



Regione Siciliana

Assessorato regionale dell'energia e dei servizi di pubblica utilità

Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti

**Patto per il Sud della Regione Siciliana FSC 2014-2020 – Delibera G.R. n. 3/2019
ID 1793 - Progetto di gestione degli svassi, sfangamenti e sghiaamenti delle dighe**

Affidamento dei servizi di architettura e ingegneria relativi alla redazione dei progetti di gestione degli invasi ex art. 114 del D.Lgs. 152/2006, corredati di piani operativi e studi di valutazione ambientale, previa esecuzione di rilievi topo-batimetrici e caratterizzazione di acque e sedimenti, per l'individuazione di interventi finalizzati al recupero di capacità di invaso e funzionalità idraulica di dighe gestite dalla Regione Siciliana

LOTTO 1

INVASO TRINITÀ



PIANO OPERATIVO – REV.1 (sett. 2022)



GRAIA Srl
Via Repubblica, 1
21020 Varano Borghi (VA)



BLU Progetti srl
Via Repubblica, 1
21020 Varano Borghi (VA)



Studio Griffini s.r.l.
Via Pagliano, 37
20149 Milano (MI)

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Gaetano Chiapparò

Il Dirigente del Servizio 3 (Gestore Proponente)

L'Ingegnere Responsabile
Ing. Sergio Cardile

Indice

1	Premessa	4
2	Inquadramento dell'area di interesse	5
3	Normativa di riferimento e regolamenti di settore	7
4	Descrizione della diga e del bacino di Trinità	8
5	Condizioni idrologiche attese	12
5.1	Livelli dell'invaso	13
6	Il sedimento presente nel bacino e nell'area di interesse	15
6.1	Quantità e quote del sedimento	15
6.2	Caratteristiche qualitative del sedimento	17
7	Intervento previsto	20
7.1	Analisi delle alternative	20
7.2	Descrizione dell'intervento	21
7.3	Stima dei costi.....	30
8	Effetti ambientali della soluzione scelta e mitigazioni	31
8.1	Disturbo aree e mezzi di cantiere	31
8.2	Torbidità	31
8.3	Tenore di ossigeno	31
8.4	Destinazione sedimento.....	31
9	Monitoraggio.....	32
9.1	Monitoraggio <i>ante operam</i>	32
9.2	Monitoraggio in corso d'opera	32
9.3	Monitoraggio <i>post operam</i>	33

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce, ai sensi del D.M. 30 giugno 2004 e delle LINEE DI INDIRIZZO PER LA PREDISPOSIZIONE, L'APPROVAZIONE E L'ATTUAZIONE DEI PROGETTI DI GESTIONE DEGLI INVASI, Piano Operativo allegato al Progetto di Gestione del bacino di Trinità.

Le risultanze delle indagini effettuate, con particolare riferimento ai rilievi morfo-batimetrici, e le esigenze relative alla garanzia dei rilevanti usi in essere prevedono la rimozione di parte del sedimento localizzato nell'intorno dell'opera di presa e dello scarico di fondo, così da tutelare l'efficacia e la sicurezza dell'impianto ed evitare effetti sugli usi della risorsa idrica.

Tali interventi, ai sensi di quanto previsto dal DM 30 giugno 2004, sono accompagnati dalla redazione del presente Piano Operativo (detto Programma di Sintesi dal sopra citato DM) che descrive le prime e più prossime attività da eseguire per la gestione del sedimento presente nel bacino ai fini della salvaguardia degli usi in essere e della piena efficienza nel tempo delle opere di presa e scarico.

Per le finalità sopra espresse ed in riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente, il presente Piano Operativo è costituito dai seguenti capitoli:

- Inquadramento dell'area di interesse;
- Quadro di riferimento normativo;
- Qualità delle acque e dei sedimenti del bacino;
- Intervento previsto;
- Asportazione del sedimento ed il suo ricollocamento;
- Effetti ambientali della soluzione scelta e mitigazioni;
- Monitoraggi (*ante operam*, in corso d'opera e *post operam*).

Resta inteso che per molte delle tematiche di ordine generale si rimanda ai contenuti del Progetto di Gestione.

La versione iniziale del Piano Operativo dell'invaso di Trinità è stata presentata dal Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti con nota prot. N. 45272 del 22/11/2021 all'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia ed agli enti chiamati ad esprimersi in merito.

Il presente documento costituisce Revisione 1 del Piano Operativo dell'invaso di Trinità, a seguito del Parere n. 9483 del 06/05/2022 emesso dall'Ufficio per Tecnico per le Dighe di Palermo, del quale recepisce e integra le osservazioni e prescrizioni.

Successivi livelli di progettazione approfondiranno, come da richiesta dell'Ufficio per Tecnico per le Dighe di Palermo, le aree d'intervento correlando le stesse al mantenimento della funzionalità nel tempo degli impianti e alla stabilità del fondo lacustre.



2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE

In questo capitolo viene sinteticamente descritto l'ambito territoriale coinvolto dal progetto e sono individuati i sistemi ambientali potenzialmente interessati dagli interventi previsti.

Il bacino imbrifero afferente all'invaso di Trinità è quello del fiume Delia (noto anche con il nome di fiume Arena), che si estende a monte del medesimo per circa 200 km².

Il bacino idrografico del fiume Arena ricade nel versante meridionale della Sicilia, nel territorio della provincia di Trapani, e confina a est con il bacino del fiume Modione e con alcuni bacini minori, a ovest con il bacino della Fiumara di Mazarò e a nord con il bacino del fiume Birgi e del fiume San Bartolomeo.

Il bacino "Arena", con la sua superficie di circa 309 km², è il 20° per dimensioni fra quelli contenenti corpi idrici significativi, qui costituiti dal fiume omonimo e dal lago artificiale Trinità.

Il fiume Arena trae origine da monte S. Giuseppe, monte Calemici e monte di Pietralunga, nel territorio del Comune di Vita, e si sviluppa per circa 32 km sino a sfociare nel Mar Mediterraneo. Il corso d'acqua è denominato fiume Grande nel suo tratto di monte, fiume Delia nel tratto centrale e fiume Arena nel tratto finale. Lungo il suo sviluppo, il corso d'acqua non riceve affluenti di particolare rilievo, ma solo alcuni torrentelli, tra cui il canale Butirro.

Il lago Trinità, ottenuto dallo sbarramento del fiume Delia, raccoglie come detto i deflussi di circa 200 km² di bacino diretto e ha una capacità d'invaso di progetto di 18,00 Mm³.

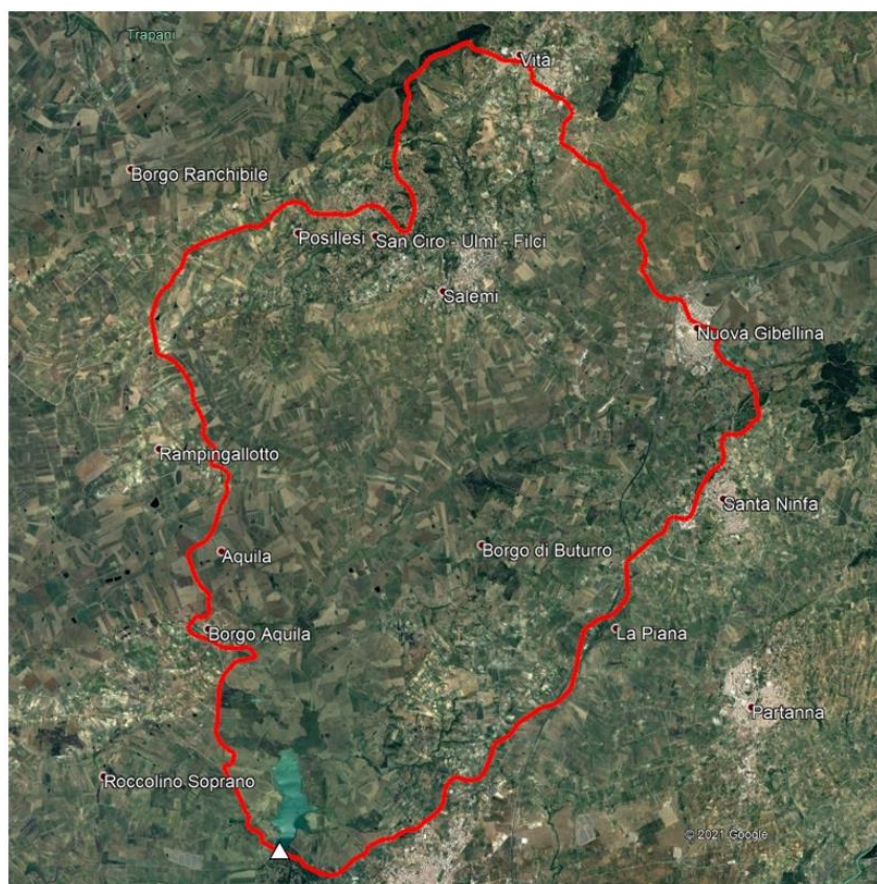


Figura 2-1: la diga di Trinità (indicata dal triangolo bianco) e il bacino imbrifero sotteso

La copertura del territorio, riferita all'uso del suolo, è caratterizzata dalle seguenti macrocategorie principali:

- per circa il 36% da vigneti;
- per circa il 29,6% da seminativi in aree non irrigue;
- per circa il 10,5% da oliveti.

In termini complessivi, rispetto alle finalità del presente documento, la caratteristica comune di queste aree è una ridotta pressione di origine antropica; il tessuto urbano, infatti, ha una estensione pari a circa il 2,7% del territorio.

Il bacino di Trinità non è interessato da aree naturali protette e/o siti delle Rete Natura 2000 così come il suo emissario. Queste aree non possono dunque essere in alcun modo influenzate dal bacino stesso o dalla sua gestione.

Per ulteriori informazioni e maggiori dettagli rispetto all'inquadramento dell'area di interesse si rimanda al Progetto di Gestione, del quale il presente Piano Operativo costituisce allegato.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E REGOLAMENTI DI SETTORE

- **Decreto 30 giugno 2004** del Ministero dell'ambiente e della Tutela Del Territorio “Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.”
- **Art. 114, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, recante norme in materia di “Dighe”.
- **Art. 43, D.L. 6 dicembre 2011, n. 201**, convertito con modificazioni dalla Legge 214/2011.
- **Circolare esplicativa 6 novembre 2012, n. 12710**, della Direzione Generale per le Dighe contenente l'*Allegato con le indicazioni generali sui contenuti dei progetti di gestione per gli aspetti relativi alla sicurezza degli invasi*
- **D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120** 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.
- **Piano di Tutela delle Acque della Sicilia**, redatto nel dicembre 2007 e approvato con Ordinanza n. 333 del 24/12/2008 del Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche e la tutela delle Acque della Sicilia
- **D.D.G. n. 710 del 7 maggio 2012** del Dipartimento dell'Acqua e dei Rifiuti, di adozione del “Regolamento in materia di sbarramenti di ritenuta fluviali non soggetti a D.P.R. n. 1363/1959 di competenza della Regione Siciliana;
- **Decreto del Segretario Generale 4 gennaio 2021, n. 1**, dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, *Linee di indirizzo per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi*
- **Piano di gestione del distretto idrografico della Sicilia**, Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia - 3° ciclo di pianificazione (2021-2027)



4 DESCRIZIONE DELLA DIGA E DEL BACINO DI TRINITÀ

La diga e l'invaso di Trinità presentano le caratteristiche amministrative e dimensionali riepilogate nella tabella che segue.

Tabella 4-1: caratteristiche dell'invaso e della diga di Trinità

Superficie lago alla quota di massima regolazione (km ²)	1,89
Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso (km ²)	200
Altezza dello sbarramento (ai sensi del DM 24/03/1982) (m)	28,50
Altezza dello sbarramento (ai sensi della L. 584/1994) (m)	28,50
Altezza di massima ritenuta (m)	26,00
Quota di coronamento (m s.l.m.)	70,50
Sviluppo coronamento (m)	322,00
Quota di massimo invaso (m s.l.m.)	69,00
Quota massima di regolazione da FCEM (m s.l.m.)	68,00
Quota minima di regolazione (m s.l.m.)	53,00
Quota soglia scarico di superficie (m s.l.m.)	62,00
Quota soglia scarico di fondo (m s.l.m.)	47,00
Quota soglia opera di derivazione (m s.l.m.)	47,00
Volume di invaso attuale (m ³)	12,2 x 10 ⁶
Volume di invaso originale (ai sensi del DM 24/03/1982)	20,30 x 10 ⁶
Volume di invaso originale (ai sensi della L. 584/94) (m ³)	18,00 x 10 ⁶
Volume utile di invaso attuale (m ³)	12,2 x 10 ⁶
Volume utile di invaso originale (m ³)	17,50 x 10 ⁶
Volume di laminazione (m ³)	2,30 x 10 ⁶
Volume di sedimento attualmente presente nel volume utile di regolazione (m ³)	5,3 x 10 ⁶
Stima dell'apporto solido annuo del serbatoio (m ³ /anno)	94.500 (A) 106.500 (B)

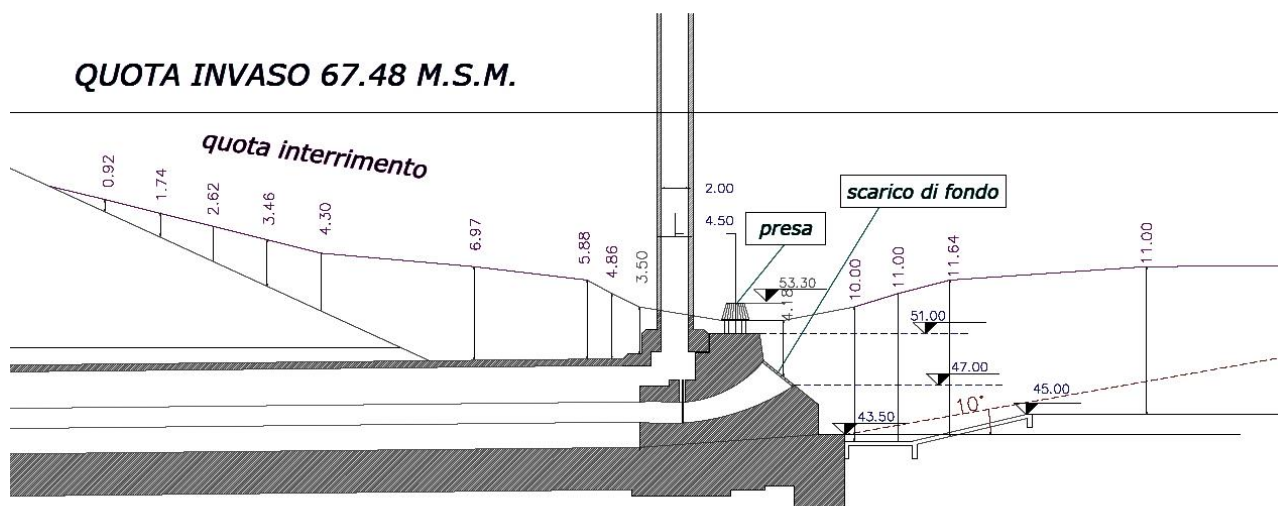
*(A) valore calcolato considerando l'intera vita utile dell'invaso (periodo 1959-2021)

(B) valore calcolato considerando la sedimentazione occorsa tra la precedente batimetria e i rilievi batimetrici 2021 (periodo 2013-2021)

La diga di Trinità è in terra di tipo zonato costituita da rinfianco di monte in materiale arenaceo (arenarie frantumate) rivestito da lastre in calcestruzzo con inclinazione variabile da 2/1 a 5,50/1. Il sistema drenante del corpo diga è composto da cunicoli di ispezione e raccolta drenaggi, la cui calotta è immersa nello strato orizzontale filtrante del corpo diga, che si sviluppano longitudinalmente al piede del filtro di valle e a ridosso del muro d'unghia in pietrame, e da collettori trasversali che attraversano la base del rinfianco di valle e scaricano le eventuali perdite nei cunicoli. Le acque di drenaggio vengono scaricate nell'alveo a valle in due punti lateralmente al manufatto della camera di manovra.

Ai fini del presente progetto sono di particolare rilievo le caratteristiche e le quote dello scarico di fondo e dell'opera di presa.

In sponda destra, in corrispondenza dell'opera di derivazione si trova lo scarico di fondo il cui imbocco è a quota 47,00 m s.l.m. È costituito da una tubazione metallica di diametro 1500 mm alloggiata insieme alla tubazione della derivazione irrigua di diametro 1000 mm in una galleria di diametro 6,00 m che attraversa il corpo diga. Gli organi di intercettazione sono costituiti da due paratoie piane disposte una a monte, in corrispondenza del piede del paramento di monte, e l'altra all'interno della cabina di manovra situata al piede



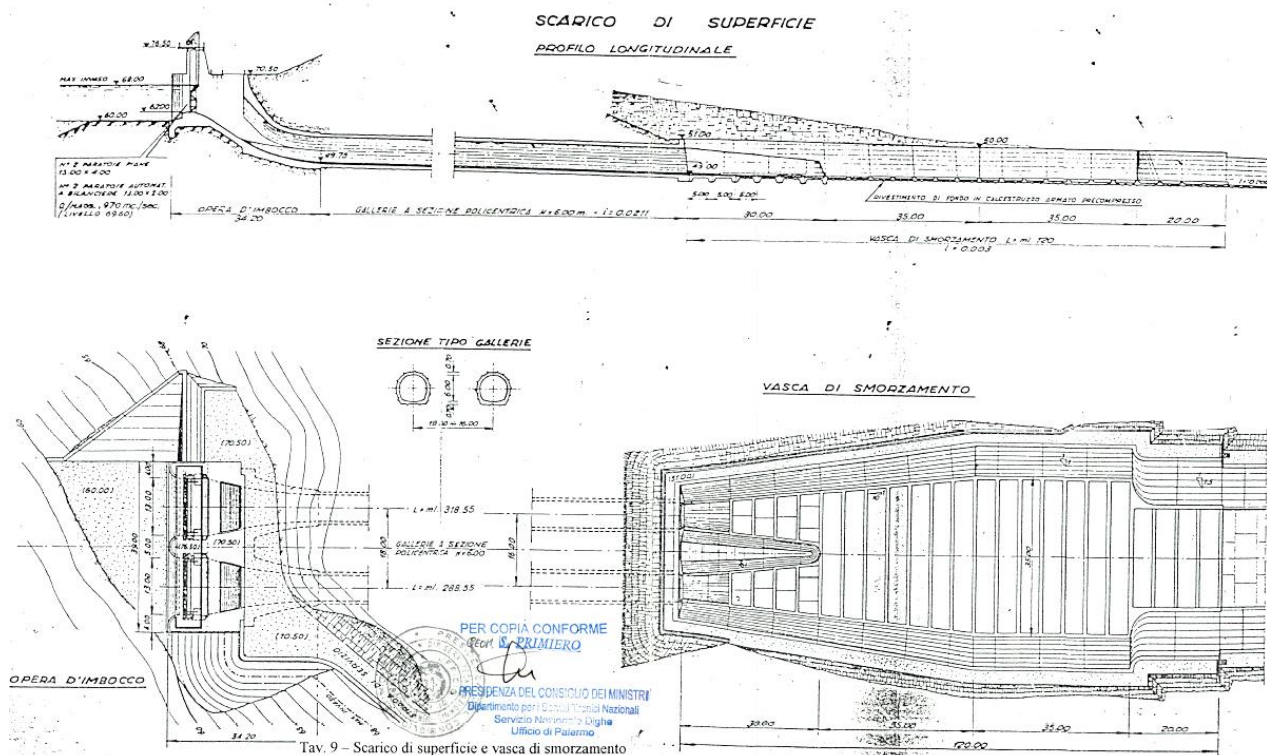


Figura 4-2: scarico di superficie e vasca di smorzamento della diga di Trinità

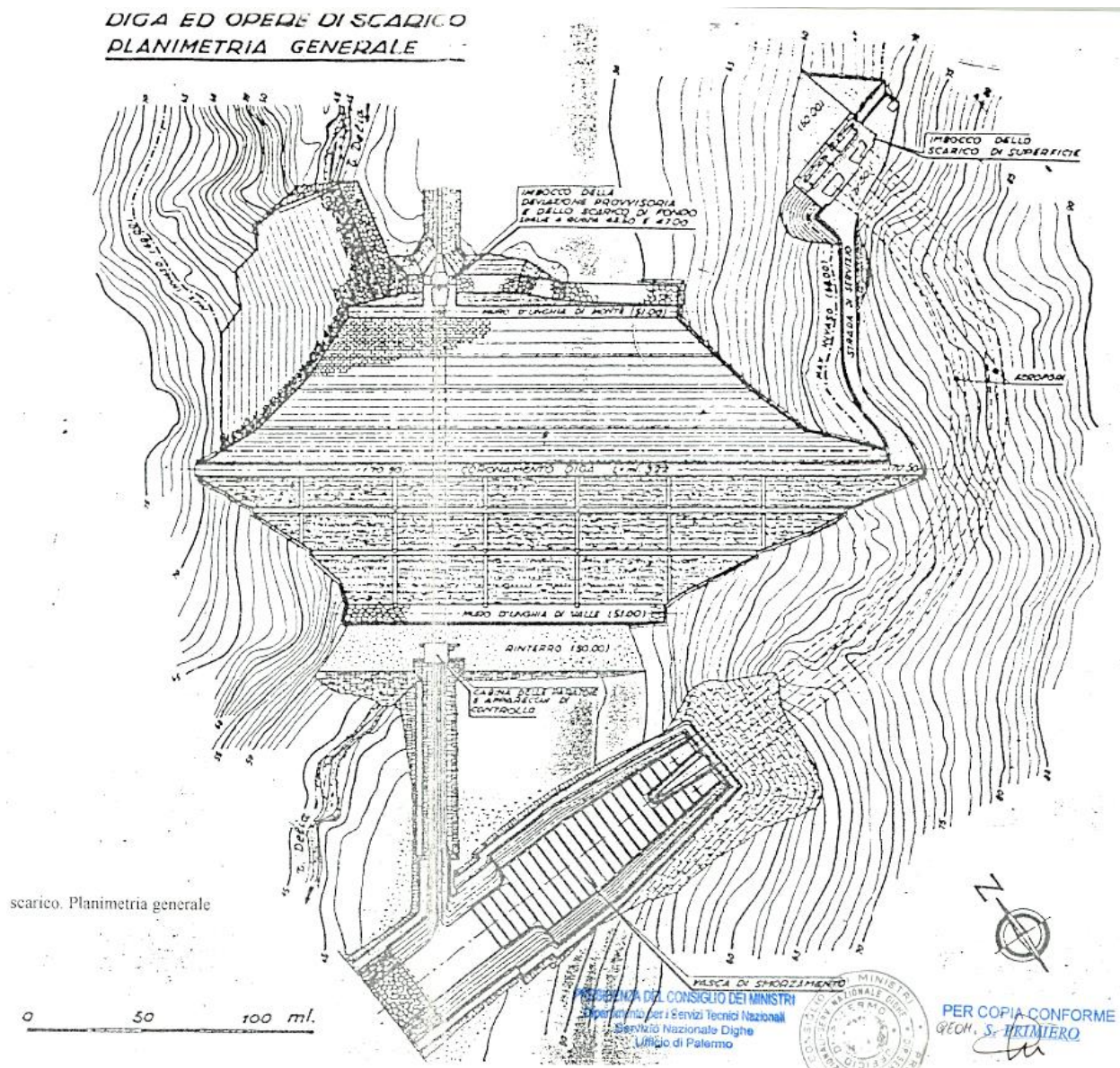


Figura 4-3: planimetria sbarramento e opere di scarico



5 CONDIZIONI IDROLOGICHE ATTESE

In questo capitolo sono sintetizzate le condizioni idrologiche del bacino di interesse.

La dinamica delle portate in arrivo al bacino è legata all'andamento delle precipitazioni.

Ai fini di una caratterizzazione meteo-climatica dell'area di interesse è stata condotta un'analisi sui dati di precipitazione giornalieri rilevati presso la diga di Trinità relativi agli ultimi 5 anni e forniti dal gestore; tali dati sono stati aggregati in medie mensili, osservabili nel grafico riportato qui di seguito. Dai dati disponibili, è possibile osservare che la precipitazione media annua si attesta intorno ai 607 mm di pioggia all'anno, con un valore medio mensile di circa 50,6 mm/mese. I mesi più piovosi si collocano a inizio (gennaio e febbraio) e fine anno (ottobre e novembre), con una precipitazione media mensile di 93,4 mm di pioggia al mese; il mese più siccitoso risulta invece luglio, con una precipitazione media mensile di soli 1,4 mm/mese.

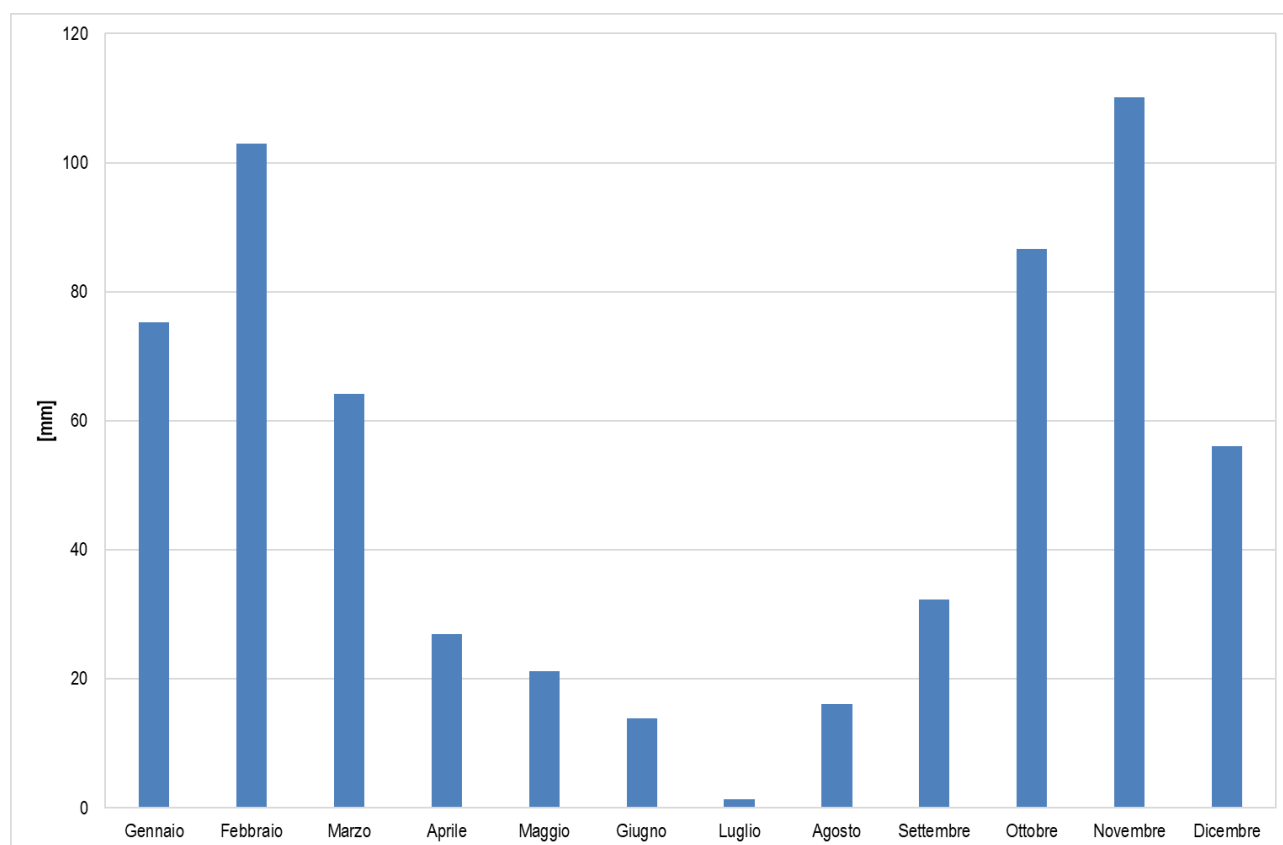


Figura 5-1: pioggia cumulata media mensile (periodo 2015-2020)

Si riporta inoltre di seguito una tabella riepilogativa dei volumi sfiorati e dei volumi derivati a uso irriguo negli ultimi 5 anni.



Tabella 5-1: volumi rilasciati dal 2016 al 2020

	ANNO 2016		ANNO 2017		ANNO 2018		ANNO 2019		ANNO 2020	
	Sfiori [m ³]	Vol. Irriguo [m ³]	Sfiori [m ³]	Vol. Irriguo [m ³]	Sfiori [m ³]	Vol. Irriguo [m ³]	Sfiori [m ³]	Vol. Irriguo [m ³]	Sfiori [m ³]	Vol. Irriguo [m ³]
GEN			6.379.768				6.046.488		1.217	
FEB	3.503		8.335.695		10.545.471		1.778.310			
MAR	1.380		778.980		4.062.366		730.764		833.913	
APR			1.468.926		563.224		751.320		639.600	
MAG	3.627				1.068.120					
GIU	1.617		28.440							129.237
LUG		3.249.463		3.779.041		2.593.109		2.629.872		2.413.813
AGO		1.253.808		1.482.765		1.537.278		1.657.207		1.580.888
SET			8.370	272.567		43.610		32.708		10.903
OTT	1.848		972					163.539		130.832
NOV	3.000						1.390.248			
DIC							1.943.472			
TOT. [m ³]	14.975	4.503.271	17.001.151	5.534.373	16.239.181	4.173.997	12.640.602	4.483.326	1.474.730	4.265.673
	4.518.246		22.535.524		20.413.178		17.123.928		5.740.403	

Sulla base dei dati riportati in tabella è possibile affermare che la disponibilità media annua del bacino di Trinità è di circa 14 Mm³/anno. In assenza di informazioni più specifiche, si assume che tale disponibilità annua, incrementata della quota di evapotraspirazione, corrisponda al volume annuo in ingresso all'invaso.

5.1 Livelli dell'invaso

Sulla base dei dati mensili di livello nel bacino di Trinità raccolti dal gestore dal 2015 al 2020 è stato possibile ricostruire l'andamento dei livelli nell'anno medio, osservabile nel grafico seguente.

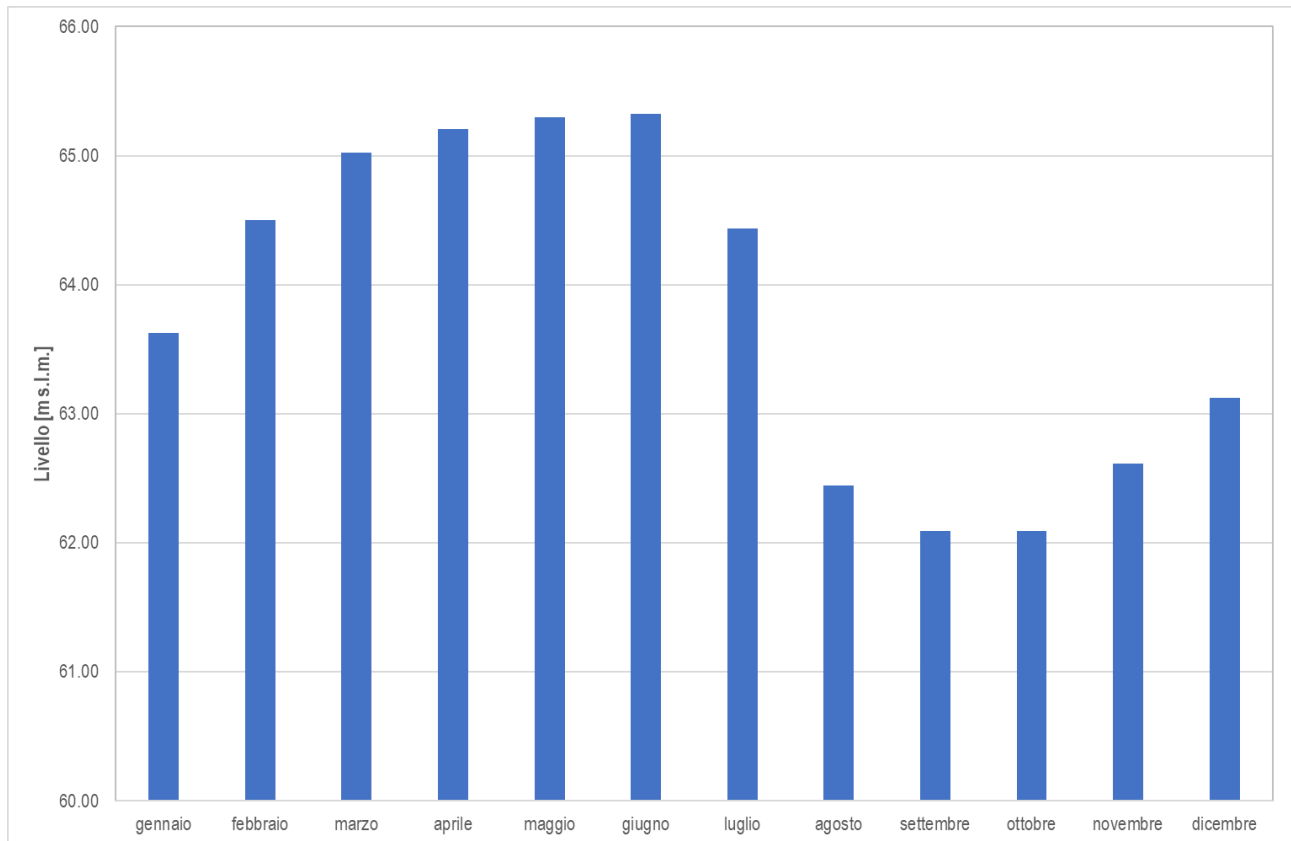


Figura 5-2: andamento dei livelli del bacino di Trinità

Risulta quindi evidente che i massimi livelli sono normalmente raggiunti in tarda primavera e quelli minimi in autunno.



6 IL SEDIMENTO PRESENTE NEL BACINO E NELL'AREA DI INTERESSE

6.1 Quantità e quote del sedimento

Il volume originario dell'invaso, ai sensi della l. 584/1994, risultava pari a 18,0 milioni di m³, mentre il volume utile corrispondeva a 17,5 milioni di m³; a seguito dei rilievi eseguiti nel 2021 è possibile effettuare una valutazione in merito all'interrimento presente nell'invaso:

- dal confronto con il volume originario si deduce un interrimento pari a 5,8 milioni di m³ (circa il 32,5% del volume totale originario);
- dal confronto con il volume utile si deduce un interrimento pari a 5,3 milioni di m³ (circa il 30,5% del volume utile originario).

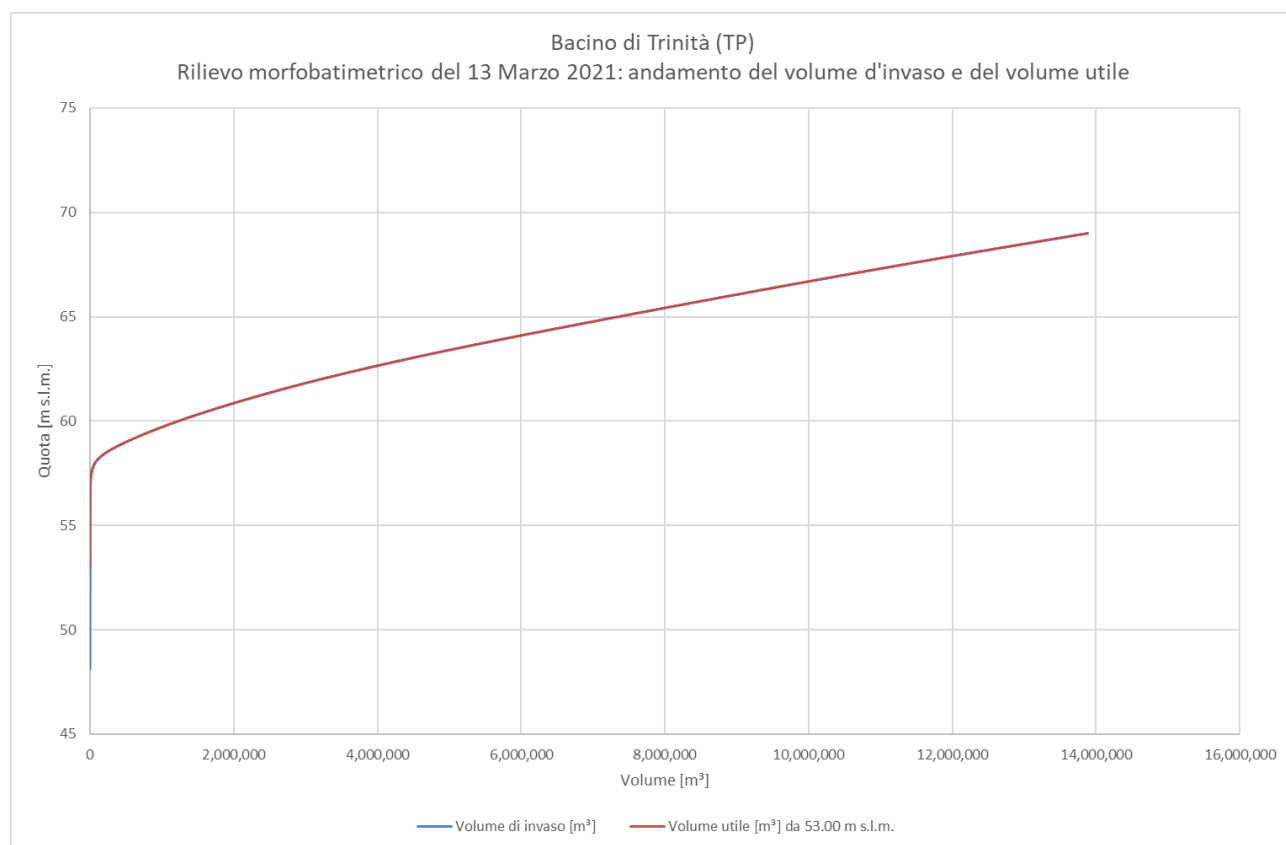


Figura 6-1: curve di invaso (volume d'invaso e volume utile)

Si riportano di seguito estratti delle tavole relative al rilievo eseguito nel 2021.

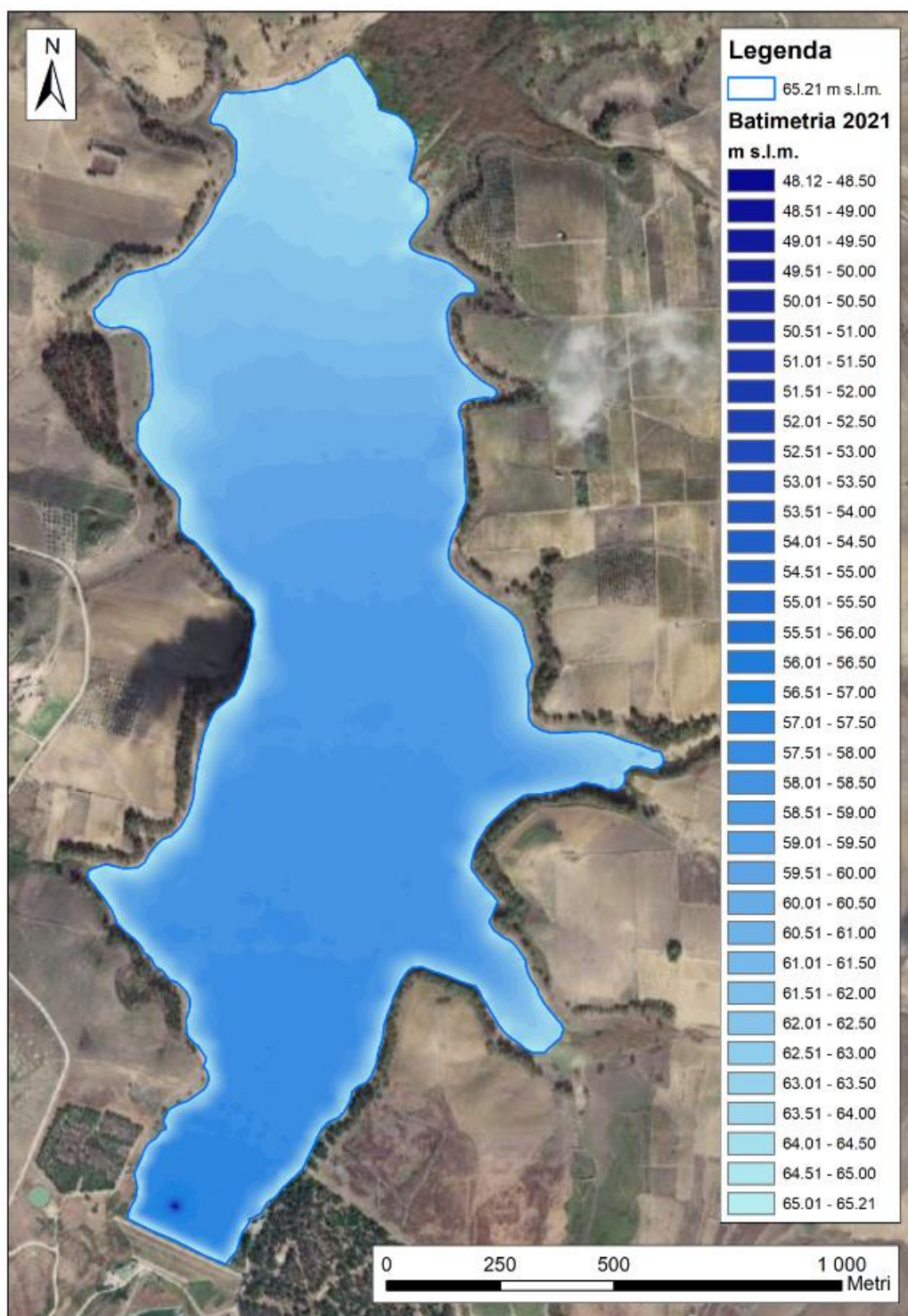


Figura 6-2: carta batimetrica (rilievo 2021)

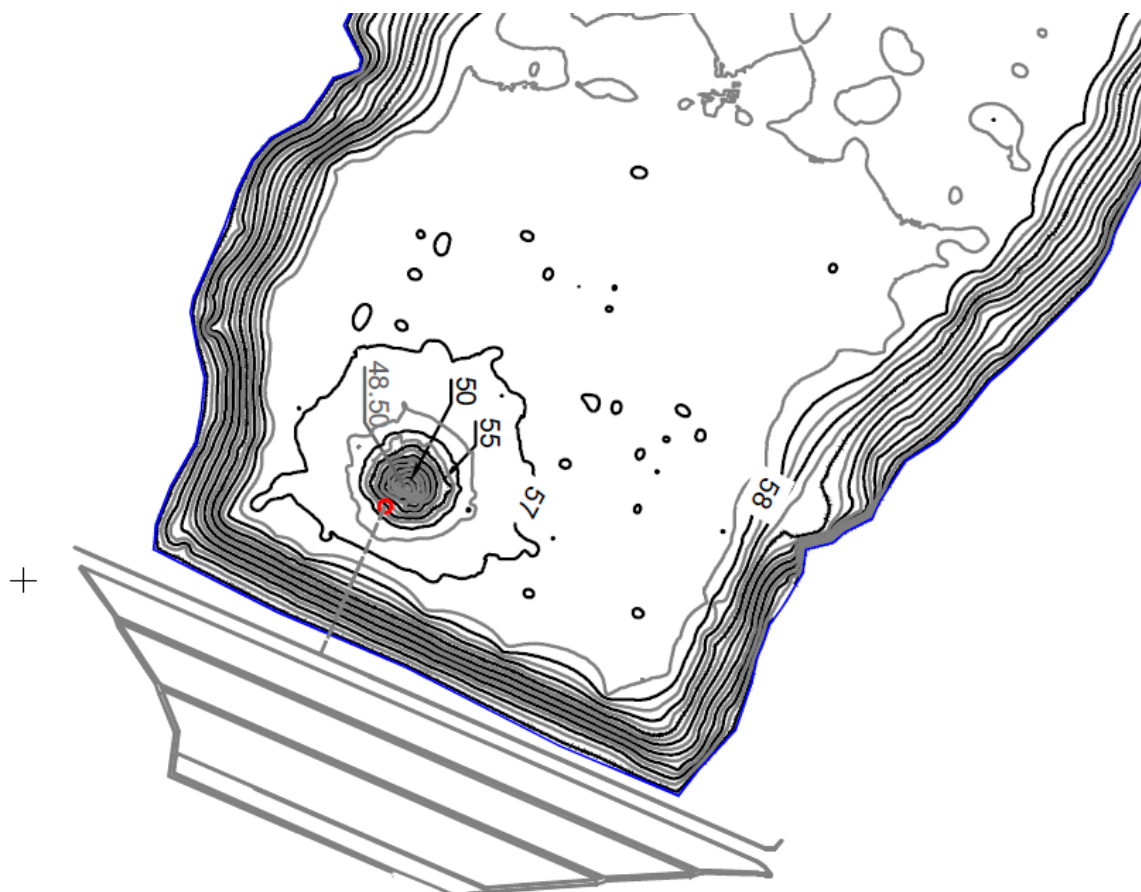


Figura 6-3: carta batimetrica isobate a 0,5 m (rilievo 2021) – dettaglio diga

6.2 Caratteristiche qualitative del sedimento

Rimandando per i dettagli al PdG nel presente paragrafo si riportano in sintesi gli esiti delle campagne di valutazione qualitativa del sedimento 2021: i cerchi rossi indicano i punti di campionamento della qualità superficiale del sedimento, i rombi bianchi indicano i punti di carotaggio per la caratterizzazione profonda del sedimento presso lo scarico di fondo.

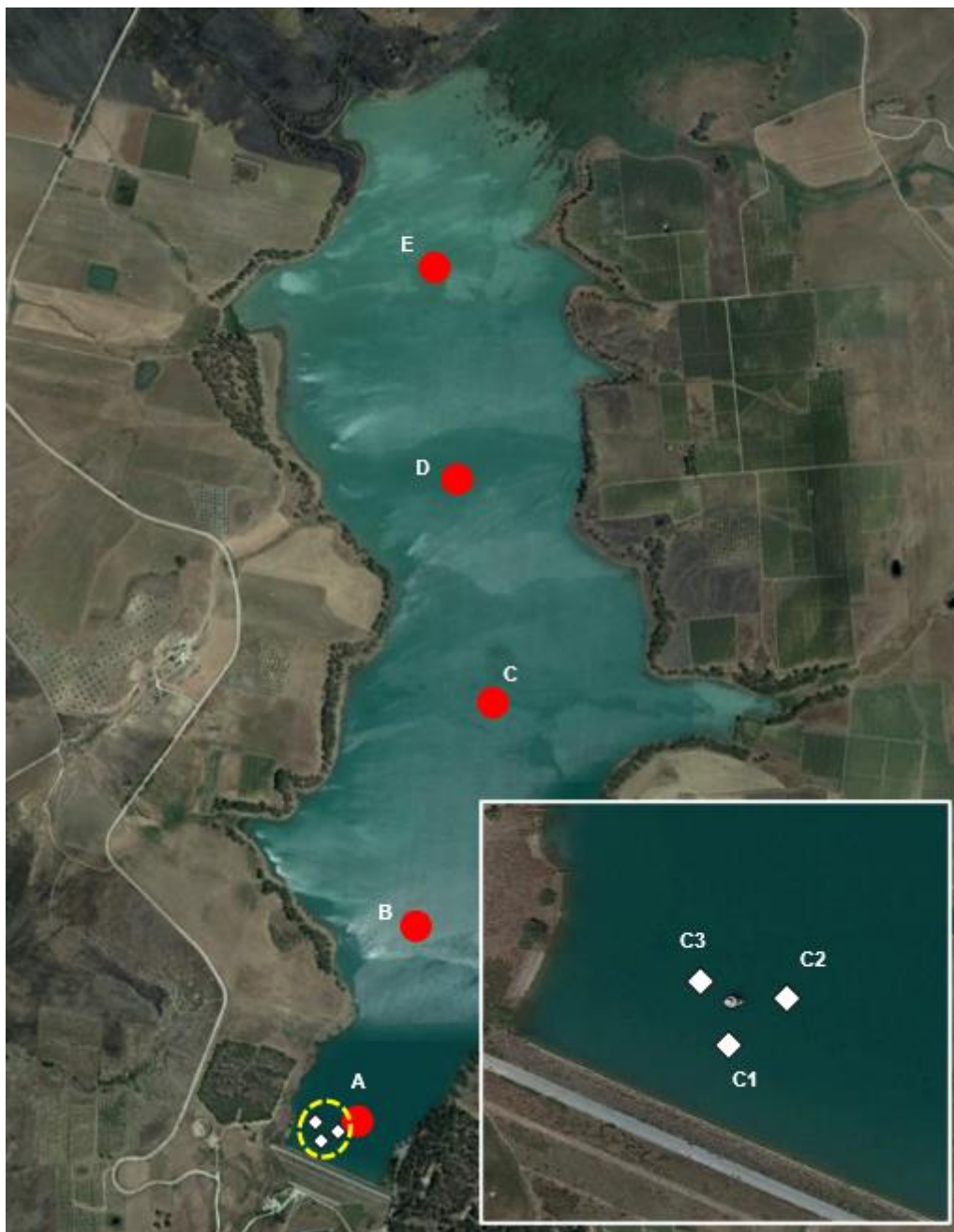


Figura 6-4: localizzazione punti di indagine 2021

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle indagini granulometriche effettuate sui campioni di sedimento.

Dal punto di vista granulometrico i campioni superficiali mostrano piena omogeneità: prevale la sabbia fine, seguita dall'argilla e, nella maggior parte dei punti, dalla sabbia grossa. Il limo risulta presente in tutti i campioni in quantità limitate sia per la frazione fine sia per la frazione grossolana.

**Tabella 6-1: Analisi granulometrica sedimento superficiale**

Campione	Sabbia grossa > 0,2 mm g/kg	Sabbia fine 0,2- 0,05 mm g/kg	Limo grosso 0,05- 0,02 mm g/kg	Limo fine 0,02-0,002 mm g/kg	Argilla < 0,002 mm g/kg
A	90	500	11	29	370
B	27	543	3	37	390
C	150	480	5	15	350
D	84	546	6	24	340
E	220	450	14	36	280

Anche nei campioni raccolti dallo strato profondo si osserva piena omogeneità, ma a differenza di quanto rilevato nello strato superficiale, la frazione prevalente è quella argillosa, seguita dalla sabbia fine e dalla sabbia grossa. Il limo, analogamente a quanto osservato nei campioni raccolti dallo strato superficiale, è presente in quantità limitate, rispetto alle altre frazioni, sia per la componente fine sia per la componente grossolana.

Tabella 6-2: Analisi granulometrica sedimento profondo

Campione	Sabbia grossa > 0,2 mm g/kg	Sabbia fine 0,2- 0,05 mm g/kg	Limo grosso 0,05- 0,02 mm g/kg	Limo fine 0,02-0,002 mm g/kg	Argilla < 0,002 mm g/kg
C1	139	252	75	86	448
C2	167	224	52	68	489
C3	169	223	50	68	490

Sulla base del complesso delle indagini eseguite, in riferimento ai parametri analitici considerati, il sedimento del bacino e più in particolare quello interessato dall'attività descritta risulta essere:

- non pericoloso ai sensi del D.Lgs. 152/06 art. 185 comma 3, quindi può essere spostato liberamente all'interno delle acque superficiali o nell'ambito delle pertinenze idrauliche;
- nel confronto con i limiti del D.Lgs. 152/2006 (parte IV, titolo V, allegato 5, tabella 1, colonna A) compatibile per l'uso residenziale – verde pubblico;
- tutti i parametri indagati dell'eluato presentano valori inferiori ai limiti del D. Lgs. 152/2006 "Limiti di emissione in acque superficiali" (parte III, allegato 5, tabella 3), ad eccezione del COD e dello zinco per i campioni profondi;
- assenza di ecotossicità.

Nel complesso quindi le indagini eseguite mostrano che il sedimento del bacino Trinità non presenta criticità qualitativa alcuna che ne limiti la movimentazione.



7 INTERVENTO PREVISTO

Il bacino di Trinità presenta, come detto, l'importante funzione di assicurare rilevanti volumi idrici, mediamente circa 5,5 milioni di m³ per l'uso irriguo del comparto del Consorzio di Bonifica 1 di Trapani (Consorzio Bonifica Sicilia Occidentale).

Rimandando ai prossimi documenti progettuali per i contenuti tecnici specifici dell'intervento, si riporta di seguito una sintetica descrizione delle varie alternative considerate in precedenza e di quanto previsto in termini di fattibilità; ciò ai fini di meglio comprendere la finalità e le modalità operative degli interventi di gestione del sedimento, oggetto specifico del presente Piano Operativo.

7.1 Analisi delle alternative

Una rimozione puntuale e localizzata di sedimento in un'area profonda normalmente allagata e prossima alle opere di presa e scarico può essere eseguita secondo almeno tre approcci operativi diversi:

- fluitazione-spurgo utilizzando, ad invaso vuoto, la capacità erosiva delle acque fluenti nel bacino in periodo di buona idraulicità;
- rimozione meccanica utilizzando, ad invaso vuoto, mezzi di movimento terra in condizioni di magra;
- dragaggio/sorbonatura senza particolari vincoli temporali o di quota.

Tali opzioni sono state valutate alla luce delle indicazioni riportate nelle Linee di indirizzo Distrettuali; poiché le prime due opzioni prevedono lo svuotamento completo del bacino e la conseguente indisponibilità degli usi della risorsa idrica normalmente previsti, la scelta è quella di indirizzare l'intervento verso la terza opzione che è compatibile il mantenimento degli usi in essere.

Tale scelta di principio potrebbe in futuro essere rivista dopo aver valutati i primi interventi, descritti nel presente Piano Operativo, ed i relativi effetti.

In particolare per il bacino Trinità, come più in generale per i bacini ad uso esclusivamente irriguo, non si esclude in futuro l'opzione di un intervento a bacino vuoto collocato temporalmente dopo la fine del periodo irriguo e prima delle piogge autunnali (settembre – metà ottobre).

Relativamente alla destinazione del sedimento rimosso che possibili opzioni sono:

- fluitazione verso valle nell'alveo del corpo idrico recettore;
- riposizionamento all'interno del bacino in area non interferente;
- recupero e trasporto in area di riutilizzo;
- smaltimento in discarica.

Pur essendo tutte tecnicamente e normativamente possibili, in relazione alle condizioni ambientali, operative e di rapporto costi-benefici si propende per la seconda soluzione a che perché i volumi oggetto di intervento sono collocati nel c.d. "volume morto", quindi al di sotto della quota di minima regolazione, e rappresentano una frazione del tutto marginale del volume dell'invaso.



7.2 Descrizione dell'intervento

L'intervento previsto riguarda la rimozione del sedimento nell'area dell'opera di presa e dello scarico di fondo.

In questo piano operativo, come detto, viene sviluppata l'ipotesi progettuale di preliminarmente fattibilità della rimozione del sedimento, con la premessa che la descrizione di dettaglio degli interventi sarà definita negli elaborati progettuali definitivi, una volta condivisi, dagli enti coinvolti nella valutazione, i principi generali qui presentati.

Si riporta di seguito la planimetria dell'area di dragaggio ed una possibile sezione di scavo.

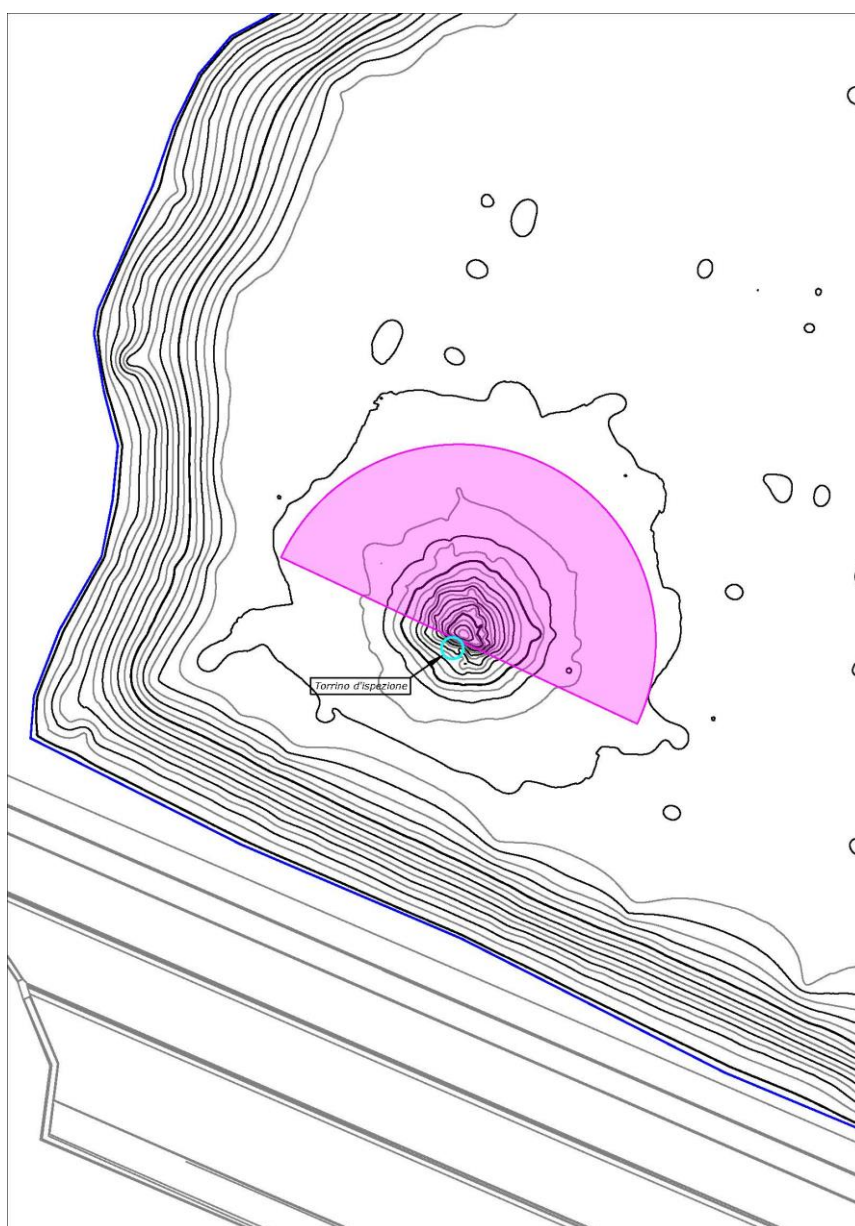


Figura 7-1: planimetria degli interventi di dragaggio



Il volume da rimuovere è stato valutato sulla base dei rilievi morfobatimetrici eseguiti a marzo 2021, ipotizzando di creare una prima area pianeggiante davanti all'imbocco dello scarico di fondo, alla quota della soglia di quest'ultimo, per un raggio di circa 20 metri e successivamente raggiungere la quota attuale del sedimento con una pendenza cautelativa di 1:3.



Le fasi operative individuate nell'ambito dell'asportazione del sedimento sono le seguenti:

1. rimozione tramite dragaggio;
2. trasporto/pompaggio;
3. ricollocazione.

Per realizzare l'intervento previsto deve essere dragata un'area con una superficie di circa 3500 m² al fine di rimuovere i circa 17.000 m³ di sedimenti presenti.

Il materiale da asportare è costituito principalmente da sabbia e argilla, come da dettagli riportati nel capitolo precedente, la prima prevalente negli strati superficiali la seconda in quelli profondi.

Durante le operazioni di rimozione le attività di derivazione e scarico saranno mantenute in funzione.

Per la rimozione del sedimento è previsto l'impiego di un sistema dragante costituito da una pompa idraulica sommergibile, munita di escavatori idraulici meccanici per la disaggregazione del materiale, che grazie ad un regime di rotazione estremamente ridotto permettono di ridurre al minimo l'eventuale produzione di torbidità. La pompa è caratterizzata da un sistema di compensazione idraulica necessaria per il raggiungimento della profondità di scavo progettuale.



Figura 7-3: esempio di pompa idraulica sommergibile

In supporto ai disagregatori idraulici può essere installato un disagregatore *jet-ring*. Tale sistema è costituito da una pompa che invia acqua ad alta pressione attraverso ugelli posti intorno alla pompa di dragaggio.

Per ridurre l'eventuale torbidità che si genera durante le fasi di dragaggio, può essere installata intorno alla pompa e ai disagregatori idraulici una struttura metallica (campana antitorbidità). Il sistema di dragaggio necessita di una serie di attrezzature e strumentazioni complementari (centralina oleodinamica, cabina di controllo, argani di brandeggio, argano pompa e gruppo elettrogeno) che vengono installate su pontone, come schematicamente rappresentato nell'immagine che segue.

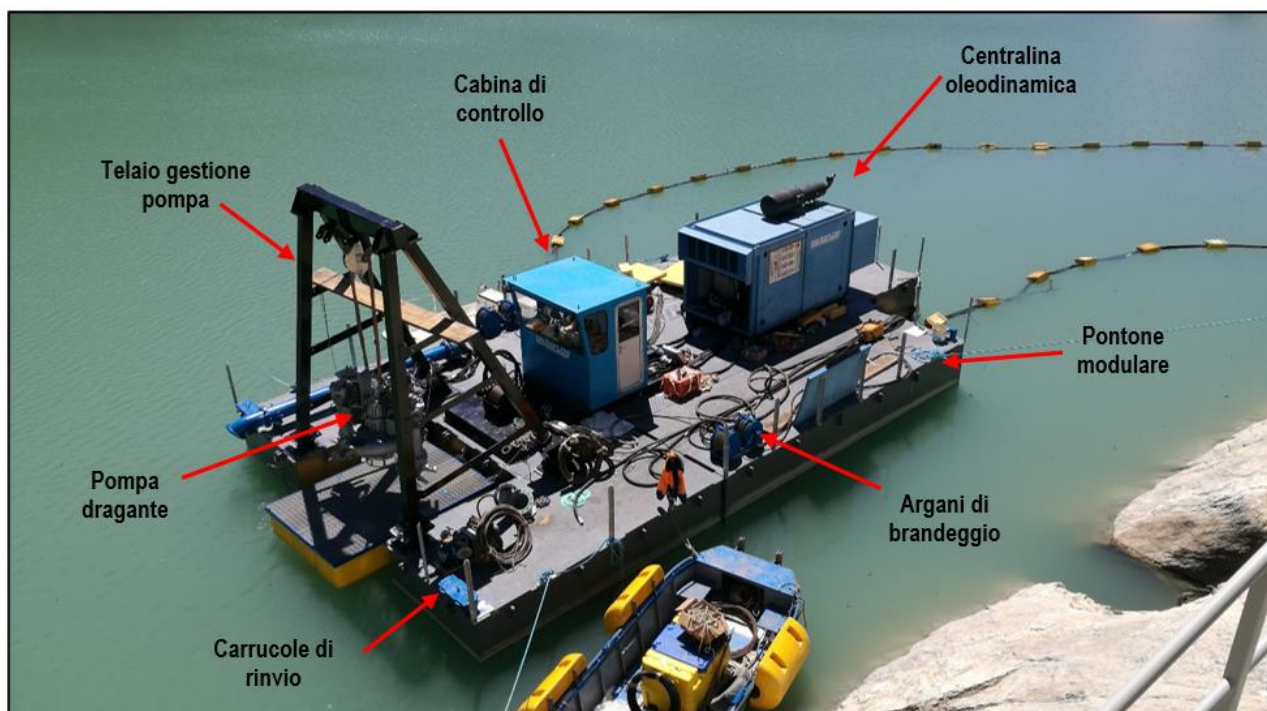


Figura 7-4: pontone completo con le diverse componenti

La miscela acqua-sedimento aspirata dalla pompa viene convogliata al sito di destinazione attraverso tubazioni in PE di due tipologie: tubazione flessibile che collega la pompa aspirante-refluente con il misuratore di portata (tratto in aspirazione) e tubazione rigida che convoglia la miscela acqua-sedimenti (tratto in mandata).

Per la misura della portata della miscela acqua sedimento viene generalmente utilizzato un sensore elettromagnetico installato sulla tubazione di mandata. Al fine di migliorare la produttività monitorando la densità della miscela transitante all'interno della tubazione, al misuratore di portata elettromagnetico può sostituirsi un misuratore ad ultrasuoni che consente di determinare la densità della miscela.



Figura 7-5: esempio di cantiere

La posizione del pontone all'interno dell'area di intervento è fondamentale per la verifica ed il controllo della rimozione del materiale. Il posizionamento nello spazio è effettuato tramite un'antenna GPS posta sul vertice del telaio di sostegno della pompa. Tramite un'antenna radio il GPS comunica con una stazione fissa posta a terra avente coordinate note. Tale sistema, appositamente sviluppato per il controllo della precisione in operazioni di scavo o dragaggio, è basato sull'uso di un software, formato da vari moduli, studiato in particolare per il posizionamento del pontone e il monitoraggio ad alta precisione della profondità dello scavo, con elaborazione dei dati registrati durante le attività di dragaggio.

Per l'acquisizione della posizione del pontone è utilizzato un ricevitore GPS a doppia antenna in grado di fornire la posizione planimetrica (precisione inferiore a ± 2 cm dal punto di vista planimetrico).

Il software è in grado di utilizzare il dato del misuratore di profondità in modo da determinare univocamente la posizione verticale della pompa sommersa. La mappa caricata sul modulo profiler costituisce la base sulla quale si potrà visualizzare la posizione del pontone e l'avanzamento dei lavori. Infatti, anche le batimetrie dell'area di dragaggio si aggiorneranno ai vari passaggi della pompa, cambiando automaticamente i colori sullo schermo e completando un quadro di informazioni necessarie alle operazioni di scavo. L'operatore sarà quindi in grado di visualizzare in tempo reale sia la posizione planimetrica che la quota batimetrica della testa dragante, rispetto alla zona di scavo. I colori sullo schermo cambiano in tempo reale durante il dragaggio, permettendo all'operatore di visualizzare sempre con certezza le zone dragate e quelle ancora da dragare, con le relative profondità. Il sistema profiler interfaccia le informazioni pre-esistenti (batimetria dello stato pre lavori) con le informazioni in tempo reale provenienti dall'apparecchiatura sopra descritta. Queste informazioni sono rappresentate su uno schermo sia in pianta che in sezione, come da immagini che seguono, e consentono agli operatori il pieno e costante controllo dell'attività di asportazione.

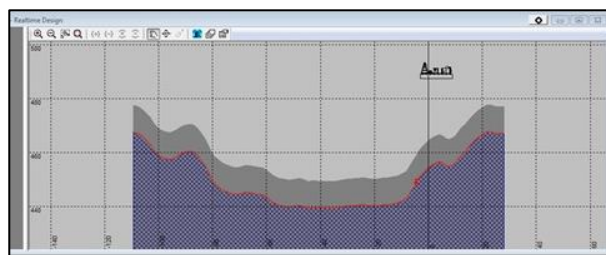
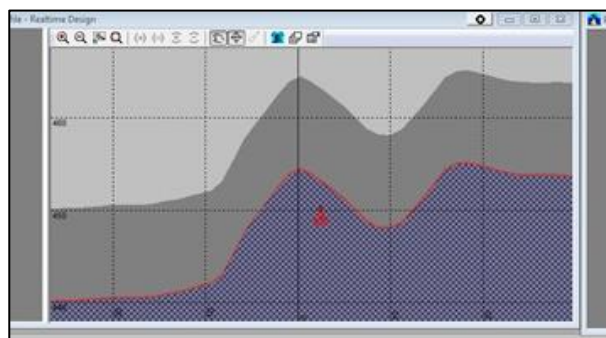
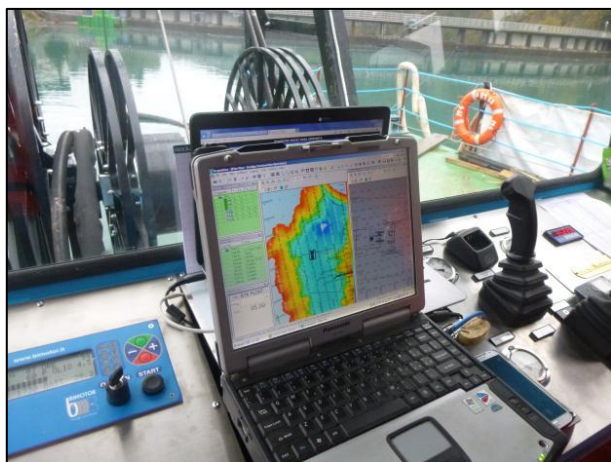


Figura 7-6: cabina di comando e visualizzazione in sezione e in pianta dei dati aggiornati in tempo reale

Il sistema disagregante/pompante, considerando un rapporto solido liquido prossimo ad 1 a 10, può arrivare a trattare sino a 600 m³/ora di miscela. Teoricamente, procedendo in continuo (8 ore al giorno), in assenza di imprevisti, la fase di dragaggio può arrivare ad una rimozione di circa 500 m³ giorno quindi l'obiettivo complessivo dell'intervento può essere raggiunto in circa 35 giorni di lavoro.

Tale attività, come detto può essere eseguita per step successivi.

La miscela solido-liquido pompata viene quindi indirizzata nell'area di deposito individuata a valle della diga, a una distanza di circa 200 m, secondo lo schema riportato nell'immagine che segue.

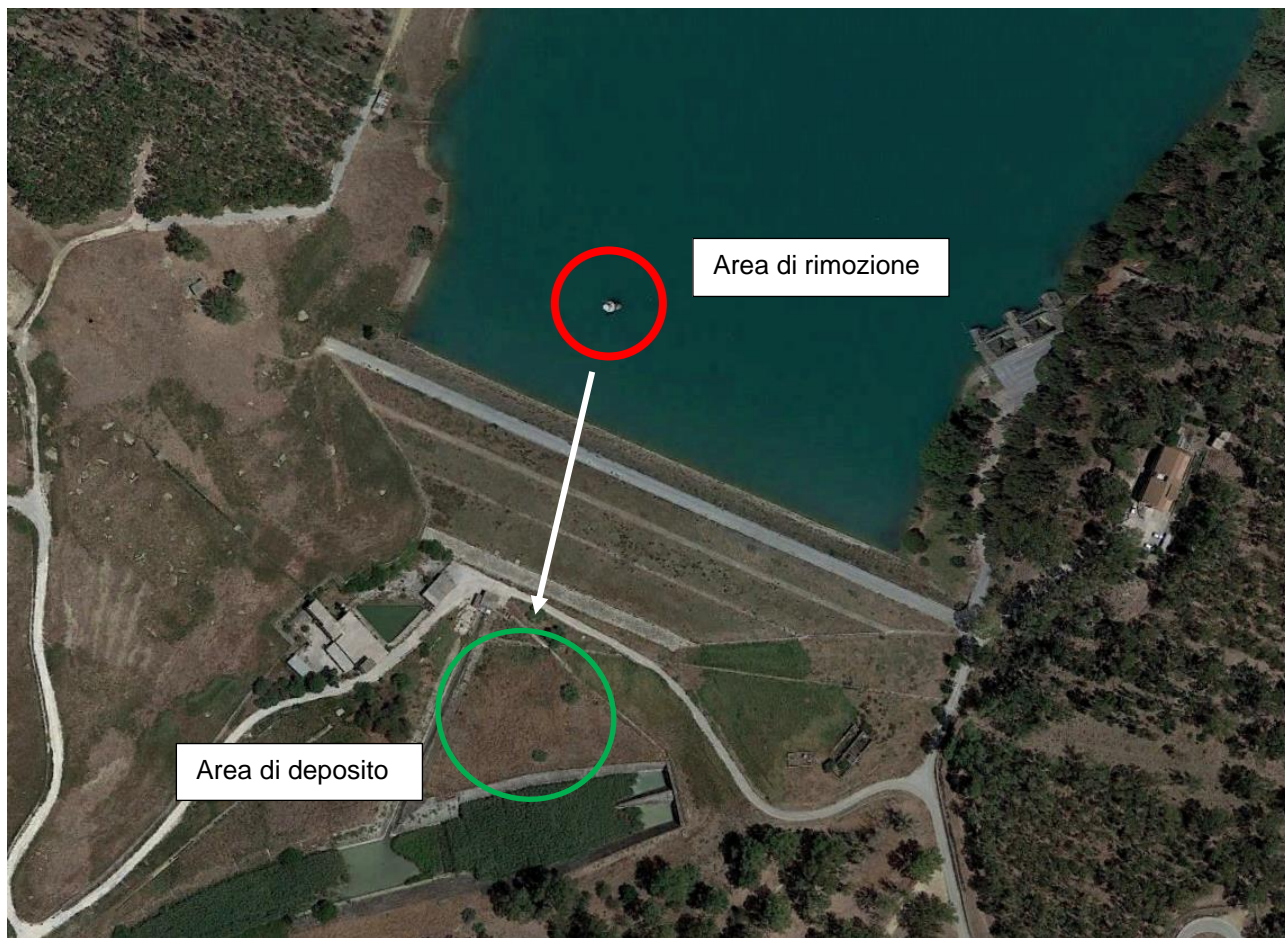


Figura 7-7: area di rimozione e area di stoccaggio del sedimento rimosso dall'invaso di Trinità

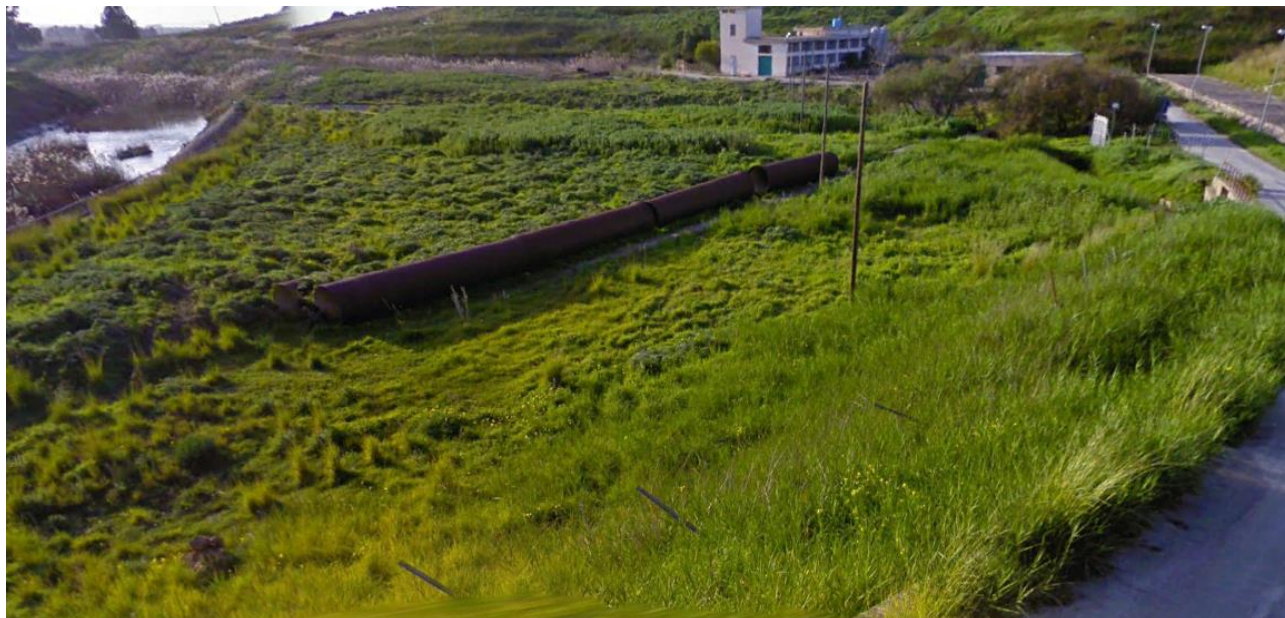


Figura 7-8: area di stoccaggio



Poiché la fase precedentemente descritta genera una miscela solida/liquida necessita strutture di contenimento che possano far sedimentare la fase solida.

Le due opzioni normalmente utilizzate sono:

- cassa di colmata per volumi significativi;
- geotubi, per volumi minori.

I volumi di rimozione previsti per l'operazione descritta sono compatibili con una soluzione di deposito attraverso geotubi. La definizione definitiva di lungo periodo dell'approccio utilizzato sarà compiuta in fase di progettazione definitiva dell'intervento.



Figura 7-9: geotubi in fase di riempimento

Le caratteristiche fisiche di queste strutture di raccolta consentiranno il trattenimento del materiale solido e la fuoriuscita dell'acqua.

In genere in poche settimane si raggiunge una concentrazione di solidi di oltre il 70%. Una volta che il contenuto di umidità obiettivo è stato raggiunto il sedimento potrà essere rimosso e traslocato o lasciato in loco e consolidato con un apposito intervento di stabilizzazione attraverso anche approcci di ingegneria naturalistica che consentano in pieno recupero anche paesaggistico dell'area di intervento.

L'immagine che segue evidenzia l'area preliminarmente individuata che presenta, a valle della diga ma nelle aree di pertinenza della stessa di circa 6.000 ÷ 7.000 m² che risulta ampiamente sufficiente per lo scopo.

Lo spessore del sedimento accumulato nei geotubi, che possono essere posizionati anche uno sopra l'altro, dipende dalle scelte progettuali, a loro volta legate alla disponibilità delle aree ed alla loro stabilità.



In questo caso specifico le valutazioni preliminari eseguite sulla base dei dati disponibili consentono di valutare la fattibilità dell'intervento nel rapporto fra volumi di rimozione previsti ed area disponibile; la valutazione dei carichi puntuali sostenibili sarà eseguita a seguito di appositi rilievi stratigrafici in fase di progettazione definitiva degli interventi.



Figura 7-10: area di intervento

Circa la stabilità dei terreni sui quali verrà posizionato il materiale dragato dal bacino nei geotubi, sulla base degli elementi disponibili non si sono delineati elementi ostativi che possano far pensare a una loro instabilità.

In particolare, sono stati presi in considerazione parametri quali la pendenza, le caratteristiche geolitologiche e la falda e, anche assumendo ipotesi cautelative, non sono emersi elementi che possano far scendere il fattore di sicurezza al di sotto dei valori di riferimento.

Resta inteso che, a corredo della progettazione definitiva dell'intervento, saranno eseguiti i sondaggi specifici necessari alla conferma delle preliminari valutazioni effettuate e che nell'area di posizionamento saranno previsti gli interventi di stabilizzazione utili a migliorare ulteriormente la stabilità di lungo periodo dell'intervento stesso.

7.3 Stima dei costi

La stima dei costi degli interventi descritti si compone di differenti elementi, alcuni valutabili a corpo altri a misura. Le principali voci di costo sono così riassumibili:

- trasporto dei macchinari e installazione del cantiere, stimabili complessivamente in 150.000÷200.000 € a prescindere dai volumi complessivi rimossi;
- predisposizione del sito di stoccaggio e dei geotubi e loro gestione in fase di scarico della miscela solido-liquido, stimabili complessivamente in 340.000÷410.000 € per un intervento di rimozione circa 17.000 m³ di sedimento. Tali costi ricomprendono allestimento dell'area, acquisto dei geotubi, acquisto del polielettrolita e degli accessori necessari, attività di riempimento dei geotubi;
- realizzazione dell'intervento di rimozione, i cui costi sono direttamente proporzionali all'entità della rimozione e quantificabili in circa 35 €/m³;
- stabilizzazione definitiva del sedimento stoccato nei geotubi oppure rimozione e sua ricollocazione, i cui costi dipendono dalle scelte progettuali relative alle modalità di consolidamento piuttosto che nel caso di rimozione e ricollocazione della distanza del punto di stoccaggio finale. Tali scelte saranno effettuate nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento e non sono pertanto al momento economicamente quantificabili.

Resta inteso che una valutazione economica più accurata potrà essere eseguita a seguito delle attività di progettazione definitiva degli interventi.



8 EFFETTI AMBIENTALI DELLA SOLUZIONE SCELTA E MITIGAZIONI

Le attività descritte non comportano, come detto lo svuotamento del bacino quindi sono evitate tutte le conseguenze, nel bacino e nel corpo idrico di valle, connesse a tale evento.

La soluzione progettuale individuata permette quindi di mantenere il livello del lago entro le quote di gestione ordinaria durante le fasi di cantiere e di minimizzare gli effetti a carico dell'ambiente nelle sue diverse componenti.

Gli effetti sull'ambiente dell'intervento descritto, sono quindi così prevedibili:

- disturbo aree e mezzi di cantiere;
- torbidità nel bacino;
- riduzione tenore di ossigeno;
- trasporto/destinazione sedimento.

8.1 Disturbo aree e mezzi di cantiere

L'area di cantiere del dragaggio del sedimento è limitata e al momento della sua installazione è prevedibile che la fauna presente, si sposti naturalmente in aree indisturbate disponibili nel resto del bacino. Gli effetti possono dunque essere considerati trascurabili.

L'area di deposito del sedimento, essendo localizzata al di fuori dell'invaso, non determina alcuna azione di disturbo sulle biocenosi acquatiche.

8.2 Torbidità

Durante le operazioni di dragaggio, in considerazione delle modalità proposte, con particolare riferimento all'effetto dell'aspirazione, non è previsto un incremento di torbidità delle acque nei pressi del cantiere. La torbidità dell'acqua nei pressi del cantiere verrà comunque monitorata come descritto nel capitolo che segue.

8.3 Tenore di ossigeno

Durante le operazioni di dragaggio, in considerazione delle modalità proposte, non è prevista una riduzione della concentrazione di ossigeno. Analogamente al parametro precedente anche l'ossigeno sarà oggetto di monitoraggio.

8.4 Destinazione sedimento

Come indicato in precedenza, in relazione alle sue buone caratteristiche qualitative ed alla marginalità dei volumi totali movimentati, il sedimento sarà riposizionato in un'area di deposito individuata a valle della diga.



9 MONITORAGGIO

In questo capitolo sono descritte le attività conoscitive che precederanno, accompagneranno e seguiranno le fasi di cantiere.

In termini metodologici si rimanda a quanto descritto nell'apposto capitolo del PdG.

9.1 Monitoraggio *ante operam*

Prima dell'inizio delle attività, nell'area interessata dal cantiere di dragaggio, si prevede di eseguire un monitoraggio (*ante operam*) costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici multibeam dell'area di rimozione;
- Caratterizzazione analitica dell'acqua.

9.1.1 Rilievi morfobatimetrici

L'effettiva quantità di materiale da movimentare verrà determinata attraverso un'analisi di dettaglio del rilievo batimetrico, in cui si evidenzieranno geometrie e pendenze dei fondali interessati dalle operazioni di asportazione del sedimento.

9.1.2 Caratterizzazione analitica dell'acqua

In corrispondenza dell'area del cantiere si procederà a:

- registrare i valori dei principali parametri chimico-fisici lungo la colonna;
- misurare la trasparenza;
- prelevare campioni a diverse profondità da sottoporre ad analisi di laboratorio per la definizione del livello trofico dei laghi per lo Stato Ecologico (LTLecco) secondo il DM 260/2010.

Le misure e le analisi saranno eseguite applicando metodiche analitiche nazionali e internazionali ufficialmente riconosciute.

9.2 Monitoraggio in corso d'opera

Durante le attività di dragaggio si procederà ad un monitoraggio costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici in tempo reale del materiale dragato;
- Verifica della torbidità dell'acqua;
- Verifica della concentrazione di ossigeno nell'acqua.



9.2.1 Rilievi morfobatimetrici

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito un rilievo aggiornato in tempo reale sulla base della profondità raggiunte dalla pompa. Tali informazioni vengono utilizzate dall'operatore presente sul pontone per manovrare le operazioni.

9.2.2 Torbidità dell'acqua

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito il monitoraggio della qualità dell'acqua nei pressi della zona di movimentazione per la verifica della torbidità dell'acqua. Le operazioni saranno condotte in modo da garantire il rispetto dei limiti, agendo con opportune regolazioni.

Per i valori limite da considerare si fa riferimento alle soglie di accettabilità per i solidi sospesi nelle acque rilasciate a valle degli invasi, definite nella DDG n. 710 del 7/5/12 emanata dalla Regione Siciliana, riportate nella tabella seguente.

Tabella 9-1: soglie di accettabilità per i solidi sospesi nelle acque rilasciate a valle degli invasi e durata di esposizione da non superare (DDG 710/2012 Allegato A, Tabella 2)

Concentrazione di solidi sospesi	Durata massima (in ore) di concentrazione di solidi sospesi
Max 40 g/l	0.5 h
15 g/l < conc SS < 20 g/l	1.5 h
10 g/l < conc SS < 15 g/l	3.0 h
5 g/l < conc SS < 10 g/l	6.0 h
< 5 g/l	Fino al termine delle operazioni*

*si intende come termine massimo il periodo di una settimana

9.2.3 Tenore di ossigeno

Durante le operazioni di dragaggio verrà eseguito il monitoraggio della qualità dell'acqua nei pressi della zona di movimentazione per la verifica della concentrazione di ossigeno. Le operazioni saranno condotte in modo da garantire il rispetto dei limiti, agendo con opportune regolazioni. Per il valore limite da considerare si fa riferimento a quanto riportato nella DDG n. 710 del 7/5/12 emanata dalla Regione Siciliana: la concentrazione di ossigeno disciolto deve essere sempre superiore a 5 mg/l (pari a circa il 40% di saturazione).

9.3 Monitoraggio *post operam*

Al termine delle attività, nell'area interessata dal cantiere di dragaggio, si prevede di eseguire un monitoraggio (post operam) costituito da:

- Rilievi morfobatimetrici;
- Caratterizzazione analitica dell'acqua.

9.3.1 Rilievi morfobatimetrici

Al termine delle operazioni di movimentazione del sedimento verrà effettuato un nuovo rilievo batimetrico al fine di verificare gli effettivi quantitativi rimossi e riaggiornare lo stato dei fondali in prossimità delle opere di presa e scarico.

9.3.2 Caratterizzazione analitica dell'acqua

In corrispondenza dell'area del cantiere si procederà a:

- registrare i valori dei principali parametri chimico-fisici lungo la colonna;
- misurare la trasparenza;
- prelevare campioni a diverse profondità da sottoporre ad analisi di laboratorio per la definizione del livello trofico dei laghi per lo Stato Ecologico (LTLecco) secondo il DM 260/2010.

Le misure e le analisi saranno eseguite applicando metodiche analitiche nazionali e internazionali ufficialmente riconosciute.