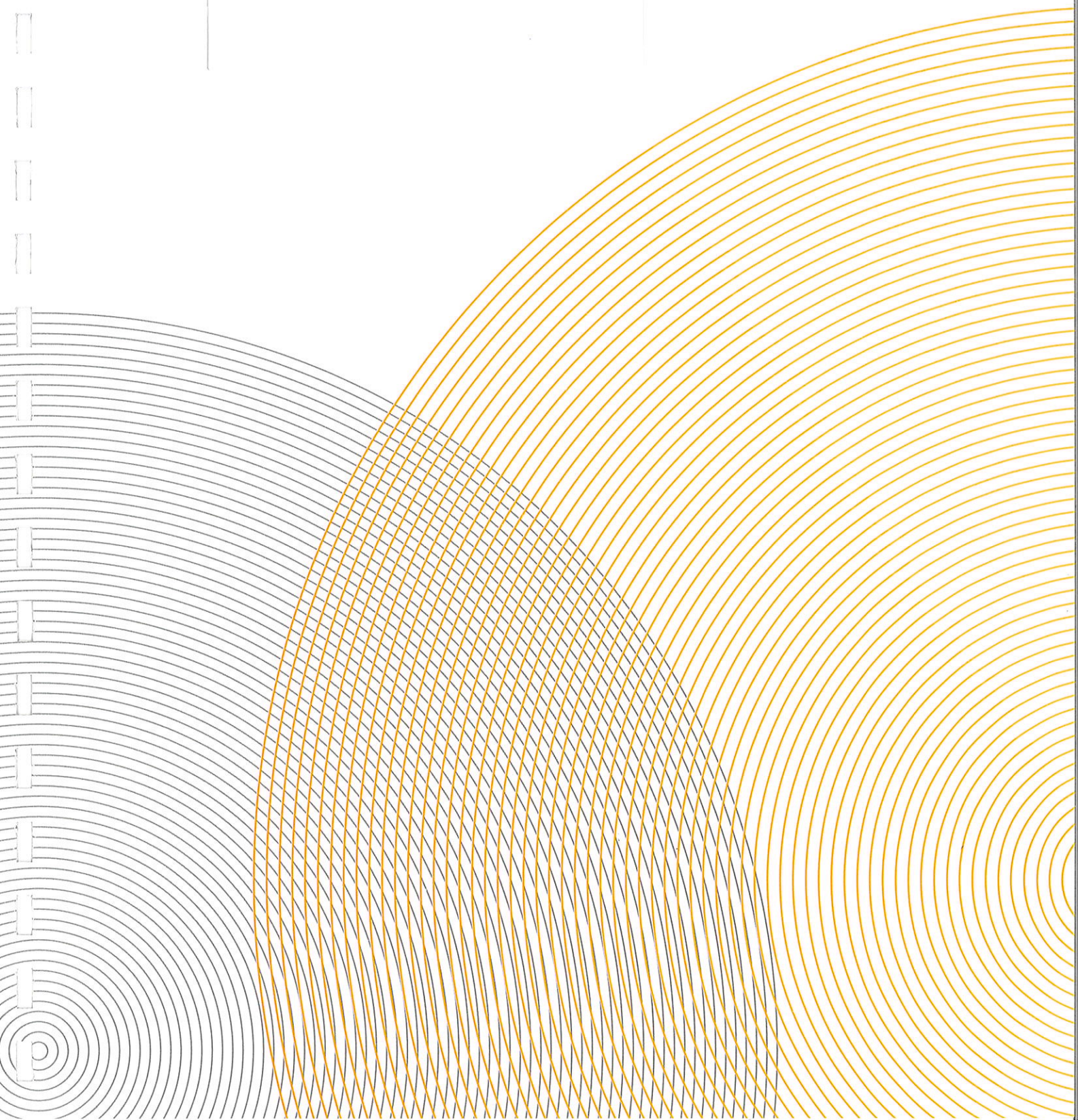




**CTG**  
Italcementi Group

**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**  
**DIGA DI CASSIGLIO**  
ALLEGATO 5  
Indagini geotecniche e installazione di  
strumentazione



**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**  
**DIGA DI CASSIGLIO**  
ALLEGATO 5  
Indagini geotecniche e installazione di  
strumentazione

*Per Top*



A circular blue ink stamp from the "ORDINE DEGLI INGEGNERI" of Bergamo. The text inside the stamp reads: "DOTTORE INGEGNERE MARCO PEGORARO ALBO N° 1782". The stamp is partially overlaid by a handwritten signature in black ink that reads "Per Top".



INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE LAVORI	3
2.1 Descrizione sondaggi	3
3. DESCRIZIONE DEL MATERIALE INVESTIGATO	7
4. TIPO DI ATTREZZATURA ED ACCESSORI	7
4.1 Unita' di perforazione	7
4.2 Pompa liquidi di circolazione	8
4.3 Aste	8
4.4 Carotieri	8
4.5 Corone	8
5. MODALITA' ESECUTIVE	9
5.1 Sondaggi	9
5.2 Posa in opera di estensimetri	9
6. ELABORAZIONE E PRESENTAZIONE DATI	12
6.1 Sondaggi	12
6.2 Documentazione fotografica	12
ALLEGATI	
N. 1 schizzo planimetrico	
N. 2 stratigrafie	

## 1. PREMESSA

Nell'ambito delle indagini geotecniche svolte in analogia per le altre due dighe gestite dall'Italcementi (Alto Mora e Ponte dell'Acqua) l'ISMES ha eseguito n. 2 perforazioni al fine di definire mediante metodi non distruttivi lo stato di conservazione del calcestruzzo, le sue caratteristiche fisico-meccaniche e lo stato della roccia di fondazione della diga di Cassiglio.

L'indagine ha avuto inizio in data 07.10.87 ed e' terminata con la posa in opera di estensimetri in data 22.01.88.

Le ubicazioni delle verticali di indagine sono state eseguite a cura ISMES.

La presente relazione espone i risultati dell'indagine, la descrizione del tipo di attrezzatura impiegata, le modalita' esecutive ed il tipo di strumentazione installata.

## 2. DESCRIZIONE LAVORI

In relazione allo scopo di determinare l'eventuale stato di degrado del calcestruzzo diga e di verificare il contatto di quest'ultimo con la roccia sottostante le perforazioni sono state condotte dal coronamento atterverando il corpo diga fino al raggiungimento della formazione rocciosa di fondazione. Tali perforazioni sono state utilizzate in una seconda fase come alloggiamento di strumentazione permanente per il controllo nel tempo della stabilita' della diga.

### 2.1 Descrizione sondaggi

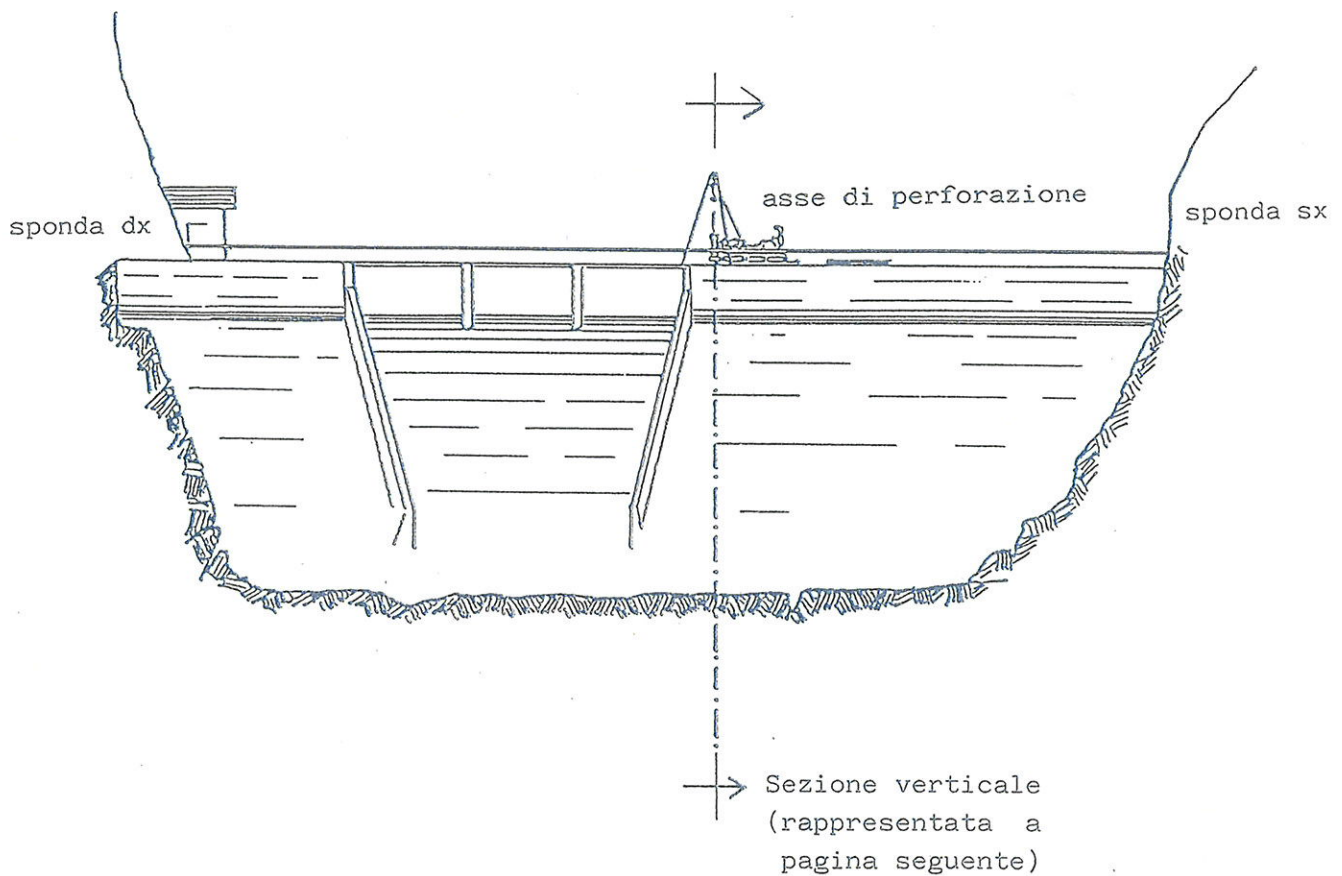
Le due perforazioni sono state eseguite dal coronamento in sezione maestra (vedi rappresentazioni grafiche alle pagine seguenti) raggiungendo le seguenti profondita':



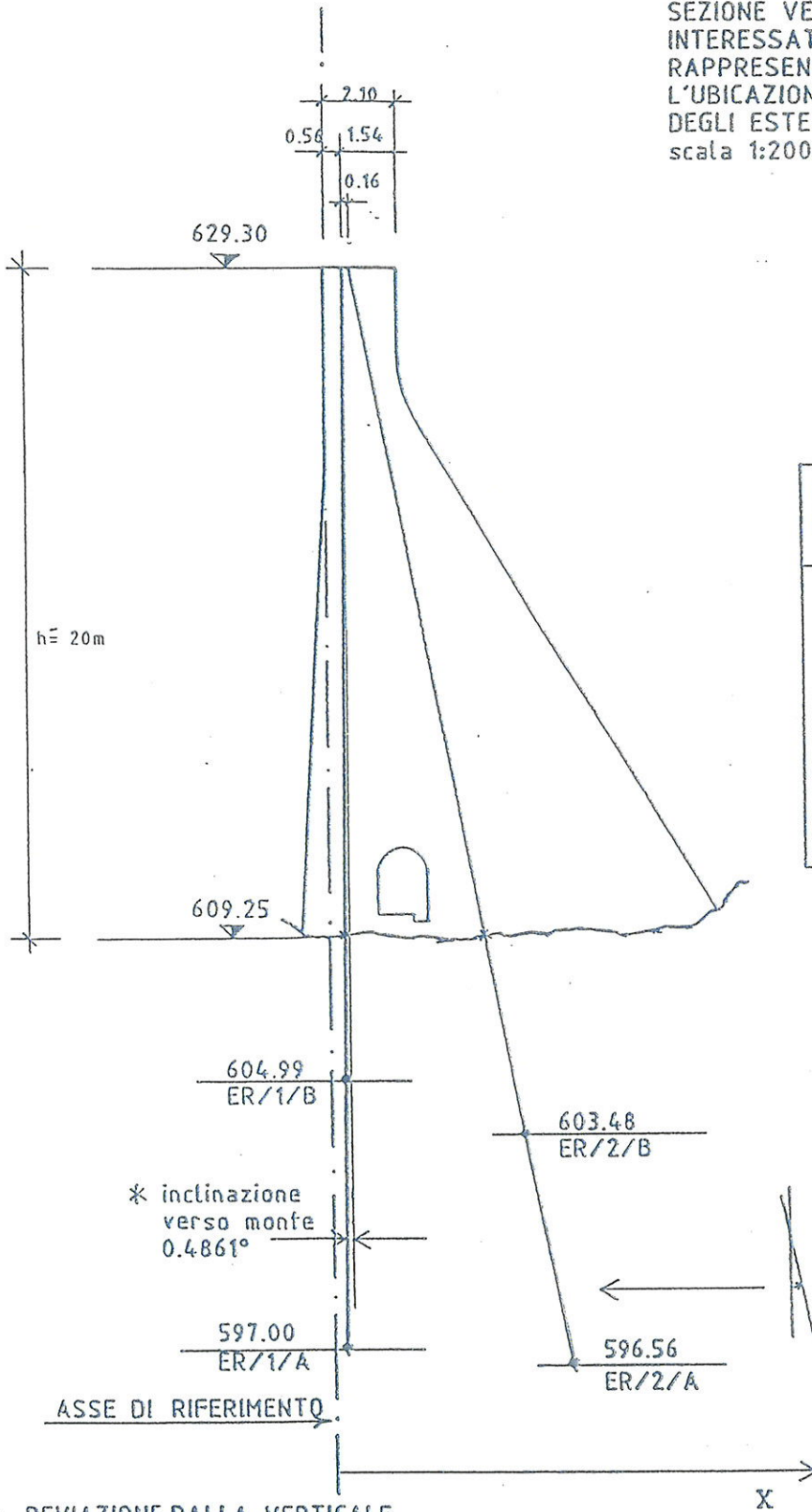
Perforazione (n.)	Inclinazione (gradi)	Profondita' (metri)
Inclinata	12.05 *	33.90
Verticale	--	32.50

\* rispetto alla verticale verso valle

sviluppata  
(vista da valle)



DIGA DI CASSIGLIO-  
 SEZIONE VERTICALE NELLA POSIZIONE  
 INTERESSATA DALLE PERFORAZIONI  
 RAPPRESENTATE IN PROIEZIONE CON  
 L'UBICAZIONE DEI PUNTI D'ANCORAGGIO  
 DEGLI ESTENSIMETRI.  
 scala 1:200



POSIZIONI ESTENSIMETRICHE	X
ER/1/A	0.286
ER/1/B	0.354
ER/2/A	7.697
ER/2/B	6.222

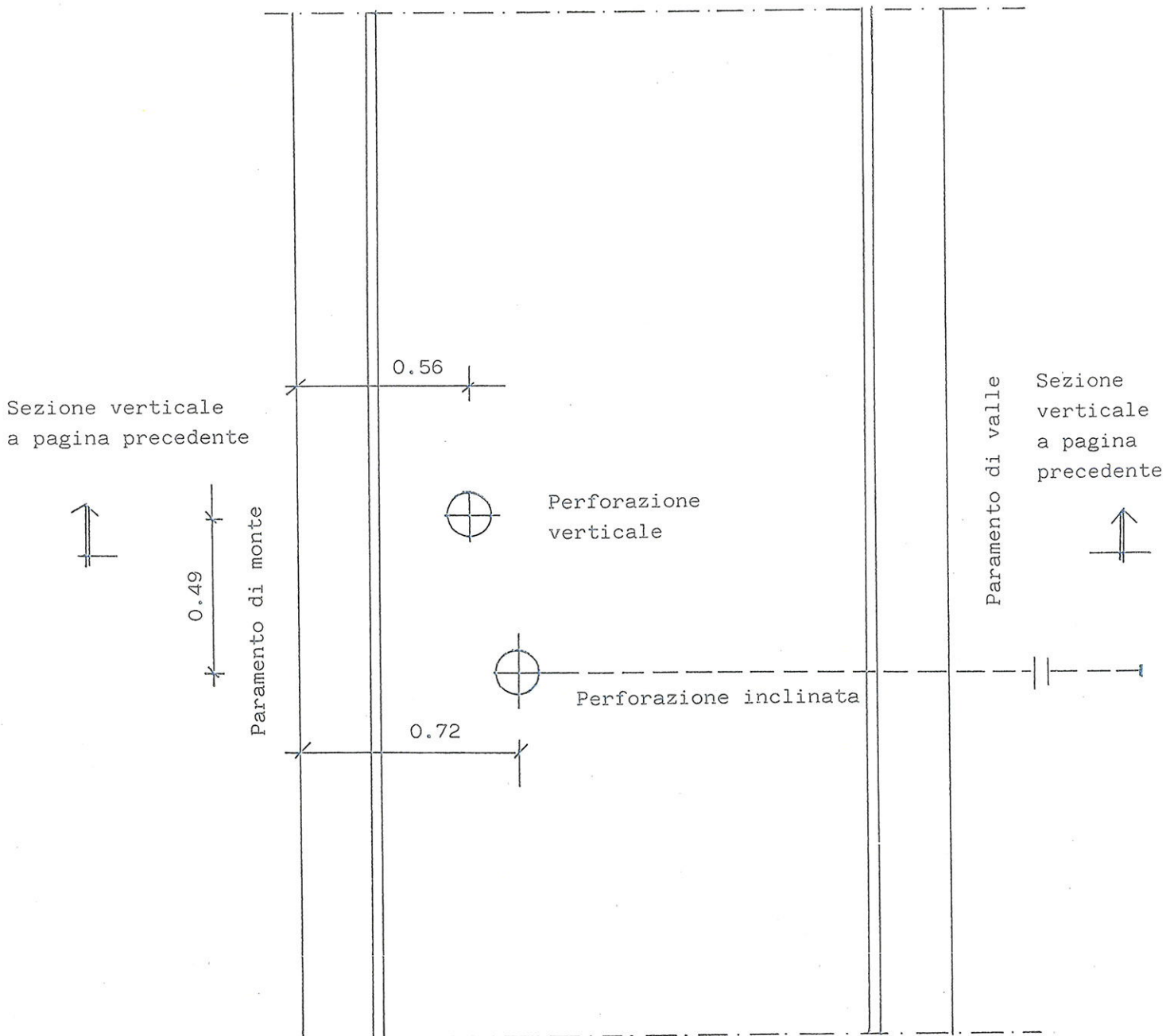
\* DEVIAZIONE DALLA VERTICALE  
 DOVUTE ALL'AVANZAMENTO





SCHIZZO PLANIMETRICO

Scala 1:20



### 3. DESCRIZIONE DEL MATERIALE INVESTIGATO

La successione stratigrafica ricavata dai 2 sondaggi dall'alto in basso puo' essere cosi' sintetizzata:

- Corpo diga in calcestruzzo costituito da inerti a spigoli vivi di varia granulometria ben miscelati, presenza di pori e cavita' intensificate in alcune zone particolarmente povere di legante tra loro si riscontrano nicchie con riempimenti di caolinite o di formazioni carbonatiche.
- Contatto roccia-calcestruzzo confuso, leggermente aperto.
- Roccia costituita da calcare molto fragile alla percussione e al taglio, notevoli fratture riempite di calcite.

Per piu' precise informazioni si rimanda alle stratigrafie contenute a fine rapporto.

### 4. TIPO DI ATTREZZATURA ED ACCESSORI

#### 4.1 Unita' di perforazione

E' stata impiegata una unita' di perforazione tipo Craelius D600 azionata da motore elettrico.

I dati tecnici e le prestazioni sono:

- Testa di rotazione:  
velocita': 140-800 giri/min  
sforzo di trazione: 4000 kg  
spinta sulle aste: 3000 kg
- Argano:  
trazione massima: 3000 kg  
velocita': 0.35-2.00 m/sec



- Motore:  
elettrico.

#### 4.2 Pompa liquidi di circolazione

Pompa a pistoncini: Atlas Copco Triplex 200 per la circolazione del fluido di perforazione avente le seguenti caratteristiche:

- portata massima: 205 l/min
- pressione massima: 50 kg/cmq
- motore diesel con potenza massima 25 CV.

#### 4.3 Aste

Aste di perforazione in acciaio Craelius:

- Diametro esterno 50 mm
- Diametro interno raccordo 22 mm
- Spessore 7 mm
- Peso 7.8 kg/m
- Lunghezza 500, 1000, 1500, 3000 mm.

#### 4.4 Carotieri

Sono stati impiegati carotieri di diametro 100 mm, doppio (T6) e semplice a pareti sottili, con diametro utile della carota prelevata pari a 86 mm.

#### 4.5 Corone

Le corone impiegate per i sondaggi a carotaggio continuo sono state del tipo Craelius diamantate impregnate.

## 5. MODALITA' ESECUTIVE

### 5.1 Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione, a carotaggio continuo, utilizzando acqua come fluido di circolazione.

Il materiale, estratto mediante carotiere doppio  $\phi$  86, con il procedere della perforazione e' stato sistemato in apposite cassette catalogatrici, munite di scomparti di alloggiamento dei campioni e di relativo coperchio; in esse sono indicate, per ogni scomparto, le quote di inizio e termine di ciascuna manovra di campionamento nonche' quelle di passaggio tra i vari tipi litologici. Durante la perforazione si e' verificata una notevole perdita di liquido di circolazione; cio' ha consigliato al fine della buona riuscita delle installazioni successive di cementare e di riperforare tutti i fori eseguiti.

### 5.2 Posa in opera di estensimetri

Nelle perforazioni eseguite in cunicolo sono stati installati degli estensimetri a due basi alle seguenti profondita' da boccaforo:

Perforazione	I base (m)	II base (m)
Verticale	32.30	24.31
Inclinata	33.48	26.45

Gli estensimetri installati sono del tipo CS33 ad aste invar.

Sono adatti a controllare i movimenti profondi della roccia: in particolare essi misurano le variazioni relative alla distanza tra un riscontro esterno ed uno o piu' basi di ancoraggio distribuite a profondita' diverse entro il foro (vedi Figura seguente).

Ognuna delle basi e' formata da una batteria di aste  $\phi$  10 mm in acciaio invar, concentrica ad una batteria di aste cave in alluminio  $\phi$  1/2" che ha la funzione

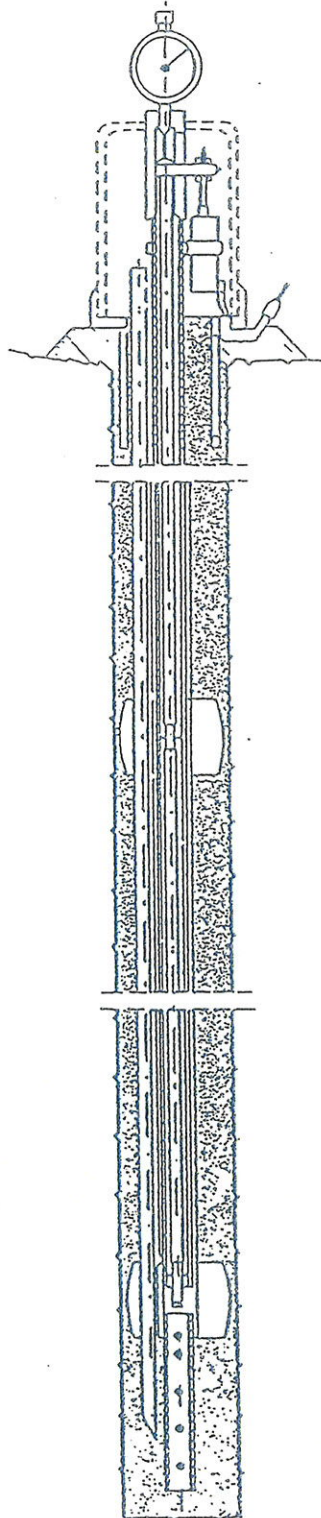




di preservare le prime dall'attrito del terreno. Quindi le aste in invar sono libere di scorrere all'interno del tubo in alluminio grazie anche a degli appositi centratori. Un eventuale movimento del terreno e' segnalato dalla variazione di misura tra l'asta interna e il riscontro sulla testata estensimetrica. Tale variazione viene misurata sia elettricamente (con trasduttori lineari di spostamento) che meccanicamente (con comparatore centesimale). Per la buona riuscita dell'installazione dello strumento si e' avuta particolare cura durante la fase di cementazione. Si e' cementato dal basso verso l'alto in modo da assicurare un completo intasamento; tale operazione, a causa del ritiro del cemento, e' stata ripetuta piu' volte.

La testata e' stata sigillata con del cemento rapido VICAT R/425 per evitare che l'acqua proveniente dal contatto giunto-roccia potesse con il tempo dilavare la cementazione e quindi compromettere le misure.

ESTENSIMETRO CS 33



## 6. ELABORAZIONE E PRESENTAZIONE DATI

### 6.1 Sondaggi

L'indagine svolta e' visualizzata dalle stratigrafie allegate in cui sono stati registrati i dati riguardanti:

- Sistema e diametro di perforazione;
- Profondita' e spessore degli strati;
- Tipo litologico con relativa rappresentazione grafica;
- Colore;
- Fratturazione;
- Percentuale di carotaggio:  
viene definita come il rapporto espresso in percentuale, fra la lunghezza complessiva del materiale recuperato (carote + frammenti di roccia) e la distanza perforata.
- R.Q.D. (Rock Quality Designation):  
viene definita come la percentuale di recupero nella quale si considerano solo i pezzi di carota integri e aventi lunghezza di 10 cm o maggiore.

La lunghezza di tali pezzi viene sommata e il suo rapporto rispetto alla distanza perforata costituisce il valore espresso. Naturalmente nel calcolo dell'R.Q.D. non vengono considerate le rotture artificiali della carota. Infatti quando si individuano tali rotture, i pezzi di carota vengono considerati come interi.

### 6.2 Documentazione fotografica

La documentazione fotografica e' distinta per singolo sondaggio con riferimento alle cassette catalogatrici.

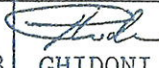
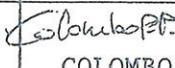

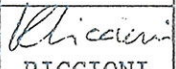




DIGA DI CASSIGLIO  
INDAGINI GEOTECNICHE E  
INSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE

Prog. ASP 4019; Doc. RAT-DIG-013

documento di 12 pagine

00	MARZO 88	 GHIDONI	 COLOMBO	 BRUZZI			 RICCIONI
rev.	data	redatto	verificato	approvato			DIR
Unita' emittente DIG				Autorizzazioni			

COMMITTENTE ITALCEMENTI CANTIERE CASSIGLIO PERFORAZIONE VERTICALE  
 COORDINATE : X = ..... Y = ..... QUOTA ASS. P.C. = 629.30 ms.l.m.m.  
 DATA INIZIO 21.10.1987 DATA ULTIMAZIONE 26.10.1987 TIPO DI ATTREZZATURA SONDA CRAELIUS  
 OPERATORE Sig. BORTOLUZZI RESPONSABILE GEOM. GHIDONI

CR CAMPIONE RIMANEGGIATO D CAMPIONATORE DENISON DM CORONA DIAMANTATA  
 S CAMPIONATORE SHELBY DP CAMP. DENISON CON FUSTELLA IN PVC W CORONA WIDIA  
 O CAMPIONATORE OSTERBERG M CAMPIONATORE MAZIER



RILIEVO H<sub>2</sub>O DURANTE LA PERFORAZIONE

PROF. FORO	PROF. RIVEST.	SERA		MATTINA	
		GG	H	GG	H

DATA	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZ.	TIPO DI CORONA	RIVESTIMENTO	FLUIDO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO %					R.Q.D. %			MANOVRA DI CAROTAGGIO	CASSA N°	DESCRIZIONE DEI GIUNTI					CAMPIONI			S.P.T.			STRUMENTAZIONE INSTALLATA	NOTE														
									10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90			10-20	20-40	40-60	60-80	80-90	< 5	5 + 10	> 10	NATURA SUPERFICI	INCLINAZ.	TIPO DISCONTIN.			SCABREZZA SUPERFICI	RIEMPIMEN.	NUMERO	TIPO DI CAMPION.	PROF. DI PRELIEVO	N°	N° COLPI	PROFOND.						
21.10.1987	CAROTAGGIO CONTINUO	C.S.	W	CORONA DIAMANTATA	FORO LIBERO	ACQUA	CALCESTRUZZO	Da mt 0.00 a mt 0.50 Calcestruzzo costituito prevalentemente da inerti di piccole dimensioni. Notevoli porosità e alveoli.	100%							①	2	3	2	CASSA N° 1																									
								Da 0.60. Calcestruzzo di buona confezione costituito da inerti a spigoli vivi ben miscelati, Ø min 2 mm Ø max 5 cm. Pori e micropori in quantità ridotte sullo strato corticale della carota. Isolate presenze di legni.	100%																																				
								Da mt 3.00 C.S. con nicchia di dimensioni 3x2x3 ricoperta da depositi carbonatici.	100%																																				
								C.S. Aspetto generale buono, resistente al taglio e alla percussione.	100%																																				
								C.S. Nicchie di dimensioni Ø 3x2x3 cm. Si notano ogni 15-20 cm limeri di carota.	100%																																				
								Da mt 0.60 a mt 9.00 zona particolarmente alterata da alveoli 80-100 su 10 cm di carota. Dimensione alveoli da 0.5 mm a 1 cm.	100%																																				
								Alternanze di calcestruzzo di buona confezione con pochi pori e buona resistenza alla percussione a calcestruzzo cariato su tutta la superficie della carota. Notevoli patine carbonatiche presenti su alcune fratture.	100%																																				
								Da mt 15 a mt 15.60 zona particolarmente cariata. Resistenza al taglio e alla percussione non soddisfacente. Tracce di terra e di ossidazioni all'interno degli alveoli. In questo punto durante la perforazione si è verificata la perdita del liquido di circolazione.	100%																																				
								A mt 17.10 zona di lunghezza 10 cm completamente alterata. Notevoli depositi carbonatici ricoprono interamente la nicchia.	100%																																				
								Calcestruzzo con vari pori, aspetto generale cariato. Poco legante e prevalenza di inerti di piccole dimensioni.	100%																																				
A mt 20.50 contatto roccia aperto, con patine di ossidazione e di depositi carbonatici sui giunti.	100%																																												
22.08.1987																																													

ESTENSIMETRO A 2 BASI CS33



PERFORAZIONE VERTICALE	PAG. 2	SEGUE /	TOT. 2	DATA	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZ.	TIPO DI CORONA	RIVESTIMENTO	FLUIDO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO %					R.Q.D. %	MANOVRA DI CAROTAGGIO	DIMENSIONI SPEZZONI N° (cm)			CASSA N°	DESCRIZIONE DEI GIUNTI					CAMPIONI			STRUMENTAZIONE INSTALLATA	NOTE														
													10	20	30	40	50			60	70	80		90	10	20	30	40	50	60	70			80	90	< 5	5 + 10	> 10	NATURA SUPERFICI	INCLINAZ.	TIPO DISCONTIN.	SCABREZZA SUPERFICI	RIEMPIMEN.	NUMERO	TIPO DI CAMPION.	PROF. DI PRELIEVO	N°
				26.10.87	CAROTAGGIO CONTINUO	CAROTIERE DOPIO T6 ø 86 mm	CORONA DIAMANTATA	FORO LIBERO	ACQUA	21		<p>Roccia dolomia a struttura clastica particolarmente accentuata in alcune zone, molto fratturata a fratture molto ravvicinate riempite da carbonati che agiscono da legante. Alterazioni lungo i giunti. Tracce di terreno nei primi decimetri. Sotto l'azione del carotiere la roccia si frantuma completamente fino ad apparire come un prodotto di frantoio.</p> <p>Idem c.s. Scarsa resistenza alla percussione e al taglio.</p> <p>Idem c.s.</p> <p>Rarefazione delle fratture e aumento della resistenza a percussione.</p>																																			
				23.10.87					22				97%												22.80																						
									23																																						
									24		ROCCIA			98%		20%																															
									25																																						
									26					95%		N.D.																															
									27																																						
									28					18%																																	
									29					100%		N.D.																															
									30					98%		50%																															
									31																																						
									32				100%		55%																																
									33																																						
									34																																						
									35																																						
									36																																						
									37																																						
									38																																						
									39																																						
									40																																						
									41																																						
									42																																						
									43																																						
									44																																						
									45																																						
									46																																						

2° BASE  
24.31

1° BASE  
32.30

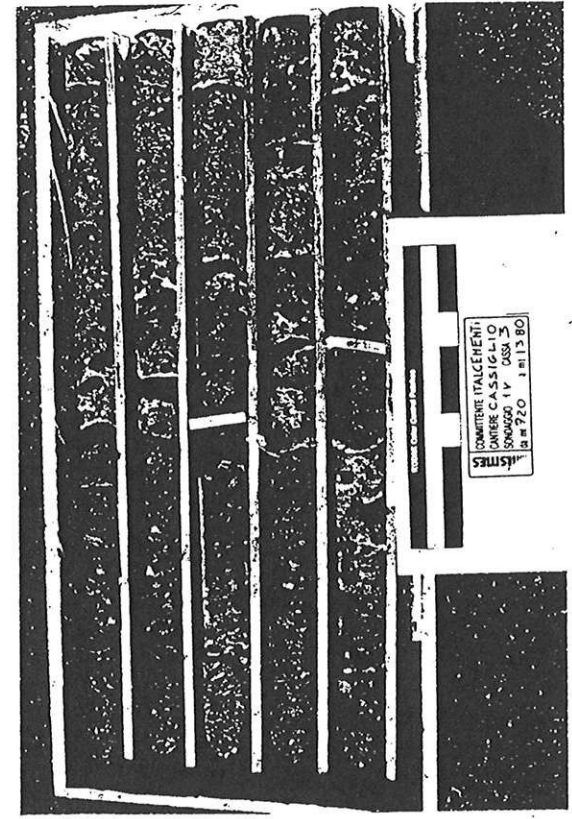
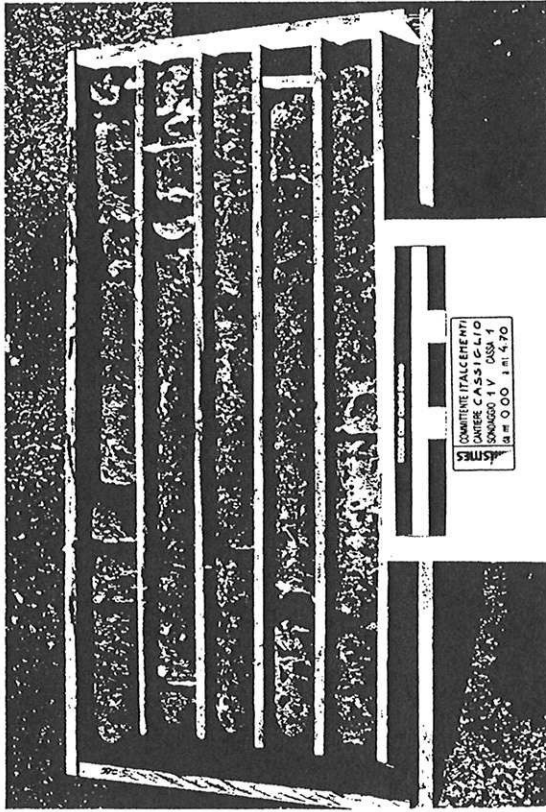
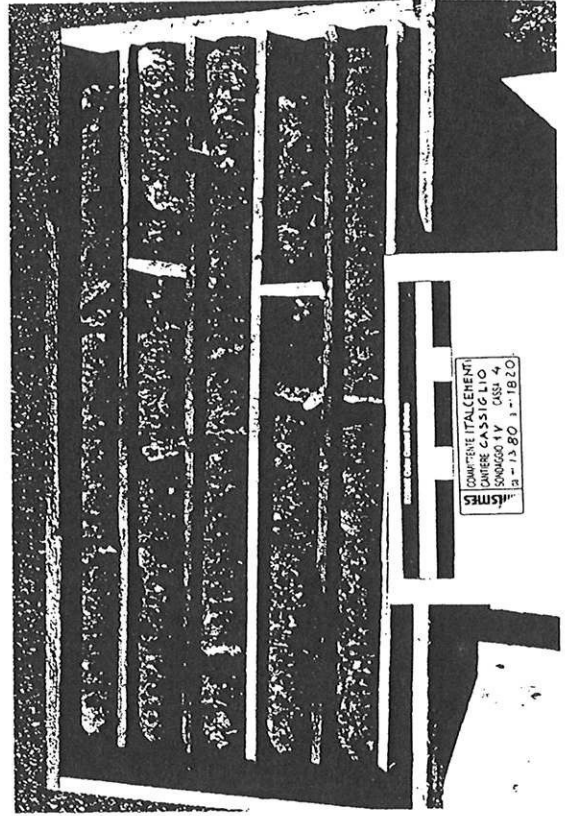
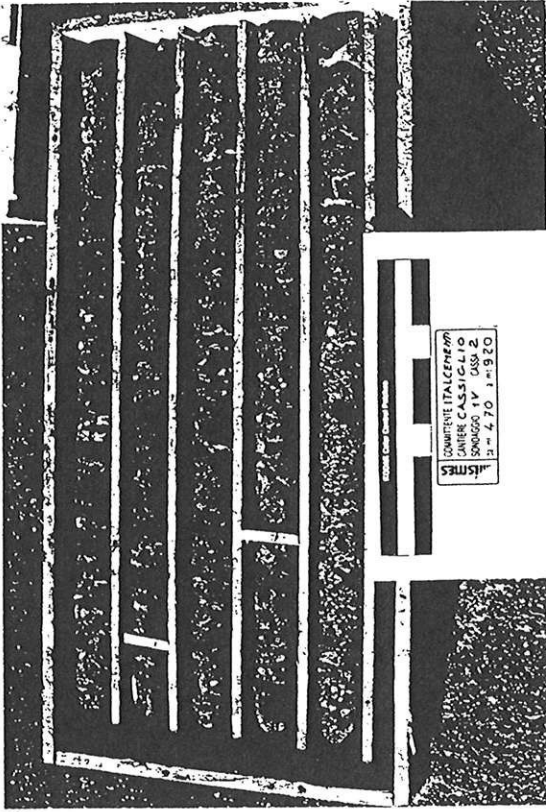


COMMITTENTE <u>ITALCEMENTI</u>	CANTIERE <u>CASSIGLIO</u>	PERFORAZIONE <u>INCLINATA 12.05° RISPETTO ALLA VERTICALE</u>					
COORDINATE : X = ..... Y = .....		QUOTA ASS. P.C. = <u>629.30</u>	RILIEVO H <sub>2</sub> O DURANTE LA PERFORAZIONE				
DATA INIZIO <u>08.10.1987</u>		DATA ULTIMAZIONE <u>09.10.1987</u>	TIPO DI ATTREZZATURA <u>SONDA CRAELIUS</u>	PROF. FORO	PROF. RIVEST.	SERA GG H	MATTINA GG H
OPERATORE <u>Sig. BORTOLUZZI</u>		RESPONSABILE <u>GEOM. GHIDONI</u>					
CR CAMPIONE RIMANEGGIATO	D CAMPIONATORE DENISON	DM CORONA DIAMANTATA					
S CAMPIONATORE SHELBY	DP CAMP. DENISON CON FUSTELLA IN PVC	W CORONA WIDIA					
O CAMPIONATORE OSTERBERG	M CAMPIONATORE MAZIER						

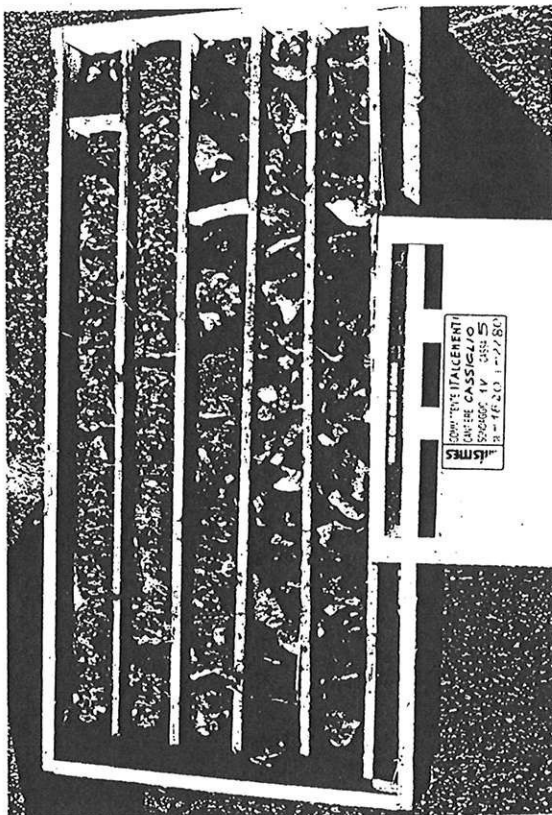
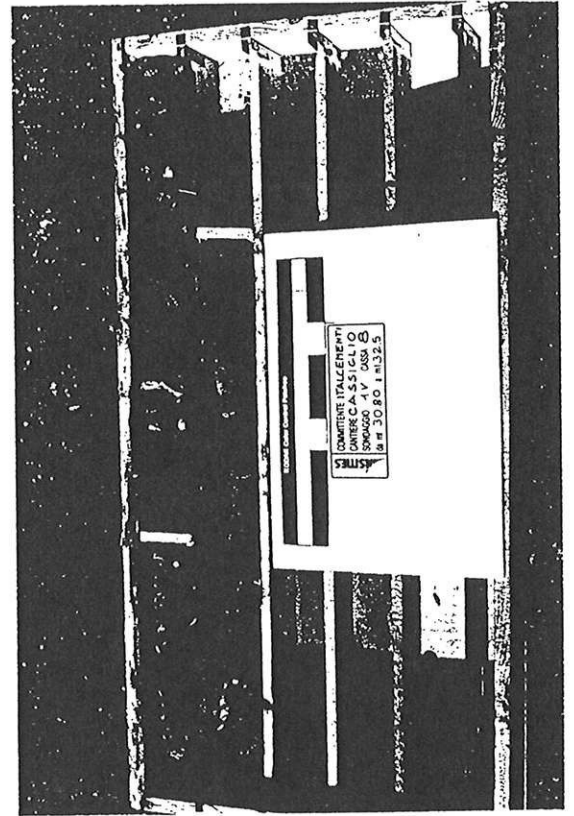
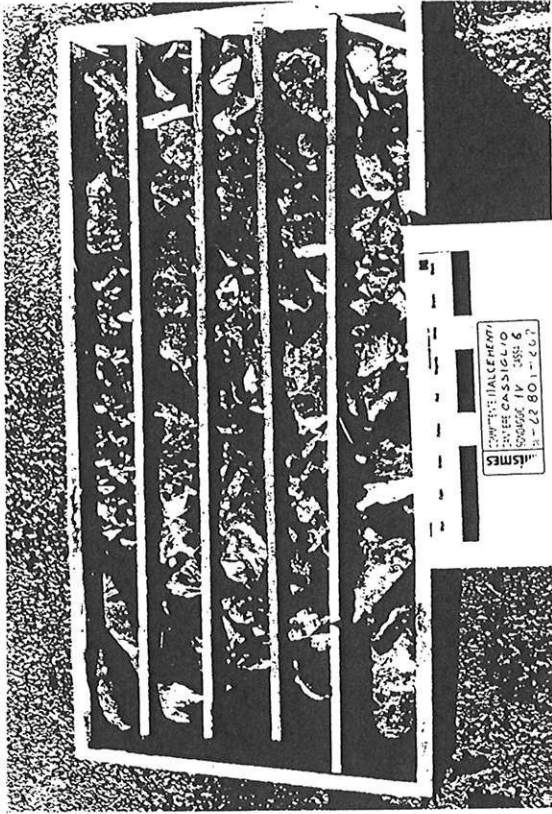
DATA	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZ.	TIPO DI CORONA	RIVESTIMENTO	FLUIDO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO %					R.Q.D. %			MANOVRA DI CAROTAGGIO			CASSA N°	DESCRIZIONE DEI GIUNTI					CAMPIONI			S.P.T.			STRUMENTAZIONE INSTALLATA	NOTE									
									10	20	40	60	80	10	20	40	60	80	< 5		5 + 10	> 10	NATURA SUPERFICI	INCLINAZ.	TIPO DISCONTIN.	SCABREZZA SUPERFICI	RIEMPIMEN.	NUMERO	TIPO DI CAMPION.	PROF. DI PRELIEVO	N°			N° COLPI	PROFOND.							
									30	50	70	90	30	50	70	90																										
08.10.1987	CAROTAGGIO CONTINUO	C.S.	W	FORO LIBERO	ACQUA	0	CALCESTRUZZO	Calcestruzzo di medio buona consistenza, resistente alla percussione costituito da inerti di varia misura ben miscelati Ø min 2 mm 7 cm. Inerti a spigoli vivi. Pori e micropori misura di 30-40 su 10 cm lineari di carota si alternano zone particolarmente addensate di cavita' e piccole nicchie Ø 1-2 cm. mt 2.00 aumento della porosità nella parte corticale della carota. Alcuni pori sono stati riempiti da depositi carbonatici.	93%											①	6	2	2	CASSA N° 1																CIMENTAZIONE	CIMENTAZIONE	ESTENSIMETRO A 2 BASI CS33
						1																			②	1	2	4														
						2																	③																			
						3																	④																			
						4																	⑤																			
09.10.1987						5	CALCESTRUZZO	Calcestruzzo compatto, sensibile diminuzione dei pori e carie. Aspetto generale buono.	100%											⑥	1	2	3	CASSA N° 2																		
						6																			⑦																	
						7																	⑧																			
						8																	⑨																			
						9																	⑩																			
						10																⑪																				
						11	CALCESTRUZZO	C.S. con varie zone leggermente alterate. A mt 2.50 frattura ossidata con presenza di patine carbonatiche.	100%											⑫				CASSA N° 3																		
						12																	⑬																			
						13																	⑭																			
						14																	⑮																			
						15																	⑯																			
						16	CALCESTRUZZO	A mt 10.10. Frattura con zona centimetrica povera di legante.	100%											⑰				CASSA N° 4																		
						17																	⑱																			
						18																	⑲																			
						19																	⑳																			
						20																	㉑																			
						21	CALCESTRUZZO	Da mt 16.90 a mt 17.60. Zona particolarmente ricca di cavita' anche di grosse dimensioni (2-3 cm) mancanza di inerti grossi. Poca resistenza alla percussione del martello e al taglio.	100%											⑳				CASSA N° 5																		
						22																	㉒																			
						23		Aspetto generale buono, netta diminuzione della porosità corticale.											㉓																							

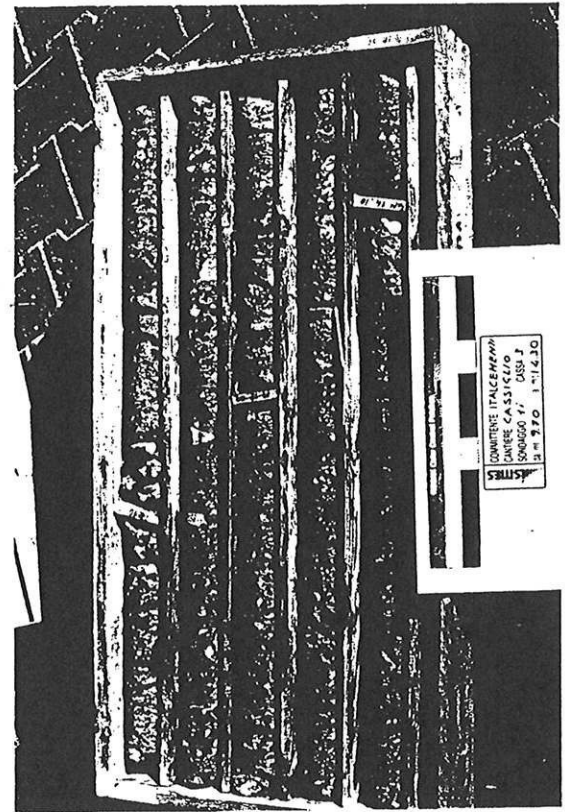
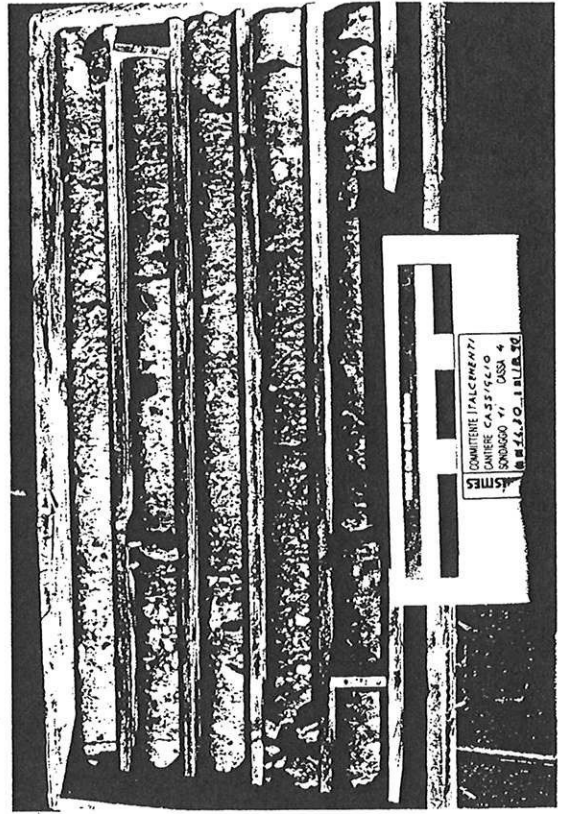




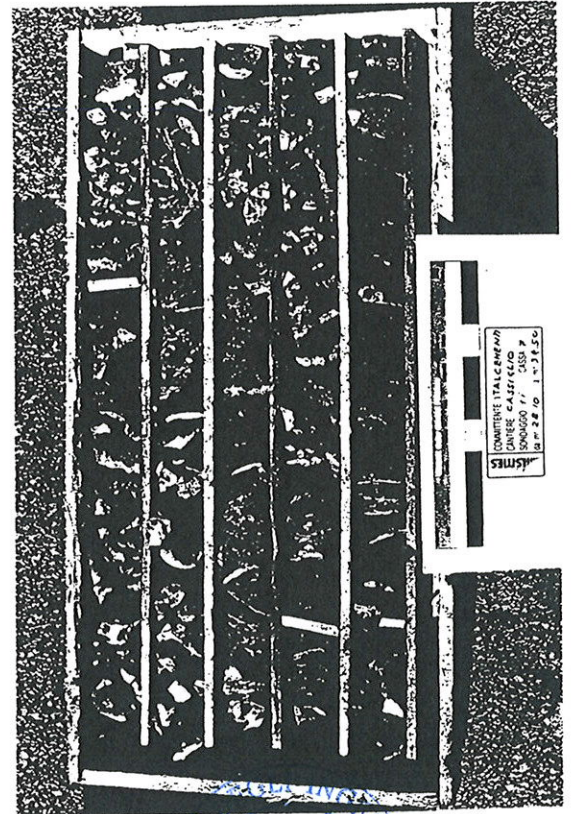
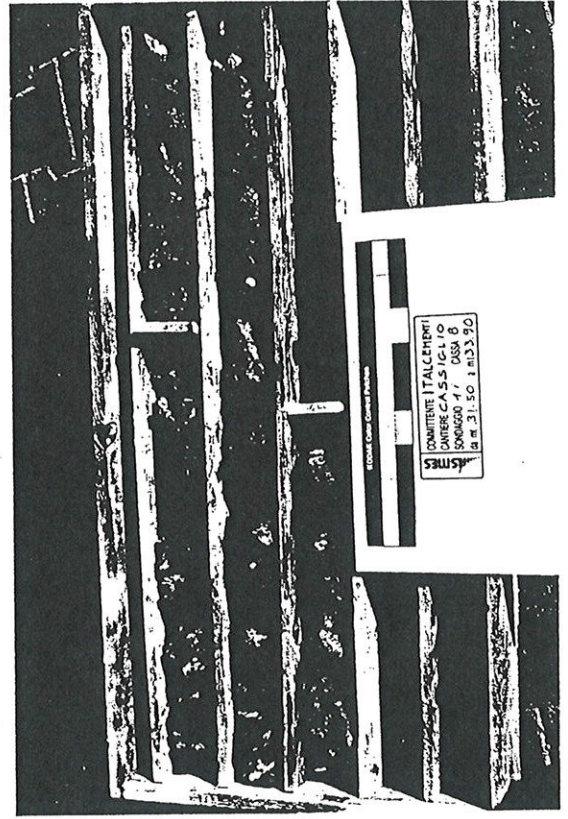












*Per Top*

ARDINE  
DOTTOR  
INGEGNERE  
MARCO  
PEGORARO  
ALBO N° 1782  
GENERI  
PROV. BERGAMO