

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Consorzio di Bonifica
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"



Publiacqua

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

STRALCIO II PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la messa fuori servizio provvisoria e movimentazione terre
dell'invaso della Giudea in loc. Gello

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo

Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Publiacqua S.p.A.

Via Villamagna, 90/C
50126 Firenze

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO:

Direttore tecnico:

Ing. Annaclaudia Bonifazi

Collaborazione alla
progettazione:

Progettisti:

Ing. Giovanni Simonelli

Geom. Luca Iacopini

Indagini Idrauliche
Ing. Leonardo Duranti

Geologia:

Geol. Filippo Landini

Indagini Geologiche
Geol. Carlo Ferri

 **INGEGNERIE TOSCANE**

INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
Via Villamagna 90/c - Firenze
Cod. Fisc. e P. I.V.A. 6111950488
Organizzazione con sistema di gestione certificato
dal RINA in conformità alla normativa
ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

TITOLO:

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

COD.

STII-00A

DATA **MARZO 2014**

COMUNE DI PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

STRALCIO II PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA MESSA FUORI SERVIZIO PROVVISORIA E MOVIMENTAZIONE TERRE
DELL'INVASO DELLA GIUDEA IN LOC. GELLO

RELAZIONE TECNICA - ILLUSTRATIVA

MARZO 2014

Sommario

1	Introduzione	3
1.1	I termini dell'iter autorizzativo e cronoprogramma di autorizzazione dell'intervento	4
2	La descrizione dello stato attuale	7
2.1	Le caratteristiche dell'invaso originario	7
2.2	Le caratteristiche dell'invaso provvisorio autorizzato	10
3	Le caratteristiche dell'intervento di progetto	11
4	Analisi idrologica	13
4.1	Analisi Pluviometrica	14
4.2	Perdite idrologiche	15
4.3	La trasformazione afflussi – deflussi	16
4.3.1	Il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH)	16
4.3.2	L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (IUH-SCS)	16
4.4	Risultati dell'analisi idrologica	17
5	Verifiche idrauliche	19
5.1	Messa fuori servizio invasore mediante svuotamento con scarico di fondo	20
5.2	Verifica evento TR 1000 anni con attuale invasore fuori servizio e scarico di fondo aperto	22
5.3	Verifica evento TR 1000 anni con invasore abbassato fuori servizio e scarico di fondo aperto	23
5.4	Verifica evento TR 1000 anni con invasore in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate	24
5.5	La verifica del canale a valle dell'invasore	25
6	Lo scavo e la movimentazione delle terre	26
6.1	L'accesso al cantiere	26
6.2	La viabilità interna al cantiere	27
6.3	Le modalità di scavo del coronamento	28
6.4	Indicazione sulla gestione delle terre	28
7	La sistemazione provvisoria dell'invasore	29

Allegato 1: Verifiche Idrauliche

Allegato 2: Rilievo fotografico

Allegato 3: Monografie caposaldi

1 Introduzione

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

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

Nell'attesa della progettazione generale degli interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza dell'invaso di Gello, nel 1993 venne progettata e costruita una tura, posta a monte dello sbarramento, per mezzo della quale, si è potuto realizzare un vaso parziale provvisorio di circa 65.000 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 vaso provvisorio fino alla quota 5.5m dell'asta idrometrica (corrispondente alla quota 134,50m slm).

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

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

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

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

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

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

Gli aspetti sopra riportati sono stati oggetto della definizione di un apposito cronoprogramma condiviso tra Comune di Pistoia, Autorità di Bacino del Fiume Arno, Consorzio di Bonifica dell’Ombrone Bisenzio, Publiacqua spa, Regione Toscana e Ufficio Registro Dighe.

1.1 I termini dell’iter autorizzativo e cronoprogramma di autorizzazione dell’intervento

Si riporta di seguito il contenuto del verbale del 19/04/2013 in particolare in relazione alle motivazioni della modifica dell’Accordo di programma e sui tempi d’intervento.

Le principali motivazioni della nuova progettazione sono:

- a) impossibilità, per carenza di finanziamenti, di portare a termine i progetti previsti nell’accordo di programma originario che prevedevano una spesa complessiva di circa 30.000.000 di euro e che avevano già avuto tutte le approvazioni necessarie compresa quella ministeriale dell’Ufficio del registro Dighe;
- b) necessità di una revisione dei progetti e dell’accordo al fine di addivenire al raggiungimento dei principali obiettivi programmati all’origine dell’accordo e dei finanziamenti già concessi (messa in sicurezza statica e sismica della diga e utilizzabilità del bacino ad uso approvvigionamento idropotabile e realizzazione di una cassa di espansione a salvaguardia del tratto a valle del torrente Ombrone) e che costituiscono interesse comune di tutti gli enti interessati;
- c) ipotesi di nuova modalità di intervento sia sulla diga della Giudea in loc. Gello che per la realizzazione della cassa di espansione dei laghi Primavera tale da permettere la riduzione della spesa complessiva del progetto a 15.000.000 di euro, pur mantenendo gli obiettivi e le finalità dell’accordo e della concessione dei finanziamenti, a seguito di una revisione dei costi di esproprio e di alcune modifiche strutturali, non influenti sulle capacità funzionali, della cassa di espansione dei laghi Primavera (nuovo costo 9.000.000 di euro circa) ed una modifica strutturale del progetto della diga della Giudea in loc. Gello che ne garantisce la messa in sicurezza anche sismica e contestuale accumulo per approvvigionamento idropotabile di circa 250/300.000 mc.(nuovo costo 6.000.000 di euro circa);

d) individuazione di una tempistica di intervento certa e programmata tali da assicurare, ai soggetti finanziatori (Ministero e Regione Toscana) la realizzazione delle opere pena la revoca dei finanziamenti concessi;

e) la nuova ipotesi di intervento è caratterizzata dalla necessità, anche per garantire l'economicità dell'operazione, di metter in sicurezza l'invaso di Gello tramite l'abbassamento di circa 8/9 metri dell'altezza della diga in terra e l'utilizzazione delle terre recuperate per l'esecuzione degli argini della cassa di espansione posta più a valle; sulla diga verrebbero quindi realizzate nuovamente tutte le opere accessorie necessarie (canale scolmatore, ecc..) per la gestione di un vaso di soli 250/300.000 mc (contro i 900.000 mc. previsti in precedenza);

f) individuazione di due stralci operativi di intervento sulla diga;

- il primo prevede la messa fuori servizio della diga da subito e fino alla completa esecuzione di tutte le opere necessarie (contemporaneamente dovrebbe essere possibile prelevare i terreni necessari abbassando il coronamento della diga di circa 8/9 metri per trasportarli nella sede di realizzazione degli argini delle casse di espansione);
- il secondo prevede la realizzazione di tutte quelle opere a corredo e necessarie alla funzionalità di una diga con vaso di circa 250/300.000 mc.;

g)- il cronoprogramma delle operazioni necessarie alla realizzazione dell'accordo ipotizzato è il seguente:

SCADENZA	OBIETTIVO	REFERENTE
15/30 maggio 2013	Risultati caratterizzazione chimica e fisica delle terre costituenti il corpo della diga	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2013	Consegna progetto preliminare consolidamento diga vaso di Gello	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2013	Presentazione ad Ufficio Dighe sede Regionale Firenze richiesta autorizzazione per progetto stralcio per messa fuori servizio diga Gello e movimentazione terre	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Luglio 2013	Autorizzazione Ufficio Dighe Firenze a messa fuori servizio diga e progetto stralcio movimentazione terre	Ufficio Dighe Firenze/Roma
30 Luglio 2013	Consegna progetto definitivo cassa di espansione laghi Primavera	Consorzio Ombrone Bisenzio
30 Agosto 2013	Avvio procedimenti esproprio/occupazione progetto definitivo cassa di espansione laghi Primavera	Comune di Pistoia
30 luglio 2013	Consegna progetto definitivo 1° stralcio messa fuori servizio diga Gello e movimentazione terre	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 luglio 2013	Attivazione procedimenti di valutazione impatto ambientale provinciale e altri enti	Comune di Pistoia
15 settembre 2013	Conferenza servizi e approvazione progetti definitivi con autorizzazioni enti vari-	Comune di Pistoia
30 settembre 2013	Avvio procedure di appalto lavori	Comune di Pistoia
30 ottobre 2013	Consegna progetto definitivo 2° stralcio consolidamento	A.I.T./PUBLIACQUA

	definitivo diga gello	S.p.A
30 ottobre 2013	Presentazione Autorizzazione lavori ad Ufficio Dighe x 2° stralcio diga Gello	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
28 febbraio 2014	Completamento procedure di appalto e affidamento definitivo lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
1 Aprile 2014	Inizio effettivo lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
30 Aprile 2014	Risposta autorizzazione Ufficio Dighe x 2° stralcio consolidamento diga Gello	Ufficio Dighe Firenze/Roma
30 Maggio 2014	Conferenza servizi ed autorizzazioni uffici vari 2° stralcio consolidamento diga Gello	Comune di Pistoia
30 Giugno 2014	Completamento Progetto Esecutivo 2° stralcio consolidamento diga Gello (comprensiva prescrizioni Uff Dighe)	A.I.T./PUBLIACQUA S.p.A
30 Giugno 2014	Avvio procedure appalto lavori 2° stralcio consolidamento diga Gello	Comune di Pistoia
30 Novembre 2014	Completamento procedure appalto e affidamento definitivo lavori 2° stralcio consolidamento diga gello	Comune di Pistoia
1 Aprile 2015	Inizio effettivo lavori 2° stralcio consolidamento diga gello	Comune di Pistoia
Sett/Ott 2015	Ultimazione lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia
Sett 2016	Ultimazione lavori costruzione cassa espansione laghi primavera e 1° stralcio messa fuori servizio diga e movimentazione terre	Comune di Pistoia

Dal punto di vista idraulico le condizioni per la realizzazione dei lavori come sopra suddivisi deve comunque prevedere nella fase transitoria le seguenti prescrizioni:

- che l'invaso resti vuoto con lo scarico di fondo aperto;
- che l'invaso smaltisca o contenga senza danni un eventuale evento eccezionale;
- che venga tolto l'approvvigionamento idrico proveniente dal Vincio di Brandeglio;
- che sia garantita la messa in sicurezza del rilevato dopo il prelievo delle terre.

In particolare nella presente relazione saranno trattati gli aspetti relativi al Progetto definitivo I Stralcio per la messa fuori servizio provvisoria dell'invaso della giudea in Localita' Gello nel comune di Pistoia e movimentazione terre.

2 La descrizione dello stato attuale

2.1 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.

Le principali caratteristiche dell'attuale invaso sono di seguito riportate:

bacino allacciato sotteso dalla presa sul T.Vincio di Brandeglio

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

bacino diretto sotteso dalla diga della Giudea

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

Caratteristiche idrauliche dell'invaso

- portata max in derivazione dal Vincio di Brandeggio: 0.8 mc/s;
- portata max del bacino diretto: 0.15 x 40 6.0 mc/s;
- Q_{max} : 6.8 mc/s;

Caratteristiche geometriche dell'invaso

- Lunghezza al coronamento 295 m;
- Larghezza coronamento 6 m;
- Quota coronamento 150.06 m s.l.m.;
- Quota minima piede di monte 125.0 m s.l.m.;
- Quota minima piede di valle 118.2 m s.l.m.;
- Altezza massima 31.9 m;
- Quota di massima regolazione 147.76 m s.l.m.;
- Larghezza canale di sfioro: 10.6 m;
- Quota di massimo invaso 148.26 m s.l.m.
- Franco netto 1.80 m
- Pendenze paramento di monte $\sim 2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1$

- Pendenza paramento di valle ~2/1
- Scarico di fondo diametro : 450 mm
- Scarico di fondo quota: 126.26 m slm
- Condotta di derivazione diametro: 400 mm
- Condotta di derivazione quota : 134 m slm

Di seguito si riporta la legge d'invaso originaria che tiene conto della capacità d'invaso massima indipendentemente dalle limitazioni imposte all'esercizio successive al 1990.

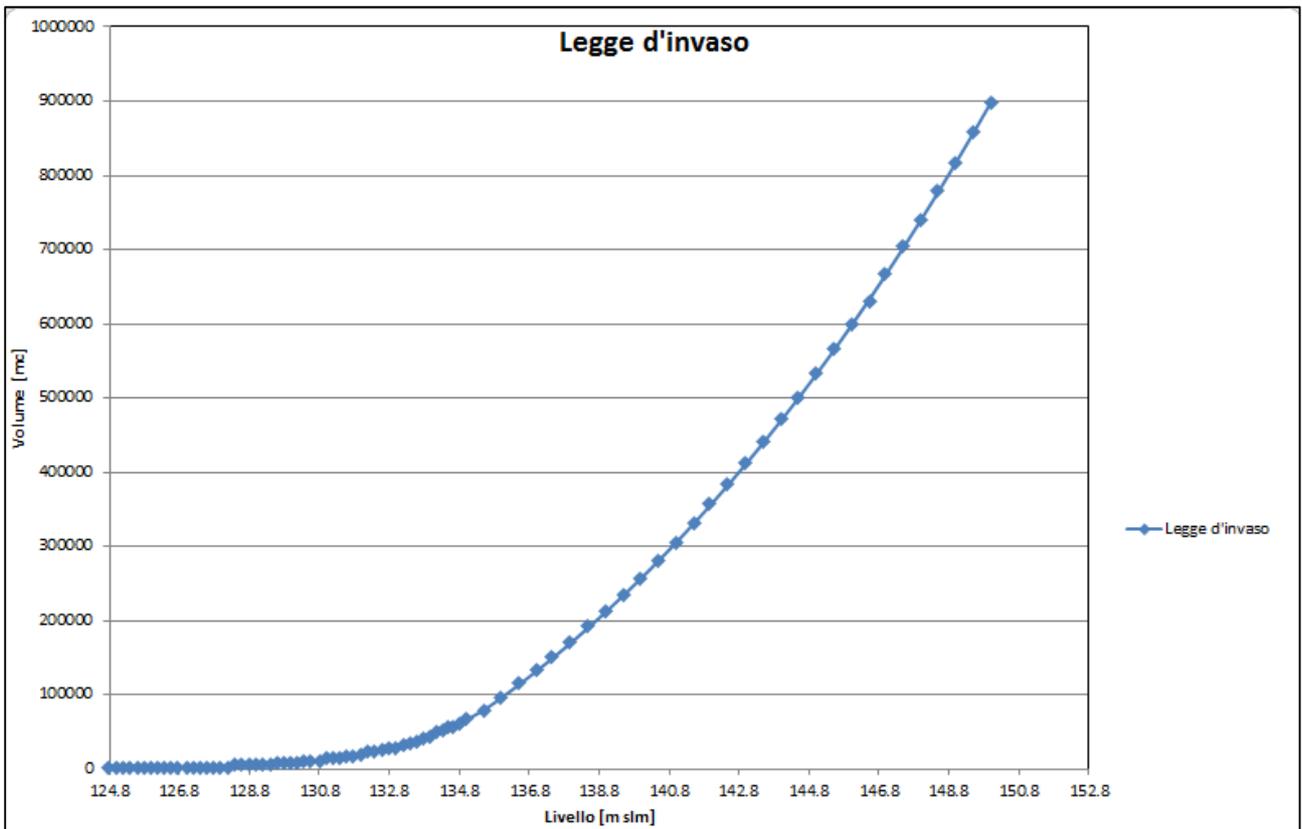


Figure 1: Legge quota - capacità d'invaso originaria dell'Invaso di Gello.

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

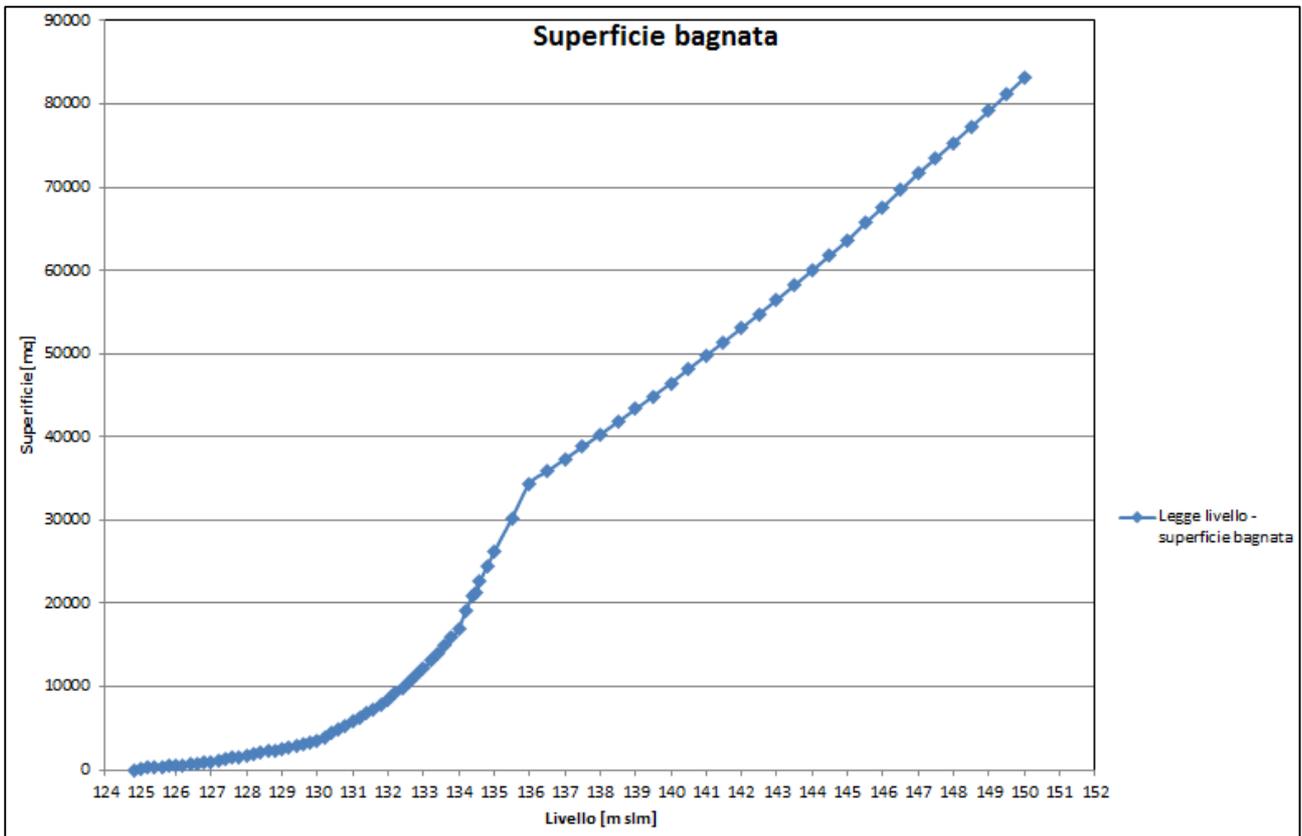


Figure 2: Legge quota – superficie bagnata originaria dell’Invaso di Gello.

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

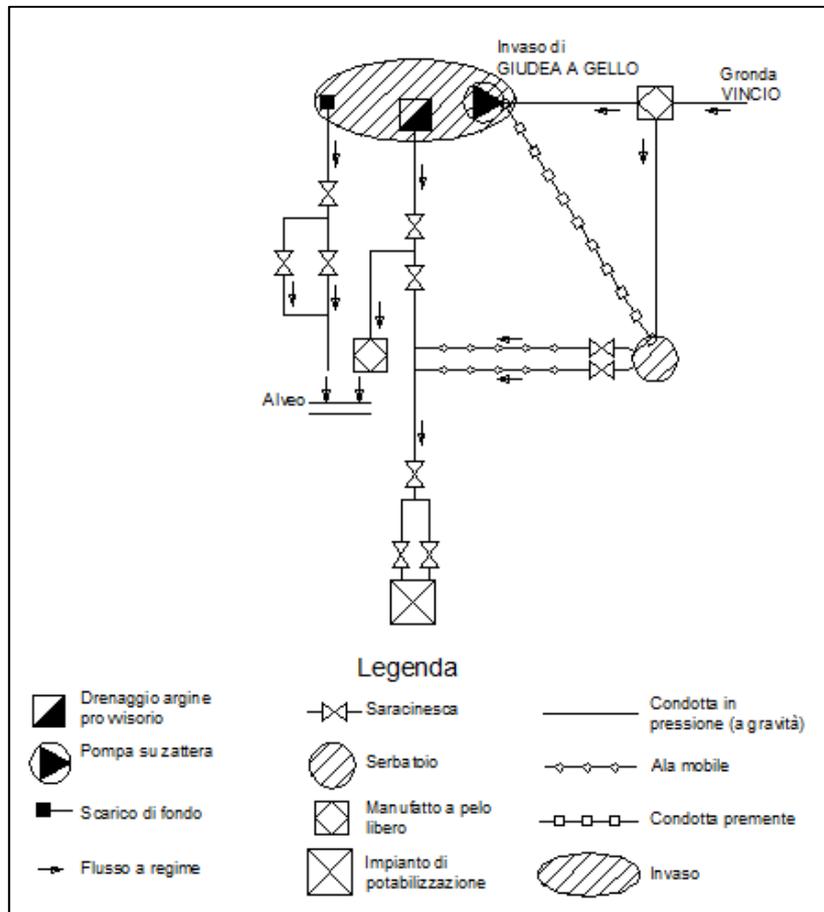


Figure 3: Schema di funzionamento idraulico per lo stato attuale

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



Figure 4: Ortofoto invaso della Giudea a Gello nel Comune di Pistoia.

2.2 Le caratteristiche dell'invaso provvisorio autorizzato

Come sopra riportato, a seguito delle prescrizioni del RID, l'invaso è stato autorizzato, ma con una gestione provvisoria che prevede lo svasso permanente sino al raggiungimento della quota massima di 134.5m slm.

Alla quota sopra riportata il volume d'invaso è di circa 70.000 mc mentre la superficie bagnata dell'invaso è di circa 18900 mq.

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

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

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche condotte.

Quota inizio evento [m slm]	134.5			
Volume inizio evento [mc]	70174			
	TR 100	TR 200	TR 500	TR 1000
Massima portata [mc/s]	3.2	4.1	5.5	6.8
Volume evento [mc]	4709	5458	6628	7756
Volume invaso [mc]	74887	75636	76806	77934
Sopralzo evento [m]	0.24	0.28	0.33	0.38
Quota invaso [m slm]	134.74	134.78	134.83	134.88

Tabella 1: Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico TR 1000 anni breve durata.

Quota inizio evento [m slm]	134.5			
Volume inizio evento [mc]	70174			
	TR 100	TR 200	TR 500	TR 1000
Massima portata [mc/s]	0.99	1.04	1.11	1.18
Volume evento [mc]	82688	86934	92877	98786
Volume invaso [mc]	152862	157108	163051	168960
Sopralzo evento [m]	2.91	3.02	3.18	3.34
Quota invaso [m slm]	137.41	137.52	137.68	137.84

Tabella 2: Risultati verifiche idrauliche invaso provvisorio evento critico TR 1000 anni 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 137.84m slm, ovvero inferiore rispetto alla quota del paramento di monte, di modo che gli eventuali livelli massimi risultano confinati all'interno della tura realizzata negli anni 90 che ha una quota ai piedi del rilevato di circa 138 m slm.

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

3 Le caratteristiche dell'intervento di progetto

Il progetto complessivo di sistemazione dell'invaso della Giudea, redatto al livello preliminare prevede di intervenire dalla progettazione definitiva in poi, mediante due stralci di seguito riportati:

- I Stralcio (oggetto della presente progettazione): Progetto definitivo per la messa fuori servizio provvisoria dell'invaso della Giudea in località Gello nel Comune di Pistoia e movimentazione terre;
- Il Stralcio: Progetto definitivo per il consolidamento dell'invaso della Giudea in località Gello nel Comune di Pistoia;

Saranno prese in considerazione nel definitivo del I Stralcio gli aspetti tecnici e idraulici per garantire la messa in sicurezza delle fasi intermedie.

Le previsioni progettuali, riportate nel progetto preliminare sono volte alla messa in sicurezza idraulica dell'invaso mediante un abbassamento complessivo della quota massima del coronamento.

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

- Il gestore Publiacqua ha individuato nel volume di 250.000-300.000 mc la capacità necessaria al fine di garantire l'approvvigionamento idropotabile della rete acquedottistica di Pistoia;
- I volumi di terra necessari per la realizzazione degli argini del sistema di messa in sicurezza definito come Casse Laghi Primavera è stimato in circa 210.000-230.000 mc.

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

- Quota del nuovo coronamento: 143 m slm;
- Quota del nuovo sfioratore di superficie: 140 m slm;
- Quota minima piede di valle 118.2 m s.l.m. non modificato;
- Scarico di fondo: non modificato;

L'intervento prevede di abbassare la quota del coronamento di circa 7m e inoltre di scavare anche al piede dell'attuale tura fino a riportarsi alla quota di circa 130 m slm con il piede di monte del coronamento.

In considerazione delle scavi previsti la nuova legge d'invaso è riportata nella figura seguente.

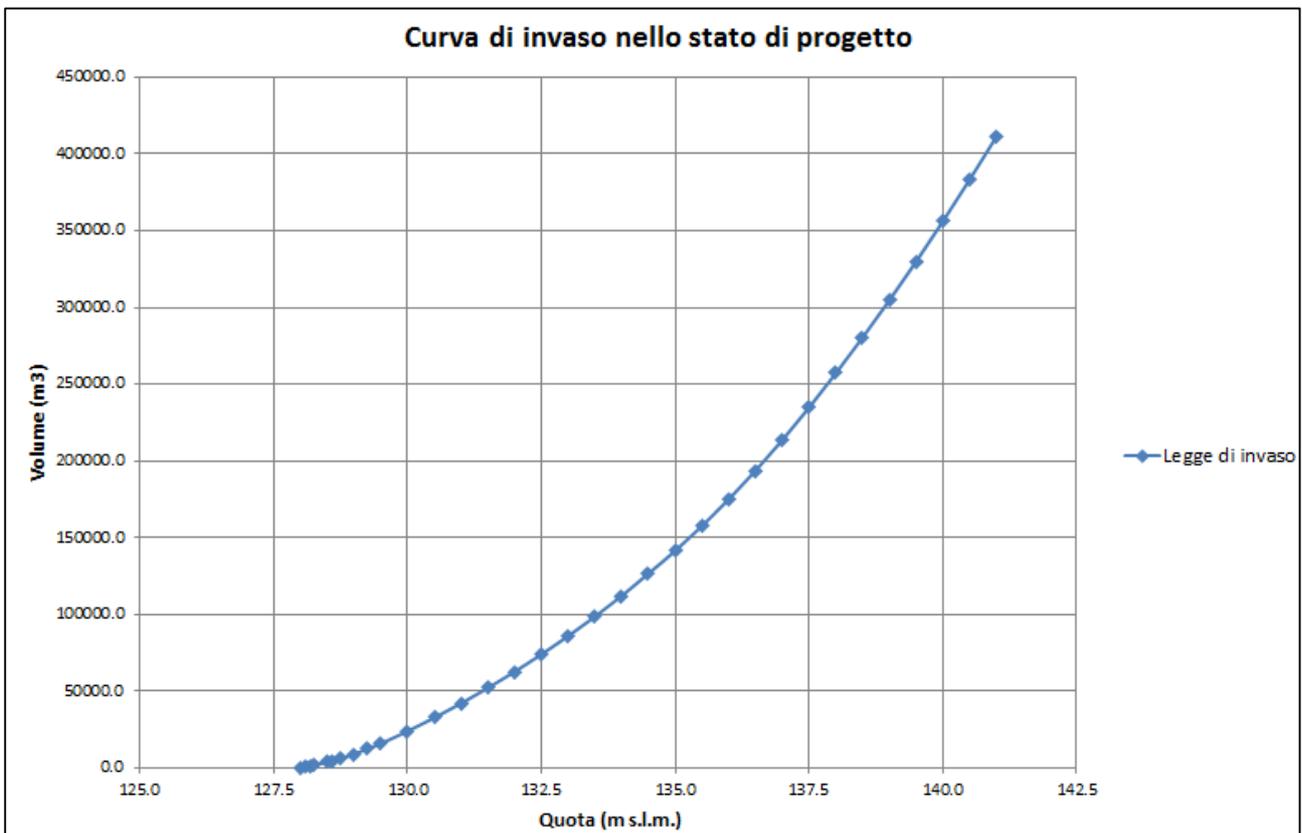


Figure 5: Legge quota - capacità d'invaso di progetto dell'Invaso di Gello.

Come è possibile notare alla quota 140 m slm corrisponde un volume d'invaso di circa 350.000 mc mentre il volume morto alla quota del canale di derivazione (134 m slm) è di circa 100.000 mc.

Il volume utile per la derivazione dalla condotta di alimentazione dell'acquedotto è pari a circa 250.000 e quindi conforme con le richieste del Gestore del Servizio Idrico. Tale volume può essere ulteriormente incrementato utilizzando un sistema di alimentazione dell'acquedotto mediante pescaggio con piattaforma galleggiante (come del resto attualmente avviene) per utilizzare i volumi posti al di sotto della quota 134 m slm.

In prima approssimazione la pendenza del paramento di monte del rilevato di sbarramento è stata assegnata circa come 1/3 mentre quella di valle 1/4. Con questa ipotesi il volume di scavo con la quota del nuovo coronamento posta a 143 m slm è di circa 230.000 mc.

La volumetria che si ottiene da questa ipotesi di sbassamento del coronamento risulta compatibile anche con le richieste di materiale per la realizzazione degli argini della casse dei Laghi Primavera.

Lo scarico di superficie verrà realizzato nella stessa posizione dell'attuale ma la quota di 147.76 m slm verrà portata alla quota di 140 m slm, con un abbassamento di oltre 7m.

Lo scavo sarà svasato su i due fianchi con un'estensione areale tale da determinare la stabilità del pendio.

Al fine di valutare le caratteristiche delle terre sia dal punto di vista ambientale che meccanico all'uso previsto di realizzazione di argini, è stata condotta una campagna di analisi a varie altezze interessate dallo scavo.

I risultati dal punto di vista meccanico hanno evidenziato buone caratteristiche per cui risultano compatibili con l'uso per la costruzione degli argini.

Le indagini chimiche hanno invece evidenziato la presenza dell'inquinante Cromo VI in alcuni specifici punti e altezze del coronamento. Per un'approfondita trattazione del tema si rimanda alla elazione allegata al progetto di gestione delle terre.

4 Analisi idrologica

Al fine di procedere alla verifica idraulica dell'opera di sfioro, risulta necessario quantificare in maniera corretta la portata che sollecita l'invaso. Si prenderanno in esame le portate di piena per TR 100, 200, 500 e 1000 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. I passi percorsi sono i seguenti:

- si procede dapprima con l'analisi delle serie storiche di precipitazioni disponibili nella zona di interesse, al fine di caratterizzarle statisticamente;
- si individuano poi la durata critica dell'evento di pioggia e la distribuzione temporale delle precipitazioni, ottenendo lo ietogramma di progetto per il bacino oggetto di studio;

- si determina la quantità di precipitazione trattenuta dal terreno, individuando così la pioggia effettiva (o pioggia netta), che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;
- si schematizza la risposta del bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle sue caratteristiche, e si combina tale risposta con la pioggia netta per stimare l'idrogramma di piena.

Si assume l'ipotesi che la portata associata ad uno specifico tempo di ritorno sia causata da una sollecitazione meteorica di pari probabilità.

Per l'invaso di interesse, si dispone dei dati del progetto originario del 1965 nel quale è stata individuata la portata di piena, con la quale è stato dimensionato lo scarico di superficie, secondo il seguente criterio:

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

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

L'utilizzo di tale valore risulta particolarmente cautelativo e difficilmente ottenibile con l'applicazione dei tradizionali metodi di trasformazione afflussi-deflussi.

Si persegue quindi l'obiettivo di tarare i parametri del presente studio idrologico al fine di allinearne i risultati con la portata di riferimento dell'invaso per TR 1000 anni pari a $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.1 Analisi Pluviometrica

I dati storici di pioggia analizzati sono i valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche di almeno trent'anni. La loro elaborazione statistica permette di determinare una relazione che lega le altezze di pioggia con la durata della precipitazione e la frequenza con cui l'evento si verifica, data dal tempo di ritorno (T_r).

Tale relazione è di tipo esponenziale:

$$h = aT_r^m t^n$$

dove:

h = altezza di precipitazione [mm];

t = durata della precipitazione [ore];

T_r = tempo di ritorno [anni]

La relazione, al variare dei valori di h, t, T_r , definisce delle curve note come Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSP). I parametri a, m, n variano per ogni stazione pluviometrica.

L'analisi statistica è stata condotta utilizzando una distribuzione di probabilità del tipo TCEV (Two Components Extreme Value).

In base all'analisi statistica sviluppata dal PIN per conto della Regione Toscana nell'ambito della realizzazione di un archivio informatico e di programmi di gestione per la "regionalizzazione delle portate di piena", i parametri a, m, n della LSPP sono disponibili esclusivamente per un numero limitato di stazioni pluviometriche, quelle con almeno trent'anni di misure. In particolare, i dati sono stati ricavati dal volume "Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica" redatto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i servizi tecnici nazionali – Ufficio Idrografico e mareografico di Pisa.

Non essendo presente una stazione pluviometrica di riferimento all'interno del bacino, ne è stata presa una nelle vicinanze, quella di Pistoia.

La stazione di misura di Pistoia, con codice 1260, è posta ad una quota di 85.24 m s.l.m., ha coordinate Gauss Boaga Est di 1653027 e Nord di 4867355, ed ha una lunga serie storica.

I parametri della LSPP, per durate di pioggia inferiori e superiori a un'ora, sono riportati in Tabella 3.

	a	n	m
t < 1 h	25.515	0.458	0.186
t > 1 h	24.272	0.36	0.191

Tabella 3: Parametri delle LSPP nella stazione pluviometrica di Pistoia.

E' stato utilizzato cautelativamente un coefficiente di ragguglio k_r pari a 1.

Lo ietogramma di progetto scelto è costante; sono state effettuate più simulazioni, con durate di pioggia di 10, 20, 30, 45 minuti, e 1, 3, 9, 12, e 24 ore, ed è stato ottenuto l'evento di portata con picco massimo per la durata di 20 minuti, la quale è stata quindi scelta come durata critica.

4.2 Perdite idrologiche

La stima delle perdite idrologiche è necessaria per individuare la parte di precipitazione che effettivamente contribuisce al deflusso superficiale, nota come pioggia effettiva (o efficace).

Il passaggio dalla precipitazione lorda alla precipitazione netta dipende sia da caratteristiche proprie del bacino, come uso e tipo del suolo, o stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento, sia da caratteristiche dell'afflusso, come altezza totale di precipitazione e distribuzione spaziale e temporale dell'evento.

Le perdite idrologiche vengono generalmente suddivise in:

- intercezione;
- evaporazione;
- traspirazione delle piante;
- immagazzinamento nelle depressioni superficiali;

- infiltrazione.

Nella stima di portate di piena, come nel presente studio, l'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili del suolo costituisce senz'altro la componente principale.

Nel presente studio si è fatto riferimento al metodo con della perdita iniziale e infiltrazione a saturazione costante. I parametri che lo rappresentano sono tre:

- La perdita iniziale, che rappresenta la quantità di precipitazione che si infila nel bacino prima che abbia inizio il deflusso diretto, espressa in mm;
- La “constant rate”, che determina l'intensità dell'infiltrazione che si avrà dopo che sarà soddisfatta la perdita iniziale, in mm/h. Sarà applicato lo stesso valore indipendentemente dalla lunghezza della simulazione;
- La percentuale di bacino impermeabile: la precipitazione che intercetta questa porzione di suolo andrà a formare interamente deflusso diretto. Per il bacino di interesse è stato stimato che circa il 30% della superficie è impermeabile, poiché occupata dallo specchio d'acqua dell'invaso.

4.3 La trasformazione afflussi – deflussi

4.3.1 Il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH)

Per schematizzare matematicamente la trasformazione che avviene in un bacino idrografico, in cui, a partire dagli afflussi meteorici in ingresso, si producono delle portate in uscita, è stato scelto il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Secondo tale metodo, che si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino, la risposta $Q(t)$ ad una pioggia di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario.

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci; tra questi è stato scelto, nel presente caso, l'idrogramma unitario del SCS.

4.3.2 L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (IUH-SCS)

L'idrogramma adimensionale del SCS è definito in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di varie dimensioni; esso presenta il 37.5% del suo volume prima dell'istante di picco; inoltre, i valori della portata di picco e

dell'istante T_p sono stati ricavati adottando un modello semplificato di idrogramma triangolare di base $2.67 T_p$.

Per la definizione dell'idrogramma unitario adimensionale del SCS è necessario specificare il tempo di ritardo T_l (o Lag) del bacino idrografico, che può essere valutato mediante relazioni empiriche valide per l'area in esame. Si è scelto di usare la formula del NCRS, secondo cui:

$$T_l = 0.6 \cdot t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione, a sua volta stimabile da svariate formulazioni empiriche. Per il presente caso, è stata fatta una media tra i risultati delle due formule di Kirpich e Viparelli:

- Formula di Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

in cui:

- L: lunghezza dell'asta principale a partire dallo spartiacque, in metri;
- i_a : pendenza dell'asta principale;

- Formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

- L: lunghezza del percorso idraulicamente più lungo che una particella può percorrere per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- V: velocità media di trasferimento della particella.

Entrambe le formulazioni usate, per il bacino dell'invaso della Giudea, hanno fornito un valore del tempo di corrivazione $t_c=0.14$ ore, da cui è stato ottenuto un Lag NCRS (tempo di ritardo) di 5 minuti.

4.4 Risultati dell'analisi idrologica

A partire dai dati di input visti nei paragrafi precedenti, mediante il software HEC-HMS dell'USACE è stata eseguita una modellazione idrologica che ha permesso di ricavare un idrogramma di piena con tempo di ritorno di 1000 anni, per il bacino di interesse, avente una portata di picco pari a $6 \text{ m}^3/\text{s}$, in accordo con i parametri del progetto originario dell'invaso. Come già illustrato, sono state effettuate più simulazioni per più durate di pioggia, e la durata di pioggia scelta è quella che ha dato luogo alla portata di picco maggiore. Sono poi stati modellati anche i tempi di ritorno di 100, 200 e 500 anni.

I parametri che sono stati tarati al fine di ottenere la portata di progetto sono stati la perdita iniziale la costante di infiltrazione a saturazione.

I valori scelti per la modellazione idrologica dell'invaso della Giudea sono mostrati in Tabella 4.

Initial loss	29.5 mm
Constant rate	1.55 mm/h
Impervious	30%

Tabella 4: Parametri della modellazione idrologica utilizzati per il bacino di interesse.

In Tabella 5 sono sintetizzati i principali parametri dell'analisi idrologica e i risultati ottenuti in termini di portata.

Parametri idrologici del bacino e risultati	
Area bacino	0.15 Km ²
Tempo di corrivazione	10 min
Lag Time	5 min
Durata critica	20 min
Spessore di pioggia Tr 100	36.3 mm
Spessore di pioggia Tr 200	41.3 mm
Spessore di pioggia Tr 500	49.0 mm
Spessore di pioggia Tr 1000	55.7 mm
Ietogramma	costante
Portata di picco Tr 100	2.4 m ³ /s
Portata di picco Tr 200	3.3 m ³ /s
Portata di picco Tr 500	4.7 m ³ /s
Portata di picco Tr 1000	6.0 m ³ /s
Istante di picco	00:20

Tabella 5: Parametri idrologici del bacino di interesse e risultati ottenuti

Si riporta di seguito l'idrogramma di piena per diversi tempi di ritorno.

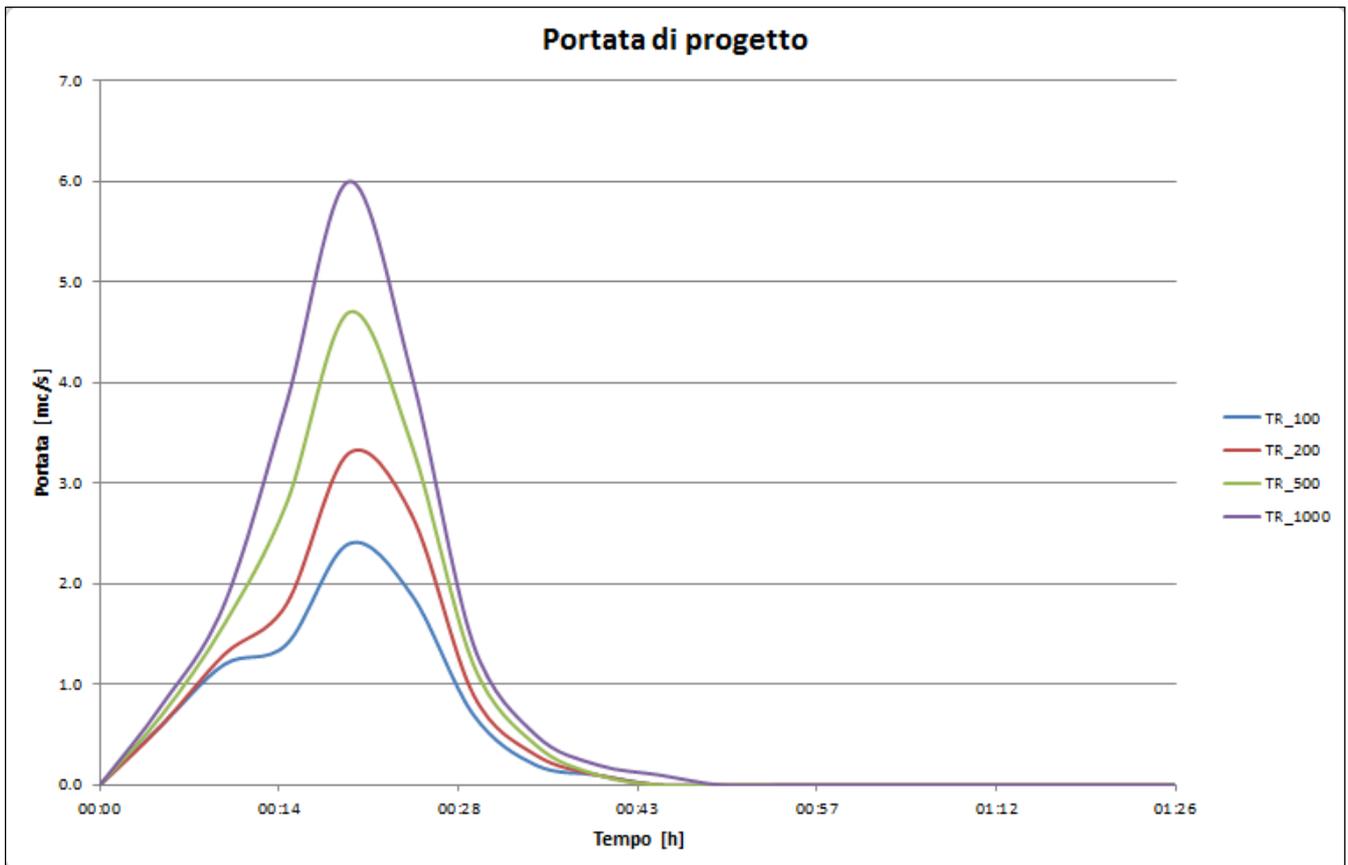


Figure 6: Idrogramma di progetto per TR 100, 200, 500 e 1000 anni.

Alle portate di progetto nella configurazione definitiva occorre aggiungere la portata di 0.8mc/s di derivazione dal T. Vincio che si presume non venga interrotta durante l'evento di piena.

5 Verifiche idrauliche

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

In particolare sono state sviluppate le seguenti verifiche:

- Verifica della messa fuori esercizio invasivo mediante svuotamento con scarico di fondo;
- Verifica evento TR 1000 anni con attuale invasivo fuori servizio e scarico di fondo aperto;
- Verifica evento TR 1000 anni con invasivo abbassato fuori servizio e scarico di fondo aperto;
- Verifica evento TR 1000 anni con invasivo in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate;

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

Le verifiche sono state condotte mediante il codice di calcolo SWMM 5.0 in moto vario.

I risultati numerici e grafici delle verifiche condotte sono riportate nell'allegato 1 "Verifiche idrauliche".

E' stato inoltre verificato tutto il canale scolmatore dall'invaso sino alla confluenza del T. Tazzera per un tratto di circa 630m in moto permanente mediante il codice di calcolo HEC-RAS 4.1.0.

5.1 Messa fuori servizio invaso mediante svuotamento con scarico di fondo

La prima attività da eseguire per intervenire sull'invaso è quella di mettere fuori servizio l'alimentazione dell'invaso dal T. Vinci. Tale operazione potrà avvenire mediante la chiusura della saracinesca di alimentazione dal pozzetto derivatore all'invaso, permettendo quindi la sola alimentazione diretta della vasca di carico del potabilizzatore.

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

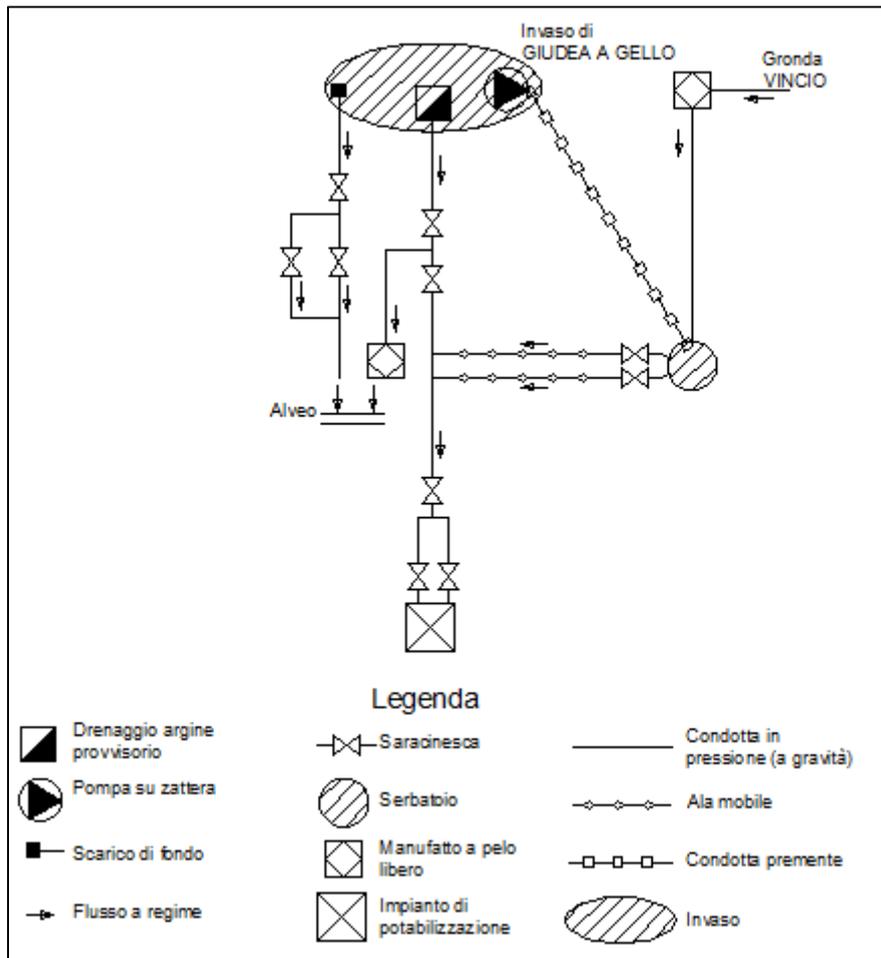


Figure 7: Schema di funzionamento idraulico per tutta la durata delle lavorazioni.

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

Il tempo di svuotamento dell'invaso è di circa 24 ore come è possibile notare nelle figure sotto riportate.

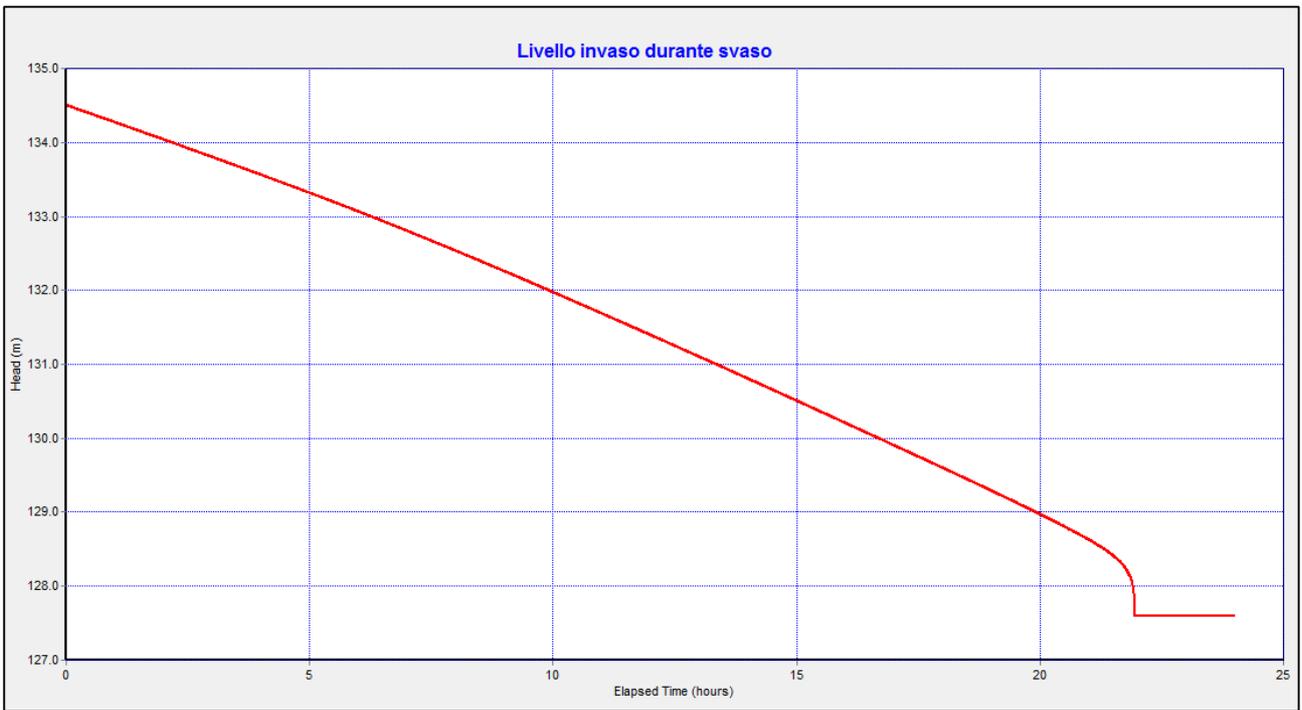


Figure 8: Livello dell'invaso durante lo svuotamento tramite scarico di fondo.

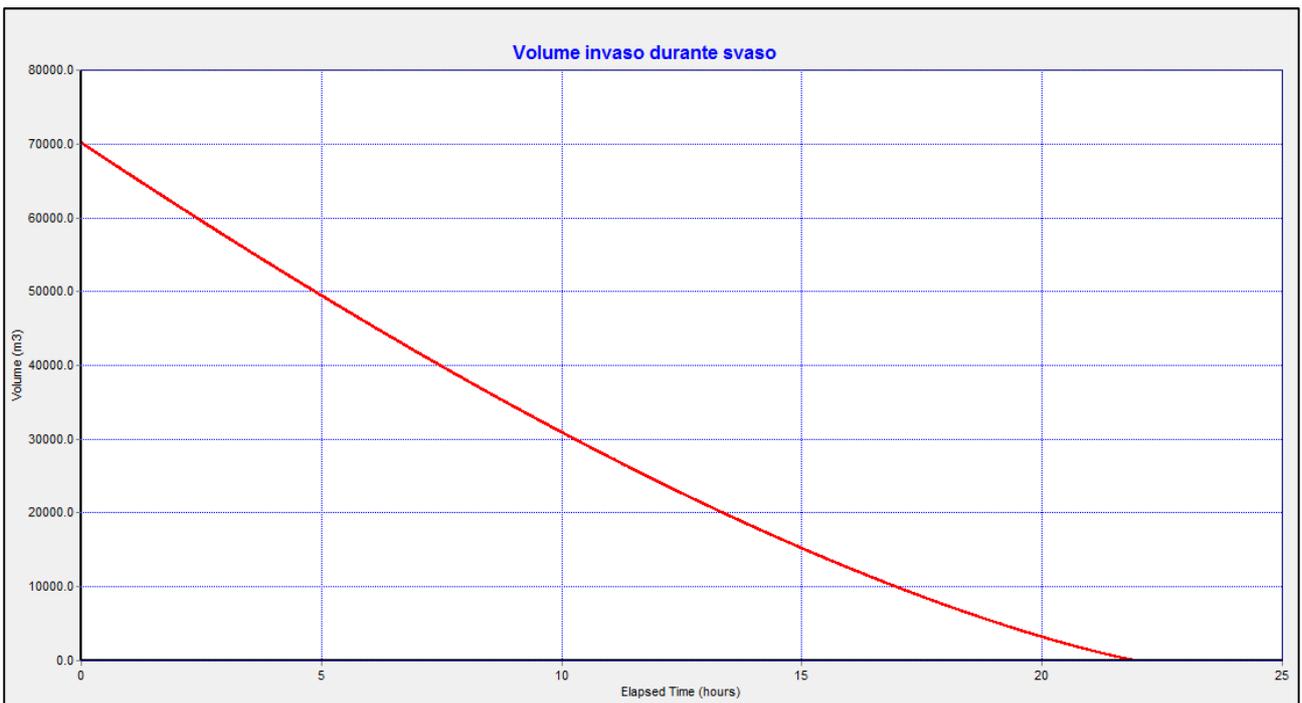


Figure 9: Volume dell'invaso durante lo svuotamento tramite scarico di fondo.

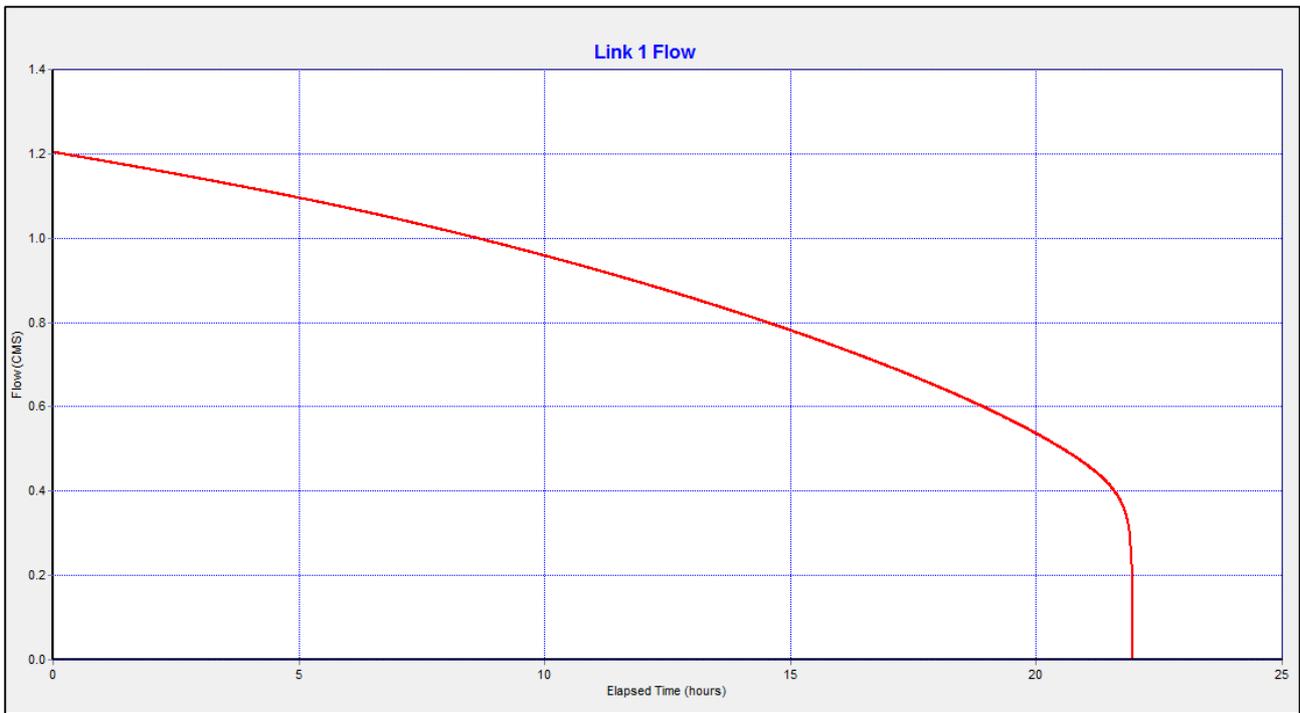


Figure 10: Portata dallo scarico di fondo durante lo svaso.

Il battente massimo che si ha sullo scarico di fondo è di circa 8m mentre la portata massima scaricata è di circa 1.2 mc/s.

Lo scarico di fondo rimarrà aperto durante tutte le successive lavorazioni sino al ripristino funzionale dell'invaso.

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

Con lo svuotamento, la messa fuori servizio e lo scarico di fondo aperto, occorre verificare il comportamento dell'invaso in corrispondenza di eventi di con tempo di ritorno di 1000 anni e per diversa durata al fine di individuare la situazione più critica.

Le portate di progetto sono riportate nell'allegato 2 mentre nella tabella sottostanti sono indicati i picchi di massima piena.

TR 1000 ANNI									
durata pioggia	10 min	20 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	9 ore	12 ore	24 ore
	Q (m ³ /s)								
Portata max	4.1	6.0	5.7	4.7	4.0	1.9	0.9	0.8	0.5

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

In queste condizioni il livello massimo dell'invaso si ha per durate di pioggia di 3h ed è pari a 130.07 m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di 11250 mc.

Come è possibile notare il livello atteso è più basso di circa 10m dalla quota dello scarico di superficie di progetto.

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

Evento TR 1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invasato	Portata scarico di fondo
Durata di pioggia	(m)	(m)	(mc)	(mc)
tr_1000 10 min	1.24	128.84	2434.55	0.51
tr_1000 20 min	1.58	129.18	4506.23	0.58
tr_1000 30 min	1.8	129.4	5999.2	0.61
tr_1000 45 min	2.02	129.62	7636.47	0.65
tr_1000 1 h	2.17	129.77	8808.35	0.67
tr_1000 3 h	2.47	130.07	11252.88	0.72
tr_1000 9 h	1.81	129.41	6094.96	0.62
tr_1000 12 h	1.59	129.19	4550.97	0.58
tr_1000 24 h	0.96	128.56	1072.37	0.45

Tabella 7: Risultati verifica idraulica con TR 1000 anni, invasato attuale e scarico aperto

5.3 Verifica evento TR 1000 anni con invasato abbassato fuori servizio e scarico di fondo aperto

Il progetto procederà per stralci, ed è previsto prima l'abbassamento della quota del coronamento e solo successivamente la sistemazione definitiva dell'invasato.

Occorre verificare il funzionamento dell'invasato a seguito dello scavo, con lo scarico di fondo aperto e l'evento con tempo di ritorno di 1000 anni.

Lo scavo interesserà sia la sommità del coronamento sia il piede ricostruito come la tura al paramento di monte. Tale rimodellazione permette di aumentare la capacità d'invasato; infatti alla quota di progetto attualmente il volume invasato è di circa 210.000 mc mentre a seguito delle operazioni di scavo il volume di progetto è di circa 370.000 mc con un incremento di volume di circa 160.000 mc.

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

In queste condizioni il livello massimo dell'invasato si ha per durate di pioggia di 3h ed è pari a 129.10 m slm. In corrispondenza di questa quota il volume massimo invasato è di 13000 mc.

In questa configurazione l'invasato scavato garantisce un livello di circa 1m più basso rispetto alla situazione precedente allo scavo.

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

Evento TR_1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invaso	Portata scarico di fondo
Durata di pioggia	(m)	(m)	(mc)	(mc)
tr_1000 10 min	0.52	128.12	2723.02	0.33
tr_1000 20 min	0.77	128.37	4900.9	0.4
tr_1000 30 min	0.94	128.54	6484.88	0.44
tr_1000 45 min	1.1	128.7	8261.69	0.48
tr_1000 1 h	1.21	128.81	9577.15	0.5
tr_1000 3 h	1.47	129.07	13093.81	0.56
tr_1000 9 h	1.47	129.07	13010.65	0.55
tr_1000 12 h	1.49	129.09	13265.03	0.56
tr_1000 24 h	1.05	128.65	7649.21	0.47

Tabella 8: Risultati verifica idraulica con TR 1000 anni, invaso scavato e scarico aperto.

5.4 Verifica evento TR 1000 anni con invaso in esercizio e nuove opere idrauliche realizzate

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

- Il coronamento portato alla quota 143m, sul lato di monte che viene impermeabilizzato e rivestito con massi, mentre su quello di valle viene ripristinata la copertura con terreno vegetale.
- La realizzazione del nuovo scarico di superficie delle dimensioni analoghe alle attuali ma con quota di 140m s.l.m. (larghezza 10.5m e altezza dei muri laterali di 3m).
- La sistemazione della viabilità d'accesso all'invaso;

Un dimensionamento di massima dello sfioratore è stato eseguito mediante la formulazione dello sfioro in parete grossa secondo la seguente espressione;

$$Q = 1.705 * B * H * \sqrt{H}$$

I risultati con la larghezza dello sfioro fissata a 10.5m e la portata di 6.8mc/s, danno un battente d'acqua non laminata di circa 52cm.

E' stata inoltre condotta una verifica idraulica per l'intera piena al fine di valutare l'effetto di laminazione dell'invaso.

In realtà l'invaso è caratterizzato, sulla base della nuova curva di riempimento, da un'elevata capacità di attenuazione dei picchi di piena: come infatti è possibile notare nell'allegato 1 la portata massima sullo sfioro per TR 1000 anni e durata di pioggia di 3h, è di circa 2.3mc/s con una forte riduzione rispetto al picco massimo in ingresso di 6.8mc/s che si ha per durate di pioggia di circa 20m.

Con tali ipotesi, ovvero piena laminata, il battente massimo sullo sfioratore è di circa 25cm.

Evento TR_1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invaso	Portata scolmatore	Battente scolmatore
Durata di pioggia	(m)	(m)	(mc)	(mc)	(m)
tr_1000 10 min	12.52	140.12	378420.3	0.78	0.12
tr_1000 20 min	12.52	140.12	378394.7	0.78	0.12
tr_1000 30 min	12.55	140.15	379851.4	1.04	0.15
tr_1000 45 min	12.58	140.18	381737.5	1.41	0.18
tr_1000 1 h	12.61	140.21	383092.9	1.7	0.21
tr_1000 3 h	12.65	140.25	385396.1	2.23	0.25
tr_1000 9 h	12.61	140.21	383080.2	1.7	0.21
tr_1000 12 h	12.6	140.2	382638.2	1.6	0.2
tr_1000 24 h	12.57	140.17	381199.5	1.3	0.17

Tabella 9: Risultati verifica idraulica con TR 1000 anni, invaso di progetto.

Nonostante il marcato effetto di laminazione la verifica del franco di sicurezza è stata eseguita considerando la portata di massima piena, 6.8 mc/s applicata direttamente allo sfioratore.

Il franco è stato assegnato sulla base del contenuto del testo relativo alla “*Proposta di aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*” il quale prevede valori tabellati con un minimo di 1.5m per le dighe in materiali sciolti di 15m, sino a un massimo di 3.5m per invasi di 90m o oltre.

Al franco di sicurezza si va ad aggiungere la componente relativa alle onde da vento e da sisma sul serbatoio, per ottenere il franco netto.

Nel caso di studio il franco necessario corrispondente per l'altezza della diga di 24.8m, risulta pari a 1.76m mentre il franco netto che tiene conto anche degli eventuali fenomeni di onde generate da vento o sisma risulta di 2.03m.

Con le ipotesi progettuali assunte il franco di sicurezza sarebbe di 2.48m, in quanto la quota di massimo invaso risulta di 140.52 m slm mentre la quota del coronamento è di 143m slm. e quindi superiore rispetto a quello richiesto, con l'eventuale possibilità di abbassare ulteriormente il coronamento in funzione delle effettive richieste di terre per la realizzazione delle casse d'espansione dei Laghi Primavera o in alternativa di alzare la quota dello sfioro di superficie con un margine di 45cm.

5.5 La verifica del canale a valle dell'invaso.

E' stata condotta una verifica idraulica in moto permanente del canale scolmatore a valle dell'invaso con la portata di picco non laminata di 6.8mc/s.

Si prevede di suddividere in tratto con le seguenti tipologie d'intervento:

- Canale scolmatore per un tratto di circa 100m con una pendenza dell'1% larghezza di 10.5 e muri di contenimento del versante laterali di altezza pari a 3;

- Tratto a valle del canale caratterizzato da elevata pendenza della lunghezza di circa 250m realizzato con massi al fondo per la larghezza di 2m e due ordini di gabbioni con una larghezza in sommità pari a 3m e altezza utile di 1.5m;
- Tratto finale di collegamento al reticolo principale caratterizzato di minor pendenza della lunghezza di circa 300m realizzato con sezione trapezia in terra e pendenza delle sponde di 45% con base minore di 2m e base maggiore di 5m e altezza di 1.5.

La verifica condotta riportata nell'allegato 1 mostra come ovunque siano presenti franchi di sicurezza per l'evento di piena con tempo di ritorno di 1000 anni.

6 Lo scavo e la movimentazione delle terre

6.1 L'accesso al cantiere

La prima indagine effettuata per definire la modalità di abbassamento del coronamento dell'invaso e per l'utilizzo delle terre per la realizzazione degli argini per le Casse Laghi Primavera, è quella individuare un percorso dei mezzi che trasporteranno le terre tra i due cantieri.

Il tracciato individuato comprende il passaggio da strade pubbliche per circa 6km e un tratto di strade private per circa 600m.

Una parte del percorso per circa 2.4 km è in superstrada. Il tracciato previsto su strade pubbliche è di seguito riportato.

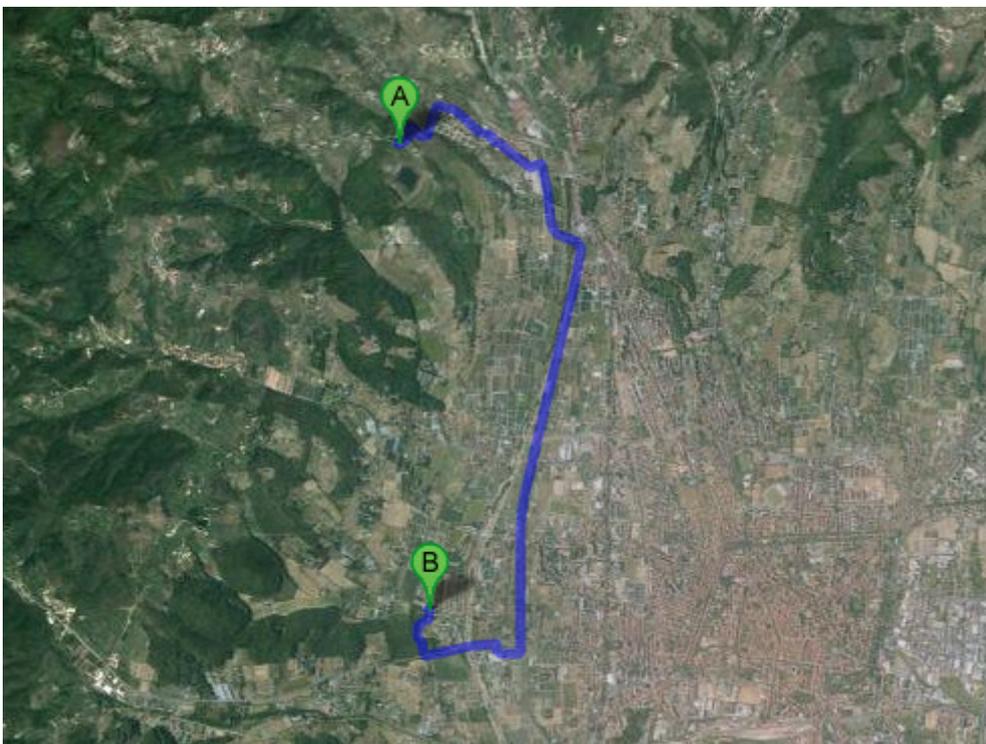


Figure 11: Ortofoto con indicazione del tracciato da Invaso Gello (A) a Laghi Primavera (B).

Come riportato nella tabella sottostante, redatta nell'ambito della progettazione del Progetto definitivo di messa in sicurezza idraulica Laghi Primavera, sono previsti circa 15000 viaggi della

durata ciascuno di circa 40 minute, con capienza di 13mc e utilizzando 7 mezzi giornalieri per la durata delle lavorazioni di 200 giorni con circa 80 viaggi giornalieri.

FLUSSI DI TRAFFICO GENERATI DAI TRASPORTI DEI MATERIALI INERTI TRA LA DIGA DI GELLO ED I LAGHI PRIMAVERA				
Distanza diga cassa:				6.6 km
di cui insuperstrada:				2.4 km
Velocità su strada secondaria:				20 km/h
Velocità media dsu superstrada:				60 km/h
Vm ponderata:				35 km/h
Tempo di trasporto diga- cassa:	6.6	/	35 =	11.5 min
Tempo di trasporto cassa- diga:	6.6	/	35 =	11.5 min
Tempo di carico e scarico:				15 min
Tempo totale andata ritorno:				37.9 min
Capacità di carico:				13 mc
Materiale complessivo:				200000 mc
Tempo di trasporto materiali:				
	200000 /		13 =	15385 viaggi
	15385 x		37.9 =	583482 min
	583482 /		60 =	9725 ore
Durata dei trasporti:	200			giorni
Numero automezzi impiegati:	9725 / (200 x	8) =	7.00
Numero di viaggi giornalieri:	15385 /	200	=	77

Tabella 10: Quadro riassuntivo mezzi per movimento terra.

L'ingresso e l'uscita dall'invaso di Gello è previsto sul lato nord, dal cancello di accesso posto su Via di Sarripoli.

6.2 La viabilità interna al cantiere

Non è stato possibile prevedere un ingresso e uscita differenziato per i mezzi che trasporteranno le terre, in quanto l'accesso al potabilizzatore dal lato sud presenta problemi relativi alle ristrette dimensioni sia della Via di San Giorgio, sia della Via di Gello in corrispondenza del nucleo abitato. Sarà necessario quindi prevedere una piazzola di scambio tra i mezzi in entrata e uscita dal cantiere in corrispondenza del coronamento.

Dovrà essere inoltre potenziata la strada di accesso al coronamento da nord in quanto è stata oggetto di fenomeni franosi e allo stato attuale non è percorribile interamente.

In relazione alla necessità di accedere al piede del coronamento, si prevede di realizzare una pista di larghezza 3m minimo, che oltrepassata l'opera di presa scenda sino alla quota 138m slm. Questo tratto sarà realizzato mediante riporto di terreno e stabilizzazione dei versanti nella parte di monte e di valle con massi ciclopici come riportato nella tavola 4 Sezioni Tipologiche.

L'area di manovra e di sosta avrà una superficie di circa 350mq idonea appunto sia per la manovra dei mezzi in movimento sia per la sosta dei mezzi in attesa di carico.

6.3 Le modalità di scavo del coronamento

Si prevede di abbassare il coronamento dalla quota 150m a 143m slm mediante successivi scavi per strati.

Prima di tutto occorrerà fresare il pacchetto di asfalto stimato in circa 50cm.

Successivamente si procederà con lo scavo del sottofondo (circa 50cm) che permetterà di ottenere materiale idoneo alla manutenzione della viabilità interna al cantiere.

Durante queste lavorazioni, sul coronamento che ha larghezza di circa 6m, sarà necessario far accedere i camion per il trasporto delle terre a marcia indietro in modo che una volta carichi non abbiano la necessità di fare manovre in uno spazio ristretto.

Successivamente si procederà allo scavo del terrapieno a strati di 1m.

Trasversalmente saranno eseguiti più banche di scavo al fine di garantire la sicurezza agli operatori dei mezzi meccanici mentre la riprofilatura avverrà nella fase finale.

Lo scavo riguarderà sia il lato di monte che quello di valle; sarà interessata anche l'attuale tura ai piedi del paramento di monte.

Per quanto riguarda lo scavo dello sfioratore di superficie, si procederà prima alla rimozione del calcestruzzo del fondo e del materiale lapideo delle sponde per poi passare allo scavo della collina sino a raggiungere la quota 143m slm. Il nuovo scolmatore avrà la lunghezza di circa 100m e lo scavo procederà garantendo un profilo di sicurezza alle sponde laterali (pendenza di 3/2 con banche intermedie da 3m nei tratti di maggiore altezza.

La parte terminale dello sfioratore (sino alla quota 140m slm) non sarà eseguita in questa fase ma nel II Stralcio in quanto saranno realizzati dei muri a retta di altezza di circa 3m.

6.4 Indicazione sulla gestione delle terre

La gestione delle terre sarà oggetto di apposito elaborato progettuale.

In questo ambito preme ricordare che il materiale interessato da una matrice inquinata dovrà essere raccolto in cumuli in un'area appositamente individuata per essere sottoposto ad analisi di laboratorio. I cumuli non dovranno avere, ciascuno volumi maggiori di 1000mc al fine di avere un dettaglio preciso delle varie aree dello scavo. I cumuli non potranno essere nuovamente movimentati sino all'esito delle analisi di laboratorio e successivamente potranno:

- essere utilizzati per la realizzazione degli argini dei Laghi Primavera, qualora le risultanze delle analisi lo permettano;
- essere trasportati in discarica per lo smaltimento come rifiuto qualora le risultanze delle analisi evidenzino la presenza di inquinanti con concentrazioni che non ne permettano nessun altro utilizzo;

- essere trasportati in altri cantieri (riempimenti per aree industriali od altro) qualora le risultanze delle analisi evidenzino la presenza di inquinanti con concentrazioni che ne permettano altro utilizzo;

Per un'analisi di dettaglio della tematica si rimanda agli approfondimenti e risultanze dei campionamenti riportati negli allegati al progetto.

7 La sistemazione provvisoria dell'invaso

Come sopra ricordato l'intervento complessivo di messa in sicurezza dell'invaso avverrà in due distinti stralci. Terminato il primo stralcio l'invaso non sarà ancora in esercizio in quanto mancheranno tutte le sistemazioni definitive degli elementi idraulici. L'invaso avrà lo scarico di fondo aperto e sarà soggetto altresì ai contributi di piena del piccolo bacino proprio, ampiamente contenuta all'interno della diga ribassata. Occorre però garantire che tra la fine del I Stralcio e l'inizio del II Stralcio il manufatto non possa essere oggetto di fenomeni erosivi anche superficiali, per cui si prevede all'interno della prima fase dei lavori eseguire le seguenti attività:

- Il paramento di valle sarà rivestito con terreno vegetale proveniente dallo scotico dell'invaso e sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale al fine di contenere il normale ruscellamento;
- Il paramento di monte sarà interessato dalla posa di TNT e idrosemina al fine di realizzare una protezione efficace ma provvisoria, che sarà manomessa con l'esecuzione dei lavori del II Stralcio.
- Sullo sfioro di superficie si prevede di realizzare una sistemazione provvisoria mediante terreno vegetale in quanto l'area sarà nel II Stralcio oggetto di interventi strutturali.

Durante la fase delle lavorazioni l'invaso dovrà essere gestito al fine di garantire il funzionamento dello scarico di fondo e verificare la tenuta della saracinesca di chiusura dell'alimentazione dal T. Vincio.

Pisa, Marzo 2014

Ing. Giovanni Simonelli

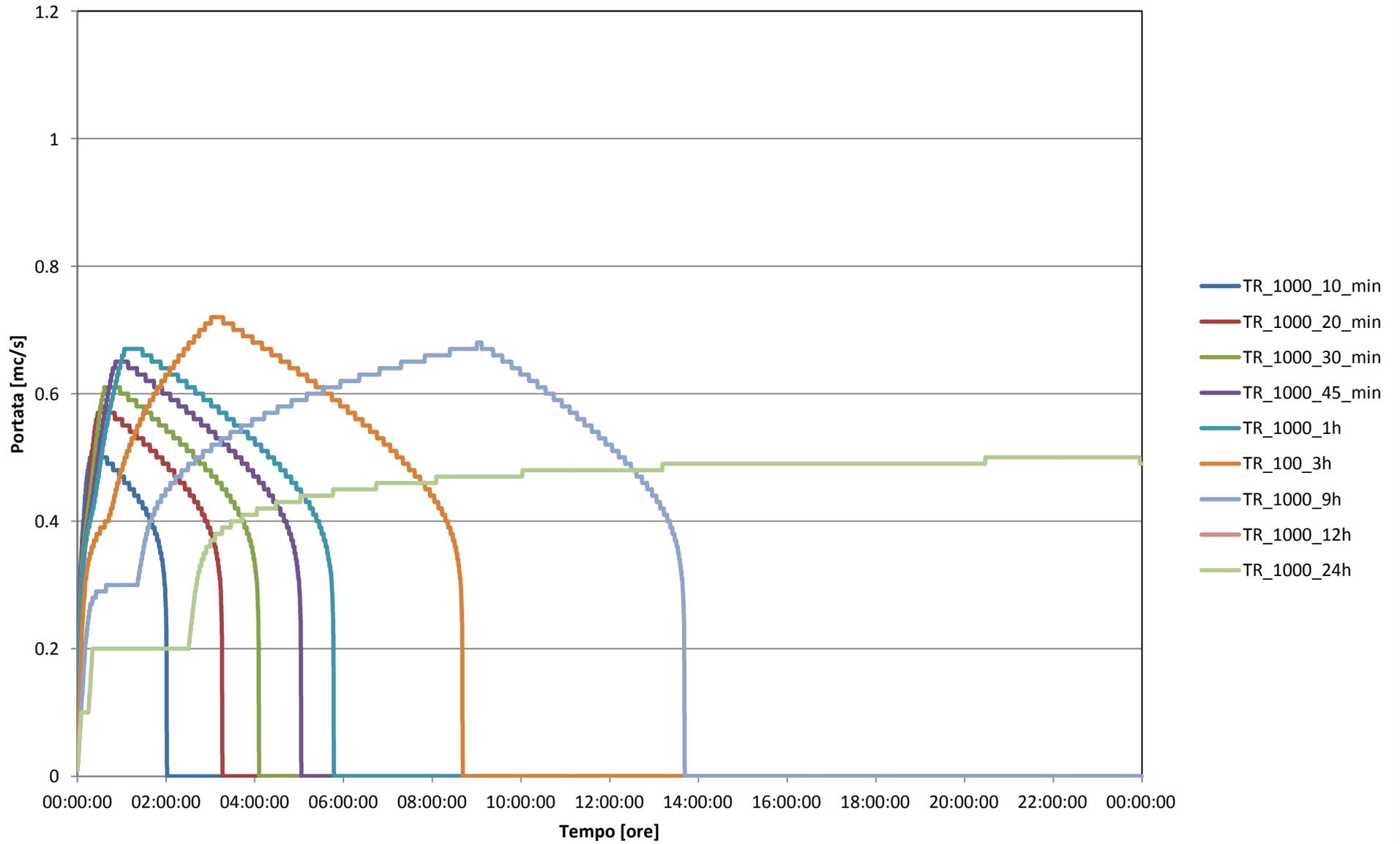
ALLEGATO 1

VERIFICHE IDRAULICHE

Verifica invaso stato attuale con scarico di fondo aperto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

Evento TR 1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invaso	Portata scarico di fondo
Durata di pioggia	(m)	(m)	(mc)	(mc)
tr_1000 10 min	1.24	128.84	2434.55	0.51
tr_1000 20 min	1.58	129.18	4506.23	0.58
tr_1000 30 min	1.8	129.4	5999.2	0.61
tr_1000 45 min	2.02	129.62	7636.47	0.65
tr_1000 1 h	2.17	129.77	8808.35	0.67
tr_1000 3 h	2.47	130.07	11252.88	0.72
tr_1000 9 h	1.81	129.41	6094.96	0.62
tr_1000 12 h	1.59	129.19	4550.97	0.58
tr_1000 24 h	0.96	128.56	1072.37	0.45

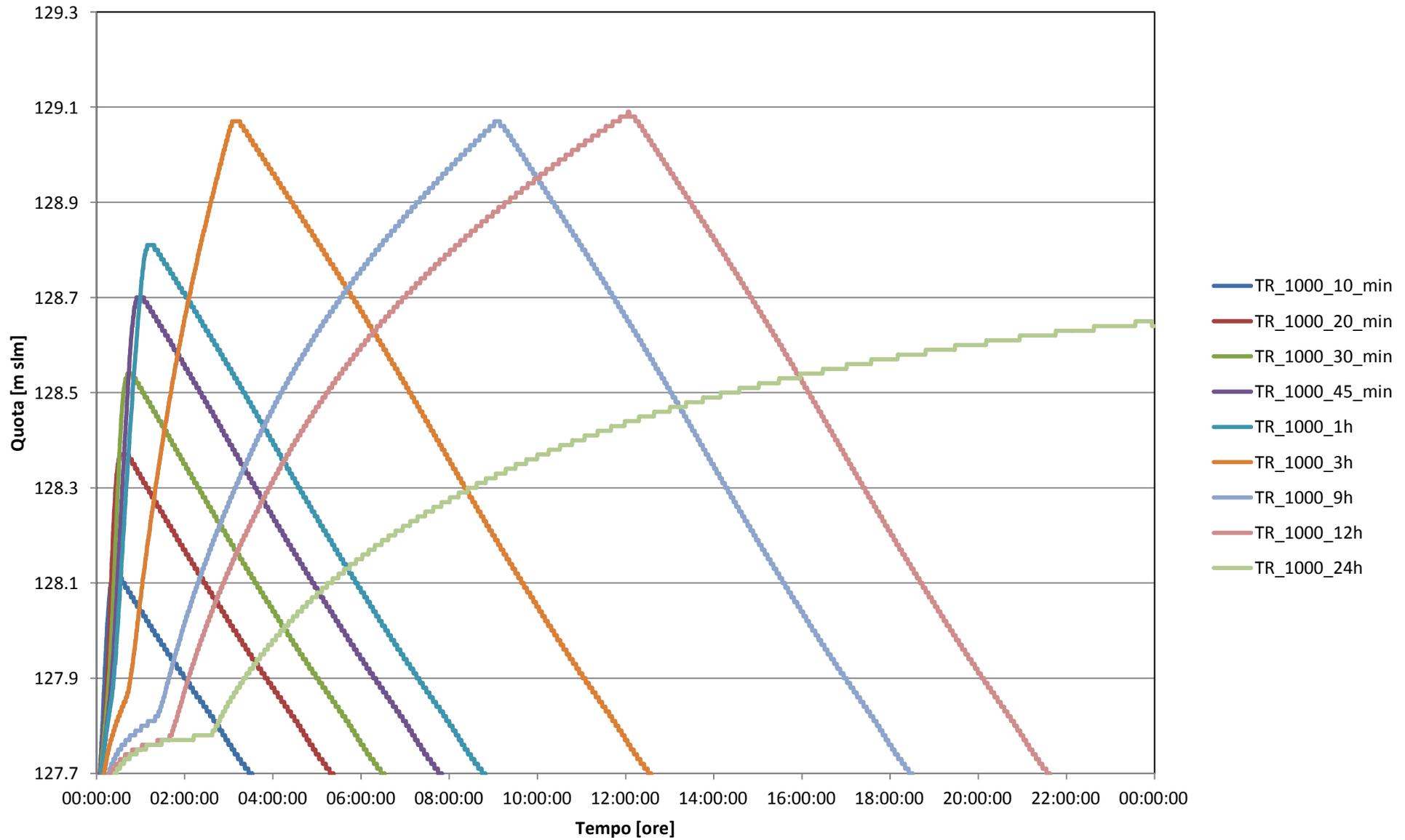
Portata sullo scarico di fondo



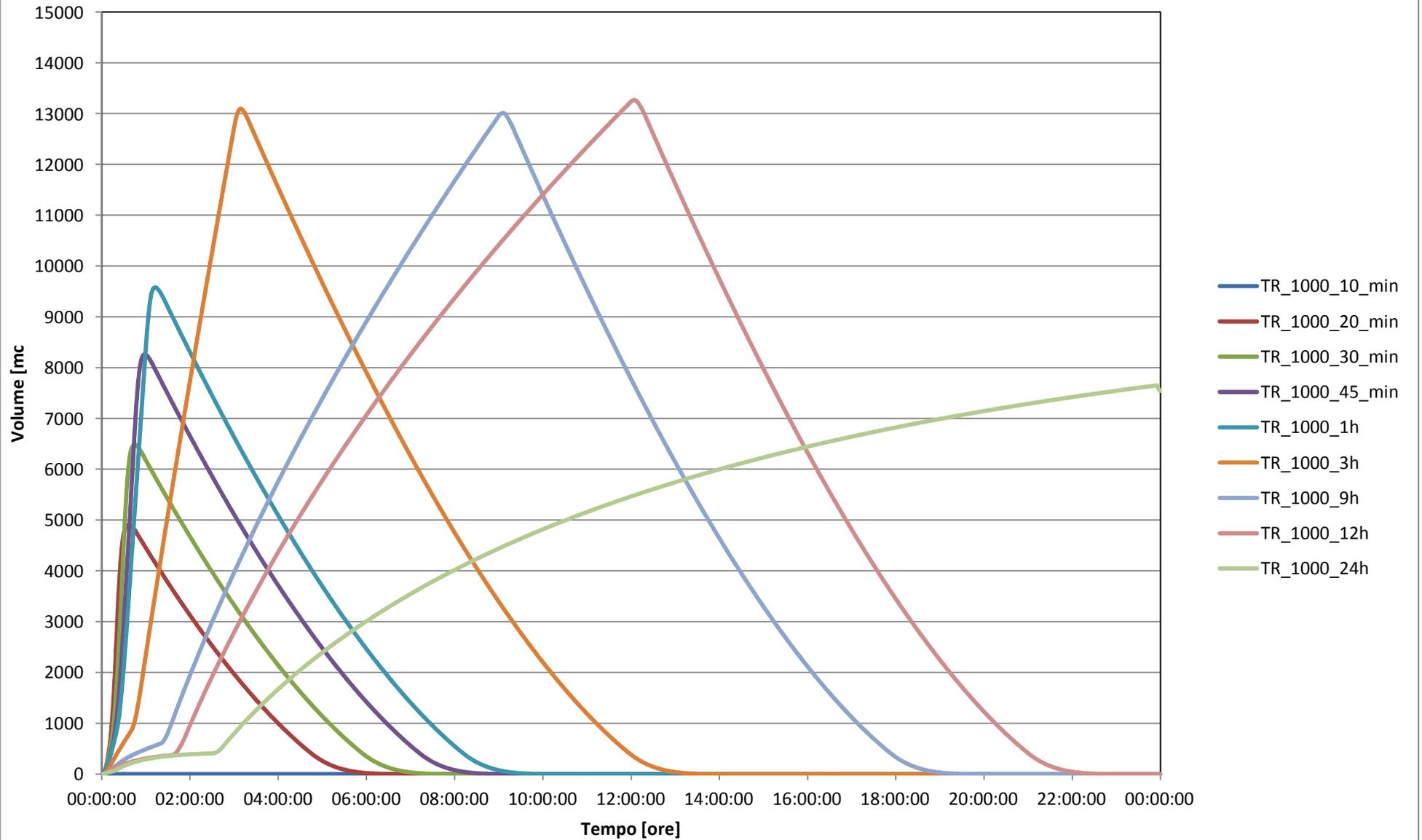
Verifica invaso scavato con scarico di fondo aperto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

Evento TR_1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invaso	Portata scarico di fondo
	(m)	(m)	(mc)	(mc)
tr_1000 10 min	0.52	128.12	2723.02	0.33
tr_1000 20 min	0.77	128.37	4900.9	0.4
tr_1000 30 min	0.94	128.54	6484.88	0.44
tr_1000 45 min	1.1	128.7	8261.69	0.48
tr_1000 1 h	1.21	128.81	9577.15	0.5
tr_1000 3 h	1.47	129.07	13093.81	0.56
tr_1000 9 h	1.47	129.07	13010.65	0.55
tr_1000 12 h	1.49	129.09	13265.03	0.56
tr_1000 24 h	1.05	128.65	7649.21	0.47

Livello - invaso scavato con scarico fondo aperto



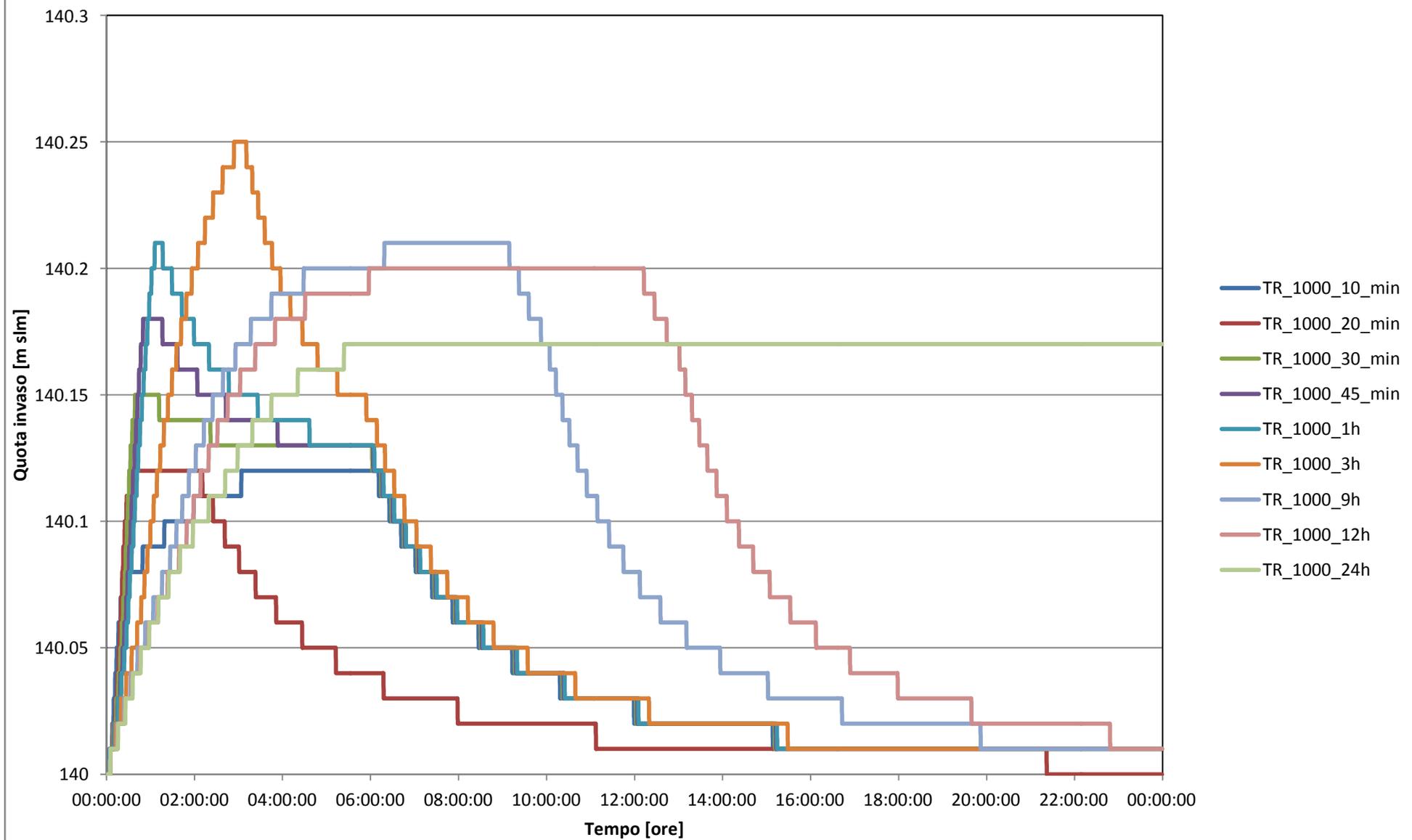
Volume - invaso scavato con scarico fondo aperto



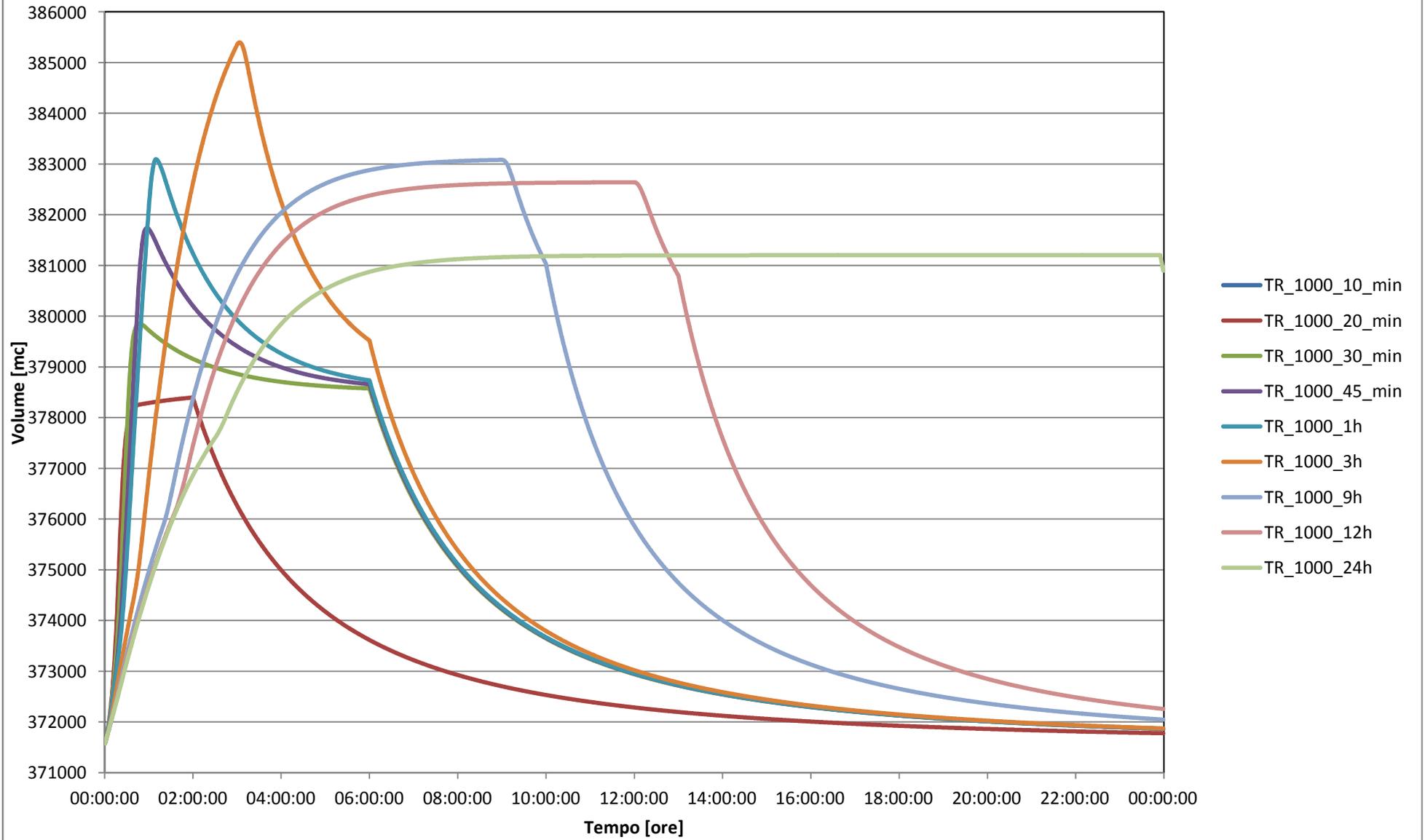
Verifica invaso di progetto per TR 1000 anni e diverse durate di pioggia

Evento TR_1000	Profondità rispetto fondo invaso	Quota invaso	Volume invaso	Portata scolmatore	Battente scolmatore
Durata di pioggia	(m)	(m)	(mc)	(mc)	(m)
tr_1000 10 min	12.52	140.12	378420.3	0.78	0.12
tr_1000 20 min	12.52	140.12	378394.7	0.78	0.12
tr_1000 30 min	12.55	140.15	379851.4	1.04	0.15
tr_1000 45 min	12.58	140.18	381737.5	1.41	0.18
tr_1000 1 h	12.61	140.21	383092.9	1.7	0.21
tr_1000 3 h	12.65	140.25	385396.1	2.23	0.25
tr_1000 9 h	12.61	140.21	383080.2	1.7	0.21
tr_1000 12 h	12.6	140.2	382638.2	1.6	0.2
tr_1000 24 h	12.57	140.17	381199.5	1.3	0.17

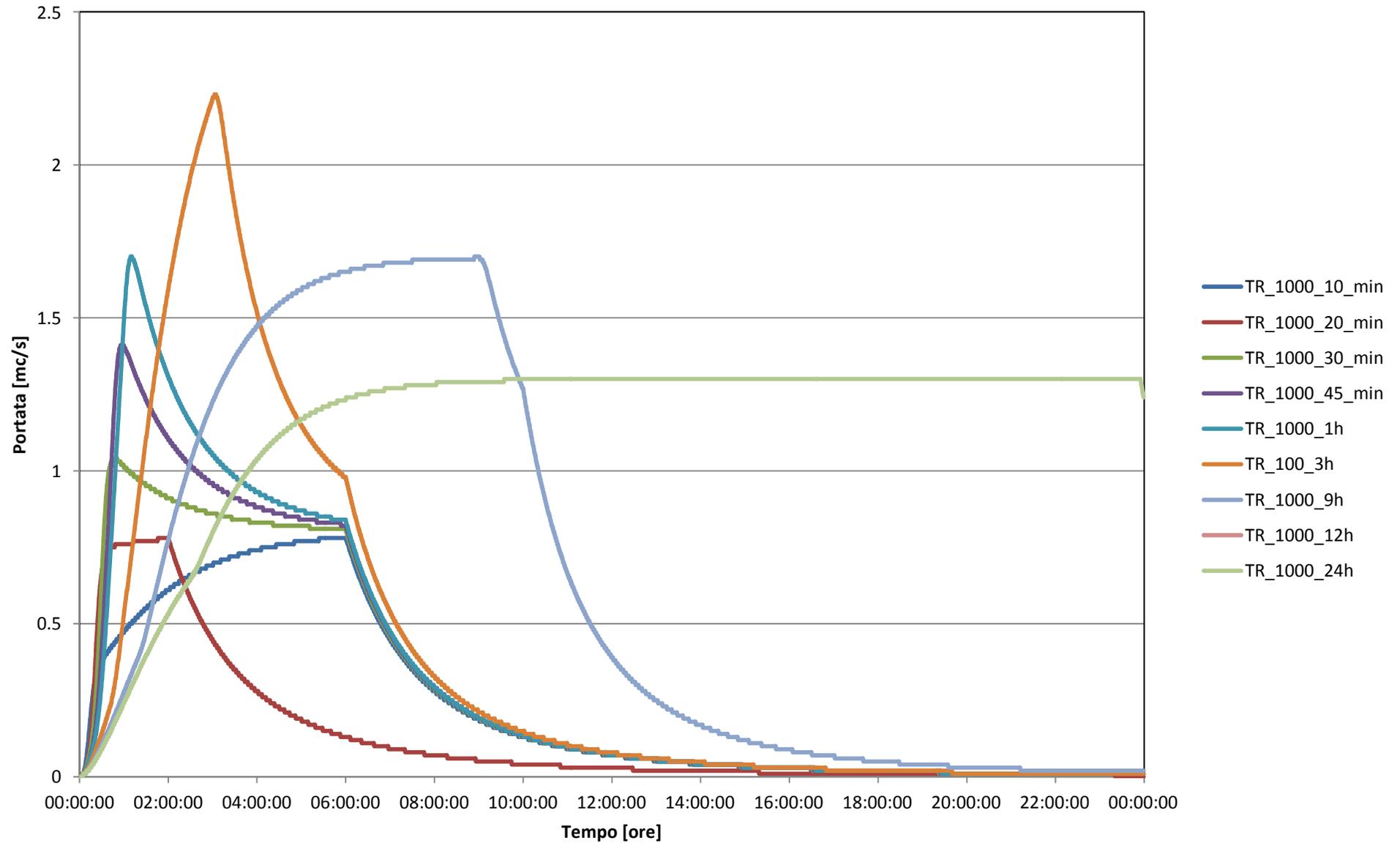
Livello invaso di progetto



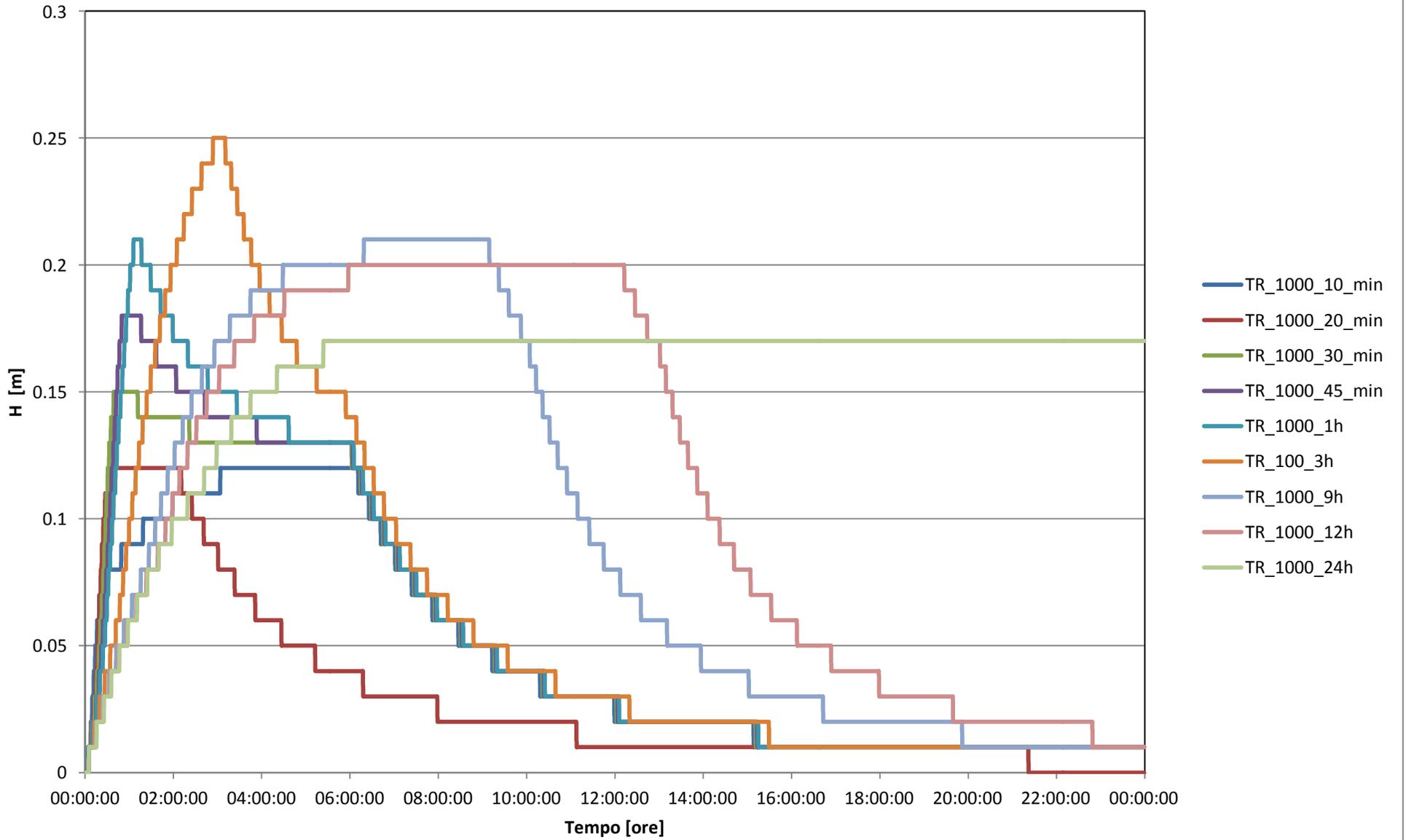
Volume invaso di progetto



Portata invaso di progetto laminata sullo scolmatore



Battente sullo scolmatore



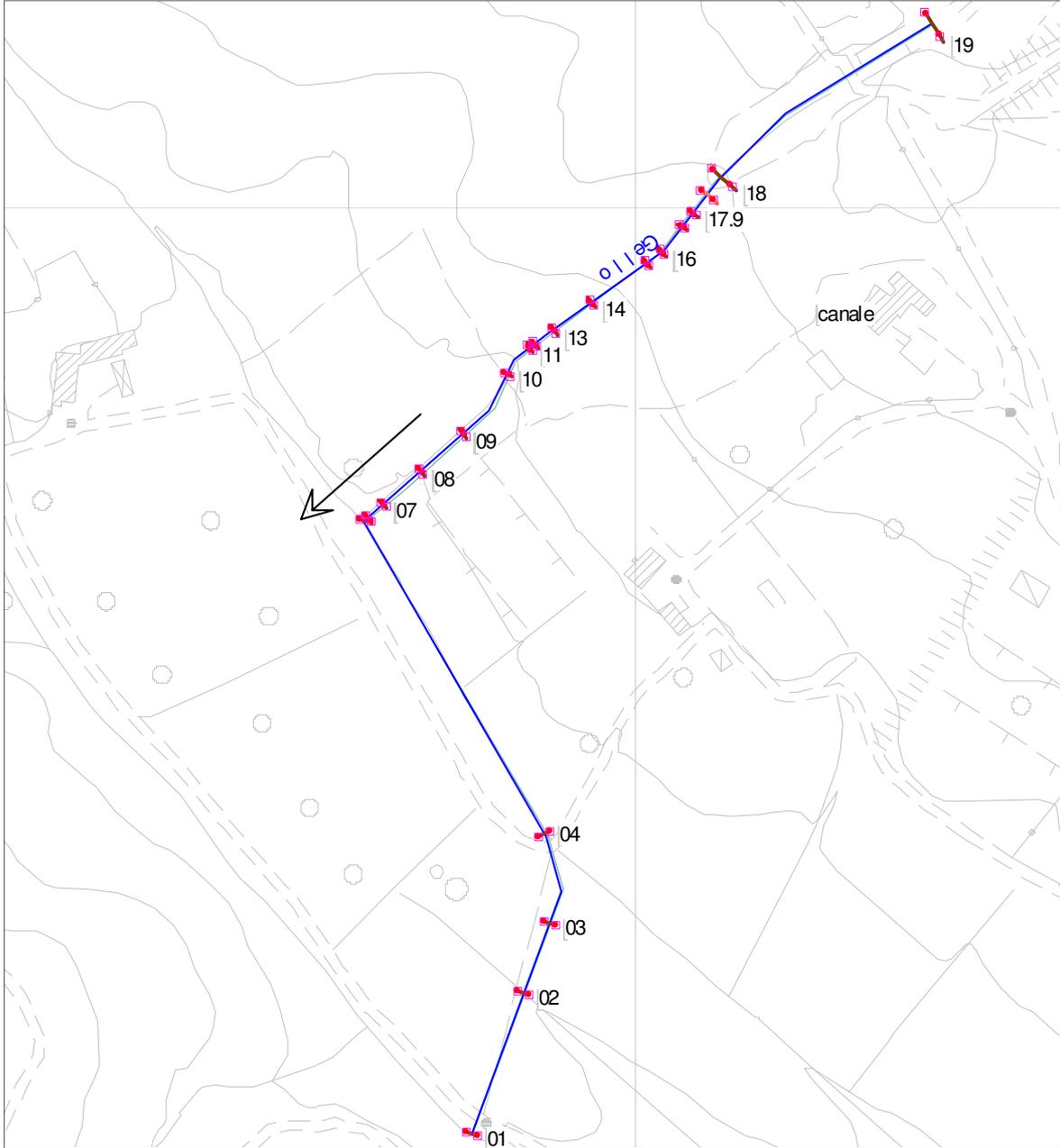
MODELLAZIONE IDRAULICA HEC-RAS 4.1.0

VERIFICA DEL CANALE SCOLMATORE

IN SEGUITO ALLA SUA SISTEMAZIONE

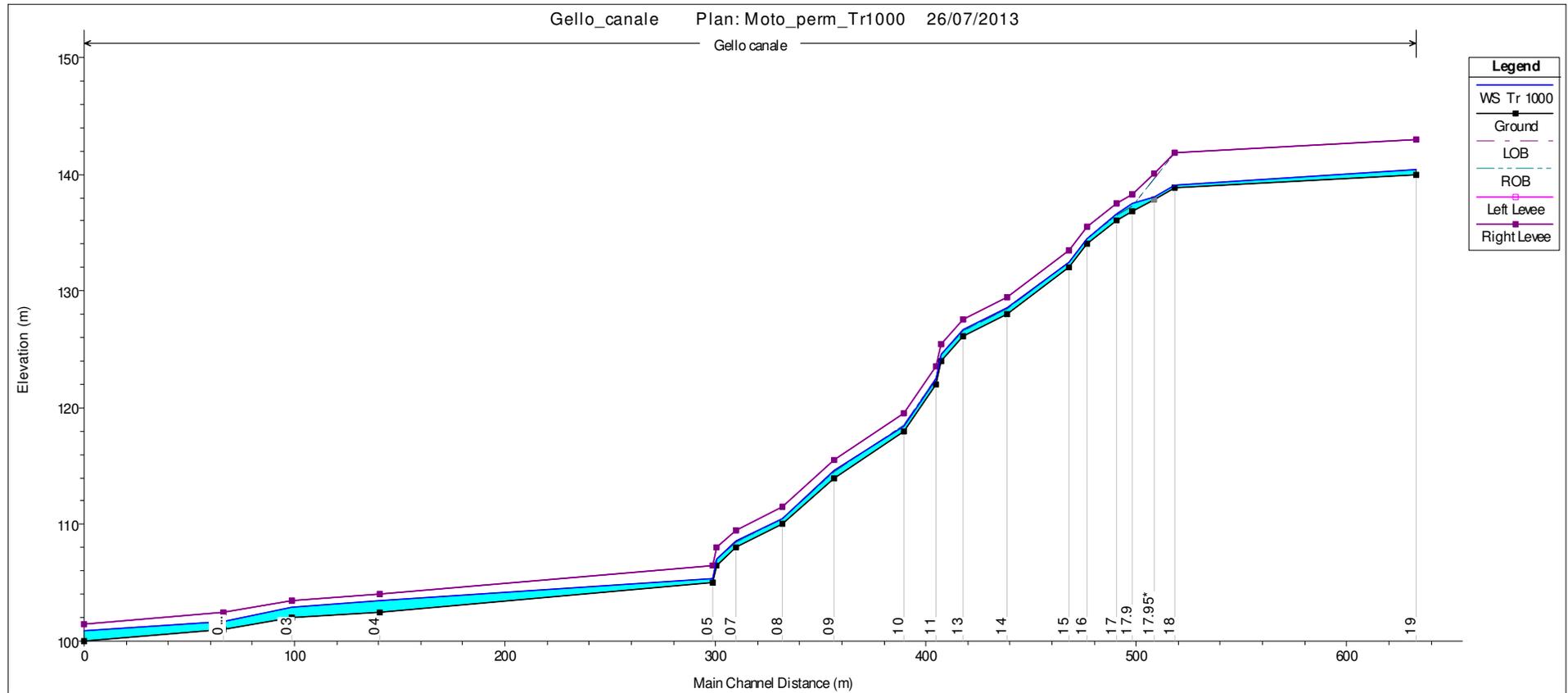
PER TR = 1000 ANNI

PLANIMETRIA



PROFILO DI CORRENTE

Canale scolmatore - Tr 1000 anni



PORTATA DI PICCO (m³/s) E CONDIZIONI AL CONTORNO

Steady Flow Data - Portata_Tr1000

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	Tr 1000	
1	Gello	canale	19	6.8	

Steady Flow Boundary Conditions

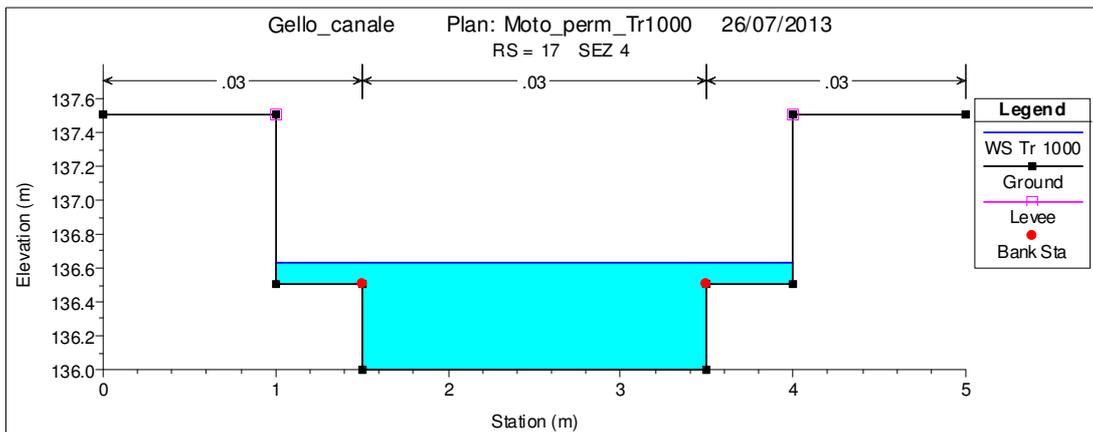
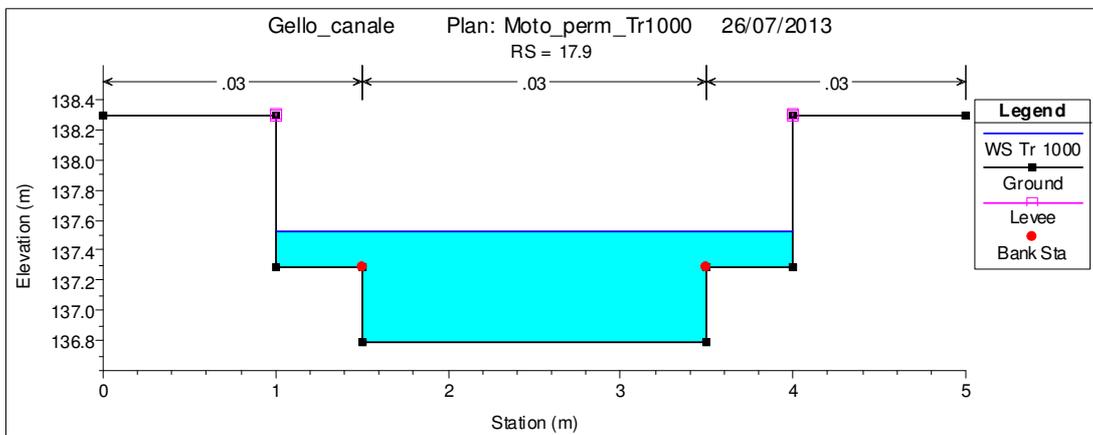
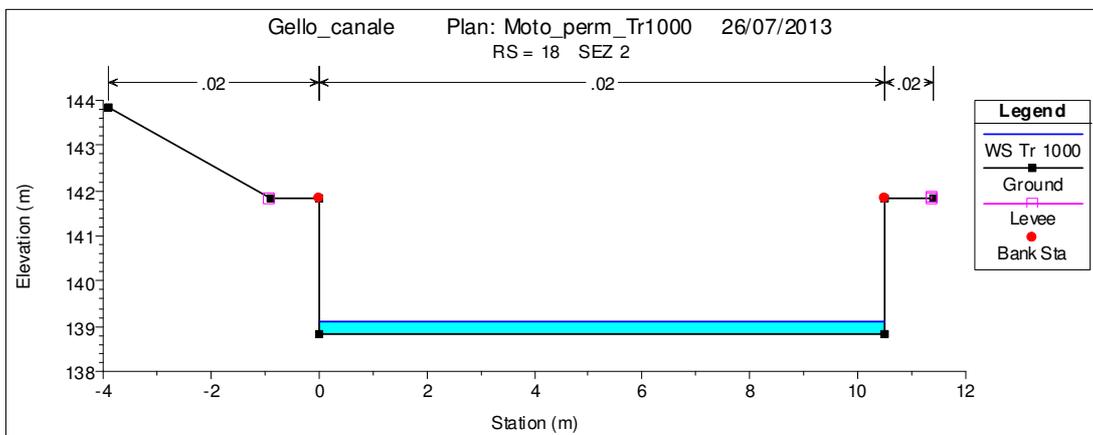
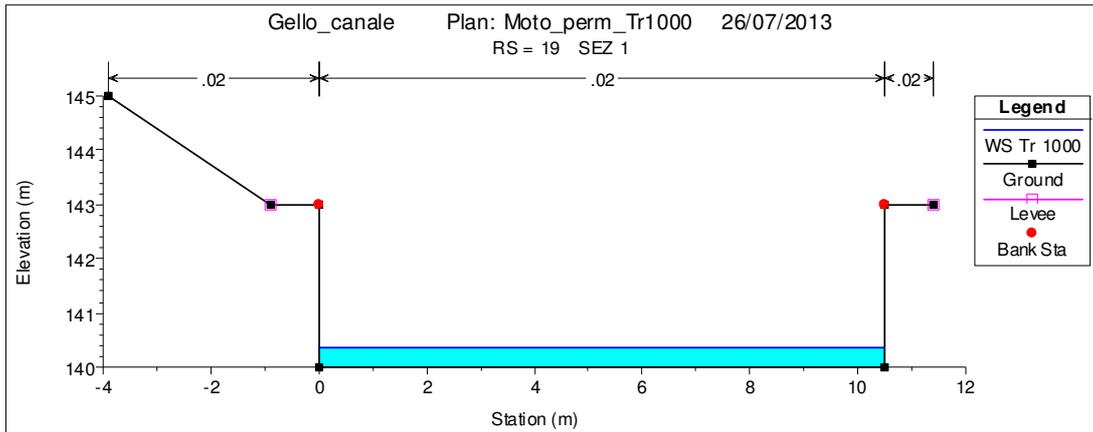
Set boundary for all profiles
 Set boundary for one profile at a time

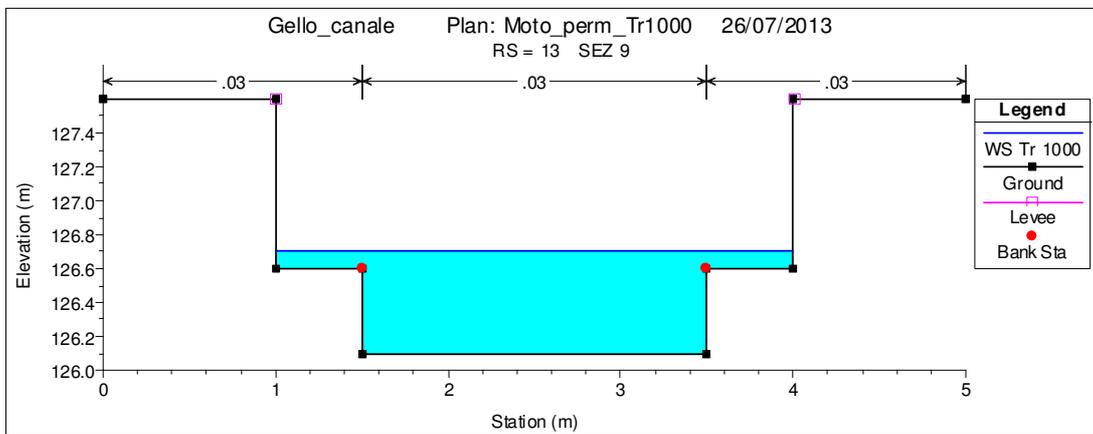
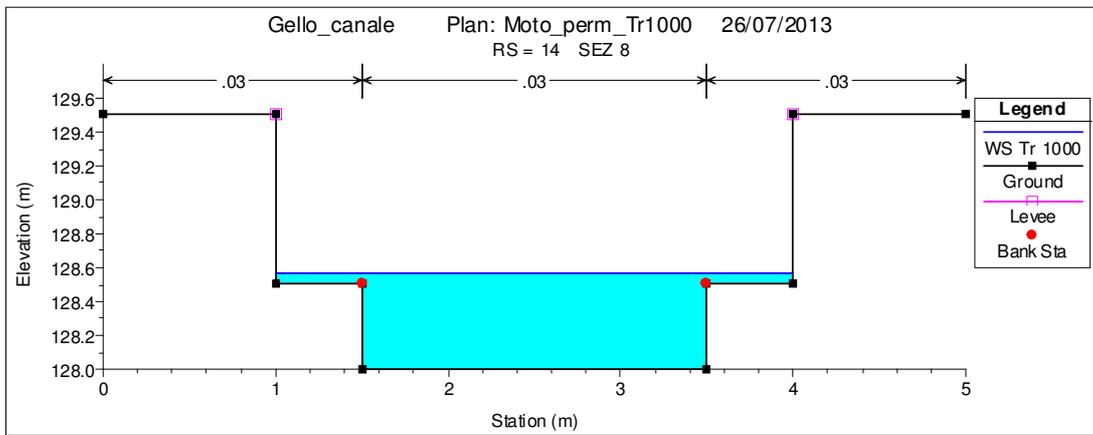
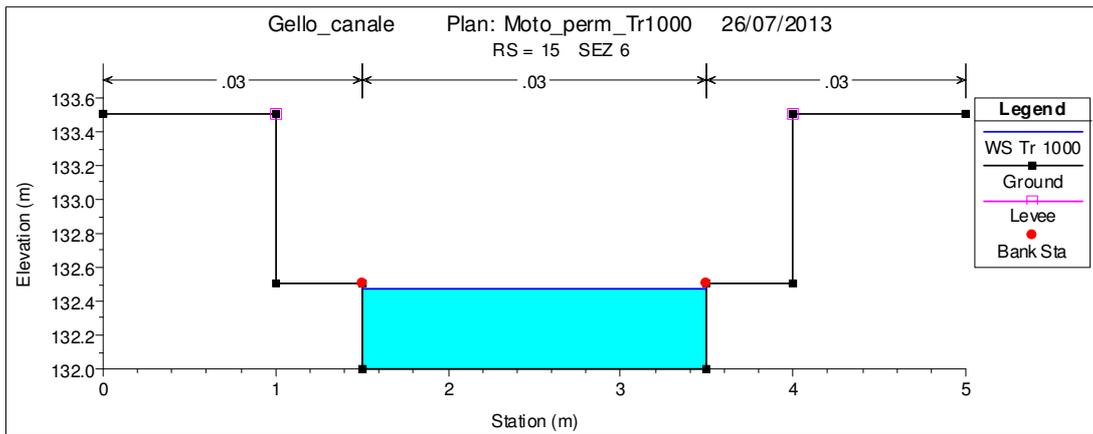
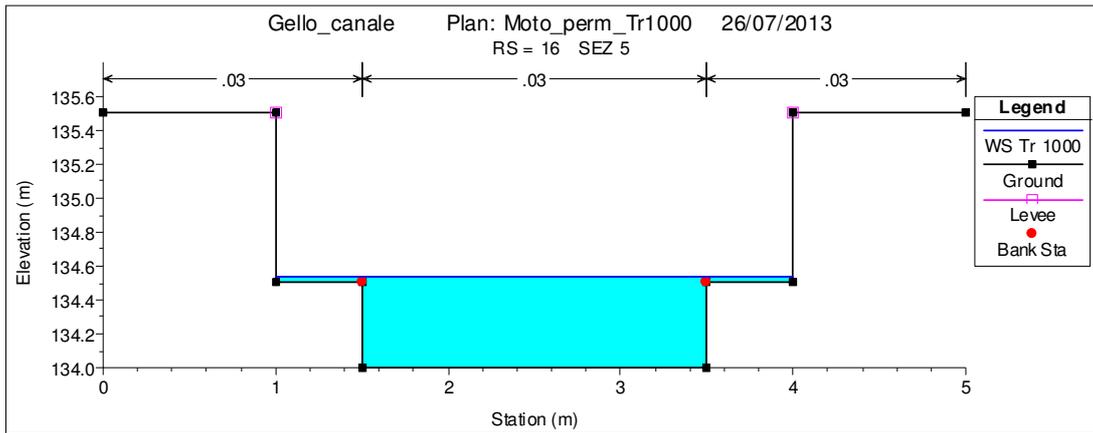
Available External Boundary Condition Types

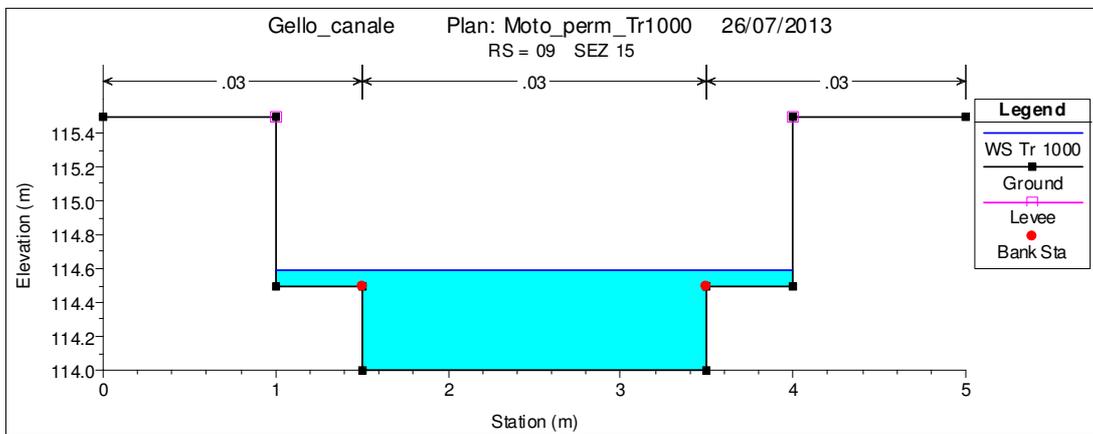
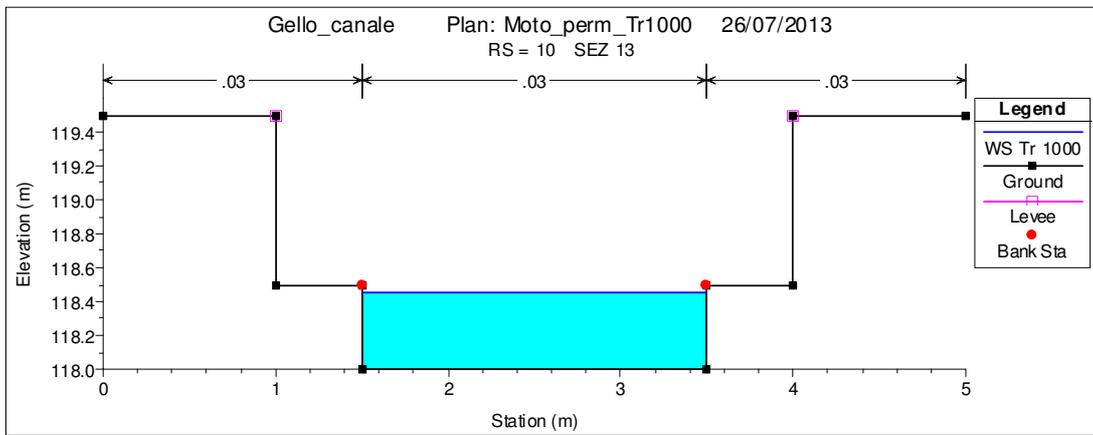
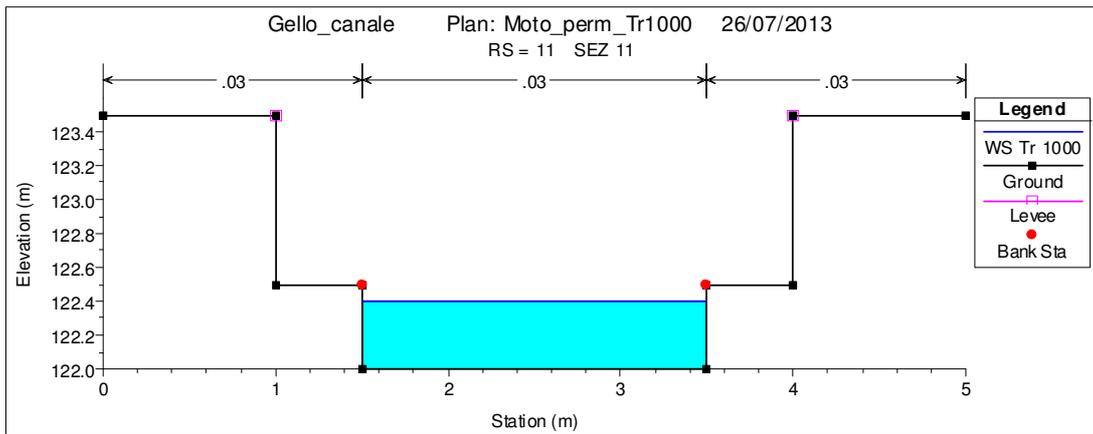
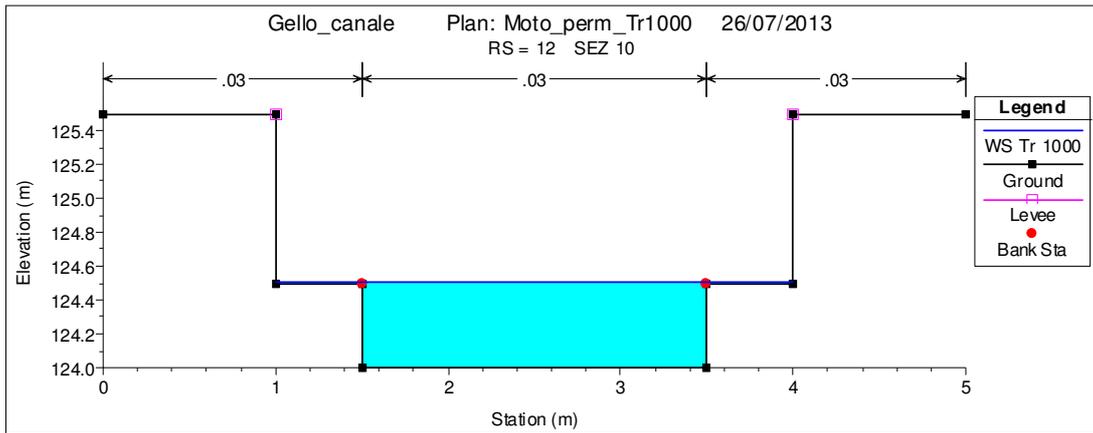
Selected Boundary Condition Locations and Types

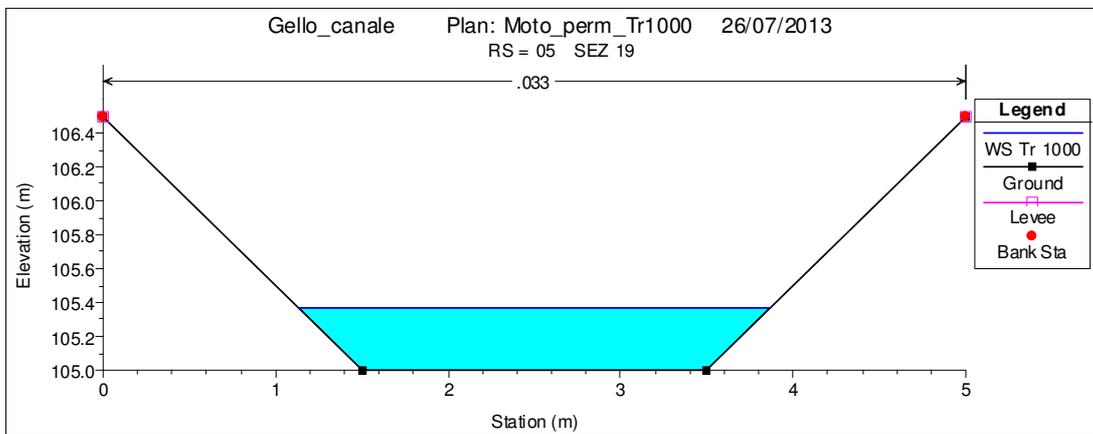
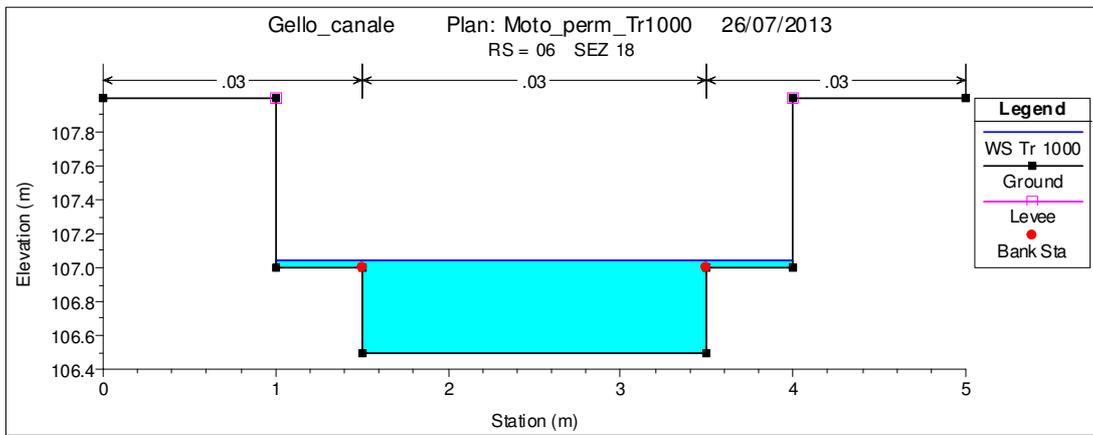
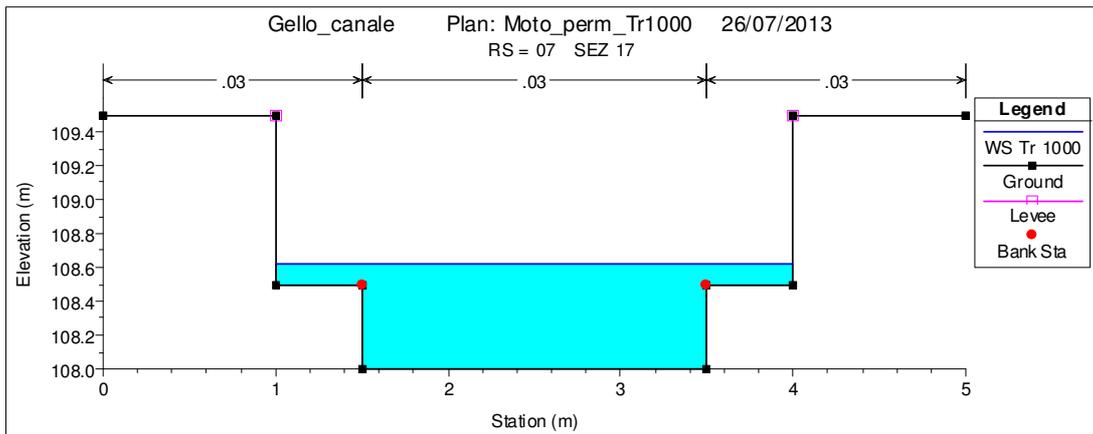
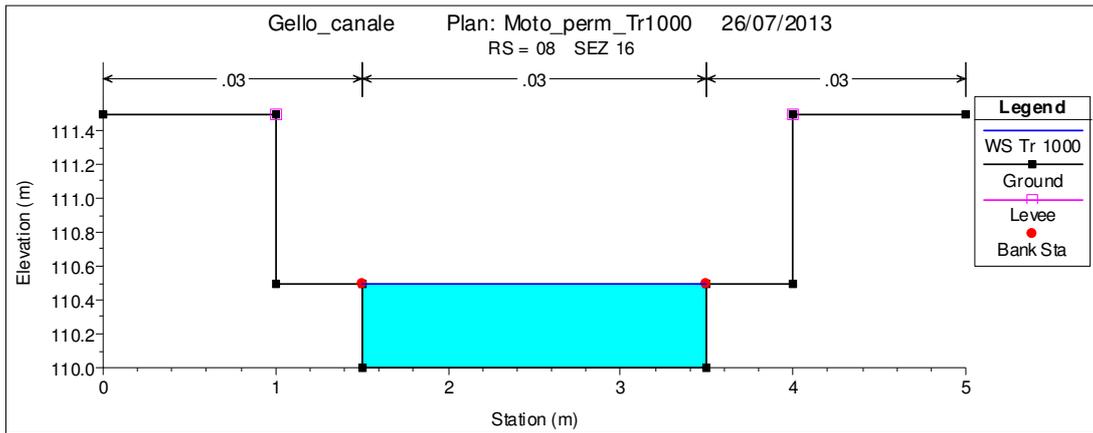
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Gello	canale	all	Critical Depth	Normal Depth S = 0.015

SEZIONI TRASVERSALI









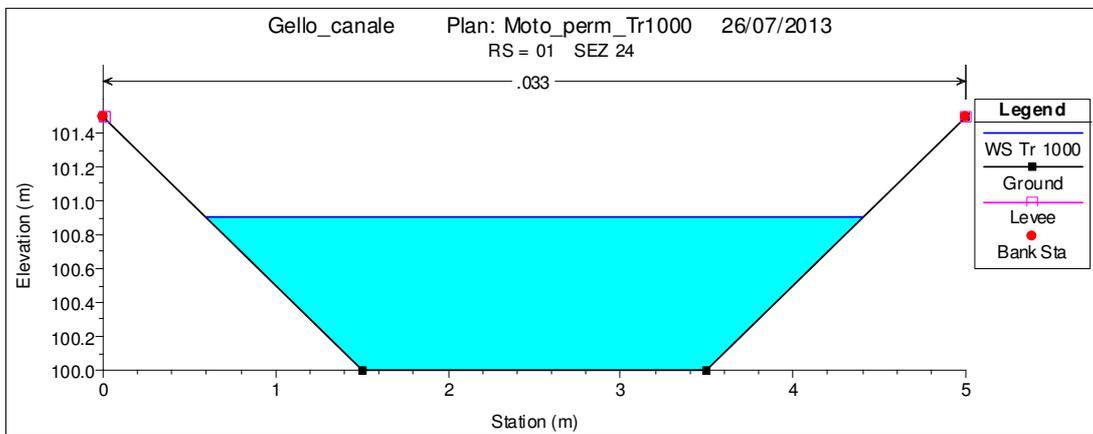
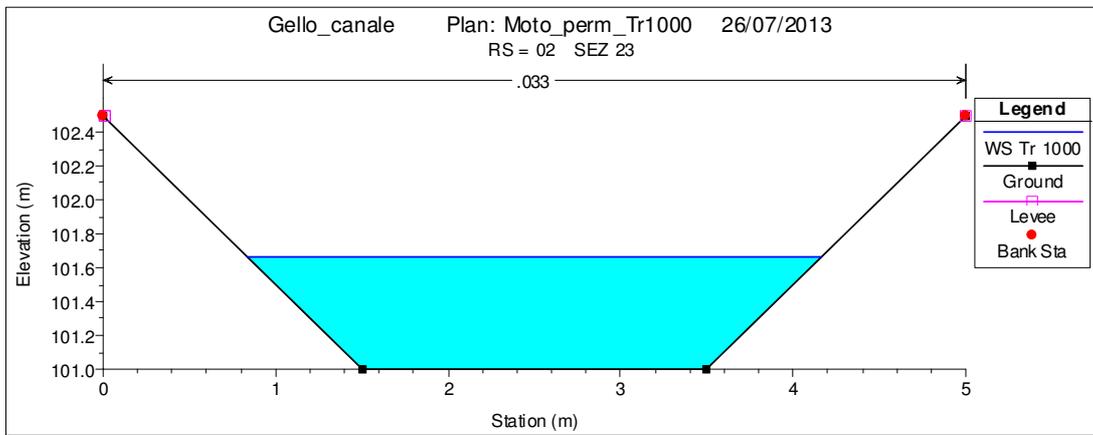
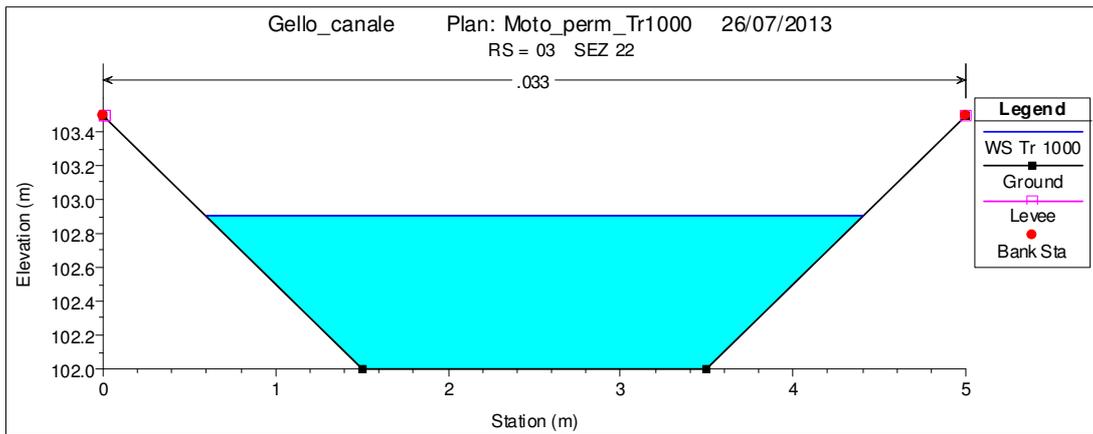
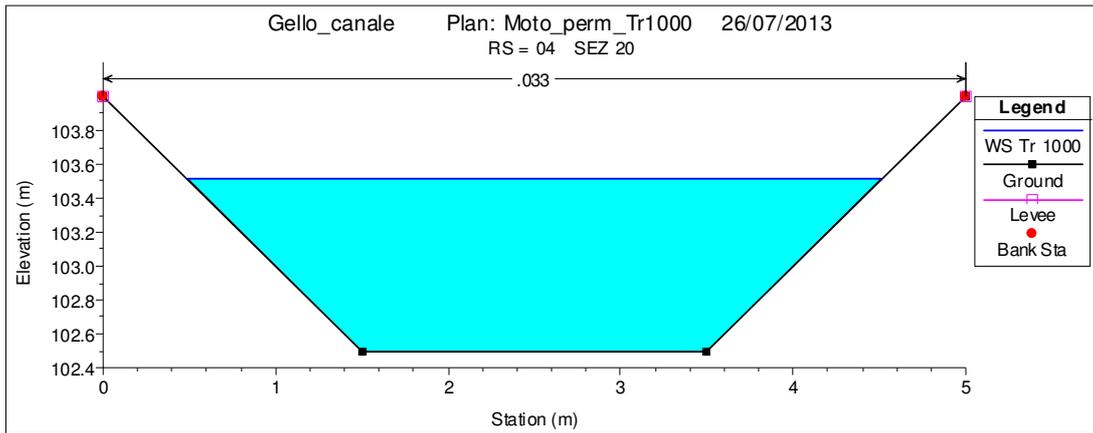


TABELLE OUTPUT

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
19	6.8	140	140.35	140.35	140.52	0.0061	1.85	3.67	10.5	1
18	6.8	138.84	139.1	139.19	139.42	0.016724	2.53	2.69	10.5	1.59
17.9	6.8	136.79	137.52	137.78	138.42	0.043817	4.32	1.69	3	1.61
17	6.8	136	136.63	136.99	137.94	0.075615	5.16	1.4	3	2.07
16	6.8	134	134.54	134.99	136.5	0.135848	6.23	1.12	3	2.7
15	6.8	132	132.48	132.99	135.05	0.204853	7.11	0.96	2	3.28
14	6.8	128	128.57	128.99	130.32	0.114991	5.9	1.2	3	2.5
13	6.8	126.1	126.71	127.09	128.17	0.08875	5.43	1.32	3	2.23
12	6.8	124	124.5	124.99	126.82	0.175296	6.74	1.01	3	3.03
11	6.8	122	122.4	122.99	126.07	0.344289	8.49	0.8	2	4.28
10	6.8	118	118.45	118.99	121.36	0.245053	7.56	0.9	2	3.6
9	6.8	114	114.59	114.99	116.14	0.096593	5.58	1.28	3	2.31
8	6.8	110	110.5	110.99	112.86	0.180615	6.81	1	2	3.07
7	6.8	108	108.62	108.99	110.01	0.082409	5.3	1.36	3	2.15
6	6.8	106.5	107.04	107.49	109	0.136056	6.23	1.12	3	2.7
5	6.8	105	105.37	105.9	108.52	0.360514	7.87	0.86	2.73	4.47
4	6.8	102.5	103.51	103.4	103.77	0.010041	2.23	3.05	4.03	0.82
3	6.8	102	102.9	102.9	103.25	0.015358	2.6	2.62	3.8	1
2	6.8	101	101.67	101.9	102.41	0.045029	3.82	1.78	3.33	1.67
1	6.8	100	100.91	100.9	101.25	0.015024	2.58	2.64	3.82	0.99

ALLEGATO 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

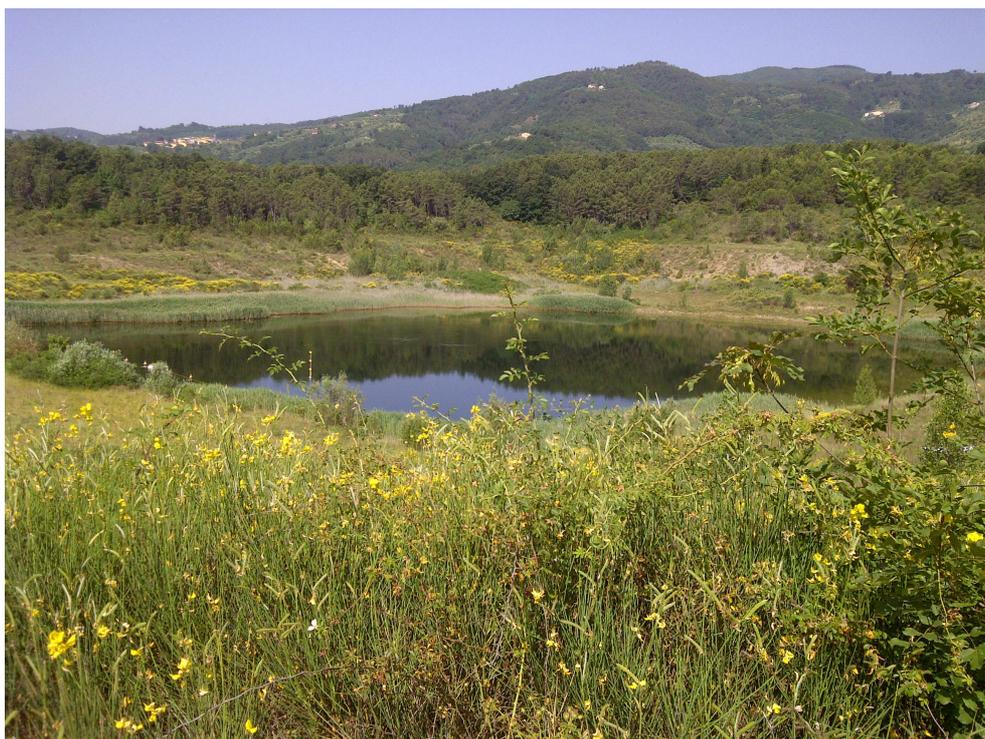


Foto 1: vista dell'invaso dal coronamento



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

ALLEGATO 3

MONOGRAFIA CAPISALDI



STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012

MONOGRAFIA CAPOSALDO "A"

SOLETTA CANALE DI SFIORO

CHIDO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLA LINEA DI
MEZZERIA ALL'INIZIO DELLA SOLETTA DEL CANALE DI SFIORO

COORDINATE GEOGRAFICHE ETRF 2000

φ : 43°57'32,7896"

λ : 10°52'59,4554"

$Q_{(elliss)}$: m 193,27

QUOTA S.L.M.

m 147,76

*Materializzazione della quota di sfioro
indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "B"

MURO CANALE DI SFIORO

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN SOMMITA' DELL'INIZIO DEL MURO
IN SINISTRA IDRAULICA DEL CANALE DI SFIORO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'32,7043"
 λ : 10°52'59,7442"
 $Q_{(elliss)}$: m 195,37

QUOTA S.L.M.

m 149,90

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "C"

CHIUSINO POZZETTO ACQUEDOTTO

CENTRO CHIUSINO CIRCOLARE POZZETTO ACQUEDOTTO
SITUATO ALL'ESTREMITA' NORD DEL CORONAMENTO DIGA

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'39,3968"

λ : 10°53'08,4964"

$Q_{(elliss)}$: m 195,54

QUOTA S.L.M.

m 150,01

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "D"

MANUFATTO DI MANOVRA INGRESSO INVASO

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLO SPIGOLO EST
SULLA SOMMITA' DEL MANUFATTO DI MANOVRA IN MURATURA

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : $43^{\circ}57'43,5754''$

λ : $10^{\circ}53'03,3867''$

$Q_{(elliss)}$: $m\ 197,57$

QUOTA S.L.M.

$m\ 152,14$

Quota riferita alla quota di sfioro di $m\ 147,76$ indicata dal Comune di Pistoia





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "E"

POZZETTO VALVOLE DEPOSITO

CHIEDO TOPOGRAFICO INFISSO SULLA SOMMITA' DEL MURO DI
SOSTEGNO DEL POZZETTO VALVOLE A SERVIZIO DEPOSITO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'36,9664"

λ : 10°53'10,2629"

$Q_{(elliss)}$: m 185,81

QUOTA S.L.M.

m 140,34

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "F"

MANUFATTO VALVOLE DI SCARICO INVASO

CENTRO CADITOIA IN CLS SITUATA IN PROSSIMITA' DEL MANUFATTO
UTILIZZATO PER L'ALLOGGIAMENTO DELLE VALVOLE DI SCARICO INVASO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'31,7527"

λ : 10°53'07,3260"

$Q_{(elliss)}$: m 164,78

QUOTA S.L.M.

m 119,31

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*





STUDIO TECNICO ASSOCIATO
FRASSINETI
Via L. Ballerini, 19 – 59100 PRATO

**RILIEVO TOPOGRAFICO BATIMETRICO SUPERFICIE BAGNATA
INVASO DI GELLO
COMUNE DI PISTOIA – PROVINCIA DI PISTOIA
OTTOBRE 2012**

MONOGRAFIA CAPOSALDO "G"

CENTRALE DI POTABILIZZAZIONE

CHIODO TOPOGRAFICO INFISSO IN PROSSIMITA' DELLO SPIGOLO S/E DEL
MARCIAPIEDE DELLA CENTRALE DI POTABILIZZAZIONE DI GELLO

**COORDINATE GEOGRAFICHE
ETRF 2000**

φ : 43°57'29,1890"

λ : 10°53'17,1640"

$Q_{(elliss)}$: m 177,18

QUOTA S.L.M.

m 131,71

*Quota riferita alla quota di sfioro di m
147,76 indicata dal Comune di Pistoia*

