

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J94J17000040001

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA BOLZANO – MERANO

REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N B 1 D 0 1 D 6 9 S G G E 0 0 0 5 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Reale		G. Penna		C. Mazzocchi		
		F. Gerbasi		S. Rodani				

File:

n. Elab.:

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. SONDAGGI GEOGNOSTICI	4
1.1 UBICAZIONE	4
1.2 ATTREZZATURE E PROCEDURE OPERATIVE DI PERFORAZIONE	5
1.3 GEOLOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE	6
1.4 CAMPIONAMENTO	6
1.5 PROVE IN SITU	8
1.5.1 <i>Prove penetrometriche dinamiche SPT</i>	8
1.5.2 <i>Prove di permeabilità</i>	11
1.6 CONDIZIONAMENTO DEI FORI	13
1.6.1 <i>Piezometro a tubo aperto, tipo Norton 3''</i>	13
1.6.2 <i>Tubo in PVC per prospezione sismica in foro (Down-Hole)</i>	14

ALLEGATI

ALL. 1	BH5 BOLZANO DH 50 m (Stratigrafia, Report fotografico, Prova pressiométrica)
ALL. 2	BH6 BOLZANO PZ 50 m (Stratigrafia, Report fotografico, Prove Lefranc, Prova pressiométrica)

INTRODUZIONE

Nell'ambito dello sviluppo del Progetto per la realizzazione del nuovo tunnel ferroviario del Virgolo nel comune di Bolzano, la Società ITALFERR S.p.A. ha incaricato la società GEOTEC S.p.A, di eseguire indagini geognostiche e prove in sito.

Scopo delle indagini è la ricostruzione della successione stratigrafica del sottosuolo e le caratteristiche litotecniche dei terreni ivi presenti.

La campagna indagini è stata articolata in:

- esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- esecuzione di prove dinamiche in foro tipo S.P.T.;
- esecuzione di prove di permeabilità del tipo Lefranc;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per successive analisi di laboratorio;
- installazione di piezometri tipo Norton a tubo aperto da 3”;
- installazione di tubi in PVC da 3” per successive prospezioni sismiche in foro (Down-Hole).

SOND.	Z	STRUM. INSTALLATA	SPT	CAMP. RIM.	PROVA PERM. (LEFRANC CV)	PROVA PRESSIOMETRICA	DATA		WGS 84		QUOTA m s.l.m.
							INIZIO	FINE	EST	NORD	
-	(m)		n°	n°	n°	n°					
BH5	50	DH 3”	13	15	-	1	16/01/2019	29/01/2019	11°21'12.59”	46°29'36.79”	264,5
BH6	50	PZ Norton 3”	14	25	3	1	27/11/2018	06/12/2018	11°21'17.71”	46°29'39.50”	263,2

Il presente elaborato riporta le risultanze delle indagini effettuate, esplicandone le procedure e le modalità operative seguite in fase esecutiva. Fornisce, altresì, i dati tecnici sui mezzi d'opera impiegati.

1. SONDAGGI GEOGNOSTICI

1.1 Ubicazione

L'ubicazione dei sondaggi eseguiti è riportata in Fig.1.

Le coordinate, determinate attraverso GPS, sono indicate nelle monografie e nei certificati di prova presenti in allegato.



Figura 1: Ubicazione sondaggi geognostici realizzati

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA BOLZANO – MERANO REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE				
	SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 69 SG GE0005 003	REV. A

1.2 Attrezzature e procedure operative di perforazione

L'esecuzione del sondaggio è avvenuta a mezzo di perforatrice NENZI GELMA1 carro cingolata, di cui si riporta in sintesi le caratteristiche tecniche (Fig. 2).



<u>TESTA DI ROTAZIONE</u> Coppia = 7500 Nm Spinta max = 3000 kg Forza max. di estrazione = 4400 kg Low RPM30 - 550 RPM <u>ARGANO</u> Tiro = 2000 kg <u>POMPA TRIPLEX</u> Portata = 200 lt/min <u>DIMENSIONI</u> Lunghezza torre = 5.0 - 7.0 m Larghezza = 2.30 m Altezza = 3.0 m Peso = 10.0 t


Figura 2: Perforatrice Nenzi Gelma 1 carro cingolata, specifiche tecniche

Per la lubrificazione degli strumenti di perforazione, si è utilizzata, dove necessario, acqua chiara con aggiunta additivi biodegradabili.

La perforazione e l'infissione del rivestimento provvisorio (casing \varnothing 127) sono stati condotti in modo da minimizzare la variazione di stato dei terreni attraversati. Sono stati utilizzati inoltre batterie di aste con filettatura tronco conica, di diametro nominale esterno pari a 85 mm e lunghezza pari a 3.0 m, a meno delle aste di manovra da 1.0/1.5 m.

Durante la perforazione, si è monitorato il livello di falda tramite freatimetro a precisione millesimale. Le letture effettuate sono riportate nelle osservazioni del profilo stratigrafico (vedi *Allegati*).

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in plastica, munite di scomparti divisori e di coperchio apribile (modello Italia). Sui bordi e all'interno di

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA BOLZANO – MERANO REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE				
SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 69 SG GE0005 003	REV. A	FOGLIO 6 di 15

dette cassette sono state indicate le quote dei recuperi e tutti gli elementi utili per il riconoscimento delle quote dei campionamenti. Le cassette catalogatrici, infine, sono state fotografate complete di tutte le indicazioni utili al loro riconoscimento. Dette fotografie sono allegate nel presente rapporto. Per ogni sondaggio è stata preparata una documentazione fotografica e la redazione di un profilo stratigrafico in cui sono state segnalate le principali caratteristiche litologiche dei terreni attraversati. In ultima analisi l'attrezzatura da perforazione è stata pulita mediante l'impiego di idro pulitrice.

1.3 Geolocalizzazione dei punti di indagine

La campagna di misurazione delle coordinate relative ai punti d'indagine, è stata condotta tramite dispositivo GPS GNSS Leica mod. CS15 – GS15 (Fig. 3).



Figura 3: GPS GNSS Leica – Controller ed antenna

Per l'accuratezza posizionale è stato utilizzato il metodo Real Time Kinematic (RTK) con appoggio alla rete Leica – Italpos che fornisce una correzione alle coordinate nel sistema di riferimento ITRF 2000 – RDN (http://it.smartnet-eu.com/mappa-delle-stazioni_19.htm). Come punto di misura è stato considerato il bocca foro.

1.4 Campionamento

Nel corso dell'attività di perforazione sono stati prelevati solo rimaneggiati, i quali sono stati inviati presso il laboratorio SGAILAB srl, per essere sottoposti alle analisi e prove.

BH5

SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 SG GE0005 003	A	7 di 15

N°	SIGLA	QUOTA (m)
1	CR1	2,55-3,00
2	CR2	5,55-6,00
3	CR3	8,55-9,00
4	CR4	11,55-12,00
5	CR5	14,55-15,00
6	CR6	17,55-18,00
7	CR7	19,55-20,00
8	CR8	20,55-21,00
9	CR9	23,55-24,00
10	CR10	26,55-27,00
11	CR11	28,00-28,50
12	CR12	29,55-30,00
13	CR13	33,55-34,00
14	CR14	38,55-39,00
15	CR15	43,00-43,50

BH6		
N°	SIGLA	QUOTA (m)
1	CR1	3,00-3,05
2	CR2	6,00-6,05
3	CR3	7,50-7,55
4	CR4	9,00-9,05
5	CR5	12,00-12,05
6	CR6	15,00-15,05
7	CR7	18,50-18,55

8	CR8	21,00-21,10
9	CR9	24,00-24,05
10	CR10	27,00-27,10
11	CR11	28,60-28,70
12	CR12	30,00-30,05
13	CR13	33,00-33,05
14	CR14	38,95-39,00
15	CR15	41,95-42,00
16	CRa	4,80-5,00
17	CRb	10,00-10,30
18	CRc	12,70-12,90
19	CRd	17,20-17,50
20	CRe	23,20-23,50
21	CRf	29,50-29,70
22	CRg	34,50-34,80
23	CRh	36,50-36,80
24	CRi	44,70-45,00
25	CRk	47,80-48,00

Tabella 2: Numero e tipologia di campioni inviati al laboratorio

1.5 Prove in situ

Durante l'esecuzione dei sondaggi, secondo le richieste della DD.LL., sono state eseguite prove dinamiche in foro del tipo SPT, prove di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile. I risultati sono riportati negli allegati relativi.

1.5.1 Prove penetrometriche dinamiche SPT

La prova SPT. consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore (a parete grossa, di forma e dimensioni normalizzate) che, penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza

meccanica alla penetrazione (come numero N di colpi di un apposito maglio per un dato avanzamento) e subordinatamente di prelevare piccoli campioni del terreno stesso. La prova SPT (Standard Penetration Test) è una prova puntuale che viene eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro. È molto nota, standardizzata sia dalla A.S.T.M. Designation 1586/67, dal sottocomitato I.S.S.M.F.E. (Associazione Geotecnica Internazionale), per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle “Raccomandazioni” A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) per l’esecuzione delle indagini geotecniche (1977). Il dispositivo utilizzato è del tipo standard della Nenzi con:

- Altezza di caduta pari a 76 cm con sistema di sgancio automatico,
- Massa del maglio pari a 63.4 kg,
- Batterie di aste con diametro pari 50.8 mm, lunghezza paria a 1.5 metri, peso pari a 7 kg/m,
- Tubo campionatore (campionatore Raymond) con scarpetta terminale.

Prima di eseguire la prova penetrometrica standard entro un foro rivestito è necessario controllare con adeguato scandaglio la quota del fondo del foro. Questo deve risultare al di sotto della scarpa dei tubi di rivestimento ed inoltre non più di 7 cm sopra la quota raggiunta con la manovra di perforazione e pulizia. In caso contrario si dovrà correggere l’avanzamento del tubo di rivestimento o ripetere l’operazione di pulizia e scandaglio.

Calato il campionatore SPT in fondo al foro, si registrano i seguenti dati:

- Diametro e profondità del rivestimento
- Profondità del fondo del foro
- Tipo di aste (diametro esterno e peso unitario)
- Penetrazione del campionatore nel terreno sotto il peso proprio e delle aste

La prova vera e propria consiste nel far penetrare il campionatore, posato in fondo al foro, per due tratti successivi, registrando il numero di colpi di maglio (con maglio 63,5 kg x 0,76 m).

Il primo tratto, detto di avviamento, corrisponde a un avanzamento di 15 cm (ivi inclusa l’eventuale penetrazione iniziale per peso proprio) e il relativo numero di colpi è designato con N1.

Se con N1 = 50 l’avanzamento è minore di 15 cm, l’infissione deve essere sospesa; la prova è considerata conclusa e si annota la relativa penetrazione(ad es.N1 = 50/13cm).

Se il tratto di avviamento è superato con $N1 \leq 50$, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto da 30 cm, contando separatamente il numero di colpi necessario per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 ed N3) fino al limite di 100 colpi ($N2 + N3 \leq 100$).


Se con $N2 + N3 = 100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm l'infissione viene sospesa e la prova è considerata conclusa, annotando la relativa penetrazione.

Il ritmo della percussione nel corso della prova dev'essere compreso tra 10 e 25 colpi/ minuto.

Se la prova viene eseguita in terreni molto compatti o ghiaiosi, la scarpa del campionatore SPT potrà essere sostituita con una punta conica (diametro esterno 51 mm, apertura 60°), registrando numero di colpi/avanzamento.

	BH5		BH6	
	50 mt		30 mt	
SPT1	3,0-3,45	PC	3,0-3,45	PC
	27-19-22		29-22-34	
SPT2	6,0-6,45	PC	6,0-6,18	PC
	29-23-27		27-100/R	
SPT3	9,0-9,45	PC	7,5-7,54	PC
	14-16-17		50/R	
SPT4	12,0-12,45	PC	9,0-9,19	PC
	22-24-27		36-100/R	
SPT5	15,0-15,04	PC	12,0-12,55	PC
	50/R		19-38-100/R	
SPT6	20,0-20,45	PC	15,0-15,45	PC
	38-73-27		18-25-19	
SPT7	21,0-21,45	PC	21,0-21,22	PC
	32-48-37		47-100/R	
SPT8	24,0-24,45	PC	24,0-24,11	PC
	41-38-45		50/R	
SPT9	27,0-27,13	PC	27,0-27,45	PC
	50/R		21-28-38	
SPT10	28,5-28,68	PC	28,4-28,57	PC
	47-100/R		39-100/R	
SPT11	30,0-30,45	PC	30,0-30,45	PC
	29-38-33		16-27-32	
SPT12	39,0-39,45	PC	33,0-33,45	PC
	21-18-32		21-16-25	
SPT13	43,5-43,56	PC	39,0-39,07	PC
	50/R		50/R	
SPT14			42,0-42,45	PC
			16-24-43	

Tabella 3: Prove SPT eseguite (AGI 1977)

	LINEA BOLZANO – MERANO REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE				
SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 69 SG GE0005 003	REV. A	FOGLIO 11 di 15

1.5.2 Prove di permeabilità

Nel corso delle lavorazioni sono state eseguite, a varie profondità, prove di permeabilità del tipo Lefranc.

Tali prove sono state condotte a fondo foro dei sondaggi, a diverse profondità degli stessi, dapprima interrompendo la perforazione e successivamente realizzando una sezione filtrante, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento.

Le prove possono essere condotte:

- a carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime;
- a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o anche abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).

Nel caso che il terreno interessato dalla cavità filtrante tenda a franare o a rifluire, è necessario adottare particolari provvedimenti per la creazione della cavità di prova, procedendo come segue:

1. rivestire il foro fino al fondo con tubazione provvisoria;
2. immettere nel fondo del foro della ghiaia pulita (o comunque materiale granulare a permeabilità decisamente superiore a quella del terreno da provare);
3. sollevare di qualche decimetro la colonna di rivestimento, curando che la base di questa non risalga mai al di sopra dello strato di ghiaia immessa;
4. ripetere eventualmente le operazioni sopradescritte fino ad ottenere una sezione filtrante delle dimensioni prefissate.

Prove a carico variabile:

Per la prova a carico variabile si rilevano i cambiamenti del battente d'acqua nel tempo. La prova può essere eseguita sia in abbassamento (dopo aver rilevato la quota idrostatica della falda, si versa acqua

nel foro sino ad un'altezza nota e successivamente si determina la velocità con cui cala l'altezza della colonna d'acqua), sia in risalita (si deprime il livello della falda fino ad un punto prestabilito e quindi si calcola la velocità di risalita).

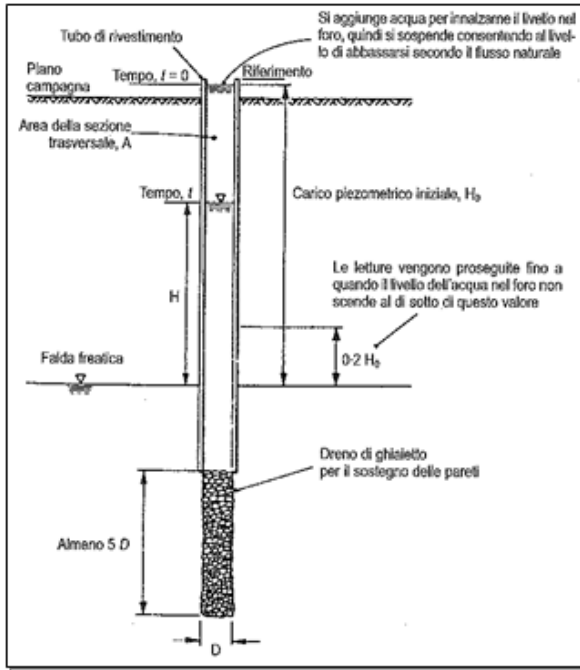


Figura 6: Schema prova Lefranc a carico idraulico variabile

Le letture sono effettuate finché l'altezza dell'acqua in pozzo è:

$$\Delta h \leq \frac{1}{5} * h_0$$

Si costruisce poi un grafico, ponendo in ordinata la velocità di abbassamento o di risalita $[(h_2-h_1)/(t_2-t_1)]$ e in ascissa il livello medio $[(h_2-h_1)/2]$, per i vari crono intervalli computati.

La conducibilità idraulica si ricava infine dall'equazione:

$$K = \frac{A}{C_L * (t_2 - t_1)} * \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

dove:

K = permeabilità (m/s)

A = area di base del sondaggio (m^2)

C_L = coefficiente di forma

t_1 e t_2 = tempi (secondi) in cui si determinano i carichi idraulici h_1 e h_2 (metri).

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC CV			
N°	SIGLA	QUOTA (m)	K (m/s)
1	LF1-CV-BH6	3,5 - 4,5	2,321E-04
2	LF2-CV-BH6	12,50 - 13,50	1,651E-04
3	LF3-CV-BH6	23,60 - 24,60	6,529E-05

Tabella 4: Prove Lefranc a CV eseguite

1.6 Condizionamento dei fori

Su tutti i fori eseguiti, in accordo con la DD.LL., si è proceduto con l'installazione finale della relativa strumentazione.

Di seguito si illustrano le modalità di installazione seguite per ciascuna tipologia di strumentazione adottata:

Sondaggio	Strumentazione utilizzata		
	Tipo	Piezometro a tubo aperto, tipo Norton 2"	Tubo in PVC per Down-Hole
BH5	DH	-	50 m cieco
BH6	PZ	50 m (6 mt Cieco + 44 mt Fenestrato)	

1.6.1 Piezometro a tubo aperto, tipo Norton 3"

Il piezometro a tubo aperto è costituito da una batteria di tubi giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta; il tratto immerso nell'acquifero è parzialmente fenestrato. Il diametro può variare in funzione o dell'eventuale prelievo, all'interno del piezometro, di campioni

Il piezometro a tubo aperto è costituito da una batteria di tubi giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta; il tratto immerso nell'acquifero è parzialmente fenestrato. Il diametro può variare in funzione o dell'eventuale prelievo, all'interno del piezometro, di campioni d'acqua, o della posa di sonde o altri strumenti di misura. Comunemente i diametri più utilizzati variano da 1 a 4 pollici, ma si possono installare diametri maggiori.

Le modalità di installazione sono state le seguenti:

- Avanzamento del rivestimento fino alla profondità di installazione del tubo.
- Lavaggio del foro con abbondante acqua pulita.
- Installazione del tubo piezometrico (nel nostro caso 3" – DN 80), normalmente costituito da un tratto filtrante (tubo finestrato) e da un tratto chiuso (tubo cieco). Lo schema del piezometro varia in base alla profondità del livello di falda.
- Nell'intercapedine tubo-rivestimento va posato in opera materiale granulare pulito fino a circa 1 m sopra l'estremità superiore del tratto finestrato, estraendo, senza rotazione, il rivestimento.
- Si continua con la posa in opera di ghiaietto e, a seguire un tappo di bentonite. Si completa il tratto cieco fino a piano campagna con una miscela ternaria di acqua/cemento e bentonite.
- Una volta terminato, il piezometro si chiude con un tappo a pressione o filettato, viene messo un lucchetto e successivamente viene installato il chiusino da campagna e/o carrabile.

Lo schema dei piezometri sono riportati nelle stratigrafie presentate in allegato.

1.6.2 Tubo in PVC per prospezione sismica in foro (Down-Hole)

Al fine di effettuare successive prove geofisiche in foro tipo down hole, alcuni fori sono stati strumentati con tubazione in PVC avente diametro pari a 3 pollici.

Dopo aver installato la colonna di tubi all'interno del foro, essa è stata resa solidale al terreno circostante con una miscela costituita da acqua cemento e bentonite, messa in opera a bassa pressione tramite un tubicino semirigido in PVC calato a fondo foro insieme alla colonna di tubi. La cementazione avviene così dal basso verso l'alto, in modo tale da evitare che resti intrappolata acqua o sacche d'aria nell'intercapedine tubi – terreno circostante.

La preparazione dei fori e l'installazione della relativa strumentazione è stata eseguita seguendo la normativa di riferimento AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) (Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche).

Terminate le operazioni, le strumentazioni installate sono state chiuse con tappi filettati e successivamente dotati dei chiusini da campagna; infine, lo spurgo dei piezometri (tubo a canna aperta) è stato eseguito tramite iniezione di acqua pulita in pressione fino a completa chiarificazione.

SONDAGGI GEOGNOSTICI ORDINARI (BH5-BH6)

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1D	01	D 69 SG GE0005 003	A	15 di 15

ALLEGATI

- ALL. 1 BH5 BOLZANO DH 50 m (Stratigrafia, Report fotografico, Prova pressiométrica)
- ALL. 2 BH6 BOLZANO PZ 50 m (Stratigrafia, Report fotografico, Prove Lefranc, Prova pressiométrica)

BH5 DH

ALLEGATO 1

ALL. 1.1 REPORT FOTOGRAFICO

ALL. 1.2 STRATIGRAFIA

ALL. 1.3 PROVA PRESSIOMETRICA

**SONDAGGIO
BH5 DH**

ALLEGATO 1.1

REPORT FOTOGRAFICO

Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 1 di 7

CASSETTA 1 (0.0 – 5.0 m)



CASSETTA 2 (5.0 – 10.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 2 di 7

CASSETTA 3 (10.0 – 15.0 m)



CASSETTA 4 (15.0 – 20.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 3 di 7

CASSETTA 5 (20.0 – 25.0 m)



CASSETTA 6 (25.0 – 30.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 4 di 7

CASSETTA 7 (30.0 – 35.0 m)



CASSETTA 8 (35.0 – 40.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 5 di 7

CASSETTA 9 (40.0 – 45.0 m)



CASSETTA 10 (45.0 – 50.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 6 di 7

POSTAZIONE



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH5
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 7 di 7

PRESCAVO



POZZETTO



SONDAGGIO BH5 DH

ALLEGATO 1.2

STRATIGRAFIA

Committente: ITALFERR S.P.A.	Sondaggio: BH5 BOLZANO
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - BH5 BOLZANO

Pagina 1/6

metri batt.	Cass.	Ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Prel. % 0 --- 100	Campioni	Standard Penetration Test		Test		prove in foro	Pz	A r s
									m	S.P.T.	N	Pt			
1						PRESCAVO									
2					2.0	Terreno di riporto antropico, costituito da ghiaia sabbiosa debolmente limosa, caratterizzata da ghiaia da fine a grossolana (Ø max 4 cm), in prevalenza a spigoli subarrotondati, di origine poligenica.		CR1) Rim < 2.55 3.00							
3	1								3.0	27-19-22			C		
4					4.4	Trovante di roccia granitica.									
5					4.6	Ghiaia sabbiosa con ciottoli, caratterizzata da ghiaia da media a grossolana (Ø max 6 cm) e ciottoli (Ø max 8 cm), da addensata a ben addensata, di origine poligenica, sub-arrotondata, in matrice sabbiosa in parte dilavata in fase di carotaggio.									
6					5.5	Sabbia limosa-ghiaiosa, molto consistente, colore avana.		CR2) Rim < 5.55 6.00		6.0	29-23-27			C	
7					6.0	Sabbia ghiaiosa; sabbia da fine a grossolana e ghiaia poligenica sub-arrotondata, ben addensata, colore avana.									
8					6.7	Limo sabbioso, molto consistente, colore avana.									
9	2				7.1	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli, caratterizzata da ghiaia da fine a grossolana (Ø max 5 cm) e ciottoli (Ø max 9 cm), sia a spigoli sub-arrotondati che a spigoli vivi, di origine poligenica, da addensata a ben addensata; presenza di abbondante matrice sabbiosa/limosa colore avana e marrone chiaro.		CR3) Rim < 8.55 9.00		9.0	14-16-17			C	
10															



Committente: ITALFERR S.P.A.	Sondaggio: BH5 BOLZANO
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - BH5 BOLZANO

Pagina 3/6

metri batt.	Cass.	Ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Prel. % 0 --- 100	Campioni	Standard Penetration		Test		prove in foro	Pz	A r s
									m	S.P.T.	N	Pt			
						Limo sabbioso, molto consistente, colore grigio scuro.									
21					20,5 21,0	Ghiaia sabbiosa debolmente argillosa con ciottoli, caratterizzata da ghiaia da fine a grossolana (Ø max 6 cm) e ciottoli (Ø max 8 cm), sia sub-arrotondata che a spigoli vivi, ben addensata, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente argillosa colore marrone chiaro.		CR8) Rim < 20,55 < 21,00	21,0	32-48-37			C		
22					21,8	Ciottoli e ghiaia; ghiaia da media a grossolana sia sub-arrotondata che a spigoli vivi di origine poligenica, ben addensata, in matrice argillosa sabbiosa, colore marrone chiaro, in parte dilavata in fase di carotaggio.									
23	5					Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli; ghiaia da fine a grossolana in prevalenza sub-arrotondata, subordinatamente a spigoli vivi, ben addensata, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente limosa colore marrone chiaro.									
24					24,8	Ghiaia da fine a grossolana, sia sub-arrotondata che a spigoli vivi, ben addensata, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente limosa colore marrone-rossastro		CR9) Rim < 23,55 < 24,00	24,0	41-38-45			C		
25					25,3	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli; ghiaia da fine a grossolana, sia sub-arrotondata che a spigoli vivi, ben addensata, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente limosa colore da marrone chiaro a grigio.									
26					28,2	Ghiaia e ciottoli; ghiaia da media a grossolana (Ø max 6 cm) con ciottoli (Ø max 10 cm), in prevalenza a spigoli vivi, di origine poligenica, in matrice sabbiosa in parte dilavata in fase di carotaggio.		CR10) Rim < 26,55 < 27,00	27,0	50/R			C		
27	6				28,9	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa, da fine a grossolana con locali ciottoli, sia sub-arrotondati che a spigoli vivi, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente limosa colore marrone chiaro-avana.		CR11) Rim < 28,00 < 28,50	28,5	47-100/R			C		
28															
29															
30								CR12) Rim < 29,55 < 30,00	30,0	29-38-33			C		



Committente: ITALFERR S.P.A.	Sondaggio: BH5 BOLZANO
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - BH5 BOLZANO

Pagina 5/6

metri batt.	Cass.	Ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Prel. % 0 --- 100	Campioni	Standard Penetration Test		prove in foro	Pz	A r s
									m	S.P.T.			
40,4					40,4	Sabbia ghiaiosa con ciottoli; sabbia da fine a grossolana e ghiaia poligenica sub-arrotondata, ben addensata da marrone a grigio.							
41						Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli, caratterizzata da ghiaia da fine a grossolana (Ø max 6 cm) e ciottoli (Ø max 10 cm), a spigoli sub-arrotondati, di origine poligenica, in matrice sabbiosa debolmente limosa colore da marrone chiaro a marrone							
42													
43	9												
43,1					43,1	Trovante granitico		CR15) Rim	43,00 < 43,50				
43,4					43,4	Ciottoli (Ø max 11 cm) e ghiaia di origine poligenica			43,5	50/R	C		
43,9					43,9								
44					44,0	Limo sabbioso, ben addensato, colore rossastro.							
44,4					44,4	Ciottoli e ghiaia di origine poligenica							
45					45,0	Sabbia ghiaiosa, con sabbia da fine a grossolana e ghiaia poligenica sub-arrotondata, ben addensata, colore rossastro.							
46						Ghiaia e ciottoli; ghiaia da media a grossolana (Ø max 6 cm) con ciottoli (Ø max 9 cm), in prevalenza subarrotondati, di origine poligenica, ben addensata, in matrice sabbiosa in parte dilavata in fase di carotaggio, colore da grigio a marrone chiaro							
47													
48	10												
49													
50		101			50,0								



Committente: ITALFERR S.P.A.	Sondaggio: BH5 BOLZANO
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della	Data: 16/01 - 29/01/2019
Coordinate: Lat. 46°29'36.79"N; Long. 11°21'12.59"E (WGS84)	Quota: 264,5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - BH5 BOLZANO

Pagina 6/6

Sondaggio: BH5 Bolzano
Sonda: Nenzi Gelma 1

Profondità raggiunta: 50 m
Sondatore: SIG. Manuel Battan

PROVE PRESSIOMETRICHE: n°1
Pres. 1 - (18,5 m)

CAMPIONI RIMANEGGIATI: n°15

CR1 2,55-3,00 mt
CR2 5,55-6,00 mt
CR3 8,55-9,00 mt
CR4 11,55-12,00 mt
CR5 14,55-15,00 mt
CR6 17,55-18,00 mt
CR7 19,55-20,00 mt
CR8 20,55-21,00 mt
CR9 23,55-24,00 mt
CR10 26,55-27,00 mt
CR11 28,00-28,50 mt
CR12 29,55-30,00 mt
CR13 33,55-34,00 mt
CR14 38,55-39,00 mt
CR15 43,00-43,50 mt

STRUMENTAZIONE INSTALLATA

Tubo sismico in PVC per prova sismica DH

Data d'installazione: 29/01/2019

Cementazione rivestimento: 50 ml (da 0,0 a 50,0 m), con Acqua + Cemento + Bentonite

Caratteristiche del chiusino: Chiusino carrabile in ghisa

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	26/01/19	27/01/19	29/01/19						
Ora	mattina	mattina	sera						
Livello dell'acqua (m)	18,30	18,47	18,35						
Prof. perforazione(m)	40,00	47,00	50,00						
Prof. rivestimento(m)	0,00	0,00	0,00						



**SONDAGGIO
BH5 DH**

ALLEGATO 1.3

PROVA PRESSIOMETRICA

**PROVA PRESSIOMETRICA
ASTM D 4719-00**

DATA RAPP. DI PROVA	15/02/2019			NUMERO RAPP. DI PROVA	1588-101-935
COMMITTENTE	GEOTEC SPA			OPERA	Sondaggi località Bolzano ferrovia
SONDAGGIO	BH5	LOCALITA'	BOLZANO	DIREZIONE LAVORI	---
PROF. FALDA [m]	19,00			PROF. PROVA DA P.C.[m]	18,50
ALT. CENTR. DA P.C.[m]	0,50			PROVA NR:	3 - ghiaia
DATA INIZIO PROVA	22/01/2019			DATA FINE PROVA	22/01/2019

Sonda ϕ : 60 mm G.I.

PROVA NR: 3 - ghiaia

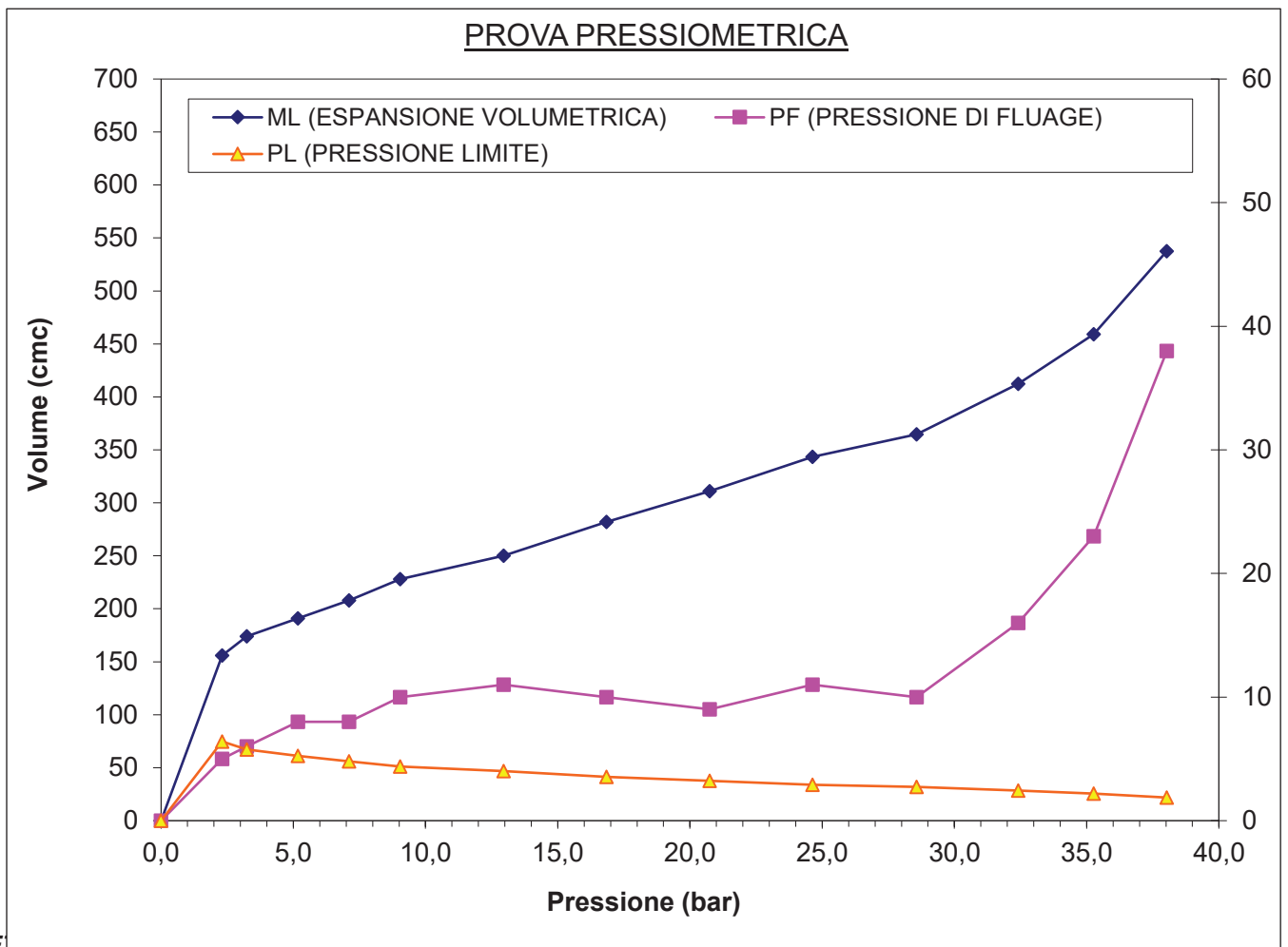
SONDAGGIO BH5

- BOLZANO

DATI DELLA PROVA				CORREZIONI pressione e volume						
STEPS	P _L	T	V _L	P _H	P _T	V _T	P _C	V _C	D _V	A
	[bar]	[s]	[cm ³]							
1	0,00	30	135	1,95	0	0	1,95	140	5	7,14
		60	140							
2	1,00	30	151	1,95	0,65	0	2,30	156	5	6,41
		60	156							
3	2,00	30	168	1,95	0,71	0	3,24	174	6	5,75
		60	174							
4	4,00	30	183	1,95	0,78	0	5,17	191	8	5,24
		60	191							
5	6,00	30	200	1,95	0,84	0	7,11	208	8	4,81
		60	208							
6	8,00	30	218	1,95	0,92	0	9,03	228	10	4,39
		60	228							
7	12,00	30	239	1,95	0,99	0	12,96	250	11	4,00
		60	250							
8	16,00	30	272	1,95	1,11	0	16,84	282	10	3,55
		60	282							
9	20,00	30	302	1,95	1,21	0	20,74	311	9	3,22
		60	311							
10	24,00	30	331	1,95	1,31	1,4	24,64	343,4	11	2,91
		60	342							
11	28,00	30	352	1,95	1,38	2,5	28,57	364,5	10	2,74
		60	362							
12	32,00	30	393	1,95	1,53	3,4	32,42	412,4	16	2,42
		60	409							
13	35,00	90	432	1,95	1,68	4	35,27	459	23	2,18
		120	455							
14	38,00	150	495	1,95	1,92	4,6	38,03	537,6	38	1,86
		180	533							

**PROVA PRESSIOMETRICA
ASTM D 4719-00**

DATA RAPP. DI PROVA	15/02/2019			NUMERO RAPP. DI PROVA	1588-101-935
COMMITTENTE	GEOTEC SPA			OPERA	Sondaggi località Bolzano ferrovia
SONDAGGIO	BH5	LOCALITA'	BOLZANO	DIREZIONE LAVORI	---
PROF. FALDA [m]	19,00			PROF. PROVA DA P.C.[m]	18,50
ALT. CENTR. DA P.C.[m]	0,50			PROVA NR:	3 - ghiaia
DATA INIZIO PROVA	22/01/2019			DATA FINE PROVA	22/01/2019



DE

$G_i = (dP/dV) \times V_m =$ **10,96 Mpa** \Rightarrow **111,45 Kg/cmq**
 $E_p = 2 G_i (1 + n) =$ **29,16 Mpa** \Rightarrow **296,45 Kg/cmq** Con poisson $n = 0,33$
 $E_\gamma = (K \times dP/dV)/\alpha =$ **53,06 Mpa** \Rightarrow **539,48 Kg/cmq** Con $K=2000\text{cmc}$ e $\alpha=0,5$

I moduli sono stati calcolati nei seguenti intervalli:

$P_i = 5,17 \text{ bar}$ $V_i = 191 \text{ cmc}$
 $P_f = 28,57 \text{ bar}$ $V_f = 364,5 \text{ cmc}$

**PROVA PRESSIOMETRICA
ASTM D 4719-00**

DATA RAPP. DI PROVA	15/02/2019			NUMERO RAPP. DI PROVA	1588-101-935
COMMITTENTE	GEOTEC SPA			OPERA	Sondaggi località Bolzano ferrovia
SONDAGGIO	BH5	LOCALITA'	BOLZANO	DIREZIONE LAVORI	---
PROF. FALDA [m]	19,00			PROF. PROVA DA P.C.[m]	18,50
ALT. CENTR. DA P.C.[m]	0,50			PROVA NR:	3 - ghiaia
DATA INIZIO PROVA	22/01/2019			DATA FINE PROVA	22/01/2019

DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE

$P_L \Rightarrow$ **Metodo Menard** Modulo calcolato nei seguenti intervalli

$$P_i = 35,27 \text{ bar} \quad A_i = 2,18 \text{ cmc}^{-1}$$

$$P_f = 38,03 \text{ bar} \quad A_f = 1,86 \text{ cmc}^{-1}$$

$$P_L = 4,82 \text{ Mpa} \Rightarrow 48,99 \text{ Kg/cmq}$$

$P_L \Rightarrow$ **Formula Prudenziale di Cassan '78** $(P_i - P_i)/(P_f - P_i) = 1.5$

$$P_L = 3,961 \text{ Mpa} \Rightarrow 40,27 \text{ Kg/cmq}$$

DETERMINAZIONE DELLA COESIONE NON DRENATA

$$C_u = (P_f - P_i)/3.14 \Rightarrow 0,73 \text{ Mpa} \Rightarrow 7,45 \text{ Kg/cmq}$$

$$C_u = (P_f - P_i)/5.5 \Rightarrow 0,42 \text{ Mpa} \Rightarrow 4,25 \text{ Kg/cmq}$$

$$C_u = P_L/5.5 \Rightarrow 0,72 \text{ Mpa} \Rightarrow 7,32 \text{ Kg/cmq}$$

PER TERRENI COESIVI

$$E_p/(P_L - P_i) = 6,65$$

< 5	Terreno rimaneggiato
tra 5 e 8	sotto-cons. o poco rimaneggiato
tra 8 e 12	normalconsolidato
tra 12 e 15	lievemente sovraconsolidato
> 15	fortemente sovraconsolidato

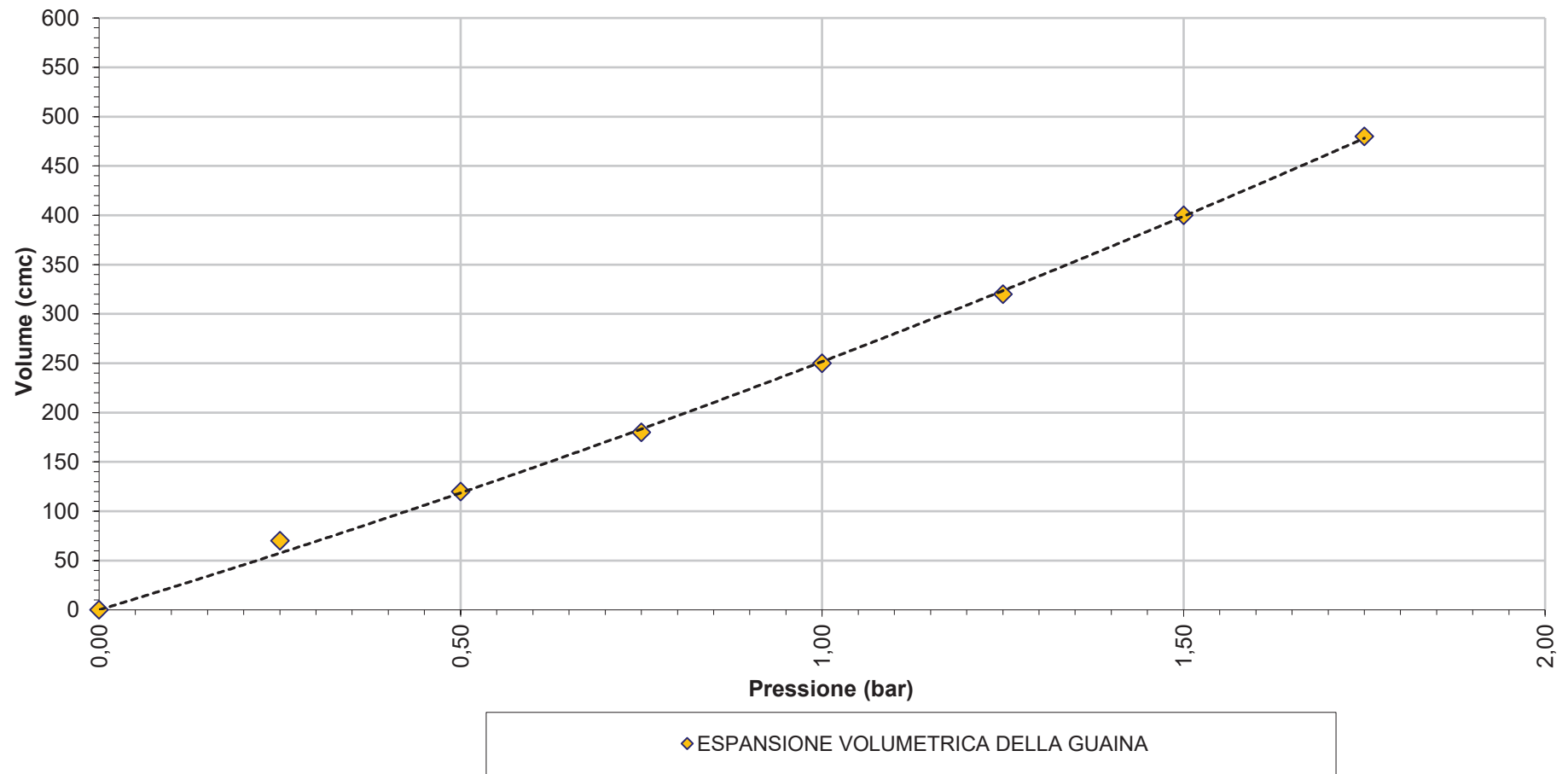
PER TERRENI GRANULARI

$$E_p/(P_L - P_i) = 6,65$$

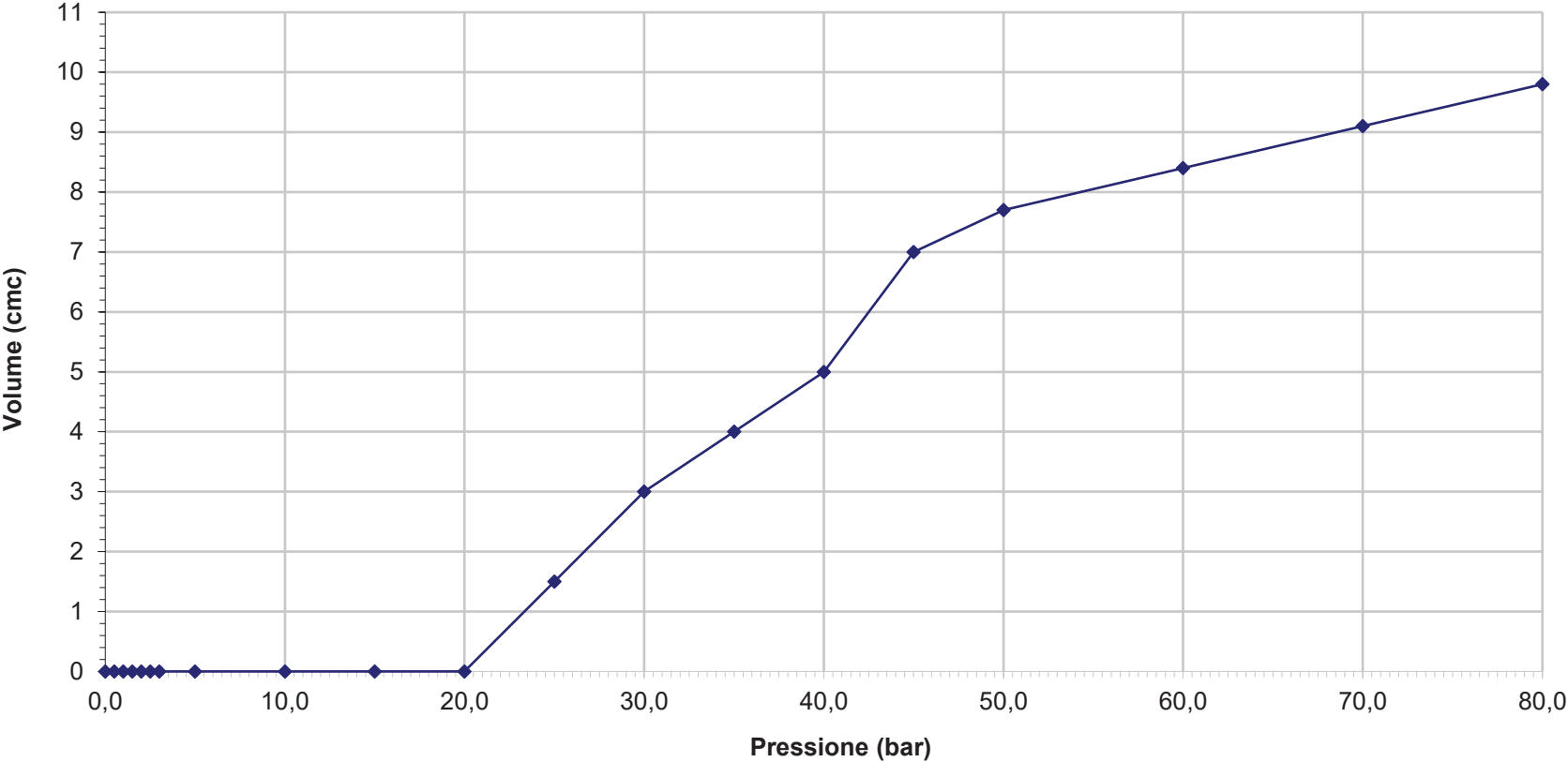
< 5	Sabbia rimaneggiata
tra 6 e 8	sabbie e ghiaie immerse
> 10	sabbie e ghiaie sabbiose sopra falda e compatte

Lo sperimentatore
Dott. Giuseppe Spampinato

ESPANSIONE VOLUMETRICA A VUOTO DELLA GUAINA curva di inerzia



ESPANSIONE VOLUMETRICA DELLE TUBAZIONI curva di inerzia



—◆ ESPANSIONE VOLUMETRICA TUBAZIONI

BH6 PZ

ALLEGATO 2

ALL. 2.1 REPORT FOTOGRAFICO

ALL. 2.2 STRATIGRAFIA

ALL. 2.3 PROVE LEFRANC

ALL. 2.4 PROVA PRESSIOMETRICA

**SONDAGGIO
BH6 PZ**

ALLEGATO 2.1

REPORT FOTOGRAFICO

Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 1 di 6

CASSETTA 1 (0.0 – 5.0 m)



CASSETTA 2 (5.0 – 10.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 2 di 6

CASSETTA 3 (10.0 – 15.0 m)



CASSETTA 4 (15.0 – 20.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 3 di 6

CASSETTA 5 (20.0 – 25.0 m)



CASSETTA 6 (25.0 – 30.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 4 di 6

CASSETTA 7 (30.0 – 35.0 m)



CASSETTA 8 (35.0 – 40.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 5 di 6

CASSETTA 9 (40.0 – 45.0 m)



CASSETTA 10 (45.0 – 50.0 m)



Committente: ITALFERR spa	Sondaggio: BH6
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della Galleria del Virgolo	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	Pagina: 6 di 6

CHIUSINO



SONDAGGIO BH6 PZ

ALLEGATO 2.2

STRATIGRAFIA

Committente: ITALFERR S.P.A.	Sondaggio: BH6 BOLZANO
Riferimento: Esecuzioni di sondaggi geognostici per il PFTE della	Data: 27/11 - 06/12/2018
Coordinate: Lat. 46°29'39.50"N; Long. 11°21'17.71"E (WGS84)	Quota: 263,2 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA - BH6 BOLZANO

Pagina 1/6

metri batt.	Cass.	Ø mm	R v	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	Prel. % 0 --- 100	Campioni	Standard Penetration Test		Test		prove in foro	Pz	A r	S	
									m	S.P.T.	N	Pt					
1					0.8	Terreno di riporto antropico, caratterizzato da ghiaia poligenica da fine a media, sabbia e presenza di frammetni di laterizio e elemeti vegetali.											
2					2.5	Terreno di riporto antropico, caratterizzato da ghiaia poligenica da fine a grossolana, sabbia.											
3						Terreno di riporto antropico, costituito da ghiaia sabbiosa debolmente limosa, caratterizzata da ghiaia da fine a grossolana (Ø max 4 cm), in prevalenza a spigoli subarrotondati, di origine poligenica.		CR1) Rim < 3,00 3,05	3,0	29-22-34	56	C					
4																	
5								CRa) Rim < 4,80 5,00									
6					6.2			CR2) Rim < 6,00 6,05	6,0	27-100/R		Rif C					
7					6.7 6.9	Ghiaia e ciottoli, caratterizzata da ghiaia da media a grossolana (Ø max 6 cm) e ciottoli (Ø max 9 cm), in prevalenza a spigoli vivi, di origine poligenica, in matrice sabbiosa in parte dilavata in fase di carotaggio											
8						Sabbia debolmente ghiaiosa, con sabbia da fine a grossolana e ghiaia poligenica subarrotondata, colore grigio scuro.		CR3) Rim < 7,50 7,55	7,5	50/R		Rif C					
9						Ghiaia e ciottoli, caratterizzata da ghiaia da media a grossolana (Ø max 6 cm) e ciottoli (Ø max 9 cm), in prevalenza a spigoli vivi, di origine poligenica, in matrice sabbiosa in parte dilavata in fase di carotaggio		CR4) Rim < 9,00 9,05	9,0	36-100/R		Rif C					
10					10.0												