

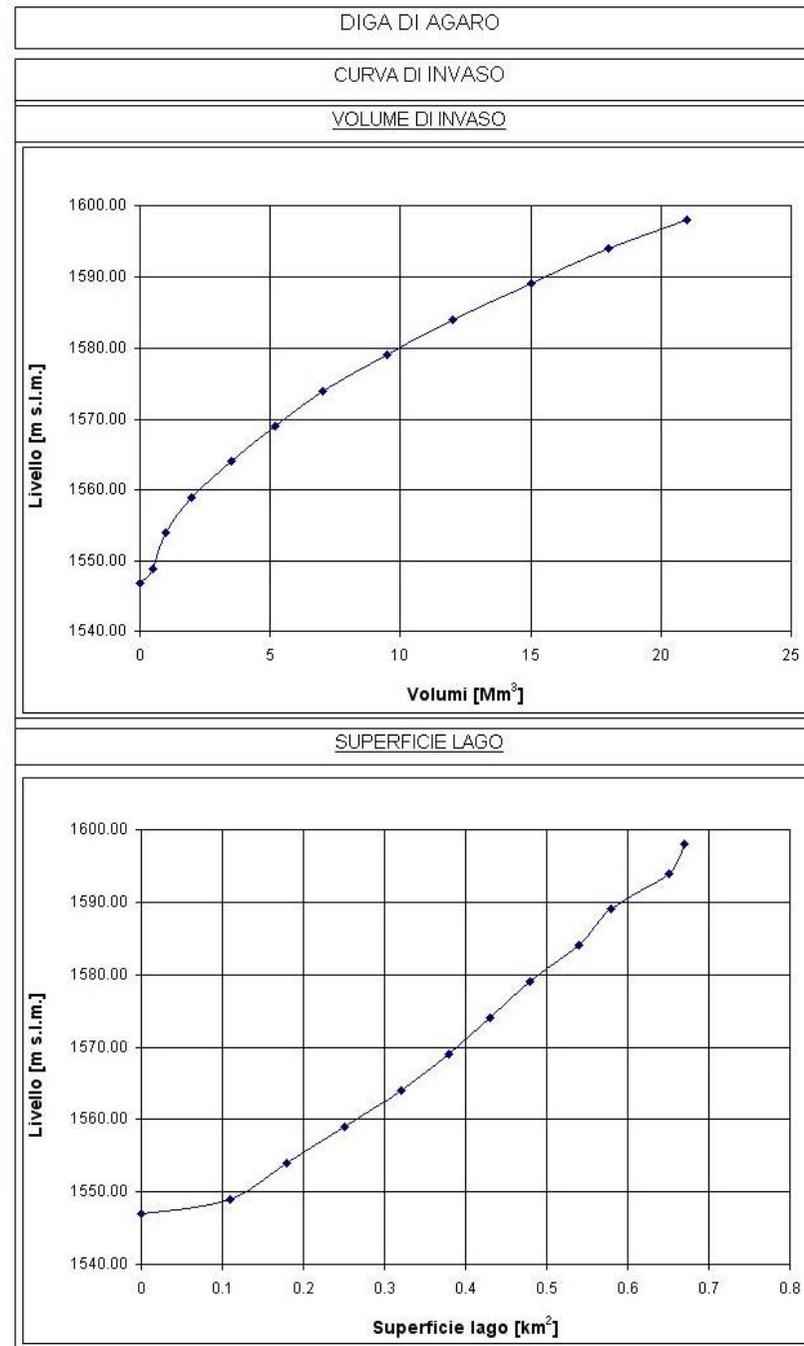
Invasi Artificiale



(neg. Edison)

Fig. 402 – Aspetto di una zona d'invaso prima della costruzione della diga. Quest'ultima è indicata in bianco sulla destra. La linea bianca sui fianchi della valle indica il livello di massimo invaso (Valle del Reno di Lei).

Curva dei volumi di
invaso



Curva delle superfici

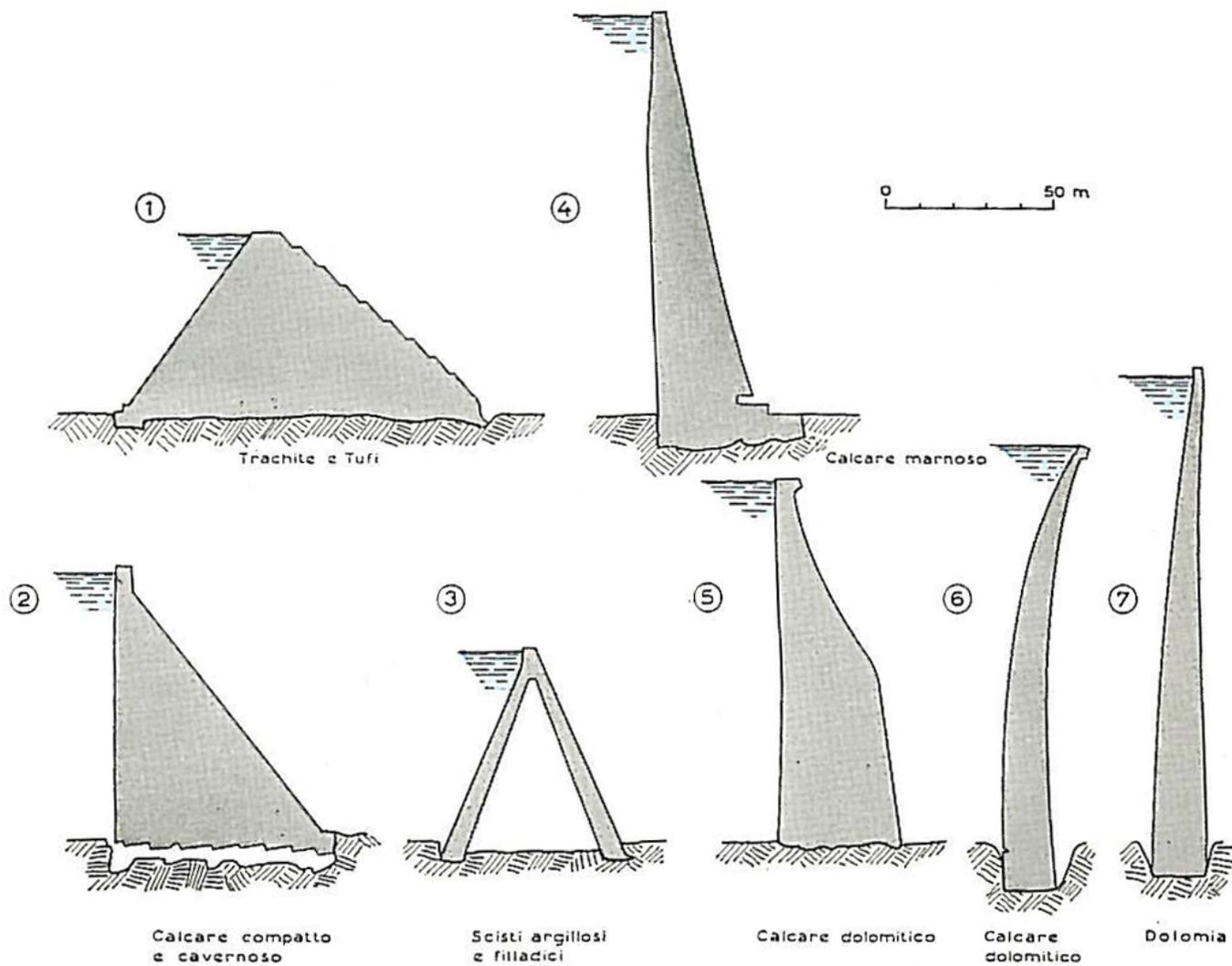


Fig. 398 - Principali tipi di dighe (in sezione trasversale).

① Diga in pietrame del Cugia (Rio Mannu, 52,50 m d'altezza); ② Diga a gravità massiccia di Vagli (95,50 m); ③ Diga a gravità alleggerita di Bau Muggeris (63 m); ④ Diga ad arco gravità di Cancano II (136 m); ⑤ Diga ad arco gravità di Pieve di Cadore (112 m); ⑥ Diga ad arco del Lumiei (136,15 m); ⑦ Diga ad arco di S. Giustina (152,50 m) [2]. Per le dighe in terra vedi fig. 418.

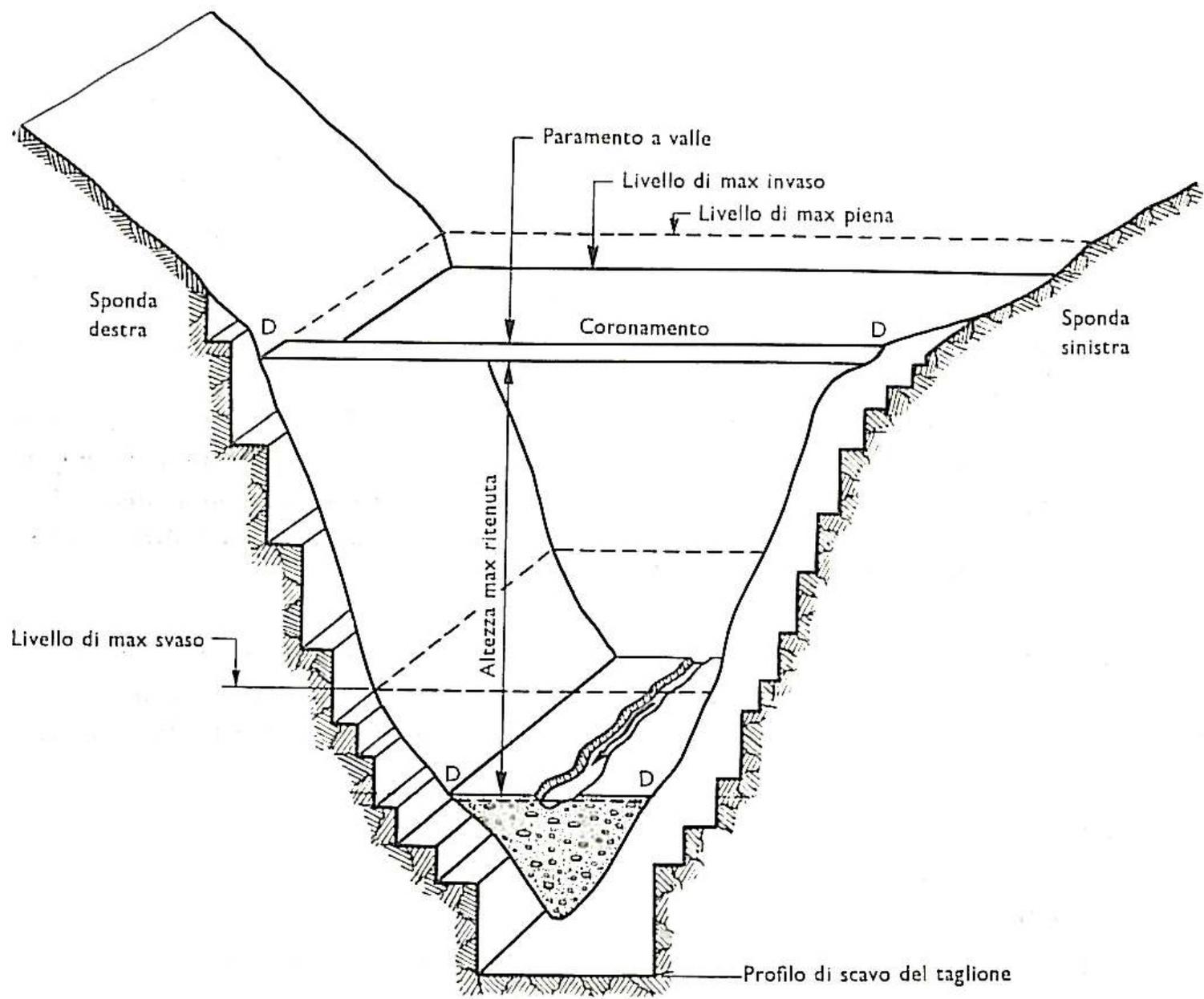


Fig. 400 – Nomenclatura essenziale relativa ad una diga di ritenuta.

Classificazione degli sbarramenti

Decreto M.LL.PP. 24/03/1982

Dighe murarie

Sbarramenti in muratura di calcestruzzo. In base al comportamento statico si distinguono:

a) a gravità

1. **Ordinaria** (“a gravità massicce”): asse planimetrico o a debole curvatura, sezioni orizzontali piene divise in conci
2. **A speroni, a vani interni** (“a gravità alleggerite”): successione di elementi indipendenti (speroni), pieni o cavi, a reciproco contatto lungo il paramento di monte e con superfici laterali distanziate nel tratto intermedio

b) a volta

sezioni orizzontali arcuate e impostate contro roccia, direttamente o tramite una struttura di ripartizione (*pulvino*)

1. **Ad arco**: si ha resistenza alla spinta dell’acqua per effetto della curvatura longitudinale
2. **Ad arco-gravità**: concorrono alla resistenza sia l’effetto di curvatura che quello di mensola
3. **A cupola**: si ha reattività elastica assimilabile a quella di lastra a doppia curvatura

c) a volte o solette, sostenute da contrafforti: strutture costituite da una successione di volte o solette poggiate su contrafforti pieni o cavi (non adatte a zone sismiche)

Dighe di materiali sciolti

Costituite da rilevati formati con materiali litici sciolti micro e/o macroclastici (terre o pietrame). Si distinguono strutture:

- 1. Di terra omogenee:** costituite totalmente di terre di permeabilità tale da garantire da sola la tenuta (solo strutture di altezza inferiore a 30 m)
- 2. Di terra e/o pietrame, zonate, con nucleo di terra per la tenuta:** costituite di materiali naturali permeabili, e di un *nucleo* di terra di bassa permeabilità
- 3. Di terra permeabile o pietrame, con manto o diaframma di tenuta di materiali artificiali:** costituite di materiali permeabili e di un dispositivo di tenuta a monte (*manto*) o interno (*diaframma*) in materiali artificiali

Dighe in terra e pietrame

OPERE di ACCUMULO e di DERIVAZIONE

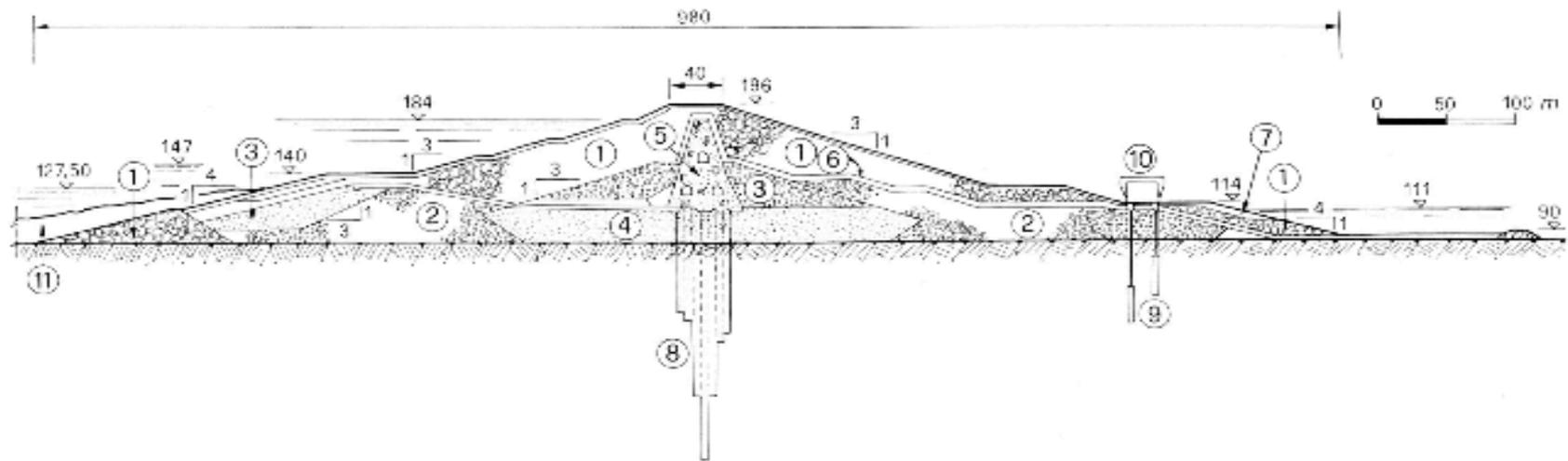


Fig. XV, 51. — Diga: SAAD EL AALI (ALTA ASSUAN). Corso d'acqua: Nilo. Anno fine costruzione: 1970. Capacità totale serbatoio: Mm^3 184.000. Altezza: 111 m. Lunghezza coronamento: m 3830. Volume: m^3 42.620.000. Fondazione: strato alluvionale di 22 m di altezza giacente su roccia cristallina.

La parte sotto quota 114 m gettata in acqua, entro il serbatoio formato dalla diga di ASSUAN.
 1, Pietrame e materiale di discarica scavi; 2, pietrame di dimensione superiore a 150 mm intanato con sabbia; 3, sabbia di duna costipata; 4, sabbia di duna vibrata; 5, limo; 6, strato di sabbia grossa, di pietrisco < 20 mm, di pietrisco 20 + 150 mm; 7, pietrame di 1,20 m; 8, intezioni; 9, pozzi di drenaggio; 10, apparecchiature di pulizia dei pozzi; 11, probabile futuro deposito di limo.

Sbarramenti di vario tipo

Traverse fluviali

Sbarramenti di tipo misto

Sbarramenti per la laminazione delle piene

Sbarramenti di tipo misto

Costituiti in parte da strutture di calcestruzzo e in parte di materiali sciolti



Diga dell'Ingagna (Netro, Biella)

Traverse Fluviali

Sbarramenti (tracimabili) che determinano un rigurgito contenuto nel corso d'acqua



Traversa di Mazzè (Ivrea)

Sbarramenti per la laminazione delle piene

Sbarramenti di qualsiasi tipo aventi come compito principale l'invaso dell'acqua per attenuazione delle portate di piena a valle (laminazione), che abbiano luci a scarico libere o luci regolabili



Invaso di laminazione sul fiume Panaro

Sbarramenti: Definizioni

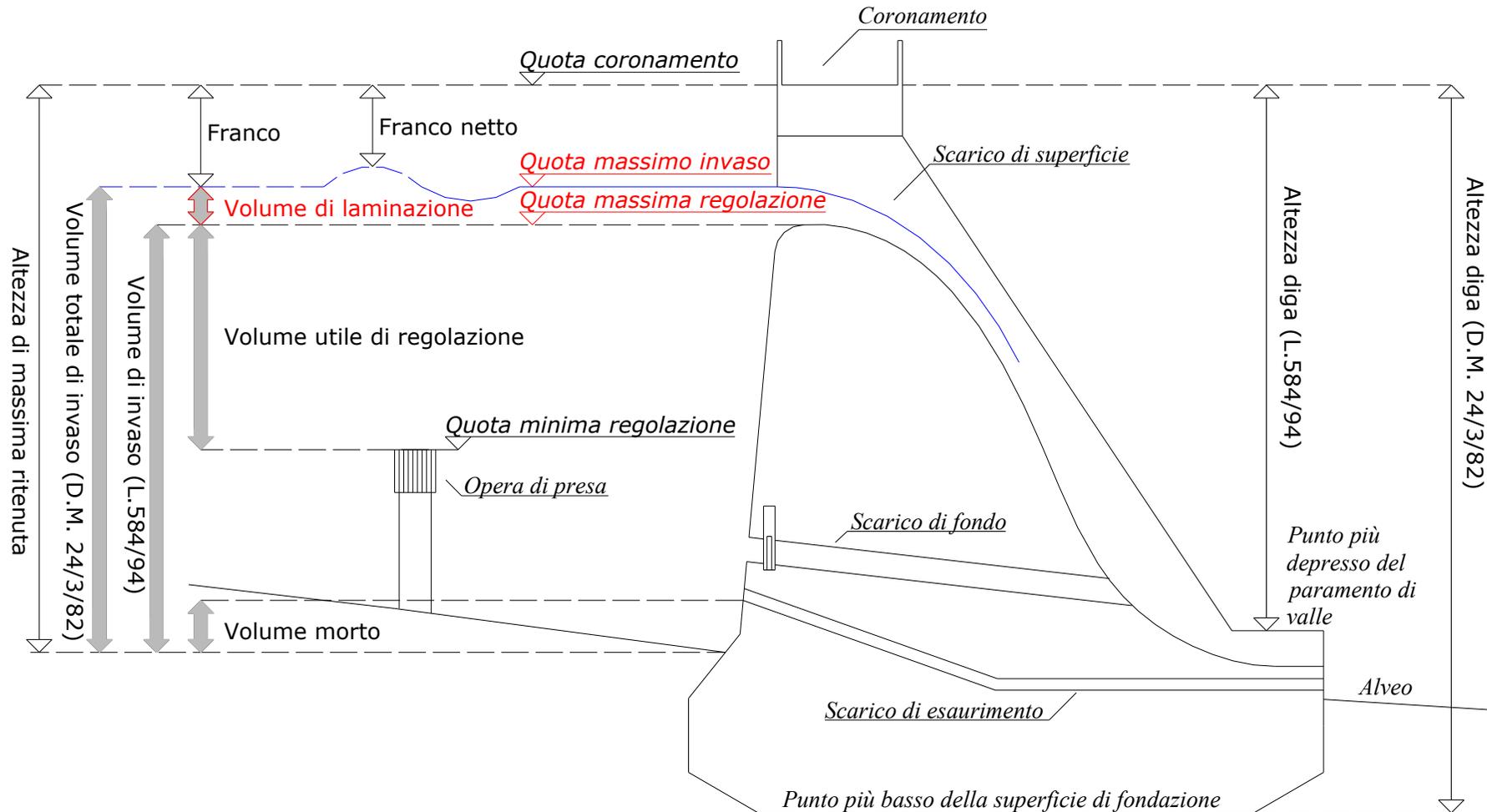


Tabella 4.2. Dighe italiane con obiettivo di laminazione, singolo o plurimo.

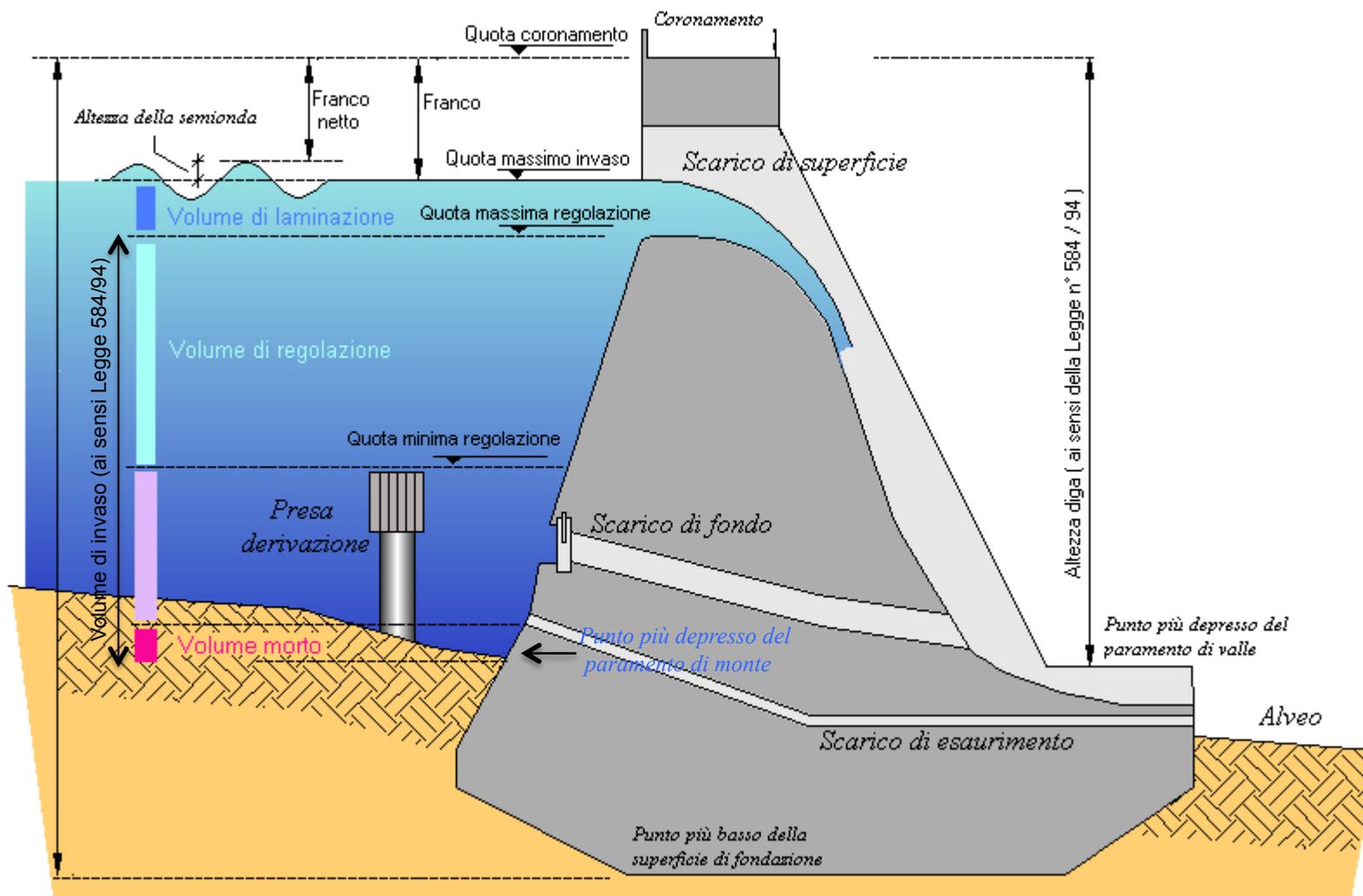
Diga	Altezza diga m	Volume Mmc	Quota massimo invaso m	Quota massima regolazione m	Quota autorizzata m	Provincia	Uso
MOGORO	29.80	11.31	66.80	66.00	66.0	OR	Laminazione
BOSA	62.00	30.00	69.60	0.00	15.8	NU	Laminazione
CHISONE	26.10	0.12	0.00	0.00	0.0	TO	Laminazione
RIPA SPACCATA	16.18	3.33	248.22	236.00	0.0	IS	Laminazione
FOSSATELLA	31.00	11.95	270.00	267.00	0.0	IS	Laminazione
PANARO (*)	14.18	20.00	0.00	0.00	0.0	MO	Laminazione
OLONA (*)	16.30	2.75	290.20	0.00	0.0	VA	Laminazione
LAGO D'IDRO (*)	9.02	29.50	370.00	370.00	368.0	BS	Idroelettrico, Irriguo, Laminazione
OCCHITO	60.40	333.35	198.00	195.00	195.0	FG	Idroelettrico, Irriguo, Idropotabile, Laminazione
MARROGGIA	42.90	6.95	411.50	410.00	410.0	PG	Irriguo, Laminazione
TARSIA (*)	21.10	16.00	57.85	57.85	54.0	CS	Idroelettrico, Irriguo, Laminazione
BILANCINO	42.07	84.00	254.50	252.00	252.0	FI	Idropotabile, Laminazione
ALTO TEMO	58.00	95.70	226.00	225.00	220.0	SS	Irriguo, Idropotabile, Laminazione
PEDRA E OTHONI	81.70	117.18	127.50	103.00	103.0	NU	Irriguo, Industriale, Idropotabile, Laminazione
PACECO	33.50	15.40	46.10	41.00	40.2	TP	Irriguo, Laminazione
RAVEDIS	95.00	26.00	341.00	238.50	0.0	PN	Irriguo, Laminazione

(*) Traversa

Definizioni elementi di dighe e traverse

Anche in funzione della responsabilità della vigilanza

Sbarramenti: Definizioni



- **Grandi dighe**

Sono le opere di sbarramento di altezza maggiore di 15 m o che determinino un volume d'invaso superiore a 1.000.000 m³ (CIRC. Min.LL.PP. 19 aprile 1995, n. us/482)

- (Vigilanza della Direzione Generale Dighe – Ministero delle Infrastrutture)

- Piccole dighe

Sono le dighe di caratteristiche inferiori alle precedenti, a servizio di grandi derivazioni d'acqua (CIRC. M.LL.PP. 19 aprile 1995, n. us/482)

Vigilanza delle Direzioni alle Infrastrutture delle Regioni

- Altezza della diga

Differenza tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti (Legge 584/94)

- Altezza della diga (prima del 1994)

Dislivello tra la quota del piano di coronamento (esclusi parapetti ed eventuali muri frangionde) e quella del punto più basso della superficie di fondazione (escluse eventuali sottostrutture di tenuta)

- Quota di massimo invaso

Quota massima a cui può giungere il livello dell'acqua dell'invaso durante il più gravoso evento di piena previsto, escluso la sopraelevazione del moto ondoso ¹⁷

- Quota di massima regolazione
Quota del livello dell' acqua a cui inizia automaticamente lo sfioro.
- Altezza di massima ritenuta
Dislivello tra la quota di massimo invaso e quella del punto più depresso dell' alveo naturale in corrispondenza del paramento di monte.
- Franco
Dislivello tra quota del piano di coronamento e quota di massimo invaso
- Franco netto
Dislivello tra la quota del piano di coronamento e la somma di quota di massimo invaso e semiampiezza della massima onda prevedibile nel serbatoio.
- Volume di invaso
Capacità del serbatoio compreso tra la quota più elevata delle soglie sfioranti degli scarichi, o della sommità delle paratoie, e la quota del punto più depresso del paramento di monte (Legge 584/94).

- Volume totale di invaso (prima del 1994)

Capacità del serbatoio compresa tra quota di massimo invaso e quota minima di fondazione; per le traverse fluviali è il volume compreso tra il profilo di rigurgito più elevato indotto dalla traversa e il profilo di magra del corso d'acqua sbarrato.

- Volume utile di regolazione

Volume compreso tra la quota massima di regolazione e la quota minima del livello d'acqua alla quale può essere derivata, per l'utilizzazione prevista, l'acqua invasata.

- Volume di laminazione

Volume compreso tra la quota di massimo invaso e la quota massima di regolazione, ovvero, per i serbatoi specifici per la laminazione delle piene, tra la quota di massimo invaso e la quota della soglia inferiore dei dispositivi di scarico.

- Volume morto

Volume tra la quota dello scarico di esaurimento e la quota minima di fondazione.

Franco Netto

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 1° novembre 1959, n. 1363

Dighe Murarie: non inferiore ad 1 m

Dighe in terra:

Tabella 3.1. Franco ammissibile.

altezza diga fino a m	15	30	45	60	75	≥90
franco netto, m	1.5	2.5	3.2	3.6	3.9	4.0
incremento zone sismiche [†] , m	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0

[†] Punto H6.



Diga di Occhito (Fortore)

Elementi di un serbatoio

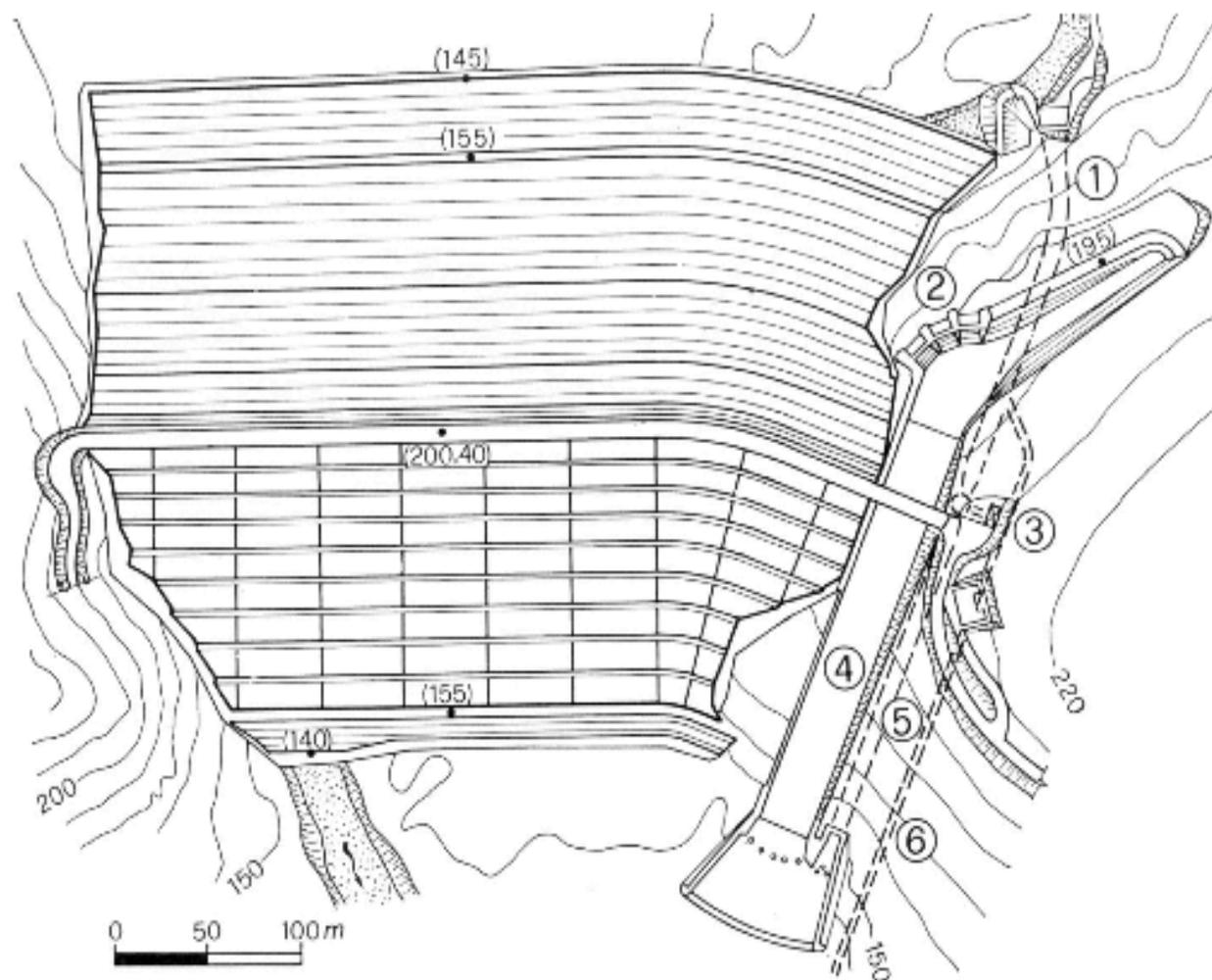


Fig. XVIII, 39. — Diga Occhito sul fiume Fortore (Puglia) (vedi fig. XV, 32). 1, Imbocco galleria di scarico di fondo; 2, sfioratore di superficie: soglia libera di m 112,49 di sviluppo e tre luci munite di paratoie a ventola di m 12,79 x 3, capacità totale di scarico 2100 m³/sec; 3, cabina di manovra delle valvole dello scarico di fondo; 4, scivolo dello scarico di superficie; 5, galleria di scarico di fondo diametro m 8,50; 6, galleria di derivazione.

Dissipazione del carico

Diga dell'Ingagna (Netro, Biella)

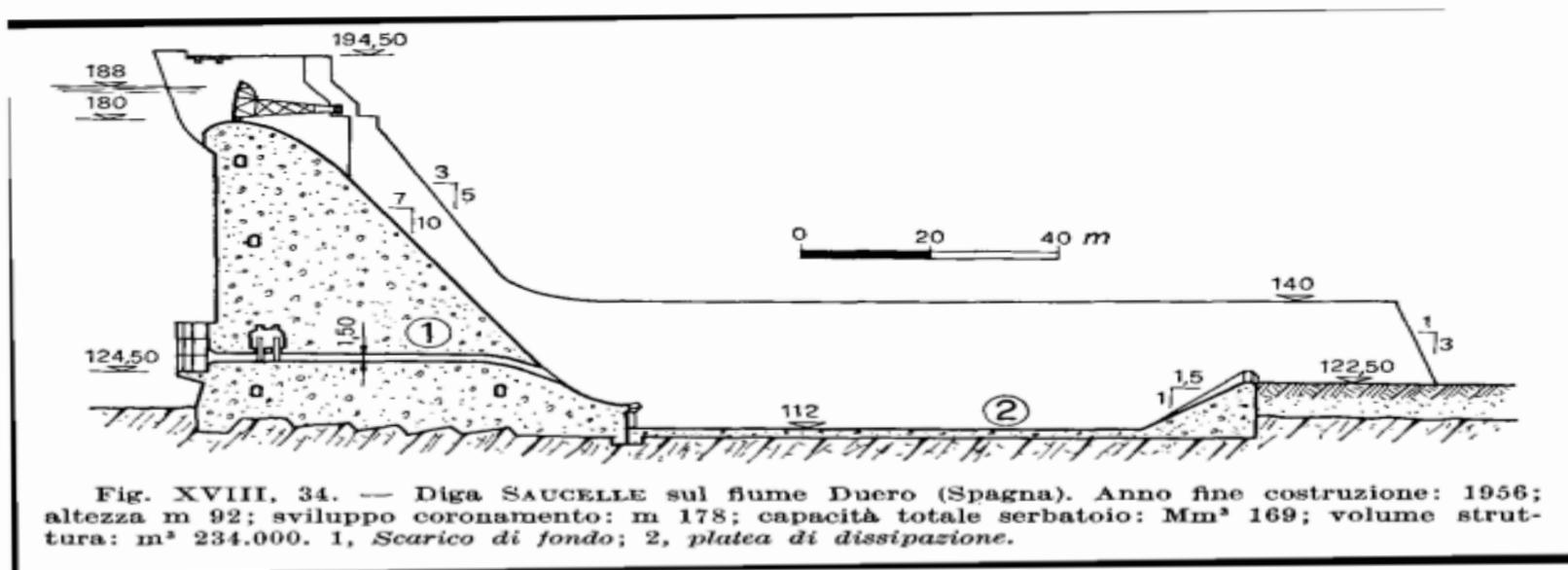




Diga della Ravasanella (Biella)

Dighe tracimabili

Profili delle dighe tracimabili



Organi di scarico

Dimensionamento degli organi di scarico

Normativa

- La relazione idraulica dovrà giustificare il valore assunto per la portata di massima piena prevedibile (T?)
- **Lo smaltimento delle piene avverrà prevalentemente tramite gli scarichi di superficie**
- Nel caso di **dighe di terra**, lo smaltimento avviene **esclusivamente** tramite gli scarichi di superficie, costituiti da soglie libere o con paratoie automatiche
- **Se le paratoie non funzionano**, le soglie libere devono poter evacuare **almeno la metà** della massima portata di piena dell'evento più gravoso

Scarichi di superficie

- Anche detti *scaricatori di piena*, effettuano l'evacuazione della portata affluente al serbatoio quando questo ha raggiunto la quota di massima regolazione.
- La capacità di deflusso deve garantire che in nessuna circostanza possa essere superato il livello di massimo invaso.
- Questi scarichi possono essere liberi o regolati da organi mobili quali paratoie.

Dighe tracimabili

c

Dighe murarie ad arco

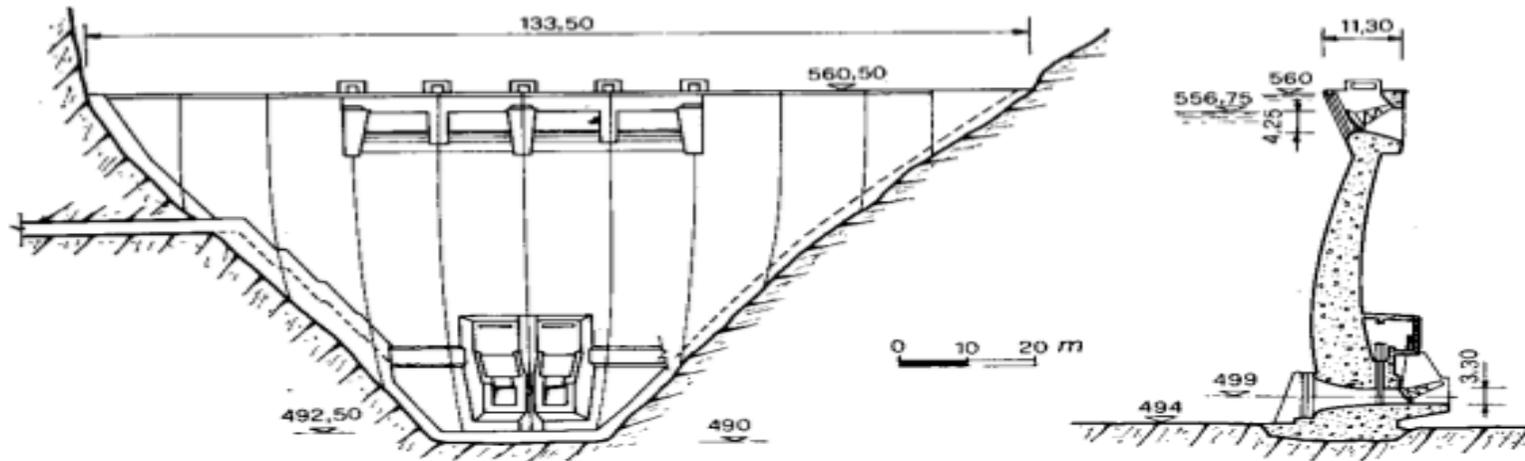


Fig. XVIII, 47. — Diga LA BARTHE sul fiume La Truyère (Francia). Altezza: m 71,50; sviluppo coronamento: m 133,50; capacità utile serbatoio: Mm^3 8; volume struttura: m^3 42.000. Quattro luci di sfioro di m $10 \times 4,25$ dotate di paratoie a segmento. Capacità di scarico: m^3/sec 1800. Due scarichi di fondo in cunicoli blindati, dotati di paratoia piana di m $3,50 \times 3,50$ e di paratoia a segmento di m $3,50 \times 3,30$. Capacità di scarico: m^3/sec 700. Vista da valle e sezione sugli scarichi.

Dighe murarie a gravità

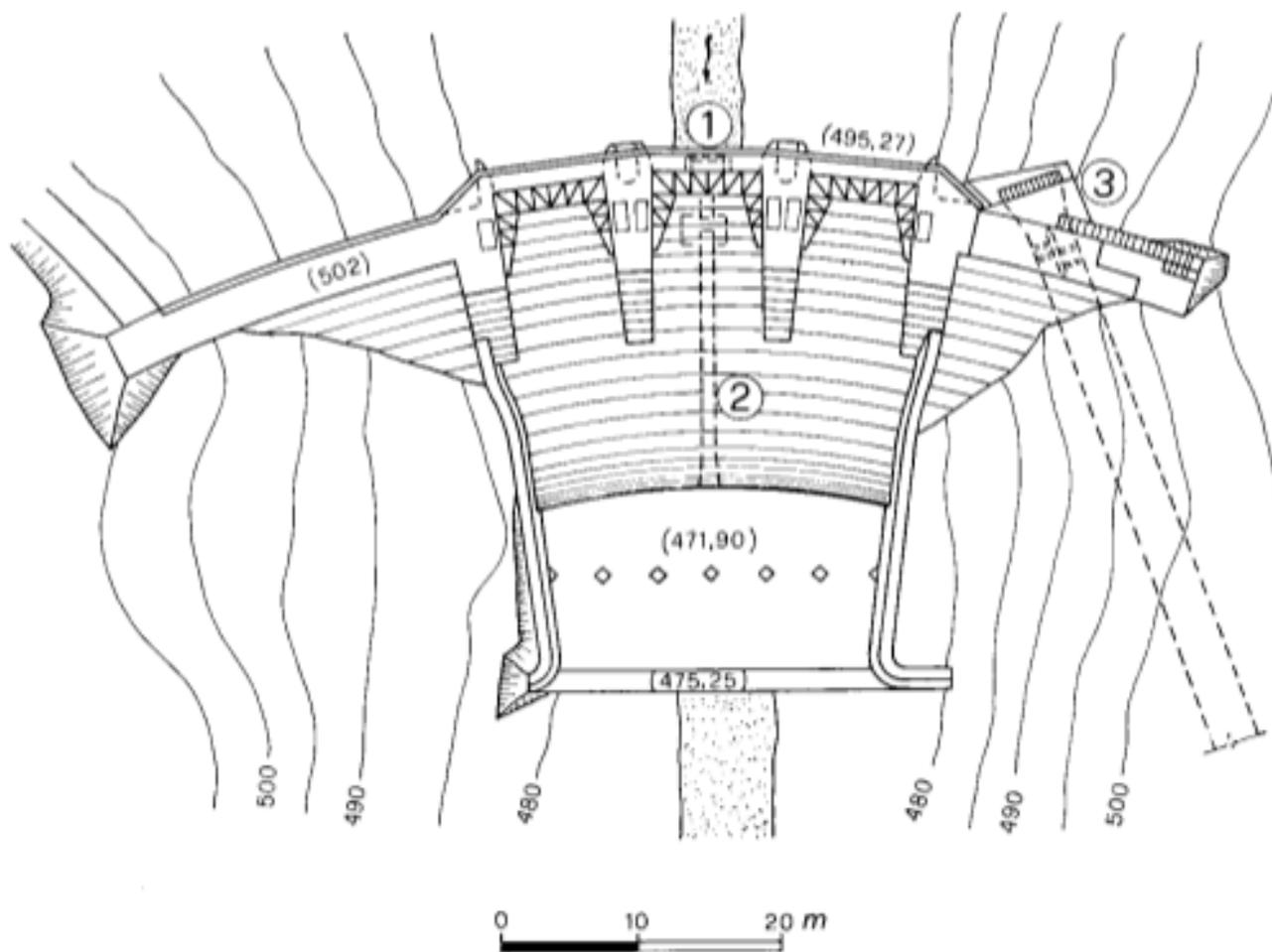


Fig. XVIII, 38. — Diga GAMMAUTA sul fiume Sosio (Sicilia) a gravità tracimabile. Anno fine costruzione: 1938; altezza: m 35; sviluppo coronamento: m 100; capacità totale serbatoio: Mm³ 2; volume struttura: m³ 31.000. Tre luci sforanti di m 8,50 × 4,73 dotate di paratoie a segmento. 1, Imbocco scarico di fondo; 2, cunicolo di scarico di fondo; 3, opera di presa.

Profili delle dighe tracimabili

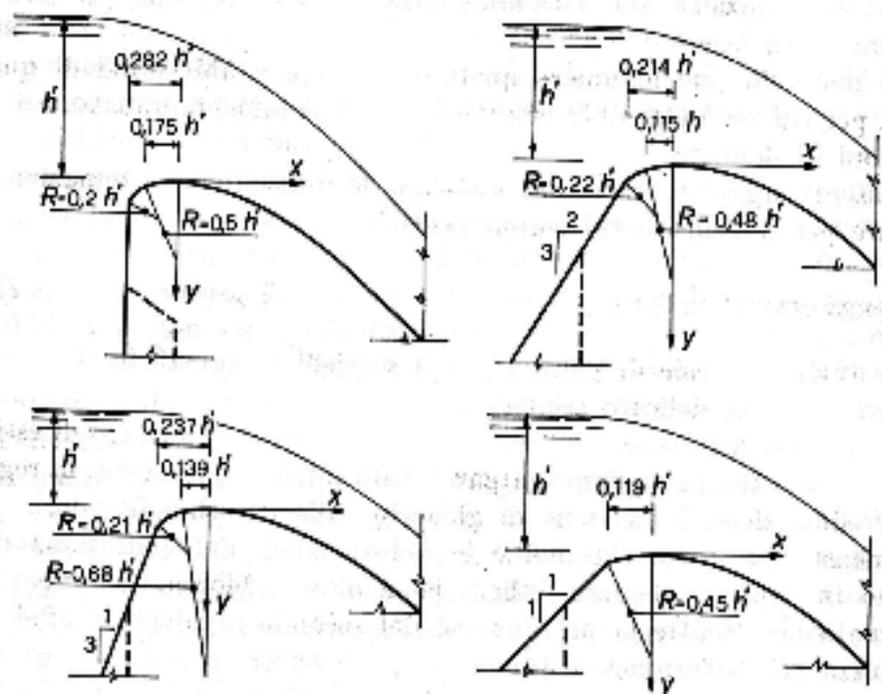


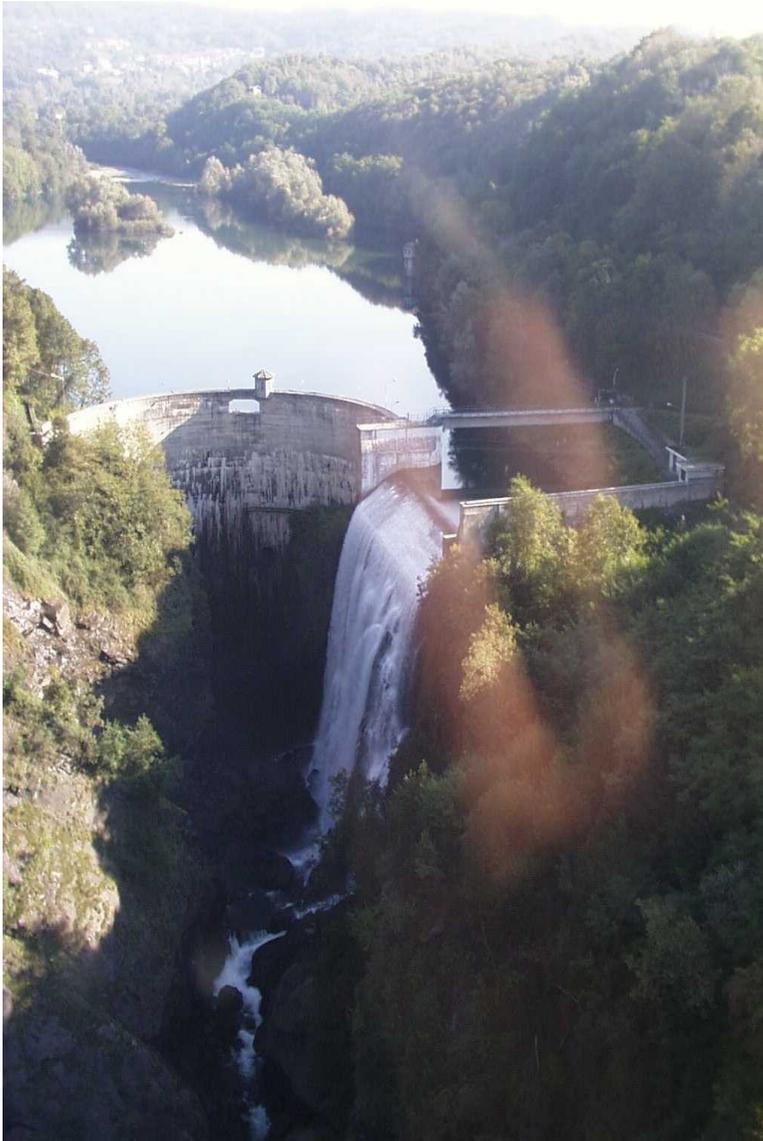
Fig. XVIII, 72. — Tipi di profili WES delle soglie sfioranti.

$$\left(\frac{x}{h'}\right)^n = k\left(\frac{y}{h'}\right)$$

Incl. Param ento di monte	0	1/3	2/3	1
k	2.00	1.94	1.94	1.87
n	1.85	1.84	1.81	1.78

IL CALCOLO DELLE PORTATE ESITATE

- DEFLUSSO A STRAMAZZO -



SOGLIE LIBERE:

$$Q = C_d b \sqrt{2gh_0^3}$$

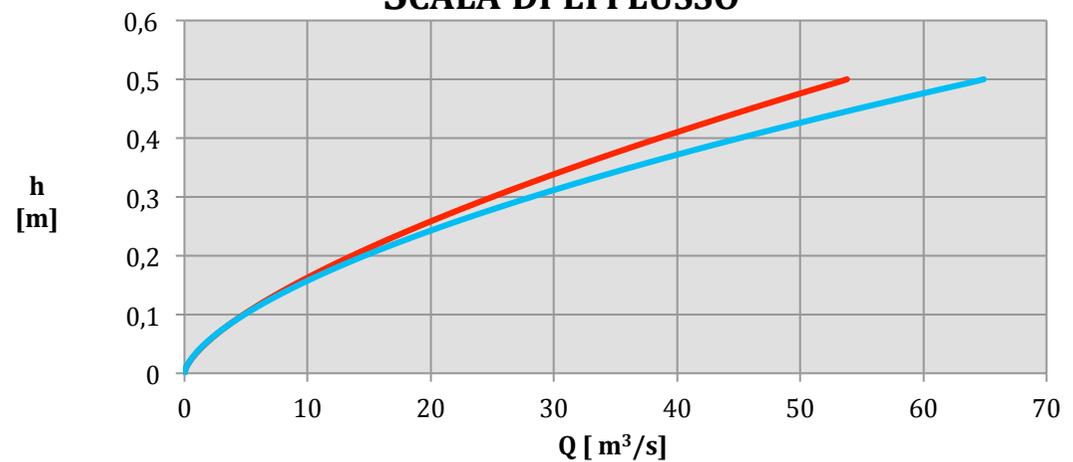
Coefficiente di efflusso costante

$$C_d \approx 0.48$$

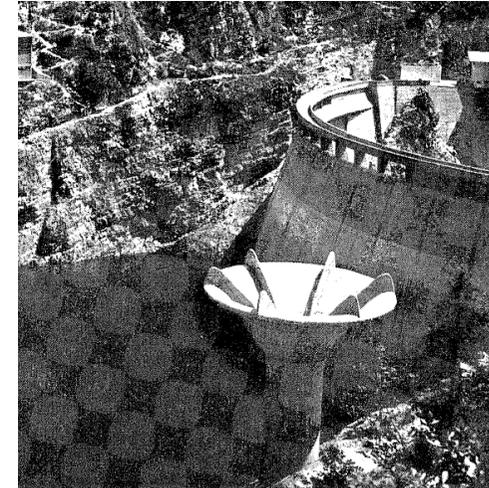
Coefficiente di efflusso variabile

$$C_d = \frac{2}{3\sqrt{3}} \left[1 + \frac{4\chi}{9+5\chi} \right]$$

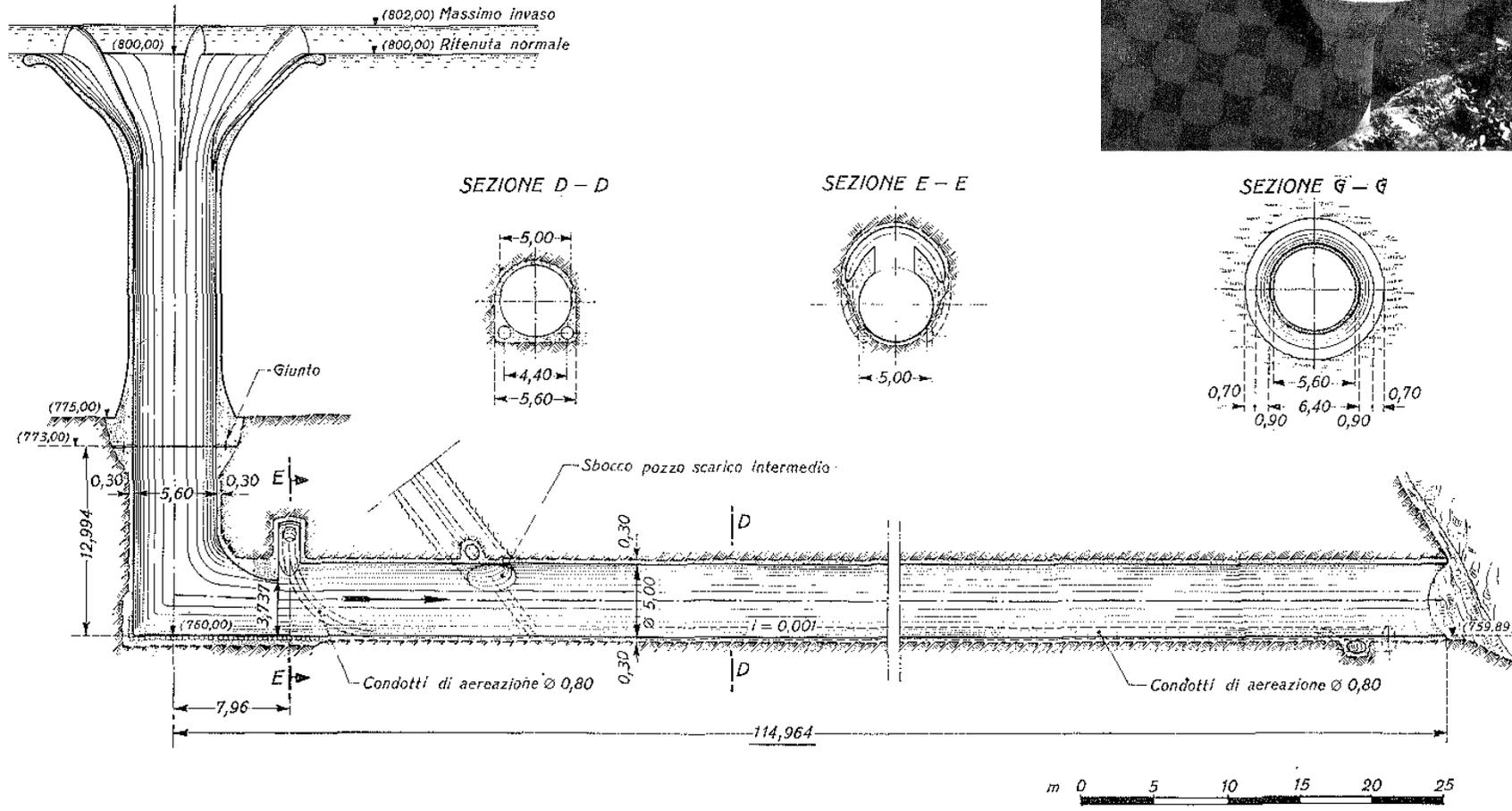
SCALA DI EFFLUSSO



Sfioratore a calice



SEZIONE LONGITUDINALE A - A



Saturazione dello sfioratore a calice

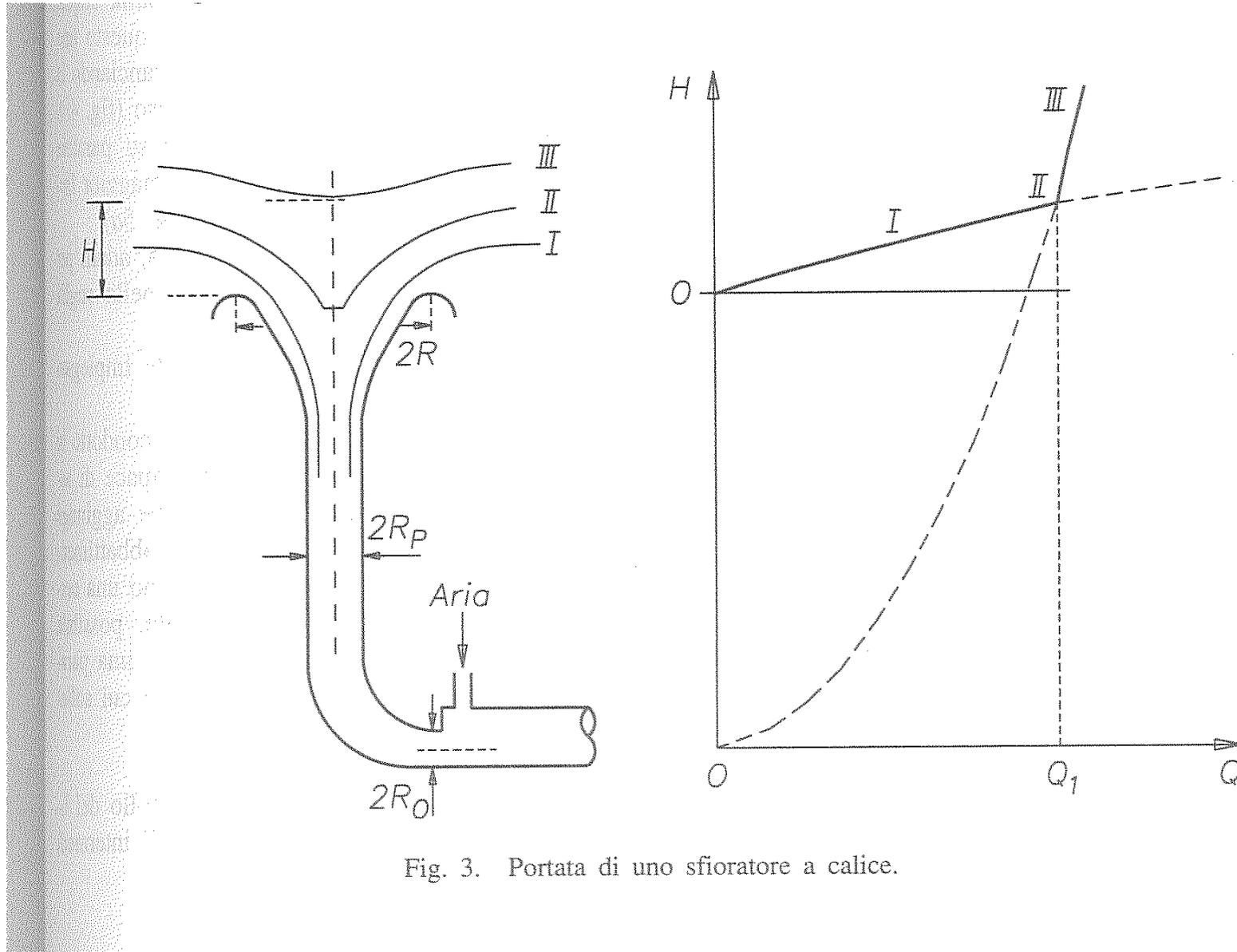


Fig. 3. Portata di uno sfioratore a calice.

Scarichi di vuotatura

- Scarichi intermedi

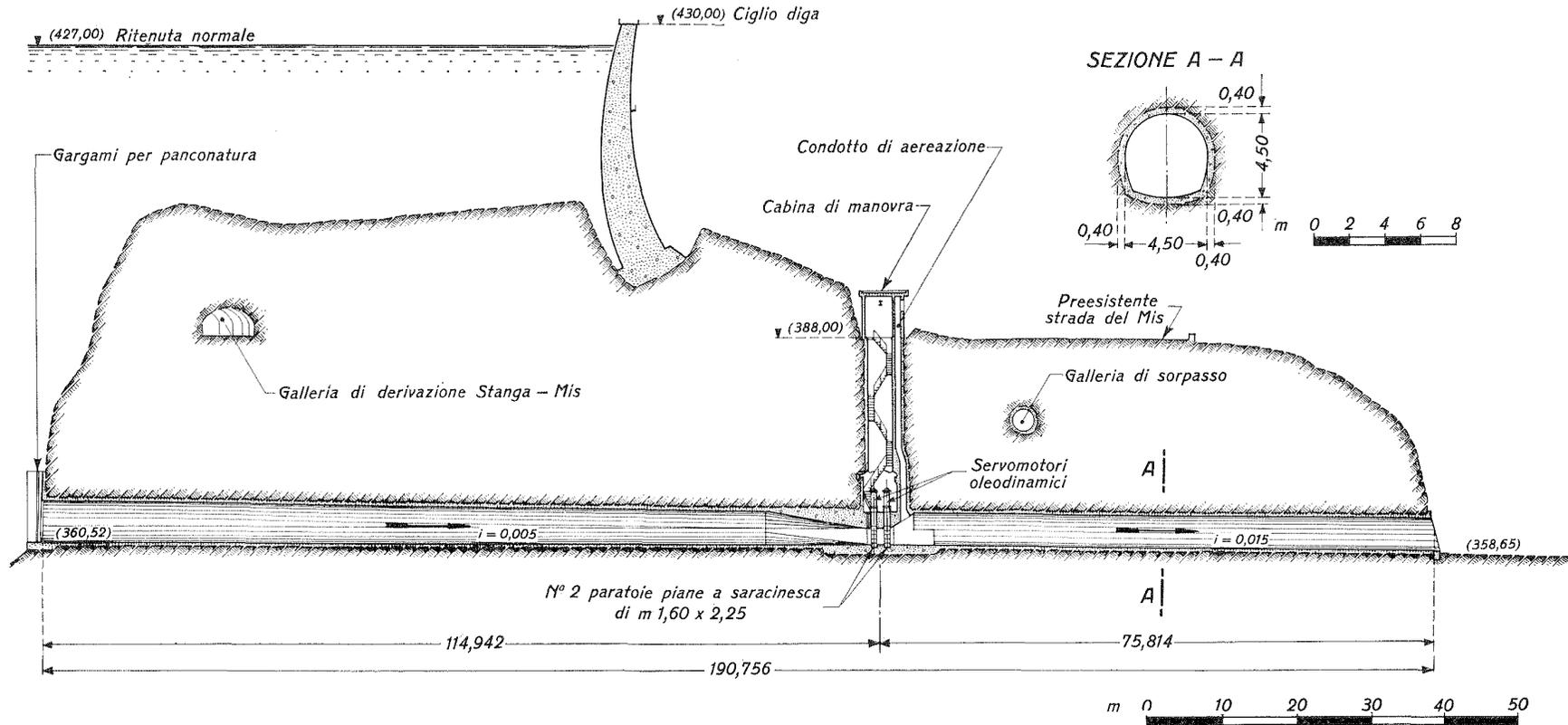
Detti anche *di mezzofondo*, sono presenti nei serbatoi di grande altezza. La loro presenza è giustificata dal fatto che il maggiore volume di invaso è concentrato alle quote superiori, e le valvole presentano maggiore pericolo di disfunzioni con l'aumentare dell'altezza d'acqua sovrastante e quindi delle velocità di efflusso.

- Scarichi di fondo

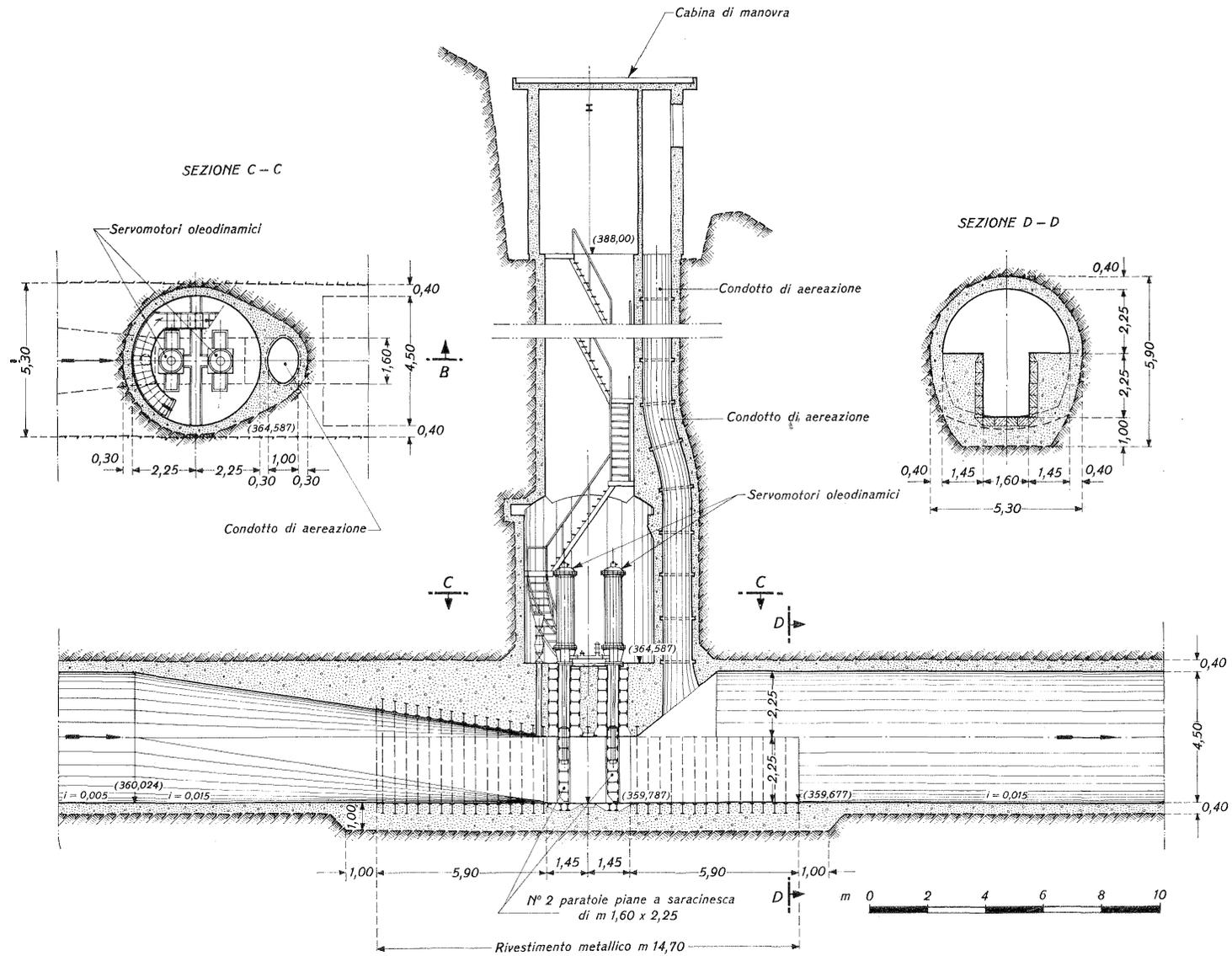
- Scarichi di esaurimento

SCARICO DI FONDO

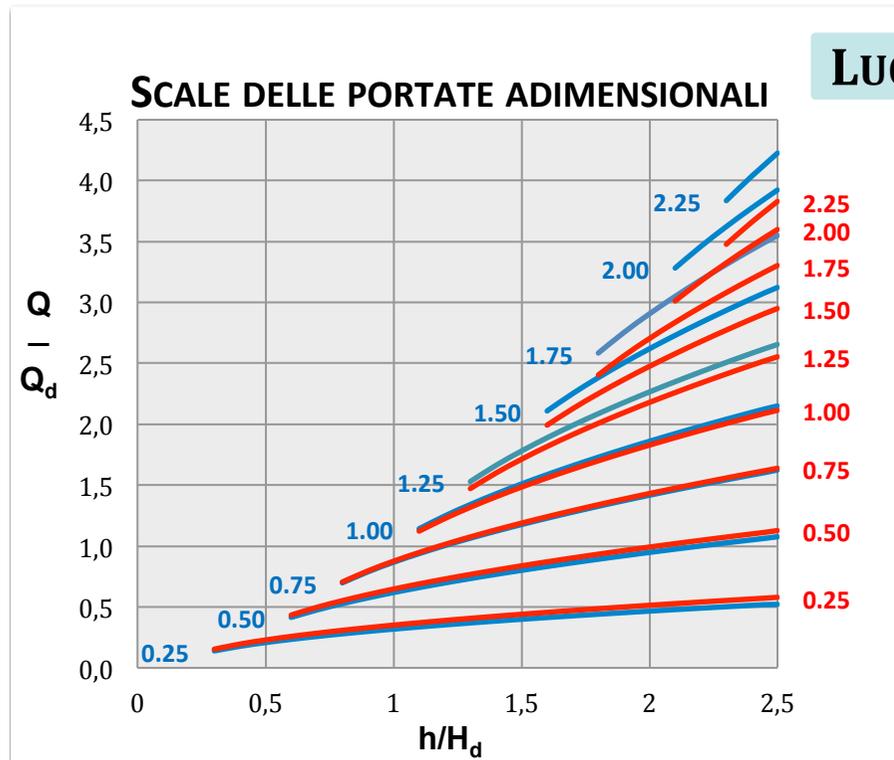
SEZIONE LONGITUDINALE



PARTICOLARI DEGLI ORGANI DI INTERCETTAZIONE
SEZIONE B - B



IL CALCOLO DELLE PORTATE ESITATE - DEFLUSSO SOTTO BATTENTE -



LUCI REGOLATE DA PARATOIE RETTANGOLARI:

Coefficiente di efflusso costante

$$Q = \frac{2}{3} C_c b \sqrt{2g} (h_2^{3/2} - h_1^{3/2})$$

Coefficiente di efflusso variabile

$$Q = [\chi_0^{3/2} - (\chi_0 - A)^{3/2}] \left[\left(\frac{1}{6} + A \right)^{1/9} \right] \cdot Q_D$$

LUCI CIRCOLARI REGOLATE DA SARACINESCA

$$Q = C_c A \sqrt{2g h_m}$$



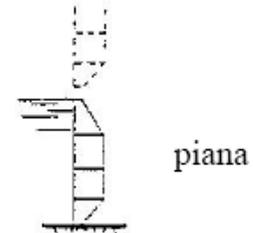
Scaricatori delle Grandi Dighe Italiane	numero
Soglia libera	251
Soglia libera + altro	67
Piana	29
Piana + altro	7
Ventola	40
Ventola + altro	6
Settore	29
Settore + altro	13
Sifone	4
Piana-ventola	9
Calice	22
Calice + altro	1
Settore-ventola	11
Chanoine	1
Non codificato	63
Totale	552

ORGANI ACCESSORI

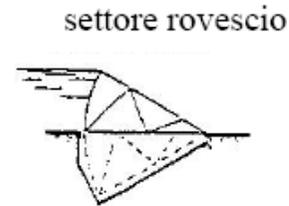
SCARICHI DI SUPERFICIE CON ORGANI MOBILI

**TIPOLOGIA
CONSIDERATA**

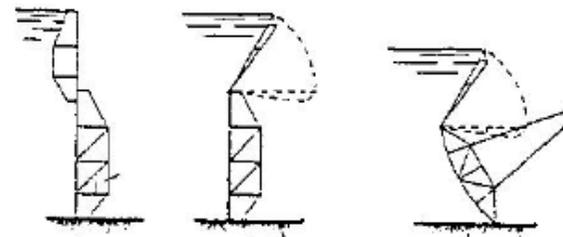
FUNZIONAMENTO
A BATTENTE
(es.: PARATOIE PIANE,
SETTORI)



FUNZIONAMENTO
A STRAMAZZO
(es.: PARATOIE
A VENTOLA)

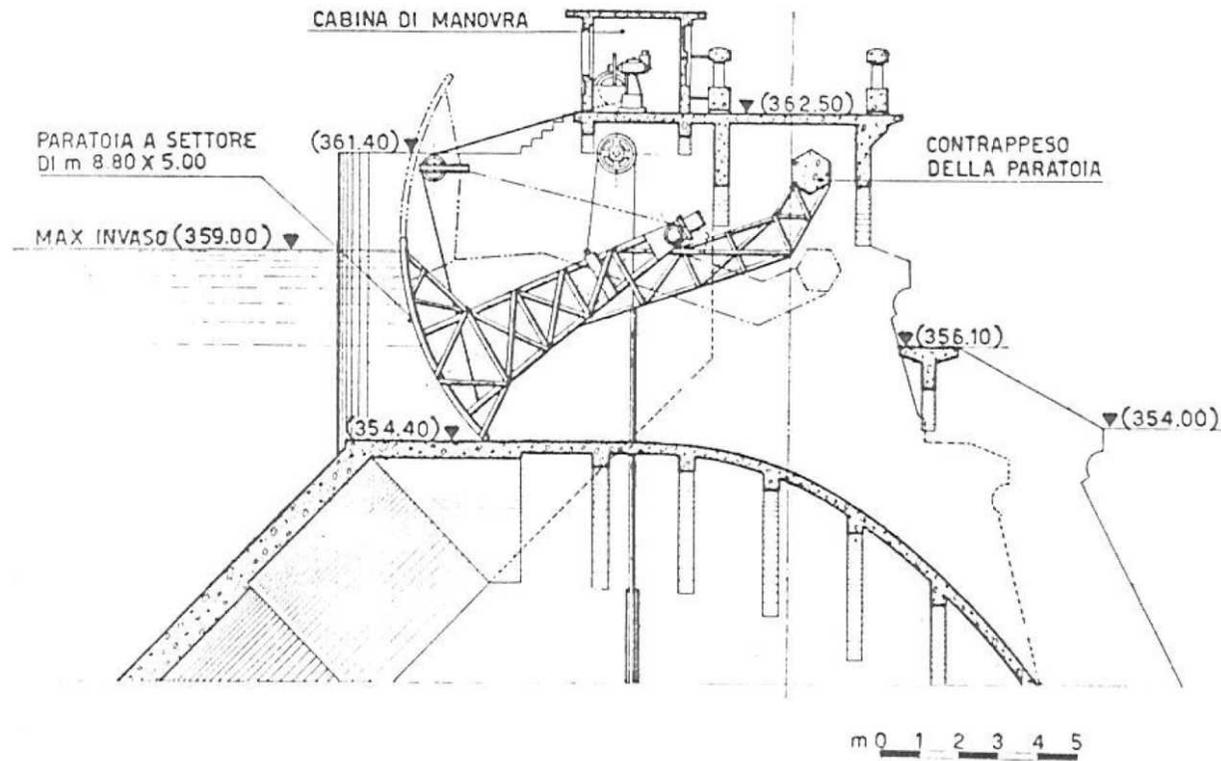


COMPOSTE



SCARICHI DI SUPERFICIE CON ORGANI MOBILI

SCARICO DI SUPERFICIE SEZIONE LONGITUDINALE



SCHEMA DI PARATOIA A SETTORE

SCARICHI DI SUPERFICIE CON ORGANI MOBILI



PARATOIE A VENTOLA TRACIMABILI
- Diga di Devero-Codelago (VB) -
larghezza: 8,50m ciascuna; altezza: 2,10m;
Portata massima evacuabile: 210 m³/s

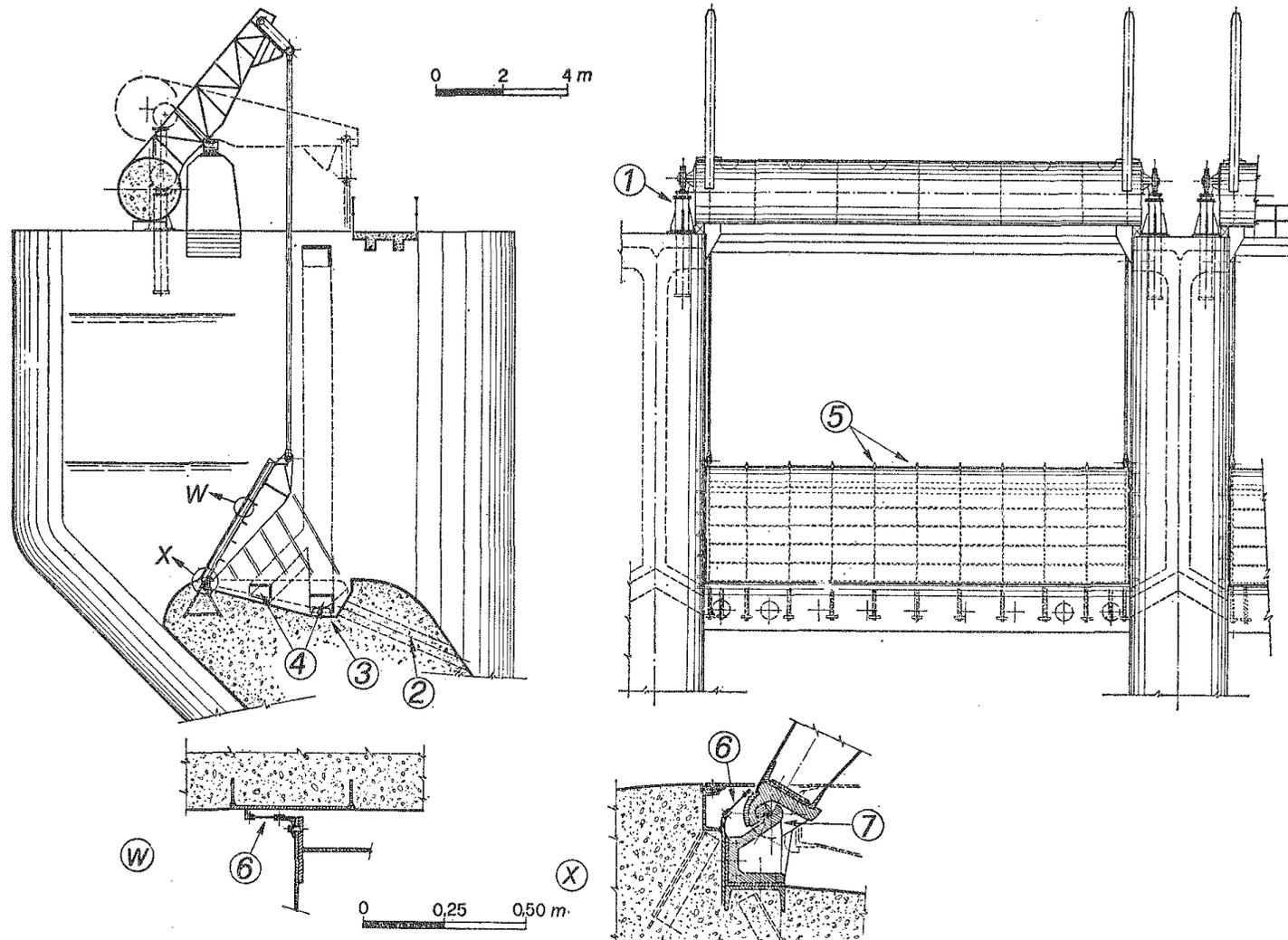
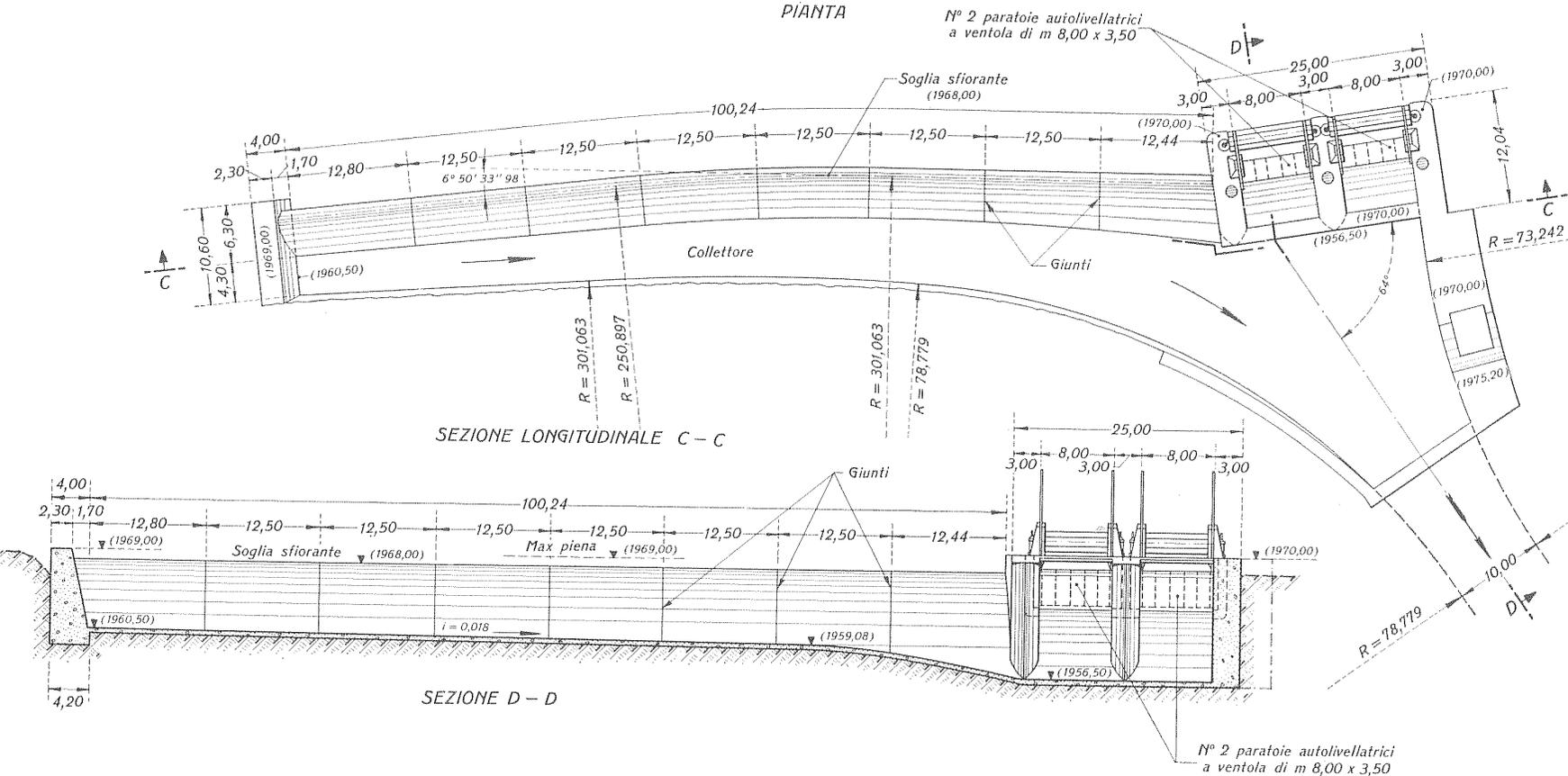
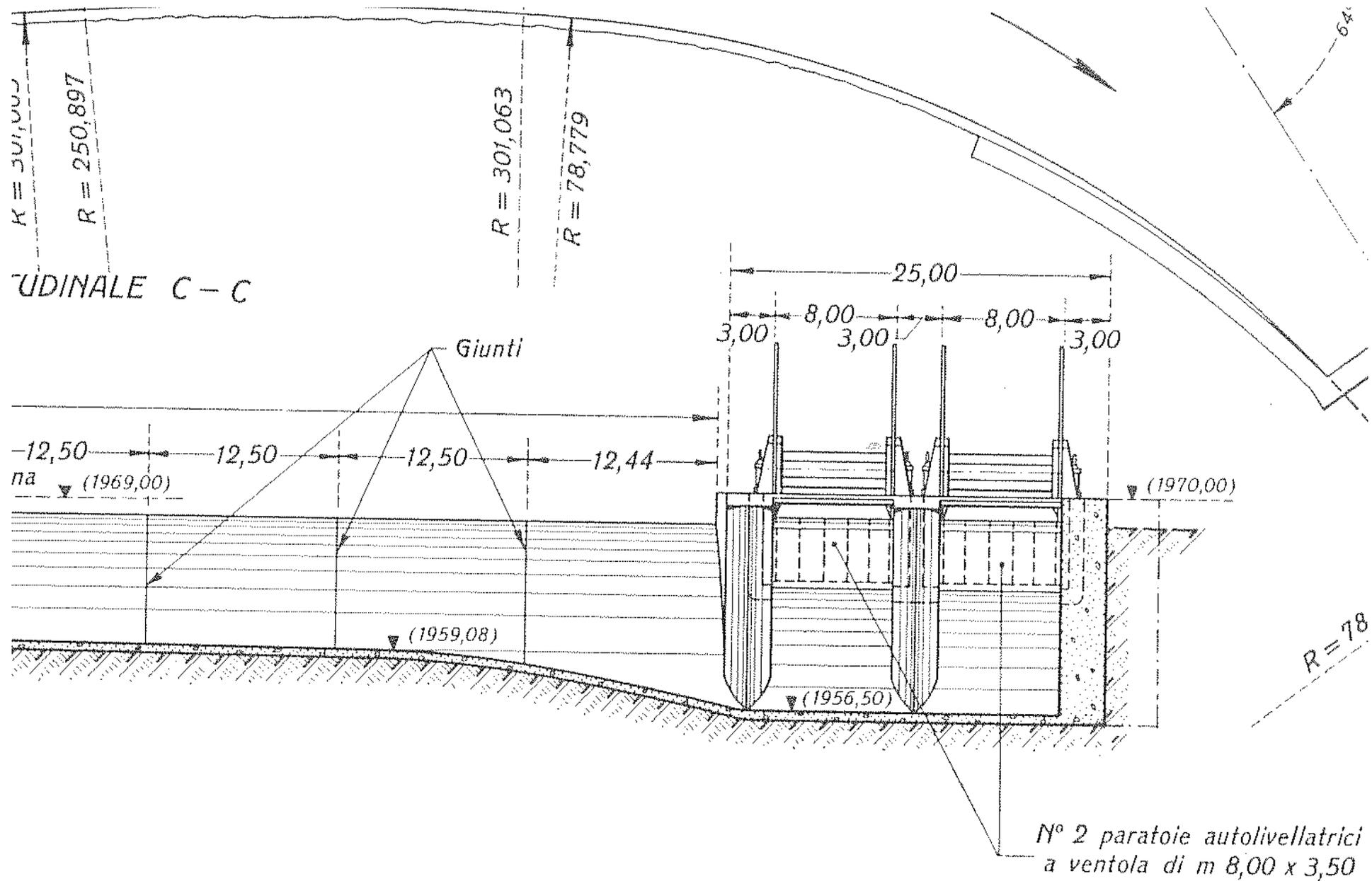


Fig. XVIII, 59. — Paratoia a ventola compensata automatica (A. CALZONI, Bologna). Sezione sull'asse della luce, prospetto da monte, dispositivi di tenuta laterale (*W*) e di monte (*X*). 1, Martineti per abbattimento volontario; 2, fori di scarico del cavo di alloggiamento; 3, zoccoli laterali di appoggio; 4, condotti di aereazione; 5, frangivena; 6, lamierini di tenuta; 7, cerniere a coltello.

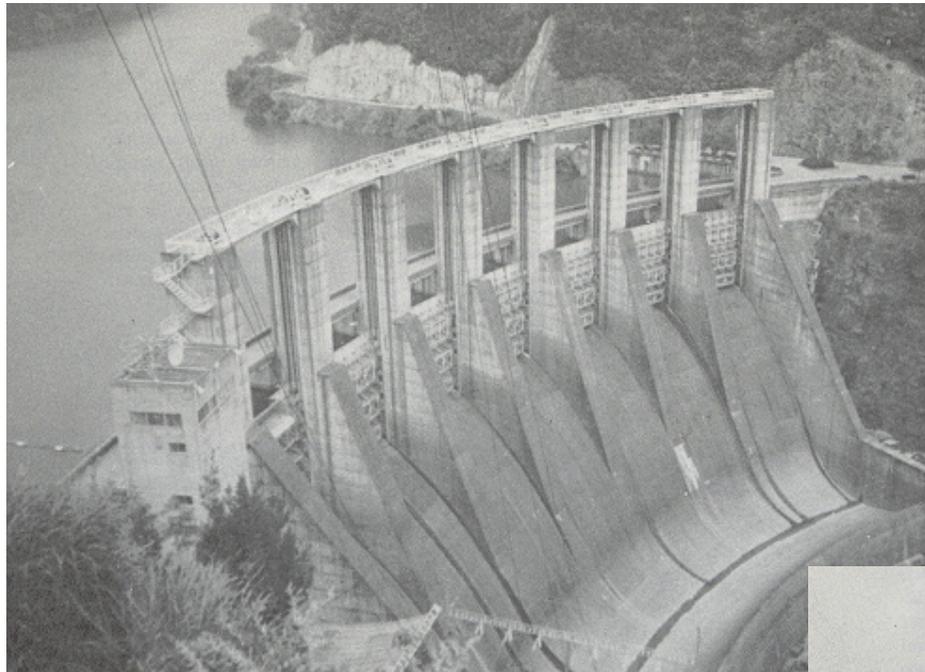
Scarico di superficie laterale, parzialmente presidiato da paratoie





Place-Moulin

Scarico di superficie laterale, parzialmente presidiato da paratoie



Nanairo Dam, Japan

**Paratoie Piane
a sollevamento
verticale**



Eildon Dam, Australia

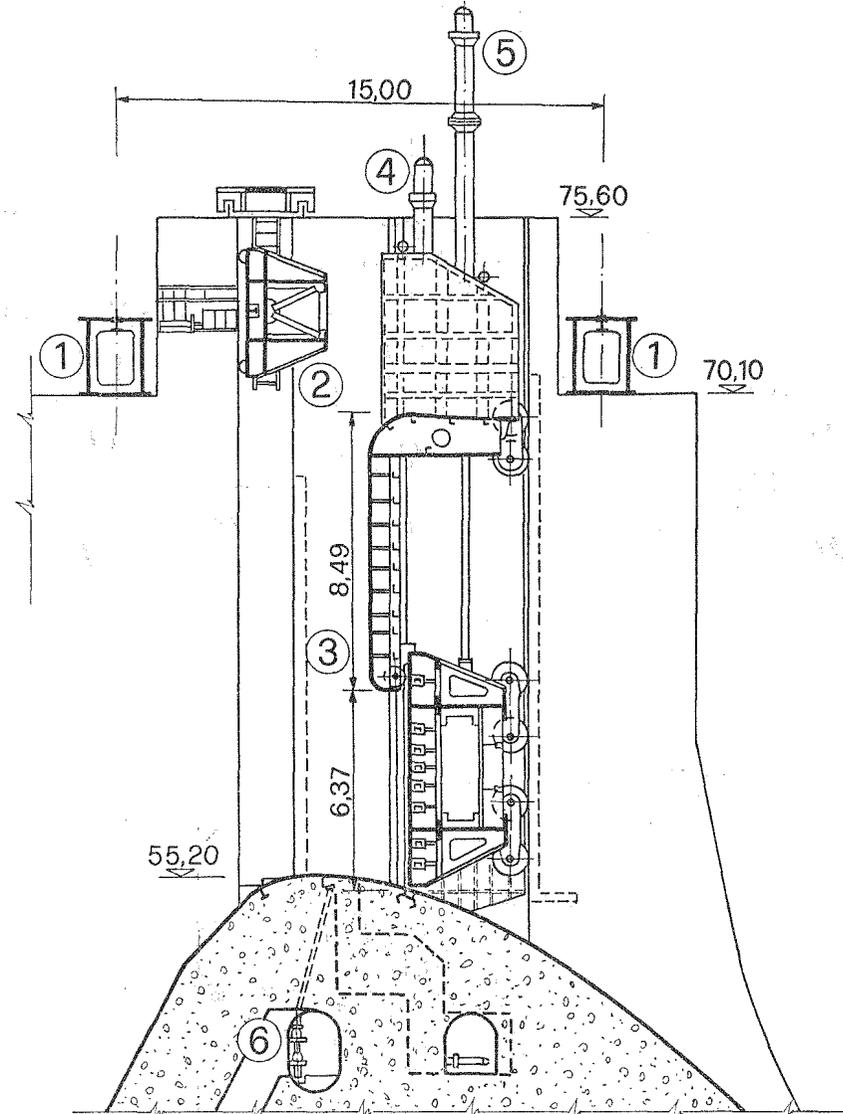
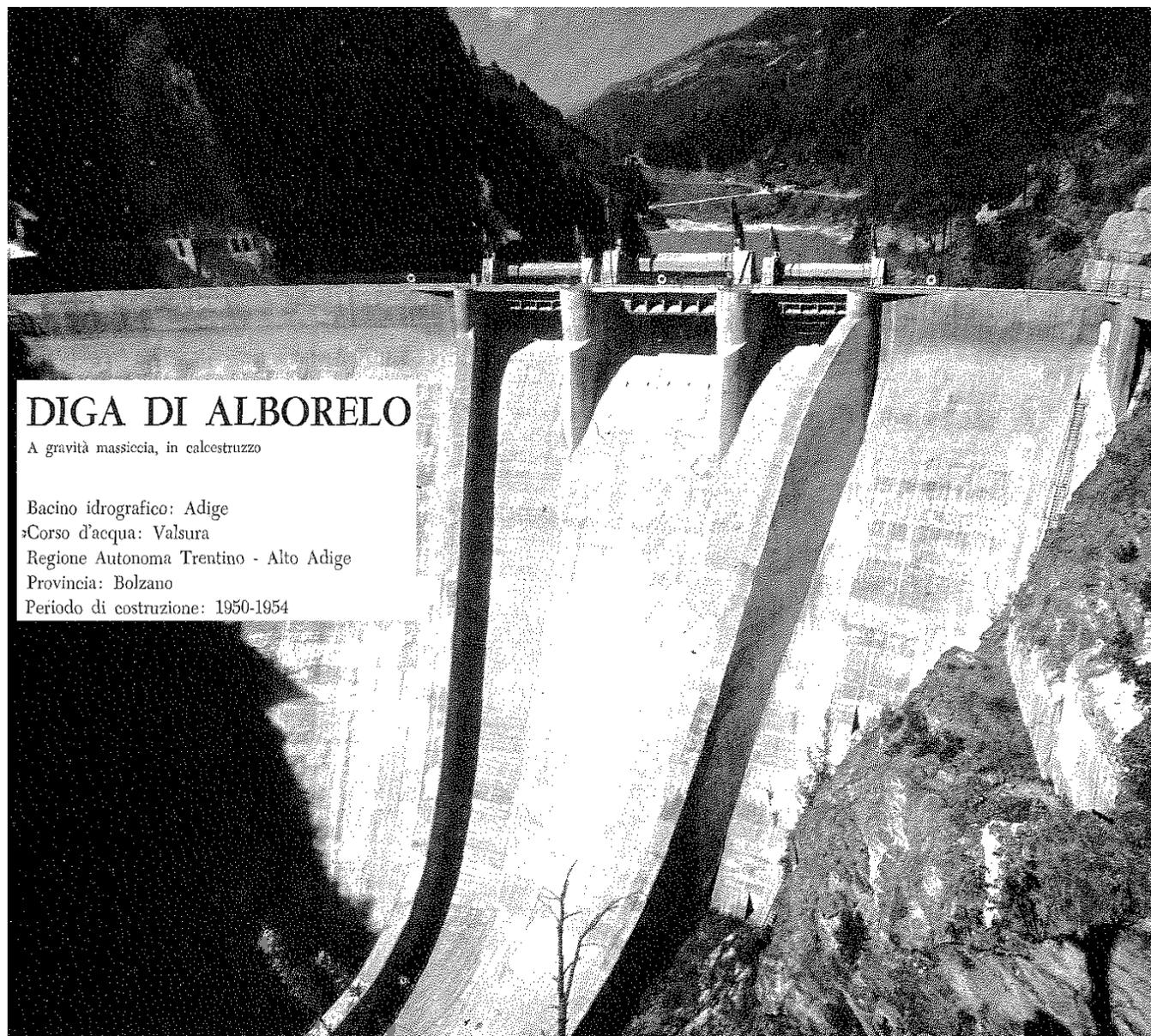


Fig. XX, 6. — Traversa PORTE DI FERRO (fiume Danubio). Sezione delle paratoie. 1, *Travi della via di corsa della gru a portico*; 2, *elemento della panconatura*; 3, *paratoia doppia a gancio*; 4, *servomotori a pistone dell'elemento superiore*; 5, *servomotori a pistone dell'elemento inferiore*; 6, *tubazione della insufflazione di aria contro la formazione di ghiaccio*.



DIGA DI ALBORELO

A gravità massiccia, in calcestruzzo

Bacino idrografico: Adige

Corso d'acqua: Valsura

Regione Autonoma Trentino - Alto Adige

Provincia: Bolzano

Periodo di costruzione: 1950-1954

DIGA DI PLACE MOULIN

PLANIMETRIA DEGLI SCARICHI

TAV. G

