

SICILIACQUE S.p.A.

DIGA DI PIANO DEL LEONE
COMUNE DI CASTRONUOVO DI SICILIA - PRIZZI (PA)
N° ARCH. R.I.D. 167

PROGETTO DI GESTIONE INVASO

Titolo

RELAZIONE TECNICA
Testo

All.

A1/a

Data

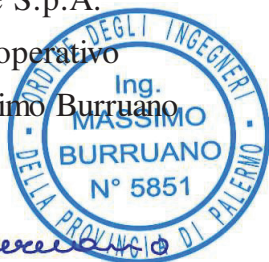
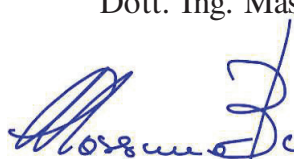
Gennaio 2021

Scala

Siciliacque S.p.A.

Il direttore operativo

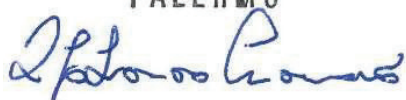
Dott. Ing. Massimo Burruano



Ingegnere Responsabile della Sicurezza

Dott. Ing. Alphonso Cusmano

ing. Alphonso Cusmano
n. 5248 Albo degli Ingegneri
PALERMO



I progettisti

Dott. Ing. Giancarlo Madoni



Dott. Ing. Poul Erik Nielsen



s.i.a. studio ingegneri associati

Milano

Progetto di Gestione dell'Invaso PIANO DEL LEONE

RELAZIONE TECNICA

INDICE

<u>1 – INTRODUZIONE</u>	Pag.	1
1.1 – <u>Incarico e Finalità</u>	“	1
1.2 – <u>Criteri d’Aggiornamento e Modalità Operative</u>	“	2
1.3 – <u>Elementi di Aggiornamento</u>	“	2
<u>2 - PROGETTO AGGIORNATO</u>	“	6
2.1 - <u>Dati di Identificazione</u>	“	6
2.2 – <u>Oggetto e finalità dello studio</u>	“	6
2.3 – <u>Piano generale del Progetto</u>	“	8
2.4 – <u>Normativa di Riferimento</u>	“	9
<u>3 - PARTE GENERALE</u>	“	12
3.1 – <u>Caratteristiche generali</u>	“	12
3.1.1 – <u>Notizie generali</u>	“	12
3.1.2 – <u>Caratteristiche dello sbarramento e dei siti interessati</u>	“	12
3.1.2.1 – <u>Dati caratteristici dello sbarramento e del serbatoio</u>	“	12
3.1.2.2 – <u>Diga</u>	“	14
3.1.2.3 – <u>Opere di scarico</u>	“	15
3.1.2.4 – <u>Opere complementari</u>	“	17
3.1.2.5 – <u>Serbatoio</u>	“	17
3.1.2.6 – <u>Bacino imbrifero</u>	“	18
3.1.2.7 – <u>Siti interessati a valle diga</u>	“	18
3.1.2.8 – <u>Situazione attuale dell'impianto</u>	“	19
<u>4 - CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INVASO E RELATIVO</u>	“	21
<u>INTERRIMENTO</u>		
4.1 – <u>Acque d'invaso</u>	“	21
4.2 – <u>Materiale di sedimentazione</u>	“	24
4.2.1 – <u>Caratteristiche volumetriche</u>	“	24
4.2.2 – <u>Caratteristiche fisico-chimiche</u>	“	24
4.3 – <u>Informazioni complementari</u>	“	26

4.4 – <u>Campagna di Indagini per la Caratterizzazione dei Sedimenti da mobilizzare</u>	Pag. 28
4.5 – <u>Consistenza dell’Interrimento</u>	“ 29
4.5.1 – <u>Indagini di riferimento</u>	“ 29
4.5.2 – <u>Risultati ottenuti</u>	“ 30
4.6 - <u>Caratteristiche fisico chimiche dei sedimenti</u>	“ 32
4.7 – <u>Caratteristiche delle acque dell'invaso</u>	“ 36
4.8 – <u>Torbidità delle acque di scarico</u>	“ 37
4.9 – <u>Deflussi naturali</u>	“ 39
4.10 – <u>Deflussi di scarico</u>	“ 42
4.11 – <u>Caratteristiche della Fauna Ittica</u>	“ 45
4.12 – <u>Vincoli relativi ai piani di tutela delle acque nell'alveo a valle</u>	“ 48
5 – <u>PIANI OPERATIVI ATTUATIVI DEL PIANO DI GESTIONE</u>	“ 49
5.1 – <u>Descrizione dei Programmi Operativi</u>	“ 49
5.2 – <u>CronoProgramma dei Programmi Operativi</u>	“ 51
5.3 – <u>PIANO OPERATIVO N1 – Ripristino Scarichi</u>	“ 52
5.3.1 – <u>Ripristino degli Scarichi</u>	“ 52
5.4 – <u>PIANO OPERATIVO N2 – Programma delle fluitazioni per il mantenimento della capacità d’invaso</u>	“ 65
5.4.1 – <u>Protocollo attuativo con il Gestore della Diga Gammauta posta a valle diga</u>	“ 65
5.4.2 – <u>Vincoli ambientali</u>	“ 66
5.4.3 – <u>Tutela delle acque dall'inquinamento</u>	“ 66
5.4.4 – <u>Fauna ittica</u>	“ 67
5.4.5 – <u>Rilascio in concomitanza con eventi di piena</u>	“ 69
5.4.6 – <u>Entità del rilascio a valle</u>	“ 69
5.4.7 – <u>Periodo ottimale per attuare i rilasci</u>	“ 69
5.4.8 – <u>Programma temporale delle operazioni di fluitazione</u>	“ 71
5.5 – <u>PIANO OPERATIVO N3 – Sistemazione Idraulica Forestale del Bacino Idrografico</u>	“ 71
5.5.1 – <u>Linee guida per il Progetto di Sistemazione Idraulica</u>	“ 74
5.5.2 – <u>Linee guida per il Progetto di Sistemazione Forestale</u>	“ 74
5.5.3 – <u>Ubicazione Planimetrica dei possibili Interventi</u>	“ 74

5.6 – <u>PIANO OPERATIVO N4 – Ripristino della Capacità Totale d'Invaso</u>	Pag. 74
5.6.1 – <u>Campagna di Indagini per la Caratterizzazione Geognostica/Ambientale dei Sedimenti da mobilizzare</u>	“ 75
5.6.2 – <u>Consistenza dell'Interrimento</u>	“ 75
5.6.3 – <u>Vincoli relativi ai piani di tutela delle acque nell'alveo a valle</u>	“ 75
5.6.4 – <u>Programma di Gestione per il Ripristino della Capacità d'Invaso</u>	“ 76
5.6.5 – <u>Criteri e modalità di Sfangamento</u>	“ 82
5.6.6 – <u>Modalità operative dello Sfangamento</u>	“ 84
5.6.7 – <u>Aree di deposito del materiale dragato</u>	“ 84
5.6.7.1 – <u>Casse di colmata</u>	“ 87
5.6.7.2 – <u>Drenaggio mediante Geotubi</u>	“ 89
6 – <u>PROGRAMMA DI MONITORAGGIO</u>	“ 90
6.1 – <u>Fase sperimentale</u>	“ 91
6.2 – <u>Fase di esercizio</u>	“ 92
6.2.1 – <u>Caratteristiche degli accertamenti previsti</u>	“ 92
6.2.1.1 – <u>Caratterizzazione del materiale sedimentato</u>	“ 92
6.2.1.2 – <u>Rilevamento morfobatimetrico dell'Invaso</u>	“ 92
6.2.1.3 – <u>Rilevamento della torbidità delle acque di spurgo</u>	“ 93
6.2.1.4 – <u>Ispezione visiva</u>	“ 93
6.2.1.5 – <u>Stato ecologico dell'acqua</u>	“ 93
6.2.1.6 – <u>Indagine della popolazione ittica</u>	“ 95
6.2.2 – <u>Piano operativo</u>	“ 96
6.2.2.1 – <u>Caratterizzazione del materiale sedimentario</u>	“ 96
6.2.2.2 – <u>Rilevamento morfobatimetrico dell'Invaso</u>	“ 97
6.2.2.3 – <u>Rilevamento della torbidità e OD</u>	“ 97
6.2.2.4 – <u>Ispezione visiva</u>	“ 97
6.2.2.5 – <u>Controllo stato ecologico dell'acqua</u>	“ 97
6.2.2.6 – <u>Indagine della popolazione ittica</u>	“ 98
6.2.2.7 – <u>Calendario delle operazioni di monitoraggio</u>	“ 98
6.3 – <u>Operazioni di controllo propedeutiche allo sfangamento mediante asportazione</u>	“ 99

7	–	<u>UTILIZZAZIONE DEGLI SCARICHI PROFONDI IN</u>	Pag. 100
		<u>CORRISPONDENZA DEGLI EVENTI DI PIENA</u>	
7.1	–	<u>Idrogrammi delle piene massime annue</u>	“ 101
7.2	–	<u>Ipotesi di funzionamento</u>	“ 102
7.3	–	<u>Svolgimento dei calcoli</u>	“ 104
7.4	–	<u>Risultati e commenti</u>	“ 105

Riferimenti bibliografici

Elenco Tavole Allegate - Appendice A1b

Progetto di Gestione dell'Invaso PIANO DEL LEONE

RELAZIONE TECNICA

1 – INTRODUZIONE

1.1 – Incarico e Finalità

Questo Studio S.I.A. (Studio Ingegneri Associati), mediante contratto CTR 165/20 del 02.10.2020, ha avuto da SICILIACQUE SPA l'affidamento dell'incarico per l'espletamento delle attività necessarie all'Aggiornamento del Progetto di Gestione della diga Piano del Leone. Il Progetto di Gestione esistente è stato redatto nel 2006 da questo stesso studio; il relativo aggiornamento è previsto nello stesso atto legislativo che ne ha istituito i criteri di redazione [2] , Art. 3 – punto (6), allo scopo di garantire nel tempo la *“sicurezza dell'invaso e dello sbarramento, sulla base della compatibilità delle operazioni di svaso, di sfangamento e di spurgo....con il conseguimento degli obiettivi di qualità, fissati dal DL 152/1999 e smi, nonché sulla base delle nuove conoscenze acquisite”*.

È chiaro quindi che l'intento del previsto aggiornamento comprende una precisa finalità: la modifica della situazione di riferimento, in base a nuovi dati acquisiti, e quindi delle modalità di gestione previste.

Rispetto alla prima versione presentata agli Organi Competenti per la relativa Approvazione, la presente relazione rappresenta al Rev. 1, con apportate le successive modifiche integrative, così come indicato a seguito della Nota prot. 6776 del 29.03.2021 dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo e della Nota prot. 6901 del 04.05.2021 dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Regione Siciliana.

Alla redazione del presente Aggiornamento del Piano di Gestione ha collaborato l'ing. Alphonso Cusmano, avente un'approfondita conoscenza della diga in oggetto in qualità di Ingegnere Responsabile della Sicurezza ai sensi della Legge 584/1994.

1.2 – Criteri d'Aggiornamento e Modalità Operative

Il criterio base che si è assunto è quello di considerare l'aggiornamento un intervento integrativo del progetto originario del 2006 e di evidenziare nello specifico tutte le modifiche o aggiunte che sono state apportate in relazione ai dati acquisiti con nuove indagini o situazioni comunque modificate.

Pertanto si è concretamente operato come segue:

- Per le parti non modificate si è lasciata inalterata la presentazione del progetto precedente sia per quanto riguarda il testo della presente relazione, sia per quanto riguarda tutta la relativa documentazione allegata, per le relative indagini e le conseguenti elaborazioni.
- Per le parti modificate è stato chiaramente specificato il carattere di aggiornamento, ma si è anche cercato di mantenere in evidenza la situazione precedente. Pertanto anche la documentazione di riferimento, contenuta nell'elaborato di Documentazione Indagini A2/a, è stata mantenuta inalterata per quanto riguarda la situazione precedente, mentre la nuova documentazione è stata raccolta nell'analogo elaborato A2/b.

1.3 – Elementi di Aggiornamento

Relativamente a quanto sopra specificato, si può in particolare precisare quanto segue.

Gli elementi di novazione sono sostanzialmente i seguenti:

- Nuove Indagini comprendenti:
 - Rilievi Batimetrici (in due fasi);
 - Analisi Chimiche sui fanghi di sedimentazione e sulle acque d'invaso.
- Modifiche nella normativa di riferimento.

Pertanto le parti dello studio che risultano aggiornate, semplicemente per aggiunte o più sostanzialmente, per accertata modifica della situazione, sono:

- a - la Normativa di riferimento, per eventuali modifiche o integrazioni
- b - Le Indagini e Accertamenti, che hanno sostanzialmente modificato la situazione dell'interrimento dell'invaso
- c - Le Caratteristiche Generali dell'Invaso
- d - I Piani Operativi attuativi del Piano di Gestione
- e - Il Programma di Gestione per il Ripristino della Capacità d'Invaso

Le parti dello studio che invece non si è ritenuto necessario aggiornare sono:

- e - La parte generale, in quanto non sono stati accertate modifiche sostanziali nelle opere costituenti né lo sbarramento né il serbatoio, come assetto delle sponde o situazione ambientale in genere. Al riguardo si veda il “Verbale di Visita Ispettiva di Vigilanza” del 23.07.2020 [12], che segnala la situazione di ostruzione degli scarichi di fondo, ma solo in conseguenza del forte interrimento raggiunto, questione che rientra nelle problematiche di cui al precedente punto (d), senza evidenziare alcun ammaloramento strutturale delle opere stesse.
- f - Le parti relative sia al Programma di Gestione per il Mantenimento della Capacità d’Invaso, sia al conseguente Programma di Monitoraggio, che vi è strettamente collegato, in quanto non si ravvedono adeguate motivazioni che ne richiedano la modifica.
- g - La parte riguardante l’Utilizzazione degli Scarichi Profondi, in quanto questo specifico esame è interamente basato sulle caratteristiche degli eventi di massima piena, e dall’intrinseca capacità di funzionamento delle opere di scarico interessate.
Al riguardo si può constatare che gli ‘Eventi di Massima Piena’ sono stati definiti da uno specifico studio, nell’ambito delle “Verifiche Idrauliche” di cui al D.L. 79/2004 (art.4 comma1), che risulta approvato [2] e non modificato. D’altra parte anche le opere di scarico interessate non hanno avuto nessuna modifica né ammaloramento strutturale, ma come già accennato solo funzionamento alterato a causa dell’interrimento del serbatoio.

Il Programma per il mantenimento è proprio finalizzato al mantenimento della capacità d’invaso liberata dal previsto intervento di sfangamento, ma tale intervento non è stato ancora possibile attuarlo nel periodo intercorrente fino ad oggi. Inoltre, tale programma si fonda sostanzialmente sull’attuazione di rilasci idrici mediante lo scarico di fondo, che in tutto questo periodo ha avuto funzionamento oggettivamente difficoltoso proprio a causa del sempre crescente stato d’interrimento del serbatoio e alla conseguente parziale ostruzione degli imbocchi degli scarichi stessi, nonché per la salvaguardia dei territori a valle.

Al momento attuale risulta che il Progetto del 2006 è stato debitamente istruito dall’Ufficio Tecnico Dighe di Palermo, che ne ha riferito con Nota U.T.D. 1371 del 14.07.2009 [11] e che, per quanto di sua competenza, ne dà parere favorevole con alcune riserve. Con la stessa nota è stato chiesto alla Regione Sicilia di ritrasmettere all’U.T.D. il progetto approvato per

l'inserimento, previsto da normativa, nel F.C.E.M. dello sbarramento [11].

Di tale riscontro formale, a rigore, non ci sarebbe bisogno in quanto lo stesso atto legislativo che istituisce l'obbligo del Progetto di Gestione [5] stabilisce (art. 40 comma 5) che *“il Progetto di Gestione s'intende approvato e diviene operativo trascorsi sei mesi dalla data di presentazione senza che sia intervenuta alcuna pronuncia da parte della regione competente”*.

Qui tuttavia non si tratta solo di approvazione formale, ma di uno specifico accordo sul Piano dei Rilasci a Valle fra tutte le parti preposte alla sicurezza della diga, ma anche dell'alveo a valle e in definitiva di tutto il bacino imbrifero interessato.

La realizzazione di un ragionevole Piano di Rilasci a Valle è l'unica operazione efficace per conservare l'agibilità di una capacità d'invaso adeguata alle finalità di tutto l'impianto, in alternativa al solo intervento di sfangamento, che senza questa operazione dovrebbe essere programmato in proporzioni tanto ampie da assicurare da solo l'assorbimento di tutto il trasporto solido afferente all'invaso per un periodo di vita di adeguata durata. Si evidenzia così la grande importanza delle operazioni di rilascio a valle, che non possono essere trascurate, ma vanno realizzate in modo concordato fra tutte le parti interessate, così da minimizzare gli eventuali effetti negativi.

Il Mantenimento della Capacità d'Invaso, già proposto nel progetto del 2006, aveva dichiarato un carattere sperimentale, che richiedeva una concreta messa a punto sulla base delle constatazioni sul campo, in particolar modo per quanto riguarda l'entità effettiva del trasporto solido attuato dai rilasci idrici e il complesso equilibrio fra erosione e sedimentazione che si verifica nel deflusso nell'alveo a valle. La già allora prevista massima portata di scarico era già allora fissata a un valore ($15 \text{ m}^3/\text{s}$) inferiore alla portata massima transitabile a valle, che risulta fissata pari a $27 \text{ m}^3/\text{s}$.

Infine si fa presente che una fase di discussione fra tutti gli organismi interessati alla sicurezza dell'intero bacino, si qualifica come la sede adatta per eventuali decisioni alternative, quali una più accurata sistemazione dell'alveo a valle, a impedire danneggiamenti alle sponde o esondazioni in punti particolari, o interventi di consistenti rimboschimenti nel bacino di monte, a ridurre l'entità del trasporto solido afferente al serbatoio.

Riguardo a quest'ultimo punto, si precisa, rimandando a quanto di seguito maggiormente esposto, che eventuali interventi di bonifica del bacino di monte andrebbero concentrati prioritariamente sul versante in sinistra idrografica della valle, lungo l'asta valliva principale

e i piccoli tributari in sinistra e lungo il Vallone del Sardo, sempre in sponda sinistra. I dissesti accertati sono infatti concentrati in queste zone, come ben evidenziato dalla Carta dei Dissesti, qui riportata al disegno B8.

2 - PROGETTO AGGIORNATO

2.1 - Dati di Identificazione

- Oggetto dello studio: Serbatoio **Piano del Leone**, opera esistente in esercizio dal 1933.
- Ubicazione: il serbatoio è situato nella parte centro-occidentale della Sicilia sull'asta del torrente S. Cristoforo, affluente del Fiume Sosio-Verdura, in località Contrada Piano del Leone, Comune di Castronuovo di Sicilia-Prizzi, provincia di Palermo.
Coordinate (rispetto al meridiano di Roma - Monte Mario) della linea mediana coronamento:
punto centrale latitudine 37° 40' 14.9'' longitudine 01° 00' 50.5''
punto centrale latitudine 37° 40' 14.9'' longitudine 01° 00' 50.5''
punto centrale latitudine 37° 40' 14.9'' longitudine 01° 00' 50.5''
- Finalità dell'impianto: assicurare, mediante regolazione annuale, l'utilizzazione dei deflussi naturali afferenti al bacino sotteso, per uso potabile.
- Ente Concessionario e Gestore: SICILIACQUE S.p.A. con sede in Palermo.
- Asta fluviale della diga: Fiume Sosio-Verdura con sviluppo di circa 55 km dalla diga fino alla foce, situata sulla costa meridionale della Sicilia, nei pressi di Torre Verdura a pochi chilometri da Ribera.
- Consistenza dello sbarramento: lo sbarramento è costituito da una diga a gravità ordinaria in calcestruzzo, con altezza di ritenuta di circa 26 m, e dalle opere di scarico consistenti nello scarico di superficie, composto da sfioratore libero, e da due scarichi profondi: fondo e mezzofondo, in galleria sottopassanti la diga in spalla destra.
- Capacità dell'invaso: l'invaso ha una capacità totale di circa 4.80 Mm³, con livello a quota 679 m s.m., e una capacità utile di circa 4.00 Mm³.

2.2 – Oggetto e finalità dello studio

Il Progetto di Gestione dell'Invaso, oggetto del presente studio, è espressamente previsto dal D.L. 11 maggio 1999 [1] e specificatamente regolamentato dal D.M. 30 giugno 2004 [2]; che ne fissa i criteri di redazione.

Secondo lo stesso documento istitutivo [1 – art. 40], la finalità di questo studio programmatico per la gestione del serbatoio è espressa testualmente come segue:

"Al fine di assicurare il mantenimento della capacità di invaso e la salvaguardia della qualità dell'acqua invasata, sia del corpo recettore, le operazioni di svaso, sghiaimento e sfangamento delle dighe sono effettuate sulla base di un progetto di gestione di ciascun impianto. Il progetto di gestione è finalizzato a definire sia il quadro previsionale di dette operazioni connesse con le attività di manutenzione da eseguire sull'impianto sia le misure di prevenzione e tutela del corpo recettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dello sbarramento durante le operazioni stesse.

Il progetto di gestione individua altresì eventuali modalità di manovra degli organi di scarico, anche al fine di assicurare la tutela del corpo recettore".

Ancora più dettagliatamente le finalità del Progetto, sono espresse nel documento attuativo [2 – art. 3] come segue:

"Il progetto di gestione, predisposto dal gestore e approvato dalle regioni, previo parere preventivo dell'amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento, è finalizzato a definire il quadro previsionale delle operazioni di svaso, sfangamento e spurgo connesse con le attività di manutenzione dell'impianto, da eseguirsi anche per stralci, per assicurare il mantenimento ed il graduale ripristino della capacità utile, propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa, nonché a definire i provvedimenti da porre in essere durante le suddette operazioni per la prevenzione e la tutela delle risorse idriche invasate e rilasciate a valle dello sbarramento, conformemente alle prescrizioni contenute nei piani di tutela delle acque e nel rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici interessati".

Sinteticamente si può dire che il Progetto di Gestione deve trattare sostanzialmente due distinte questioni:

- accertamento dell'interrimento del serbatoio, con piano di recupero della capacità d'invaso e controllo dell'interrimento futuro;
- programma di utilizzo degli scarichi di fondo anche in caso di piena.

Per quanto riguarda il primo punto vi è la possibilità di scelta fra due diversi indirizzi:

- sfangamento per asportazione;
- sfangamento per rilascio.

che va fatta ovviamente in base alla situazione specifica dell'invaso esaminato e quindi al grado più o meno spinto dell'interrimento esistente.

In particolare il Progetto, sulla base della situazione locale come individuata dalle necessarie indagini in sito, deve trattare quanto segue.

- Caratterizzazione del materiale di sedimentazione e dell'acqua d'invaso.
- Piano di ripristino della capacità d'invaso del serbatoio, con programma operativo dei rilasci, con precisazione dei tempi e volumi di rilascio, o con precisazione delle modalità di asportazione e di dislocazione del materiale rimosso.
- Indicazione degli effetti potenziali indotti a valle dalle acque di scarico.
- Individuazione delle possibili utilizzazioni degli scarichi di fondo sia per quanto attiene lo scarico dei sedimenti, come sopra indicato, sia per quanto riguarda l'eventuale modulazione delle piene.

Va precisato infine che il Progetto di Gestione deve essere predisposto dal Gestore dell'invaso, e approvato dalla Regione, *"previo parere preventivo dell'amministrazione competente a vigilare sulla sicurezza dell'invaso e dello sbarramento"* e sentito eventualmente gli Enti gestori delle aree protette direttamente interessate, così da diventare documento autorizzativo per l'esecuzione di tutte le operazioni di svasso e di spurgo previste nel progetto stesso.

A tal fine è previsto che il Progetto di Gestione approvato sia inserito, a cura dell'UTD, come parte integrante nel *"Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione dell'Invaso"*.

2.3 – Piano generale del Progetto

Per rispondere compiutamente alle prescrizioni della normativa vigente, già precedentemente richiamata, il presente Progetto di Gestione verrà articolato sui seguenti punti.

- Parte generale: intesa a fornire tutti gli elementi d'individuazione e di caratterizzazione dell'impianto considerato e le specifiche finalità del Progetto, secondo l'intento della normativa vigente.
- Parte Conoscitiva: intesa a programmare e acquisire tutti gli elementi necessari per la definizione dei piani d'intervento, previsti nel Progetto stesso.
- Definizione delle caratteristiche generali dell'invaso e relativo interrimento: intesa a

sintetizzare tutti i dati acquisiti con le indagini e studi a carattere conoscitivo, circa le caratteristiche delle acque d'invaso e del materiale sedimentato nell'invaso stesso.

- Programma di Gestione dell'Invaso: inteso a precisare le modalità operative proposte per lo sfangamento, e i programmi di gestione degli scarichi per le eventuali operazioni di spurgo.
- Programma di monitoraggio: inteso a definire tutte le operazioni di accertamento e di controllo che devono essere attuate nelle fasi operative di svaso o di spurgo.
- Utilizzazione degli scarichi di fondo: al fine di individuare l'opportunità di modulare i deflussi di piena, mediante l'impiego programmato degli scarichi di fondo, e di precisare il programma per la normale gestione delle opere di scarico.

2.4 – Normativa di Riferimento

- [1] D.L. n°152/1999 del 11 maggio 1999– "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento".
- [2] D.M. n° 152/2004 del 30 giugno 2004 - del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – "Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invaso, ai sensi dell'art. 40, comma 2, del D.L. 11 maggio 1999 n°152".
- [3] D.L. n° 471/1999 del 25 ottobre 1999 - "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati"
- [4] D.L. n° 152/2006 del 3 aprile 2006 – “Norme In Materia Ambientale”
- [5] D.L. n° 91/2014 del 24 giugno 2014 – “Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l’efficientamento energetico dell’edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento di costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea”
- [5’] Testo Coordinato del D.L. n° 91/2014 con la Legge di Conversione n° 116/2014 del 11

agosto2014

- [6] D.P.R. n° 120/2017 del 13 giugno 2017 – “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.”
- [7] D.M. n° 260/2010 – Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per modifica al D.L. 152/2006.
- [8] D.L. n° 172/2015 – Attuazione della direttiva 2013/39/UE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.
- [9] D.M. 172/2016 - Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in data 21.12.2018.
Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale, ai sensi dell’articolo 5-bis comma 6, della legge 28 gennaio 1994, n 84.
- [10] ARPA- Palermo – Report attività –Palermo novembre 2018 – *Monitoraggio e valutazione stato ecologico e chimico delle acque degli invasi del Distretto Idrografico della Sicilia ai sensi del D.M. 260/2010*
- [11] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ufficio Tecnico per le Dighe Palermo - Nota Prot. 1371 del 14.07.2009
- [12] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Ufficio Tecnico per le Dighe Palermo – VISITA ISPETTIVA DI VIGILANZA del 23.07.2020.
- [13] NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

- Nota prot. 6776 del 29.03.2021 dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo
- Nota prot. 6901 del 04.05.2021 dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Regione Siciliana.

Si segnala che i riferimenti alla normativa vigente sono riportati nel testo con numero fra parentesi quadra [...]; i riferimenti alla bibliografia tecnica sono invece riportati in parentesi tonda (.....) ed elencati a fine testo.

Si precisa inoltre che tutte le tavole citate nel testo sono raccolte nell'Appendice A1/b1 alla presente relazione.

3 - PARTE GENERALE

3.1 – Caratteristiche generali

3.1.1 – Notizie generali

Il serbatoio Piano del Leone disposto, come si è detto, nell'alta valle del Fiume Sosio-Verdura, è stato realizzato all'inizio degli anni trenta (fine costruzione 1933) dall'Ente Ferrovie dello Stato, per utilizzazione a scopo idroelettrico.

Successivamente la concessione delle acque e la gestione del serbatoio è passata all'Ente Acquedotti Siciliani (E.A.S.) e più recentemente alla Siciliacque S.p.A, con mutato tipo di utilizzazione: attualmente per uso potabile.

Attualmente infatti il serbatoio, in collegamento con i vicino serbatoio Fanaco, funge da polmone di testa di tutto il Sistema Acquedottistico del Fanaco.

3.1.2 – Caratteristiche dello sbarramento e dei siti interessati

3.1.2.1 – Dati caratteristici dello sbarramento e del serbatoio

- Diga: di tipo a gravità ordinaria in calcestruzzo (classe A.a.1).		
- Quota coronamento	831.00	m s.m.
- Larghezza del coronamento	4.00	m
- Sviluppo del coronamento	114.34	m
- Quota più depressa delle fondazioni	796.70	m s.m.
- Altezza massima della diga (sul punto più depresso a q. 796.70)	34.30	m
- Altezza massima di ritenuta (dal fondo alveo a monte a q. 803.60)	25.58	m
- Franco totale	1.82	m
- Franco netto (con semionda valutata in 0.55 m)	1.27	m
- Zona sismica	n° 2	
- Quota di massimo invaso	829.18	m s.m.
- Quota massima di regolazione	828.00	m s.m.
- Quota minima di regolazione	814.00	m s.m.

- Volume invasato:		
• alla quota di massimo invaso	4.83	M m ³
• alla quota massima di regolazione	4.15	M m ³
• alla quota minima di regolazione	0.20	M m ³
- Superficie dello specchio liquido:		
• alla quota di massimo invaso	0.60	M m ²
• alla quota massima di regolazione	0.55	M m ²
• alla quota minima di regolazione	0.075	M m ²
- Volume utile di regolazione	3.95	M m ³
- Volume di capacità morta	0.20	M m ³
- Volume di laminazione	0.68	M m ³
- Superficie del bacino imbrifero:		
• sotteso direttamente	25.00	km ²
• allacciato	/	km ²
- Portata di massima piena (di progetto)	203	m ³ /s
- Tempo di ritorno corrispondente (non indicato in progetto)	/	anni
- Portate massime di scarico:		
• con livello a quota di massimo invaso (829.18):		
+ scarico di superficie, a soglia libera:	200.00	m ³ /s
+ scarichi profondi:		
- fondo:	16.00	m ³ /s
- mezzofondo:	<u>11.00</u>	m ³ /s
totale	27.00	m ³ /s
• con livello a quota di massima regolazione (828.00):		
+ scarico di superficie, a soglia libera:	/	
+ scarichi profondi:	= 26.58 \cong	27.00 m ³ /s
- Tempo di vuotamento del serbatoio (non indicato in progetto)	/	ore
- Anno di inizio esercizio	gennaio	1933
Tempo di vita dell'impianto (ad oggi 2020), circa:	85	anni

La planimetria del bacino imbrifero sotteso è riportata nella Tav. 1, mentre le principali caratteristiche delle opere e dell' invaso risultano dalle seguenti tavole, allegate a fine testo:

- Tav. 2: Planimetria dello sbarramento: diga e opere di scarico
- Tav. 3: Sezione tipo della diga (e particolari)
- Tav. 4: Sezione longitudinale della diga
- Tav. 5: Diagrammi aree e volumi d'invaso del serbatoio

3.1.2.2 – Diga

La diga, le cui caratteristiche planimetriche e altimetriche sono riportate nelle Tavv. 2÷4, ha andamento planimetrico leggermente arcuato con convessità verso monte. La sezione trasversale di massima altezza ha larghezza in testa di 4.00 m ed alla base di 25.60 m; il paramento di monte ha pendenza 0.07 fino alla quota 803.60 m s.m. ed è verticale al di sotto di tale quota; il paramento di valle ha pendenza 0.80 sotto quota 817.54 m s.m., mentre al di sopra di tale quota si raccorda con arco di cerchio, di raggio 18.00 m, alla linea di quota 828.78 m s.m. e prosegue verticale fino al ciglio superiore, a quota 831.04 m s.m. (nel Foglio di Condizioni arrotondato a 831.00); alla base la struttura forma una platea, con larghezza di 30 m circa e spessore di 4.50 m, munita a monte di un taglione dello spessore di 3 m circa.

La diga è a gravità ordinaria in conglomerato cementizio. Il coronamento è munito di parapetti metallici ancorati a pilastri in muratura.

Il paramento di monte è rivestito con intonaco, mentre quello di valle è privo di rivestimento. La struttura è munita di n°4 giunti di contrazione ad interasse di 18 m, che tagliano l'intera sezione della diga; in corrispondenza di essi le facce dei due elementi contigui presentano dentature per la immorsatura reciproca. La tenuta dei giunti è affidata a sigilli elastici costituiti da pozzetti, del diametro di 30 cm, verticali, riempiti di pece plastica. Il sistema drenante a ridosso del paramento di monte è costituito da n°11 pozzi verticali, del diametro di 70 cm, disposti ad interassi variabili all'interno dei conci della struttura, in comunicazione con tre cunicoli longitudinali di ispezione e raccolta drenaggi, tra loro comunicanti, disposti alle quote 828.00, 812.60 e 797.20 m s.m., a cui si accede da ingressi lungo il paramento di valle e bracci di cunicoli trasversali alle quote 827.63, 812.60 m s.m. in spalla sinistra ed a quota 812.60 m s.m. in spalla destra. Agli ingressi dei cunicoli in spalla sinistra si accede tramite una scalinata in muratura che costeggia il piede del paramento di valle. Al cunicolo a quota più bassa, munito di un braccio trasversale fino al piede di valle, all'estremità del quale convergono tutte le acque di drenaggio, si accede tramite un pozzo a valle diga sovrastato, a

quota 807.00 m s.m., da una cabina di accesso. Da questo pozzo i drenaggi vengono evacuati tramite una galleria che raggiunge la galleria dello scarico di fondo in sponda destra.

Il terreno di fondazione non è omogeneo: in spalla destra sono presenti calcari a blocchi legati da più o meno scarso cemento argilloso-marnoso; in spalla sinistra è presente una formazione argillo-marnosa con intercalati sottili strati silicei sovrapposti alla formazione calcarea; il fondovalle, coperto da alluvioni recenti, è costituito dalla formazione calcarea a blocchi.

La diga è munita a monte di un taglione in calcestruzzo che, superati gli strati superficiali si ammorsa nella sottostante formazione, preventivamente trattata con profonde iniezioni impermeabilizzanti di cemento.

3.1.2.3 – Opere di scarico

Le opere di scarico a servizio del serbatoio comprendono uno scarico di superficie e due scarichi profondi: mezzofondo e fondo (si veda Tav. 2 e Tavv. 6.1÷6.3).

Lo **Scarico di superficie**, ubicato in sponda destra, è costituito da un'opera d'imbocco a soglia fissa, con ciglio alla quota massima di regolazione (828.00 m s.m.) e sviluppo rettilineo di circa 91 m, seguito da canale fagatore all'aperto, a tracciato rettilineo e sezione trapezia larga al fondo circa 8.00 m che recapita le acque di scarico nell'alveo del torrente, senza opere di dissipazione.

La portata di scarico è data dall'espressione:

$$Q_1 = 156.00 (q_i - 828.00)^{3/2}$$

(Tale quota è stata definita sulla base dei disegni del progetto originario, dai quali, pur non essendo citata esplicitamente, può desumersi una quota pari a 813.25, qui arrotondata in 813.00 m s.m.)

con q_i = quota del livello in serbatoio (m s.m.)

La portata massima effluente con livello alla quota di massimo invaso 829.18 m s.m. (sovralzo = 1.18 m) risulta pari a 200 m³/s.

Lo **Scarico di mezzo fondo**, è ubicato in sponda destra con imbocco a circa 20 m dal piede di monte della diga. All'opera di imbocco, avente soglia a quota 813.09 m s.m., segue una

galleria che sottopassa la sponda destra, avente sezione circolare ϕ 1500 nel tratto che va dall'imbocco agli organi di intercettazione di cui appresso e sezione rettangolare, di superficie pari a 2.30 m², nel tratto successivo; lo sbocco della galleria è a quota 810.30 m s.m.. La galleria, ha una lunghezza di m 252.78. A circa 50 m dall'imbocco sono installati gli organi di intercettazione, costituiti da una saracinesca ed una valvola a farfalla in serie, ambedue dei diametro di 800 mm, per ciascun tubo di scarico, con asse a quota 813.00 m s.m. in c.t.¹⁾.

Le apparecchiature idrauliche di intercettazione alloggiano all'interno di una camera, a cui si accede tramite un pozzo con imbocco ubicato in uno dei locali a piano terra della casa di guardia dove sono installati i dispositivi di manovra oleodinamici, alimentati con energia elettrica da rete o da gruppo elettrogeno, con energia da motore a scoppio e con energia manuale; i dispositivi sono muniti di comando in loco, dalla suddetta camera, ed a distanza, dal locale della casa di guardia sovrastante il pozzo.

La portata di scarico, a organi d'intercettazione completamente aperti, è data dall'espressione:

$$Q_2 = 2.85 (q_i - 813.00)^{1/2} \quad (2)$$

con q_i = quota del livello in serbatoio (m s.m.).

La portata massima effluente risulta:

- con livello d'invaso alla quota massima (828.00): $Q_2 = 11.04 \cong 11.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Lo **scarico di fondo** è ubicato in sponda destra con imbocco a circa 50 m dal piede di monte della diga. All'opera di imbocco, avente soglia a quota 808.32 m s.m., segue una galleria che sottopassa la sponda destra con andamento rettilineo e recapita l'acqua all'alveo del fiume, con sbocco a quota 789.14 m s.m.. La galleria è a sezione ellittica, 2.65 x 2.25 m nei primi 80 m circa, ed, in seguito, a sezione rettangolare con volta, di 6 m² di superficie, e ha una lunghezza complessiva di m 300. A circa 80 m dall'imbocco, a quota 798.90 m s.m. (asse saracinesche), sono installati gli organi di intercettazione, costituiti da due saracinesche ϕ 800 mm in serie con due valvole a farfalla dello stesso diametro. Le apparecchiature sono installate all'interno di una camera, a cui si accede tramite lo stesso pozzo di accesso allo scarico di mezzo fondo e sono manovrabili, tramite lo stesso dispositivo oleodinamico che serve le apparecchiature dello scarico di mezzo fondo, con comandi in loco e dal locale della

1

Tale quota è stata definita sulla base dei disegni del progetto originario, dai quali, pur non essendo citata esplicitamente, può desumersi una quota pari a 813.25, qui arrotondata in 813.00 m s.m.

casa di guardia sopra indicato.

La portata di scarico, a saracinesche completamente aperte, è data dall'espressione:

$$Q_3 = 2.95 (q_i - 798.90)^{1/2} \quad (3)$$

La portata massima effluente risulta:

- con livello d'invaso alla quota massima di regolazione (828.00): $Q_3 = 15.91 \cong 16.00$ m³/s.

3.1.2.4 – Opere complementari

In sponda destra del serbatoio è realizzata un'opera di collegamento Piano del Leone-Fanaco, costituita da un imbocco con soglia a q. 827.50 m s.m. e da una galleria del diametro di 3.00 m, della lunghezza di 4820 m, capace di trasferire una portata massima di 16 m³/s da Piano del Leone a Fanaco, con recapito nel t. Cannella a monte dell'invaso Fanaco.

Tale collegamento è regolato ed intercettato da una paratoia piana 1.60 x 2.10 m, ubicata subito a valle dell'imbocco, manovrabile da una sovrastante cabina. Detta opera è stata realizzata ed è gestita dal Consorzio Acquedotto del Voltano.

In sponda sinistra, poco a monte della diga, è installata la presa galleggiante dell'impianto di pompaggio che adduce l'acqua al potabilizzatore Voltano.

3.1.2.5 – Serbatoio

Il serbatoio, delimitato a valle dalla stretta formata dai rilievi calcarei di Cozzo Ruggero e Cozzo Vedena in corrispondenza alla quale è impostato lo sbarramento, occupa la vallata del Torrente San Cristoforo (Sosio-Verdura) per un tratto di circa 1.50 km, con larghezza media di 300÷400 m.

Le sponde dell'invaso, di acclività non elevata, sono dominate a occidente dai rilievi di Cozzo Ruggero e a oriente dai rilievi di Contrada Leone.

L'area d'invaso è interessata dalla formazione delle argille scagliose, intercalata da straterelli di arenarie silicee, fratturate, e da qualche lembo calcareo.

Il diagramma dei volumi d'invaso è riportato nella Tav. 5.

3.1.2.6 – Bacino imbrifero

Il bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento ha un'estensione di 25 km² e risulta delimitato a monte dai rilievi da cui prende inizio la valle del Fiume Sosio-Verdura: Cozzo Ruggero (916 m s.m.), Pizzo CATERA (1192 m s.m.), Cozzo Confessionario (1011 m s.m.) nei pressi di S. Stefano Quisquina, Cozzo Stagnataro (1346 m s.m.) e Serra del Leone (1316 m s.m.).

La zona è interessata in prevalenza dalle formazioni delle argille scagliose, fatta eccezione solo per le culminazioni maggiori, che invece sono rappresentate da calcari triassici e subordinatamente giurassici.

In particolare va evidenziato che tutta la varice che si estende a monte della stretta di San Cristoforo, attualmente sbarrata dalla diga, è stata sede di un ambiente lacustre, testimoniata dalla presenza di alluvioni fluviali che contornano l'attuale lago a quote superiori al suo massimo invaso.

Tale ricoprimento alluvionale, inglobante potenti strati sabbiosi e limi nerastri di caratteristiche meccaniche alquanto scadenti, ha creato le condizioni per un trasporto solido molto consistente, causa del forte interrimento dell'invaso attuale.

3.1.2.7 – Siti interessati a valle diga

I siti interessati a valle diga dai deflussi di scarico dal serbatoio comprendono sia l'alveo dell'asta fluviale, sia le zone immediatamente circostanti ove possono determinarsi allagamenti.

L'asta fluviale, dallo sbarramento esistente del Lago Leone al mare, ha uno sviluppo complessivo di circa 55 km.

Nel primo tratto montano, per circa 6 km dal Lago Leone al Ponte Sosio nelle vicinanze di Prizzi, la valle si sviluppa in direzione Nord-Ovest, profondamente incassata nelle formazioni calcaree con tracciato discretamente tortuoso.

Successivamente piega in direzione Ovest-Sud-Ovest attraversando la piana che si estende a settentrione di Palazzo Adriano.

Al termine di questa zona sorge il Lago di Gammata, della capacità complessiva di 2×10^6 m³, ottenuto mediante sbarramento del F. Sosio con diga di calcestruzzo a gravità.

Dopo il lago di Gammata il corso d'acqua piega decisamente verso Sud e attraversa, con

percorso di una decina di chilometri, l'ampia zona montuosa situata a oriente di Chiusa Sclafani; la valle è qui alquanto stretta e profondamente incassata nelle formazioni lapidee.

Dopo l'abitato di S. Carlo, sulla provinciale per Burgio e Ribera, il corso d'acqua, che assume la denominazione di F. Verdura, procede verso Sud fino a mare, attraversando una vallata molto ampia e ricca di depositi alluvionali.

La foce è situata nei pressi di Torre Verdura a pochi chilometri dall'abitato di Ribera.

Per il presente studio si è considerato solo il tratto più montano, della lunghezza di circa 15 km fino al lago Gammata, nel quale risulta compreso quello già considerato nello studio relativo all' "Onda di piena artificiale conseguente all'apertura degli organi di scarico".

Per tale tratto pertanto sono disponibili elementi topografico e fotografici per una buona caratterizzazione dell'alveo stesso sia geometrica, che idraulica.

La zona interessata è così identificabile:

- Bacino idrografico: Fiume Sosio-Verdura
- Cartografia I.G.M. (1/100 000): Foglio n°258 (Alcamo) e Foglio n°259 (Termini Imerese)
- Comuni interessati dall'asta fluviale a valle diga (nel tratto considerato):
 - Castronuovo di Sicilia
 - Prizzi
 - Palazzo Adriano

3.1.2.8 – Situazione attuale dell'impianto

Si può ritenere che allo stato attuale tutte le opere siano in buono stato di conservazione e con funzionamento accettabile.

In particolare per quanto riguarda le opere di scarico, d'interesse per il presente progetto, si può precisare quanto segue.

- Per quanto riguarda lo scarico di superficie, del tipo a soglia fissa, non vi sono da fare particolari osservazioni.
- Gli scarichi profondi, fondo e mezzofondo, sono stati interessati da sostanziali interventi di manutenzione straordinaria, con sostituzione delle apparecchiature d'intercettazione, e al momento attuale possono considerarsi perfettamente funzionanti, per quanto riguarda le opere in se stesse.

Tuttavia il funzionamento dello scarico di Fondo è da considerare attualmente del tutto impedito, in quanto il suo imbocco risulta completamente ostruito dal materiale d'interrimento del serbatoio, e proprio questa situazione costituisce la più importante emergenza del serbatoio.

4 - CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INVASO E RELATIVO INTERRIMENTO

4.1 – Acque d'invaso²

Va subito detto che la definizione dello stato di qualità delle acque dell'invaso va certamente aggiornata sia per la variazione di parametri essenziali, sia anche per le modifiche della metodologia di valutazione conseguenti alla normativa più recente, come definita dai decreti [7] e [8].

Tuttavia si ritiene opportuno premettere la valutazione con la metodologia già adottata nell'edizione precedente del 2006, allo scopo di evidenziarne le differenze, non relativa alla metodologia, ma solo ai parametri attuali.

Pertanto la definizione dello stato di "qualità" ambientale dell'invaso, qui di seguito riportata, è stata fatta sulla base dei criteri indicati dalla normativa [1] che fonda tale definizione sulle analisi chimiche delle acque interessate.

In particolare tale normativa fornisce due griglie di classificazione, rispettivamente per lo "stato ecologico" e per lo "stato ambientale" (tabelle 11 e 12 della legge citata), che vengono riportate nei seguenti prospetti.

Stato ecologico dei laghi (Tabella 11 della legge)

PARAMETRO	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
Trasparenza (m) (valore minimo annuo)	> 5	≤ 5	≤ 2	≤ 1,5	≤ 1
Ossigeno ipolimnico (% di saturazione) (valore minimo annuo misurato nel periodo di massima stratificazione)	> 80%	≤ 80%	≤ 60%	≤ 40%	≤ 20%
Clorofilla "a" (µg/L) (valore massimo annuo)	< 3	≤ 6	≤ 10	≤ 25	> 25
Fosforo totale (P µg/L) (valore massimo annuo)	< 10	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100

² Vedi nota 4

Stato ambientale dei laghi (Tabella 12 della legge)

Stato Ecologico =>	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
\leq Valore Soglia	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	PESSIMO
$>$ Valore Soglia	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO

Dalle analisi all'uopo eseguite e di cui si è già trattato al paragr. 3.3, è risultato quanto segue:

- macrodescrittori relativi alla classifica ecologica (Tabella 11)

Rilevamenti:	2006	Attuali
- trasparenza (m):	2.00	0.90
- ossigeno ipolimnico (%):	74	51
- clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$):	23	4.80
- fosforo totale P ($\mu\text{g/L}$):	< 50	<0.04

- inquinanti: sempre inferiore al valore di soglia.

In base ai valori relativi al 2006, lo Stato Ambientale dell'Invaso, avrebbe potuto essere attribuito alla Classe 3, ma la forte presenza della clorofilla "a" aveva comportato l'attribuzione alla Classe 4 e, dato poi che gli inquinanti erano risultati sempre sotto soglia, la classifica a stato ambientale: Scadente.

Attualmente, con i nuovi parametri rilevati, si può notare una certa dispersione per la classificazione dei quattro macrodescrittori in quanto il primo risulta 'Pessimo', il secondo 'Sufficiente', il terzo 'Buono' e il quarto 'Elevato'.

Tuttavia trascurando il primo (Trasparenza), di cui si dirà anche successivamente, si può classificare lo stato ambientale come mediamente: Buono.

Al riguardo va osservato che il miglioramento avvenuto dipende sostanzialmente dalla decisa diminuzione della Clorifilla (a) e Fosforo, mentre il parametro più scadente, la trasparenza, è condizionato dalla presenza di materiale inorganico in sospensione.

Al momento attuale, come già osservato, per la valutazione dello stato di qualità dell'acqua dell'invaso, va tenuto conto delle modifiche introdotte dai Decreti 260/2010 [7] e 172/2015 [8].

Al riguardo è interessante il recente "Report attività" redatto da ARPA- Palermo in data novembre 2018 [10], che riguarda il "Monitoraggio e valutazione dello stato ecologico e chimico delle acque degli invasi del Distretto Idrografico della Sicilia ai sensi del D.M.

260/2010”.

Anzitutto è significativo notare che in tale rapporto, al capitolo dedicato all’Invaso Piano del Leone, viene dichiarato che *“Nel ciclo di monitoraggio per la prima caratterizzazione finalizzato al Piano di Tutela (2005-2006) effettuata ai sensi del D.L. 152/990 (che è proprio l’ambito in cui è stato redatto il Progetto di Gestione del 2006), la qualità era risultata Scadente”*, come risultava anche dallo studio sopra riportato, relativo all’edizione 2006.

Il rapporto osserva inoltre che attualmente lo stato delle acque d’invaso è migliorato notevolmente per l’abbassamento della concentrazione del Fosforo e noi potremmo dire anche per la riduzione della concentrazione della Clorofilla (a), rispetto al valore rilevato nel 2006.

Comunque nel Report ARPA è riportata la valutazione dello stato di qualità, secondo la metodologia indicata dal già citato D.M. 260/2010, che si ritiene opportuno assumere integralmente nel presente Progetto, in quanto basata su un monitoraggio di dati ben più ampio di quanto a noi attualmente disponibile.

Tale valutazione è definita in uno stralcio del citato Report dell’ARPA riportato nella Tav. 9. qui allegata.

Dai risultati raggiunti si evince quanto segue:

Indice ICF	Indice LTLeco	Elementi Chimici (Tab.1/B)	Stato Ecologico	Stato chimico (Tab 1/A)
Buono	Buono	Buono	Buono	Non Buono

Nel rapporto è inoltre chiarito che anche lo stato chimico avrebbe potuto essere definito buono, secondo i limiti fissati dal D.M. 260/2010, ma non secondo il più recente D.L. 172/2015 che ha ridotto il valore limite relativo al Piombo e composti da 7.2 a 1.2 µg/l.

Inoltre viene osservato in particolare che *“I dati di scarsa trasparenza confermano quanto rilevato nel monitoraggio 2005-2006, in merito alla presenza di particolato sospeso non vivente, mentre il miglioramento dell’invaso sembra dovuto alla concentrazione di fosforo, il cui punteggio risulta pari a 5”*. Al riguardo si può constatare la corrispondenza con i dati delle più recenti indagini qui considerate.

4.2 – Materiale di sedimentazione³

4.2.1 – Caratteristiche volumetriche⁴

In base ai risultati ottenuti con i rilievi batimetrici e alle elaborazioni su di essi eseguite, come indicato ai precedenti paragr. 3.1 e 3.2, possono essere fornite le seguenti indicazioni:

- Volume del materiale sedimentato
nell'invaso (al momento attuale): 1.331.000 Mm³
- Volume del materiale sedimentato
mediamente in un anno (periodo di 85 anni): 15.660 m³·anno
- Volume specifico del materiale sedimentato
mediamente in un anno (bacino 25 km²): 626 m³/km²·anno
- Deflusso torbido specifico medio annuo: 551 t/km²·anno
- Torbidità media (su deflusso annuo presunto di 10 Mm³): 1.38 kg/m³

4.2.2 – Caratteristiche fisico-chimiche

Dalle analisi eseguite, è risultato quanto segue.

Caratteristiche fisiche

Il materiale dal punto di vista granulometrico è classificabile come: argilla con limo debolmente sabbio-ghiaioso.

Le percentuali dei rispettivi componenti sono risultate mediamente.

argilla	Limo	sabbia e ghiaia
52%	33%	15%

Il peso di volume allo stato naturale e il relativo contenuto naturale d'acqua sono risultati mediamente:

$$\gamma = 1.60 \text{ t/m}^3$$

$$w = 80 \%$$

³ Vedi nota 4

⁴ Queste caratteristiche ovviamente differiscono da quelle indicate in uno studio teorico che motivatamente è stato lasciato invariato rispetto all'edizione originaria del 2006.

Il peso secco e il peso specifico dei grani sono risultati mediamente:

$$\gamma_d = 0.88 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_s = 2.63 \text{ t/m}^3$$

Pertanto risulta:

- porosità:
$$n = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s} = 0.67$$

- indice dei vuoti:
$$e = \frac{n}{1 - n} = 2.03$$

Caratteristiche chimiche

In base ai risultati delle analisi chimiche è stato possibile eseguire una significativa caratterizzazione pedoagronomica.

È risultato che il materiale di sedimentazione è dotato di un discreto potenziale agronomico e può trovare impiego sia per ammendamento di terreni agrari particolarmente deficitari o anche direttamente per colture di tipo seminativo, arboreo o boschivo.

Inquinanti

Le analisi sugli inquinanti hanno poi indicato che il materiale di sedimentazione può essere considerato privo di elementi inquinanti, in misura significativa per l'uso agricolo previsto nel presente progetto.

Possibilità d'impiego

Date le caratteristiche pedoagronomiche riscontrate e l'assenza pratica di inquinanti, le possibilità di reimpiego del materiale d'interrimento dell'invaso riguardano principalmente i seguenti settori:

- ammendamento di terreni agricoli, per migliorare o equilibrare le caratteristiche pedoagronomiche dei terreni stessi;
- riqualificazione ambientale di zone morfologicamente dissestate o comunque alterate rispetto alla conformazione naturale dei terreni limitrofi, per una definitiva sistemazione a verde.

4.3 – Informazioni complementari

In base alle caratteristiche del materiale sedimentario, come sopra precisate, possono essere dedotte ulteriori informazioni, specificamente richieste dalla normativa vigente [2].

Provenienza del materiale solido di sedimentazione

Il materiale d'interrimento di un lago è normalmente prodotto dal dilavamento superficiale delle particelle più fini dei terreni del bacino imbrifero sotteso dal lago stesso.

Generalmente il materiale sedimentario risulta di caratteristiche fisiche e pedoagronomiche anche notevolmente diverse dal materiale d'origine, in quanto varia la composizione granulometrica e ancora più sostanzialmente il suo profilo stratigrafico, nel senso che da suoli poco evoluti, costituiti sostanzialmente dal substrato pedogenetico con scarso ricoprimento terroso, possono derivare orizzonti sedimentari di notevole spessore.

Esso tuttavia mantiene in genere le caratteristiche chimiche del materiale d'origine, in quanto non vi è sostanziale variazione degli elementi costitutivi, ma eventualmente solo arricchimento o impoverimento di alcuni elementi.

La provenienza e le caratteristiche generali del sedimento sono quindi in generale ben note, ma le analisi eseguite sui sedimenti possono evidenziare l'eventuale presenza di fattori particolari, sia fisici, come dissesti o frane, sia chimici, come apporto di inquinanti, che possono alterare sia l'entità sia le caratteristiche del sedimento stesso.

Per individuare questi fattori di disturbo nel normale processo di dilavamento del suolo, si è anzitutto analizzata la situazione generale del bacino sotteso.

Esso è interessato prevalentemente dalle formazioni delle argille scagliose del Miocene, che localmente, ma in misura alquanto diffusa, risultano ricoperte da alternanze più o meno spesse di arenaree silicee, che assicurano in genere una buona stabilità delle sponde.

Le culminazioni del bacino, costituenti la linea di contorno, sono formate da calcari di età triassica e anche giurassica, che si elevano bruscamente al di sopra della formazione argillosa-arenacea, formando versanti di notevole acclività.

Dal punto di vista pedologico tutto il territorio presenta una notevole omogeneità, con terreni classificati nell'associazione "Suoli bruni- Rendzina – Litosuoli".

Ove la morfologia è accidentata, lungo la displuviale, prevale la formazione dei litosuoli. Tuttavia ove la morfologia tende ad addolcirsi predomina la formazione Rendzina, con

orizzonte superiore di spessore anche consistente (circa 50 cm) ricca di carbonati e a reazione sub-alcalina. Nelle zone pianeggianti di fondo valle, predominano i suoli bruni, che tendono ad assumere carattere di vertisuoli, a reazione sub-alcalina (si veda "Carta dei Suoli della Sicilia" – G.P. Ballatore e G. Fiorotti – 1968).

Per quanto riguarda la vegetazione si può precisare che la maggior parte del territorio, a ridotta pendenza, è di tipo seminativo o a pascolo, mentre la zona perimetrale più acclive è interessata da bosco di conifere.

Tenuto conto delle proprietà generali del bacino sotteso, si può ritenere che le caratteristiche del sedimento, come evidenziate dalle analisi eseguite, portano ad escludere fattori anomali circa la provenienza del sedimento stesso.

Tali caratteristiche infatti denotano nel complesso: un trasporto solido di entità non eccessiva e una notevole omogeneità delle proprietà fisiche e chimiche, tutti aspetti in concordanza con le proprietà dei terreni del bacino imbrifero.

Si può quindi concludere che il materiale d'interrimento del serbatoio proviene direttamente dal bacino di monte, in assenza di fattori anomali che possono influire su processo del normale dilavamento.

Erodibilità del bacino imbrifero

In base all'estensione del bacino imbrifero e alla quantità del volume annuo d'interrimento il volume d'interrimento specifico è risultato pari a $530 \text{ m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$; pertanto si può valutare l'erodibilità media del bacino in circa 0.30 mm, considerando un rapporto di trasformazione fra terreno in posto e terreno sedimentato pari a 1.60, per il diverso addensamento del terreno stesso nelle due diverse situazioni ⁵⁾.

Al riguardo è stato previsto, nel presente Aggiornamento del Piano di Gestione, in forma di fattibilità, un intervento di rimboschimento in vari tratti posti a monte dell'invaso in questione.

Stabilità delle Sponde dell'Invaso in concomitanza di Operazioni di Presvaso

Con riferimento a quanto manifestato nella Nota dell'UTD di Palermo prot. 6776 del 29/03/2021, in merito al presente argomento si segnala che nel corso degli anni di gestione

⁵ Peso secco dell'unità di volume pari a: 0.92 t/m^3 , per il materiale sedimentario dell'invaso, e pari a 1.50 t/m^3 per il terreno naturale in sito. Si ha infatti $\gamma_s = \gamma / (1 + w)$, con $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ (valore medio presumibile) e $w = 0.20$.

del presente Invaso, non sono stati mai osservati, durante rapidi incrementi e/o decrementi della quota di invaso, fenomeni che abbiano potuto fare ipotizzare problematiche di stabilità delle sponde.

Ciò nemmeno, ad esempio, nel violentissimo evento del Novembre 2018, dove la variazione della quota di Invaso, nell'arco di poche ore, è stata di vari metri.

Influenza di attività antropiche

La riscontrata assenza di inquinanti in misura anomala, fa escludere qualsiasi attività antropica che determini inquinamento. Resta evidentemente l'attività agraria, che specialmente con l'aratura concorre a favorire l'erosione del territorio.

Mancano comunque tracce apprezzabili di pesticidi.

Elenco comuni rivieraschi

I comuni rivieraschi interessati, disposti a valle dello sbarramento e compresi nella tratta dell'asta fluviale considerata nel presente studio e pari circa a 11 km, nonché quelli confinanti con l'invaso risultano dal seguente elenco:

- Comune di Castronuovo di Sicilia.
- Prizzi
- Palazzo Adriano.

4.4 – Campagna di Indagini per la Caratterizzazione dei Sedimenti da mobilitare

Al fine di acquisire tutti gli elementi conoscitivi richiesti per l'Aggiornamento del Progetto, a cura del Concessionario sono state eseguite Nuove Indagini che comprendono: rilevamenti batimetrici del serbatoio, analisi chimiche per ricerca inquinanti sia sul materiale d'interrimento che sulle acque d'invaso, analisi e prove geotecniche per accertare non solo le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali d'interrimento, ma anche dei terreni in posto lungo la sponda sinistra del serbatoio stesso, in quanto interessati per una nuova zona di deposito del materiale di eventualmente dragato dal serbatoio, secondo una soluzione alternativa a quella già prevista nel progetto del 2006.

Per quanto riguarda in particolare la ricerca degli inquinanti si è ritenuto opportuno riportare anche qui l'ubicazione del prelievo dei relativi campioni, rispettivamente nella Tav. 8/a e

nella Tav. 8/b. anche se già riportate nell'elaborato di riferimento A2/b.

Tutte queste nuove indagini sono specificamente documentate nell'elaborato A2/b, allegato al presente progetto, ove si è ritenuto opportuno allegare anche uno specifico Rapporto Geotecnico (b3.2) per un adeguato esame di tutti gli accertamenti di carattere geotecnico.

Si precisa inoltre che anche la documentazione delle Precedenti Indagini, relative al progetto 2006, è stata conservata come utile riferimento e risulta raccolta nell'elaborato di progetto A2/a, ove sono riportate anche le relative modalità esecutive.

Qui di seguito s'intende commentare tutte le indagini, precedenti e nuove, ma riportando solo le conclusioni, rimandando per ogni dettaglio alla Documentazione sopra indicata. In questo modo si è anche cercato di presentare un significativo confronto fra la nuova situazione e quella pregressa.

4.5 – Consistenza dell'Interrimento

4.5.1 – Indagini di riferimento

Per lo studio completo del processo d'interrimento, non solo per quanto riguarda la sua entità attuale, ma anche per evidenziarne il progressivo andamento nel tempo, si è fatto riferimento a tutto il materiale batimetrico disponibile, che comprende il Rilievo Batimetrico 2006, già utilizzato nel Progetto originario, il nuovo Rilievo Batimetrico 2016, realizzato più recentemente con finalità di aggiornamento del precedente, e quello che convenzionalmente è stato definito Rilievo Batimetrico 2018.

Al riguardo si precisa che le relative modalità esecutive sono dettagliate, per quanto riguarda il Rilievo 2006, nel Rapporto riportato nell'Elaborato A2/a al punto (a1), e, per quanto riguarda il Rilievo 2016, nel Rapporto riportato Nell'Elaborato A2/b al punto (b1).

Per quanto riguarda il terzo Rilievo 2018, va invece precisato che quest'ultimo non è costituito da un rilievo esteso a tutto il serbatoio, ma da una serie di scandagli eseguiti nelle immediate adiacenze dell'opera di presa dello scarico di fondo, che il Concessionario ha ritenuto necessario eseguire per accertare la reale situazione dell'interrimento, nella zona più significativa per il funzionamento della scarico stesso, successivamente all'evento alluvionale verificatosi nel novembre 2018, cioè successivamente all'ultimo rilievo batimetrico. Tale evento infatti aveva evidenziato una considerevole violenza e di

conseguenza fatto temere un consistente trasporto solido, come peraltro è risultato confermato.

Sulla base di questo materiale sono stati ricavati tre modelli tridimensionali del deposito sedimentario d'interrimento, rappresentati a curve di livello nelle rispettive planimetrie dei disegni B3/a; B3/b e B3/c in scala 1/2000.

Per quanto riguarda in particolare il terzo rilievo (di cui al disegno B3/c), si può precisare che esso è stato ricostruito sulla base del precedente rilievo 2016, tenendo conto dei maggiori livelli accertati nella zona dell'imbocco dello scarico di fondo e raccordando il piano del sedimento alle sponde con un piano leggermente acclive verso monte. In tal modo si è scartata cautelativamente la possibilità di un deposito sedimentario concentrato nella sola zona di rilevamento.

4.5.2 – Risultati ottenuti

Sulla base di tali planimetrie sono state eseguite numerose sezioni longitudinale e trasversali all'area dell'invaso, sulle quali è stato riportato sia l'andamento del tetto del deposito sedimentario, sia quello presumibile del fondo valle, come già ricostruito nel progetto originario del 2006 (cfr. Elaborato A2/a-Inserito a1-punto 2).

Per quanto riguarda il tetto del deposito sedimentario si sono considerate tutte tre le situazioni corrispondenti ai rilievi batimetrici, come precedentemente definiti, così da consentire una immediata visione del progressivo innalzamento nel tempo.

Le sezioni sono riportate nei disegni B4.1÷B4.5.

Una rappresentazione schematica della planimetria dell'invaso, e delle sezioni longitudinali e trasversali, è riportata nelle Tavv. 7.1, 7.2, 7.3 allegate. Al riguardo si precisa che nella planimetria è stata rappresentata solo la situazione più recente (convenzionalmente indicato come Rilievo 2018), mentre nelle sezioni sono stati riportati i livelli corrispondenti a tutti tre i rilievi, come già fatto per i citati disegni B4.

Si può constatare che al momento del primo rilevamento il materiale d'interrimento risultava disposto su tutta l'area d'invaso in modo alquanto omogeneo, formando nella tratta iniziale un ripiano solo leggermente inclinato sull'orizzontale, con quota 816.00 m s.m. circa, in corrispondenza della diga, mentre più a monte la pendenza risultava più accentuata, fino a quota 823.00 m s.m. circa in coda all'invaso.

Nei rilievi successivi il materiale d'interrimento risulta più concentrato nella sola parte iniziale, più aderente alla diga, con tetto quasi orizzontale a quota 819.00.

Pertanto in corrispondenza dell'opera d'imbocco dello scarico di Fondo, che ha soglia alla quota 808.30 m s.m., l'ammasso sedimentario si eleva di circa 11.00 m sopra la soglia stessa, mentre in corrispondenza dell'imbocco della scarico di Mezzofondo, con soglia a quota 813.09 m s.m., supera la soglia di circa 6.00 m. Ciò nonostante lo scarico risulta ancora funzionante, come accertato nell'ultima Visita di Vigilanza [12], evidentemente per la presenza di un modesto varco nel deposito sedimentario, non evidenziato dagli ultimi rilevamenti batimetrici.

In tutta la zona circostante tale opera d'imbocco, il rilievo batimetrico iniziale del 2006, a maglia adeguatamente infittita, aveva consentito di individuare un cono di depressione che si era formato nell'ammasso sedimentario e che aveva consentito fino a quel momento un discreto funzionamento dello scarico di fondo, anche se talvolta a carattere parziale per l'ostruzione delle luci d'afflusso. Tale cono di depressione, come rilevabile dalla relativa planimetria batimetrica e dalle relative sezioni, risultava avere un diametro di circa 2.00 m al fondo, e di circa 12 m alla quota 815.00.

Ora un tale cono non è più individuabile e i più recenti rilievi batimetrici segnalano, nella zona dell'imbocco dello scarico di fondo, solo una modesta depressione, senza alcuna continuità in profondità. Ciò indica chiaramente l'ostruzione totale del suddetto imbocco, come peraltro confermato dalle più recenti prove di scarico, che hanno dato esito del tutto negativo (cfr. Verbale Visita di Vigilanza [12]).

Per quanto riguarda la valutazione dell'entità del deposito sedimentario si precisa che si è adottato il procedimento basato sulle sezioni orizzontali dell'invaso, come già fatto nella fase iniziale del Progetto 2006. Con tale procedimento è stata determinata, per sezioni orizzontali dell'invaso dedotte dai vari rilievi batimetrici, la curva dei volumi d'invaso nella situazione corrispondente al rilievo batimetrico considerato.

Poi, per confronto con la curva degli invasi corrispondente alle situazioni precedenti, è stata valutata l'entità dell'interrimento, sempre in funzione della quota d'invaso, corrispondente al periodo intercorrente alle due situazioni considerate.

Al riguardo si fa presente che le aree delle sezioni orizzontali sono state valutate per le varie situazioni considerate in forma automatica direttamente sulla base del disegno digitalizzato del relativo rilievo batimetrico; per la situazione antecedente all'invaso (cioè per le aree

relative al terreno naturale) già nella fase iniziale del Progetto 2006, si è invece fatto riferimento ai dati riportati nello disegno della curva degli invasi del progetto originario del serbatoio, riportata nel Foglio di Condizioni attualmente vigente.

Il calcolo è riportato nella tabella della Tav. 7.4/a, per quanto riguarda la fase iniziale del Progetto 2006, e nella tabella della Tav. 7.4/b, per quanto riguarda la fase attuale di aggiornamento. I risultati ottenuti sono diagrammati nel grafico di Tav. 7.5/a, mentre nella Tav. 7.5/b è riportato il diagramma Aree e Volumi d'Invaso del serbatoio, come risulta modificato dall'interrimento attualmente accertato.

Si può constatare che l'interrimento massimo, in c.t., assomma a 1.331.000 m³, di cui 980.000 sedimentati dall'inizio del funzionamento del serbatoio (1935) fino al rilievo batimetrico del 2006 (71 anni), 300.000 sedimentati nel periodo dal rilievo batimetrico del 2006 a quello del 2016 (10 anni), 51.000 nel periodo successivo fino al 2018.

Il deposito sedimentario al tempo del rilievo 2006 raggiungeva il livello 816.00 m s.m. a filo diga e si prolungava a monte fino a quota 824.00 m s.m., risultando assente solo a quote superiori. Attualmente l'ulteriore deposito sedimentario raggiunge il livello 819.00 a filo diga, con incremento di ben 3.00 m, ma si estende a monte molto meno, arrestandosi contro il deposito precedente circa a quota 820.00 m s.m.⁶.

Comunque il volume attuale d'interrimento lordo (compreso il volume 'morto'), viene qui assunto, in cifra arrotondata, pari a: 1.331.000 m³.

Con il Piano Operativo N1, del volume di sedimento sopra riportato, sarà asportato un primo volume di sedimento necessario per il ripristino della funzionalità degli scarichi, che risulta all'incirca pari 24.770 m³.

4.6 - Caratteristiche fisico chimiche dei sedimenti⁷

In ottemperanza alle “Linee d'indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi”- D.S.G. 01/2021, questo specifico

⁶ Questa disposizione può sembrare anomala, ma in parte potrebbe esserlo solo apparentemente i quando dipendente da una non corretta simulazione del fondo alveo. Infatti, come precisato precedentemente, data la mancanza di un rilievo della valle allo stato naturale il calcolo dei volumi dell'interrimento è stato fatto con riferimento alle aree denunciate nel diagramma degli invasi del Progetto originario del serbatoio. Tale riferimento è da considerare pienamente corretto per quanto riguarda l'estensione delle aree considerate, ma non la loro forma, che a parità d'estensione potrebbe essere più lunga, in senso longitudinale, e stretta, in senso trasversale alla valle, oppure più corta e larga. Pertanto l'andamento longitudinale del fondo valle è da considerare solo convenzionale, ma ciò non inficia per nulla la correttezza del calcolo dei volumi d'interrimento.

⁷ vedi nota 4

argomento è trattato nello specifico elaborato A1/b2 cui si rimanda per gli opportuni approfondimenti. Le caratteristiche fisiche e chimiche del materiale sedimentato nel serbatoio, come risultanti da tutti gli accertamenti eseguiti, sia nella prima fase che nella nuova di aggiornamento, e riportati nella rispettiva Documentazione raccolta negli elaborati del presente progetto A2/a e A2/b, possono essere riassunti schematicamente come nei sottostanti prospetti.

- Composizione granulometrica

Valori Medi	Componenti granulometrici in %			
	argilla	Limo	sabbia	ghiaia
Indagini Precedenti	53	38	7	2
Nuove Indagini	51	29	10	10
Media(arrotondata)	52	33	9	6

- Parametri fisici

Valori Medi Campioni esaminati	Contenuto d'acqua naturale (W %)	Peso di volume allo stato naturale γ (kN/m ³)	Peso specifico dei grani γ_s (kN/m ³)	Peso secco γ_d (kN/m ³)	Porosità n %	Saturazione %
Indagini Precedenti	71	15.70	26.10	/	/	/
Nuove Indagini	88	16.41	26.51	8.77	66.94	100
Media(arrotondata)	80	16.00	26.30	8.80	67	100

- Parametri relativi agli inquinanti

Sostanze	Unità di misura	Valori massimi determinati		Valori limiti accettabili (*)
		Indagini Precedenti	Nuove Indagini	
Antimonio	mg/kg	< 3	/	10
Arsenico	mg/kg	< 5	4.38	20
Berillio	mg/kg	< 2	/	2
Cadmio	mg/kg	< 1	1.72	2
Cianuri Liberi	mg/kg	< 0.2	/	1
Cobalto	mg/kg	10	13.82	20
Cromo esavalente	mg/kg	<2	<0.01	2
Cromo totale	mg/kg	42	75.88	150
Fluoruri	mg/kg	6.0	/	100
Mercurio	mg/kg	< 0.3	<0.01	1
Nichel	mg/kg	34	45.56	120
Piombo	mg/kg	13	67.05	100

Rame	mg/kg	31	52.05	120
Selenio	mg/kg	< 5	/	3
Stagno	mg/kg	< 5	/	1
Tallio	mg/kg	< 2	/	1
Vanadio	mg/kg	41	/	90
Zinco	mg/kg	80	138	150
a-esacloroesano	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Alactor	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Aldrin	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Atrazina	mg/kg	< 0.001	/	0.01
b-esacloroesano	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Clordano	mg/kg	< 0.001	/	0.01
DDD.DDT.DDE	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Dieldrin	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Endrin	mg/kg	< 0.001	/	0.01
g-esacloroesano (lindano)	mg/kg	< 0.001	/	0.01
Idrocarburi pesanti >12	mg/kg	< 50	25	50
PCB	mg/kg	< 0.005	/	0.001

- Parametri per classifica pedoagronomica

Parametri	Unità di misura	Campioni		Media
		LSC1.1	LSC1.2	
pH				
pH (in kC3)		7.71	7.94	7.83
pH (metodo VII.3)		7.65	7.61	7.63
Calcare				
totale	%	37	42	39.50
attivo	%	16	17	16.50

Cationi scambiabili				
Ca	meq/100	63	57	60
Mg	meq/100	8.7	16	12.35
K	meq/100	6.4	5.6	6.0
Na	meq/100	3.6	7.9	5.75
Capacità Scambio Cationico C.S.C.	meq/100	16	8	12
Grado Saturaz. (GSB)	%	52	> 85	68.50
Sostanza Organica				
S.O.	%	2.16	2.58	2.37
Carbonio	%	1.25	1.50	1.38
rapporto C/N		8.75	8.22	8.49
Macroelementi				
N	g/kg	1.40	1.80	1.60
PO (fosforo assimilabile)	mg/kg	20	20	20
Microelementi				
Fe	mg/kg	0.60	3.45	2.03
Conducibilità elettrica	µs/cm	286	262	274
Cloruri (Na Cl)	g/kg	0.13	0.12	0.125

La caratterizzazione del materiale di sedimentazione, in base ai risultati ottenuti e sopra riportati, può essere definita come segue.

• Caratteristiche fisiche

Il materiale nel suo complesso può essere definito come:

argilla con limo debolmente sabbioso.

Esso è caratterizzato mediamente da:

- peso di volume allo stato naturale:	$\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$
- peso di volume allo stato secco:	$\gamma_d = 8.80 \text{ kN/m}^3$
- peso specifico dei grani:	$\gamma_s = 26.30 \text{ kN/m}^3$
- contenuto d'acqua allo stato naturale:	$W_n = 80 \%$
- saturazione	$S = 100 \%$

- Tossicità

I valori massimi determinati per gli elementi inquinanti, anche se i valori dati dalle nuove indagini risultano talvolta maggiori di quelli riscontrati precedentemente rientrano comunque nei limiti dei valori ammissibili per l'utilizzo agricolo (verde pubblico) e offrono quindi un quadro complessivo pienamente rassicurante, così da poter considerare il materiale sedimentario come privo d'inquinanti in misura significativa per l'uso previsto. I pochi valori mancanti, per l'impossibilità di affinare ulteriormente le analisi, potranno essere riconfermati in fase successiva, come già previsto nel piano di monitoraggio.

- Potenzialità agronomica

Con riferimento a quanto precedentemente determinato e in particolare ai risultati raccolti nel prospetto relativo alla classifica pedoagronomica, già nella fase precedente del 2006 era stato eseguito uno specifico esame per la valutazione della potenzialità agronomica del materiale in esame. Data l'assenza di variazioni al riguardo, tale studio viene ripreso in questa fase senza alcun aggiornamento.

Tale valutazione, che è riportata nell'Elaborato A2/a (inserto a4), ha portato a concludere che il materiale sedimentario, accumulato nell'invaso, possieda una discreta potenzialità

agronomica e quindi può essere considerato pienamente utilizzabile per scopi agricoli o per impianti a verde. Esso inoltre è da considerare privo di sostanze inquinanti per gli usi previsti.

4.7 – Caratteristiche delle acque dell'invaso⁸

Anche in questo caso, in ottemperanza alle “Linee d’indirizzo per la predisposizione, l’approvazione e l’attuazione dei progetti di gestione degli invasi”- D.S.G. 01/2021, questo specifico argomento è trattato nello specifico elaborato A1/b3 cui si rimanda.

Le caratteristiche chimiche delle acque dell’invaso, come risultanti da tutti gli accertamenti eseguiti, sia nella prima fase che nella nuova di aggiornamento, e riportati nella rispettiva Documentazione raccolta negli elaborati del presente progetto A2/a e A2/b, possono essere riassunti schematicamente come nei sottostanti prospetti.

Parametri	Unità di misura	Media Valori misurati		Valori considerati attuali
		Indagini Precedenti	Nuove Indagini	
temperatura (++)	C°	4	12.90	12.90
pH		7.9	8.42	8.42
clorofilla "a"	µg/L	23	4.80	4.8
trasparenza (+) (+++)	m	2.00	0.90	0.90
ossigeno ipolimnico (% di saturazione) (+)	%	74	51	51
fosforo totale (P) (+)	µg/L	< 50	<0.04	< 0.04
(+) parametri macrodescrittori utilizzati per la classificazione Tab. 10-All.1- DL [1] (++) misurata in sito all’atto del prelievo (+++) valutata in sito in superficie				

- Parametri relativi agli inquinanti

Sostanze	Unità di misura	Valori massimi determinati		Valori limite accettabili (+)
		Indagini Precedenti	Nuove Indagini	
<i>Inorganici</i>				
Cadmio	mg/L	< 0.0005	<0.002	≤ 0.02
Cromo Totale	mg/L	< 0.001	0.01	≤ 0.2
Mercurio	mg/L	< 0.0004	<0.0005	≤ 0.005
Nichel	mg/L	0.003	0.01	≤ 2

⁸ Si fa presente che, in ottemperanza alle indicazioni delle “Linee d’indirizzo per la predisposizione, l’approvazione e l’attuazione dei progetti di gestione degli invasi”- D.S.G. 01/2021, sono stati redatti, e allegati al presente progetto, gli specifici elaborati A1/b2 e A1/b4, che intendono riunire tutto quanto già esposto, ma in modo non unitario, riguardo rispettivamente alla ‘caratterizzazione dei sedimenti dell’invaso’ e alla ‘caratterizzazione delle acque invase’ sia nei vari capitoli della Relazione Tecnica, sia nella Documentazione delle Indagini.

Piombo	mg/L	< 0.005	<0.01	≤ 0.2
Rame	mg/L	< 0.005	<0.03	≤ 0.1
Zinco	mg/L	< 0.073	<0.03	≤ 0.5
<i>Organici</i>				
Aldrin	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 10 (++)
Dieldrin	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 10 (++)
Endrin	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 2 (++)
Isodrin	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 2 (++)
DDT	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 0.10 (++)
Esaclorobenzene	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 0.01 (+++)
Esaclorocicloesano	µg/L	< 0.01	<0.001	≤ 0.01 (+++)
(+) DL 152/2006 Parte IV All. 2 Tab,1/A [4] (++) Limiti relativi alle acque di scarico in corsi d'acqua superficiali-Tab. 3 – All.1 -I D.L. [1] (+++) Limiti relativi alle acque sotterranee – Tabella 3 – Allegato 1 del D.L. [3] NB: Inquinanti relative Nuove Indagini dedotti da Indagini Integrative-Prospetto 4 –Elaborato A2-b2				

4.8 – Torbidità delle acque di scarico

Va premesso che questo ampio studio, a carattere teorico, già proposto nella prima edizione del 2006, sottolineava più volte la necessità di riferimenti sperimentali rilevati direttamente dal previsto monitoraggio del piano di spurgo, specificamente proposto nel progetto di Gestione. Al momento attuale, non essendo stato possibile fino ad ora avviare l'esecuzione di tale piano, manca qualsiasi elemento per un corretto aggiornamento, e quindi si ritiene necessario riportarlo invariato nella presente edizione.

Tuttavia va evidenziato il fatto che un parametro di grande importanza, che è quello relativo al trasporto solido afferente annualmente al serbatoio, può avere un riscontro indiretto dalla valutazione generale dell'incremento dell'interrimento risultante dagli ultimi rilevamenti batimetrici. Al riguardo va precisato che l'incremento dell'interrimento nel decennio 2006÷2016, che è risultato pari a 300.000 m³, indicherebbe un apporto annuo di 30.000 m³ in netto contrasto con il valore valutato teoricamente nel presente studio, che indicava un valore annuo di 13.240 m³. Tuttavia si ritiene che una corretta valutazione aggiornata possa essere concretamente valutata solo alla luce del valore della torbidità accertato dalle prove sperimentali, di cui al programma di spurgo qui previsto.

Pertanto si ritiene opportuno rimandare qualsiasi modifica di aggiornamento a quando saranno disponibili concreti dati sperimentali, e riportare in questo progetto aggiornato lo studio in questione senza alcuna variante, con la finalità di mantenere una base teorica di riferimento.

Premesso quanto sopra si riporta qui di seguito il testo integrale, come già proposto nel 2006. La normativa di riferimento [2] richiede la valutazione delle caratteristiche qualitative e quantitative del materiale solido in sospensione nei deflussi relativi a due distinte situazioni e precisamente:

- deflussi di morbida che si avrebbero a valle in assenza del serbatoio;
- deflussi di scarico dal serbatoio.

Al riguardo si ritiene opportuno fare subito alcune precisazioni.

- Nel caso in esame, l'area dell'invaso non presenta particolari situazioni che possano indurre variazioni apprezzabili fra i deflussi in arrivo al serbatoio e quelli che si avrebbero a valle "in assenza del serbatoio"; pertanto i deflussi da considerare possono essere equiparati a quelli naturali anche attualmente (con presenza del serbatoio) afferenti al serbatoio stesso.
- Per i deflussi di scarico dal serbatoio, si ritiene opportuno considerare specificamente quelli rilasciati mediante lo scarico di fondo, in quanto quelli sfiorati dagli scarichi di superficie in caso di piena, non hanno alcun interesse per il controllo dell'interrimento, che è la finalità del presente studio.
- La qualità del materiale in sospensione, in ambedue le situazioni sopra indicate, dovrebbe essere accertata con specifica campionatura delle acque affluenti e defluenti al e dall'invaso, così da evidenziare eventuali variazioni rispetto al sedimento accumulato nell'invaso stesso. Ciò potrà essere fatto in fase di monitoraggio di tutte le operazioni programmate nel piano di gestione del serbatoio. In linea generale tuttavia non vi sono motivi che impediscano l'assimilazione del materiale in sospensione a quello sedimentato nel serbatoio e di cui si è già trattato ampiamente in precedenza.
- Per quanto riguarda la quantità del materiale solido in sospensione si può parlare di "torbidità", in accordo con il Servizio Idrografico Nazionale (ora Regionale), data in kg/m^3 .
- Al riguardo occorre considerare che tale parametro risulta estremamente variabile in quanto dipendente non solo dalla portata di deflusso, ma anche dalle condizioni che determinano tale deflusso, sia per gli eventi naturali (situazione meteorologica e pluviometrica più o meno concentrate), sia per quelli conseguenti a manovre

volontarie degli scarichi.

Si ritiene quindi opportuno fare riferimento a due distinti parametri:

- torbidità specifica T (kg/m^3) in corrispondenza a una data portata;
- torbidità media T_o ($\text{t/km}^2 \times \text{anno}$) relativa al trasporto solido complessivo in un anno, relativo a un km^2 di bacino sotteso.

Del primo parametro si può parlare sia per i deflussi naturali, che di quelli artificiali per manovra scarichi; del secondo parametro invece si può ovviamente parlare solo per i deflussi naturali, che si caricano di materiale in sospensione durante la fase di ruscellamento che interessa tutta l'area del bacino tributario.

- Infine va osservato che l'entità del trasporto solido, specialmente per quanto riguarda i deflussi di scarico del serbatoio, può essere precisato con piena attendibilità solo con misure dirette, notevolmente prolungate nel tempo e con portate variabili, data la forte dipendenza sia dall'entità della portata stessa, sia dalla situazione morfologica del deposito sedimentario nelle vicinanze dello scarico e anche delle caratteristiche dello stesso sedimento in relazione a compattezza e capacità coesiva.

Di tutto quanto sopra si è tenuto debito conto nella definizione del piano di monitoraggio, nel quale la prima fase è mirata proprio alle prove da effettuare in via preliminare per la più precisa determinazione dei parametri, di cui qui si tratta. Tuttavia, per consentire la stessa programmazione di tali prove, è necessario fissare fin d'ora dei parametri di riferimento, anche se andranno poi confermati ulteriormente ed eventualmente affinati.

In questa fase quindi si è considerato indispensabile fare riferimento a dati indiretti, dedotti da misure effettuate su altri impianti.

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti pubblicazioni.

- Annali del Servizio Idrografico di Palermo ove sono pubblicati i dati torbiometrici misurati sui corsi d'acqua Siciliani nel periodo 1961-76, nel quale sono state effettuate la maggior parte delle misure, come riportate nei prospetti delle Tavv. 10.1 e 10.5.
- Monografie di specifiche sperimentazioni e studi, come riportato nella bibliografia di riferimento.

4.9 – Deflussi naturali

Per quanto riguarda la torbidità specifica si è fatto riferimento ai dati delle stazioni

torbiometriche riportate nelle Tavv. 10.1÷10.4.

Al riguardo si precisa che nella Tav. 10.1 sono riportati tutti i valori torbiometrici, come riportati negli Annali Idrologici, nella Tav. 10.2 sono riportati i dati relativi alla torbidità specifica e alla portata idrica corrispondente, nella Tav. 10.3 sono diagrammati i valori di torbidità in funzione della portata idrica corrispondente, con la relativa retta di regressione, mentre nella Tav. 9.4 è riportato l'istogramma di frequenza della stessa torbidità.

Dall'insieme di tutti i dati di riferimento si può osservare quanto segue.

- Il valore della torbidità specifica risulta notevolmente variabile, sia nell'ambito di una stessa stazione, in funzione della corrispondente portata di deflusso, sia nelle diverse stazioni che presentano valori medi, nel periodo di osservazione, variabili nell'intervallo 3÷90 kg/m³, e media complessiva pari a 25 kg/m³.
- La correlazione fra torbidità specifica e la corrispondente portata di deflusso, considerata per le singole stazioni, risulta molto labile per il limitato numero di osservazioni.

Dato l'andamento quasi stocastico constatato nelle singole stazioni, si è ritenuto corretto considerare l'insieme di tutti i dati osservati nelle varie stazioni che assommano a n° 69 dati.

La correlazione su tale insieme è risultata più significativa, come appare dalla Tav. 10.3, e ben individuata da un'equazione di tipo esponenziale, pari a:

$$T = 3.1508 \cdot Q^{0.3769}$$

Pertanto, con lieve approssimazione, l'espressione della torbidità specifica in funzione della portata di deflusso viene assunta pari a:

$$T_s = 3.15 \cdot Q^{0.38} \quad (1)$$

- Va osservato che tale espressione è di tipo analogo a quelle recentemente individuate su altri corsi d'acqua italiani sulla base di più estese serie di osservazioni.

Al riguardo si può citare, a puro titolo di esempio, il caso del F. Reno (Emilia – Romagna), particolarmente significativo per l'analoga tipologia del materiale in sospensione (limo-argilloso), ove è in corso un ampio monitoraggio finalizzato all'individuazione delle caratteristiche, quantitative e qualitative, del trasporto solido naturale (4).

- Si può infine osservare dall'istogramma riportato nella Tav. 10.4, che i valori più

frequenti della torbidità specifica risultano compresi nell'intervallo $0 \div 15 \text{ kg/m}^3$ (60% dei casi) con valore medio pari circa a $5 \div 6 \text{ kg/m}^3$ (se si tralasciano i valori di entità trascurabile).

Si può quindi ritenere che la torbidità relativa ai deflussi più normali e ricorrenti possa essere fissata in 5 kg/m^3 .

Tale parametro ha scarso valore per quanto riguarda l'interrimento verificatosi nel serbatoio, che dipende in misura sostanziale dagli eventi di piena, ma servirà di riferimento per le valutazioni successive.

Per quanto riguarda la torbidità media si è invece fatto diretto riferimento ai dati accertati dal materiale sedimentato nel serbatoio (come già precisati ai paragrafi 3.1 e 3.2) e al deflusso annuo medio afferente al serbatoio stesso, che può essere stimato pari a $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, sulla base della precipitazione media della zona (900 mm) e di un coefficiente di deflusso 0.50..

In base ai dati di riferimento, si ha quanto segue:

- superficie del bacino sotteso	$S = 25 \text{ (km}^2\text{)}$
- periodo di vita dell'invaso	$P = 74 \text{ (anni)}$
- afflusso medio annuo	$D = 10 \text{ (Mm}^3\text{)}$
- volume interrimento constatato	$V = 980.000 \text{ (m}^3\text{)}$
- volume interrimento medio annuo:	$V_o = 13240 \text{ (m}^3\text{xanno)}$
- peso di volume secco del sedimento	$\gamma_d = 0.92 \text{ (t/m}^3\text{)}$
- volume interrimento specifico:	
$V_s = V / (P \cdot S)$	$= 530 \text{ (m}^3\text{/km}^2\text{xanno)}$
- deflusso torbido specifico medio ⁹⁾ :	
$DT = V_s \times \gamma_d$	$= 488 \text{ (t/km}^2\text{xanno)}$
- torbidità media:	
$T_o = DT \times S / (D \times 10^3)$	$= 1.22 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

Si fa presente che il valore della torbidità media, così individuato in 1.22 kg/m^3 , è da considerare certamente in difetto, ma comunque sufficientemente attendibile.

Infatti non tutto il materiale trasportato in sospensione dai deflussi afferenti al serbatoio viene

⁹ Per corrispondenza con i dati di torbidità, in cui viene considerato il solo peso del materiale solido (cfr. Servizio Idrografico), si è applicato il peso secco, già determinato pari a $\gamma_d = 11.00 \text{ kN/m}^3$, che corrisponde proprio al peso del solo materiale solido presente in un m^3 del materiale sedimentario.

sedimentato nel serbatoio stesso, ma in parte può essere scaricato a valle negli eventi di piena che determinano la tracimazione degli scarichi di superficie.

Tuttavia tale effetto può avere un'influenza alquanto limitata sull'interrimento sia perché gli eventi di piena determinanti tracimazione hanno frequenza bassa nella vita media di un invaso, sia perché le acque di tracimazione sono quelle a torbidità più ridotta.

È comunque opportuno convalidare il valore di torbidità così trovato, con riferimento ad altri parametri sperimentali.

Al riguardo si può precisare quanto segue.

- Il volume d'interrimento specifico $V_s = 530 \text{ m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$ risulta ben compreso nei valori misurati in diversi laghi artificiali della Sicilia.

Al riguardo si può far riscontro ai valori verificati nei seguenti laghi:

- | | |
|--|--|
| - Lago Rubino, sul torrente Fastaia: | 185 ($\text{m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$) |
| - Lago Butera, sul torrente Comunelli: | 1500 ($\text{m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$) |
| - Lago Nicoletti, sul torrente Borretta: | 306 ($\text{m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$) |
| - Lago Ancipa, sul torrente Troina: | 511 ($\text{m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$) |
| - Lago Gela, sul Fiume omonimo: | 2050 ($\text{m}^3/\text{km}^2 \times \text{anno}$) |

Tali valori sono dedotti dai dati riportati nelle memorie (1) e (2), a parte quelli del Lago Butera, il cui interrimento è stato valutato direttamente, sapendo che al momento attuale ha raggiunto la quota 84.00 m s.m., riempiendo l'invaso quasi completamente.

- Il conseguente valore del deflusso torbido annuo $DT = 488 \text{ t}/\text{km}^2 \times \text{anno}$ risulta anch'esso ben compreso nei valori registrati dalle stazioni torbiometriche della Sicilia, uguagliando praticamente il valore medio complessivo, come si evince chiaramente dalla Tav. 10.5.

4.10 – Deflussi di scarico

I valori torbiometrici precedentemente individuati per il deflussi naturali, hanno scarso significato per quanto riguarda i deflussi che si verificano con l'apertura degli organi di scarico profondo in quanto le due situazioni di deflusso risultano sostanzialmente diverse, come più volte evidenziato.

Comunque, se si facesse riferimento ai valori torbiometrici precedentemente individuati per i

deflussi naturali, per i deflussi di scarico si potrebbero fissare i seguenti valori di torbidità:

- 5 kg/m³, con riferimento agli eventi più frequenti;
- 6÷10 kg/m³, con riferimento all'espressione della torbidità in funzione delle portate di deflusso ($T = 3.15 \cdot Q^{0.38}$) e a un intervallo delle portate pari a 5÷20 m³/s, che è quello di maggior interesse, nel presente caso, per i deflussi di "f" dello scarico di fondo.

Va però evidenziato che il processo di asportazione e accumulo in sospensione del materiale solido si attua nei due casi, rispettivamente per deflussi naturali e deflussi di scarico, con meccanismi ben distinti e differenziati.

Per i deflussi naturali tale processo si verifica per ruscellamento delle acque piovane sui terreni in genere poco acclivi, con erosione estesa ma di entità relativamente modesta (in genere pari a qualche decimo di millimetro).

Per i deflussi conseguenti ad apertura dello scarico di fondo le condizioni di asportazione del deposito sedimentario presente nell'invaso si presentano sostanzialmente diverse e in genere caratterizzate dai seguenti fattori:

- deflusso forzato, a velocità consistenti, per la presenza di un battente idrico nell'invaso di entità notevole e talvolta molto elevata;
- formazione, in corrispondenza all'imbocco dello scarico, di un imbuto di richiamo inciso nel deposito sedimentario con pareti al limite di equilibrio del materiale interessato.

In tali condizioni pertanto il trasporto solido può assumere valori molto più consistenti, ma difficilmente verificabili senza prove dirette.

Il fenomeno di asportazione del materiale di fondo può risultare anche più complesso se il materiale stesso presenta un consistente consolidamento e una resistenza per coesione, resa possibile dalla presenza di una significativa frazione argillosa.

In questo caso l'asportazione del materiale sedimentario da parte delle acque di scarico non avviene solo per graduale erosione, ma anche per distacco di intere lame di sedimento, causato da squilibrio delle pressioni neutre; pertanto si alternano fasi a trasporto solido molto limitate ad altre con trasporto molto più intenso, con andamento quasi pulsante.

Data la complessità del fenomeno, per un'attendibile valutazione della torbidità, sarà assolutamente necessario eseguire, come già precedentemente accennato, prove specifiche nella situazione reale del deposito sedimentario e con le portate che s'intende adottare per le

operazioni di rilascio a valle.

Tali prove per altro richiedono una preventiva programmazione e specifiche autorizzazioni da parte degli Organi Competenti e pertanto sono state previste in una specifica fase nel piano di monitoraggio.

Per un'indicazione preliminare, comunque necessaria per articolare correttamente la prevista sperimentazione, si è quindi fatto riferimento a casi reali, ove il materiale di sedimentazione presenta tipologia limo-argillosa, abbastanza vicina a quella del materiale presente nell'invaso allo studio.

I casi di riferimento sono quelli delle seguenti dighe:

- Diga di Pontecosi sul fiume Serchio [3] ove è stato accuratamente monitorato tutto il processo di sfangamento, mediante svaso e rilascio a valle (periodo 1999÷2001).
- Diga di Mignano sul fiume Arda [5] ove è stata monitorata una fase di scarico con funzione di sfangamento (periodo 2000).

Dai dati raccolti in tali processi di sfangamento, adeguatamente monitorati, come riportati nelle pubblicazioni di riferimento (3) e (5), si possono desumere le indicazioni sotto riportate, che hanno un reale carattere sperimentale.

- Pontecosi

La torbidità media nell'intero periodo di sfangamento, valutata come rapporto volumetrico fra l'entità del materiale d'interrimento (come presente in sito) e l'entità del deflusso scaricato, è risultata pari al 2%.

Tale torbidità, in termini ponderali risulta all'incirca pari a ¹⁰):

$$T_s = 20 \text{ kg/m}^3$$

- Mignano

Durante il processo sperimentale di sfangamento la torbidità specifica é variata notevolmente, con valori massimi registrati di 80 kg/m³ e valori medi normalmente compresi nell'intervallo 10÷30 kg/m³.

Si può quindi ritenere che anche in questo caso la torbidità delle acque di spurgo indichi un valore medio:

$$T_s = 20 \text{ kg/m}^3$$

¹⁰ Assunto per il materiale sedimentario in sito un peso secco $\gamma_d = 1.10 \text{ t/m}^3$, come nel caso in esame, si può valutare che, per l'asportazione di 1.00 m³ di materiale in sito, si sia reso necessario lo scarico di un volume idrico pari a $1.00 / 2\% = 50 \text{ m}^3$; pertanto il peso del materiale solido contenuto in 1.00 m³ di acqua scaricata risulta pari a $1100 \text{ kg} / 50 \text{ m}^3 = 22 \text{ kg/m}^3$ e in c.t. = 20 kg/m³.

In base al complesso dei riferimenti evidenziati nel presente paragrafo, si può in conclusione ritenere che la torbidità specifica, propria delle acque rilasciate dallo scarico di fondo, risulti variabile nell'intervallo $5\div 20 \text{ kg/m}^3$, con valore medio di 12.50 kg/m^3 .

Pertanto, ai fini delle successive determinazioni, per la torbidità specifica delle acque di spurgo si è fissato cautelativamente un valore medio pari a:

$$T_s = 12 \text{ kg/m}^3$$

Si fa anche presente che concentrazioni di materiale solido in sospensione dell'ordine sopra prefissato, normalmente non gravano eccessivamente sull'ecosistema del corso d'acqua recettore, se non mantenute per periodi molto prolungati.

Ciò tuttavia dovrà essere accuratamente accertato per lo specifico caso esaminato nella fase di monitoraggio delle operazioni di sfangamento.

4.11 – Caratteristiche della Fauna Ittica

Per la richiesta caratterizzazione della fauna ittica presente nell'alveo a valle diga e nelle acque dello stesso invaso, è stata fatta una specifica indagine generale e locale da cui è risultato quanto segue.

Il tratto di asta fluviale preso in esame è quello che si estende per circa 15 km dalla diga sino circa all'invaso Gammauta.

Nella parte iniziale l'alveo del fiume si presenta alquanto ristretto, incassato in ambiente di rocce lapidee di natura calcarea e con andamento tortuoso. Massi e blocchi, rotolati dalle pareti rocciose, esposte in quota sulle ripide sponde e trasportati dalle acque del fiume, forniscono il materiale alluvionale che si rinviene lungo le rive e sul fondo.

Il fiume Sosio, specie in questo tratto, accentua i suoi caratteri di corso d'acqua perenne; caratteri che gli derivano dagli apporti idrici di tutta una serie di sorgenti, alcune delle quali molto importanti per la loro portata e per la qualità delle acque.

I depositi alluvionali di tipo grossolano – ghiaia e blocchi in prevalenza – si estendono a coprire anche l'alveo e le sponde del fiume, nel tratto in cui, superato il vecchio mulino Paratore, il solco vallivo si apre sino a raggiungere la stretta di Gammauta.

Questo particolare ambiente caratterizzato da acque chiare, fondale prevalentemente roccioso, ricca vegetazione fluviale, favorisce certamente lo sviluppo di una fauna ittica di

tipo fluvio-lacustre, determinata dalla presenza della carpa, dell'anguilla e del pesce persico. Qui di seguito vengono descritti i principali caratteri delle specie ittiche presenti nell'habitat.

– Carpa

La carpa appartiene alla famiglia dei *Ciprinidi*, classificata col nome scientifico di *Ciprinus carpio* (L).

Diffusa nelle acque del fiume, rappresenta un pesce rustico, molto longevo, potendo raggiungere in alcuni ambienti anche l'età di 30 anni.

Per quanto riguarda l'habitat, essendo una specie sedimentaria di tipo bentonico, vive in acqua calma, nelle pozze più depresse dell'alveo, tra la vegetazione del fondo.

Il range ottimale di temperatura delle acque resta compreso fra i 15 ÷ 30°.

Le femmine depongono uova in quantità che oscillano fra 150.000 e 200.000 uova/kg di peso. Il ciclo riproduttivo si verifica nel trimestre maggio-luglio.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, può considerarsi un pesce onnivoro, in grado di cibarsi di piante acquatiche, di detriti, ma soprattutto di insetti, vermi e molluschi.

Specie euriterma, è resistente agli sbalzi di temperatura.

Specie auriolina, è resistente alle variazioni di salinità delle acque.

È un pesce introdotto nell'ambiente in cui vive ed ha interesse quale preda nella pesca sportiva.

Nell'ambito della piscicoltura è un pesce adatto al ripopolamento ed allevato può essere destinato al consumo.

– Anguilla

L'anguilla appartiene alla famiglia degli *Anguillidi*, classificata col nome scientifico di *Anguilla anguilla* (L).

È un pesce ad ampia valenza ecologica; in condizioni di scarsa concentrazione di ossigeno è in grado di assorbirlo anche attraverso la pelle per respirazione cutanea.

In generale alcuni esemplari possono raggiungere la massima dimensione di m 1.5 e il peso fino a 10 kg. Per quanto riguarda l'habitat, inoltre, l'anguilla è una specie bentonica che vive nei corsi d'acqua sul fondo.

Il range ottimale di temperatura delle acque resta compreso fra 5 ÷ 25°.

Le femmine depongono fino a 5.000.000 di uova a profondità anche elevate (1.000 m).

Le larve, chiamate leptocefali, compiono una migrazione inversa a quella dei genitori andando a colonizzare le acque dei fiumi.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, può considerarsi un pesce onnivoro, in grado di cibarsi di plancton, di erbe acquatiche, di detriti.

Sul piano sportivo non desta particolare interesse.

– Pesce persico

Il pesce persico appartiene alla famiglia dei *Percidi* e viene classificata col nome scientifico di *Perca fluviatilis* (L).

Questa specie, dapprima diffusa nelle regioni settentrionali italiane, venne successivamente introdotta con buoni risultati anche nelle regioni meridionali e nelle isole. In ambienti non inquinati vive anche in Sicilia nei maggiori corsi d'acqua.

Il pesce persico raggiunge una taglia di circa 50 cm ed il suo peso può arrivare a kg 3.5. Appartiene ad una specie sedimentaria che si diffonde in acque calme dei fiumi.

Il range ottimale di temperatura delle acque in cui vive oscilla, in genere, fra i 10÷20°.

La femmina depone circa 100.000 uova/kg di peso in lunghi nastri gelatinosi che aderiscono alla vegetazione sommersa. Il ciclo riproduttivo resta compreso nel quadrimestre marzo-giugno.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, il pesce persico, può considerarsi una specie ittiofaga, in grado di cibarsi di altri pesci.

Dal punto di vista ecologico, la specie tende a rarefarsi.

Rilevante è l'interesse anche nell'ambito della pesca sportiva. Sul mercato rappresenta una specie d'interesse commerciale.

Nella sottostante tabella sono infine riassunti i principali caratteri morfo-fisiologici delle singole specie descritte.

Principali caratteristiche morfo-fisiologiche delle specie interessate

SPECIE	HABITAT	RANGE TEMPERATURA OTTIMALE	PERIODO RIPRODUTTIVO
Anguilla	acque calme	5 ÷ 25°	(fuori zona)
Carpa	acque calme, specie sedentaria bentonica; si riproduce fra la vegetazione fluviale	15 ÷ 30°	maggio-luglio
Pesce persico	acque calme, specie sedentaria pelagica; si riproduce fra la vegetazione fluviale	10 ÷ 30°	marzo - giugno

4.12 – Vincoli relativi ai piani di tutela delle acque nell'alveo a valle

Il presente paragrafo della precedente edizione del 2006 è soppresso e sostituito dall'Aggiornamento di cui alla presente Relazione.

5 – PIANI OPERATIVI ATTUATIVI DEL PIANO DI GESTIONE

Rispetto alla prima versione presentata agli Organi Competenti per la relativa Approvazione, si riportano le seguenti prescrizioni operative, così come indicato a seguito della Nota prot. 6776 del 29.03.2021 dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Palermo, della Nota prot. 6901 del 04.05.2021 dell'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Regione Siciliana, di quanto discusso in un incontro esplicativo tenuto con gli stessi Funzionari dell'Autorità di Bacino e di quanto concordato con i Responsabili Tecnici di SICILIACQUE.

In particolare, al fine di rendere quanto più attuabile il presente PIANO DI GESTIONE, sono stati previsti n° 4 PIANI OPERATIVI, da attuare in fasi successive, distinti, in linea generale e nell'ambito della fattibilità, come di seguito esposto e come sinotticamente rappresentato nel CronoProgramma e nelle Tavole riportate a seguire.

5.1 – Descrizione dei Programmi Operativi

Nel complesso possono essere distinti quattro Piani Operativi, progressivamente distribuiti nel tempo, a partire dalla data di approvazione definitiva del presente Progetto di Gestione.

Piano Operativo N1

(Da realizzare nei primi 2 anni di attuazione del presente Piano di Gestione)
comprende:

- Intervento di sfangamento a carattere d'urgenza per ripristinare la piena funzionalità dello Scarico di fondo, come previsto nel presente progetto.

Al riguardo, sulla base di quanto risultante dal Progetto Definitivo già approntato, al fine di ripristinare la funzionalità degli Scarichi di Fondo e MezzoFondo si prevede di asportare un Volume parziale di Sedimento di circa 24.770 m³.

- Verifica della stabilità delle sponde dell'invaso durante le operazioni di svasso del serbatoio, come richiesto dall'Ufficio Dighe.

Per tale verifica, sulla base degli Studi Geologici eseguiti in fase di redazione del Progetto Definitivo, delle relative Verifiche Geotecniche eseguite e della lieve pendenza delle Sponde stesse, in atto, non si ravvisano situazioni di criticità. Ove necessario, si procederà, ad eventuali Verifiche Geotecniche.

Piano Operativo N2

(Da realizzare dal 3° al 5° anno) comprende:

- Realizzazione del Programma di Fluitazione per il Mantenimento della Capacità d'Invaso e dell'Efficienza degli Scarichi, come già previsti nel presente progetto.
- Preventiva attuazione di un Piano di Coordinamento dei rilasci a valle da concordare con il Gestore della Diga Gammata situata sull'alveo a valle, come richiesto dall'Autorità di Bacino.

Piano Operativo N3

(Da realizzare dal 6° al 9° anno) comprende:

- Sistemazione Idraulica-Forestale del bacino afferente al serbatoio, come richiesto sia dall'Autorità di Bacino che dall'Ufficio Dighe e già proposto nel presente Progetto.

Piano Operativo N4

(Da realizzare nel periodo che intercorre fra il 10° anno fino alla fine della Concessione di Siciliacque) comprende:

- Programmazione dello sfangamento totale per il ripristino della originaria Capacità Utile dell'Invaso, pari a **1.331 10⁶ m³** alla quota di Max Regolazione, come richiesto a fine Concessione della Diga Piano del Leone.

All'atto dell'approntamento del presente Piano Operativo N4, considerando che sarà già stato attuato il Piano Operativo N1, il volume totale eventuale di sedimento da asportare (al netto di quanto già asportato con il Piano Operativo N1) risulterà in effetti pari a $1.331.000 \text{ m}^3 - 24.770 \text{ m}^3 = 1.306.230 \text{ m}^3$.

- Si prevede che tale sfangamento possa essere realizzato in tre Interventi: due Interventi intermedi (I° e II° Intervento) ed uno finale (III° Intervento), come di seguito esposti.

Le modalità di scavo vanno previste, come già lo scavo del I° Piano Operativo, del tipo con dragaggio da realizzare da apposito natante, a serbatoio pieno. In linea orientativa la draga potrà essere di tipo tradizionale a disgregazione – aspirazione oppure di tipo pneumatico.

Al momento esecutivo la scelta fra le due alternative dovrà essere fatta considerando sia le esigenze economiche, sia la convenienza di una modalità operativa che assicuri la più alta concentrazione di materiale solido nella miscela sollevata, a vantaggio di una più rapida decantazione successiva, e nel contempo il minor disturbo nelle acque dell'invaso a protezione della fauna ittica presente.

- In corrispondenza di qualsiasi intervento di sfangamento è d'obbligo realizzare preventivamente un nuovo rilievo batimetrico su tutto l'invaso; prelevare adeguati campioni dei sedimenti ed eseguire tutte le prove per la caratterizzazione fisica e chimica dei sedimenti, secondo normativa.

- Per la definizione delle modalità di deposito, anche solo temporaneo, e di decantazione dei sedimenti asportati, che data l'elevata quantità degli stessi va considerata di grande importanza, si prevede che venga realizzata, con adeguato anticipo rispetto alla data di esecuzione dell'intervento di sfangamento, un'ampia campagna di ricerca delle zone di possibile utilizzo, la loro caratterizzazione geologica e geotecnica e proposto un adeguato piano di fattibilità.

A questo riguardo si ritiene opportuno che venga prospettato un ampio scenario circa le possibilità di reimpiego del materiale asportato, considerando una molteplicità di possibilità di utilizzo come:

- riqualificazione ambientale in zone morfologicamente dissestate, sia nell'intorno del serbatoio che in tutto il bacino afferente;
- ammendamento di terreni agricoli, in particolare nell'ambito del bacino afferente, per miglioramento delle caratteristiche pedoagronomiche dei terreni stessi, ma anche per regolarizzazione dei pendii per una più efficace regimentazione delle acque superficiali;
- eventuale sistemazione e consolidamento delle sponde dell'alveo a valle diga.

5.2 – CronoProgramma dei Programmi Operativi

Al fine di una rapida visualizzazione della Successione operativa dei vari Programmi, è stato rappresentato apposito CronoProgramma definito nel prospetto di seguito inserito, nonché una Planimetria Sinottica di tutte le fasi d'intervento (riportata anche nel disegno B9

PLANIMETRIA SINOTTICA / TEMPORALE - scala grafica



Serbatoio Gammauta

PIANO OPERATIVO N2
(dal 3° al 5° anno)
1) Realizzazione del programma di fluitazione per il mantenimento della capacità d'invaso e dell'efficienza degli scarichi
2) Preventiva attuazione di un piano di coordinamento dei rilasci a valle da concordare con il gestore della Diga Gammauta

PIANO OPERATIVO N1
(dal 1° al 2° anno)
1) Sfangamento a carattere d'urgenza per ripristino della piena funzionalità dello scarico di fondo
2) Verifica della stabilità delle sponde dell'invaso durante le operazioni di svasso del serbatoio

Serbatoio Piano del Leone

PIANO OPERATIVO N3
(dal 6° all'9° anno)
Sistemazione idraulica-forestale del bacino afferente al serbatoio
Per i dettagli vedasi la figura seguente

PIANO OPERATIVO N4
(dal 10° anno fino a fine Concessione)
Sfangamento totale per il ripristino della originaria capacità utile dell'invaso

Limite bacino imbrifero

Serbatoio Piano del Leone – Cronoprogramma Piani Operativi

	1° anno	2° anno	3° anno	4° anno	5° anno	6° anno	7° anno	8° anno	9° anno	10° anno	Fine conces- sione
PIANO OPERATIVO N1 1) Sfangamento a carattere d'urgenza per ripristino della piena funzionalità dello scarico di fondo 2) Verifica della stabilità delle sponde dell'invaso durante le operazioni di svasso del serbatoio													
PIANO OPERATIVO N2 1) Realizzazione del programma di fluitazioni per il mantenimento della capacità d'invaso e dell'efficienza degli scarichi 2) Preventiva attuazione di un piano di coordinamento dei rilasci a valle da concordare con il gestore della Diga Gammauta													
PIANO OPERATIVO N3 Sistemazione idraulica-forestale del bacino afferente al serbatoio													
PIANO OPERATIVO N4 Sfangamento totale per il ripristino della originaria capacità utile dell'Invaso													

allegato), unitamente anche alla Planimetria particolare delle aree che saranno oggetto dell'intervento di rimboschimento.

5.3 – PIANO OPERATIVO N1 – Ripristino Scarichi

5.3.1 – Ripristino degli Scarichi

La necessità dell'intervento progettuale riguarda principalmente il ripristino della funzionalità dello scarico di fondo, mediante asportazione del sedimento accumulatosi, traendo spunto dall'ostruzione di tale scarico a causa del notevole interrimento che impegna da numerosi anni quasi metà della capacità utile dell'invaso, nonché il miglioramento della funzionalità dello scarico di mezzo fondo che, anch'esso, pur se funzionante, si trova tuttavia interessato dal sedimento presente nell'invaso.

Al riguardo, infatti, proprio già nella Visita di Vigilanza dell'U.T.D. di Palermo del 21/03/2017 è stata riscontrata l'ostruzione dello scarico di fondo, così come era stata già anticipato per le vie brevi dal Gestore. Lo stesso Gestore nel corso della Visita ha comunque segnalato che *“in atto la quota del tetto dell'interrimento ha raggiunto all'incirca la quota della presa dello scarico di mezzofondo, e, pertanto, è possibile effettuare l'eventuale manovra di svuotamento dell'intero volume di invaso non interessato dall'interrimento, mediante l'utilizzo dello scarico di mezzofondo che, come oggi verificato, risulta ancora efficiente. In ragione di quanto sopra l'eventuale manovra di svuotamento dell'invaso rimane garantita”*.

Tale ostruzione è ancora in atto per quanto il Gestore abbia più volte provato al ripristino mediante alcuni tentativi di manovre di rilasci d'acqua controllati nell'alveo a valle diga, tutti terminati senza alcun passaggio d'acqua.

Tale aspetto già da numerosi anni interessa gli organi di scarico, considerando che era stato oggetto in passato della redazione del *“Progetto Esecutivo dei Lavori di Sfangamento del Lago Leone e Potenziamento dell'Acquedotto Montescuro Ovest e Allacciamento dell'Alto Bacino del F. Turvoli per Integrazione delle Risorse Idriche destinate all'uso potabile - 1990”* richiamato nel *“Progetto di Gestione dell'Invaso – Giugno 2006”*, era stato esposto nella Nota prot. 18426 del 09/12/2013 della Direzione Generale per le Dighe, avente come oggetto *“Grandi dighe con scarichi ostruiti o a concreto rischio di ostruzione”*, dove la Diga

Leone è stata inserita con “ordine di priorità 2” nella Tabella 3 fra le dighe *“per le quali sussiste, allo stato, il concreto rischio di ostruzione degli organi di scarico e per le quali è pertanto necessario ed urgente l’adozione di interventi nonché la rimozione dei sedimenti accumulatisi”*.

Al fine di ripristinare le condizioni di efficienza dello scarico di fondo, in atto ostruito, nel sopracitato Progetto è prevista l’asportazione parziale del sedimento che grava sulle prese degli scarichi di fondo e mezzofondo della diga.

Si procederà all’asportazione parziale del volume di sedimento strettamente necessario al fine di permettere il ripristino della funzionalità della torretta di presa scarico di fondo, in termini di ostruzione dello scarico stesso, e la prevenzione da possibili ostruzioni anche dell’imbocco dello scarico di mezzo fondo, la cui quota di presa già risulta inferiore alla quota del piano di interrimento.

Come sopra già esposto, infatti, risulta da vari precedenti studi e rilievi batimetrici eseguiti negli anni, gran parte dell’invaso, compresa la zona dove è ubicata la torretta di presa dello scarico di fondo, risultano interessati da tempo da un consistente e continuo strato di sedimento di spessore di diversi metri.

Il materiale accumulatosi negli anni nell’area degli scarichi della diga sarà asportato mediante dragaggio con adeguata pompa idraulica, montata su idonea zattera galleggiante, che aspirando il sedimento lo convoglia mediante una condotta galleggiante ai siti di deposito posti in sponda sinistra. L’accumulo del materiale ha comportato delle problematiche di efficienza ed ostruzione dello scarico di fondo e potrebbe, in futuro comportare anche analoghe problematiche allo scarico di mezzofondo che, in atto, considerando la quota dell’interrimento garantisce, comunque, la possibilità di svuotare la porzione di invaso effettivamente invasabile.

Il sedimento sarà asportato al fine di ripristinare, nell’intorno della torretta di presa dello scarico di fondo e della presa dello scarico di mezzofondo, un’area libera, tipo conca, avente una pendenza di 16° per garantirsi da eventuali futuri scivolamenti del sedimento che rimarrà in sito. Tale pendenza è stata determinata a seguito dei risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite a seguito della redazione del Progetto di Fattibilità e nel corso della campagna di indagini geognostiche eseguite nell’Estate 2019, prima della redazione del presente Progetto Definitivo.

L'area dell'invaso che sarà soggetta all'intervento di asportazione del sedimento riguarda la zona afferente lo scarico di fondo e lo scarico di mezzo fondo.

Con riferimento a tale area, mediante i rilievi batimetrici eseguiti e dalle relative ricostruzioni grafiche è stato ricavato un volume del sedimento che dovrà essere asportato pari a 24.770,33 mc, con una pendenza media del cono di asportazione del sedimento pari a $\cong 16^\circ$, così come è stato possibile individuare a seguito dei risultati delle approfondite indagini geotecniche eseguite sui campioni indisturbati del sedimento.

Il sedimento asportato sarà trasferito a dei siti di deposito in sponda sinistra, individuati, in via preventiva, ad una distanza variabile da circa 250 metri a circa 600 metri dal baricentro dell'area di asportazione del sedimento, mediante l'esecuzione di rilievi topografici di dettaglio e delle relative verifiche dirette sui luoghi in questione, ed in via definitiva a seguito della campagna di indagini geognostiche ed ambientali eseguite nell'Estate 2019 ed avute consegnate nel Settembre 2019, che ne hanno confermato la validità della scelta.

La scelta dei siti di deposito in sponda sinistra è stata effettuata prediligendo delle aree, a debole pendenza, prossime alle sponde e che non fossero ad una distanza eccessiva dall'area di prelievo del sedimento, condizione che comporterebbe la necessità di prevedere elevate pressioni di aspirazione della pompa di dragaggio, nonché eventuali stazioni di rilancio. Le relative aree saranno oggetto di esproprio o acquisto mediante trattativa, da parte della Società.

Tali siti per quanto presentino debole pendenza, saranno preventivamente preparati mediante l'esecuzione di lievi terrazzamenti sub-orizzontali, con pendenze dell'ordine del 2%, al fine di permettere, nella prima fase di posa dei geotubi e riempimento con il sedimento miscelato, un più agevole drenaggio delle acque di disidratazione del sedimento immesso nei geotubi verso l'invaso stesso da cui provengono.

La posa in opera dei geotubi sarà eseguita ponendo attenzione a non interessare eventuali tratti di ruscellamento superficiale.

L'Intervento, così come indicato nell'Aggiornamento del Piano di Gestione in fase di presentazione, rientra fra gli interventi di riqualificazione ambientale per una definitiva sistemazione a verde della Sponda Sinistra dell'Invaso.

Il presente Intervento Progettuale è stato modulato secondo quanto indicato nel Piano di Gestione – 2006, (con l'unica differenza della scelta dei Geotubi invece che delle Vasche di

Colmata per quanto concerne la tipologia tecnica di deposito dei sedimenti prelevati all'interno dell'invaso).

Come già in precedenza esposto, l'inserimento dei geotubi, oltre alle finalità di cui al presente intervento, costituiscono, inoltre, un intervento di miglioramento delle condizioni di stabilità del pendio stesso, pur garantendo le originarie condizioni di drenaggio delle acque.

L'impiego dei geotubi per la posa in opera del sedimento asportato dall'invaso, rappresenta una metodologia alternativa alle tradizionali tecniche utilizzate, tipo vasche di colmata, per la disidratazione dei sedimenti lacustri.

I geotubi sono delle strutture in geotessile tessuto di forma tubolare. L'assemblaggio dello stesso avviene mediante speciali tecniche di cucitura tali da conferire al manufatto una resistenza alle pressioni di riempimento ed alla spinta del sedimento pompato all'interno di esso. Il geotubo è un involucro permeabile che viene riempito di miscela del sedimento tramite un pompaggio idraulico utilizzando i boccaporti di riempimento posizionati lungo la generatrice superiore del tubolare. L'elevata permeabilità del geotessile permette al liquido contenuto all'interno del sedimento di essere espulso riducendo il volume del materiale contenuto al suo interno. Al fine di ottimizzare il grado di riempimento del geotubo si procede per successive fasi di riempimento e drenaggio, fino a quando il geotubo raggiunge il grado di riempimento ottimale.

E' stata prevista e stimata pure la fornitura e il pompaggio di idoneo polimero anionico, nella concentrazione utile a garantire il processo di flocculazione nel geotubo (le precise caratteristiche, concentrazioni, etc. saranno oggetto di approfondimento in fase di successiva redazione del Progetto Esecutivo). Si passa, quindi, al riempimento di un altro geotubo.

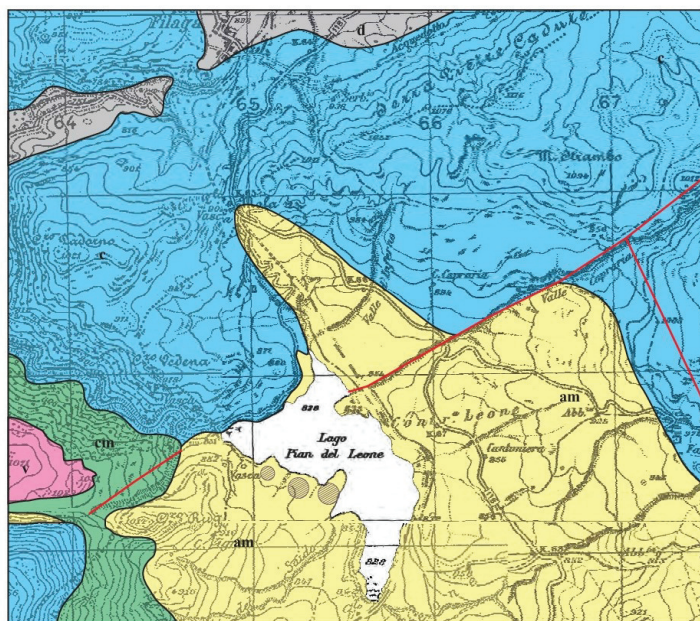
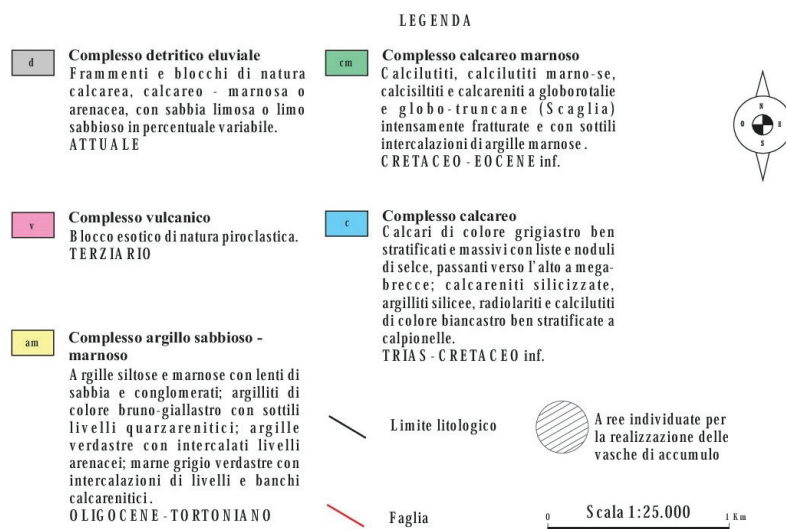
La ridotta porometria del geotessile evita la fuoriuscita della frazione solida costituente il sedimento.

La geometria generale di posizionamento dei geotubi è stata studiata al fine di ottenere un rimodellamento morfologico dei tratti di sponda, nel rispetto e coerentemente con la visione di salvaguardia ambientale. Ove necessario, per eventuali necessità di disposizione volumetrica del sedimento asportato, i geotubi potranno essere disposti su due file leggermente disassati. Il posizionamento e riempimento dei geotubi nei vari terrazzamenti sarà eseguito con una successione tale da non interferire con i geotubi che saranno già stati posti in opera.

Al riguardo, in sede di redazione del Progetto di Fattibilità è stata già redatto un primo *Studio Geologico* che, nella successiva fase di redazione del Progetto Definitivo, è stato ulteriormente approfondito sulla base della campagna di indagini geognostiche/ambientali ivi eseguite.

In tale Studio, il Geologo Incaricato, dott. Geol. Giuseppe Nicastro, confermando dal punto di vista geologico, la possibilità di eseguire l'Intervento in questione, individuava il seguente assetto geologico del sito interessato (v. Carta Geologica ivi riportata a seguire), recitando testualmente:

CARTA GEOLOGICA



“Il rilevamento geologico nell’area interessata, eseguito mediante rilievi di superficie di tipo speditivo ed integrato tramite dati bibliografici forniti dalla letteratura, ha permesso di caratterizzare l’assetto geologico della zona in cui saranno realizzate le opere in progetto. La serie dei terreni affiorante nell’area è formata, dalla più antica alla più recente, dalle seguenti litologie:

Complesso calcareo (c) (Trias – Cretaceo inf.).

I sedimenti che formano tale complesso sono costituiti da calcilutiti e calcisiltiti, talora nodulari, ben stratificati con liste e noduli di selce ed inclusi occasionali livelli di conglomerati intraformazionali.

Seguono in discontinuità brecce nefritiche e calcaree in grossi banchi mal distinti. Tali sedimenti passano superiormente a calcareniti silicizzate, argilliti silicee e radiolariti di colore variabile dal grigio-verdastro al beige al giallastro ed al rosso, in strati spessi da 2 a 10 cm; al tetto del complesso

si rinvencono calcari a Radiolari e Calpionelle di colore bianco lattiginoso sottilmente stratificati in livelli centimetrici, duri e compatti a frattura concoide, talora con noduli di selce. La roccia si presenta in genere molto frantumata e si disgrega in frammenti di forma prismatica di dimensioni centimetriche.

Complesso calcareo – marnoso (cm) (Cretaceo – Eocene inf.).

Si tratta di una formazione costituita principalmente da calcari marnosi di colore grigio – biancastro passanti a calcilutiti e calcisiltiti biancastre e rossastre a Globorotalie e Globotruncane, saponosi al tatto, a frattura concoide, sottilmente stratificati e contenenti livelli di biocalcareni rossastre gradate

e laminate, con intercalazioni di sottili livelli di argille marnose di colore grigiastro. Gli strati, in genere di spessore variabile dal centimetro fino al decimetro, sono fortemente piegati, contorti e diffusamente frantumati; le fratture, in genere normali alla stratificazione, hanno piccola spaziatura e suddividono la roccia in piccoli blocchi di forma prismatica e di dimensioni decimetriche.

Complesso calcareo – arenaceo (ca) (Aquitano - Langhiano).

Si tratta di un potente pacco di arenarie costituito da un’alternanza irregolare di strati calcarenitici di spessore variabile, più o meno glauconitiche, talora con stratificazione incrociata, passanti lateralmente a marne glauconitiche sabbiose con intercalazioni regolari di livelli di argilla marnosa

di colore grigiastro. Nei livelli in cui i granuli di glauconite predominano, l'arenaria si presenta molto friabile a di colore verde scuro; dove invece la glauconite non è molto abbondante la roccia si presenta di colore giallo-bruno, dura e tenace. Questa calcarenite, i cui granuli sono costituiti da gusci calcarei, frammenti di scaglia, granuli di glauconite e granuli di quarzo, spesso raggiunge le dimensioni di una rudite; il cemento è in genere costituito da calcite spatica all'interno dei gusci. Le calcareniti si presentano stratificate in livelli centimetrici e decimetrici, caratterizzati da discontinuità variamente orientate ed in genere normali alla stratificazione.

Complesso argillo – sabbioso – marnoso (am) (Oligocene – Tortoniano).

Tale complesso è formato da argille siltose e argilliti generalmente brune o color tabacco ricche di ossidi di ferro, con subordinate intercalazioni di lenti sabbiose e conglomeratiche (Flysck Numidico);

argille marnose di colore grigio verdastro con intercalazioni di arenarie a foraminiferi planctonici (Fm. Marne di S. Cipirrello). Le argille marnose presentano frattura concoide e localmente sono caratterizzate da una tessitura in scagliette minute; marne grigio verdastre con intercalazioni di livelli e banchi calcarenitici. I terreni di questo complesso presentano, superficialmente, una fascia di alterazione di spessore pari ad alcuni metri, caratterizzata da argille ed argille sabbiose di colore bruno-grigiastro con patine di ossidazione ocracee.

Complesso vulcanico (v) (Terziario).

Interposti ai complessi di natura sedimentaria è presente un blocco esotico di natura piroclastica, riscontrato nei pressi di Pizzo Patorno.

Complesso detritico (d) (Attuale).

Al piede dei rilievi carbonatici triassici si è depositato un manto detritico formato essenzialmente da elementi lapidei di natura calcarea, calcareo – marnosa ed arenaceo, in genere di dimensioni variabili comprese tra qualche centimetro e 1-2 m. Gli elementi sono in genere immersi in una matrice sabbioso – limosa di colore bruno; la matrice è di natura limoso – argillosa biancastra nelle coltri detritiche che ricoprono in parte gli affioramenti di calcare marnoso (Scaglia)".

Ed ancora per quanto concerne la *Geologia*, il Geologo incaricato, sulla base della campagna di Indagini Geognostiche/ambientali eseguite (di cui si allega la relativa Planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine)



recita testualmente:

“Nel corso della campagna geognostica commissionata da Siciliacque, per la redazione del progetto definitivo, sono stati realizzati n° 8 sondaggi spinti fino alla profondità massima compresa tra 15 e 20 m dal p.d.c. Tre sondaggi (S1, S2, S3) sono stati eseguiti sulla sponda sinistra dell’invaso per investigare la zona in cui verranno realizzate le vasche che ospiteranno i geotubi. I restanti 5 (PR1, PR2, PR3, SIN1, SIN2) sono stati realizzati in acqua, per lo studio del fondo invaso che si trova in prossimità dell’imbocco dello scarico di fondo e mezzo fondo.

Le colonne stratigrafiche relative ai sondaggi sulla sponda evidenziano la presenza di limi sabbio – argillosi o debolmente ghiaiosi fino alla profondità di circa 7 metri dal p.d.c.; questi lasciano il posto ad argille marnose a consistenza crescente in funzione della profondità. A luogo si rinvencono strati sabbiosi, spessi qualche metro, con clasti di natura poligenica.

Le colonne stratigrafiche relative ai sondaggi effettuati sul fondo invaso evidenziano la presenza di argille limose e limi, saturi d’acqua, molto plastici e privi di consistenza che si rinvencono fino alla profondità massima di investigazione”.

Analogamente, a seguito degli Studi Geologici, in fase di redazione di Progetto di Fattibilità e di Progetto Definitivo, sono stati eseguiti dal Consulente Geotecnico incaricato, Ing.

Alphonso Cusmano, i relativi *Studi Geotecnici*, che, in linea sintetica, hanno delineato, quanto segue:

“Al fine di ripristinare le condizioni di efficienza dello scarico di fondo, in atto ostruito, è prevista l’asportazione parziale del sedimento che grava sulle prese degli scarichi di fondo e mezzofondo della diga.

Si procederà all’asportazione parziale del volume di sedimento strettamente necessario al fine di permettere il ripristino della funzionalità della torretta di presa scarico di fondo, in termini di ostruzione dello scarico stesso, e la prevenzione da possibili ostruzioni anche dell’imbocco dello scarico di mezzo fondo, la cui quota di presa già risulta inferiore alla quota del piano di interrimento.

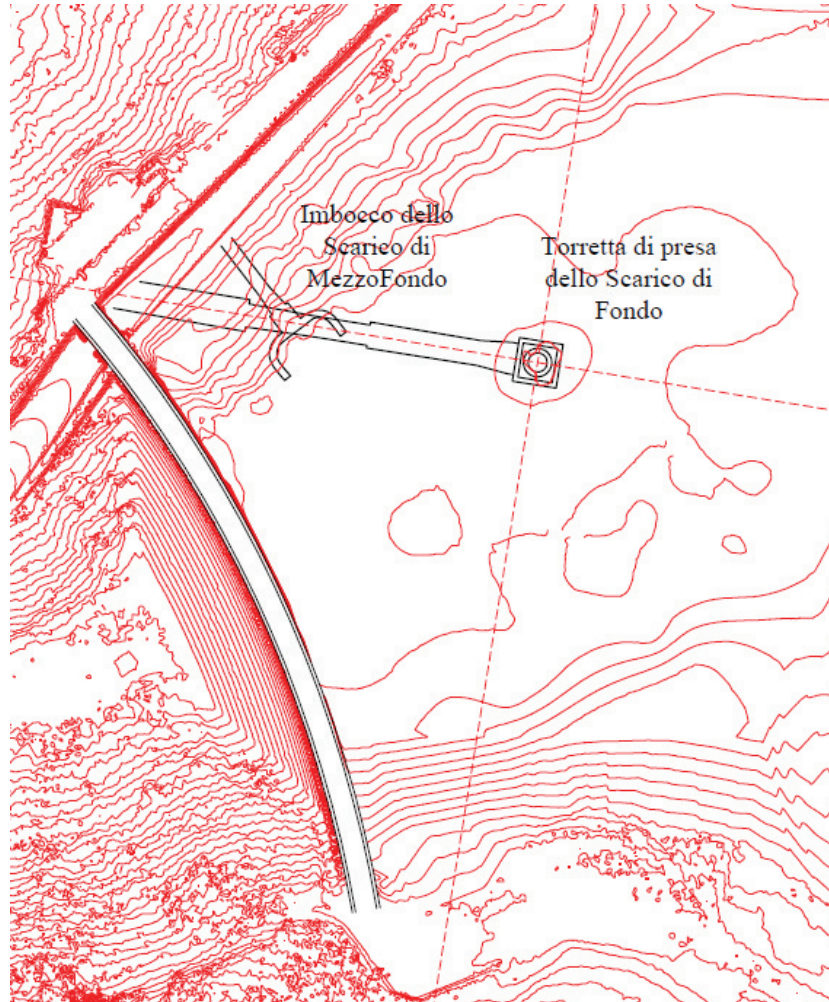
Come sopra già esposto, infatti, risulta da vari precedenti studi e rilievi batimetrici eseguiti negli anni, gran parte dell’invaso, compresa la zona dove è ubicata la torretta di presa dello scarico di fondo, risultano interessati da tempo da un consistente e continuo strato di sedimento di spessore di diversi metri.

Il materiale accumulatosi negli anni nell’area degli scarichi della diga sarà asportato mediante dragaggio con adeguata pompa idraulica, montata su idonea zattera galleggiante, che aspirando il sedimento lo convoglia mediante una condotta galleggiante ai siti di deposito posti in sponda sinistra. L’accumulo del materiale ha comportato delle problematiche di efficienza ed ostruzione dello scarico di fondo e potrebbe, in futuro, comportare anche analoghe problematiche allo scarico di mezzofondo che, in atto, considerando la quota dell’interrimento garantisce, comunque, la possibilità di svuotare la porzione di vaso effettivamente invasabile.

Al riguardo si segnala, che a seguito della campagna di indagini geognostiche ed ambientali eseguite nel mese di Giugno 2019, da apposite Ditte incaricate da SICILIACQUE, nel fondale dell’invaso si è evidenziato un incremento di circa 2 metri del tetto del sedimento nella zona che sarà interessata dai presenti lavori, ciò dovuto probabilmente ai fenomeni di piovosità rilevanti che si sono verificati nel mese di Novembre 2018, con un conseguente notevole trasporto e deposito di ulteriore sedimento.

Per tale motivo alle quote sedimento risultanti dai precedenti rilievi batimetrici è stato considerato nella presente fase di Progetto Definitivo un ulteriore incremento di quota di circa 2 metri, che potrà essere ulteriormente ed eventualmente verificato ed affinato nella successiva fase di Progetto Esecutivo.

Il sedimento sarà asportato al fine di ripristinare, nell'intorno della torretta di presa dello scarico di fondo e della presa dello scarico di mezzofondo (v. figura a seguire), un'area libera, tipo conca, avente una pendenza di 16° per garantirsi da eventuali futuri scivolamenti del sedimento che rimarrà in sito.



Area di asportazione del Sedimento in corrispondenza della Torretta dello Scarico di Fondo e dell'Imbocco dello Scarico di MezzoFondo

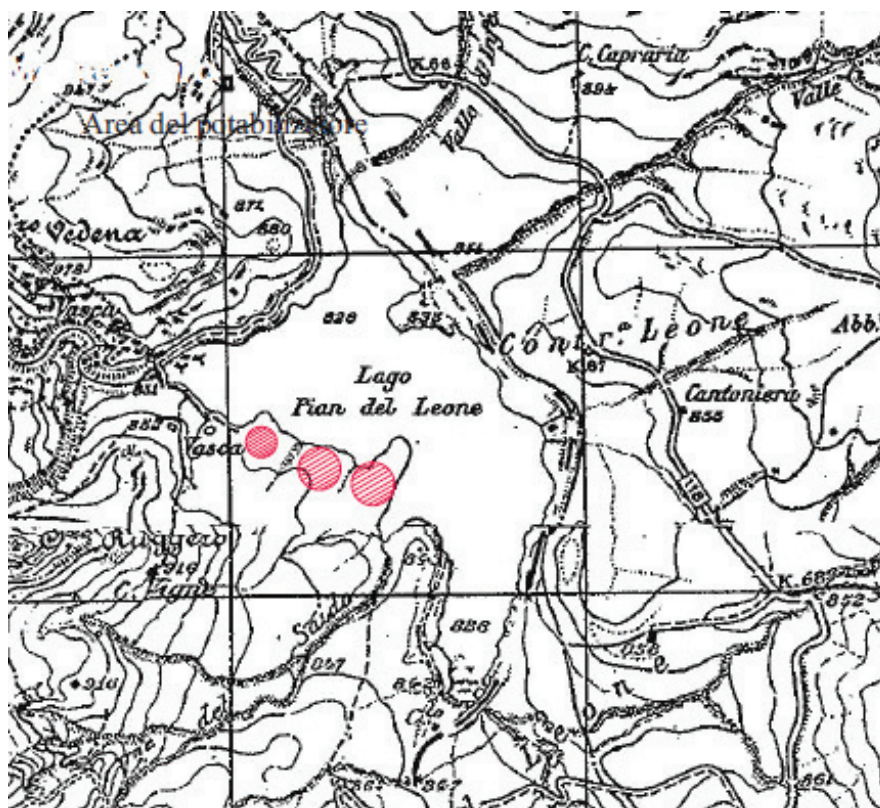
Tale pendenza è stata determinata a seguito dei risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite a seguito della redazione del Progetto di Fattibilità e nel corso della campagna di indagini geognostiche eseguite nell'Estate 2019, prima della redazione del presente Progetto Definitivo.

In precedenza, in fase di redazione di Progetto di Fattibilità, la pendenza da realizzare era stata stabilita sulla base di precedenti prove geotecniche di laboratorio eseguite nel corso di altri studi su campioni di sedimento superficiale.

L'area dell'invaso che sarà soggetta all'intervento di asportazione del sedimento riguarda la zona afferente lo scarico di fondo e lo scarico di mezzo fondo.

Con riferimento a tale area, mediante i rilievi batimetrici eseguiti e dalle relative ricostruzioni grafiche è stato ricavato un volume del sedimento che dovrà essere asportato, con una pendenza media del cono di asportazione del sedimento pari a $\cong 16^\circ$, così come è stato possibile individuare a seguito dei risultati delle approfondite indagini geotecniche eseguite sui campioni indisturbati del sedimento.

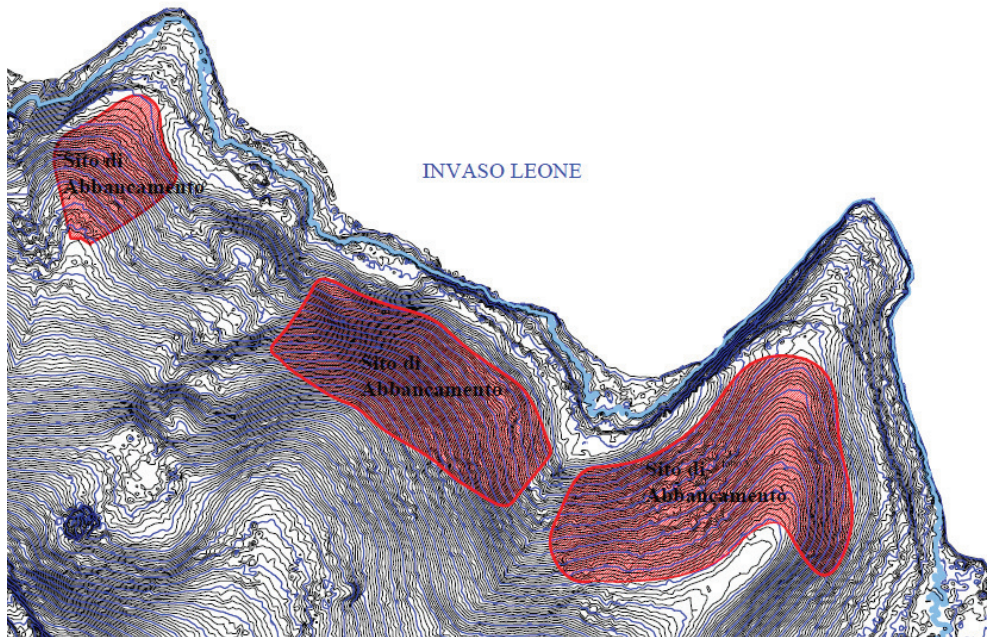
Il sedimento asportato sarà trasferito a dei siti di deposito in sponda sinistra, individuati, in via preventiva, ad una distanza variabile da circa 250 metri a circa 600 metri dal baricentro dell'area di asportazione del sedimento (v. planimetria riportata a seguire), mediante l'esecuzione di rilievi topografici di dettaglio e delle relative verifiche dirette sui luoghi in questione, ed in via definitiva a seguito della campagna di indagini geognostiche ed ambientali eseguite nell'Estate 2019, che ne hanno confermato la validità della scelta.



Individuazione Planimetrica Generale dei Siti di Abbancamento del Sedimento asportato dall'Invaso

La scelta dei siti di deposito (1 – 2 – 3a - 3b) è stata effettuata prediligendo delle aree a debole pendenza, prossime alle sponde e che non fossero ad una distanza eccessiva dall'area

di prelievo del sedimento, condizione che comporterebbe la necessità di prevedere elevate pressioni di aspirazione della pompa di dragaggio, nonché eventuali stazioni di rilancio.



Particolare Planimetrico dei Siti di Abbancamento
del Sedimento asportato dall'Invaso

Tali siti per quanto presentino debole pendenza, saranno preventivamente preparati mediante l'esecuzione di lievi terrazzamenti sub-orizzontali, con pendenze dell'ordine del 2%, al fine di permettere, nella prima fase di posa dei geotubi e riempimento con il sedimento miscelato, un più agevole drenaggio delle acque di disidratazione del sedimento immesso nei geotubi verso l'invaso stesso da cui provengono. La posa in opera dei geotubi sarà eseguita ponendo attenzione a non interessare eventuali tratti di ruscellamento superficiale.

Come già in precedenza esposto, l'inserimento dei geotubi, oltre alle finalità di cui al presente intervento, costituiscono, inoltre, un intervento di miglioramento delle condizioni di stabilità del pendio stesso, pur garantendo le originarie condizioni di drenaggio delle acque. L'impiego dei geotubi per la posa in opera del sedimento asportato dall'invaso, rappresenta una metodologia alternativa alle tradizionali tecniche utilizzate per la disidratazione dei sedimenti lacustri".

Al riguardo, sulla base dei dati geotecnici acquistati al termine della Campagna di Indagini Geognostiche, nel Progetto Definitivo già approntato, sono state eseguite tutte le Verifiche

Geotecniche, previste secondo Normativa, che hanno confermato la validità dell'Intervento previsto.

Terminata la fase di abbancamento del sedimento mediante immissione nei geotubi si procederà ad una risagomatura naturalistica dei vari siti, con lo stesso terreno ricavato dallo scavo dei terrazzamenti e opportunamente stoccato nell'area di cantiere, e ad un intervento di idrosemina per una immediata copertura erbacea e di rimboschimento mediante la messa a dimora di idonee specie arbustive autoctone.

L'intervento di idrosemina si effettuerà mediante spargimento per via idraulica di una apposita miscela formata da acqua, miscuglio di sementi, concimi organo-minerali, collanti, sostanza organica e una coltre protettiva composta da fibre di legno fibre vegetali sminuzzate (paglia, cotone, etc.).

L'intervento di rimboschimento verrà effettuato attraverso la messa a dimora di arbusti tipici del mantello. Verranno utilizzate infatti piante di Ginestra (*Spartium junceum*), Pero mandorlino (*Pyrus amygdaliformis*), Prugnolo (*Prunus spinosa*) e Biancospino (*Crataegus monogyna*).

Questo intervento considera prioritaria la situazione di emergenza attuale, come sopra già chiarita, e prevede quindi di realizzare il minimo scavo di sfangamento, strettamente sufficiente a riattivare lo scarico di Fondo, e nel contempo agevolare anche l'imbocco di quello di Mezzofondo. Lo scavo previsto è quindi centrato in asse del torrino di imbocco di questo scarico, con fondo praticamente coincidente con la soglia dell'imbocco stesso, e si apre a imbuto fino al tetto del deposito sedimentario. Leggeri allargamenti sono previsti per liberare dal sedimento anche la soglia d'imbocco dello scarico di Mezzofondo.

Lo scavo è rappresentato nella planimetria del disegno B7.1 e nella Tav. 7.6.1/a qui allegata, mentre il calcolo dell'entità dello scavo, eseguito per sezioni orizzontali, è riportato nel prospetto della Tav. 7.6.1/b. L'entità dello scavo è risultata pari circa a circa $24.000 \div 28000 \text{ m}^3$, a seconda dei raccordi più o meno dolci fra lo scavo centrato sullo scarico di Fondo e quello necessario per liberare completamente anche lo scarico di Mezzofondo.

Al riguardo si precisa che è già stato presentato per la relativa approvazione un Progetto Definitivo inserito nel “Piano Nazionale per le Dighe – Programmi infrastrutturali finanziabili mediante il Fondo Sviluppo Coesione 2014 – 2020 – Interventi per l'incremento della sicurezza delle dighe della Regione Sicilia – Convocazione incontri per le definizioni

delle schede”, di cui è già disponibile il relativo finanziamento, da tuttavia attivare a seguito del completamento delle varie procedure autorizzative.

Per quanto riguarda gli scavi di sfangamento di cui sopra, dato che la zona interessata dal previsto scavo di sfangamento risulta molto limitata proprio nella zona antistante la diga, è stato possibile utilizzare le indicazioni della planimetria B2, adeguatamente estese a monte.

In tal modo, utilizzando sia la planimetria dei rilievi batimetrici (B3/a, B3/b, B3/c), sia le curve di livello del substrato naturale della planimetria B2, è stato possibile ricostruire lo stralcio planimetrico riportato nella planimetria B7.1 e nella citata Tav. 7.6.1/a), dalle quali risulta chiaramente la delimitazione spaziale di tutto il materiale di prevista rimozione.

5.4 – PIANO OPERATIVO N2 – Programma delle fluitazioni per il mantenimento della capacità d’invaso

5.4.1 – Protocollo attuativo con il Gestore della Diga Gammauta posta a valle diga

Nelle more dell’attuazione del I° Piano Operativo, si procederà nel primo anno a definire il II° Piano Operativo, per quanto riguarda il Piano di Coordinamento delle operazioni di svaso, sfangamento e spurgo con il Gestore (Enel Green Power Italia) della Diga Gammauta, fermo restando quanto già stabilito in termini di Protezione Civile con l’ultimo Documento di Protezione Civile approvato dal Prefetto di Palermo in data 09/12/2020 con prot. 165072.

Al riguardo, tenendo conto del modesto volume di contenimento delle acque della Diga Gammauta, nel procedere alla redazione di tale Piano di Coordinamento, occorrerà tenere conto sia delle condizioni meteorologiche e sia delle relative reciproche quote di invaso durante le manovre di fluitazione.

A titolo indicativo, sarà opportuno prevedere tali manovre quando la quota della Diga Leone si trova ad un livello alto, al fine di avere un carico idraulico adeguato sugli scarichi di fondo e mezzofondo e di avere una torbidità dell’acqua quanto possibile ridotta, e qualche giorno dopo avvenuti eventi di discreta piovosità.

Ciò dovrà avvenire nel momento in cui l’alveo a valle non sia interessato da portate dei piccoli affluenti laterali ancora significative e che l’invaso della Diga Gammauta non registri consistenti incrementi di quota. Inoltre tali manovre di fluitazione non

dovranno avvenire nel momento in cui i dati meteorologici prevedano nei successivi giorni eventi consistenti di pioggia.

Le manovre, inoltre, non dovranno avvenire, preferibilmente, al termine della stagione invernale, in cui, ovviamente, si dovrà preservare la risorsa idrica in vista della stagione estiva, ma bensì nel periodo invernale, semprecchè siano garantite le condizioni di Protezione Civile e le condizioni di salvaguardia degli alvei a valle e delle relative persone e cose. Ciò in quanto, malgrado si rilasceranno importanti volumi d'acqua, il successivo riverificarsi di eventi piovosi invernali permetterà di reintegrarli nell'Invaso in questione.

Al riguardo si rammenta che l'utilizzo delle acque della Diga Leone è finalizzato all'uso potabile.

5.4.2 – Vincoli ambientali

Il programma delle "fluitazioni" deve tener conto di alcuni ben precisi vincoli ambientali e precisamente:

- il pieno rispetto degli "obiettivi di qualità", fissati per le acque defluenti a valle diga nel Piano di tutela delle acque dell'inquinamento, come previsto nel D.L. 11 maggio 1999 n°152 [1];
- *il rispetto "dei cicli biologici delle popolazioni ittiche, presenti nel serbatoio e nell'asta fluviale a valle diga, con particolare riferimento al periodo riproduttivo e alle prime fasi di sviluppo, in modo da minimizzare gli effetti negativi sull'equilibrio del sistema acquatico, a monte e a valle dello sbarramento".*

5.4.3 – Tutela delle acque dall'inquinamento

Nella precedente edizione del Progetto di Gestione si era già fatto riferimento al piano per la "Tutela delle Acque dall'Inquinamento", di cui al D.L. 152/1999, al tempo non ancora attivo in Sicilia. Successivamente il D.L. 152/2006 ha ulteriormente perfezionato la normativa relativa alle acque di scarico e, a cura della Regione Sicilia, sono stati avviati vari "Piani di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia". In quello del 2016, relativo al 2° Ciclo di

pianificazione (2015-2021)¹¹ risulta che il Lago Leone (Tabella 5.6) è classificato come “Fonte di acque superficiali destinata alla produzione di acqua potabile”, mentre il Fiume Sosio-Verdura, che è il recipiente a valle, non risulta tuttora Classificato (si veda Tabella 5.8 relativa alle acque destinate alla vita dei pesci).

Al riguardo si osserva che per quanto riguarda la prima limitazione, che considera le acque afferenti al serbatoio, il monitoraggio richiesto per la caratterizzazioni delle acque destinate ad uso potabile viene già eseguito regolarmente dal personale del Concessionario e Gestore. Per quanto riguarda invece le acque scaricate nell'alveo a valle (Fiume Sosio-Verdura), non sussistono attualmente vincoli particolari.

Per le acque di scarico è previsto, proprio nel presente Progetto, uno specifico monitoraggio con adeguate stazioni di prelievo campioni.

Di conseguenza, se anche venisse richiesto uno specifico monitoraggio per la protezione dei siti a valle, sarebbe sufficiente implementare il prelievo di campioni dell'acqua scaricata e sottoporli alle prove di controllo all'uopo richieste.

Pertanto il presente programma, per lo sfangamento con rilascio a valle, è stato fatto senza tener conto di particolari vincoli relativi alle acque del corso d'acqua a valle.

Ciò tuttavia non diminuisce l'importanza di tale piano operativo, che mantiene tutto il suo significato programmatico e consente di avviare già da ora la prima fase del piano di monitoraggio, che, come sarà successivamente specificato, è intesa alla messa a punto di alcuni parametri essenziali per una più mirata definizione delle acque di scarico, ai fini del pieno rispetto delle acque di valle.

5.4.4 – Fauna ittica

A questo riguardo l'indagine effettuata ha potuto accertare la presenza delle seguenti specie ittiche:

anguille, carpa, pesce persico

e di conseguenza è stato possibile individuare la stagione interessata dei cicli riproduttivi e delle prime fasi di sviluppo.

Il periodo più delicato per la fauna ittica può quindi essere situato nei mesi di marzo-luglio.

¹¹ Regione Siciliana- Assessorato dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità – Dipartimento dell'Acqua e dei Rifiuti Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia - Relazione Generale – Giugno 2016

5.4.5 – Rilascio in concomitanza con eventi di piena

Si ritiene opportuno evidenziare qui anche un criterio operativo, che pur non discendendo da prescrizioni normative, costituisce un vincolo di opportunità per i rilasci a valle, che riveste una notevole importanza e quindi va seguito ogni volta che si verifichino le situazioni meteoriche e idrologiche adeguate.

Tale criterio è quello di effettuare le operazioni di rilascio, con apertura dello scarico di fondo, in corrispondenza di eventi naturali di piena e precisamente in coda a tali eventi, cioè quando la portata al colmo è già transitata e la piena stessa è in fase di esaurimento.

In tal modo lo scarico artificiale, senza incrementare la portata massima dell'evento naturale, può inserirsi in esso come prolungamento e sfruttare così importanti fattori ad esso connesso, quali:

- l'utilizzo di acque di piena che probabilmente sarebbero comunque riversate a valle, con evidente risparmio delle acque d'invaso;
- possibilità di svasare a valle il deflusso di scarico in un momento in cui il corso d'acqua è già sede di deflussi consistenti così da favorire la dispersione del materiale solido fluitovi a valle.

Ovviamente ciò sarà possibile solo a seguito delle operazioni di disostruzione dello scarico di fondo, in atto otturato, ed alle possibilità di rilascio che dipendono dalle correlate condizioni dell'alveo a valle e della Diga Gammauta, che sbarra tale alveo a valle dell'Invaso Leone, nel rispetto del nuovo Documento di Protezione Civile recentemente approvato, e alle esigenze idropotabili.

Occorre inoltre suddividere gli scarichi a valle in più fasi distanziate nel tempo, così da consentire al fiume di accogliere e disperdere l'afflusso del materiale solido, con minor disturbo della vita acquatica.

La torbidità specifica per le acque di scarico è stata fissata in termini ponderali pari a 12 kg/m³; tale concentrazione, dato il peso secco dell'unità di volume del materiale sedimentario, in sito, pari a 0.92 t/m³, corrisponde a una concentrazione volumetrica pari ¹²⁾ all'1%.

¹² La concentrazione del materiale solido contenuto nell'acqua di spurgo (torbidità in kg/m³), in termini volumetrici riferiti direttamente al materiale sedimentario allo stato naturale in sito, è data dal rapporto fra il peso del materiale solido contenuto nel m³ dell'acqua di spurgo (12 kg/m³) e il peso del materiale solido contenuto nel m³ del materiale sedimentario in sito ($\gamma_d = 920 \text{ kg/m}^3$) rapporto pari a 0.013 e in c.t. a 0.01.

5.4.6 – Entità del rilascio a valle

Pertanto, in base alla prevista quantità del materiale da asportare dall'invaso, pari teoricamente a 13.240 m³/anno, e alla concentrazione delle torbidità prefissata, come sopra specificato, il necessario quantitativo dell'acqua di rilascio risulta annualmente pari a:

$$V_a = 13.240/0.01 = 1.324.000 \text{ m}^3 \text{ e in c.t. } \underline{1.350.000 \text{ m}^3}$$

5.4.7 – Periodo ottimale per attuare i rilasci

Considerato il periodo di rispetto della fauna ittica (da marzo a luglio) e quello di più probabile accadimento degli eventi di piena, il periodo attuale per attuare i rilasci a valle va situato nella stagione autunnale e invernale, da ottobre a febbraio, possibilmente in coda ad eventi piovosi di consistente intensità, ma comunque ad una certa distanza temporale dagli stessi al fine di non interferire con l'esaurirsi di eventuali eventi di piena a valle della diga in questione.

5.4.8 – Programma temporale delle operazioni di fluitazione

Considerato tutto quanto precedentemente precisato, il programma delle operazioni di fluitazioni può essere articolato come segue.

Per altro va evidenziato, come già indicato precedentemente, che questo programma sarà possibile solo a seguito delle operazioni di disostruzione dello scarico di fondo, in atto otturato, ed alle possibilità di rilascio che dipendono dalle correlate condizioni dell'alveo a valle e della Diga Gammauta, che sbarra tale alveo a valle dell'Invaso Leone, nel rispetto del nuovo Documento di Protezione Civile recentemente approvato, e alle esigenze idropotabili.

- Annualmente devono essere eseguiti, ove possibili per motivi di natura idrologica e di salvaguardia della risorsa idrica, almeno n°4 interventi di spurgo con apertura dello scarico di fondo fino alla portata massima efficace per determinare una consistente asportazione del materiale sedimentario.

Di conseguenza il rapporto di trasformazione fra il volume dell'acqua di spurgo, alla concentrazione (c) prefissata e il volume del materiale sedimentario risulta pari a $k = c/\gamma_d = 0.0011 \cdot c$, che per $c = 12 \text{ kg/m}^3$ dà $k = 0.01$.

Tale portata massima dovrà essere fissata nella prima fase sperimentale del monitoraggio in relazione all'entità della concentrazione della torbidità registrata. Tuttavia si ritiene opportuno prefissare qui, a scopo puramente orientativo, una portata compresa nell'intervallo $5 \div 15 \text{ m}^3/\text{s}$, con media $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Complessivamente il deflusso scaricato a valle dovrebbe essere limitato a $1.350.000 \text{ m}^3$.

- Tali interventi si dovrebbero svolgere per n° 2 nella stagione autunnale e per n° 2 in quella primaverile, con l'accortezza di dilazionarli nel tempo con intervallo di 7 giorni.
- Se possibile per il verificarsi di eventi di piena o di morbida consistente, tali interventi dovranno essere iniziati "in coda" agli eventi stessi, avendo però cura di dare inizio all'intervento solo quando è iniziata la fase di esaurimento della piena.

In questo caso, e nei limiti consentiti dalla durata dell'evento naturale, le operazioni di scarico potranno convenientemente essere prolungate anche oltre i tempi successivamente indicati e fino a completo esaurimento dell'evento naturale.

- Ogni singola operazioni di spurgo, a parte la maggior durata possibile in concomitanza con eventi di piena naturale, come già sopra precisato, dovrà essere eseguita con le seguenti modalità.
 - Apertura graduale dello scarico di fondo fino alla portata massima qui indicata presuntivamente in $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - Mantenimento di tale apertura per un periodo continuativo di 9.38 ore (pari a 9 h, 23'), così da fluitare a valle un volume idrico pari a :

$$9.38 \times 3.600 \times 10 = 337.500 \text{ m}^3$$
 pari a 1/4 del volume idrico da scaricare in un anno.

Tale periodo ovviamente è qui indicato con carattere puramente orientativo in quanto il periodo reale potrà essere fissato solo dopo l'accertamento della effettiva capacità di spurgo di questa operazione, come previsto nel programma di monitoraggio.

I livelli di concentrazione

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione del materiale solido in sospensione nelle acque di scarico, si fissano i seguenti livelli massimi:

- valore massimo orario 10% (volume/volume) ¹³⁾

¹³ Come definito precedentemente, tali valori corrispondono a volume solido, riferito a materiale di sedimentazione in sito, e volume liquido del deflusso di scarico.

- valore medio relativo all'intera operazione 1% (volume/volume)

Tali valori ovviamente dovranno essere confermati o eventualmente aggiustati sulla base delle risultanze della prima fase del monitoraggio, nella quale verrà determinata sperimentalmente proprio l'entità della torbidità specifica nelle acqua di scarico, in funzione della portata e del tempo, lungo l'intero periodo di scarico.

5.5 – PIANO OPERATIVO N3 – Sistemazione Idraulica Forestale del Bacino Idrografico

Il presente Piano Operativo si compone di due tipologie di Interventi, un Intervento Idraulico ed un Intervento Vegetativo/Forestale.

A seguire si descrivono in linea generale e di fattibilità le relative caratteristiche e modalità. Per la realizzazione di tali interventi si dovrà, in futuro, procedere alla redazione di apposito Progetto, che dovrà essere preceduto da uno specifico Studio Geologico sulla situazione in atto, un rilievo topografico delle aste fluviali interessate in scala adeguata (orientativamente 1/200÷500), un accurato rilevamento dei dissesti da ubicare sulla base topografica predisposta, un accertamento geotecnico per la caratterizzazione della resistenza dei terreni interessati ed un'individuazione della tipologia Vegetativo/Forestale e dell'entità di tale tipologia.

5.5.1 – Linee guida per il Progetto di Sistemazione Idraulica

Il presente Intervento di Sistemazione Idraulica afferente al serbatoio, deve essere concentrato prioritariamente sul versante in sinistra idrografica della valle, lungo l'asta fluviale principale, compresi i piccoli tributari in sinistra, e lungo il Vallone del Sardo.

I dissesti accertati sono infatti concentrati in queste zone (cfr. Carta Regionale dei Dissesti-disegno allegato B8).

Tuttavia, se ritenuto utile per la riduzione dell'apporto solido, potrebbe interessare anche i pendii circostanti, classificati come seminativo semplice, con modeste canalizzazioni per la miglior regimentazione delle acque superficiali (cfr. ISPRA Fascicolo 85/2013 *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione*).

PLANIMETRIA PIANO OPERATIVO N3 - scala 1 : 25 000

Limite bacino imbrifero

Serbatoio Piano del Leone

Zone oggetto di sistemazione
idraulica-forestale del bacino
affidente al serbatoio

Al riguardo si fa presente che, alla realizzazione di tale intervento, dovrà essere garantito il conseguimento/mantenimento degli obiettivi, previsti nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico Regionale, tramite il sistema di valutazione idrogeomorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua (IDRAIM – Manuali e linee guida n. 131/2016) a cura dell'ISPRA e la valutazione dello stato dei corsi d'acqua interessati, con l'applicazione dei criteri per la classificazione di tale stato dei corsi dei corpi idrici superficiali stabiliti dal Regolamento approvato con D.M. n° 260 del 8.11.2010, come espressamente richiesto dall'Autorità di Bacino.

Per tale Intervento si prevede:

- Individuazione e caratterizzazione geometrica del tratto di alveo a monte diga e delle relative sponde che saranno interessate dell'Intervento di Sistemazione Idraulica, attenzionando la situazione attuale e quella che ci si propone di ricostituire ed individuando il tratto di alveo che risulta necessario assoggettare ad Intervento.
- Determinazione delle caratteristiche geofisiche della tipologia di trasporto solido in apporto da monte dal Torrente adduttore.
- Individuazione dei Processi di mobilità laterale ed erosione delle sponde, tipo, ad esempio, processi di degradazione meteorica e di indebolimento e/o processi di erosione e/o movimenti di massa.
- Analisi delle cause dei Processi di Erosione e di Trasporto Solido.
- Ricostruzione spazio/temporale delle variazioni idro/morfologiche dell'alveo posto a monte Invaso.
- Caratterizzazione Idraulica e Determinazione del Comportamento Idraulico dell'alveo posto a monte dell'Invaso mediante applicazione dei modelli Idraulici e di Piena.
- Valutazione della Qualità Morfologica del tratto di alveo posto a monte dell'Invaso e che sarà interessato dall'Intervento di miglioramento fondale/spondale.
- Individuazione e Rappresentazione delle Criticità puntuali e generali del tratto di alveo posto a monte dell'Invaso.
- Classificazione delle Dinamiche di Evento a cui sono attribuibili i fenomeni erosivi/degradativi.
- Individuazione delle tendenze future dei fenomeni erosivi/degradativi.
- Predisposizione Piano di Monitoraggio delle future variazioni IdroMorfologiche del tratto di alveo posto a monte interessato.

- Previsione dell'Evoluzione Morfologica della situazione fondale/spondale del tratto di alveo posto a monte interessato.
- Individuazione di possibili Azioni di Miglioramento Idromorfologico.
- Individuazione degli Interventi Tecnici di Miglioramento Idromorfologico.

Tali Interventi possono riguardare:

- Gradonate e terrazzamenti da realizzare attraverso l'esecuzione di palizzate, viminate o fascinate, muretti in pietrame e/o gabbioni, staccionate, etc., nonché inerbimento.
- Rivestimenti antiersivi sintetici realizzati con vari tipi di prodotti sia geosintetici che naturali, geostuoie tridimensionali; geocompositi; rivestimenti vegetativi; geocelle.

L'impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antiersive oltre all'azione di protezione meccanica superficiale, si realizzano funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare le varie zone soggette ad Intervento.

- Creazione di briglie, salti di fondo, rivestimenti spondali/fondali possibilmente non rigide (in gabbionate metalliche), al fine di una riduzione delle pendenze del fondo alveo, e un rimboschimento delle sponde con vegetazione arbustiva, al fine di consolidamento delle sponde stesse.

- Predisposizione di un Piano di Manutenzione e Gestione del tratto di alveo posto a monte interessato che permetta, PostIntervento di Miglioramento fondale/spondale e nei tempi successivi, il mantenimento delle condizioni di IdroMorfologiche raggiunte.

Per la realizzazione di tale Intervento, così come per quello successivo di tipo Forestale/Vegetativo, è richiesto preventivamente la redazione di apposito Progetto, che va preceduto da uno specifico Studio Geologico sulla situazione in atto, un rilievo topografico delle aste fluviali interessate in scala adeguata (orientativamente 1/200÷500), un accurato rilevamento dei dissesti da ubicare sulla base topografica predisposta, un accertamento geotecnico per la caratterizzazione della resistenza dei terreni interessati.

5.5.2 – Linee guida per il Progetto di Sistemazione Forestale

Per tale Intervento si prevede:

- Individuazione della vegetazione esistente e verifica degli eventuali effetti positivi o negativi che tale vegetazione ha sui processi erosivi e/o degradativi delle sponde dell'alveo posto a monte Invaso.
- Individuazione della vegetazione antiersiva da porre in opera per il miglioramento delle condizioni spondali del tratto di alveo posto a monte Invaso.

Al riguardo si possono precedere le seguenti tipologie di Interventi:

Per la scelta della vegetazione da utilizzare sarà opportuno fare riferimento a specie autoctone (cfr. PSR SICILIA2014/2020 Allegato 11).

Tale vegetazione sarà individuata nel dettaglio a seguito di apposito Studio AgroForestale.

5.5.3 – Ubicazione Planimetrica dei possibili Interventi

Nella Rappresentazione Planimetrica, ivi riportata, delle possibili aree che saranno oggetto della Sistemazione Idraulica Forestale, sono state, in linea preventiva di Fattibilità, individuate possibili zone che, in base alle caratteristiche geomorfologiche possono essere oggetto di tale tipologia di interventi.

Ciò in quanto, proprio per le caratteristiche di tali zone, si ritiene che tali interventi possano essere migliorativi in termini di minore possibilità di verificarsi, nel tempo, di fenomeni erosivi, specialmente nel corso di eventi piovosi consistenti, con il conseguente apporto nelle acque di ruscellamento all'interno dell'Invaso di materiale particellare solido in sospensione che andrebbe, via via, a ricostituire strati di sedimento in fondo all'Invaso stesso.

5.6 – PIANO OPERATIVO N4 – Ripristino della Capacità Totale d'Invaso

5.6.1 – Campagna di Indagini per la Caratterizzazione Geognostica/Ambientale dei Sedimenti da mobilitare

Considerata l'ampia Campagna di Indagini Geognostiche/Ambientali che sono state eseguite per quanto concerne il Piano Operativo N1, nel momento in cui si dovrà predisporre il

presente Piano Operativo N4, si procederà ad una nuova Campagna di Indagini di tipologia simile, ma aggiornata ad eventuali evoluzioni Normative di riferimento.

5.6.2 – Consistenza dell'Interrimento

Analogamente a quanto sopra, per quanto concerne l'individuazione dei Volumi di Interrimento da asportare nella presente Fase Operativa N4, considerato il tempo che sarà intercorso dall'esecuzione della Fase Operativa N1, si procederà ad un nuovo Rilievo Batimetrico di dettaglio, che riguardi l'intera area dell'Invaso.

5.6.3 – Vincoli relativi ai piani di tutela delle acque nell'alveo a valle

Per quanto concerne i Vincoli relativi ai piani di tutela delle acque nell'alveo a valle, considerato il tempo che sarà intercorso dall'esecuzione della Fase Operativa N1, si procederà ad una Verifica di eventuali variazioni normative intervenute nel tempo.

5.6.4 – Programma di Gestione per il Ripristino della Capacità d'Invaso

La normativa vigente [2] prevede che per il razionale controllo della capacità d'invaso, sia messo a punto un piano previsionale *"per assicurare il mantenimento e il graduale ripristino della capacità utile, propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa"* (cfr. [2] Art. 3 comma 1). La finalità di garantire la funzionalità degli scarichi, indipendentemente dalla necessità e dalle modalità dell'eventuale intervento di sfangamento è inoltre ribadita anche allo stesso Art. 3 – comma 5.

Il recupero integrale/parziale/progressivo della capacità utile dell'invaso, in base al proprio programma di utilizzo della risorsa idrica, può considerarsi un interesse di pertinenza del Gestore, in funzione della valutazione sul rapporto costi/benefici.

Per quanto sopra esposto, in linea generale, tenendo conto che con il Piano Operativo N1 sarà già stato eseguito il primo intervento di sfangamento limitato al volume necessario e sufficiente ad assicurare la piena funzionalità dello scarico di fondo, nel presente Piano Operativo N4 si prevedono due successivi interventi di sfangamento di più vaste proporzioni,

compatibili con le risorse economiche a disposizione, tesi a consentire il recupero integrale dell'invaso in modo graduale, come concretamente previsto dalla normativa.

Va inoltre precisato che l'intervento proposto dovrà comunque essere integrato da interventi periodici di spurgo atti ad assicurare il mantenimento della capacità utile recuperata e il funzionamento nel tempo dello scarico di fondo.

Pertanto gli interventi proposti risultano distinti in due tipologie:

- intervento di sfangamento per recupero totale della capacità d'invaso;
- intervento di spurgo per mantenimento capacità d'invaso e per assicurare nel tempo la permanente funzionalità dello stesso scarico di fondo;

5.6.5 – Criteri e modalità di Sfangamento

Come già accennato precedentemente, l'interrimento dell'invaso, come accertato con le nuove indagini eseguite, presenta le seguenti caratteristiche.

Il volume totale, in atto, del materiale sedimentato che dovrà essere asportato per il Ripristino Totale della Capacità d'Invaso ammonta a 1.331.000 m³, (compreso il volume morto pari a 200.000 m³) a con un aumento di 351.000 m³ rispetto all'interrimento di 980.000 m³, denunciati nel Progetto originario del 2006.

All'atto dell'approntamento del presente Piano Operativo N4, *considerando che sarà già stato attuato il Piano Operativo N1, il volume eventuale totale di sedimento da asportare risulterà in effetti pari a $1.331.000 \text{ m}^3 - 24.770 \text{ m}^3 = 1.306.230 \text{ m}^3$.*

Tale materiale risulta disposto omogeneamente su tutta l'area d'invaso, venendo a formare un pianoro suborizzontale che si eleva da quota 819, a filo diga, fino a quota 823, in coda al serbatoio.

In prossimità dell'imbocco dello scarico di Fondo, il materasso d'interrimento presenta uno spessore di circa 12.00 m, sulla soglia d'imbocco (a quota 808.30) dello scarico stesso, che risulta completamente ostruito e quindi inagibile, mentre anche lo scarico di Mezzofondo, con soglia a quota 813.09 m s.m., risulta ancora funzionante, ma già parzialmente ostruito.

Dalla situazione attuale, come sopra precisata e come illustrata negli allegati disegni conseguono le seguenti constatazioni e relativi obbiettivi d'intervento:

- la capacità utile dell'invaso, per il forte interrimento avvenuto, risulta attualmente di 2.80 Mm³ pari a circa 70% rispetto a quella originaria, mentre la capacità riservata agli

interrimenti risulta ovviamente del tutto annullata (si vedano in particolare le indicazioni riportate nelle Tavv. 7.5/a e 7.5/b allegate);

- l'imbocco dello scarico di Fondo risulta completamente ricoperto dall'ammasso sedimentario e quindi fuori servizio, mentre quello di Mezzofondo, pur ancora funzionante, risulta già parzialmente ostruito.

Si rende quindi necessario un intervento di sfangamento totale, di indubbia rilevanza economica, in aggiunta a quello di ripristino dello Scarico di Fondo e di MezzoFondo di cui al Piano Operativo N1, così da riottenere la Totale Capacità d'Invaso.

Gli Interventi di sfangamento, oltre a quello di tipo parziale afferente il Piano Operativo N1, che si ritiene opportuno proporre sono in complesso due, fra di loro alternativi, e sono definibili come segue.

I° Intervento

Questo intervento considera uno scavo di sfangamento di entità pari a quella di 90.000 m³ già prevista nel Progetto originario del 2006. In questo caso si è previsto, come già nella progettazione precedente, un piano di scavo composto da due tratte, così definite:

- prima tratta orizzontale, disposta a quota 809.00 m s.m. ed estesa a monte diga fino a superare l'opera d'imbocco dello scarico di fondo di circa 40 m;
- seconda tratta a pendenza 1/10, prolungata a monte fino a tagliare tutto l'ammasso sedimentario.

L'andamento di tale piano è rappresentato nella planimetria del disegno B7.2, e nella Tav. 7.6.2/a qui allegata, mentre il calcolo dell'entità dello scavo, eseguito per sezioni orizzontali, è riportato nel prospetto della Tav. 7.6.2/b. L'entità dello scavo di tale I° Intervento è risultata pari totalmente a circa 90.000 m³, che, al netto dei volumi di sedimento asportati di cui al Piano Operativo N1, risultano a = 65.230 m³.

Per quanto riguarda il previsto scavo di sfangamento é stato possibile utilizzare le indicazioni della planimetria B2, adeguatamente estese a monte.

In tal modo, utilizzando sia la planimetria dei rilievi batimetrici (B3/a, B3/b, B3/c), sia le curve di livello del substrato naturale della planimetria B2, è stato possibile ricostruire lo stralcio planimetrico riportato nella planimetria B7.2 e nella Tavv. 7.6.2/a, dalle quali risulta chiaramente la delimitazione spaziale di tutto il materiale di prevista rimozione.

II° Intervento

Questo intervento considera invece uno scavo di sfangamento esattamente come definito nel Progetto originario del 2006, ma che naturalmente risulta di entità ben maggiore, a causa dell'innalzamento del tetto del materiale di sedimentazione.

In questo caso pertanto si è previsto, come già nella progettazione precedente, un piano di scavo composto da due tratte, così definite:

- prima tratta orizzontale, disposta a quota 806.00 m s.m. ed estesa a monte diga fino a superare l'opera d'imbocco dello scarico di fondo di circa 40 m;
- seconda tratta a pendenza 1/10, prolungata a monte fino a tagliare tutto l'ammasso sedimentario.

L'andamento di tale piano è rappresentato nella planimetria del disegno B7.3 e nella Tav. 7.6.3/a qui allegata, mentre il calcolo dell'entità dello scavo, eseguito per sezioni orizzontali, è riportato nel prospetto della Tav. 7.6.3/b. L'entità dello scavo è risultata pari circa a 124.000 m³, con un incremento di ben 34.000 m³, rispetto alla situazione del 2006, che, al netto dei volumi di sedimento asportati di cui al Piano Operativo N1 e dei volumi di sedimento di cui al I° Intervento del presente Piano Operativo N4, risultano pari al netto a 34.000 m³.

Per quanto riguarda il previsto scavo di sfangamento è stato possibile utilizzare le indicazioni della planimetria B2, adeguatamente estese a monte.

In tal modo, utilizzando sia la planimetria dei rilievi batimetrici (B3/a, B3/b, B3/c), sia le curve di livello del substrato naturale della planimetria B2, è stato possibile ricostruire lo stralcio planimetrico riportato nella planimetria B7.3 e nella Tav. 7.6.3/a, dalle quali risulta chiaramente la delimitazione spaziale di tutto il materiale di prevista rimozione.

III° Intervento

Questo intervento considera invece uno scavo di sfangamento TOTALE, finalizzato al ripristino dell'originaria capacità d'Invaso, ma che naturalmente risulta di entità ben maggiore comportando lo sfangamento dell'intero volume di sedimento presente all'interno dell'Invaso, al netto dei volumi di sedimento asportati con il precedente Piano Operativo N1 ed i precedenti Interventi I° e II°.

Il volume di sedimento, in atto prevedibile, risulterebbe pari a 1.207.000 m³, tenendo conto che sarebbero stati già eseguiti il Piano Operativo N1 ed il I° e II° Intervento del Piano

Operativo N4.

Ovviamente tale Volume andrebbe aggiornato, mediante apposito Rilievo Batimetrico, all'atto dell'approntamento progettuale del presente Intervento.

I vari Interventi sopra esposti, diversi fra loro solo per l'entità dello scavo di sfangamento, potranno essere scelti in fasi successive.

Per quanto riguarda gli scavi di sfangamento di cui sopra, la zona interessata riguarderà l'intera Area dell'Invaso.

Come nei precedenti Interventi saranno utilizzate le metodologie di accumulo mediante le Vasche di Colmata e, considerando tuttavia il notevole volume di materiale sedimentato da asportare, con vuotamento delle stesse casse di colmata, che potranno pertanto essere utilizzate anche per fasi successive nel momento in cui il materiale decanterà nelle vasche, nel tempo, si provvederà a prelevare e destinarlo a successivi utilizzi nell'ambito dell'Agricoltura, mediante ammendamento di terreni agricoli, per il miglioramento delle caratteristiche pedo agronomiche dei terreni, e/o della Sistemazione del Territorio, come riqualificazione ambientale di zone morfologicamente dissestate o comunque alterate rispetto alla conformazione naturale dei siti circostanti, per una definitiva sistemazione a verde, e/o di Trasporto ad altri siti di conferimento.

successiva ripresa e trasporto su strada fino alla destinazione definitiva, con vuotamento delle stesse casse di colmata, che potranno pertanto essere utilizzate anche per fasi successive

Ciò sarà indicato all'atto della redazione progettuale del presente Intervento che terrà anche conto delle reali condizioni al momento stesso.

Per quanto riguarda poi le modalità operative dello scavo di sfangamento i criteri generali vengono fissati, secondo quanto già esposto nell'edizione precedente del 2006, come di seguito specificato.

- Data la consistente quantità del materiale da rimuovere dall'invaso, si ritiene più adeguato e conveniente adottare le seguenti modalità:
 - + sfangamento per asportazione del materiale a bacino pieno;
 - + attuazione di tale operazione mediante dragaggio, da realizzare da apposito natante.

Si ritiene infatti improponibile il sistema di sfangamento mediante rilascio a valle, a causa principalmente dell'elevata quantità d'acqua di diluizione che risulterebbe impegnata.

Al riguardo si deve tener anche conto che la previsione di uno sfangamento per rilascio è già presente nel presente programma, al fine del mantenimento della capacità d'invaso, con evacuazione periodica dell'apporto solido di ogni annata.

D'altra parte si ritiene opportuno scartare anche qualsiasi altro procedimento di asportazione diverso dal dragaggio, in quanto richiederebbe di intervenire a lago vuoto, con le seguenti conseguenze del tutto negative, considerando che l'utilizzo potabile delle acque dell'invaso non permetterebbe di interrompere la dotazione idrica praticamente costante e giornaliera:

- necessità di attuare il vuotamento completo del serbatoio, con pesante impatto sul corpo idrico recettore a valle diga;
- necessità di tenere il serbatoio completamente fuori servizio per un periodo discretamente lungo (circa un anno), con notevole danno delle utenze servite.
- Considerate le caratteristiche del materiale di sedimentazione, tale materiale può essere definito non inquinante e dotato di discrete proprietà pedoagronomiche.

Esso pertanto può essere considerato pienamente adeguato per un riutilizzo nei seguenti settori:

- ammendamento di terreni agricoli, per il miglioramento delle caratteristiche pedo agronomiche dei terreni;
- riqualificazione ambientale di zone morfologicamente dissestate o comunque alterate rispetto alla conformazione naturale dei siti circostanti, per una definitiva sistemazione a verde.

In tal senso la destinazione finale del materiale stesso potrà essere disposta anche a discreta distanza dall'invaso di prelievo.

- Va tuttavia tenuto presente che le proposte operazioni di dragaggio forniscono una miscela sempre di notevole fluidità, inadatta quindi a un utilizzo diretto nei settori sopra accennati, se non attraverso l'utilizzo di strutture di contenimento tipo Geotubi. Ne consegue la necessità di una fase di decantazione in apposite aree di deposito provvisorio o definitivo per attuare un drenaggio continuo, in modo da ottenere un materiale sufficientemente consistente sia per la messa a coltura, sia per il relativo trasporto a destinazione. Al riguardo va precisato che per grandi quantità di materiale, come previsto nel precedente progetto del 2006, si ritiene indispensabile adottare il metodo delle "casce di colmata", sempre che siano disponibili ampie risorse economiche disponibili da impiegare in tal senso, mentre per quantità di materiale più

limitate, come qui proposto per il I° Intervento, considerato attualmente il più urgente e indifferibile, si ritiene opportuno adottare il metodo dei “geotubi”, più rapido e snello, che permetterà, comunque, il ripristino della funzionalità dello scarico di fondo.

- Per quanto riguarda le casse di colmata, riprendendo quanto già espresso nella precedente edizione del 2006, il procedimento, che si propone qui si articola come segue:
 - deposito del materiale asportato dall'invaso in apposite casse di colmata, da realizzare nelle vicinanze del serbatoio, per attuare la completa decantazione ed essiccamento del materiale stesso;
 - successiva ripresa e trasporto su strada fino alla destinazione definitiva, con vuotamento delle stesse casse di colmata, che potranno pertanto essere utilizzate anche per fasi successive.

La ricerca effettuata, ha individuato una zona adeguata per la realizzazione delle casse di colmata, di entità anche esuberante per il contenimento del materiale di asportazione attualmente previsto.

Tenuto conto che le casse di colmata potrebbero essere realizzate nella piana in coda al serbatoio, quindi a distanza ravvicinata, si propone un procedimento, articolato come segue:

- α – Scavo di sfangamento mediante draga su natante, con rimando del materiale dragato fino alle casse di colmata, mediante pompaggio in apposita tubazione, parte galleggiante sul lago e parte fissa.
- β – Sedimentazione e drenaggio delle acque di decantazione, che possono essere restituite nell'alveo naturale a monte serbatoio e quindi essere in esso totalmente recuperate, evitando onerosi sprechi.
- χ – Al termine della decantazione, le vasche potranno essere svuotate, mediante adeguati mezzi meccanici, e il materiale risultante trasportato con mezzi su strada, alla destinazione definitiva.

La cessione di tale materiale a terzi rientra per altro nell'ambito di un'operazione commerciale, che non può essere programmata nella presente fase progettuale, ma dovrà essere definita dall'Ente Gestore, in base alle effettive richieste del mercato.

- Per quanto riguarda invece l'utilizzo dei geotubi vale in generale quanto detto sopra

relativamente alle finalità dell'operazione ed eventualmente anche la destinazione finale del materiale a deposito, ma cambiano radicalmente le modalità di drenaggio e si rimanda inoltre a quanto ampiamente esposto nel relativo Progetto Definitivo già completato e presentato.

5.6.6 – Modalità operative dello Sfangamento

Per la realizzazione dello scavo di sfangamento dell'invaso, in ogni caso, si prevede di utilizzare un impianto costituito sostanzialmente da una draga, montata su apposito natante, che opera nel serbatoio per l'asportazione e il sollevamento del materiale sedimentario, e da una condotta, in parte galleggiante sullo specchio liquido del serbatoio stesso e in parte fissa, atta ad addurre per pompaggio la miscela asportata fino a recapito nelle predisposte aree di deposito.

In linea orientativa la draga potrà essere di tipo tradizionale a disgregazione – aspirazione o pneumatica, ma nel progetto relativo all'intervento di sfangamento si dovrà comunque contemplare correttamente le esigenze economiche, con l'opportunità di avere una tipologia operativa che assicuri:

- la più alta concentrazione possibile di materiale solido nella miscela sollevata, al fine di ridurre al massimo l'impiego dell'acqua d'invaso;
- il minor disturbo del materiale da asportare, con riduzione della torbidità indotta nelle acque dell'invaso e di conseguenza l'impatto sulla popolazione ittica presente.

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'impianto, tenuto conto che i volumi da trattare e dei dislivelli geodetici e idraulici da superare risultano diversi per i vari interventi prospettati, si ritiene opportuno riproporre solo quello già presentato nella precedente edizione del 2006, relativo a un volume di riferimento di materiale dragato di 90.000 m^3 , che può essere considerato orientativo per una valutazione unitaria (nel senso di relativa a una unità unitaria del materiale trattato) dei parametri più significativi dell'impianto stesso.

Ovviamente tale indicazione trova validità anche per interventi di dragaggio di quantità minori e/o maggiori.

Per quello relativo al primo intervento di asportazione di circa $24.000 \div 28.000 \text{ m}^3$, si rimanda a quanto esposto nel Progetto Definitivo già completato e presentato.

Tenuto conto di quanto sopra specificato, il dimensionamento dell'impianto, in linea di

massima, risulta come di seguito specificato:

- + quantità massima del materiale in sito da asportare:

$V_s = 90.000 \text{ m}^3$ concentrazione prevista per la miscela risultante dal procedimento di

scavo:

$$p = 25\%$$

a cui corrisponde un peso di volume $\gamma = 1.25 \text{ t/m}^3$

- + volume conseguente della miscela da sollevare:

$$+ V_m = (90.000 \text{ m}^3 / 0.25) = \underline{360.000} \text{ m}^3$$

- + tempo utile di lavorazione, tenuto conto delle previste sospensioni per protezione fauna ittica (1.0 mese) e del tempo di essiccazione finale (1.0 mese):

$$T = 4 \text{ mesi} \quad \text{pari a:}$$

$$T = 4 \times 22 \times 8 = 640 \text{ (ore)}$$

- + portata media di sollevamento e vettoraggio della miscela:

$$Q_m = V_m / T = 562 \text{ e in c.t. } \underline{560} \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{pari a : } 160 \text{ l/s}$$

- + dislivello di sollevamento:

- quota minima di scavo: $q_1 =$ 806.00 m s.m.

- quota media di scavo: $q_0 =$ 811.50 m s.m.

- quota di recapito: $q_2 =$ 840.00 m s.m.

- lunghezza massima della condotta
di sollevamento e mandata: $L_1 = 3.000 \text{ m}$

- lunghezza media della condotta
di sollevamento e mandata: $L_0 = 2.500 \text{ m}$

- perdite di carico nella condotta
di mandata (tubazione PEAD - DN 350 mm): $i = 0.006$

- dislivello massimo:
 $H_{\max} = q_2 - q_1 + L_1 \cdot i =$ 52 m

- dislivello medio:
 $H_0 = q_2 - q_0 + L_0 \cdot i =$ 43.50 m

- potenza massima installata:
 $P_{\max} = g \cdot \gamma \cdot Q \cdot H_{\max} / \eta =$ 150 KW

con: $\gamma = 1.25 \text{ t/m}^3$

$\eta = 0.70$

$Q = 0.160 \text{ m}^3/\text{s}$

- potenza media di esercizio: $P_O = \underline{\underline{120}} \text{ KW}$

- energia assorbita:

$E = g \cdot \gamma \cdot V_m \cdot H_o / (\eta \cdot 3600) = 76.200 \cong 80.000 \text{ kWh}$

Parametri unitari:

- potenza massima installata:

$P_{\max} = 150 / 90000 = \underline{\underline{1.67 \cdot 10^{-3}}} \text{ KW/m}^3$

- potenza media di esercizio: $P_O = 120 / 90000 = \underline{\underline{1.33 \cdot 10^{-3}}} \text{ KW}$

- energia assorbita:

$E = 80000 / 90000 = 0.89 \cong \underline{\underline{0.90}} \text{ kWh}$

5.6.7 – Aree di deposito del materiale dragato

5.6.7.1 – Casse di colmata

Nell'eventualità di avere a disposizione le necessarie ampie risorse economiche che permettano un intervento di tale tipologia e di ottenere le relative autorizzazioni, per queste opere non vi sono modifiche di Aggiornamento e pertanto si riporta la trattazione già presentata nel progetto originario, come segue.

Per l'individuazione dell'area più adeguata alla realizzazione delle casse di colmata, è stata fatta un'ampia ricerca nei siti circostanti l'impianto in oggetto.

Come già accennato, la zona più rispondente è stata individuata nella stessa valle San Cristoforo ove è situato l'invaso, proprio a monte di quest'ultimo. Qui si apre una discreta piana che, specialmente in sinistra del corso d'acqua, presenta caratteristiche morfologiche adeguate alla finalità prevista e nel contempo si presenta priva di infrastrutture o di colture di qualche rilievo. Tutta l'area interessata infatti è destinata a pascolo, con limitati appezzamenti a seminativo (vedi Tav. 11/1 allegata).

Il substrato è interamente costituito dalla formazione delle argille scagliose del miocene e risulta ricoperto da una consistente coltre superficiale. Va per altro precisato che nella storia

della naturale evoluzione del territorio, qui considerato, trova credito l'ipotesi della presenza di un ambiente lacustre, esteso a monte della stretta di San Cristoforo, ove risulta situata l'attuale diga, ma che anche precedentemente ha potuto costituire uno sbarramento naturale.

Le testimonianze di questa situazione di paleo-lago sono da ricercarsi nella presenza di alluvioni fini che contornano l'attuale lago artificiale a quota superiore il suo livello di massimo invaso. Tale situazione dà ragione della consistente coltre superficiale, che risulta costituita da alluvioni lacustri fini (limi), inglobanti lembi di sabbia e di ghiaia e, localmente, limi nerastri di origine torbosa.

Le vasche di colmata e di decantazione vanno realizzate sulla piana in sinistra e addossate alla stessa sponda sinistra con disposizione a mezza costa (vedi Tav. 11.2).

Esse risultano delimitate da apposite arginature sia lungo tutto lo sviluppo a fianco dell'asta fluviale naturale, sia sui lati di monte e valle, con immersione nei terreni della citata sponda sinistra.

La realizzazione delle arginature è prevista con impiego dello stesso materiale in sito, proveniente da adeguato scavo di regolarizzazione.

Tuttavia è previsto un rivestimento in pietrame, per assicurare la difesa contro le acque di deflusso naturale, lungo tutto il paramento esterno dell'argine perimetrale (si veda: sezioni tipo – Tav. 11.3).

L'area complessiva delle vasche è poi prevista sezionata da un'arginatura interna, così da realizzare due vasche distinte. Ognuna delle vasche ha un'altezza arginale di 3.30 m, rispetto al punto più depresso del fondo, e un'altezza di massimo invaso di 2.80 m, rispetto allo stesso punto. Il fondo vasca è disposto con lieve inclinazione verso fondo valle.

La disposizione a due vasche indipendenti è funzionale al processo di riempimento e decantazione, che avverrà a cicli come successivamente dettagliato.

Infatti dopo il riempimento completo della prima vasca, si potrà passare alla seconda, lasciando tutto il tempo perché nella prima vasca si sviluppi l'intera fase di sedimentazione e lo scarico delle acque decantate. Si potrà quindi ritornare alla prima vasca, lasciando alla seconda la stessa possibilità di sedimentazione e decantazione.

Per il riempimento delle vasche e lo scarico delle acque decantate, con recapito nello stesso corso d'acqua naturale afferente al serbatoio artificiale, sono previste specifiche operette di immissione e scarico, disposte nel corpo stesso delle arginature.

La disposizione generale e particolare delle opere è illustrata negli allegati disegni B5.1-

B5.3 e nelle Tavv. 11/2 e 11/3 qui allegate. Per quanto riguarda i cicli di riempimento e scarico, in linea di massima, si è previsto quanto segue.

In relazione alle caratteristiche del dragaggio e a quelle delle casse di colmata, come già accennato, il procedimento di riempimento e scarico avverrà gradualmente in fasi successive. Al riguardo si precisa che le vasche di colmata sono nel complesso due con le seguenti capacità d'invaso.

vasca	capacità d'invaso (m³)
n°1	72 000
n°2	<u>53 000</u>
totale	125 000

Il tirante per ottenere tale capacità è uniforme su tutte le vasche e pari a 2.30 m, rispetto al piede arginale, che è il punto più depresso del fondo vasca, come già precisato precedentemente.

Si precisa inoltre che, per facilitare la sedimentazione del materiale solido all'atto dell'immissione nelle vasche della miscela proveniente dalle operazioni di dragaggio si prevede l'aggiunta di adatto flocculante.

In base a lavori analoghi si prevede di aggiungere un flocculante polielettrolita cationico (del tipo Prodefloc C, o simile) nella misura dello 0.2% in volume.

Di conseguenza è da prevedere che il materiale di sedimentazione subisca un aumento di volume del 10÷15% rispetto al volume del materiale come prelevato dal serbatoio, a causa di un maggior contenuto d'acqua inglobato per effetto del flocculante.

Considerati i quantitativi previsti di sedimento da asportare dal serbatoio nei vari Piani Operativi e nei vari Interventi, si può quindi valutare che il volume del materiale sedimentato nelle casse di colmata risulti pari a circa 100 000 m³. Con l'aggiunta di flocculante si può però considerare che il tempo di sedimentazione ad acque ferme, cioè dopo l'interruzione del riempimento della vasca in questione, sia abbastanza breve e non superiore a qualche giorno.

In pratica, come già accennato, il riempimento delle singole vasche avverrà per fasi successive. Infatti a riempimento completo della prima vasca, si passerà alla seconda, mentre nella prima si svilupperà il processo di sedimentazione con scarico dell'acqua chiarificata.

Alla fine del riempimento della seconda vasca si ritornerà sulla prima, che dopo

sedimentazione risulterà solo parzialmente riempita.

Il ciclo verrà ripetuto più volte a seconda dei quantitativi di sedimento da asportare, fino a sedimentazione di tutto il materiale di dragaggio.

Allo stato finale il riempimento delle vasche risulterà pari circa al 80% del volume disponibile (100 000 volume sedimentato/125 000 volume disponibile) con uno spessore di sedimento all'incirca pari a $0.80 \times 2.30^{14)} \cong 1.85$ m e franco di 0.45 sul massimo invaso previsto.

Il calcolo dei cicli di riempimento è riportato nell'allegata Tav. 12.

Si può constatare che per il deposito di tutto il materiale asportato dal serbatoio occorrono in pratica 5 cicli di riempimento – sedimentazione e che il tempo minimo fra la fine del precedente e il successivo riempimento si verifica dal 4° al 5° ciclo per la cassa 2 e risulta pari a 0.223 mesi, pari a circa 7 giorni, largamente sufficienti alla voluta sedimentazione dell'ultimo ciclo di riempimento che interessa volumi di miscela a battente molto esiguo.

Per verificare in linea preliminare la fattibilità della soluzione proposta, è stata eseguita un'estesa analisi della stabilità delle arginature previste per la realizzazione delle casse di colmata, in relazione alle effettive caratteristiche geotecniche dei terreni interessati e del materiale di previsto impiego per il corpo arginale.

Tale analisi, riportata nell'elaborato A3 allegato, ha dato risultati pienamente positivi, con coefficienti di sicurezza sempre superiori ai minimi regolamentari.

Come già sopra esposto, nel caso dell'attuazione del III° Intervento del Piano Operativo N4, l'utilizzo delle Casse di Colmata avverrà con vari cicli di riempimento/vuotamento delle stesse casse di colmata, considerando i notevoli volumi di sedimento da smaltire.

5.6.7.2 – Drenaggio mediante Geotubi

L'impiego dei geotubi per il deposito e il drenaggio del materiale di dragaggio del serbatoio rappresenta una metodologia alternativa alle tradizionali tecniche utilizzate per il drenaggio dei sedimenti lacustri, in termini di ingegneria naturalistica/ambientale. I geotubi sono degli involucri tubolari in geotessile tessuto, con buone caratteristiche di permeabilità, nei quali viene iniettato in pressione il materiale sedimentario da drenare. La realizzazione di tale

¹⁴ Tirante medio = $\frac{1}{2} (2.80 + 1.80)$.

involucro avviene mediante speciali tecniche di cucitura che conferiscono al manufatto una resistenza adeguata a sostenere le pressioni di riempimento e le spinte del materiale pompato al suo interno.

L'utilizzo dei geotubi risulta da preferire rispetto alle casse di colmata, sia per la maggiore rapidità dell'intervento, sia per i costi di realizzo, notevolmente più ridotti rispetto a quelli richiesti per il sistema basato sulle casse di colmata.

La zona adatta per la disposizione di queste strutture drenanti è stata individuata sulla sponda sinistra del serbatoio e si estende su un pendio a debole pendenza, che potrà essere lavorato a modeste gradonate per un più sicuro appoggio dei geotubi. La planimetria della zona proposta è riportata nel disegno B6, da cui risulta anche l'area di possibile posizionamento dei geotubi. Tale zona è stata oggetto di indagini geognostiche per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni interessati. Sulla base dei dati ottenuti è stato possibile eseguire delle verifiche di stabilità, che hanno dato risultati pienamente positivi.

6 – PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Si precisa che per il presente capitolo si è ritenuto opportuno non introdurre modifiche di aggiornamento in quanto non si dispone ancora di dati sperimentali relativi al Programma di Gestione previsto e al quale il presente programma è specificamente riferito. Pertanto mancano precise indicazioni che giustifichino qualsiasi modifica. Per quanto riguarda poi la normativa di riferimento si ritiene essenziale che essa venga puntualmente aggiornata all'atto della effettiva sperimentazione.

La normativa vigente [2] prevede che tutte le operazioni di scarico a valle, con funzione di rimozione di una parte del materiale sedimentato nell'invaso, per il mantenimento della capacità d'invaso, siano compiutamente monitorate al fine di controllare puntualmente gli effetti indotti sul corpo idrico recettore dal rilascio delle acque sia per svaso, che per spurgo dell'invaso.

Tali effetti possono essere schematicamente raggruppati in tre distinte tipologie:

- a - Alterazioni alle caratteristiche geometriche del corpo idrico recettore, per deposito anomalo del materiale solido veicolato dal deflusso idrico o per erosione delle sponde, così da indurre una modifica alle capacità di trasporto e di contenimento del cavo fluviale.
- b - Alterazione della qualità delle acque di valle, tenuto conto anche degli obbiettivi di qualità prefissati dal piano di "Tutela delle acque dall'inquinamento", come prescritto dal decreto legislativo n°152 del 1999.
Si è già precisato che tale piano in Sicilia non risulta ancora operativo, ma ugualmente il presente Progetto ne tiene debito conto, nel senso di prevedere tutti i controlli necessari per un corretto adeguamento futuro al piano stesso.
- c - Alterazione della vita acquatica nel tratto d'alveo immediatamente a valle dello sbarramento, con particolare riguardo alla popolazione ittica, presente nell'alveo stesso e anche nelle acque d'invaso.

Il piano di monitoraggio previsto nel presente Progetto di Gestione, e successivamente specificato, si divide in due fasi.

Si è infatti ritenuto opportuno prevedere in via preliminare una fase sperimentale intesa ad accertare la reale entità del materiale solido fluitabile a valle mediante le operazioni di

spurgo.

Tali accertamenti sono da considerare essenziali sia per una più adeguata messa a punto delle stesse operazioni di spurgo, già qui programmate, ma anche per aggiustare i livelli di torbidità previsti in modo da adeguarli alle esigenze degli "obbiettivi di qualità" delle acque di valle, come verranno fissati dall'attuale piano di tutela delle acque.

È chiaro che il monitoraggio, come sopra prospettato, è una operazione specificamente intesa alla salvaguardia della situazione ambientale dell'alveo a valle, e in tal senso la normativa la prescrive solo in caso di sfangamento per rilascio, mentre per lo sfangamento per asportazione, qui pure previsto, prescrive lo studio circa le modalità di dislocazione e smaltimento del materiale asportato.

Tuttavia anche nella fase di sfangamento per asportazione sarà necessario eseguire dei controlli mirati, rientranti concettualmente nell'ambito del monitoraggio.

6.1 – Fase sperimentale

Questa prima fase, a carattere preliminare, come già precisato ha l'unica finalità di accertare sperimentalmente l'entità del materiale solido trasportato in sospensione delle acque di scarico, rilasciate dallo scarico di fondo con funzione di spurgo dell'invaso.

Essa verrà quindi attuata per tutta la prima annata di esecuzione delle operazioni di spurgo.

La misurazione del materiale solido in sospensione dovrà essere fatta durante tutto il periodo di apertura dello scarico, in continuo o a intervalli regolari non inferiori ai 15 minuti.

Per il rilevamento potranno essere utilizzati strumenti torbiometrici removibili; da immergere nelle acque di deflusso in un punto ben definito da individuare e prefissare circa 1 km a valle diga.

Tale postazione dovrà essere convenientemente predisposta, eventualmente anche con una passerella, per facilitare il posizionamento dello strumento misuratore.

Lo strumento potrà essere di tipo ottico, con sensore a sonda da immergere nell'acqua di deflusso, sia di tipo meccanico, con campionatore integratore isoermetico.

Si ritiene comunque indispensabile, indipendentemente dal tipo di torbiometro adottato, che in prima fase siano eseguite anche prove manuali, con prelievo di campioni mediante apposito recipiente e misura diretta del materiale dopo sedimentazione, per una corretta taratura della strumentazione automatica.

Al riguardo si fa presente che potrebbe essere conveniente, per il prosieguo delle operazioni di monitoraggio, attrezzare una stazione fissa con possibilità di misura contemporanea dei deflussi liquidi e solidi.

In questo caso infatti, con modesta implementazione della strumentazione, sarebbe possibile effettuare anche ulteriori misure atte a fornire con immediatezza parametri molto utili per definire la qualità dell'acqua defluente, quali soprattutto: l'ossigeno disciolto, il PH e l'ammoniaca.

Tutte le misure di torbidità, o eventualmente anche di altri parametri, dovranno essere esattamente documentate e diagrammate al fine di evidenziare i valori più caratteristici, ma anche l'andamento nel tempo e in funzione della portata liquida.

6.2 – Fase di esercizio

Questa fase é finalizzata al controllo periodico, ma permanente, sia del trattamento di spurgo qui proposto, mediante verifica dei volumi utili d'invaso, sia dello stato di qualità chimico-fisica e biologica delle acque del corpo idrico recettore, mediante valutazione dei principali indicatori prescelti allo scopo.

È chiaro che tale monitoraggio dovrà proseguire per tutto il periodo di attuazione delle operazioni di spurgo, ma quando si fossero raggiunti dei soddisfacenti standard sia per le stesse operazioni di spurgo, sia per il controllo di qualità delle acque, gli accertamenti potranno essere ridotti sia di frequenza sia di numero, lasciando solo quelli risultati più significativi.

Va anche precisato che di norma tutti gli accertamenti sulle acque vanno eseguiti sia prima che dopo le operazioni di spurgo, in quanto la loro finalità primaria non è quella della classificazione delle acque, bensì quella di individuare eventuali modificazioni indotte dal trattamento di spurgo.

Il piano di monitoraggio qui proposto, con riferimento alle finalità generali precedentemente evidenziate e a quelle indicate nel presente paragrafo, prende in considerazione le seguenti tipologie di indagini e di analisi.

- 1 - Caratterizzazione del materiale di sedimentazione presente nel serbatoio sia chimica, che ecotossicologica.
- 2 - Rilevamento morfobatimetrico dell'invaso.

- 3 - Rilevamento della torbidità dell'acqua rilasciata a valle e dell'ossigeno disciolto.
- 4 - Ispezione visiva del tratto d'alveo che si estende per 10 km a valle diga.
- 5 - Controllo dello stato ecologico dell'acqua di deflusso mediante indagine sugli invertebrati macrobentonici, da eseguire sul corso d'acqua recettore, per un tratto di circa 10 km a valle diga, ante e post operazioni di spurgo.
- 6 - Indagine quantitativa della popolazione ittica presente nell'alveo a valle, da eseguire come sopra ante e post le operazioni di spurgo per il tratto già indicato dal corso d'acqua.

Si precisa in particolare che per gli accertamenti di cui ai punti 3), 5) e 6) è necessario determinare n°3 postazioni fisse, disposte rispettivamente.

1^a : a 1 km a valle diga

2^a : a circa 4÷5 km a valle diga

3^a : a circa 8÷10 km a valle diga.

6.2.1 – Caratteristiche degli accertamenti previsti

6.2.1.1 – Caratterizzazione del materiale sedimentato

La caratterizzazione fisico-chimica ed ecotossicologica del materiale d'interrimento è già stata fatta in questa sede.

Si ritiene necessario che tale caratterizzazione venga ripetuta, con lo stesso procedimento qui adottato, subito prima dell'inizio delle operazioni di spurgo e anche successivamente, con frequenza da fissare nel programma operativo.

6.2.1.2 – Rilevamento morfobatimetrico dell'Invaso

Anche questo accertamento è già stato eseguito nella presente fase progettuale.

Esso tuttavia va necessariamente ripetuto con analoghe modalità, al fine di controllare per confronto le variazioni indotte dalle operazioni di spurgo sullo stato del fondale dell'invaso.

In tal modo si avrà modo di verificare l'efficacia dell'intervento e l'effettiva disponibilità della capacità utile dell'invaso.

6.2.1.3 – Rilevamento della torbidità delle acque di spurgo

Questo accertamento è qui stato programmato per la fase sperimentale.

Esso va ripetuto comunque, con le stesse modalità, durante tutte le operazioni di spurgo per due scopi ben definiti:

- verificare che non siano superati i livelli approvati per le operazioni di spurgo;
- accertare le caratteristiche quantitative e di distribuzione temporale dell'elemento fondamentale (materiale solido di spurgo) per i temuti effetti indotti nelle acque del corso d'acqua recettore, così da poter valutare l'effettiva correlazione con tali effetti e poterne dedurre le più adeguate modifiche ai livelli di torbidità ammessi.

Si ritiene inoltre opportuno che in contemporanea venga rilevato anche il tenore dell'ossigeno disciolto, che risulta strettamente correlabile con il grado di torbidità.

Ciò potrà consentire di correlare i dati relativi all'ossigeno disciolto a quelli relativi al grado di torbidità, su serie di dati significativi, al fine di individuare una legge di correlazione, che potrebbe essere molto utile per evidenziare le variazioni della torbidità mediante il semplice rilevamento del OD.

6.2.1.4 – Ispezione visiva

L'ispezione visiva va effettuata su tutto il tratto del corso d'acqua recettore, dalla diga fino alla 3^a postazione di misura, al fine di verificare se il deflusso rilasciato ha determinato modifiche apprezzabili della sagoma geometrica del cavo naturale.

In particolare l'ispezione deve individuare l'eventuale presenza di:

- accumuli anomali di materiale sedimentato;
- erosioni di sponda che compromettano la stabilità delle stesse o la normale capacità di contenimento fluviale;
- esondazioni non previste, indicandone le eventuali cause.

6.2.1.5 – Stato ecologico dell'acqua

Per accertare le variazioni indotte dalle operazioni di spurgo sullo stato ecologico delle acque dell'alveo recettore, si prevede di utilizzare la classifica prevista dal decreto legislativo n°152

[1], che è basata sui seguenti parametri:

- Indice Biotico Esteso (IBE);
- Macrodescrittori, come di seguito elencati:
 - + Ossigeno disciolto, in termini assoluti (mg/l) e in % sulla saturazione
 - + BOD₅ (O₂ mg/l)
 - + COD (O₂ mg/l)
 - + Azoto ammoniacale NH₄ (N mg/l)
 - + Azoto nitrico NO₃ (N mg/l)
 - + Fosforo totale (P mg/l)
 - + Escherichia coli (UFC ml)

La classifica prevista dalla normativa citata si basa su due griglie di riferimento (Tabelle 7 e 8 dell'Allegato 1 – capo 3.2), che vengono riportate qui di seguito.

Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori (Tabella 7 della Legge)

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100-OD (% sat.)	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD ₅ (O ₂ mg/L)	< 2.5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD (O ₂ mg/L)	< 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
NH ₄ (N mg/L)	< 0.03	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 1.5	> 1.5
NO ₃ (N mg/L)	< 0.30	≤ 1.5	≤ 5	≤ 10	> 10
Fosforo totale (P mg/L)	< 0.07	≤ 0.15	≤ 0.30	≤ 0.6	> 0.6
Escherichia coli (UFC/100 m/L)	< 100	≤ 1.000	≤ 5.000	≤ 20.000	> 20.000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato	80	40	20	10	5
LIVELLO DI INQUINAMENTO DAI MACRODESCRITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

Stato ecologico dei corsi d'acqua (si consideri il risultato peggiore tra I.B.E. e macrodescrittori) (Tabella 8 della legge)

	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
I.B.E.	≥ 10	8-9	6-7	4-5	1-2-3
LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESCRITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

Si prevede pertanto di eseguire il prelievo, ante e post operazioni di spurgo, di campioni d'acqua adeguati per tutte le analisi di cui sopra.

Tali prelievi dovranno essere fatti in tutte tre le postazioni prefissate, come indicato all'inizio della presente sezione 8.2, secondo i tempi e le frequenze specificate nel Piano Operativo.

Si specifica comunque che in linea generale la classificazione completa, con determinazione sia dell'IBE che dei Macrodescrittori, sarà prescritta solo per cicli complessivi di spurgo, mentre la determinazione dell'IBE, sarà prevista con maggior frequenza, in modo da avere almeno n°4 campioni in un anno e per ogni postazione.

6.2.1.6 – Indagine della popolazione ittica

L'indagine quantitativa della popolazione ittica presente nel corpo idrico recettore dovrà essere eseguita mediante cattura dei pesci con elettrostorditore su tratti predefiniti dall'asta fluviale e rilascio degli stessi, dopo esecuzione delle misurazioni di cui appresso, nel corso d'acqua a valle del tratto campionato.

Saranno prefissati n°2 tratti da campionare in zone omogenee del corso d'acqua, disposti rispettivamente: uno fra le postazioni 1 e 2, già prefissate, e il secondo fra le postazioni 2 e 3. Le tratte dovranno avere lunghezza compresa fra 40 e 100 m, a seconda della velocità della corrente idrica, riservando la lunghezza più breve a zone ove la corrente fosse a velocità molto bassa e quasi stagnante.

Tali tratte al momento della campionatura dovranno essere confinate a monte e valle con reti per evitare la fuga di pesci, prima della cattura.

Esse dovranno inoltre essere misurate in lunghezza e larghezza, per valutarne l'area della superficie bagnata.

Su tutti i pesci catturati verranno eseguite le seguenti misurazioni e caratterizzazioni:

- n° dei pesci e relative specie;
- misura della lunghezza di ciascun soggetto;
- misura del peso complessivo per i pesci della stessa specie.

Tutte le misure dovranno essere fatte in sito al momento della cattura e subito dopo i pesci dovranno essere rilasciati in alveo.

Successivamente i dati raccolti verranno elaborati e il peso dei pesci catturati verrà rapportato

al m² di area campionata, sia in totale, sia per ogni singola specie.

L'influenza delle operazioni di spurgo sulla fauna ittica verrà infine valutata sulla base del confronto fra le densità rilevate nelle rispettive indagini eseguite nelle varie postazioni ante e post le operazioni di spurgo, secondo i tempi e le frequenze definite al successivo Programma Operativo.

6.2.2 – Piano operativo

Precedentemente è stata distinta una prima fase "sperimentale" e la fase successiva "di esercizio".

La differenza sostanziale fra le due fasi è data dal fatto che la prima è intesa alla definizione sperimentale della concentrazione di torbidità raggiungibile con le operazioni di spurgo, come programmate.

Nella fase successiva i livelli di torbidità dovrebbero invece risultare già ben precisati e prefissati prima dell'operazione di spurgo.

Pertanto nella fase sperimentale il livello di torbidità prefissato è solo indicativo e il monitoraggio è inteso a indagare i reali effetti del rilascio, mentre nella fase di esercizio il livello di torbidità prefissato ha carattere prescrittivo e il monitoraggio è inteso a controllare che non venga superato durante tutto il rilascio.

Tuttavia, per quanto riguarda tutti gli altri controlli previsti nel monitoraggio, non vi è differenza sostanziale fra le due fasi e il monitoraggio completo (comprendente anche i controlli ecologici oltre quello della sola torbidità) può essere iniziato sia dalla fase sperimentale, sia da quella di esercizio, a seconda dell'opportunità pratica.

Pertanto nel presente Piano Operativo non viene tenuto conto della suddetta distinzione in due fasi successive.

Tutto ciò premesso, il piano operativo può essere definito come segue.

6.2.2.1 – Caratterizzazione del materiale sedimentario

La caratterizzazione fisico-chimica ed ecotossicologica del materiale d'interrimento dell'invaso, come previsto al para, va eseguita prima dell'inizio delle operazioni di spurgo, per definire con precisione la situazione preesistente.

Data la frequenza annuale degli spurghi programmati, tale caratterizzazione può essere ripetuta annualmente, ma si ritiene opportuno adottare tale frequenza per i primi 2÷3 anni e successivamente ripetere le indagini solo per controllo a frequenza di n°5 anni.

6.2.2.2 – Rilevamento morfobatimetrico dell'Invaso

Questo accertamento di controllo delle variazioni del volume d'invaso, va ripetuto di norma ante e post l'insieme di operazioni di spurgo di ogni anno.

Tuttavia, se i controlli dei primi anni dessero risultati positivi nel senso della finalità prefissata di evitare il progressivo aumento dell'interrimento esistente, si ritiene sufficiente ripetere il controllo a frequenza di n°5 anni.

6.2.2.3 – Rilevamento della torbidità e OD

Questo accertamento, ha carattere fondamentale per tutte le operazioni di spurgo.

Pertanto si prevede che venga eseguita di norma:

- ante e post ogni serie di operazioni di spurgo, raggruppante n°2 singole operazioni, come precedentemente stabilito;
- inoltre, almeno per le prime annate di esercizio, si ritiene utile avere una misura continua durante una singola operazione di spurgo e ante e post la stessa operazione.

6.2.2.4 – Ispezione visiva

Questo controllo, va eseguito ante e post ogni serie stagionale di operazioni di spurgo.

6.2.2.5 – Controllo stato ecologico dell'acqua

Anche questo controllo, va considerato fondamentale per evidenziare l'effetto degli spurghi sull'acqua del corpo recettore.

Tuttavia si ritiene sufficiente adottare le seguenti modalità:

- esecuzione della classifica integrale, sulla base sia del IBE, che dei macrodescrittori, ante e post l'intero complesso annuo delle operazioni di spurgo;

- esecuzione della classifica in base al solo parametro IBE, che può dare una indicazione sufficiente sull'eventuale variazione dello stato ecologico dell'acqua, nelle fasi intermedie e precisamente:
 - + fra la 1^a e la 2^a operazione di spurgo;
 - + alla fine della 1^a serie stagionale di operazioni;
 - + all'inizio della 2^a serie;
 - + fra la 3^a e 4^a operazione di spurgo.

6.2.2.6 – Indagine della popolazione ittica

Questo controllo, va eseguito solo se, dal precedente controllo, lo stato ecologico dell'acqua risulta superiore alla 2^a classe.

In tal caso l'indagine va eseguita ante e post ogni serie stagionale delle operazioni di spurgo.

6.2.2.7 – Calendario delle operazioni di monitoraggio

Considerato tutto quanto sopra, il calendario delle operazioni di monitoraggio può essere definito, per il 1° anno di esercizio, come schematizzato nel sottostante prospetto.

PIANO OPERATIVO 1° ANNO DI ESERCIZIO										
Accertamenti di controllo	Operazioni di spurgo									
	1 ^a serie					2 ^a serie				
	PA	1	PI	2	PP	PA	3	PI	4	PP
1 – Caratterizzazione materiale di sedimentazione nell'invaso	X									
2 – Rilievi batimetrici	X									X
3 – Rilevamento torbidità e OD	X		X		X	X		X		X
4 – Ispezione visiva	X				X					X
5 – Controllo stato ecologico acqua										
5/1 – con IBE e Macrodescrittori	X									X
5/2 – solo con IBE			X		X	X				
6 – Indagine popolazione ittica	X				X	X				X

- Le singole operazioni di spurgo sono contrassegnate dal numero progressivo da 1 a 4
- I periodi intermedi fra le singole operazioni di spurgo sono contrassegnate dalla sigla PI e con PA e PP i periodi ante e post ciascuna serie di operazioni di spurgo

Per le annate successive, tale calendario potrà anche essere confermato.

Tuttavia si ritiene opportuno che esso venga gradualmente semplificato, tenendo conto dei criteri già enunciati precedentemente, nella misura in cui risulta maggiormente definita la conoscenza della situazione e delle variazioni indotte dalle operazioni di spurgo sullo stato ecologico generale e sulla popolazione ittica esistente.

6.3 – Operazioni di controllo propedeutiche allo sfangamento mediante asportazione

Per quanto riguarda lo sfangamento per asportazione, si ritiene necessario prospettare l'opportunità delle seguenti operazioni di controllo.

- Rilievi batimetrici dell'invaso, analoghi a quello per il presente studio, da effettuare:
 - prima dell'inizio delle operazioni di dragaggio, per riconfermare la situazione attuale dell'interrimento;
 - dopo le singole fasi annuali di dragaggio, per accertare la situazione finale.

Questi rilievi complessivi prescindono ovviamente dagli eventuali rilievi intermedi che si potranno rendere necessari per contabilizzare il materiale asportato.

- Accertamento caratteristiche acqua e sedimento comprendente:
 - analisi chimiche sul sedimento da effettuare prima dell'intervento di dragaggio per confermare le caratteristiche, anche in relazione agli inquinanti, accertate nella presente fase;
 - analisi chimiche dell'acqua d'invaso da effettuare sia prima che al termine di ogni fase annuale di sfangamento, al fine di confermare le caratteristiche, anche in relazione agli inquinanti, accertate nella presente fase, ma anche per evidenziare quelle che si stabilizzeranno dopo le operazioni di asportazione.

7 – UTILIZZAZIONE DEGLI SCARICHI PROFONDI IN CORRISPONDENZA DEGLI EVENTI DI PIENA

Si precisa che il presente capitolo viene mantenuto inalterato, senza alcun aggiornamento, in quanto sono rimasti inalterati i fattori fondamentali di base, cioè la portata di piena massimo prevista e la potenzialità delle opere di scarico.

Secondo la normativa di riferimento [2], il Progetto di Gestione deve comprendere lo studio per individuare i possibili scenari di utilizzo degli scarichi profondi (nel presente caso gli scarichi di fondo e mezzofondo) in corrispondenza degli eventi di piena.

Le finalità dell'eventuale utilizzo di tali scarichi sono precisate dalla stessa normativa come segue:

- a) - garantire comunque la funzionalità degli scarichi di fondo a fronte dei fenomeni d'interrimento;*
- b) - ricostituire il trasporto solido a valle dello sbarramento;*
- c) - modulare le condizioni di deflusso a valle degli sbarramenti, ricorrendo alle possibilità di laminazione dell'invaso.*

Al riguardo si fa presente che le finalità di cui ai punti (a) e (b) sono già state considerate nella presente Relazione, ove è stato proposto anche un piano operativo di apertura dello scarico di fondo proprio per assicurare lo smaltimento del trasporto solido annuo afferente al serbatoio, con riattivazione dello stesso trasporto solido a valle sbarramento, e la periodica pulizia dell'opera d'imbocco, così da mantenere la piena efficienza dello scarico stesso.

Pertanto nel presente capitolo viene considerata specificamente la terza finalità (c), che è quella della possibile laminazione delle onde di piena ottenibile mediante l'impiego degli scarichi profondi.

È chiaro che il senso di tale finalità, secondo la stessa normativa di riferimento, è quello di prospettare, nel modo più ampio e generale, le possibilità di riduzione delle piene naturali, mediante apertura di tali opere di scarico, e non tanto quello di fissare, al momento, delle regole operative da rendere prescrittive.

Fermo restando che ciò dovrà tenere sempre conto di quanto previsto al riguardo nel nuovo Documento di Protezione Civile, recentemente approvato in sede di Conferenza di Servizi (online) presso la prefettura di Palermo.

In tal senso le prospettive più interessanti sono quelle connesse con un "programma dinamico", con apertura degli scarichi profondi in anticipo, fino a 24 ore, sull'arrivo dell'onda di piena naturale.

Un programma di questo tipo potrebbe diventare operativo solo in presenza di un appropriato e affidabile sistema di preavviso meteorico, che attualmente non esiste.

Tale circostanza tuttavia non sminuisce l'interesse per gli scenari di utilizzo degli scarichi di fondo, connessi con tali modalità operative, in quanto costituiscono la base conoscitiva su cui mettere poi a punto le strategie più adeguate.

Pertanto è ovvio che una operazione di presvaso, tarata su una piena di elevata entità, può determinare un rilascio idrico eccessivo per piene di entità inferiore, con inutile perdita di volume idrico.

Pertanto, dal punto strettamente operativo, un corretto programma dinamico di laminazione dovrebbe essere rigorosamente rapportato all'entità prevista dall'onda di piena affluente, prefissando il relativo tempo di ritorno (T_r), che s'intende considerare.

In tal senso l'obiettivo dichiarato del presente studio è quello di accertare il massimo contenimento possibile delle onde di piena, fino a quella massima prevedibile con tempo di ritorno $T_r = 1000$ anni, prescindendo dagli affinamenti che sarebbero richiesti per piena a tempo di ritorno inferiore per evitare presvasi di entità superiore a quella strettamente necessaria.

7.1 – Idrogrammi delle piene massime annue

Lo studio relativo alla determinazione degli idrogrammi di piena, massimi annui, in funzione del relativo tempo di ritorno (T_r) è già stato eseguito nell'ambito delle "Verifiche Idrauliche – ai sensi dell'art. 4, comma 1, D.L. 29 marzo 2004, n°79, convertito con legge n°139 del maggio 2004" eseguita a cura del gestore dal Prof. Ing. Domenico Pumo in data 15 febbraio 2006.

Si è pertanto fatto riferimento a tali valutazioni che hanno portato a definire gli idrogrammi riportati nel prospetto di tav. 13.1 e nel corrispondente grafico di Tav. 13.2, allegate in Appendice.

Al riguardo si fa presente che nello studio di riferimento sono stati determinati gli idrogrammi relativi ai tempi di ritorno : $T_r = 100, 200, 500, 1000$ anni.

Ai fini del presente studio tuttavia si è ritenuto significativo considerare anche tempi di ritorno più bassi, pari a $Tr = 20, 50$ anni.

Si precisa che i corrispondenti idrogrammi sono stati ricostruiti sulla base di quelli definiti nello studio di riferimento, che risultano fra loro omotetici e correlati secondo l'espressione:

$$Q = 75.00 + 35.04 \cdot y$$

con y = variabile indipendente della legge di Gumbel, pari a $y = -\ln(-\ln \phi)$

con $\phi = (Tr - 1) / Tr$; Tr = tempo di ritorno in anni.

I colmi di piena della serie completa degli idrogrammi di piena considerati sono riportati nel sottostante prospetto, in funzione di Tr .

Tempo di ritorno Tr (anni)	Colmo di piena (m^3/s)	Variabile indipendente (y)
20	179	2.970
50	212	3.902
100	237	4.600
200	261	5.296
500	293	6.214
1000	317	6.907

Il tempo di corrivazione, con riferimento allo studio citato, è stato assunto pari a:

$$Tc = 2.00 \text{ ore.}$$

7.2 – Ipotesi di funzionamento

Al fine di indagare un'ampia serie di possibilità di utilizzo dello scarico di fondo, nell'ambito di un programma dinamico di laminazione, si sono considerate diverse condizioni di funzionamento dello scarico stesso, facendo variare sia l'entità della portata di scarico, sia il tempo d'inizio del suo funzionamento nel periodo di 24 ore precedente l'arrivo al serbatoio dell'onda di piena.

Al riguardo si precisa in particolare quanto segue.

- Quale "situazione base" di raffronto, per la valutazione dell'effetto di laminazione operato mediante attivazione dello scarico di fondo, è stata assunta quella risultante dalla laminazione che si ottiene con il normale funzionamento dello scarico di superficie.

Infatti tale scarico, che è del tipo a soglia fissa, in corrispondenza di un evento di piena ha un funzionamento spontaneo indotto dal semplice sovrizzo dell'invaso al di sopra della quota massima di regolazione.

- Mediante calcoli preliminari si è potuto accertare che l'apertura degli scarichi di fondo all'istante di arrivo dell'onda di piena non produce alcun effetto significativo rispetto alla situazione base con funzionamento del solo scarico di superficie.

La portata scaricata dall'opera di fondo va infatti a sostituire parzialmente quella comunque scaricata dalle opere di superficie, lasciando in pratica invariata la portata di scarico complessiva.

Pertanto si è omessa nei calcoli l'ipotesi di apertura all'istante di arrivo dell'onda naturale e si sono considerate due ipotesi con apertura anticipata di 12 o di 24 ore rispetto all'arrivo della piena naturale.

- Per quanto riguarda l'entità della portata di scarico, dato che al momento non sussistono particolari vincoli circa la portata transitabile nell'alveo a valle diga, si sono fissati tre livelli di portata con riferimento alla reale potenzialità dei due scarichi di fondo esistenti e precisamente:

- scarico di fondo = potenzialità massima = $16 \text{ m}^3/\text{s}$
- scarico di mezzofondo = potenzialità massima = $11 \text{ m}^3/\text{s}$

In pratica le ipotesi di calcolo sono state fissate come segue:

- Ipotesi a (di raffronto)
con funzionamento del solo scarico di superficie.
- Ipotesi b:
con funzionamento dello scarico di superficie, più lo scarico di fondo con portata parzializzata a $10.00 \text{ m}^3/\text{s}$ e in particolare:
b/1 - apertura dello scarico di fondo con anticipo di 12 ore sull'arrivo dell'onda di piena;
b/2 - apertura dello scarico di fondo con anticipo di 24 ore sull'arrivo dell'onda di piena.
- Ipotesi c:
come ipotesi (b), ma con portata dello scarico di fondo integrale pari a $16.00 \text{ m}^3/\text{s}$, sempre con i sottocasi c/1 (anticipo 12 ore) e c/2 (anticipo 24 h).

- Ipotesi d:

come ipotesi (b), ma con portata di ambedue gli scarichi di fondo pari a 27.00 m³/s, sempre con i sottocasi d/1 (anticipo 12 ore) e d/2 (anticipo 24 h).

7.3 – Svolgimento dei calcoli

I calcoli di laminazione sono stati sviluppati sulla base delle ipotesi sopra indicate, per tutti gli idrogrammi di piena già precisati, relativi ai tempi di ritorno $Tr = 20, 50, 100, 200, 500, 1000$ anni.

L'effetto di laminazione è stato simulato con specifico programma di codice LOP, messo a punto dal S.I.A.

I dati d'ingresso possono essere precisati come segue.

- Idrogrammi di piena affluente: ma con durata complessiva dell'evento pari a 28 ore, per tener conto del periodo di 24 ore precedente all'arrivo dell'onda di piena, da utilizzare per gli eventuali presvasi.
- Volumi d'invaso nel serbatoio: la curva dei volumi d'invaso è stata dedotta dal diagramma dei volumi d'invaso di progetto e data in funzione delle quote relative alla quota di riferimento, fissata a 820.00 m s.m..
- Portate di scarico:
in relazione alle caratteristiche delle opere considerate, sono state utilizzate le seguenti espressioni:
 - scarico di superficie con soglia fissa:

$$Q = 156.00 (q_i - 8.00)^{3/2}$$
 - scarico di fondo (quota baricentrica paratoie alla 798.90 m s.m.), cioè con dislivello di – 21.00 m rispetto alla quota di riferimento 820.00 m s.m.

$$Q_1 = 2.95 \cdot k_1 \cdot (q_i + 21.10)^{1/2} \quad (1)$$
 - scarico di mezzofondo (quota baricentrica paratoie alla 811.80 m s.m., cioè con dislivello di – 8.20 m rispetto alla quota di riferimento 820.00 m s.m.)

$$Q_2 = 2.85 \cdot k_2 \cdot (q_i + 7.00)^{1/2} \quad (2)$$

ove: q_i = quota del livello d'invaso relativa alla quota di riferimento 670.00 m s.m.;

k_1 e k_2 = coefficienti di parzializzazione per ridurre la portata massima degli scarichi di fondo al valore prefissato di funzionamento.

In pratica i termini k e $k' = (c \cdot k)$, con c pari ai coefficienti sopra indicati per le formule (1) e (2), assumono i seguenti valori:

- per portate di scarico 10.00 m³/s: $k_1 = 0.625$; $k' = 1.844$

$k_2 = 0$; $k' = 0.00$

- per portate di scarico 16.00 m³/s: $k_1 = 1.00$; $k' = 2.950$

$k_2 = 0$; $k' = 0.00$

- per portate di scarico 27.00 m³/s: $k_1 = 1.00$; $k' = 2.950$

$k_2 = 1.00$; $k' = 2.850$

- Livello d'invaso iniziale:

alla quota massima di regolazione = 828.00 m s.m., corrispondente alla quota relativa 8.00 m, rispetto alla quota di riferimento pari a 820.00 m s.m.

Si fa inoltre presente quanto segue.

- Il massimo sovralzo indicato nei grafici prodotti dal programma, dato in quota relativa a quella di riferimento, è valutato in corrispondenza all'idrogramma di piena affluente e pertanto, a causa del precedente presvaso, può risultare anche inferiore al livello iniziale dell'invaso.

7.4 – Risultati e commenti

Tutti i risultati sono documentati nei tabulati di calcolo e nei relativi grafici, riportati nell'elaborato A3 "Studio di laminazione delle onde di piena con apertura dello scarico di fondo", allegato al presente progetto.

Tali risultati sono inoltre riassunti schematicamente nel sottostante prospetto, ove sono riportati i valori al colmo degli idrogrammi di scarico, per tutte le ipotesi di funzionamento considerate.

Valori al colmo delle onde di piena naturali e di quelle di scarico laminate (m³/s)

Tempi di ritorno (anni)		20	50	100	200	500	1000
Onda naturale		179	212	237	261	293	317
<u>Onda di scarico – caso a</u> funzionamento solo scarico superficie		107 (8.78)	130 (8.89)	148 (8.97)	165 (9.04)	188 (9.13)	206 (9.20)
<u>Onda di scarico – caso b</u> con funzionamento scarico fondo a Q = 10 m ³ /s	b/1 TA = 12	53 (8.49)	77 (8.62)	96 (8.72)	116 (8.82)	139 (8.93)	156 (9.00)
	b/2 TA = 24	10 (8.01)	18 (8.23)	36 (8.37)	52 (8.48)	78 (8.63)	97 (8.73)
<u>Onda di scarico – caso c</u> con funzionamento scarico fondo a Q = 16 m ³ /s	c/1 TA = 12	16 (8.20)	37 (8.38)	55 (8.50)	74 (8.61)	99 (8.74)	119 (8.84)
	c/2 TA = 24	16 (7.01)	16 (7.33)	16 (7.57)	16 (7.80)	16 (8.08)	18 (8.24)
<u>Onda di scarico – caso d</u> con funzionamento scarico fondo a Q = 27 m ³ /s	d/1 TA = 12	27 (7.34)	27 (7.66)	27 (7.90)	27 (8.10)	27 (8.30)	44 (8.43)
	d/2 TA = 24	27 (5.16)	27 (5.57)	27 (5.88)	27 (6.14)	27 (6.44)	27 (6.67)
TA = tempo di apertura scarico fondo in anticipo rispetto all'arrivo dell'onda di piena naturale.							
(.....) = valore del sovrizzo massimo determinato dall'onda di scarico, rispetto alla quota massima di regolazione.							

A titolo esplicativo sono stati inoltre raggruppati in un'unica tavola gli idrogrammi relativi all'onda di piena naturale, all'onda di scarico con funzionamento dei soli scarichi di superficie (ipotesi di calcolo a), e alle due onde di scarico corrispondenti all'apertura dello scarico di fondo rispettivamente con anticipo di 12 e di 24 ore.

Tale esemplificazione è stata fatta solo per tre tempi di ritorno, pari rispettivamente a 20, 100 e 1000 anni. Tali grafici sono riportati nelle Tavv. 14.1, 14.2, 14.3; 15.1, 15.2, 15.3; 16.1, 16.2, 16.3, allegate in Appendice.

Da tutti i risultati ottenuti si possono trarre le seguenti conclusioni.

- Le portate massime di scarico prese a riferimento, cioè quelle laminate col solo funzionamento dello scarico di superficie (caso a), risultano già apprezzabilmente ridotte (60÷65%) rispetto a quelle delle onde di piena affluenti, ma tuttavia mantengono entità apprezzabili, contenute nell'intervallo 100÷200 m³/s al variare di Tr da 20 a 1000 anni.

- L'attivazione dello scarico di fondo con la portata parzializzata a 10.00 m³/s (caso b) determina riduzioni già molto significative con portate di scarico massime pari al 30÷50% di quelle della piena naturale nel caso b₁ (apertura con anticipo 12 ore) e pari al 10÷30% nel caso b₂ (apertura con anticipo 24 ore).
- Con portata dello scarico di fondo elevata al valore massimo di 16.00 m³/s (caso c) si può raggiungere la massima riduzione auspicabile, dato che, nel caso c₂ con apertura anticipata di 24 ore, le portate massime scaricate risultano praticamente sempre contenute nel valore di 16.00 prefissato per lo scarico di fondo, senza attivazione dello scarico di superficie, se non in misura trascurabile per la portata millenaria.
- Infine con portata di 27.00 m³/s, e attivazione contemporanea dei due scarichi profondi (caso d), si determinerebbero presvasi eccessivi anche per la piena millenaria.

Questa ipotesi di funzionamento mantiene tuttavia un preciso significato in quanto indica chiaramente che con scarico di 27 m³/s si possono raggiungere risultati analoghi al caso precedente ($Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$), ma con apertura anticipata di 12 ore (caso d₁) anziché di 24 ore (caso d₂).

- Il caso più significativo resta pertanto il caso (c) con attivazione del solo scarico di fondo alla portata massima di 16.00 m³/s e apertura anticipata di 24 ore (caso c₂).

Naturalmente in questo caso, come già segnalato precedentemente, il presvaso risulta correttamente programmato per la piena millenaria, in corrispondenza alla quale alla fine dell'evento di piena, si ripristina il riempimento completo del presvaso, con livello d'invaso alla quota 8.24 m, poco superiore al livello massimo di regolazione 8.00 m.

Per eventi di piena a T_r inferiore si determinerebbe invece un presvaso eccessivo, con inutile perdita di volume idrico.

Per tali eventi, a carattere più ricorrente, un significativo riferimento è dato comunque dal sottocaso c₁, con apertura anticipata di sole 12 ore, che consente già la massima riduzione per gli eventi di piena con tempo di ritorno non superiore a circa $T_r = 50$ anni.

Riferimenti bibliografici

- (1) G. La Loggia, M. Minacapilli "Tecniche GIS per la stima dell'interrimento in tre serbatoi artificiali siciliani" – L'Acqua Mag-Giu 1998.
- (2) P. Berti "L'apporto solido nel serbatoio di Gela" – VIII Convegno di Idraulica – Pisa – aprile 1963.
- (3) M. Lucignani "La Gestione delle Ritenute d'acqua artificiali" – L'Acqua 3/2002.
- (4) "Il monitoraggio idrotorbidimetrico dei corsi d'acqua per la stima dei processi erosivi e il bilancio dei solidi sospesi" – a cura della Autorità di Bacino del Reno – 2^a Giornata di Studio Bologna 08.10.2004 – pubblicato su ARPA della Regione Emilia Romagna.
- (5) M. Buffo, L. Dutto "La Gestione dei Sedimenti negli Invasi Artificiali: Indagini e regole operative" Hydrodata 3/06 – Febbraio 2006.

Elenco Tavole Allegate

Appendice A1b

Tav. 1	Planimetria del bacino imbrifero 1/50.000
Tav. 2	Planimetria dello sbarramento
Tav. 3	Sezione tipo della diga
Tav. 4	Sezione longitudinale della diga
Tav. 5	Diagramma volumi d'invaso
Tav. 6	Opere di scarico
Tav. 7.1	Materiale di sedimentazione – Planimetria dell'invaso
Tav. 7.2	Materiale di sedimentazione - Sezione longitudinale dell'invaso
Tav. 7.3	Materiale di sedimentazione – Sezioni trasversali dell'invaso
Tav. 7.4/a	Materiale di sedimentazione – Volumi in funzione dell'invaso – Tabella 2006
Tav. 7.4/b	Materiale di sedimentazione – Volumi in funzione dell'invaso – Tabelle aggiornate
Tav. 7.5/a	Materiale di sedimentazione – Volumi in funzione della quota d'invaso – Grafico
Tav. 7.5/b	Diagramma volumi d'invaso – Aggiornamento
Tav. 7.6.1/a	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N1 – Planimetria 1:1000
Tav. 7.6.1/b	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N1 – Prospetto Calcolo
Tav. 7.6.2/a	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N4 I° Intervento – Planimetria 1:1000
Tav. 7.6.2/b	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N4 I° Intervento – Prospetto Calcolo
Tav. 7.6.3/a	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N4 II° Intervento – Planimetria 1:1000
Tav. 7.6.3/b	Scavo di sfangamento – Piano Operativo N4 II° Intervento – Prospetto Calcolo
Tav. 8/a	Planimetria d'invaso - ubicazione prelievo campioni acqua e sedimento (2006)
Tav. 8/b	Planimetria d'invaso - ubicazione prelievo nuovi campioni acqua e sedimento
Tav. 9	Report attività ARPA Palermo (2018) – Stralcio Invaso Piano del Leone

Tav. 10.1a	Dati torbiometrici registrati sui corsi d'acqua Siciliani (prospetto a)
Tav. 10.1b	Dati torbiometrici registrati sui corsi d'acqua Siciliani (prospetto b)
Tav. 10.2	Valori della torbidità specifica
Tav. 10.3	Diagramma della torbidità specifica in funzione della portata corrispondente
Tav. 10.4	Frequenza della torbidità specifica
Tav. 10.5	Valori del deflusso torbido medio
Tav. 11.1	Vasche di colmata – Planimetria della zona delle vasche di colmata
Tav. 11.2	Vasche di colmata – Planimetria delle vasche
Tav. 11.3	Vasche di colmata – Sezioni tipo arginature
Tav. 12	Vasche di colmata – Cicli di riempimento
Tav. 13.1	Idrogrammi di piena in funzione del tempo di ritorno T_r – Valori delle portate
Tav. 13.2	Idrogrammi di piena in funzione del tempo di ritorno T_r – Grafico
Tav. 14.1	Onda di piena $T_r = 20$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 5.00$ m^3/s – caso (b)
Tav. 14.2	Onda di piena $T_r = 20$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 20.00$ m^3/s – caso (c)
Tav. 14.3	Onda di piena $T_r = 20$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 30.00$ m^3/s – caso (d)
Tav. 15.1	Onda di piena $T_r = 100$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 5.00$ m^3/s – caso (b)
Tav. 15.2	Onda di piena $T_r = 100$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 20.00$ m^3/s – caso (c)
Tav. 15.3	Onda di piena $T_r = 100$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 30.00$ m^3/s – caso (d)
Tav. 16.1	Onda di piena $T_r = 1000$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 5.00$ m^3/s – caso (b)
Tav. 16.2	Onda di piena $T_r = 1000$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 20.00$ m^3/s – caso (c)
Tav. 16.3	Onda di piena $T_r = 1000$ anni – Laminazione con scarico di fondo a $Q = 30.00$ m^3/s – caso (d)