

Ampliamento del serbatoio di Maccheronis

Antonio Madau (Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale)

Sebastiano Bussalai (Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale)

Philippe Lazaro (Lombardi SA Ingegneri Consulenti)

Antonio Pietrangeli (Studio Ing. G. Pietrangeli s.r.l.)

INDICE

	pagina
1. INTRODUZIONE	1
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI	2
3. PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL SERBATOIO	5
3.1 Generalità	5
3.2 Sovralzo dello sbarramento	6
3.3 Nuovo scarico di superficie	8
4. CONCLUSIONE	10

1. INTRODUZIONE

Agli inizi degli anni '50 l'allora Consorzio di Bonifica del Nuorese (Sardegna) prese in esame diverse soluzioni per soddisfare, mediante la realizzazione di un invaso sul fiume Posada, i bisogni irrigui delle piane di Siniscola - Posada - Torpé e per permettere una regolazione parziale delle piene del fiume. Dopo un'analisi delle possibili soluzioni, il Consorzio ritenne quale soluzione ottimale la realizzazione di un nuovo invaso in prossimità della stretta di Maccheronis, circa 6 km ad ovest della località di Torpé.

La diga di Maccheronis è del tipo a gravità in calcestruzzo, tracimabile nella parte centrale. L'altezza massima della struttura è di 46 metri ed il volume utile d'invaso è pari a circa 25 Mm³. Il bacino imbrifero direttamente sotteso dallo sbarramento, che raccoglie le acque del fiume Posada e del río Mannu di Bitti, suo affluente principale, ha un'estensione pari a 615 km².

I lavori di costruzione dello sbarramento ebbero inizio nel corso del 1956 e furono terminati alla fine del 1959. Lo sbarramento entrò in esercizio negli anni successivi.

Nel corso degli ultimi decenni, l'incremento dei fabbisogni irrigui dell'area servita e le sopravvenute utilizzazioni idropotabile ed industriale, assolutamente imprevedute all'epoca della progettazione dello sbarramento, hanno messo in evidenza la necessità di un ampliamento del volume del serbatoio esistente. Un aumento di quest'ultimo di circa 10 Mm³ è ottenibile mediante un innalzamento del livello di massima regolazione di 3 m, da 43.00 m s.l.m. a 46.00 m s.l.m., mentre il livello di massimo invaso rimane costante a quota 46.5 m s.l.m. Tale innalzamento è realizzato mediante il tamponamento delle luci di sfioro esistenti, situate sul coronamento della diga, e la realizzazione di un nuovo scarico di superficie in sponda sinistra.

Il progetto definitivo per l'ampliamento del serbatoio di Maccheronis, ultimato nell'ottobre 2003, è stato approvato dal Registro Italiano Dighe nell'agosto 2004, mentre l'ultimazione dei lavori, appaltati nel febbraio 2006, è prevista per la fine del 2008.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI

Lo schema generale dello sbarramento di Maccheronis nella sua configurazione attuale è illustrato nella Figura 1.

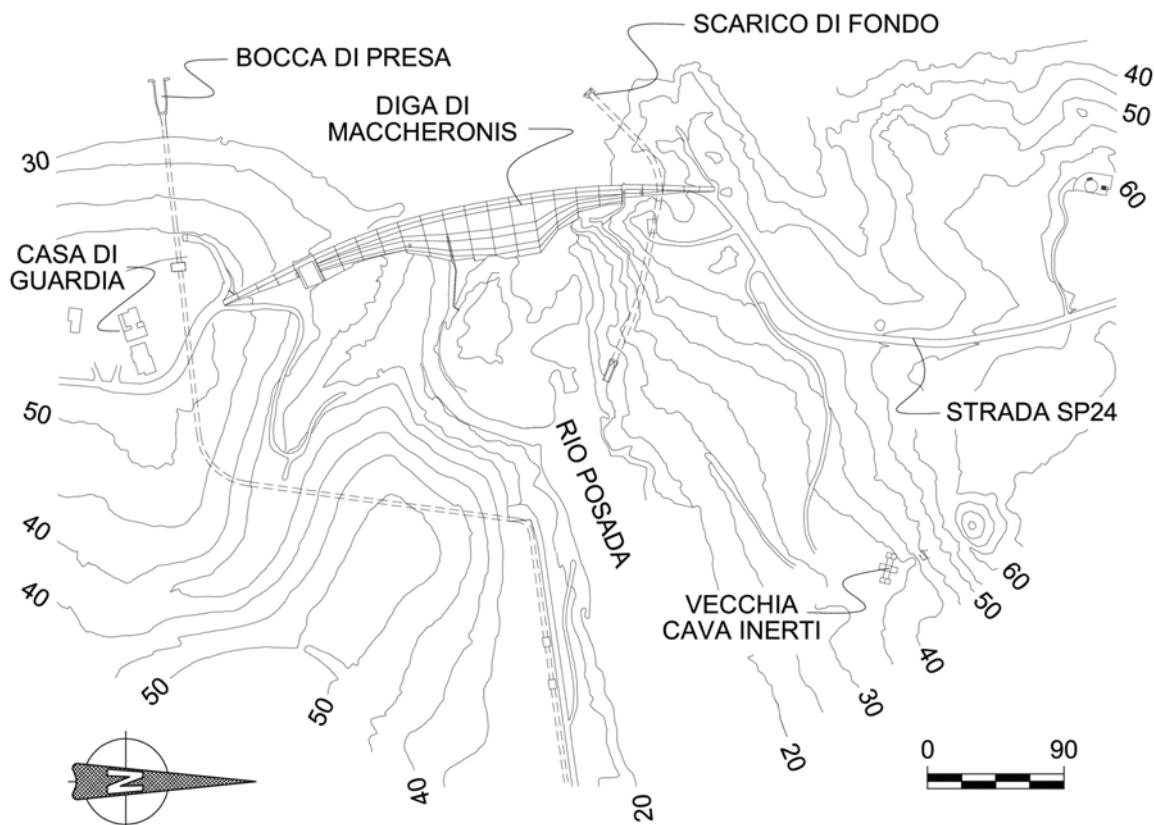


Figura 1: Schema generale della diga di Maccheronis nella sua configurazione attuale

Lo sbarramento è del tipo a gravità con pianta leggermente arcuata ma con giunti separati e non iniettati, per cui privo di effetto arco. L'opera, che poggia su una fondazione costituita da formazioni granitiche, è costituita da 24 conci (numerati da I a XXIV a partire della sponda destra) di lunghezza compresa tra 10.45 e 15.00 m, per una lunghezza complessiva di 338.55 m. Il coronamento è situato a quota 48.04 m s.l.m. ed ha una larghezza di 3.0 m. Il volume dei getti di calcestruzzo è di circa 96'000 m³.

Lo sbarramento è composto essenzialmente da due tipi di conci, tracicabili e emergenti. Nel complesso le sezioni di entrambi i tipi possono considerarsi ricavate da un triangolo fondamentale con vertice alla quota di massimo invaso (46.50 m

s.l.m.) e apertura totale di 0.74, con pendenza del paramento di monte pari a 0.04 e di quello di valle pari a 0.70.

La sezione tipo di un concio tracimabile, situato nella parte centrale dello sbarramento, è illustrata nella Figura 2. I conchi tracimabili con soglia fissa sagomata a quota 43.00 m s.l.m. sono 14. La capacità dello sfioratore è di 2'643 m³/s con un carico idraulico pari a 3.50 m.

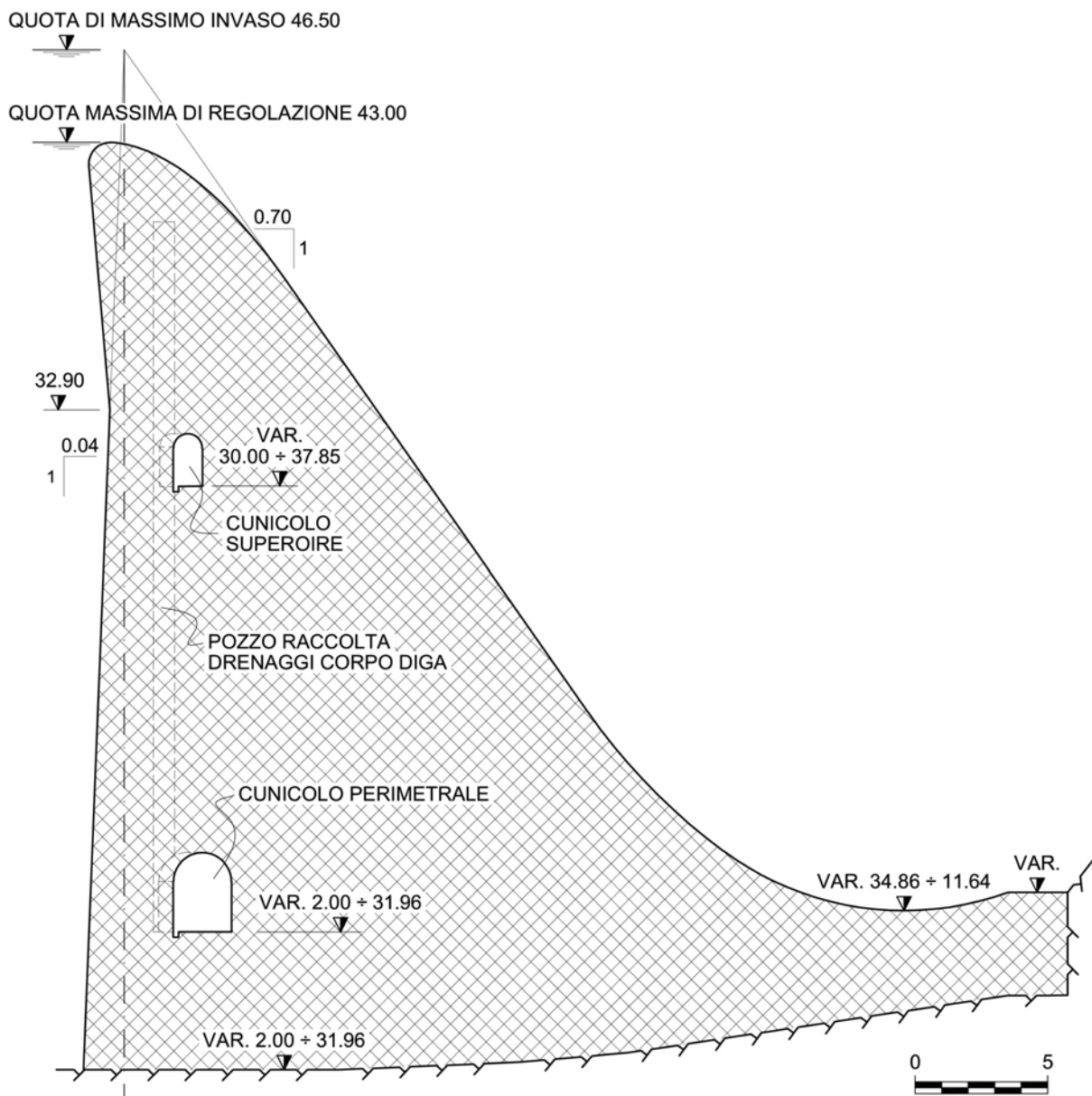


Figura 2: Sezione tipo dei conchi tracimabili.

L'unghia di valle dei conci trascinabili, la cui estremità inferiore è ubicata ad una quota superiore rispetto a quella della roccia sana, è stata rinforzata mediante un cordolo prismatico in calcestruzzo. La larghezza di quest'ultimo varia proporzionalmente alla quota del piede della diga, come visibile nella Foto 1.



Foto 1: Vista del paramento di valle della diga di Maccheronis

In sponda destra, accanto allo sfioratore è stato realizzato uno scarico di superficie munito di una paratoia a settore (capacità pari a circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$) che serve alla regolazione fine del livello d'invaso ed allo smaltimento delle piene minori.

Lo scarico di fondo in galleria, con una capacità pari a circa $65 \text{ m}^3/\text{s}$, è ricavato in sponda sinistra, mentre in sponda destra è stata realizzata l'opera di presa, come illustrato nella Figura 1.

La capacità complessiva degli organi di scarico dello sbarramento ammonta quindi a circa $3'000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il corpo dello sbarramento è attraversato da due cunicoli di ispezione. Il cunicolo superiore si estende tra il concio n°V ed il concio n°XX, mentre il cunicolo perimetrale attraversa lo sbarramento tra i conci n°X e XVII. Quest'ultimo ha la funzione di raccogliere le acque di drenaggio e di convogliarle in un pozzetto, situato nel concio n°XIV, da cui vengono pompate all'esterno. Nel cunicolo perimetrale sono inoltre ubicati gli strumenti di lettura dei pendoli diritti (ubicati in corrispondenza dei giunti 13 e 14) ed i piezometri per la misura delle sottopressioni.

3. PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL SERBATOIO

3.1 Generalità

Il progetto per l'ampliamento del serbatoio di Maccheronis prevede essenzialmente i seguenti interventi:

1. sovralzato dei conci emergenti ed allargamento del coronamento;
2. tamponamento delle luci di sfioro nella parte centrale dello sbarramento e realizzazione di un coronamento di caratteristiche analoghe a quello dei conci emergenti;
3. modifica della soglia di sfioro sul concio n°V mediante installazione di una paratoia a ventola per lo smaltimento delle portate di piena minori (fino a 300 m³/s);
4. realizzazione in sponda sinistra di un nuovo scarico di superficie con capacità di circa 3'250 m³/s,

La Figura 3 illustra lo schema generale della diga di Maccheronis dopo i lavori di ampliamento del serbatoio.

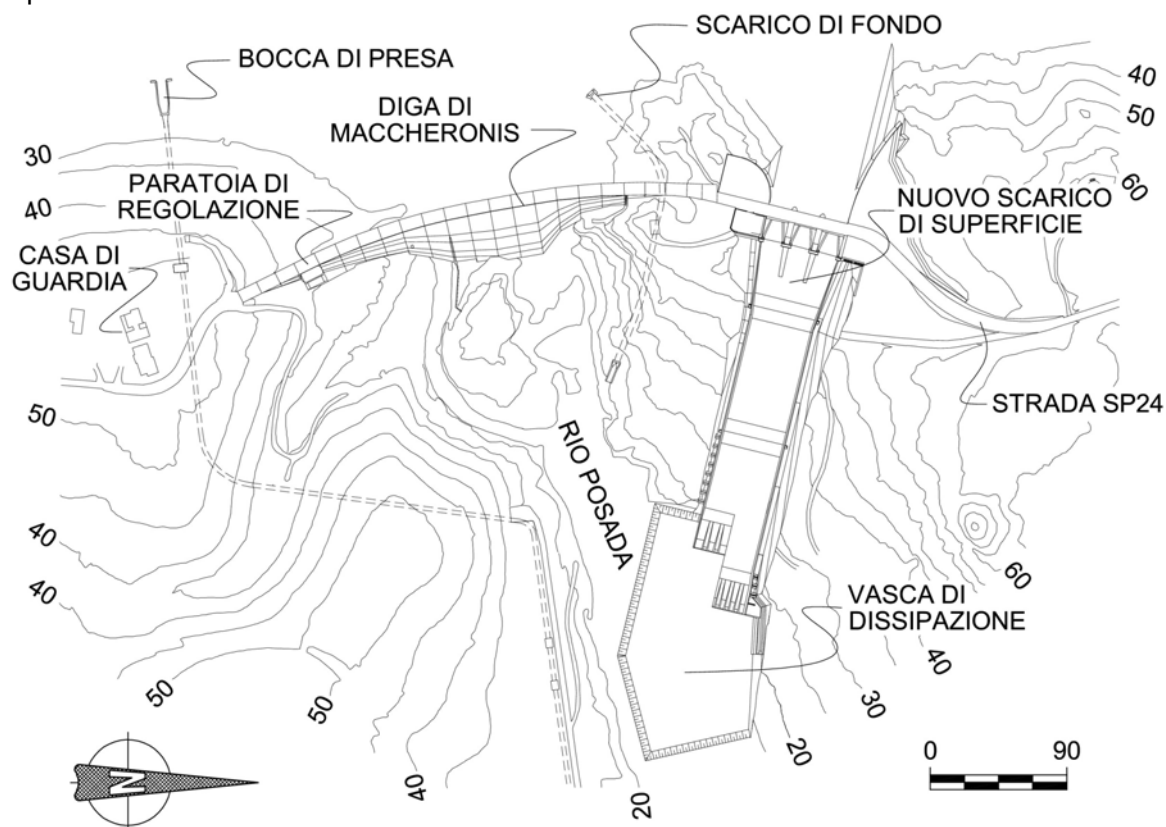


Figura 3: Schema generale della diga di Maccheronis al termine dei lavori.

3.2 Sovralzo dello sbarramento

La Figura 4 illustra schematicamente il dettaglio del sovrалzo del concio emergente nella sua configurazione finale. Da rilevare che rispetto alla configurazione iniziale, in cui il coronamento della diga presenta una larghezza pari a 3.00 m, a lavori ultimati il coronamento avrà una larghezza complessiva pari a 8.30 m, dei quali 7.00 m di carreggiata e 1.30 m per il marciapiede ed il parapetto a lato monte. In tal modo sarà reso possibile il transito e l'incrocio dei veicoli sul coronamento. Tali modifiche implicheranno un intervento di adeguamento delle rampe di accesso al coronamento sia in sponda destra, per un tratto di circa 100 m, che sinistra, per un tratto di circa 260 m. La carreggiata delle due vie d'accesso sarà allargata ed il loro profilo altimetrico sarà adeguato alla nuova configurazione del coronamento.

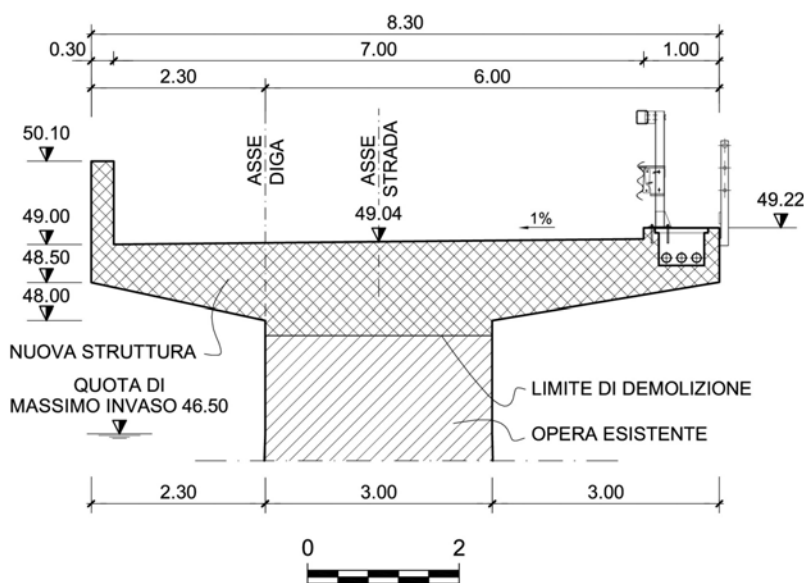


Figura 4: Dettaglio del sovrалzo di un concio emergente - Situazione finale.

Il sovrалzo dei conci trascinabili, illustra schematicamente nella Figura 5, comporta il tamponamento dello sfioratore attuale.

Il profilo di demolizione adottato è stato stabilito in base a criteri strutturali e operativi. Esso permette da un lato di mantenere l'invaso ai livelli più alti possibili durante i lavori, senza penalizzare le utenze che fanno capo al serbatoio, dall'altro di seguire le linee di forza indotte dal peso proprio e dai carichi esterni, permettendo di evitare sforzi di taglio sulle superfici di contatto tra il nuovo cal-

cestruzzo e quello esistente. In tal modo risulta sufficiente l'inserimento di un modesto numero di barre di collegamento per garantire la perfetta continuità tra il calcestruzzo della vecchia struttura e il nuovo coronamento.

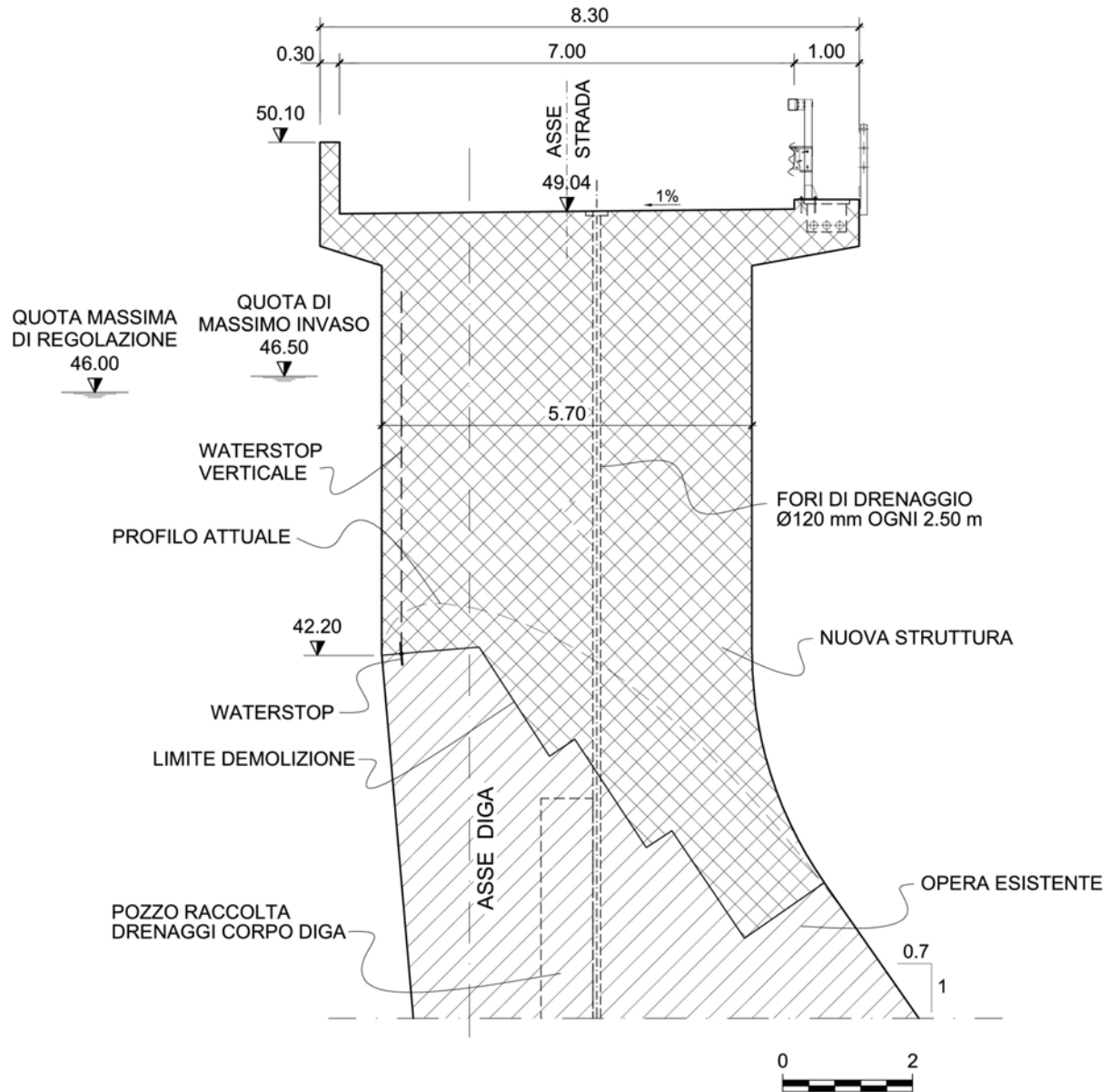


Figura 5: Dettaglio del sovrizzo di un concio tracicimabile - Situazione finale.

Oltre agli interventi sul coronamento della diga è previsto un adeguamento del sistema di monitoraggio dell'opera. Le modifiche previste mirano essenzialmente ad un potenziamento della strumentazione di misura delle sottopressioni; non sono previsti sostanziali cambiamenti allo schema di misure utilizzato fino ad ora, se non, dove possibile, per apportare alcune migliorie ed aumentare il grado di automazione, rendendo più agevole e sicura la raccolta dei dati.

3.3 Nuovo scarico di superficie

Gli organi di scarico dello sbarramento di Maccheronis, a seguito dell'intervento di ampliamento del serbatoio, comprenderanno uno scarico di superficie principale posto in sponda sinistra, una soglia sfiorante sullo sbarramento - presidiata da una paratoia a ventola - ed uno scarico di fondo ugualmente ubicato in sponda sinistra.

La regolazione del livello d'invaso sarà eseguita mediante la paratoia a ventola (capacità 300 m³/s) mentre lo smaltimento delle piene di maggiore entità avverrà tramite lo scarico di superficie principale in sponda sinistra.

La verifica su modello fisico della capacità idraulica dello scarico di superficie ha mostrato che essa è circa 3% superiore a quella di dimensionamento dell'opera, pari a 3'250 m³/s. La capacità effettiva dello scarico è infatti pari a circa 3'360 m³/s.

Lo studio idrologico condotto nell'ambito delle presenti attività progettuali ha portato ad aggiornare il valore della piena di progetto determinato nell'ambito del progetto originario. In base alle analisi eseguite, il colmo di piena relativo ad un tempo di ritorno di 1'000 anni è pari a 3'600 m³/s. Da rilevare che nell'ambito del progetto originario era stata considerata una piena massima pari a 2'670 m³/s.

Il nuovo scarico di superficie ubicato in sponda sinistra è costituita da 3 luci larghe 15 m ciascuna, con un ciglio di sfioro sagomato situato a quota 35.50 m s.l.m. (vedi Figura 6). Tali luci saranno presidiate da paratoie a segmento di altezza 11.18 m, manovrate mediante sistemi oleodinamici, i cui organi di comando saranno ubicati nella casa di comando situata in sponda destra della nuova opera di scarico. Ogni paratoia sarà provvista di un proprio circuito idraulico, così da poter essere manovrata indipendentemente dalle altre. I singoli gruppi oleodinamici saranno costituiti da 2 motori-pompe, uno di servizio ed uno di sicurezza, quest'ultimo attivato in caso di malfunzionamento del principale. Per la manovra d'emergenza sarà disponibile una pompa a mano.

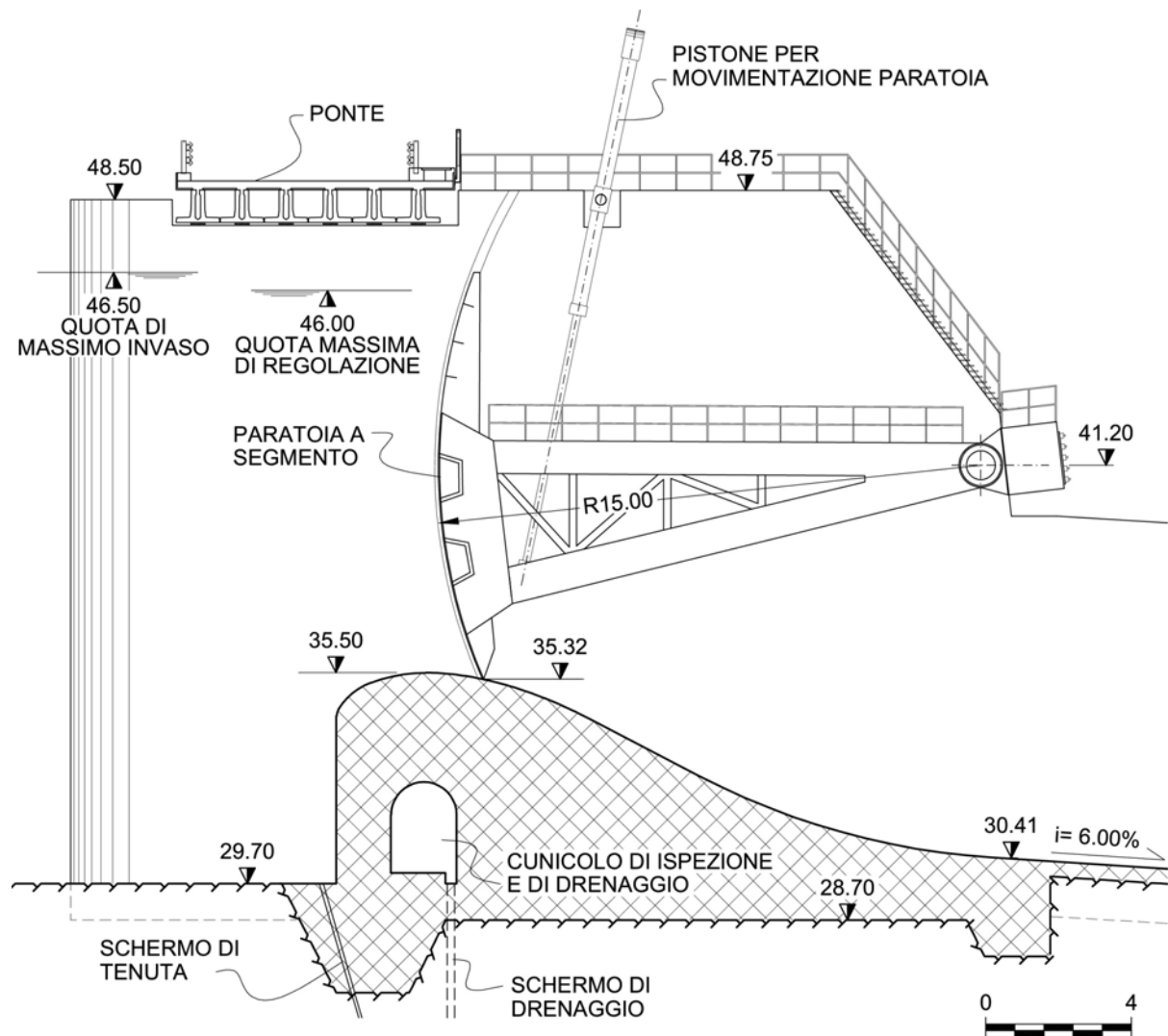


Figura 6: Sezione trasversale della soglia del nuovo scarico di superficie in sponda sinistra.

A valle della soglia di sfioro le acque saranno convogliate in un canale di scarico con pendenza longitudinale pari al 6% e sezione trapezoidale rivestita in calcestruzzo. La larghezza del canale si ridurrà da 52.06 m, immediatamente a valle delle pile di suddivisione delle luci di sfioro, a 40.00 m che resteranno costanti fino al limite di valle dell'opera.

Lungo il canale di scarico, allo scopo di permettere l'aerazione della vena liquida, sono previsti due aeratori ad una distanza di circa 60 m, rispettivamente 145 m dal ciglio di sfioro. Tale configurazione contribuirà ad evitare i rischi d'erosione del rivestimento in calcestruzzo del canale nonché a favorire la dissipazione d'energia al piede dell'opera. Gli aeratori saranno costituiti da due gradini di altezza pari a

1.0 m, posti trasversalmente all'asse del canale. L'alimentazione di ciascun aeratore sarà assicurata tramite 2 pozzi laterali che sboccano al piede dello scalino.

Il canale di scarico terminerà con 2 salti di sci. Quest'ultimi avranno ciascuno una larghezza pari a 20 m e saranno posti ad una distanza di circa 35 m l'uno dall'altro nella direzione dell'asse del canale, in modo da assicurare delle condizioni ottimali di restituzione al fiume Posada a valle della diga. Una serie di deflettori, disposti nel tratto terminale dei salti di sci, permetteranno di aprire la vena idraulica a ventaglio per facilitarne l'aerazione.

L'energia della vena liquida verrà dissipata in una vasca di dissipazione al piede dei salti di sci. Tale vasca, ricavata tramite lo scavo dei materiali sciolti presenti nell'alveo del fiume, non sarà rivestita. La fondazione dei salti di sci verrà tuttavia protetta dall'erosione tramite un taglione in calcestruzzo.

4. CONCLUSIONE

In definitiva, gli interventi illustrati nel presente documento, permettono di aumentare la capacità utile del serbatoio di 10 Mm³, nonché di migliorare le condizioni di sicurezza dell'opera sia da un punto di vista strutturale che idraulico, rendendo la struttura pienamente conforme alle prescrizioni della normativa vigente (D.M. 24.03.1982).

Per quanto concerne la sicurezza dello sbarramento, i risultati delle verifiche di sicurezza condotte sull'opera nella configurazione finale hanno confermato ampiamente l'idoneità delle scelte progettuali. Lo sbarramento risulta in effetti geometricamente favorevole per la stabilità e nelle migliori condizioni di resistenza. Da rilevare che un confronto tra i risultati delle verifiche effettuate sullo sbarramento, nella configurazione esistente e ed in quella finale, ha messo in evidenza che, ad intervento ultimato, il grado di sicurezza dell'opera risulta sensibilmente superiore.

I lavori per l'ampliamento del serbatoio saranno eseguiti sull'arco di 3 anni, per una durata complessiva pari a 33 mesi. L'intervento può essere diviso in due fasi ben distinte: la realizzazione del nuovo scarico di superficie in sponda sinistra ed i

lavori di ripristino e sovrizzo del corpo diga. Da rilevare che, durante i lavori, gli effetti sull'esercizio dell'impianto risulteranno relativamente contenuti. In effetti il programma dei lavori prevede di sfruttare i periodi in cui il livello del serbatoio è basso per l'esecuzione delle fasi di lavoro più critiche, quali la costruzione e la demolizione dell'avandiga provvisoria a monte del nuovo sfioratore ed i lavori di riabilitazione del nuovo sfioratore in diga, in modo da non penalizzare eccessivamente le normali condizioni di esercizio dell'impianto.

Ad intervento ultimato, le caratteristiche generali dello sbarramento di Maccheronis possono essere riassunte come segue:

Serbatoio:

– Quota minima di regolazione	27.90	m s.l.m.
– Quota massima di regolazione	46.00	m s.l.m.
– Quota di massimo invaso	46.50	m s.l.m.
– Volume non utilizzabile	ca. 2.80	Mm ³
– Volume utile	35.00	Mm ³
– Volume di laminazione	ca. 1.50	Mm ³
– Superficie invaso al livello massimo (46.50 m s.l.m.)	3.75	km ²

Sbarramento:

– Tipologia	a gravità massiccia	
– Quota del coronamento (nominale)	49.04	m s.l.m.
– Sviluppo al coronamento	338.55	m
– Altezza massima (secondo regolamento)	47.00	m
– Numero di conci	24	-
– Quota vertice triangolo fondamentale	46.50	m s.l.m.
– Pendenza paramento di monte	1/0.04	-
– Pendenza paramento di valle	1/0.70	-
– Volume totale	106'000	m ³

Scarico di superficie principale in sponda sinistra:

– Luce netta della soglia	45.00	m
– Quota soglia	35.50	m s.l.m.
– Portata massima con livello di massimo invaso	3'356	m ³ /s

Scarico di superficie in diga:

– Luce netta della soglia	9.90	m
– Quota soglia	40.50	m
– Altezza paratoia a ventola	6.00	m
– Portata massima con livello di massimo invaso	302	m ³ /s

Scarico di fondo:

– Lunghezza galleria	199.00	m
– Diametro galleria (sezione circolare)	3.50	m
– Portata massima con livello di massimo invaso	65	m ³ /s