



ITCOLD

Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

USO DEI SERBATOI PER LA LAMINAZIONE DELLE PIENE PIANI DI LAMINAZIONE

SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE

ING. ANDREA SANNA – UFFICIO TECNICO PER LE DIGHE DI TORINO

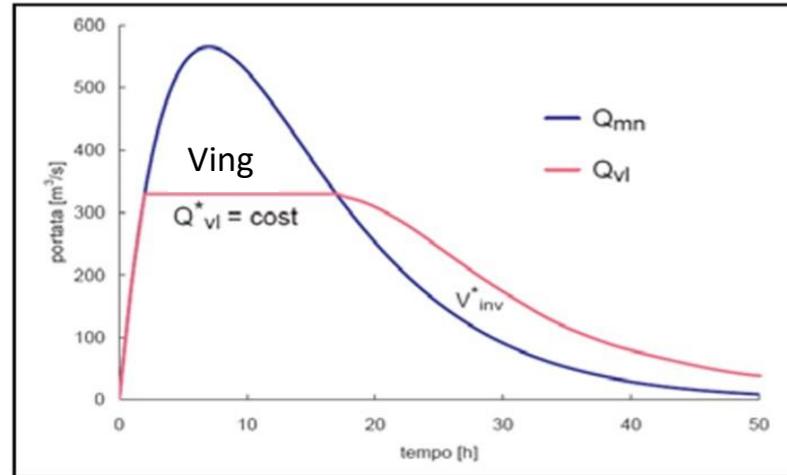




SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



Definizione di serbatoio di laminazione: I serbatoi di laminazione, denominati anche casse di espansione o vasche volano, sono presidi idraulici atti all'attenuazione delle portate massime delle piene ed alla mitigazione dei conseguenti rischi di allagamento. Sono divenuti via via sempre più necessari a causa dell'ampliarsi delle superfici urbanizzate ed alla sempre maggiore compromissione del reticolo idrografico.



Diga (utilizzo)	Portata max in ingresso (mc/s)	Portata laminata (mc/s)
Bilancino (plur.)	1450	940
Bosa (Lam.)	2360	ND
Crostolo (Lam.)	820	820
L.Pusiano (plur.)	280	25
Mogoro (Lam.)	1359	163.5
Olona (Lam.)	175	175
Paceco (plur.)	730	100
Panaro (Lam.)	2500	2414
Parma (Lam.)	1910	1985
Pedra e Othoni (plur.)	2600	1411
Ravedis (plur.)	1950	1987
Ripa Spaccata (Lam.)	764	431
Rubiera (Lam.)	2600	-

Si osserva la riduzione delle portate di piena operata dalle dighe di laminazione



Diga (utilizzo)	Portata scarico di superficie (mc/s)	Portata scarico alleggerimento e fondo (mc/s)
Bilancino (plur.)	940	261
Bosa (Lam.)	123	887
Crostolo (Lam.)	540	280
L.Pusiano (plur.)	25	-
Mogoro (Lam.)	50.7	112.8
Olona (Lam.)	175	200
Paceco (plur.)	100	100
Panaro (Lam.)	1093	1321
Parma (Lam.)	1356	629
Pedra e Othoni (plur.)	1411	365
Ravedis (plur.)	1950	1400
Ripa Spaccata (Lam.)	132	299
Rubiera (Lam.)	-	-

Nei serbatoi ad uso laminazione delle piene gli scarichi di fondo tendono ad avere una maggiore capacità rispetto a quelli delle dighe ad altro uso



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

L'usuale funzione degli scarichi profondi non è quella di smaltimento delle piene, ma è inerente alla sicurezza ed esercizio dell'impianto idroelettrico/ irriguo / idropotabile.

Attraverso lo scarico di fondo vengono abbassati i livelli idrometrici dei serbatoi per le varie necessità di osservazione e/o controllo dei comportamenti idraulici e statici dell'invaso e della diga, o per qualsiasi intervento tipo quelle di verifica e controllo a seguito di sismi.

Lo scarico di fondo e/o di esaurimento, serve anche in funzione di compiti richiedenti la vuotatura del serbatoio.

Le operazioni per questi servizi si effettuano sempre a svasso lento, cioè a basse portate di scarico, non confrontabili con quelle richieste dalle funzioni di piena.

La normativa infatti prevede che gli scarichi di fondo siano dimensionati nel modo seguente:

- Nelle dighe «ordinarie» «Gli scarichi a battente, nel loro insieme con esclusione dello scarico di esaurimento, devono rendere possibile la vuotatura del 75% del volume d'invaso del serbatoio a partire dalla quota massima di regolazione, in un periodo di 3 giorni se la capacità del serbatoio è inferiore o uguale a 50 milioni di m³, ovvero in 8 giorni se la capacità del serbatoio è uguale o superiore a 200 milioni di m³; per i valori intermedi si procederà per interpolazione» (punto C1 NTD 2014);
- Nei serbatoi di laminazione, lo scarico di fondo, presidiato o meno da paratoie, viene utilizzato, anziché per svuotare l'invaso, per laminare la piena in ingresso, come negli esempi che seguono.

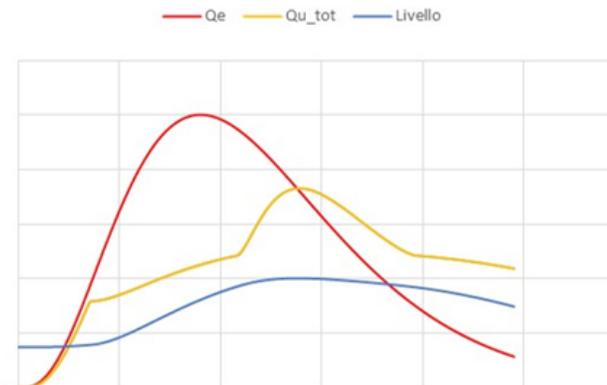
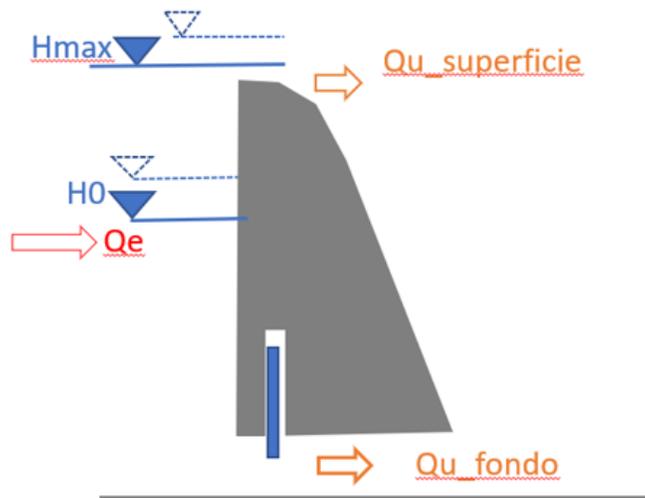


SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

Nei serbatoi ad uso della laminazione delle piene il processo di laminazione si compie generalmente in modo automatico attraverso l'apertura permanente delle luci di fondo. L'impiego congiunto degli scarichi di fondo e di superficie è richiesto solo per le piene con afflussi al serbatoio superiori alla capacità di portata degli scarichi profondi e specificamente nel corso del processo di laminazione delle piene critiche.





SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

SIMILITUDINI E DIFFERENZE

TRA LE DIGHE «ORDINARIE» ED I SERBATOI DI LAMINAZIONE DELLE PIENE:

Similitudini:

- PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DELLE OPERE SOTTOPOSTE ALLE NTD
- OBBLIGO DI NOMINA DELL'INGEGNERE RESPONSABILE
- OBBLIGO ASSEVERAZIONE SEMESTRALE
- OBBLIGO SOTTOSCRIZIONE FCEM, CON LE CONSEGUENTI PRESCRIZIONI CORRELATE (VERIFICA PERIODICA ORGANI DI SCARICO, MONITORAGGIO STRUTTURALE, ECC. ECC.)

Differenze:

- GENERALMENTE ASSENZA DI UN «CONCESSIONARIO» AI SENSI DEL RD 1775/33, MA PRESENZA DI UN «GESTORE» CHE PUO' COINCIDERE CON L'AUTORITA' IDRAULICA COMPETENTE.
- SERBATOIO GENERALMENTE VUOTO, TRANNE OVVIAMENTE IN CASO DI PIENA DEL CORSO D'ACQUA LAMINATO.
- GENERALMENTE ASSENZA DI DERIVAZIONE D'ACQUA E DI UTILIZZO A FINI ECONOMICI DELLA RISORSA IDRICA.
- SCARICO DI FONDO DIMENSIONATO IN FUNZIONE DELLA PIENA DA SMALTIRE E NON IN FUNZIONE DEL TEMPO DI VUOTATURA DEL SERBATOIO.
- SULLO SCARICO DI FONDO PUO' MANCARE L'ORGANO DI TENUTA E DI REGOLAZIONE



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

DIFFERENZA TRA SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE:

RIFERIMENTO NORMATIVO: CIRCOLARE PCM DSTN/2/7311 DEL 07/04/1999.

SERBATOI DI LAMINAZIONE: OPERE IDRAULICHE DOTATE DI SBARRAMENTO SOTTOPOSTO ALL' ART. 1 DELLA LEGGE 584/94.

CASSE DI ESPANSIONE: «LE CASSE DI ESPANSIONE, INTESE COME AREE OPPORTUNAMENTE ARGINATE PER CONSENTIRE L'ACCUMULO TEMPORANEO DI ACQUA IN OCCASIONE DI EVENTI DI PIENA MEDIANTE SFIORO DI UNA SOGLIA LIBERA O REGOLABILE INSERITA IN UN TRATTO DI SPONDA DEL CORSO D'ACQUA, OPPURE MEDIANTE ALTRI SISTEMI QUALI SIFONI AUTO INNESCANTI O TRATTI DI ARGINE FUSIBILI, NON RIENTRANTI NELLE FATTISPECIE PREVISTE DALL'ART. 1 DELLA LEGGE N. 584/1994»

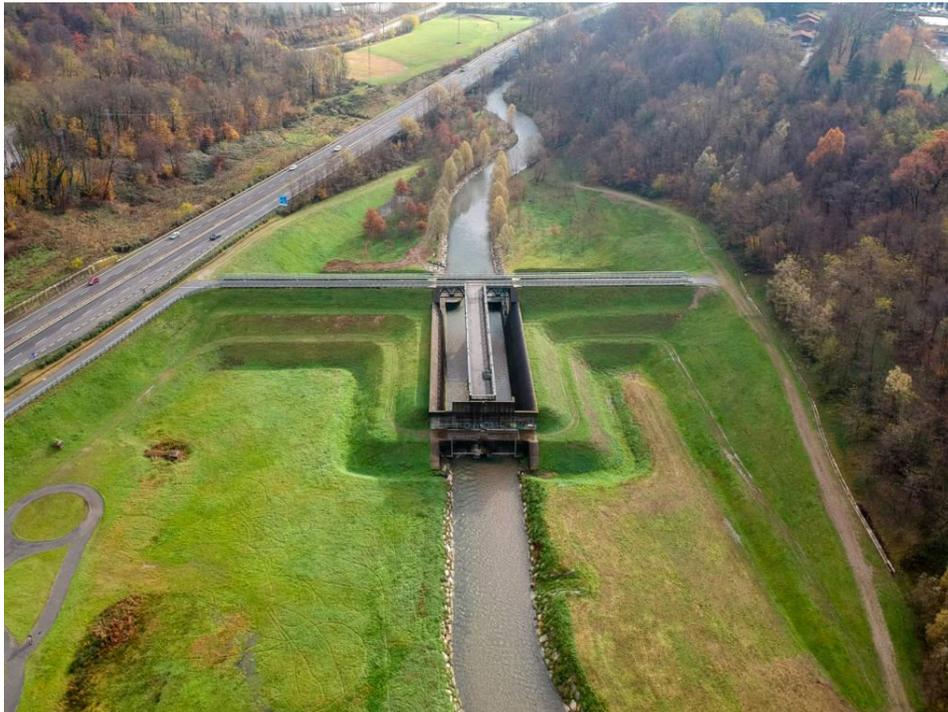


SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE

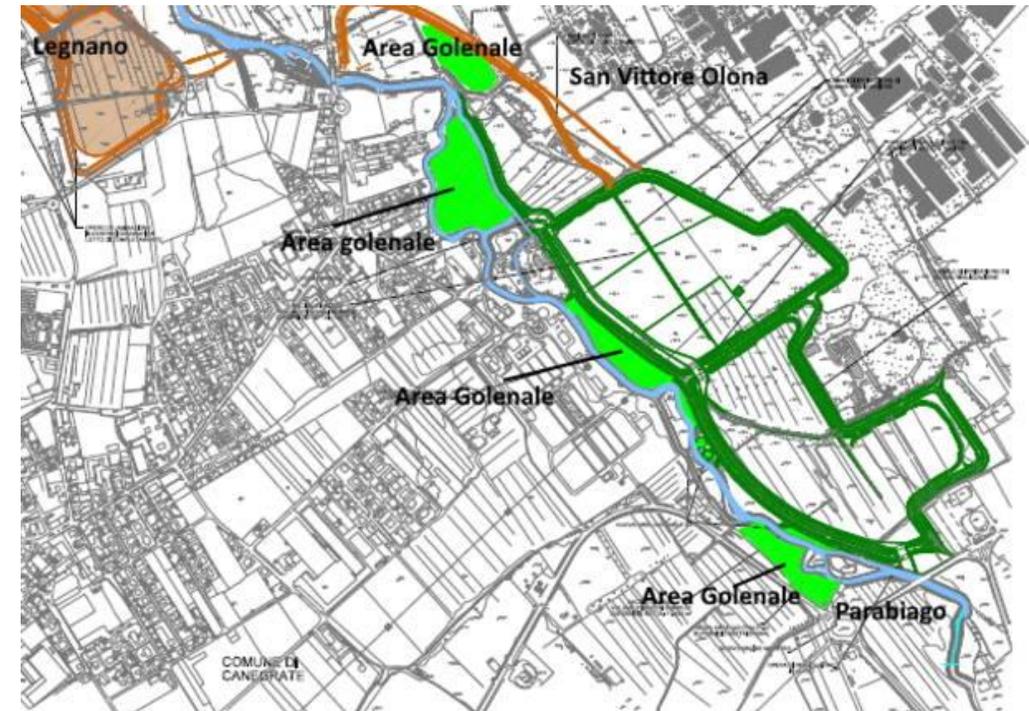


Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

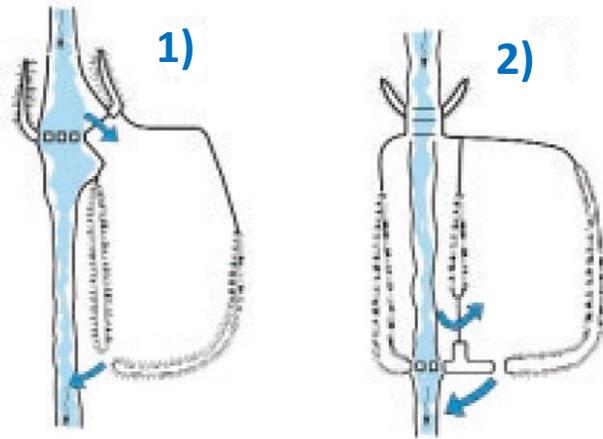
DIGA DI OLONA SUL FIUME OLONA – SERBATOIO DI LAMINAZIONE NEI COMUNI DI VARESE E MALNATE



CASSE DI ESPANSIONE SUL FIUME OLONA IN COMUNE DI SAN VITTORE OLONA



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE

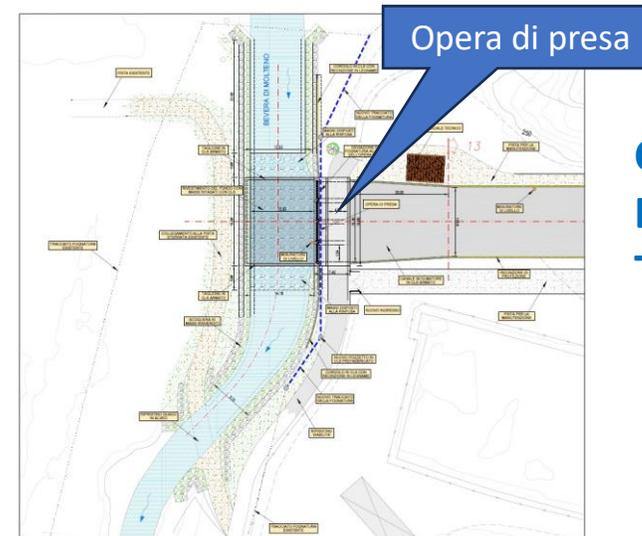


Funzionamento idraulico cassa di espansione:
 1) invaso laterale con alimentazione da traversa a monte
 2) invaso laterale con alimentazione da sfioro laterale

ESEMPI MANUFATTI IMBOCCO CASSE DI ESPANSIONE:



CASSA DI ESPANSIONE SUL FIUME SEVESO



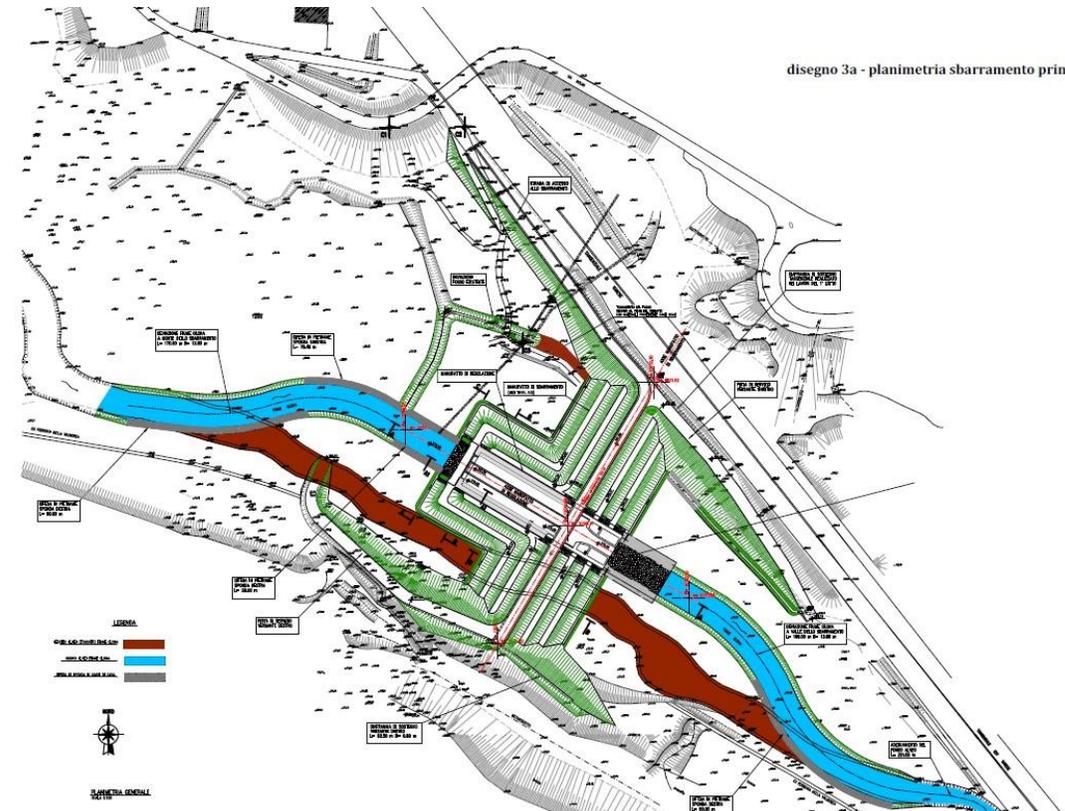
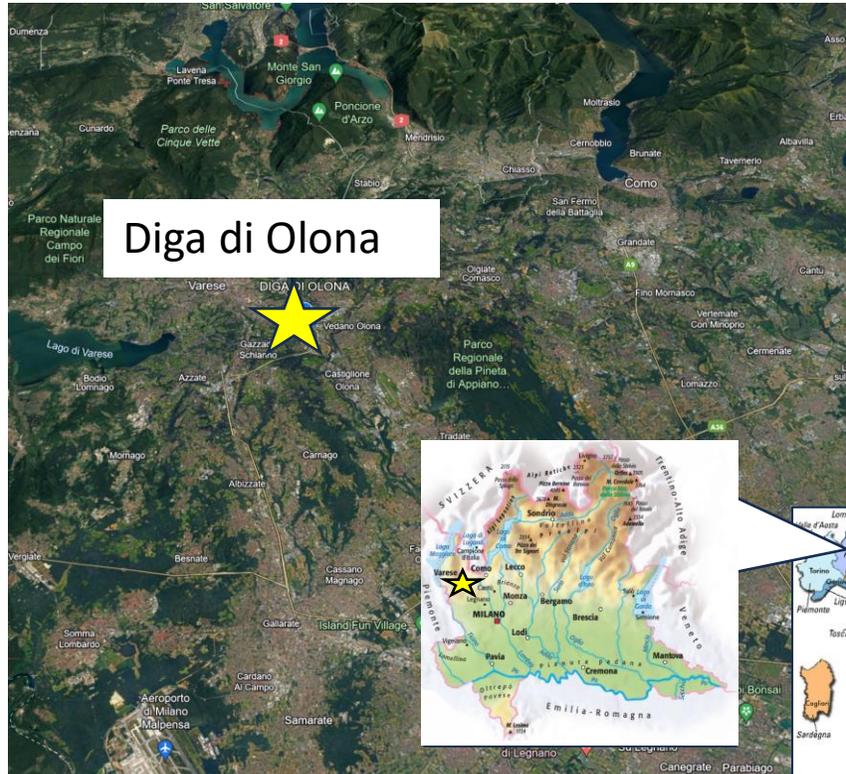
CASSA DI ESPANSIONE SUL TORRENTE BEVERA



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



disegno 3a - planimetria sbarramento principale

SERBATOIO DI LAMINAZIONE DELLE PIENE SUL FIUME OLONA IN COMUNE DI MALNATE (VA)
BACINO IMBRIFERO SOTTESO: 97 Km² - BACINO IMBRIFERO TOTALE FIUME OLONA: 911 Km²

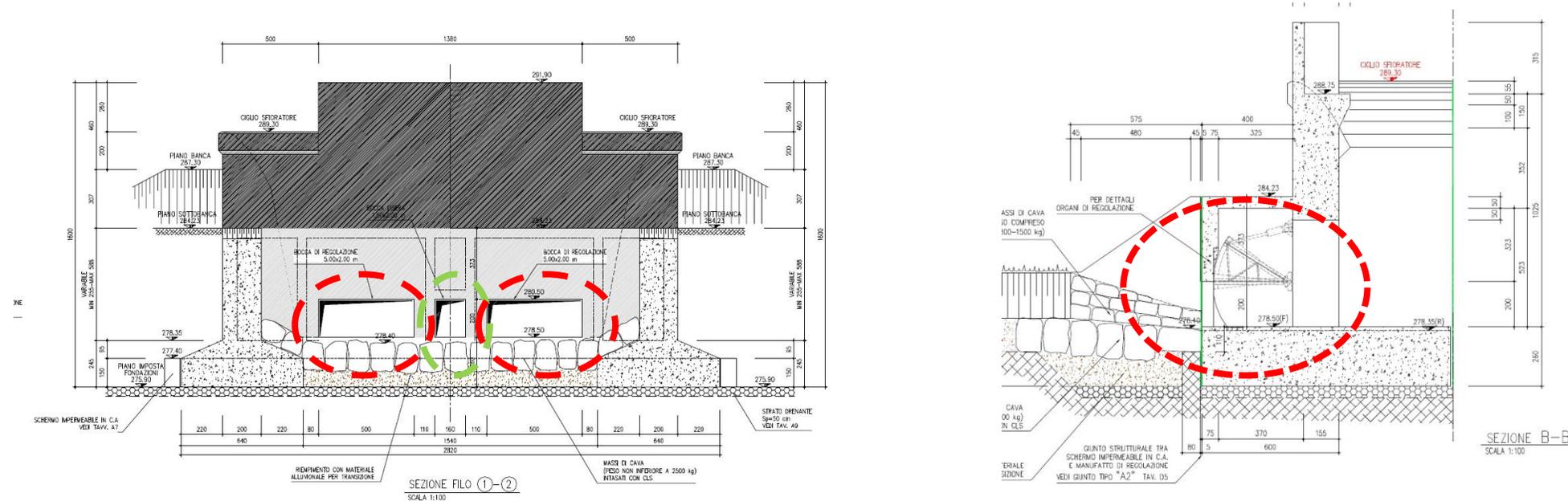


SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

- ESEMPIO FUNZIONAMENTO IDRAULICO DELLA DIGA DI OLONA



Lo scarico di fondo è
composto da tre
bocche



la bocca centrale libera

$Q=33 \text{ m}^3/\text{s}$

due bocche laterali con paratoie a settore

$Q=165 \text{ m}^3/\text{s}$

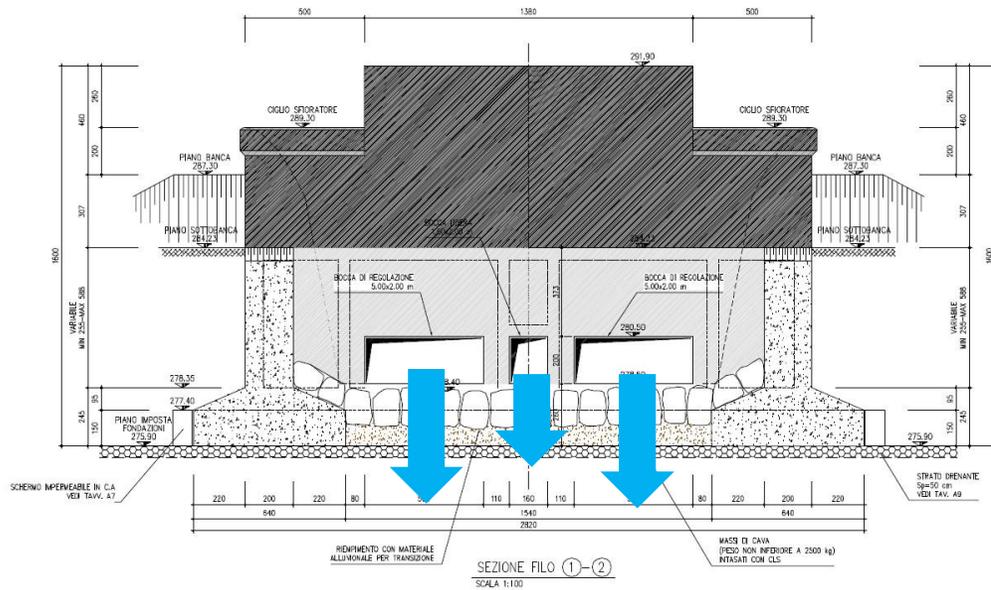


SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

Fino a portate di $36 \text{ m}^3/\text{s}$ le due paratoie a settore rimangono completamente aperte e consentono il normale deflusso delle acque, senza generare invaso



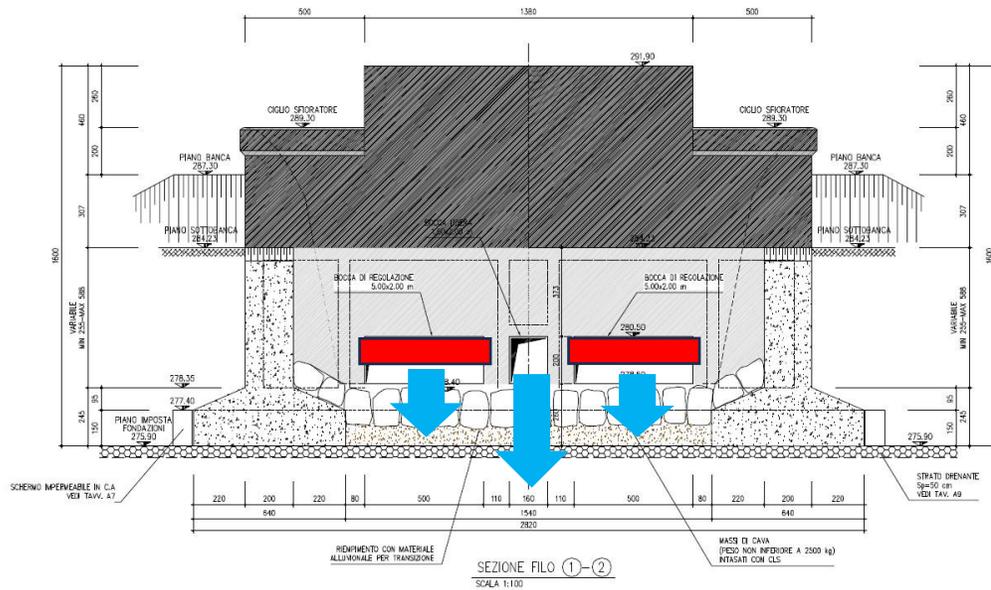
Max transitabile a
valle $36 \text{ m}^3/\text{s}$



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



Fino a portate di 36 m³/s le due paratoie a settore rimangono completamente aperte e consentono il normale deflusso delle acque, senza generare invaso

Quando la portata in arrivo supera i 36 m³/s le due paratoie a settore si chiudono gradualmente a step prefissati

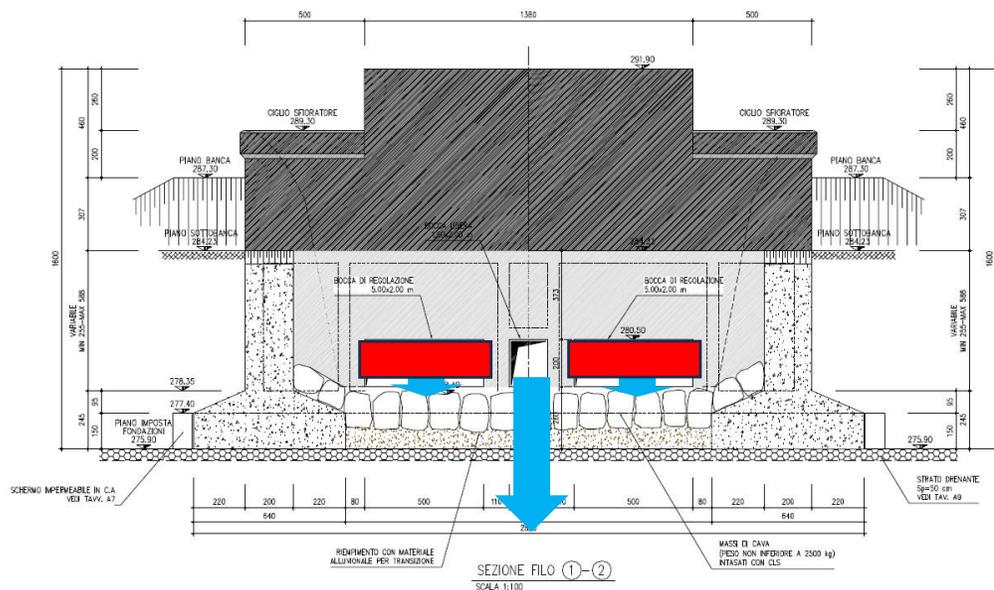
Max transitabile a
valle 36 m³/s



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



**Max transitabile a
valle 36 m³/s**

Fino a portate di 36 m³/s le due paratoie a settore rimangono completamente aperte e consentono il normale deflusso delle acque, senza generare invaso

Quando la portata in arrivo supera i 36 m³/s le due paratoie a settore si chiudono gradualmente a step prefissati

All'aumentare della portata affluente le paratoie laterali arrivano alla massima chiusura prevista (98% dell'area totale di efflusso).

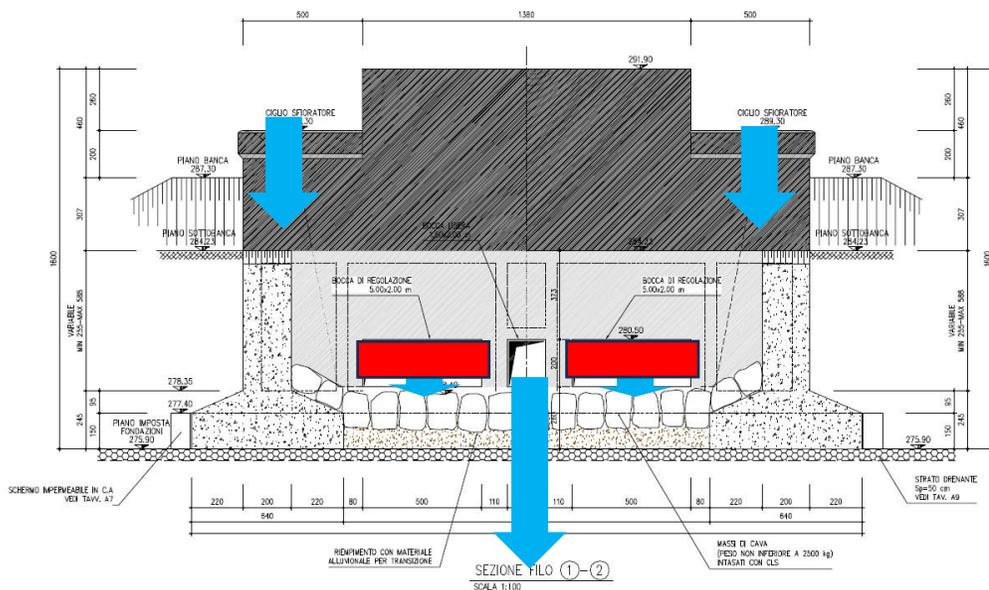
La luce centrale continua a esitare fino a di 33 m³/s alla quota di massima regolazione dell'invaso (289,30 m s. m.).



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



**Max transitabile a
valle 36 m³/s**

Fino a portate di 36 m³/s le due paratoie a settore rimangono completamente aperte e consentono il normale deflusso delle acque, senza generare invaso

Quando la portata in arrivo supera i 36 m³/s le due paratoie a settore si chiudono gradualmente a step prefissati

All'aumentare della portata affluente le paratoie laterali arrivano alla massima chiusura prevista (98% dell'area totale di efflusso).

La luce centrale continua a esitare fino a di 33 m³/s alla quota di massima regolazione dell'invaso (289,30 m s. m.).

In caso di ulteriore aumento della portata in ingresso, si alza il livello ed entra in funzione lo scarico di superficie a soglia libera

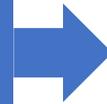


SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

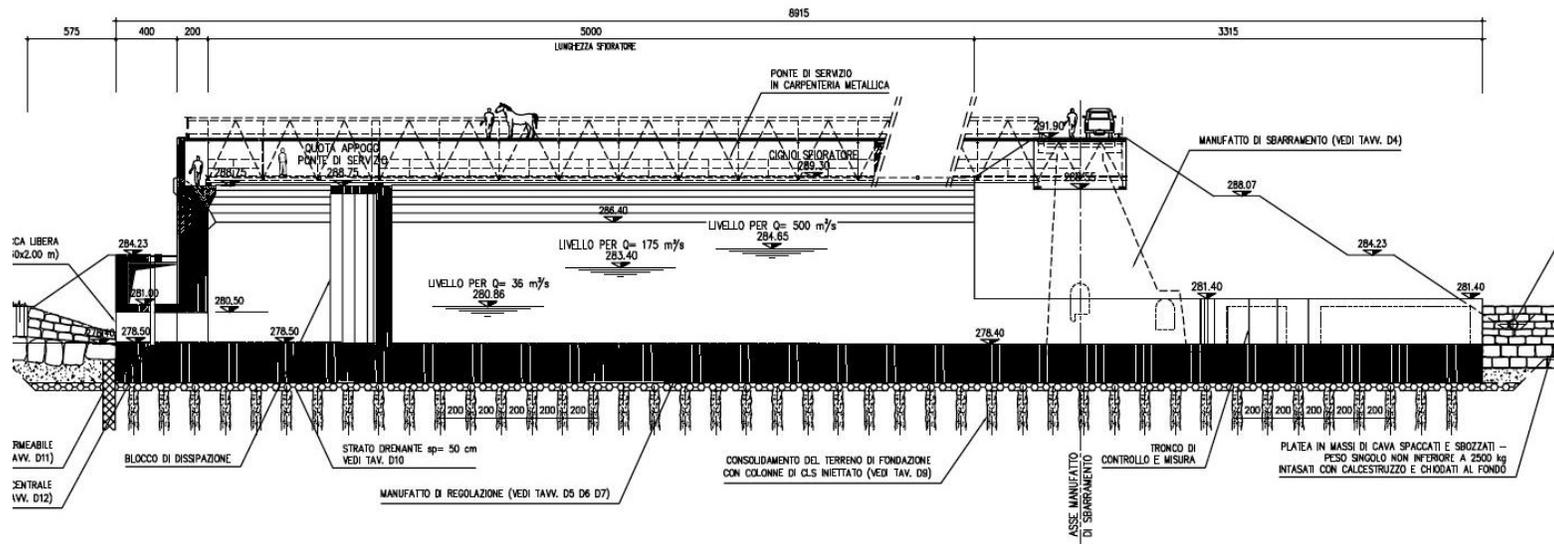
Importante differenza rispetto ad un serbatoio ad uso idroelettrico



L'automatismo dello sbarramento è in grado unicamente di chiudere le paratoie laterali, non di aprirle.

Al termine dell'evento di piena, lo svuotamento del serbatoio sarà quindi affidato alla luce centrale (priva di organi di regolazione), con le luci laterali aperte di circa soli 5 cm.

Conseguentemente lo svuotamento dell'invaso avverrà in modo naturale con portate decrescenti in funzione dell'andamento del livello d'acqua a monte dello sbarramento.

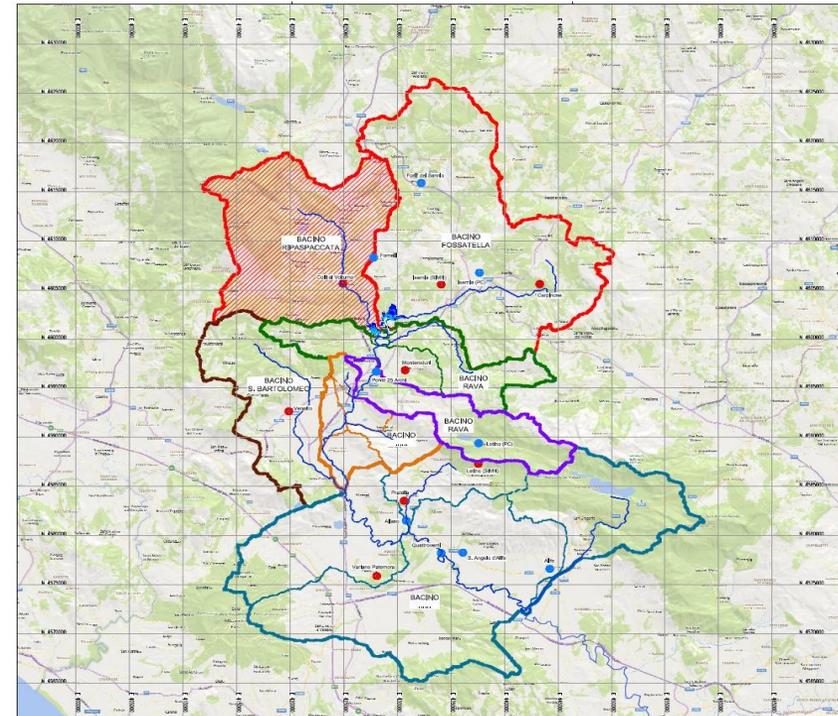
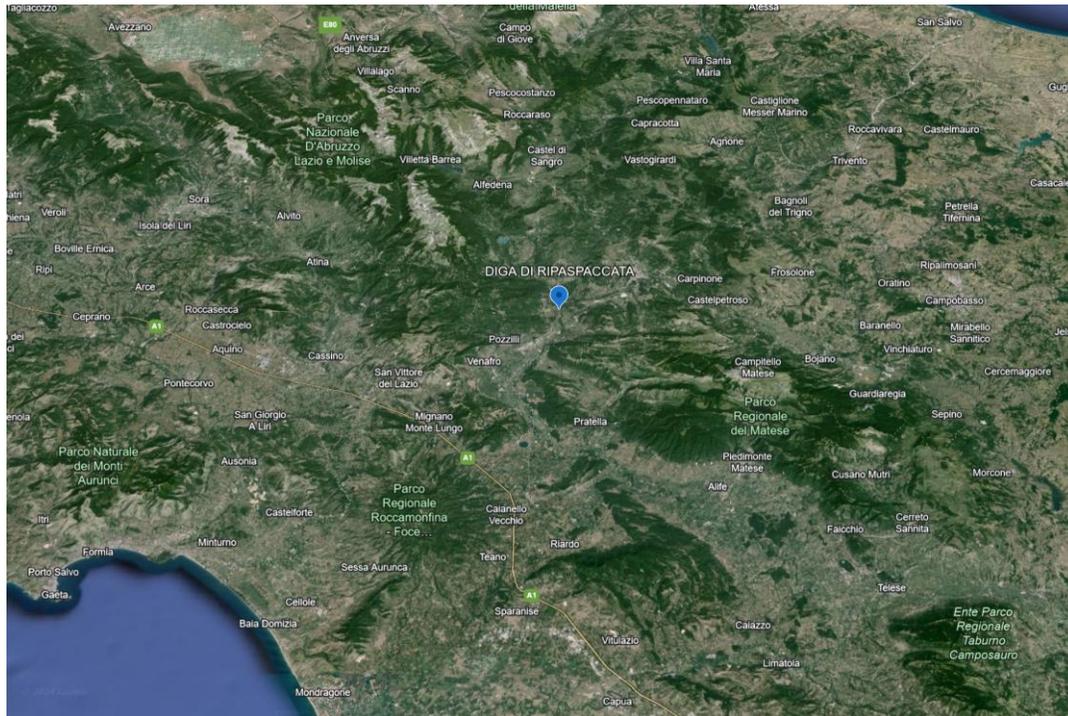




SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



LA DIGA DI RIPASPACCATA E' STATA REALIZZATA SUL FIUME VOLTURNO, PRIMA DELLA CONFLUENZA DEL TORRENTE CAVALIERE. LA SUA FINALITA' E' LA PROTEZIONE IDRAULICA DEGLI ABITATI UBICATI NELLA PIANA DI VENAFRO (IS) POSTI POCO PIU' A VALLE. IL BACINO SOTTESO DALLA DIGA E' DI 224 Km², A FRONTE DI UN BACINO TOTALE DEL FIUME VOLTURNO DI 5500 km²



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE

- DIGA DI RIPASPACCATA (IS)



**CORSO D'ACQUA: FIUME VOLTURNO IN
COMUNE DI MONTAQUILA (IS)**

ANNO ULTIMAZIONE LAVORI: 1986

TIPOLOGIA OPERA (ex DM 26/06/14): b.3

ALTEZZA DIGA (ex L. 584/94): 14,80 m

VOLUME DI LAMINAZIONE: 3,326 Mm³

PORTATA MASSIMA DI PROGETTO: 764 m³/s

**CAPACITA' COMPLESSIVA DEGLI ORGANI DI
SCARICO: 431,00 m³/s**



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE

La diga è stata realizzata per permettere lo smaltimento massimo, in occasione di eventi di piena «ordinari» (Tr 50- 100 anni) di una portata massima di 200 m³/s con il solo SCARICO DI FONDO.

La portata eccezionale in ingresso al serbatoio (Tr 1000 anni) è pari a 764 m³/s, mentre quella corrispondente in uscita è pari a 431 m³/s

TABELLA I

Eventi di piena	Deflusso	Portata al colmo $Q_{e \max}$	Capacità impegnata W_{\max}	Portata in uscita $Q_{u \max}$	Livello acqua y_{\max}	Franco f
Evento breve T = 50	3.660.000	342	1.100.000	200	244,20	4,89
Evento breve T = 100	4.010.000	388	1.466.000	212	245,00	4,00
Evento eccezionale A	6.510.000	508	2.122.000	270	246,30	2,70
Evento eccezionale B	9.860.000	561	2.395.000	308	246,60	2,20

TABELLA II

Eventi Considerati	Portate al colmo $Q_{e \max}$	Deflusso di piena D
Caso (a)	764	13.410.000
Caso (b)	258	18.032.000

TABELLA III

Eventi di piena	Capacità impegnata W_{\max}	Portata in uscita $Q_{u \max}$	Livello acqua y_{\max}
Caso (a)	3.326.000	431	246,22
Caso (b)	1.063.800	202	244,10



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

DESCRIZIONE DELL'OPERA:

Lo sbarramento è costituito da due parti contigue:

- la diga che occupa gran parte del fondo valle e si appoggia alla sponda sinistra del fiume Volturno;
- il manufatto in c.a. ove sono alloggiate tutte le opere di scarico, spostato verso la sponda destra del fiume alla quale è collegato da una breve struttura di raccordo in materiali sciolti.

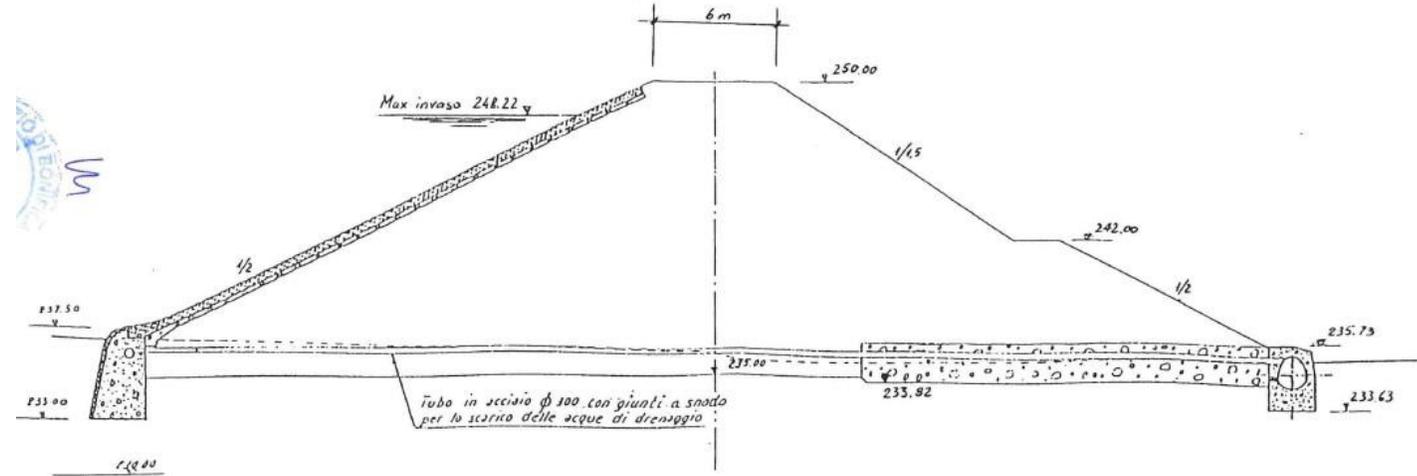




SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE: RIPASPACCATA



Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche





SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE: RIPASPACCATA



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

Le opere di scarico sono raccolte in un'unica struttura in c.a., affiancata al rilevato diga.

Scarico di fondo: è costituito da 3 bocche affiancate alte 1.80 m e larghe rispettivamente 6.25-6.00 e 6.25 m, con soglia a quota 236.00 coincidente con il fondo del canalone, in grado di smaltire una portata di 120 m³/s.

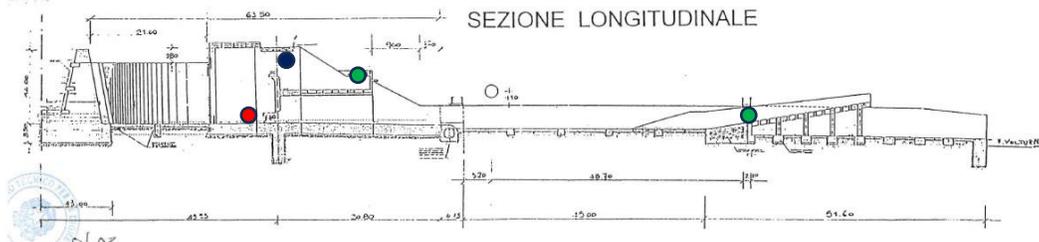
Scarico di superficie: è costituito da 3 bocche disposte superiormente a quelle dello scarico di fondo e aventi le stesse larghezze (6.25-6.00 e 6.25m) e ciglio a quota 245.20, opportunamente sagomato per favorire il deflusso delle acque



PIANTA OPERA DI SCARICO



SEZIONE LONGITUDINALE



Opere di dissipazione: le portate erogate dallo scarico di fondo, anche quando le sue bocche funzionano sotto battente, defluiscono a pelo libero lungo il canalone degli scarichi.

Le portate sfiorate sulle 3 soglie dello scarico di superficie sono raccolte nelle successive vasche a fondo grigliato, attraverso i cui fori precipitano sulle correnti liquide sottostanti, che provvedono a convogliarle verso valle.



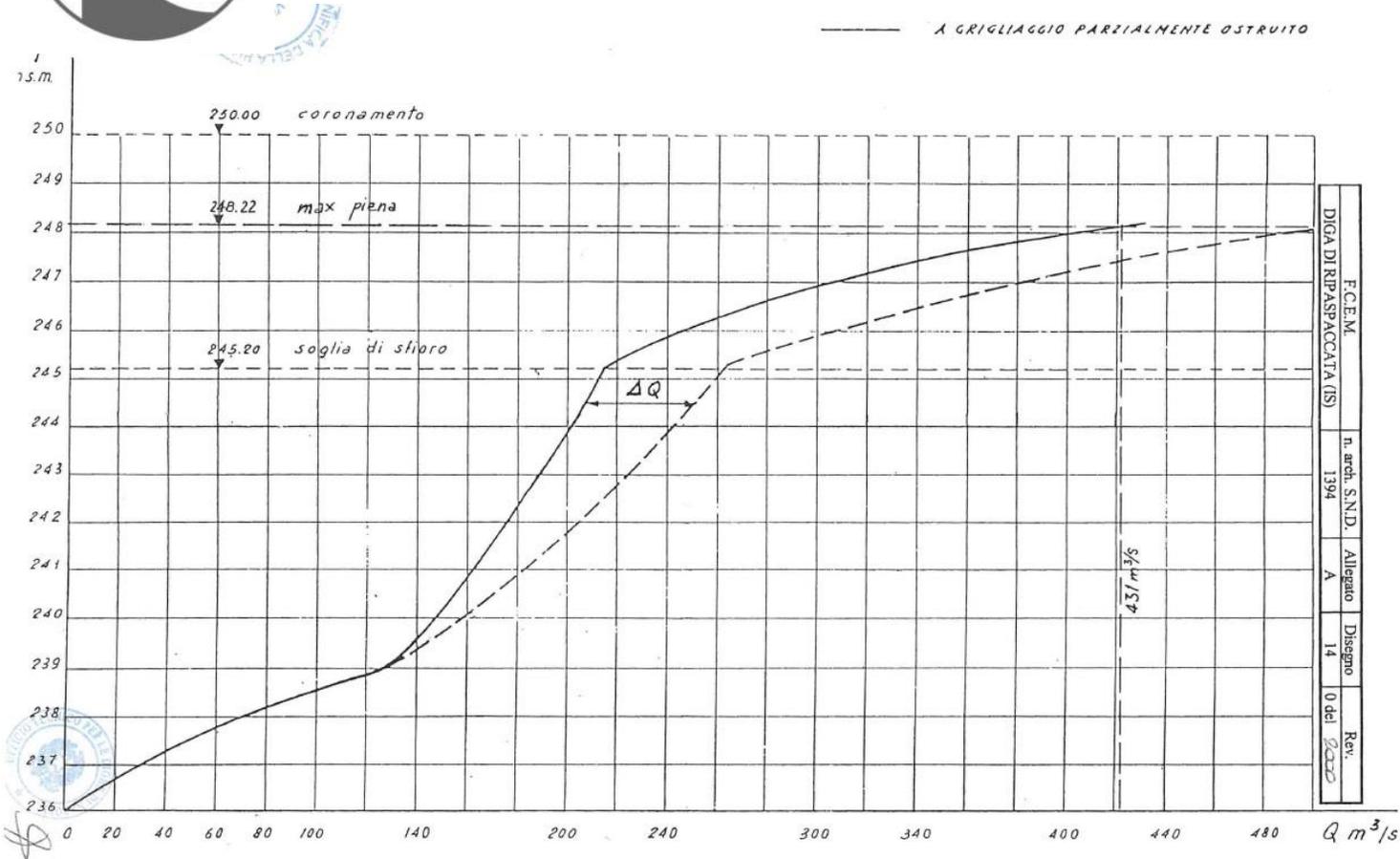
Tutte le acque scaricate sono avviate verso il dissipatore a valle, del tipo a griglia di fondo inclinata, per essere quindi restituite nel fiume Volturno sfiorando sulla soglia terminale.



SERBATOI DI LAMINAZIONE E CASSE DI ESPANSIONE: RIPASPACCATA



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche



Funzionamento idraulico dell'opera: in condizioni di piena «ordinaria» (Tr 50 – 100 anni), con portate dell'ordine di grandezza di circa 200/250 m³/s il deflusso avviene mediante lo scarico di fondo; per portate superiori entra in azione anche lo scarico di superficie costituito da una soglia libera.

Si segnala che è in progetto un importante intervento di adeguamento idraulico che prevede la realizzazione di un nuovo scarico di superficie in corpo diga.





ITCOLD

Comitato Nazionale Italiano delle Grandi Dighe



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento per le opere pubbliche e le politiche abitative
Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche

Grazie per l'attenzione

ING. ANDREA SANNA - UTDTO

