COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

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

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

GEOLOGIA

Indagini geognostiche: campagna 2010 sondaggi per viabilità NV01-NV05-NV06

SCALA: -

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
IV0I	00	D	69	SG	GE0005	005	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S. Ferro	Nov. 2021	E. Poggi	Nov. 2021	G. Fadda	Nov. 2021	M. Comedini Nov. 2021

ITALFERR Dott. Geol. Massimo Comedini Ordine dei Geologi del Lazio n° 2103

File: IV0I00D69SGGE0005005A.doc		n. Elab.:

REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI PIETRA LIGURE, BORGHETTO SANTO SPIRITO E ALBENGA

ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI CON PROVE IN FORO, PRELIEVO CAMPIONI E INSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE PER LA VIABILITA' ANNESSA ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E PRELIEVO CAMPIONI

CODICE ELABORATO

10040/ IG

COMMITTENTE

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

ITALFERR SpA
Via Marsala 53/67
00185 ROMA

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI
IAS REGISTER

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 n. 10040 del 17/09/10			
	Dr. S. Josa	Dr. A. Cantù	Dr. G. Sola
NOVEMBRE 2010	Lo Sperimentatore	Lo Sperimentatore	Il Direttore del Laboratorio
DATA EDIZIONE	*REDATTO*	*CONTROLLATO*	*VALIDATO*

REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI PIETRA LIGURE, BORGHETTO SANTO SPIRITO E ALBENGA

ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI CON PROVE IN FORO, PRELIEVO CAMPIONI E INSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE PER LA VIABILITA' ANNESSA ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA LINEA GENOVA-VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE-ANDORA

Rapporto certificativo delle indagini geognostiche e prelievo campioni

---

Novembre 2010

INDICE CERTIFICATI

10040/1 **Rilievo stratigrafico di perforazione SV5**.....

10040/2 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SV5 .....

10040/3 Prova di permeabilità Lefranc a carico costante sondaggio SV5 .....

10040/4 Prova di permeabilità Lefranc a carico costante sondaggio SV5 .....

10040/5 **Rilievo stratigrafico di perforazione SV3**.....

10040/6 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SV3 .....

10040/7 Prelievo di campioni indisturbati Shelby sondaggio SV3 .....

10040/8 Prova di permeabilità Lefranc a carico costante sondaggio SV3 .....

10040/9 Prova di permeabilità Lefranc a carico variabile sondaggio SV3 .....

10040/10 **Rilievo stratigrafico di perforazione SV1**.....

10040/11 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SV1 .....

10040/12 Prova di permeabilità Lugeon sondaggio SV1 .....

10040/13 Prova di permeabilità Lugeon sondaggio SV1 .....

10040/14 Prova dilatometrica sondaggio SV1 .....
10040/15 **Rilievo stratigrafico di perforazione SV2**.....
10040/16 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio SV2 .....
10040/17 Prova di permeabilità Lefranc a carico variabile sondaggio SV2 .....
10040/18 Prova di permeabilità Lefranc a carico costante variabile SV2 .....
10040/19 Prova pressiometrica Menard sondaggio SV2 .....
10040/20 Prova pressiometrica Menard sondaggio SV2 .....

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: ITALFERR Spa

Commessa: 10040

Cantiere: Linea Genova- Ventimiglia

Tra il 19/10/10 e l'08/11/10 la Società Citiemme Srl, su incarico Italferr n.100022238 del 17/09/2010 ha realizzato n.4 sondaggi a carotaggio continuo per il Progetto Definitivo della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure-Andora (SV), nei Comuni di Pietra Ligure, Borghetto Santo Spirito e Albenga. (Vedi corografia e Tavole allegate).

In particolare, si tratta dei sondaggi:

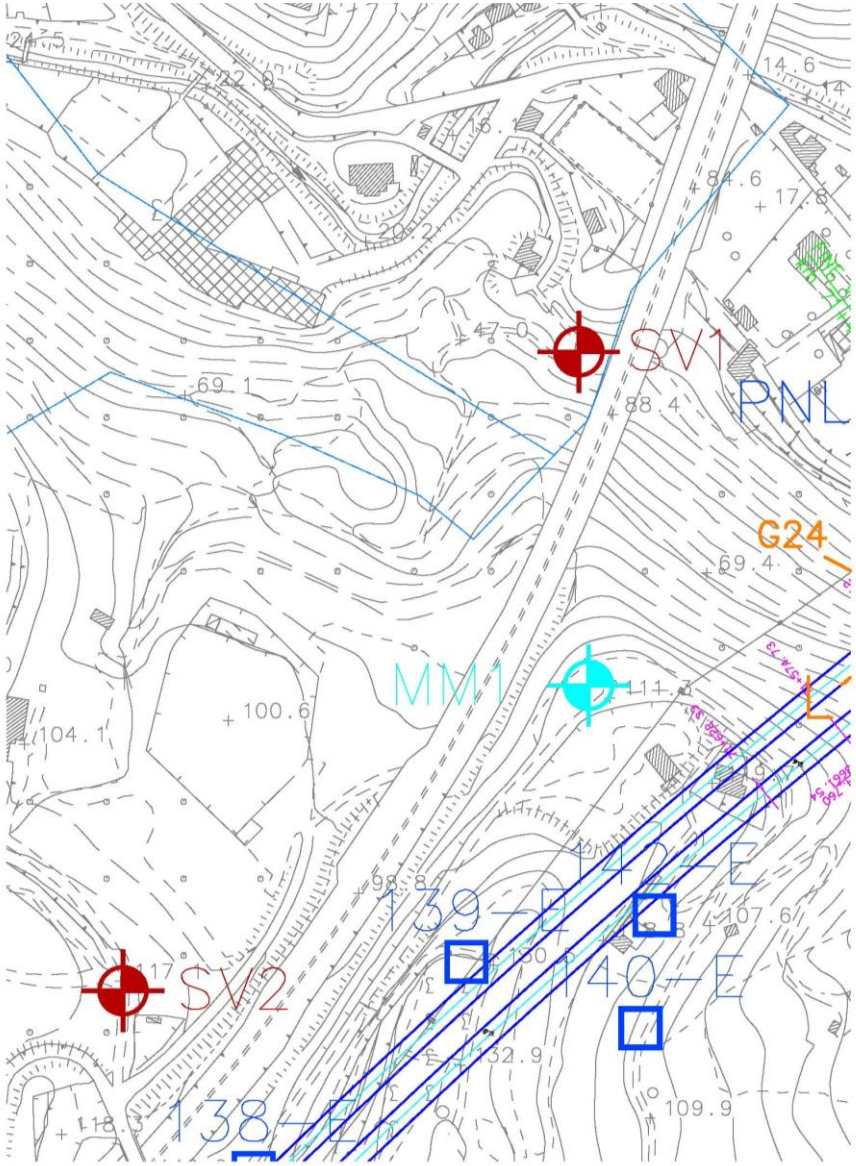
- **SV1, SV2**: profondi 20m e attrezzati ognuno con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrato da -4.00m da p.c. a fondo foro per il rilievo della falda intercettata;
- **SV3, SV5**: profondi 30m, attrezzati con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrati rispettivamente da -3.00m a -18.0m da p.c. e da -4.50m a -25.50m da p.c. (il tratto terminale verso fondo foro è stato strumentato con tubo cieco).

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica CLIVIO RAP 30 montata su carro cingolato, di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:

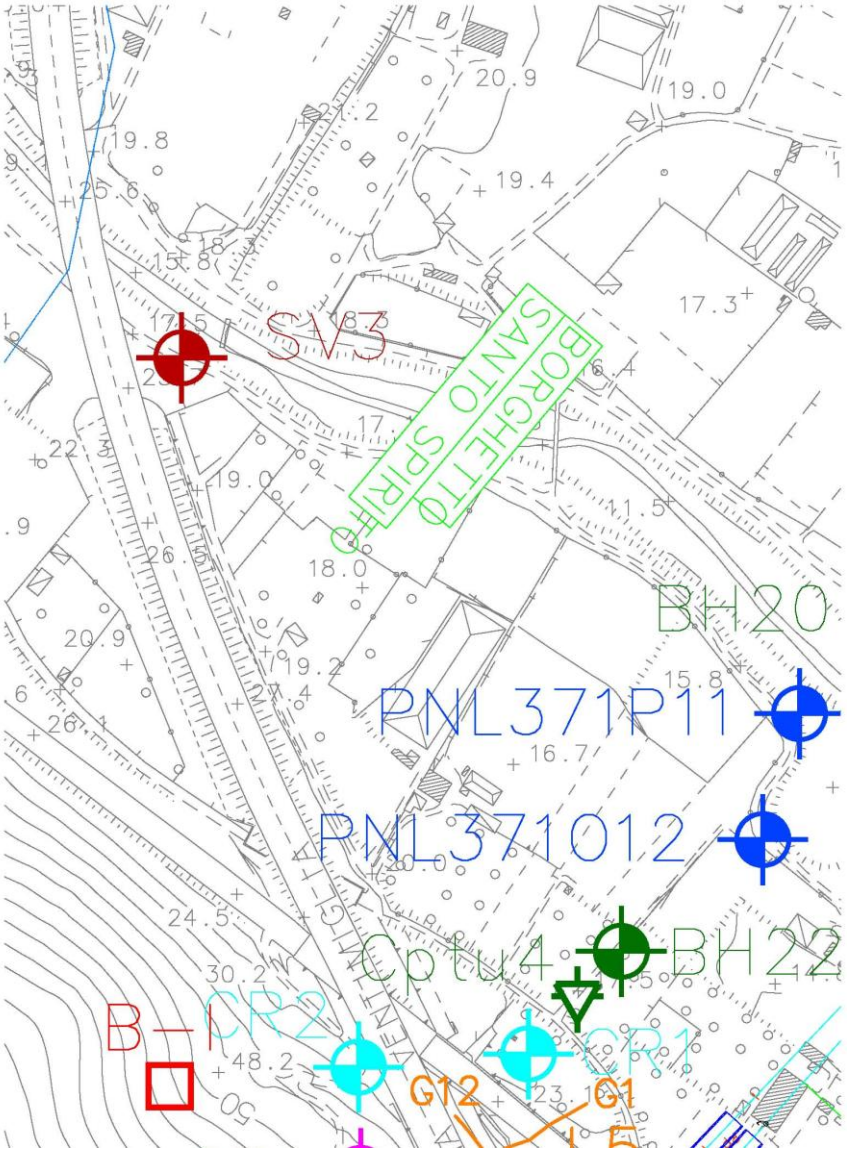
Particolare fotografico della sonda utilizzata

Finale Ligure - Andora *– Corografia dell'area di indagine*

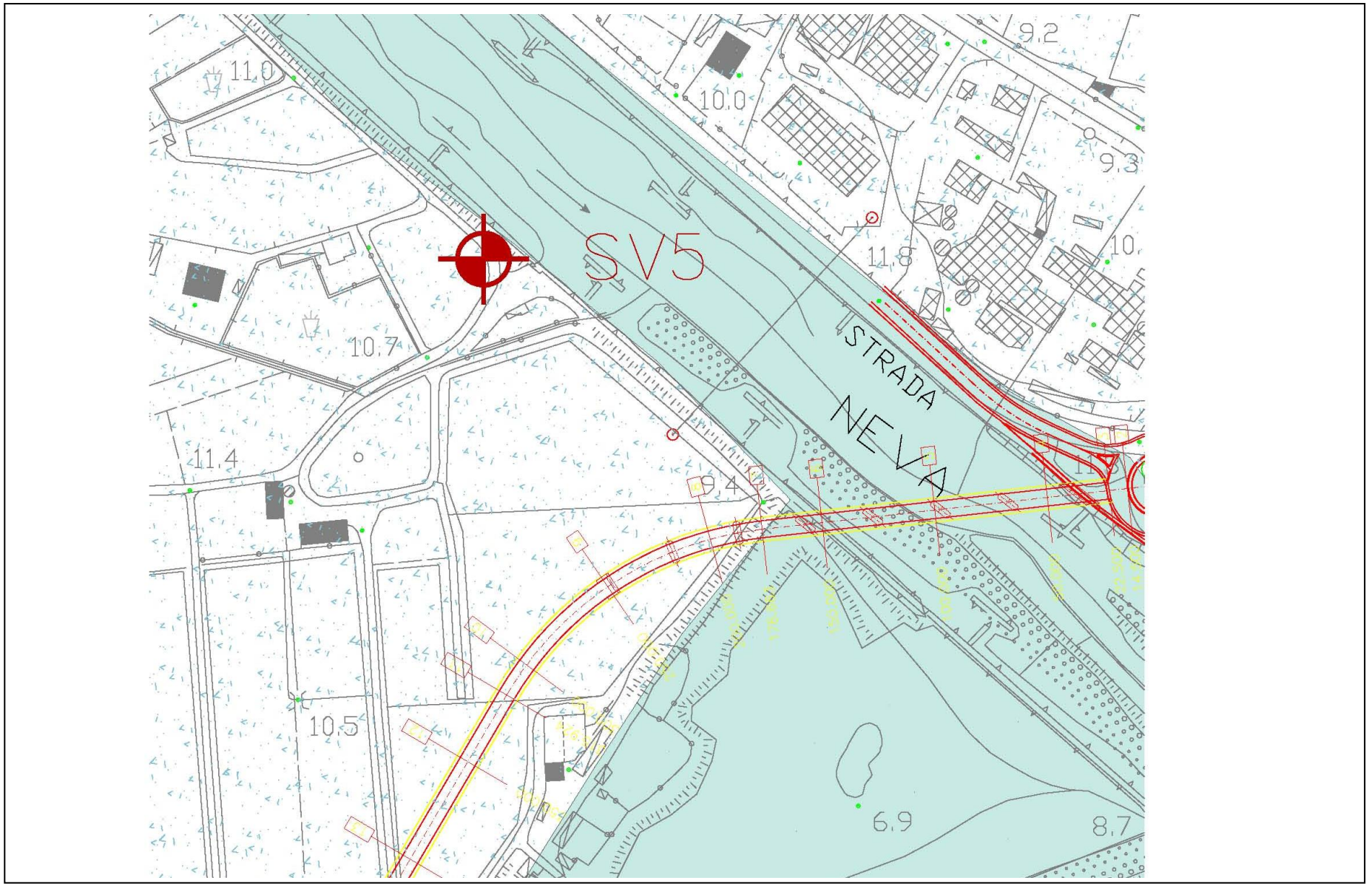
Pietra Ligure (SV) - *Tav. 01 – Ubicazione sondaggi SV1-SV2*



Borghetto Santo Spirito (SV) - *Tav. 02 – Ubicazione sondaggio SV3*



Albenga (SV) - *Tav. 03 – Ubicazione sondaggio SV5*



SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello: **CLIVIO RAP 30**		
Coppia max.	kgm	600
Velocità di rotazione	rpm	75-550
Spinta	kg	2600
Tiro	kg	2000
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida discesa (min.-max.)	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore diesel Deutz	KW	56
Dimensioni		
Lunghezza	m	5.60
Larghezza	m	2.00
Altezza	m	2.20
Peso	kg	6230
Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	40

Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e carotieri doppi di diametro 101mm tipo T2 e/o T6 anche con corona diamantata, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

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

Rivestimento

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

Indice RQD

L'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation) si ricava dalle carote dei litotipi rocciosi. Viene calcolato strato per strato, per lunghezze significative di sondaggio oppure per tratti a omogenea fratturazione.

Pertanto viene determinato dividendo la somma delle lunghezze dei singoli spezzoni di carota di lunghezza superiore al doppio del diametro della carota per la lunghezza del tratto di foro corrispondente (valore espresso in termini percentuali).

In altre parole è il rapporto percentuale tra la sommatoria di spezzoni di carota aventi lunghezza ≥ 100mm e il tratto di lunghezza perforata Lc presa in considerazione, ovvero:

$$R.Q.D. = 100 \left[\Sigma \text{ spezzoni} / Lc \right]$$

Le fratture verticali non sono prese in considerazione, mentre particolare attenzione si presta a discriminare le discontinuità naturali da quelle meccaniche causate dalle manovre di carotaggio (e di cui non si deve tenere conto).

Il valore percentuale permette di identificare l'indice di qualità della roccia:

R.Q.D. %	Qualità
0-25	Molto scadente
25-50	Scadente
50-75	Discreta
75-90	Buona
90-100	Ottima

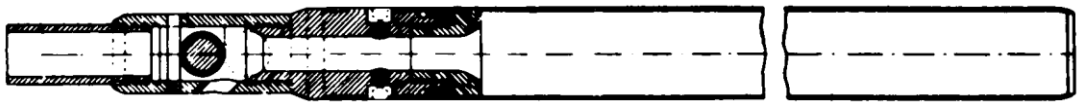
Prelievo campioni

Campionamento indisturbato

Durante la terebrazione del sondaggio SV3 sono stati prelevati n.3 campioni indisturbati alle quote riportate in stratigrafia per eseguire le previste analisi di laboratorio.

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 ($\alpha = 4° \div 15°$).

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 Shelby

Al termine della perforazione dalle carote dei rispettivi sondaggi sono stati prelevati anche n.16 campioni di terreno rimaneggiato.

Strumentazione geotecnica

Piezometri a tubo aperto

Tutti i sondaggi sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto per il rilievo della falda acquifera.

Ogni strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 2", opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda (a partire da -4.00m su SV1 ed SV2 e da -3.50m e -4.50m rispettivamente su SV3 ed SV5) e cieco nel restante tratto.

Su SV1 ed SV2 il tubo finestrato raggiunge fondo foro, mentre su SV3 ed SV5 raggiunge la profondità rispettivamente di -18.00m e -25.50m da p.c., proseguendo con tubo cieco fino a fondo foro.

Ogni strumento è stato posto in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- la parte microfessurata a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo, con tappo di protezione a espansione a testa tubo lucchettato (le chiavi sono a disposizione della Committente).

Nel sigillo cementizio di ogni strumento è stato annegato un pozzetto metallico di protezione carrabile.

Particolare fotografico del tipo di terminale di protezione adottato

PROVE GEOTECNICHE IN FORO

PROVE S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n.30 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'argano oleodinamico della sonda perforatrice.

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

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

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

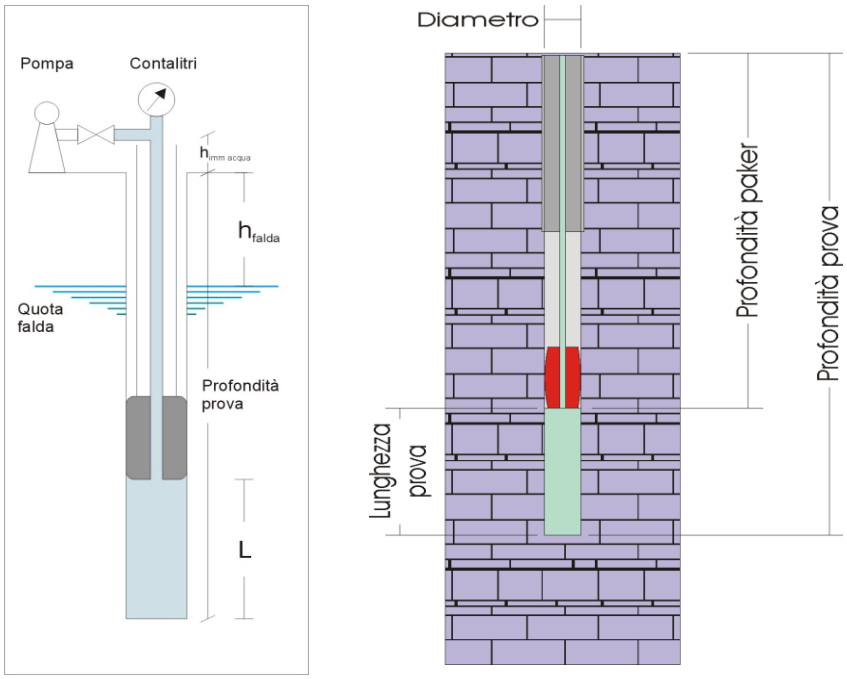
Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76 mm.

PROVE DI PERMEABILITA' TIPO LUGEON

Durante la terebrazione di SV1 sono state eseguite n.2 prove di permeabilità Lugeon.

La prova si programma per valutare l'attitudine dell'ammasso roccioso a consentire la circolazione di acqua e si esegue iniettando acqua in pressione in un tratto isolato di foro in roccia misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

Le prova può essere eseguita in avanzamento, interrompendo la perforazione e isolando il tratto di prova a fondo foro con un packer singolo a espansione oleodinamica, oppure al termine della perforazione (prova in risalita), isolando il tratto di prova con idoneo pistoncino munito di doppio packer (quest'ultima modalità al fine di scegliere la migliore sezione di prova in riferimento agli orizzonti stratigrafici intercettati).



Schema sezioni tipo di prova

La prova consiste nel misurare la portata iniettata alla pressione equivalente di 1 MPa, mantenuta costante per almeno 10 minuti ed eseguendo misure di portata con gradini regolari di pressione; raggiunta la pressione massima, si esegue lo scarico, misurando la portata a ciascun gradino di pressione, mantenuta costante per almeno 10 minuti (la prova può essere prolungata quando l'assorbimento è minimo o quando si incontrano difficoltà a mantenere costante la pressione di iniezione o la portata di assorbimento).

Durante la prova si è costantemente verificata la perfetta tenuta del pistoncino, adottando ogni possibile accorgimento per garantirla.

L'interpretazione avviene, a partire dai dati di campagna, tracciando un grafico delle portate (espresse in litri/minuto) in funzione delle pressioni (MPa). La pressione è ovviamente quella corretta, epurando la pressione letta al manometro dalle perdite di carico nel circuito e aggiungendo il dislivello tra manometro e livello statico della falda.

L'andamento delle curve, derivate dalla disposizione dei punti corrispondenti a ciascun gradino di portata-pressione, forniscono utili indicazioni sull'andamento della prova, da cui si possono desumere le principali caratteristiche delle fratture dell'ammasso roccioso in esame.

Dalla prova si ricava un parametro di assorbimento d'acqua espresso in UNITA' LUGEON: si definisce 1 UL (1 Unità Lugeon) la portata di 1 litro al minuto iniettata a una pressione equivalente di 1 MPa (per la durata di 10 minuti) in un tratto di foro di 1 m.

Per la restituzione dei dati si è fatto ricorso sia al metodo originale di Lugeon (1933), sia al metodo modificato di Houlsby (1976). Il valore stimato del coefficiente di permeabilità equivalente è stato ottenuto applicando la formula proposta da AGI (1975).

Dal grafico e mediante semplici programmi di calcolo è facile valutare la portata per quel tratto di foro corrispondente alla pressione corretta di 1 MPa, da cui si calcola direttamente il valore in Unità Lugeon (UL) in litri/minuto/metro.

I risultati delle prove sono riassunti in apposite tabelle in allegato dove si riportano le misure di campagna, i dati di taratura dell'attrezzatura impiegata per le perdite di carico, i valori di assorbimento alle pressioni corrette e i grafici ricavati con alcune note di commento. Il valore corrispondente, espresso in UL, è riportato in stratigrafia.

PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC

Le prove di permeabilità vengono eseguite per determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni o degli ammassi rocciosi indagati, esprimendo la resistenza del mezzo al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità K , espresso in m/s, ovvero con il volume di acqua che attraversa con moto laminare una unità di sezione nell'unità di tempo.

Il suo valore dipende dalle caratteristiche del terreno (composizione, granulometria, forma dei grani, stato di addensamento...), ma anche da quelle del fluido in movimento (viscosità, legata alla temperatura, e densità).

In natura la permeabilità è estremamente variabile: $10^{-9} < K < 1$, come è possibile osservare nella tabella presentata a seguire.

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (K) nei diversi terreni (*R. Lancellotta*, 1987)

Tipo di terreno	K (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} \div 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} \div 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla omogenea al disotto della falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$

Le prove di permeabilità eseguite in fase di perforazione di un sondaggio per determinare il coefficiente medio di permeabilità prevedono in prima fase la creazione di una adeguata camera di prova di dimensioni note e successivamente la creazione all'interno del foro di un gradiente idraulico mediante immissione o estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), oppure misurare la portata del flusso mantenendo costante il gradiente (prova a carico costante).

Prove di permeabilità a carico variabile

Durante la terebrazione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite complessivamente n.3 permeabilità a carico variabile e n.3 permeabilità a carico costante.

Nelle prove del tipo a carico variabile viene misurata la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante immissione d'acqua nel foro stesso.

Il terreno da investigare che si trovava al di sopra della superficie piezometrica, nella zona non satura, è stato preventivamente saturato.

Le misure di assorbimento sono state registrate con l'ausilio di una sonda piezometrica elettrica e di un cronometro Casio.

Nelle tabelle allegate compare il coefficiente medio di permeabilità, calcolato tramite la formula di Lefranc tenendo conto dei valori forniti a ogni intervallo di misura.
Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

Il coefficiente *K* è determinato con le formule di Lefranc:

$$K=A/(Cf*T)$$

dove *A* è l'area del foro e *T* è calcolato ad ogni gradino di misura con la seguente formula:

$$T=Dt/ln(h1/h2)$$

dove *h1* e *h2* sono due misure di abbassamento nell'intervallo *Dt*; *Cf* è il coefficiente di forma.

Il coefficiente di permeabilità medio è la media dei *K* parziali calcolati ad ogni gradino, scartando, se necessario, i valori anomali (punti vistosamente non allineati sul diagramma semilogaritmico).

Il coefficiente di forma *Cf* è calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) riportate sul Cestari (pagg. 368 e 369) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

Prove di permeabilità a carico costante

Le prove del tipo a carico idraulico costante vengono eseguite misurando la portata necessaria a mantenere costante il livello dell'acqua alla quota del boccaforo. La durata della prova varia da 10 a 30 minuti in relazione al diametro del foro. La costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllati ogni due minuti oppure ogni 5 minuti.

Il terreno da investigare che si trovava al di sopra della superficie piezometrica, nella zona non satura, è stato preventivamente saturato.

La costanza del livello è stata controllata con una sondina elettrica, mentre la misura di portata è stata effettuata con apposito contatore (precisione ± 0.1 litri) inserito nella mandata della pompa e con l'ausilio di un cronometro Casio.

La portata media assorbita è stata calcolata mediando sia il valore numerico della lettura al contatore sia calcolando il coefficiente angolare della retta costruita diagrammando i valori di campagna.

Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

Il coefficiente K è determinato con le formule di Lefranc.

Per le prove a carico costante:

$K=Q/(Cf*h)$

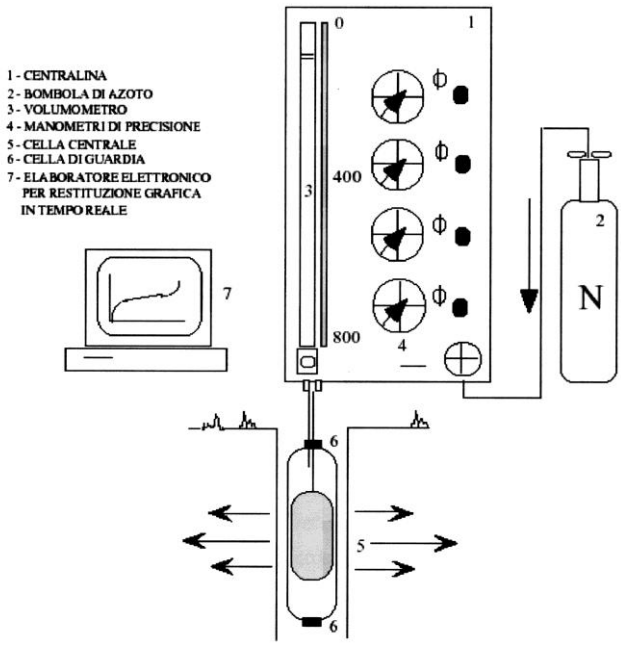
dove Q è la portata immessa per mantenere costante la differenza di livello dell'acqua in foro h; Cf è il coefficiente di forma.

PROVE PRESSIOMETRICHE MENARD

Durante la terebrazione del sondaggio SV2 sono state eseguite n.2 prove pressiometriche Menard.

La prova pressiometrica MPM consiste nella misurazione delle dilatazioni indotte in una cella facente parte di una sonda cilindrica tricellulare dilatabile, immessa entro un foro di sondaggio appositamente realizzato, connessa a un controllore pressione/volume posto in superficie e collegata al sistema di energizzazione.

PRESSIOMETRO MENARD - SCHEMA DI FUNZIONAMENTO



La deformazione del tratto di terreno sottoposto a prova viene ottenuta immettendo un liquido in pressione all'interno della cella di misura posta nella zona mediana della sonda pressiometrica; essa, durante la prova, si comporta come una cavità cilindrica in espansione la cui geometria è correttamente mantenuta dalle opportune pressioni applicate alle celle di guardia, poste superiormente ed inferiormente alla stessa cella di misura.

In tal modo si ottiene un tensore degli sforzi piano con sforzo principale orientato orizzontalmente, il cui valore viene misurato in superficie mediante manometri di precisione a scale differenziate nonché corretto in funzione delle inerzie proprie del sistema di espansione e della profondità dell'eventuale acqua presente nel foro all'atto della prova.

La rilevazione della deformazione del terreno viene eseguita direttamente in superficie mediante sistema volumometrico ed il valore ricavato viene successivamente depurato della dilatabilità propria dei tubi di immissione.

Applicando una serie di gradini di pressione mantenuti costanti per determinati intervalli di tempo (*stress controlled*) e rilevandone conseguentemente la deformazione, si ottiene una curva sforzo - deformazione in sito.

Strumentazione impiegata e modalità esecutive

Per la esecuzione delle prove si è fatto riferimento ai seguenti standard operativi:

- ASTM D4719 - 87 – Standard Test Methods for Pressuremeter Testing in Soils (1994);
- AFNOR NF P94-110-1 – Essai Pressiométrique Ménard (2000).

La campagna di prove in sito è stata eseguita mediante l'impiego della seguente strumentazione:

- pressiometro da terra: Apageo Segelm matricola 910 produzione dicembre 2007 da 80 bar di lettura delle deformazioni in sensibilità normale (1-5 cm^3);
- sonde pressiometriche: tricellulari diam 60 mm tipo BX;
- energizzatore: bombola di azoto compresso a 200 bar.

Per la realizzazione delle prove si è proceduto in avanzamento in quanto le prove pressiometriche richiedono una tasca di prova dedicata. L'esecuzione dei foro nel tratto di prova, che riveste particolare importanza per la corretta realizzazione della prova stessa, è avvenuta sempre sotto la diretta supervisione del tecnico incaricato della prova. La camera è stata ottenuta mediante carotaggio continuo con carotiere semplice diam. 66 mm e corona a prismi di widia.

La prova viene eseguita imponendo incrementi di carico mantenuti costanti per un minuto, durante i quali, ad intervalli di 30" e 60", si rileva la dilatazione della cella centrale e quindi le corrispondenti deformazioni volumetriche del terreno. Le pressioni sono lette in superficie da manometri di precisione dotati di scale differenziate.

Nel corso delle prove pressiometriche si è provveduto ad eseguire un ciclo di scarico-ricarico a partire approssimativamente dal limite superiore del campo pseudoelastico, al fine di determinare il modulo di elasticità di Young dalla pendenza media del tratto di ricarico (o del ciclo stesso).

Poiché i dati di campagna devono essere corretti in funzione dell'inerzia e dell'elasticità del sistema impiegato, prima di procedere alla prova in foro sono state eseguite la taratura di pressione della

sonda o taratura della guaina (misurando i volumi di equilibrio durante l'espansione libera della cella pressiometrica) e la taratura "dei tubicini", vale a dire dell'insieme sonda-cavi-centralina (rilevando le variazioni di volume con sonda confinata entro apposito tubo di calibrazione, che dipendono dall'elasticità dei tubi e dalla compressibilità del fluido).

Presentazione dei risultati

Per consentire la corretta interpretazione della prova, si riportano anzitutto:

- le letture di campagna dei valori di pressione letti al manometro (PL);
- le letture di campagna del volume di dilatazione della cella ai diversi intervalli di applicazione (V_{30} e V_{60});
- i dati geometrici e al contorno.

Quindi è necessario procedere anche alla correzione dei valori di pressione e di volume misurati in sito (V_{60} e P_{lim}) tenendo conto di:

- pressione dovuta al carico idraulico;
- resistenza propria della sonda;
- espansione propria dell'apparecchio.

Questi ultimi due fattori dipendono dall'inerzia e dall'elasticità del sistema, ricavabili dalle tarature effettuate.

I calcoli preliminari, al fine di facilitare la successiva interpretazione della prova, riportano anche l'inverso di variazione del volume ad ogni incremento di pressione e il corrispondente volume di fluage, inteso come differenza di dilatazione misurata a 30" e a 60" dall'applicazione del carico. I valori corretti e i risultati di calcolo sono infine rappresentati graficamente su diagrammi cartesiani di interpretazione.

Per ciascuna prova si riporta un certificato, composto da n. 5 pagine, recante:

- identificazione della prova e parametri geometrici significativi;
- parametri di calcolo adottati e sintesi dei parametri pressiometrici caratteristici (ricavati con metodi interpretativi – vedasi oltre);

- strumentazione impiegata: caratteristiche e taratura del sistema con i parametri correttivi da impiegare;
- tabella con le letture di campagna, le letture corrette, i risultati di calcolo significativi;
- grafici interpretativi della prova: curva pressiometrica, diagramma dell'inverso del volume e curva di fluage.

Al fine di rendere maggiormente utilizzabili i dati pressiometrici da parte del progettista geotecnico, nel presente lavoro si propongono i risultati delle elaborazioni condotte impiegando le correlazioni empiriche internazionali più accreditate con i parametri geotecnici tradizionali.

I valori riportati sono da considerarsi puramente indicativi, in quanto elaborati con metodi di tipo interpretativo. Per completezza, nel seguito sono indicati i metodi utilizzati per consentire al progettista di procedere con le proprie valutazioni.

I principi teorici interpretativi sui quali si fonda l'analisi delle risultanze della prova pressiometrica sono riconducibili alla espansione di una cavità cilindrica secondo le seguenti assunzioni:

- mezzo omogeneo-ortotropo di dimensioni illimitate;
- espansione della cavità secondo simmetria assiale coincidente con l'asse del foro e deformazione piana;
- espansione di tipo quasi statico con incrementi e decrementi di pressione sufficientemente lenti da rendere trascurabili gli effetti delle forze di inerzia;
- comportamento del mezzo secondo una legge elasto-plastico lineare.

I parametri ottenibili dall'analisi della curva pressiometrica e dall'elaborazione dei valori di prova sono i seguenti:

Modulo pressiometrico Em : trattasi di un modulo secante di deformabilità in condizioni di taglio puro, misurato in un campo di sforzo deviatorico corrispondente alla cosiddetta fase pseudoelastica (quasi linearità sforzi-deformazioni) del materiale avente come limite

inferiore e superiore i valori di pressione-volume P_1-V_1 e P_2-V_2; questi ultimi corrispondono approssimativamente al termine del tratto di ricompressione iniziale ed all'inizio del campo di deformazione plastica del materiale o di scorrimento finale.

Il modulo pressiometrico è espresso dalla seguente relazione:

$$Em = 2\ G\ (1 + \nu)$$

con

$$G = V_m * \Delta P/\Delta V$$

dove:

ν = indice di Poisson del terreno

G = modulo di taglio del terreno

V_m = volume medio della cavità nell'intervallo di pressione ΔP

ΔP = intervallo di pressione nel campo pseudoelastico

ΔV = intervallo di deformazione nel campo pseudoelastico

Modulo di Elasticità E da Em: stima del modulo di deformabilità volumetrica assimilato al modulo di Young o di compressione idrostatica, derivato dal modulo di deformabilità calcolato in cicli di scarico-ricarico oppure direttamente dal modulo pressiometrico Em tramite l'applicazione di un coefficiente reologico α dipendente dalla modalità di prova, dalla litologia e dalla storia tensionale del sedimento o della roccia secondo la seguente relazione (ISSMFE-European Regional Committee n°4-Pressuremeters, 1991):

$$E = Em / \alpha$$

con

E = modulo di Young stimato

Em = modulo pressiometrico

α = coefficiente reologico

Pressione di fluage P_f: corrisponde al termine del tratto a comportamento pseudoelastico della curva sforzi-deformazioni. Si determina graficamente su di un diagramma cartesiano dove si riportano i volumi di scorrimento viscoso $DV_{(60/30)}$ ad ogni gradino di pressione. In generale,

il valore della pressione di fluage si discosta di poco dal valore pressione di scorrimento finale V_2.

Pressione limite P_{lim}: corrisponde allo stato di equilibrio limite indifferente con deformazioni infinite; per convenzione, corrisponde al valore della pressione relativo ad una dilatazione della sonda pressiometrica uguale al raddoppio della cavità dopo l'inizio della fase pseudoelastica (definito Volume limite $V_{lim} = Vs+2V_1$):

$$P_{lim} = f(V_{lim})$$

Per determinare la pressione limite, la letteratura specialistica indica diversi metodi. I risultati presentati sono in accordo con l'allegato D della Norma AFNOR NF P 94-110-1 ed. 2000 e con il paragrafo 2.2.2 della "Brochure D 60", versione 1996.

Qualora l'espansione della cella abbia raggiunto il valore V_{lim}, la determinazione è diretta. Poiché tale caso non si è mai verificato nelle prove condotte, si è fatto ricorso ai seguenti metodi di estrapolazione indiretta:

- Il metodo di estrapolazione detto della curva "inversa" consiste nel trasformare le coppie di valori (p,V) in (p, 1/V) e nell'effettuare una regressione lineare per tutti i valori tali per cui $p \geq p_2$. Applicando le formule riportate al paragrafo D.3.2.1 della norma AFNOR si calcola il valore della pressione limite.
- Il metodo d'estrapolazione "iperbolica" tiene conto di tutti i valori con $p > p_E$, dove p_E è la pressione origine del segmento con minor pendenza della curva pressiometrica corretta. Applicando le formule indicate dalla norma AFNOR (al paragrafo D.3.2.2), si ricava il valore della pressione limite.
- Nel metodo d'estrapolazione dall' inverso del volume, raccomandato dalla "Brochure D60", si costruisce la curva con in ascissa l'inverso del volume corretto e in ordinata la pressione corretta. Per semplicità grafica (e numerica) si preferisce utilizzare l'inverso del volume moltiplicato per 1000. Si ricava la retta di interpolazione dei punti oltre la pressione di fluage e, dall'equazione di tale retta, si calcola il valore di pressione corrispondente all'inverso del volume limite moltiplicato 1000.

Per convenzione, la pressione limite applicata è il valore più basso tra quelli estrapolati con i diversi metodi.

Pressione limite netta P'_{lim} e pressione di fluage netta P'_f: corrispondono alle pressioni calcolate in rapporto alla tensione orizzontale presente nel terreno prima dell'introduzione della sonda pressiometrica alla medesima quota di prova:

$$P'_f = P_f - \sigma_{hs}$$

$$P'_{lim} = P_{lim} - \sigma_{hs}$$

dove σ_{hs} è la tensione totale orizzontale a livello della prova:

$$\sigma_{hs} = f(K_0; \sigma_{vs}, u_s)$$

con

K_0 = coefficiente di spinta a riposo delle terre alla quota di prova

σ_{vs} = tensione verticale efficace alla quota di prova

u_s = pressione interstiziale dell'acqua al livello della prova

In accordo con la Norma francese, si è assunto il valore convenzionale di $K_0 = 0{,}5$.

Parametro di controllo Em/P'_{lim}: come raccomandato dalla Norma francese, il parametro di controllo viene riportato per verificare che non siano stati commessi errori grossolani nell'estrapolazione dei dati dalla curva pressiometrica. Apposite tabelle riportate in letteratura (ISSMFE, 1991; AFNOR, 1996) permettono di correlare questo parametro con il tipo di materiale, in funzione di litologia, grado di consolidamento e di alterazione. Se il valore calcolato del parametro di controllo risulta compatibile con il materiale estratto dal carotiere che ha eseguito la camera di prova, l'interpretazione condotta è da ritenersi accettabile.

Coesione non drenata c_u: stima della resistenza al taglio non drenata di materiali coesivi od assimilati a comportamento geomeccanico coesivo, mediante correlazioni sperimentali, ampiamente diffuse, in funzione della pressione limite netta (*Amar & Jezequel, 1972*).

Ciclo di isteresi: per il ciclo di scarico-ricarico sono stati determinati il modulo di taglio G e il modulo di Young (corrispondente al modulo pressiometrico) calcolati nel tratto di ricarico con i procedimenti sopra descritti; per completezza, si riporta infine il coefficiente reologico sperimentale, calcolato come rapporto tra il modulo pressiometrico Em del primo ciclo e il modulo di Young del ciclo di ricarico.

PROVA DILATOMETRICA

Durante la terebrazione di SV1 è stata eseguita n.1 prova dilatometrica alla profondità indicata in stratigrafia.

La prova dilatometrica, è 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.

Questa prova viene eseguita all'interno di un foro di sondaggio per definire le caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso mediante l'espansione della membrana elastica della sonda dilatometrica.

Su entrambe le terminazioni dello strumento, tale membrana è assicurata al corpo interno in modo da rendere completamente stagna la tenuta della sonda.

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.

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 75mm e disposti a 120°.

La pressione di espansione della membrana all'interno del dilatometro è misurata mediante un trasduttore di pressione (sensibilità 0.1bar).

Le variazioni di pressione e spostamento sono trasmesse a una centralina di misura e registrazione dei dati in superficie 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.

Esecuzione della prova

I segnali dei sensori di deformazione sono trasmessi, tramite un cavo elettrico, all'unità di lettura posta in superficie, al di fuori del foro di sondaggio.

Tale pressione è esercitata dall'esterno del foro tramite una centralina di pressurizzazione e un sistema di tubicini utilizzando azoto tecnico compresso.

Tramite la guaina flessibile della sonda sulla quale viene esercitata una pressione costante, viene messo in pressione un tratto di foro della lunghezza di 1m e ne vengono misurate le deformazioni diametrali.

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:

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

dove:

Δp = variazione di pressione

ΔD = variazione diametrale

υ = 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 ricarico: 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.

≈

In allegato vengono fornite le stratigrafie dei sondaggi geognostici con la documentazione fotografica delle carote prelevate, unitamente ai certificati delle prove eseguite in foro.

ALLEGATI

STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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
SV1

Committente ITALFERR Spa

Cantiere Progettazione definitiva della linea Genova Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località Pietra Ligure (SV)

Commessa n. 10040

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 29/10/2010 fine: 03/11/2010 Sonda: Clivio Rap 30

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Coordinate: N= 44° 9.647' E= 8° 16.421' Scala 1:100

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/10 del 30/11/2010

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	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	permeabilità [Lugeon]	prova dilatometrica [MPa]
0.00	0.90		Terreno rimaneggiato e/o di riporto costituito da ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana debolmente limosa, rari ciottoli, colore nocciola-rossiccio.		c.c. diam. 101mm						1.50 26 - RIF. (8cm) p.c.						
0.90	3.10		Serpentinoscisto generalmente frammentato, intensamente argillificato e alterato, ossidato, colore grigio-verdastro.														
4.00	16.00		Porfiroide massiccio con anisotropie planari sviluppate e localmente pervasive, polifasiche, finemente scistose con tessitura a bande mm, colore da verde chiaro a verde-rossastro. Fenocristalli di quarzo, k-feldspato e clorite e talco e serpentino come prodotti di alterazione. Si segnalano n.2 famiglie di discontinuità, entrambe per fratturazione: la prima, pervasiva, riconducibile alle superfici di scistosità con inclinazione 50° , spaziatura 5-80cm e JRC 2-4; l'altra, inclinazione variabile e spaziatura non definita, per fratturazione di tipo meccanico. Superfici di fratturazione serrate, raramente aperte, da poco alterate a decolorate con riempimento argilloso delle fratture aperte. Roccia talora di aspetto cataclastico (es. da -6.40m a -6.70m, da -13.40m a -13.60m, da -14.20m a -14.60m, da -15.50m a -16.00m, da -16.70m a -16.80m, da -17.00m a -17.30m e da -19.90m a -20.00m da p.c.). Tra -5.80m a -6.00m da p.c. BRECCIA DI FAGLIA (clasti a spigoli vivi di quarzoscisto in matrice argilloso-sabbiosa, colore verde chiaro.	4.38	carotaggio continuo diam. 101 T2 diamante	127mm	90-100%	90 45 30 80 90 95 90 90 60 40 60 20 40 60 90 40		9.60 CR 1 9.80 11.00 CR 2 11.40 18.20 CR 3 18.40				4.50 3.0 U.L. 6.00 16.50 2.0 U.L. 18.00	14.80 Ed= 2103	
20.00																	

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -4.00m e fondo foro.

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.13 rev. 00

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Progettazione definitiva linea Genova Ventimiglia tratta Finale L. - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N=44° 9,647' E= 8° 16,421'

SONDAGGIO n.

SV1

Eseguito il
29/10-03/11/10

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/11 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	1.50	26	RIF. (8cm)		p.c.
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Dr. GIORGIO SOLA Responsabile Laboratorio TORINO

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LUGEON (AGI 1977)

Mod. 7.5.9 rev. 00

PROVA n. 1

eseguita il 29/10/2010

Committente: ITALFERR S.p.A.

Cantiere: Prog. def. linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: **N**=44° 9,647' ; **E**=8° 16,421'

Accettazione n.10040 - Certificato n.10040/12 del 30/11/2010 - Commessa n. 10/040

Sondaggio n. SV1

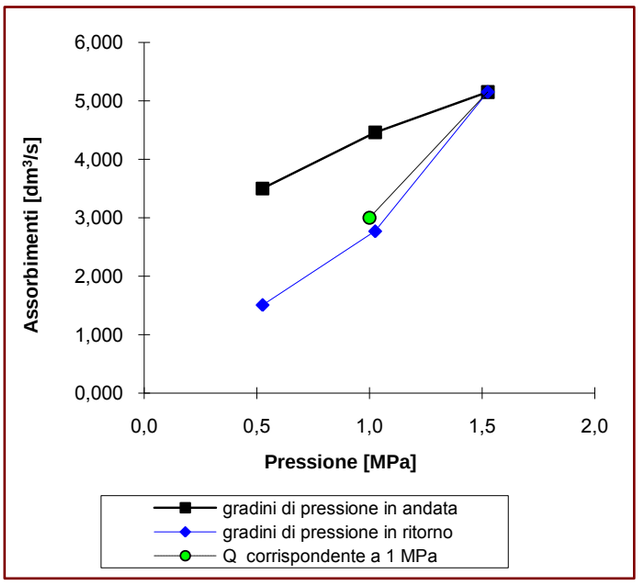
prova in avanzamento con packer singolo

camera di prova:	da	4,50	a	6,00 m
lunghezza tratto di prova:				1,50 m
diametro del foro:				101 mm
R.Q.D.:				45 %

profondità media prova:	5,25 m
durata della prova:	3000 s
livello statico da p.c.:	2,00 m
carico idraulico al pistoncino:	0,025 MPa

apparecchiatura di prova: taratura del 29/10/2010 — $pc = f(Q) = y = 0{,}00003x^2 + 0{,}00253x$

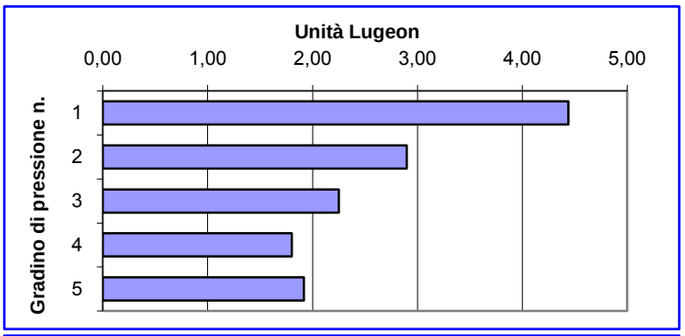
gradino n.	pressione al manometro MPa	durata s	vol. immesso dm^3	portata media dm^3/s	perdita carico MPa	pressione effettiva MPa	portata assorbita dm^3/s	UNITA' LUGEON
1	0,5	600	35,0	0,0583	0,0000	0,53	0,0583	4,44
2	1	600	44,6	0,0743	0,0000	1,03	0,0743	2,90
3	1,5	600	51,5	0,0858	0,0000	1,53	0,0858	2,25
4	1	600	27,7	0,0462	0,0000	1,03	0,0462	1,80
5	0,5	600	15,1	0,0252	0,0000	0,53	0,0252	1,92

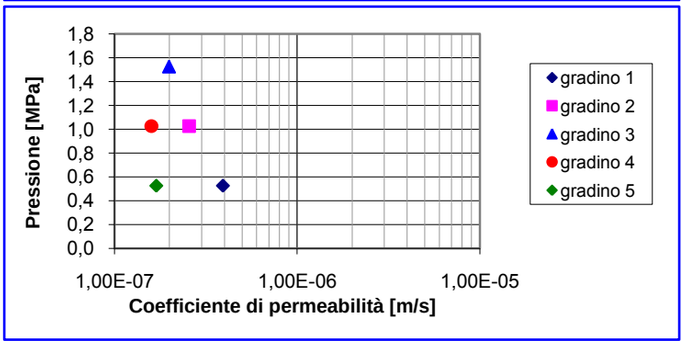


assorb. corrispondente a 1 MPa: 0,075 dm^3/s

Pari a circa: 3 U.L. (stima grafica)

METODO ORIGINALE DI LUGEON (1933)





METODO MODIFICATO DI HOULSBY (1976)

LITOLOGIA: Porfiroide massiccio

***NOTE**: Parziale dilavamento e/o fratturazione al secondo gradino, con successivo intasamento; valore applicabile: 1 U.L.*

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.9 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LUGEON (AGI 1977)

Committente: ITALFERR S.p.A.

Cantiere: Prog. def. linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: **N=44° 9,647'** **; E=8° 16,421'**

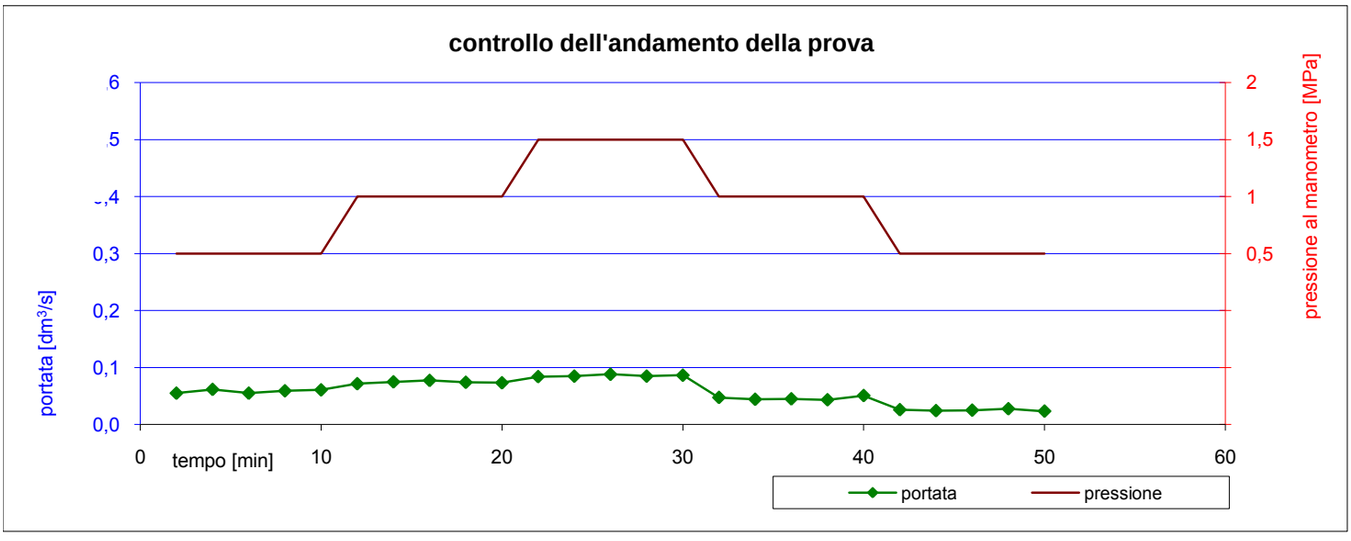
Accettazione n.10040 - Certificato n.10040/12 del 30/11/2010 - Commessa n. 10/040

PROVA n. 1

eseguita il 29/10/2010

MISURE DI CAMPAGNA

Gradino di prova n.	Tempo [s]	Lettura al contalitri [dm^3]	Lettura al manometro [MPa]	Portata [dm^3/s]	Volume immesso [dm^3]	Portata media [dm^3/s]	Pressione media [MPa]
1	0	108,0	0,5		35,0	0,058333	0,5
	120	114,6	0,5	0,05500			
	240	122,0	0,5	0,06167			
	360	128,6	0,5	0,05500			
	480	135,7	0,5	0,05917			
	600	143,0	0,5	0,06083			
2	0	150,0	1		44,6	0,07433	1
	120	158,6	1	0,07167			
	240	167,6	1	0,07500			
	360	176,9	1	0,07750			
	480	185,8	1	0,07417			
	600	194,6	1	0,07333			
3	0	208,0	1,5		51,5	0,08583	1,5
	120	218,1	1,5	0,08417			
	240	228,3	1,5	0,08500			
	360	238,9	1,5	0,08833			
	480	249,1	1,5	0,08500			
	600	259,5	1,5	0,08667			
4	0	272,0	1		27,7	0,04617	1
	120	277,7	1	0,04750			
	240	283,0	1	0,04417			
	360	288,4	1	0,04500			
	480	293,6	1	0,04333			
	600	299,7	1	0,05083			
5	0	308,0	0,5		15,1	0,02517	0,5
	120	311,1	0,5	0,02583			
	240	314,0	0,5	0,02417			
	360	317,0	0,5	0,02500			
	480	320,3	0,5	0,02750			
	600	323,1	0,5	0,02333			



Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LUGEON (AGI 1977)

Mod. 7.5.9 rev. 00

PROVA n. 2

eseguita il 03/11/2010

Committente: ITALFERR S.p.A.

Cantiere: Prog. def. linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: **N**=44° 9,647' ; **E**=8° 16,421'

Accettazione n.10040 - Certificato n.10040/13 del 30/11/2010 - Commessa n. 10/040

Sondaggio n. SV1

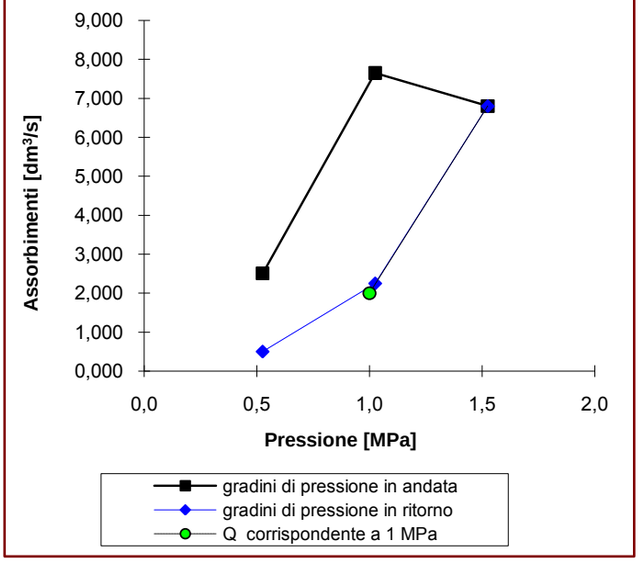
prova in avanzamento con packer singolo

camera di prova:	da	16,50	a	18,00 m
lunghezza tratto di prova:				1,50 m
diametro del foro:				101 mm
R.Q.D.:				60 %

profondità media prova:	17,25 m
durata della prova:	3000 s
livello statico da p.c.:	2,00 m
carico idraulico al pistoncino:	0,025 MPa

apparecchiatura di prova: taratura del 29/10/2010 — $pc = f(Q) = y = 0{,}00003x^2 + 0{,}00253x$

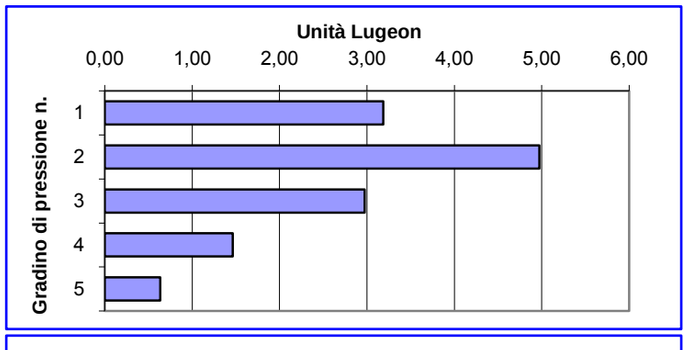
gradino n.	pressione al manometro MPa	durata s	vol. immesso dm^3	portata media dm^3/s	perdita carico MPa	pressione effettiva MPa	portata assorbita dm^3/s	UNITA' LUGEON
1	0,5	600	25,1	0,0418	0,0000	0,53	0,0418	3,19
2	1	600	76,5	0,1275	0,0000	1,03	0,1275	4,97
3	1,5	600	68,0	0,1133	0,0000	1,53	0,1133	2,97
4	1	600	22,5	0,0375	0,0000	1,03	0,0375	1,46
5	0,5	600	5,0	0,0083	0,0000	0,53	0,0083	0,63

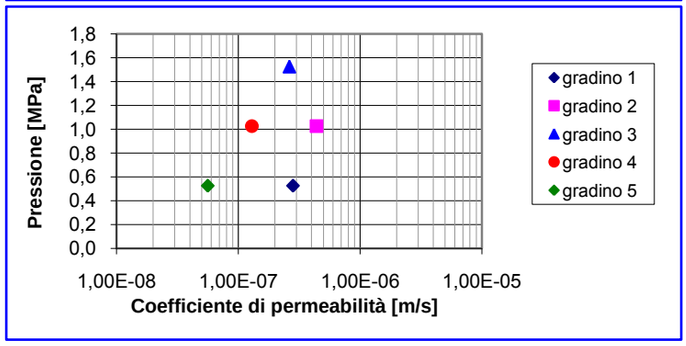


assorb. corrispondente a 1 MPa: 0,050 dm^3/s

Pari a circa: **2 U.L.** (stima grafica)

METODO ORIGINALE DI LUGEON (1933)





METODO MODIFICATO DI HOULSBY (1976)

LITOLOGIA: Porfiroide massiccio

***NOTE**: Parziale dilavamento e/o fratturazione al secondo gradino, con successivo intasamento; valore applicabile: 1 U.L.*

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LUGEON (AGI 1977)

Mod. 7.5.9 rev. 00

PROVA n. 2

eseguita il 03/11/2010

Committente: ITALFERR S.p.A.

Cantiere: Prog. def. linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

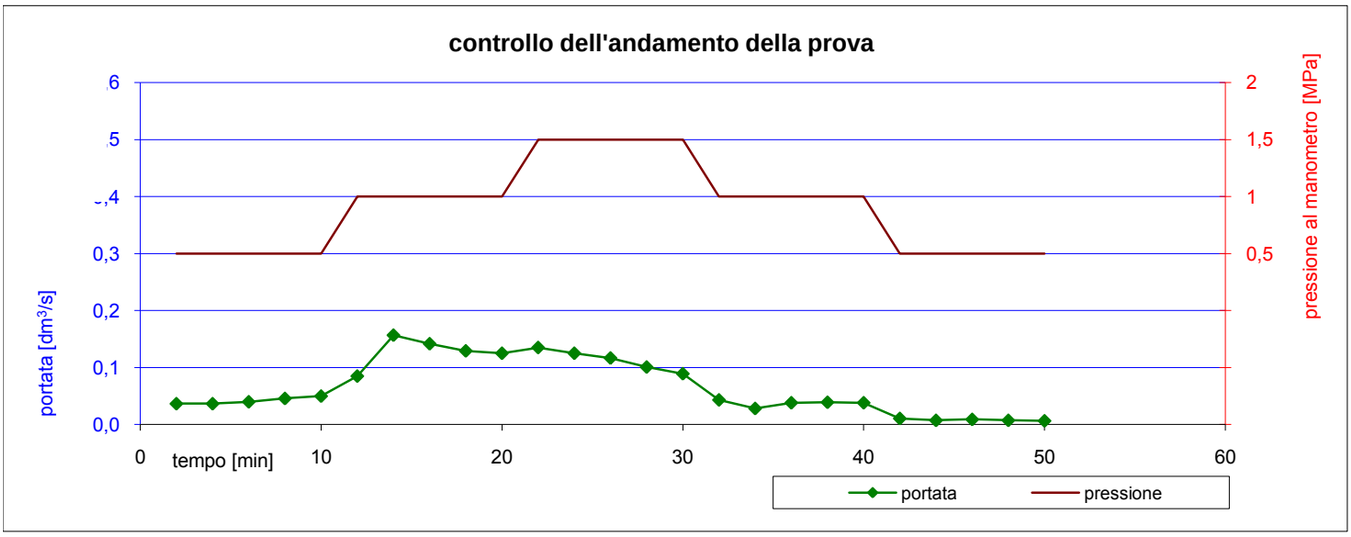
Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: **N=44° 9,647'** **; E=8° 16,421'**

Accettazione n.10040 - Certificato n.10040/13 del 30/11/2010 - Commessa n. 10/040

MISURE DI CAMPAGNA

Gradino di prova n.	Tempo [s]	Lettura al contalitri [dm^3]	Lettura al manometro [MPa]	Portata [dm^3/s]	Volume immesso [dm^3]	Portata media [dm^3/s]	Pressione media [MPa]
1	0	306,0	0,5		25,1	0,041833	0,5
	120	310,4	0,5	0,03667			
	240	314,8	0,5	0,03667			
	360	319,6	0,5	0,04000			
	480	325,1	0,5	0,04583			
	600	331,1	0,5	0,05000			
2	0	340,0	1		76,5	0,12750	1
	120	350,2	1	0,08500			
	240	369,0	1	0,15667			
	360	386,0	1	0,14167			
	480	401,5	1	0,12917			
	600	416,5	1	0,12500			
3	0	430,0	1,5		68,0	0,11333	1,5
	120	446,2	1,5	0,13500			
	240	461,2	1,5	0,12500			
	360	475,2	1,5	0,11667			
	480	487,3	1,5	0,10083			
	600	498,0	1,5	0,08917			
4	0	510,0	1		22,5	0,03750	1
	120	515,2	1	0,04333			
	240	518,6	1	0,02833			
	360	523,2	1	0,03833			
	480	527,9	1	0,03917			
	600	532,5	1	0,03833			
5	0	540,0	0,5		5,0	0,00833	0,5
	120	541,3	0,5	0,01083			
	240	542,2	0,5	0,00750			
	360	543,3	0,5	0,00917			
	480	544,2	0,5	0,00750			
	600	545,0	0,5	0,00667			



Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

PROVA DILATOMETRICA

Sondaggio: **SV1** **Prova n. D1** **sk 10040/14** **Profondità: m 14,80**

Committente: ITALFERR S.p.a.

Cantiere: Progettazione definitiva della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora

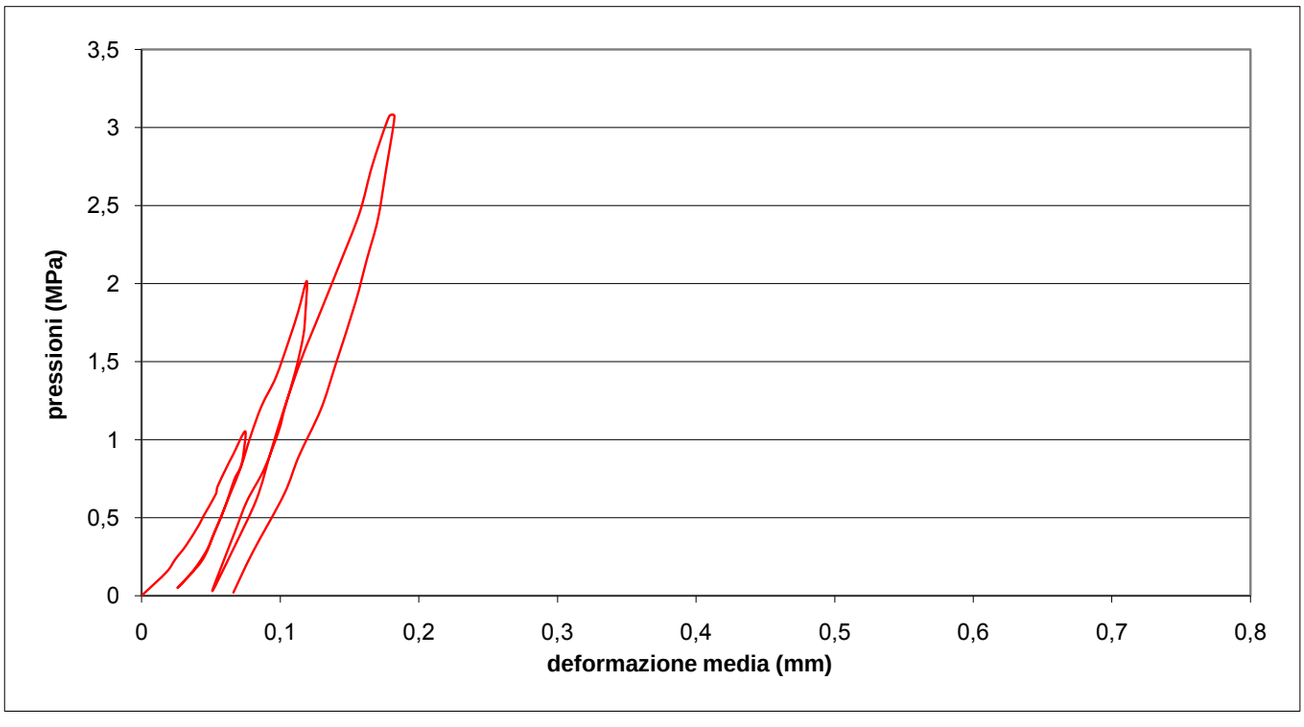
Località: Pietra Ligure (SV) Data: 03/11/2010

Terreno indagato: Porfiroide massiccio
Falda: presenza di acqua a -2,00 m da bocca foro
RQD: 60 %

Modalità di esecuzione camera di prova: rotazione con carotaggio continuo diam. 101 mm T2 diamante
Sondaggio verticale diametro effettivo del sondaggio: 104,1 mm

Apparecchiatura: Dilatometro fessibile DILAROC TELEMAC, guaina 20 Mpa diam. 95 mm

MODULO DI DEFORMAZIONE: (calcolato sul 2° carico)	**Ed = 2103 MPa**
MODULO ELASTICO: (calcolato sul 2° scarico)	**Ee = 2897 MPa**



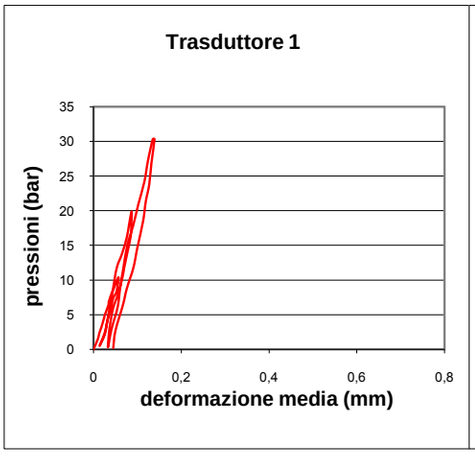
Note:

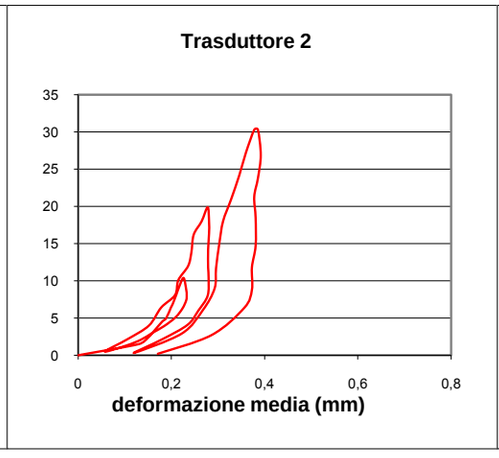
Valori registrati dai singoli trasduttori

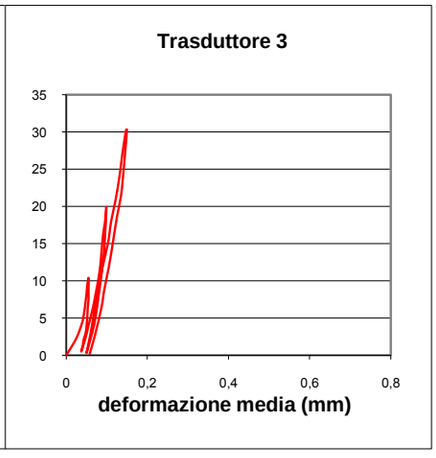
			valori assoluti				valori relativi			
tempo	pressione		trasd 1	trasd 2	trasd 3	media	trasd 1	trasd 2	trasd 3	media
min	bar	MPa	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,0	4,0	0,000	8,958	8,960	9,275	9,062	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	5,5	0,152	8,968	9,090	9,292	9,115	0,010	0,130	0,017	0,018
1,0	6,3	0,233	8,971	9,109	9,300	9,125	0,013	0,149	0,025	0,024
1,5	7,2	0,324	8,976	9,122	9,307	9,133	0,018	0,162	0,032	0,032
2,0	8,5	0,456	8,982	9,140	9,315	9,144	0,024	0,180	0,040	0,042
2,5	9,0	0,507	8,984	9,149	9,317	9,148	0,026	0,189	0,042	0,044
3,0	10,4	0,648	8,992	9,159	9,321	9,155	0,034	0,199	0,046	0,053
3,5	10,9	0,699	8,993	9,163	9,322	9,157	0,035	0,203	0,047	0,055
4,0	12,2	0,831	9,000	9,171	9,325	9,163	0,042	0,211	0,050	0,062
4,5	12,9	0,902	9,005	9,175	9,326	9,167	0,047	0,215	0,051	0,066
5,0	14,4	1,054	9,015	9,186	9,330	9,175	0,057	0,226	0,055	0,075
5,5	12,8	0,892	9,012	9,192	9,330	9,176	0,054	0,232	0,055	0,073
6,0	12,1	0,821	9,009	9,193	9,330	9,175	0,051	0,233	0,055	0,071
6,5	11,4	0,750	9,003	9,192	9,330	9,173	0,045	0,232	0,055	0,067
7,0	10,3	0,638	8,999	9,184	9,328	9,168	0,041	0,224	0,053	0,063
7,5	9,1	0,517	8,994	9,169	9,327	9,161	0,036	0,209	0,052	0,058
8,0	7,9	0,395	8,989	9,144	9,325	9,151	0,031	0,184	0,050	0,052
8,5	7,0	0,304	8,986	9,119	9,323	9,141	0,028	0,159	0,048	0,048
9,0	6,1	0,213	8,982	9,095	9,318	9,130	0,024	0,135	0,043	0,041
9,5	5,3	0,132	8,977	9,063	9,316	9,116	0,019	0,103	0,041	0,035
10,0	4,5	0,051	8,972	9,017	9,312	9,098	0,014	0,057	0,037	0,026
10,5	6,2	0,223	8,984	9,067	9,322	9,122	0,026	0,107	0,047	0,043
11,0	8,0	0,405	8,989	9,112	9,330	9,142	0,031	0,152	0,055	0,053
11,5	10,4	0,648	8,996	9,138	9,341	9,156	0,038	0,178	0,066	0,064
12,0	12,1	0,821	9,001	9,168	9,347	9,170	0,043	0,208	0,072	0,072
12,5	14,1	1,023	9,006	9,175	9,354	9,176	0,048	0,215	0,079	0,079
13,0	16,0	1,216	9,012	9,196	9,359	9,187	0,054	0,236	0,084	0,087
13,5	17,8	1,398	9,023	9,203	9,362	9,194	0,065	0,243	0,087	0,097
14,0	20,2	1,641	9,034	9,208	9,366	9,201	0,076	0,248	0,091	0,106
14,5	22,0	1,824	9,039	9,225	9,371	9,210	0,081	0,265	0,096	0,113
15,0	23,9	2,016	9,045	9,238	9,374	9,217	0,087	0,278	0,099	0,119
15,5	21,9	1,814	9,044	9,241	9,373	9,217	0,086	0,281	0,098	0,118
16,0	20,4	1,662	9,043	9,241	9,371	9,216	0,085	0,281	0,096	0,117
16,5	18,2	1,439	9,036	9,239	9,369	9,213	0,078	0,279	0,094	0,111
17,0	15,8	1,196	9,028	9,239	9,364	9,208	0,070	0,279	0,089	0,103
17,5	14,4	1,054	9,024	9,240	9,361	9,206	0,066	0,280	0,086	0,099
18,0	12,0	0,811	9,014	9,238	9,355	9,200	0,056	0,278	0,080	0,088
18,5	10,0	0,608	9,003	9,218	9,350	9,188	0,045	0,258	0,075	0,076
19,0	8,1	0,415	8,997	9,195	9,344	9,176	0,039	0,235	0,069	0,068
19,5	6,2	0,223	8,993	9,142	9,335	9,155	0,035	0,182	0,060	0,059
20,0	4,3	0,030	8,991	9,079	9,325	9,129	0,033	0,119	0,050	0,051
20,5	6,9	0,294	8,999	9,182	9,335	9,170	0,041	0,222	0,060	0,066
21,0	10,1	0,618	9,013	9,228	9,345	9,193	0,055	0,268	0,070	0,083
21,5	13,0	0,912	9,019	9,253	9,355	9,207	0,061	0,293	0,080	0,093
22,0	15,7	1,186	9,026	9,256	9,364	9,213	0,068	0,296	0,089	0,102
22,5	19,0	1,520	9,035	9,263	9,378	9,223	0,077	0,303	0,103	0,115
23,0	22,0	1,824	9,049	9,271	9,386	9,233	0,091	0,311	0,111	0,129
23,5	24,9	2,118	9,060	9,288	9,397	9,246	0,102	0,328	0,122	0,143
24,0	28,2	2,452	9,074	9,306	9,407	9,260	0,116	0,346	0,132	0,157
24,5	31,2	2,756	9,082	9,320	9,414	9,270	0,124	0,360	0,139	0,166
25,0	34,3	3,070	9,093	9,338	9,423	9,283	0,135	0,378	0,148	0,178

Valori registrati dai singoli trasduttori (segue)

			valori assoluti				valori relativi			
tempo	pressione		trasd 1	trasd 2	trasd 3	media	trasd 1	trasd 2	trasd 3	media
min	bar	MPa	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
28,5	34,3	3,070	9,097	9,346	9,425	9,287	0,139	0,386	0,150	0,182
29,0	30,9	2,726	9,090	9,352	9,420	9,285	0,132	0,392	0,145	0,176
29,5	27,8	2,412	9,085	9,346	9,415	9,280	0,127	0,386	0,140	0,170
30,0	25,3	2,158	9,077	9,338	9,410	9,273	0,119	0,378	0,135	0,163
30,5	22,5	1,875	9,071	9,341	9,400	9,268	0,113	0,381	0,125	0,154
31,0	18,7	1,489	9,058	9,341	9,389	9,260	0,100	0,381	0,114	0,140
31,5	15,8	1,196	9,049	9,333	9,380	9,252	0,091	0,373	0,105	0,129
32,0	12,8	0,892	9,034	9,333	9,369	9,243	0,076	0,373	0,094	0,113
32,5	10,4	0,648	9,025	9,317	9,362	9,232	0,067	0,357	0,087	0,103
33,0	6,7	0,274	9,008	9,246	9,346	9,198	0,050	0,286	0,071	0,080
33,5	4,2	0,020	9,003	9,131	9,333	9,154	0,045	0,171	0,058	0,066







MODULI DI DEFORMAZIONE E MODULI ELASTICI
calcolati per ogni trasduttore e sulla deformazione media

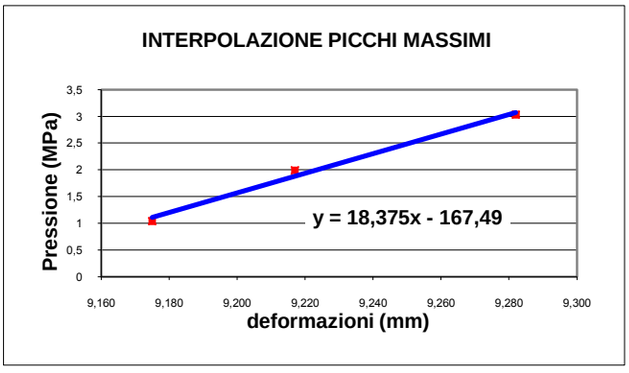
nota: i valori di pressione e i moduli sono espressi in MPa

CICLO CARICO	MODULO DI PRIMO CARICO Ed							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
2°	1,023	2,016	1,023	2,016	1,023	2,016	1,023	2,016
	3269		**2023**		**6374**		**3109**	
3°	1,824	3,070	1,824	3,070	1,824	3,070	1,824	3,070
	3636		**2388**		**4324**		**3265**	

CICLO CARICO	MODULO DI DEFORMAZIONE Ed							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1°	0,000	1,054	0,000	1,054	0,000	1,054	0,000	1,054
	2373		**599**		**2460**		**1187**	
2°	0,051	2,016	0,051	2,016	0,051	2,016	0,051	2,016
	3457		**1142**		**4070**		**2103**	
3°	0,030	3,070	0,030	3,070	0,030	3,070	0,030	3,070
	3826		**1507**		**3982**		**2551**	

CICLO RICARICO	MODULO DI RICARICO Ed							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
2°	0,051	1,023	0,051	1,023	0,051	1,023	0,051	1,023
	3673		**790**		**2973**		**1581**	
3°	0,030	1,824	0,030	1,824	0,030	1,824	0,030	1,824
	3970		**1199**		**3774**		**2214**	

CICLO SCARICO	MODULO ELASTICO Ee							
	TRASDUTTORE 1		TRASDUTTORE 2		TRASDUTTORE 3		MEDIA	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
1°	1,054	0,051	1,054	0,051	1,054	0,051	1,054	0,051
	2995		**762**		**7154**		**1651**	
2°	2,016	0,030	2,016	0,030	2,016	0,030	2,016	0,030
	4721		**1603**		**5203**		**2897**	
3°	3,070	0,020	3,070	0,020	3,070	0,020	3,070	0,020
	4165		**1821**		**4256**		**2922**	

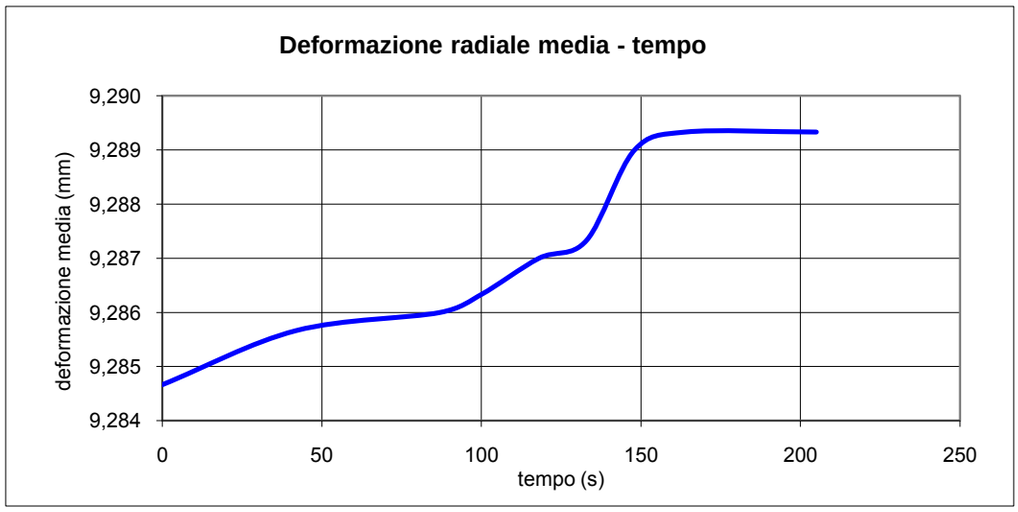


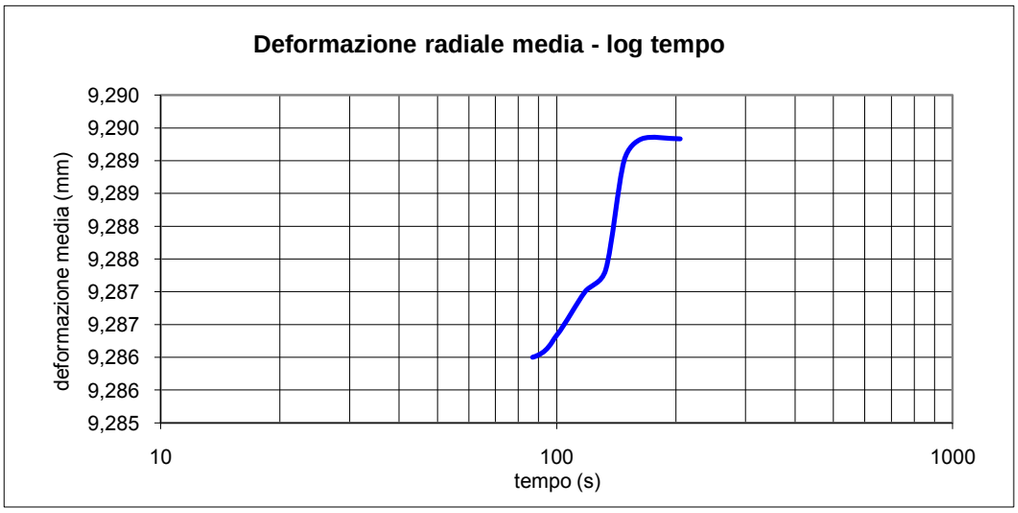
Modulo ricavato dall'interpolazione dei picchi massimi di pressione raggiunti ad ogni ciclo

Ed = **2390** **MPa**

PROVA DI CREEP

tempo	pressione		D1	D2	D3	D(medio)	ΔD
s	bar	MPa	mm	mm	mm	mm	mm
0	34,3	3,475	9,093	9,338	9,423	9,285	0,000
42	34,3	3,475	9,094	9,340	9,423	9,286	0,001
87	34,3	3,475	9,094	9,341	9,423	9,286	0,001
100	34,3	3,475	9,094	9,341	9,424	9,286	0,002
118	34,3	3,475	9,095	9,342	9,424	9,287	0,002
133	34,3	3,475	9,095	9,343	9,424	9,287	0,003
148	34,3	3,475	9,096	9,346	9,425	9,289	0,004
164	34,3	3,475	9,097	9,346	9,425	9,289	0,005
205	34,3	3,475	9,097	9,346	9,425	9,289	0,005





citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI
IAS

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
SV2

Committente ITALFERR Spa

Cantiere Progettazione definitiva della linea Genova Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località Pietra Ligure (SV)

Commessa n. 10040

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 04/11/2010 fine: 08/11/2010 Sonda: Clivio Rap 30

Coordinate: N= 44° 9.491' E= 8° 16.260' Scala 1:100

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/15 del 30/11/2010

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	R.Q.D. %	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]	prova pressiometrica [MPa]
0.00	0.50		Terreno di riporto costituito prevalentemente da sabbia medio-grossolana debolmente limosa con ghiaia e frammenti lateritici sovrastato da terreno di copertura vegetale.		c.c. diam. 101mm						1.50 7 - 13 - 14 p.a.						
0.50	0.70																
1.20	1.00		Terreno di riporto costituito da sabbia medio-grossolana limosa e ghiaia eterometrica sub-angolare, colore nocciola-rosato.								3.50 9 - 15 - 21 p.a.				3.00 CR 1 3.40		
2.20	3.20		Ghiaia eterometrica parzialmente alterata e argillificata con sabbia medio-grossolana limosa, addensata, colore rosso ocraceo con screziature varicolore.													5.00 5.98 E-08 6.00	
5.40	1.40		Ghiaia eterometrica parzialmente alterata con sabbia medio-grossolana e limo, moderatamente addensata, colore nocciola-ocraceo con screziature rossastre.								6.00 8 - 12 - 29 p.a.				6.30 CR 2 6.50		
6.80	4.00		Arcose costituita da sabbia medio-grossolana con limo, addensata, colore nocciola-ocraceo con screziature bianche e rossastre. E' riconoscibile la struttura originaria della roccia - Quarzite.								8.00 7 - 11 - 10 p.a.						9.60 Em= 12.923
			Arenaria quarzosa a granulometria medio-grossolana ricca in talco, clorite e sericite argillificata e sfatta, assimilabile ad arcose, moderatamente addensata, colore grigio-verdino.	9.82							10.50 9 - 8 - 9 p.a.				10.00 CR 3 10.20		
10.80	9.20		Arenaria quarzosa a grana medio-grossolana, ossidata e argillificata, assimilabile ad arcose, colore nocciola-rossastro con screziature gialle e bianche, assimilabile a sabbia medio-grossolana con rari frammenti litici a spigoli vivi e limo, da moderatamente addensata ad addensata, colore rosso-ocraceo.		carotaggio continuo diam. 101mm T6 sempl.	127mm		90-100%			12.50 11 - 12 - 18 p.a.						14.60 Em= 24.509
											15.00 8 - 12 - 13 p.a.						
											17.50 10 - 14 - 19 p.a.				18.00 CR. 4 18.40	18.00 1.33 E-07 19.00	
20.00											20.00 9 - 11 - 14 p.a.						

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -4.00m e fondo foro.
NOTA: la falda indicata, misurata il 17/11/10, potrebbe riferirsi a una falda non ancora stabilizzata.

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.13 rev. 00

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)

SONDAGGIO n. SV2

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Progettazione definitiva linea Genova Ventimiglia tratta Finale L. - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N=44° 9,491' E= 8° 16,260'

Eseguito il 04/11-08/11/10

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/16 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	1.50	7	13	14	p.a.
2	3.50	9	15	21	p.a
3	6.00	8	12	29	p.a
4	8.00	7	11	10	p.a
5	10.50	9	8	9	p.a
6	12.50	11	12	18	p.a
7	15.00	8	12	13	p.a
8	17.50	10	14	19	p.a
9	20.00	9	11	14	p.a
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Dr. GIORGIO SOLA Responsabile Laboratorio TORINO

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.8 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

PROVA n.1

eseguita il 05/11/2010

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Andora

Località: Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N= 44° 9,491 E= 8° 16,260

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/17 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

SV2

Prova a carico variabile

tempi [s]	abbassamenti [m] da t.t.	permeabilità [m/s]
60	0,018	1,620E-07
120	0,027	8,120E-08
240	0,048	9,500E-08
480	0,082	7,730E-08
960	0,130	5,499E-08
1800	0,210	5,302E-08
3600	0,380	5,388E-08

geometria della sezione di prova

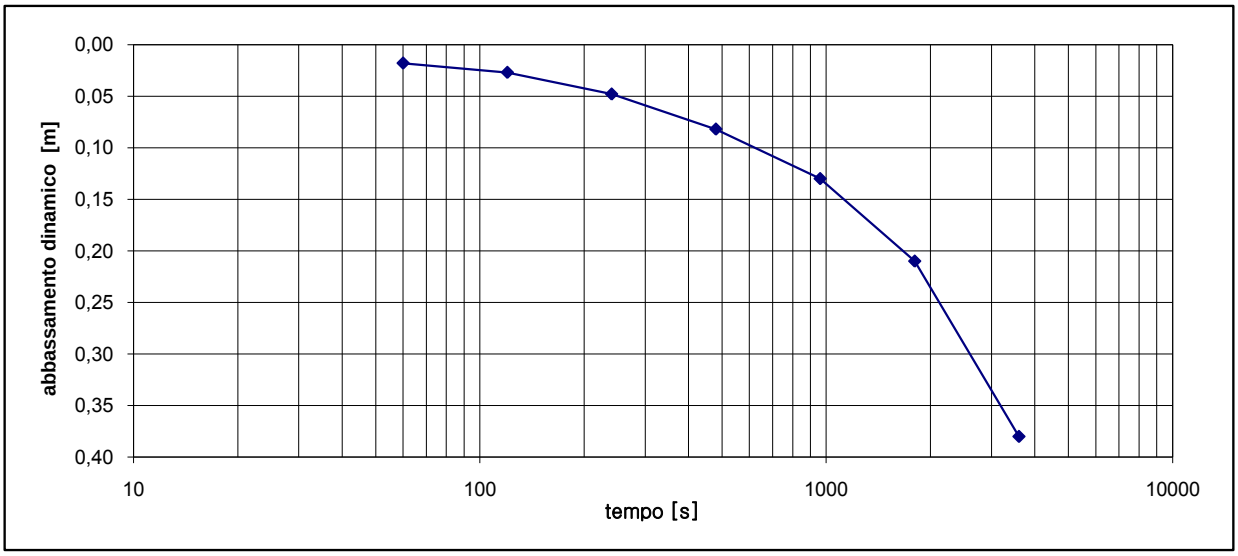
profondità foro:	**6,00 m**
profondità rivestimento:	**5,00 m**

diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza rivestim. oltre p.c.:	0,05 m
durata della prova:	60 min

lunghezza camera:	1,00 m
livello statico da p.c.:	5,30 m
carico idraulico iniz.:	5,35 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

K = 5,98E-08 m/s



Litologia: *Ghiaia eterometrica parzialmente alterata con sabbia medio-grossolana e limo, moderatamente addensata, colore nocciola-ocraceo con screziature rossastre, passante, da -5.40m da p.c., ad arcose costituita da sabbia con limo, addensata, colore nocciola ocraceo.*

Note e osservazioni:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.8 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

PROVA n.2

eseguita il 08/11/2010

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Andora

Località: Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N= 44° 9,491 E= 8° 16,260

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/18 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

SV2

Prova a carico variabile

tempi [s]	abbassamenti [m] da t.t.	permeabilità [m/s]
60	0,030	2,703E-07
120	0,055	2,264E-07
240	0,090	1,594E-07
480	0,162	1,656E-07
960	0,288	1,477E-07
1800	0,450	1,117E-07
3600	0,772	1,089E-07

geometria della sezione di prova

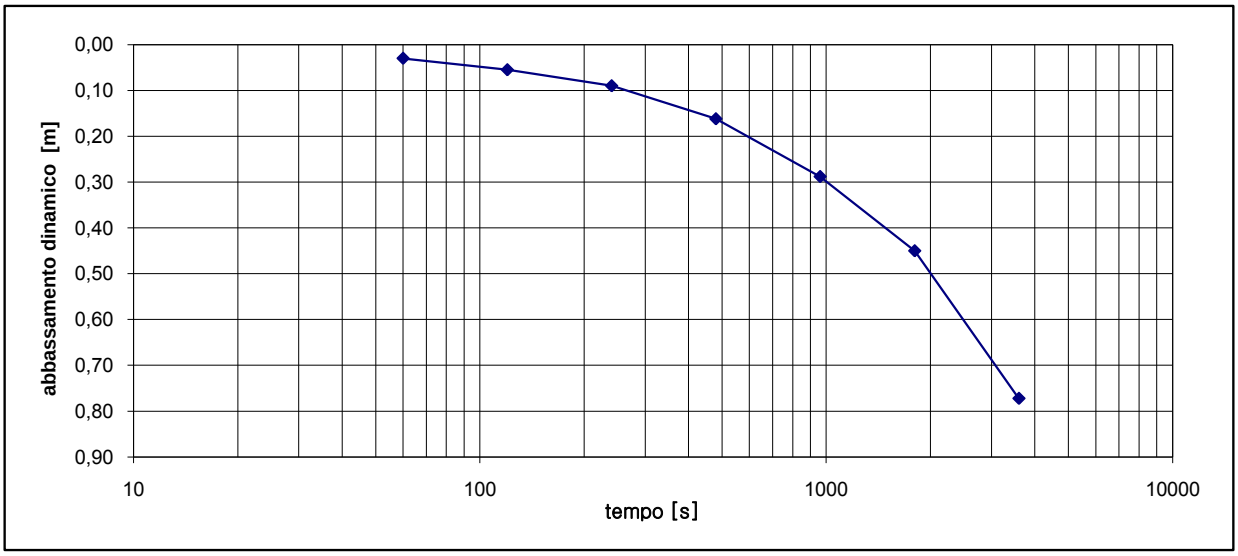
profondità foro:	**19,00 m**
profondità rivestimento:	**18,00 m**

diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza rivestim. oltre p.c.:	0,05 m
durata della prova:	60 min

lunghezza camera:	1,00 m
livello statico da p.c.:	5,30 m
carico idraulico iniz.:	5,35 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

K = 1,33E-07 m/s



Litologia: *Arenaria quarzosa, ossidata e argillificata, assimilabile ad arcose, colore nocciola rossastro.*

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI — 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. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.**	**Prova n.**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.	**SV2**	**1**
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
	Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/19 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040			

Terreno indagato: Arenaria quarzosa alterata assimilabile a asabbia medio-grossolana moderatamente addensata

Modalità di esecuzione camera di prova: rotazione con carotaggio continuo a secco diam. 66 mm sempl.

Apparecchiatura: vedasi certificato di taratura

Parametri di calcolo

coefficiente di Poisson	ν	0,33 [-]
peso di volume medio del terreno	γ	19 kN/m^3
coefficiente di spinta a riposo	K_0	0,5 [-]
tensione orizzontale totale	σ_{hs}	0,118 MPa
coeff. reologico teorico	α	0,5 [-]

Caratteristiche geometriche

distanza centro sonda da p.c.		**9,60 m**
volume sonda a riposo	V_s	516 cm^3
altezza manometro da p.c.		1,00 m
diametro camera di prova		66 mm
profondità falda		4,20 m

PARAMETRI PRESSIOMETRICI CARATTERISTICI

Limiti del campo pseudolelastico

Pressione di ricompressione	P_1	0,149	MPa
Volume di ricompressione	V_1	184	cm^3
Pressione di scorrimento finale	P_2	0,579	MPa
Volume di scorrimento finale	V_2	248	cm^3

Parametri risultanti

Modulo pressiometrico	Em	**12,923**	**MPa**
Modulo di taglio	G	4,858	MPa
Modulo di Young teorico (da coeff. reologico)	E	25,846	MPa
Pressione di ricompressione (da fluage)	P_0	0,148	MPa
Pressione di fluage	P_f	0,578	MPa
Pressione di fluage netta	P'_f	0,461	MPa
Volume limite	V_{lim}	883	cm^3
Pressione limite stimata	P_{lim}	0,958	MPa
Pressione limite netta	P'_{lim}	**0,840**	**MPa**
Parametro di controllo	Em/P'_{lim}	15,39	[-]

Ciclo di isteresi

Pressione iniziale	P_{1R}	0,180	MPa
Volume iniziale	V_{1R}	233	cm^3
Pressione finale	P_{2R}	0,571	MPa
Volume finale	V_{2R}	268	cm^3
Modulo di taglio di ricarico	G_R	8,599	MPa
Modulo di Young da ciclo di scarico-ricarico	E_R	22,874	MPa
Coefficiente reologico sperimentale	α_{sp}	0,56	[-]

Stima parametri geotecnici

Stima coesione non drenata (Amar & Jezequel, 1972)	c_u	109	kPa
Stima coesione non drenata (Pelli *et al* ., 2004)	c_u	114	kPa

Certificato di taratura e calibrazione del sistema pressiometrico impiegato

Apparecchiatura:

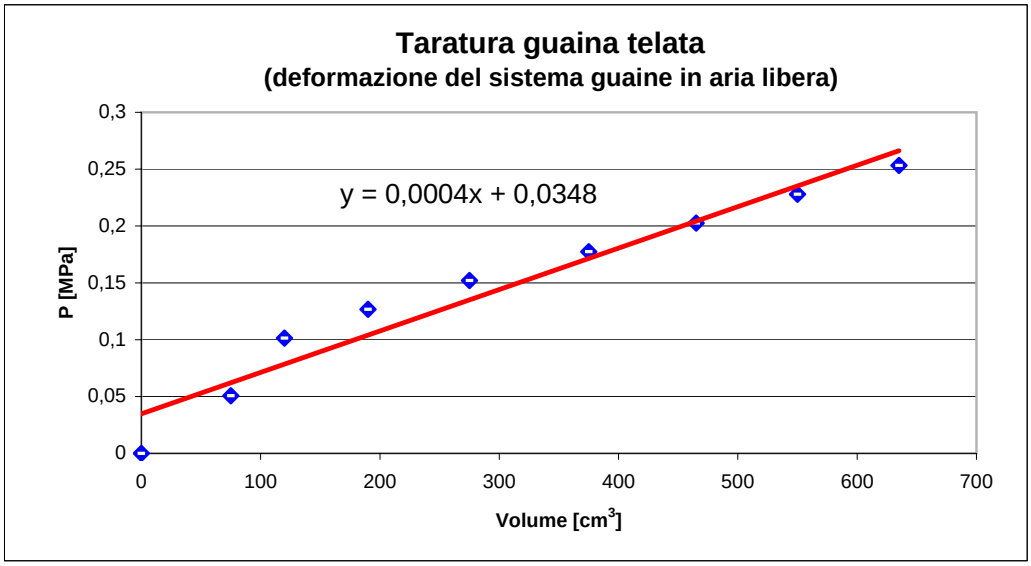
Pressiometro: da terra APAGEO s/n 910

Sonda: pressiometrica tricellulare tipo **BX** (diam. 60 mm)

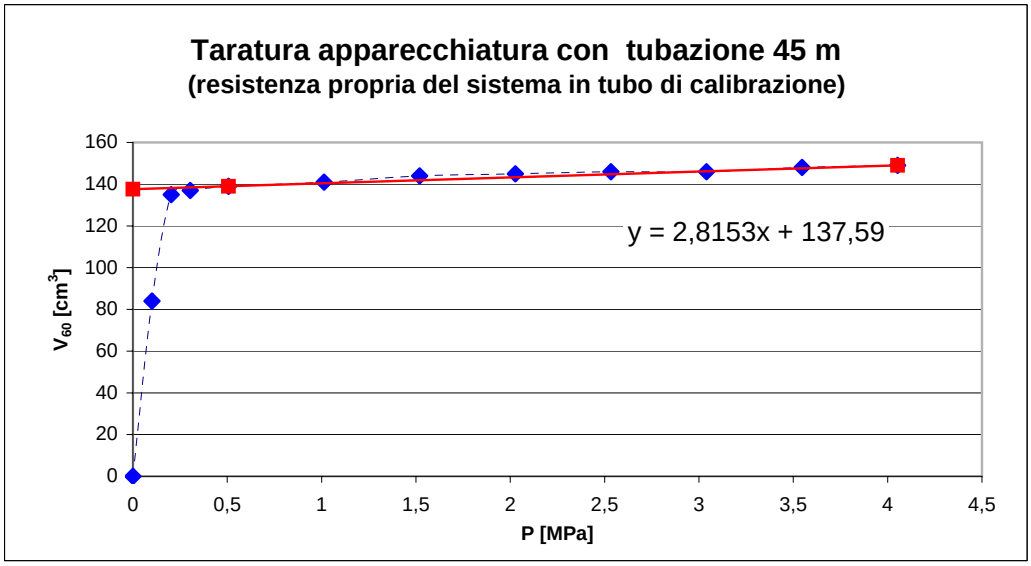
Lunghezza specifica sonda: 210 mm — Diametro tubo di calibrazione : 63 mm

Tipo di guaina: telata hp — **Lunghezza tubazione: 45 m**

Guaina	
P [MPa]	V [cm^3]
0,000	0
0,051	75
0,101	120
0,127	190
0,152	275
0,177	375
0,203	465
0,228	550
0,253	635



Tubicini	
P [MPa]	V [cm^3]
0,000	0
0,101	84
0,203	135
0,304	137
0,507	139
1,013	141
1,520	144
2,027	145
2,533	146
3,040	146
3,546	148
4,053	149



Coefficiente retta di calibrazione: 2,8153 cm^3/MPa — Parametri di correzione: a = 0,0004

Volume della sonda a riposo V_s : 516 cm^3 — b = 0,0348

Lo Sperimentatore: dr. Andrea Cantù

Il Direttore del Laboratorio dr. geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI
IAS

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. 7.5.18
rev. 00

PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM

(AFNOR NF P94-110-1 e D60)

		Sondaggio n.	Prova n.
Committente:	ITALFERR S.p.A.	SV2	1
Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
Località	Pietra Ligure (SV)	eseguita il	
Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/19 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

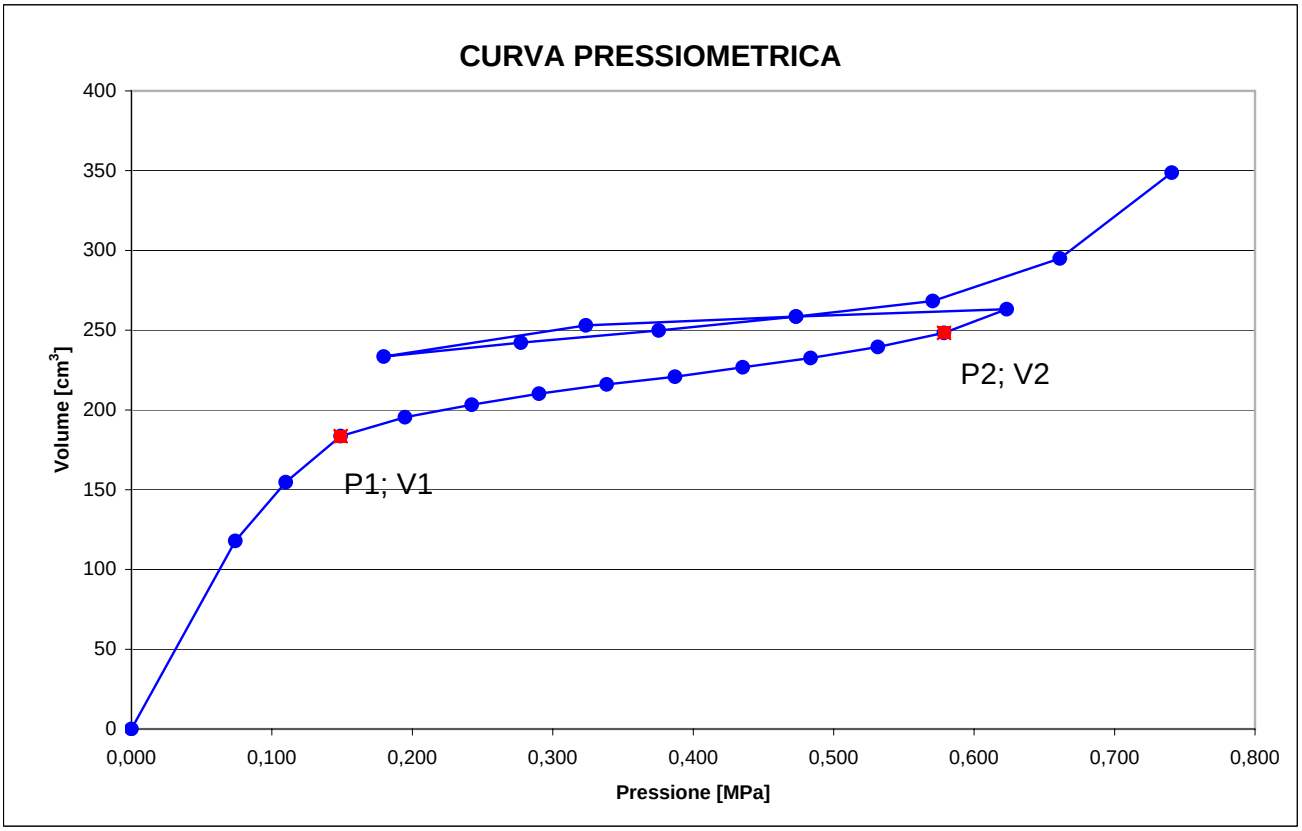
		letture di campagna			valori corretti		risultati di calcolo		
step		PL	V_{30}	V_{60}	P	V	Inverso del Volume	fluage	Modulo
	n.	[MPa]	[cm^3]	[cm^3]	[MPa]	[cm^3]	[10^{-3} cm^3]	[cm^3]	[MPa]
1° ciclo di carico	1	0,000	0	0	0,000	0		0	0,000
	2	0,051	110	118	0,074	118	8,485	8	0,961
	3	0,101	151	155	0,110	155	6,464	4	1,688
	4	**0,152**	**183**	**184**	**0,149**	**184**	**5,447**	**1**	**2,467**
	5	0,203	195	196	0,195	195	5,117	1	7,259
	6	0,253	202	204	0,242	203	4,919	2	11,494
	7	0,304	211	211	0,290	210	4,759	0	13,418
	8	0,355	216	217	0,338	216	4,630	1	15,979
	9	0,405	222	222	0,387	221	4,528	0	19,572
	10	0,456	227	228	0,435	227	4,411	1	16,214
	11	0,507	233	234	0,484	233	4,300	1	16,343
	12	0,557	241	241	0,531	239	4,177	0	13,962
	13	**0,608**	**248**	**250**	**0,579**	**248**	**4,028**	**2**	**10,740**
	14	0,659	262	265	0,623	263	3,800	3	6,171
scarico	15	0,507	260	260	0,473	259	3,867	0	67,790
	16	0,355	254	254	0,324	253	3,953	0	55,113
	17	**0,203**	**235**	**234**	**0,180**	**233**	**4,284**	**-1**	**14,857**
2° ciclo di carico	18	0,304	243	243	0,277	242	4,130	0	22,484
	19	0,405	251	251	0,375	250	4,002	0	25,781
	20	0,507	259	260	0,473	259	3,867	1	22,974
	21	**0,608**	**269**	**270**	**0,571**	**268**	**3,727**	**1**	**20,771**
	22	0,709	294	297	0,661	295	3,390	3	7,190
	23	0,811	344	351	0,741	349	2,868	7	3,308

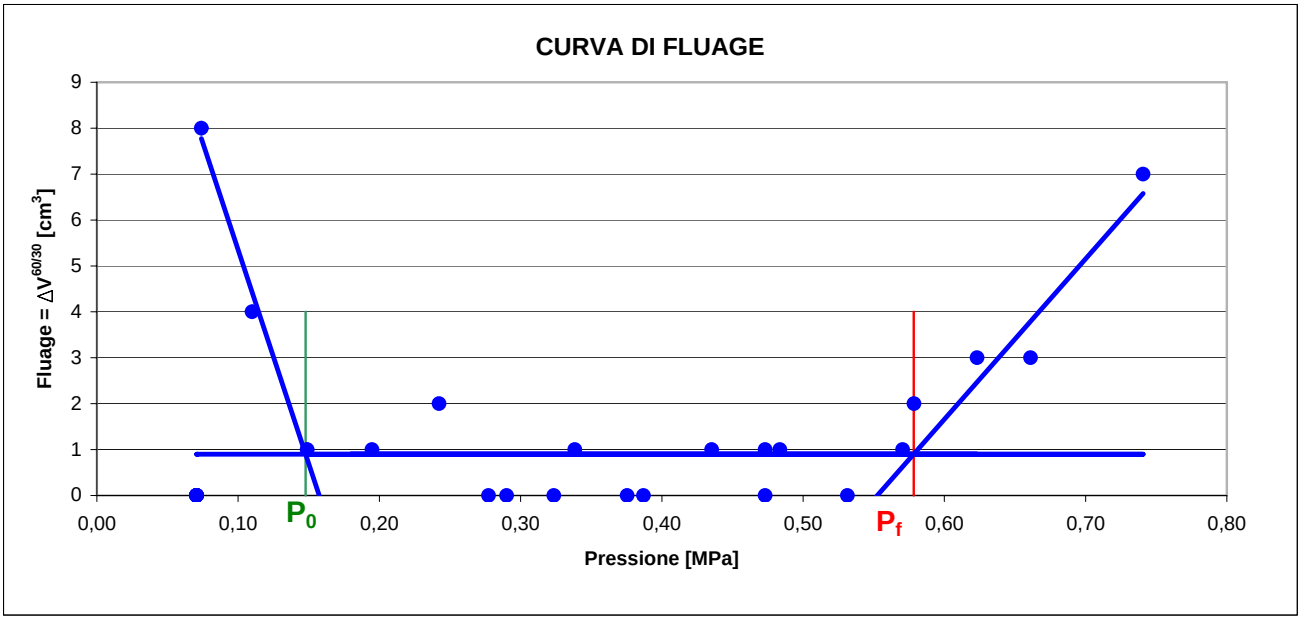
NOTE:

Lo Sperimentatore: dr. Andrea Cantù

Il Direttore del Laboratorio dr. geol. Giorgio Sola

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI — 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. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.**	**Prova n.**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.	**SV2**	**1**
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
	Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/19 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040			





Lo Sperimentatore: dr. Andrea Cantù

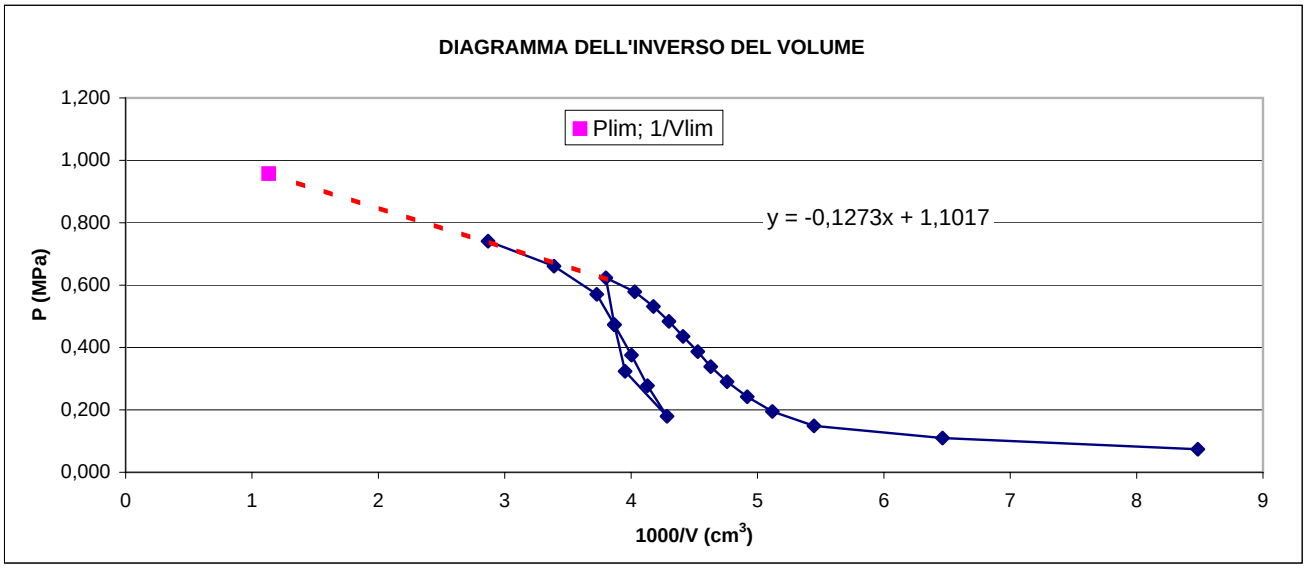
Il Direttore del Laboratorio dr. geol. Giorgio Sola

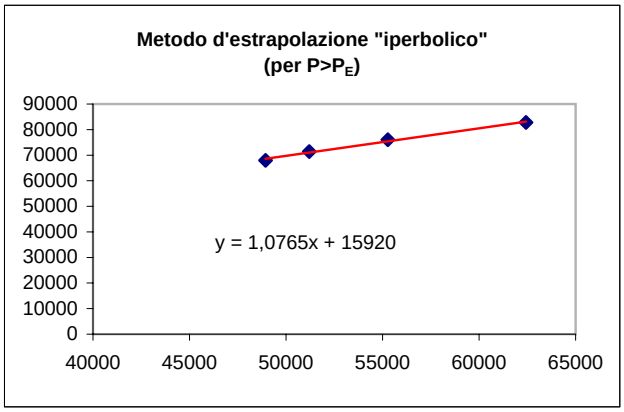
citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI — Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01	Mod. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.**	**Prova n.**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.	**SV2**	**1**
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/19 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040				

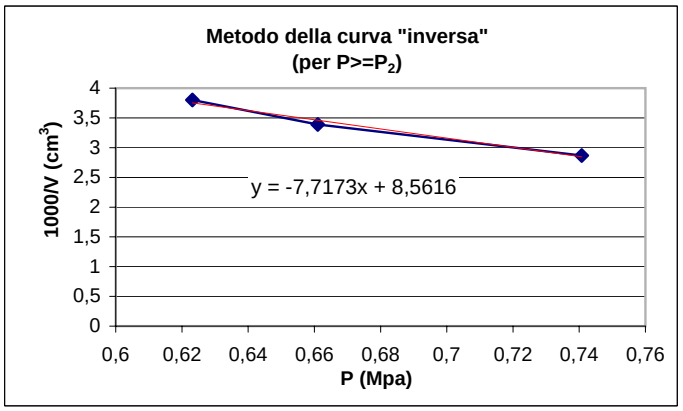
determinazione della pressione limite

Determinazione diretta per V_{lim}=	883,1 cm^3 :	non possibile		
Estrapolazione da "inverso del volume":		P_{lim} =	0,958	MPa
Estrapolazione mediante metodo "iperbolico":		P_{lim} =	1,018	MPa
Estrapolazione da curva "inversa":		P_{lim} =	1,109	MPa
Pressione limite applicabile:		**P_{lim} =**	**0,958**	**MPa**

Note:







Riferimenti:
Metodo d'estrapolazione dall' inverso del volume: paragrafo 2.2.2 della "Brochure D 60", versione 1996.
Determinazione diretta, metodo d'estrapolazione "iperbolica" e della curva "inversa":
Allegato D della Norma AFNOR NF P 94-110-1 ed. 2000.
Per convenzione, la pressione limitee applicata è il valore più basso tra quelli estrapolati,

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI — 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. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.**	**Prova n.**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.	**SV2**	**2**
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
	Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/20 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040			

Terreno indagato: Arenaria quarzosa alterata e agillificata, assimilabile a sabbia medio-grossolana mod. addensata

Modalità di esecuzione camera di prova: rotazione con carotaggio continuo a secco diam. 66 mm sempl.

Apparecchiatura: vedasi certificato di taratura

Parametri di calcolo

coefficiente di Poisson	ν	0,33 [-]
peso di volume medio del terreno	γ	19 kN/m^3
coefficiente di spinta a riposo	K_0	0,5 [-]
tensione orizzontale totale	σ_{hs}	0,190 MPa
coeff. reologico teorico	α	0,5 [-]

Caratteristiche geometriche

distanza centro sonda da p.c.		**14,60 m**
volume sonda a riposo	V_s	516 cm^3
altezza manometro da p.c.		1,00 m
diametro camera di prova		66 mm
profondità falda		4,20 m

PARAMETRI PRESSIOMETRICI CARATTERISTICI

Limiti del campo pseudolelastico

Pressione di ricompressione	P_1	0,257	MPa
Volume di ricompressione	V_1	163	cm^3
Pressione di scorrimento finale	P_2	1,141	MPa
Volume di scorrimento finale	V_2	232	cm^3

Parametri risultanti

Modulo pressiometrico	Em	**24,509**	**MPa**
Modulo di taglio	G	9,214	MPa
Modulo di Young teorico (da coeff. reologico)	E	49,017	MPa
Pressione di ricompressione (da fluage)	P_0	0,275	MPa
Pressione di fluage	P_f	1,109	MPa
Pressione di fluage netta	P'_f	0,919	MPa
Volume limite	V_{lim}	843	cm^3
Pressione limite stimata	P_{lim}	1,759	MPa
Pressione limite netta	P'_{lim}	**1,569**	**MPa**
Parametro di controllo	Em/P'_{lim}	15,62	[-]

Ciclo di isteresi

Pressione iniziale	P_{1R}	0,336	MPa
Volume iniziale	V_{1R}	219	cm^3
Pressione finale	P_{2R}	1,131	MPa
Volume finale	V_{2R}	257	cm^3
Modulo di taglio di ricarico	G_R	15,885	MPa
Modulo di Young da ciclo di scarico-ricarico	E_R	42,253	MPa
Coefficiente reologico sperimentale	α_{sp}	0,58	[-]

Stima parametri geotecnici

Stima coesione non drenata (Amar & Jezequel, 1972)	c_u	182	kPa
Stima coesione non drenata (Pelli *et al* ., 2004)	c_u	180	kPa

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI — 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. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.**	**Prova n.**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.	**SV2**	**2**
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
	Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/20 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040			

Certificato di taratura e calibrazione del sistema pressiometrico impiegato

Apparecchiatura:

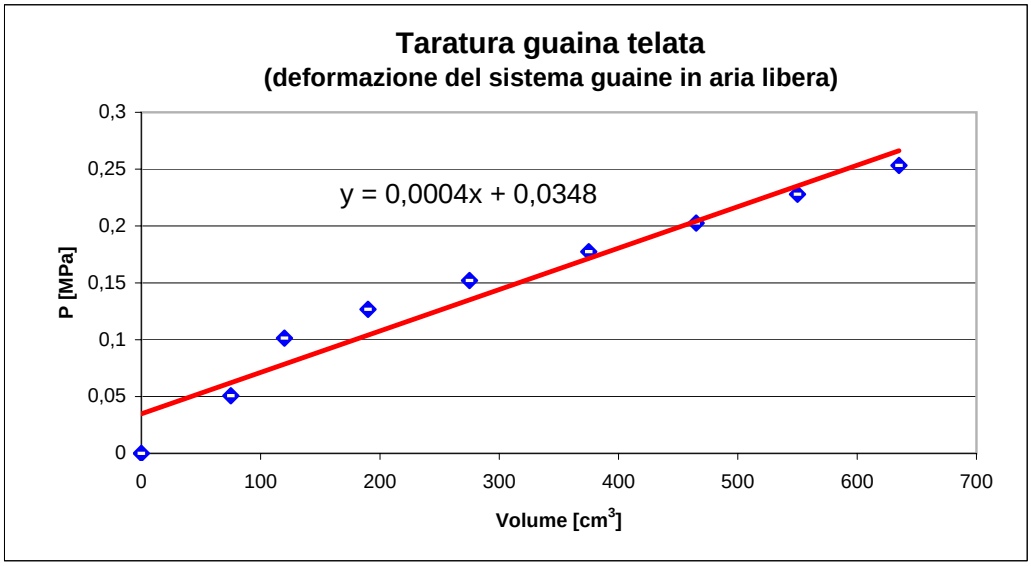
Pressiometro: da terra APAGEO s/n 910

Sonda: pressiometrica tricellulare tipo **BX** (diam. 60 mm)

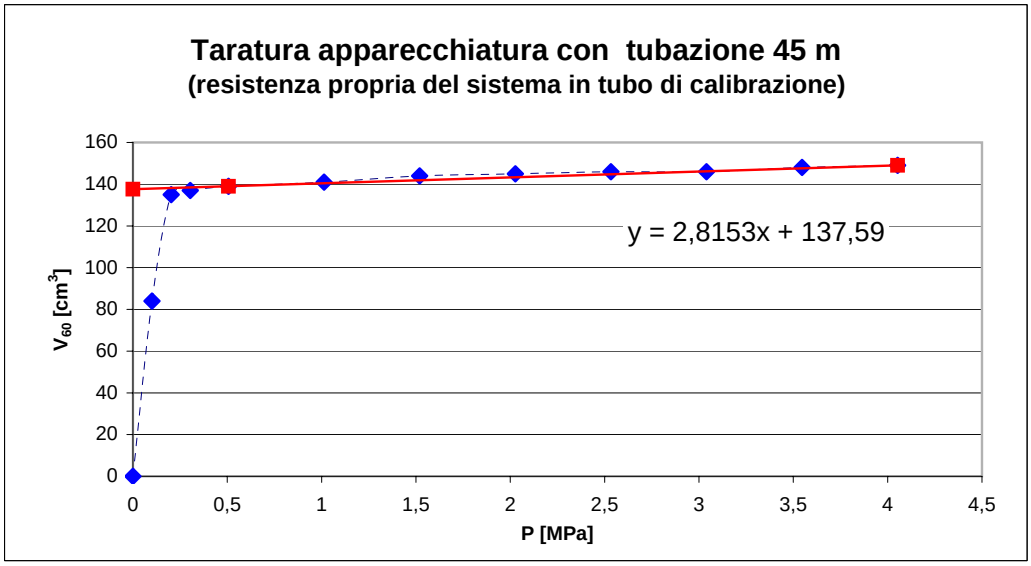
Lunghezza specifica sonda: 210 mm — Diametro tubo di calibrazione : 63 mm

Tipo di guaina: telata hp — **Lunghezza tubazione: 45 m**

Guaina	
P [MPa]	V [cm^3]
0,000	0
0,051	75
0,101	120
0,127	190
0,152	275
0,177	375
0,203	465
0,228	550
0,253	635



Tubicini	
P [MPa]	V [cm^3]
0,000	0
0,101	84
0,203	135
0,304	137
0,507	139
1,013	141
1,520	144
2,027	145
2,533	146
3,040	146
3,546	148
4,053	149



Coefficiente retta di calibrazione:	2,8153 cm^3/MPa	Parametri di correzione:	a = 0,0004
Volume della sonda a riposo V_s :	516 cm^3		b = 0,0348

Lo Sperimentatore: dr. Andrea Cantù

Il Direttore del Laboratorio dr. geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI
IAS

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. 7.5.18
rev. 00

PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM

(AFNOR NF P94-110-1 e D60)

		Sondaggio n.	Prova n.
Committente:	ITALFERR S.p.A.	SV2	2
Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
Località	Pietra Ligure (SV)	eseguita il	
Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/20 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

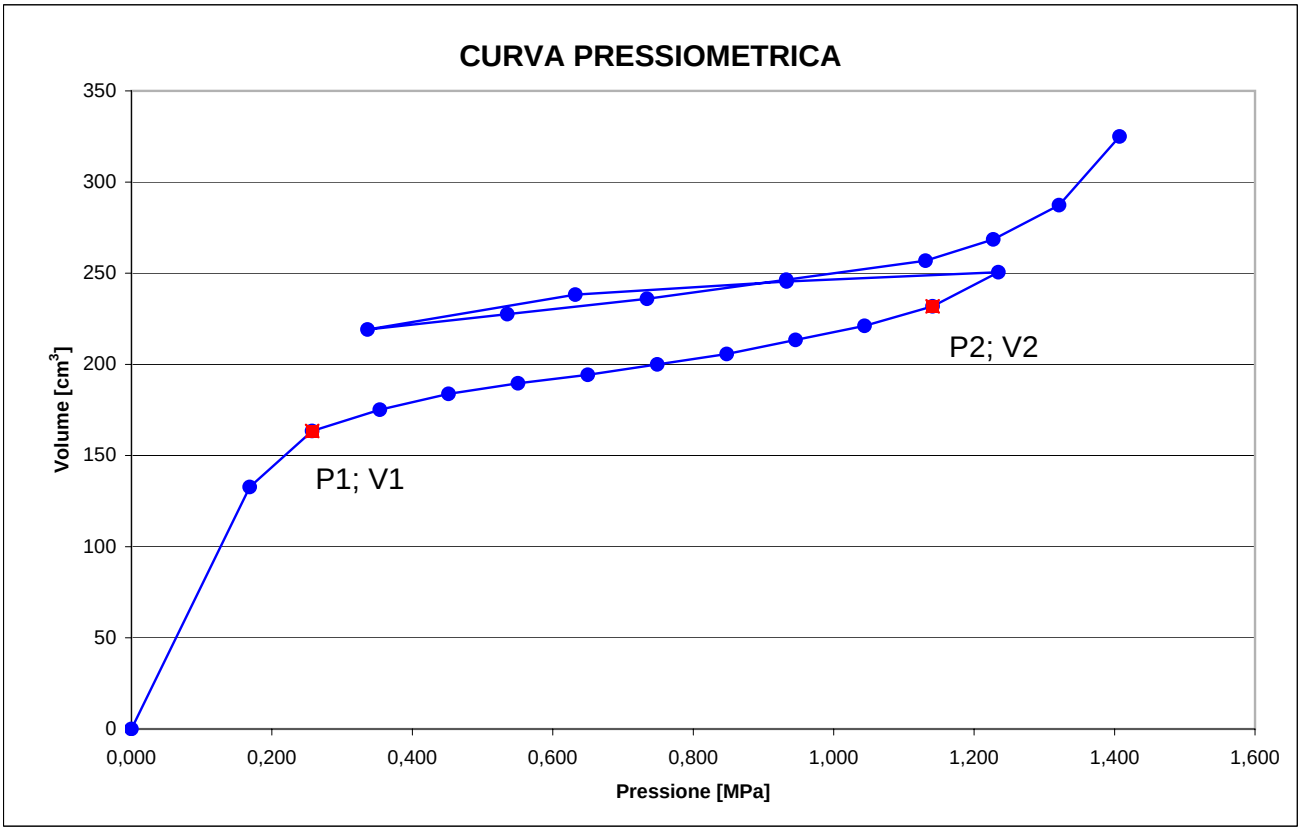
		letture di campagna			valori corretti		risultati di calcolo		
step		PL	V_{30}	V_{60}	P	V	Inverso del Volume	fluage	Modulo
	n.	[MPa]	[cm^3]	[cm^3]	[MPa]	[cm^3]	[10^{-3} cm^3]	[cm^3]	[MPa]
1° ciclo di carico	1	0,000	0	0	0,000	0		0	0,000
	2	0,101	126	133	0,168	133	7,535	7	1,965
	3	**0,203**	**162**	**164**	**0,257**	**163**	**6,119**	**2**	**5,114**
	4	0,304	175	176	0,354	175	5,710	1	15,020
	5	0,405	184	185	0,452	184	5,439	1	20,746
	6	0,507	190	191	0,550	190	5,275	1	32,357
	7	0,608	195	196	0,650	194	5,147	1	39,671
	8	0,709	202	202	0,749	200	5,000	0	32,837
	9	0,811	207	208	0,848	206	4,861	1	33,101
	10	0,912	215	216	0,946	213	4,685	1	24,548
	11	1,013	223	224	1,044	221	4,522	1	24,809
	12	**1,115**	**233**	**235**	**1,141**	**232**	**4,313**	**2**	**17,866**
	13	1,216	250	254	1,235	251	3,991	4	10,087
scarico	14	0,912	248	248	0,933	245	4,074	0	119,139
	15	0,608	240	240	0,632	238	4,197	0	84,871
	16	**0,304**	**221**	**220**	**0,336**	**219**	**4,563**	**-1**	**30,626**
2° ciclo di carico	17	0,507	229	229	0,535	228	4,394	0	46,441
	18	0,709	238	238	0,734	236	4,237	0	46,970
	19	0,912	248	249	0,933	246	4,058	1	38,287
	20	**1,115**	**258**	**260**	**1,131**	**257**	**3,893**	**2**	**38,814**
	21	1,216	269	272	1,227	269	3,723	3	17,067
	22	1,317	286	291	1,321	287	3,481	5	10,576
	23	1,419	321	329	1,407	325	3,077	8	4,994

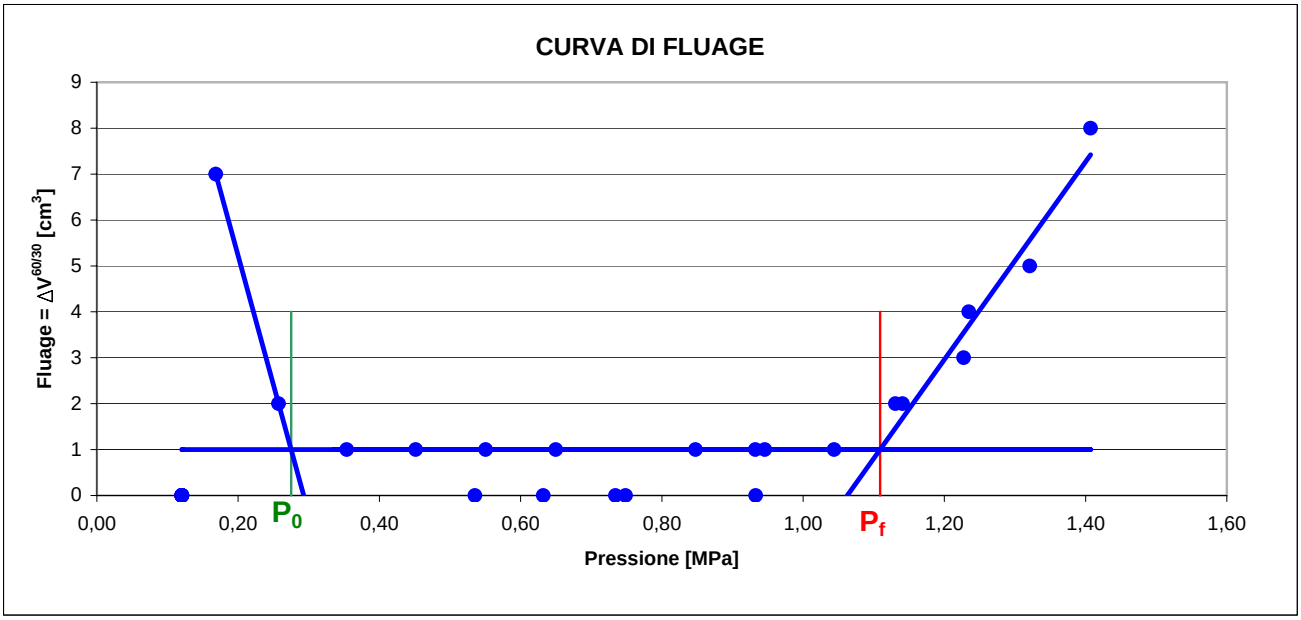
NOTE:

Lo Sperimentatore: dr. Andrea Cantù

Il Direttore del Laboratorio dr. geol. Giorgio Sola

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI	Mod. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.** **SV2**	**Prova n.** **2**
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	Committente:	ITALFERR S.p.A.		
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/20 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040				



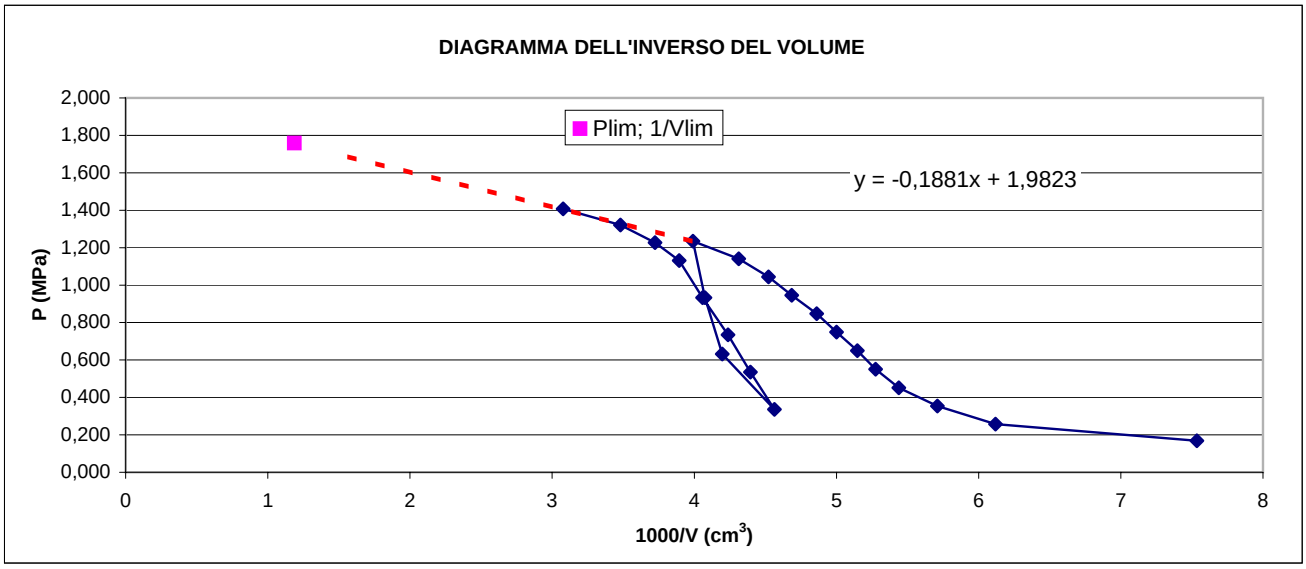


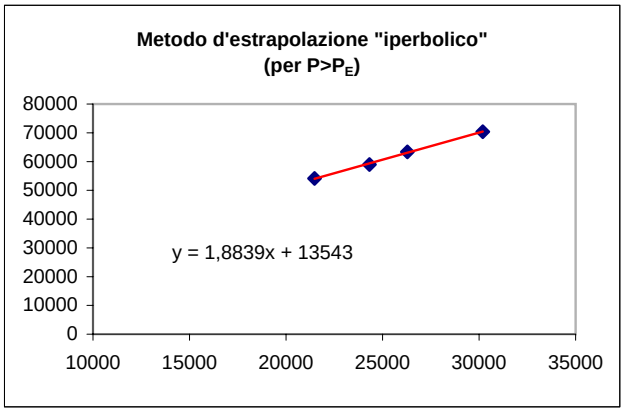
citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01	Mod. 7.5.18 rev. 00	**PROVA PRESSIOMETRICA MENARD MPM** (AFNOR NF P94-110-1 e D60)	**Sondaggio n.** **SV2**	**Prova n.** **2**
	Committente:	ITALFERR S.p.A.		
	Cantiere:	Prog. def. Linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Lig.-Andora		
	Località	Pietra Ligure (SV)	**eseguita il**	
	Coordinate:	N 44° 9,491' E 8° 16,260'	05/11/2010	
Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/20 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040				

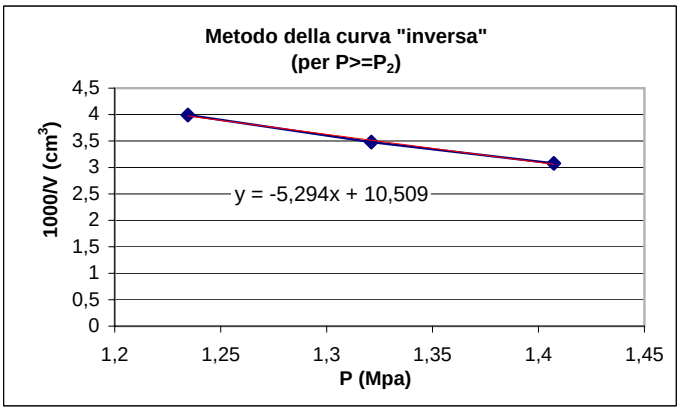
determinazione della pressione limite

Determinazione diretta per V_{lim}=	842,9 cm^3 :	non possibile		
Estrapolazione da "inverso del volume":		P_{lim} =	1,759	MPa
Estrapolazione mediante metodo "iperbolico":		P_{lim} =	1,793	MPa
Estrapolazione da curva "inversa":		P_{lim} =	1,985	MPa
Pressione limite applicabile:		**P_{lim} =**	**1,759**	**MPa**

Note:







Riferimenti:
Metodo d'estrapolazione dall' inverso del volume: paragrafo 2.2.2 della "Brochure D 60", versione 1996.
Determinazione diretta, metodo d'estrapolazione "iperbolica" e della curva "inversa":
Allegato D della Norma AFNOR NF P 94-110-1 ed. 2000.
Per convenzione, la pressione limitee applicata è il valore più basso tra quelli estrapolati,

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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 ITALFERR Spa

Cantiere Progettazione definitiva della linea Genova Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località Borghetto Santo Spirito (SV)

Commessa n. 10040

Perforazione inizio: 25/10/2010 fine: 28/10/2010 Sonda: Clivio Rap 30

Coordinate: N= 44° 7.158' E= 8° 13.558' Scala 1:100

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/5 del 30/11/2010

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

SONDAGGIO

SV3

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	descrizione litologica
0.00	0.20	Rivestimento in conglomerato bituminoso.
0.20	3.30	Terreno di riporto costituito prevalentemente da ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana debolmente limosa, rari ciottoli e rari frammenti lateritici sparsi, poco addensato, colore grigio-nocciola, talora con sfumature bruno-rossastre.
3.50	2.50	Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam. max 8-10cm) con sabbia medio-grossolana debolmente limosa, moderatamente addensata, colore nocciola-grigiastro.
6.00	1.50	Limo sabbioso-argilloso con rara ghiaia sparsa, poco consistente, colore nocciola-rossastro.
7.50	2.30	Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana e limo, rari ciottoli, addensata, colore nocciola-giallastro.
9.80	0.80	Sabbia medio-fine e limo, moderatamente consistente, colore ocra-giallastro. A fondo strato ciottolo di marna calcarea, colore grigio chiaro.
10.60	3.40	Limo e sabbia fine micacea, rari frustoli carboniosi nerastri e frammenti di conchiglie, consistente, colore grigio-bruno.
14.00	3.30	Limo e sabbia da fine a media con la profondità, rara ghiaia sparsa a partire da -17.00m da p.c., consistente, colore grigio-bruno.
17.30	0.70	Limo e sabbia medio-fine, rara ghiaia sparsa, colore nocciola-giallastro.
18.00	1.00	Ghiaia eterometrica con sabbia grossolana debolmente limosa, colore grigio-verdastro.
19.00	0.80	Ghiaia ciottolosa, cementata, colore grigio.
19.80	0.20	Sabbia medio-grossolana con limo, consistente, colore da nocciola-giallastro a grigio-bruno.
20.00	10.00	Limo e sabbia fine con frustoli carboniosi nerastri e frammenti di conchiglie, da consistente a molto consistente, colore grigio-bruno. Si segnala a -21.40m da p.c. un livello dm di limo con ghiaia eterometrica.
30.00		

falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro
8.20	c.c. diam. 101mm	127mm	90-100%		
	101 T6 diamante				
	carotaggio continuo diam. 101mm T6				

S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
	kg/cm2				
1.50					
3 - 4 - 3					
p.c.					
4.50				4.70	
6 - 8 - 9				CR 1	
p.c.				5.00	
	0.75				
	1.0			6.70	
	1.0			CR 2	
	0.75			7.00	
7.90			7.50		
27 - RIF. (12cm)			CI 1		8.00
			7.90		4.03 E-05
					8.50
				9.00	
				CR 3	
				9.30	
				10.00	
				CR 4	
10.50				10.20	
16 - 9 - 8	3.0				
p.a.	2.75				
	3.0				
	2.8				
	2.5				
13.50	2.5				
12 - 23 - 32	3.0				
p.a.	2.5				
	1.0				
	2.0				14.50
	2.8				1.05 E-08
	3.2				15.50
	3.0				
	3.2		15.90		
16.90	2.2		CI 2		
11 - 26 - 37	3.2		16.50		
p.a.	1.3				
				18.80	
				CR 5	
				19.00	
	2.4				
	2.6				
	2.4				
21.00	3.2				
18 - 35 - 42	3.8				
p.a.	4.2				
	3.3		22.50		
			CI 3		
			23.00		
	3.3				
24.00	4.1				
16 - 33 - 39	3.8				
p.a	4.0				
	3.9				
	4.7				
	3.3				
	4.1				
	3.9				
27.00	3.5				
16 - 29 - 36	4.2				
p.a.	3.3				
	3.1				
	3.3				
	4.3				
	4.0				
	2.5				
30.00	4.0				
12 - 21 - 27					
p.a.					

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -18.00m.

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.13 rev. 00

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)

SONDAGGIO n. SV3

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Progettazione definitiva linea Genova Ventimiglia tratta Finale L. - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N=44° 7,158' E= 8° 13,558'

Eseguito il 25/10-28/10/10

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/6 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	1.50	3	4	3	p.c
2	4.50	6	8	9	p.c
3	7.90	27	RIF. (12cm)		p.c
4	10.50	16	9	8	p.a
5	13.50	12	23	32	p.a
6	16.90	11	26	37	p.a
7	21.00	18	35	42	p.a
8	24.00	16	33	39	p.a
9	27.00	16	29	36	p.a
10	30.00	12	21	27	p.a
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Dr. GIORGIO SOLA Responsabile Laboratorio TORINO

citiemme COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI 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	**PRELIEVO DI CAMPIONI INDISTURBATI** Mod. 7.5.5 rev. 00 (UNI EN ISO 22475-1:2007) Committente: ITALFERR SpA Località: Progettazione definitiva linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora Cantiere: Borghetto Santo Spirito (SV) Coordinate: N=44° 7,158' E= 8° 13,558'	**SONDAGGIO n.** **SV3** Eseguito il 25/10-28/10/2010

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/7 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Campionatore impiegato: Shelby

Campione n.	Profondità [m da p.c.]		Data prelievo	Note
	da m	a m		
1	7.50	7.90	26/10/10	
2	15.90	16.50	27/10/10	
3	22.50	23.00	27/10/10	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dott. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Giorgio Sola

COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Dr. GIORGIO SOLA Responsabile Laboratorio TORINO

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

Mod. 7.5.8 rev. 00

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Ar

Località: Borghetto Santo Spirito (SV)

Coordinate: N= 44° 7,158 ; E= 8° 13,558

PROVA n. 1

eseguita il 26/10/2010

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/8 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Sondaggio n. SV3

Prova a carico costante

tempi [s]	lettura [dm³]	volume immesso [m³]	portata assorbita [m³/s]
0	731,0	0,0000	
300	912,0	0,1810	0,000603
600	1091,0	0,3600	0,000597
900	1274,0	0,5430	0,000610
1200	1453,0	0,7220	0,000597
1500	1633,0	0,9020	0,000600
1800	1809,0	1,0780	0,000587
2100	1999,0	1,2680	0,000633
		assorbimento medio :	*0,000604*

geometria della sezione di prova

profondità foro:	**8,50 m**
profondità rivestimento:	**8,00 m**

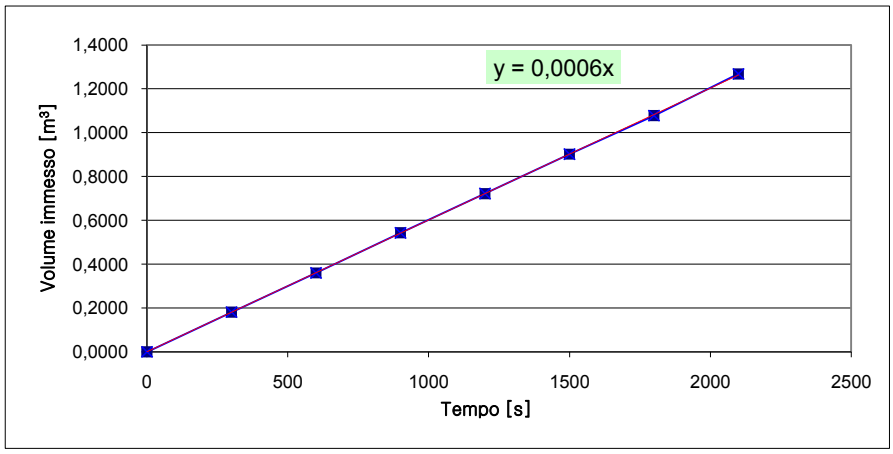
diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza del rivestim. dal p.c.:	0,40 m

lunghezza sezione di prova:	0,50 m
livello statico da p.c.:	8,20 m
carico idraulico:	8,60 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

Portata media applicabile Q = 0,000604 [m³/s]

Permeabilità Lefranc K = 4,03E-05 m/s



Litologia: *Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana e limo, rari ciottoli, addensata, colore nocciola-giallastro.*

Note e osservazioni:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.8 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

PROVA n.2

eseguita il 26/10/2010

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Andora

Località: Località: Borghetto Santo Spirito (SV)

Coordinate: N= 44° 7,158 E= 8° 13,558

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/9 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

SV3

Prova a carico variabile

tempi [s]	abbassamenti [m] da t.t.	permeabilità [m/s]
60	0,000	0,000E+00
120	0,005	2,795E-08
240	0,010	1,398E-08
480	0,020	1,400E-08
960	0,035	1,051E-08
1800	0,060	1,004E-08
3600	0,100	7,522E-09

geometria della sezione di prova

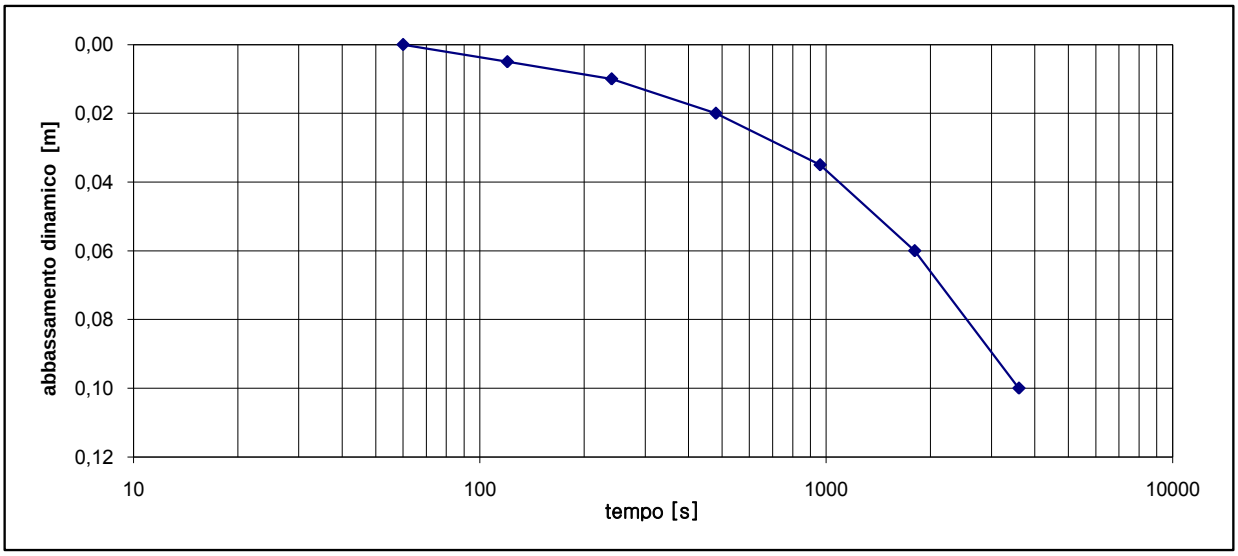
profondità foro:	**15,50 m**
profondità rivestimento:	**14,50 m**

diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza rivestim. oltre p.c.:	0,40 m
durata della prova:	60 min

lunghezza camera:	1,00 m
livello statico da p.c.:	8,20 m
carico idraulico iniz.:	8,60 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

K = 1,05E-08 m/s



Litologia: Limo e sabbia da fine a media con la profondità, consistente, colore grigio-bruno.

Note e osservazioni:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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: ITALFERR Spa

Cantiere: Progettazione definitiva della linea Genova Ventimiglia tratta Finale Ligure - Andora

Località: Albenga (SV)

Commessa n. 10040

Perforazione: inizio: 19/10/2010 fine: 22/10/2010 Sonda: Clivio Rap 30

Coordinate: N= 44° 3.319' E= 8° 11.114' Scala 1:100

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/1 del 30/11/2010

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

SONDAGGIO
SV5

profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	descrizione litologica
0.00	0.50	Terreno di riporto costituito da ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana debolmente limosa, colore grigio-nocciola.
0.50	2.50	Ghiaia eterometrica e sabbia medio-grossolana debolmente limosa, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore grigio-nocciola.
3.00	4.80	Ghiaia eterometrica ben classata e sabbia medio-grossolana debolmente limosa, da addensata a molto addensata, colore nocciola.
7.80	2.70	Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana debolmente limosa talora concentrata in livelli cm, rari ciottoli, molto addensata, colore nocciola.
10.50	3.20	Ghiaia eterometrica e sabbia medio-grossolana da debolmente limosa a limosa, da molto addensata ad addensata, colore nocciola-grigiastro.
13.70	0.60	Sabbia medio-fine debolmente limosa, addensata, colore nocciola-grigiastro.
14.30	4.20	Ghiaia eterometrica e ciottoli (diam. max 10-12cm) con sabbia da debolmente limosa a limosa, addensata, colore nocciola chiaro. Da -15.90m a -16.00m da p.c. si segnala un livello di sabbia medio-fine con limo e ghiaia.
18.50	1.80	Ghiaia eterometrica con sabbia medio-grossolana limosa, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore nocciola chiaro.
20.30	2.70	Sabbia medio-grossolana da debolmente limosa a limosa e ghiaia eterometrica, addensata, colore nocciola chiaro. Da -22.40m a -22.50m da p.c. livello di sabbia medio-fine e limo con rara ghiaia sparsa.
23.00	0.50	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa, colore nocciola.
23.50	0.50	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa con ghiaia eterometrica, colore nocciola.
24.00	6.00	Ghiaia ciottolosa (diam. max 18-20cm) con sabbia medio-grossolana debolmente limosa, molto addensata, colore nocciola.
30.00		

falda: 4.70

carotaggio continuo diam. 101mm

metodo e diam. di perforazione: 127mm

percentuale di carotaggio: 90-100%

piezometro tubo aperto

inclinometro

S.P.T.
1.50 — 9 - 7 - 16 p.a.
4.50 — 14 - 16 - 17 p.a.
7.90 — 13 - 28 - 36 p.a.
10.50 — 11 - 31 - 21 p.a.
13.50 — 15 - 16 - 22 p.a.
16.50 — 19 - 16 - 18 p.a.
19.50 — 10 - 11 - 15 p.a.
22.50 — 13 - 16 - 15 p.a.
25.50 — 8 - RIF. (2cm) p.a.
28.50 — 7 - 26 - 42 p.a.

pocket penetrometer

pocket vane test

campioni indisturbati

campioni rimaneggiati
6.00 CR 1 6.50
13.60 CR 2 14.00
17.70 CR 3 18.00
27.50 CR 4 28.00

permeabilità [m/s]
7.00 — 7.21 E-05 — 7.50
22.50 — 2.97 E-06 — 23.50

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -4.50m e -25.50m.

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.13 rev. 00

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)

SONDAGGIO n. SV5

Committente: ITALFERR SpA

Cantiere: Progettazione definitiva linea Genova Ventimiglia tratta Finale L. - Andora

Località: Pietra Ligure (SV)

Coordinate: N=44° 3,319' E= 8° 11,114'

Eseguito il 19/10-22/10/10

Accettazione n. 10040 Certificato n. 10040/2 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	1.50	9	7	16	p.a
2	4.50	14	16	17	p.a
3	7.90	13	28	36	p.a
4	10.50	11	31	21	p.a
5	13.50	15	16	22	p.a
6	16.50	19	16	18	p.a
7	19.50	10	11	15	p.a
8	22.50	13	16	15	p.a
9	25.50	8	RIF. (2cm)		p.a
10	28.50	7	26	42	p.a
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Dr. GIORGIO SOLA Responsabile Laboratorio TORINO

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.8 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

Committente: ITALFERR SpA
Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Ar
Località: Albenga (SV)
Coordinate: N= 44° 3,319 ; E= 8° 11,114

PROVA n. 1
eseguita il 20/10/2010

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/3 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Sondaggio n. SV5

Prova a carico costante

tempi [s]	lettura [dm³]	volume immesso [m³]	portata assorbita [m³/s]
0	97,0	0,0000	
300	293,0	0,1960	0,000653
600	491,0	0,3940	0,000660
900	688,0	0,5910	0,000657
1200	884,0	0,7870	0,000653
1500	1080,0	0,9830	0,000653
1800	1275,0	1,1780	0,000650
2100	1470,0	1,3730	0,000650
		assorbimento medio :	*0,000654*

geometria della sezione di prova

profondità foro:	**7,50 m**
profondità rivestimento:	**7,00 m**

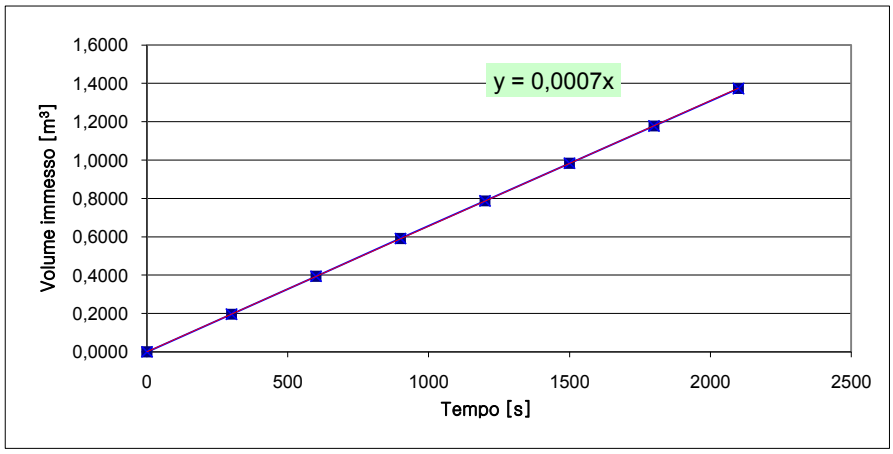
diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza del rivestim. dal p.c.:	0,50 m

lunghezza sezione di prova:	0,50 m
livello statico da p.c.:	4,70 m
carico idraulico:	5,20 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

Portata media applicabile Q = 0,000654 [m³/s]

Permeabilità Lefranc K = 7,21E-05 m/s



Litologia: *Ghiaia eterometrica ben classata e sabbia medio-grossolana debolmente limosa, da addensata a molto addensata, colore nocciola.*
Note e osservazioni:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

citiemme
COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI

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. 7.5.8 rev. 00

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO
PROVA LEFRANC (AGI 1977)

Committente: ITALFERR SpA
Cantiere: Prog. definitiva linea Genova-Ventimiglia - tratta Finale Ligure -Ar
Località: Albenga (SV)
Coordinate: N= 44° 3,319 ; E= 8° 11,114

PROVA n. 2
eseguita il 21/10/2010

Accettazione n. 10040 - Certificato n. 10040/4 del 30/11/2010 - Commessa n. 10040

Sondaggio n. SV5

Prova a carico costante

tempi [s]	lettura [dm³]	volume immesso [m³]	portata assorbita [m³/s]
0	1476,0	0,0000	
300	1489,0	0,0130	0,000043
600	1502,0	0,0260	0,000043
900	1514,0	0,0380	0,000040
1200	1527,0	0,0510	0,000043
1500	1540,0	0,0640	0,000043
1800	1553,0	0,0770	0,000043
2100	1566,0	0,0900	0,000043
		assorbimento medio :	*0,000043*

geometria della sezione di prova

profondità foro:	**23,50 m**
profondità rivestimento:	**22,50 m**

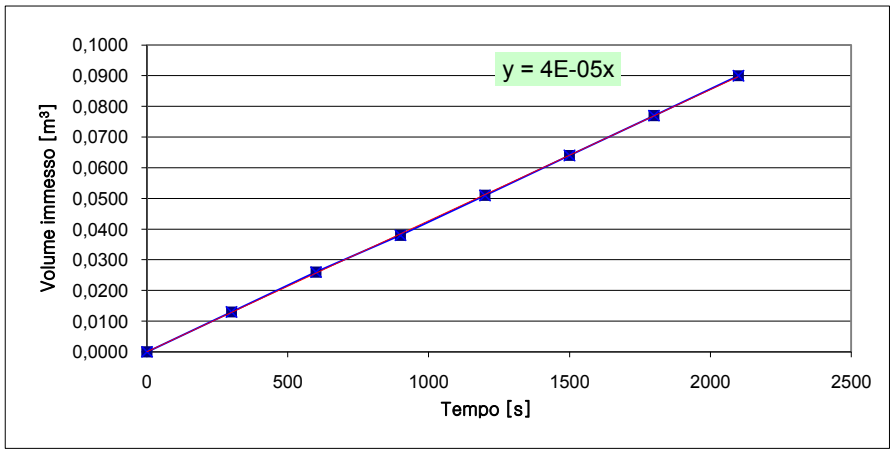
diametro foro:	101 mm
diametro rivestimento:	127 mm
altezza del rivestim. dal p.c.:	0,50 m

lunghezza sezione di prova:	1,00 m
livello statico da p.c.:	4,70 m
carico idraulico:	5,20 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

Portata media applicabile Q = 0,000043 [m³/s]

Permeabilità Lefranc K = 2,97E-06 m/s



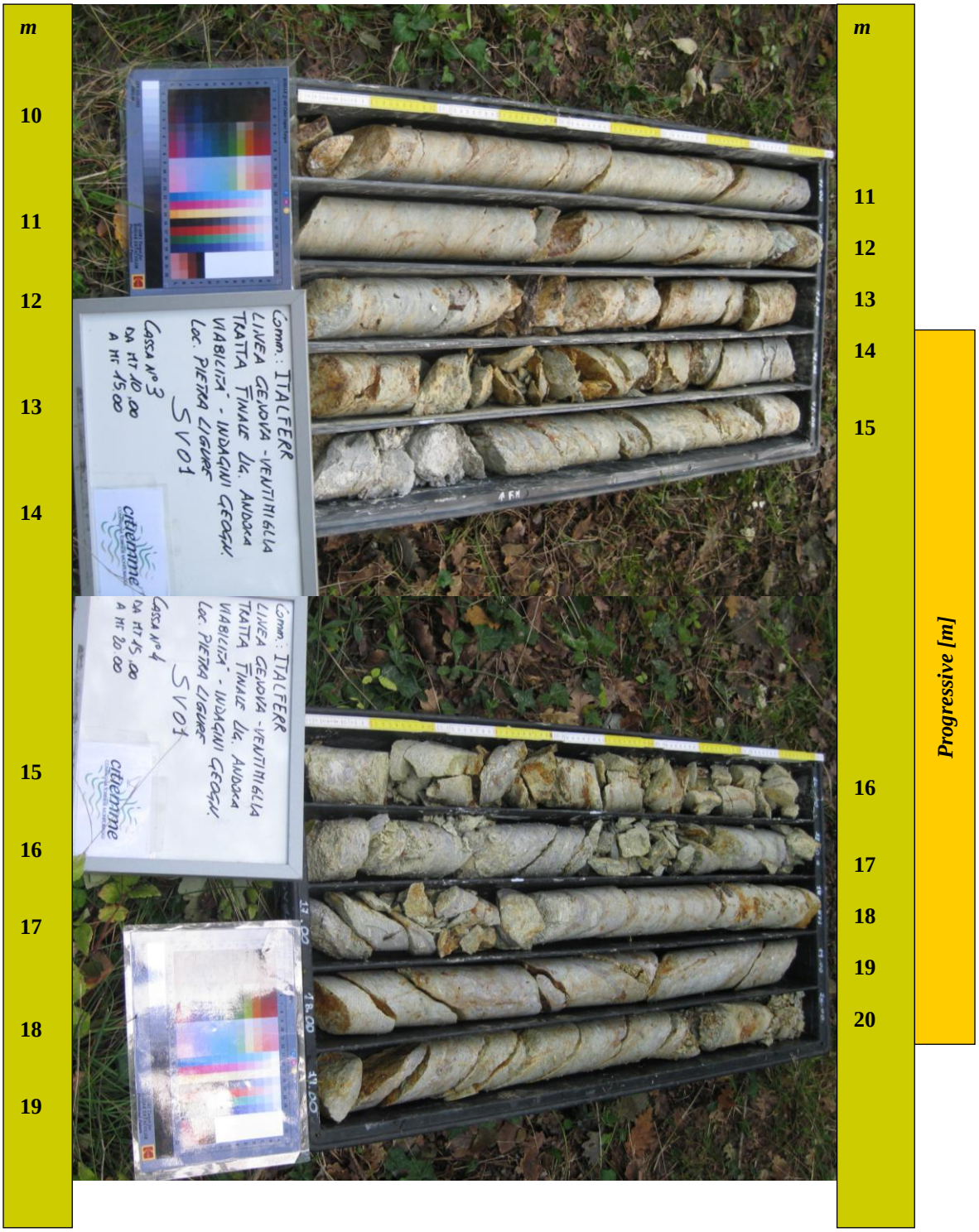
Litologia: *Sabbia medio-grossolana da debolmente limosa a limosa con ghiaia eterometrica fino a -23.00m da p.c., addensata, colore da nocciola chiaro a nocciola.*
Note e osservazioni:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola

Cantiere: ***Pietra Ligure (SV)*** *- Sondaggio* ***SV1*** *(L=20.00m)*

Cantiere: ***Pietra Ligure (SV)*** *- Sondaggio* ***SV1*** *(L=20.00m)*

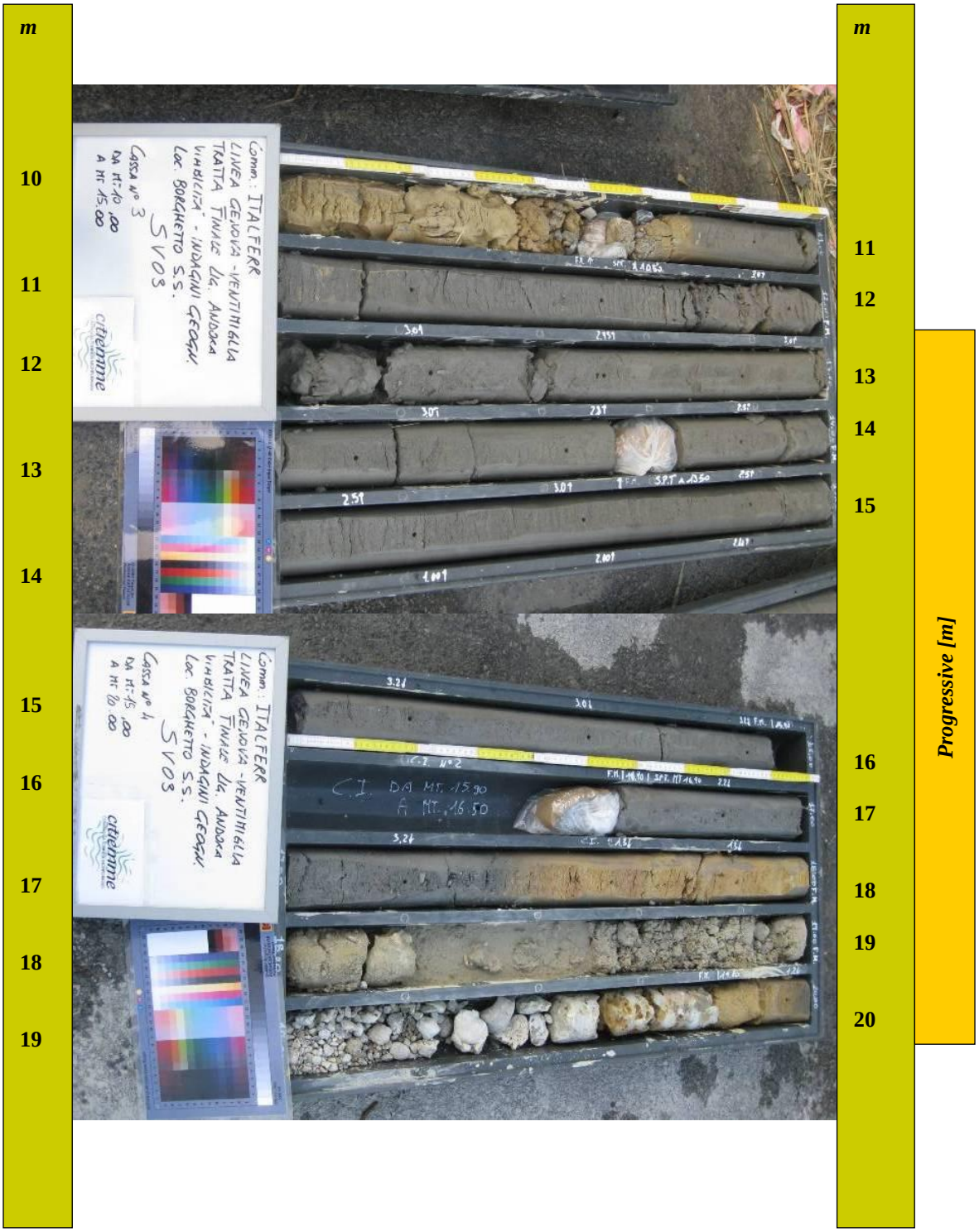


Cantiere: ***Pietra Ligure (SV)***- *Sondaggio* ***SV2*** *(L=20.00m)*

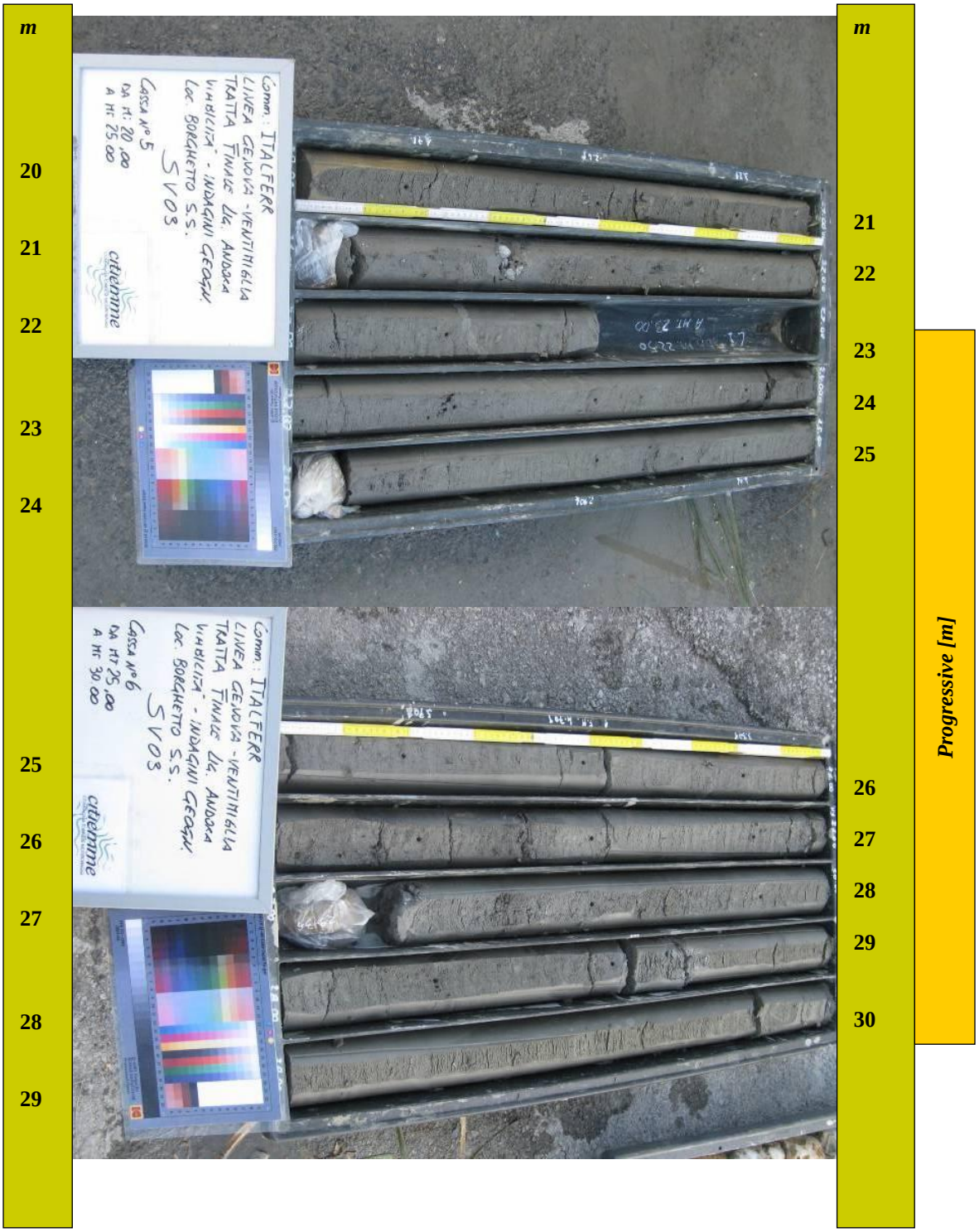
Cantiere: ***Pietra Ligure (SV)-*** *Sondaggio* ***SV2*** *(L=20.00m)*

Cantiere: ***Borghetto Santo Spirito (SV)*** *- Sondaggio* ***SV3*** *(L=30.00m)*

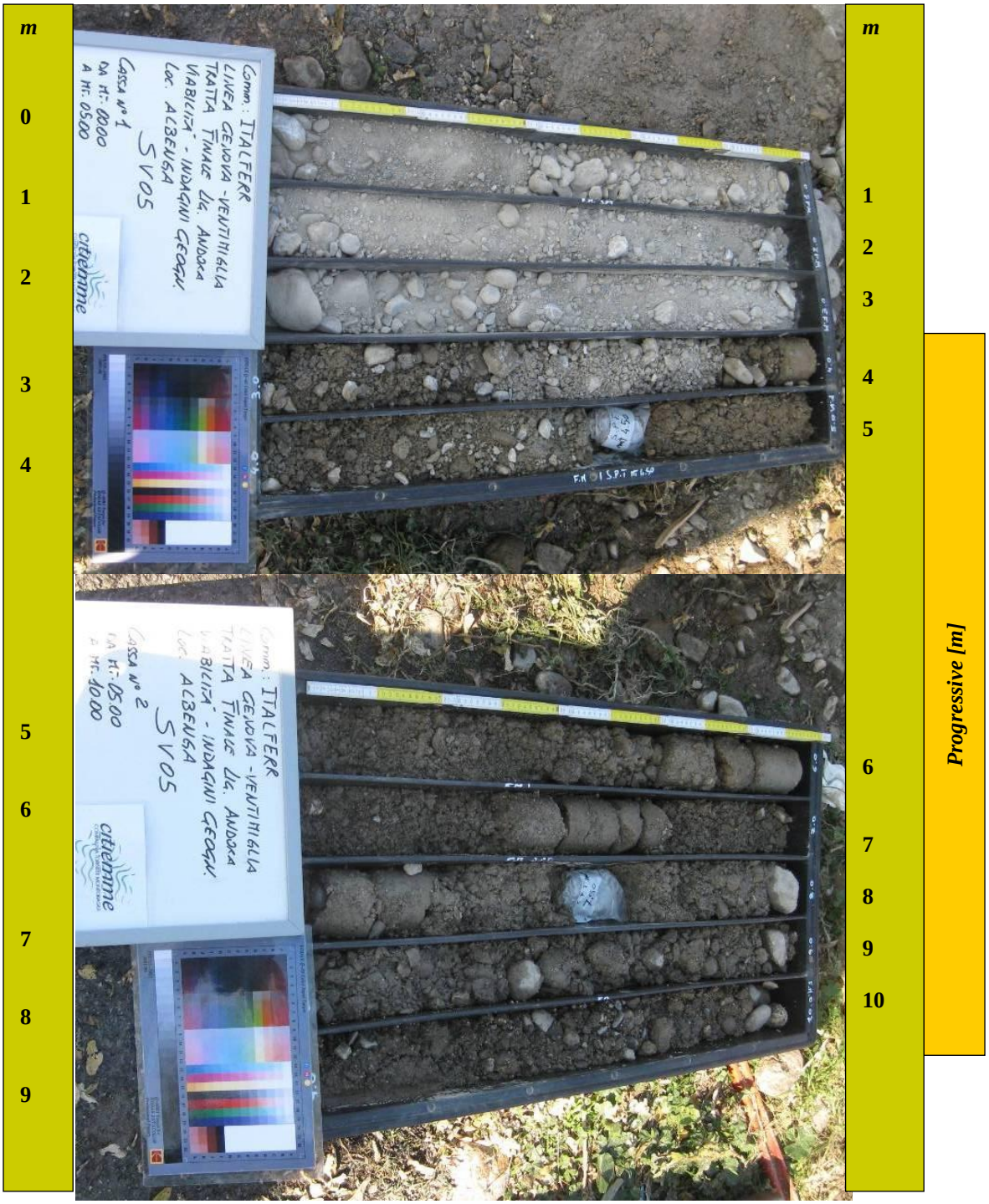
Cantiere: ***Borghetto Santo Spirito (SV)***- *Sondaggio* ***SV3*** *(L=30.00m)*



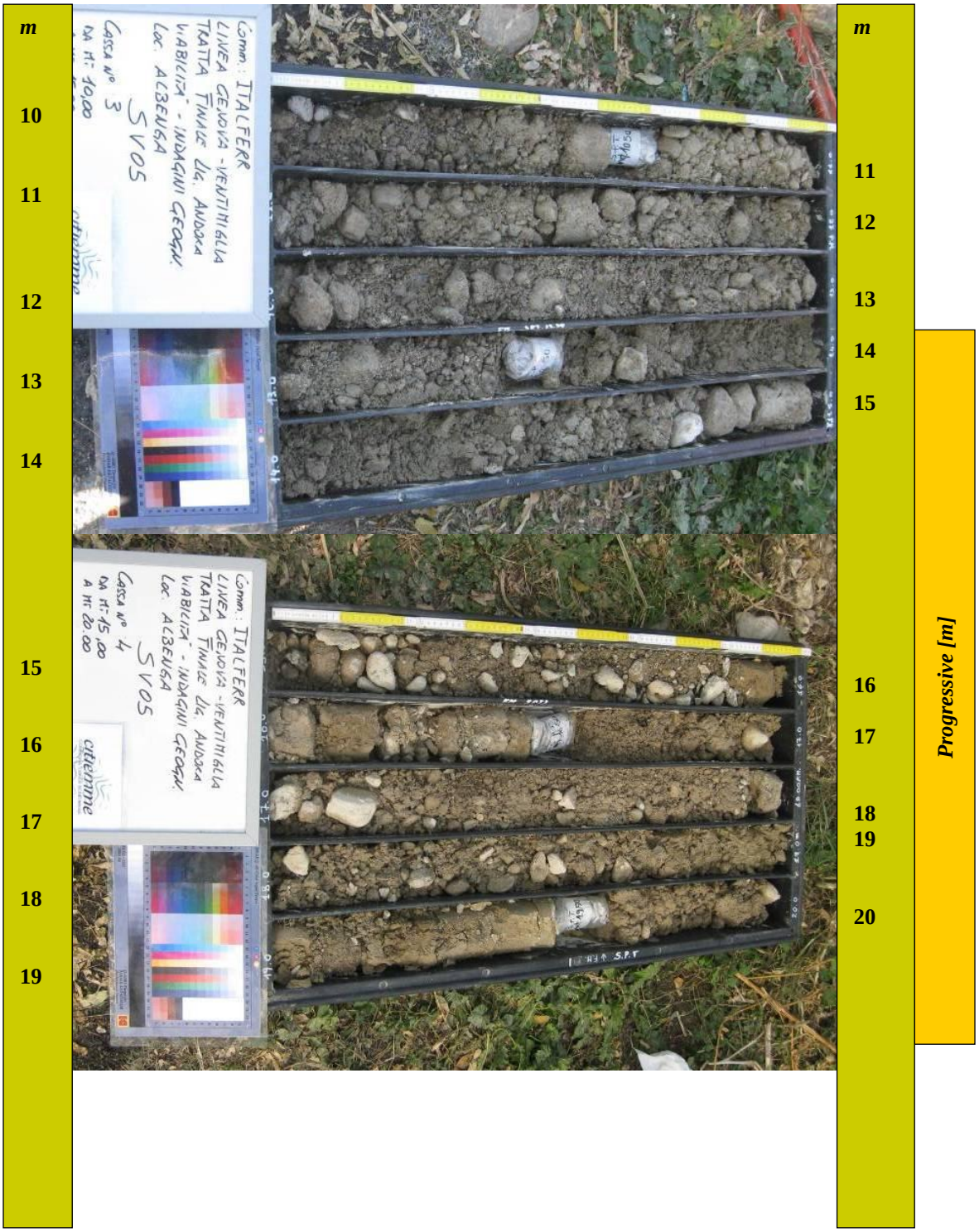
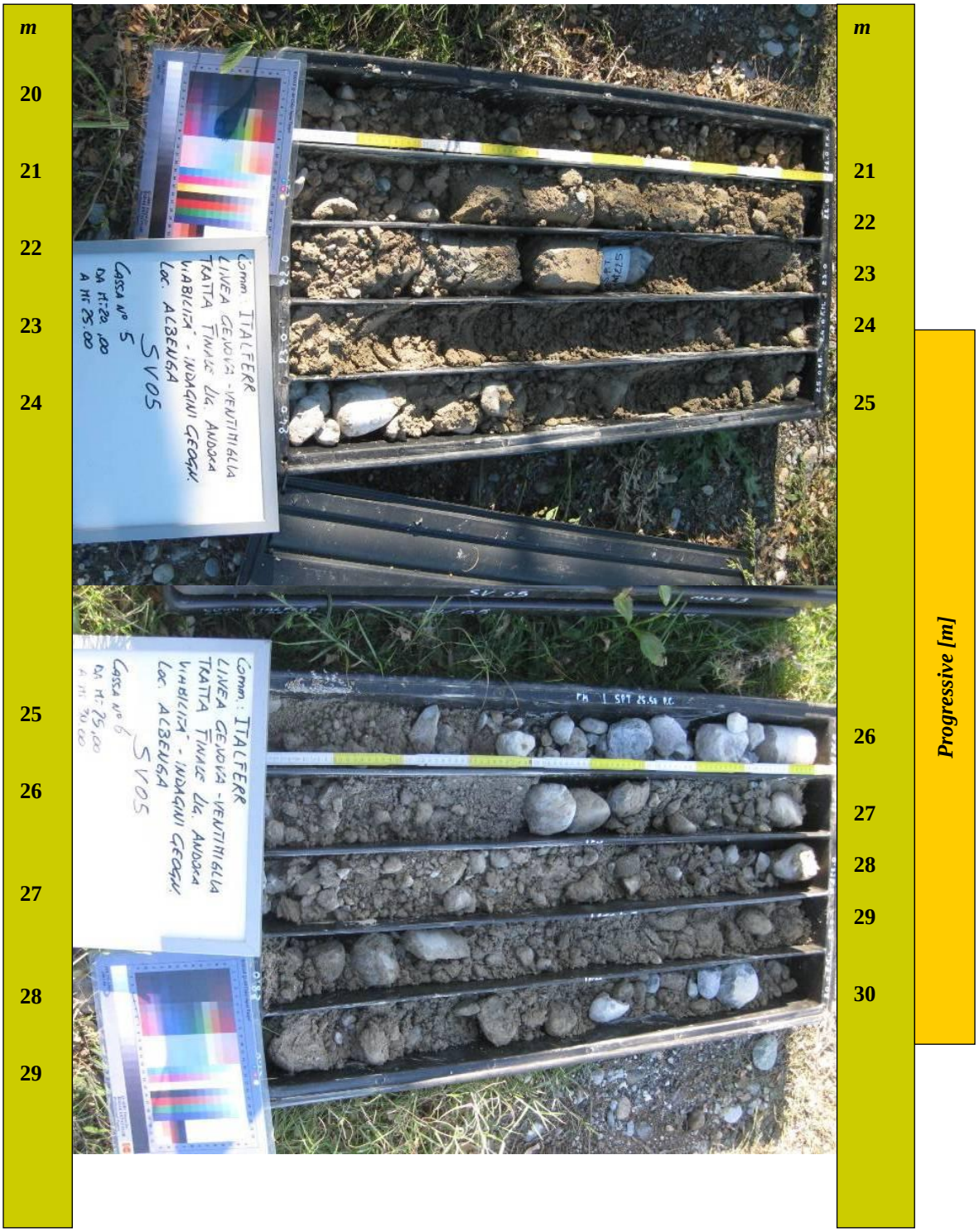
Cantiere: ***Borghetto Santo Spirito (SV)*** *- Sondaggio* ***SV3*** *(L=30.00m)*



Cantiere: ***Albenga (SV)*** *- Sondaggio* ***SV5*** *(L=30.00m)*



Cantiere: ***Albenga (SV)*** *- Sondaggio* ***SV5*** *(L=30.00m)*



Cantiere: ***Albenga (SV)*** *- Sondaggio* ***SV5*** *(L=30.00m)*