- E1** Posizione punti di energizzazione
- G1** Posizione punti di ricezione
- Materiali di copertura
Velocità Onde P: < 1000 m/sec
- Substrato roccioso tipo "A"
Velocità Onde P: 1000 - 3300 m/sec
- Substrato roccioso tipo "B"
Velocità Onde P: > 3300 m/sec

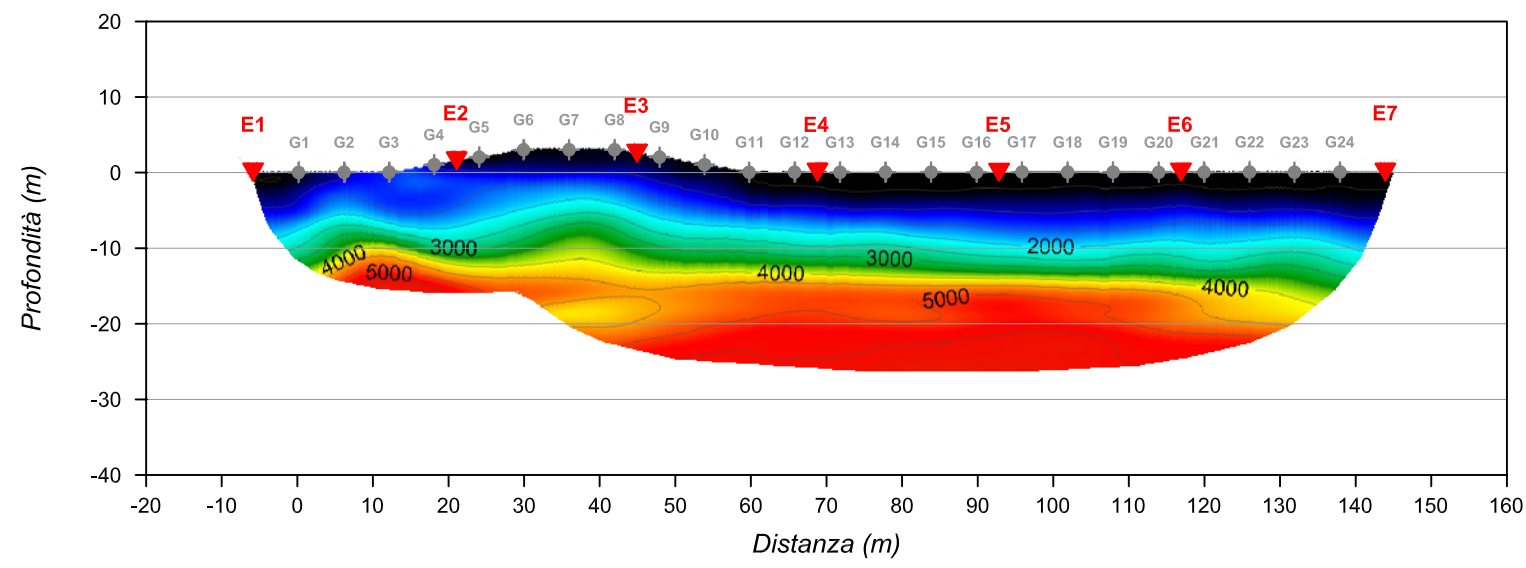
LINEA LS.PD.04



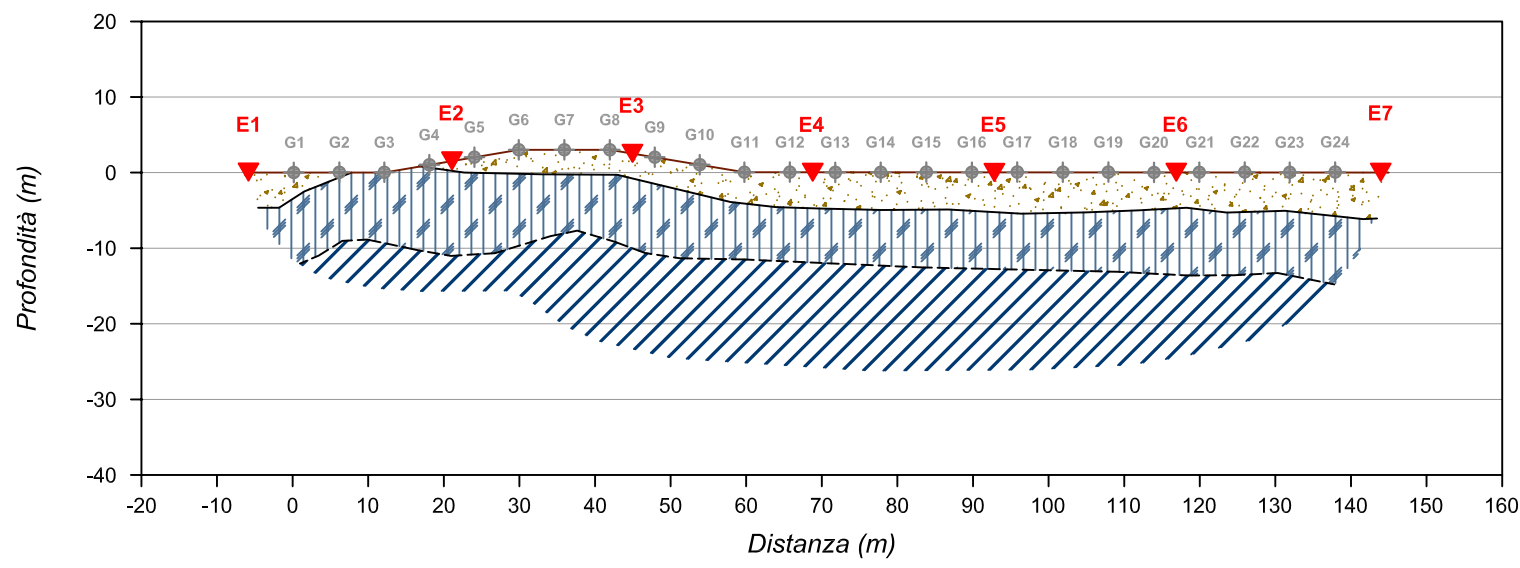
LINEA LS.PD.04



LINEA LS.PD.05



LINEA LS.PD.05




REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
COMUNE DI VERBANIA

I Lotto Circonvallazione
ESECUZIONE DI INDAGINE GEOFISICA
IN COMUNE DI VERBANIA

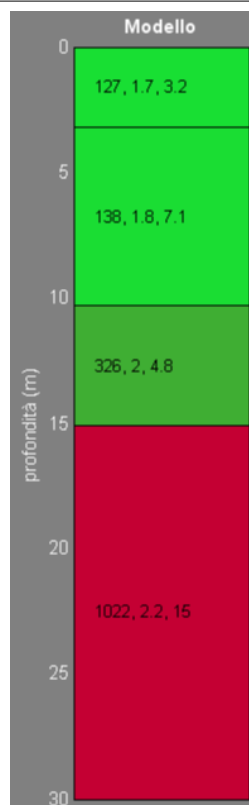
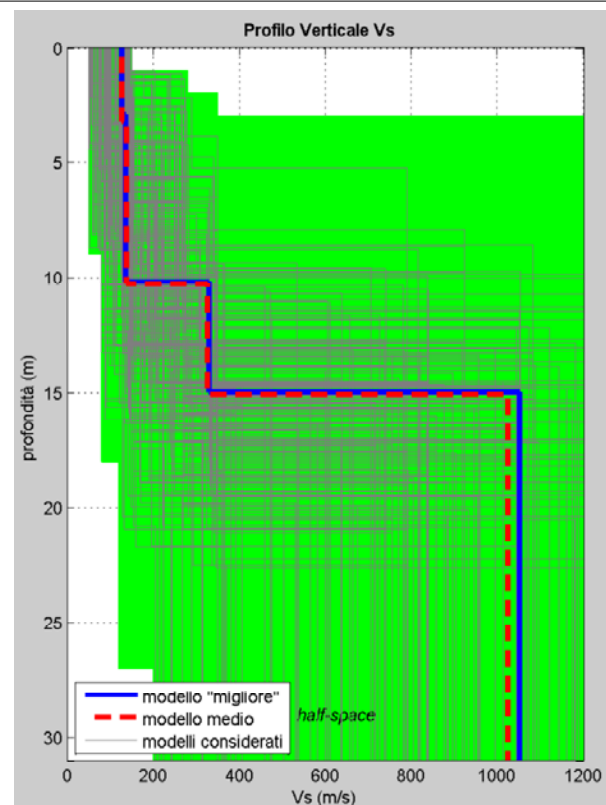
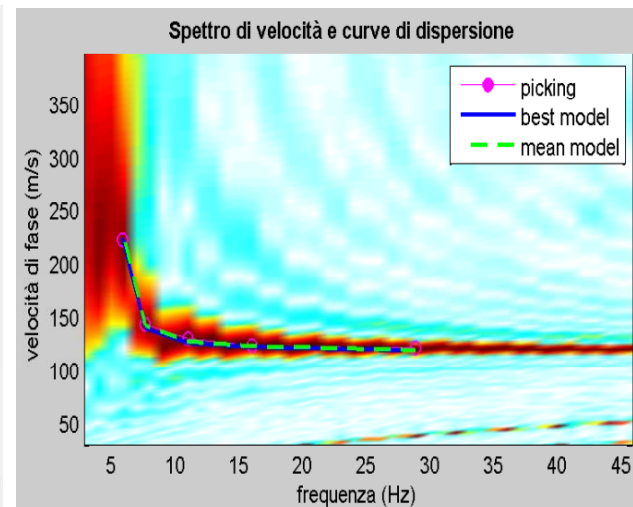
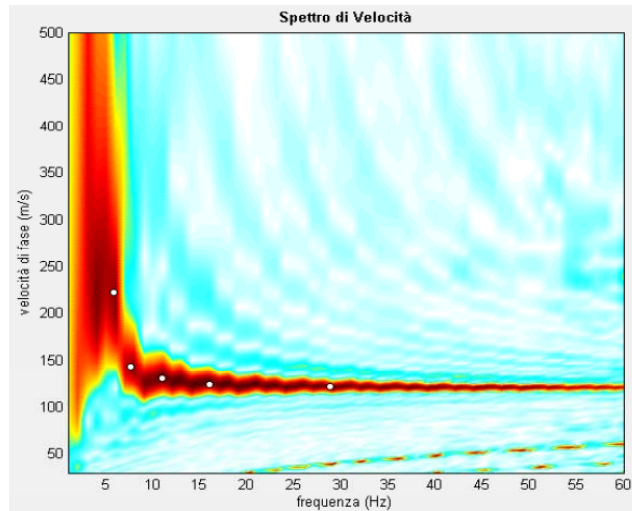
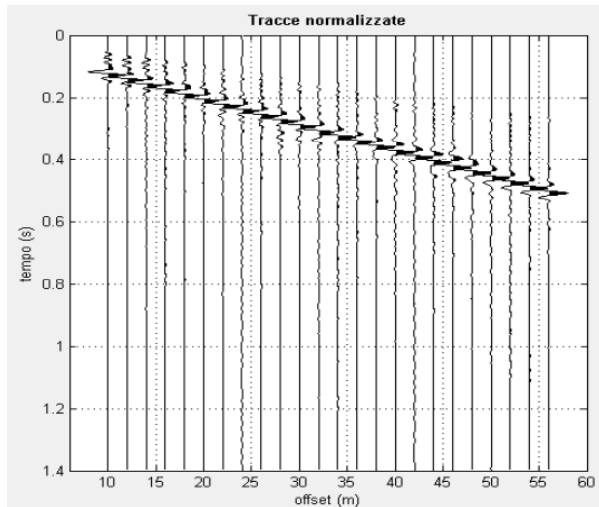


TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE Vp

Sezioni e modelli interpretativi

Committente	Scala
A&K Ingegneria geotecnica	1:1000
	Tavola
Via Donati, 14 20121 Torino Tel. : 011 3975464 Fax : 011 3496506 www.citiemme.org	03

INDAGINE GEOFISICA
MASW



Legenda

Velocità, (m/s)	densità, (gr/cm3)	spessore (m)
--------------------	----------------------	-----------------

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs
0	3.2	127
3.2	10.3	138
10.3	15.1	326
15.1	30.0	1022

VS30 = 283 m/s

PROVA SISMICA VS30

Comune di Verbania

A&K Ingegneria geotecnica s.r.l.

Metodologia MASW

**VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA MASW**

All. 01

Gennaio 2012



**INDAGINE GEOFISICA
DOWN-HOLE**

**PROVE DOWN-HOLE
INTERPRETAZIONE CON METODO PSEUDO-INTERVALLARE**

Committente	A-K
Località	Fondotoce - Verbania
Data	15/02/12
Commessa	12-004

SONDAGGIO

DH.PD.01

PARAMETRI MISURATI E CALCOLATI

Offset (m)	1.5
------------	-----

Profondità	ONDE P		ONDE S		Rapporto Vp/Vs	Densità (γ)	Coefficiente di Poisson (ν)	Modulo di Young (E)	Modulo di taglio (G)
	Tempo (Tp)	Velocità (Vp)	Tempo (Ts)	Velocità (Vs)					
m	s	m/s	s	m/s		kN/m ³		Mpa	Mpa
-1.0	0.0027	663	0.0045	300	2.2	18.0	0.37	453	165
-2.0	0.0040	544	0.0071	265	2.0	18.0	0.34	347	129
-3.0	0.0052	719	0.0105	255	2.8	18.0	0.43	342	120
-4.0	0.0058	1486	0.0116	801	1.9	21.0	0.30	3559	1374
-5.0	0.0064	1549	0.0126	918	1.7	21.0	0.23	4435	1804
-6.0	0.0070	1699	0.0137	931	1.8	21.0	0.29	4773	1856
-7.0	0.0075	1791	0.0147	986	1.8	21.0	0.28	5338	2081
-8.0	0.0081	1848	0.0157	926	2.0	21.0	0.33	4891	1835
-9.0	0.0086	1886	0.0168	944	2.0	21.0	0.33	5089	1909
-10.0	0.0091	1912	0.0178	957	2.0	21.0	0.33	5226	1960
-11.0	0.0096	1930	0.0188	966	2.0	21.0	0.33	5324	1997
-12.0	0.0102	1771	0.0199	886	2.0	21.0	0.33	4482	1681
-13.0	0.0107	1779	0.0211	890	2.0	21.0	0.33	4522	1696
-14.0	0.0112	1961	0.0221	981	2.0	21.0	0.33	5490	2059
-15.0	0.0117	1967	0.0231	984	2.0	21.0	0.33	5523	2071
-16.0	0.0122	1972	0.0241	986	2.0	21.0	0.33	5549	2081
-17.0	0.0128	1975	0.0251	988	2.0	21.0	0.33	5570	2089
-18.0	0.0133	1978	0.0261	989	2.0	21.0	0.33	5588	2095
-19.0	0.0138	1981	0.0271	991	2.0	21.0	0.33	5602	2101
-20.0	0.0143	1983	0.0281	992	2.0	21.0	0.33	5614	2105
-21.0	0.0148	1985	0.0291	993	2.0	21.0	0.33	5624	2109
-22.0	0.0153	1987	0.0301	993	2.0	21.0	0.33	5633	2112
-23.0	0.0157	2481	0.0310	1104	2.2	21.0	0.38	7180	2608
-24.0	0.0161	2483	0.0319	1104	2.2	21.0	0.38	7189	2611
-25.0	0.0165	2485	0.0327	1242	2.0	21.0	0.33	8810	3304
-26.0	0.0169	2486	0.0336	1106	2.2	21.0	0.38	7205	2617
-27.0	0.0173	2487	0.0345	1106	2.2	21.0	0.38	7211	2619
-28.0	0.0177	2488	0.0353	1244	2.0	21.0	0.33	8836	3313
-29.0	0.0181	2489	0.0363	1107	2.2	21.0	0.38	7221	2623
-30.0	0.0185	2490	0.0372	1107	2.2	21.0	0.38	7225	2624

Vs30 (m/s)

888

**Categoria di
sottosuolo**

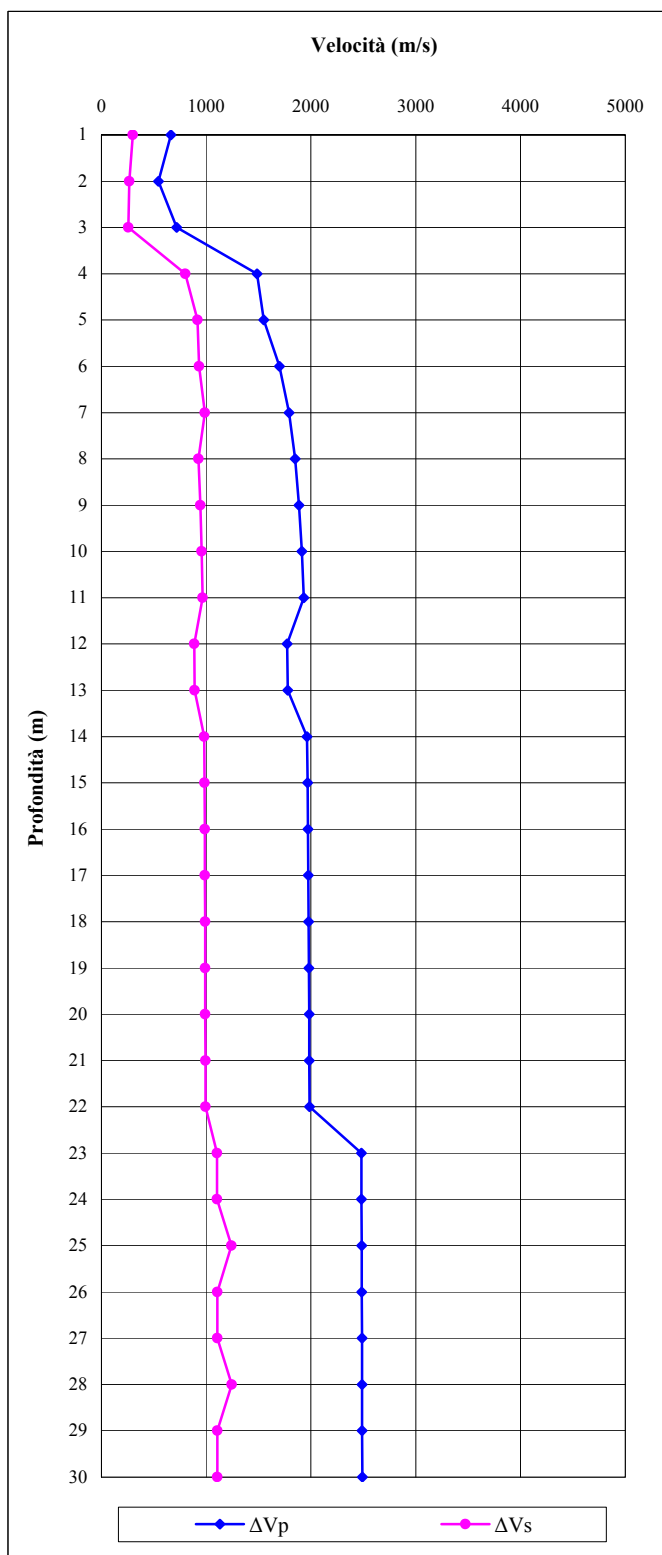
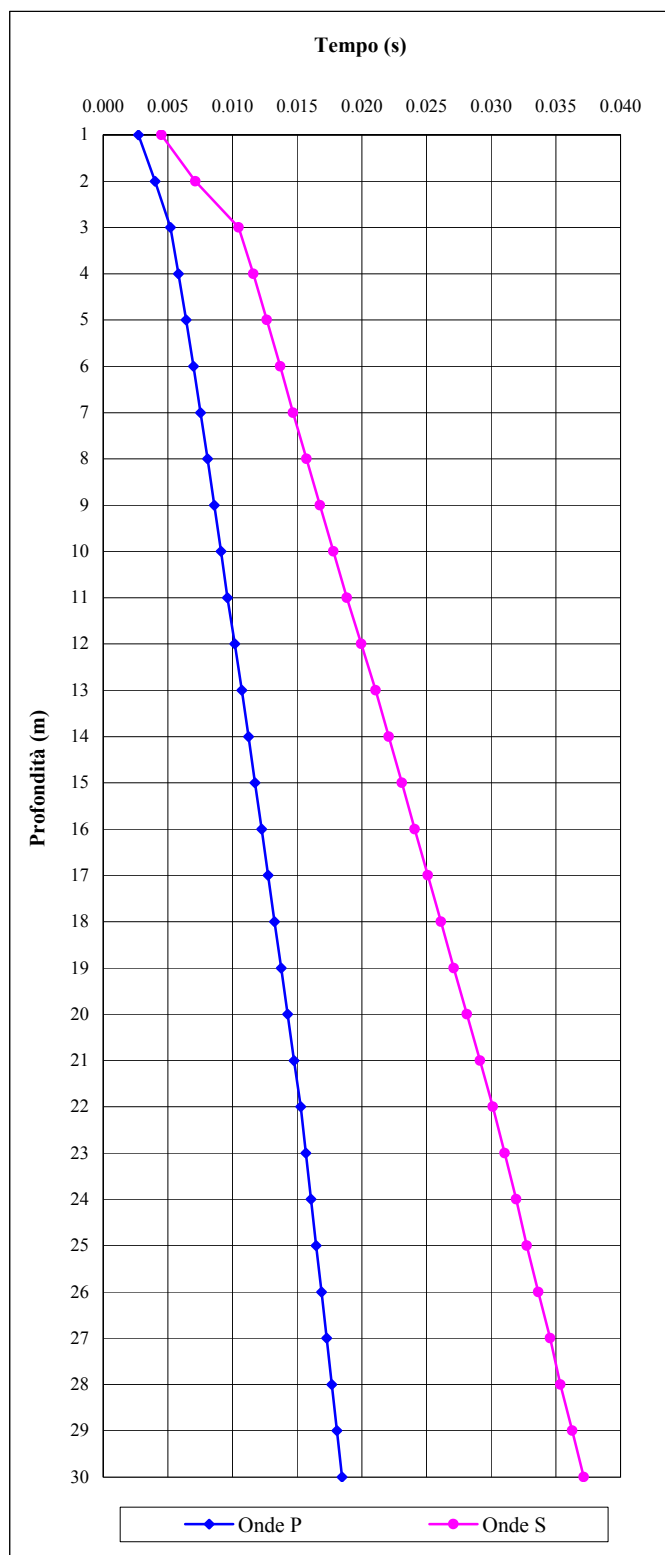
A

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Committente	A-K
Località	Fondotoce - Verbania
Data	15/02/12
Commessa	12-004

SONDAGGIO	DH.PD.01
-----------	----------

TEMPI	VELOCITA'
-------	-----------

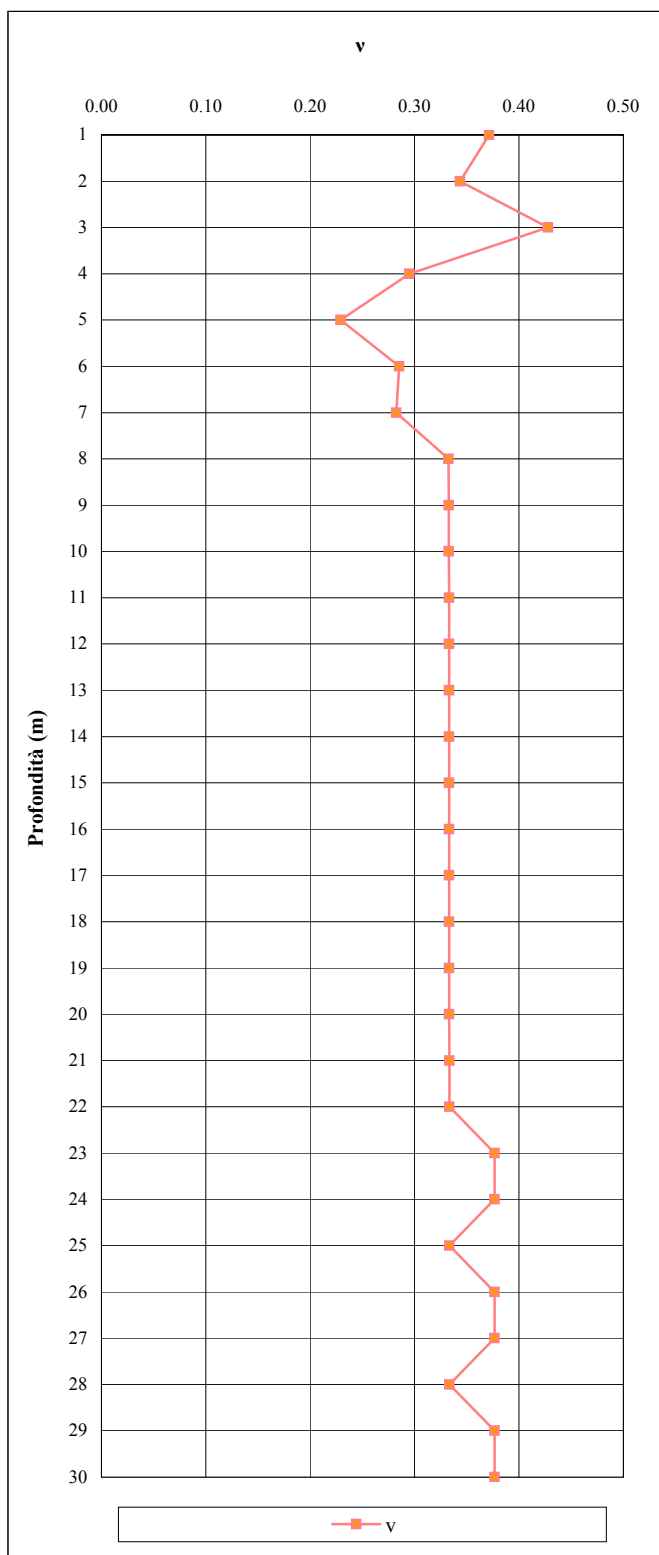
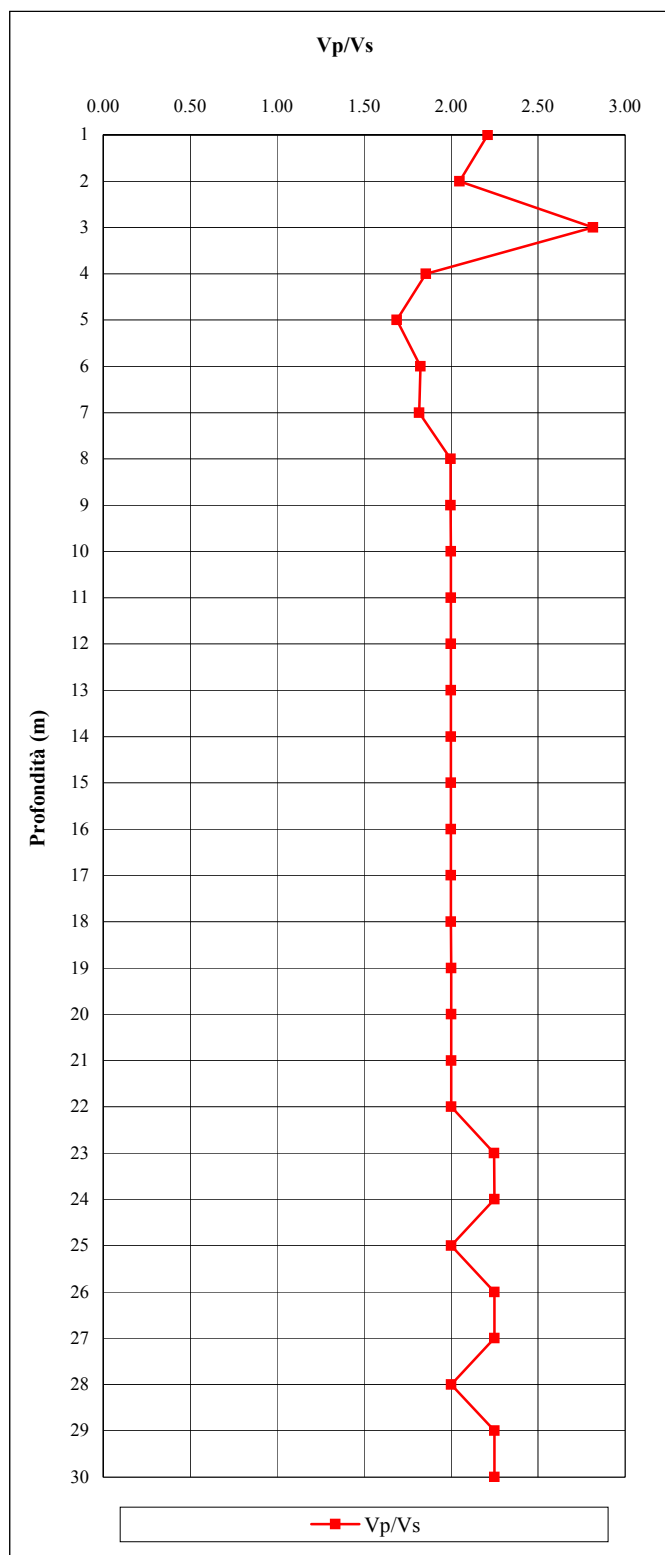


Committente	A-K
Località	Fondotoce - Verbania
Data	15/02/12
Commessa	12-004

SONDAGGIO	DH.PD.01
------------------	-----------------

RAPPORTO V_p/V_s

COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO

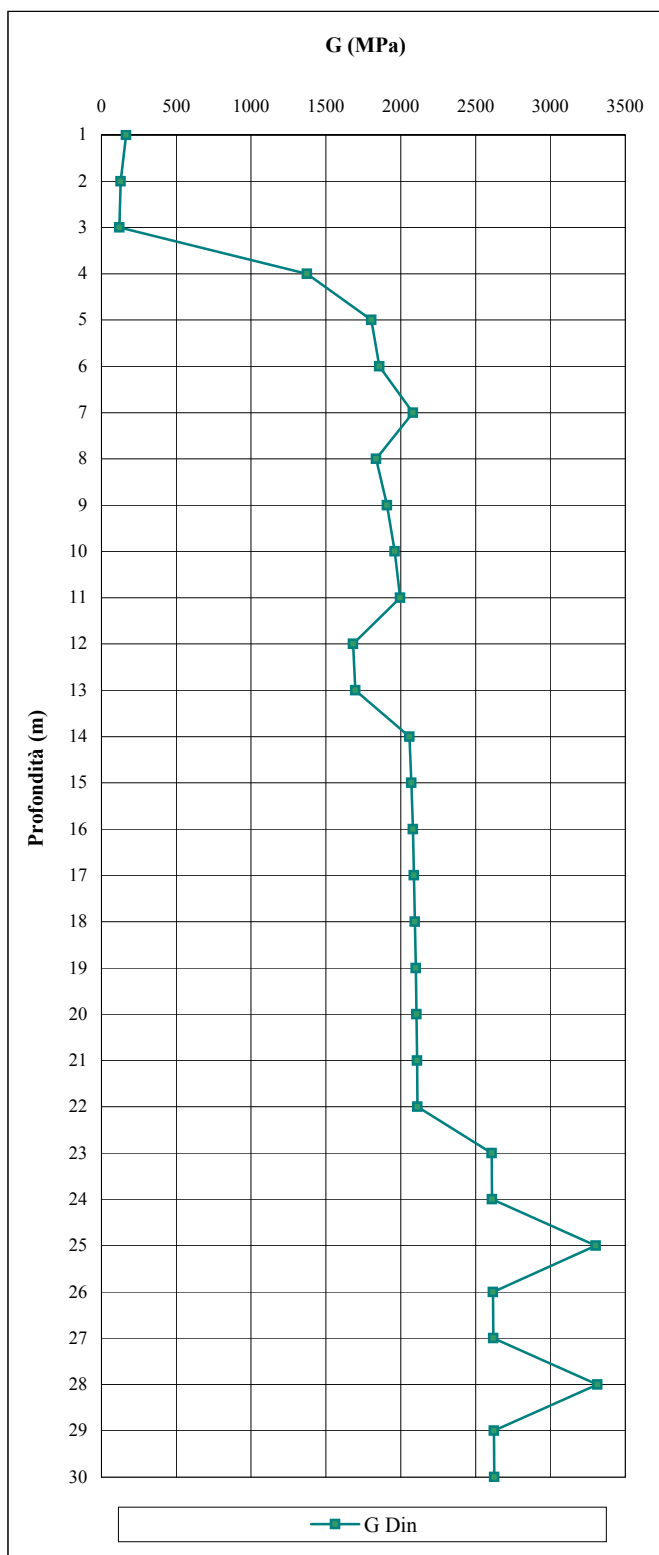
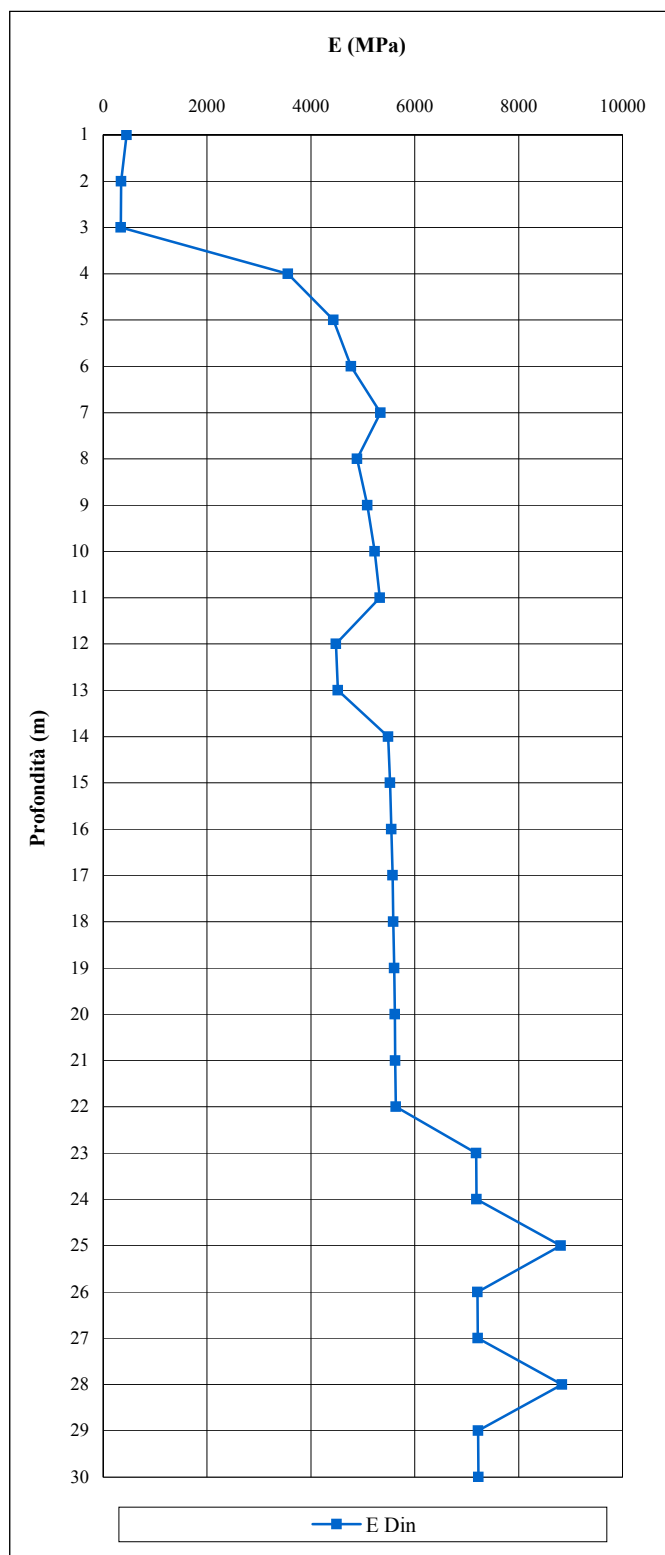


Committente	A-K
Località	Fondotoce - Verbania
Data	15/02/12
Commessa	12-004

SONDAGGIO	DH.PD.01
------------------	-----------------

MODULO DI YOUNG DINAMICO

MODULO DI TAGLIO DINAMICO



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

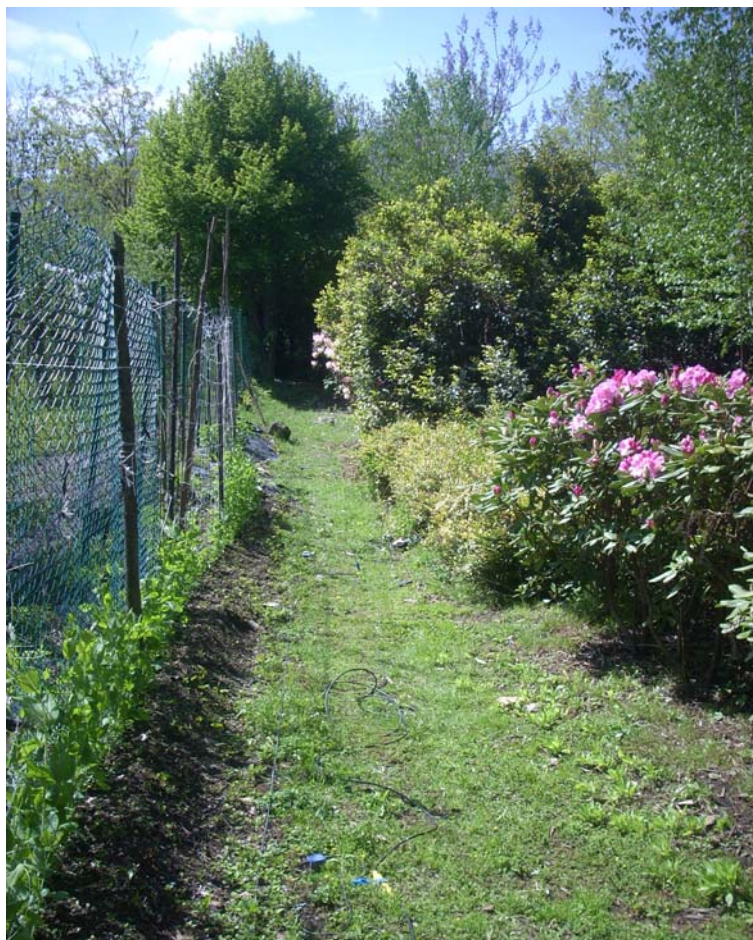


Figura 1. Stendimento con metodologia sismica a rifrazione LS.PD.01



Figura 2. Stendimento con metodologia sismica a rifrazione LS.PD.02



Figura 3. Stendimento con metodologia sismica a rifrazione LS.PD.03



Figura 4. Stendimento con metodologia sismica a rifrazione LS.PD.04



Figura 5. Stendimento con metodologia sismica a rifrazione LS.PD.05



Figura 6. Indagine con metodologia Down-Hole DH.PD.01



Figura 7. Stendimento con metodologia MASW MA.PD.01



Figura 8. Strumentazione indagine: Pc e sismografo