

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



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
ET01	RELAZIONE GENERALE	-
		Data:
		09/10/2020

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

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
02	09/10/2020	Seconda Emissione	Angelini	Settesoldi
01	27/12/2019	Prima Emissione	Catella	Settesoldi

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INTRODUZIONE	2
3. PARERI E NOTE ISTRUTTORIE	4
3.1. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 7 –IDRAULICA E GEOLOGIA APPLICATA	4
8.1.1 PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDROLOGICO E IDRAULICO	4
8.1.1 Risposta alle prescrizioni di carattere idrologico e idraulico	6
3.2. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 6 – STRUTTURE E GEOTECNICA PER GLI ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI	7
8.1.1 Prescrizioni di carattere geotecnico	7
8.1.1 Risposta alle prescrizioni di carattere geotecnico	9
3.3. OSSERVAZIONI ISTRUTTORIE MIT-DG DIGHE	9
8.1.1 Aspetti di carattere generale e progettuali	9
8.1.1 Risposta agli aspetti di carattere generale e progettuale	12
8.1.1 Aspetti geologici, sismo tettonici e sismici	15
8.1.1 Risposta agli aspetti geologici, sismo tettonici e sismici	18
8.1.1 Aspetti geotecnici e strutturali	20
8.1.1 Risposta aspetti geotecnici e strutturali	22
8.1.1 Aspetti idraulici	24
8.1.1 Risposta aspetti idraulici	25
4. IL QUADRO CONOSCITIVO	26
4.1. I PROGETTI ESISTENTI	26
4.2. I RILIEVI TOPOGRAFICI	26
4.3. I DATI IDROLOGICI	27
4.4. I DATI IDRAULICI	27
4.5. I DATI GEOTECNICI	28
4.6. INDAGINE GEOMORFOLOGICA	32
5. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE	33
5.1. LE CARATTERISTICHE DELL’INVASO ORIGINARIO	33
5.2. L’OPERA DI PRESA SUL TORRENTE VINCIO	37
5.3. ORGANI DI MANOVRA DELL’INVASO: SCARICO DI FONDO E DERIVAZIONE ALL’IMPIANTO	39
5.4. CARATTERISTICHE DELL’INVASO PROVVISORIO AUTORIZZATO	41
6. CARATTERISTICHE DELL’INTERVENTO DI PROGETTO	45
6.1. IL CORPO DIGA	48
6.2. L’INVASO	50
6.3. LO SCARICO DI SUPERFICIE	51
8.1.1 RAFFRONTO TRA DIFFERENTI SOLUZIONI TECNICHE	51

6.4.	LO SFIORO DI SUPERFICIE	53
6.5.	IL CANALE FUGATORE.....	53
6.6.	IL FOSSO RECETTORE	54
6.7.	SCARICO DI FONDO E DERIVAZIONE ALL'IMPIANTO	55
6.8.	ORGANI DI MANOVRA PRESA TORRENTE VINCIO	57
6.9.	LE SPONDE DELL'INVASO.....	57
6.10.	GLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO	58
7.	ANALISI IDROLOGICA.....	59
8.	ANALISI IDRAULICA	61
9.	VERIFICHE DI STABILITÀ	62
9.1.	VERIFICHE DI STABILITÀ PER IL CORPO DIGA	62
9.1.1	Verifiche di stabilità corpo diga mediante modello completo	62
9.2.	VERIFICHE DI STABILITÀ SPALLE DIGA, SCARICO DI SUPERFICIE E ARGINI CANALE	63
9.3.	VERIFICHE DI STABILITÀ FRONTI DI SCAVO	64
9.4.	VERIFICHE DI STABILITÀ SPONDA SINISTRA INVASO	64
10.	VERIFICHE STRUTTURALI.....	66
11.	IMPIANTI ELETTRICI.....	67
12.	INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE.....	68
13.	GESTIONE DELLE MATERIE	69
14.	GESTIONE DELLE INTERFERENZE	70
15.	LA CANTIERIZZAZIONE.....	71
16.	IL PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO	73
17.	I COMPUTI METRICI	74
18.	SINTESI DELLE CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'INVASO DI PROGETTO	75

ELENCO FIGURE

Figura 3-1 Distribuzione delle indagini geognostiche e geofisiche dal 1991 ad oggi	29
Figura 3-2 Distribuzione delle indagini geochimiche dal 1991 ad oggi	31
Figura 4-1 Legge quota - capacità d'invaso originaria dell'Invaso di Gello.	35
Figura 4-2 Legge quota – superficie bagnata originaria dell'Invaso di Gello.....	36
Figura 4-3 Schema di funzionamento idraulico per lo stato attuale	36
Figura 4-4 Ortofoto invaso della Giudea a Gello nel Comune di Pistoia.	37
Figura 4-5 Ortofoto dell'opera di presa sul torrente Vincio.....	38
Figura 4-6 Tracciato della condotta di alimentazione dal T. Vincio sino all'invaso.	39
Figura 4-7 Bocca di presa dello scarico di fondo	40
Figura 4-8 Schema dello scarico di fondo e della condotta di derivazione	40
Figura 4-9 Schema di funzionamento degli organi di manovra dello scarico e derivazione	41
Figura 4-10 Legge quota - capacità d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m s.l.m.....	42
Figura 4-11 Legge quota - superficie d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m s.l.m.	42
Figura 5-1 Legge quota - capacità d'invaso di progetto dell'Invaso di Gello.....	46
Figura 5-2 Estratto planimetria interventi in progetto.....	47
Figura 5-3 Estratto planimetria interventi in progetto.....	48
Figura 5-4 Planimetria interventi in progetto.....	50
Figura 5-5 Planimetria recapito alternativo scarico di superficie.....	52
Figura 5-6 Schema funzionale dello scarico di fondo e della derivazione - Stato di progetto	56
Figura 5-7 Andamento dei volumi durante il vuotamento dell'invaso nello stato di progetto	57
Figura 10-1 Inquadramento interventi elettrici	67
Figura 11-1 Foto inserimento degli interventi in progetto.....	68
Figura 13-1 Saracinesca alimentazione invaso	70
Figura 14-1 Localizzazione Cantiere base A e B.....	72

ELENCO TABELLE

Tabella 3-1 Parametri geotecnici assegnati ai macrodomini del corpo diga.....	31
Tabella 4-1 Caratteristiche dell'invaso stato attuale.....	35
Tabella 4-2 Caratteristiche dello scarico di fondo e della condotta di derivazione allo stato attuale	39
Tabella 4-3 Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico breve durata.	43
Tabella 4-4 Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico durata 24h.	44
Tabella 7-1 Portate al colmo per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni	61
Tabella 17-1: Sintesi delle principali caratteristiche dell'invaso.	77

1. PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla descrizione del progetto 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.

Il progetto definitivo è stato redatto tenendo conto 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);
- H.** nota tecnica del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Divisione 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori prot. 12592 del 19-06-2020 relativa all'aggiornamento del progetto definitivo del dicembre 2019.

2. INTRODUZIONE

Il serbatoio della Giudea 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 m³.

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 **invaso provvisorio fino alla quota 5.5 m dell'asta idrometrica** (corrispondente alla quota 134,50 m s.l.m.).

Nel **2003**, Publiacqua 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 scarica del materiale di risulta. Il progetto della diga di Gello prevede lo sbassamento della diga di circa 7.0 m e la riprofilatura dei paramenti con una pendenza di 1:3.75 a monte di 1:4.25 a valle. Tale progetto denominato “*Messa in sicurezza idraulica e approvvigionamento idropotabile dell’invaso della Giudea in località Gello*” è stato sottoposto al parere del MIT.

Nel dicembre **2019** è stato aggiornato e integrato il progetto del maggio 2018 che è stato sottoposto a un parere preliminare del *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Divisione 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori* propedeutica al parere del CSLP.

L’intervento è stato inoltre 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.

La procedura di verifica di assoggettabilità si è conclusa con decreto del Ministero della Transizione Ecologica Direzione Generale per la Crescita Sostenibile e la Qualità dello Sviluppo Il Direttore Generale n. 110 del 09-04-2021 che ha assoggettato l’intervento alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

La presente revisione del progetto definitivo recepisce le prescrizioni e indicazioni del *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Divisione 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori* prot. 12592 del 19-06-2020 relativa alla richiesta di aggiornamento del Progetto Definitivo del dicembre 2019.

3. PARERI E NOTE ISTRUTTORIE

Di seguito si riporta una sintesi delle richieste di integrazione di cui agli allegati 2 e 3 alla nota del RID 30394 del 28-12-2018 e alla richiesta di integrazioni di cui alla nota del RID 12592 del 19-06-2020.

3.1. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 7 –IDRAULICA E GEOLOGIA APPLICATA

8.1.1 PRESCRIZIONI DI CARATTERE IDROLOGICO E IDRAULICO

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.

8.1.1 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.

3.2. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 6 – STRUTTURE E GEOTECNICA PER GLI ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI

8.1.1 Prescrizioni di carattere geotecnico

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 svasso 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 svasso 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 Cu = 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 CSLPPP.

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>.

8.1.1 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.

3.3. OSSERVAZIONI ISTRUTTORIE MIT-DG DIGHE

8.1.1 Aspetti di carattere generale e progettuali

I riferimenti agli aspetti di carattere generale si richiede una maggiore chiarezza in merito alla identificazione degli interventi previsti, la motivazione delle scelte progettuali e ai contenuti previsti dal §10 delle NTC.

In particolare si richiede l'elaborazione dei seguenti documenti:

- a) una planimetria generale che indichi in maniera chiara tutti gli interventi in progetto;
- b) una sezione della diga allo stato attuale dove sia ben identificata la porzione di materiale franato e allentato del paramento di monte e la superficie di scorrimento; una sezione intra operam dove si evidenzino con chiarezza l'asportazione di tutto il materiale franato; una sezione post operam con il nuovo profilo dei paramenti dello sbarramento;
- c) un rilievo topografico della diga (sono stati presentati i rilievi, in tavole separate, per l'invaso e per lo scarico di superficie; manca tuttavia il rilievo dello sbarramento); è necessaria anche una chiara indicazione del sistema di riferimento altimetrico usato nelle tavole anche al fine di verificare che sia stato superato il problema osservato nella precedente versione del progetto (erano presenti piani quotati risultanti da rilievi topografici effettuati in varie date, che presentavano fra loro differenze);
- d) un elaborato (o un capitolo della relazione generale) di raffronto tra differenti soluzioni tecniche per la realizzazione dello scarico di superficie che possa giustificare la soluzione prescelta, comportando quest'ultima scavi e sbancamenti invasivi e onerosi;
- e) adeguati elaborati (grafici e relazione) esplicativi delle fasi transitorie (in particolare sbancamenti e scavi a sezione obbligata), in considerazione della significativa rilevanza tecnica delle stesse nel complesso degli interventi da eseguirsi; con riferimento ai volumi di terreno da movimentare, si ritiene inoltre che debba essere precisato in dettaglio il calcolo applicato;
- f) una rielaborazione della relazione generale (attualmente indirizzata preminentemente agli aspetti idraulici), in modo tale che illustri chiaramente ed in modo esaustivo, oltre allo storia progettuale a partire dal fenomeno di instabilità che ne ha precluso il successivo esercizio, tutti gli interventi previsti (un elenco numerato degli interventi con relativa descrizione, che indirizzi alle relazioni specialistiche relative alle singole opere), le problematiche affrontate, le considerazioni motivate che hanno portato alle soluzioni tecniche prescelte e le verifiche effettuate, ivi compresi gli accertamenti sulle condizioni dello scarico di fondo. La relazione deve anche illustrare brevemente i contenuti delle relazioni specialistiche (il documento attuale appare come una relazione di ottemperanza alle precedenti prescrizioni, documento da redigersi a parte);
- g) una rielaborazione delle relazioni strutturali e geotecniche (come di seguito meglio precisato), in modo tale che contengano al loro interno tutte le informazioni necessarie e illustrino in modo chiaro le ipotesi e i parametri adottati e le verifiche effettuate;

h) una coerente revisione del quadro economico.

Sono inoltre richiesti i seguenti chiarimenti:

- a) La soluzione individuata per la protezione del paramento di monte, onerosa e necessitante verifiche tecniche aggiuntive, deve essere motivata, vagliando in comparazione anche soluzioni più comuni e meno dispendiose, anche in considerazione delle lievi pendenze dei paramenti. Nel caso in cui la stessa sia confermata, occorre precisare i criteri di dimensionamento ed effettuare le verifiche di stabilità e delle funzioni di filtro (in particolare nei confronti dello scivolamento rispetto al TNT, di quest'ultimo rispetto al sottofondo, e della asportazione e/o dilavamento del materiale costituente il rivestimento nel suo complesso in caso di oscillazioni più o meno rapide del livello di invaso). Inoltre occorre chiarire se e come si sia tenuto conto della presenza di tale rivestimento nelle verifiche di stabilità del corpo della diga nella configurazione di progetto.
- b) Non risulta chiaro se gli scavi ed i rinterri da eseguirsi nella porzione superiore del paramento di monte, descritti in progetto come "ammorsamento", siano da realizzarsi per la stabilità di materiali da porre in opera o per risanare una porzione di paramento nella quale potrebbe ancora essere presente il materiale franato negli anni '90. Nel primo caso, non risulterebbe sufficientemente motivata la scelta della dimensione dei gradoni e della loro posizione, limitata alla porzione superiore del paramento di monte. Deve essere altresì univocamente definita l'altezza del muro in pietrame a piede diga, la cui altezza è indicata con valori diversi nei vari elaborati (secondo la relazione generale essa vale 1,5 m, secondo ET10 1,8 m, nei tabulati ET10d è presa pari a 2,5 m), apportando le opportune correzioni ed integrazioni ai calcoli strutturali, qualora necessarie.
- c) Per quanto riguarda il sistema di monitoraggio e controllo della nuova opera di sbarramento, descritto in modo sommario e preliminare nella relazione generale in quanto non risulta presente il corrispondente elaborato (l'unico riferimento alla strumentazione di monitoraggio è presente al §4.8, dove però si rimanda a un elaborato denominato ET27 non presente), si ritengono necessarie specificazioni a livello definitivo, chiarendo anche la previsione di installare punti di controllo sul paramento di monte, motivando la scelta di posizionare i caposaldi esterni di riferimento su pali profondi 10 m e definendo la tipologia, la posizione e la profondità dei piezometri da installare. Deve essere valutata anche l'esigenza di strumentazione geotecnica di controllo nella sponda sinistra (inclinometri, piezometri).
- d) Non risultano previsti nel progetto l'impianto di illuminazione e il dispositivo di segnalazione acustica, né definite le eventuali integrazioni agli impianti per la movimentazione degli organi di intercettazione dello scarico di fondo. Non risulta inoltre presente il piano installazione cartelli monitori; non risultano altresì progettati impianti per la teletrasmissione in tempo reale dei dati

relativi all'invaso. A meno di motivate richieste di deroghe (già in questa fase) alle previsioni regolamentari per alcuni dei citati dispositivi, la loro installazione deve essere inclusa in progetto.

- e) In coerenza con quanto previsto nel progetto originario della diga (originaria presenza di casa di guardia) risulta necessario indicare chiaramente in progetto l'edificio o gli edifici da utilizzarsi per le funzioni di guardiania e sorveglianza, dovendosi mantenere almeno una postazione di presidio dello sbarramento; pur riservandosi di valutare, in considerazione delle ridotte dimensioni dello sbarramento, la possibilità di una modalità di guardiania non necessariamente di tipo continuo (anche tramite sistemi di telecontrollo) occorre infatti che sia presente almeno un locale di presidio con servizi, che possa consentire l'espletamento della sorveglianza con permanenza di personale per periodi o in situazioni di emergenza, nonché che possa consentire la conservazione in loco di eventuale documentazione o attrezzatura necessaria all'esercizio e alla sorveglianza dello sbarramento.
- f) In relazione alle valutazioni anche economiche da effettuarsi nelle sedi e forme previste dal Codice dei contratti pubblici, è necessario porre attenzione al quadro economico e alla sostenibilità degli interventi anche in termini di costi/benefici. Per quanto concerne l'onerosità degli scavi per la realizzazione dello scarico di superficie rimandando anche a precedente osservazione, si richiama l'attenzione sull'onerosità computata per il conferimento a discarica di tutto il materiale sbancato (materiali classificati in colonna A e in colonna B di cui alla tabella 1 dell'Allegato 5 al titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006) rispetto a possibili utilizzazioni per sistemazioni ambientali.

8.1.1 Risposta agli aspetti di carattere generale e progettuale

In riferimento alla richiesta di elaborati integrativi si riporta quanto segue:

- a) l'elaborato ET.01A Planimetria generale interventi riporta tutti gli interventi previsti. ;
- b) nella relazione ET.04A Relazione geologica, geologica-tecnica e sismica si evidenzia quanto segue:
- i. *In virtù di ciò, e a conclusione di tutte le indagini geognostiche e geofisiche eseguite dal 1990 ad oggi (vedi § 11 e allegati ET.04 C, D, E, F, G ed H), è possibile ipotizzare che il franamento del paramento di monte ha interessato solo scaglie superficiali del terreno del corpo diga associato agli svasi rapidi del bacino ed ha raggiunto una condizione temporanea di stabilità (quiescenza) a partire dal 1994. La superficie di scivolamento individuata dagli studi di back analysis del Prof. Colombo, allo stato attuale delle conoscenze, risulta estremamente cautelativa e non rispondente con le risultanze delle indagini geognostiche e geofisiche susseguitesi dal 1990 ad oggi, come anche evidenziato dagli stessi Prof. Colombo e Baldwin nei loro elaborati. Tuttavia, il progetto attuale, oggetto della presente documentazione si pone come obiettivo, oltre all'asportazione di tutto il materiale franato*

del paramento di monte (aspetto che potrà essere definito con maggior dettaglio in fase esecutiva o in fase di cantiere), anche la riduzione dell'altezza del corpo diga (circa 7 m) con conseguente riduzione della pendenza dei paramenti di monte e di valle da un valore di circa 1:2 ad un valore di circa 1:3,75. Queste modifiche vanno nella direzione cautelativa auspicata anche nella documentazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nelle varie osservazioni pervenute durante il procedimento istruttorio del progetto definitivo. Inoltre, la pendenza di progetto del paramento di monte (come anche del paramento di valle) sarà di circa 15°, cautelativamente inferiore alla pendenza critica individuata dal Prof. Ing. Baldwin e pari a circa 20° (con coesione di circa 0,2 Kg/cmq). Comunque, se in fase esecutiva o in fase di cantiere emergessero condizioni o evidenze geomorfologiche/geotecniche che definiscono un quadro geomorfologico/geologico tecnico non compatibile con alcuni aspetti progettuali, i medesimi aspetti verranno modificati in coerenza con il quadro geomorfologico/geotecnico evidenziato. Ricordiamo nuovamente che allo stato attuale delle conoscenze non è possibile definire con certezza una superficie di scivolamento e conseguentemente una volumetria certa del corpo di frana. Tale aspetto è in coerenza con quanto indicato dal Prof. Colombo e dal Prof. Ing. Baldwin nei loro studi del 1990 e del 1995 al netto della definizione di una superficie di scivolamento, effettuata dal Prof. Colombo e confermata dal Prof. Baldwin, figlia di una modellazione in back analysis e che come indicato da entrambi i professori nei loro elaborato, non ha mostrato alcuna riscontranza, in termini di superficie di scivolamento con quanto è emerso dalle risultanze delle indagini geognostiche eseguite.

In ragione di quanto sopra riportato non è stato possibile redigere, in questa fase, uno specifico elaborato della sezione allo stato attuale con riportato la parte franata.

- c) è stato condotto nel settembre 2020 uno specifico rilievo del corpo diga riportato nell'elaborato EG.02A – Rilievo corpo diga;
- d) nell'elaborato ET.01 Relazione generale è stato inserito uno specifico paragrafo dove sono analizzate le soluzioni alternative e giustificata la soluzione prescelta;
- e) è stato aggiornato l'elaborato ET18 Relazione cantierizzazione e sono state redatte le tavole da EG.45A a EG.45I relative alle diverse fasi di attuazione dell'intervento; nell'elaborato EE.03 Computo metrico è stato inserito un paragrafo iniziale dove si spiega come sono stati calcolati i volumi di scavo;
- f) l'elaborato ET.01 Relazione generale è stato aggiornato al fine di ottemperare a quanto richiesto. Per quanto riguarda lo scarico di fondo e l'opera di presa in questa fase non si ritiene di poter effettuare indagini sulla sua consistenza e su quella dell'opera di presa. In via cautelativa nel

quadro economico dell'intervento è stata inserita una voce relativa a un eventuale relining delle due condotte. Sarà inoltre redatta la relazione strutturale sui pozzetti dello scarico di fondo e dell'opera di presa.

- g) gli elaborati ET.07 Relazione sismica della diga e ET.13 Relazione sismica scarichi e opere accessorie sono stati eliminati. Per gli aspetti sismici si rimanda pertanto alla relazione ET.04B Relazione sismotettonica, modellazione sismica e analisi di risposta sismica locale.

Gli elaborati ET.06 Relazione geotecnica corpo diga e ET.13 Relazione geotecnica scarichi e opere accessorie¹ sono stati verificati e aggiornati eliminando le ripetizioni e i refusi. L'elaborato ET.14 Relazione strutturale scarichi e opere accessorie è stata verificata e aggiornata. Il nuovo elaborato ET.07 Relazione generale verifiche di stabilità riporta una sintesi ragionata degli elaborati ET.08, ET.09, ET.10, ET.11 e ET.12.

- h) Il computo metrico ed estimativo è stato aggiornato con particolare riferimento al costo della formazione dei rilevati arginali e al costo dei conferimenti a discarica. Nel primo caso è stato adottato il prezzo relativo alla formazione di argini (capitolo 16 del prezzario della Regione Toscana). Nel secondo caso sono stati adottati i prezzi indicati in appendice al prezzario della Regione Toscana. Sono stati inoltre computati gli interventi in sponda sinistra e l'impianto elettrico. Il costo complessivo dell'opera risulta analogo a quello stimato nella precedente revisione.

In riferimento alla richiesta di chiarimenti si riporta quanto segue:

- a) In riferimento al paramento di monte in scogliera ha funzione di protezione in riferimento al moto ondoso e alle oscillazione di livello. La protezione è realizzata con una scogliera poggiata su uno strato di transizione sabbio-ghiaiosa. Durante la progettazione era stata ipotizzata anche la realizzazione di una protezione in materassi tipo "reno". Tale ipotesi è stata poi scartata a causa in ragione della durabilità dell'opera e delle problematiche in fase di manutenzione. Si precisa che al disotto dello strato di transizione sabbio-ghiaiosa non è previsto il TNT. E' stata infine verificata la stabilità del complesso scogliera – strato di transizione. I risultati di tali verifiche sono riportati nell'elaborato ET.08 Relazione verifiche di stabilità statiche e sismiche corpo diga modello di Newmark e nell'elaborato ET.08D Tabulati verifiche di stabilità protezione in scogliera;
- b) Sul paramento di monte nella parte in alto è necessario riportare del materiale al fine di realizzare il paramento con la pendenza di progetto. Per la posa in opera di tale materiale saranno realizzati degli ammorsamenti nel rilevato attuale. Come è stato argomentato nella relazione ET.04A Relazione geologica, geologica-tecnica e sismica non è stato possibile identificare una porzione di materiale franato in corrispondenza di tali ammorsamenti pertanto la realizzazione dei gradoni è da riferirsi alla stabilità di materiali da porre in opera. I gradoni hanno una altezza di norma inferiore a

¹ Nella precedente revisione la relazione geotecnica degli scarichi e delle opere accessorie era la ET.12.

2.00m e una perdenza di 45%. Nel caso specifico si è ritenuto opportuno asportare anche uno strato di terreno sulla sommità della diga di progetto per una migliore costipazione del rilevato in corrispondenza dello stradello sommitale. Per quanto riguarda il muro al piede della diga lo stesso ha una altezza di 1.80m fuori terra e di 2.50m dalla fondazione.

- c) È stata predisposta la relazione ET.27 Relazione monitoraggio e la tavola EG.49 Planimetria e particolari sistema di monitoraggio. In tali elaborati sono ricompresi il dispositivo di segnalazione acustica, i cartelli monitori e il sistema di rilevamento e la teletrasmissione dei dati in tempo reale;
- d) Sono stati redatti gli elaborati ET.20 Relazione impianti elettrici e ET.20A Disciplinare descrittivo impianti elettrici e le tavole EG.44, EG.44A, EG.44B e EG.44C.
- e) Per quanto riguarda la guardiania dell'impianto i locali adibiti si trovano presso il vicino impianto di potabilizzazione. In tal senso si rimanda alla tavola EG.49 Planimetria e particolari sistema di monitoraggio;
- f) I costi dell'intervento sono pesantemente condizionati dallo smaltimento delle terre derivanti dalla riduzione delle dimensioni della diga. Peraltro in questa fase non è possibile ipotizzare un diverso riutilizzo del materiale rispetto al suo conferimento ad un impianto di smaltimento. Nelle successive fasi progettuali o più probabilmente in sede di gara è possibile che venga individuata la possibilità di riutilizzo di tale materiale con conseguente riduzione dei costi dell'intervento.

8.1.1 Aspetti geologici, sismo tettonici e sismici

In riferimento agli aspetti geologici sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) Relativamente alla ricostruzione della superficie di scorrimento del fenomeno di instabilità che ha in passato interessato il paramento di monte della diga si rimanda anche alle osservazioni sugli aspetti generali. Devono essere chiaramente precisati gli elementi dimensionali del dissesto che ha coinvolto nel 1990 il paramento di monte della diga, indicando la posizione della superficie di scorrimento all'interno del rilevato, dimostrando la completa asportazione del materiale franato o effettuando scelte cautelative in termini di profilo di scavo. Dette scelte devono tenere conto delle indagini, dei documenti storici disponibili (secondo i quali lo spessore del corpo diga che sarebbe stato coinvolto nei dissesti sarebbe di circa una decina di metri) e delle "back-analysis" effettuate dal Prof. Colombo nel 1990 e contenute nell'"All. L1- indagini storiche a disposizione" del progetto "maggio 2018".
- b) La stabilità della sponda sinistra non è stata adeguatamente affrontata in rapporto alle evidenze emerse nel corso dell'esercizio (anche nella relazione "All. L1 – Indagini storiche a disposizione" del progetto Maggio 2018 si faceva un cenno al coinvolgimento della sponda sinistra in movimenti di tipo scorrimento rotazionale e veniva riferito della presenza di un dissesto in coda al bacino) e

manca un rilievo geomorfologico di dettaglio, con l'indicazione della geometria areale e in profondità dei dissesti (in questa area si svilupperebbe la viabilità di cantiere per i mezzi pesanti). Appare opportuno un rilievo geomorfologico di dettaglio della sponda sinistra e riassumere in un unico elaborato, in modo chiaro ed univoco, la situazione delle indagini che sono state impiegate per la ricostruzione del modello geologico e geotecnico della sponda e per l'individuazione dei parametri da utilizzare nelle verifiche di stabilità.

- c) La cartografia presentata come "GEO.03 carta geomorfologica di dettaglio" appare non rispondente a quanto richiesto, in quanto in essa sono stati rappresentati, in forma generica, solo alcuni elementi geomorfologici principali che, secondo quanto riportato in legenda, risultano ricavati da altri documenti. All'interno di altri elaborati progettuali diversamente finalizzati (ET04f, ET24b) sono presenti stralci di altri rilievi geomorfologici, che oltre ad apparire elaborati originali, più dettagliati ed aggiornati rispetto all'elaborato GEO.03, riportano la presenza di altri fenomeni franosi nell'area di intervento, fra i quali in particolare uno sul versante settentrionale del bacino e uno in corrispondenza del canale fagatore, dei quali non si fa menzione o commento nelle competenti relazioni tecniche del presente progetto.
- d) Tenendo conto che la sponda sinistra può considerarsi interessata da movimenti quiescenti a cinematica di scorrimento rototraslativa, si ritiene che essa debba essere sottoposta a verifica non solo in corrispondenza della sezione di versante interessata dalla riattivazione del movimento più generale avvenuta nel 2000, ma in più sezioni, tenendo conto che nelle visite di vigilanza si sono osservate più volte venute d'acqua dal versante di cui deve essere chiarita l'origine e che le porzioni inferiori dell'area in dissesto si trovano a quote che possono risultare interferenti con l'invaso. Le verifiche di stabilità devono essere condotte secondo le NTC2018 in tutte le condizioni previste sia a breve che a lungo termine, nei vari scenari del livello di invasore e tenendo anche conto, per la fase transitoria, dei sovraccarichi, statici e dinamici, derivanti dal traffico dei mezzi pesanti impiegati nella ristrutturazione del corpo diga. Devono inoltre essere illustrate le scelte effettuate dal progettista in merito ai parametri geotecnici utilizzati ed alle condizioni idrauliche del versante ipotizzate nelle verifiche. In particolare, considerata la situazione della sponda, si ritiene che per la coltre di alterazione superficiale, già coinvolta in movimenti franosi, debbano essere utilizzati i valori residui dei parametri geotecnici, anche specificando i criteri di scelta dei parametri del substrato.
- e) Eventuali interventi di stabilizzazione del versante, allo stato non chiaramente definiti in progetto, potranno essere valutati o altrimenti essere esclusi dalla progettazione solo a seguito della corretta e completa esecuzione di tutte le verifiche di stabilità della sponda sinistra, come richiesto in fase di istruttoria sul progetto preliminare ed a seguito dell'esame del progetto "Maggio 2018".

- f) Per quanto riguarda la verifica di stabilità effettuata sulla sponda sinistra riportata nell'elaborato "ET04h verifica di stabilità sponda sinistra" si osserva anche che: non è individuabile la traccia della sezione sulla quale è stata effettuata la verifica; le prove in sito prese a riferimento dal progettista per la modellazione del substrato sono da riferirsi allo sbarramento (PD 3 E 4 sono sul paramento di monte diga); non sono state definite le scelte alla base della individuazione ed alla geometria degli orizzonti di terreno nei quali è stato suddiviso il versante; non è stata considerata nella verifica la presenza di un'opera di stabilizzazione (fascinate con pali in castagno e riprofilatura) effettuata su una porzione di sponda. Nella relazione geologica (ET04a) si fa riferimento alla citata area in sponda sinistra e si discutono i risultati della relativa verifica di stabilità; i progettisti concludono che: "In virtù di ciò al fine di garantire la massima stabilità della porzione di versante interessata dalla criticità geomorfologica rilevata, si prevede di realizzare un'opera di ingegneria ambientale caratterizzata da palificate lungo il corpo di frana. Per i dettagli si rimanda alla Tav.GEO.03 del presente elaborato. Le palificate saranno realizzate in legno...". Non vi è alcuna ulteriore traccia di questo intervento nella documentazione progettuale; al contrario, l'intervento, come detto, è già stato almeno in parte realizzato in passato; è quindi evidente che il progetto deve essere aggiornato.
- g) Nelle verifiche di stabilità dei pendii costituenti le spalle dello sbarramento non sono state rappresentate tutte le superfici di scorrimento analizzate; non è quindi possibile accertare se siano state esaminate le condizioni di stabilità anche delle porzioni più superficiali del versante residuale.
- h) Non sono definiti con sufficiente livello di approfondimento progettuale i rimodellamenti previsti all'interno dell'invaso, ad esempio nella zona di recupero dell'originaria imboccatura dello scarico di fondo; in particolare, non risulta una indicazione planimetrica relativa alle zone di ricollocazione del quantitativo di circa 10.000 mc di materiale che appare da ricollocare sulle sponde dell'invaso come descritto nell'elaborato "ET24a – Piano di utilizzo delle terre". Si ritiene che si debba chiarire quali siano le indagini sulla base delle quali è stata ricostruita la situazione del fondo dell'invaso, che richiede l'asportazione di almeno 10.000 mc di materiale e la messa in opera di 480 m di micropali, previsti nel computo metrico per i pozzi dello scarico di fondo e della derivazione ma non descritti negli elaborati tecnici e grafici.

In riferimento agli aspetti sismo tettonici e sismici sono state formulate le seguenti osservazioni:

- i) è necessario chiarire cosa si intenda per spettri di input-output e le modalità con cui tali spettri sono utilizzati nelle analisi; non è chiaro come siano utilizzati gli accelerogrammi presentati nella Relazione ET07;

- j) deve essere evitata la ripetizione degli stessi contenuti in più documenti; si fa riferimento in particolare agli spettri di risposta e ai risultati delle analisi di RSL, che dopo esser stati presentati per la prima volta in ET04b (lo studio sismotettonico), sono ripetuti, identici o talvolta con refusi, in altre relazioni (ET07, ET12, ET13, ET14); l'intera relazione ET13 appare superflua perché identica alle pagine 6-8 di ET12;
- k) In Fig. 3.3 di ET07 risulta presente un errore nello spettro RSL normalizzato; Lo stesso errore è stato rinvenuto anche in altri elaborati.
- l) Lo studio di pericolosità in RSL contiene un'analisi che tiene conto in particolare dei fattori correttivi per la litologia, come imposti dalle NTC 18 (la categoria T1 per la topografia non richiede fattori correttivi a riguardo). I fattori per la correzione stratigrafica sono stati utilizzati secondo un approccio di tipo lineare equivalente, utilizzando un modello costitutivo del terreno di tipo Kelvin – Voigt. Nei paragrafi 9.1 e 9.2 dello studio sismotettonico si fa riferimento alle figg. 6 e 7 ed agli allegati 1,2,3 e 4, dove dovrebbero essere contenute queste informazioni, utilizzate nel codice di calcolo STRATA per le correzioni litologiche previste dalla risposta sismica locale, ma le figure e gli allegati in parola non risultano individuabili né nell'elaborato ET-04B, né in altri allegati al progetto. A questo proposito sono necessari chiarimenti ed integrazioni. Inoltre nell'elaborato ET-04B non sono riportate analisi che prendano in considerazione le accelerazioni verticali, limitandosi alle sole componenti orizzontali nelle verifiche sia della diga, sia delle altre opere.

8.1.1 Risposta agli aspetti geologici, sismo tettonici e sismici

In riferimento alla richiesta di chiarimenti per gli aspetti geologici si riporta quanto segue:

- a) In riferimento alle indagini e alle valutazioni circa il dissesto sul paramento dei monte del 1990 si rimanda alla relazione relazione ET.04A Relazione geologica, geologica-tecnica e sismica dove si riporta:
 - i. *Ricordiamo nuovamente che allo stato attuale delle conoscenze non è possibile definire con certezza una superficie di scivolamento e conseguentemente una volumetria certa del corpo di frana. Tale aspetto è in coerenza con quanto indicato dal Prof. Colombo e dal Prof. Ing. Baldwin nei loro studi del 1990 e del 1995 al netto della definizione di una superficie di scivolamento, effettuata dal Prof. Colombo e confermata dal Prof. Baldwin, figlia di una modellazione in back analysis e che come indicato da entrambi i professori nei loro elaborato, non ha mostrato alcuna riscontranza, in termini di superficie di scivolamento con quanto è emerso dalle risultanze delle indagini geognostiche eseguite.*

- b) E' stato effettuato un rilievo geomorfologico di dettaglio riportato nella relazione ET.04A Relazione geologica, geologica-tecnica. Nell'elaborato ET.04H Campagna di indagine 2020 sono riportate le analisi di laboratorio effettuate sul materiale della sponda sinistra². Nella tavola GEO.06 Carta delle sezioni geologico tecniche si riportano tre sezioni della sponda sinistra con evidenziato il residuo materiale di frana. Nell'elaborato ET.12 Relazione interventi stabilizzazione sponda sinistra e nell'allegato ET.12A sono riportate le verifiche di stabilità della sponda sinistra allo stato attuale e nello stato di progetto.
- c) L'elaborato GEO.03 Carta geomorfologica è stato aggiornato sulla base del rilievo condotto descritto nell'elaborato ET.04A . In riferimento alle condizioni di stabilità delle sponde fatta eccezione per la sponda sinistra si riporta quanto segue:
- i. Sulle restanti sponde dell'invaso, non sono emerse, né in fase di rilievo geomorfologico né in fase di fotointerpretazione segni di instabilità associabili a corpi franosi quiescenti o attivi. Sono emerse invece segni di erosione superficiale estese sia alla sponda di monte (Nord-Ovest) che alla sponda destra (Sud-Ovest) con locali evidenze di erosione incalate per rivoli in prossimità delle zone di raccordo fra una sponda e l'altra (oltre che lungo il versante di valle della sponda destra). Sempre lungo la sponda destra e lungo la sponda di monte (Nord-Ovest) sono presenti alcune scarpate d'erosione prevalentemente concentrate lungo la sponda di monte.*
- d) Le verifiche di stabilità sulla sponda sinistra sono state condotte allo stato attuale assumendo per il terreno franato i parametri residui. La verifica è stata condotta considerando la sponda come un fronte di scavo. La verifica ha tenuto conto dei carichi sulla viabilità sommitale. Le verifiche sono state condotte a lungo termini, in condizioni sismiche e a svasso rapido. La verifica dello stato attuale evidenzia in queste condizioni fenomeni di instabilità.
- e) E' stato previsto un intervento di riprofilatura della sponda con asportazione completa del materiale franato. La sponda verrà ad assumere una pendenza di 1:5.5. Sono inoltre previsti interventi per la regimazione delle acque superficiali costituiti da una serie di canaline trasversali recapitanti nel fossetto presente nella parte alta del versante che sarà riprofilato e rivestito in scogliera.
- f) Le verifiche di stabilità dello stato attuale sono state aggiornate negli elaborati ET.12 e ET.12A.. Le opere di ingegneria naturalistica previste nella revisione precedente del progetto definitivo (palificate in legno) non saranno realizzate.

² Nella revisione precedente l'elaborato ET.04H riportava le verifiche di stabilità della sponda sinistra come pendio naturale.

- g) Nelle verifiche di stabilità delle sponde residuali ai lati della diga sono state analizzate verificando tra 12000 e 15000 cerchi di rottura con le seguenti condizioni di esclusione lunghezza corda < 1.00m, freccia < 0.50m e volume < 2.00mc. Si ritiene che le superfici di instabilità analizzate siano rappresentative della stabilità della sponda in quanto fenomeni di instabilità di dimensione inferiore sono da ritenersi non significativi e di incerta valutazione;
- h) Nell'intorno degli scarichi di fondo è prevista una quota di progetto di 128.00 m s.l.m. come si evince dalle tavole EG.10A e EG.10B. Tale riprofilatura è funzionale alla realizzazione dei due pozzetti dello scarico di fondo e dell'opera di presa. Tali pozzetti sono realizzati come scatolari in c.a. e non con paratie di micropali come previsto nella revisione precedente.

8.1.1 Aspetti geotecnici e strutturali

In riferimento agli aspetti geotecnici sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) la base conoscitiva per la caratterizzazione del corpo diga è molto estesa, comprendendo numerose indagini effettuate in particolare dal 2007 ad oggi; tuttavia, l'interpretazione delle indagini è carente, perché si limita al calcolo dei valori medi dei parametri geotecnici misurati dall'insieme di tutte le indagini disponibili; differentemente, ai sensi del § 6.2.2 delle NTC, per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato; è dunque necessario interpretare le indagini e giustificare i parametri utilizzati per il progetto, anche per considerare adeguatamente la dispersione statistica delle misure e la possibile presenza di misure anomale;
- b) come osservato anche per gli aspetti generali e geologici il progetto deve essere supportato da una valutazione (anche grafica) dei cinematismi che hanno interessato la diga in passato, così da poter confermare che il materiale che rimarrà in posto sia stabile e ben caratterizzato, come già evidenziato nell'istruttoria 2018;
- c) non sono state sufficientemente definite le modalità di messa in opera del materiale da utilizzare in riporto, in relazione alle proprietà meccaniche del materiale impiegato ed agli accorgimenti da mettere in atto per evitare discontinuità con il materiale in posto sul paramento di monte e su quello di valle; occorre inoltre fornire opportune garanzie di stabilità del rilevato durante le operazioni transitorie di rimodellamento e definire anche quali siano le modifiche che interessano il piede del paramento di monte e di valle della diga.

In riferimento alle verifiche di stabilità sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) le azioni inerziali dell'acqua contenuta nel serbatoio quantificate secondo le NTD valgono per le dighe murarie, non per quelle di materiali sciolti;
- b) è necessario formulare un giudizio complessivo sul comportamento statico e sismico dell'opera, che tenga conto di tutte le analisi effettuate oltre che del comportamento storico dello sbarramento; Si rimanda ai §III.1.7, III.1.8 e a tutto il §V delle Istruzioni emanate da DG Dighe in merito alle verifiche sismiche (v. circolare prot. 17218 del 26.07.2018 e successivo aggiornamento);
- c) per quanto riguarda il modello FEM, le ipotesi relative al degrado delle caratteristiche di rigidità e resistenza devono essere motivate; analogamente, non è chiaro come siano state individuate le superfici di scorrimento rappresentate in Fig. 2.1 di ET09;
- d) è necessario verificare la coerenza tra le sezioni caratteristiche rappresentate nella relazione geologica e quelle utilizzate per le verifiche nelle relazioni ET08 e ET09.

In riferimento alle verifiche strutturali sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) si rimanda alle osservazioni generali sulla necessità di una valutazione comparativa delle scelte operate per la progettazione del canale fagotore dello scarico di superficie e dei relativi scavi (rispetto a differenti ipotesi meno invasive);
- b) l'elaborato ET10 tratta le verifiche delle spalle della diga in prosecuzione del coronamento, dei fronti di scavo di una sezione del canale scolmatore (SF12) e del rilevato del canale di derivazione; diversamente dal titolo che non ne fa cenno, il §8 di ET10 contiene anche la relazione di calcolo del muro a gabbioni al piede del paramento di valle; si rimanda in merito alle osservazioni già formulate sugli aspetti geologici e progettuali;
- c) l'elaborato ET11 illustra le verifiche di stabilità di due tipologie di fronti di scavo: una è il paramento di valle della diga, che in una situazione transitoria viene scavato al fine di raccordare il tappeto drenante nuovo con l'esistente; l'altra rappresenta i fronti di scavo per la realizzazione del canale scolmatore; si raccomanda considerare gli scavi del corpo diga in un contesto più generale di analisi delle fasi costruttive e transitorie dello sbarramento; dalle verifiche presentate nell'elaborato "ET11a Tabulati di calcolo scavi", non emerge se sia stata esaminata anche la possibilità che si sviluppino superfici critiche meno profonde di quelle considerate nell'elaborato;
- d) le relazioni ET 12 - ET 17 (progetto strutturale e geotecnico degli scarichi e delle opere di restituzione) passano direttamente dalla descrizione delle opere, dei materiali, dell'azione sismica e delle altre azioni (§3, 4, 5 e 6) alle sollecitazioni ottenute da un modello di calcolo; non è presente una sintesi delle ipotesi di modellazione e analisi e dei risultati delle verifiche; le relazioni di calcolo devono invece essere conformi al §10.2 delle NTC18;

- e) non è chiaro quali siano le platee di cui si calcola la capacità portante in ET12; in ogni caso la capacità portante così calcolata non risulta poi utilizzata nelle verifiche.

In riferimento alle impostazione delle relazioni sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) separare la relazione geologica dalla relazione geotecnica, essendo i due documenti competenza di diversi professionisti; predisporre un'unica relazione geotecnica riferita a tutti gli interventi in progetto;
- b) eliminare gli elaborati ET07 ed ET13; i relativi contenuti (spettri di risposta e accelerogrammi) sono già esposti nello studio sismotettonico e possono eventualmente essere ripresi direttamente nelle relazioni di calcolo;
- c) predisporre un'unica relazione di calcolo relativa all'intervento sul corpo diga, che tratti in modo organico e unitario tutte le analisi effettuate, esprimendo un giudizio conclusivo;
- d) predisporre un'unica relazione di calcolo per tutte le altre opere oppure, in alternativa, una relazione per ogni opera (con i tabulati in allegato); ciascuna relazione, o la relazione unica, deve essere rispondente a quanto previsto dal §10.2 delle NTC.

8.1.1 Risposta aspetti geotecnici e strutturali

In riferimento alla richiesta di chiarimento per gli aspetti geotecnici si riporta quanto segue:

- a) I parametri caratteristici sono stati definiti come previsto nelle NTC 2018 e in particolare, nella Circolare esplicativa del 11/02/2019 dove al paragrafo 6.2.2 in merito alla scelta dei parametri caratteristici si esplicita che essi derivano da una stima, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Nel paragrafo C.6.2.2.4 viene chiarito che *"...appare giustificato il riferimento a valori medi quando nello stato limite considerato, è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità"*. Nel caso specifico trattandosi di una problematica geotecnica che prevede il coinvolgimento di un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità, riteniamo (e confermiamo) idoneo il criterio delle "resistenze compensate" secondo il quale "i valori caratteristici dei parametri geotecnici potranno corrispondere ad una stima cautelativa del valore medio misurato". In ragione di quanto sopra riteniamo di poter identificare come valori medi e quindi caratteristici, quelli sperimentali riportati nella modellazione geologica e geotecnica che verranno pertanto utilizzati nella verifica per le valutazioni analitiche di carattere geotecnico del progetto;
- b) Come già evidenziato in precedenza dalla analisi della documentazione storica e dai rilievi condotti non è stato possibile identificare un cinematiso dell'evento franoso del 1990. Il progetto in ogni

caso si pone come obiettivo la rimozione del materiale franato che dovesse emergere durante le indagini che saranno previste durante la fase realizzativa;

- c) Occorre in primo luogo premettere che la massima parte dell'intervento è relativa alla rimozione del materiale costituente la diga attuale. Il materiale di riporto sarà posto in opera previa realizzazione di ammorsamenti sul rilevato esistente in stati di circa 30cm di spesso e costipato al 85% della prova Proctor modificata. Le modifiche che interessano il piede della diga sono desumibili dalle tavole EG.17A , AG.17B e EG.17C. Per quanto riguarda le verifiche. Per le verifiche nelle fasi transitorie sono state condotte le necessarie verifiche sui fronti di scavo riportate nell'elaborato ET.11 e ET.11A.

In riferimento alla richiesta di chiarimento per le verifiche di stabilità si riporta quanto segue:

- a) Le azioni inerziali dell'acqua contenuta nel serbatoio sono state applicate al paramento di monte, anche se implicitamente riferire alle dighe in muratura, in via cautelativa. La loro influenza risulta peraltro in massima parte trascurabile;
- b) Il giudizio complessivo sul comportamento statico della diga è formulato nella relazione ET07 Relazione generale verifiche di stabilità. Le scelte progettuali e le analisi condotte portano a ritenere che il comportamento statico e sismico della diga nella configurazione di progetto risponda alla normativa vigente e garantisca in merito alla sicurezza e alla durabilità dell'opera;
- c) Il modello FEM descritto nella relazione ET.09 assume un degrado della rigidezza e della resistenza in accordo con le leggi costitutive dei materiali impiegati. La riduzione del modulo di taglio del 35% e delle resistenze del 85% è stata valutata utilizzando le relazioni disponibili in letteratura relative ai materiali con caratteristiche paragonabili a quelle desumibili dalle indagini condotte. Il degrado della rigidezza (oscillante tra 25% e 45%) influenza relativamente il valore finale dello spostamento in cresta. Il degrado della resistenza è stato stimato a partire da un'analisi pilota nello stato non degradato in termini di resistenza e poi effettuando un'analisi parametrica con degrado variabile (applicato sia sulla rigidezza nella fascia 25-45% sia sulla resistenza nella fascia 65-95%) da cui è stato estrapolato il valore di deformazione fisicamente plausibile rispetto a un incremento di deformazione prefissato dovuto alla ciclicità dell'azione sismica per un numero conservativo di cicli di accumulo equivalenti. Le superfici di scorrimento sono ricavate dalle analisi dinamiche non lineari pilota e coincidono sostanzialmente con quelle delle analisi finali.
- d) Le sezioni caratteristiche del corpo diga utilizzate per le verifiche di progetto (sezioni CR4, CR6 e CR8) nelle relazioni ET.08 e ET.09 sono dedotte da quelle della relazione dell'elaborato GEO.06. Le stratigrafie dello stato attuale sono state modificate con l'introduzione degli interventi di progetto.

In riferimento alla richiesta di chiarimento per le verifiche strutturali si riporta quanto segue:

- a) Nella relazione ET.01 Relazione generale viene ricostruito il percorso che ha portato alla soluzione progettuale per lo scarico di superficie. In tale sede vengono analizzate anche le diverse soluzioni progettuali che sono state considerate nel corso della progettazione;
- b) L'elaborato ET.10 Relazione verifiche di stabilità sismiche spalle diga, scarico di superficie e argini canale contiene anche la verifica del muro in massi ciclopici posto al piene di valle. I tabulati di verifica sono riportati nell'allegato ET.10D Tabulati di calcolo muro a gravità;
- c) l'elaborato ET.11 Relazione verifiche di stabilità fronti di scavo illustra le verifiche di stabilità dei principali fronti di scavo. Nell'allegato ET.11A Tabulati di calcolo scavi si riportano i relativi tabulati da cui si evince che nelle verifiche sono state analizzate circa 20000 superfici critiche con le seguenti condizioni di esclusione lunghezza corda < 1.00m, freccia < 0.50m e volume < 2.00mc. Si ritiene che le superfici di instabilità analizzate siano rappresentative della stabilità dei fronti di scavo in quanto fenomeni di instabilità di dimensione inferiore sono da ritenersi non significativi e di incerta valutazione;
- d) le relazioni ET.13 Relazione geotecnica scarichi e opere accessorie e ET.14 Relazione sulle strutture scarichi e opere accessorie e gli allegati ET.15, ET.16, ET.17, ET.18A, ET.18B e sono conformi al al §10.2 delle NTC18 in merito alle "Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo" come si evince dalle dichiarazioni inserite nelle relazioni.
- e) nell'elaborato ET.13 Relazione geotecnica scarichi e opere accessorie si calcolano la capacità portante delle fondazioni superficiali (indicate come platee) per i canali in c.a. dello scarico di superficie e per lo scarico di fondo.

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulla impostazione delle relazioni si riporta quanto segue:

- a) La relazione geologica ET.04A è un documenti distinto dalle relazioni geotecniche elaborati ET.06 e ET.13;
- b) Le relazioni ET.07 e ET.13 della revisione precedente sono stati eliminati;
- c) E' stata redatta la relazione ET.07 Relazione generale verifiche di stabilità che tratti in modo organico e unitario tutte le analisi effettuate esprimendo un giudizio conclusivo;
- d) La relazione ET.14 Relazione sulle strutture scarichi e opere accessorie è l'unica relazione che tratta delle strutture.

8.1.1 Aspetti idraulici

In riferimento all'idraulica sono state formulate le seguenti osservazioni:

- a) - Relativamente alle eventuali carenze idrauliche del rio Tazzera, deve essere chiaramente individuata la portata massima transitabile in alveo in coerenza con la Dir. PCM 8/7/2014 e il relativo tempo di ritorno.
- b) - E' necessario integrare la relazione idraulica con una valutazione sull'idoneità della tipologia della sezione adottata del canale recettore in funzione delle velocità del flusso previste, ovvero identificare il tempo di ritorno degli eventi a partire dai quali si devono eventualmente prevedere manutenzioni; occorre correggere la tabella "A appendice tabulati verifiche idrauliche stato di progetto" (è presente un errore di rappresentazione dei dati di portata in ingresso, per ogni tabella relativa a un prefissato tempo di ritorno, è riportata sempre la stessa colonna delle portate totali mentre le altre colonne, contenenti i valori dipendenti dalla portata, variano).

8.1.1 Risposta aspetti idraulici

In riferimento alla richiesta di chiarimento sull'idraulica si riporta quanto segue:

- a) Nella relazione ET.03 Relazione idraulica è stata calcolata la massima portata smaltibile dal torrente Tazzera stimata in circa 23.00 mc/s. per un tempo di ritorno di circa 60 anni.
- b) Le velocità nel canale variano da circa 1.90 m/s e circa 2.60 m/s passando da 30 a 3000 anni di tempo di ritorno. Dove sono presente salti di fondo e tratti di curva è stata inserita una scogliera di protezione. I tratti inerbiti sarebbe in grado di sopportate con lievi danni le velocità stimate che si manifestano per brevi durate. Peraltro al fine di minimizzare gli interventi di manutenzione è stata prevista la posa in opera di una geo griglia a protezione dei tratti inerbiti.

4. IL QUADRO CONOSCITIVO

4.1. I PROGETTI ESISTENTI

Per la redazione del presente Progetto Definitivo sono stati consultati i progetti redatti per il riassetto della diga Giudea nel corso degli anni, in particolare:

[1] *“Progetto di massima per il consolidamento della diga sul fosso Giudea a Gello in Comune di Pistoia”* – Comune di Pistoia - dicembre 1990;

[2] 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 - aprile 1995

[3] 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 Pistoiese Bisenzio - luglio 2007;

[4] 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. - settembre 2013;

[5] 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. - marzo 2014;

[6] Progetto Definitivo *“Interventi per l’incremento della sicurezza idraulica della diga di Giudea a Gello”* – Publiacqua S.p.a. - maggio 2018.

4.2. I RILIEVI TOPOGRAFICI

I rilievi topografici sono descritti nell’elaborato *ET.05 Relazione rilievi piano altimetrici* e nell’elaborato *EG.01a Inquadramento rilievi*.

Nel 2007, nell’ambito del Progetto Esecutivo [3], è stato realizzato un rilievo:

- del **canale fugatore** e dell’area circostante ad esso,
- del **canale recettore**, del torrente Tazzera e aree contermini in sponda destra

il rilievo è riportato negli elaborati *EG.02* e *EG.03*.

Nel 2012, propedeutico al Progetto Preliminare [4], è stato effettuato un rilievo dell’area di invaso (compresa la parte sommersa) e dell’area di imbocco del canale fugatore. Sono inoltre stati rilevati alcuni punti sulla sponda sinistra dell’invaso e sul coronamento diga (elaborato *EG.02*).

Nel 2014, per la redazione del Progetto Definitivo [5], è stato effettuato un ulteriore rilievo della parte terminale del canale fugatore, del torrente Tazzera e del canale recettore (elaborati *EG.02*, *EG.03*). Sono, inoltre, stati battuti alcuni punti, nel corso di un altro rilievo (in viola negli elaborati *EG.02*, *EG.03*), del piede della diga e dell’imbocco del canale fugatore

Nel 2019, per la redazione del presente progetto, sono state battute **11 sezioni** sul torrente Tazzera (Elaborato *EG.03*).

Ad integrazione del presente Progetto Definitivo, nel 2020 è stato eseguito un rilievo di dettaglio del corpo diga riportato nell'elaborato *EG.02a*.

4.3. I DATI IDROLOGICI

Lo studio idrologico (*ET.02*), basato su un modello a parametri distribuiti (software PIENE v.4.13) che utilizza sia le curve di possibilità pluviometrica sia le caratteristiche idrologiche dei suoli fornite della Regione Toscana, 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/eoniZadAbVH6/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>.

4.4. I DATI IDRAULICI

Lo studio idraulico (elaborato *ET.03*), basato su un modello unidimensionale in moto permanente in corrente mista (software HEC-RAS v.5.0.6), ha fatto riferimento alle caratteristiche geometriche dell'invaso di progetto con particolare riferimento al canale fagatore e al fosso recettore.

Per la ricostruzione delle caratteristiche geometriche sono stati utilizzati i rilievi topografici disponibili in tali aree ed è stato effettuato un rilievo integrativo sul torrente Tazzera nell'intorno della confluenza del fosso recettore.

4.5. I DATI GEOTECNICI

Le indagini geognostiche e geofisiche sono riassunte nell'elaborato *ET.04a*. Dal momento in cui sono avvenuti i movimenti franosi (avvenimenti risalenti al 1990), sono iniziate una serie di campagne di indagini a supporto dei vari progetti che si sono susseguite nel corso degli anni. A partire dal 1991 sono state eseguite, nel sito di interesse, n. **126 fra indagini geognostiche e geofisiche** qui di seguito riassunte

Sessione 1991 – 1993

- n.4 sondaggi geognostici;
- n.17 trincee esplorative;
- n.3 trincee esplorative con esecuzione di prove di densità.

Sessione 2007

- n.5 sondaggi geognostici;
- n.1 prova sismica in foro tipo *DownHole* (DH);
- n. .3 stendimenti sismici a rifrazione;
- n.3 stendimenti sismici tipo *MASW*.

Sessione 2012-2013

- n.4 sondaggi geognostici;
- n.7 Sondaggi ambientali;
- n.12 saggi geognostici;
- n.11 prove penetrometriche statiche CPT.

Sessione 2018 – 2019

- n.12 sondaggi ambientali;
- n.22 saggi geognostici;
- n.2 sondaggi geognostici;
- n.7 prove penetrometriche statiche/dinamiche;
- n.3 Prove di sismica passiva tipo HVSR;
- n.4 stendimenti sismici a rifrazione;
- n.3 stendimenti sismici tipo *MASW*;
- n.3 Saggi geognostici.

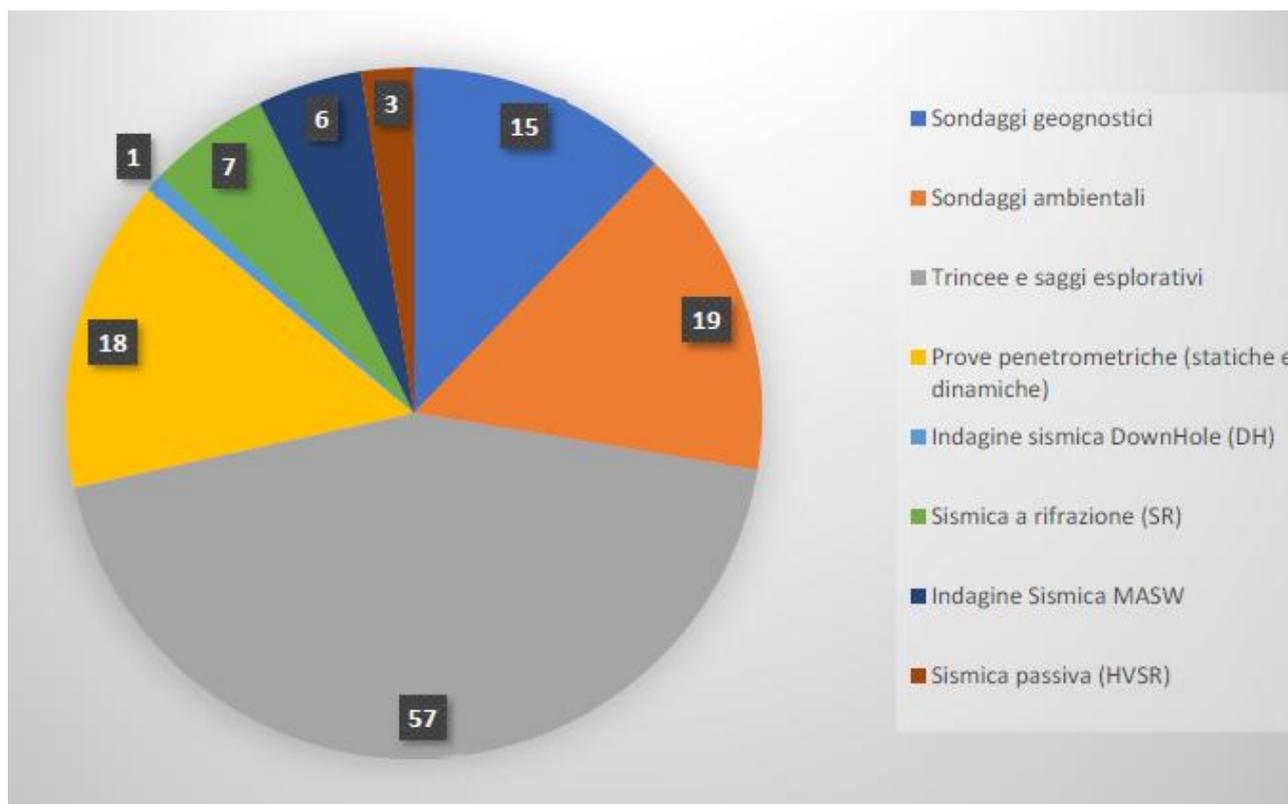


Figura 4-1 Distribuzione delle indagini geognostiche e geofisiche dal 1991 ad oggi

Associate alle indagini, di cui sopra, sono stati prelevati n. **131 campioni** da sottoporre a **prove geotecniche e analisi di laboratorio** qui brevemente riepilogate:

Sessione 1991 – 1993

- n. **15** campioni:
 - n.15 classificazione granulometrica;
 - n.15 contenuto d'acqua;
 - n.15 Limiti di Atterberg;
 - n.9 pesi di volume;
 - n.3 taglio diretto;
 - n.7 prove triassiali;
 - n.2 prove edometriche.

Sessione 2007

- n. **8** campioni:
 - n.4 classificazione granulometrica;
 - n.6 contenuto d'acqua;
 - n.4 Limiti di Atterberg;
 - n.6 pesi di volume;
 - n.4 taglio diretto;

- n.1 prove triassiali;
- n. 3 Prove di espansione laterale libera.

Sessione 2012-2014

- n. **26** campioni:
 - n.26 classificazione granulometrica;
 - n.25 contenuto d'acqua;
 - n.26 Limiti di Atterberg;
 - n.26 pesi di volume;
 - n.9 taglio diretto;
 - n.6 prove triassiali;
 - n.6 prove di espansione laterale libera.
- n. **34** campioni:
 - set analitico *Tabella 4.1 dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017.*

Sessione 2018-2019

- n. **11** campioni:
 - n.5 classificazione granulometrica;
 - n.11 contenuto d'acqua;
 - n.11 Limiti di Atterberg;
 - n.11 Pesi di volume;
 - n.2 taglio diretto;
 - n.2 prove triassiali;
 - n.6 prove di espansione laterale libera;
 - n.4 prova edometrica.
- n. **34** campioni:
 - set analitico *Tabella 4.1 dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017.*

Sessione 2020

- n **3**campioni:
 - n.3 classificazione granulometrica;
 - n.3 contenuto d'acqua;
 - n.3 Limiti di Atterberg;
 - n.3 pesi di volume;
 - n.3 taglio diretto.

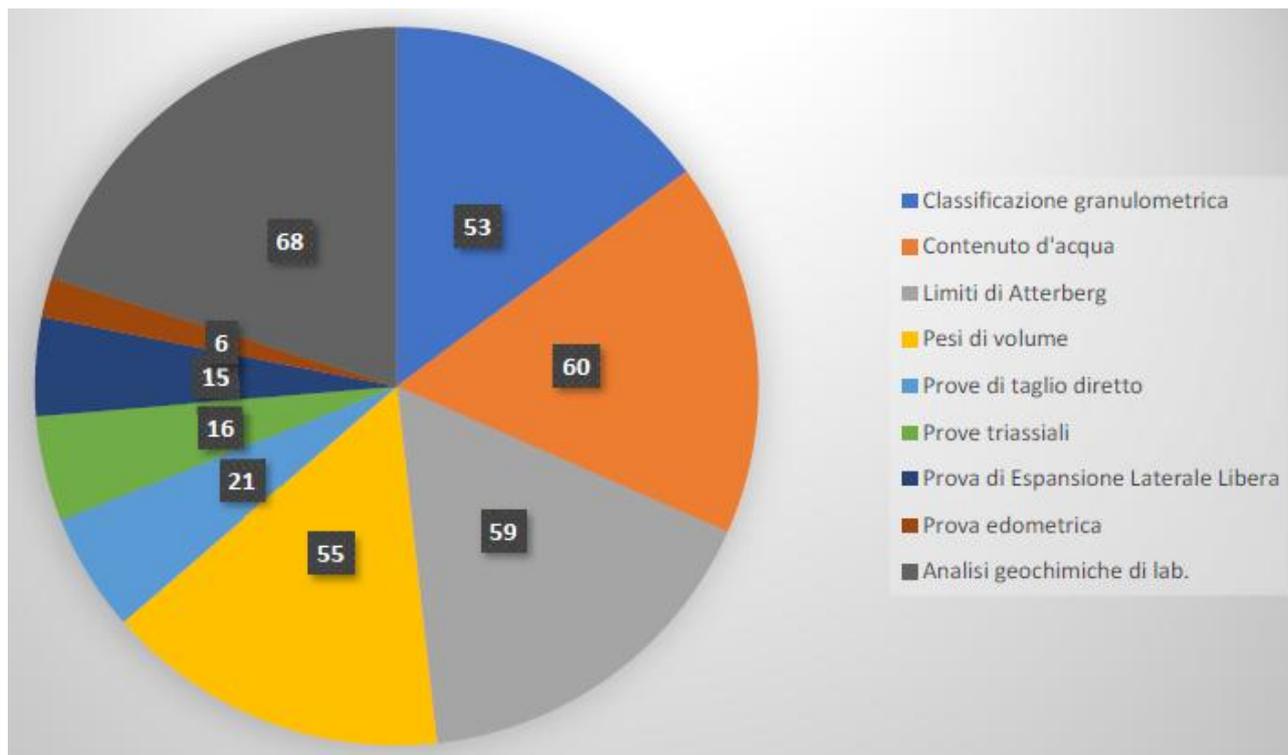


Figura 4-2 Distribuzione delle indagini geochimiche dal 1991 ad oggi

Per i dettagli sulle singole indagini si rimanda agli allegati *ET.04c*, *ET.04d*, *ET.04e*, *ET.04f*, *ET.04g* ed *ET.04h*, inoltre la planimetria delle indagini eseguite dal 1991 ad oggi è riportata nell'elaborato grafico *GEO.10*.

Dal combinato disposto delle prove geotecniche effettuate dal 1991 ad oggi e delle formule empiriche presenti in letteratura è stato possibile assegnare ai macrodomini del corpo diga i seguenti set di parametri geotecnici (elaborato *ET.04a*):

Macrodominio 1	Modulo id Bulk	K0	Mpa	401,2
	Modulo Elastico	E0	MPa	231,5
	Modulo di Taglio	G0	MPa	82,44
	Coefficiente di poisson	σ		0,4
	Angolo di attrito interno	ϕ	*	21,6
	Coesione efficace	c'	MPa	0,024
	Coesione non drenata	cu	MPa	0,074
	porosità	n	%	31,85
Macrodominio 2	Modulo id Bulk	K0	Mpa	759,3
	Modulo Elastico	E0	MPa	400,5
	Modulo di Taglio	G0	MPa	141,8
	Coefficiente di poisson	σ		0,41
	Angolo di attrito interno	ϕ	*	24,2
	Coesione efficace	c'	MPa	0,023
	Coesione non drenata	cu	MPa	0,076
	porosità	n	%	34,94
Macrodominio 3	Modulo id Bulk	K0	Mpa	1274
	Modulo Elastico	E0	MPa	735,4
	Modulo di Taglio	G0	MPa	147
	Coefficiente di poisson	σ		0,44
	Angolo di attrito interno	ϕ	*	23,4
	Coesione efficace	c'	MPa	0,022
	Coesione non drenata	cu	MPa	0,073
	porosità	n	%	30,4

Tabella 4-1 Parametri geotecnici assegnati ai macrodomini del corpo diga

4.6. INDAGINE GEOMORFOLOGICA

Nell'agosto 2020 è stato eseguito un rilievo geomorfologico di dettaglio dell'area in studio. Inoltre è stata eseguita una fotointerpretazione multitemporale del sito analizzando i seguenti fotogrammi messi a disposizione dalla Regione Toscana.

L'indagine era finalizzata a definire le criticità nelle seguenti aree:

- paramento di monte della diga;
- sponda sinistra dell'invaso;
- sponde del lago.

Per quanto riguarda il paramento di monte della diga l'indagine era finalizzata a individuare le superfici di possibile scivolamento in funzione degli interventi previsti. Dalle analisi condotte e dalla analisi del materiale disponibile si ricava che allo stato attuale delle conoscenze non è possibile definire con certezza una superficie di scivolamento e conseguentemente una volumetria certa del corpo di frana.

Per quanto riguarda la sponda sinistra dell'invaso sono state identificate tre orizzonti:

- materiale franato/allentato a componente prevalentemente coesiva (argilla limosa) dello spessore massimo di circa 3 m.
- substrato argilloscistico alterato (cappellaccio) avente uno spessore medio di circa 12/13 m.
- substrato in posto (con basso grado di alterazione decrescente con la profondità) con velocità delle onde Sh superiori agli 800 m/sec. Tale assetto è confermato anche dalle prove penetrometriche e dalle indagini geofisiche eseguite lungo la sponda sinistra il primo dei quali relativo al corpo di frana.

Relativamente alle sponde del lago (fatta eccezione per la sponda sinistra) non sono emerse, né in fase di rilievo geomorfologico né in fase di fotointerpretazione segni di instabilità associabili a corpi franosi quiescenti o attivi. Sono emerse invece segni di erosione superficiale estese sia alla sponda di monte (Nord-Ovest) che alla sponda destra (Sud-Ovest) con locali evidenze di erosione incalate per rivi in prossimità delle zone di raccordo fra una sponda e l'altra (oltre che lungo il versante di valle della sponda destra). Sempre lungo la sponda destra e lungo la sponda di monte (Nord-Ovest) sono presenti alcune scarpate d'erosione prevalentemente concentrate lungo la sponda di monte.

5. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

5.1. 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 nell'elaborato EG.01.

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

bacino allacciato sotteso dalla presa sul torrente Vincio di Brandeglio

- area imbrifera: 13 kmq;
- altitudine media: 580 m s.l.m.;
- precipitazione media: 1905 mm/anno;
- portata media annua: 0.350 m³/s;
- portata massima di derivazione: 0.700 m³/s;
- deflusso naturale medio: ~11x10⁶ m³/anno;
- volume derivabile medio: ~9.8x10⁶ m³/anno;
- volume derivabile al netto dei rilasci ecologici estivi: ~7.8x10⁶ m³/anno;

bacino diretto sotteso dalla diga della Giudea

- area imbrifera: 0.15 kmq;
- altitudine media: 138 m s.l.m.;
- afflusso meteorico medio: 180.000 m³/anno.

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

Dati principali della diga	
<i>Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82</i>	<i>Diga in materiali sciolti con terra omogenea</i>
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 [m s.l.m.]	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 ³]	260'000

Dati principali del serbatoio	
Quota massimo invaso [m s.l.m.]	148,26
Quota massima regolazione [m s.l.m.]	147,76
Quota minima regolazione [m s.l.m.]	134,00
Quota minima al piede diga lato monte [m s.l.m.]	125,0
Quota minima al piede diga lato valle [m s.l.m.]	118,2
Volume totale invaso [m ³]	754.600
Volume utile di regolazione [m ³]	707.850
Volume morto [m ³]	44.000
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km ²]	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal t. Vincio [km ²]	13,0
Portata di massima piena di progetto [m ³ /s]	6,8 (6,0+0,8)
Portata massima derivazione dal t. Vincio [m ³ /s]	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di : <ul style="list-style-type: none"> • massimo invaso [m²] • massima regolazione [m²] • minima regolazione [m²] 	77.300 73.400 16.985
Pendenze paramento di monte	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1
Pendenza paramento di valle	~2/1
Dati principali dello scarico di superficie	
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	<i>Soglia grossa rettilinea in sponda destra</i>
Quota di soglia [m s.l.m.]	147,76
Sviluppo della soglia [m]	10,80
Portata esitata [m ³ /s]	6,8
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m]	0,5
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.l.m.]	148,26
Dati principali dello scarico di fondo	
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [m s.l.m.]	126,26
Portata esitata [m ³ /s]	1,23
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.l.m.]	147,76

Dati principali dell'opera di derivazione	
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø400
Quota dell'imbocco [m s.l.m.]	134,00
Portata esitata [m ³ /s]	0,46
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata	147,76

Tabella 5-1 Caratteristiche dell'invaso stato attuale.

Nella Figura 5-1 si riporta la legge d'invaso originaria che tiene conto della capacità d'invaso massima indipendentemente dalle limitazioni imposte all'esercizio successive al 1990.

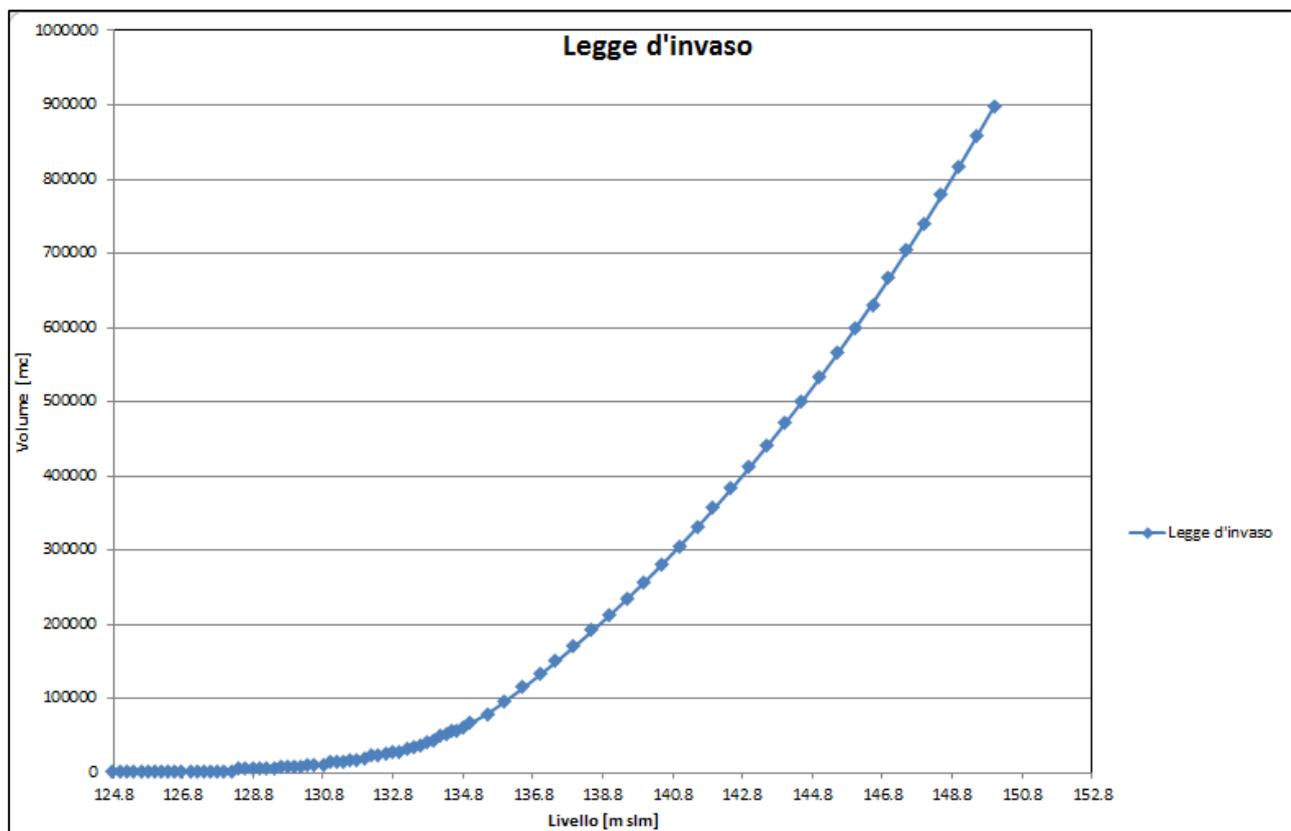


Figura 5-1 Legge quota - capacità d'invaso originaria dell'Invaso di Gello.

Nella Figura 5-2 è riportata la legge che collega il livello dell'acqua con la superficie bagnata dell'invaso.

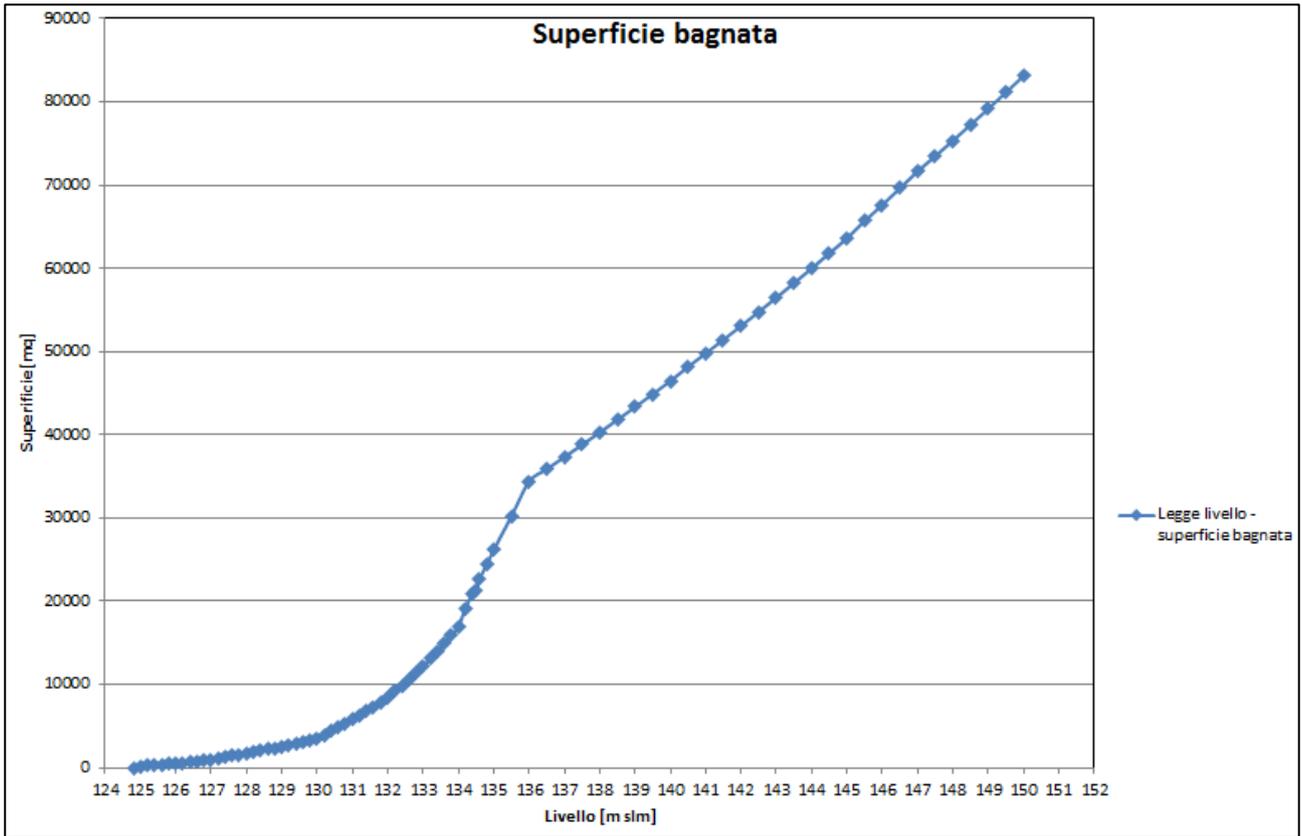


Figura 5-2 Legge quota – superficie bagnata originaria dell’Invaso di Gello.

Lo schema idraulico di funzionamento dell’invaso per lo stato attuale è riportato Figura 5-3.

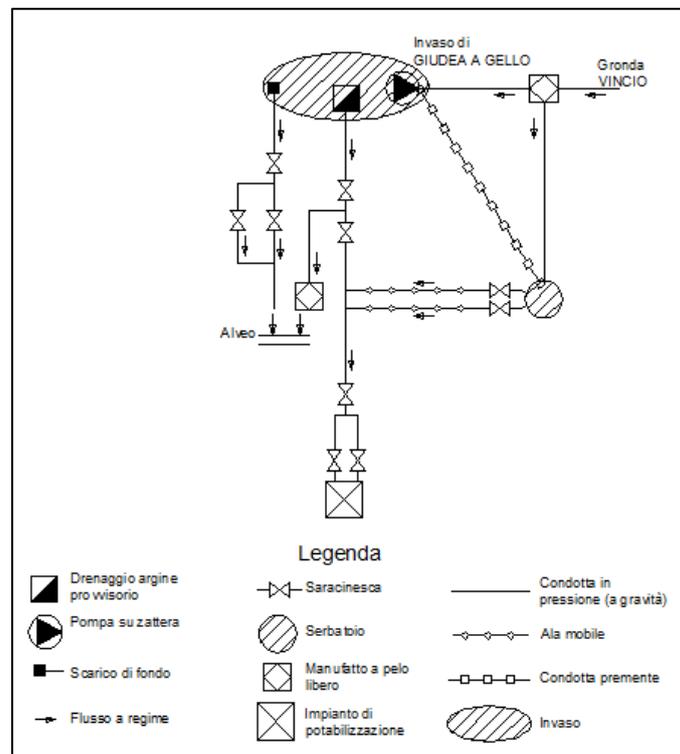


Figura 5-3 Schema di funzionamento idraulico per lo stato attuale

Si riporta di seguito un'immagine di inquadramento dell'area dell'invaso.



Figura 5-4 Ortofoto vaso della Giudea a Gello nel Comune di Pistoia.

Nell'elaborato *EG.05 Planimetria vaso stato attuale* è riportata la planimetria dell'invaso nello stato attuale. Nella relazione *ET.05 Relazione Rilievi Plano Altimetrici* sono descritti i rilievi utilizzati per la redazione del progetto, i rilievi sono riportati negli elaborati *EG.02*, *EG.03* e *EG.04*.

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

5.2. L'OPERA DI PRESA SUL TORRENTE VINCIO

L'opera di presa è costituita da **una griglia posta a monte di un salto di fondo del torrente per una larghezza di circa 15 m** pari all'intera sezione dell'alveo e per una **lunghezza di 1.3 m**. 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 (Figura 5-5).

È stato eseguito un apposito rilievo per la georeferenziazione del tracciato della condotta di derivazione e dall'opera di presa sul torrente Vincio sino all'invaso della Giudea.

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 torrente in destra idraulica per circa 50 m 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 1640 m, gli ultimi 380 m sono realizzati con PRFV del DN 1000 m.



Figura 5-5 Ortofoto dell'opera di presa sul torrente Vincio.

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 PEAD Ø800;
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 sino all'invaso è riportata negli elaborati *EG.36a e EG.36b Planimetria condotta di alimentazione e derivazione stato attuale* e nella Figura 5-6.

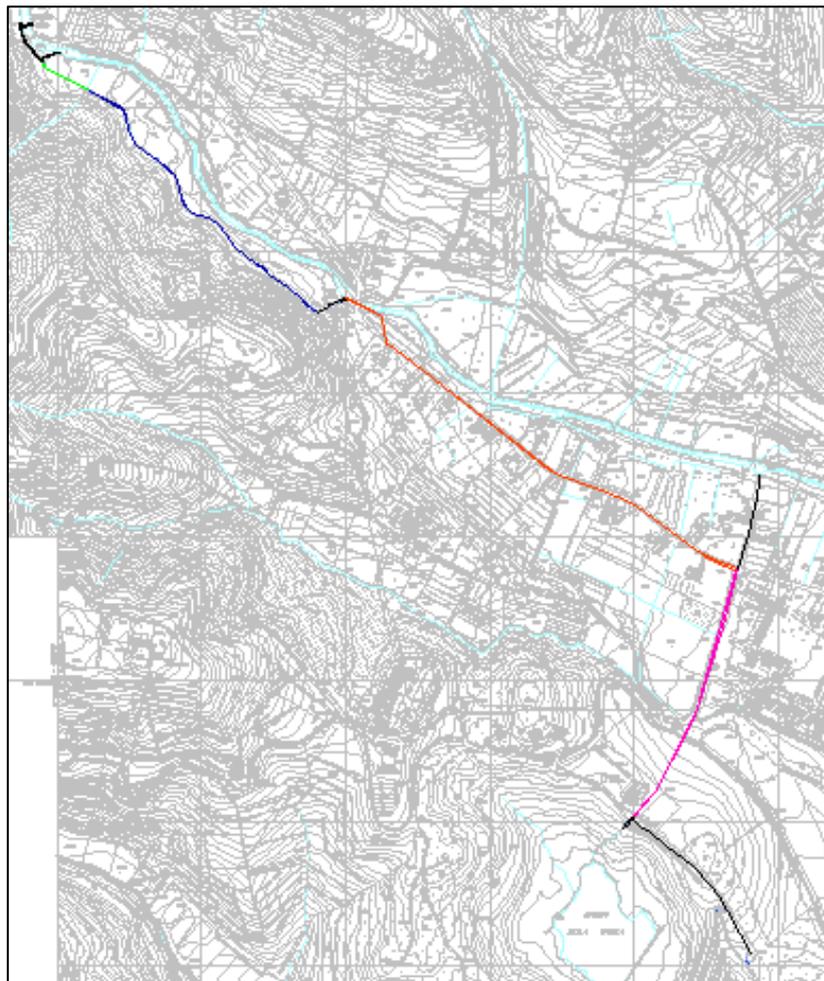


Figura 5-6 Tracciato della condotta di alimentazione dal T. Vincio sino all'invaso.

5.3. ORGANI DI MANOVRA DELL'INVASO: SCARICO DI FONDO E DERIVAZIONE ALL'IMPIANTO

L'invaso è dotato 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
<i>D(mm)</i>	450	400
<i>L(m)</i>	306	228
<i>H presa (m s.l.m.)</i>	126.60	134
<i>H scarico (m s.l.m.)</i>	116.10	117.00

Tabella 5-2 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 126.26 m s.l.m., mentre per quanto risulta al gestore la quota di fondo è posta a 128 m s.l.m.. Nella Figura 5-7 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 5-7 Bocca di presa dello scarico di fondo

Per quanto riguarda la condotta di derivazione i dati di progetto riportano la quota di presa a 134 m s.l.m.. Come risulta anche dallo schema riportato in Figura 5-8 la bocca di presa della derivazione risulta sepolta all'interno dell'argine realizzato a seguito degli eventi franosi e 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.

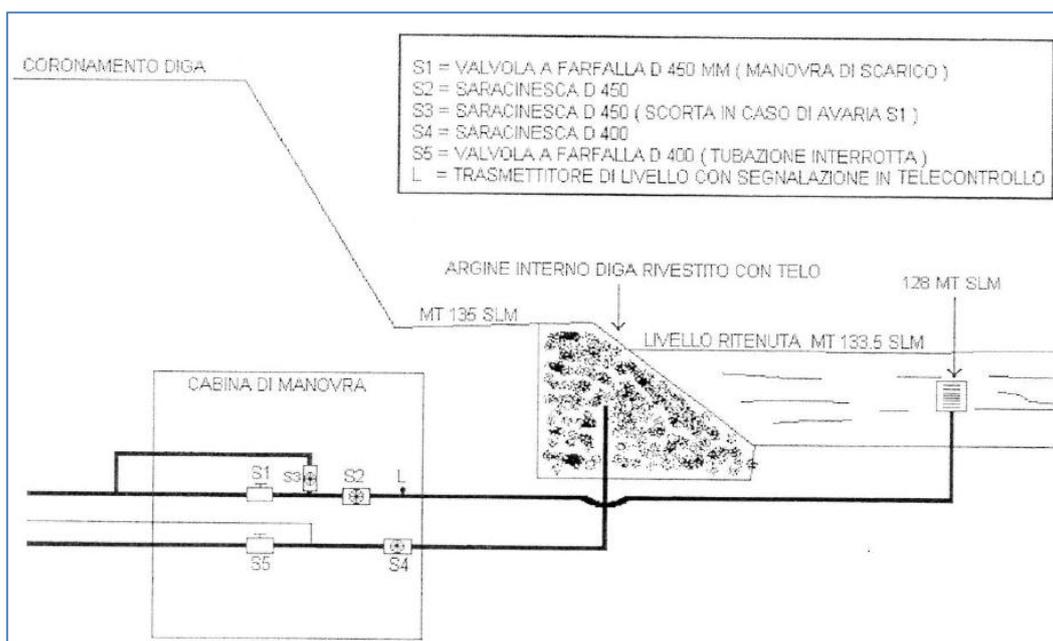


Figura 5-8 Schema dello scarico di fondo e della condotta di derivazione

Il piede interno del paramento di monte nell'ipotesi di progetto è posto alla quota di 128 m s.l.m. 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 s.l.m.. Si riporta in lo schema funzionale e la posizione delle saracinesche nella cabina di manovra allo stato attuale.



Figura 5-9 Schema di funzionamento degli organi di manovra dello scarico e derivazione

5.4. CARATTERISTICHE DELL'INVASO PROVVISORIO AUTORIZZATO

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

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 (*elaborato EG.02*).

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

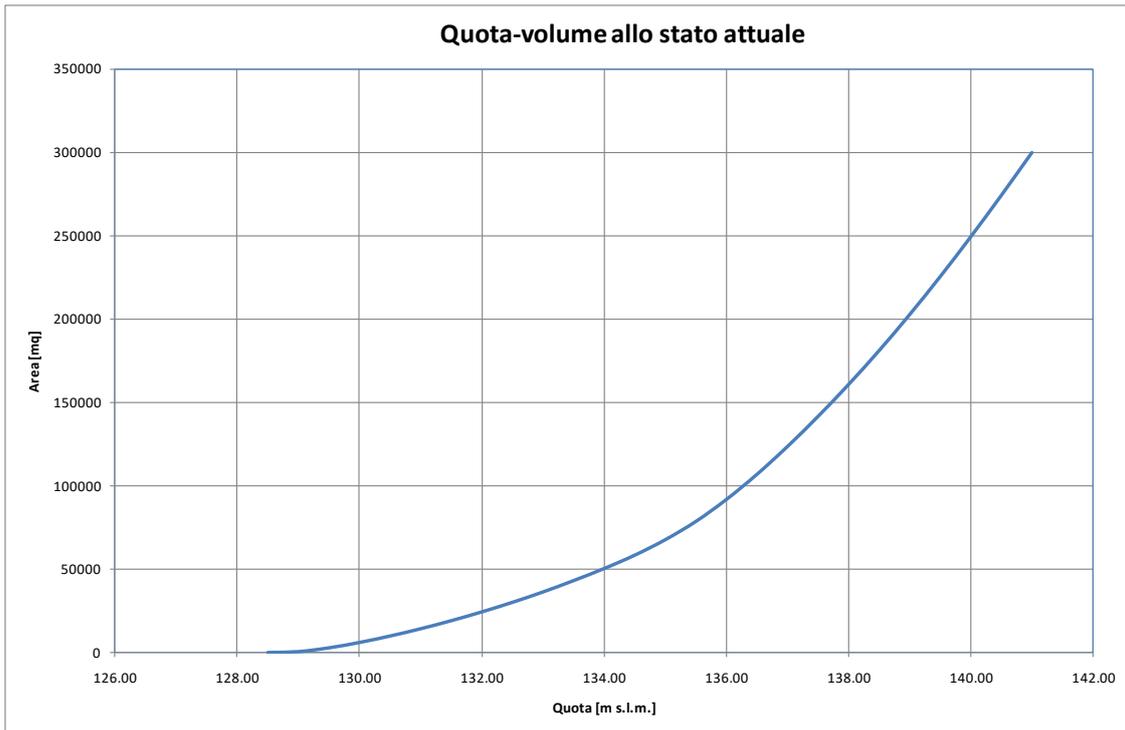


Figura 5-10 Legge quota - capacità d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m s.l.m.

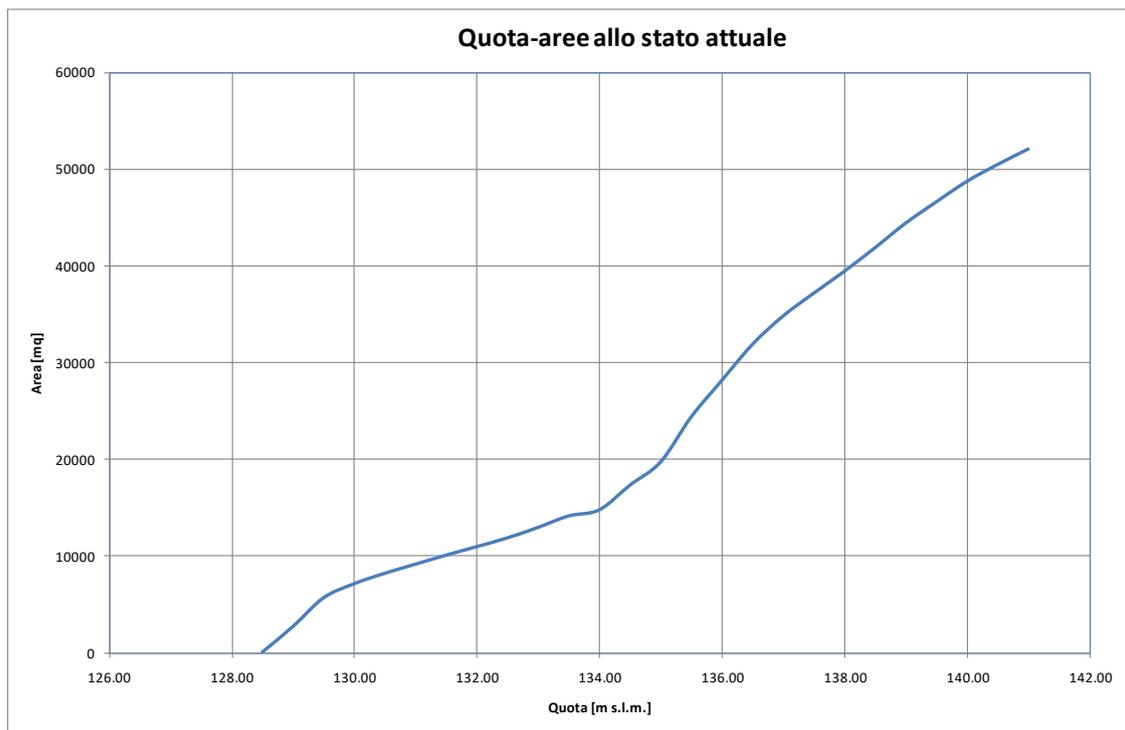


Figura 5-11 Legge quota - superficie d'invaso (rilievo 2012) sino alla quota 141 m s.l.m.

La minima **quota di fondo** rilevata è risultata di circa **128.5 m s.l.m.**³ e quindi superiore rispetto alla quota dello scarico di fondo di circa 2.3 m (sulla quota dello scarico di fondo è presente una certa incertezza tra le quote riportate nel collaudo 126.26 m s.l.m. e quella indicata dal gestore 128 m s.l.m.). 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 m s.l.m. **il volume d'invaso è di circa 60.000 mc**, mentre la superficie bagnata dell'invaso è di circa 18.900 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. È 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 massimizza la portata sommato con l'afflusso proveniente dal canale di derivazione del Vinci in assenza di apertura dello scarico di fondo. La durata dell'evento è stata assunta di 3.5 ore;
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 Vinci 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 Vinci 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.

Quota inizio evento [m s.l.m.]	134.5
Volume inizio evento [mc]	58250
	TR 1000
Massima portata [mc/s]	6.91
Volume evento [mc]	8488
Volume derivazione [mc]	10320
Volume invasato [mc]	77057
Sopralzo evento [m]	0.92
Quota invaso [m s.l.m.]	135.43

Tabella 5-3 Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico breve durata.

³ Le quote del rilievo 2012 sono state aumentate di 60cm per renderle congruenti con il rilievo Lidar preso a base della progettazione.

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

Tabella 5-4 Risultati verifiche idrauliche invaso 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 s.l.m.**, corrispondente circa alla base dell'attuale paramento di monte. Gli eventuali livelli massimi risultano quasi completamente confinati all'interno della tura realizzata negli anni 90 che ha una quota al piede del rilevato di circa 138.0 m s.l.m..

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

6. 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** (elaborato EG.01a).

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

- definizione da parte di Publiacqua del volume di **250.000-300.000 mc** 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 e dagli interventi progettati.

Sulla base delle condizioni sopra riportate e sulla base della geometria dell'invaso è stato individuato un intervento principale sul corpo diga che ha le seguenti caratteristiche:

- **Quota del nuovo coronamento:** 143.3 m s.l.m.;
- **Quota del nuovo sfioratore di superficie:** 140.0 m s.l.m.;
- **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 7 m e inoltre di scavare anche al piede dell'attuale tura fino a riportarsi alla quota di circa 128 m s.l.m. con il piede di monte dello sbarramento.

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 **205 m**, la **quota** al piede del **paramento di valle** rimarrà di **118.2 m s.l.m.** con un'**altezza del paramento di 25.1 m**.

In considerazione degli scavi previsti la nuova legge d'invaso è riportata nella Figura 6-1. Come è possibile notare alla quota 140.3 m s.l.m. corrisponde un volume d'invaso di circa **281.300 mc**, mentre il volume morto alla quota della derivazione (130 m s.l.m.) 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 mc** 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 s.l.m. e con le movimentazioni previste per la realizzazione degli interventi il volume complessivo di scavo, da conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 mc.

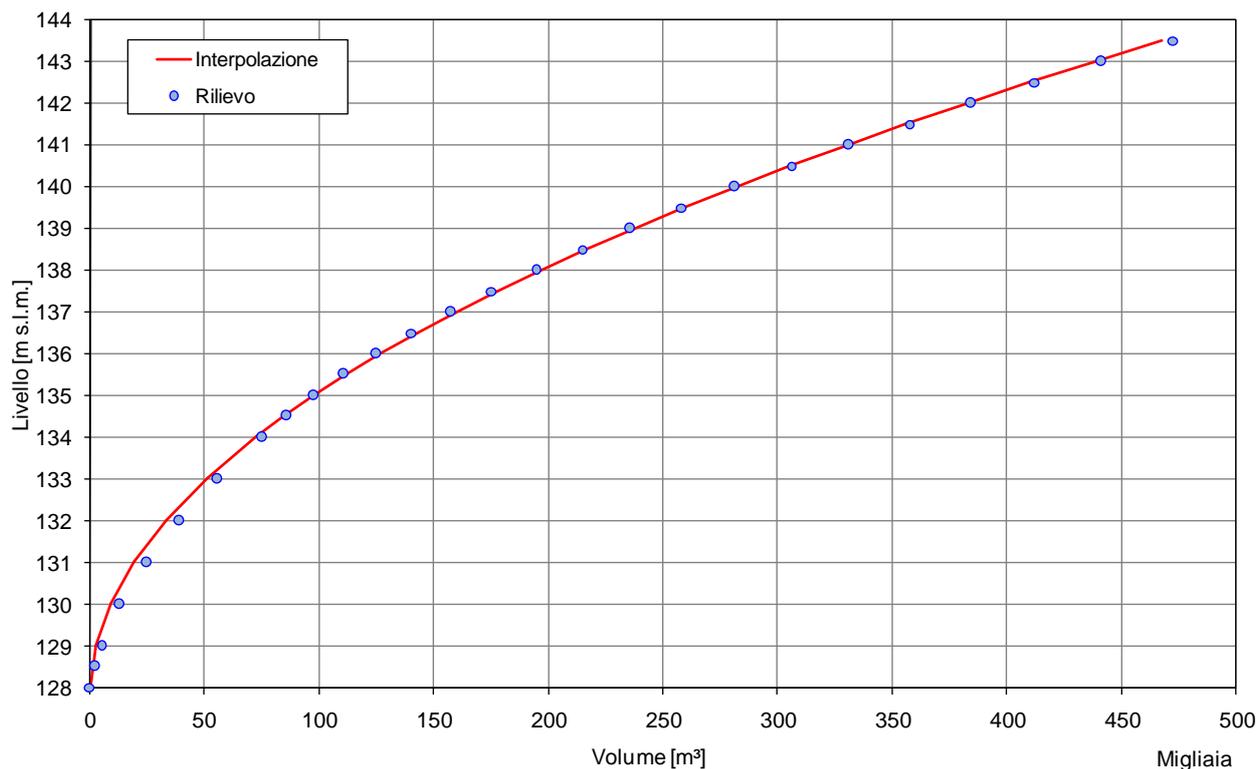


Figura 6-1 Legge quota - capacità d'invaso di progetto dell'invaso di Gello.

Oltre all'intervento sul corpo diga saranno effettuati (elaborato *EG.01a*):

- una risistemazione del fondo invaso in corrispondenza del piede di monte dello sbarramento;
- un nuovo sfioro di superficie;
- realizzazione del canale fuggatore in c.l.s. e vasca di dissipazione, riprofilatura del fosso recettore del canale fuggatore e realizzazione del tratto finale, riprofilatura del torrente Tazzera;
- **6** nuovi attraversamenti posti sul canale fuggatore e sul fosso recettore;
- sistemazione dello scarico di fondo comprese le opere accessorie e di riprofilatura del fosso recettore a valle della diga;
- sistemazione delle sponde del lago in corrispondenza dell'imbocco dello scarico di superficie e della sponda sinistra interessata in passato da movimenti franosi;
- installazione strumentazione di monitoraggio diga.

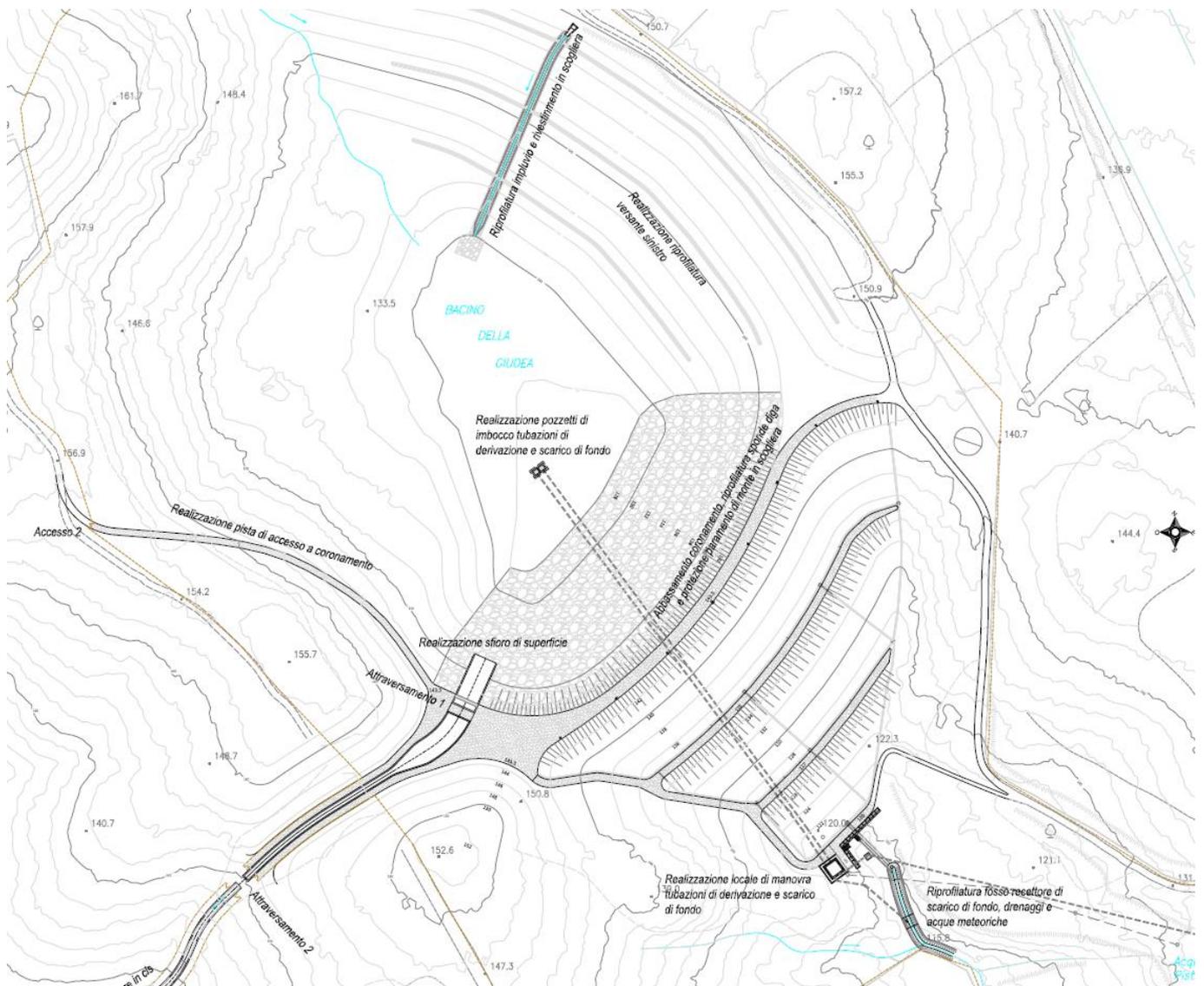


Figura 6-2 Estratto planimetria interventi in progetto

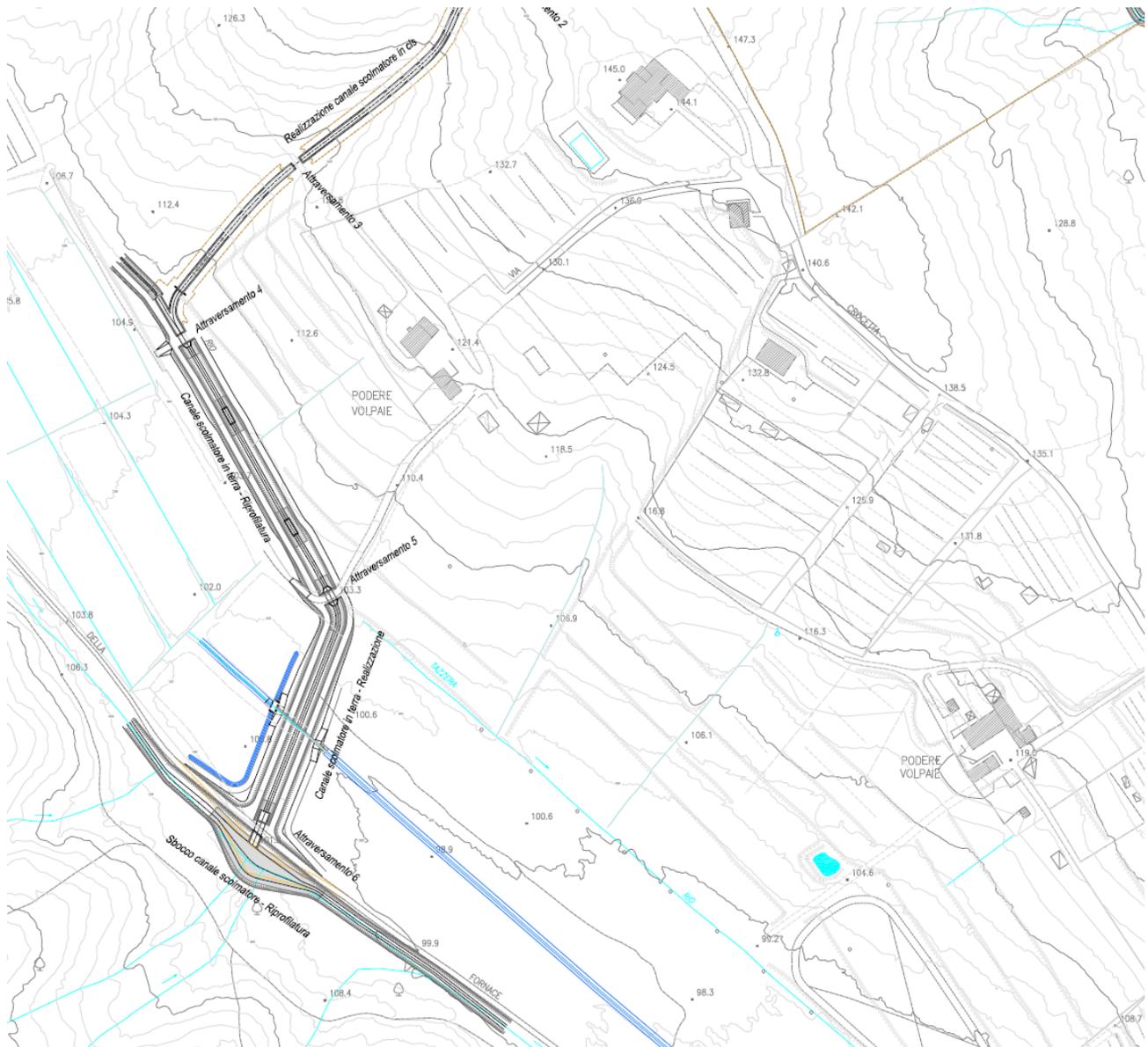


Figura 6-3 Estratto planimetria interventi in progetto

6.1. IL CORPO DIGA

Il rilevato di progetto, che si ottiene dallo sbassamento dell'attuale corpo diga, ha **quota massima al coronamento** pari a **143.3 m s.l.m.**, quota che garantisce il franco di sicurezza idraulico.

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

Nelle tavole dalla *EG.11* alla *EG.17* sono riportate le planimetrie e le sezioni caratteristiche della diga allo stato attuale, allo stato di progetto e lo stato sovrapposto.

Il **piede del paramento di valle** posto alla quota di 118.2 m s.l.m. (come quello attuale) è determinato mediante la realizzazione di un **muro a gravità in massi ciclopici** con altezza di circa **1.8 m** fuori terra. Il muro sarà 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 20 m**. La verifica di stabilità del muro è riportata nell'elaborato *ET.10*.

Il **piede del paramento di monte** è alla quota di 128 m s.l.m.. Il paramento di monte sarà rivestito con **massi ciclopici di media pezzatura** per lo spessore di 60 cm sino al piede e oltre per circa 5 m.

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 **174 m** mentre il **coronamento** ha una **lunghezza di circa 205 m e larghezza di 5.5 m**.

Inoltre:

- sul **paramento di valle** saranno realizzate **due banche** per la manutenzione dell'opera, poste alla quota di 135 m s.l.m. e 127 m s.l.m. di larghezza utile di 3.5 m oltre ad una canaletta larga 1 m per la raccolta delle acque meteoriche. Nella tavola *EG.38* si riporta la planimetria di smaltimento delle acque meteoriche e nella tavola *EG.39* i particolari costruttivi.
- alla quota 119 m s.l.m. circa sarà realizzato un **dreno**. Il dreno sarà costituito da pietrisco di media pezzatura 40-70 mm e rivestito inferiormente e superiormente con *tessuto non tessuto*. 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 *EG.40* si riporta la planimetria dei drenaggi e nella tavola *EG.41* i particolari costruttivi.
- sul **paramento di monte**, al di sotto del rivestimento in massi, sarà realizzato uno **strato di transizione sabbio-ghiaiosa dello spessore di 90 cm**.
- sul **coronamento** sarà realizzata un pacchetto stradale con stabilizzato per un'altezza di 30 cm.

Al termine dei lavori il paramento di valle sarà ricoperto con terreno vegetale per uno spessore di 30 cm e successivamente interessato da seminagione.

La verifica di stabilità del nuovo corpo diga è riportata nell'elaborato *ET.08 Relazione verifiche di stabilità statiche e sismiche corpo diga*, i tabulati di calcolo sono riportati negli elaborati *ET.08a*, *ET.08b*, *ET.08c*.

La verifica di stabilità delle spalle della diga sono riportate nell'elaborato *ET.10 Relazione verifiche di stabilità spalle diga, scarico di superficie e argini canale*. I tabulati di calcolo sono riportati nell'elaborato *ET.10a*.

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo provvisionali sono riportate nell'elaborato *ET.11 Relazione verifiche di stabilità fronti di scavo*. I tabulati di calcolo sono riportati nell'elaborato *ET.11a*.

Nella Figura 6-4 si riporta la planimetria della diga nello stato di progetto.

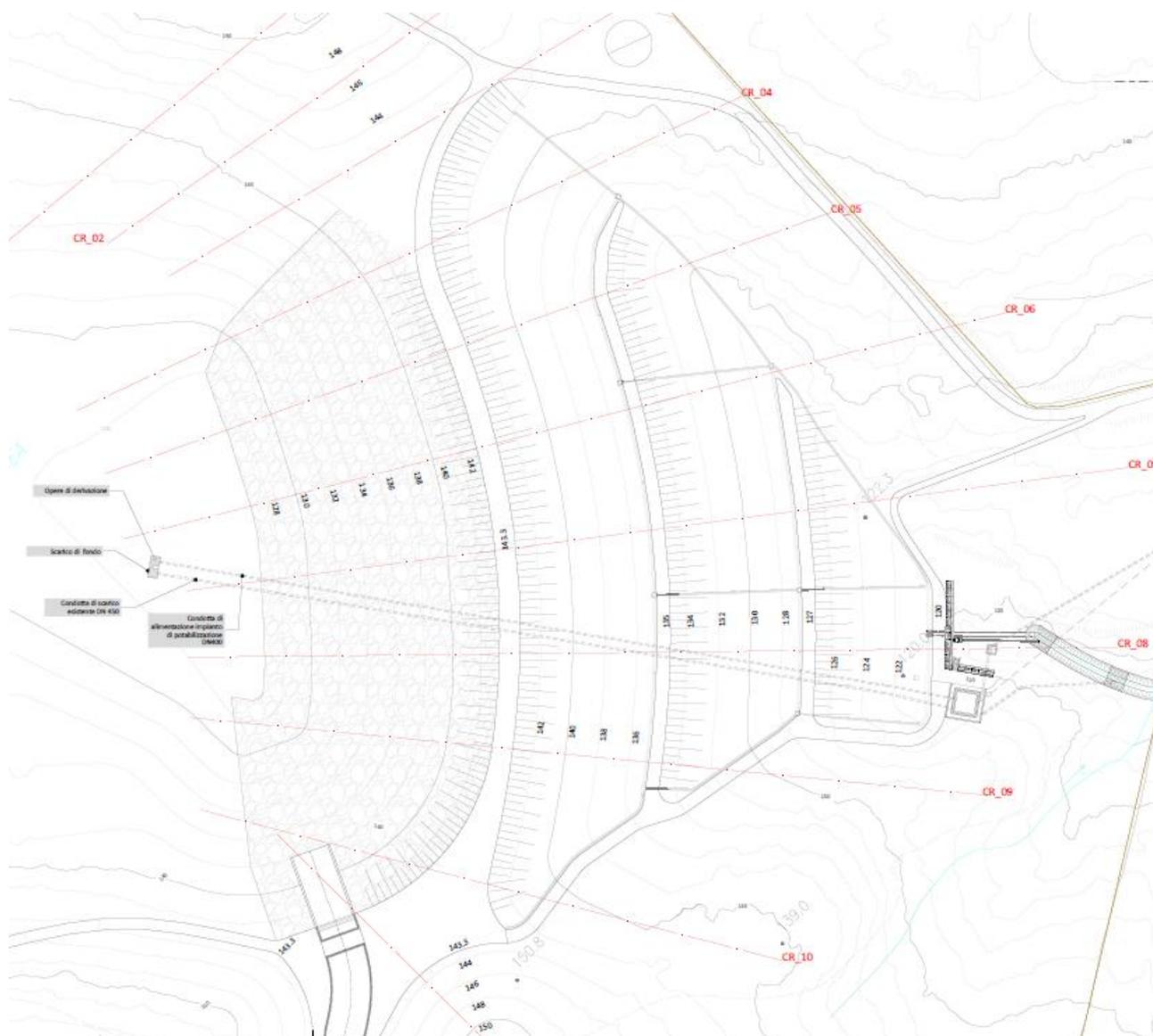


Figura 6-4 Planimetria interventi in progetto

6.2. L'INVASO

Nelle tavole dalla *EG.05 alla EG.10* 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 previsto di ritrovare una quota di fondo di 128.0 m s.l.m. in corrispondenza dell'area posta al piede di monte del coronamento.

Non si prevedono interventi di risagomatura delle sponde del lago se non in corrispondenza dello scarico di superficie e della sponda sinistra, interessata in passato da eventi franosi .

6.3. LO SCARICO DI SUPERFICIE

Lo scarico di superficie della diga attuale è posto in sponda destra e recapita in un impluvio che più a valle confluisce nel torrente Tazzera. A valle della soglia sfiorante ad oggi non sono presenti opere.

A seguito dell'abbassamento della diga si è reso necessario abbassare anche lo scarico di superficie, inoltre si è ritenuto di dover regolarizzare e proteggere l'impluvio ed adeguare il tratto di valle.

Lo scarico di superficie di progetto è pertanto costituito da una soglia sfiorante, un canale fugatore e un fosso recettore che recapita nel torrente Tazzera.

Lo scarico allo stato attuale è posto alla quota di 148.30 m s.l.m., lo scarico di progetto è posto a quota 140.00 m s.l.m. e il canale a valle a quota di 139.00 m s.l.m.. La lunghezza del canale a valle dello sfioratore nello stato di progetto è di circa 150.00m, la lunghezza del canale fugatore di circa 220.00m. La lunghezza del fosso recettore è di circa 290.00m.

8.1.1 RAFFRONTO TRA DIFFERENTI SOLUZIONI TECNICHE

Per lo scarico di superficie sono state anche valutate le seguenti soluzioni alternative visto il costo dell'intervento dovuto in modo particolare alla necessità di elevati volumi di scavo:

- diverso recapito dello scarico di superficie;
- realizzazione dello scarico in galleria.

Diverso recapito dello scarico di superficie

Per quanto riguarda la prima soluzione alternativa è stata valutata la possibilità di recapitare lo scarico di superficie nel fosso dei Fontanacci a valle dell'invaso (Figura 6-5). Il canale avrebbe avuto una lunghezza complessiva di circa 280.00 m di cui i primi 140.00 di scavo sul versante in destra della diga. La lunghezza del fosso recettore è di circa 1500.00m.

Tale alternativa è stata scartata per i seguenti motivi:

- il canale a valle dello sfioratore comporterebbe la necessità di intervenire su un versante con scavi del tutto comparabili a quelli previsti in progetto ma in aree boscate oggi non interessate da alcun intervento;
- il canale recettore costituito dal fosso dei Fontanacci avrebbe una lunghezza di ben 1500 m con necessità di estesi interventi di riassetto e adeguamento ben maggiori rispetto a quelli previsti nel progetto;

A quanto sopra riportato si aggiungono le problematiche di carattere ambientale legate al fatto di intervenire in un'area ad completamente priva di interventi.

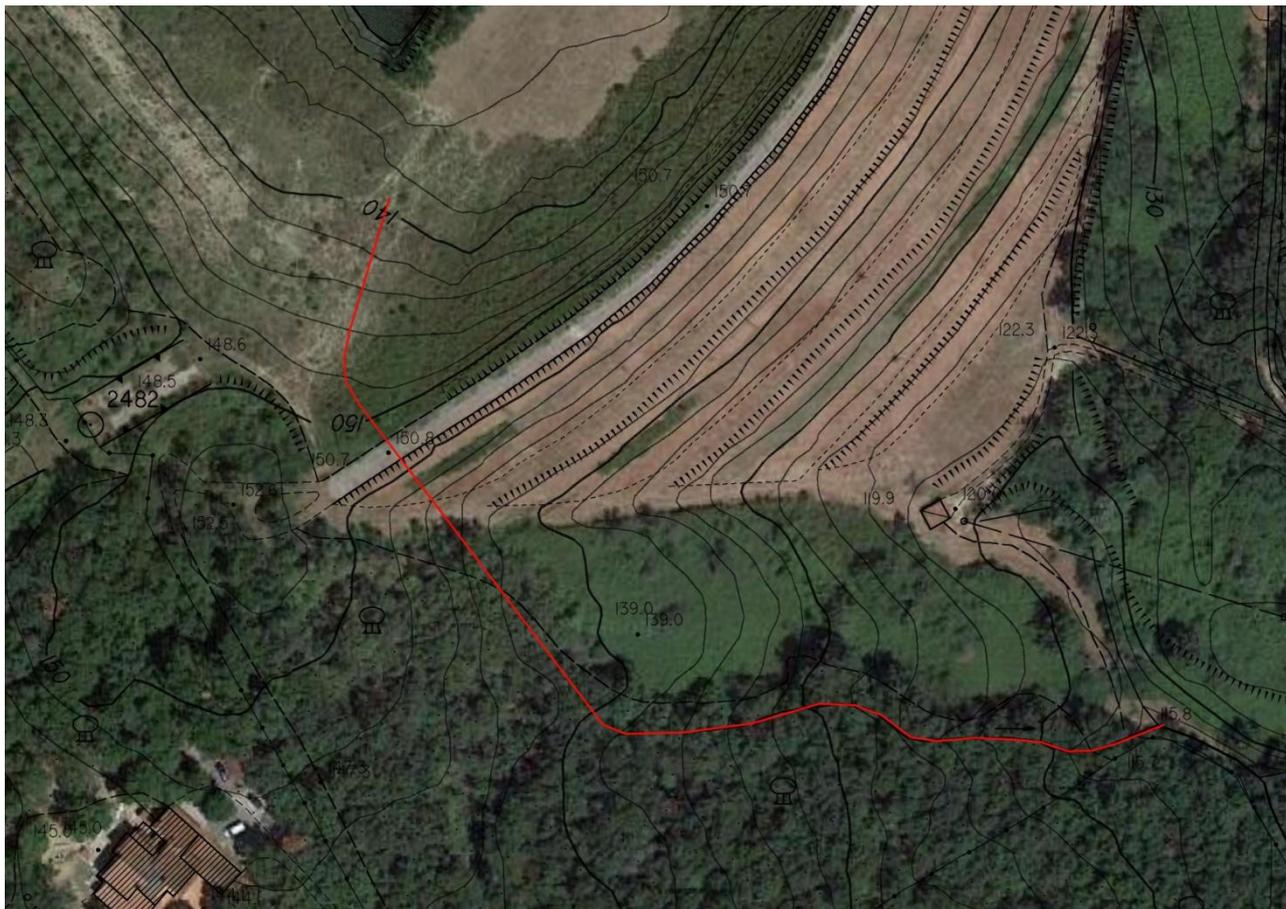


Figura 6-5 Planimetria recapito alternativo scarico di superficie

Realizzazione dello scarico in galleria

E' stato ipotizzato di realizzare la prima parte del canale fugatore in galleria in modo da evitare gli scavi dei versanti intorno allo scarico di superficie. La galleria avrebbe una lunghezza di circa 150.00 m e un diametro di 2.00m. Lo scarico della portata con tempo di ritorno di 3000 anni avendo assunto una pendenza del 0.5% si realizzerebbe con un franco di circa 1.00m. Il diametro della condotta consentirebbe anche la sua ispezione e manutenzione con mezzi meccanici. La galleria sarebbe realizzata con la tecnica del microtunneling provvedendo a realizzare una camera di spinta lato monte. Il costo di tale intervento sarebbe pari a € 1'500'000.00 avendo assunto un costo al metro lineare di € 10'000,00 stimato sulla base di un analogo intervento in comune di Poggibonsi sulla diga di Cepparello.

Il costo della realizzazione dello scarico di superficie per lo stesso tratto come da progetto è di circa € 1'400'000,00 avendo considerato il costo delle opere civili e il costo di scavi e conferimenti.

Si osserva che le due soluzioni tecniche sono analoghe da un punto di vista economico. In tal senso preme osservare che il costo della soluzione di progetto potrebbe ridursi in modo sensibile in sede di appalto in quanto il costo dei conferimenti risulta circa il 40% del costo complessivo dell'intervento.

6.4. LO SFIORO DI SUPERFICIE

Lo sfioro di superficie verrà realizzato nella stessa posizione dell'attuale ma la quota di 147.76 m s.l.m. verrà portata a **140.0 m s.l.m.** con un abbassamento di oltre 7 m. La **larghezza** dello sfioro viene confermata in **10.5 m** e il suo funzionamento è stato verificato per TR 3000 anni e portata di progetto laminata dall'invaso.

6.5. IL CANALE FUGATORE

Il canale fugatore a valle dello sfioratore può essere suddiviso in tratti omogenei. La sezione dello canale fugatore è di **tipo a C** con l'apertura rivolta verso l'alto, con base da 10.5 m a 2.5 m e muri laterali di altezza pari a **4.5 m**.

Il **primo tratto**, ubicato immediatamente a valle dello sfioro, è costituito da un **canale rettangolare largo 10.5 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 (secondo tratto)** dove avviene la riduzione della **larghezza** della sezione da 10.5 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.

In corrispondenza del tratto compreso fra lo sfioro e la vasca di dissipazione si trovano:

- attraversamento 1: ponte di lunghezza pari a 10 m, situato in corrispondenza delle sezioni SF005 e SF006. Il ponte sarà realizzato con struttura portante in acciaio.
- attraversamento 2 e 3: ponti con luce pari a 2,5 m da realizzare con scatolari in cemento armato gettato in opera. L'impalcato avrà larghezza pari a 4,6 m e spessore pari a 0,35 m.

Fino all'attraversamento 2, il canale rettangolare mantiene la pendenza dello 0.5% (tra sez. SF012 e sez. SF021).

A valle dell'attraversamento 2 e fino alla vasca di dissipazione il canale fugatore è realizzato con **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).

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 EG.18, EG.19 e EG.20 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato attuale. Nelle tavole EG.21, EG.22 e EG.23 sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni

allo stato di progetto. Nelle tavole *EG.24*, *EG.25* e *EG.26* sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato sovrapposto.

La vasca di dissipazione

La vasca di dissipazione a valle del canale fugatore 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 stramazzo a valle*). È in asse al canale fugatore ed è costituita da una sezione rettangolare larga 2.50 m e alta circa 2.60 m. Le quote degli argini destro e sinistro della vasca di dissipazione risultano pari a 108.30 m s.l.m..

La vasca risulta depressa e delimitata a valle da un altro setto in c.a. con soglia di stramazzo 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*).

I livelli idrometrici si mantengono pressoché orizzontali all'interno della vasca fino allo stramazzo nel canale di valle. Il franco di sicurezza nella vasca di dissipazione è di 100 cm per il tempo di ritorno di 3000 anni.

6.6. IL FOSSO RECETTORE

A valle della vasca di dissipazione il canale fugatore riceve le acque del reticolo idrografico che drena la porzione del versante 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 fugatore 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.

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 (attraversamento 4) di sezione *TAZ003* 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 (attraversamento 5 e attraversamento 6) e n. 3 salti di fondo. I due attraversamenti nelle sezioni *TAZ010* e *TAZ018* 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* e *TAZ008* 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(attraversamento 6), 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 risalto 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 *EG.27*, *EG.28* e *EG.29* sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato attuale. Nelle tavole *EG.30*, *EG.31* e *EG.32* sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato di progetto. Nelle tavole *EG.33*, *EG.34* e *EG.35* sono riportati la planimetria, il profilo longitudinale e le sezioni allo stato sovrapposto.

6.7. SCARICO DI FONDO E DERIVAZIONE ALL'IMPIANTO

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 delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra.

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.

L'attuale locale di manovra che contiene le saracinesche dello scarico di fondo e della derivazione **sarà demolito e sarà ricostruito più a valle** al piede della diga. Il nuovo locale, dove sarà installato anche un impianto di sollevamento, avrà dimensioni interne 5.4 m x 5.4 m. A tergo della cabina sarà realizzato un muro a retta al fine di contenere la scarpata.

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 locale di manovra, ove sono alloggiate le valvole, 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** e sarà costituito da due pompe, di cui una di riserva, dotate di inverter per una potenza di ciascuna pompa di circa 20 Kw.

Nella Figura 6-6 si riporta lo schema di derivazione e scarico di fondo nello stato di progetto.

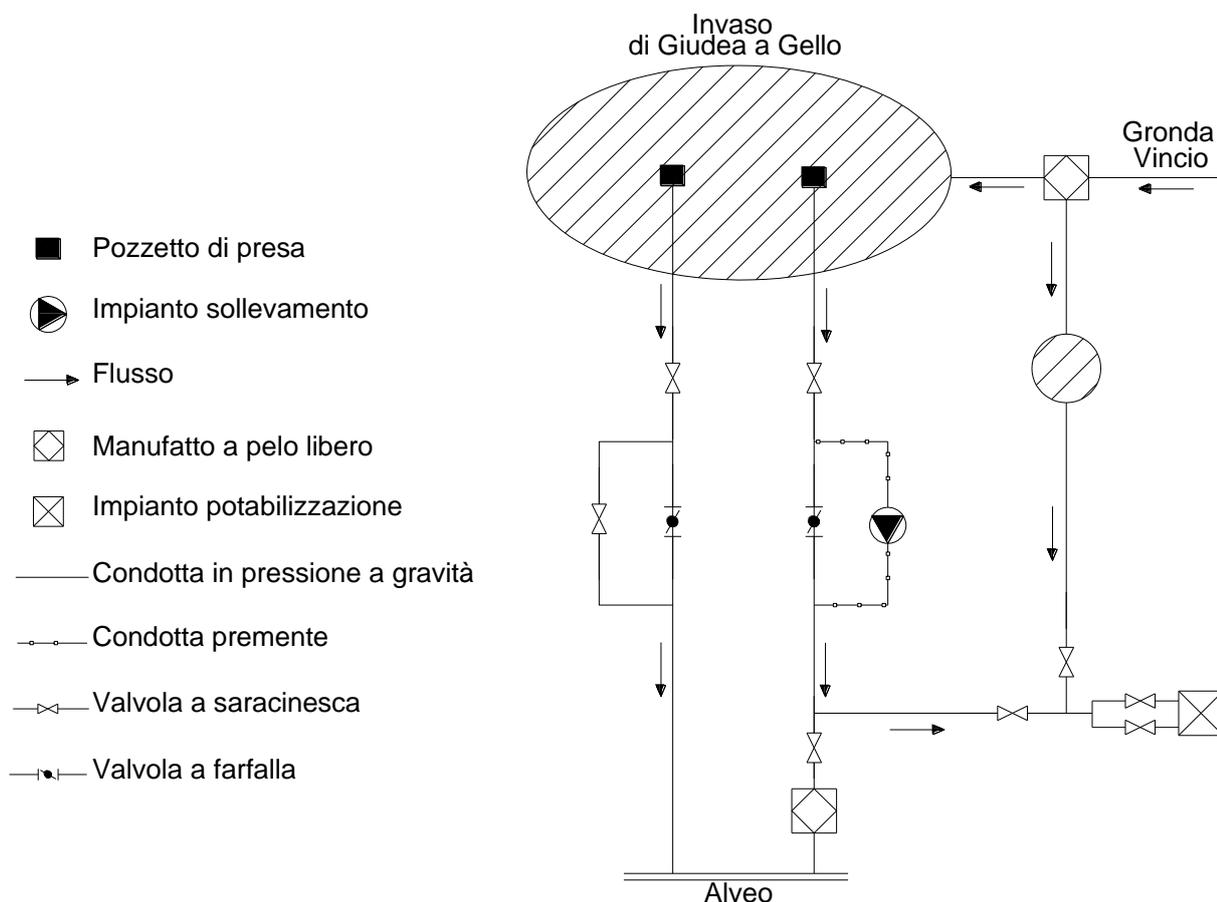


Figura 6-6 Schema funzionale dello scarico di fondo e della derivazione - Stato di progetto

Il tempo minimo necessario per il vuotamento completo dell'invaso fino alla quota di fondo di progetto (128.0 m s.l.m.) a partire dalla quota di massima regolazione di progetto (pari a 140.3 m s.l.m.), in assenza di contemporanee adduzioni al lago, risulta di circa **100 ore (4.17 giorni)**.

La soglia di vuotatura del 75% del volume di invaso del serbatoio (pari a 211'085 m³) a partire dalla quota di massima regolazione (281'447 m³) viene raggiunta in un tempo pari a 72 ore (3 giorni) e corrisponde a conseguimento del livello di 113.9 m s.l.m. a cui compete un volume di 70'362 m³.

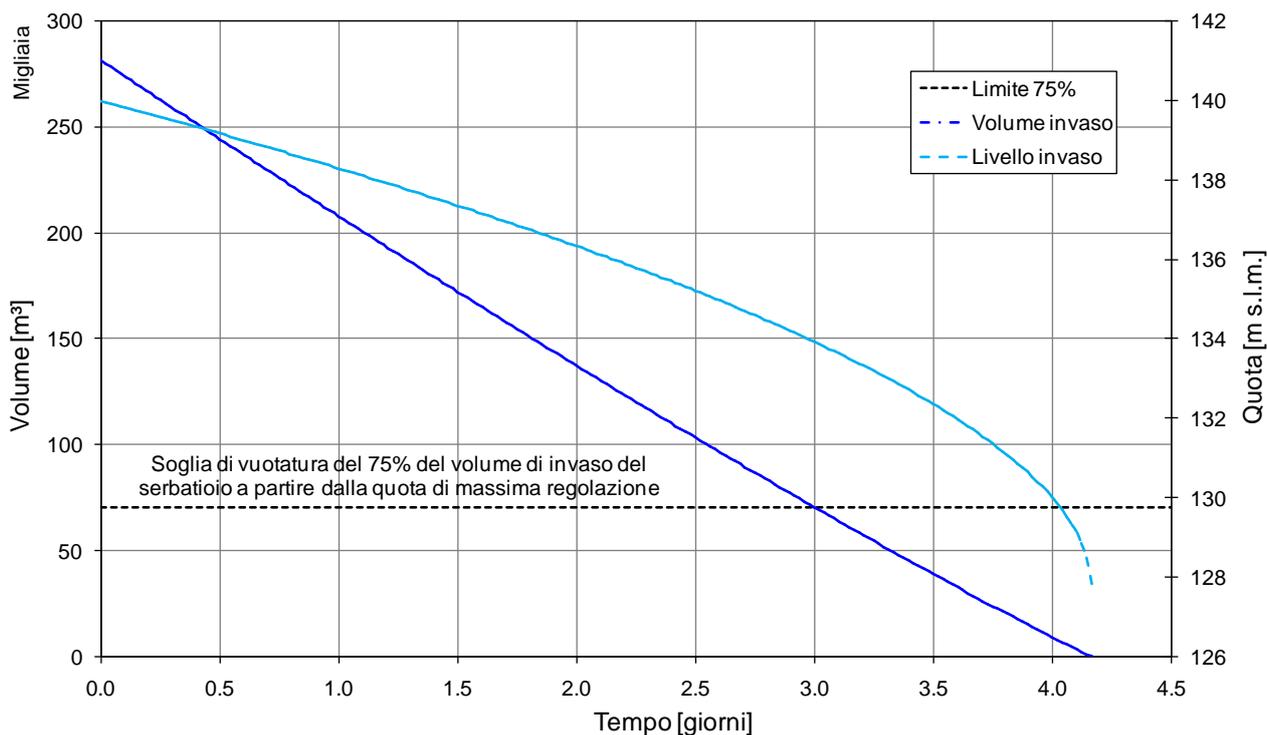


Figura 6-7 Andamento dei volumi durante il vuotamento dell'invaso nello stato di progetto

6.8. ORGANI DI MANOVRA PRESA TORRENTE VINCIO

L'invaso è alimentato tramite condotta di derivazione dal torrente Vincio. Gli organi 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.

6.9. LE SPONDE DELL'INVASO

In sponda sinistra è presente un fenomeno franoso già oggetto di interventi di consolidamento in passato.

Gli **interventi volti a garantire la stabilità della sponda** consistono nella realizzazione delle seguenti operazioni:

- asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate;
- realizzazione degli ammorsamenti a gradoni, propedeutica alla successiva stesura del terreno di riporto;
- riprofilazione della sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.

Il materiale per la realizzazione della riprofilazione proviene dall'abbassamento del piano di coronamento. Il riporto, opportunitamente costipato e ammorsato, può raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL del corpo diga; quindi nelle verifiche di stabilità per i parametri geotecnici del terreno di riprofilatura sono adottati parametri conservativi pari a quelli della **sub-unità AL**.

Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è prevista una **sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque**. Tale sistemazione prevede la messa in opera di **tre ordini di canalette** che convogliano le acque

meteoriche verso il **canale di impluvio** realizzato in massi. La sponda così sistemata sarà rifinita mediante **inerbimento**. Al fine di *monitorare la stabilità della sponda* è prevista l'installazione di **6 inclinometri**.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati *ET.04*.

6.10. GLI STRUMENTI DI MONITORAGGIO

Per il monitoraggio degli spostamenti verticali e orizzontali del corpo diga sarà realizzata una rete di caposaldi 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. 4 caposaldi di riferimento topografico fondati su palo alla profondità di 10 m e posti esternamente al corpo diga;
- n. 23 punti di misura fondati su blocco di calcestruzzo di dimensioni 40x40x40 posti sul paramento di monte (n. 7) e sul paramento di valle (n. 16);
- n. 1 postazione di misura detta *stazione del cannocchiale di misura e della mira fissa* posta su un'opportuna piattaforma in calcestruzzo, fondata su pali, ai lati del coronamento della diga;
- n. 6 piezometri tipo Casagrande e n. 6 piezometri a tubo aperto posti in parallelo rispetto ai precedenti di cui n. 3 +3 sul coronamento e n. 3 +3 sulle banchine di valle;
- 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 attraverso l'utilizzo dei drenaggi.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *ET.27 Relazione monitoraggio*.

7. ANALISI IDROLOGICA

La relazione idrologica a supporto della progettazione definitiva ha previsto la verifica della conformità degli interventi di adeguamento idraulico previsti ai requisiti indicati al punto C.1 del D.M. 26/06/2014.

Al fine di procedere alla verifica idraulica dell'opera di sfioro è stato condotto un aggiornamento delle analisi idrologiche condotte in passato. Sono state prese 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 (software *PIENE v.4.13*) 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*: 40 mc/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, mentre quella di 3000 anni era stata stimata in $7.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nel presente Progetto Definitivo i valori delle succitate portate sono sostanzialmente confermate sulla base di un modello idrologico di maggiore dettaglio, che ha fornito per la **portata di 1000 anni un valore al**

colmo di 6.3 m³/s e di 8.4 m³/s per quella di 3000 anni. Con lo stesso modello sono stati stimati anche i contributi del torrente Tazzera, recettore dello scarico di superficie.

Nell'ambito della relazione è stato, inoltre, valutato l'**effetto di laminazione esercitato dal serbatoio** nello stato di progetto sulle portate di piena col fine di verificare il rispetto del franco idraulico minimo regolamentare secondo la procedura riportata ai punti C.1 e C.2 del D.M. del 26/06/2014.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione *ET.02 Relazione idrologica*.

8. ANALISI IDRAULICA

La relazione idraulica a supporto della progettazione definitiva ha riguardato la **verifica idraulica dello stato di progetto** col fine di valutare sia la **capacità di deflusso del canale fugatore e della vasca di dissipazione alle portate scaricate** sia la **stima degli effetti sul reticolo idrografico attuale fino alla confluenza nel torrente Tazzera**.

Il modello idraulico adottato è costituito da un modello unidimensionale in moto permanente in corrente mista (software *HEC-RAS v.5.0.6*). Le verifiche idrauliche sono condotte per le portate al colmo calcolate per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni tenendo conto dell'effetto di laminazione esercitato dal serbatoio.

Il calcolo dei profili idrometrici è condotto assumendo che il moto della corrente possa avvenire sia in corrente lenta sia in corrente veloce. I colmi delle portate con cui è cimentato lo stato di progetto sono riportati nella Tabella 8-1.

Corso acqua	Sezione [codice]	River station [#]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀₀ [m ³ /s]	Q ₃₀₀₀ [m ³ /s]
Fugatore	SF001	62	1.52	1.66	1.87	2.1	2.49	2.87	3.6
Fugatore	SF021	42	1.7	1.86	2.11	2.39	2.87	3.33	4.21
Fugatore	TAZ002	18	2.78	3.19	3.68	4.23	5.76	6.69	8.48
Fugatore	TAZ007	13	2.96	3.41	3.93	4.52	6.22	7.22	9.15
Fugatore	TAZ016	4	3.03	3.71	4.32	4.97	6.92	8.04	10.19
Rio Tazzera	TAZ2011	10	14.67	18.74	22.93	27.22	32.84	32.84	32.84
Rio Tazzera	TAZ2006	5	17.41	22.30	27.20	32.19	39.39	40.43	42.47

Tabella 8-1 Portate al colmo per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 500, 1000 e 3000 anni

Per ciascun tempo di ritorno il modello unidimensionale in moto permanente fornisce portate e livelli idrometrici per ciascuna sezione fluviale.

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 fugatore.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione ET.03 Relazione Idraulica.

9. VERIFICHE DI STABILITÀ

9.1. VERIFICHE DI STABILITÀ PER IL CORPO DIGA

Nell'elaborato *ET.08* sono illustrati la metodologia ed i risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità relative al corpo diga nello stato di progetto svolte ai sensi del *D.M. del 26 giugno 2014*.

Gli interventi di progetto sono assimilabili ad interventi di adeguamento in quanto modificano la diga attuale mediante un insieme sistematico di opere tali da portare ad un'opera dal comportamento strutturale diverso da quello precedente, così come definito al *cap. H.2.1 del D.M. 26/06/2014*. Per gli interventi di adeguamento occorre fare riferimento a quanto riportato nel *cap. C del D.M. 26/06/2014 per le nuove realizzazioni*.

Nella relazione sono riportati i risultati delle verifiche condotte sullo sbarramento:

- verifica alla filtrazione;
- verifica al sifonamento;
- verifiche di stabilità.

La **filtrazione nel corpo diga** è stata modellata sia in condizioni di moto vario, con il programma *VS2DTI* del *U.S Geological Survey* che simula la **filtrazione bidimensionale** in un mezzo poroso, sia in condizioni di moto permanente, con il programma *Seep/W* della *Geostudio*.

La **verifica alla filtrazione e al sifonamento** sono svolte con il programma *VS2DTI* del *U.S Geological Survey*, che simula la filtrazione bidimensionale in un mezzo poroso in condizioni di moto vario.

Le **verifiche di stabilità** sono condotte con il programma *Stap Terreni 14.0* della *Aztec* su n. 3 sezioni rappresentative del profilo di progetto dello sbarramento.

Dall'analisi dei risultati si evince che **a seguito degli interventi il corpo diga rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. del 26 giugno 2014** in assenza di azioni sismiche.

Nelle condizioni sismiche per gli stati limite di esercizio (SLO e SLD) si verificano spostamenti complessivamente trascurabili.

Nelle condizioni sismiche per gli stati limite ultimi (SLV e SLC) si verificano spostamenti complessivamente contenuti.

Per i dettagli si rimanda agli elaborati *ET.08, ET.08a, ET.08b, ET.08c e ET.08d*.

8.1.1 Verifiche di stabilità corpo diga mediante modello completo

Per il corpo diga è stato implementato un modello numerico per i seguenti scopi (elaborato *ET.09*):

- valutare la stabilità del sistema in condizioni sismiche;
- valutare gli spostamenti in cresta in condizioni sismiche;
- valutare la stabilità del corpo della diga in condizioni di post-sisma.

Il codice di calcolo adottato è il codice agli *Elementi Finiti code_aster*, utilizzato dalla casa madre EDF e validato negli ambiti di applicazione dell'ingegneria civile e, nello specifico, sui geo-materiali.

Il modello è stato utilizzato per l'analisi dinamica non lineare della risposta a **28 input sismici** (7 per ogni stato limite come indicato dalla normativa vigente) generati per la zona ove sorge l'opera.

La modellazione *THM (Thermo-Hydraulique-Mecanique)* permette lo studio dell'evoluzione del comportamento di materiali porosi saturi o insaturi. Il terreno viene quindi trattato come un materiale che è soggetto al degrado delle proprie caratteristiche meccaniche in funzione del grado di danno che si sviluppa durante l'applicazione della sorgente esterna.

Ognuna delle 28 analisi dinamiche si svolgono in tre diverse fasi:

- in una prima fase viene applicato il peso proprio e le pressioni interstiziali statiche;
- successivamente il sistema viene eccitato dal rispettivo input sismico, campionato a 100 Hz, come originariamente fornito;
- infine si effettua una verifica post sisma applicando ai carichi statici un fattore di sicurezza **FS pari a 1.2** (a moltiplicare i carichi gravitazionali).

Sintetizzando si rileva che lo **spostamento verticale medio** provocato dalle 7 analisi allo SLC sia pari a $d_{z,mean} = -184.8$ mm, con una deviazione standard $d_{z,std} = 68.02$ mm. Lo **spostamento massimo** è risultato pari a circa **-310 mm**, per il segnale SLC M3.

La stima della **vulnerabilità post sisma**, basata sulla condizione di equilibrio dopo il segnale sismico, mette in evidenza che, malgrado ci sia un incremento di deformazione, **nessuno dei segnali SLC post sisma mostra segni di instabilità**.

Per i dettagli si rimanda all'elaborato ET.09.

9.2. VERIFICHE DI STABILITÀ SPALLE DIGA, SCARICO DI SUPERFICIE E ARGINI CANALE

Nell'elaborato ET.10 sono illustrati la metodologia ed i risultati delle analisi condotte sulle sponde residuali del coronamento dello sbarramento e sulle sponde del canale fugatore e sui rilevati arginali del canale di derivazione nel Rio Tazzera.

In particolare sulle **sponde del coronamento e del canale fugatore** sono state eseguite solamente le *verifiche di stabilità* dei versanti di progetto, mentre sui **rilevati arginali del canale di derivazione** sono previste le seguenti verifiche:

- *verifica alla filtrazione;*
- *verifica al sifonamento;*
- *verifica al sollevamento;*
- *verifiche di stabilità dei paramenti.*

La **verifica alla filtrazione e al sifonamento** è stata condotta con il programma *VS2DTI* del *U.S Geological Survey* che simulala filtrazione bidimensionale in un mezzo poroso in condizioni di moto vario. I risultati delle verifiche alla filtrazione in termini di linea di filtrazione sono stati utilizzati successivamente nelle verifiche di stabilità.

Le **verifiche di stabilità** sono state condotte con il programma *Stap Terreni 14.0* della *Aztec*.

La relazione illustra, inoltre, le verifiche condotte sul **muro in massi ciclopici** posto al piede del paramento di valle della diga. Il muro a gravità è realizzato con numero 2 gradoni per lato, alti ciascuno circa 1.20 m (altezza finita del muro pari a 2.5 m). I massi sono previsti larghi in pianta 1.25 m. L'altezza fuori terra lato valle è pari a 1.80 m, essendo la quota in corrispondenza dell'unghia del paramento di valle pari a 120.0 m s.l.m. e la quota al piede di valle del muro pari a 118.2 m s.l.m.. Il muro è interrato a valle per 55 cm. I massi sono appoggiati su una soletta in calcestruzzo spessa 20 cm inclinata verso monte di 10°.

Per il muro sono eseguite le verifiche riportate di seguito:

- *verifica a scorrimento;*
- *verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno;*
- *verifica a ribaltamento;*
- *verifiche alla stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.*

Il dimensionamento e le **verifiche del muro di sostegno** sono stati eseguiti con il programma *Max 14.0* della *Aztec*.

Le verifiche effettuate risultano conformi alla normativa di riferimento e **soddisfano i coefficienti di sicurezza minimi**, per il dettaglio dei risultati si rimanda agli elaborati *ET.10*, *ET.10a*, *ET.10b*, *ET.10c* e *ET.10d*.

9.3. VERIFICHE DI STABILITÀ FRONTI DI SCAVO

Nell'elaborato *ET.11* sono illustrati la metodologia ed i risultati delle verifiche di stabilità dei fronti di scavo del paramento di valle del corpo diga, nel corso della realizzazione del dreno, e dei versanti, nel corso della realizzazione del canale fuggatore.

Le **verifiche di stabilità** sono state condotte con il programma *Stap Terreni 14.0* della *Aztec*. Tutte le verifiche sono state condotte nel rispetto della normativa vigente ed **soddisfano i coefficienti di sicurezza minimi**, per il dettaglio dei risultati si rimanda agli elaborati *ET.11* e *ET.11a*.

9.4. VERIFICHE DI STABILITÀ SPONDA SINISTRA INVASO

Nell'elaborato *ET.12* si riportano la metodologia ed i risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità relative alla **sponda sinistra dell'invaso**, la quale è stata interessata, negli anni '90, da eventi franosi. Attualmente sulla sponda è presente il residuo stabilizzato del corpo di frana, poiché il terreno franato negli anni è stato asportato.

In particolare sulla sponda sinistra sono eseguite le **verifiche di stabilità dello stato attuale**, al fine di indagare l'instabilità e le criticità del versante.

I risultati ottenuti hanno permesso di definire gli **interventi** da eseguire sulla sponda.

Gli **interventi** volti a garantire la stabilità della sponda prevedono di:

- *asportare il residuo stabilizzato del corpo di frana;*
- *realizzare degli ammorsamenti a gradoni;*
- *riprofilare la sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.*

Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è prevista una *sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque ed inerbimento.*

Sulla sponda sono condotte quindi le **verifiche di stabilità dello stato di progetto.**

Il *modello geotecnico* della sponda è stato ricostruito utilizzando i risultati riportati negli elaborati di natura geologica, geologico-tecnica e sulle campagne geognostiche dirette, indirette nonché sulle risultanze delle indagini di laboratorio condotte.

Le **verifiche di stabilità** sono condotte con il programma *Stap Terreni 14.0* della Aztec su n. **3 sezioni rappresentative** della sponda (codici: VS_02; VS_03; VS_04).

Dall'analisi effettuata si evince che **la sponda sinistra allo stato attuale non rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dalle N.T.C. 2018 per le verifiche a lungo termine.**

Dall'analisi dei risultati si evince che **la sponda sinistra nello stato di progetto rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dalle N.T.C. 2018.**

Per il dettaglio dei risultati si rimanda agli elaborati *ET.12 e ET.12a.*

10. VERIFICHE STRUTTURALI

Per l'elaborazioni delle verifiche strutturali eseguite si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- **Legge n. 1086 del 05/11/1971**
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **Legge n. 64 del 02/02/1974**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **Circolare Ministeriale n. 11951 del 14/02/1974**
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (D.M. 26 Giugno 2014)**
- **Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Istruzioni MIT DG Dighe Luglio 2018**
Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26 Giugno 2014 e al D.M. 17 Gennaio 2018 in merito alle verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Procedura MIT DG Dighe Marzo 2019**
Procedura per la rivalutazione sismica delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**
Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Allo stato attuale la diga di Giudea presenta carenze che non garantiscono le minime condizioni di sicurezza idraulica previste dalle norme del D.M. del 26 giugno 2014.

L'interventi strutturali previsti consistono in:

- realizzazione manufatti scatolari a C in cemento armato per canale fugatore;
- realizzazione impalcato in acciaio su canale fugatore;
- realizzazione manufatti scatolari in cemento armato per ponte su canale fugatore;
- realizzazione manufatti scatolari a C in cemento armato su Rio Tazzera;
- realizzazione vasche di dissipazione in cemento armato su Rio Tazzera;
- realizzazione manufatti scatolari in cemento armato per ponte su Rio Tazzera;
- realizzazione manufatto valvole con struttura portante in muratura.

Le verifiche strutturali degli interventi in progetto sono riportate negli elaborati da *ET.14* a *ET.17*.

Nelle tavole dalla *STR.01* alla *STR.10* si riportano i particolari strutturali delle singole opere.

11. IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici per l'illuminazione della diga e l'impianto di sollevamento sono descritti nella relazione *ET.20 Relazione impianti elettrici* e nell'elaborato *ET.20a Disciplinare descrittivo impianti elettrici*.

Brevemente si riportano i principali interventi.

L'alimentazione sarà prelevata dal **quadro elettrico generale** esistente su cui sarà installato un nuovo MGT 4X36 A, accanto al quadro generale sarà installato il quadro elettrico (**quadro pompe**) a servizio delle pompe (1 + 1 riserva) poste a circa 300 m ed il **quadro elettrico di misura**.

Sul nuovo quadro pompe verrà installato un nuovo MGT-D per l'alimentazione del **quadro servizi** (illuminazione e prese) relativi al **locale pompe**.

All'interno del locale oltre al quadro di servizio saranno installati l'impianto di **illuminazione ordinaria, di emergenza** e un **impianto FM**. Verrà adeguato l'impianto a terra.

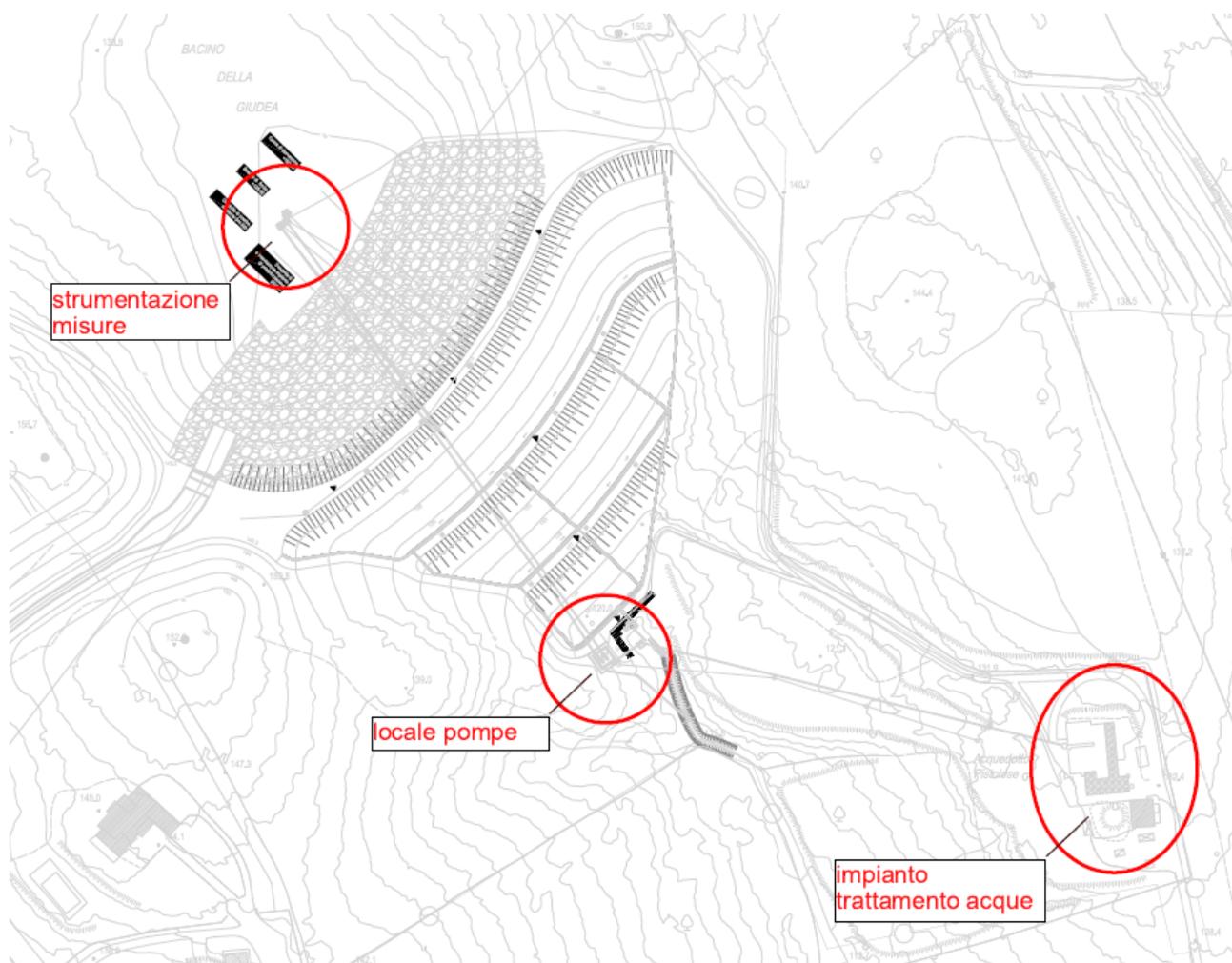


Figura 11-1 Inquadramento interventi elettrici

Negli elaborati grafici *EG.44 Planimetria impianti elettrici*, *EG.44a Planimetria generale impianti elettrici*, *EG.44b Particolari costruttivi impianti elettrici* e *EG.44 Schemi quadri elettrici* si riportano la planimetria e i particolari degli impianti elettrici.

12. INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

Nell'elaborato *ET.22 Relazione Paesaggistica* è stato valutato l'inserimento paesaggistico dell'intervento.

La relazione paesaggistica è stata redatta a supporto della richiesta di verifica dell'intervento di progetto ai sensi dell'art. 146 del *Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio* D.L. n 42 del 22 gennaio 2004.

La tipologia di intervento proposto è relativa ad una modifica del serbatoio della Giudea, posto in località Gello del Comune di Pistoia. E' stato descritto lo stato attuale dei luoghi e inquadrata l'area d'intervento dal punto di vista della pianificazione territoriale sia comunale che sovraordinata. Sono stati individuati i vincoli paesaggistici che insistono sull'area d'intervento. Sono state riassunte le principali caratteristiche dell'invaso di progetto che prevede l'abbassamento del corpo diga e la messa in sicurezza idraulica dell'invaso con la realizzazione del nuovo scarico di superficie. Sono stati analizzati inoltre alcuni elementi di mitigazione degli impatti sia per la fase di cantiere sia per la sistemazione definitiva.

Vista la tipologia delle opere in progetto e la priorità volta alla messa in sicurezza di un impianto esistente, non sono stati riscontrati aspetti in contrasto con i contenuti della pianificazione territoriale urbanistica e *Disciplina dei Beni Paesaggistici*; si richiamano comunque le prescrizioni illustrate nell'elaborato, volte alla realizzazione di opere che si inseriscano in modo armonico nello specifico contesto paesaggistico collinare.

Nella Figura 12-1 e nelle tavole EG.46a e EG.46b si riportano i foto inserimenti dell'intervento in progetto.



Figura 12-1 Foto inserimento degli interventi in progetto

13. GESTIONE DELLE MATERIE

La realizzazione degli interventi di progetto prevede la movimentazione di terre e rocce da scavo all'interno dell'area di cantiere. Sono inoltre previsti esuberi di terre per le quali sia necessario il loro trasporto ad altri cantieri o a impianti di recupero. Inoltre il progetto prevede anche la produzione di materiali di risulta dalle demolizioni, che saranno conferiti a discarica o a impianto di recupero.

Il **Piano di Gestione delle materie** definisce e individua:

- la tipologia e la gestione dei materiali di risulta;
- la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo;
- le modalità di smaltimento dei materiali di risulta delle demolizioni.

Il **Piano di Utilizzo** valuta i tipi di terreni presenti e dell'impiego degli stessi, una volta che saranno escavati diminuendo l'altezza dello sbarramento presente

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

La caratterizzazione dei terreni è stata eseguita in due fasi temporalmente distinte tra loro. La prima caratterizzazione è avvenuta negli anni passati durante la vigenza del *Decreto Ministeriale 10 agosto 2012, n. 161 Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo*, oggi abrogato. La caratterizzazione effettuata risulta comunque conforme dal punto di vista metodologico a quella dei riferimenti normativi attuali rappresentati, per il caso in esame, dal *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale (in seguito D. Lgs. 152/2006)* e dal citato *D.P.R. 120/2017*.

La seconda caratterizzazione effettuata è stata svolta durante il primo semestre del 2018, ovviamente in modo conforme al citato *D.P.R. 120/2017*.

Le indagini chimiche hanno evidenziato la presenza dell'inquinante Cromo VI in un'area superficiale e sul lato destro del rilevato di sbarramento con valori superiori alla soglia di Colonna A, ma inferiori ai limiti di Colonna B della *Tabella 1 dell'allegato 5 parte IV del D. LGS. 152/06*. Si fa presente che le operazioni di scavo non interesseranno livelli acquiferi.

I materiali oggetto di scavo saranno circa **230.000 mc** e saranno gestiti come di seguito riportato:

- circa **220.000 mc** saranno gestiti in regime di sottoprodotto e conferiti nell'area gestita da *Ambiente S.r.l. con sede in Via Ville, 4 – 51034 Serravalle Pistoiese (Pt)* dove saranno utilizzati per il recupero della ex cava Bruni. L'impianto è autorizzato a ricevere terre e rocce da scavo in regime di sottoprodotto sia in Colonna A che in Colonna B di cui alla *tabella 1 dell'Allegato 5 al titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006*;
- circa **10.000 mc** saranno gestiti secondo quanto stabilito *dalla lettera c del comma 1 dell'art. 185 del D. Lgs. 152/2006* e utilizzati nel sito di produzione per modellare le sponde dell'invaso della Giudea;
- circa **10 mc** saranno gestiti in regime di rifiuti e smaltiti in un impianto debitamente autorizzato che sarà individuato al momento dei lavori.

Per un'approfondita trattazione del tema si rimanda alle relazioni da *ET.23* e *ET.24*. Nelle tavole *AMB.01*, *AMB.02* e *AMB.03* si riportano le planimetrie delle indagini ambientali.

14. GESTIONE DELLE INTERFERENZE

Per la risoluzione delle principali interferenze che interessano l'area di intervento, è condotto uno studio finalizzato alla loro individuazione e alla possibile risoluzione.

Le interferenze sono le seguenti:

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



Figura 14-1 Saracinesca alimentazione invaso

Si rimanda all'elaborato *ET.21* per la risoluzione delle interferenze.

15. LA CANTIERIZZAZIONE

La relazione di cantierizzazione (ET.19) descrive l'organizzazione della cantierizzazione per la realizzazione degli interventi di adeguamento dell'invaso.

Sono state individuate 13 fasi di lavoro:

- **Fase 1:** *allestimento cantiere;*
- **Fase 2:** *scarico di superficie canale recettore;*
- **Fase 3:** *canale fugatore tratto di valle;*
- **Fase 4:** *canale fugatore tratto di monte;*
- **Fase 5:** *sbassamento diga;*
- **Fase 6:** *sistemazione scarpata in sponda sinistra;*
- **Fase 7:** *realizzazione drenaggio a valle;*
- **Fase 8:** *scogliera paramento di monte;*
- **Fase 9:** *opera di presa e scarico di fondo;*
- **Fase 10:** *realizzazione drenaggio acque meteoriche;*
- **Fase 11:** *realizzazione viabilità;*
- **Fase 12:** *monitoraggio e illuminazione;*
- **Fase 13:** *smobilizzo cantiere.*

L'intervento prevede l'allestimento di **due cantieri base A e B** uno in prossimità dell'impianto di potabilizzazione e uno in corrispondenza dell'opera di scarico prospiciente il torrente Tazzera.

L'area occupata da ciascun cantiere base avrà un'estensione pari a circa **450 mq**.

L'area sarà soggetta a occupazione temporanea durante l'intera durata delle lavorazioni.

L'**accesso principale** all'area di cantiere sarà quello posto in corrispondenza di **Via di Sarripoli**, saranno allestiti due ulteriori **ingressi secondari** in **Via di San Giorgio**.

Al termine dei lavori i cantieri base A e B saranno completamente rimossi e le zone limitrofe saranno oggetto di ripristino alle condizioni iniziali.



Figura 15-1 Localizzazione Cantiere base A e B

Per una migliore comprensione delle fasi di lavoro la relazione è accompagnata dal cronoprogramma *ES.01* e dagli elaborati grafici *EG.45a*, *EG.45b*, *EG.45c*, *EG.45d*, *EG.45e*, *EG.45f*, *EG.45g*, *EG.45h*, *EG.45i*.

16. IL PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO

Il Piano Particellare di Esproprio è riportato nell'elaborato *ET.26* costituito dagli elaborati denominati *Tav.12a, Tav.12b, Tav.12c e Tav.12d*.

Si è provveduto ad acquisire del materiale orto fotografico, è stato esaminato lo sviluppo del tracciato e sono state individuate le **aree di esproprio**, di **asservimento** e di **occupazione temporanea**.

Le **mappe catastali** utilizzate come supporto di base per la stesura delle tavole del piano particellare sono state reperite in formato digitale tramite il portale web dell'*Ufficio Territoriale dell'Agenzia delle Entrate* (Ex. Agenzia del Territorio) di competenza per zona (Pistoia).

La **cartografia degli strumenti urbanistici** è stata reperita in formato digitale direttamente dal sito web dell'*Amministrazione Comunale di Pistoia* (PT).

La cartografia è poi stata elaborata mantenendo il formato digitale evidenziandone graficamente le aree interessate dall'intervento e specificandone la loro destinazione urbanistica.

A seguito dell'individuazione delle particelle interessate da esproprio, asservimento ed occupazioni temporanea sono state eseguite le relative **visure catastali** per determinare i dati identificativi (intestazione, superficie, reddito agrario, reddito dominicale, ecc.). Tali visure sono state eseguite non appena è stata definita la tavola di piano particellare, presso il *Nuovo Catasto Terreni*.

Le principali Leggi in materia di *Procedimenti Espropriativi* a cui è stato fatto riferimento sono:

- **D.P.R. n°327/2001 e s.m.i.** – Testo Unico in Materia di Espropriazioni per Pubblica Utilità;
- **L.R. Toscana n°30/2005** – Disposizione in Materia di Espropriazioni per Pubblica Utilità;
- **L.R. n°69/2011** – Istituzione dell'Autorità Idrica Toscana;
- **Sentenza Corte Costituzionale n°348 del 24/10/2007** (mod. art. 37 D.P.R. n°327/'01);
- **Legge 241/1990 e s.m.i.**- Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi.

17. I COMPUTI METRICI

La redazione del computo metrico è basata sulla valorizzazione di voci di prezzo del *Prezzario dei lavori pubblici della Regione Toscana riferiti alla Provincia di Pistoia* e di voci di prezzo elaborate secondo le indicazioni procedurali adottate nel *Prezzario dei Lavori Pubblici della Toscana* utilizzando prezzi provenienti da indagini di mercato, condotte tramite consultazione degli operatori economici sul territorio regionale e nazionale, e i prezzi elementari dei mezzi, delle attrezzature e della mano d'opera del prezzario dei lavori pubblici della Regione Toscana relativi alla Provincia di Pistoia (Analisi Prezzi e Elenco Prezzi).

Il computo metrico è stato redatto sulla base di due aspetti fondamentali quali:

- *classificazione*, ovvero l'individuazione delle lavorazioni attraverso le quali è stato redatto l'elenco delle voci del computo metrico (elenco prezzi);
- *misurazione*, ovvero l'individuazione delle quantità facendo riferimento ai disegni progettuali mediante tecniche di computazione quali misure in linea d'asse, vuoto per pieno, fuori tutto e sezioni ragguagliate.

I computi metrici sono riportati negli elaborati da *EE.01* a *EE.05*.

18. SINTESI DELLE CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'INVASO DI PROGETTO

Nella Tabella 18-1 si riassumono le caratteristiche principali dell'invaso di progetto messe a confronto con quelle dell'invaso attuale.

	Invaso Attuale	Invaso di progetto
Dati principali della diga		
<i>Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82 / D.M. 24/06/2014⁴</i>	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
<i>Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82</i>	31,9	25,1 (143,3-118,2)
<i>Altezza della diga ai sensi del L. 584/1994 / D.M 24/06/2014 [m]</i>	31,9	25,1
<i>Altezza massima ritenuta [m]</i>	23,26	12,33 (140.33 - 128.00)
<i>Quota del coronamento [m s.l.m.]</i>	150,06 (150,.20) ⁵	143,30
<i>Larghezza del coronamento [m]</i>	6	5,5
<i>Franco disponibile ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 / D.M 24/06/2014 [m]</i>	1,8	2,97
<i>Franco richiesto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82/ D.M 24/06/2014 [m]</i>	1,8	2,38
<i>Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 / D.M 24/06/2014 [m]</i>	1,8	2,67
<i>Sviluppo del coronamento [m]</i>	293,5	205
<i>Volume della diga [m³]</i>	260'000	170'000
Dati principali del serbatoio		
<i>Quota massimo invaso TR 3000 anni [m s.l.m.]</i>	---	140,33
<i>Quota massimo invaso TR 1000 anni [m s.l.m.]</i>	148,26	140,29
<i>Quota massima regolazione [m s.l.m.]</i>	147,76 (148.20 – 148.30)	140,00
<i>Quota minima regolazione [m s.l.m.]</i>	134	130,00
<i>Quota minima al piede diga lato monte [m s.l.m.]</i>	125,0	128,00
<i>Quota minima al piede diga lato valle [m s.l.m.]</i>	118,2	118,2
<i>Volume totale invaso [m³]</i>	754'600	297'430
<i>Volume utile di regolazione [m³]</i>	759'534	268'297
<i>Volume morto [m³]</i>	44'000	13'002

⁴ 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

⁵ Le quote tra parentesi sono desunte dal rilievo del corpo diga del 2020.

<i>Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso [km²]</i>	0,15	0,15
<i>Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km²]</i>	13,0	13,0
<i>Portata di massima piena di progetto [m³/s]</i>	6,8 (6,0+0,8)	3,60 (portata TR 3000 laminata)
<i>Portata massima derivazione dal T. Vincio [m³/s]</i>	0,8	0,8
<i>Superficie dello specchio liquido alla quota di :</i>		
• <i>massimo invaso [m²]</i>	77'300	49'159
• <i>massima regolazione [m²]</i>	73'400	47'898
• <i>minima regolazione [m²]</i>	16'985	10'697
<i>Pendenze paramento di monte</i>	~2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1	~3.75/1
<i>Pendenza paramento di valle</i>	~2/1	~4.25/1
Dati principali dello scarico di superficie		
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	Soglia grossa rettilinea in sponda destra	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
<i>Quota di soglia [m s.l.m.]</i>	147,76 (148.20 – 148.30)	140,00
<i>Sviluppo della soglia [m]</i>	10,80	10,0
<i>Portata esitata [m³/s]</i>	6,8	3,60
<i>Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m] TR 3000 anni</i>	0,5	0,33
<i>Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.l.m.] TR 3000 anni</i>	148,26	140,33
Dati principali dello scarico di fondo		
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	Tubazione in acciaio Ø 450	Tubazione in acciaio Ø4 50
<i>Quota dell'imbocco [m s.l.m.]</i>	126,26	126,26 (128.0) ⁶
<i>Portata esitata [m³/s]</i>	1,23	0.85
<i>Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.l.m.]</i>	147,76	140.0
Dati principali dell'opera di derivazione		
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	Tubazione in acciaio Ø400	Tubazione in acciaio Ø400
<i>Quota dell'imbocco [m s.l.m.]</i>	134,00	130,00
<i>Portata esitata al potabilizzatore [m³/s]</i>	0,46	0.24 ⁷
<i>Portata esitata al primo scarico a quota 117m s.l.m. [m³/s]</i>	1,018	0,70
<i>Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata</i>	147,76 (148.20 – 148.30)	140.0

⁶ La quota riportata tra parentesi è quella della testa del pozzetto dello scarico di fondo che corrisponde dal fondo lago di progetto.

⁷ La quota all'impianto è stata assunta a 135.5 m s.l.m. ovvero alla sommità delle vasche.

Tabella 18-1: Sintesi delle principali caratteristiche dell'invaso.

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

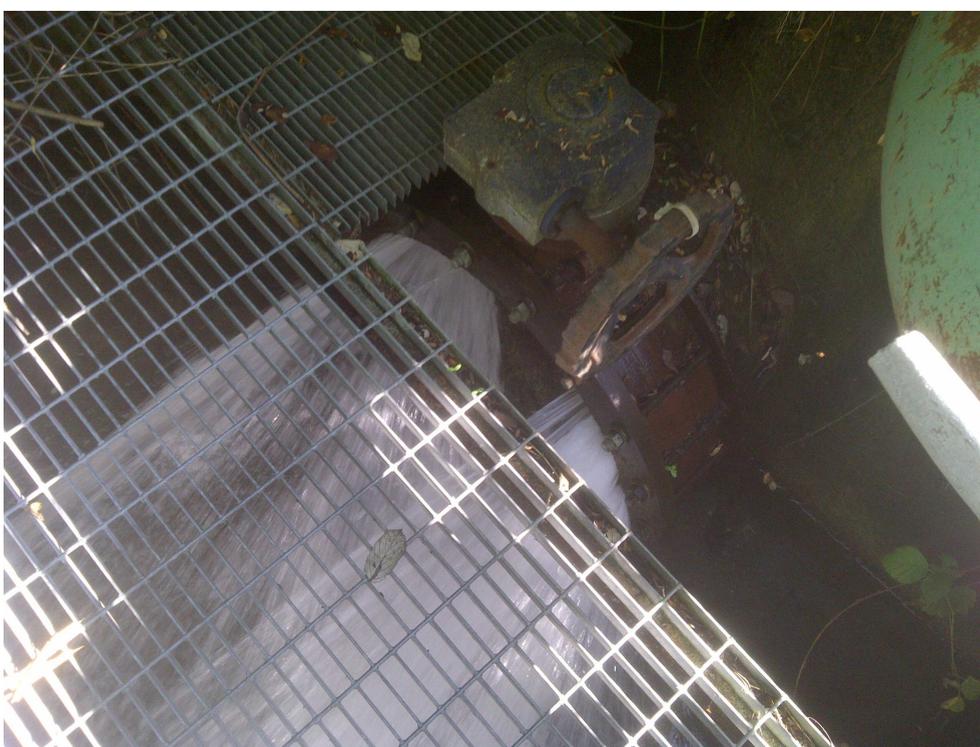


Foto 10: vista saracinesca alimentazione invaso