

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA  
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



**PROGETTO DEFINITIVO**

Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
<b>ET01</b>	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	-
		Data:
		27/12/2019

Settore:  Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 <small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>	
<b>PROGETTAZIONE :</b> <b>PROGETTISTA - PROJECT MANAGER :</b> ING. GIOVANNI SIMONELLI  <b>GEOLOGO:</b> DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI <b>ESPROPRI:</b> GEOM. ANDREA PATRIARCHI	<b>COLLABORATORI :</b> DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI
<b>CONSULENTI TECNICI :</b>  ING. DAVID SETTESOLDI  DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI  ING. GIOVANNI CANNATA	<b>COMMESSA I.T. :</b> INGT-TPLPD-PBAAC252  <b>RESPONSABILE COMMITTENTE :</b> ING. CRISTIANO AGOSTINI
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :</b>  ING. PAOLO PIZZARI	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :</b> ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
01	27/12/2019	Prima Emissione	Catella	Settesoldi

COMUNE DI PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA SICUREZZA DELLA DIGA DI GIUDEA A GELLO

RELAZIONE TECNICA

NOVEMBRE 2019

REV. 01

## Sommario

1	Introduzione .....	5
1.1	Parere istruttorio della Divisione 7 –Idraulica e Geologia Applicata .....	6
1.1.1	Risposta alle prescrizioni di carattere idrologico e idraulico .....	8
1.2	Parere istruttorio della Divisione 6 – Strutture e Geotecnica per gli aspetti strutturali e geotecnici .....	9
1.2.1	Risposta alle prescrizioni di carattere geotecnico .....	11
2	Il quadro conoscitivo .....	13
2.1	I progetti esistenti .....	13
2.2	I rilievi topografici .....	13
2.3	I dati idrologici .....	13
2.4	I dati idraulici .....	14
2.5	I dati geotecnici .....	14
3	La descrizione dello stato attuale .....	15
3.1	Le caratteristiche dell’invaso originario .....	15
3.2	L’opera di presa sul T. Vincio .....	20
3.3	Le caratteristiche dell’invaso provvisorio autorizzato .....	22
4	Le caratteristiche dell’intervento di progetto .....	25
4.1	L’invaso .....	26
4.2	Il corpo diga .....	26
4.3	Lo scarico di superficie .....	28
4.4	Lo scarico di fondo .....	28
4.5	La derivazione .....	30
4.6	Le sponde dell’invaso .....	30
4.7	Gli organi di manovra .....	30
4.8	Gli strumenti di monitoraggio .....	31
5	Analisi idrologica .....	32
6	Verifiche idrauliche .....	33
6.1	Messa fuori servizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo .....	33
6.2	Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto .....	36
6.3	Verifica evento TR 1000 anni con invaso di progetto e scarico di fondo aperto .....	37
6.4	Verifica evento TR 3000 anni con invaso di progetto .....	39
6.5	Il franco idraulico .....	40
7	Analisi idraulica .....	41
7.1	Il canale scolmatore .....	41
7.2	La vasca di dissipazione .....	42
7.3	Il fosso recettore .....	42
8	Gli organi di manovra dell’invaso .....	44
8.1	Lo scarico di fondo e la condotta di derivazione allo stato attuale .....	44

8.2	Lo scarico di fondo e la condotta di derivazione allo stato di progetto .....	46
8.3	La verifica del tempo di svuotamento dell'invaso .....	47
9	Verifiche strutturali .....	48
10	Impianti tecnologici ed elettromeccanici.....	48
11	Impianti elettrici .....	48
12	Inserimento paesaggistico e ambientale .....	49
13	Gestione delle materie .....	49
14	Gestione delle interferenze .....	49
15	La cantierizzazione .....	50
16	Il Piano Particolare di Esproprio .....	50
17	La sicurezza .....	50
18	I computi metrici .....	50
19	Il Piano di Gestione .....	50
20	Sintesi delle caratteristiche principali dell'invaso di progetto .....	51

## Premessa

La presente relazione è relativa alla revisione del progetto definito redatto nel maggio 2018 dell'intervento di messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento idropotabile dell'invaso della Giudea posto in località Gello nel comune di Pistoia.

La diga della Giudea è codificata con posizione RID 480/1183. Nella revisione del progetto definitivo sarà tenuto conto del contenuto dei seguenti pareri:

- A. relazione istruttoria sul progetto preliminare prot. 11532 del 10-06-2014 dell'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze;
- B. parere n. 1878 del 09/10/2015 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS espresso nell'ambito della procedura di Verifica di assoggettabilità a VIA del progetto di "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera (PT)" con proponente il Comune di Pistoia
- C. Determina n. 371 del 21/10/2015 assoggettamento a VIA del progetto di "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera (PT)"
- D. relazione istruttoria sul progetto definitivo prot. 26494 del 31-12-2015 ;
- E. relazione preistruttoria dell'Ufficio Tecnico delle Dighe di Firenze prot. n. 17336 del 26-07-2018 (allegato 1 alla nota del RID 30394 del 28-12-2018)
- F. relazione istruttoria per gli aspetti idraulici della Divisione 7 – dell'Ufficio Idraulica e Geologia Applicata prot. n.26417 del 12.11.2018 (allegato 2 alla nota del RID 30394 del 28-12-2018)
- G. relazione istruttoria per gli aspetti strutturali e geotecnici della Divisione 6 – Strutture e Geotecnica prot. n. 27863 del 26.11.2018 (allegato 3 alla nota del RID 30394 del 28-12-2018)

L'intervento si inserisce nell'ambito del:

- Accordo di Programma per le "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in Loc. Gello e laghi Primavera" sottoscritto il 30.07.2009 tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Toscana, Provincia di Pistoia, Comune di Pistoia, Autorità di Bacino del fiume Arno, Autorità di Ambito Territoriale Ottimale n. 3 Medio Valdarno e Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese – Bisenzio;
- Accordo di programma per la definizione degli interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Giudea a Gello, ai sensi della DELIBERA CIPE n. 54/2016, sottoscritto da Regione Toscana, Comune di Pistoia, Ente di governo d'ambito: Autorità Idrica Toscana con soggetto attuatore Publiacqua S.p.a..

## 1 Introduzione

Il serbatoio della Giudea, in località Gello del Comune di Pistoia è stato concepito durante gli anni '60 per la modulazione e l'accumulo, ad uso acquedottistico, delle portate invernali e primaverili del T. Vincio di Brandeglio.

L'impianto, è stato ultimato e collaudato alla fine del 1973, ed ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificarono, prima sul rinfianco di monte della diga, poi sulla sponda sinistra del serbatoio, alcuni dissesti per i quali fu ordinato il vuotamento del lago.

Nell'attesa della progettazione generale degli interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza dell'invaso di Gello, nel 1993 venne progettata e costruita una tura, posta a monte dello sbarramento, per mezzo della quale, si è potuto realizzare un vaso parziale provvisorio di circa 65.000 m<sup>3</sup>.

E' stato redatto successivamente il Progetto di Massima e un 'Progetto Generale' datato Giugno 1993, che è stato sottoposto all'esame e parere della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP., la quale, con voto reso nell'adunanza del 26 Maggio 1994 n. 320, espresse il parere che il progetto relativo agli interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento al D.M. 24/03/1982 datato Giugno 1993, fosse meritevole di approvazione con osservazioni e prescrizioni.

Il successivo Progetto Esecutivo, è stato redatto nell'Aprile 1995 e il Servizio Nazionale Dighe, con nota SDI/7860 del 16 Dicembre 1996, lo ha ritenuto meritevole di approvazione, subordinatamente all'osservanza delle prescrizioni indicate nella relazione istruttoria.

In data 23/03/2000 con nota del Servizio Nazionale Dighe Prot. n. 1837 è stato assentito un vaso provvisorio fino alla quota 5.5m dell'asta idrometrica (corrispondente alla quota 134,50m slm).

Nel 2003, Pubblacqua S.p.A è divenuta titolare della gestione dell'impianto di potabilizzazione di Gello a Pistoia di cui fa parte la Diga di Giudea.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3376/2004, contenente le "modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito, ai sensi dell'art. 32 bis del D.L. 30/9/2003 n. 269, convertito con modificazioni dalla Legge 24/11/2003 n. 326", è stato previsto nell'ambito del Piano degli interventi di adeguamento sismico e miglioramento sismico (Ordinanza 3376/2004 – Art. 1, comma 4, lettera C ) uno stanziamento per la Diga di Giudea.

Nell'anno 2007 è stato approvato il Progetto Definitivo ed Esecutivo relativo alle Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera.

Dal punto di vista della gestione e dell'esercizio, l'invaso è stato oggetto di un provvedimento di vaso permanente Prot. n. 881 del 01/12/1990.

Il progetto è stato oggetto successivamente di uno specifico Accordo di Programma "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera" tra Ministero, Regione Toscana e Comune di Pistoia.

A seguito di un approfondimento tecnico, relativo sia alle necessità acquedottistiche del Gestore del Servizio Idrico, sia alle problematiche di stabilità del corpo diga e sulla necessità di reperire materiale idoneo alla realizzazione degli argini per la realizzazione del sistema delle casse denominato Laghi Primavera a supporto del bacino del Torrente Ombrone, è stato deciso di modificare le previsioni progettuali relative all'invaso di Gello non perseguendo l'obiettivo di rialzo del coronamento ma bensì definendo la riduzione dell'altezza dell'invaso.

Le due opere sono state oggetto di verifica di assoggettabilità a VIA e in data 09/10/2015 l'intera opera è stata assoggettata a VIA. Le motivazioni e valutazioni tecniche che hanno comportato il passaggio alla procedura di VIA sono principalmente legate ai rilievi espressi per quanto riguarda la realizzazione dei Laghi Primavera.

In considerazione di tale aspetto e sulla base dell'accordo stipulato con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti si è ritenuto necessario suddividere l'iter autorizzativo degli interventi sull'invasi di Gello da quelli relativi ai Laghi Primavera.

Nel maggio 2018 è stato pertanto redatto un progetto che tiene conto del solo intervento di abbassamento della diga con trasporto a discarica del materiale di risulta. Il progetto della diga di Gello prevede lo sbassamento della diga di circa 7.0m e la riprofilatura dei paramenti con una pendenza di 1:3.75 a monte di di 1:4.25 a valle.

L'intervento è stato quindi sottoposto a una procedura separata di verifica di assoggettabilità in data 25-06-2018. In data 22-07-2019 sono state richieste delle integrazioni da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Ad oggi la procedura di verifica di assoggettabilità non è pertanto conclusa.

Tale progetto denominato "Messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento idropotabile dell'invaso della Giudea in località Gello" è stato sottoposto al parere del MIT. Di seguito si riporta un estratto dei pareri espressi nelle relazioni istruttorie per gli aspetti idraulici, strutturali e geotecnici del MIT.

## **1.1 Parere istruttorio della Divisione 7 –Idraulica e Geologia Applicata**

La relazione istruttoria della Divisione 7 – dell'Ufficio Idraulica e Geologia Applicata per gli aspetti idraulici formula le seguenti osservazioni:

1) Lo sbarramento in questione ha una storia di iter tecnico-amministrativo risalente ai primi anni '90. Il Gestore ha presentato varie revisioni di progetti di adeguamento finalizzati al ripristino funzionale compromesso da dissesti statici verificatesi a partire dal settembre 1990. A tale proposito si sottolinea che da tale data, la parte di relazione idrologica, presentata dal Gestore negli innumerevoli elaborati progettuali, è sostanzialmente sempre la stessa.

2) Al riguardo, si sottolinea che l'informazione pluviometrica utilizzata nel progetto oggetto di istruttoria è la stessa utilizzata nelle precedenti versioni progettuali datate anni '90. L'analisi esposta dal Gestore non introduce in questo senso alcuna novità, se non per il calcolo della portata con tempo di ritorno 3000 anni. La base su cui si svolge il calcolo non è variata dalle versioni del progetto preliminare, presentato nel 2013 e approvato dall'UTD di Firenze con nota

prot. n. 11532 del 10/06/2014, e definitivo presentato a dicembre 2014 e esaminato dall'UTD di Firenze con nota prot. n. 26494 del 31.12.2015.

3): Data la mancanza di una sperimentazione sulla soglia, sarebbe stato opportuno valutare il coefficiente di efflusso attraverso i dati di letteratura disponibili ad oggi (rif. Miller, 2002, Bos, 1976, Salmasi, 2011, Roa e Mulindhar, 1963), almeno per avere un confronto a parità di portata effluente, con i tiranti. Inoltre, dai disegni allegati non è ben comprensibile la geometria della soglia e il conseguente inizio del canale scolmatore. Si ricorda che la soglia e il canale scolmatore devono essere ben individuati al fine di poter essere sicuri di muoversi all'interno delle ipotesi di applicabilità delle leggi idrauliche richiamate sia per il calcolo del tirante massimo sulla soglia che delle altre grandezze idrauliche lungo il canale di restituzione. In altre parole non è certo che si realizzi il tirante di altezza critica sopra alla soglia nominata nella relazione, né è possibile individuarla nella tavola 5a poiché non si riscontra dove cominci il cambio di quota nel canale scolmatore, dalla quota 140 m s.l.m. che è quella della soglia di sfioro.

5) Per quanto riguarda i valori di manning adottati, non vi è, nel testo della relazione alcun riferimento alla letteratura/sperimentazione da cui tali valori del coefficiente sono stati dedotti. Inoltre, non c'è diversificazione tra il materiale della sezione 2 e quello della sezione 4. In ultimo, tali valori appaiono poco cautelativi poiché nella pratica comune, per i canali non rivestiti, vengono selezionati valori del coefficiente di manning anche maggiori di 0.04 (rif. Chow, 1959).

6) Per quanto riguarda la modellazione della vasca di dissipazione, si fanno le seguenti osservazioni:

- in planimetria la vasca (dalla sezione 9 alla sezione 6) compie una curva quasi a 90° che notoriamente non può essere interpretata al meglio tramite il software selezionato. Perlomeno dovrebbe essere fatta una valutazione sul sopralzo in curva. Inoltre, dai disegni, non si condivide la scelta del progettista che non solo seleziona un tracciato con una curva a 90° alla fine del massimo dislivello da superare (circa 30 m dei 40 a disposizione), ma progetta l'opera attraverso raccordi angolari, non idonei al passaggio del flusso di piena che, invece, preferirebbe essere accompagnato dolcemente attraverso curve più morbide e non spigolose.
- Tenuto che i risultati del modello dalla sezione 9 alla confluenza con il torrente a valle non si ritengono affidabili, i valori del numero di Froude associato alle sezioni di calcolo, non indicano che lungo la vasca di dissipazione si inneschi un risalto idraulico. Quindi tale parte di opera non assolve pienamente alle proprie funzioni.

7) Le velocità dell'acqua appaiono troppo elevate per tutti i rivestimenti selezionati.

8) Gli attraversamenti degli scatolari devono essere meglio studiati, soprattutto per quanto riguarda i passaggi dal n. III fino a valle poiché appaiono essere leggermente insufficienti.

Infine si conclude con le seguenti prescrizioni:

- impostare un modello idraulico numerico in grado di simulare tutti i fenomeni sia 1D che 2D che rappresentano il regime idrico lungo il canale, attraverso appropriate formulazioni scientifiche. Il modello dovrà altresì essere impostato attraverso idonee condizioni al contorno e valori appositamente giustificati per le grandezze di maggiore rilievo (come per esempio il coefficiente di manning);
- valutare alternativi tracciati che addoliscano o rimuovano la curva dove è stata posizionata la vasca di dissipazione. Nel caso in cui non sia possibile eliminare tale curva, si raccomanda quanto segue:
  - eliminare i raccordi angolari e introdurre curvature più morbide;
  - valutare il sopralzo in curva;
  - valutare in modo appropriato la formazione e posizione del risalto idraulico e progettare l'opera contenitiva/dissipativa di conseguenza, attraverso un appropriato dimensionamento;
- dimensionare in base alle velocità del flusso i vari tratti di canale;
- valutare la dissipazione di energia nel tratto a maggiore pendenza, dove sono stati inseriti i tratti a "salti" e dimensionare tali "salti" congruamente;
- approfondire lo studio degli scatolari che formano gli attraversamenti;
- valutare le modalità di immissione nel torrente naturale a valle, né in termini di dissipazione di energia, né in termini di tiranti che si instaurano durante una piena avente tempo di ritorno.

### **1.1.1 Risposta alle prescrizioni di carattere idrologico e idraulico**

Di seguito si descrivono brevemente le soluzioni progettuali e le analisi condotte al fine di rispondere alle prescrizioni di carattere idrologico e idraulico.

In primo luogo si evidenzia che è stata aggiornata l'analisi idrologica sulla base delle nuove curve di possibilità pluviometrica aggiornate al 2012 utilizzando uno specifico modello implementato sul data-base idrologico della Regione Toscana. La nuova analisi fornisce un valore della portata con Tr 3000 anni leggermente più cautelativo di quello precedente.

Per quanto riguarda la geometria dello scarico di superficie esso è stato completamente ridisegnato e ora presenta le seguenti caratteristiche:

- è stata inserita una soglia di sfioro di larghezza 10.0 m all'inizio del canale con profilo Creager;
- il canale è ora completamente in calcestruzzo, dopo una prima parte di larghezza 10.0 m si restringe a 2.5 m;

- al termine del canale fugatore è stata inserita una vasca di dissipazione in grado di contenere il risalto idraulico;
- la curva a valle della vasca è stata resa curvilinea;
- la pendenza del canale di restituzione a valle del canale fugatore è stata diminuita con l'introduzione di tre salti di fondo;
- l'opera di immissione nel torrente Tazzera è stata rivista inserendo una scogliera nel fiume Tazzera a protezione del fondo e delle sponde.

La nuova configurazione è stata verificata con un modello monodimensionale che ha fornito i seguenti risultati:

- la soglia di sfioro, posta alla quota di 140.0 m s.l.m. è in grado di smaltire la portata con Tr 3000 anni di circa 3.6 mc/s con una battente di circa 37 cm;
- il canale fugatore scarica la portata con Tr 3000 anni con un battente di circa 25 cm e un franco di circa 1.25 m.
- gli attraversamenti presenti lungo il canale fugatore smaltiscono la portata con Tr 3000 anni con un franco di circa 1.5m
- la vasca di dissipazione della lunghezza di 10.0 m è in grado di contenere la portata con Tr 3000 anni con un franco di circa 1.00 m;
- nel canale di valle la corrente per il Tr di 3000 anni assume nei tratti non protetti velocità inferiori ai 3.0 m/s;
- alla confluenza con il torrente Tazzera l'attraversamento sul canale di restituzione è in grado di smaltire la portata con Tr 3000 anni avendo assunto sul Tazzera un evento con Tr 500 anni con un franco di circa 50 cm.

## **1.2 Parere istruttorio della Divisione 6 – Strutture e Geotecnica per gli aspetti strutturali e geotecnici**

La relazione istruttoria della Divisione 6 – Strutture e Geotecnica per gli aspetti strutturali e geotecnici ha evidenziato la necessità delle seguenti integrazioni per quanto riguarda le verifiche di stabilità:

Le analisi e le verifiche effettuate devono essere integrate affinché siano adeguate al livello richiesto a una progettazione definitiva, come già rilevato da UTD-FI. Gli aspetti più significativi sono:

(1) La caratterizzazione dei materiali è estremamente semplificata. Peraltro, essa non appare in pieno accordo con quanto risulta da studi precedenti (Baldovin et al, 2011), senza che sia offerto alcun commento in merito alle differenze riscontrate. Casualmente, lo spostamento massimo in

fase sismica pari a 60 cm ottenuto dai progettisti è lo stesso calcolato dallo studio di Baldovin prima citato.

(2) Il Progettista ipotizza che il materiale costituente il rilevato allo stato di progetto sia omogeneo, senza fare alcuna distinzione tra il materiale “stabile” (non interessato dai dissesti degli anni '90) e quello rimaneggiato a seguito dei movimenti franosi. Si raccomanda di chiarire se sia stata prevista la rimozione di tutto materiale franato, oppure se e come questo materiale sia stato rappresentato nei modelli di calcolo.

(3) È necessario effettuare lo studio sismotettonico.

(4) Non è ammissibile il ricorso ad accelerogrammi artificiali, dovendosi utilizzare segnali naturali, eventualmente scalati, spettrocompatibili in media. Il numero di segnali non può essere inferiore a tre. È altresì necessario considerare la risposta sismica locale.

(5) È necessario considerare tutti gli stati limite ultimi e di esercizio e non il solo SLV.

(6) La relazione non espone in maniera esaustiva le ipotesi, i procedimenti di calcolo e i risultati ottenuti. Particolare attenzione va posta alle verifiche nella situazione di svaso rapido, che per questa tipologia di opere può rivelarsi particolarmente critica.

(7) Nonostante l'opera sia di dimensioni modeste, vista la eterogeneità dei terreni e la necessità di considerare situazioni quali lo svaso rapido e l'azione sismica da SLC, il Progettista potrà valutare l'opportunità di ricorrere a un modello a elementi finiti della diga. In questo caso deve essere posta particolare attenzione alla caratterizzazione dei materiali anche riguardo alla deformabilità.

(8) Ricordando che la diga è “fuori alveo”, si raccomanda alla Div. 4 in indirizzo di valutare l'opportunità di concedere una deroga rispetto ad alcuni provvedimenti (p. es. la sirena di allarme), che potrebbero non risultare particolarmente significativi nel caso in questione.

(9) Al punto n. 5 del §6 dell'Istruttoria UTD-FI è stata formulata una osservazione riguardo la vita nominale da adottare per il progetto di adeguamento. A questo proposito, rilevando che la norma NTD14 è passibile di diverse interpretazioni, si ritiene di evidenziare quanto segue:

- Il Progettista, facendo riferimento al §H delle NTD14 sulle dighe esistenti, ha ipotizzato VN = 50 anni mentre UTD-FI, facendo riferimento al §C delle NTD14 sulle nuove dighe, ritiene che debba essere VN = 100 anni.
- Secondo UTD-FI, il riferimento al §C delle NTD14 è giustificato dal fatto che, ai sensi del §H.2 delle NTD14, gli interventi di adeguamento sono atti a conseguire i livelli di sicurezza e funzionalità previsti dalle presenti norme per le nuove realizzazioni.
- Questo ufficio concorda con UTD-FI nel ritenere che l'intervento progettato debba essere considerato un intervento di adeguamento e che una lettura stringente e cautelativa della Norma richiederebbe di riferirsi a VN = 100 anni. Tuttavia, trattandosi comunque di un intervento su una diga esistente per le quali si applica il §H, si ritiene anche che l'ipotesi VN = 50 anni non sia chiaramente contraria alla Norma.

A parere di questo ufficio, la questione interpretativa può essere efficacemente risolta dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, a cui la Direzione formulerà un quesito. Nelle more del

completamento della procedura consultiva, al fine di consentire alla Div. 4 di proseguire l'attività istruttoria e al Gestore di predisporre un progetto aggiornato, si rappresenta quanto segue:

- Nella tabella seguente sono elencati i valori dell'accelerazione di riferimento in campo libero  $ag/g$  per il sito della diga, per i quattro stati limite di verifica e nelle due ipotesi di VN = 50 e 100 anni; nell'ultima colonna è evidenziato l'incremento percentuale dello stesso parametro passando da 50 a 100 anni.
- Aumentando VN da 50 a 100 anni (e di conseguenza, essendo  $C_u = 2$ , aumentando VR da 100 a 200 anni), l'accelerazione di riferimento cresce di una percentuale compresa tra l'8% per lo SLC e il 37% per lo SLO.

Com'è logico aspettarsi, l'incremento è inversamente proporzionale all'intensità dell'azione misurata in termini di "severità" dello stato limite. Per lo specifico caso in esame della diga di Giudea, in considerazione delle sue ridotte dimensioni, della bassa pendenza dei paramenti nella configurazione di progetto, della natura dell'intervento che prevede il rifacimento completo degli scarichi di superficie e la sostanziale modifica della sezione della diga, del fatto che la verifica dimensionante è, verosimilmente, quella allo SLC, si ritiene che l'indicazione data da UTD-FI (cioè VN = 100 anni) sia condivisibile e non comporti un sostanziale aggravio di oneri per il Gestore rispetto all'ipotesi di VN = 50 anni. L'indicazione data non deve essere generalizzata e vale nelle more del completamento del processo consultivo con il CSLP.

Ed infine

Si ritiene pertanto che il gestore debba ripresentare il progetto, aggiornando i calcoli in modo da rispettare quanto disposto dalle NTC18 e dalle NTD14. A tale scopo si potrà fare riferimento al documento Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie - Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18), Luglio 2018, liberamente scaricabile in rete all'indirizzo <http://www.registroitalianodighe.it/leg.html>.

### **1.2.1 Risposta alle prescrizioni di carattere geotecnico**

In riferimento alle prescrizioni di carattere geotecnico sono state effettuate le seguenti ulteriori indagini in campo:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo alle estremità della diga S17 e S18;
- n. 7 prove penetrometriche di cui 3 CPT/DIN, 3 CPT e 1 DIN;
- n. 3 prove HVSR in corrispondenza del paramento di monte;
- n. 3 prove sismiche a rifrazione di cui 2 sul paramento di monte della diga e 1 in corrispondenza della frana in sponda sinistra;

- n. 3 prove MASW in corrispondenza degli allineamenti delle prove sismiche a rifrazione.

Le ulteriori indagini e il riesame di quelle disponibili hanno consentito di definire un quadro esaustivo dei materiali costituenti la diga. Per quanto riguarda il materiale franato (paramento di monte) il progetto ne prevede la completa rimozione.

Sono stati inoltre condotti i seguenti studi e verifiche:

- studio sismotettonico;
- analisi di risposta sismica locale con calcolo degli accelerogrammi di progetto per tutti gli stati limite di esercizio e ultimi;
- verifica della diga in condizioni sismiche per tutti gli stati limite con modellazione semplificata alla Neumark e con un modello dinamico completo in condizioni sismiche e post-sismiche assunto VR=200 anni;
- verifica a fine lavori, a lungo termine e nelle condizioni di rapido svaso.

## 2 Il quadro conoscitivo

### 2.1 I progetti esistenti

Sono stati consultati i seguenti progetti redatti per il riassetto della diga della Giudea a Gello:

- “Progetto di massima per il consolidamento della diga sul fosso Giudea a Gello in comune di Pistoia” – Comune di Pistoia del dicembre 1990;
- Progetto esecutivo “Interventi per il ripristino funzionale, per l’aumento della capacità e per l’adeguamento al D.M. 24.03.1982 n.44” – Comune di Pistoia dell’aprile 1995
- Progetto esecutivo “Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera – Invaso della Giudea in località Gello” – Consorzio di Bonifica Ombrone P.se Bisenzio del luglio 2007;
- Progetto preliminare “Interventi di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello nel comune di Pistoia – Invaso della Giudea ” – Publiacqua s.p.a. del settembre 2013;
- Progetto definitivo “Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera – Progetto di messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento idropotabile dell’invaso della Giudea in loc. Gello – Stralcio III progetto definitivo” – Publiacqua s.p.a. del marzo 2014;
- Progetto definitivo “Interventi per l’incremento della sicurezza idraulica della diga di Giudea a Gello” – Publiacqua s.p.a. del maggio 2018.

### 2.2 I rilievi topografici

I rilievi topografici sono descritti nell’elaborato ET05 Relazione rilievi piano altimetrici.

Nelle tavole EG02, EG03 e EG04 si riportano i rilievi disponibili.

### 2.3 I dati idrologici

Lo studio idrologico ha fatto riferimento ai seguenti studi:

- “Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B1 - Regionalizzazione precipitazioni”, studio redatto nell’ambito

dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Caporali E., Chiarello V. e Rossi G., marzo 2014);

- "Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Macroattività B – Modellazione idrologica. Attività B2 – Caratterizzazione idrologica dei suoli della Toscana per il modello MOBIDIC", redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per lo sviluppo di attività di ricerca sulla mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico (Castelli F., novembre 2014).

I risultati dell'Analisi di Frequenza Regionale sono archiviati nello spazio ServiziOnline della Regione Toscana:

[http://www.regione.toscana.it/cittadini/ambiente/difesa-del-suolo/-/asset\\_publisher/eonjZadAbVH6/content/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni](http://www.regione.toscana.it/cittadini/ambiente/difesa-del-suolo/-/asset_publisher/eonjZadAbVH6/content/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni)

I parametri e i risultati derivanti dall'implementazione del modello idrologico distribuito per il territorio toscano sono archiviati nello spazio ServiziOnline della Regione Toscana:

<http://www.regione.toscana.it/-/implementazione-di-modello-idrologico-distribuito-per-il-territorio-toscano>

## 2.4 I dati idraulici

Lo studio idraulico ha fatto riferimento alle caratteristiche geometriche dell'invaso di progetto con particolare riferimento al canale scolmatore e al fosso recettore. Sono stati inoltre utilizzati i rilievi topografici disponibili in tali aree. E' stato inoltre effettuato un rilievo integrativo sul torrente Tazzera nell'intorno della confluenza del fosso recettore.

## 2.5 I dati geotecnici

Le indagini geotecniche sono descritte negli elaborati da ET04.

Negli elaborati da GEO si riportano le tavole descrittive delle indagini geologiche e geotecniche.

### 3 La descrizione dello stato attuale

#### 3.1 Le caratteristiche dell'invaso originario

Il serbatoio della Giudea è caratterizzato da contributi idrici derivati da una presa sul Torrente Vincio di Brandeglio che sottende un bacino imbrifero di circa 13 kmq, mentre il bacino diretto del serbatoio è praticamente trascurabile. L'area del bacino dell'invaso della Giudea è riportata nella Tavola EG.01.

Le principali caratteristiche dei bacini idraulici di riferimento sono di seguito riportate:

##### **bacino allacciato sotteso dalla presa sul T.Vincio di Brandeglio**

- area imbrifera: 13 kmq;
- altitudine media: 580 m s.m.;
- precipitazione media: 1905 mm/anno;
- portata media annua: 0.350 mc/s;
- portata massima di derivazione: 0.700 mc/s;
- deflusso naturale medio:  $\sim 11 \times 10^6$  mc/anno;
- volume derivabile medio:  $\sim 9.8 \times 10^6$  mc/anno;
- volume derivabile al netto dei rilasci ecologici estivi:  $\sim 7.8 \times 10^6$  mc/anno;

##### **bacino diretto sotteso dalla diga della Giudea**

- area imbrifera: 0.15 kmq;
- altitudine media: 138 m s.m.;
- afflusso meteorico medio: 180.000 mc/anno.

Le caratteristiche dell'invaso attuale (desunte dal Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione) sono di seguito riassunte.

<b>Dati principali della diga</b>	
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	31,9
Altezza della diga ai sensi del L. 584/1994 [m]	31,9
Altezza massima ritenuta [m]	23,26
Quota del coronamento [mslm]	150,06
Larghezza del coronamento [m]	6
Franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8
Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,8
Sviluppo del coronamento [m]	293,5

Volume della diga [m <sup>3</sup> ]	260'000
<b>Dati principali del serbatoio</b>	
Quota massimo invaso [mslm]	148,26
Quota massima regolazione [mslm]	147,76
Quota minima regolazione [mslm]	134,00
Quota minima al piede diga lato monte [mslm]	125,0
Quota minima al piede diga lato valle [mslm]	118,2
Volume totale invaso [m <sup>3</sup> ]	754.600
Volume utile di regolazione [m <sup>3</sup> ]	707.850
Volume morto [m <sup>3</sup> ]	44.000
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km <sup>2</sup> ]	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km <sup>2</sup> ]	13,0
Portata di massima piena di progetto [m <sup>3</sup> /s]	6,8 (6,0+0,8)
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m <sup>3</sup> /s]	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di :	
• massimo invaso [m <sup>2</sup> ]	77.300
• massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	73.400
• minima regolazione [m <sup>2</sup> ]	16.985
Pendenze paramento di monte	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1
Pendenza paramento di valle	~2/1
<b>Dati principali dello scarico di superficie</b>	
Caratteristiche tipologiche	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
Quota di soglia [mslm]	147,76
Sviluppo della soglia [m]	10,80
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	6,8
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m]	0,5
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	148,26
<b>Dati principali dello scarico di fondo</b>	
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [mslm]	126,26
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	1,23
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	147,76
<b>Dati principali dell'opera di derivazione</b>	

Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø400
Quota dell'imbocco [mslm]	134,00
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	0,46
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata	147,76

Tabella 3-1: Caratteristiche dell'invaso stato attuale.

Nella Figura 3-1 si riporta la legge d'invaso originaria che tiene conto della capacità d'invaso massima indipendentemente dalle limitazioni imposte all'esercizio successive al 1990.

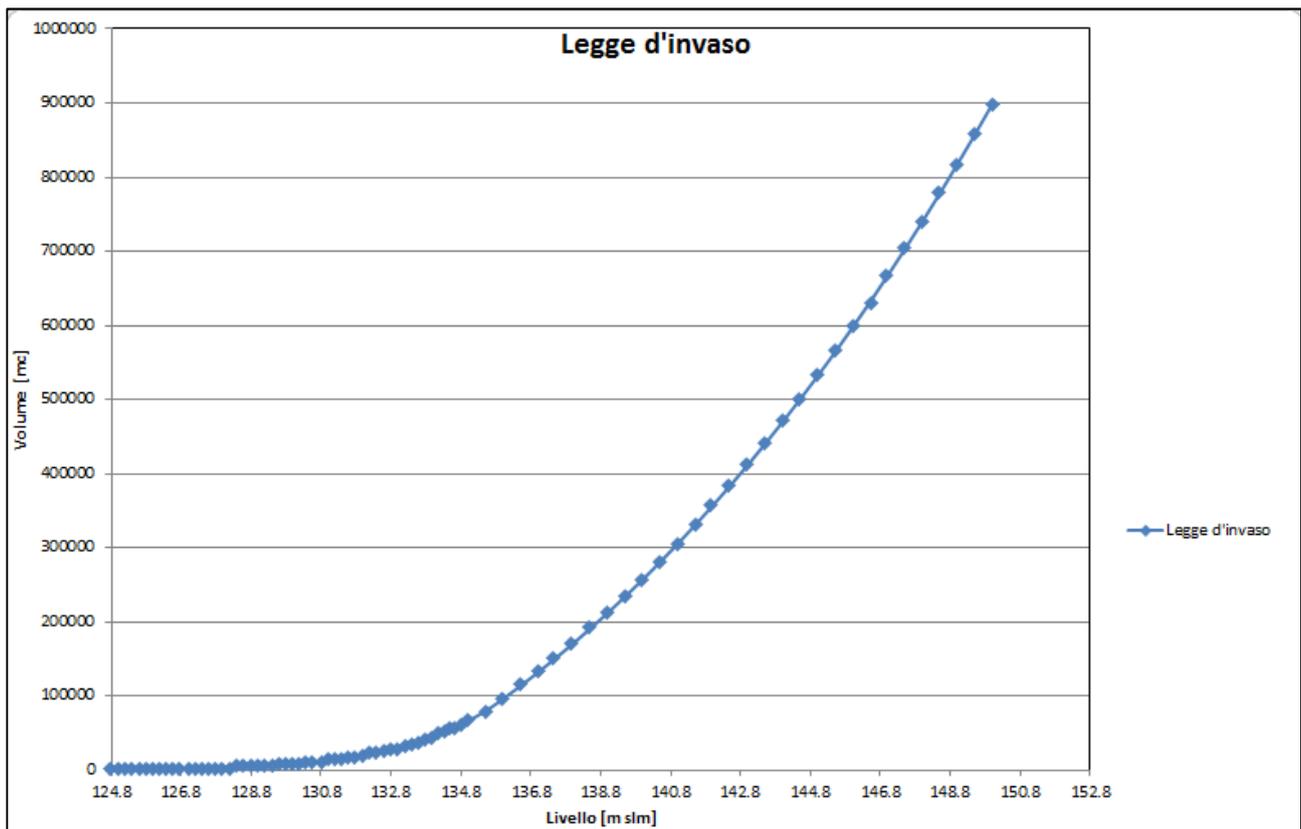


Figura 3-1: Legge quota - capacità d'invaso originaria dell'Invaso di Gello.

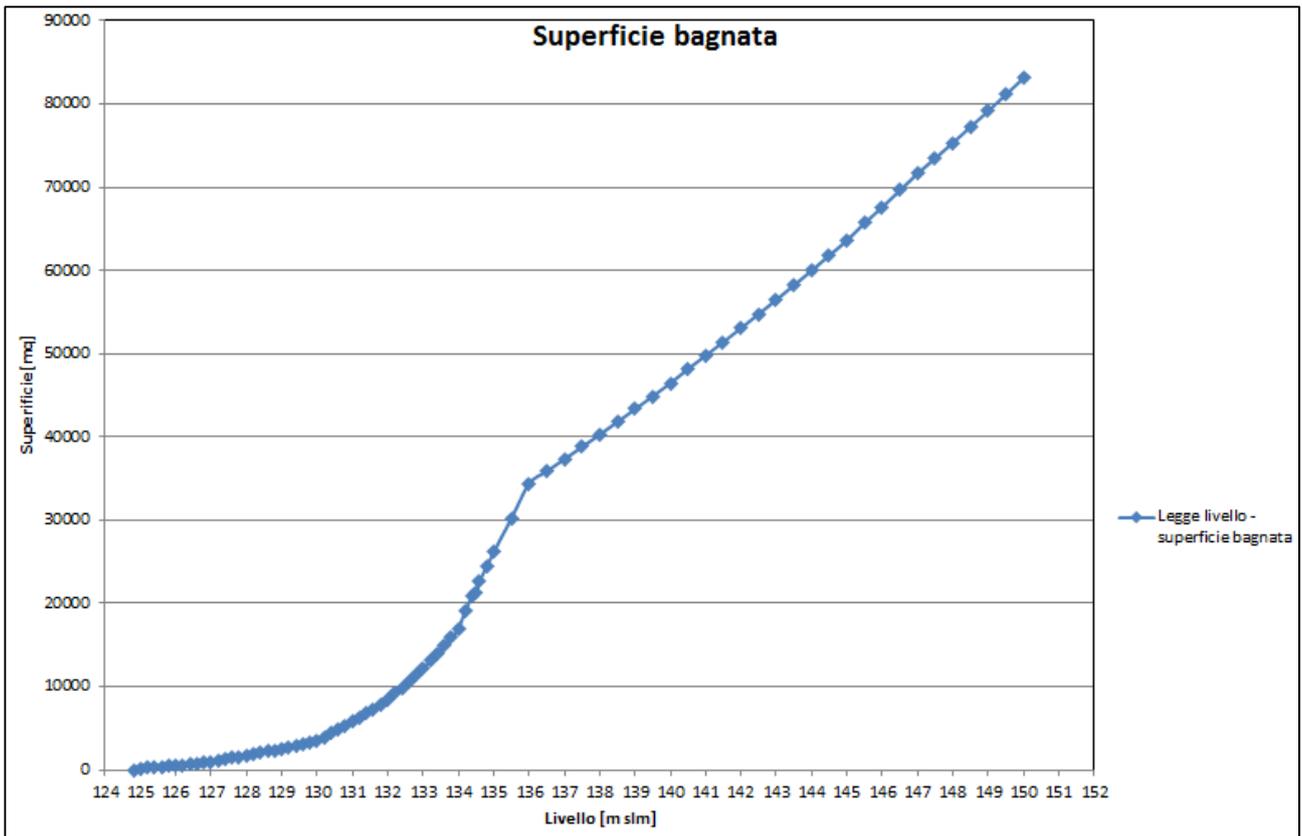


Figura 3-2: Legge quota – superficie bagnata originaria dell’Invaso di Gello.

Nella Figura 3-2 è riportata la legge che collega il livello dell’acqua con la superficie bagnata dell’invaso.

Lo schema idraulico di funzionamento dell’invaso per lo stato attuale è riportato .

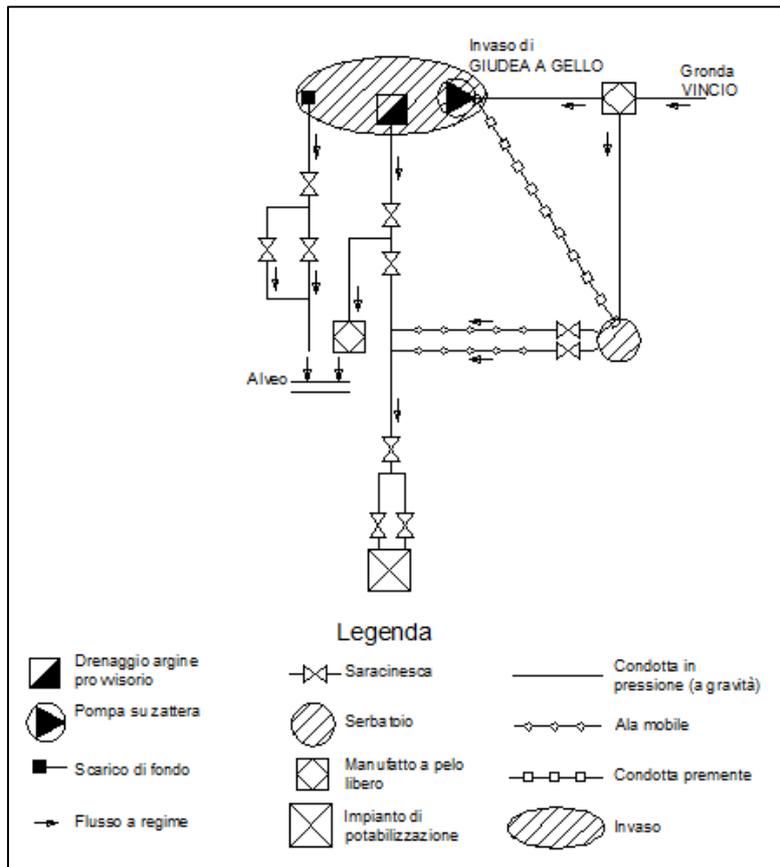


Figura 3-3: Schema di funzionamento idraulico per lo stato attuale

Si riporta di seguito un'immagine aerea dell'invaso e della parte posta a valle.



Figura 3-4: Ortofoto invaso della Giudea a Gello nel Comune di Pistoia.

Nella Tav. EG05\_Planimetria\_invaso\_stato\_attuale è riportata la planimetria dell'invaso nello stato attuale.

Nella relazione ET05\_Relazione\_Rilievi\_Piano\_Altimetrici sono descritti i rilievi utilizzati per la redazione del progetto.

Nell'Appendice A alla presente relazione è riportato il rilievo fotografico dell'invaso

### **3.2 L'opera di presa sul T. Vincio**

E' stato eseguito un apposito rilievo per la georeferenziazione del tracciato della condotta di derivazione e dall'opera di presa sul T. Vincio sino all'invaso della Giudea.

L'opera di presa è costituita da una griglia posta a monte di un salto di fondo del T. Vincio per la lunghezza di circa 15m pari all'intera sezione dell'alveo e larga 1.3m.

Dalla griglia la portata derivata è convogliata a cielo aperto, tramite un canale a sezione rettangolare di larghezza variabile sino all'imbocco nella condotta di collegamento con l'invaso che nel tratto iniziale è in PEAD Ø800.

La condotta corre parallela alla Via Pupigliana sino a monte del Ponte Agnolo sul T. Vincio dove in destra idraulica è stato realizzato un manufatto che contiene gli organi di manovra per lo scarico e la regolazione della portata in arrivo all'invaso.

Dal manufatto parte una condotta in acciaio del DN 1000 che costeggia il T. Vincio in destra idraulica per circa 50m per poi deviare verso Via Sarripoli e Brocchi di Paolone sino all'altezza dell'invaso della Giudea.

La lunghezza totale della condotta di alimentazione è di circa 1640m dove gli ultimi 380m sono realizzati con PRFV del DN 1000m.

All'interno dell'invaso prima dello sbocco a cielo aperto, è presente una saracinesca per escludere l'immissione al bacino di raccolta.

Complessivamente i presidi per il controllo della portata derivata, muniti di paratoia o saracinesca che impediscono l'alimentazione all'invaso sono i seguenti:

1. Paratoia subito a valle dell'opera di presa e prima della partenza della condotta PEADØ800;
2. Paratoia nel manufatto di manovra nei pressi del Ponte Agnolo prima della partenza della condotta in acciaio DN1000;
3. Saracinesca allo sbocco della condotta di alimentazione nell'invaso.

Questo sistema di chiusure permette di avere la sufficiente ridondanza per escludere l'alimentazione dell'invaso qualora risulti necessario per esigenze di manutenzione o per situazioni di emergenza.

La planimetria del tracciato della condotta di derivazione, dalla presa sul T. Vincio sino all'invaso della Giudea è riportata nella Tav. EG36a\_Planimetria\_condotta\_di\_alimentazione\_e\_derivazione stato attuale e nella Figura 3-6.



Figura 3-5: Ortofoto opera di presa sul T. Vincio.

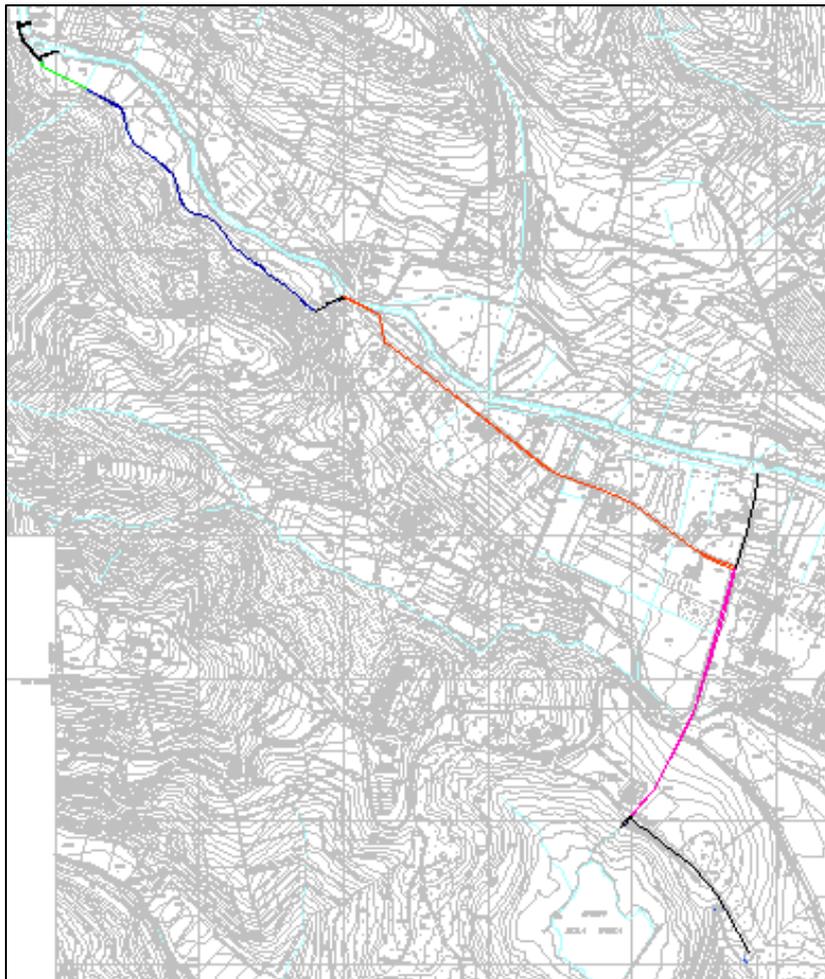


Figura 3-6: Tracciato della condotta di alimentazione dal T. Vincio sino all'invaso.

### 3.3 Le caratteristiche dell'invaso provvisorio autorizzato

Ad oggi l'invaso è autorizzato in gestione provvisoria con limitazione di invaso alla quota massima di 134.5m slm.

Al fine di individuare le caratteristiche di funzionamento dell'invaso provvisorio è stato commissionato nell'anno 2012 un rilievo batimetrico per aggiornare la geometria del fondo dell'invaso.

E' stato così possibile calcolare la nuova legge d'invaso di seguito rappresentata sino alla quota di 141 m slm.

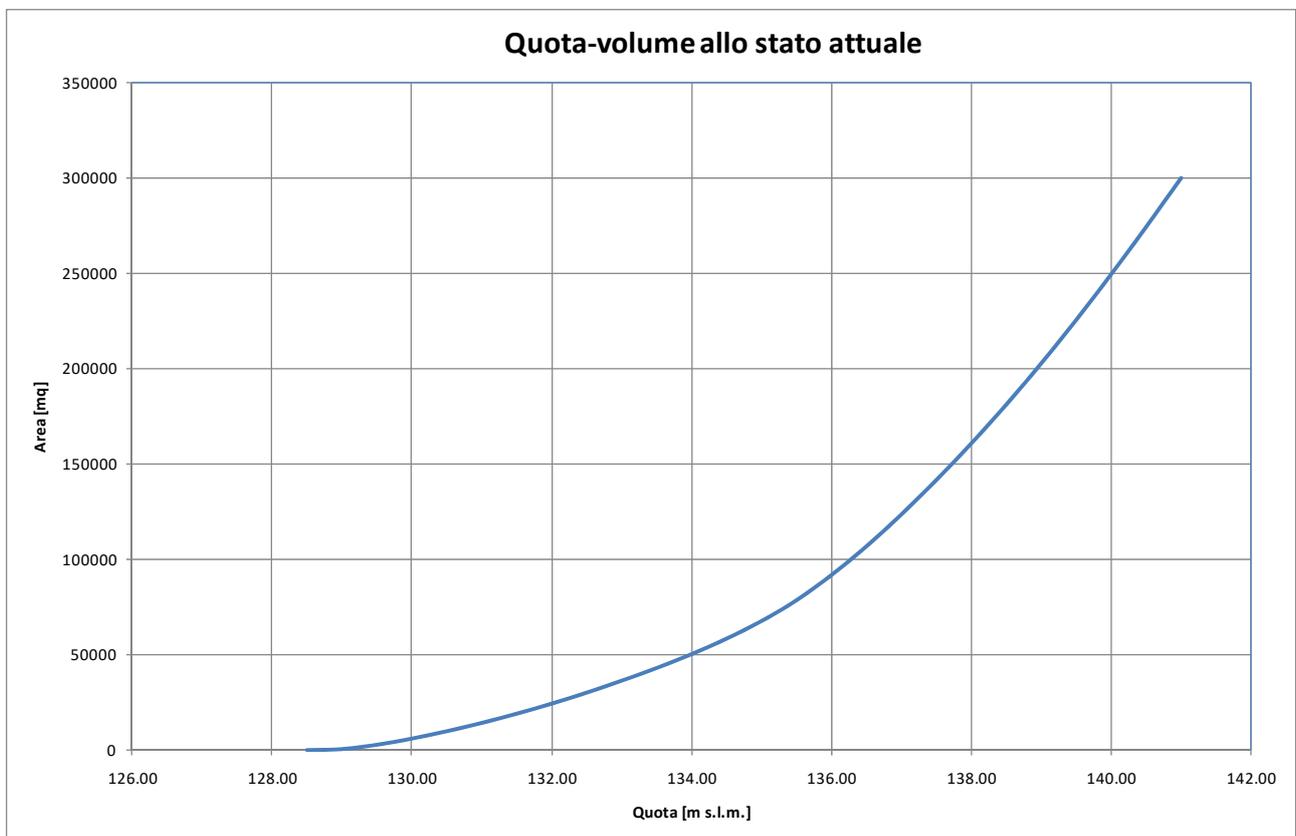


Figura 3-7: Legge quota - capacità d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m slm.

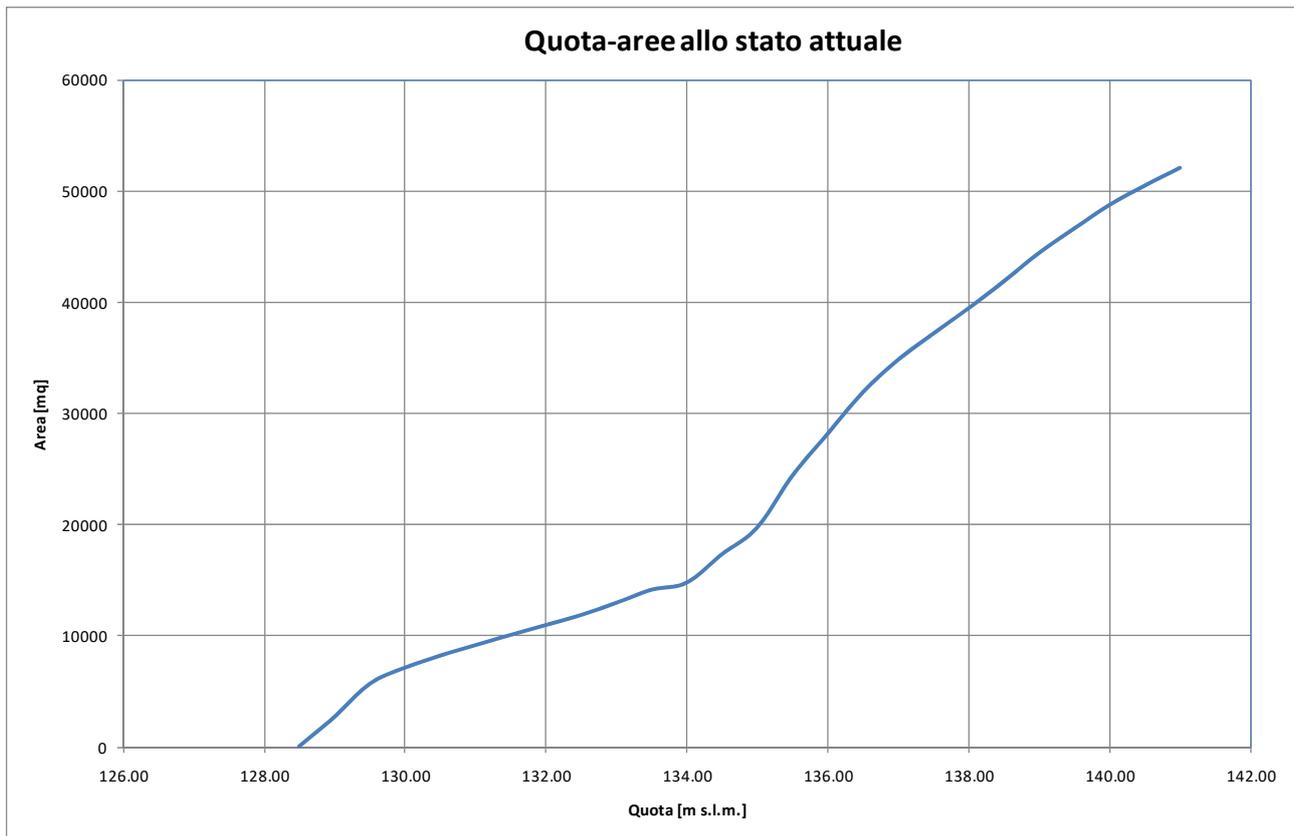


Figura 3-8: Legge quota - superficie d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m slm.

La minima quota di fondo rilevata è risultata di circa 128.5 mslm<sup>1</sup> e quindi superiore rispetto alla quota dello scarico di fondo di circa 2.3m (sulla quota dello scarico di fondo è presente una certa incertezza tra le quote riportate nel collaudo 126.26m slm e quella indicata dal gestore 128 m slm). Le prove di funzionamento dello scarico di fondo eseguite di recente, hanno dato esito positivo e quindi si presume che possa esserci deposito al di sopra dello scarico di fondo che comunque non ne inficia il corretto funzionamento.

Alla quota di 134.5 mslm il volume d'invaso è di circa 60.000 mc mentre la superficie bagnata dell'invaso è di circa 18900 mq.

L'invaso provvisorio è stato oggetto di verifiche idrauliche volte alla definizione del grado di rischio in corrispondenza di eventi di piena di particolare intensità. E' stato ipotizzato di effettuare una verifica di massimo riempimento dell'invaso per due differenti condizioni di esercizio:

1. Calcolo dell'afflusso al bacino per eventi con tempo di ritorno di 1000 anni che massimizzano la portata sommato con l'afflusso proveniente dal canale di derivazione del Vincio in assenza di apertura dello scarico di fondo. La durata dell'evento è stata assunta di 3.5 ore;

<sup>1</sup> Le quote del rilievo 2012 sono state aumentate di 60cm per renderle congruenti con il rilievo Lidar preso a base della progettazione.

2. Calcolo dell'afflusso del bacino per eventi con tempo di ritorno di 1000 anni valutato per piogge di durata di 24 ore e contemporanea apertura della derivazione dal torrente Vincio all'invaso per durata di 24 ore. In questa seconda condizione si ipotizza cautelativamente il mancato intervento del personale del gestore sia per la chiusura dell'alimentazione dal Vincio sia per l'apertura dello scarico di fondo nelle prime 24 ore dall'inizio dell'evento. La durata dell'evento è stata assunta di 27.5 ore;

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche condotte.

<b>Quota inizio evento [m slm]</b>	<b>134.5</b>
<b>Volume inizio evento [mc]</b>	<b>58250</b>
	<b>TR 1000</b>
<b>Massima portata [mc/s]</b>	6.91
<b>Volume evento [mc]</b>	8488
<b>Volume derivazione [mc]</b>	10320
<b>Volume invasato [mc]</b>	77057
<b>Sopralzo evento [m]</b>	0.92
<b>Quota invasato [m slm]</b>	135.43

Tabella 3-2: Risultati verifiche idrauliche invasato provvisorio evento critico breve durata.

<b>Quota inizio evento [m slm]</b>	<b>134.5</b>
<b>Volume inizio evento [mc]</b>	<b>58250</b>
	<b>TR 1000</b>
<b>Massima portata [mc/s]</b>	1.40
<b>Volume evento [mc]</b>	51020
<b>Volume derivazione [mc]</b>	79440
<b>Volume invasato [mc]</b>	188708
<b>Sopralzo evento [m]</b>	4.17
<b>Quota invasato [m slm]</b>	138.67

Tabella 3-3: Risultati verifiche idrauliche invasato provvisorio evento critico durata 24h.

Come è possibile notare nelle tabelle sopra riportate, la quota massima raggiunta dall'invaso in condizioni particolarmente critiche per TR 1000 anni è di 138.67 m slm, ovvero circa alla base dell'attuale paramento di monte, di modo che gli eventuali livelli massimi risultano quasi completamente confinati all'interno della tura realizzata negli anni 90 che ha una quota ai piedi del rilevato di circa 138.0 m slm.

Tale verifica ha permesso di valutare le condizioni di sicurezza idraulica dell'invaso nella fase di gestione provvisoria.

#### 4 Le caratteristiche dell'intervento di progetto

Il presente progetto definitivo prevede di ottenere la sicurezza idraulica dell'invaso mediante un abbassamento complessivo della quota massima del coronamento.

Le condizioni al contorno per la definizioni degli interventi di messa in sicurezza sono le seguenti:

- Il gestore Publiacqua ha individuato nel volume di 250.000-300.000 mc la capacità necessaria al fine di garantire l'approvvigionamento idropotabile della rete acquedottistica di Pistoia;
- Necessità di individuazione del sito di destinazione delle terre movimentate e rimosse dal rilevato arginale.

Sulla base delle condizioni sopra riportate e sulla base della geometria dell'invaso è stato individuato un intervento che prevede le seguenti caratteristiche:

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| • Quota del nuovo coronamento:              | 143.3 m slm;                     |
| • Quota del nuovo sfioratore di superficie: | 140 m slm;                       |
| • Quota minima piede di valle               | 118.2 m s.l.m. non modificato;   |
| • Scarico di fondo:                         | 128.0 m s.l.m. (testa pozzetto); |
| • Condotta di alimentazione dal T. Vincio   | non modificata;                  |
| • Sistema di derivazione                    | 130.0 m s.l.m. (testa pozzetto). |

L'intervento prevede di abbassare la quota del coronamento di circa 7m e inoltre di scavare anche al piede dell'attuale tura fino a riportarsi alla quota di circa 128 m slm con il piede di monte del coronamento. I pozzetti di presa sono tenuti 1.0 m più alti del fondo con la realizzazione di un volume morto di circa 3000 mc.

In corrispondenza dello scarico di fondo verrà realizzata una depressione del terreno al fine di farlo affiorare e valutarne lo stato di manutenzione.

Le pendenze di progetto dei paramenti di monte e di valle saranno rispettivamente 1:3.75 e 1:4.25. La lunghezza del coronamento sarà di circa 205m, la quota al piede del paramento di valle rimarrà di 118.2m con un'altezza del nuovo invaso di 25.1m.

In considerazione delle scavi previsti la nuova legge d'invaso è riportata nella Figura 4-1.

La planimetria della diga è riportata nella tavola EG13 mentre la sezione caratteristica del corpo diga è riportata nella tavola EG14..

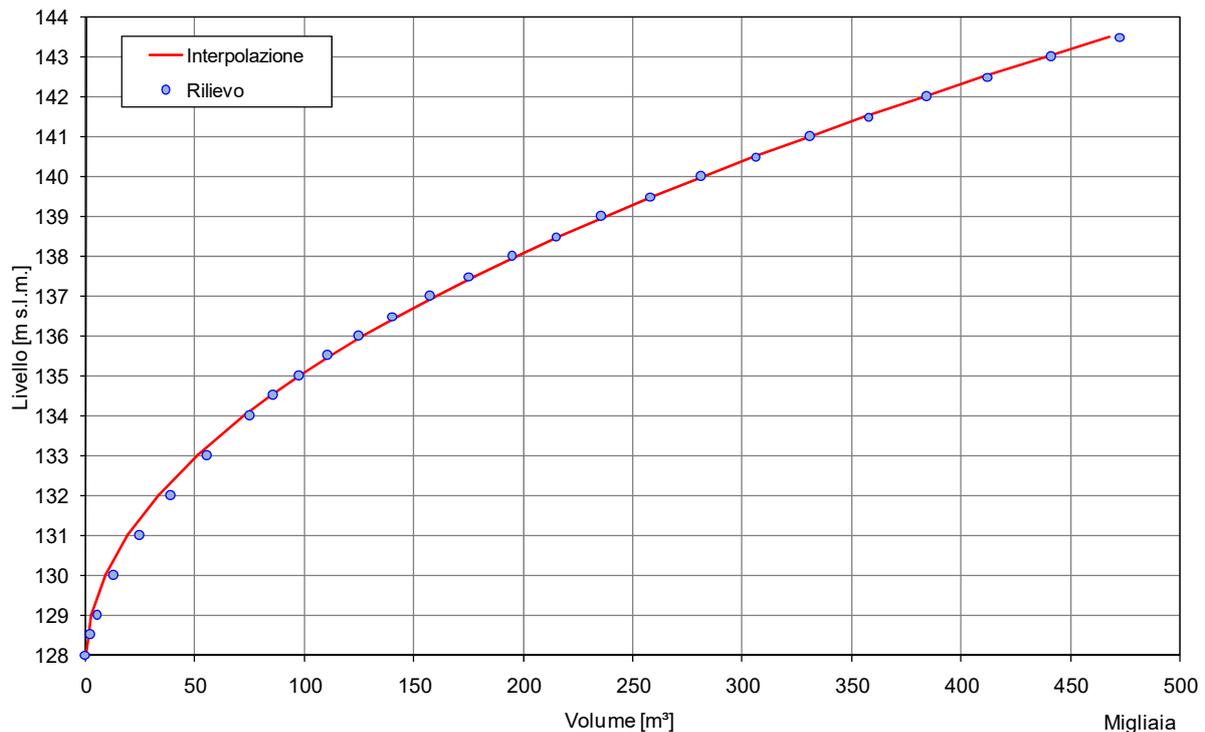


Figura 4-1: Legge quota - capacità d'invaso di progetto dell'Invaso di Gello.

Come è possibile notare alla quota 140 m slm, corrisponde un volume d'invaso di circa 281.300 mc mentre il volume morto alla quota della derivazione (130 m slm) è di circa 13.000 mc.

Il volume utile per la derivazione dalla condotta di alimentazione dell'acquedotto è quindi pari a circa 268.300 e quindi conforme con le richieste del Gestore del Servizio Idrico.

In questa ipotesi con la quota del nuovo coronamento posta a 143.3 m slm il volume complessivo di scavo da conferire a discarica è di circa 185.000 mc.

#### 4.1 L'invaso

Nelle tavole dalla EG05 alla EG10 sono riportate le planimetrie e le sezioni caratteristiche dell'invaso allo stato attuale, allo stato di progetto e lo stato sovrapposto.

L'invaso oggi ha un fondo a quote variabili da 130 m s.l.m. a 128.5 m s.l.m.. Nello stato di progetto è prevista una quota di fondo di 128.0 m s.l.m.. Non si prevedono interventi di risagomatura delle sponde del lago se non in corrispondenza dello scarico di superficie.

#### 4.2 Il corpo diga

Il rilevato di progetto come sopra descritto si ottiene dallo sbassamento dell'attuale corpo diga.

La quota massima del coronamento al fine di garantire il franco di sicurezza idraulico risulta di 143.3m slm.

L'altezza della diga dell'invaso considerando invariata la quota minima del piede di valle pari a 118.2m slm risulta di 25.1 m mentre attualmente l'invaso ha un'altezza di 31.9m.

Il piede del paramento di valle posto alla quota di 118.2m slm (come quello attuale) è determinato mediante la realizzazione di un muro a gravità in massi ciclopici con altezza di circa 1.5m. Il muro a gravità è realizzato con due ordini di gradoni di massi ciclopici al fine di determinare univocamente la quota del punto più basso a valle della diga e quindi anche l'altezza dell'invaso. Il muro avrà una lunghezza di 20m e un'altezza di circa 1.65m.

La verifica di stabilità del muro è riportata nell'elaborato ET10.

Il piede del paramento di monte è alla quota di 128m slm. In paramento di monte sarà rivestito con massi ciclopici di media pezzatura per lo spessore di 50cm sino al piede e oltre per circa 5m.

Le pendenze del paramento di monte e di quello di valle sono rispettivamente di 1/3.75 e 1/4.25.

La lunghezza complessiva del rilevato è di circa 174m mentre il coronamento ha una lunghezza di circa 205m e larghezza di 5.5m.

Sul paramento di valle saranno realizzate due banche per la manutenzione dell'opera poste alla quota di 135 e 127 m slm di larghezza utile di 3.5m oltre ad una canaletta larga 1m per la raccolta delle acque meteoriche.

Il paramento di valle sarà ricoperto con terreno vegetale per uno spessore di 30cm e successivamente interessato da seminagione.

Nelle tavole dalla EG11 alla EG17 sono riportate le planimetrie e le sezioni caratteristiche della diga allo stato attuale, allo stato di progetto e lo stato sovrapposto.

La verifica di stabilità del nuovo corpo diga è riportata negli elaborati: ET06 Relazione geotecnica corpo diga, ET07 Relazione sismica corpo diga, ET08 Relazione verifiche di stabilità statiche e sismiche modello di Newmark, ET09 Relazione verifiche di stabilità sismiche modello completo.

La verifica di stabilità delle spalle della diga, del versante interessato allo scavo per la realizzazione del nuovo scolmatore e degli argini del canale di derivazione sono riportate nell'elaborato ET10 Relazione verifiche di stabilità spalle diga, scarico di superficie e argini canale.

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo provvisionali sono riportate nell'elaborato ET11 Relazione verifiche di stabilità fronti di scavo.

Al di sotto del rivestimento in massi sarà realizzato uno strato di transizione sabbio-ghiaiosa dello spessore di 90cm ed infine sarà posato uno strato di TNT.

Alla quota 119 m slm circa sarà realizzato un dreno. Il dreno sarà costituito da pietrisco di media pezzatura 40-70mm e rivestito inferiormente e superiormente con TNT. Una condotta in PE Ø315 microfessurata raccoglierà le acque provenienti dal dreno che successivamente saranno convogliate in un pozzetto di misura prima di scaricare nel reticolo idraulico superficiale.

Nella tavola EG40 si riporta la planimetria dei drenaggi e nella tavola EG41 i particolari costruttivi.

Nel coronamento sarà realizzata un pacchetto stradale con stabilizzato per un'altezza di 30cm.

Nella Figura 4-2 si riporta la planimetria della diga nello stato di progetto.

Nella tavola EG38 si riporta la planimetria di smaltimento delle acque meteoriche e nella tavola EG39 i particolari costruttivi. Nella tavola EG42 si riporta la planimetria delle recinzioni dell'invaso.

### **4.3 Lo scarico di superficie**

Lo scarico di superficie verrà realizzato nella stessa posizione dell'attuale ma la quota di 147.76 m slm verrà portata a 140.0 m slm con un abbassamento di oltre 7m. Lo scavo sarà svasato su i due fianchi con una pendenza di 1:3, con un'estensione areale tale da determinare la stabilità del pendio.

La larghezza dello sfioro viene confermata in 10.5m e il suo funzionamento è stato verificato per TR 3000 anni e portata di progetto laminata dall'invaso.

La sezione dello scolmatore è di tipo a C con l'apertura rivolta verso l'alto, con base di 10.5m e muri laterali di altezza pari a 4.5 m al fine di contenere l'estensione dello scavo del versante.

### **4.4 Lo scarico di fondo**

Sullo scarico di fondo sono previsti i seguenti interventi:

- realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128.0 m s.l.m. protetto con grigliato in acciaio;
- prolungamento a valle previo raccordo con la condotta attuale e spostamento delle valvole nel nuovo edificio di manovra.

Prima di procedere alla realizzazione delle suddette opere si provvederà ad effettuare una video ispezione della condotta in modo da valutarne lo stato di conservazione. Se del caso saranno successivamente identificati gli interventi di manutenzione necessari.

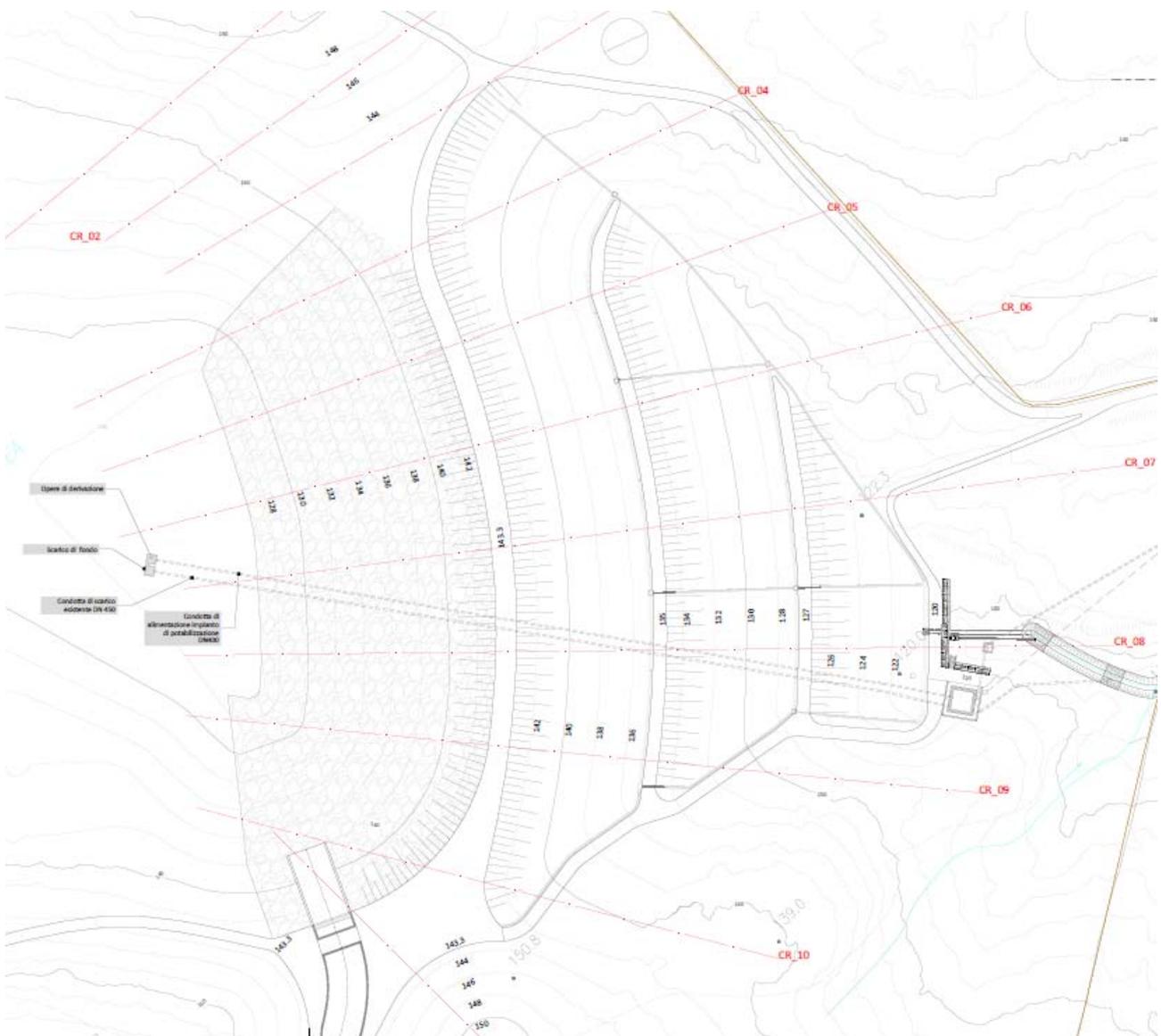


Figura 4-2: Planimetria dell'invaso nello stato di progetto

## 4.5 La derivazione

L'opera di derivazione è in grado di smaltire a gravità alla quota di massima ritenuta circa 0.25 mc/s avendo assunto la quota all'impianto a 135.0 m s.l.m.

L'impianto ha una potenzialità di circa 30 l/s..E' stato pertanto previsto di installare in corrispondenza del nuovo edificio dello ove sono alloggiare le valvole al piede della diga un impianto di sollevamento.

Il progetto prevede di dismettere la piattaforma galleggiante utilizzata allo stato attuale.

L'impianto di sollevamento, in previsione di futuri ampliamenti dell'impianto, avrà una capacità di 60l/s . Esso sarà costituito da due pompe di cui una di riserva dotate di inverter per una potenza di ciascuna pompa di circa 20 Kw.

## 4.6 Le sponde dell'invaso

In sponda destra in corrispondenza della abitazione Niccolai è presente un fenomeno franoso già oggetto di interventi di consolidamento.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati ET04.

## 4.7 Gli organi di manovra

Come sopra ricordato l'invaso è alimentato tramite condotta di derivazione dal T. Vincio.

Gli organini di manovra in ingresso all'invaso non risultano interessati dalle opere di progetto. In fase esecutiva sarà valutata l'eventuale necessità di una loro sostituzione e rinnovo.

L'attuale cabina di manovra che contiene le saracinesche dello scarico di fondo e della derivazione sarà demolita e sarà ricostruita più a valle. La nuova cabina, dove sarà installato anche un impianto di sollevamento, avrà dimensioni interne 5.4m x 5.4m. A tergo della cabina sarà realizzato un muro a retta al fine di contenere la scarpata.

## 4.8 Gli strumenti di monitoraggio

Per il monitoraggio degli spostamenti verticali e orizzontali del corpo diga è stata una rete di capisaldi in accordo con le indicazioni del parere rilasciato dal Ufficio tecnico per le dighe di Firenze nell'ambito dell'approvazione del progetto preliminare.

La rete di monitoraggio è composta da:

- N. 3 caposaldi di riferimento topografico fondati su palo alla profondità di 10m e posti esternamente al corpo diga;
- N. 3 punti di misura fondati su micropali profondo 1.5m posizionati sul coronamento;
- N. 15 punti di misura fondati su blocco di calcestruzzo di dimensioni 40x40x40 posti sul paramento di monte (n. 8) e sulle banchine del paramento di valle (n. 7);
- N. 6 Piezometri spinti sino al di sotto della quota di fondazione di cui n. 3 sul coronamento e n. 2 sulle banchine di valle e n. 1 al piede della diga;
- sistema di misurazione idrometrico del livello del lago (asta idrometrica e misuratore a pressione);
- sistema di raccolta e di misurazione delle perdite dal corpo diga

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato ET27 Relazione monitoraggio.

## 5 Analisi idrologica

Al fine di procedere alla verifica idraulica dell'opera di sfioro è stato condotto un aggiornamento delle analisi idrologiche. Si prenderanno in esame le portate di piena per TR 30, 50, 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni.

Data la mancanza di misure dirette di portata, la metodologia più idonea per la stima della portata di progetto è una modellistica afflussi-deflussi.

A tale scopo è stato utilizzato un modello a parametri distribuiti calibrato su corsi d'acqua limitrofi a quello oggetto di studio.

Il modello caratterizza idrologicamente il bacino attraverso due mappe la capacità di ritenuta e la velocità di filtrazione a saturazione. La capacità di ritenuta e la velocità di filtrazione a saturazione sono ricavate dal DB idrologico realizzato nell'ambito dello studio condotto dalla Regione Toscana *Macroattività B – Modellazione idrologica – Attività B2 – Modellazione idrologica caso pilota e Implementazione modello distribuito Mobidic*.

Il modello necessita della caratterizzazione del regime delle piogge. In tal senso sono stati utilizzati i risultati ottenuti nell'ambito della *“Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B1 - Regionalizzazione precipitazioni”* ove sono forniti i parametri delle CPP ricavate con i dati pluviometrici fino all'anno 2012 compreso.

Il calcolo viene condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi:

- intercettazione: in questa fase si effettua una stima della quantità di acqua che viene comunque sottratta al deflusso superficiale. La stima è riferita ad una componente iniziale che comprende le varie perdite per intercettazione (vegetazione, assorbimento del suolo) e ad una componente a regime riferita alla capacità di infiltrazione a saturazione;
- suolo: in questa fase si ricostruisce il bilancio idrologico del suolo, valutando la quantità d'acqua che va ad alimentare il volume profondo e la componente del deflusso ipodermico;
- canale: in questa fase si simula il trasferimento del deflusso superficiale e di quello ipodermico dalla singola cella alla sezione di chiusura.

Il progetto originario del 1965 stimava la portata di piena, con la quale è stato dimensionato lo scarico di superficie, secondo il seguente criterio:

- area del bacino idrografico: 0.15 kmq;
- portata unitaria 40mc/skmq;
- Portata del bacino diretto:  $0.15 \times 40 = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

La portata così determinata era associata ad un evento con tempo di ritorno di 1000 anni.

Il modello adottato stima una portata di circa 6.3 mc/s per la portata millenaria e circa 8.4 mc/s per quella con tempo di ritorno 3000 anni.

Con lo stesso modello sono stati stimati anche i contributi del torrente Tazzera ove recapita lo scarico di superficie.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione ET02 Relazione idrologica.

## **6 Verifiche idrauliche**

Sulla base delle ipotesi di progetto sono state condotte delle verifiche idrauliche al fine di individuare il funzionamento dell'invaso in tutte le possibili fasi dei lavori e anche nella sistemazione definitiva.

In particolare sono state sviluppate le seguenti verifiche:

1. Verifica della messa fuori esercizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo;
2. Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto;
3. Verifica evento TR 1000 anni con invaso di progetto e scarico di fondo aperto;
4. Verifica evento TR 3000 anni con invaso in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate;
5. Verifica evento TR 1000 anni con invaso in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate;

Di seguito si riporta la descrizione puntuale di ogni singola fase.

E' stato inoltre verificato tutto il canale scolmatore dall'invaso sino alla confluenza del T. Tazzera per un tratto di circa moto permanente mediante il codice di calcolo HEC-RAS 5.6.0.

### **6.1 Messa fuori servizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo**

La prima attività da eseguire per intervenire sull'invaso è quella di mettere fuori servizio l'alimentazione dell'invaso dal T. Vincio.

Tale operazione potrà avvenire mediante la chiusura della saracinesca di alimentazione dal pozzetto derivatore all'invaso, permettendo quindi la sola alimentazione diretta della vasca di carico del potabilizzatore.

La configurazione del nuovo funzionamento idraulico è quella riportata nello schema sotto riportato.

Una volta interrotta l'alimentazione si procederà a svuotare l'attuale invaso provvisorio mediante la condotta dello scarico di fondo in acciaio con diametro DN450. La quota dello scarico di fondo da progetto è di 126.26 m slm mentre il livello iniziale dell'invaso è stato assunto a quota 134.5 m slm, ovvero la massima consentibile.

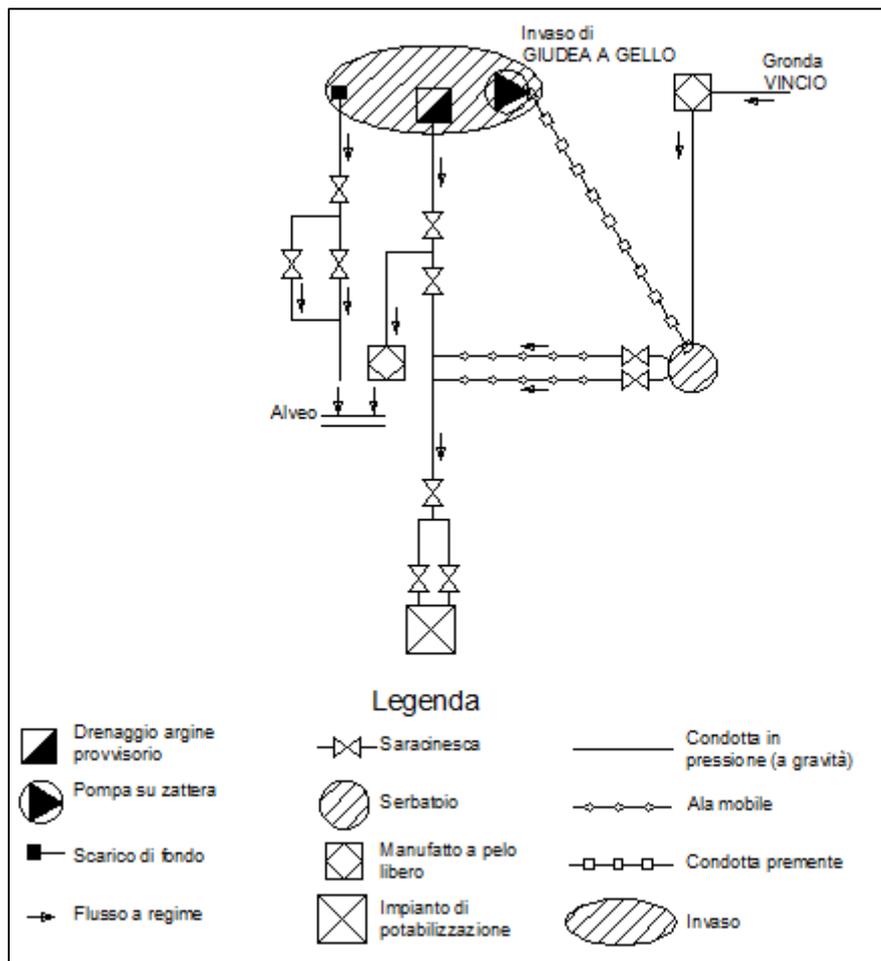


Figura 6-1: Schema di funzionamento idraulico per tutta la durata delle lavorazioni.

Il tempo di svuotamento dell'invaso è di circa 24 ore.

Il calcolo è stato condotto mediante la formulazione di Gaukler-Strikler:

$$Q=C A R^{2/3} j^{1/2}$$

Dove:

- D è il diametro della condotta (mm)
- C è il coefficiente di attrito secondo Gaukler-Strikler assunto pari a 90;
- j è la cadente piezometrica calcolata da  $(H_{inv}-H_{sc})/L$ , dove
  - L è la lunghezza della condotta pari a 306m;
  - Hsc è la quota dello scarico della condotta pari a 116.10 m slm.
-

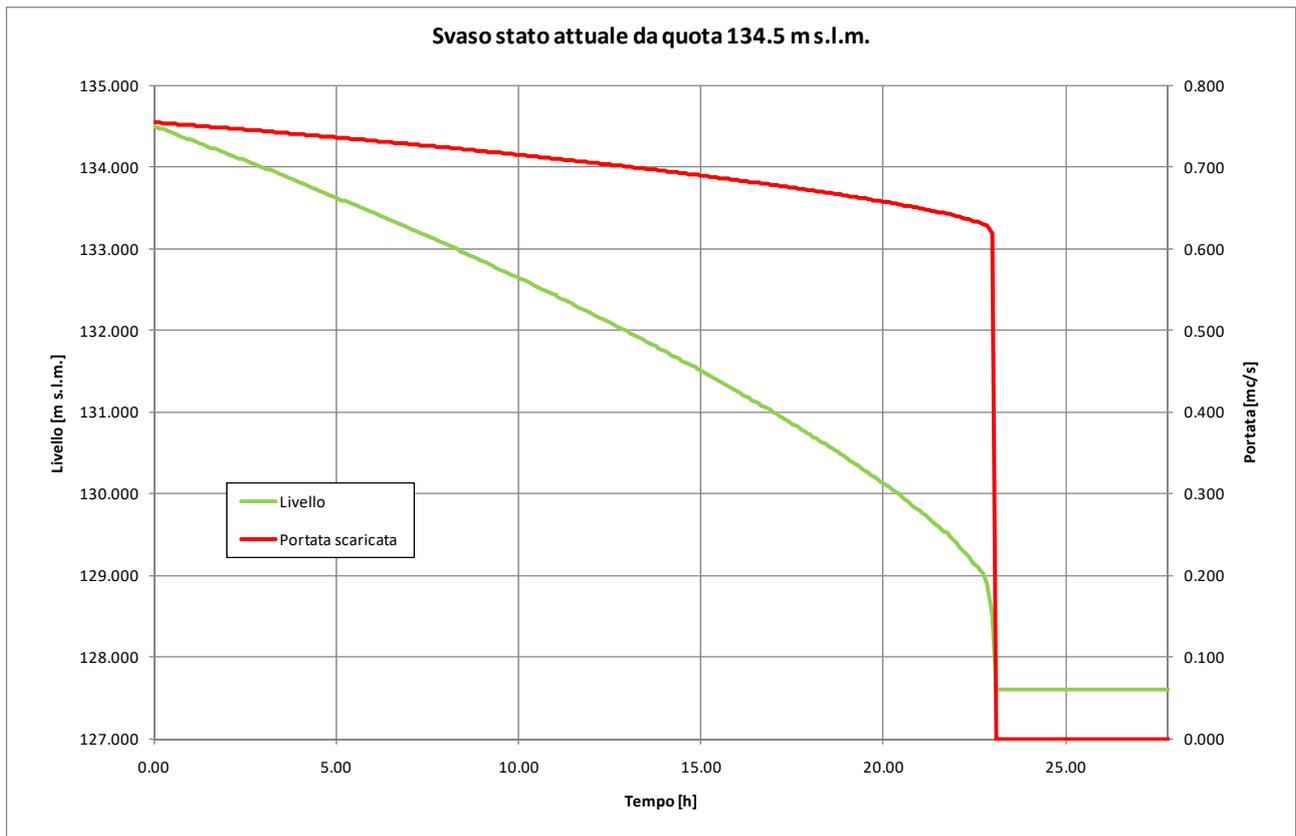


Figura 6-2: Livello dell'invaso e portata durante lo svuotamento tramite scarico di fondo.

In corrispondenza del battente massimo sullo scarico di fondo la portata massima scaricata è di circa 0.75 mc/s.

Lo scarico di fondo rimarrà aperto durante tutte le successive lavorazioni sino al ripristino funzionale dell'invaso, come del resto attualmente rimane aperto anche per tutto il periodo invernale.

## 6.2 Verifica evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto

Durante i lavori lo scarico di fondo sarà mantenuto aperto. Occorre verificare il comportamento dell'invaso in corrispondenza di eventi di con tempo di ritorno di 1000 anni e per diversa durata, al fine di individuare la situazione più critica.

Le portate di progetto sono riportate nella relazione ET02 Relazione Idrologica mentre nella tabella sottostante sono indicati i picchi di massima piena.

durata pioggia	d=10min	d=15min	d=30min	d=01h	d=02h	d=03h	d=06h	d=09h	d=12h	d=18h	d=24h
Portata max	5.83	6.12	5.60	4.36	2.93	2.27	1.47	1.13	0.94	0.73	0.60

Tabella 6-1: Portate di massima piena per TR 1000 anni e diversa durata di pioggia.

In queste condizioni il livello massimo dell'invaso si ha per durate di pioggia di 9h ed è pari a m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di mc.

Come è possibile notare il livello atteso è più basso di circa 9m dalla quota dello scarico di superficie di progetto.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei risultati della verifica idraulica condotta.

Durata	H_ini	V_ini	Qi_max	Qt_max	Qf_max	Qu_max	DH_max	H_max	V_max
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
d=10min	128.50	7.38	5.83	5.83	0.65	0.65	1.28	129.78	4607.48
d=15min	128.50	7.38	6.12	6.12	0.65	0.65	1.46	129.96	5755.57
d=30min	128.50	7.38	5.60	5.60	0.66	0.66	1.77	130.27	8061.22
d=01h	128.50	7.38	4.36	4.36	0.67	0.67	2.10	130.60	10700.07
d=02h	128.50	7.38	2.93	2.93	0.68	0.68	2.40	130.90	13303.71
d=03h	128.50	7.38	2.27	2.27	0.68	0.68	2.53	131.03	14477.46
d=06h	128.50	7.38	1.47	1.47	0.68	0.68	2.57	131.07	14851.07
d=09h	128.50	7.38	1.13	1.13	0.68	0.68	2.38	130.88	13139.21
d=12h	128.50	7.38	0.94	0.94	0.67	0.67	2.07	130.57	10479.76
d=18h	128.50	7.38	0.73	0.73	0.65	0.65	1.28	129.78	4563.76
d=24h	128.50	7.38	0.60	0.60	0.62	0.62	0.08	128.58	88.24

Tabella 6-2: Evento TR 1000 anni con attuale invaso fuori servizio e scarico di fondo aperto.

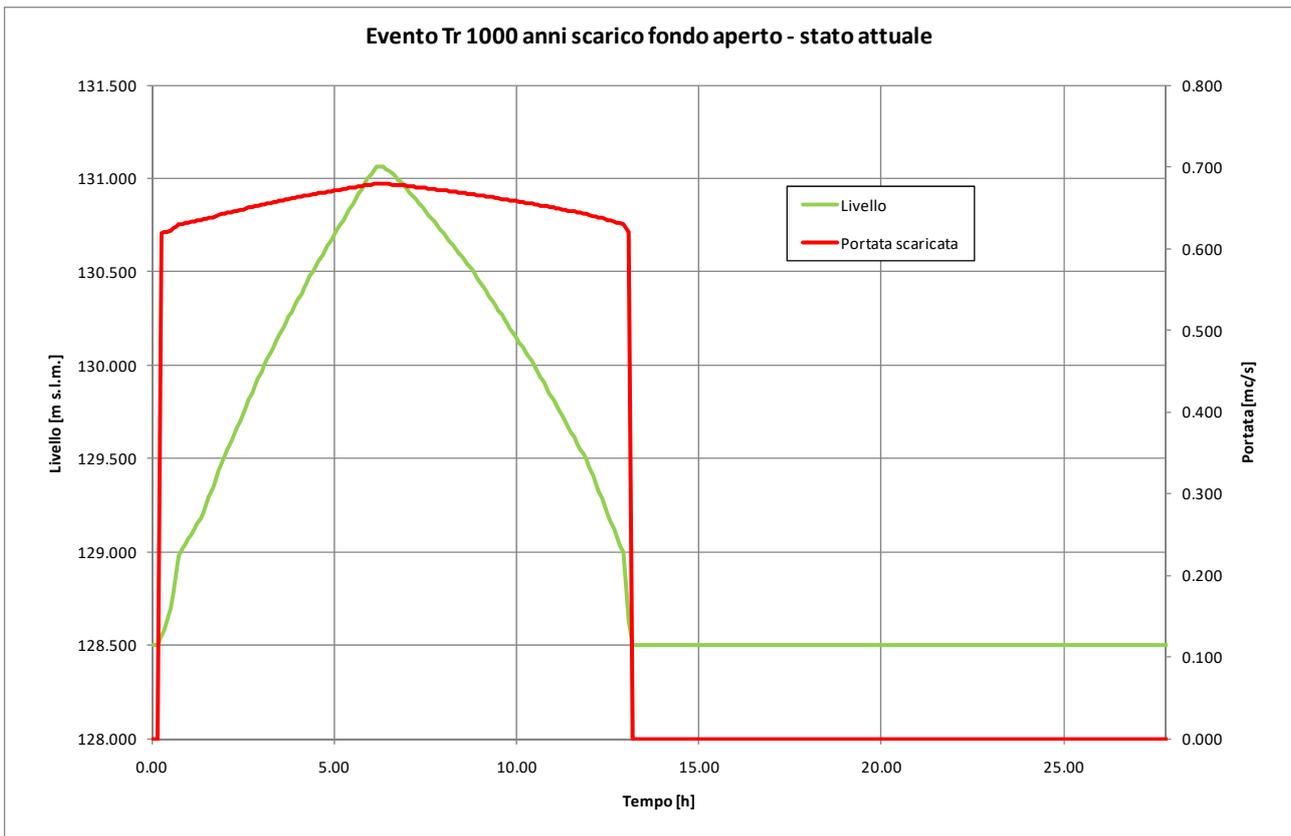


Figura 6-3: Evento TR 1000 attuale invaso scarico fondo aperto

### 6.3 Verifica evento TR 1000 anni con invaso di progetto e scarico di fondo aperto

Il progetto prevede la realizzazione dello scarico di superficie prima di procedere allo sbassamento della diga. Peraltro considerando che i due interventi potrebbero sovrapporsi nel corso dei lavori si ritiene utile verificare il funzionamento dell'invaso a seguito dello scavo, con lo scarico di fondo aperto e l'evento con tempo di ritorno di 1000 anni.

Lo scavo interesserà sia la sommità del coronamento sia il piede ricostruito come la tura al paramento di monte. Tale rimodellazione permette di aumentare la capacità d'invaso; infatti alla quota di progetto dello sfioratore di superficie (140 m slm) attualmente il volume invasato è di circa 250.000 mc mentre a seguito delle operazioni di scavo il volume di progetto è di circa 281.300 mc con un incremento di volume di circa 31.300 mc.

L'aumento della capacità d'invaso nella fase transitoria non può che rappresentare una maggiore tutela dal punto di vista idraulico per la gestione delle piene con scarico di fondo aperto.

In queste condizioni il livello massimo dell'invaso si ha per durate di pioggia di 6 h ed è pari a 130.20 m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di circa 15000 mc.

In questa configurazione l'invaso scavato garantisce un livello di circa 1.5m più basso rispetto alla situazione precedente allo scavo.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa dei risultati della verifica idraulica condotta.

Durata	H_ini	V_ini	Qi_max	Qt_max	Qf_max	Qu_max	DH_max	H_max	V_max
	[mslm]	[mc]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[m]	[mslm]	[mc]
d=10min	128.00	18.60	5.83	5.83	0.63	0.63	0.98	128.98	4647.69
d=15min	128.00	18.60	6.12	6.12	0.63	0.63	1.14	129.14	5800.76
d=30min	128.00	18.60	5.60	5.60	0.64	0.64	1.47	129.47	8124.86
d=01h	128.00	18.60	4.36	4.36	0.65	0.65	1.76	129.76	10793.36
d=02h	128.00	18.60	2.93	2.93	0.66	0.66	2.04	130.04	13460.96
d=03h	128.00	18.60	2.27	2.27	0.66	0.66	2.16	130.16	14779.38
d=06h	128.00	18.60	1.47	1.47	0.66	0.66	2.20	130.20	15275.00
d=09h	128.00	18.60	1.13	1.13	0.66	0.66	2.07	130.07	13743.18
d=12h	128.00	18.60	0.94	0.94	0.65	0.65	1.82	129.82	11283.25
d=18h	128.00	18.60	0.73	0.73	0.63	0.63	1.12	129.12	5591.55
d=24h	128.00	18.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.02	128.02	84.76

Tabella 6-3: Evento TR 1000 anni, invaso scavato e scarico aperto.

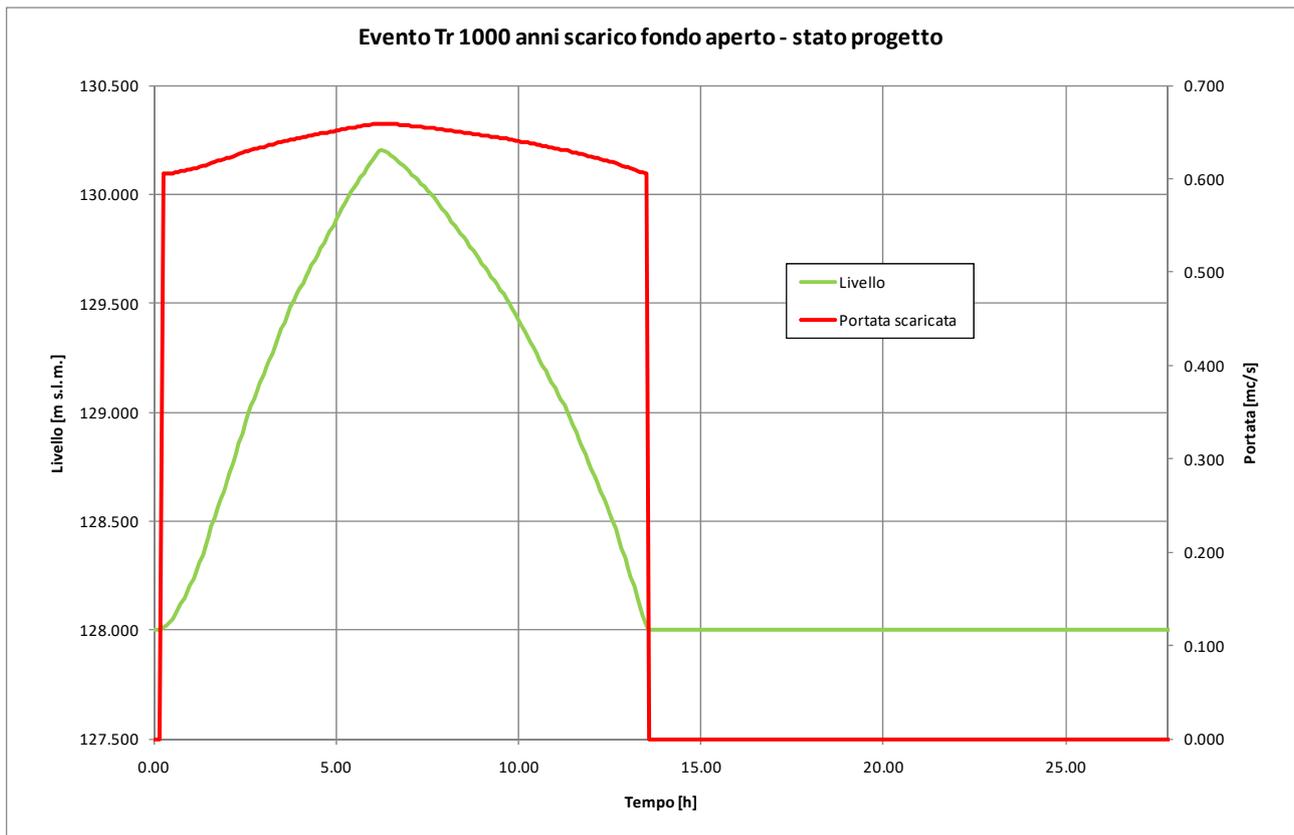


Figura 6-4: Evento TR 1000 invaso scavato scarico fondo aperto

## 6.4 Verifica evento TR 3000 anni con invaso di progetto

La fase finale dell'intervento, che è oggetto del presente progetto definitivo, prevede la sistemazione dell'invaso con le seguenti caratteristiche:

- Il coronamento portato alla quota 143.3m, il lato di monte viene rivestito con massi, mentre su quello di valle viene ripristinata la copertura con terreno vegetale e realizzato un drenò al piede.
- La realizzazione del nuovo scarico di superficie delle dimensioni analoghe alle attuali ma con quota di 140m s.l.m. (larghezza 10.0 m e altezza dei muri laterali di 4.5 m).
- La sistemazione della viabilità d'accesso all'invaso;

E' stata condotta una verifica idraulica per i vari tempi di ritorno al fine di valutare l'effetto di laminazione dell'invaso. Le portate afferenti all'invaso sono comprensive dei 0.8 mc/s derivati dal Vinciò.

La portata massima sullo sfioro per TR 3000 anni e durata di pioggia di 2h, è di circa 3.6mc/s con una forte riduzione rispetto al picco massimo in ingresso di 4.5 mc/s.

Con tali ipotesi, ovvero piena laminata, il battente massimo sullo sfioratore è di 33cm.

Tempo di ritorno [anni]	Durata critica portata in uscita [ore]	Portata in arrivo [m <sup>3</sup> /s]	Portata in uscita [m <sup>3</sup> /s]	Quota livello inizio evento [m s.l.m.]	Quota livello massimo [m s.l.m.]	Battente sulla soglia [m]	Franco idraulico [m]
30	3.0	1.84	1.52	140.0	140.19	0.19	3.11
50	3.0	1.98	1.66	140.0	140.20	0.20	3.10
100	3.0	2.18	1.87	140.0	140.22	0.22	3.08
200	3.0	2.41	2.10	140.0	140.23	0.23	3.07
500	2.0	3.32	2.49	140.0	140.29	0.26	3.04
1000	2.0	3.73	2.87	140.0	140.29	0.29	3.01
<b>3000</b>	<b>2.0</b>	<b>4.50</b>	<b>3.60</b>	<b>140.0</b>	<b>140.33</b>	<b>0.33</b>	<b>2.97</b>

Tabella 6-4 – Portate evacuate e livelli di invaso per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione ET02 Relazione Idrologica.

## 6.5 Il franco idraulico

Il franco netto è stato calcolato sulla base anche del contenuto del testo del Decreto 26 Giugno 2014 “*Norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*” il quale prevede valori tabellati con un minimo di 1.5m per le dighe in materiali sciolti di 15m, sino a un massimo di 3.5m per invasi di 90m o oltre. Per valori intermedi di altezza il valore del franco netto viene interpolato.

Il franco netto risultante dalla procedura di interpolazione (tra il valore di 1.5 m attribuito alle dighe alte 3.5 m ed il valore di 15 m associato alle dighe alte 90 m) è 1.77 m essendo l'altezza della diga pari a 25.1 m.

L'abbassamento massimo dovuto al sisma è assunto cautelativamente pari a 0.34 m.

Il valore dell'ampiezza d'onda minimo per *Fetch* 1 km e velocità del vento pari a 100 km/h per la zona 3 vale 0.27 m, mentre la risalita contro il paramento dello sbarramento è pari a 0.033 m.

Il **franco idraulico minimo regolamentare** è, pertanto, pari a **2.42 m** (Tabella 6-5).

Quota coronamento [m s.l.m.]	143.3
Quota minima a valle [m s.l.m.]	118.2
Altezza diga [m]	25.1
Franco netto [m]	1.77
Abbassamento da sisma [m]	0.34
Franco onda [m]	0.27
Franco <i>run up</i> [m]	0.033
Franco minimo totale [m]	2.42

Tabella 6-5– Calcolo del franco idraulico minimo regolamentare.

La massima portata evacuata per l'evento di 3000 anni si verifica per l'evento meteorico di durata pari a 2 ore e risulta pari a 3.60 m<sup>3</sup>/s a cui corrisponde un livello idrometrico nell'invaso di 140.33 m s.l.m. (0.33 m rispetto alla soglia di sfioro posta a 140.0 m s.l.m.). Essendo il coronamento posto a quota 143.3 m s.l.m. si addiuviene a un **franco idraulico di 2.97 m**.

La larghezza minima richiesta per il coronamento (riportata al punto E.7 della norma) risulta di 4m mentre quella di progetto di 5.5m.

## 7 Analisi idraulica

E' stata condotta una verifica idraulica in moto permanente del canale scolmatore a valle dell'invaso con la portata di picco laminata di 3.6 mc/s (TR 3000 anni laminata) a cui sono stati sommati i contributi degli interbacini per lo stesso tempo di ritorno fino alla confluenza nel torrente Tazzera.

Occorre osservare che le verifiche idrauliche sono condotte in moto permanente senza considerare le esondazioni dovute alle insufficienze dei contenimenti, ipotizzando che il deflusso sia sempre contenuto all'interno dei marcatori arginali.

Per tale motivo, le verifiche idrauliche considerano la concomitanza degli eventi fino al tempo di ritorno di 200 anni, mentre per i tempi di ritorno superiori le portate in ingresso al Rio Tazzera sono quelle calcolate per l'evento duecentennale con durata pari a quella critica del canale scolmatore.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione ET03 Relazione Idraulica.

### 7.1 Il canale scolmatore

Il canale scolmatore a valle dello sfioratore può essere suddiviso in num. 6 tratti omogenei.

Il primo tratto, ubicato immediatamente a valle dello sfioro, è costituito da un canale rettangolare largo 10.0 m con una pendenza del *thalweg* dello 0.5% (tra sez. SF005 e sez. SF008).

Tale tratto è delimitato a valle da un canale convergente, dove avviene la riduzione della larghezza della sezione da 10.0 m a 2.50 m, prima del transito attraverso la forra (tra sez. SF008 e sez. SF012). Il tratto convergente è lungo 18.50 m. La larghezza di 2.50 m è mantenuta inalterata fino al termine della vasca di dissipazione.

Fino alla pendice del crinale, il canale rettangolare largo 2.50 m mantiene la pendenza dello 0.5% (tra sez. SF012 e sez. SF021).

Lungo il versante il canale scolmatore è realizzato con num. 3 differenti pendenze del fondo alveo per assecondare il declivio naturale e ridurre al minimo i volumi di terreno movimentati per la costruzione dello stesso. Il primo tratto è contraddistinto da una pendenza del 20% (tra sez. SF021 e sez. SF029), quello intermedio da una pendenza del 10% (tra sez. SF029 e sez. SF036) e quello finale da una pendenza del 15% (tra sez. SF036 e sez. SF041).

Dall'analisi dei risultati emerge che i profili idraulici studiati subiscono in corrispondenza del ciglio sfiorante dello scarico di superficie un brusco abbassamento dei battenti idrometrici. Il carico

statico del serbatoio si trasforma in carico cinetico con conseguente abbassamento del livello idrometrico.

I tiranti idrometrici nel canale a valle dello sfioratore non rigurgitano la vena stramazzone per nessuna portata liquida indagata.

Le portate scaricate nelle condizioni di massimo invaso per il tempo di ritorno di 3000 anni transitano a valle dello sfioratore con un franco idraulico minimo di 99 cm.

Nelle tavole EG18, EG19 3 EG20 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato attuale.

Nelle tavole EG21, EG22 3 EG23 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato di progetto.

Nelle tavole EG24, EG25 3 EG26 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato sovrapposto.

## 7.2 La vasca di dissipazione

La vasca di dissipazione a valle del canale scolmatore è caratterizzata da una quota di fondo pari a 105.70 m s.l.m. e una lunghezza pari a 10.0 m (dalla sezione SF041 alla soglia di stramazzone a valle).

La vasca risulta depressa e delimitata a valle da un altro setto in c.a. con soglia di stramazzone posta alla quota di 106.35 m s.l.m..

La quota del *thalweg* del canale a valle è posto alla quota di circa 105.62 m s.l.m. (sezione TAZ001).

Le quote degli argini destro e sinistro della vasca di dissipazione risultano pari a 108.30 m s.l.m..

La vasca di dissipazione è in asse al canale scolmatore, costituita da una sezione rettangolare larga 2.50 m e pareti alte 2.60 m.

I livelli idrometrici si mantengono pressoché orizzontali all'interno della vasca fino allo stramazzone nel canale di valle.

Il franco di sicurezza nella vasca di dissipazione è di 100 cm per il tempo di ritorno di 3000 anni.

## 7.3 Il fosso recettore

Dopo la vasca di dissipazione il canale scolmatore riceve le acque del reticolo idrografico che drena la porzione dei versanti in sinistra idrografica del Rio Tazzera compresa tra le località Molino Lotti, Podere Corsetto, Podere Crocetta e il versante della diga chiuso al Podere L'Amore.

Tra la lo stramazzo posto al termine della vasca di dissipazione e la suddetta confluenza, il canale scolmatore compie una curva a sinistra al fine di annullare l'angolo tra gli assi dei due rami confluenti. In tale tratto, lungo circa 10.0 m e compreso tra le sezioni TAZ001 e TAZ002\_a, il canale è costituito da una sezione rettangolare larga 2.50 m con una pendenza del *thalweg* dello 0.9%. Al termine della curva è previsto un salto di fondo alto 70 cm rispetto alla sezione di valle e caratterizzato da un sopralzo di 10 cm rispetto a quella di monte al fine di mantenere la corrente in regime subcritico.

A valle della confluenza il canale di progetto è costituito da un canale rettangolare largo 4.0 m con una pendenza del *thalweg* dello 0.9% fino al ponte di sezione TAZ003 (RS 16.9) compreso, che ha una luce alta 1.65 m e larga 4.0 m come il canale.

Dopo il succitato attraversamento, fino alla confluenza nel Rio Tazzera, il canale è progettato con una sezione di forma trapezia larga al fondo 2.0 m con sponde inclinate 3:2 e una pendenza del *thalweg* dello 0.9%. In quest'ultimo tratto sono previsti n. 2 attraversamenti e n. 3 salti di fondo.

I due attraversamenti nelle sezioni TAZ010 (RS 9.9) e TAZ018 (RS 1.5) sono costituiti da due luci rettangolari larghe 4.0 m e alte rispettivamente 1.65 m e 2.96 m.

I due salti di fondo nelle sezioni TAZ005 (RS 15 - RS 14.3) e TAZ008 (RS 12 - RS 11.3) sono alti 1.27 m rispetto al fondo delle vasche di dissipazione lunghe ciascuna circa 7.0 m, che risultano depresse di 50 cm rispetto alla quota di fondo del canale defluente a valle. L'ultimo salto di fondo, ubicato immediatamente a monte del ponte alla confluenza con il Rio Tazzera, è alto 1.54 m rispetto al fondo della vasca di dissipazione lunga circa 5.0 m depressa anch'essa di 50 cm rispetto alla quota di fondo del canale a valle.

Tutte le vasche consentono di rigurgitare il risalito idraulico a valle dei salti.

Le vasche di dissipazione sono realizzate mediante delle scatole in c.a. di forma rettangolare larghe 2.0 m, come il fondo del canale trapezio, con muri laterali ad altezza variabile che raccordano la sommità dello stramazzo di monte con la sommità della controbriglia a valle.

In corrispondenza dei raccordi tra le opere d'arte (i.e. attraversamenti e vasche di dissipazione) ed il canale in terra, nonché lungo le curve, è prevista la posa in opera di una scogliera in massi ciclopici per la protezione del canale dalle azioni idrodinamiche della corrente.

Nelle tavole EG27, EG28 3 EG29 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato attuale.

Nelle tavole EG30, EG31 3 EG32 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato di progetto.

Nelle tavole EG33, EG34 3 EG35 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato sovrapposto.

## 8 Gli organi di manovra dell'invaso

### 8.1 Lo scarico di fondo e la condotta di derivazione allo stato attuale

Come sopra descritto l'invaso della Giudea è dotata di uno scarico di fondo e di una condotta di derivazione e alimentazione dell'impianto di potabilizzazione.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche delle due condotte:

	Scarico di fondo	Derivazione
<b>D(mm)</b>	<b>450</b>	<b>400</b>
<b>L(m)</b>	<b>306</b>	<b>228</b>
<b>H presa (m s.l.m.)</b>	<b>126.60</b>	<b>134</b>
<b>Hscarico (m s.l.m.)</b>	<b>116.10</b>	<b>117.00</b>

Tabella 8-1: Caratteristiche dello scarico di fondo e della condotta di derivazione allo stato attuale.

Lo scarico di fondo, per quanto risulta dai dati progettuali della diga e dal certificato di collaudo è posto alla quota 126.26m slm, mentre per quanto risulta al gestore la quota di fondo è posta a 128m slm. Nella Figura 8-1 è possibile notare la bocca di presa dello scarico di fondo in quanto, nel periodo invernale, l'invaso viene tenuto vuoto senza alimentazione e con lo scarico di fondo aperto.

Lo scarico è posto a monte della tura realizzata a seguito degli eventi franosi.

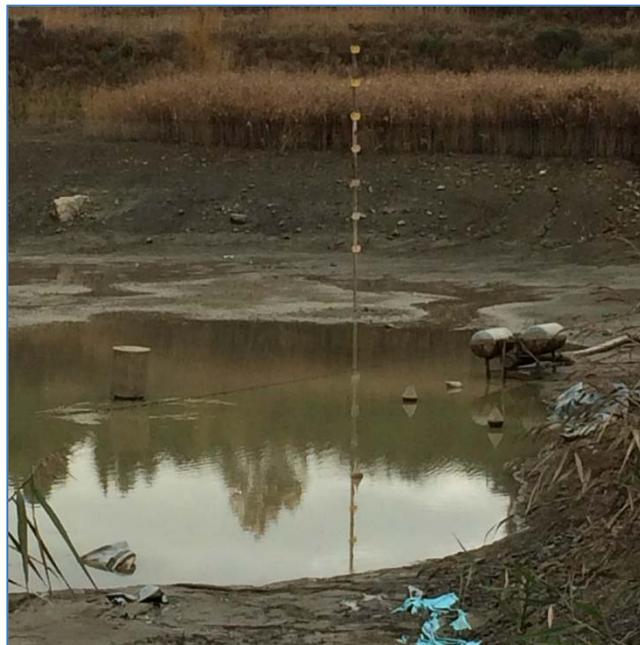


Figura 8-1: Bocca di presa dello scarico di fondo

Per quanto riguarda la condotta di derivazione i dati di progetto riportano la quota di presa a 134m slm. Come risulta anche dallo schema riportato in Figura 8-2 la bocca di presa della derivazione

risulta sepolta all'interno dell'argine realizzato a seguito degli eventi franosi, di modo che attualmente non è più utilizzabile. A causa di ciò e a seguito della limitazione del livello d'invaso, l'alimentazione del potabilizzatore, avviene mediante pescaggio da zattera galleggiante.

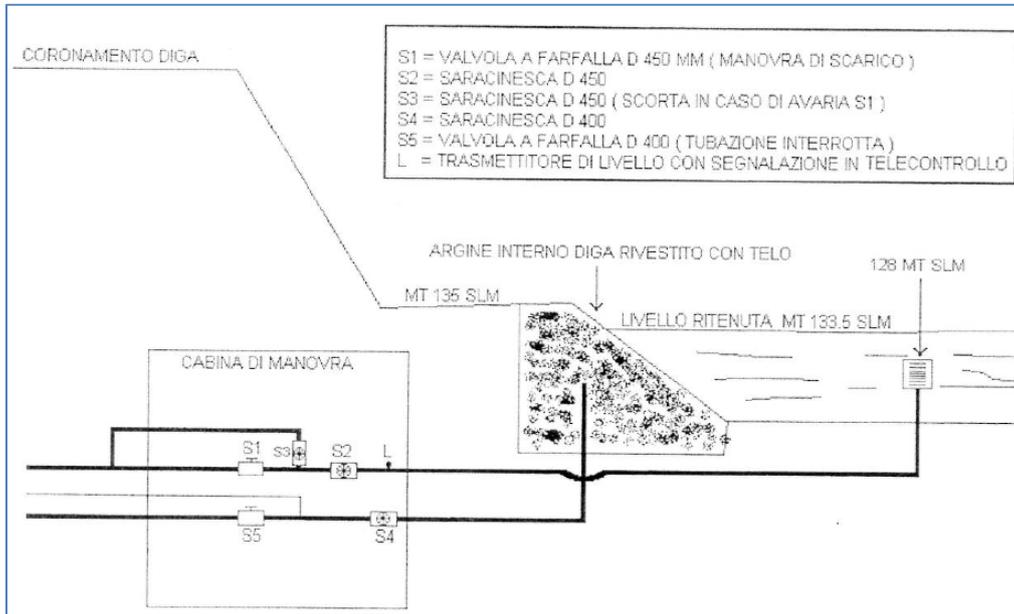


Figura 8-2: Lo schema dello scarico di fondo e della condotta di derivazione

Il piede interno del paramento di monte nell'ipotesi di progetto è posto alla quota di 128 m slm ed è posizionato a monte dell'argine interno della diga. In fase di scavo quindi si andrà a ritrovare la bocca di presa della derivazione prolungandola verso monte fino a un pozzetto con sommità posta a quota 130 m slm. Si riporta in Figura 8-3 lo schema funzionale e la posizione delle saracinesche nella cabina di manovra allo stato attuale.



Figura 8-3: Schema di funzionamento degli organi di manovra dello scarico e derivazione.

## 8.2 Lo scarico di fondo e la condotta di derivazione allo stato di progetto

La quota di progetto del fondo lago è di 128.0 m s.l.m.. Lo scarico di fondo sarà raccordato a un pozzetto sulla cui sommità sarà posta una griglia in acciaio con aperture di dimensione 20 cm.

Si procederà inoltre al prolungamento della condotta di presa fino a un pozzetto posto in adiacenza a quello di fondo con sommità alla quota di 130.0 m s.l.m. anch'essa dotata di una griglia con passo di 20 cm, in testa alla presa sarà posta una succhieruola per impedire l'ingresso di materiale nella condotta.

Nelle tavole EG36a e EG36b sono riportate le planimetrie allo stato attuale e di progetto della rete di adduzione, distribuzione e scarico di fondo.

Nelle tavole EG37a e EG37b sono riportati i profili longitudinali allo stato sovrapposto della presa e dello scarico di fondo e i particolari della cabina di manovra e sollevamento.

Nella Figura 8-4 si riporta lo schema di derivazione e scarico di fondo nello stato di progetto.

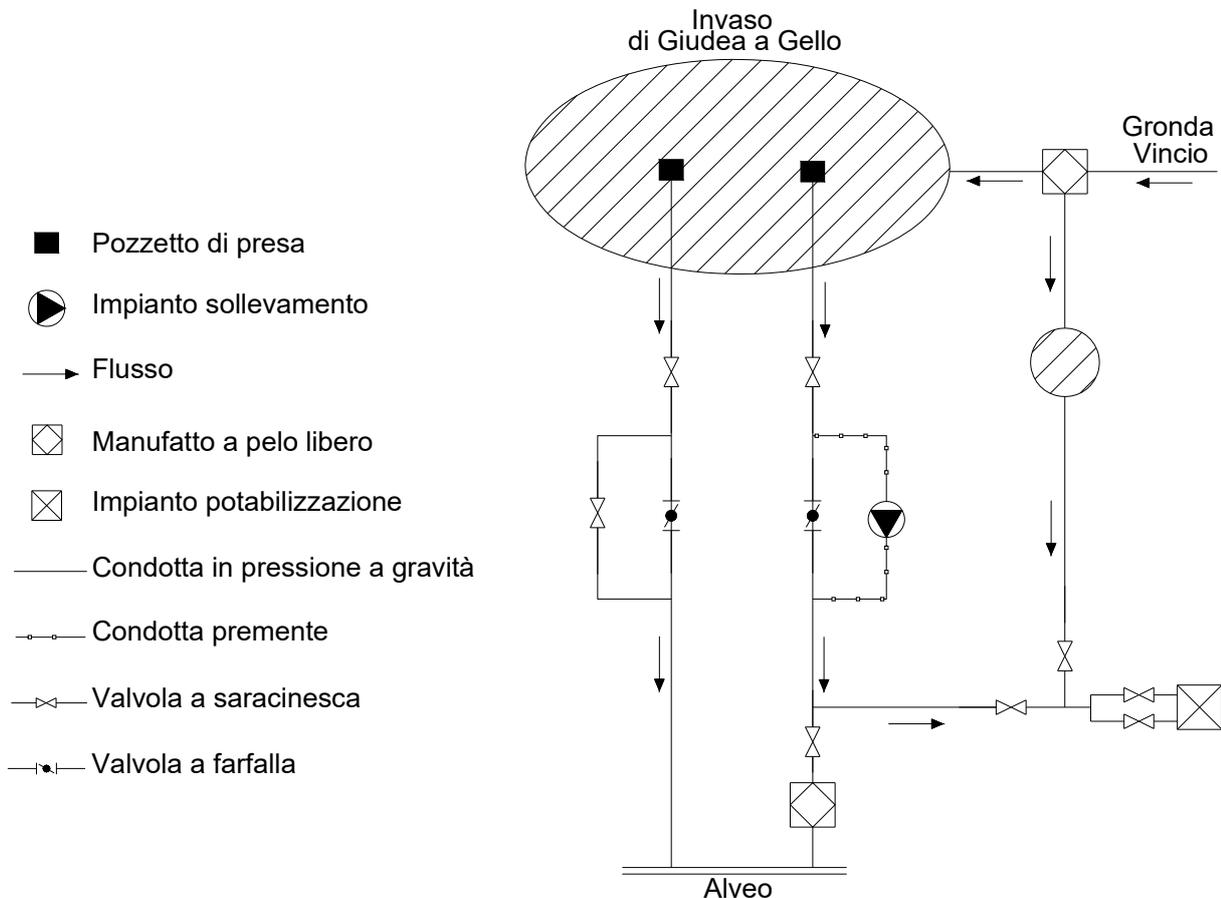


Figura 8-4: Bocca di presa dello scarico di fondo

### 8.3 La verifica del tempo di svuotamento dell'invaso

E' stata condotta la verifica sulla capacità di svuotamento dell'invaso di progetto mediante l'utilizzo dello scarico di fondo.

I calcoli sono stati condotti in via cautelativa prescindendo dalla possibilità di utilizzare la condotta di derivazione con funzione di scarico nel Fosso Fontanacci mediante l'apertura di una saracinesca posta all'interno di un pozzetto a cielo aperto a valle della cabina di manovra.

Si riportano di seguito le condizioni al contorno per la verifica dello svuotamento.

	<b>Scarico di fondo</b>
<b>D(mm)</b>	<b>450</b>
<b>C G.S.</b>	<b>90</b>
<b>L(m)</b>	<b>306</b>
<b>H presa (m s.l.m.)</b>	<b>126.60</b>
<b>Hscarico (m s.l.m.)</b>	<b>116.10</b>

Si riporta di seguito il grafico della portata defluita dallo scarico di fondo e dalla condotta di derivazione in funzione del livello dell'invaso.

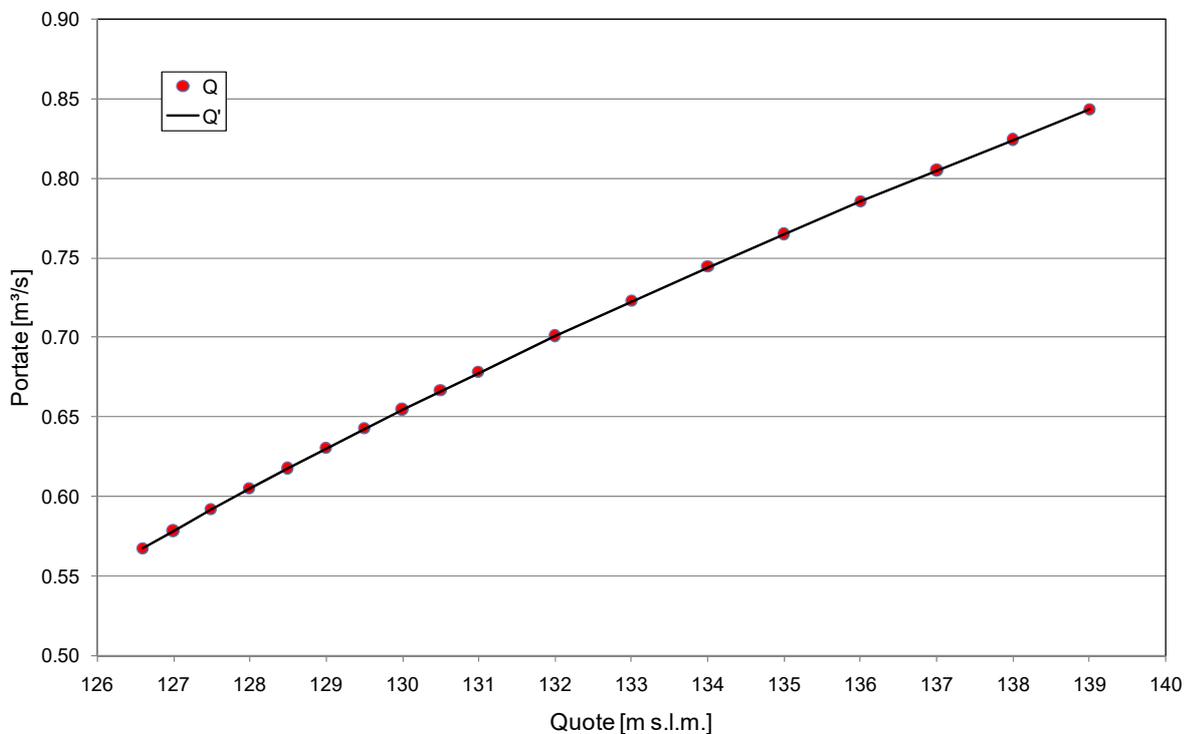


Figura 8-5: Portata dello scarico di fondo in funzione della quota dell'invaso.

Come è possibile notare nella Figura 8-6 il tempo per svuotare il 75% del volume di invaso è di circa 3.0 giorni come previsto dalla normativa.

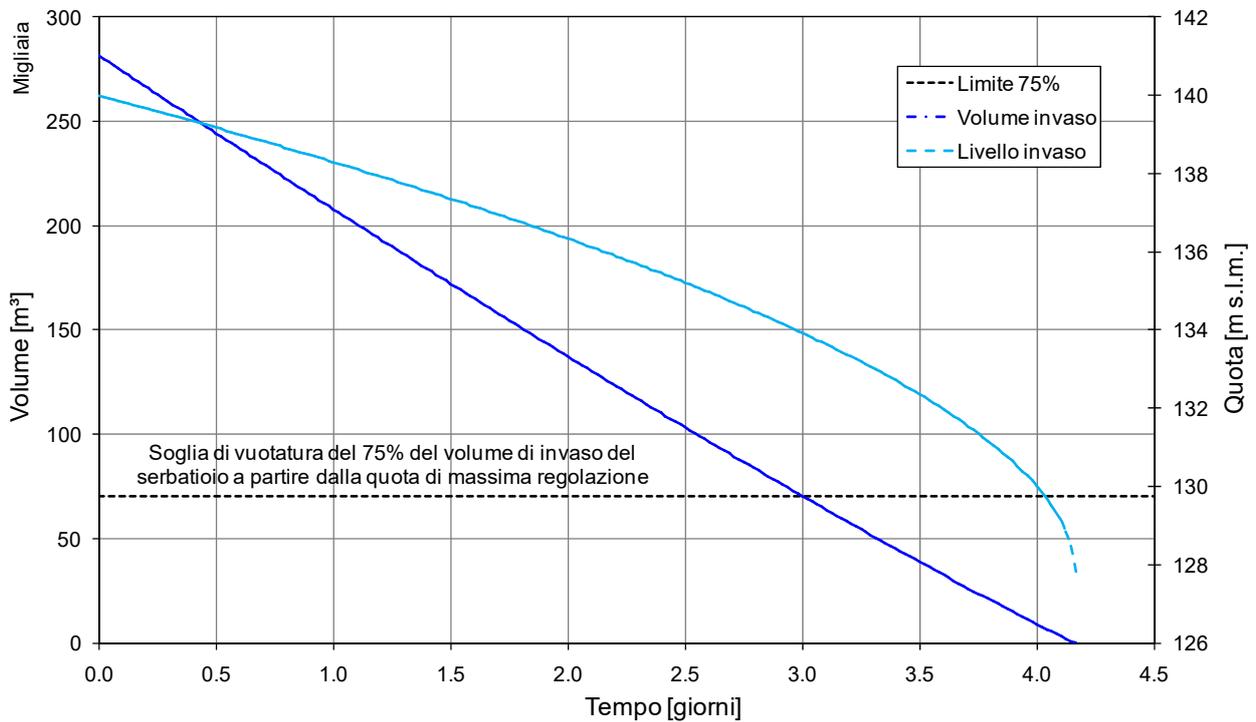


Figura 8-6: Verifica dello svuotamento dell'invaso mediante scarico di fondo.

## 9 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali dello scarico di superficie e della cabina di manovra sono riportate negli elaborati da ET12 a ET17.

Nelle tavole dalla STR01 alla STR10 si riportano i particolari strutturali delle singole opere.

## 10 Impianti tecnologici ed elettromeccanici

Gli impianti tecnologici ed elettromeccanici sono costituiti dallo scarico di fondo e dall'opera di derivazione.

Gli impianti elettromeccanici sono descritti nella relazione ET19 Relazione impianti.

## 11 Impianti elettrici

Gli impianti elettrici per l'illuminazione della diga e l'impianto di sollevamento sono descritti nella relazione ET20 Relazione impianti elettrici.

Nella tavola EG44 si riportano la planimetria e i particolari.

## **12 Inserimento paesaggistico e ambientale**

Nell'elaborato ET22 Relazione Paesaggistica è stato valutato l'inserimento paesaggistico dell'intervento.

Nelle tavole EG46a e EG46b si riportano i fotoinserti dell'intervento.

Nell'elaborato ET28 Relazione di fattibilità ambientale è stato valutato l'inserimento ambientale dell'intervento.

## **13 Gestione delle materie**

Al fine di valutare le caratteristiche delle terre sia dal punto di vista ambientale che meccanico, è stata condotta una vasta campagna di analisi.

Le indagini chimiche hanno evidenziato la presenza dell'inquinante Cromo VI in alcuni specifici punti e altezze del coronamento. Per un'approfondita trattazione del tema si rimanda alle relazioni da ET23 e ET24.

Nelle tavole AMB01, AMB02 e AMB03 si riportano le planimetrie delle indagini ambientali.

## **14 Gestione delle interferenze**

Le interferenze sono le seguenti:

- rete di derivazione dal Vincio;
- rete di derivazione da zattera galleggiante;
- scarico di fondo;
- condotta di derivazione.

Si rimanda all'elaborato ET21 per la risoluzione delle interferenze.

## **15 La cantierizzazione**

Nella tavola EG45 è riportata la planimetria di cantiere. Nella tavola EG43 si riporta la planimetria della viabilità di accesso alle diga.

Si rimanda all'elaborato ET18 per le fasi di cantierizzazione e all'elaborato ES01 per il cronoprogramma.

## **16 Il Piano Particellare di Esproprio**

Il Piano Particellare di Esproprio è riportato negli elaborati ET26.

Le planimetrie catastali sono riportate negli elaborati da EG47 e EG48.

## **17 La sicurezza**

Nell'elaborato ES02 si riporta l' Aggiornamento prime indicazioni e misure per la stesura dei piani di sicurezza.

## **18 I computi metrici**

I computi metrici sono riportati negli elaborati da EE01 a EE05.

Nell'elaborato ET25 si riporta il Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.

## **19 Il Piano di Gestione**

Il Piano di Gestione è riportato nell'elaborato ET29.

## 20 Sintesi delle caratteristiche principali dell'invaso di progetto

Nella Tabella 20-1 si riassumono le caratteristiche principali dell'invaso di progetto messe a confronto con quelle dell'invaso attuale.

	Invaso Attuale	Invaso di progetto
<b>Dati principali della diga</b>		
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82 / D.M 24/06/2014 <sup>2</sup>	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	31,9	25,1 (143,3-118,2)
Altezza della diga ai sensi del L. 584/1994 / D.M 24/06/2014 [m]	31,9	25,1
Altezza massima ritenuta [m]	23,26	12,33 (140.33 - 128.00)
Quota del coronamento [mslm]	150,06	143,30
Larghezza del coronamento [m]	6	5,5
Franco disponibile ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 / D.M 24/06/2014 [m]	1,8	2,97
Franco richiesto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82/ D.M 24/06/2014 [m]	1,8	2,38
Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 / D.M 24/06/2014 [m]	1,8	2,67
Sviluppo del coronamento [m]	293,5	205
Volume della diga [m <sup>3</sup> ]	260000	170000
<b>Dati principali del serbatoio</b>		
Quota massimo invaso TR 3000 anni [m slm]	---	140,33
Quota massimo invaso TR 1000 anni [m slm]	148,26	140,29
Quota massima regolazione [mslm]	147,76	140,00
Quota minima regolazione [mslm]	134	130,00
Quota minima al piede diga lato monte [mslm]	125,0	128,00
Quota minima al piede diga lato valle [mslm]	118,2	118,2
Volume totale invaso [m <sup>3</sup> ]	754600	297430
Volume utile di regolazione [m <sup>3</sup> ]	759534	268297
Volume morto [m <sup>3</sup> ]	44000	13002
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km <sup>2</sup> ]	0,15	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km <sup>2</sup> ]	13,0	13,0
Portata di massima piena di progetto [m <sup>3</sup> /s]	6,8 (6,0+0,8)	3,60 (portata TR 3000 laminata)

<sup>2</sup> Le caratteristiche dell'opera attuale sono riferite al D.M. n.44 del 24/06/214 e L. 584/1994 mentre quelle dell'opera di progetto al D.M. del 24/06/2014

Portata massima derivazione dal T. Vincio [m <sup>3</sup> /s]	0,8	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di :		
· massimo invaso [m <sup>2</sup> ]	77300	49159
· massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	73400	47898
· minima regolazione [m <sup>2</sup> ]	16985	10697
Pendenze paramento di monte	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1	~3.75/1
Pendenza paramento di valle	~2/1	~4.25/1
<b>Dati principali dello scarico di superficie</b>		
Caratteristiche tipologiche	Soglia grossa rettilinea in sponda destra	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
Quota di soglia [mslm]	147,76	140,00
Sviluppo della soglia [m]	10,80	10,0
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	6,8	3,60
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m] TR 3000 anni	0,5	0,33
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm] TR 3000 anni	148,26	140,33
<b>Dati principali dello scarico di fondo</b>		
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [mslm]	126,26	126,26 (128.0) <sup>3</sup>
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	1,23	0.85
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [mslm]	147,76	140.0
<b>Dati principali dell'opera di derivazione</b>		
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø400	Tubazione in acciaio Ø400
Quota dell'imbocco [mslm]	134,00	130,00
Portata esitata al potabilizzatore [m <sup>3</sup> /s]	0,46	0.24 <sup>4</sup>
Portata esitata al primo scarico a quota 117m slm [m <sup>3</sup> /s]	1,018	0,70
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata	147,76	140.0

Tabella 20-1: Sintesi delle principali caratteristiche dell'invaso.

<sup>3</sup> La quota riportata tra parentesi è quella della testa del pozzetto dello scarico di fondo che corrisponde dal fondo lago di progetto.

<sup>4</sup> La quota all'impianto è stata assunta a 135.5 m s.l.m. ovvero alla sommità delle vasche.

## **APPENDICE A**

### **Documentazione fotografica**



Foto 1: vista dell'invaso dal coronamento



Foto 2: vista da sponda sinistra



Foto 3: vista dell'invaso dal coronamento



Foto 4: vista del paramento di valle dal coronamento



Foto 5: vista dell'invaso da sponda destra



Foto 6: vista paramento di monte dall'interno dell'invaso



Foto 7: riferimenti altimetrici



Foto 8: vista del canale scolmatore da monte verso valle



Foto 9: vista del canale scolmatore da valle verso monte



Foto 10: vista saracinesca alimentazione invaso