

# ACCORDO DI COLLABORAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA

Tra  
Direzione Generale Assessorato dei Lavori Pubblici (DGLLPP)  
della Regione Autonoma della Sardegna  
e  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR)  
dell'Università degli Studi di Cagliari

*Finalizzato allo sviluppo di attività di ricerca per l'implementazione di un supporto tecnico specialistico per l'individuazione delle fasi di allerta a salvaguardia delle popolazioni e dei territori interessati da eventi idrologici a valle delle grandi dighe, secondo le indicazioni della Direttiva P.C.M. 8 Luglio 2014*

## Bacino vallivo della diga di Benzone sul fiume Taloro

ALLEGATO

**I.15**

**Relazione**

Responsabile Scientifico per DICAAR

*Prof. Giovanni Maria Sechi*

Elaborazioni

*Ing. Riccardo Zucca*

*Ing. Pino Frau*

*Cagliari, maggio 2021*



## Indice

1	Premessa .....	3
2	La diga di Benzone sul fiume Taloro .....	6
2.1	Organi di scarico .....	9
3	Regole operative per la gestione dell'invaso.....	11
4	Portate di riferimento ai sensi della Direttiva P.C.M. 08/07/2014.....	12
4.1	Considerazioni preliminari.....	12
4.2	Q <sub>Amax</sub> per il bacino a valle dello sbarramento di Benzone.....	13
4.3	Q <sub>min</sub> per il bacino a valle dello sbarramento di Benzone.....	14
5	Simulazione idraulica ed individuazione degli elementi a rischio nel corso d'acqua vallivo alla diga di Benzone .....	15
5.1	Modello idraulico.....	15
5.2	Simulazione della portata Q <sub>Amax</sub> .....	16
5.3	Simulazione della portata Q <sub>min</sub> .....	19
5.4	Individuazione di valori critici di portata .....	20
6	Considerazioni conclusive.....	23



## 1 Premessa

La Direttiva P.C.M. 8 Luglio 2014, "Indirizzi operativi inerenti all'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe", costituisce atto di indirizzo e coordinamento per la definizione del "Documento di Protezione civile" e per i provvedimenti che le regioni devono adottare nei territori a valle delle grandi dighe. La Direttiva individua, pertanto, gli indirizzi operativi che il Documento di Protezione Civile deve contenere per stabilire le condizioni di attivazione delle fasi di allerta per le finalità di sicurezza degli sbarramenti e di gestione del rischio idraulico nei territori a valle.

In particolare, al punto 2 della Direttiva è detto che ai fini dell'obiettivo di riduzione e gestione del rischio idraulico a valle della diga, il Documento di Protezione Civile deve contenere:

- le portate massime scaricabili dagli organi di scarico alla quota di massimo invaso e la portata massima transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza idraulica (denominata  $Q_{max}$ ) di cui al punto B) della circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806;

- i valori della/e portata/e di «attenzione scarico diga»  $Q_{min}$  e delle soglie incrementali  $\Delta Q$  di cui al successivo punto 2.4 nella Direttiva, funzionali agli ulteriori obblighi di comunicazione del Gestore.

Si ricorda, inoltre, che con Delibera N. 33/31 del 10/06/2016, la Giunta regionale della RAS, ha evidenziato la necessità della approvazione del Documento di Protezione Civile, previsto nella sopra citata Direttiva, per le c.d. "**grandi dighe**" ricadenti nella fascia di priorità 1. Pertanto, il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) dell'Università degli Studi di Cagliari, sulla base di un Accordo di collaborazione firmato nel novembre 2016 con la Direzione Generale Assessorato Lavori Pubblici (DGLLPP) della RAS, ha fornito supporto tecnico specialistico per l'individuazione delle fasi di allerta a salvaguardia delle popolazioni e dei territori interessati da eventi idrologici a valle delle grandi dighe di prima fascia, secondo le indicazioni della Direttiva P.C.M. 8 Luglio 2014, precedentemente richiamata.

Successivamente, nel maggio 2019, è stato firmato un nuovo Accordo di Collaborazione tecnico-scientifica tra la DGLLPP - Servizio opere idriche ed idrogeologiche (SOI) e il DICAAR per l'implementazione della medesima attività di supporto tecnico specialistico per l'individuazione delle fasi di allerta a salvaguardia delle popolazioni e dei territori interessati da eventi idrologici a valle delle grandi dighe, secondo le indicazioni della Direttiva P.C.M. 8 Luglio 2014, con specifico riferimento alle **dighe di 2° Fascia**.

Come già evidenziato nella Relazioni predisposta dal DICAAR nei mesi di luglio e novembre 2019, per quanto riguarda gli studi relativi alle dighe di 2° fascia si è previsto che le attività si sviluppino secondo una specifica articolazione: nella **Prima Fase**, già conclusa, sono state predisposte le Relazioni preliminari che hanno illustrato sinteticamente per le dighe di 2° fascia: 1) le caratteristiche degli sbarramenti e relativi invasi; 2) la validazione preliminare della massima portata  $Q_{max}$  comunicata dal Gestore della diga, transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza fluviale; 3) la valutazione preliminare della portata di attenzione  $Q_{min}$ .

È quindi prevista una **Seconda Fase** per la definizione conclusiva da parte del Tavolo Tecnico delle portate  $Q_{max}$ ,  $Q_{min}$  e delle soglie incrementali  $\Delta Q$  sulla base di **Relazioni monografiche**, come la presente, per ciascuna diga contenente le prescrizioni per la riduzione del rischio idraulico a valle sulla base di specifiche modellazioni idrauliche.



Si ricorda, inoltre, che le dighe di 2° fascia sono state suddivise in una **Prima Parte** e in una **Seconda Parte**, come evidenziato di seguito in Tabella 1 e in Tabella 2. Tale suddivisione è stata determinata dalla difficoltà nel reperimento e disponibilità dei dati che non ha reso possibile completare in parallelo le schede per tutte le dighe.

In definitiva, nella **Prima Parte** di studio rientrano le 19 dighe analizzate nella Relazione preliminare predisposta dal DICAAR nel mese di luglio 2019, per le quali il DICAAR disponeva già in tale data il FCEM e il valore di QAm<sub>max</sub> indicato dal gestore. La **Seconda Parte** comprende, invece, le rimanenti 21 dighe per alcune delle quali è stato possibile, peraltro, acquisire le informazioni mancanti.

Tabella 1 – Dighe di 2° fascia – I parte

Cod.	Diga	Corso d'acqua	Gestore
I.1	Monte Pranu	Rio Palmas	Enas
I.2	Bau Pressiu	Rio Mannu di Narcao	Enas
I.3	Punta Gennarta	Rio Canonica	Enas
I.4	Medau Zirimilis	Rio Casteddu	Enas
I.5	Rio Leni (Monte Arbus)	Rio Leni e rio Bidda Scema	Enas
I.6	Santa Vittoria	Fiume Tirso	Enas
I.7	Cuga	Rio Cuga	Enas
I.8	Surigheddu	Rio Quidongias	Enas
I.9	Simbirizzi	Stagno Simbirizzi	Enas
I.10	Liscia (Calamaiu)	Fiume Liscia	Enas
I.11	Santa Lucia	Rio Sa Teula	Enas
I.12	Flumineddu (Capanna Silicheri)	Rio Flumineddu	Enas
I.13	Monte su Rei	Rio Mulargia	Enas
I.14	Sa Forada	Rio Sa Forada	Enas
I.15	Benzone	Fiume Taloro	Enel Green Power S.p.A.
I.16	Cucchinadorza	Fiume Taloro	Enel Green Power S.p.A.
I.17	Gusana	Fiume Taloro	Enel Green Power S.p.A.
I.18	Olai	Rio Olai	Abbanoa S.p.A.
I.19	Sinnai (Cuili is Coccus)	Rio Santu Barzolu	Comune di Sinnai



Tabella 2 – Dighe 2° fascia – II parte

Cod.	Diga	Corso d'acqua	Gestore
II.1	Bidighinzu	Rio Bidighinzu	Enas
II.2	Monteponi	Rio Bellicai	Enas
II.3	Coxinas	Rio Coxinas	Enas
II.4	Monti di Deu	Rio Pagghiolu	Enas
II.5	Torrei	Rio Torrei	Enas
II.6	Sos Canales	Fiume Tirso	Enas
II.7	Mogoro	Rio Mogoro	Enas
II.8	Bau Muggeris	Fiume Flumendosa	Enel Green Power S.p.A.
II.9	Sa Teula	Rio Sa Teula	Enel Green Power S.p.A.
II.10	Bau Mela	Rio Bau Mela	Enel Green Power S.p.A.
II.11	Bau Mandara	Rio Bau Mandara	Enel Green Power S.p.A.
II.12	Corongiu 2	Rio Bau Filixi e Rio Corr'e Cerbu	Abbanoa S.p.A.
II.13	Corongiu 3	Rio Bau Filixi	Abbanoa S.p.A.
II.14	La Maddalena (Puzzoni)	Fosso Vena Lunga e Fosso Gambino	Abbanoa S.p.A.
II.15	Caprera (Fosso Stefano)	Fosso Stefano	Sezione del Genio Militare per la Marina di Cagliari
II.16	Minghetti	Rio Istitti	Consorzio Bonifica Sardegna Centrale
II.17	Bunnari Alta	Rio Bunnari	Comune di Sassari
II.18	Perdu Mulas	Rio Bacch'e Linna	Azienda Agricola Manca di Villahermosa
II.19	Donegani	Rio Mannu di Montevecchio	Comune di Arbus
II.20	Gutturu Mannu	Rio Gutturu Mannu	Regione Autonoma della Sardegna
II.21	Rio Perdosu	Rio Perdosu	Società Progetto Esmeralda s.r.l.

Nella presente relazione sono illustrate le analisi ed i risultati della modellazione realizzata dal DICAAR per il bacino vallivo alla **diga di Benzone sul fiume Taloro, con codice I.15**. Si forniscono preliminarmente alcuni elementi descrittivi dello sbarramento e dell'invaso, quindi si indicano le portate di riferimento, valutate ai sensi della Direttiva P.C.M. del 8 luglio 2014 e si illustrano le simulazioni idrauliche del deflusso nel tratto d'alveo a valle dell'invaso.



## 2 La diga di Benzone sul fiume Taloro

La diga di Benzone sbarra il fiume Taloro nel territorio del Comune di Olzai (NU). L'opera attualmente gestita da Enel Green Power S.p.A. assolve ai compiti di regolazione, di laminazione delle piene e di produzione di energia idroelettrica.

L'invaso, con capacità totale di invaso di 1.74 milioni di metri cubi, è realizzato mediante la costruzione di un unico sbarramento alto 21 m e con uno sviluppo al coronamento di 220 m. La diga, ultimata nel 1962, è del tipo a gravità ordinaria in calcestruzzo



Figura 1 – Diga di Benzone, vista da valle in sponda destra

Di seguito si riportano:

- l'inquadramento del bacino idrografico (Figura 2);
- le caratteristiche dello sbarramento e dell'invaso (Tabella 3);
- la curva d'invaso, fonte F.C.E.M<sup>1</sup>. (Figura 3).

<sup>1</sup> Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione (F.C.E.M.) della diga di Benzone (fiume Taloro). Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche. Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari.

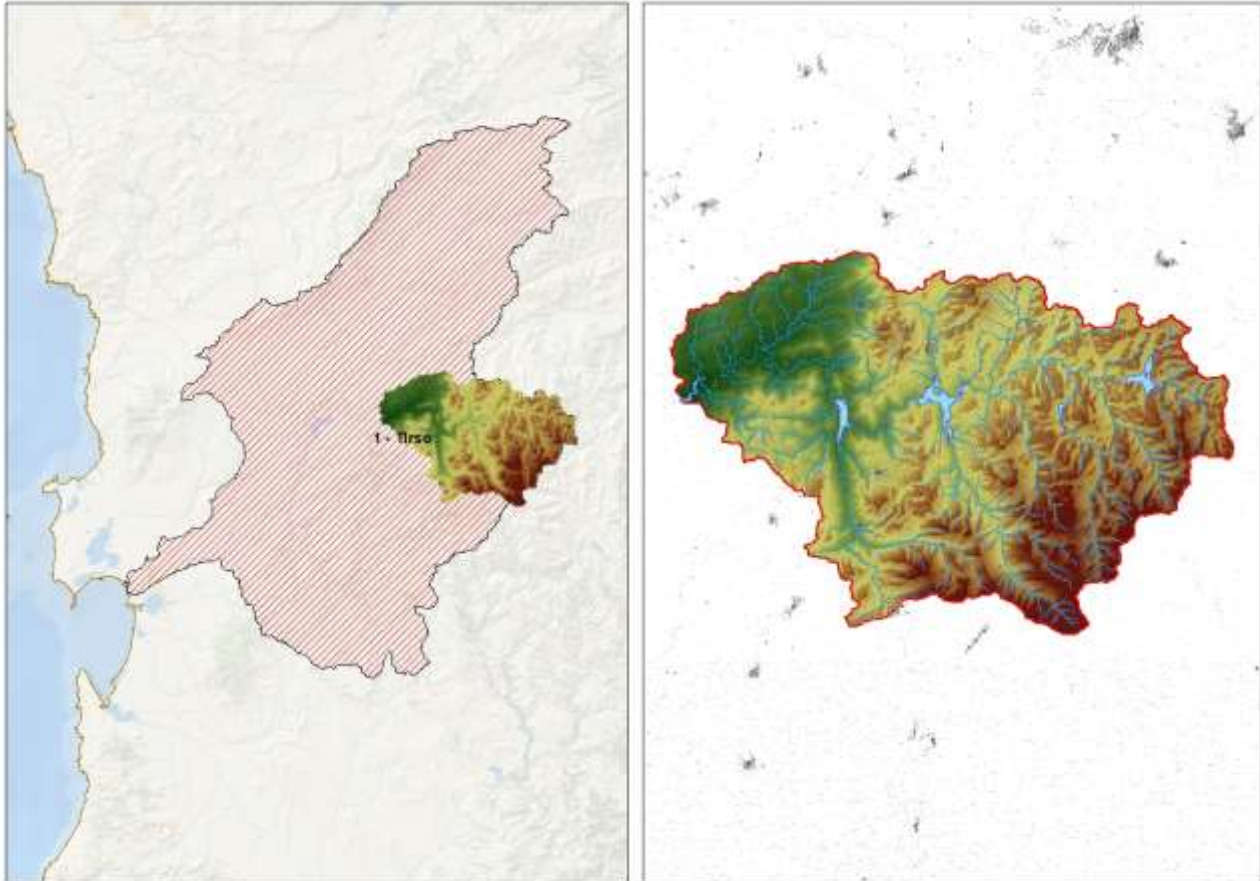


Figura 2 – Inquadramento bacino idrografico

Tabella 3 – Caratteristiche della diga di Benzone e relativo invaso

<b>Tipologia diga</b>	A gravità ordinaria in calcestruzzo
<b>Gestore</b>	Enel Green Power S.p.A.
<b>Altezza sbarramento</b>	21 m
<b>Quota di massimo invaso</b>	152.5 m s.l.m.
<b>Quota massima regolazione</b>	151.5 m s.l.m.
<b>Volume totale di invaso</b>	$1.74 \times 10^6 \text{ m}^3$
<b>Volume utile di regolazione</b>	$1.08 \times 10^6 \text{ m}^3$
<b>Superficie del bacino imbrifero sotteso</b>	460 km <sup>2</sup>
<b>Organi di scarico</b>	Scarico di superficie Scarico di fondo
<b>Portata scaricata alla quota di massimo invaso</b>	Totale: 2'001 m <sup>3</sup> /s Scarico di superficie: 1'894 m <sup>3</sup> /s Scarico di fondo: 107 m <sup>3</sup> /s
<b>Stato dell'autorizzazione all'invaso</b>	Autorizzata la quota di massima regolazione



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORADU DE SOS TRABALLOS PÚBLICOS  
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E  
ARCHITETTURA

SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

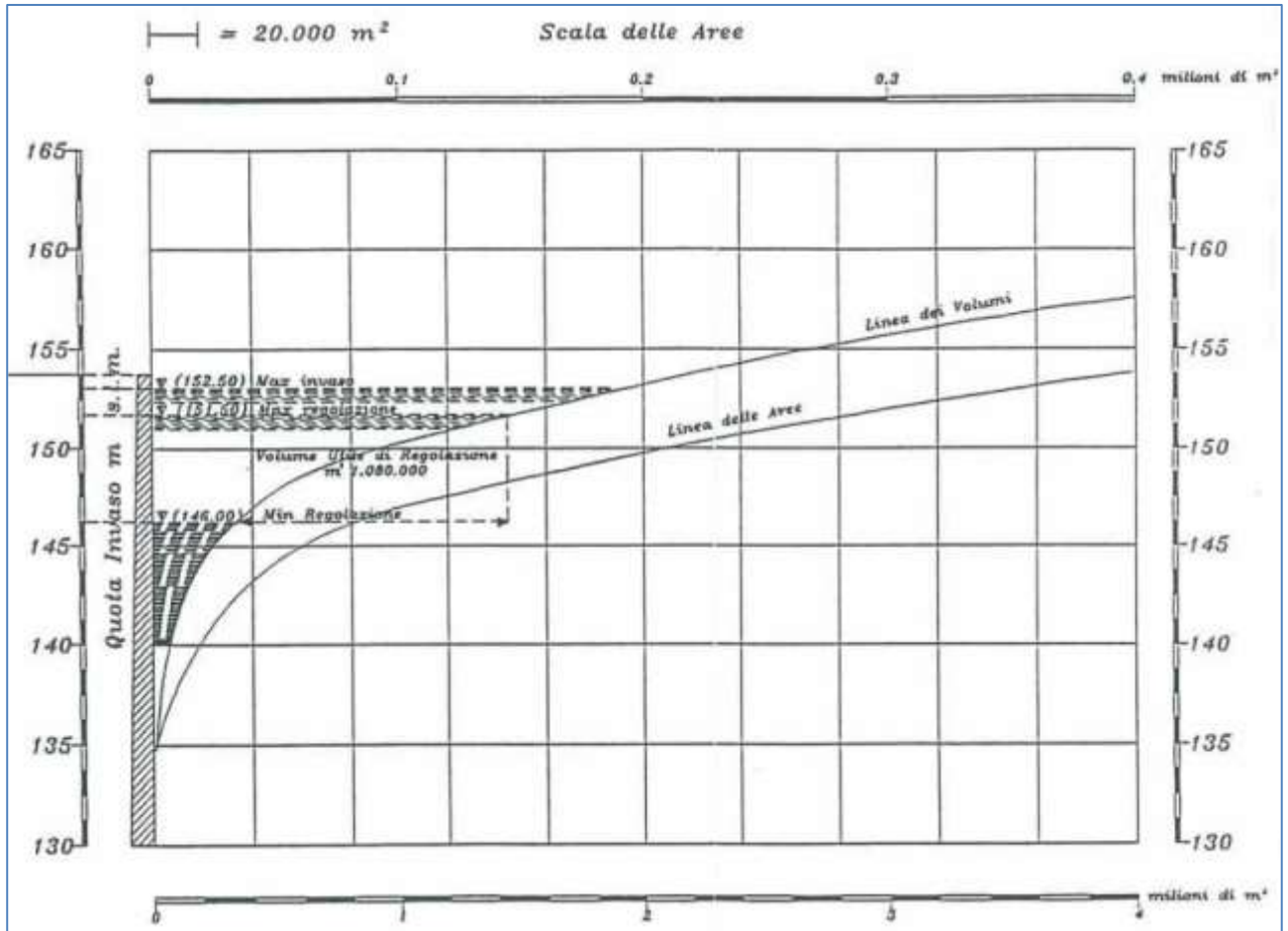


Figura 3 – Curva di invaso





## 2.1 ORGANI DI SCARICO

La diga principale è dotata di uno scarico di fondo e di uno scarico di superficie.

Di seguito se ne riportano le descrizioni, come riportato nel F.C.E.M.

La portata scaricata con livello d'invaso a quota 152.50 m s.l.m. (quota massimo invaso) è pari a:

- dallo scarico di superficie  $1'894 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- dallo scarico di fondo  $107 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

per un totale di  $2'001 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è ricavato in fregio al coronamento della diga mediante tre luci, intercettate da altrettante paratoie di m 16 x 6.5 con soglia a quota 146.00 m s.l.m. Le paratoie possono essere aperte, oltre che automaticamente per spinta idrostatica, anche con manovra a mano o a motore.

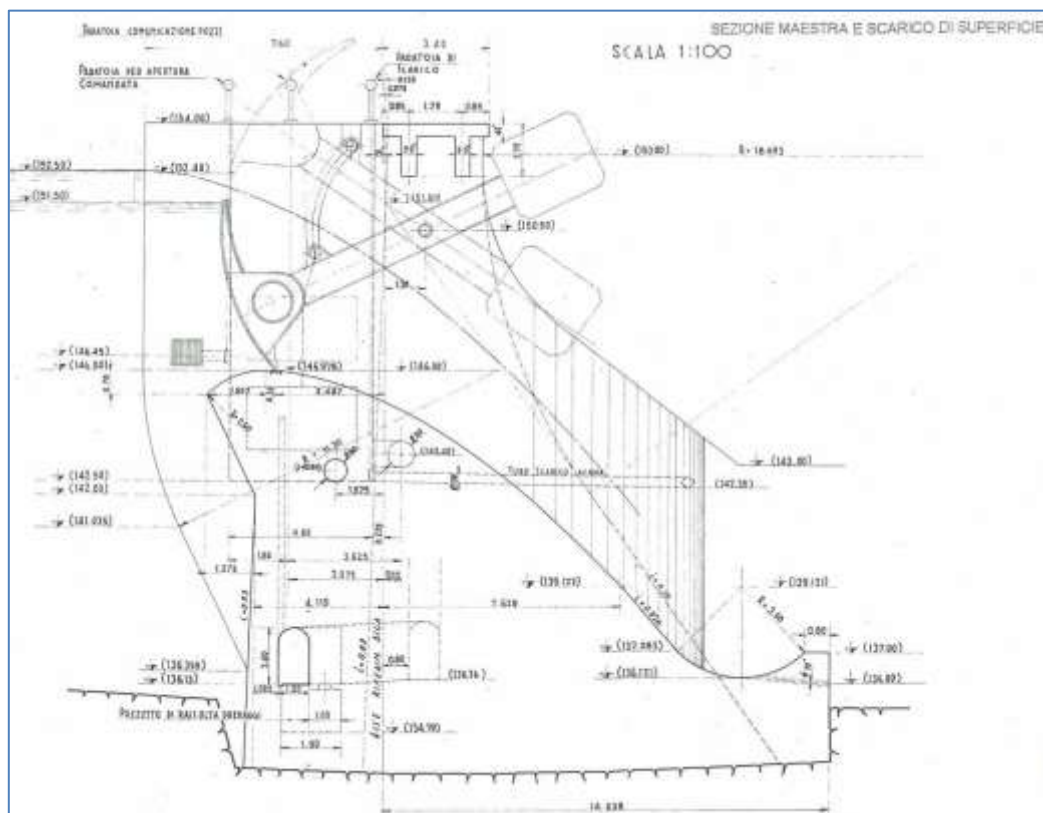


Figura 4 – Sezione soglia sfiorante scarico di superficie



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
ASSESSORADU DE SOS TRABALLOS PÚBLICOS  
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E  
ARCHITETTURA  
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

### **Scarico di fondo**

Lo scarico di fondo è incorporato nella diga in spalla destra ed è costituito da una galleria a sezione rettangolare di m 3.5 x 4, con soglia a quota 137.5 m s.l.m., chiusa da una paratoia piana a strisciamento.



REGIONE AUTÓNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
ASSESSORADU DE SOS TRABALLOS PÚBLICOS  
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E  
ARCHITETTURA  
SEZIONE DI INGEGNERIA IDRAULICA

### 3 Regole operative per la gestione dell'invaso

La gestione attuale della diga di Benzone non prevede limitazioni di invaso, né di tipo autorizzativo né da parte del gestore.

Lo stato dell'autorizzazione all'invaso consente infatti il raggiungimento della quota di massima regolazione, pari a 151.50 m s.l.m.



## 4 Portate di riferimento ai sensi della Direttiva P.C.M. 08/07/2014

### 4.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Con riferimento a quanto richiesto dalla Direttiva P.C.M. del 8 luglio 2014, il Tavolo Tecnico, con verbale del 08/09/2016 e in successive riunioni, ha condiviso la definizione delle seguenti portate di riferimento:

- **Q<sub>Amax</sub>** è la massima portata transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza idraulica in assenza di argini o all'interno degli argini per i fiumi arginati fino alla foce; la Q<sub>Amax</sub> è riferita alla gestione ordinaria dello sbarramento;
- **Q<sub>min</sub>** è la portata che indica il valore di attenzione del gestore della diga in fase di evento di piena;
- **ΔQ** sono i livelli incrementali rispetto a Q<sub>min</sub> che mettono in crisi aree coltivate, edifici, cave, ecc. in fase di piena.

Il Tavolo Tecnico ha altresì convenuto che:

- il valore di **Q<sub>Amax</sub>** in assenza di arginature si possa ipotizzare pari alla portata indicata nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)<sup>2</sup> riferita alla piena ordinaria con tempo di ritorno di 2 anni e scaricata a valle in condizioni di gestione ordinaria della diga. Inoltre, procedendo verso la foce il valore di Q<sub>Amax</sub> potrà essere incrementato per tener conto dei contributi idrologici dei bacini residui a valle diga. Nel caso di alveo arginato fino alla foce, la portata **Q<sub>Amax</sub>** può essere determinata pari alla capacità di deflusso nella sezione idraulica definita dagli argini.
- il valore di **Q<sub>min</sub>** è da valutarsi con riferimento ai livelli di criticità presenti lungo il corso d'acqua. Tale valore è quindi da valutare in relazione alle caratteristiche dell'opera di sbarramento analizzata e delle peculiarità dell'asta e del bacino idrografico di valle. In prima istanza, poiché il gestore attiva la fase di «allerta per rischio idraulico» quando le portate complessivamente scaricate dalla diga per mantenere le soglie di invaso previste nel piano di laminazione, inclusi gli scarichi a soglia libera e le portate turbinate (se rilevanti per entità e luogo di restituzione), superano un valore critico, si è in genere considerato un criterio di definizione del **Q<sub>min</sub>** che fa riferimento al valore massimo scaricato in corrispondenza delle soglie di invaso previste nel piano di laminazione. Qualora il piano di laminazione non sia ancora stato redatto, si è convenuto di far riferimento alle soglie di invaso assunte come riferimento dal gestore.
- Ugualmente, i valori di **ΔQ** oltre che con riferimento a valori incrementali rispetto a Q<sub>min</sub> che mettono in condizioni di criticità le infrastrutture presenti a valle, aree coltivate, cave, ecc. potranno essere valutati in relazione a valori di scarico dalla diga in corrispondenza di soglie predefinite di invaso e della capacità di efflusso dagli organi di scarico.

<sup>2</sup> Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.). Regione Autonoma della Sardegna



Il Tavolo Tecnico ha convenuto che, in assenza di un adeguato sistema di monitoraggio sui deflussi provenienti dal bacino residuo vallivo, la valutazione del  $Q_{min}$  e degli eventuali  $\Delta Q$  debba necessariamente essere definito sulla base di considerazioni cautelative e debbano essere posti in relazione alle portate scaricate al superamento dei valori di soglia ammessi nell'invaso.

## 4.2 QAMAX PER IL BACINO A VALLE DELLO SBARRAMENTO DI BENZONE

Si precisa che il fiume Taloro non è stato analizzato nel PSFF e pertanto non risultano attualmente definite le limitazioni delle fasce fluviali per tale bacino ai differenti tempi di ritorno. Di conseguenza non è possibile definire la portata  $Q_{Amax}$  sulla base della piena laminata valutata nel PSFF, avente tempo di ritorno 2 anni scaricata dalla diga, criterio usualmente adottato dal Tavolo Tecnico nell'esaminare dighe e invasi già studiati in PSFF.

Preliminarmente, in questo caso, in assenza delle valutazioni di PSFF, si è ritenuto di associare alla  $Q_{Amax}$  la portata naturale, non laminata dal serbatoio, avente tempo di ritorno 2 anni. La relativa valutazione è stata fatta utilizzando la stessa metodologia di stima considerata nel PSFF, ovvero il metodo diretto basato sulla distribuzione probabilistica TCEV regionalizzata<sup>3</sup> alla sezione della diga, i cui parametri sono riportati in Tabella 4.

**La portata naturale  $Q_{Tr2}$ , non laminata e con tempo di ritorno 2 anni è stata stimata pari a 135 m<sup>3</sup>/s.**

Tabella 4 - Parametri TCEV e portata al colmo  $Tr$  2 anni

<b>Superficie bacino</b>	$A_b$	[km <sup>2</sup> ]	460
<b>Piena media annua</b>	$\mu_g$	[m <sup>3</sup> /s]	207.3
<b>Tempo di ritorno</b>	$T_R$	[anni]	2
<b>Coefficiente TCEV</b>	$K(T)$	[-]	0.65
<b>Portata al colmo <math>Tr=2</math> anni</b>	$Q_c$	[m <sup>3</sup> /s]	<b>135</b>

Si evidenzia che il Gestore, a riscontro della nota della DG dell'Assessorato LLPP n. 23761 del 06/07/2018, ha comunicato un valore pari a 915 m<sup>3</sup>/s come portata massima transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza idraulica.

Tuttavia, sulla base dei criteri generali adottati dal Tavolo Tecnico ed in considerazione del valore di portata massima attesa con  $Tr$  2 anni, anche in assenza di laminazione, si assume  $Q_{Amax} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ .

<sup>3</sup> Cao C., Sechi G.M., Becciu G. (1988). Analisi regionale per la valutazione probabilistica delle piene in Sardegna. XXI Convegno di Idraulica e costruzioni idrauliche. L'Aquila.



**Poiché nella situazione attuale si è in assenza di un sistema di monitoraggio degli apporti nel bacino residuo, vallivi alla diga, si è ritenuto cautelativo assumere  $Q_{Amax}$  costante nel bacino vallivo e pari alla portata in uscita dalla diga di  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  fino alla immissione nel lago Omodeo.**

Tale assunzione è giustificata anche in considerazione del fatto che la portata  $Q_{Amax}$  è riferita alla gestione ordinaria della diga, ai soli fini della definizione della pertinenza idraulica, e quindi in assenza di un evento di piena che determini un incremento della portata procedendo verso valle.

### **4.3 $Q_{min}$ PER IL BACINO A VALLE DELLO SBARRAMENTO DI BENZONE**

In considerazione del valore limitato di  $Q_{Amax}$ , rispetto al valore indicato dal Gestore ed alla assenza di criticità vallive che richiedano limitazioni nel valore della  $Q_{min}$ , come sarà illustrato nel seguito, si propone al Tavolo Tecnico che per il tratto vallivo in esame si possa considerare per  $Q_{min}$  lo stesso valore di  $Q_{Amax}$ , pari quindi a  $135 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Di seguito, tramite modellazione idraulica, sarà verificata la congruità di tali assunzioni sui valori della portata  $Q_{Amax} = Q_{min}$  in relazione ai livelli di criticità che il modello idraulico evidenzia lungo il corso d'acqua vallivo.



## 5 Simulazione idraulica ed individuazione degli elementi a rischio nel corso d'acqua vallivo alla diga di Benzone

Sulla base delle portate determinate nei paragrafi precedenti, si è proceduto con la simulazione idraulica al fine di valutare le aree interessate dal deflusso ed individuare eventuali ulteriori criticità.

La simulazione idraulica è stata quindi sviluppata considerando tre differenti scenari di deflusso:

- Simulazione con la portata  $Q_{Amax}$ ;
- Simulazione con la portata  $Q_{min}$ ;
- Simulazione con incrementi  $\Delta Q$  nei valori di portata sulla base degli elementi a rischio nel tratto del corso d'acqua a valle della diga;

### 5.1 MODELLO IDRAULICO

Il modello idraulico utilizzato per la simulazione è basato sul modello di simulazione del deflusso, effettuata tramite l'utilizzo del software HEC-RAS. Il modello rappresenta un tratto fluviale di lunghezza pari a circa 6.7 km misurata in asse all'alveo di magra attualmente individuabile dalle orto-foto, tra la sezione iniziale, posta a valle della diga di Benzone e la immissione nel lago Omodeo. Sono state inserite 364 sezioni trasversali estratte dal modello digitale del terreno ottenuto con rilievi LIDAR. Lungo l'asta valliva alla diga non sono presenti infrastrutture viarie di primaria importanza che interferiscono con il corso d'acqua, ma vi è localizzata in destra idraulica a circa 2.5 km dal lago Omodeo la Centrale idroelettrica Tumuele gestita da Enel Green Power. La portata massima turbinabile dalla Centrale è di  $17.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , la quale viene inserita come input di portata a valle della centrale stessa.

Nella Figura 5 viene riportata la planimetria del modello idraulico dove sono raffigurate:

- le sezioni trasversali;
- il modello digitale del terreno utilizzato il quale si estende per tutta l'area valliva alla diga di Benzone con risoluzione spaziale di 1 m;
- il quadro di unione il quale permette di effettuare uno zoom di dettaglio sull'area analizzata nel presente studio.

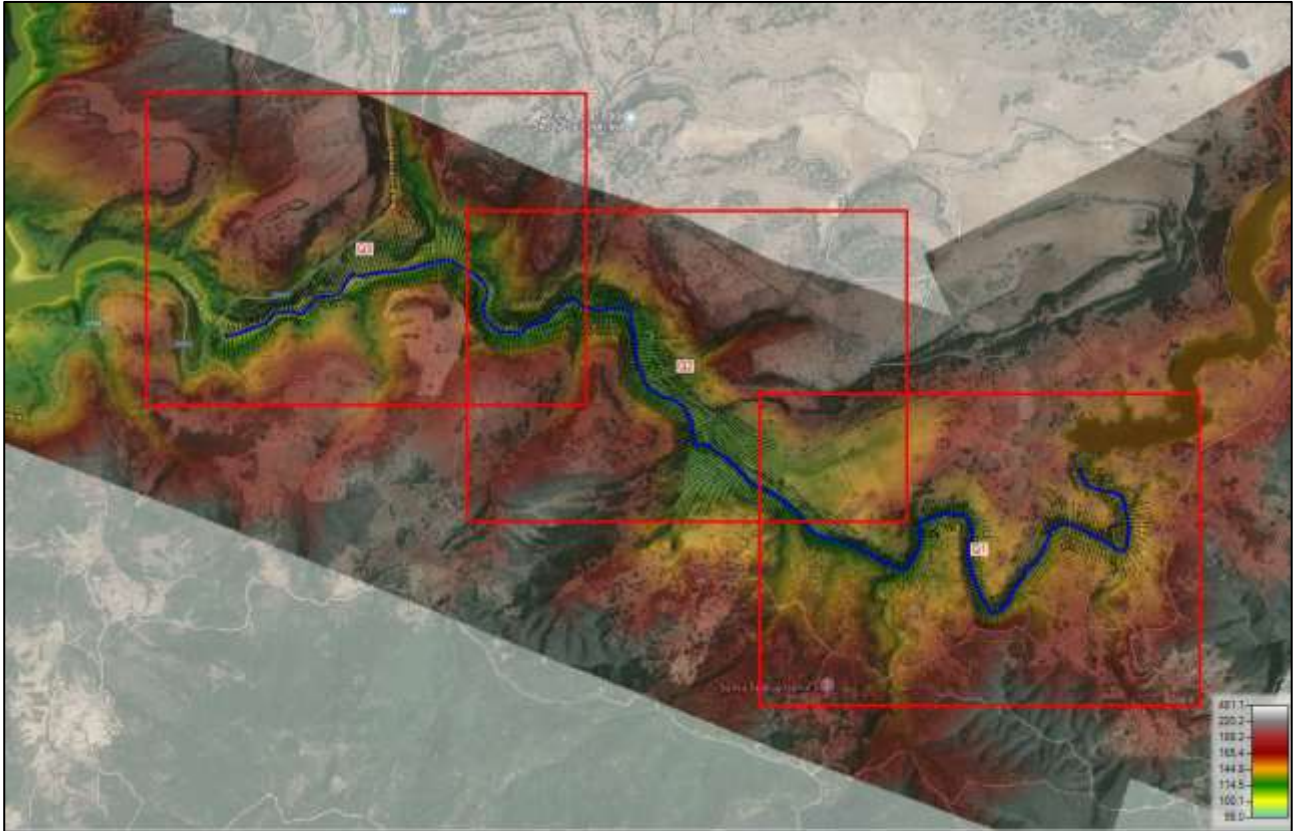


Figura 5 – Schema del modello idraulico del fiume Taloro e relativo quadro di unione a valle dalla diga di Benzene

## 5.2 SIMULAZIONE DELLA PORTATA Q<sub>MAX</sub>

La simulazione idraulica descritta nel paragrafo assume come input di portata per il modello idraulico il valore di  $135 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte è stata imposta quella corrispondente al moto uniforme calcolata in funzione della pendenza del fondo locale del corso d'acqua assunta pari a 8 ‰. La condizione al contorno di valle è posta in corrispondenza dell'immissione del corso d'acqua nel lago Omodeo ipotizzando il livello di invaso del lago pari a 101 m s.l.m., quota attualmente autorizzata in condizioni ordinarie.

Nelle figure seguenti, campiti in gradazione di blu, vengono rappresentati i risultati della simulazione della portata  $Q_{\text{max}}$ .

Il corso d'acqua, come mostra la Figura 6 in cui viene riportato il quadrante Q1 del quadro d'unione, il fiume Taloro scorre all'interno di una valle stretta e profondamente incisa. Non sono presenti esondazioni localizzate se non in prossimità delle immissioni dei piccoli e brevi corsi d'acqua che si attivano durante le precipitazioni.



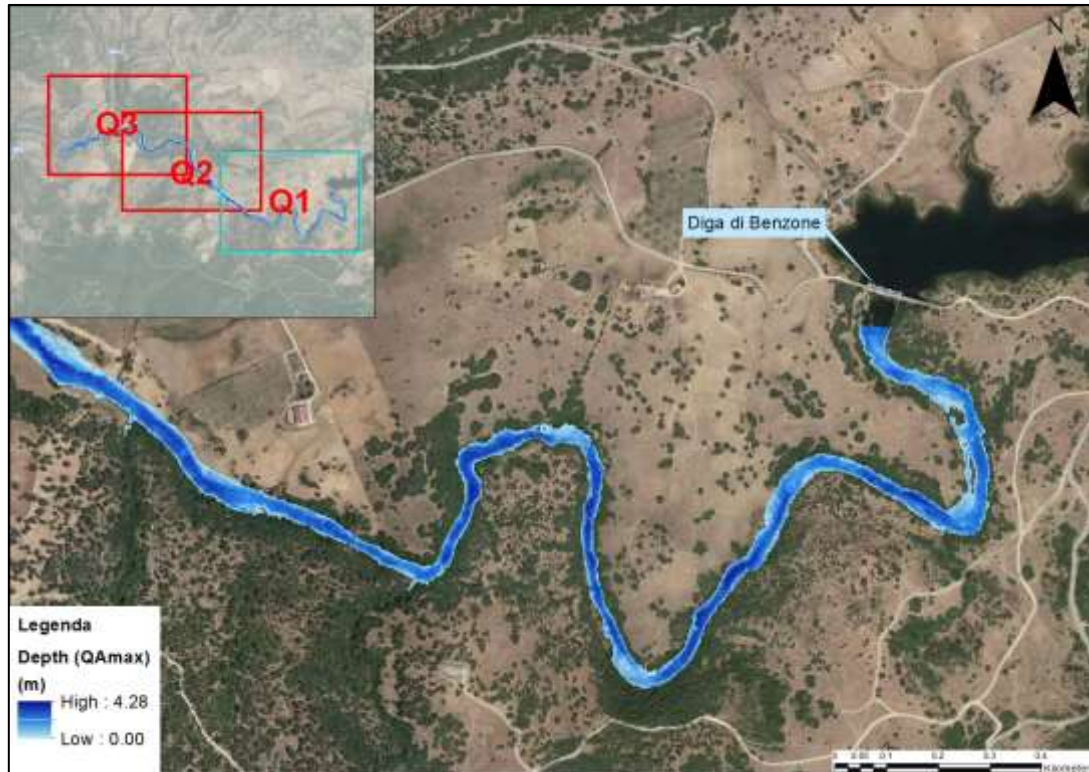


Figura 6 - Perimetrazione della portata Q<sub>max</sub> – Quadrante Q1

Nel tratto che va dalla diga di Benzone fino alla località Sos Lottos, posta a circa 3.4 km dalla foce sul lago Omodeo, la sezione trasversale della piena avente portata Q<sub>max</sub> possiede una larghezza media di 36 m e una pendenza dello 7%. Una volta giunti nella sezione n°3414 la valle nella quale scorre il fiume inizia ad aprirsi individuando un'area adibita a pascolo priva di vegetazione d'alto fusto per una lunghezza pari a 500 m. La sezione trasversale media del deflusso idrico aumenta diventando pari a 58 m con una pendenza media del fondo pari al 3 %.



Figura 7 - Perimetrazione della portata Q<sub>Amax</sub> – Quadrante Q2

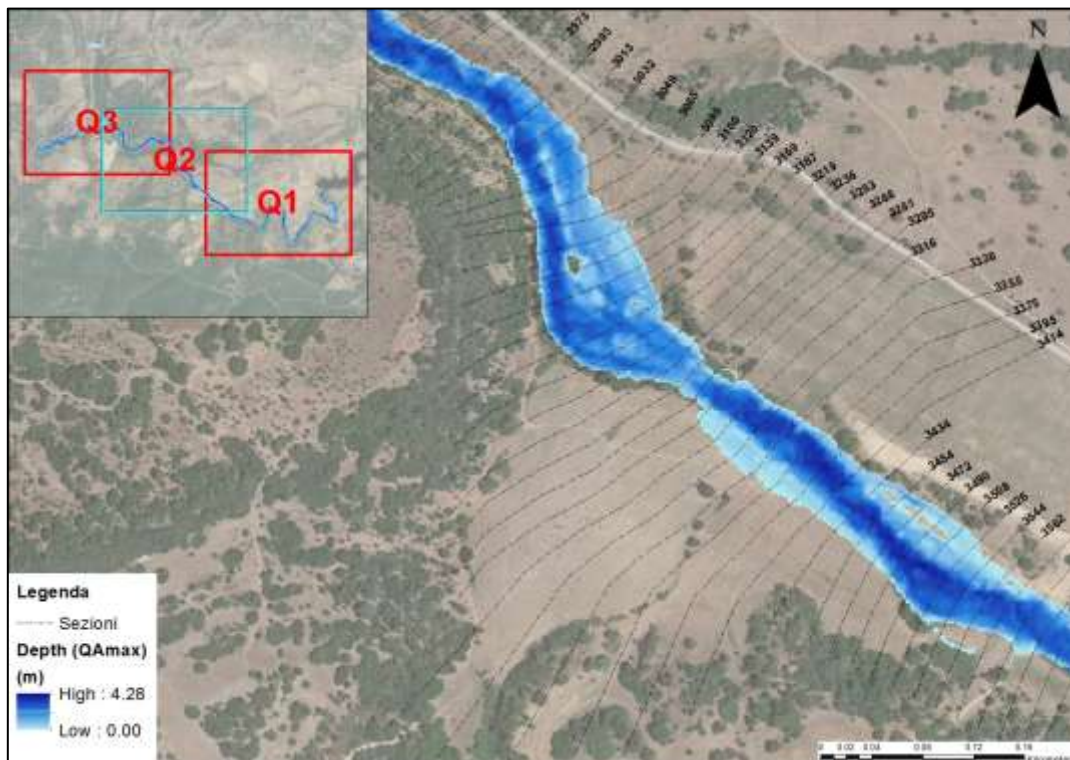


Figura 8 – Area tra la sezione n°3414 e sezione n°2973 portata Q<sub>Amax</sub> – Zoom Quadrante Q2



Una volta giunti alla sezione n°2973 il fiume Taloro riprende la sua conformazione di corso d'acqua confinato dai ripidi versanti, che per il valore di portata qui considerato non innesca esondazioni e criticità specialmente nella sezione n°2523 nella quale è localizzata a quota 114 m s.l.m. la Centrale idroelettrica Tumuele, gestita da Enel.

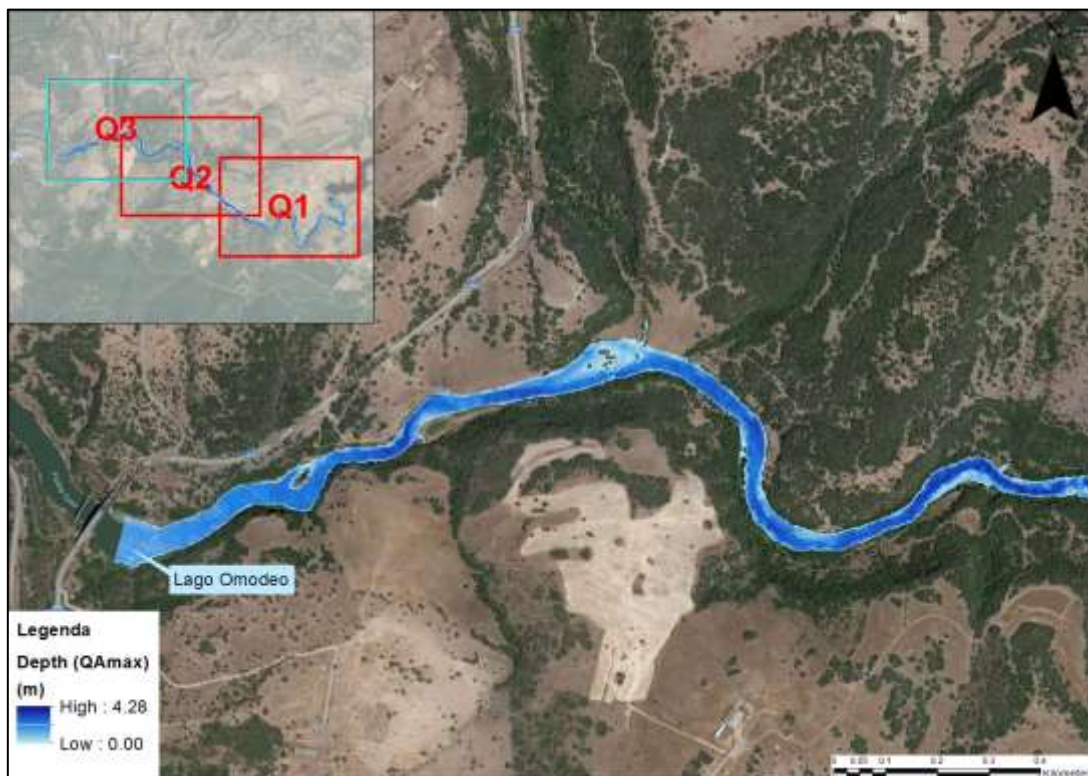


Figura 9 - Perimetrazione della portata Qmax – Quadrante Q3

### 5.3 SIMULAZIONE DELLA PORTATA QMIN

La simulazione idraulica del deflusso della Qmin è stata realizzata associando a tale soglia lo stesso valore della portata Qmax, ovvero 135 m<sup>3</sup>/s.

Tuttavia, ai fini della verifica delle criticità nel territorio in condizioni di piena, per quanto riguarda le condizioni al contorno, pur mantenendo a monte la condizione di moto uniforme, a valle la restituzione sul lago Omodeo è stata considerata a quota 105 m s.l.m., livello massimo autorizzato all'invaso in condizioni di piena.

La mappatura della portata Qmin risulta ovviamente essere identica a quella analizzata nel paragrafo 5.2, fatto salvo l'aumento della sezione di deflusso a partire dalla sezione n°1169 posta a circa 1.10 km a monte dell'immissione del fiume Taloro sul lago Omodeo. Infatti la sezione bagnata di deflusso, in tale tronco del



corso d'acqua, passa dal valore medio di 47.70 m nel caso della  $Q_{Amax}$  al valore di 60 m nel caso della  $Q_{min}$ .

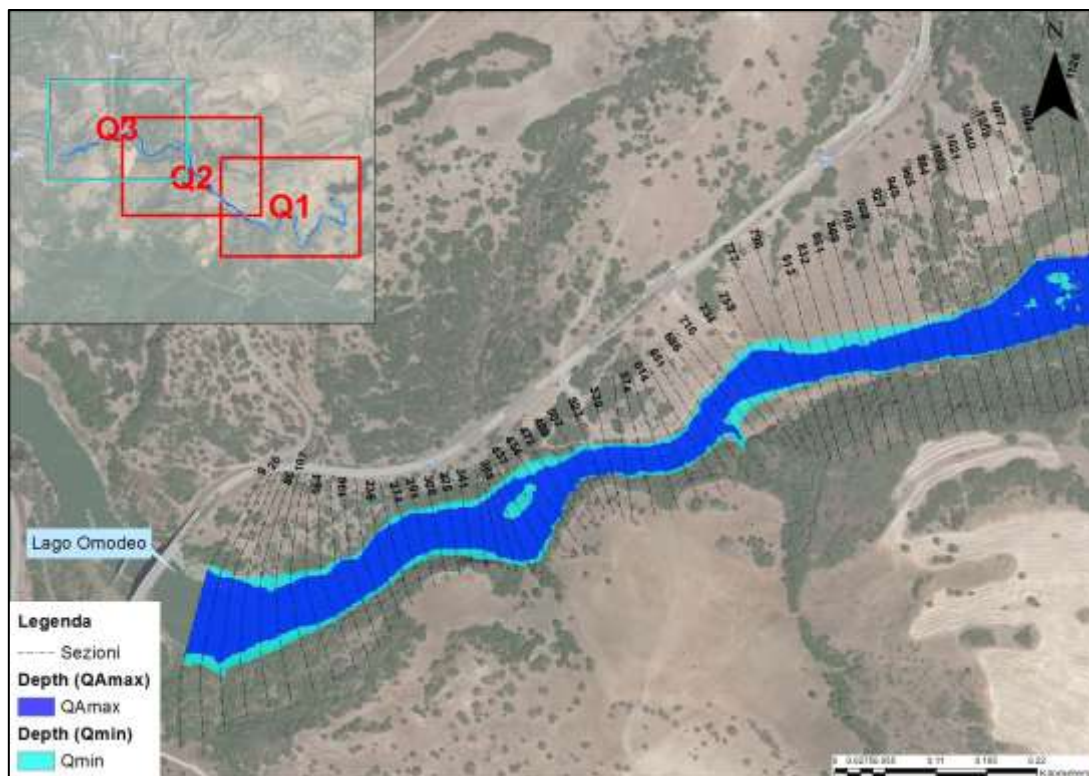


Figura 10 - Perimetrazione della portata  $Q_{min}$  vs  $Q_{Amax}$  in prossimità del lago Omodeo – Zoom Quadrante Q3

## 5.4 INDIVIDUAZIONE DI VALORI CRITICI DI PORTATA

La simulazione idraulica per la stima delle portate critiche ha come obiettivo quello di individuare gli elementi esposti al rischio idraulico al crescere della portata di deflusso, partendo dal valore di attenzione  $Q_{min}$ .

Dalle analisi effettuate non emergono elementi critici localizzati nel corso d'acqua in esame a valle dello sbarramento fino all'immissione sul lago Omodeo, ad eccezione della Centrale idroelettrica Tumuele gestita da Enel posizionata a 2.5 km a monte del lago.

L'asta principale del fiume Taloro, vallivo alla diga di Benzone si sviluppa in un ambiente tipicamente montano dove i deflussi sono vincolati rigidamente dai versanti determinando aree d'esondazione limitate. Nel tratto di corso d'acqua esaminato non sono presenti intersezioni con la rete stradale principale e secondaria, opere di difesa longitudinali a difesa del territorio ed il carico antropico nel territorio è da considerarsi nullo.

Pertanto l'unico elemento di criticità presente a valle della diga di Benzone è la Centrale idroelettrica Tumuele gestita da Enel localizzata in destra idraulica a quota 114 m s.l.m. posta a circa 2.5 km dall'immissione del Taloro sul lago Omodeo.



La centrale, in assenza di muro perimetrale il quale è stato realizzato per la sua protezione, viene interessata dal deflusso per valori di portata pari o superiori a  $720 \text{ m}^3/\text{s}$ .

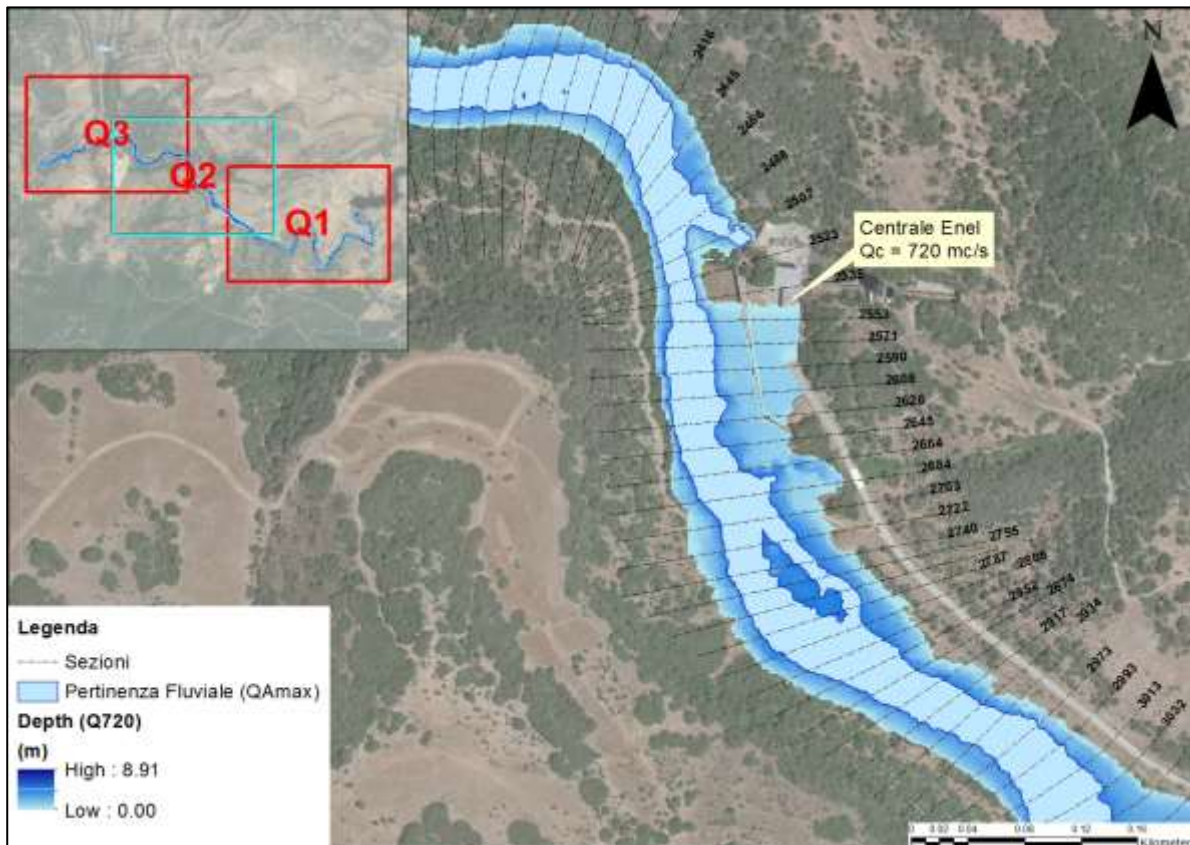


Figura 11 – Centrale idroelettrica Tumuele – assenza muro perimetrale

Considerando la presenza del muro perimetrale, che si sviluppa per tutto il perimetro della centrale idroelettrica Tumuele con quota massima di 119.5 m s.l.m., come documenta la nota Enel (ENEL-EGI-03/05/2021-0010347) pervenuta all'Ass.to LL.PP. - Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche, la portata critica che mette in crisi la centrale risulta pari a  $2'040 \text{ m}^3/\text{s}$ , ovvero un valore superiore alla portata massima scaricabile dalla Diga di Benzene.

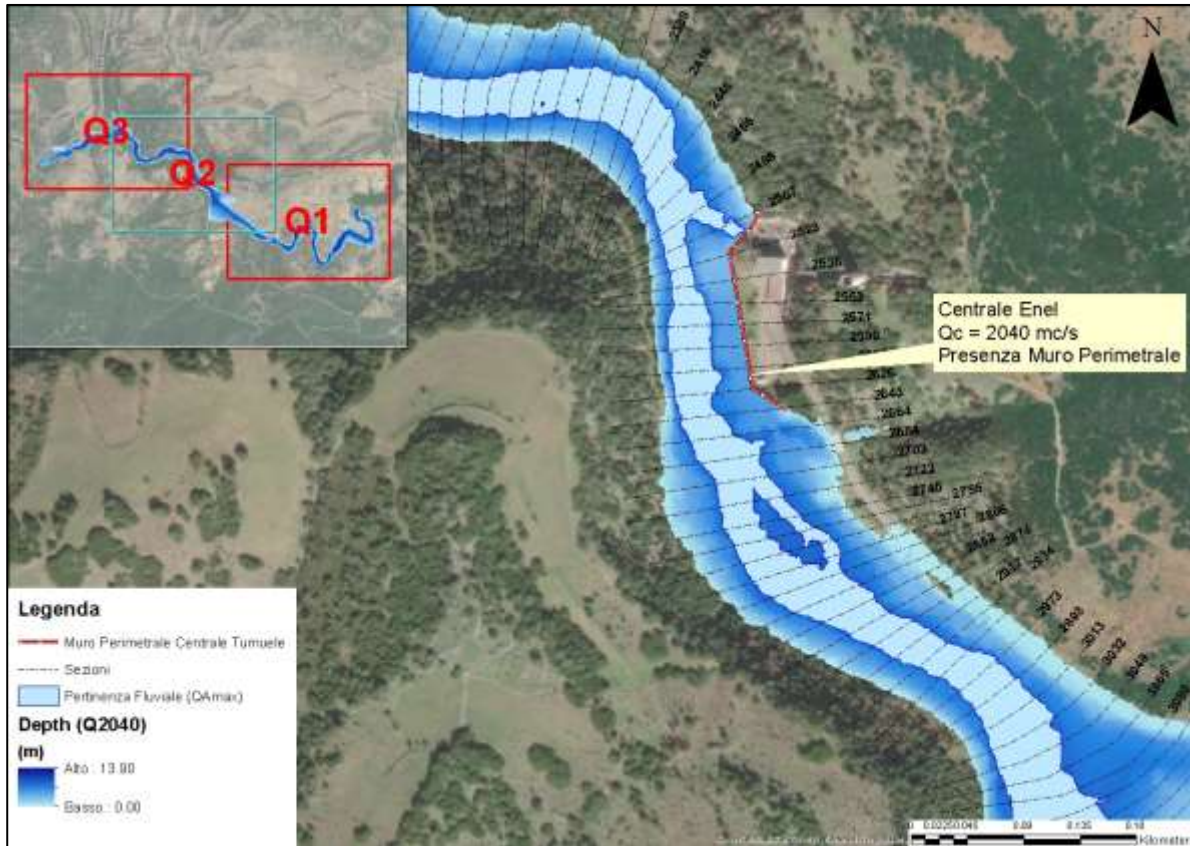


Figura 12 – Centrale idroelettrica Tumuele – presenza muro perimetrale



## 6 Considerazioni conclusive

Nel presente documento sono state definite le portate di riferimento per la diga di Benzone, ai sensi della Direttiva P.C.M. 8 Luglio 2014, prendendo in esame il corso del fiume Taloro compreso fra il suddetto sbarramento ed il lago Omodeo.

Poiché il fiume Taloro non è stato oggetto di valutazioni nel PSFF non risultano definite le limitazioni delle fasce fluviali e non è possibile associare alla portata  $Q_{Amax}$  il valore riferito alla piena laminata avente tempo di ritorno 2 anni scaricata dalla diga. È stata quindi associata alla  $Q_{Amax}$  la portata naturale  $Q_{Tr2}$ , non laminata, avente tempo di ritorno 2 anni, stimata pari a  **$Q_{Amax} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Per l'attività preventiva di Protezione Civile, con riferimento di attenzione che deve svolgere il Gestore della diga in fase di evento di piena, si ritiene che per il tratto vallivo alla diga in esame si possa considerare per  **$Q_{min}$**  lo stesso valore di  $Q_{Amax}$ , e quindi **assumere per la  $Q_{min}$  ugualmente la portata di  $135 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Per la diga di Benzone, anche sulla base delle analisi di modellazione idraulica riportate nella presente relazione, si ritiene che il valore indicato dal gestore Enel Green Power nella nota (ENEL-EGI-03/05/2021-0010347), pari a  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ , possa essere assunto come soglia di portata al sotto della quale non è previsto l'obbligo di comunicazione da parte del Gestore in caso di assenza di eventi di piena previsti o in atto, come richiesto al punto 2.5 della sopracitata Direttiva. Si evidenzia, tuttavia, la necessità di una verifica su questo aspetto da parte degli Enti che compongono il Tavolo Tecnico, valutandone le conseguenti implicazioni non unicamente riportabili alle criticità idrauliche sopra evidenziate. È infatti previsto dall'Accordo tra il DICAAR e la DGLLP che sia verificata dal TT la congruenza dei risultati provenienti dal modello idraulico predisposto dal DICAAR con eventuali ulteriori criticità a valle delle dighe nel definire le Relazioni previste dalla Delibera RAS 33/31 del 10/06/2016.

Sulla base della modellazione idraulica del corso d'acqua, si è inoltre individuato un incremento di portata che mette in crisi l'unico elemento antropico a valle della diga di Benzone, determinato dalla centrale idroelettrica Tumuele.

Pertanto, in relazione alla opportunità di inserire **soglie incrementalì  $\Delta Q$**  nei valori di portata scaricata dalla diga, al fine evidenziare la possibilità di ulteriori criticità vallive, sulla base di quanto sopra evidenziato e operando in termini cautelativi, si ritiene che si possa considerare anche il valore di portata scaricato dalla diga pari a  **$600 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Si precisa che la possibilità di definire soglie incrementalì  **$\Delta Q$**  che tengano anche conto del contributo del bacino residuo potrà essere presa in esame solo in presenza di un adeguato sistema di previsione e monitoraggio dei deflussi, purtroppo ancor oggi non disponibile nel bacino vallivo del fiume Taloro.