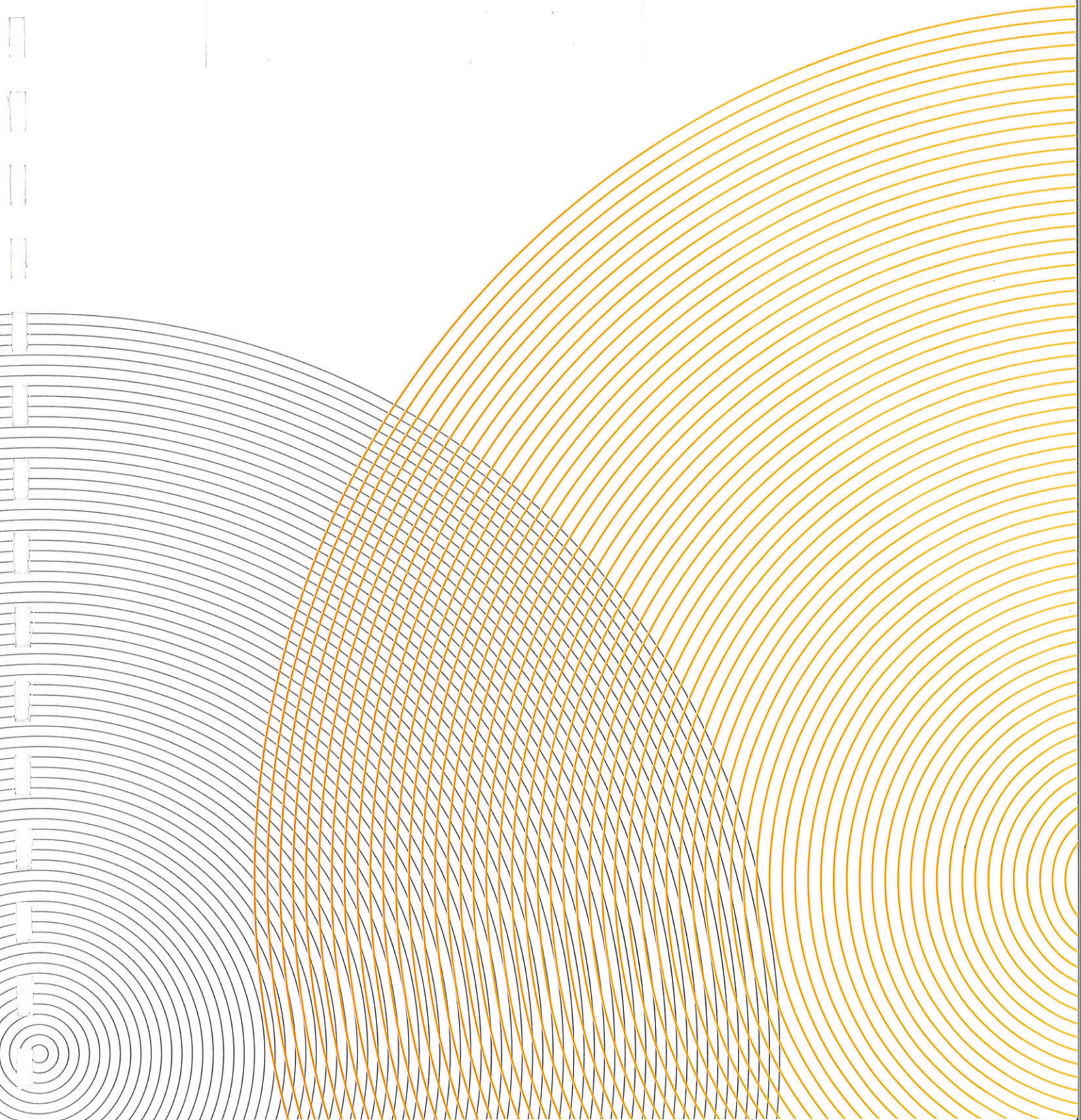




CTG
Italcementi Group

Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo
DIGA DI CASSIGLIO
ALLEGATO 12
Intervento di impermeabilizzazione



Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo
DIGA DI CASSIGLIO
ALLEGATO 12
Intervento di impermeabilizzazione

Per Pep



A circular blue ink seal of the Ordine degli Ingegneri di Bergamo. The text inside the seal reads: "ORDINE DEGLI INGEGNERI", "DOTTORE INGEGNERE MARCO PEGORARO", and "ALBO N° 1782".

ITALCEMENTI S.p.A.

DIGA DI CASSIGLIO

intervento di impermeabilizzazione

relazione

21'084



Ing. Giovanni Rodio & C.
Impresa Costruzioni Speciali S.p.A.

ITALCEMENTI S.p.A.

DIGA DI CASSIGLIO

Intervento di impermeabilizzazione

relazione

21'084

1. PREMESSA

Il trattamento di bonifica del calcestruzzo e del contatto roccia-calcestruzzo per limitare infiltrazioni e percolazioni è stato realizzato dal coronamento della diga, a quota 629,30 m nel masso di calcestruzzo, a monte del nuovo sistema drenante (tavv. 1-2).

Il tratto dell'intervento, di circa 10 m, è compreso tra i drenaggi 6, 7, 8, 9 e il giunto B.

L'intervento è avvenuto in tre fasi successive (relazione tecnica 21'010) (tav. 3):

- a) n. 6 fori primari iniettati con miscela cementizia (passo 2 m);
- b) n. 5+4 (supplementari) fori secondari iniettati ancora con miscela cementizia (passo 2 m);
- c) n. 10 fori terziari iniettati con miscela acrilica (passo 1 m).

2. INTERVENTO

2.1. Perforazione

Tra installazione e smontaggio del cantiere, i giorni lavorativi sono stati 28; impegnando come risorse umane n. 3 operai: 1 sondatore e 2 aiutanti ed eseguendo complessivamente n. 25 fori (ϕ 76) da m 23,30 ciascuno, cioè 582,50 m di perforazione. Come macchina si è utilizzata una sonda Marini SR 5 a percussione, attrezzata con martello al fondo RK2 (ϕ 76), sfruttando un solo tagliante a bottoni in widia per tutti i 582,50 m di perforazione. Ciascun foro è stato eseguito attraverso 20,30 m di calcestruzzo (corpo diga) e per 3,00 m in roccia fino alla quota di 606,00 m.

Nel corso della perforazione relativa a ciascuna fase si è riscontrata:

- a) la presenza di maglie di ferro (ϕ 8) più o meno ravvicinate (10÷50 cm) comprese tra 10,00÷18,00 m;
- b) la presenza, tra il giunto B e il drenaggio n. 8, di ghiaia più o meno limosa, associata ad infiltrazioni d'acqua in corrispondenza della ripresa del getto (a circa 10,00 m di profondità).

Per questi motivi si è ritenuto di procedere all'esecuzione di 4 fori supplementari, ubicati proprio nella zona ritenuta più critica, ed iniettarli con miscela cementizia. (Da notare che sono stati denominati S15, S16, S17, S18 per la vicinanza con i fori relativi alla 3a. fase).

2.2. Iniezione di miscela cementizia

2.2.1. Ia fase

Per confezionare le miscele è stato utilizzato un mescolatore R250 (primario e secondario) collegato ad un iniettore Peroni (verticale). Il pistoncino semplice (Bim-bar) di diametro ϕ 63 è stato inserito nel foro e bloccato con una pressione di gonfiaggio di 30÷35 bar. Le perdite di carico in esercizio, registrate al manometro, sono state di circa 4 bar.

La miscela iniettata nei fori primari (1÷6) è stata confezionata con 8 q di cemento/mc, per un rapporto A/C=0,75 e un peso di volume $\gamma=1,40$ t/mc.
Le 3 sezioni iniettate (ciascuna da 4 m) sono le seguenti:

- 1) m 19,30÷23,30
- 2) m 15,30÷19,30
- 3) m 11,30÷15,30

L'assorbimento totale di miscela, in questa fase, è stato di mc 7,152 (tab. 1, tav. 4), cioè di 57,22 q di cemento, corrispondenti a 0,41 q/ml di foro.
In questa fase la miscela è stata iniettata a caduta.

2.2.2. IIa fase

I fori secondari (7÷11) sono stati iniettati ancora con la stessa miscela cementizia della Ia fase e con un assorbimento totale di mc 5,849 (tab. 1, tav. 5) cioè di 46,79 q di cemento corrispondente a 0,40 q/ml.
Le pressioni ottenute sono state ancora di 10÷15 bar con portate di 200÷250 l/h.

2.2.3. IIa fase: fori supplementari

Come già detto si è ritenuto di dover eseguire 4 fori secondari supplementari, con l'intenzione di trattare più accuratamente la zona di infiltrazione. I fori (S15÷S18), eseguiti ed iniettati ancora come i precedenti, hanno evidenziato un assorbimento totale di mc 2,658 di miscela, cioè 21,26 q di cemento, corrispondenti a 0,33 q/ml (tab. 1, tav. 6).

Le pressioni di esercizio non hanno superato i 15 bar, avendo fermato l'iniezione al raggiungimento della pressione di rifiuto (20 bar).

In totale l'assorbimento di miscela cementizia relativa alla Ia ed alla IIa fase è stato di mc 15,659 corrispondenti a 125 q di cemento, cioè 0,36 q/ml (tab. 1, tavv. 7, 8).

3. INIEZIONI DI MISCELA ACRILICA "SIPROGEL"

3.1. Perforazione fori terziari

Alcuni dei fori (12÷21) terziari hanno mostrato la presenza di infiltrazioni d'acqua a varie quote:

- foro 14: a m 17,00
- foro 15: a m 16,00;
- foro 17: a m 11,30;
- foro 18: a m 15,00.

Ancora una volta si è avuta la conferma che la zona più critica si trovasse tra il giunto B e il drenaggio n. 8.

3.2. IIIa fase

L'iniezione dei fori terziari con miscela acrilica Siprogel della Rhone Poulenc, eseguita con lo scopo di sigillare definitivamente le fessure non raggiunte dalla miscela cementizia, ha fatto registrare un assorbimento totale di mc 5,00 (tab. 2, tavv. 9, 10), cioè 500 l/foro, avendo trattato le due sezioni previste da progetto:

- 1) m 19,30÷23,30;
- 2) m 15,20÷19,30.

Le pressioni di esercizio non hanno superato i 5÷7 bar, comprensive delle perdite di carico, con una portata media di 300 l/h.

I tempi di presa della miscela, alla temperatura ambiente di 5÷10°C sono stati contenuti entro le 2 ore.

3.3. Riperforazione e riappimento

In ultimo sono stati riperforati gli 8 m relativi a ciascun foro terziario per essere riempiti poi con miscela cementizia fino a boccaforo. Il quantitativo necessario è stato di mc 1,1 di miscela equivalente a 12 q di cemento.

4. RIPERFORAZIONE FORI DI DRENAGGIO

Con l'iniezione cementizia si erano riempiti i fori di drenaggio, per cui è stato necessario un ulteriore intervento di riperforazione e pulizia di questi fori, durato circa 5 giorni.

Il lavoro (tav. 11) è stato eseguito con l'ausilio di un martello al fondo ϕ 200, dal cunicolo di servizio (quota 610,10 m) in 5 fori, riperforando circa 2,00 m per ciascun foro; affondando nella roccia di base per circa 30 cm.

5. CONCLUSIONI

Con questo intervento (tav. 12) ci si era prefissati di limitare le infiltrazioni e le percolazioni ravvisate in situ, ed in particolare allo stramazzo di controllo, a valle dei drenaggi: riferendoci alle portate di esercizio di filtrazione regolare cioè 2,5 l/min, erano state registrate perdite di circa 34,2 l/min, che con l'iniezione cementizia, sono state ridotte a 3,3 l/min ed infine a 2,8 l/min con la miscela acrilica. Si può pertanto concludere di aver raggiunto lo scopo con assorbimenti globali contenuti nei limiti previsti dal progetto.

RODIO S.p.A.
Casalmaiocco, 10 ottobre 1989
LRU/BBS/DBI

ING. G.RODIO s.p.a.

CANTIERE : CASSIGLIO DIGA (BG)

INIEZIONE DI MISCELA CEMENTIZIA

I Fase : Assorbimenti (lt)

FORO n.	I Sezione da m. 19.3 a m. 23.3	II Sezione da m. 15.3 a m. 19.3	III Sezione da m. 11.3 a m. 15.3	Totale Litri Iniettati
1	369.00	558.00	313.00	1240.00
2	369.00	432.00	306.00	1107.00
3	495.00	306.00	179.00	980.00
4	684.00	558.00	243.00	1485.00
5	432.00	432.00	243.00	1107.00
6	559.00	431.00	243.00	1233.00
TOT.	2908.00	2717.00	1527.00	7152.00

II Fase : Assorbimenti (lt)

FORO n.	I Sezione da m. 19.3 a m. 23.3	II Sezione da m. 15.3 a m. 19.3	III Sezione da m. 11.3 a m. 15.3	Totale Litri Iniettati
7	116.00	243.00	53.00	412.00
8	1000.00	685.00	369.00	2054.00
9	811.00	558.00	306.00	1675.00
10	432.00	495.00	243.00	1170.00
11	53.00	305.00	180.00	538.00
S15	53.00	179.00	117.00	349.00
S16	937.00	432.00	116.00	1485.00
S17	54.00	242.00	53.00	349.00
S18	179.00	180.00	116.00	475.00
TOT.	3635.00	3319.00	1553.00	8507.00

TOTALE (I Fase + II Fase) = lt 15659.00

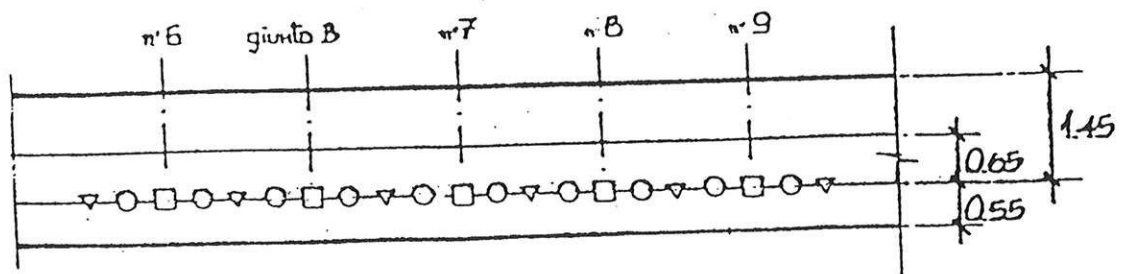
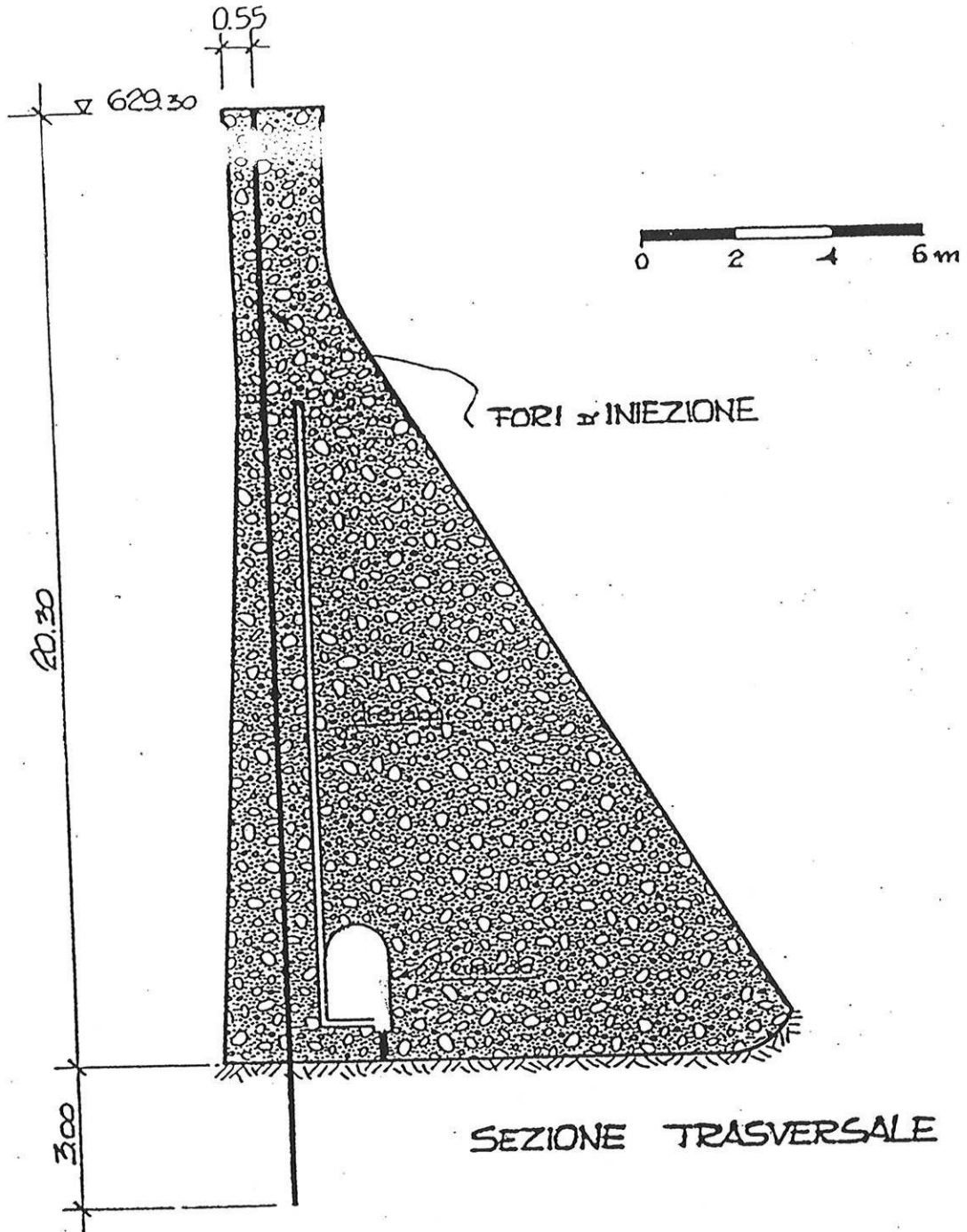
ING. G.RODIO s.p.a.

CANTIERE : CASSIGLIO DIGA (BG)

INIEZIONE DI MISCELA ACRILICA "SIPROGEL"

III Fase : Assorbimenti (lt)

FORO n.	I Sezione da m. 19.3 a m. 23.3	II Sezione da m. 15.3 a m. 19.3	Totale Litri Iniettati
12	150.00	180.00	330.00
13	160.00	220.00	380.00
14	210.00	260.00	470.00
15	340.00	355.00	695.00
16	380.00	485.00	865.00
17	220.00	270.00	490.00
18	220.00	210.00	430.00
19	260.00	190.00	450.00
20	190.00	220.00	410.00
21	230.00	250.00	480.00
TOT.	2360.00	2640.00	5000.00

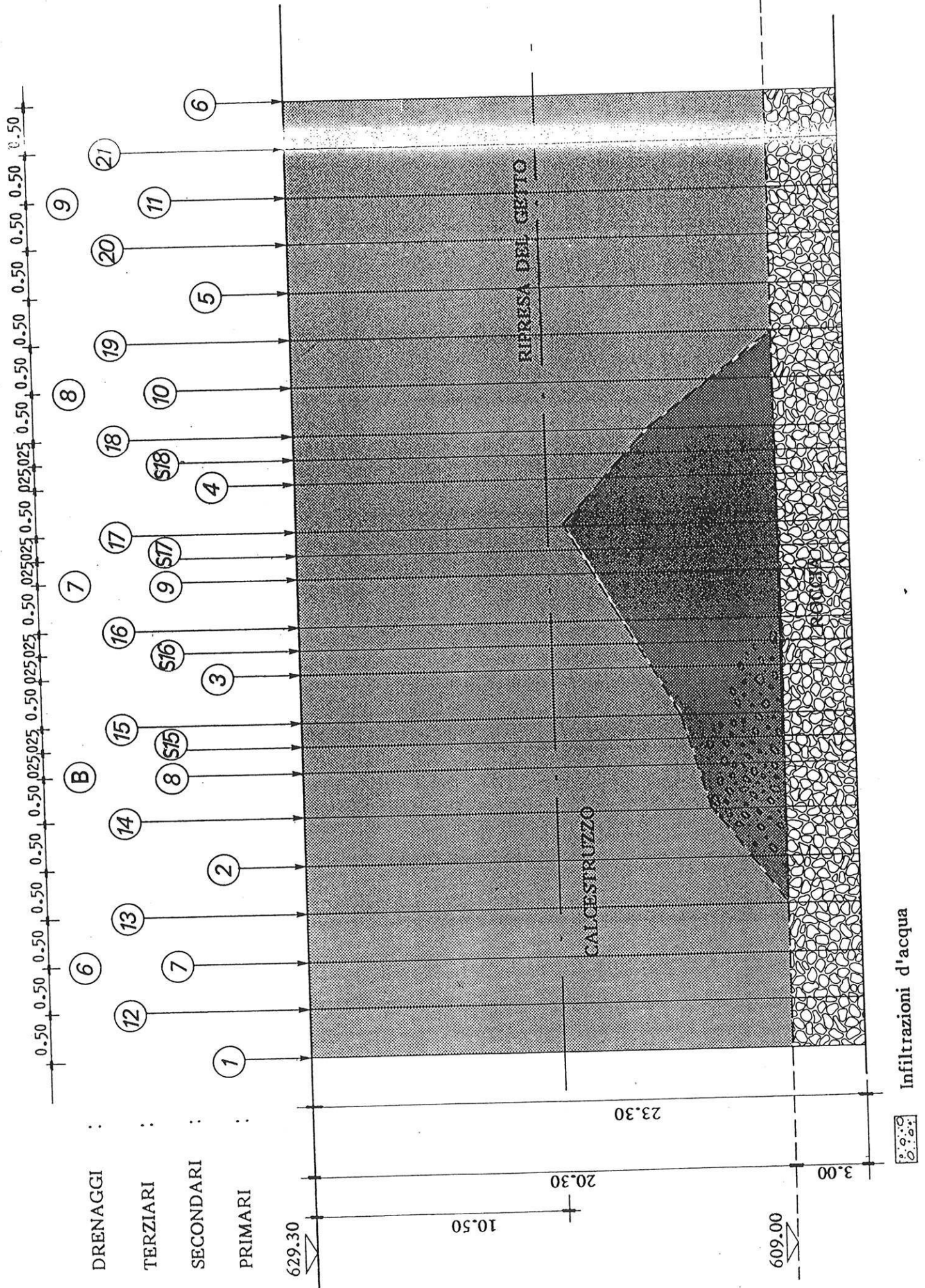


PLANIMETRIA

- ▽ fori primari (n°6)
- fori secondari (n°5)
- fori terziari (n°10)

DIGA di CASSIGLIO - Sezione longitudinale della zona trattata

Rel. 21'084
Tav. 3



- DRENAGGI : (6)
- TERZIARI : (12)
- SECONDARI : (7)
- PRIMARI : (1)

629.30

10.50

20.30

23.30

609.00

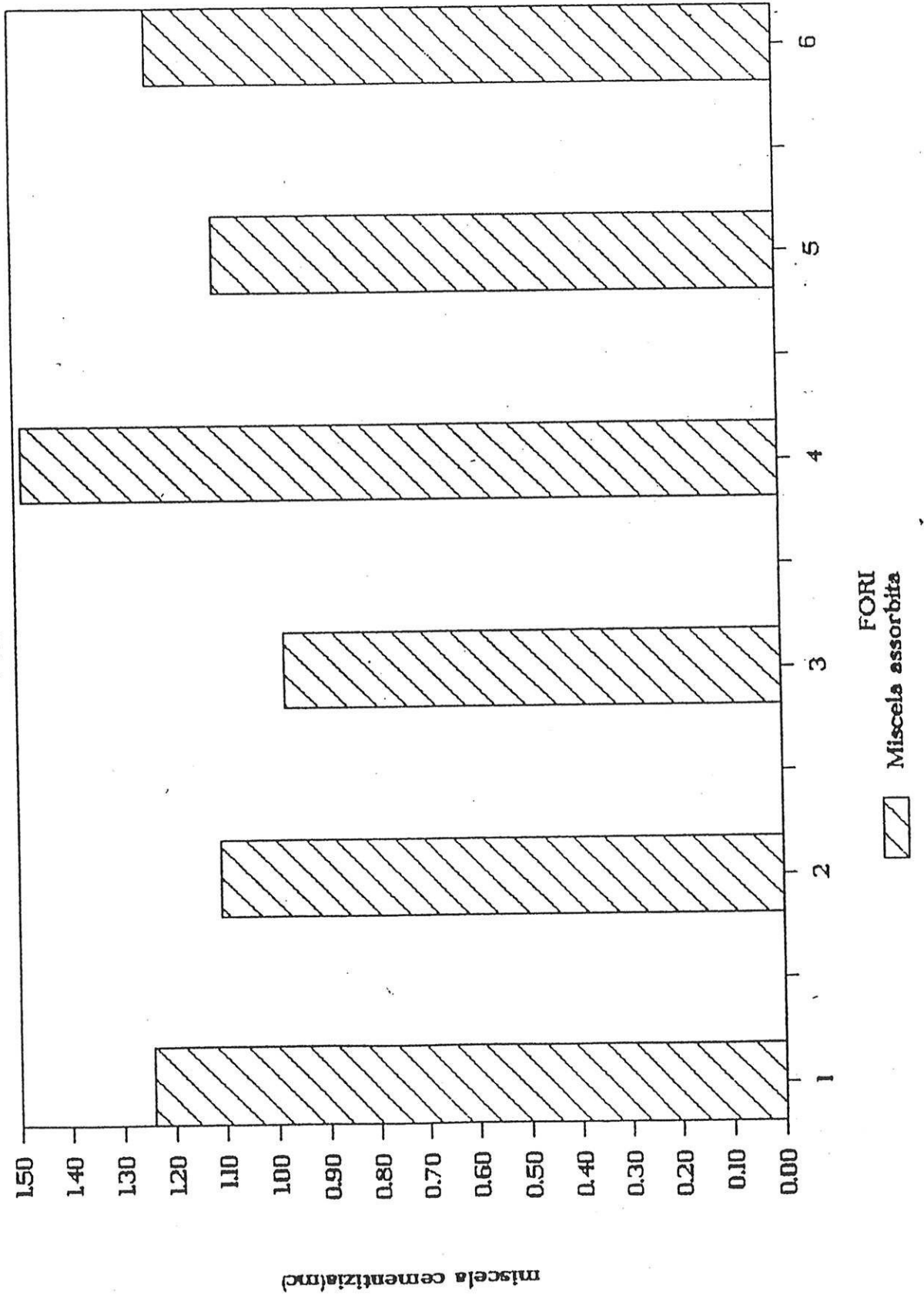
3.00

0.0.0.

Infiltrazioni d'acqua

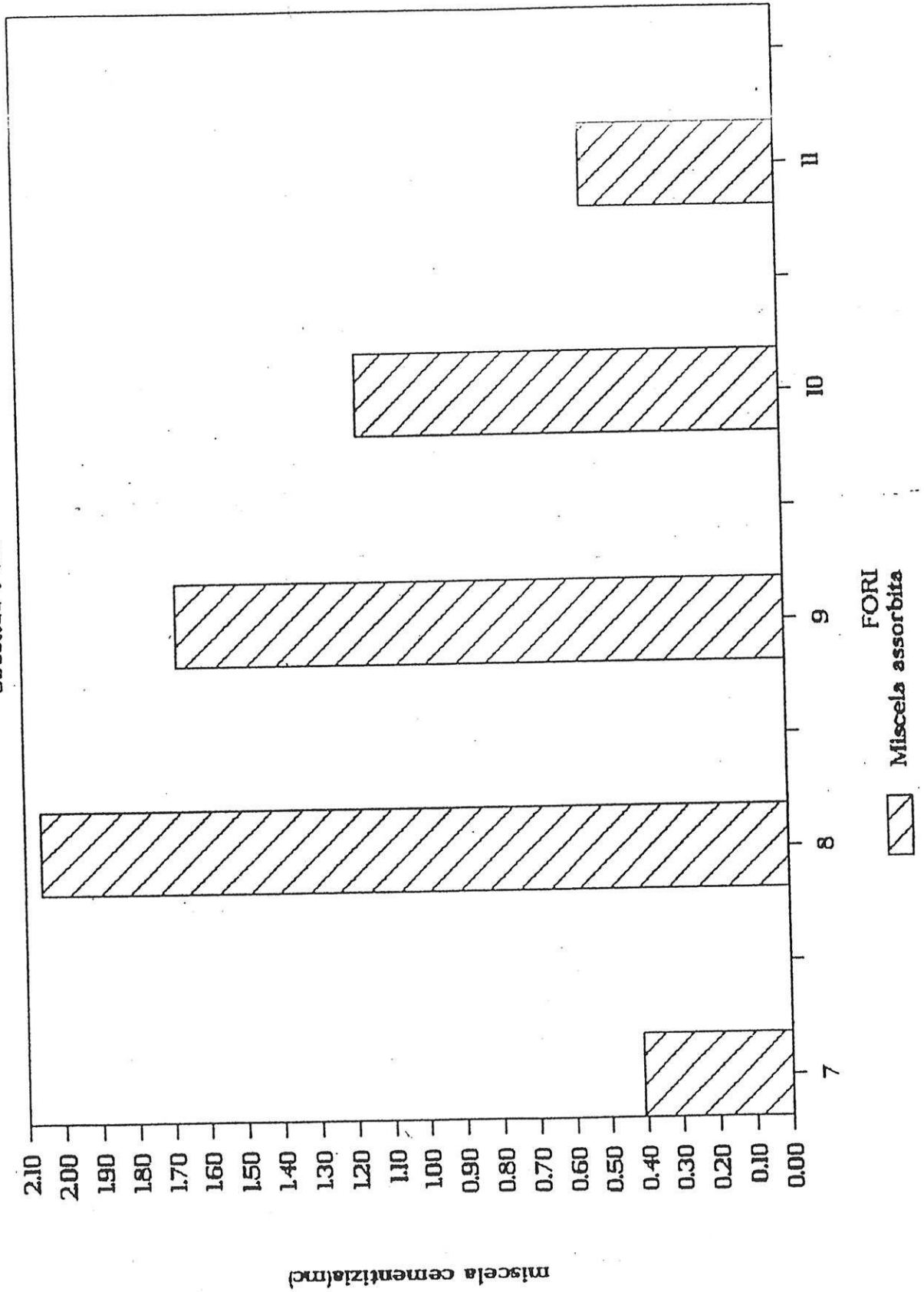
DIGA di CASSIGLIO

Prima Fase



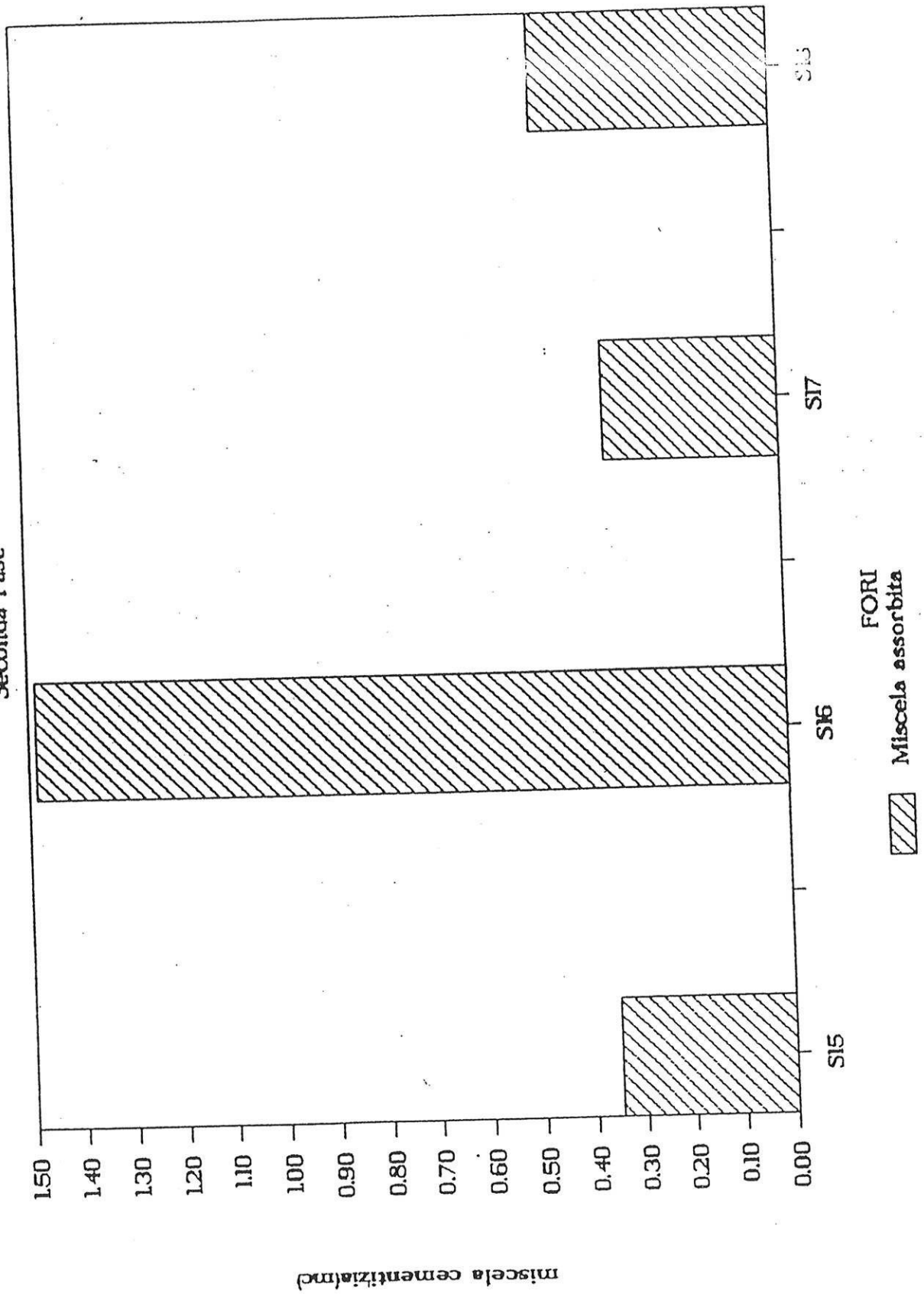
DIGA di CASSIGLIO

Seconda Fase



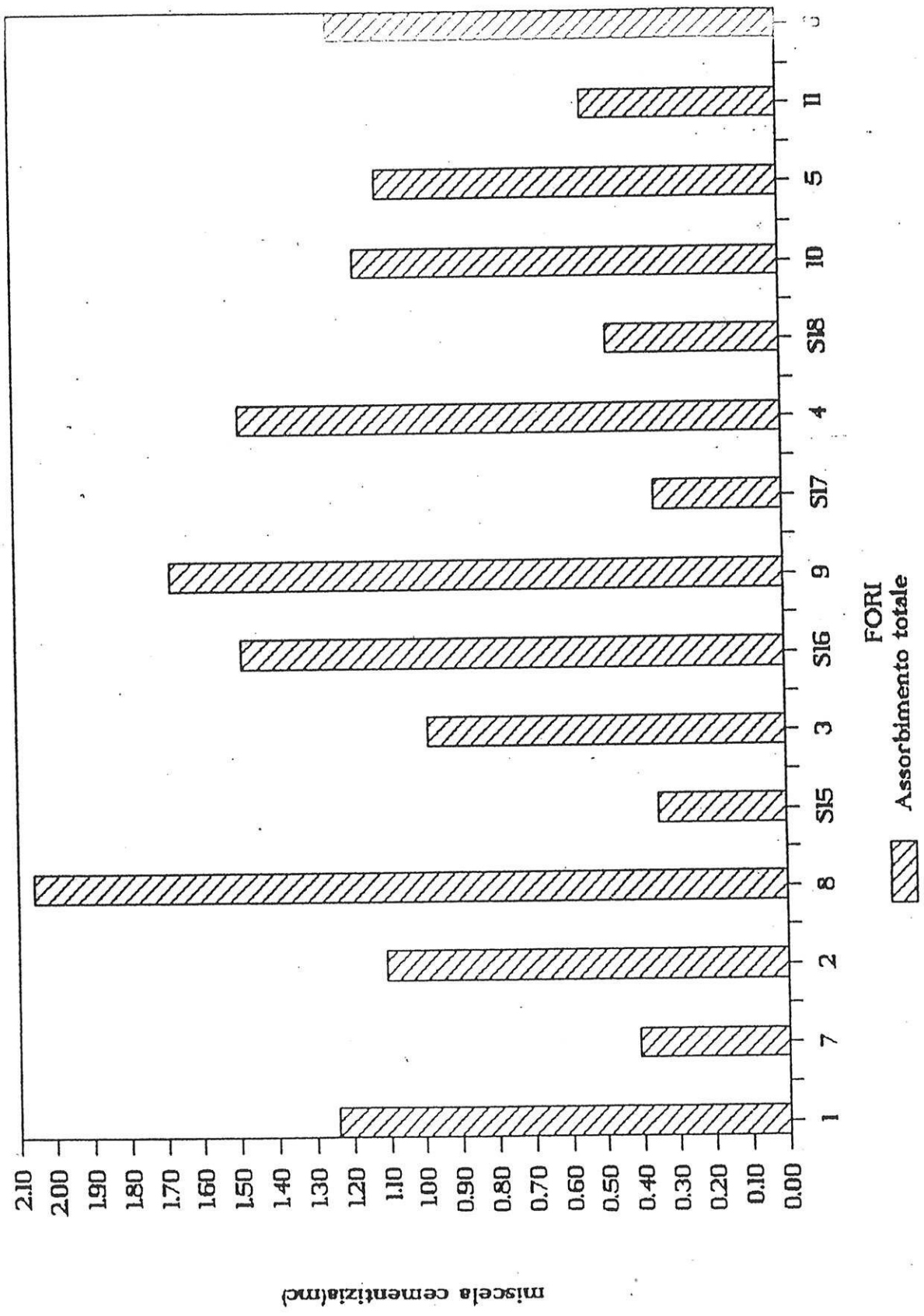
DIGA di CASSIGLIO

Seconda Fase

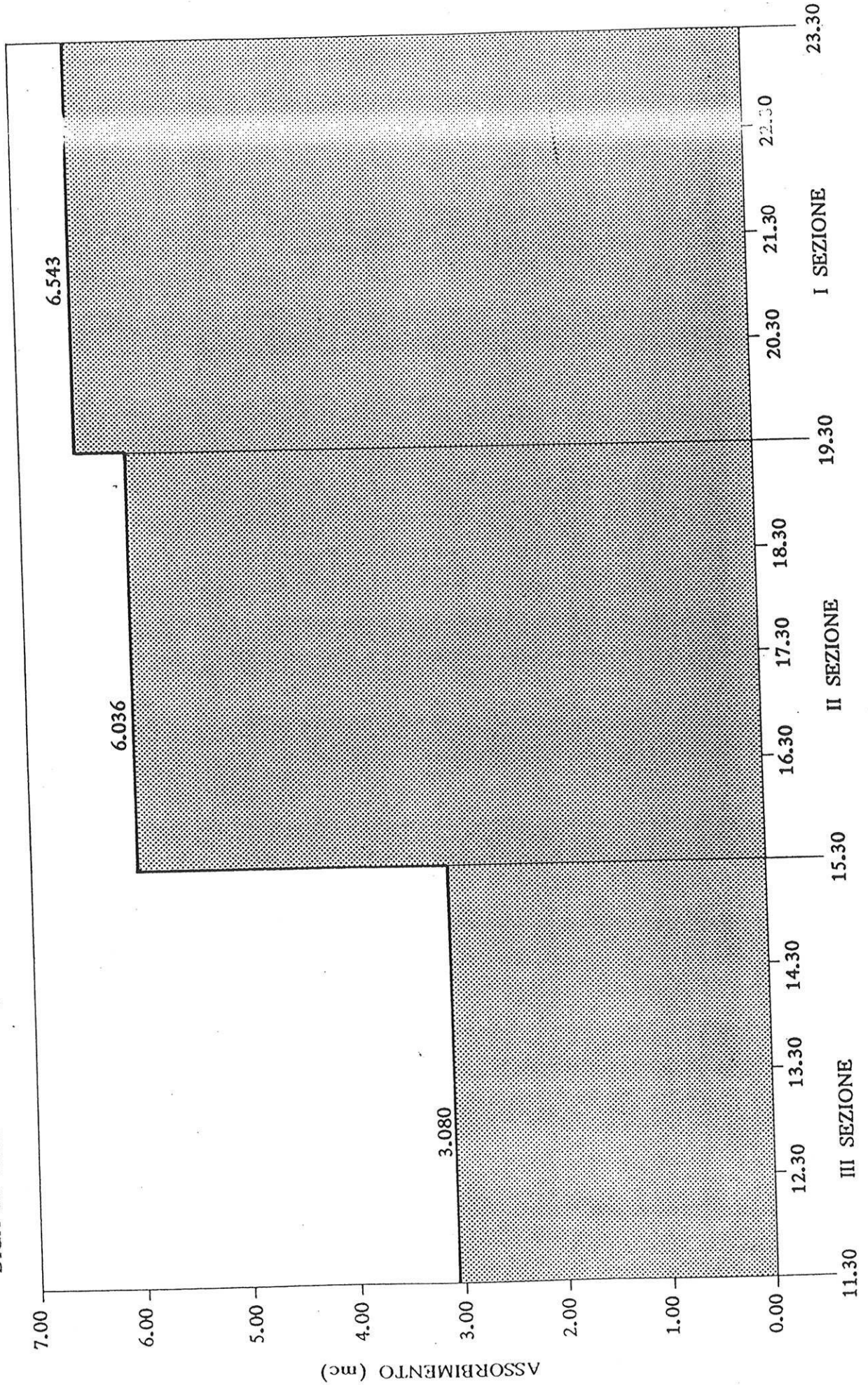


DIGA di CASSIGLIO

Fase 1 + Fase 2



DIGA DI CASSIGLIO - diagramma degli assorbimenti I e II fase

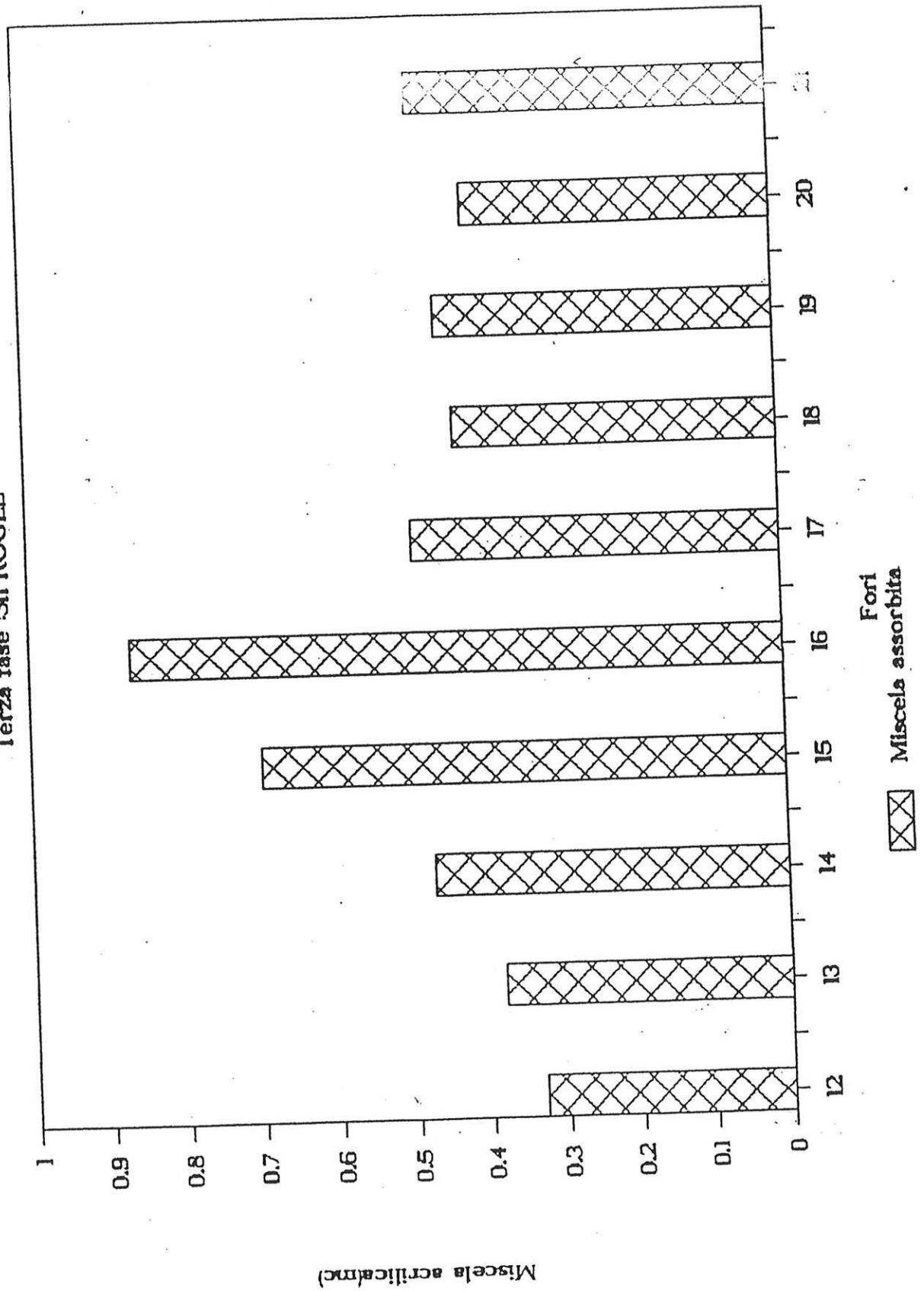


MIX CEMENTIZIA

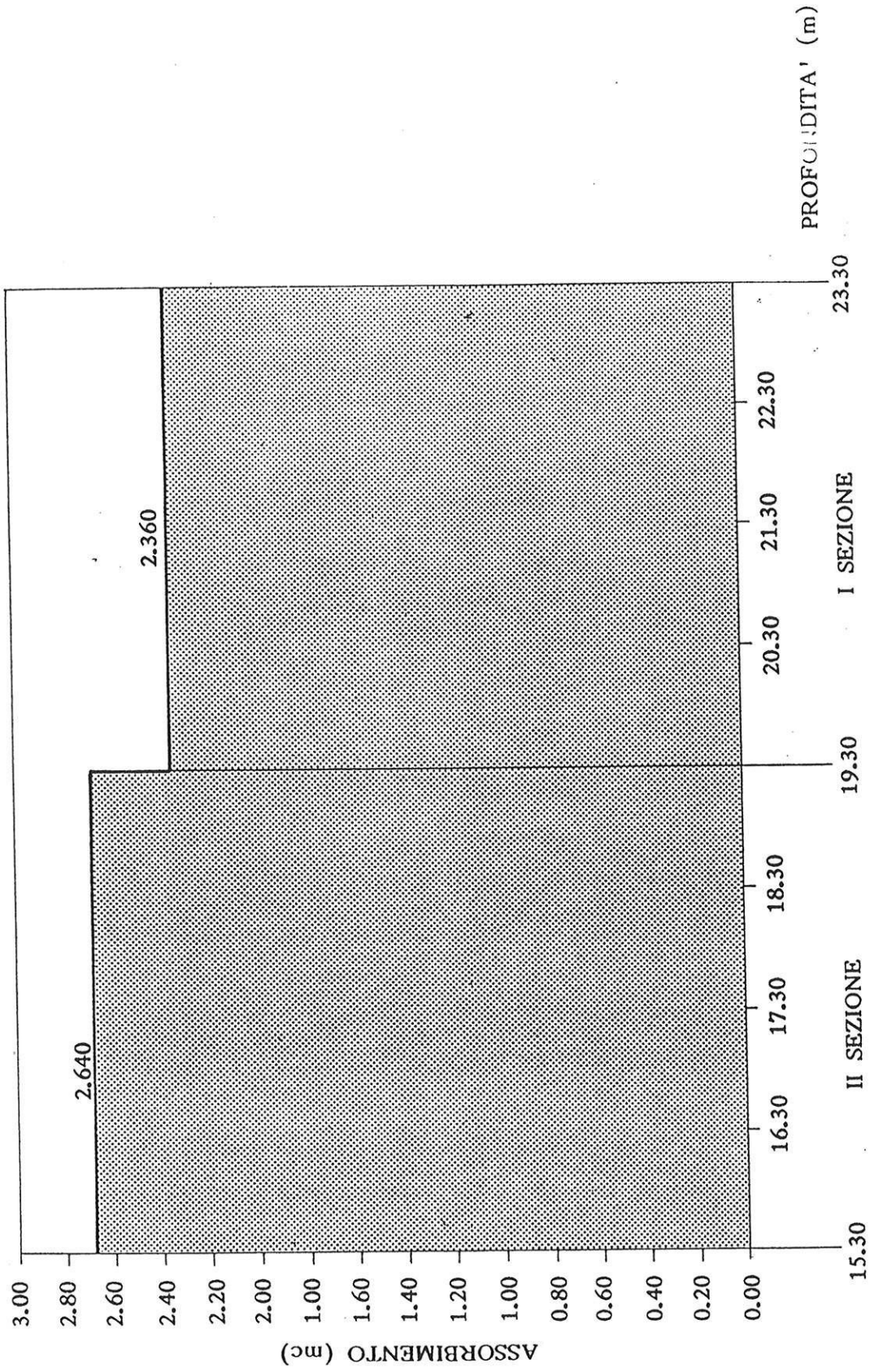
PROFONDITA' (m)

DIGA di CASSIGLIO

Terza fase SIPROGEL



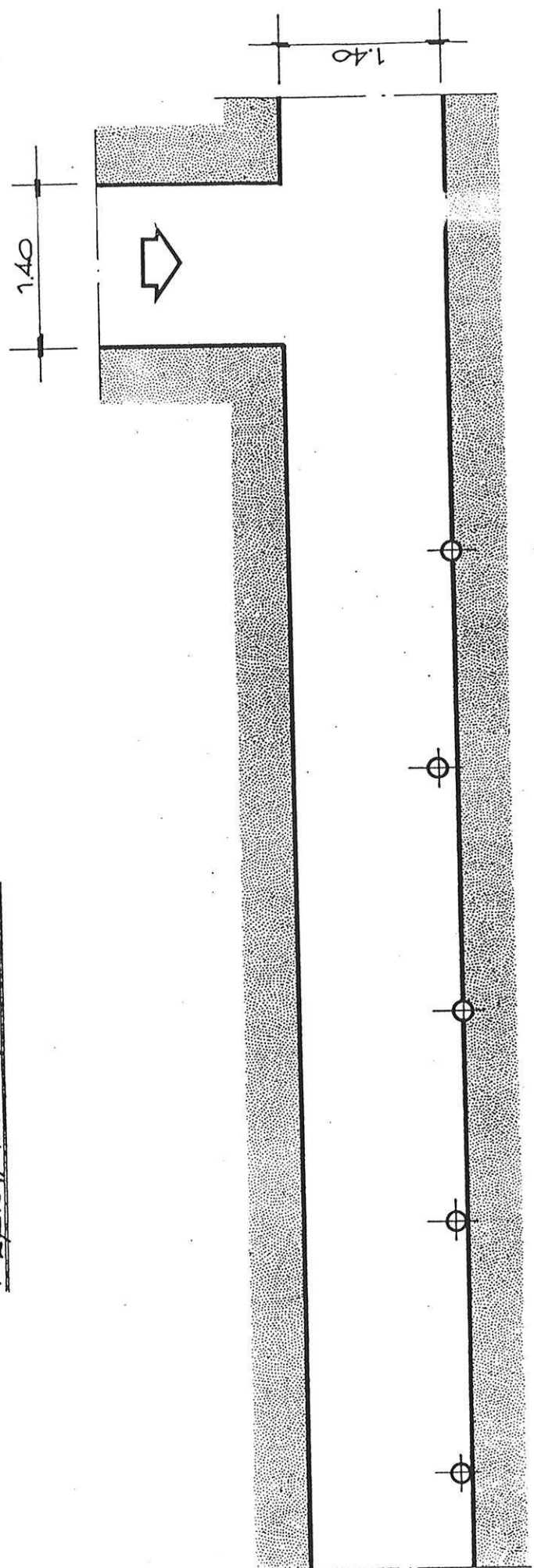
DIGA DI CASSIGLIO - diagramma degli assorbimenti III fase



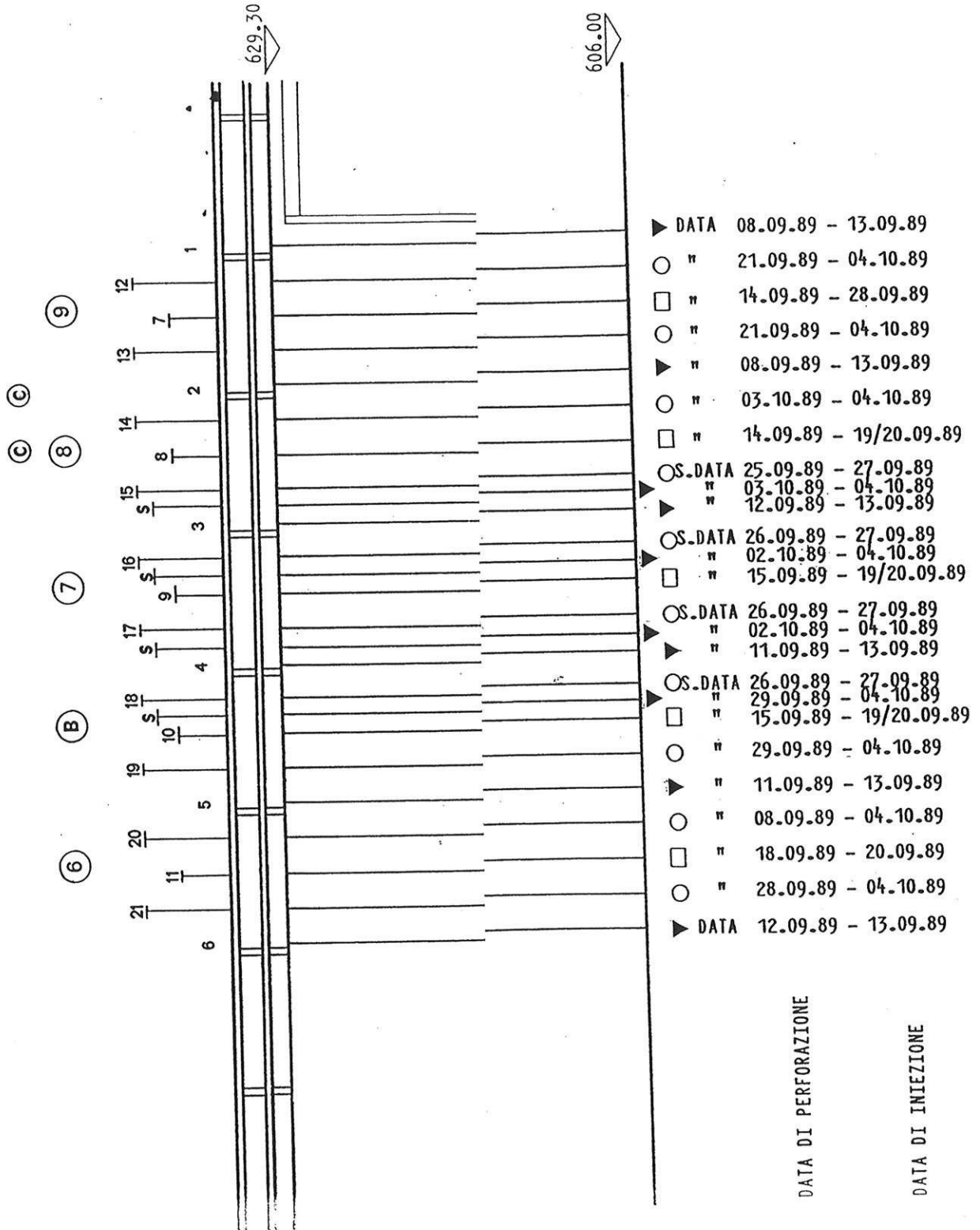
MISCELA ACRILICA "Siprogel"

INTERVENTO NEL CUNICOLO DI SERVIZIO

PLANIMETRIA 1:50

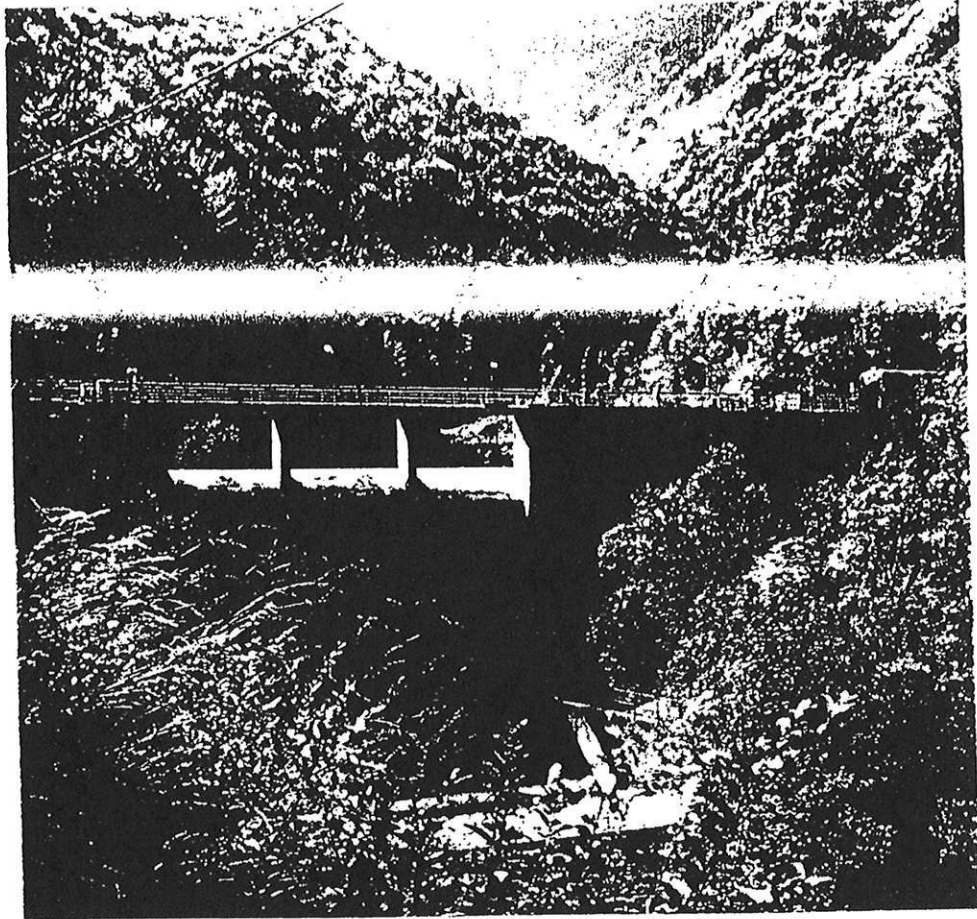


DIGA DI CASSI



DATA DI PERFORAZIONE

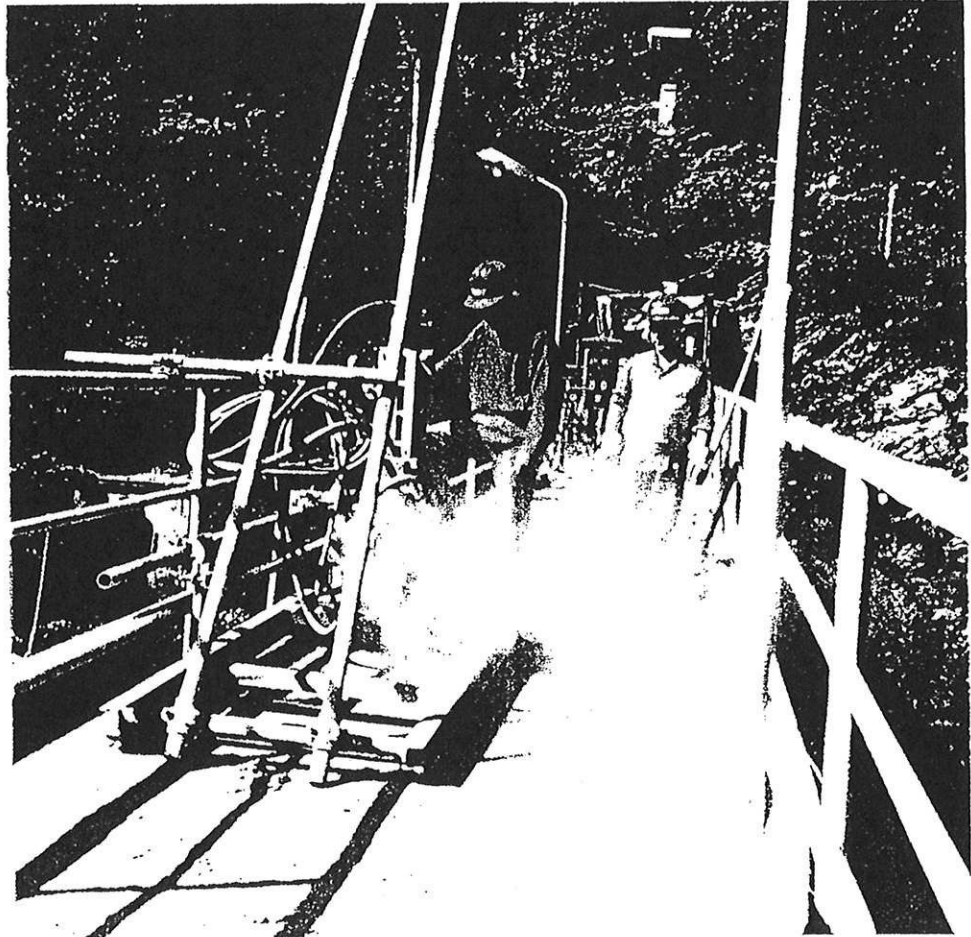
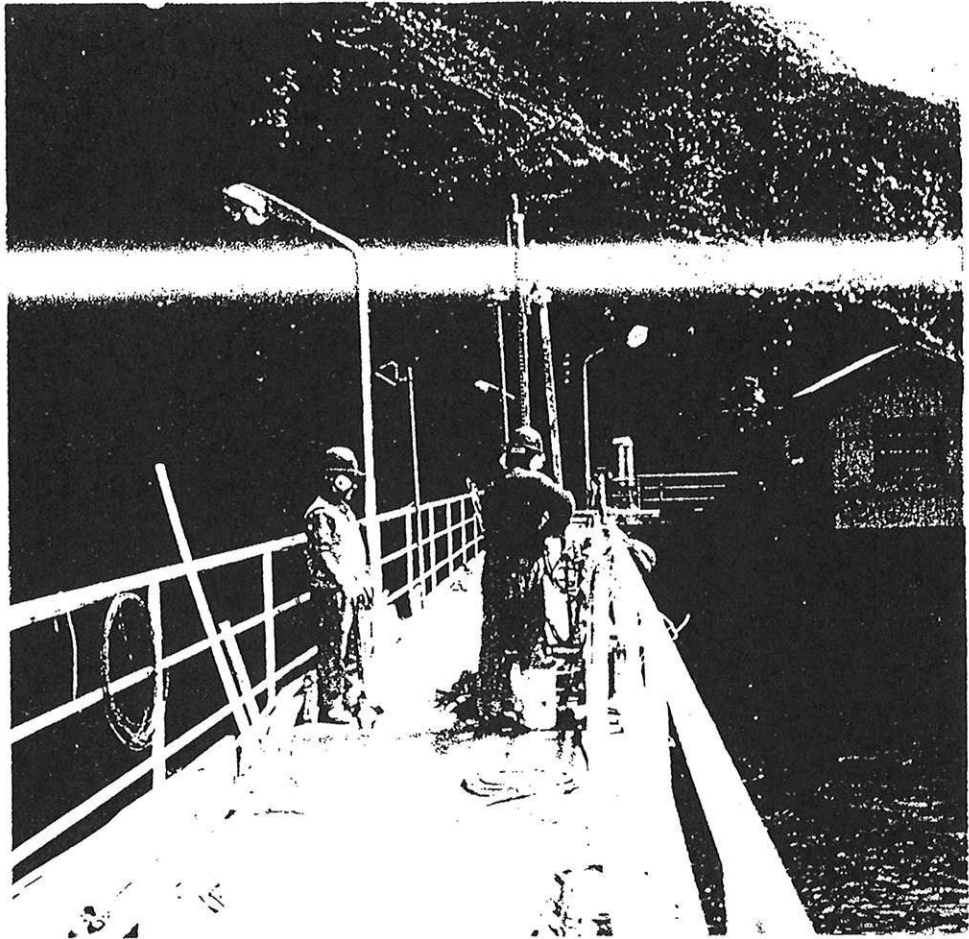
DATA DI INIEZIONE



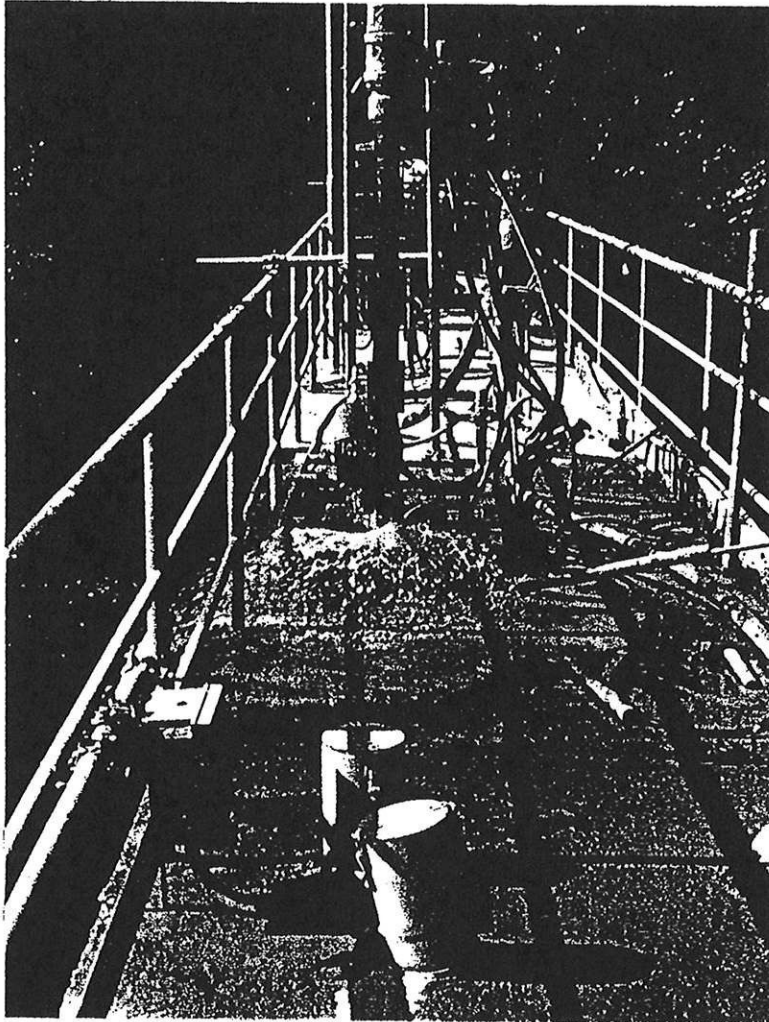
1. La diga vista da valle



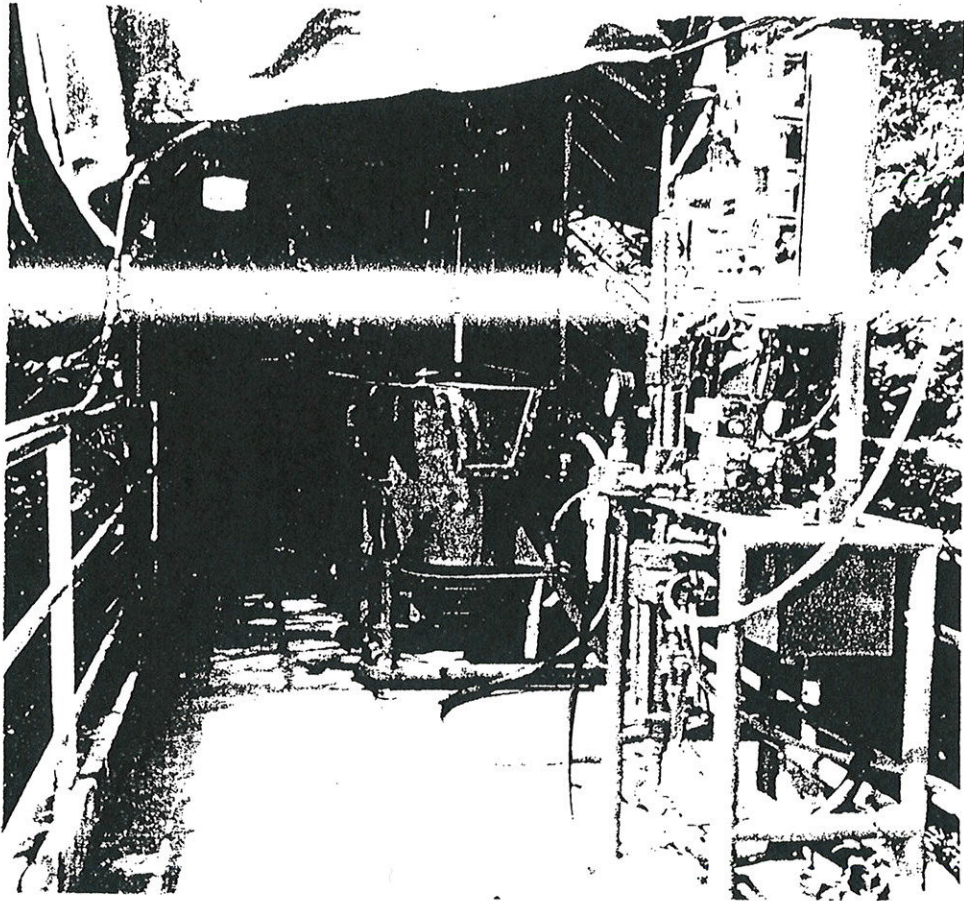
2. Zona d'intervento



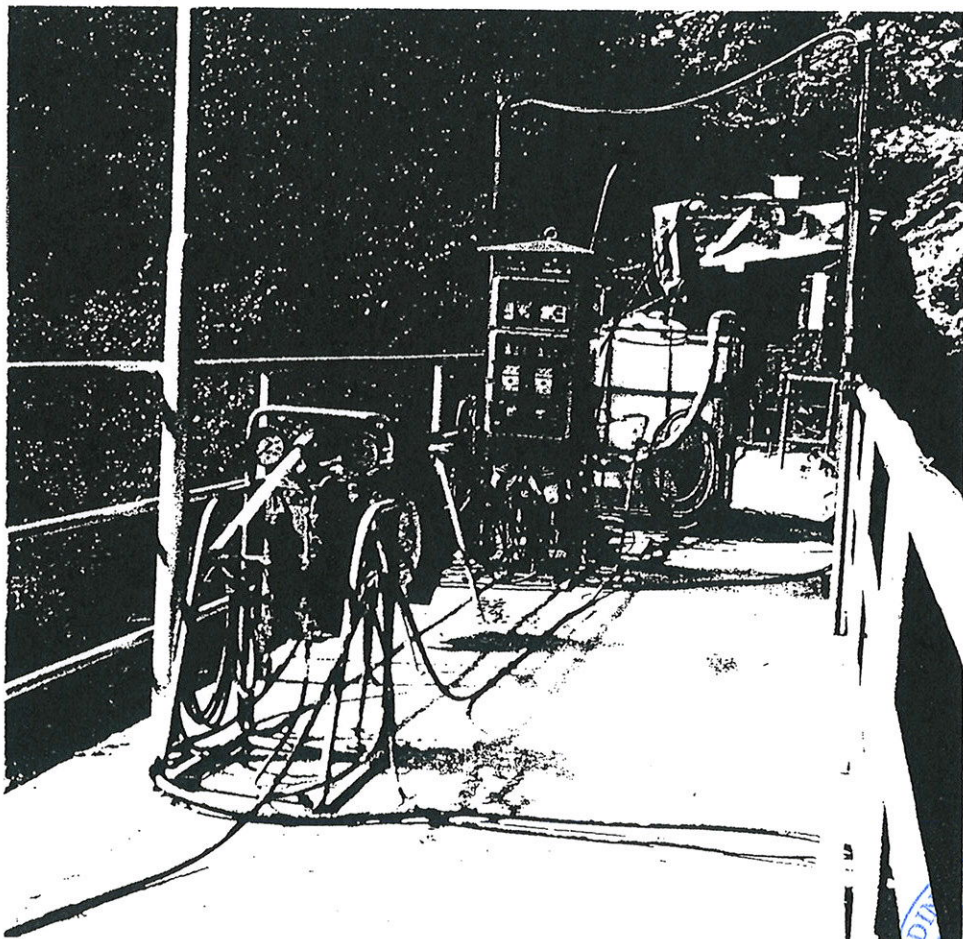
3/4. Esecuzione dei fori con sonda attrezzata di martello al fondo



5. Esecuzione dei fori con sonda attrezzata di martello al fondo



6. Gruppo mescolatore R250 e iniettore



7. Quadro comando del gruppo iniezione e di gonfiaggio dei packers

Per info

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