



24030 VILLA D'ADDA (BG) - Via Chioso, 3/a - Tel. 035.78.48.50-035.78.48.51 - Fax 035.78.48.52

ITALGEN

DIGA DI CASSIGLIO

ALLEGATO 1
SO.GE.TEC.

SONDAGGI E PROVE DI PERMEABILITA'



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DOTTORE
INGEGNERE
MARCO
PEGORARO
ALBO N° 1782
BERGAMO



Spett.le

ITALGEN Spa

Ns. Rif.: C0301M-05-ItalgenRapp

Vs. Rif.:

Villa d'Adda, 07 aprile 2005

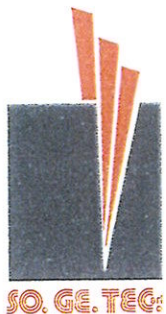
Oggetto: Indagine geognostica con esecuzione di sondaggi stratigrafici a distruzione di nucleo e a carotaggio continuo con prove di permeabilità in foro sulla diga in comune di Cassiglio (BG).

La presente unicamente per trasmetterVi n° 02 copia del rapporto di cantiere relativo ai lavori in oggetto.

Ci è gradita l'occasione per porgere distinti saluti.

All./02

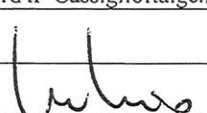




ITALGEN S.p.a. – BERGAMO

INDAGINE GEOGNOSTICA CON ESECUZIONE DI
SONDAGGI STRATIGRAFICI A DISTRUZIONE DI
NUCLEO E A CAROTAGGIO CONTINUO CON
PROVE DI PERMEABILITA' IN FORO SULLA
DIGA IN COMUNE DI CASSIGLIO.
(Provincia di BERGAMO).

SO.GE.TEC. S.r.l.
Via Chioso, 3A
24030 VILLA D'ADDA (BG)

DATA	Marzo 2005	
OGGETTO	<i>Rapporto di cantiere</i>	file:RAP CassiglioItalgen.doc
REDAZIONE	Dott. Geol. Alessandro RATAZZI	
APPROVAZIONE	Dott. Geol. Fabio BAIO	



PREMESSA

Su incarico della ITALGEN – ITALCEMENTI GROUP di BERGAMO nel mese di febbraio e marzo del corrente anno abbiamo eseguito una campagna di indagini geognostiche sulla diga di Cassiglio nel territorio del medesimo comune, per lo studio delle caratteristiche geomeccaniche e idrauliche del substrato roccioso presente al di sotto del corpo diga.

Sono stati effettuati n° 3 sondaggi stratigrafici verticali e n° 2 inclinati verso le spalle della diga: i primi 10-20.0 m, relativi esclusivamente al corpo diga sono stati perforati a distruzione di nucleo (DTH) mentre i restanti 15.0 m, all'interno del substrato roccioso, sono stati perforati a carotaggio continuo con recupero di campioni.

Nel tratto compreso tra il contatto del calcestruzzo del corpo diga e il fondo di ciascun foro sono state effettuate prove di permeabilità del tipo Lugeon in avanzamento.

Alla fine delle operazioni di perforazione, sono state eseguite, dalla società SIALTEC Srl, direttamente incaricata dalla Committente, prove dilatometriche sulla roccia di fondazione.

SONDAGGI STRATIGRAFICI

Generalità

Per l'esecuzione dei sondaggi sono state impiegate le seguenti attrezzature (di cui disponiamo delle schede tecniche esplicative, e di cui sintetizziamo di seguito gli elementi essenziali):

- sonda idraulica a rotazione NENZI NEKLA su carro cingolato e con gruppo motore separato
- motopompa triplex a pistoni NENZI TRIPLEX TP 200
- motocompressore ATLAS COPCO 10.000/12

sono stati inoltre impiegati i seguenti accessori:

- martello fondo foro da 4" con bit da 104/114 mm
- batteria aste $\Phi = 76$ mm
- carotiere semplice diametro 101 mm
- carotiere doppio diametro 101 mm
- corone a inserti Vidiam per i carotieri
- corone diamantate per il carotiere doppio NT2
- accessori di perforazione

Da piano di lavoro fino quasi al contatto tra corpo diga e roccia si è proceduto all'avanzamento con perforazione a distruzione.

Alle profondità previste, e comprese tra 10.0 e 20.0 m, sono state modificate le modalità di perforazione e si è proceduto all'avanzamento a carotaggio continuo (con il carotiere doppio NT2 D. 101 mm). A seconda del grado di fratturazione della roccia, ciascuna manovra di avanzamento è variata da 30 a 150 cm.

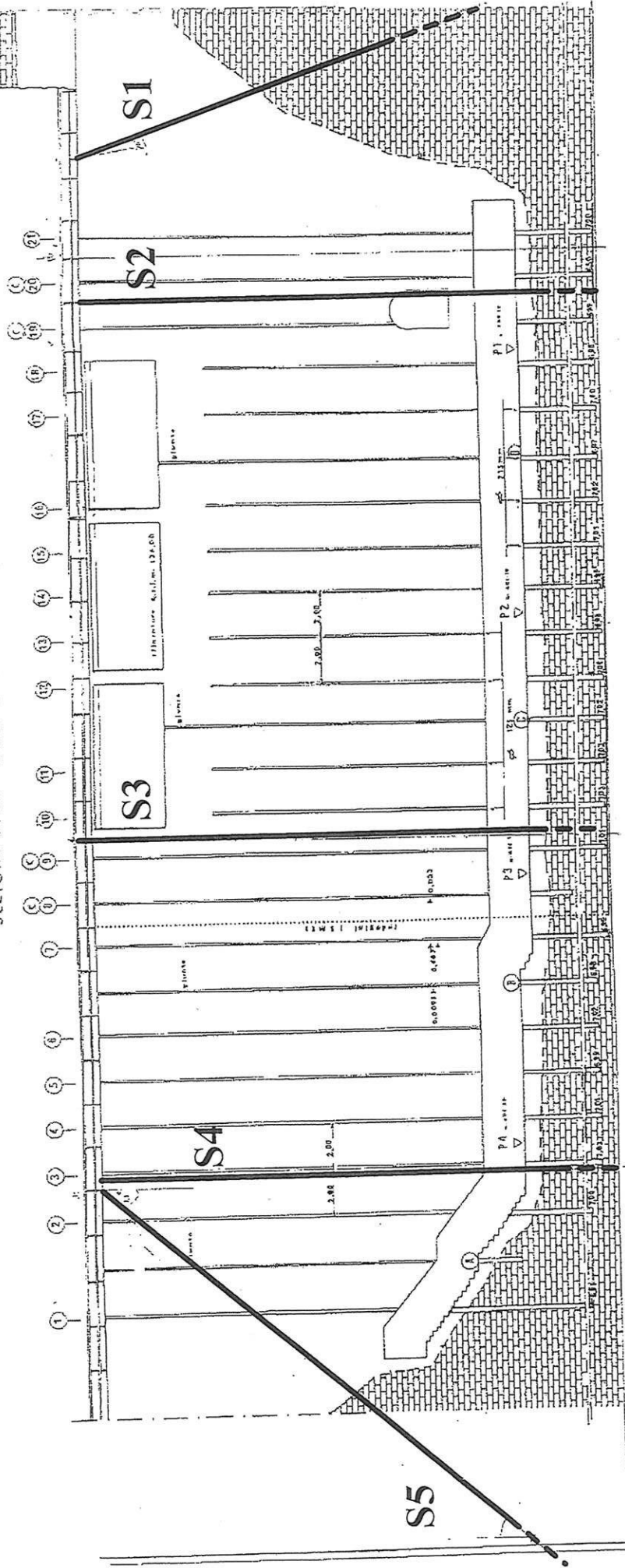
L'operazione è stata ripetuta fino a raggiungere la profondità prevista.

Nel dettaglio vengono esposte le profondità e le caratteristiche di ciascun sondaggio, e nell'allegato schema sono ubicati i sondaggi effettuati.

	Corpo diga (dth)	Roccia (car.cont.)	Totale	Inclinazione
	(m)	(m)	(m)	(°)
S1	10	15	25	3-20
S2	20	15	35	90
S3	20	15	35	90
S4	20	15	35	90
S5	15	15	30	40

Le stratigrafie (LOGS STRATIGRAFICI) dei sondaggi effettuati sono riportate in allegato.

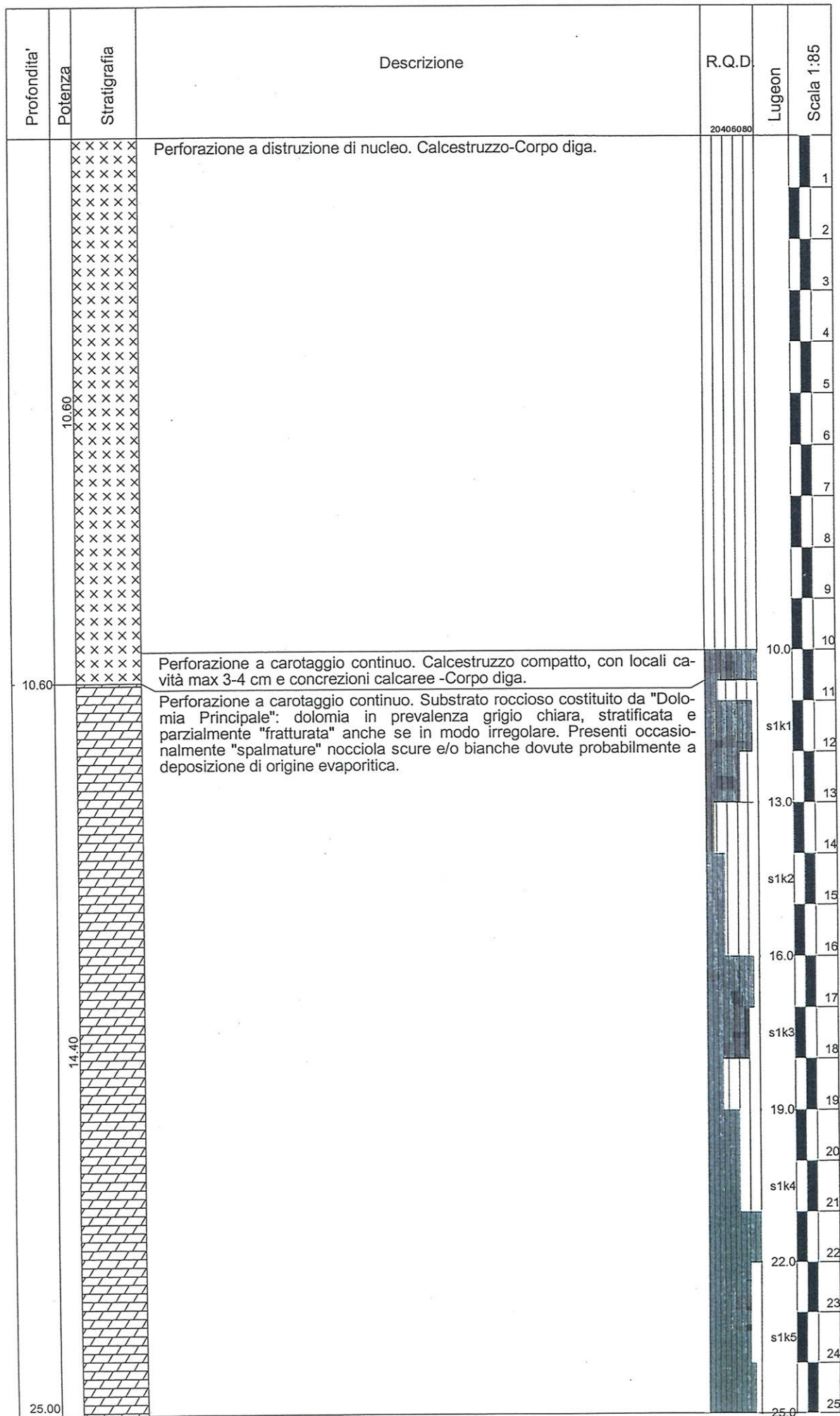
SEZIONE DIGA (vista da monte)



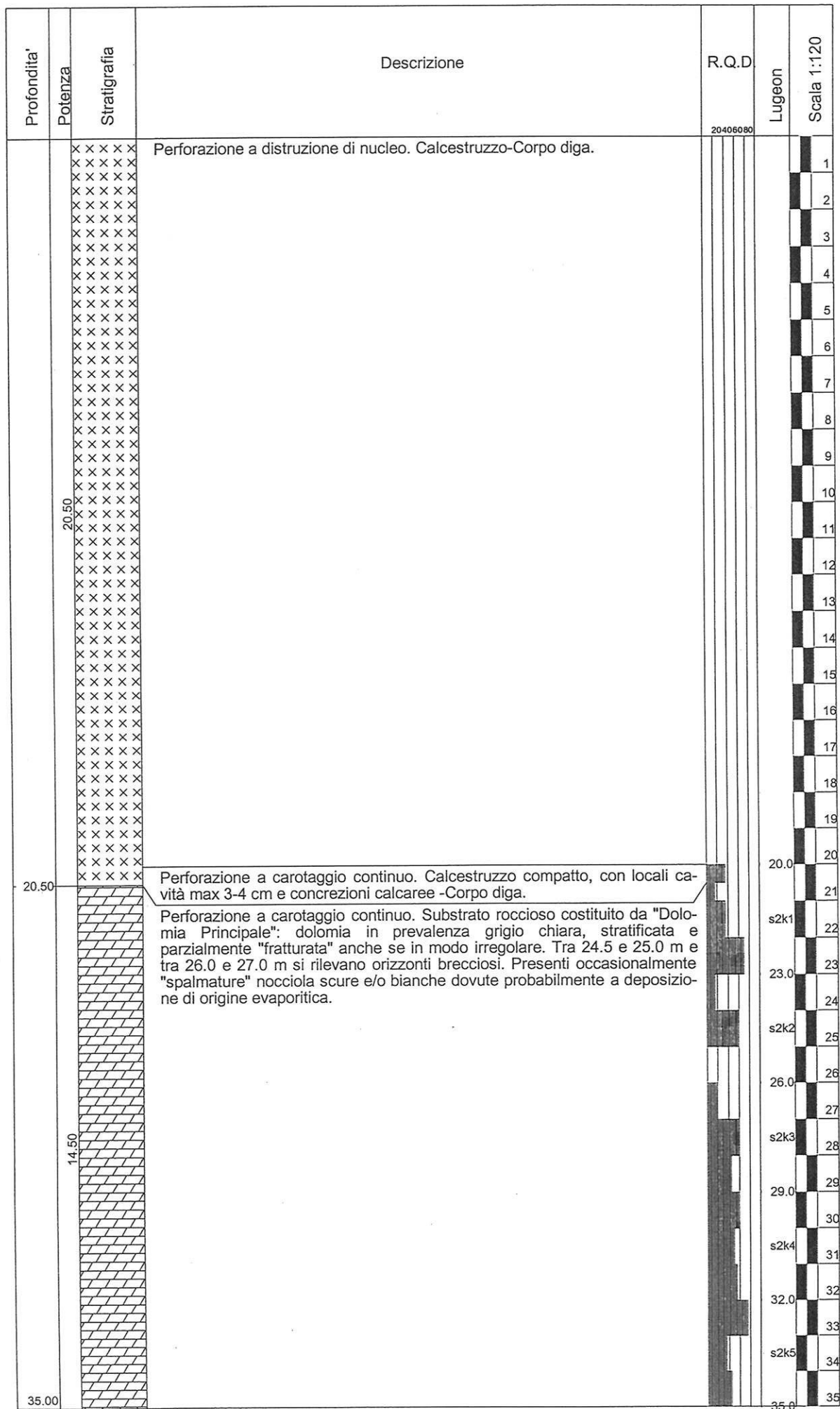
SO.GE.TEC. SOCIETA' DI GEOLOGIA TECNICA Sede legale e recettore: via Chioso 3/a 24030 Uilla d'Adda (Bg) Tel. 035/784850-1 Fax 035/784852 e-mail: sogetec.srl@tin.it		ITALGEN: indagine geognostica sullo Digo di Cassiglio (BG) SCHEMA UBICAZIONE PUNTI D'INDAGINE	
FILE	TAUOLA N°	DATA	SCALA
	1	marzo 2005	1/1111

DISSEGNO DI PROPRIETA' DELLA SO.GE.TEC.
 DIRUTTORE E RIPRODUZIONE VIETATE
 SENZA L'AUTORIZZAZIONE DELLA STESSA

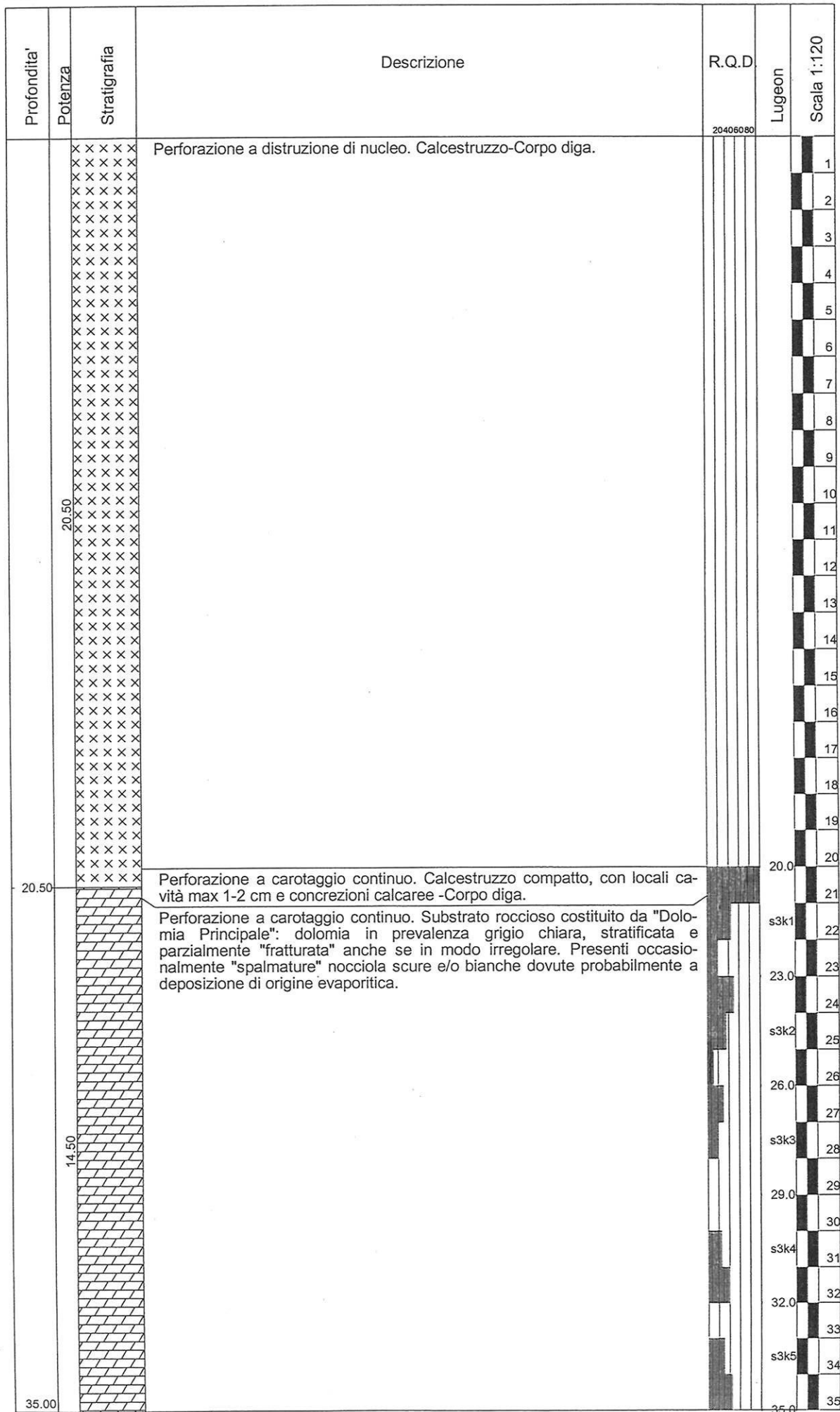
Cantiere: Diga di Cassiglio	N.Sondaggio: s1
Committente: Italgem	Scala sondaggio: 1:85
Perforatore: Signor Giorgio Case	Metodo perf.: DTH-Carotaggio continuo
Coordinamento: SO.GE.TEC. S.r.l.	Quota (p.c.):
Geologo: Alessandro ratazzi	Data ultimazione: febbraio 2005



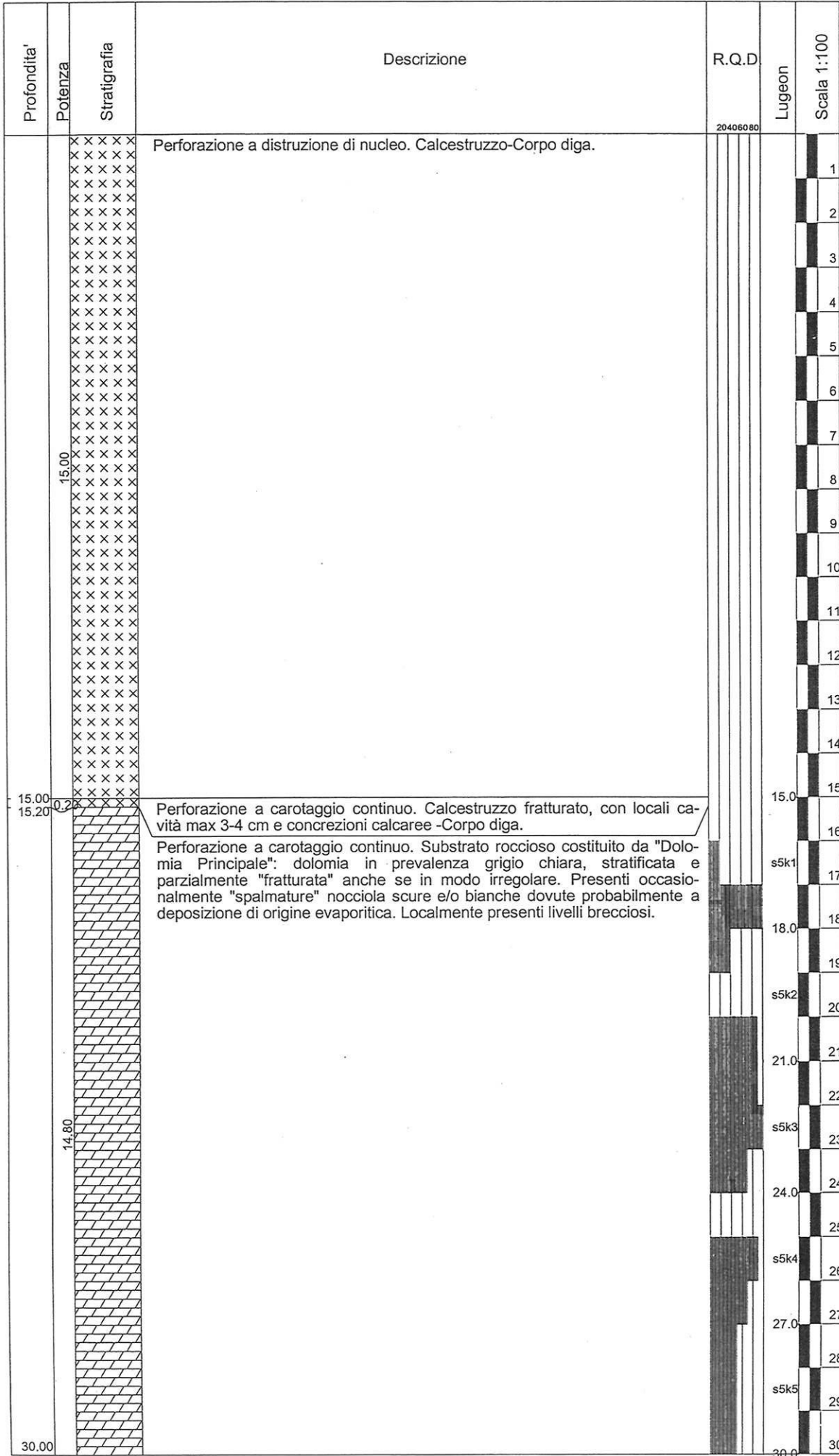
Cantiere: Diga di Cassiglio	N.Sondaggio: s2
Committente: Italgem	Scala sondaggio: 1:120
Perforatore: Signor Giorgio Case	Metodo perf.: DTH-Carotaggio continuo
Coordinamento: SO.GE.TEC. S.r.l.	Quota (p.c.):
Geologo: Alessandro Ratazzi	Data ultimazione: febbraio 2005



Cantiere: Diga di Cassiglio	N.Sondaggio: s3
Committente: Italgem	Scala sondaggio: 1:120
Perforatore: Signor Giorgio Case	Metodo perf.: DTH-Carotaggio continuo
Coordinamento: SO.GE.TEC. S.r.l.	Quota (p.c.):
Geologo: Alessandro ratazzi	Data ultimazione: febbraio 2005



Cantiere: Diga di Cassiglio	N.Sondaggio: s5
Committente: Italgem	Scala sondaggio: 1:100
Perforatore: Signor Giorgio Case	Metodo perf.: DTH-Carotaggio continuo
Coordinamento: SO.GE.TEC. S.r.l.	Quota (p.c.):
Geologo: Alessandro ratazzi	Data ultimazione: febbraio 2005



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°1
da 10.0 a 15.0 m



da 15.0 a 20.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°1 da 20.0 a 25.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°2
da 20.0 a 25.0 m



da 25.0 a 30.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°2
da 30.0 a 35.0 m



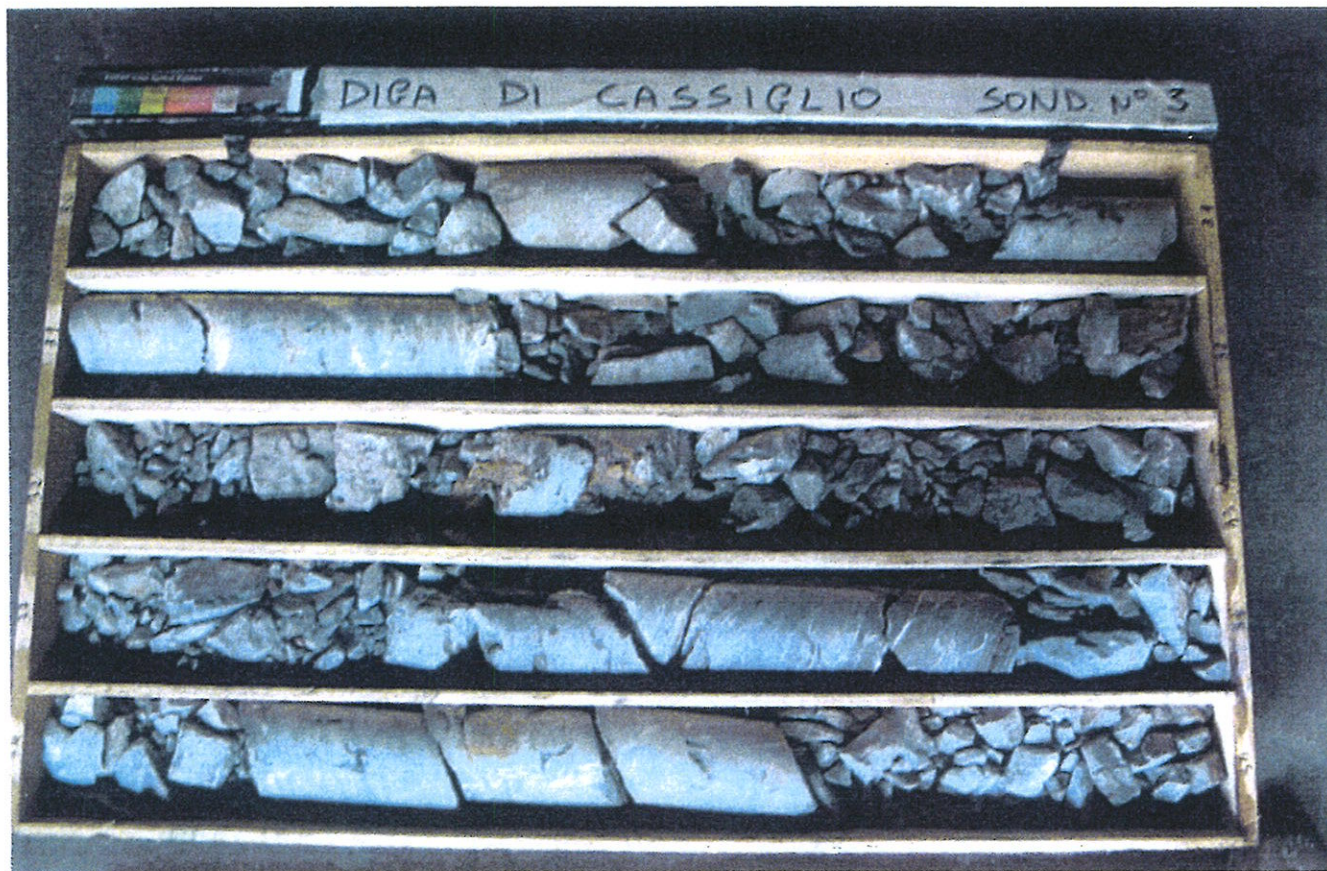
DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°3
da 20.0 a 25.0 m



da 25.0 a 30.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°3
da 30.0 a 35.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°4
da 20.0 a 25.0 m



da 25.0 a 30.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°4
da 30.0 a 35.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°5
da 15.0 a 20.0 m



da 20.0 a 25.0 m



DIGA DI CASSIGLIO (BG) SONDAGGIO N°5
da 25.0 a 30.0 m



PROVA DI PERMEABILITÀ TIPO LUGEON

* Descrizione della prova

La prova consiste nell'iniettare acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio in roccia (tasca) e nel misurare i volumi assorbiti a diverse pressioni. La prova consente di misurare la permeabilità di un ammasso roccioso.

La prova può essere eseguita in avanzamento, cioè con il procedere della perforazione, oppure in risalita, a fine perforazione. Nel primo caso si sottopone a prova il tratto terminale del foro, isolando la parte alta con un otturatore (packer) espandibile contro la parete del foro. Nel secondo caso il tratto di prova viene scelto lungo tutta l'altezza del foro, ma deve essere isolato sia verso l'alto che verso il basso con un doppio otturatore.

Nel caso in esame le prove sono state eseguite in avanzamento con un tratto isolato di prova di lunghezza non superiore a 3.0 m.

Nello specifico le prove sono state eseguite:

Sondaggio n°1:	S1k1 da 10.0 a 13.0 m*	Sondaggio n°2:	S2k1 da 20.0 a 23.0 m
	S1k2 da 13.0 a 16.0 m*		S2k2 da 23.0 a 26.0 m
	S1k3 da 16.0 a 19.0 m*		S2k3 da 26.0 a 29.0 m
	S1k4 da 19.0 a 22.0 m*		S2k4 da 29.0 a 32.0 m*
	S1k5 da 22.0 a 25.0 m*		S2k5 da 32.0 a 35.0 m*
Sondaggio n°3:	S3k1 da 20.0 a 23.0 m*	Sondaggio n°4:	S4k1 da 20.0 a 23.0 m
	S3k2 da 23.0 a 26.0 m*		S4k2 da 23.0 a 26.0 m
	S3k3 da 26.0 a 29.0 m		S4k3 da 26.0 a 29.0 m
	S3k4 da 29.0 a 32.0 m		S4k4 da 29.0 a 32.0 m
	S3k5 da 32.0 a 35.0 m*		S4k5 da 32.0 a 35.0 m
Sondaggio n°5:	S5k1 da 20.0 a 23.0 m		
	S5k2 da 23.0 a 26.0 m		
	S5k3 da 26.0 a 29.0 m		
	S5k4 da 29.0 a 32.0 m		
	S5k5 da 32.0 a 35.0 m		

*prove nella quale si è rilevato assorbimento pari a 0 (nullo).

Le modalità di prova seguite sono quelle indicate da “AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche”.

*** Caratteristiche delle attrezzature**

L'esecuzione della prova ha richiesto l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, costituito da un tubo metallico sul quale è applicata una membrana di gomma gonfiabile (con olio) contro la parete del foro; per una buona tenuta dell'otturatore, la pressione di gonfiaggio deve essere superiore di 2 ÷ 3 bar a quella di iniezione dell'acqua;
- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione almeno pari a 1 MPa con portate elevate;
- contalitri, inserito nel circuito di mandata della pompa, per la misura delle portate immesse, con precisione di 0.1 l;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con precisione di 0.05 MPa e fondo scala pari a 12 ÷ 15 bar;
- tubazioni idrauliche di adduzione dell'acqua nel tratto di prova;

PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k3
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s3
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

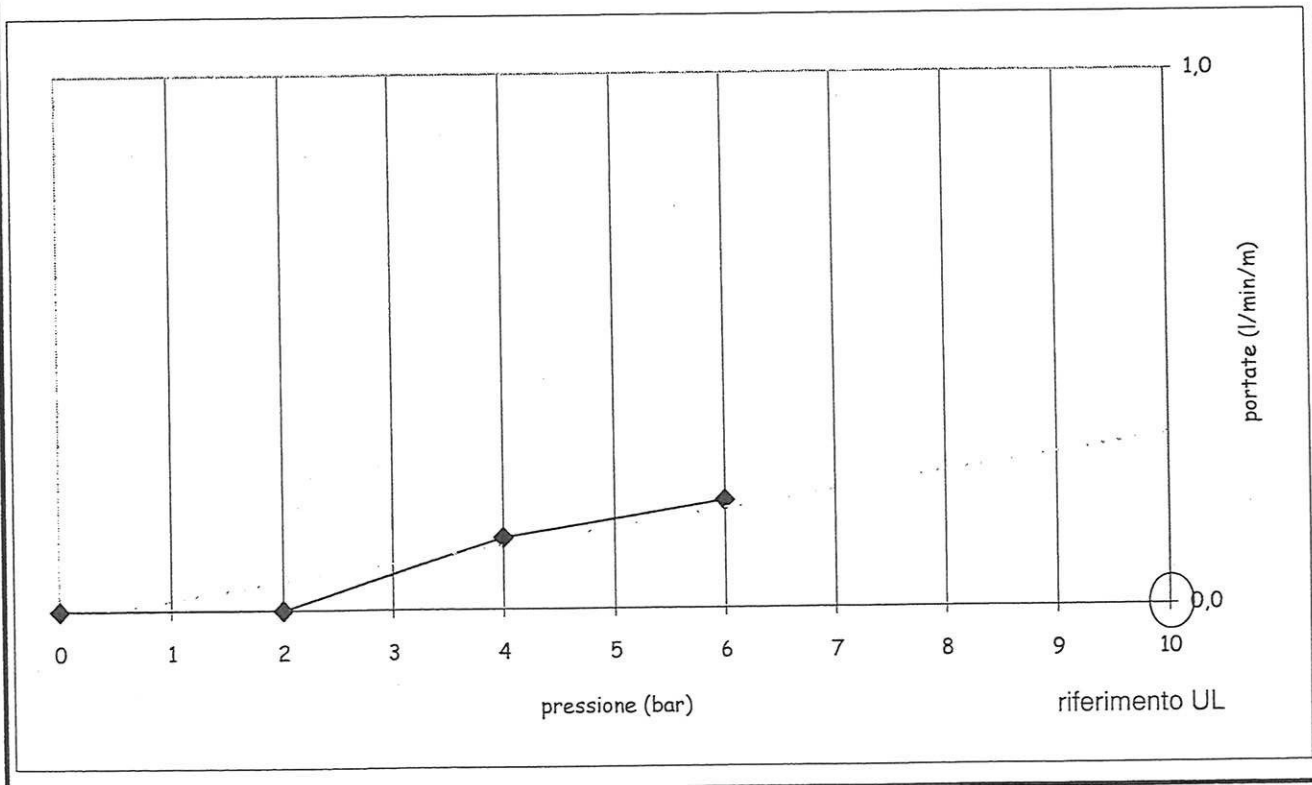
Profondità di prova da p.c.:	da	m	26,0
	a	m	29,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	0,000
4,0	0,400
6,0	0,600
4,0	0,400
2,0	0,000

Permeabilità
m/s
0,000E+00
3,394E-08
3,465E-08
3,394E-08
0,000E+00
3,418E-08 m/s
0,10 (stima)

Valore di Permeabilità k **3,418E-08** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **0,10** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k1
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s4
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

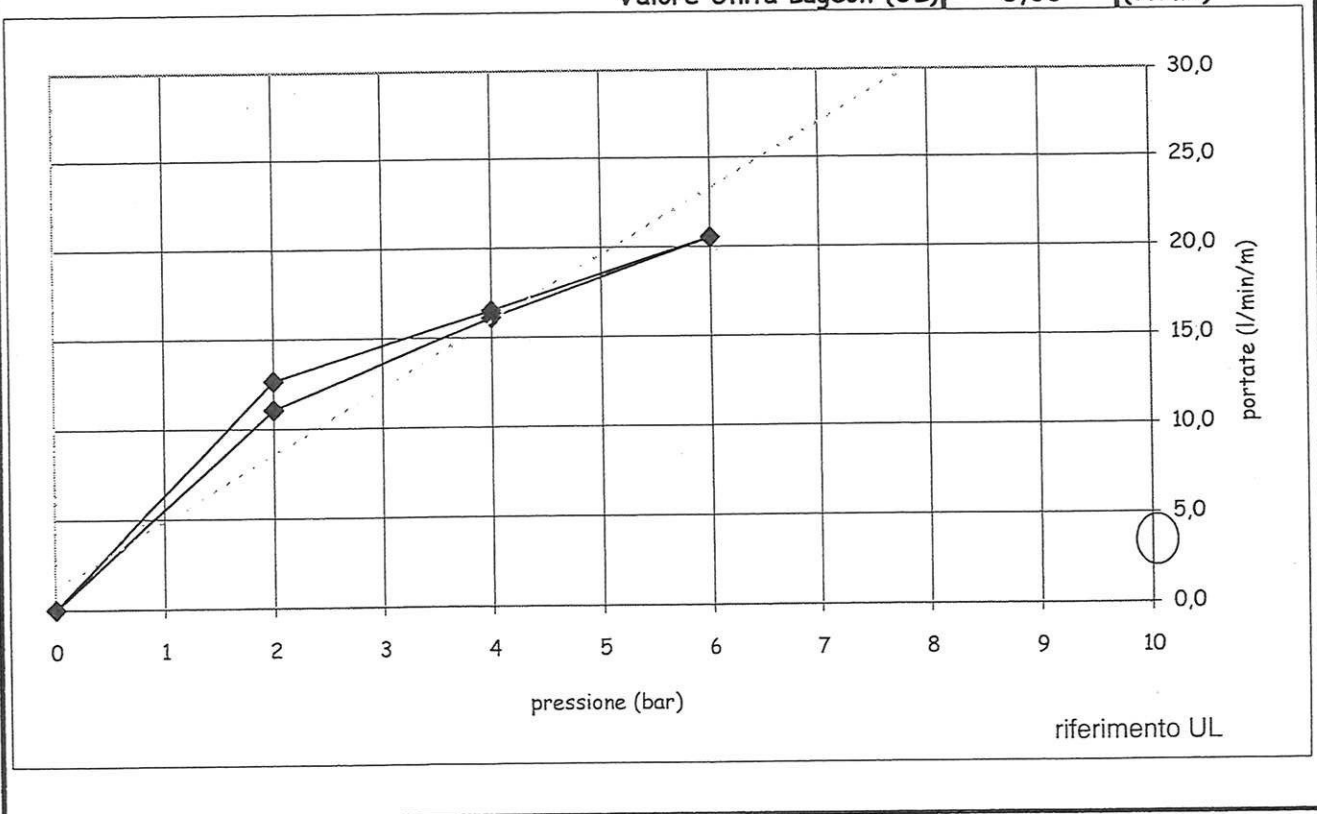
Profondità di prova da p.c.:	da	m	20,0
	a	m	23,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sorgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	33,200
4,0	48,400
6,0	61,600
4,0	49,600
2,0	38,000

Permeabilità
m/s
5,455E-06
4,166E-06
3,592E-06
4,269E-06
6,244E-06

Valore di Permeabilità k **4,745E-06** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **8,33** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k2
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s4
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

Profondità di prova da p.c.:	da	m	23,0
	a	m	26,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

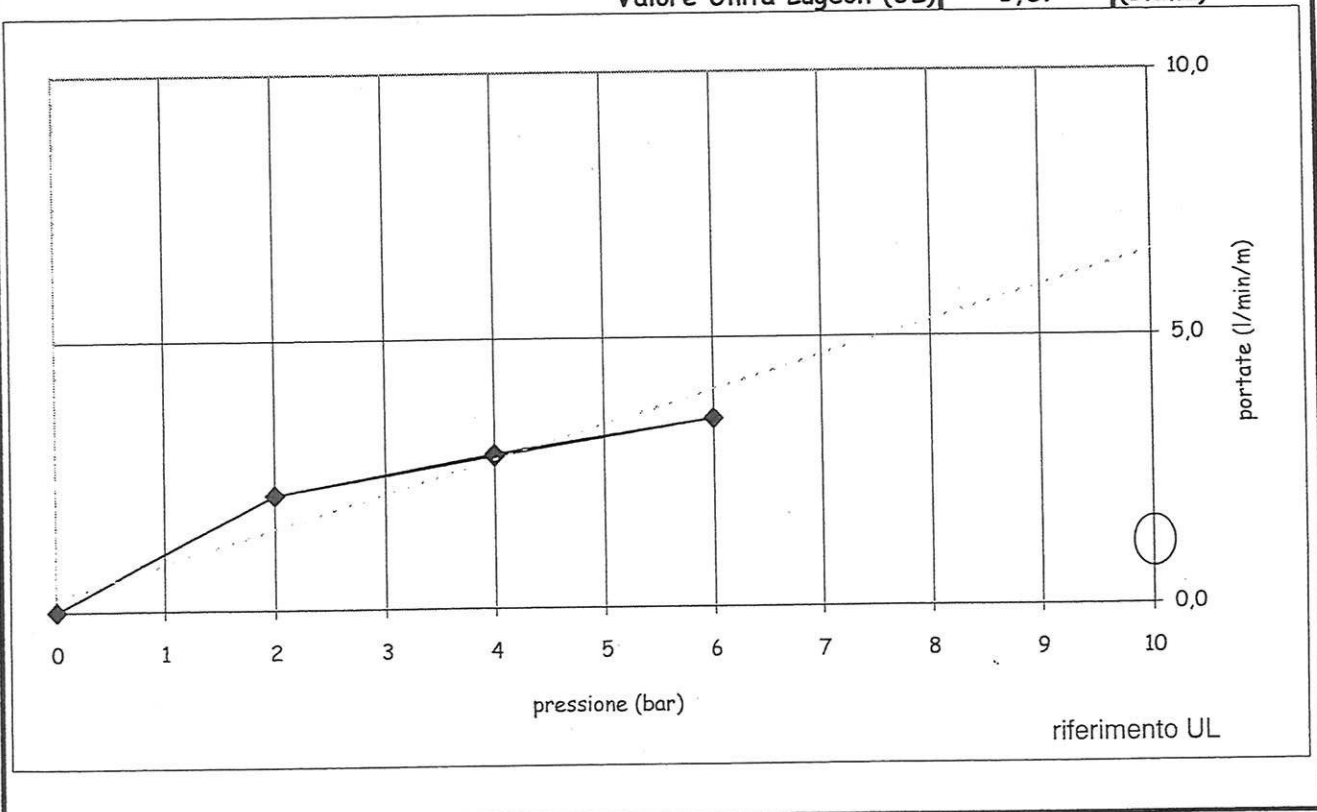
TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	6,400
4,0	8,500
6,0	10,500
4,0	8,600
2,0	6,400

Permeabilità

m/s
1,037E-06
7,264E-07
6,093E-07
7,350E-07
1,037E-06

Valore di Permeabilità k **8,291E-07** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **1,67** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k3
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s4
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

Profondità di prova da p.c.:	da	m	26,0
	a	m	29,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

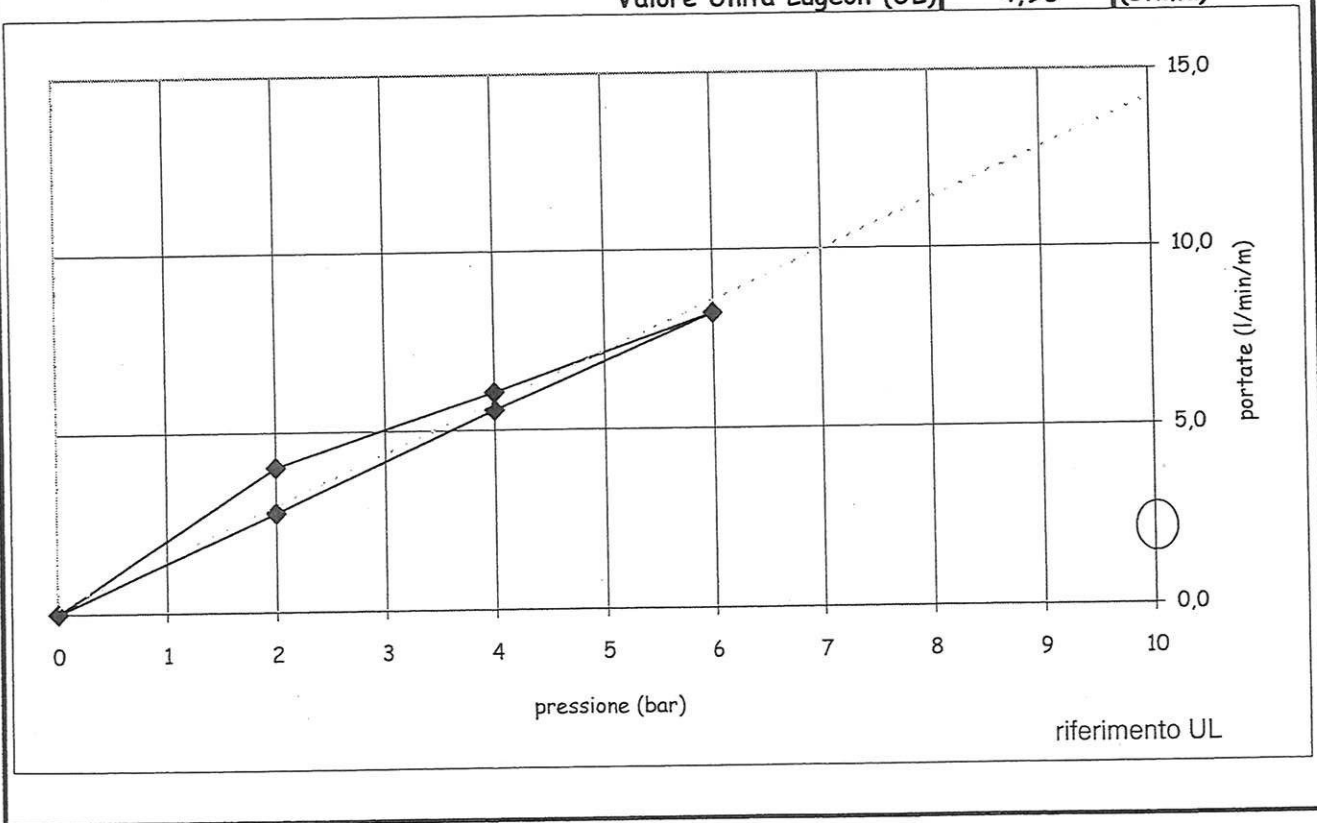
TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	8,300
4,0	16,700
6,0	24,700
4,0	18,200
2,0	12,100

Permeabilità

m/s
1,328E-06
1,417E-06
1,426E-06
1,544E-06
1,935E-06

Valore di Permeabilità k **1,530E-06** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **4,93** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k4
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s4
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

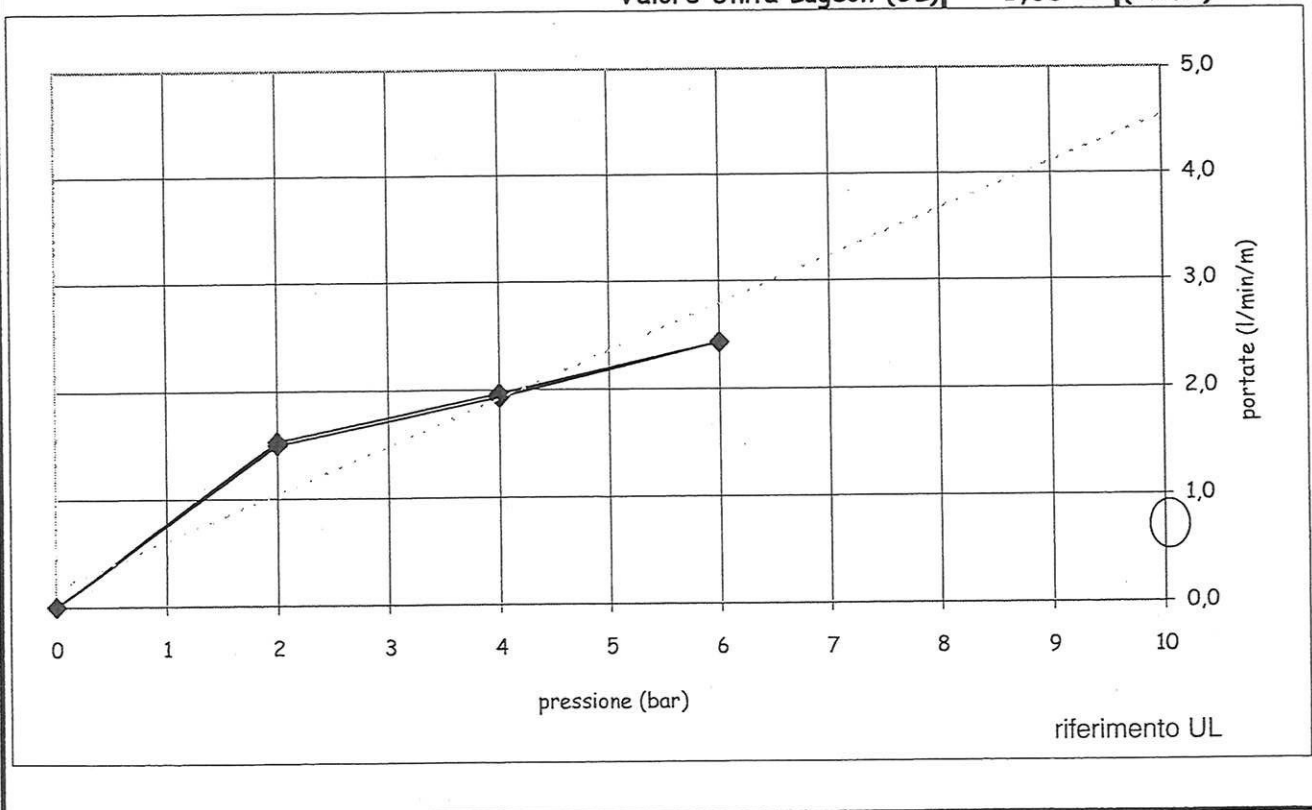
Profondità di prova da p.c.:	da	m	29,0
	a	m	32,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sorgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	4,500
4,0	5,800
6,0	7,300
4,0	5,900
2,0	4,600

Permeabilità
m/s
7,104E-07
4,887E-07
4,196E-07
4,972E-07
7,262E-07

Valore di Permeabilità k **5,684E-07** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **1,33** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k5
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s4
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

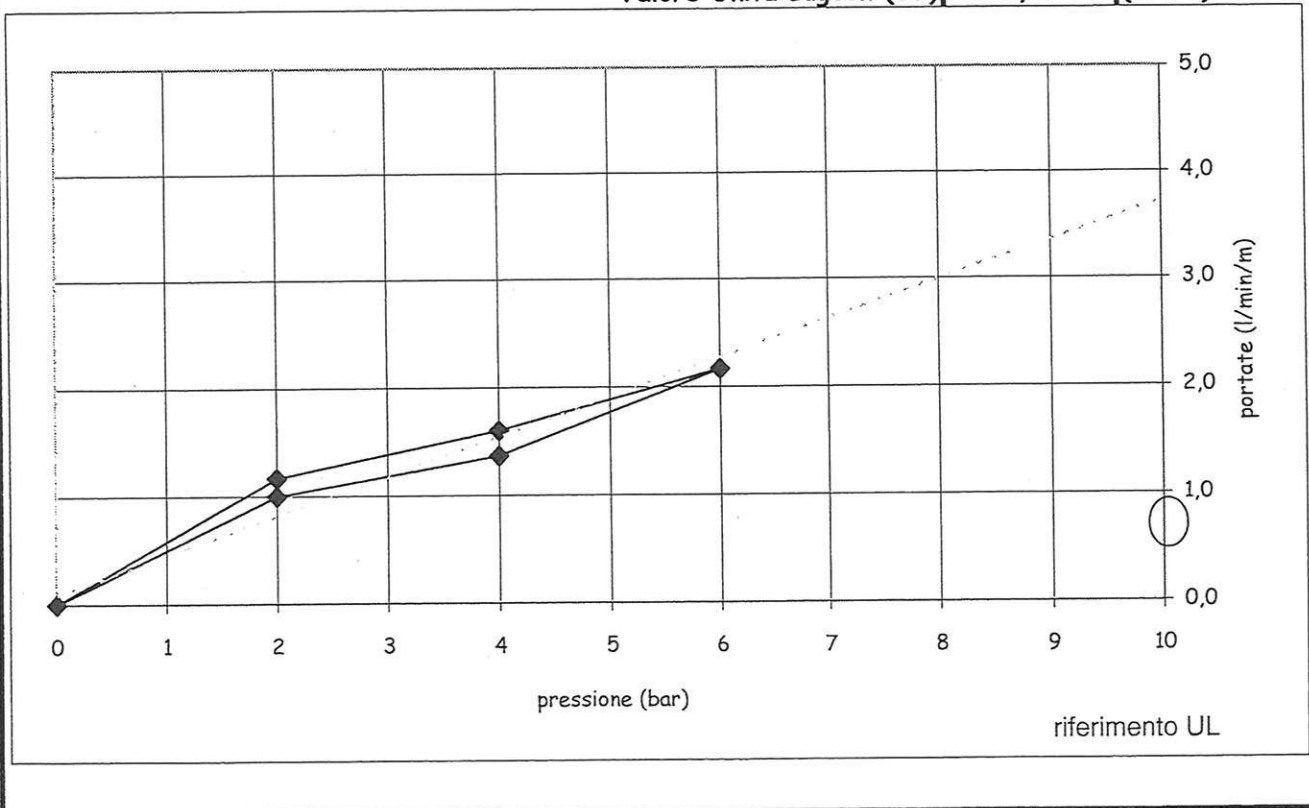
Profondità di prova da p.c.:	da	m	32,0
	a	m	35,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	3,000
4,0	4,100
6,0	6,500
4,0	4,800
2,0	3,500

Permeabilità
m/s
4,675E-07
3,431E-07
3,718E-07
4,017E-07
5,454E-07

Valore di Permeabilità k **4,259E-07** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **1,27** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k3
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s5
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

Profondità di prova da p.c.:	da	m	21,0
	a	m	24,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

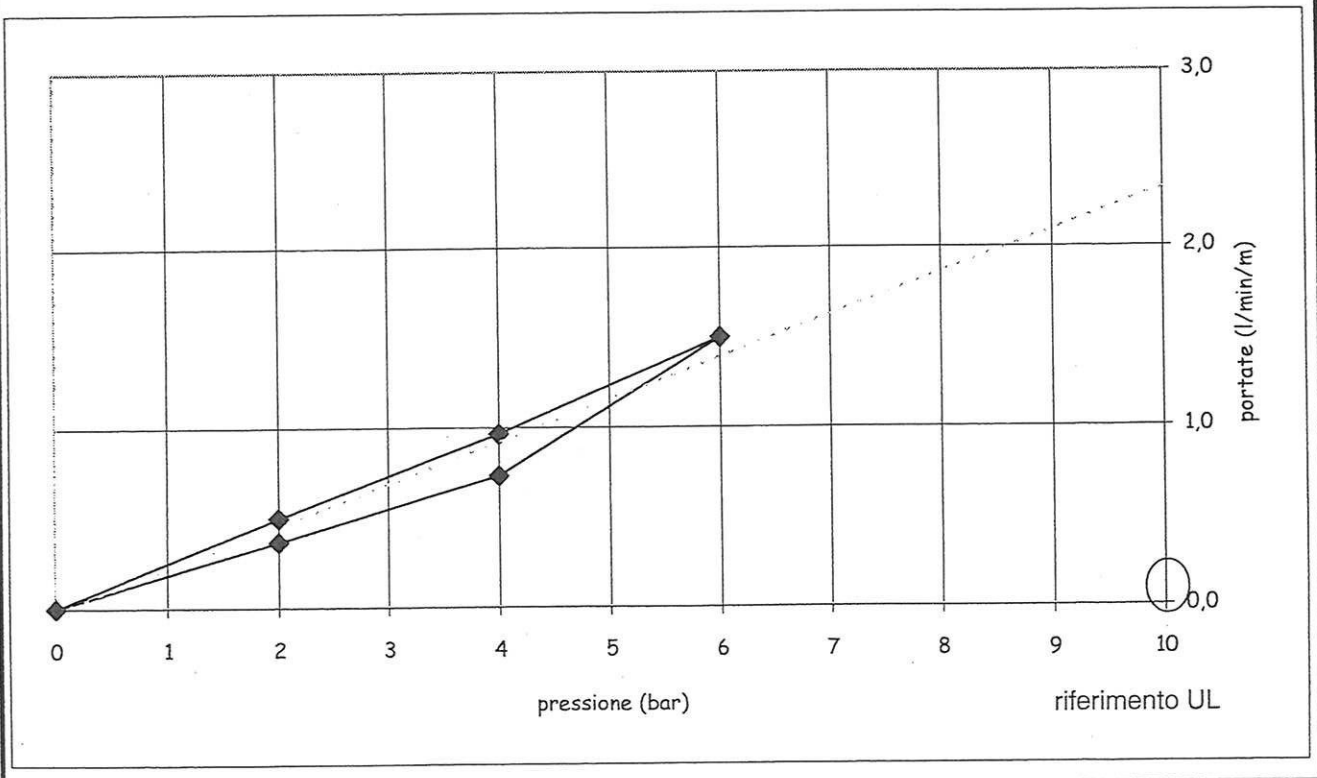
Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	1,100
4,0	2,200
6,0	4,500
4,0	2,900
2,0	1,500

Permeabilità

m/s

1,799E-07
1,889E-07
2,620E-07
2,490E-07
2,454E-07

Valore di Permeabilità k **2,250E-07** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **0,80** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k4
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s5
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

Profondità di prova da p.c.:	da	m	24,0
	a	m	27,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

TABELLA ASSORBIMENTI

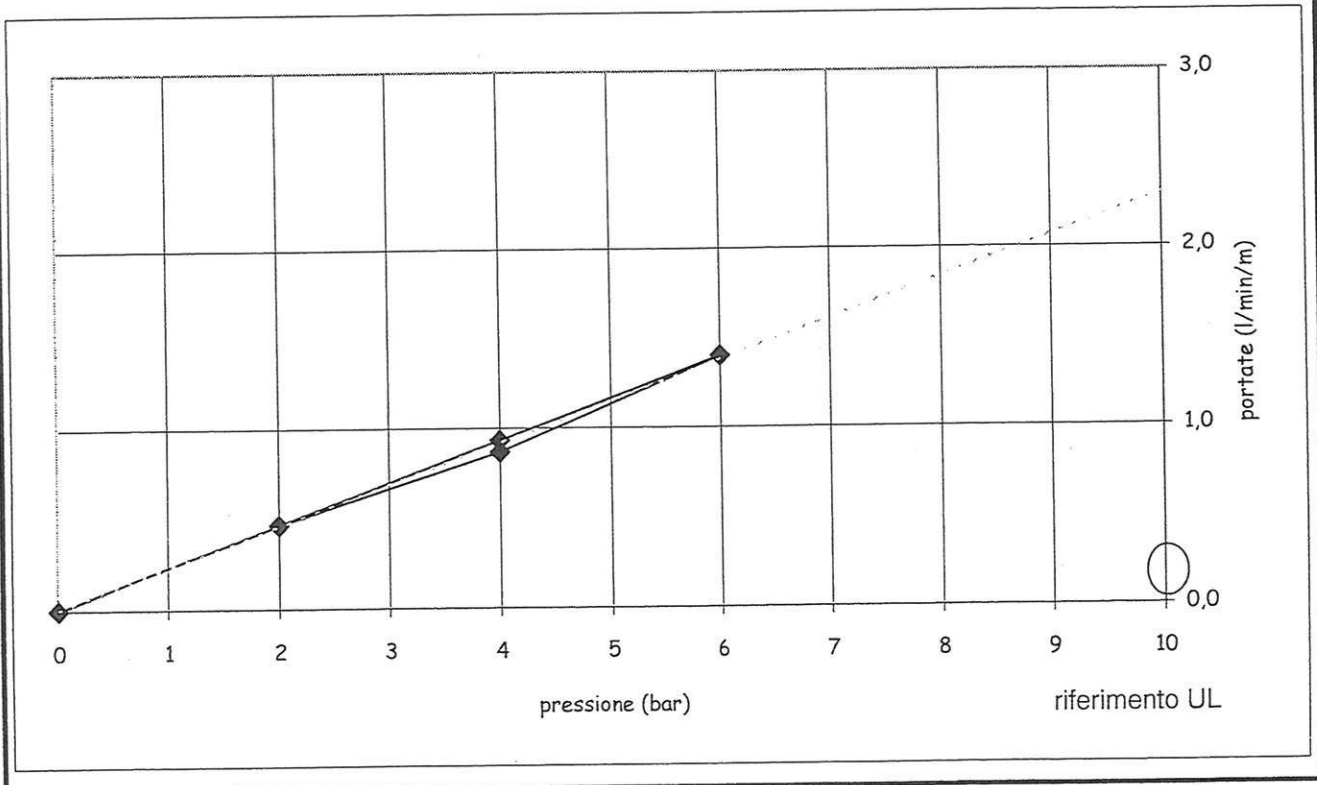
Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	1,400
4,0	2,600
6,0	4,200
4,0	2,800
2,0	1,400

Permeabilità

m/s

2,259E-07
2,217E-07
2,433E-07
2,387E-07
2,259E-07

Valore di Permeabilità k **2,311E-07** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **0,77** (stima)



PROVA DI PERMEABILITA': METODO LUGEON

Cantiere:	Diga di Cassiglio	Prova n°:	k5
Committente:	Italgen	Sondaggio n°:	s5
Oggetto:		Data:	feb-05

INSERIMENTO DATI

Profondità di prova da p.c.:	da	m	27,0
	a	m	30,0
Lunghezza del tratto di prova:		m	3,0
Sporgenza della testa del tubo da p.c.:		m	0,0
Livello statico della falda da p.c.:		m	100,0
Diametro del foro nel tratto di prova:		mm	101,0
Lunghezza dell'otturatore:		m	0,5
Diametro dell'otturatore:		mm	90,0

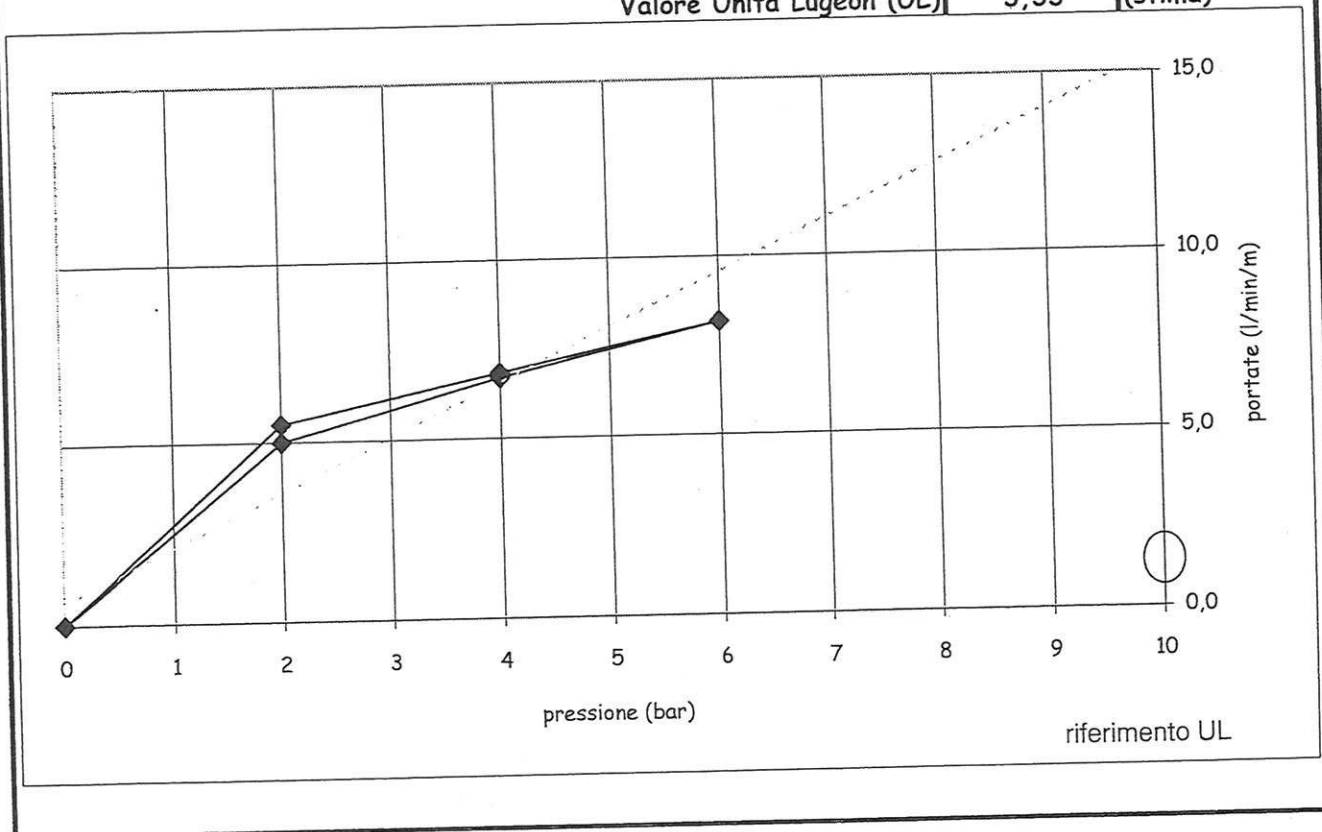
TABELLA ASSORBIMENTI

Pressioni	Portate
bar	l/min
2,0	15,000
4,0	20,100
6,0	24,500
4,0	20,500
2,0	16,500

Permeabilità

m/s
2,389E-06
1,702E-06
1,413E-06
1,736E-06
2,628E-06

Valore di Permeabilità k **1,973E-06** m/s
 Valore Unità Lugeon (UL) **3,33** (stima)



*** Modalità esecutive *Prova in avanzamento***

L'otturatore è stato calato nel foro dopo aver misurato il livello della falda (stabilizzata) nel foro di sondaggio con sondina piezometrica.

L'otturatore è stato espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L = 3.0$ m.

Si è proceduto ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo almeno tre diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi due gradini in discesa.

Per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, durante la prova si è provveduto a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio: nel caso di perdite, cioè di passaggio d'acqua dalla camera di iniezione al foro sovrastante, segnalato da un innalzamento del livello d'acqua nel foro, la prova è stata interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Ciascun gradino di portata, in salita o in discesa, è stato mantenuto per almeno $10 \div 20$ minuti primi dopo il raggiungimento della stabilizzazione degli assorbimenti (regime di equilibrio). La costanza della portata è stata controllata ogni 2 minuti verificando che le variazioni non fossero superiori a 0.1 l/s.

I valori dei gradini di pressione ci sono stati indicati dal committente e più precisamente:

2 bar 4bar 6 bar 4 bar 2 bar nel caso di "assorbimento normale
in caso di assorbimento nullo sono stati raggiunti picchi di 10.0 bar

Al termine della prova è stato tracciato il grafico delle portate (l/min/m) in funzione delle pressioni in camera di iniezione (bar), per ciascun gradino in andata e in ritorno.

Per

