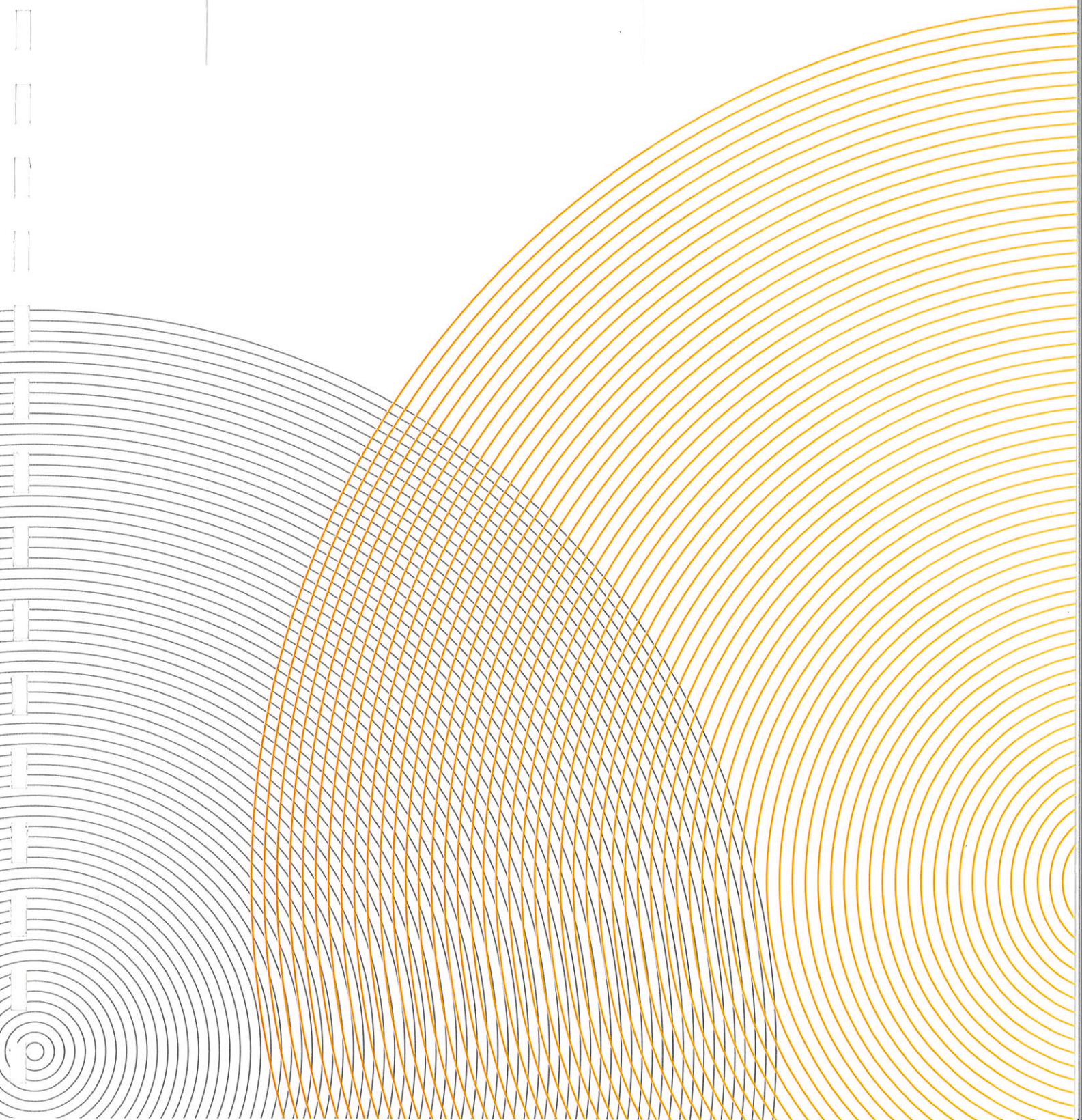




---

**CTG**  
Italcementi Group

**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**  
**DIGA DI CASSIGLIO**  
ALLEGATO 9  
Prove di laboratorio su campioni di carote



**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**  
**DIGA DI CASSIGLIO**  
ALLEGATO 9  
Prove di laboratorio su campioni di carote

**ITALCEMENTI**

# DIGA DI CASSIGLIO



Allegato E

**Indagine sul calcestruzzo  
Prove di laboratorio su campioni di carote**

Sede ed Amministrazione  
Bergamo

Relazione n° 5

Ing. Paolo Ursella  
p.ch. Giuseppe Moretti

INDAGINE SUL CALCESTRUZZO DELLA DIGA  
DI CASSIGLIO  
PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI  
CAROTE

Bergamo, 18 gennaio 1990

## Indagine sul Calcestruzzo della diga di Cassiglio.

### Prove di laboratorio su campioni di carote

#### 1 - Premessa

La presente relazione riporta i risultati delle indagini effettuate dal Laboratorio Chimico Centrale su provini che l' Ufficio Geologico ha ricavato mediante carotaggio dal corpo diga dell' impianto idroelettrico di Cassiglio in Alta Val Brembana . Le prove sono state richieste dalla Direzione Tecnica Centrale con lettera: DTC Progetti CIV - i.SIM/gas del 23/02/1989 . Nel corpo diga sono stati realizzati n. 4 sondaggi a partire dal coronamento fino alla fondazione ricavando carote aventi un diametro di 71.9 mm. La denominazione e la lunghezza dei quattro carotaggi sono rispettivamente:

Pozzo D 9 = 18.50 metri  
Pozzo D 19 = 14.50 metri  
Pozzo D 20 = 18.65 metri  
Pozzo S 8 = 18.65 metri

#### 2 - Piano di lavoro

Tutti gli spezzoni di carota giunti presso il Laboratorio Chimico sono stati siglati e pesati . Tra essi, sono stati scelti 176 spezzoni, praticamente tutti quelli sufficientemente lunghi per poter essere analizzati, sui quali sono state eseguite le seguenti prove:

- N. 176 determinazioni della massa volumica apparente
- N. 176 determinazioni della massa volumica e della porosità accessibile all' acqua
- N. 176 determinazioni della frequenza di risonanza flessionale ed assiale
- N. 17 determinazioni della permeabilità all'ossigeno
- N. 3 determinazioni della permeabilità all'acqua
- N. 60 determinazioni della resistenza a compressione monoassiale
- N. 23 determinazioni della resistenza a trazione indetta
- N. 34 determinazioni del modulo elastico statico e della resistenza a compressione monoassiale con la registrazione delle curve sforzo-deformazione
- N. 19 determinazioni della granulometria dell'aggregato previa disgregazione in muffola del calcestruzzo.
- N. 19 determinazioni di  $SO_3^{--}$ , CaO,  $CaCO_3$  ed  $SiO_2$  solubile sulla frazione fine del calcestruzzo disgregato.

### 3 - Apparecchiature utilizzate e metodi di prova

#### 3 - 1 Determinazione della massa volumica apparente

La massa volumica apparente è stata determinata sugli spezzoni cilindrici, previa operazione di spianatura e rettifica delle superfici piane, dopo stabilizzazione a 20 °C e 50 % U.R. per 24 ore [1]. Lunghezza e diametro dei campioni sono state misurate mediante calibro ventesimale ed il peso mediante una bilancia avente una portata di 16 Kg. ed una sensibilità 1.0 g.

Noti:

$V_a$  = Volume apparente del campione

$P$  = Massa del campione

$L$  = Lunghezza del campione

$D$  = Diametro del campione

$V_a = \pi \times D^2 \times L / 4$

La massa volumica apparente :

$$V_a = P / V_a \text{ [ Kg/m}^3 \text{]}$$

#### 3 - 2 Determinazione della massa volumica e della porosità accessibile all' acqua

I provini sono stati spianati e rettificati e quindi essiccati in stufa a 105 °C fino a peso costante. Successivamente sono stati posti in un autoclave che è stata evacuata mediante una pompa da vuoto, e quindi immersi in acqua per 24 ore. Al termine dell'impregnazione sono stati pesati sia in aria che in acqua (a 20 °C).[1]

Noti :

$P_o$  = Massa del campione essiccato

$P_s$  = Massa del campione saturo in aria.

$P_{sa}$  = Massa del campione saturo immerso in acqua

$V_r$  = volume reale del campione :

$V_r = P_s - P_{sa}$

La massa volumica risulta :

$$MV = P_o / V_r \text{ [ Kg/m}^3 \text{]}$$

La porosità percentuale accessibile all' acqua [ 2 ], espressa sia in peso ( $P_m$ ) che in volume ( $P_v$ ) del campione è definita da :

$$P_v = ((P_{sa} - P_o) / V_r) \times 100$$

$$P_m = ((P_{sa} - P_o) / P_o) \times 100$$

#### 3 - 3 Determinazione della Frequenza di risonanza

Sugli stessi provini impiegati nelle precedenti prove sono state determinate le frequenze di risonanza mediante una apparecchiatura costituita da:

- accelerometro piezoelettrico, da appoggiare sul campione
- convertitore Analogico/Digitale veloce
- minielaboratore in grado di ricevere il segnale elettrico generato dall'accelerometro e di elaborarlo mediante trasformata di Fourier.

Eccitando i campioni secondo le modalità di vibrazione Flessionale ed Estensionale sono state rilevate le relative frequenze fondamentali di risonanza,  $F_{fl}$  ed  $F_{es}$ .

Da tali valori sono stati ricavati i Moduli elastici dinamici [3].  
Noti :

- Ffl = Frequenza di risonanza flessionale (Hz)
- Fes = Frequenza di risonanza estensionale (Hz)
- M = Massa del campione (Kg)
- L = Lunghezza del provino (m).
- J = momento di inerzia
- T = fattore di correzione
- @ = massa volumica
- v = rapporto di Poisson (ipotizzato pari a 0.22)

I moduli elastici dinamici MED\_fl e MED\_es si ottengono mediante le equazioni:

$$MED\_fl = 0.790123 \times Ffl^2 \times m \times L \times L^2 \times T / (\pi^2 \times J)$$

$$MED\_es = 4 \times L^2 \times Fes^2 \times @$$

### 3 - 4 Determinazione della permeabilità all'ossigeno

Per questa prova sono stati utilizzati provini aventi diametro di 7.19 cm ed una altezza compresa tra 7 e 8 cm. Le prove sono state condotte mediante l'attrezzatura schematizzata in Figura 1, secondo la metodologia riportata in [4].

Il metodo permette di misurare la permeabilità utilizzando come fluido di passaggio l'ossigeno ad una pressione compresa fra 1.5 e 3.5 bar assolute.

Noti :

- Q = Flusso di gas rilevato alla pressione P (cm<sup>3</sup>/s)
- Pa = Pressione atmosferica (Bar)
- P = Pressione del gas all'ingresso della cella di permeabilità (Bar)
- L = spessore medio del provino (m)
- A =  $\pi \times D^2 / 4$  = area delle superficie piana del provino (m<sup>2</sup>).

Il coefficiente di permeabilità all'ossigeno K risulta:

$$K = 2 \times Q \times L \times P \times 1.0 \text{ E-15} / (A \times (P^2 - Pa^2))$$

### 3 - 5 Determinazione della Permeabilità all'acqua

Questa prova è stata effettuata solo su campioni aventi un coefficiente di permeabilità all'ossigeno superiore a 1.0 x E-15. La cella di permeabilità adottata per questa prova corrisponde sostanzialmente a quella utilizzata per la prova con ossigeno. Sulla superficie superiore del provino è stato applicato, mediante un accumulatore idropneumatico, un battente di acqua pari a 2 Bar e quindi è stato misurato il flusso di acqua in uscita dalla superficie.

Noti:

- Qa = Portata di acqua in uscita dal provino in cm<sup>3</sup>/secondo
- P = Pressione idrostatica applicata al provino in metri di colonna di acqua
- L = spessore del campione ( m )
- A =  $\pi \times D^2 / 4$  = area della superficie di prova del campione (m<sup>2</sup>)

Il coefficiente di permeabilità  $K_a$  viene calcolato dalla formula:

$$K_a = (Q_{ax}L) / (P \times A)$$

### 3 - 6 Determinazione della resistenza a compressione

La resistenza a compressione monoassiale è stata determinata su pezzi di carota aventi altezza compresa tra 8 e 22 cm., operando ad incremento di carico costante secondo quanto prescritto in [7].

### 3 - 7 Determinazione della resistenza alla trazione indiretta (prova brasiliana)

Per questa prova sono state utilizzate carote aventi una lunghezza compresa fra 15 e 20 cm. I campioni sono stati collocati con l'asse principale parallelo ai piatti della pressa e quindi sono stati compressi secondo le due generatrici opposte. Tra i piatti della macchina di prova e il provino sono stati interposti due listelli in cartone rigido larghi 10 mm. e spessi 3 mm. Per ogni prova è stato determinato il carico corrispondente al cedimento [5].

Noti:

$p$  = carico di rottura (Kg)

$A$  = area della sezione teorica di rottura (cm<sup>2</sup>)

Il valore della resistenza a trazione indiretta  $R_t$  risulta:

$$R_t = (2xp) / (\pi \times A) \text{ Kg/cm}^2.$$

### 3 - 8 Determinazione del Modulo di Elasticità Statico Secante e registrazione della curva sforzo-deformazione per sollecitazione monoassiale

Per la determinazione del Modulo di elasticità statico (e successivamente della curva sforzo-deformazione fino a rottura) è stata utilizzata una macchina di prova avente una portata di 60 tonnellate.

La prova è stata effettuata su carote aventi una altezza compresa fra 18 e 22 cm. e diametro di 7.19 cm. [6].

La prova è stata condotta secondo le modalità prescritte in [6], misurando il modulo elastico in corrispondenza di carichi che erano 1/9, 2/9 ed 1/3 della resistenza a compressione ipotizzata dei provini.

La sollecitazione assiale è stata misurata mediante una cella di carico, mentre le deformazioni longitudinali dei provini sono state misurate mediante una coppia di estensometri induttivi aventi una base di misura di 50 mm. ed una sensibilità di 1  $\mu$ m/m. Successivamente ogni campione è stato sollecitato fino a rottura ad incremento di deformazione costante, registrando la curva sforzo-deformazione.

### 3 - 9 Determinazione della granulometria degli aggregati previa disgregazione dei calcestruzzi.

I provini scelti per la prova, sono stati riscaldati gradatamente in muffola fino a 600 °C e quindi, dopo raffreddamento, disgregati



in un mortaio con pestello ricoperto di gomma, avendo cura di non frantumare gli aggregati.

Il materiale così ricavato, è stato setacciato onde ricavare la curva granulometrica.

### 3 - 10 Determinazione analitica del contenuto in $SO_3$ --, $CaO$ , $CaCO_3$ , ed $SiO_2$ solubile presenti nella frazione fine.

Su parte della frazione passante sotto il setaccio da  $90 \mu m$ , e costituita prevalentemente dal cemento, è stata effettuata una analisi chimica per determinare il contenuto in  $SO_3$  --,  $CaO$ ,  $CaCO_3$ , e  $SiO_2$  solubile.

## 4 - Risultati

### 4 - 1 Esame qualitativo del Calcestruzzo

La "qualità" del calcestruzzo costituente la diga di Cassiglio è significativamente rappresentata nelle foto di fig. 2 - 7. Le superfici lucide del calcestruzzo fotografato corrispondono ad alcune sezioni scelte a caso. In particolare le sezioni rappresentate nelle foto di fig. 2 e 3, relative ai campioni D/9-39 e S/8-28, presentano un calcestruzzo compatto con regolare distribuzione granulometrica.

Le foto di fig. 4 e 5, relative ai campioni D/20-22 e D/9-34, corrispondono invece ad un calcestruzzo più scadente: esso presenta evidente macroporosità dovuta ad un cattivo assestamento del getto.

Su queste ultime si nota una prevalenza di aggregato medio grosso con carenza di parti fini (calcestruzzo poco lavorabile).

Le cavità visibili sono quasi certamente non comunicanti e quindi non permeabili all'acqua dato che non si notano concrezioni calcaree. I calcestruzzi delle fig. 6 e 7 risultano permeabili e in particolare quello relativo al campione D9/62 sul quale si può constatare sia l' avvenuto dilavamento che la formazione di concrezioni. La variabilità nella struttura del calcestruzzo, esemplificata nelle foto, denuncia la presenza nel corpo della diga di zone che hanno subito segregazione e/o non sufficiente costipazione in fase di getto.

### 4 - 2 Risultati delle prove

Nelle tabelle n. 1-2-3-4, sono riportati rispettivamente per i campioni ricavati dalle carote D/9, D/19, D/20, S/8 i seguenti dati:

- sigla progressiva del campione
- quota dal coronamento diga (profondità di prelievo del campione)
- massa volumica apparente
- modulo elastico dinamico flessionale ed assiale
- massa volumica
- porosità percentuale accessibile all'acqua espressa in peso e in volume.

Nelle figure 8-9-10-11 sono rappresentati, per i diversi sondaggi e in funzione delle quote dei provini i valori di : massa volumica

apparente, porosità in peso e modulo elastico dinamico estensionale.

I risultati delle prove effettuate sollecitando meccanicamente i provini, cioè di :

- modulo elastico statico secante
- resistenza alla compressione monoassiale
- resistenza alla trazione indiretta (brasiliiana) sono riportati nelle tabelle n. 5-6-7-8.

I valori della resistenza a compressione sono espressi sia in termini di sforzo di rottura, determinato dal rapporto fra carico e superficie, che "normalizzati" per  $h = 2d$ , per tener conto dei diversi rapporti  $h/d$  ( altezza/diametro ) dei provini, secondo quanto previsto in [ 8 ].

Le figure 12, 13 e 14 esemplificano gli andamenti delle curve sforzo-deformazione registrate sui campioni D/9-17, D/19-35 e S/8-36 durante la prova di sollecitazione a compressione ad incremento di deformazione costante.

La tabella 9 contiene i risultati delle prove di permeabilità all'ossigeno ed all'acqua.

Le figure 15-16-17 riportano le curve granulometriche degli aggregati ottenute dopo la disgregazione in muffola del calcestruzzo della diga.

In tab.10 sono riportati i risultati delle analisi chimiche effettuate sulla frazione fine dei calcestruzzi, ottenuta mediante disgregazione in muffola.

#### 4 - 3 Correlazioni fra le diverse grandezze fisiche

Tra alcuni dei diversi insiemi di risultati si è riscontrata una correlazione significativa e precisamente tra:

- massa volumica apparente e massa volumica, modulo elastico dinamico estensionale e porosità;
- modulo elastico dinamico estensionale e modulo elastico dinamico flessionale.

Risultano inoltre correlabili : il modulo elastico statico secante con la resistenza a compressione e con il modulo elastico dinamico estensionale; resistenza a compressione con la massa volumica apparente . Non sussiste correlazione tra la resistenza a trazione indiretta e le altre grandezze fisiche.

I coefficienti di correlazione calcolati sono riportati in tabella n. 11.

Si ritiene che tra le grandezze esaminate si sarebbero dovute riscontrare correlazioni più significative se i campioni non avessero subito riduzioni di dimensioni (taglio e spianatura) passando da una prova all'altra.

Nella figura 18 è rappresentato l' andamento dei valori di resistenza a compressione in funzione del modulo di elasticità dinamico estensionale (M.E.D.Est.) e la relativa retta di regressione lineare :

$res_{comp.} = -233.94 + 1.52069 \times M.E.D.Est.[Kg/cm^2] / 1000.$   
 per  $n = 53$  il coefficiente di correlazione  $r$  è  $0.88048$ )

La figura 19 riporta i punti corrispondenti alla resistenza a compressione in funzione della massa volumica apparente e la curva parabolica interpolatrice di equazione:

$res_{comp.} = 0.1031E+05 - 9.807 \times M.V. + 0.2352E-02 \times M.V.^2$   
 ( per  $n = 77$  il coefficiente di correlazione  $r$  è  $0.81089$  )

Le due relazioni, ed in particolare la prima, consentono di interpretare con buon grado di confidenza i valori dei moduli elastici dinamici in termini di resistenza a compressione.

Nella tabella 12 sono riportati la numerosità, il valore medio, massimo, minimo, e lo scarto quadratico medio delle proprietà sopra descritte per ogni insieme di campioni ricavati da ognuno dei sondaggi.

### 5 - 3 Osservazioni.

La dimensione massima degli aggregati, superiore a 40 mm. avrebbe richiesto l'utilizzo di campioni aventi un diametro di almeno 150 mm. La proporzione fra il diametro degli aggregati e il diametro dei provini ha certamente influenzato la dispersione dei risultati soprattutto di quelli della resistenza a compressione, che presentano scarti quadratici medi con valori anomalmente elevati. Alla luce di queste considerazioni vanno considerati improbabili i valori di resistenza più bassi e più elevati mentre possono considerarsi significativi i valori medi stimati sull'insieme.



La distribuzione granulometrica degli aggregati, come è evidenziato nelle figure 15-16-17, corrisponde abbastanza bene ad una curva granulometrica cubica, avente diametro massimo 40 mm., del tipo solitamente utilizzato per la costruzione delle dighe.

6 - Conclusioni

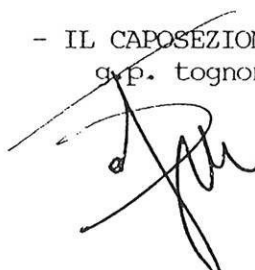
Le indagini di laboratorio effettuate sui provini ricavati da quattro carotaggi effettuati sulla Diga di Cassiglio hanno permesso di rilevare che il calcestruzzo della diga è di buona qualità con resistenze a compressione dell' ordine di 400 Kg/cm<sup>2</sup> e massa volumica apparente superiore a 2400 Kg/m<sup>3</sup>; alla qualità del calcestruzzo ha contribuito la compattezza dell' aggregato e la regolare curva granulometrica.

Esistono tuttavia delle sacche, non frequenti e dimensionalmente limitate, costituite da calcestruzzo non ben costipato o segregato di qualità inferiore alla media.

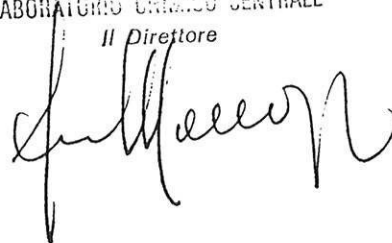
- I RELATORI -  
ing. P. Ursella - p.ch. G. Moretti

- IL CAPOSEZIONE -  
g.p. tognon



ITALCEMENTI  
LABORATORIO CHIMICO CENTRALE  
Il Direttore



Bergamo, 18 Gennaio 1990  
/cm

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - UNICEMENTO 6394 Parte 2 -sett 1983  
Massa volumica del calcestruzzo : determinazione sul calcestruzzo indurito
- 2 - UNICEMENTO 9525 ott 1989  
Calcestruzzo: determinazione dell' assorbimento di acqua per immersione sotto vuoto.
- 3 - UNICEMENTO -Progetto di norma ( marzo 1989)  
Calcestruzzo indurito : determinazione della frequenza fondamentale di risonanza flessionale estensionale e torsionale.
- 4 - UNICEMENTO -Progetto di norma (1989)  
Calcestruzzo : determinazione del coefficiente di permeabilità al passaggio di gas ( ossigeno ).
- 5 - UNICEMENTO -6135 -72  
Prove distruttive sui calcestruzzi : prova di trazione
- 6 - UNICEMENTO 6556  
Prove sui calcestruzzi : determinazione del modulo elastico secante a compressione.
- 7 - UNICEMENTO 6132  
Prove distruttive sui calcestruzzi : prova di compressione.
- 8 - CNR  
Istruzioni per la progettazione e la esecuzione delle opere in cemento armato e cemento armato precompresso con il metodo semiprobabilistico agli stati limite; allegato A tab A.5.1.2.4

Tabella n° 1 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/9  
 Massa Volumica ( apparente e reale ) , Modulo Elastico  
 Dinamico e Porosità accessibile all' acqua

Sigla Campione	Quota dal coronamento  metri	Massa Volum. apparente  Kg/m3	Modulo Elastico dinamico		Massa Volumica Reale Kg/m3	Porosità massa volume	
			Fless. Kg/cm <sup>2</sup>	Assiale Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
D9-1	0.37	2300	204000	203000	2300	6.50	14.94
D9-3	0.74	2410	385660	332000	2400	5.75	13.81
D9-5	1.09	2480	417800	414600	2430	4.06	9.88
D9-6	1.48	2510	495300	485100	2480	4.23	10.48
D9-7	1.78	2430	374300	367600	2420	4.98	12.05
D9-8	2.15	2330	578000	598400	2340	6.70	15.68
D9-9	2.72	2340	279700	315300	2330	6.66	15.51
D9-10	3.18	2400	363800	359900	2360	6.45	15.22
D9-11	3.50	2490	435100	443000	2460	4.01	10.04
D9-12	3.67	2530	490500	478500	2460	2.53	6.24
D9-13	4.04	2340	262700	333300	2340	6.41	15.01
D9-14	4.26	2480	473700	458600	2430	3.75	9.11
D9-15	4.65	2520	501300	505200	2480	3.55	8.82
D9-17	5.02	2570	562600	557000	2540	2.59	6.59
D9-20	5.56	2470	398300	445300	2430	5.31	12.91
D9-23	6.01	2420	363800	438500	2390	5.18	12.35
D9-24	6.25	2490	473900	452000	2440	4.92	12.02
D9-25	6.54	2370	348000	355400	2360	5.70	13.42
D9-26	7.12	2430	414900	389100	2410	5.48	13.22
D9-27	7.33	2440	127700	173400	2520	3.35	8.46
D9-28	7.52	2360	531700	536000	2510	2.87	7.20
D9-29	8.05	2380	380200	325100	2350	6.44	15.15
D9-31	8.79	2390	-----	-----	2370	5.91	14.03
D9-32	8.99	2550	594500	580600	2520	2.53	6.38
D9-34	9.36	2540	559900	559600	2510	2.96	7.44
D9-35	9.54	2440	272900	267100	2470	3.90	9.64
D9-36	9.98	2420	348600	322100	2380	6.00	14.28
D9-37	10.31	2410	321300	351700	2390	5.57	13.30
D9-38	10.62	2560	533000	521600	2530	3.16	8.00
D9-39	10.93	2290	352900	349100	2260	7.54	17.07
D9-41	11.45	2230	267700	253100	2290	6.71	15.37
D9-45	12.22	2330	228800	226800	2320	6.75	15.66
D9-46	12.63	2470	503700	501000	2440	4.66	11.39
D9-47	12.82	2610	446400	392900	2560	2.39	6.13
D9-48	13.37	2490	461800	461300	2440	5.11	12.48
D9-50	13.80	2510	498800	481000	2450	4.04	9.90
D9-51	14.07	2530	494800	507300	2500	3.65	9.14
D9-52	14.79	2520	425500	472900	2470	4.46	11.04
D9-53	15.26	2360	282300	282000	2350	6.33	14.91
D9-54	15.57	2440	392600	428300	2420	5.13	12.43
D9-57	15.95	2090	108300	107000	2110	10.45	22.01
D9-58	16.20	2410	313000	375300	2380	5.42	12.91
D9-62	17.00	2330	159200	191700	2350	5.91	13.87
D9-63	17.66	2480	516500	516500	2430	5.23	12.71
D9-64	18.02	2340	232500	235600	2330	6.77	15.81
D9-68	18.50	2530	512400	503100	2490	3.83	9.53

Tabella n°2 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/19  
 Massa Volumica ( apparente e reale ) , Modulo Elastico  
 Dinamico e Porosità accessibile all' acqua

Sigla Campione	Quota dal coronamento  metri	Massa Volum. apparente  Kg/m3	Modulo Elastico dinamico		Massa Volumica reale Kg/m3	Porosità massa volume	
			Fless. Kg/cm <sup>2</sup>	Assiale Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
D19-3	0.74	2490	333300	367000	2780	5.41	15.05
D19-4	1.18	2500	355800	359400	2440	5.31	12.83
D19-5	1.48	2520	427200	431600	2450	4.82	11.82
D19-6	1.90	2430	364800	354000	2410	5.70	13.74
D19-7	2.27	2520	469100	478800	2460	5.34	11.97
D19-8	2.61	2550	421600	417900	2420	5.47	13.25
D19-9	2.83	2500	394800	395500	2430	4.78	11.59
D19-10	3.06	2600	246500	257500	2510	4.06	10.71
D19-12	3.46	2453	390100	405300	2410	5.25	12.68
D19-13	3.70	2500	404300	399800	2410	5.42	8.05
D19-16	4.38	2430	350600	366000	2370	6.31	14.94
D19-18	4.71	2570	---	513100	2500	3.91	9.74
D19-19	4.95	2580	496600	506200	2490	4.22	10.53
D19-20	5.28	2490	471900	461400	2460	4.73	11.62
D19-21	5.65	2400	378800	307100	2400	5.84	13.99
D19-22	6.10	2560	531800	541200	2490	4.31	10.71
D19-23	6.42	2530	519500	512400	2440	4.07	9.95
D19-24	6.76	2570	434700	366700	2490	4.20	10.45
D19-27	7.41	2560	483600	379500	2500	3.94	9.84
D19-28	7.84	2530	462700	452500	2480	4.41	10.92
D19-29	8.22	2520	472700	485200	2480	4.33	10.75
D19-30	8.62	2500	534800	543000	2510	3.70	9.30
D19-31	9.02	2500	569900	563300	2470	4.27	10.54
D19-33	9.42	2350	361000	354100	2300	7.17	16.50
D19-34	9.83	2420	361600	358500	2360	5.90	13.95
D19-35	10.15	2500	477000	492700	2420	4.74	11.47
D19-36	10.69	2440	485800	488800	2390	5.94	14.21
D19-37	10.89	2480	403800	398100	2430	4.53	11.00
D19-40	11.25	2570	562400	554500	2530	3.35	8.49
D19-41	11.72	2450	493000	492100	2390	5.70	13.66
D19-42	12.50	2450	437500	425000	2390	5.61	13.44
D19-43	12.76	2420	337500	372300	2370	5.85	13.89
D19-44	13.27	2480	511300	612300	2370	6.28	14.83
D19-45	13.69	2460	535700	316500	2440	4.90	11.93
D19-43b	13.89	2500	511700	492600	2360	5.49	12.95
D19-48	14.33	2510	451700	449000	2480	4.05	10.03

Tabella n° 3 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/20  
 Massa Volumica ( apparente e reale ) , Modulo Elastico  
 Dinamico e Porosità accessibile all' acqua

Sigla Campione	Quota dal coronamento  metri	Massa Volum. apparente  Kg/m3	Modulo Elastico dinamico		Massa Volumica reale Kg/m3	Porosità peso volume	
			Fless. Kg/cm <sup>2</sup>	Assiale Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
D20-1	0.35	2500	408300	411900	2390	4.68	11.22
D20-2	0.76	2370	205900	236300	2230	6.27	14.42
D20-3	1.17	2530	280700	293000	2440	4.10	10.00
D20-6	1.71	2120	177800	159900	2390	4.21	10.06
D20-7	2.02	2490	43200	432300	2410	5.24	12.63
D20-7b	2.24	2540	422400	410200	2450	3.63	8.92
D20-8	2.97	2510	427700	448600	2410	5.16	12.45
D20-9	3.14	2520	442800	442100	2400	3.91	9.39
D20-11	3.47	2480	360200	356600	2390	5.02	12.03
D20-15	4.24	2520	493700	490900	2450	4.04	9.90
D20-19	5.17	2680	363200	405600	2470	3.69	9.10
D20-22	5.61	2550	529000	522000	2490	2.83	7.06
D20-23	5.76	2490	483800	507800	2460	2.87	7.08
D20-24	5.92	2610	---	529300	2540	1.48	3.77
D20-25	6.67	2530	521700	531900	2460	3.73	9.1
D20-26	7.45	2540	511900	529000	2480	3.17	7.87
D20-27	8.12	2540	501100	515500	2510	2.96	7.45
D20-30	8.49	2580	631500	604700	2550	1.66	4.24
D20-32	8.98	2500	551400	548100	2480	2.5	6.36
D20-33	9.21	2400	320900	320500	2370	7.09	16.79
D20-35	9.73	2490	451900	437600	2460	5.68	14.02
D20-38	10.25	2690	268900	292300	2420	6.11	14.82
D20-41	10.59	2370	247900	254300	2320	9.38	21.87
D20-42	11.14	2440	437000	439700	2430	5.97	14.51
D20-44	11.55	2480	500100	496200	2440	5.92	14.49
D20-45	11.90	2400	433500	434900	2340	7.48	17.35
D20-46	12.61	2390	306500	308900	2330	7.42	17.34
D20-47	13.04	2480	491200	503100	2440	5.6	13.74
D20-48	13.22	2490	446000	425600	2430	5.28	12.85
D20-50	13.62	2470	373600	357100	2470	5.0	12.50
D20-51	14.10	2490	504400	494800	2460	5.14	12.67
D20-53	14.50	2480	432800	447000	2440	5.80	14.17
D20-54	14.85	2290	191500	185700	2320	7.23	16.79
D20-55	15.36	2280	233300	262300	2310	7.52	17.38
D20-56	15.55	2190	187000	170400	2160	9.88	21.40
D20-57	16.01	2310	---	---	2320	7.74	17.99
D20-58	16.31	2470	476100	513600	2440	5.52	13.47
D20-59	16.63	2520	---	---	2470	4.70	11.67
D20-60	17.06	2470	423000	431000	2420	6.0	14.57
D20-61	17.41	2550	553900	551500	2500	4.30	10.08
D20-62	17.78	2340	335800	307000	2290	8.40	19.26
D20-64	18.13	2420	---	---	2350	7.80	18.36
D20-66	18.39	2480	419900	401600	2450	4.76	11.66
D20-67	18.65	2410	406000	366300	2380	6.48	15.41



Tabella n° 4 : Diga di Cassiglio - Pozzo S/8  
 Massa Volumica ( apparente e reale ) , Modulo Elastico  
 Dinamico e Porosità accessibile all'acqua

Sigla Campione	Quota dal coronamento  metri	Massa Volum. apparente  Kg/m3	Modulo Elastico dinamico		Massa Volumica  Kg/m3	Porosità massa volume	
			Fless. Kg/cm <sup>2</sup>	Assiale Kg/cm <sup>2</sup>		%	%
S8-1	0.44	2400	394500	406300	2345	6.83	16.01
S8-2	0.72	2490	365600	370900	2420	5.63	13.60
S8-3	0.95	2510	432500	412500	2466	4.75	11.74
S8-4	1.13	2320	203000	174500	2372	5.95	14.40
S8-5	1.39	2390	239400	252000	2392	5.93	14.18
S8-6	1.72	2380	341700	326000	2383	5.99	14.28
S8-11	2.83	2440	378500	401100	2385	5.97	14.25
S8-13	3.18	2390	358000	344700	2405	5.41	13.00
S8-14	3.47	2380	329600	336800	2305	7.25	16.72
S8-15	3.73	2500	411800	477700	2409	4.88	11.92
S8-17	4.19	2510	434900	448600	2452	4.91	12.03
S8-18	4.36	2590	529600	534000	2543	3.06	7.79
S8-19	4.53	2530	828900	652300	2521	3.83	9.71
S8-20	4.75	2610	531700	528600	2559	3.35	8.58
S8-21	4.98	2420	459500	394700	2531	3.41	8.64
S8-22	5.52	2530	511300	518800	2481	4.33	10.76
S8-25	6.14	2570	570300	561700	2514	3.7	9.35
S8-26	6.41	2300	269900	259000	2221	7.23	16.07
S8-27	6.59	2440	412400	397800	2363	6.23	14.73
S8-28	6.76	2580	436300	498500	2497	3.77	9.41
S8-30	7.36	2520	461900	446500	2495	4.14	10.34
S8-31	7.54	2570	511600	515400	2508	3.51	8.81
S8-32	7.72	2500	511600	515400	2427	4.88	11.84
S8-33	8.28	2380	290700	328500	2287	7.62	17.43
S8-34	8.51	2370	414100	406800	2446	6.12	14.89
S8-35	8.68	2520	415700	457400	2441	4.92	12.02
S8-36	8.96	2530	536200	523200	2497	3.52	8.78
S8-38	9.24	2320	300100	285700	2313	6.64	15.36
S8-39	9.65	2390	407100	410500	2371	6.11	14.50
S8-40	10.10	2220	159000	181300	2320	6.92	16.05
S8-41	10.42	2340	328600	333500	2283	7.70	17.59
S8-43	11.03	2110	181700	119000	2013	11.35	23.54
S8-44	11.48	2280	251900	230100	2267	7.79	17.67
S8-48	12.44	2390	281100	224200	2325	6.83	15.90
S8-49	12.89	2460	444500	457400	2389	5.77	13.78
S8-51	13.21	2350	92000	69400	2354	6.49	15.27
S8-52	13.41	2340	197400	202600	2247	8.40	18.88
S8-53	13.61	2450	377400	367400	2409	5.52	13.31
S8-54	13.94	2510	500100	505000	2463	4.16	10.25
S8-55	14.20	2370	437400	390200	2352	6.12	14.41
S8-56	14.42	2440	400300	394000	2374	5.75	13.63
S8-58	14.71	2420	467400	457900	2387	5.54	13.22
S8-59	14.86	2340	424200	405500	2390	5.32	12.71
S8-60	15.05	2560	333200	330700	2492	3.74	9.32
S8-61	15.32	2570	549300	554100	2530	3.38	8.56
S8-67	16.06	2230	199000	204800	2194	9.44	20.77
S8-72	16.80	2440	487600	473500	2373	5.69	13.51
S8-73	17.12	2350	621700	608000	2286	7.45	17.03
S8-75	17.77	2440	373000	380700	2374	6.12	14.53
S8-76	18.00	2480	255400	274100	2438	5.77	13.10
S8-78	18.56	2510	436700	429600	2450	4.89	11.98

Tabella N° 5 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/9  
 Massa Volumica Apparente , Modulo Elastico Secante  
 Resistenza a compressione e a trazione

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Altezza del Provino cm	Massa Vol. apparente Kg/m <sup>3</sup>	Modulo El. Stat. Sec. Kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza a Compressione l/d= 2 Kg/cm <sup>2</sup>		Resistenza a trazione indiretta Kg/cm <sup>2</sup>
D/9-2	0.48	7.9	2250	-----	249	231	---
D/9-3	0.74	20.3	2410	349700	241*	261	---
D/9-4	0.89	9.7	2500	-----	552	523	---
D/9-5	1.09	14.0	2480	-----	281	281	---
D/9-7	1.78	21.8	2430	357400	297*	327	---
D/9-9	2.72	12.4	2340	-----	---	---	22.8
D/9-12	3.67	11.3	2530	-----	508	491	---
D/9-14	4.26	15.0	2480	-----	450	456	---
D/9-17	5.02	21.8	2570	548600	546*	602	---
D/9-23	6.01	12.2	2420	-----	---	---	34.8
D/9-24	6.25	19.9	2490	510500	369*	397	---
D/9-26	7.12	14.0	2430	-----	367	367	---
D/9-28	7.52	14.2	2360	-----	690	691	---
D/9-30	8.18	9.7	2210	-----	103	98	---
D/9-31b	8.79	8.7	2380	-----	---	---	23.4
D/9-34	9.36	21.8	2540	532800	---	---	---
D/9-35	9.54	12.7	2440	-----	291	286	---
D/9-38	0.62	12.9	2560	-----	782	771	---
D/9-38b	0.62	12.1	2540	-----	---	---	60.8
D/9-39	10.93	21.4	2290	352600	282*	309	---
D/9-42	11.62	12.3	2420	-----	387	379	---
D/9-47	12.82	12.4	2610	-----	771	756	---
D/9-50	13.80	16.5	2510	-----	---	---	51.0
D/9-51	14.07	22.5	2530	498700	407*	452	---
D/9-54	15.57	21.3	2440	423500	396*	434	---
D/9-56	15.74	9.4	2180	-----	133	125	---
D/9-59	16.30	8.1	2500	-----	724	672	---
D/9-60	16.41	9.4	2440	-----	609	575	---
D/9-61	6.71	10.6	2140	-----	42	40	---
D/9-62	17.00	20.8	2330	307100	173*	188	---
D/9-65	19.20	10.3	2440	-----	---	---	33.5
D/9-67	p.c.	8.7	2230	-----	95	89	---
D/9-68	p.c.	20.3	2530	570900	435*	470	---
D/9-69	p.c.	11.4	2440	-----	121	117	---

(\*) = Valori rilevati mediante prova ad incremento  
 di deformazione costante

Tabella N° 6 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/19  
 Massa Volumica Apparente , Modulo Elastico Secante  
 Resistenza a compressione e a trazione

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Altezza del Provino cm	Massa Vol. apparente  Kg/m3	Modulo El. Stat. Sec.  Kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza a Compressione l/d= 2 Kg/cm <sup>2</sup>		Resistenza a trazione indiretta Kg/cm <sup>2</sup>
D/19-3	0.74	15.1	2490	395800	234	237	---
D/19-9	2.61	17.9	2500	-----	---	---	42.1
D/19-11	3.19	10.8	2390	-----	237	228	---
D/19-13	3.70	20.0	2500	414800	383*	413	---
D/19-14	3.83	8.6	2490	-----	510	477	---
D/19-15	4.00	10.2	2500	-----	---	---	84.2
D/19-19	4.95	20.2	2580	-----	---	---	59.2
D/19-20	5.28	21.6	2490	458000	414*	455	---
D/19-23a	6.42	14.0	2530	-----	599	599	---
D/19-23b	6.42	13.3	2500	-----	532	527	---
D/19-25	6.94	12.6	2570	-----	926	910	---
D/19-28	7.84	21.5	2470	469800	451*	495	---
D/19-30	8.62	13.8	2500	-----	---	---	59.7
D/19-32	9.20	13.2	2440	-----	---	---	65.1
D/19-33	9.42	16.7	2350	-----	303	313	---
D/19-35	10.15	21.6	2500	511600	---	---	---
D/19-37	10.89	12.7	2480	-----	273	268	---
D/19-43			2420	262200	---	---	---
D/19-44	13.27	14.3	2480	-----	374	375	---
D/19-47	14.05	15.0	2480	-----	426	431	---
D/19-48	14.33	21.2	2510	466400	398*	435	---

\*) = Valori rilevati mediante prova ad incremento  
 di deformazione costante

Tabella n° 7 : Diga di Cassiglio - Pozzo D/20  
 Massa Volumica Apparente , Modulo Elastico Secante  
 Resistenza a compressione e a trazione

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Altezza del Provino cm	Massa Vol. apparente Kg/m3	Modulo El. Stat. Sec. Kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza a Compressione l/d= 2 Kg/cm <sup>2</sup>		Resistenza a trazione indiretta Kg/cm <sup>2</sup>
D/20-2	0.76	20.9	2370	289800	---	---	---
D/20-4	1.34	13.8	2410	-----	249	248	---
D/20-5	1.46	8.9	2270	-----	259	243	---
D/20-7	2.02	21.5	2490	425800	390*	428	---
D/20-7b	2.24	19.3	2540	-----	---	---	33.7
D/20-10	3.27	11.4	2510	-----	505	488	---
D/20-18	4.46	11.2	2540	-----	---	---	67.2
D/20-22	5.61	21.9	2550	520300	458*	505	---
D/20-23	5.76	10.2	2490	-----	510	486	---
D/20-24	5.92	12.4	2610	-----	731	716	---
D/20-28	8.25	10.4	2550	-----	944	902	---
D/20-30	8.49	16.4	2580	-----	---	---	58.6
D/20-32	8.98	20.6	2500	548700	642*	697	---
D/20-34	9.37	14.7	2170	-----	84	85	---
D/20-35	9.73	21.1	2490	570800	451*	493	---
D/20-36	9.87	12.3	2480	-----	589	576	---
D/20-39	10.37	9.2	2500	-----	930	876	---
D/20-41	10.59	11.4	2370	-----	---	---	32.6
D/20-44	11.55	21.8	2480	490500	494*	544	---
D/20-48	13.22	13.2	2490	-----	402	397	---
D/20-50	13.62	10.9	2470	-----	683	657	---
D/20-50b	-----	10.7	2390	-----	---	---	34.8
D/20-53	14.50	21.3	2480	418800	---	---	---
D/20-56	15.55	11.9	2190	-----	69	67	---
D/20-62	17.78	21.0	2340	355000	153*	167	---
D/20-63	17.91	10.3	2360	-----	---	---	29.2
D/20-64	18.13	11.7	2420	-----	367	356	---

..(\*) = Valori rilevati mediante prova ad incremento  
 di deformazione costante

Tabella n° 8 : Diga di Cassiglio - Pozzo S/8  
 Massa Volumica Apparente , Modulo Elastico Secante  
 Resistenza a compressione e a trazione

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Altezza del Provino cm	Massa Vol. apparente Kg/m <sup>3</sup>	Modulo El. Stat. Sec. Kg/cm <sup>2</sup>	Resistenza a Compressione l/d= 2 Kg/cm <sup>2</sup>		Resistenza a trazione indiretta Kg/cm <sup>2</sup>
S/8-2	0.72	22.5	2490	345500	153*	170	---
S/8-3	0.95	18.4	2510	-----	330	348	---
S/8-4	1.13	12.8	2320	-----	119	117	---
S/8-5	1.39	20.8	2390	-----	---	---	28.5
S/8-12	2.98	10.9	2240	-----	221	213	---
S/8-13	3.18	12.1	2390	-----	279	272	---
S/8-14	3.47	21.7	2380	323600	258*	284	---
S/8-18	4.36	11.9	2590	-----	547	533	---
S/8-19	4.53	11.0	2530	-----	---	---	53.1
S/8-21	4.53	16.0	2420	-----	216	221	---
S/8-26	6.41	20.9	2300	282400	---	---	---
S/8-27	6.59	13.6	2440	-----	273	272	---
S/8-29	6.93	13.3	2550	-----	604	598	---
S/8-31	7.54	14.2	2570	-----	685	686	---
S/8-33	8.28	21.2	2380	172500	153*	167	---
S/8-35	8.68	12.1	2520	-----	---	---	42.4
S/8-36	8.96	21.3	2530	523500	544*	596	---
S/8-37	9.08	9.1	2430	-----	520	498	---
S/8-38	9.24	10.2	2320	-----	189	180	60.8
S/8-42	10.58	13.1	2270	-----	182	180	---
S/8-44	11.48	21.1	2280	278700	188*	205	---
S/8-45	11.65	12.9	2290	-----	---	---	32.3
S/8-46	11.76	8.3	2360	-----	340	316	---
S/8-51	13.21	19.5	2350	335400	100*	107	---
S/8-52	13.41	16.7	2340	-----	95	98	---
S/8-56	14.42	16.1	2440	-----	310	318	---
S/8-59	14.86	12.1	2340	-----	---	---	41.0
S/8-61	15.32	22.0	2570	496400	326*	360	---
S/8-66	15.05	15.7	2520	-----	474	484	---
S/8-68	16.20	9.6	2190	-----	174	165	---
S/8-72	16.80	14.7	2440	-----	512	516	---
S/8-74	17.28	10.7	2410	-----	362	347	---
S/8-76	p.c.	9.9	2480	-----	---	---	24.1
S/8-78	p.c.	20.8	2510	410200	356*	387	---

..(\*) = Valori rilevati mediante prova ad incremento  
 di deformazione costante

Tabella n° 9 : Diga di Cassiglio  
 Coefficiente di permeabilità al passaggio  
 di gas ( Ossigeno ) ad all' acqua

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Coefficiente specifico di Permeabilità m <sup>2</sup> *1E-15	Coefficiente di Permeabilità all'Acqua
D/9 -6	1.48	4.930	2000. E-12
D/9 -25	6.54	----	---
D/9 -41	11.45	0.091	---
D/9 -53	15.26	0.021	---
D/19-8	2.61	0.753	---
D/19-30	8.62	3.240	1260.0 E-12
D/19-41	11.72	0.027	---
D/19-45	13.69	0.016	---
D/20-2	0.76	0.278	---
D/20-25	6.67	0.009	---
D/20-35	9.73	0.047	---
D/20-58	16.31	0.005	---
D/20-67	p.c.	0.160	---
S/8 -1	0.44	0.428	---
S/8 -28	6.76	0.008	---
S/8 -58	14.71	0.033	---
S/8 -75	17.77	14.664	2000.0 E-13

Tabella n° 10 : Diga di Cassiglio  
 Analisi Chimiche , determinazioni sulla frazione  
 ' fine ' ottenuta per disgregazione

Sigla Campione	Quota dalla sommità m	Analisi Chimica della frazione "fine"			
		SO3 %	CaO %	CaCO3 %	SiO2 sol. %
D/9 -6	1.48	0.33	33.97	31.50	3.42
D/9 -27	7.33	0.37	35.76	32.50	4.06
D/9 -32	8.99	0.25	35.22	32.00	3.89
D/9 -58	16.20	0.75	34.33	27.00	3.89
D/9 -64	18.02	0.75	34.51	29.75	4.30
D/19-10	3.06	0.40	35.04	29.25	4.36
D/19-18	4.71	0.35	33.61	28.50	3.60
D/19-40	11.25	0.33	35.58	30.00	3.73
D/19-45	13.69	0.37	33.61	30.50	3.30
D/20-11	3.47	0.45	35.22	31.00	4.23
D/20-32	8.98	0.27	36.92	32.25	4.54
D/20-38	10.25	0.29	34.51	31.00	3.81
D/20-58	16.31	0.39	34.95	29.50	3.92
D/20-66	18.39	0.45	35.04	30.00	3.59
S/8 -14	3.47	0.50	32.90	27.50	4.01
S/8 -19	4.53	0.32	32.97	29.25	2.52
S/8 -20	4.75	0.23	33.79	29.75	2.32
S/8 -55	14.20	0.74	34.69	31.00	4.55
S/8 -75	17.77	0.57	35.04	26.75	4.17

Tabella n° 11 : Diga di Cassiglio  
 Coefficienti di correlazione ' r '  
 tra le principali grandezze

	Sigla insieme di campioni	Modulo Elast. dinamico Flessionale	Massa Volum. Reale	Porosità all'acqua % massa
Massa volum. Apparente	D/20	0.731	0.866	0.780
	D/9	0.724	0.923	0.862
	D/19	(0.469)	0.860	0.845
	S/8	0.688	0.897	0.893
Modulo elas. Flessionale	D/20	0.987	-----	-----
	D/9	0.972	-----	-----
	D/19	0.934	-----	-----
	S/8	0.964	-----	-----
Porosità all'acqua in massa	D/20	-----	-----	0.997
	D/9	-----	-----	0.996
	D/19	-----	-----	0.987
	S/8	-----	-----	0.996



Tabella n° 12/a : Diga di Cassiglio  
 Numerosità , valore minimo , massimo , medio e  
 scarto quadratici medio  
 delle principali grandezze fisiche rilevate .

	Pozzo D/9	Pozzo D/19	Pozzo D/20	Pozzo S/8
Massa Volumica Apparente: (Kg/m <sup>3</sup> )				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	2430.	2495.	2464.	2431.
valore minimo	2093.	2350.	2192.	2110.
valore massimo	2607.	2597.	2682.	2613.
scarto quadr. medio	97.	54.	96.	104.
Modulo Elastico dinamico Flessionale (Kg/cm <sup>2</sup> )				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	393124.	441301.	400894.	393873.
valore minimo	108281.	246546.	186981.	92022.
valore massimo	594470.	569922.	551380.	828861.
scarto quadr. medio	122574.	74397.	102526.	131116.
Massa Elastico dinamico Assiale (Kg/cm <sup>2</sup> )				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	396768.	435305.	403520.	387816.
valore minimo	106992.	257491.	170455.	69417.
valore massimo	598410.	612266.	548110.	652268.
scarto quadr. medio	117508.	80584.	107035.	126124.
Porosità access. all'acqua (% in peso)				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	5.04	4.98	5.48	5.68
valore minimo	2.39	3.35	2.56	3.06
valore massimo	10.45	7.17	9.88	11.35
scarto quadr. medio	1.59	0.86	1.93	1.65
Porosità acces. all'acqua (% in volume)				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	12.03	11.98	13.08	13.45
valore minimo	6.13	8.05	6.36	7.79
valore massimo	22.01	16.50	21.87	23.54
scarto quadr. medio	3.35	1.98	4.17	3.30

Tabella n° 12 /bis : Diga di Cassiglio  
 Numerosità , valore minimo , massimo , medio e  
 scarto quadratico medio  
 delle principali grandezze fisiche rilevate .

	Pozzo D/9	Pozzo D/19	Pozzo D/20	Pozzo S/8
<b>Resistenza a compr. normalizzata (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
numerosità	27	14	19	27
valore medio	384.7	440.2	470.0	319.6
valore minimo	40.0	228.0	67.0	98.0
valore massimo	771.0	910.0	902.0	686.0
scarto quadr. medio	204.7	168.0	234.0	163.2
<b>Resistenza a traz. indiretta (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
numerosità	6	5	6	6
valore medio	37.7	62.0	42.68	36.9
valore minimo	22.8	42.1	29.2	24.1
valore massimo	60.8	84.2	67.2	53.1
scarto quadr. medio	13.92	13.50	14.61	9.70
<b>Massa Volumica Assoluta: (Kg/m<sup>3</sup>)</b>				
numerosità	46	36	22	51
valore medio	2412	2445	2407	2393
valore minimo	2106	2301	2164	2013
valore massimo	2565	2533	2509	2559
scarto quadr. medio	85	76	77	101
<b>Modulo elastico statico secante (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
numerosità	10	7	8	9
valore medio	445180	425514	452465	352022
valore minimo	307100	262200	289800	172500
valore massimo	570900	511600	570800	523500
scarto quadr. medio	92864	75373	91592	103929

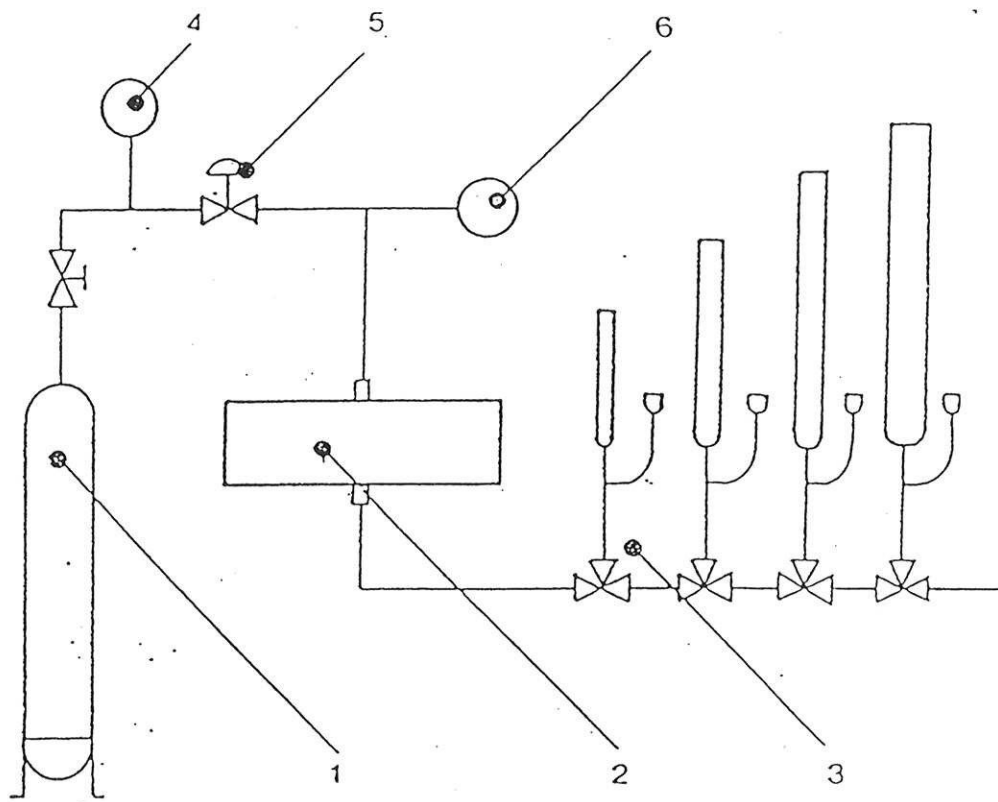


Figura 1 - Schema dell'apparecchiatura per la determinazione della Permeabilità : 1 - Bombola di gas ossigeno; 2- Cella di permeabilità; 3 - Flussimetri a bolla di sapone; 4 - Manometro; 5 - Valvola di regolazione della pressione; 6 - Trasduttore di pressione.

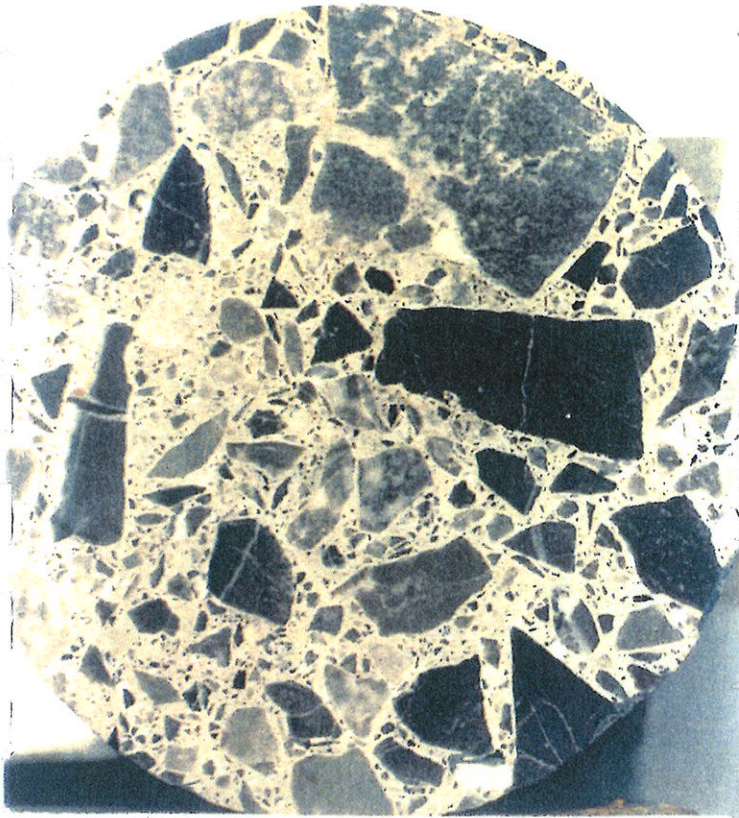


Figura 2 - Campione D/9 - 39

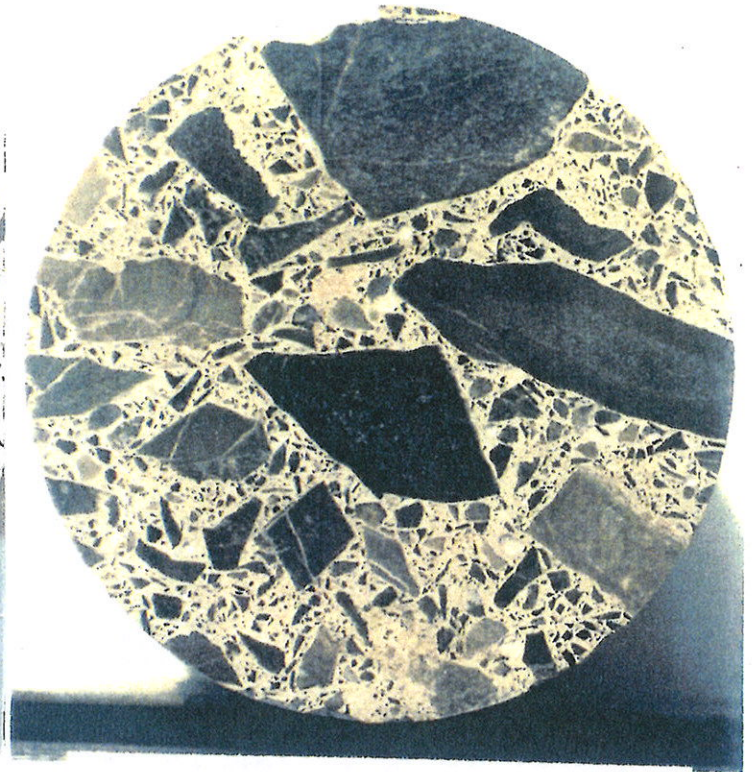


Figura 3 - Campione S/8 - 28

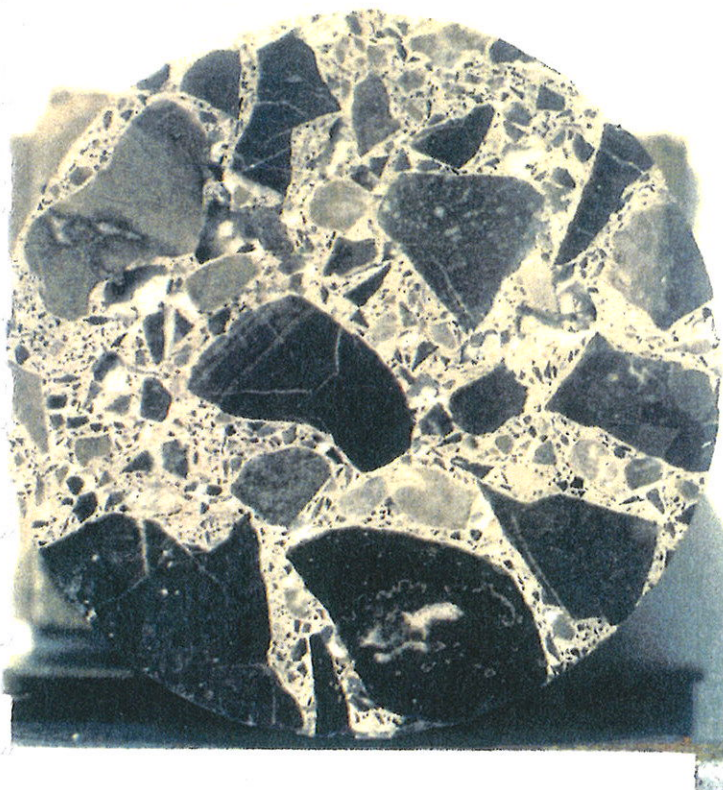


Figura 4 - Campione D/20 - 22

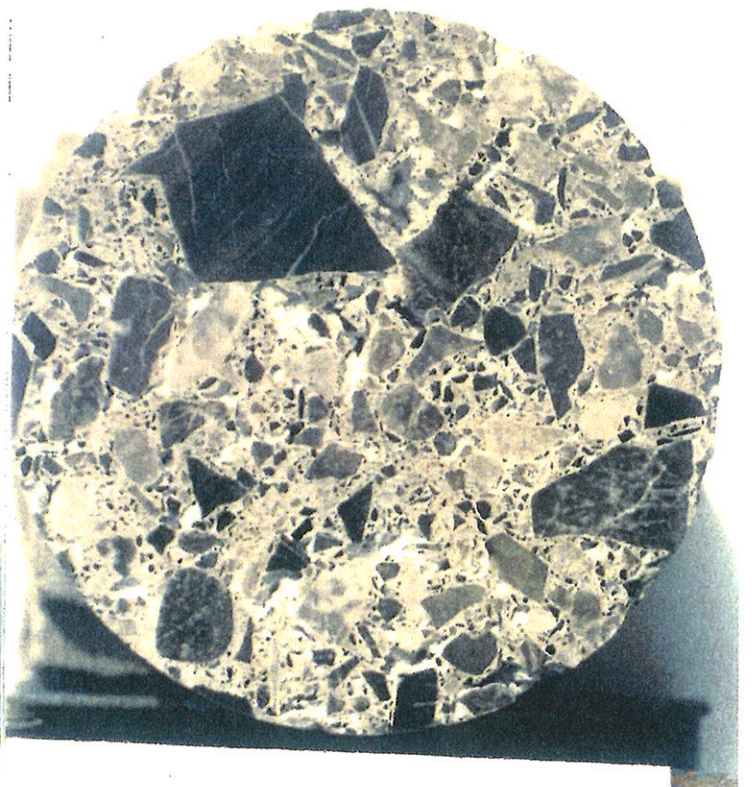


Figura 5 - Campione D/9 - 34

Figure 2+5 Fotografie di alcune sezioni lucide.

Quota rispetto al piano di coronamento ( m. )

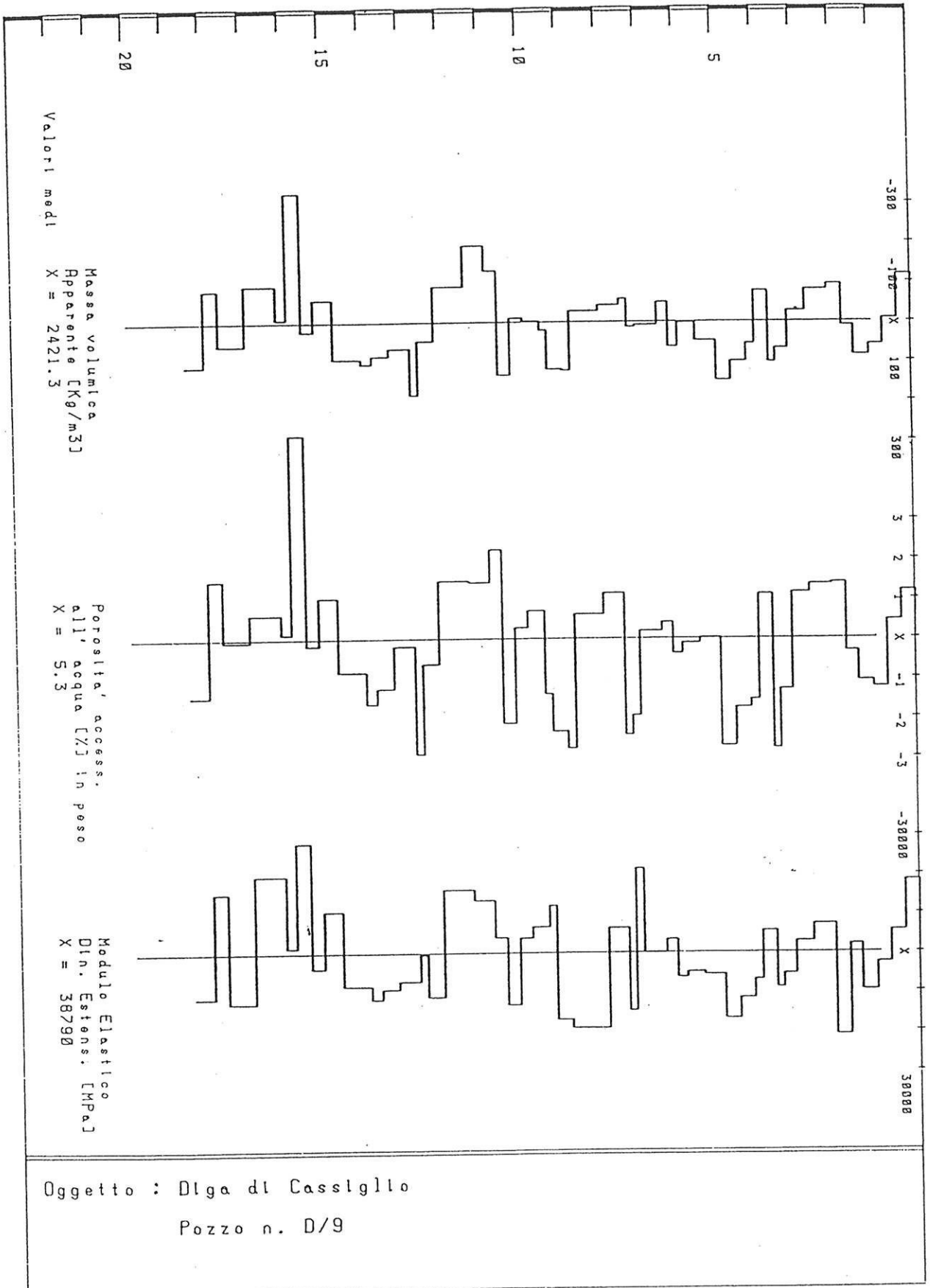


Figura 8 - Pozzo D/9 : Andamento di Massa volumica apparente, Porosità all'acqua e Modulo elastico dinamico estensionale in funzione delle quote dei provini.

Quota rispetto al piano di coronamento ( m. )

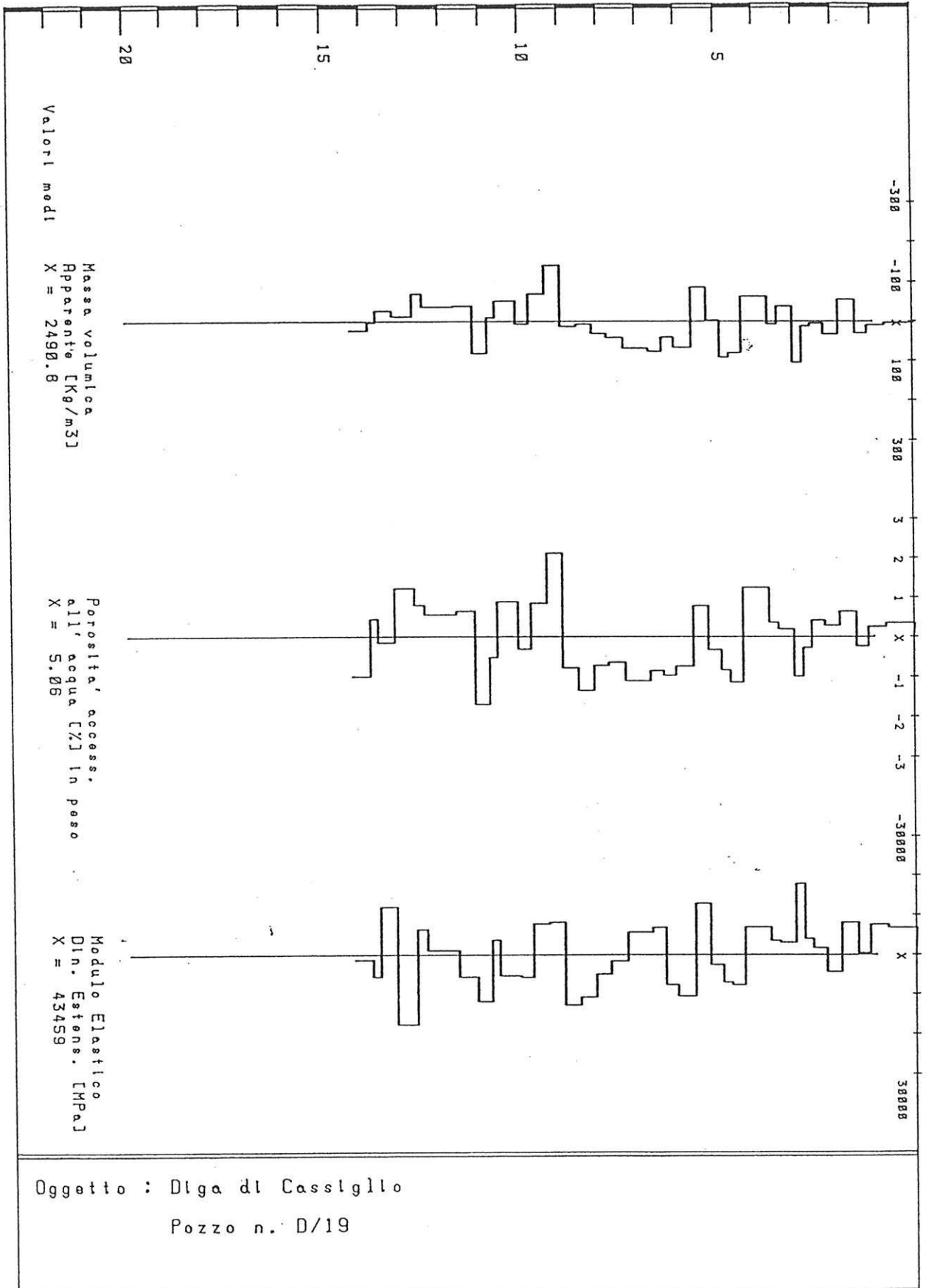


Figura 9 - Pozzo D/19 : Andamento di Massa volumica apparente, Porosità all'acqua e Modulo elastico dinamico in funzione delle quote dei provini.

Quota rispetto al piano di coronamento ( m. )

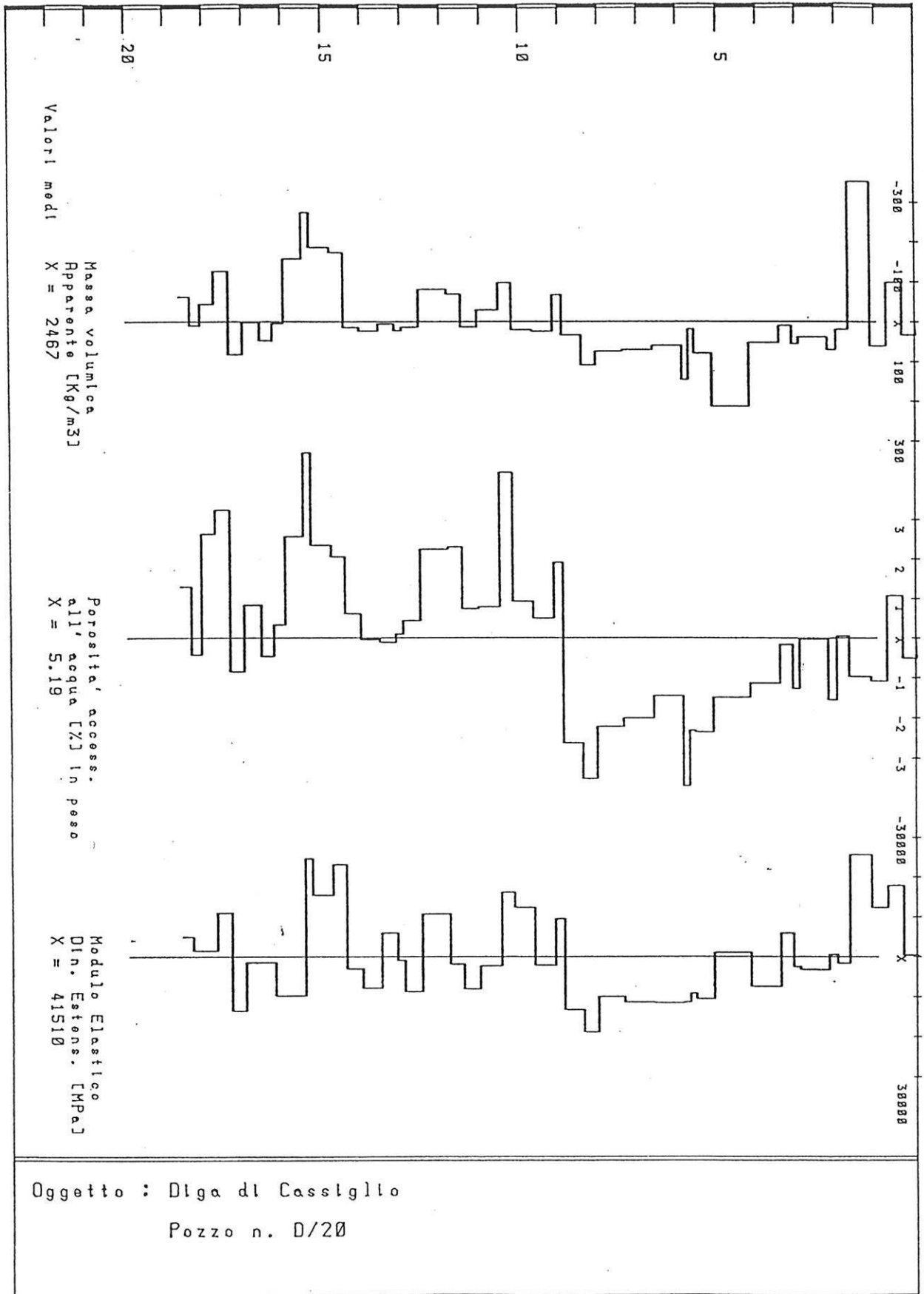


Figura 10 - Pozzo D/20 : Andamento di Massa volumica apparente, Porosità all'acqua e Modulo elastico dinamico in funzione dei provini.

Quota rispetto al piano di coronamento ( m. )

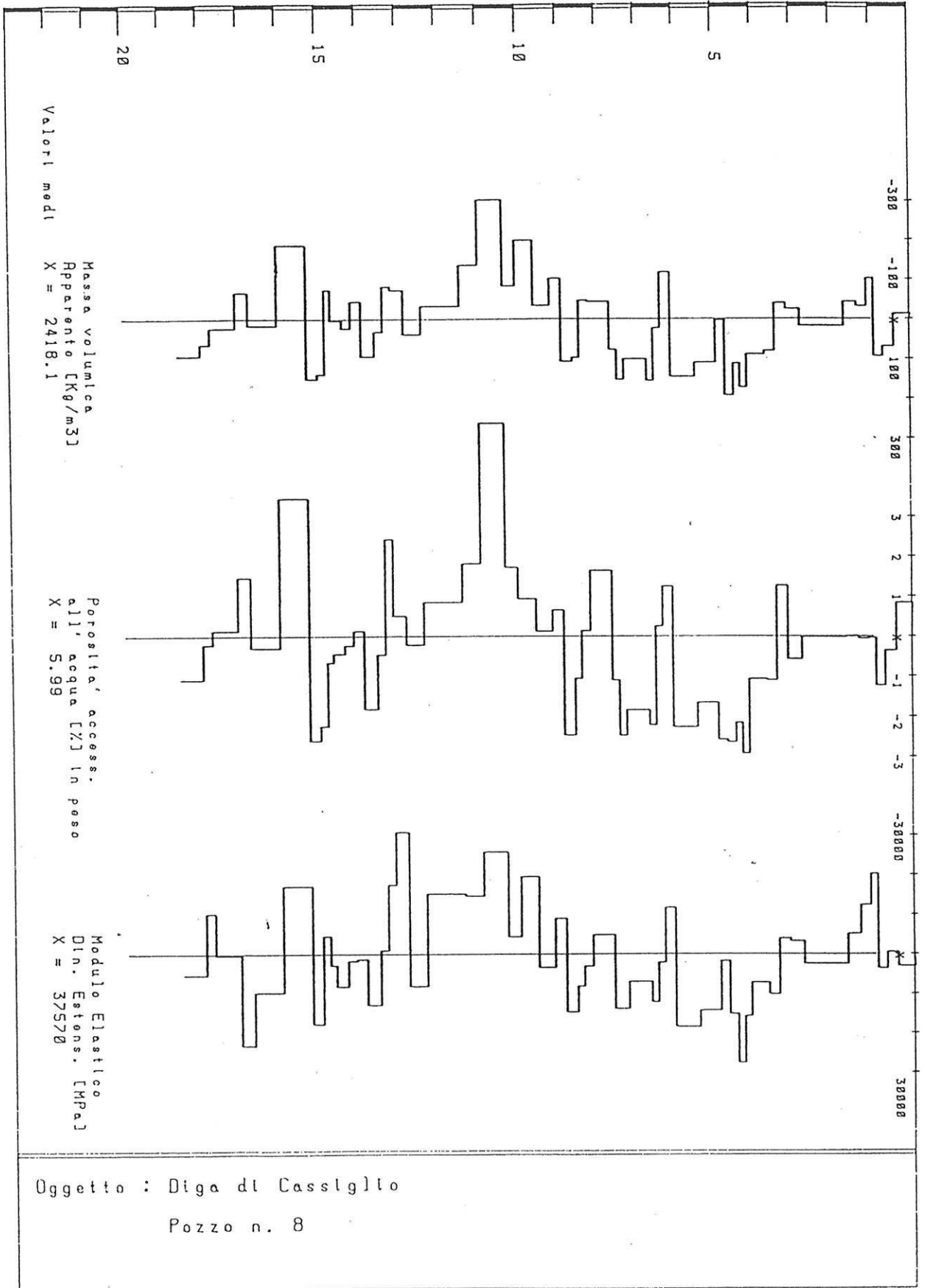
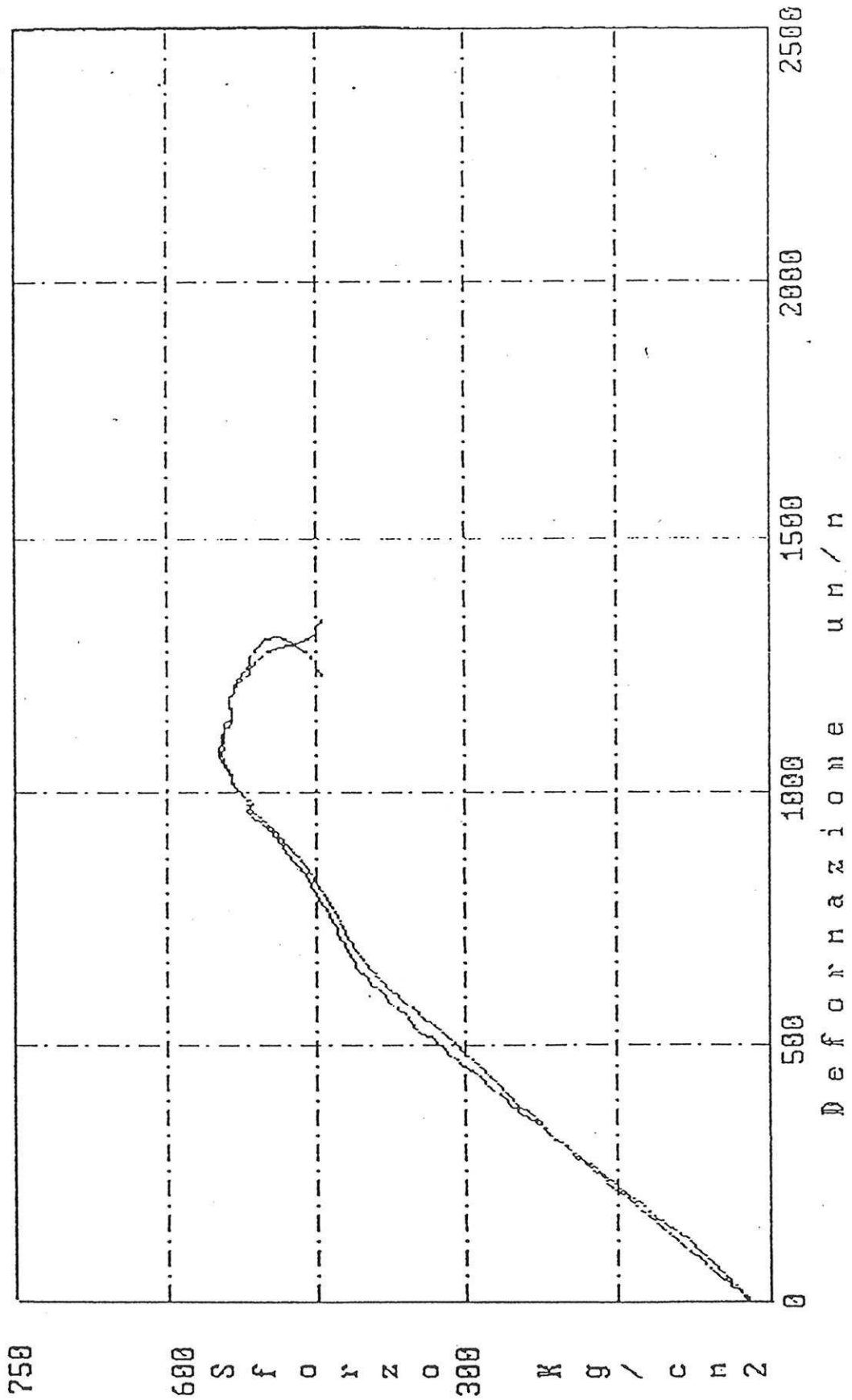


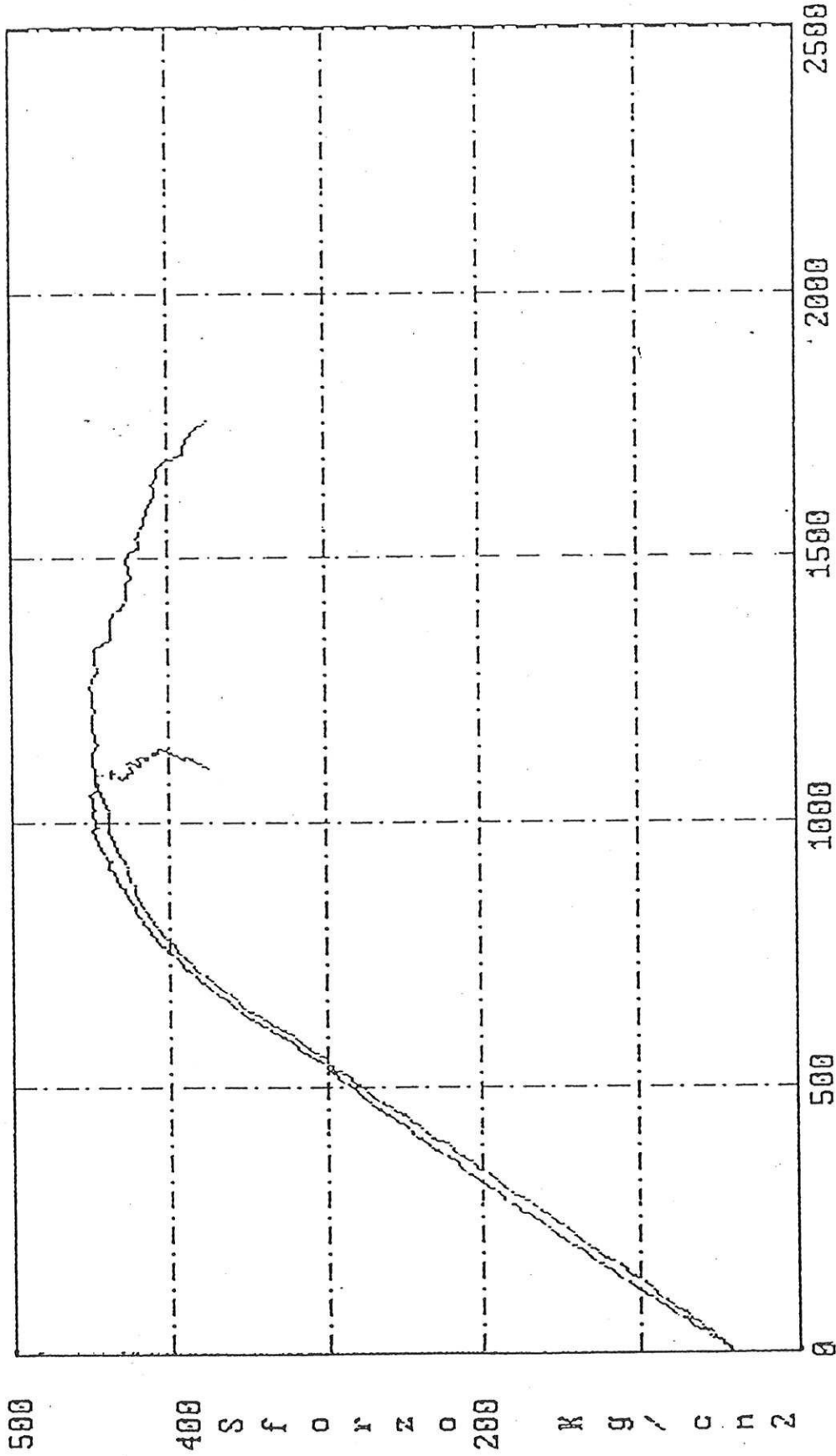
Figura 11 - Pozzo S/8 : Andamento di Massa volumica apparente, Porosità all'acqua e Modulo elastico dinamico in funzione delle quote dei provini.





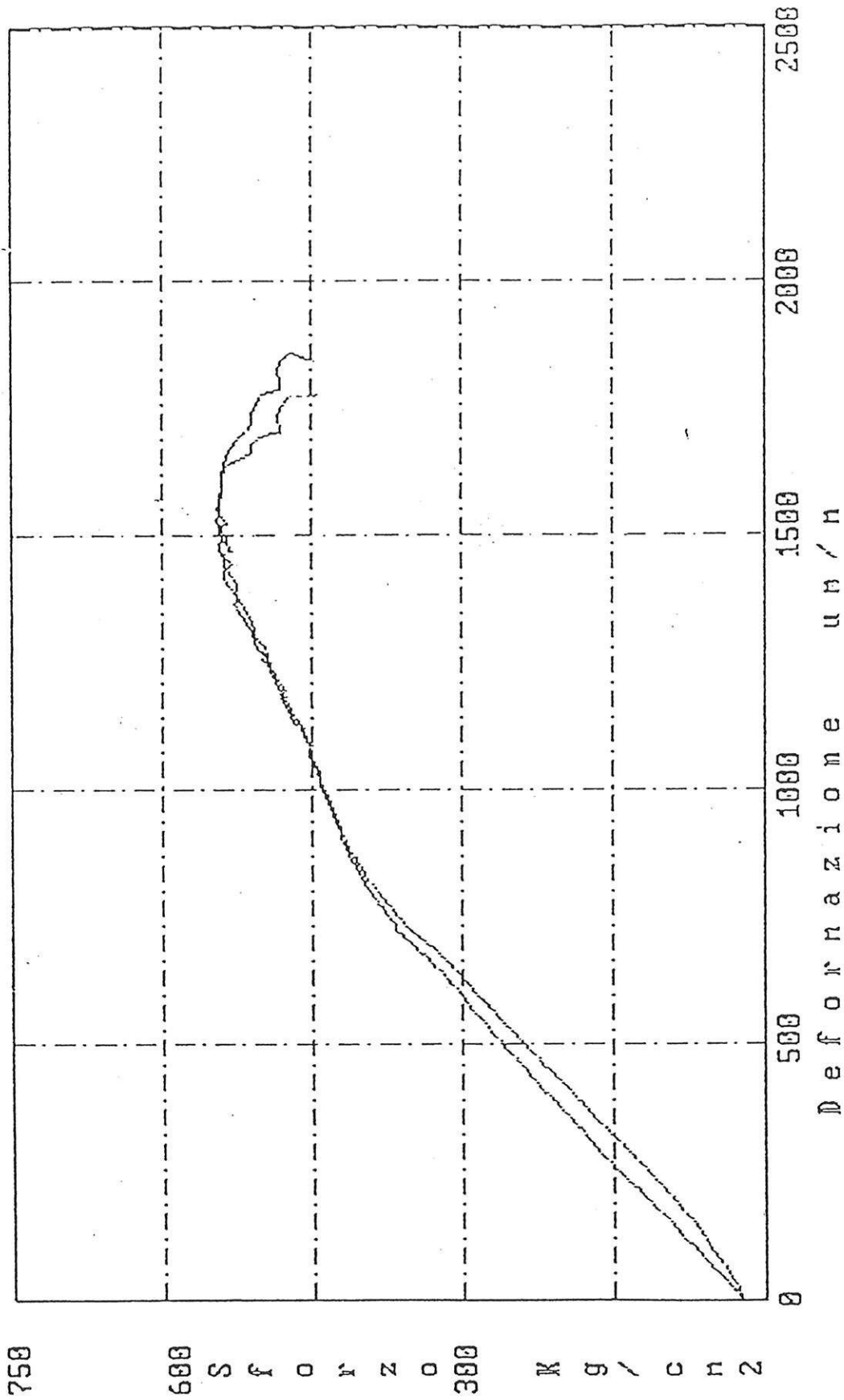
Diga di Cassiglio  
 Prova a compressione sul campione d 9 -- 17

Figura -12 - Andamento sforzo-deformazione relativo alla prova a compressione del provino D/9 - 17



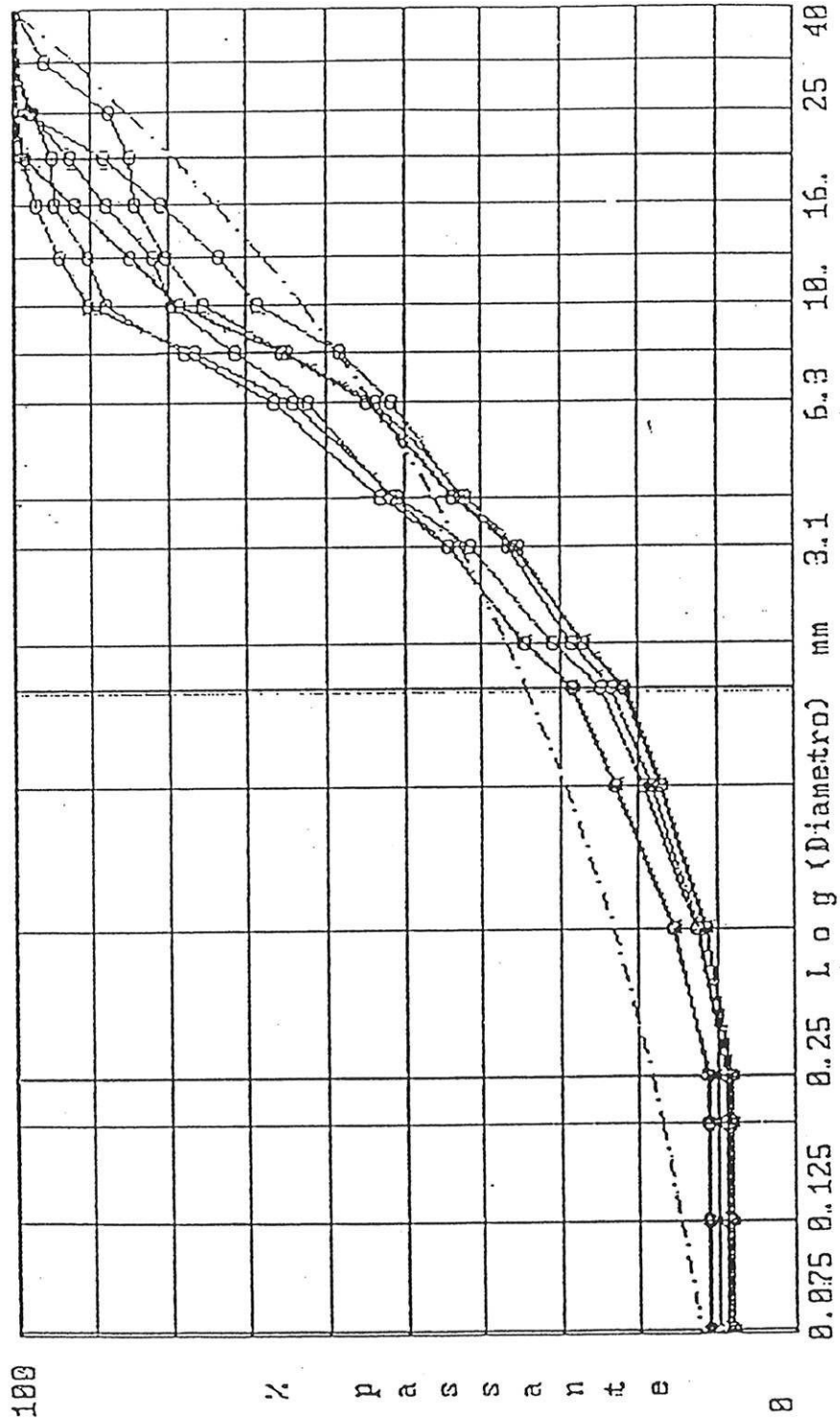
Diga di Cassiglio  
 Prova a compressione sul campione d 19 -- 35

Figura 13 - Andamento sforzo - deformazione relativo alla prova a compressione del provino D/19-35



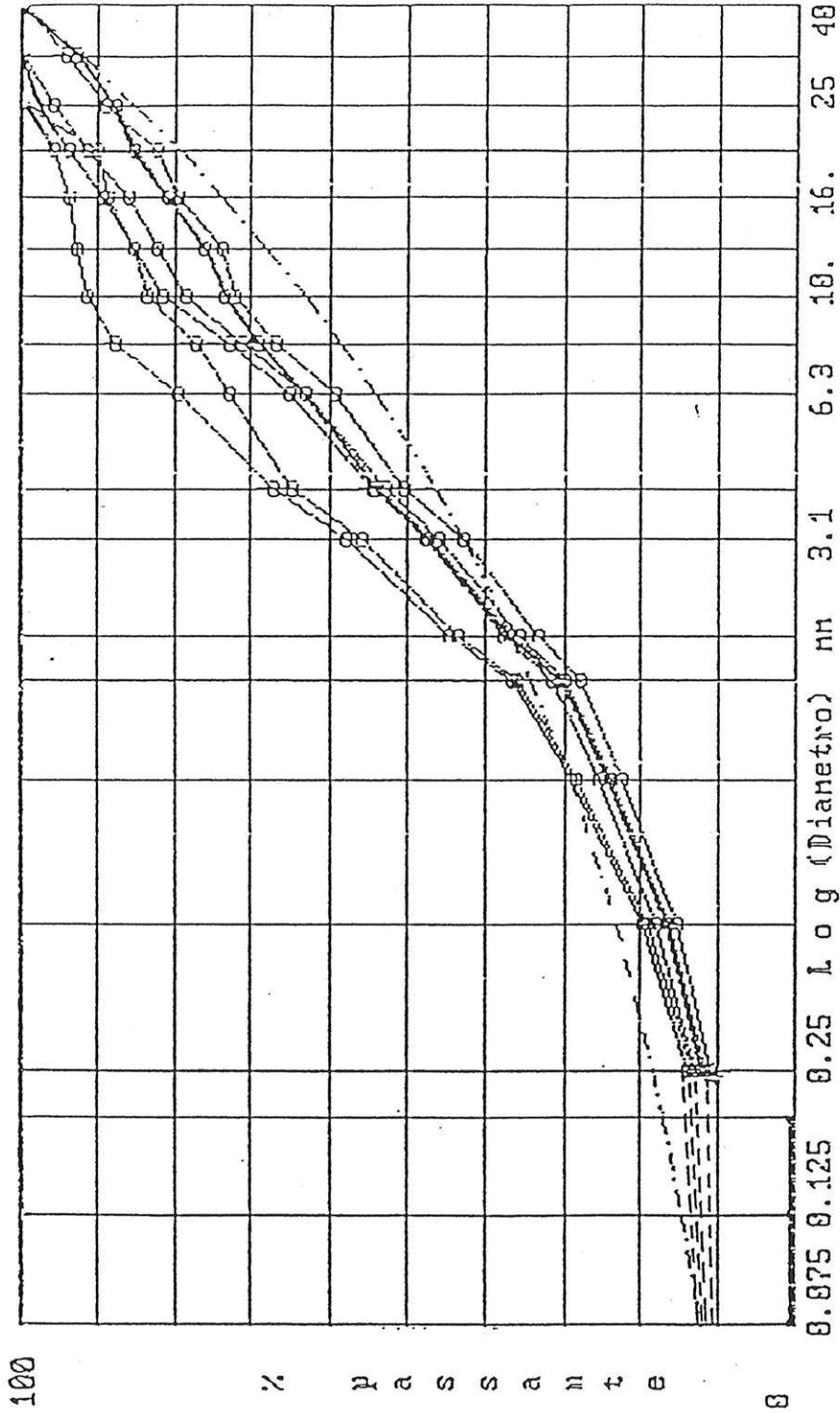
Diga di Cassiglio  
 Prova a compressione sul campione s 8 -- 36

Figura 14 - Andamento sforzo-deformazione relativo alla prova a compressione del provino S/8 - 36



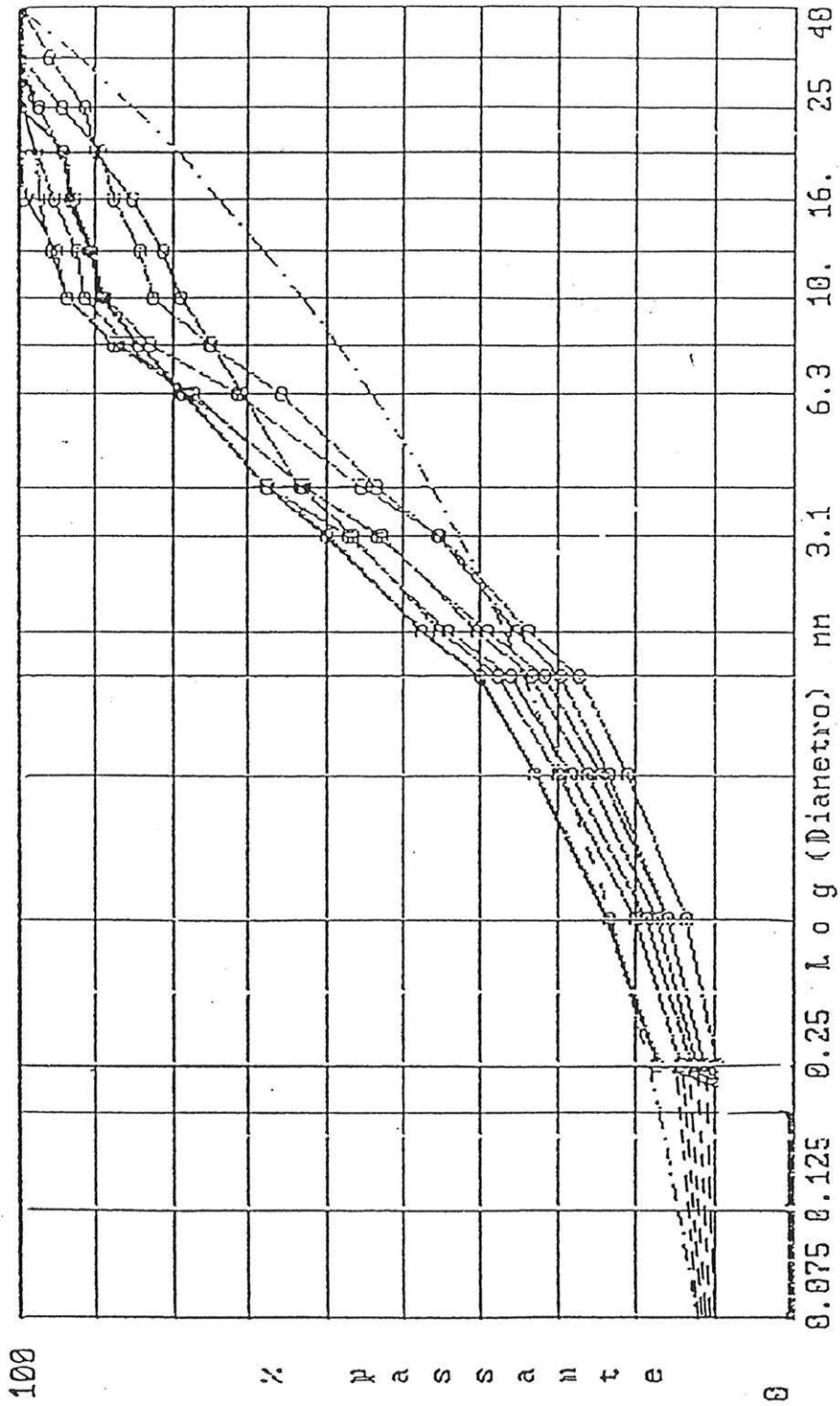
Ottimizzazione secondo Curva cubica

Figura 15 - Curve granulometriche degli aggregati con cemento  
Campioni : D/20-66, D/20-38, D/20-32, D/20-11, D/20-58, D/19-10



Ottimizzazione secondo Curva cubica

Figura 16 - Curve granulometriche degli aggregati con cemento  
Campioni : D/9-64,D/9-32,D/9-6,D/9-27,S/8-20,S/8-9



Ottimizzazione secondo Curva cubica

Figura 17 - Curve granulometriche degli aggregati con cemento  
Campioni : D/19-58, D/19-45, D/19-40, D/19-18, S/8-75,  
S/8-55, S/8-44.

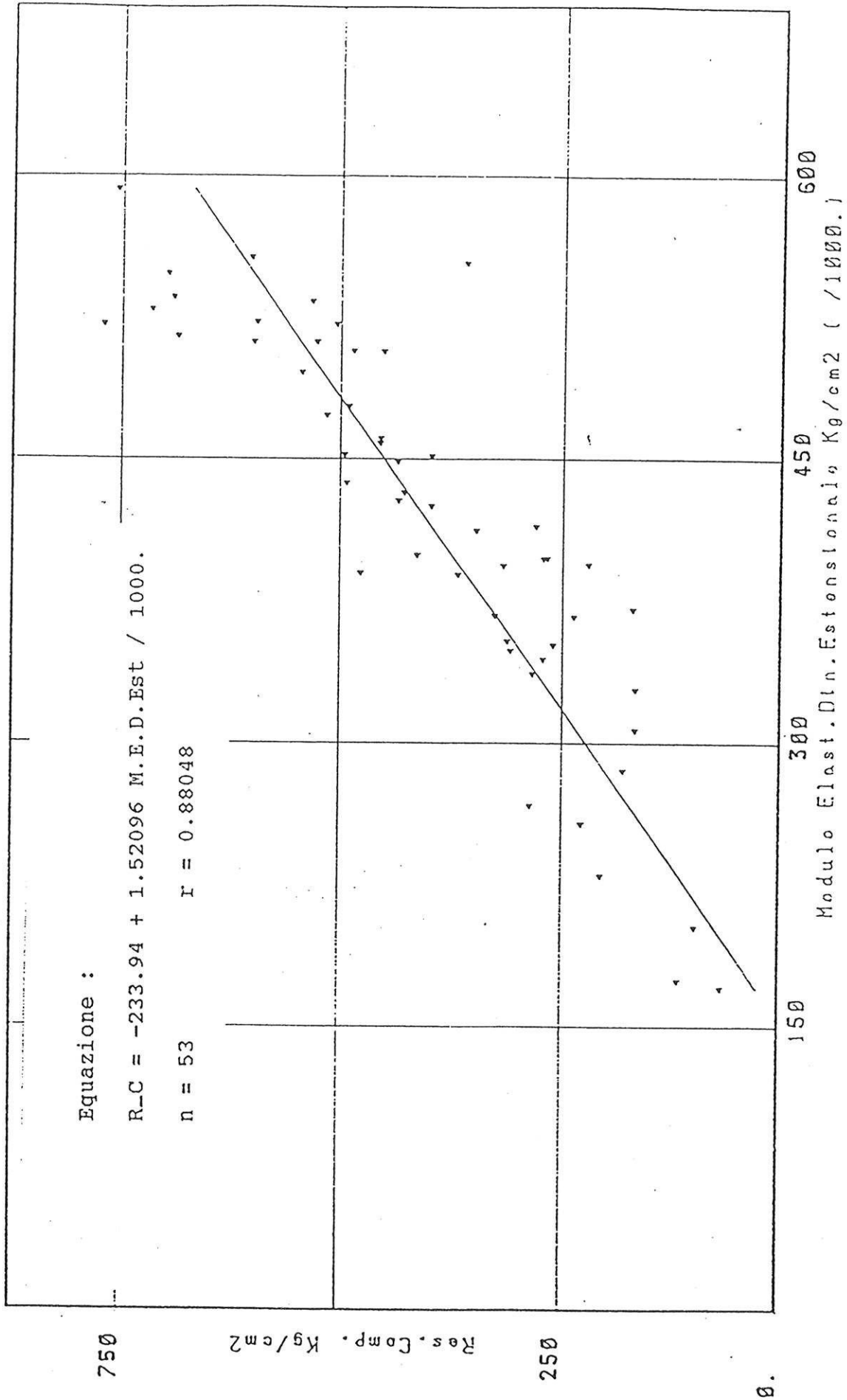
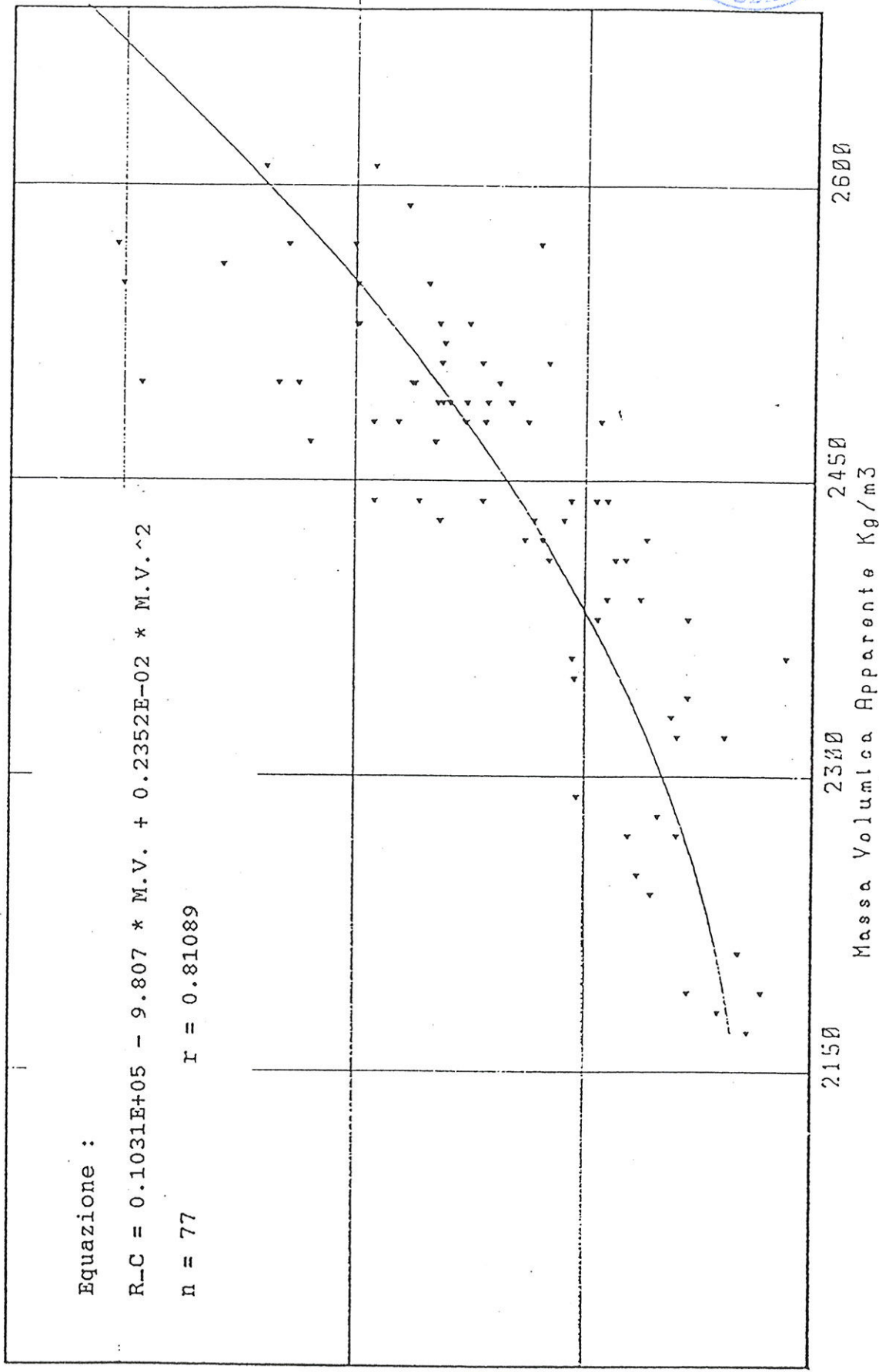


Figura 18 - Andamento della resistenza a compressione in funzione del modulo Elastico Dinamico Estensionale



*Per Reg*

INGEGNERIA  
 DOTTORE  
 INGEGNERE  
 MARCO  
 REGORARO  
 C.A.P. N° 1782  
 BERGAMO

FIGURA:19 - Andamento della resistenza a compressione in funzione della massa volumica apparente