



Progetto

POLO ESTRATTIVO A1 "OASI DI TORRILE"
LOTTO 1A - 1B - 2

PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE FINALE

PROGETTO ESECUTIVO

**OPERE IDRAULICHE DELLA CASSA DI ESPANSIONE
DEI CANALI LORNO E GALASSO**

Progettista



©I.S.I. Ingegneria e Ambiente
Ing. Gian Lorenzo Bernini - Ing. Rosaria Ragazzini
Via Martiri della Liberazione, 36
43126 Vicoforte (PR) - cod.fisc. e P.I. 02577010347
Tel. 0521 941229 - info@isiingegneriaeambiente.it



Consulenza ambientale



AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale



Titolo Elaborato

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

Data Emissione Progetto
SETTEMBRE 2019

Scala

Identif. Elaborato

COD. COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPOLOGIA	CAT.OPERA	N.OPERA	PARTE OPERA	N.PROGR.DOC.	REV
POA1	X	E	ST	REL	CE	000	G	001	A

A	30 Settembre 2019	EMISSIONE	M.F.	G.L. Bernini	D. Colucci
Rev	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELL'AMBITO DI INTERVENTO	5
3	ATTIVITÀ PRELIMINARI E DEL PROGETTO DEFINITIVO	7
3.1	Rilievo topografico e indagini geognostiche	7
3.2	Indagini geognostiche	7
3.3	Descrizione della rete drenante e dei bacini idrografici	7
3.4	Analisi Idrologica e Idraulica	9
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	11
4.1	Configurazione di progetto della cassa d'espansione	11
4.1.1	I manufatti idraulici	12
5	SINTESI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE	15

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto definitivo "Piano di coltivazione e sistemazione finale – Polo estrattivo A1 Oasi di Torrile – Cava lotti 1A, 1B, 2, podere Aia" del luglio 2016 dell'Impresa Pizzarotti S.p.A., di seguito citato come "Progetto Pizzarotti" si prevedeva, anche come prescrizione, che i vuoti di cava fossero idonei ad essere utilizzati come cassa di espansione dei canali Lorno e Galasso, come previsto dalla pianificazione vigente (PIAE 2008) e, quindi, compatibili con quanto rappresentato nello studio di massima redatto nel 2007 (Studio Telò: "Ampliamento Oasi di Torrile — Attuazione Polo A1, Analisi compatibilità idraulica — luglio 2007").

Il presente documento, nel rispetto del recupero naturalistico finale e dei limiti di escavazione (20 m dal piede dei rilevati arginali di Lorno e Galasso) approvati col progetto definitivo del luglio 2016, descrive le principali fasi funzionali alla definizione del progetto idraulico della cassa d'espansione.

L'opera in progetto consentirà di migliorare il grado di sicurezza idraulica del territorio in termini di aumento del franco arginale rispetto allo stato attuale, e quindi diminuzione del rischio di allagamento, conseguibili utilizzando il volume reso disponibile dalla cava come cassa di laminazione, lasciando impregiudicata ogni altra valenza ambientale prevista.

Infatti, al fine di conciliare al meglio le funzioni di tipo ambientale, come ampliamento dell'adiacente oasi naturalistica LIPU, e idraulica, come cassa di espansione, sono stati progettati i manufatti idraulici di presa in modo che la cassa venga attivata per eventi di piena con tempo di ritorno superiore ai 5 anni.

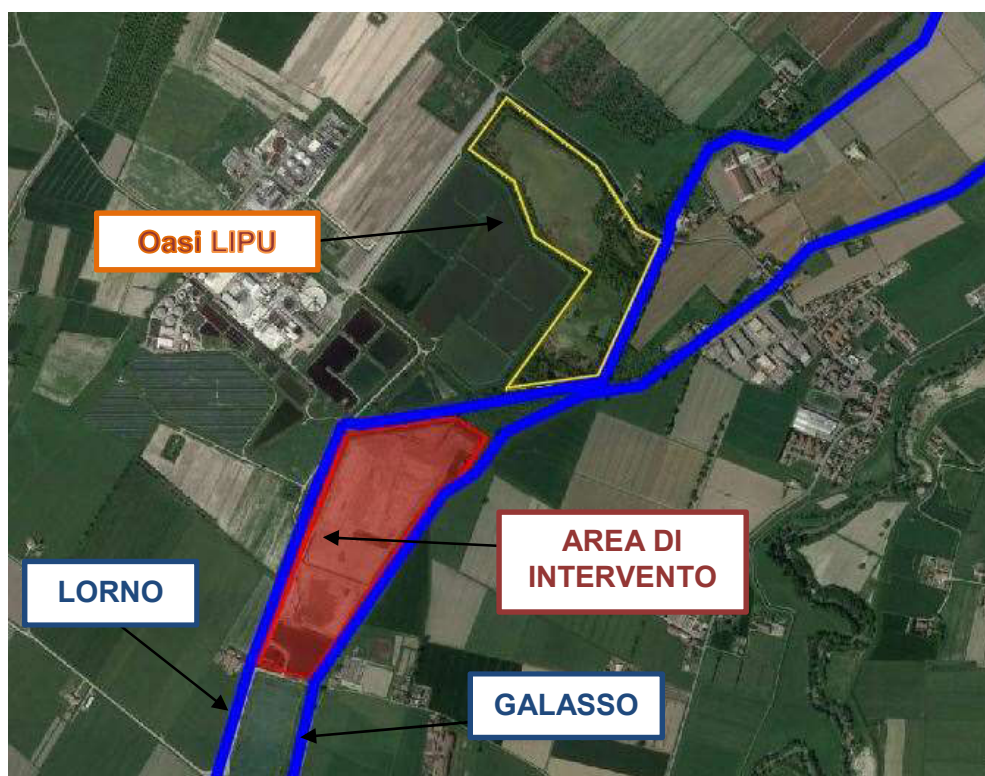


Figura 1 – Inquadramento territoriale: posizione della nuova cassa di espansione.

Il dimensionamento dei manufatti idraulici e dei volumi di cassa è funzionale a garantire la laminazione delle onde di piena dei canali Lorno e Galasso, anche, durante eventi con contemporaneità di piena di Po e Parma che limitano il deflusso delle acque verso valle.

Il progetto idraulico della cassa e dei suoi manufatti è basato sui seguenti elementi tecnici:

- Definizione del bacino idrografico dei canali Lorno e Galasso chiuso a foce Parma.
- Definizione degli idrogrammi di piena che possono sollecitare, con diverso tempo di ritorno, l'asta dei corsi d'acqua interessati dall'intervento.
- Dettagliata descrizione morfologica delle due aste in esame, soprattutto nell'intorno dell'intervento, al fine di meglio calibrare e definire il modello idraulico di propagazione delle piene.

Al fine della calibrazione dei modelli idrologici e idraulici e alla verifica dei risultati sono stati visionati studi pregressi messi a disposizione rispettivamente dell'Impresa Pizzarotti S.p.A. e da AIPO, in particolare:

- Studio idrologico idraulico "Ampliamento oasi di Torrile, attuazione polo A1 – progetto di coltivazione lotto 1A" redatto da Studio Telò nel luglio del 2007 commissionato dall'Industria Laterizi Giavarini S.p.A. (Impresa Pizzarotti), di seguito citato come "Studio Giavarini".
- Progetto "Piano di coltivazione e sistemazione finale – Polo estrattivo A1 Oasi di Torrile – Cava lotti 1A, 1B, 2, podere Aia" commissionato dall'impresa Pizzarotti S.p.A. nel luglio del 2016, di seguito citato come "Progetto Pizzarotti".
- Progetto "Lavori per la riduzione del rischio residuo e per il miglioramento del sistema difensivo del nodo idraulico di Colorno sui canali Lorno, Galasso e torrente Parma nei comuni di Colorno e Torrile (PR)" redatto da Art Ambiente Risorse Territorio nell'ottobre del 2017 per AIPO, di seguito citato come "Progetto AIPO".

2 DESCRIZIONE DELL'AMBITO DI INTERVENTO

L'ambito di cava oggetto di intervento è situato nella parte più settentrionale della Provincia di Parma in Comune di Torrile (PR), all'interno di un'area pianeggiante circoscritta dai canali Lorno e Galasso, a circa 6,0 km dalla foce nel torrente Parma.

La necessità di unire la valenza ambientale e idraulica alla sistemazione finale della cava nasce dall'esigenza di aumentare la sicurezza idraulica di un territorio caratterizzato da un nodo idraulico, quello di Colorno, di elevata complessità; in tale nodo si trovano il torrente Parma, a pochi chilometri dalla sua foce in Po, ed i canali Lorno e Galasso, che si uniscono in un unico canale ad alcune decine di metri prima della confluenza nel Parma.



Figura 2 – Inquadramento territoriale: nodo idraulico di Colorno e posizione della cassa di espansione in progetto.

Negli ultimi decenni sono stati realizzati alcuni interventi, di seguito elencati, al fine di migliorare la sicurezza idraulica del nodo Colorno:

1. Adeguamento in quota del tratto arginale del canale Lorno dalla confluenza del Parma per circa 1,5 km a monte, nell'ambito dell'intervento, più articolato, di realizzazione della chiavica con "Porte Vinciane". La quota di testa arginale di riferimento era la quota PAI riferita alla piena con TR200 del torrente Parma in corrispondenza della confluenza stessa, e pari a 32,60 m s.l.m.. Realizzato in sponda sinistra per un tratto di circa 1.750 m.

2. Manutenzione straordinaria della vegetazione ripariale migliorando la sezione utile di deflusso del tratto terminale del Lorno.

Ad oggi, tuttavia, rimangono situazioni di rischio idraulico significativo, così come messo in evidenza dall'evento del febbraio 2016, dove i livelli idrometrici registrati lungo il Lorno hanno provocato lo sfioro in diversi tratti da Ponte Pietra a Colorno e aggravato le condizioni della chiavica Motta, completamente lesionata dopo l'evento. Quest'ultimo manufatto è posto sull'argine di sinistra del canale Lorno a 2,7 km circa dalla confluenza in torrente Parma e mette in collegamento il Lorno direttamente con il fiume Po, mediante un canale detto "Va e vieni" e alla chiavica Sanguigna sull'argine maestro di Po.

Il "Progetto AIPO" del 2018 prevede il rifacimento della chiavica Motta, il completamento di messa in quota arginale del canale Lorno a 32,60 m s.l.m. verso monte fino alla chiavica Motta, per circa 1.100 m in sponda sinistra e 2.350 m in sponda destra, oltre alla manutenzione delle porte Vinciane e della vegetazione ripariale. La cassa di espansione in progetto si inserisce all'interno di questo complesso sistema idraulico contribuendo a ridurre il rischio idraulico del territorio interessato; la funzione principale dell'opera è quella di laminare le portate che defluiscono all'interno dei canali Lorno e Galasso durante gli eventi di piena contenendo le esondazioni e aumentando il franco di sicurezza arginale, soprattutto in corrispondenza e a valle della cassa. La cassa di espansione in progetto risulta importante anche come volume di invaso durante eventi di piena di Po e Parma.

3 ATTIVITÀ PRELIMINARI E DEL PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto definitivo approvato, e precedente all'attuale fase di progetto delle opere idrauliche, contiene documenti e attività preliminari, finalizzate alla corretta caratterizzazione dell'ambito di intervento. Le attività sono di seguito descritte.

3.1 RILIEVO TOPOGRAFICO E INDAGINI GEOGNOSTICHE

I dati topografici utilizzati per l'implementazione dello studio idrologico idraulico e del progetto sono i seguenti:

- Sezioni "Progetto Giavarini" per il quale sono disponibili i rilievi topografici effettuati a vario titolo da diversi Enti, fino all'aggiornamento dell'Aprile-Maggio 2007 effettuato appositamente per il sopracitato studio, con particolare riferimento ai tratti a monte dei rilievi preesistenti, che interessano prevalentemente la parte terminale dei due canali.
- Sezioni rilevate nel 2017 per il "Progetto AIPO" sui canali Lorno (28 sezioni per uno sviluppo di circa 5.5 Km) e Galasso (21 sezioni per uno sviluppo di circa 4 Km) a valle della cassa oggetto di studio, e sul canale Vai e Vieni (4 sezioni).
- Rilievo effettuato da parte dell'impresa Pizzarotti S.p.A. nel 2019 dell'area di cava oggetto di intervento e dei canali Lorno e Galasso nei tratti in prossimità della stessa (40 sezioni).

Il rilievo è stato restituito attraverso sezioni trasversali d'alveo e profili longitudinali delle quote di sommità arginale dei canali Galasso e Lorno nel tratto di interesse.

3.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini di tipo geognostico relative all'area di interesse sono contenute all'interno del progetto definitivo del luglio 2016 dell'Impresa Pizzarotti e in particolare nella relazione geologica con codice elaborato POA1XESPRELCE000G032A.

3.3 DESCRIZIONE DELLA RETE DRENANTE E DEI BACINI IDROGRAFICI

Il reticolo idrografico analizzato nel progetto della cassa di espansione interessa i bacini dei canali Lorno e Galasso. L'analisi idrologica è stata effettuata sull'intero bacino idrologico sotteso chiuso alla confluenza Lorno-Parma.

Il canale Lorno ha origine da canali secondari e terziari nei pressi della località Viarolo e il suo bacino include la campagna circostante l'abitato di Ronco Campo Canneto, fino all'argine destro del torrente Taro. Più a valle comprende l'Oasi di Torrile, la zona del bosco di Torrile fino alla S.P.33 e le aree comprese tra Lorno e Galasso.

Il canale Galasso ha origine in prossimità della città Parma e, in prossimità del depuratore Parma Ovest, presenta uno scolmatore laterale che si attiva al di sopra di un fissato livello idrico e che scarica le portate nel cavo Abbeveratoio. Le portate che transitano a valle di questo dispositivo hanno un valore massimo pari a

quello di attivazione delle soglie di sfioro. Per tale motivo questo punto è stato assunto come estremità di monte del tratto di canale Galasso oggetto del presente studio. Il canale prosegue attraversando la zona aeroportuale e fieristica, quindi per Torrile fino alla confluenza nel canale Lorno, poco più a monte della confluenza col torrente Parma e delle porte vinciane. Lungo il suo percorso il Galasso riceve diversi canali e fossi tributari tra cui i principali sono:

- Il canale Maretto che ha origine a nord di Sala Baganza e interessa un bacino di circa 3.900 ha in sponda destra del fiume Taro;
- Il canale Vallazza che ha origine a San Pancrazio e scarica in Galasso poco più a monte del canale Maretto, e attraversa l'abitato di Roncopascolo, per un bacino complessivo di circa 760 ha;
- Il canale Battibue che interessa le propaggini occidentali della città di Parma e attraversa Fognano, il quartiere fieristico, per immettersi in Galasso in prossimità del Mulino di Baganzola (bacino sotteso circa 840 ha);
- Il canale Lama che prende origine nella zona settentrionale dell'aeroporto "Verdi" e scorre parallelo al Galasso fino a immettersi all'altezza di Rivarolo.

Nella figura seguente è rappresentato il reticolo idrico principale oggetto di studio.

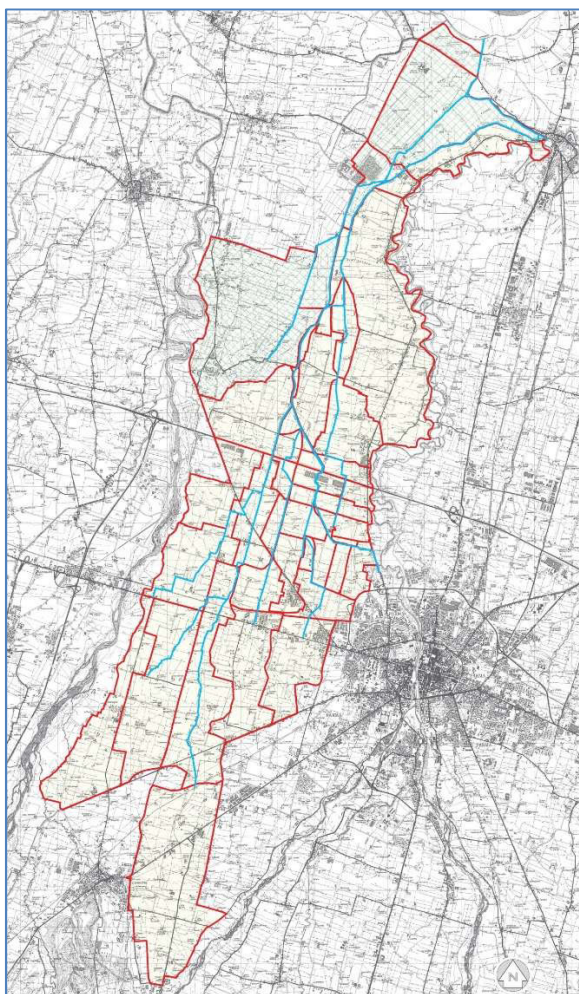


Figura 3 – Bacino idrografico dei canali Lorno e Galasso.

3.4 ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA

Il progetto idraulico della cassa d'espansione prevede la definizione degli idrogrammi di piena e per tale motivo è stata necessaria un'analisi di tipo idrologico sui bacini dei canali Lorno e Galasso.

In accordo con AIPO e con il Consorzio della Bonifica Parmense, Ente Gestore dei canali, è stato deciso che gli idrogrammi di progetto dovranno essere paragonabili e quelli descritti nella "Progetto AIPO" del 2017.

Per tale motivo nel presente progetto sono state utilizzate le curve di possibilità pluviometrica, definite appositamente da ARPA Emilia Romagna nel "Progetto AIPO", applicando un'analisi statistica con metodo TCEV ai dati misurati nelle stazioni pluviometriche in prossimità del bacino analizzato, aventi numerosità superiore a 9 anni e con aggiornamento serie storiche al 2015. Le analisi sono state effettuate per eventi intensi di durata durate da 1 ora a 24 ore con TR pari a 20, 50 e 100.

La stima degli afflussi/deflussi, sui bacini oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come modello di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta analizzando i tempi di ritorno delle piogge, e in funzione di questi e del coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo.

Individuato il regime pluviometrico, la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nell'asta principale dei canali Lorno e Galasso, è stata effettuata con l'utilizzo del modello idrologico-idraulico SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, che descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sull'area di un bacino imbrifero e quindi in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo la rete idrografica, consentendo di definire le portate in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia.

Il modello idrologico ha permesso di determinare gli idrogrammi di portata che sollecitano i corsi d'acqua durante eventi meteorici con tempi di ritorno di 20, 50 e 100 anni.

Una volta definiti gli idrogrammi di progetto si è proceduto all'implementazione del modello idraulico in moto permanente e vario, con il software HEC-RAS della U.S.A.C.E., sia nella configurazione morfologica attuale che di progetto andando a determinare le principali grandezze idrauliche di riferimento che si instaurano lungo l'asta dei canali e, quindi, in prossimità e all'interno della cassa di espansione in progetto.

Dopo una prima simulazione in moto uniforme, finalizzata alla calibrazione iniziale del modello, con tutti i tempi di ritorno di riferimento, si è stabilito che la massima portata sostenibile dall'asta principale dei canali Lorno e Galasso è rapportabile alla portata al colmo di un evento con un TR20 anni.

Vista la massima portata sostenibile dai corsi d'acqua oggetto di studio, in accordo con il Consorzio della Bonifica Parmense, si è deciso di costruire un idrogramma di progetto che simuli un evento di pioggia con

TR100 laminato da potenziali futuri manufatti di regolazione a monte dell'intervento in progetto, in modo tale che la portata al colmo sia pari al massimo sostenibile (TR20 anni) dal sistema drenante, ma con durata maggiore in modo da mantenere invariato il volume totale dell'idrogramma TR100. Questo idrogramma è stato definito simulando una cassa d'espansione fittizia a monte dell'autostrada A1.

Questa condizione permette di minimizzare gli interventi di rialzo arginale in sponda destra e sinistra dei canali Lorno e Galasso lungo tutto il loro sviluppo e consente di valutare una condizione "realistica" di invaso e funzionamento della cassa di espansione in progetto.

Le simulazioni con modello idraulico sono state realizzate considerando diverse ipotesi di configurazioni morfologiche e idrologiche e in particolare le più significative, e ripotate in realzione, sono tre: una che consideri portate di magra circolanti nel torrente Parma in cui quindi la condizione al contorno di valle è l'altezza di moto uniforme (A), e una configurazione che consideri il torrente Parma in piena in cui come condizioni al contorno è definito un livello idrometrico del torrente Parma (B). Inoltre, è stata esaminata anche una configurazione più critica che consideri la contemporaneità dei livelli di piena sia nel Parma che nel Po (C). Di seguito vengono elencati gli elementi geometrici modellati nelle diverse configurazioni:

- **Configurazione A:** si schematizza il funzionamento idraulico Lorno – Galasso – t. Parma tenendo chiusa la chiavica Motta (f. Po) e porte Vinciane aperte (t. Parma). Per tale scenario sono state simulate tutte le piene di progetto e per differenti livelli del t. Parma.
- **Configurazione B:** prevede l'apertura della chiavica Motta e la chiusura delle porte Vinciane, simulando il canale "Va e Vieni" con scarico diretto libero in Po (moto uniforme). Tale configurazione si basa sull'ipotesi che le porte Vinciane sul t. Parma si attivino per un evento con tempo di ritorno 5 anni e che tale evento non sia correlato ad un evento di piena generato sul canale Lorno/Galasso. In queste condizioni il tempo di ritorno complessivo di una piena simultanea su Lorno e Parma è dato dal prodotto dei tempi di ritorno degli eventi sui due corpi idrici (eventi non correlati), ad esempio una piena di progetto TR 20 anni sul canale Lorno, simultanea ad una piena del t. Parma di 5 anni costituisce un evento complessivo dell'intero sistema stimabile ad un tempo di ritorno di circa 100 anni.
- **Configurazione C:** prevede l'apertura della chiavica Motta e la chiusura delle porte Vinciane, simulando il canale "Va e Vieni" con scarico diretto in Po con livelli idrometrici definiti dallo "Studio Giavarini" del luglio del 2007.

Ogni scenario è stato simulato con i TR di riferimento (20, 50, 100 e 100-LAM). Inizialmente tutte le simulazioni sono state condotte in moto uniforme per poter definire la portata di non stramazzo e per valutare la portata massima sostenibile utile per definire l'idrogramma di riferimento del TR100-LAM. Successivamente, la modellazione in moto vario ha permesso di meglio calibrare i parametri idraulici dei manufatti e di ottenere risultati più precisi. Tutte le simulazioni menzionate sono state ripetute sia per lo stato di fatto che per lo stato di progetto.

Per ulteriori dettagli si rimanda al documento POA1XESTRELCE000G002A "Relazione idrologica e idraulica".

4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

La cassa d'espansione in derivazione, situata nel Comune di Torrile (PR), fra i canali Lorno e Galasso permetterà di migliorare il grado di sicurezza idraulica del territorio e di prevenire eventuali esondazioni dei canali in questione, in particolar modo in prossimità e a valle della cassa stessa. L'obiettivo della progettazione è quello di stabilire i principali parametri idraulici della cassa, quali capacità d'invaso, altezza dei manufatti e tempi di funzionamento e svuotamento, al fine di ottimizzarne l'efficienza.

Inoltre, alla cassa sarà demandata anche una funzione di tipo ambientale come ampliamento dell'adiacente oasi naturalistica LIPU. Per questo il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto è volto ad evitare che la cassa invasi con bassi tiranti all'interno dei canali e, quindi, entri in funzione mediamente per eventi di piena con un TR superiore ai 5 anni.

Le opere idrauliche funzionali all'invaso e alla regolazione sono costituite da due sfiori laterali, posti in prossimità della zona di monte della cassa, rispettivamente in sponda sinistra per il canale Galasso e in sponda destra per il canale Lorno. Il manufatto di scarico è previsto nella zona di valle della cassa con immissione in sponda destra del canale Lorno, a monte del ponte pedonale in progetto, ed è realizzato con uno stramazzo di regolazione dei livelli e uno scarico di fondo con scatolare 100x100 cm con scorrimento posto alla quota di circa 29.00 m s.l.m, in corrispondenza al piano medio di soggiacenza della falda.

I volumi di esercizio della cassa di espansione in progetto sono definiti dal progetto ambientale di sistemazione finale dalla cava, dalla soggiacenza media della falda e dalla possibilità del rialzo arginale.

4.1 CONFIGURAZIONE DI PROGETTO DELLA CASSA D'ESPANSIONE

L'area di invaso è rappresentata dai lotti "1a+1b+2", nella quale l'ingresso dell'acqua di piena avviene, in modo indistinto, attraverso i due sfioratori laterali, realizzati uno per ciascuna asta principale dei canali, mentre la restituzione avviene con scarico di fondo, scatolare in c.a.100x100 cm, e stramazzo di regolazione dei livelli nel canale Lorno.

Le dimensioni della cassa di espansione sono tali da consentire, in fase di massimo esercizio, un volume di invaso pari a circa 610.000 m³ quantificati tenendo conto delle seguenti condizioni progettuali:

- Configurazione della vasca con deroga ai regolamenti di polizia fluviale, che permette di fissare il perimetro di scavo ad una distanza minima di 20 m dal piede degli esistenti corpi arginali.
- Risezionamento in quota degli argini interni alla cassa (destra Lorno e sinistra Galasso) a quota 32,20 m s.l.m. e imponendo un franco di sicurezza minimo di 30 cm rispetto al massimo invaso di progetto.
- Soggiacenza media della falda alla quota di 29,00 m s.l.m. Questo valore è indicato nel "Progetto Giavarini" del luglio del 2007 e confermato dal "Progetto Pizzarotti" del luglio 2016. Anche il progetto di sistemazione ambientale ha considerato come livello di riferimento della falda quota 29,00 m s.l.m...

Nella condizione ottimale di progetto tutte le arginature dei due canali interessati dall'intervento, andrebbero portate ad una quota pari a 32,50 m s.l.m. per consentire un maggiore sfruttamento in sicurezza dell'invaso; in tale configurazione si potrebbe invasare un volume pari a circa 630.000 m³ con franco di sicurezza di 50 cm. Viste le difficoltà oggettive di rialzare tutto il tratto arginale interessato a quota 32,50 s.l.m., nel modello idraulico di progetto è stata prevista una riprofilatura arginale ad una quota di 32,20 m s.l.m.

Tutte le nuove arginature di chiusura della cassa nel tratto di monte e di valle dovranno essere realizzate ad una quota di 32,20 m s.l.m.. Il franco di sicurezza in questo modo è pari a circa 30 cm durante l'evento di piena più gravoso.

Questa condizione di rialzo arginale consente di contenere all'interno dell'alveo e della cassa i livelli idrometrici dei profili di rigurgito risultanti dai diversi scenari simulati, contenendo gli interventi di rialzo arginale.

4.1.1 I MANUFATTI IDRAULICI

I due sfiori laterali di alimentazione si realizzano per permettere la tracimazione delle acque di piena dei canali Lorno e Galasso all'interno dell'invaso. La larghezza di base dei manufatti sarà di circa 10 m con pendenza laterale di raccordo alle sponde 1/4 e quota di sfioro a 31,00 m s.l.m.

I manufatti di sfioro saranno realizzati in massi di cava non gelivi da 500÷2.000 kg, posati a mosaico, intasati con cls magro, inseriti all'interno delle arginature esistenti, prevedendo un abbassamento delle stesse in loro corrispondenza e l'ammorsamento nel corpo arginale. L'intervento è previsto tra le sezioni 5-6 (rilievo 2019) per lo sfioro di alimentazione sul Lorno, in sponda destra, e per lo sfioro di alimentazione sul Galasso, in sponda sinistra, mentre lo stramazzo di restituzione è previsto tra le sezioni 33 e 34 (rilievo 2019) sul canale Lorno in sponda destra. Sul lato di valle dei due stramazzi si dovrà realizzare un bacino di dissipazione prevedendo il rivestimento del piano campagna con massi di cava non gelivi da 500÷2.000 kg, posati a mosaico, aventi la funzione di evitare erosioni localizzate dovute alla dissipazione dell'energia cinetica della corrente. Questo rivestimento dovrà essere prolungato fino all'inizio dello scavo di invasore a quota 28,50 m s.l.m..

La restituzione avviene, oltre che dallo sfioro dei manufatti di ingresso, anche da un manufatto di scarico nel canale Lorno avente stramazzo di regolazione dei livelli idrometrici a quota 31,30 m s.l.m. con pendenza delle sponde di 1/4 e larghezza di base pari a 10 m, e da uno scarico di fondo, sempre nel canale Lorno, posizionato nel tratto terminale di valle della cassa in corrispondenza circa del ponticello pedonale in progetto.

Lo scarico di fondo, realizzato con scatolare di luce netta 100x100 cm è in grado di scaricare il volume accumulato dai 3 ai 10 giorni, a seconda dell'evento considerato, e dopo l'esaurimento dell'evento di piena. In definitiva le opere idrauliche di progetto della cassa di espansione sono:

- Manufatto di ingresso: sfioro laterale di alimentazione dell'invaso in sponda sinistra del canale Galasso. Soglia a quota 31,00 m s.l.m, larghezza alla base di 10 m e pendenza delle sponde 1/4.
- Manufatto di ingresso: sfioro laterale di alimentazione dell'invaso in sponda destra del canale Lorno. Soglia a quota 31,00 m s.l.m, larghezza alla base di 10 m e pendenza delle sponde 1/4.

- Manufatto di uscita: stramazzo di restituzione e scarico ti fondo al canale Lorno. Il manufatto sarà realizzato con soglia di sfioro a quota 31,30 m s.l.m., larghezza alla base di 10 m e pendenza delle sponde 1/4 e scarico di fondo realizzato con scatolare di luce netta interna 100x100 cm con quota di fondo a 29,00 m s.l.m..
- Realizzazione degli argini di chiusura a monte e a valle del limite di cava con testa a quota 32,20 m s.l.m..

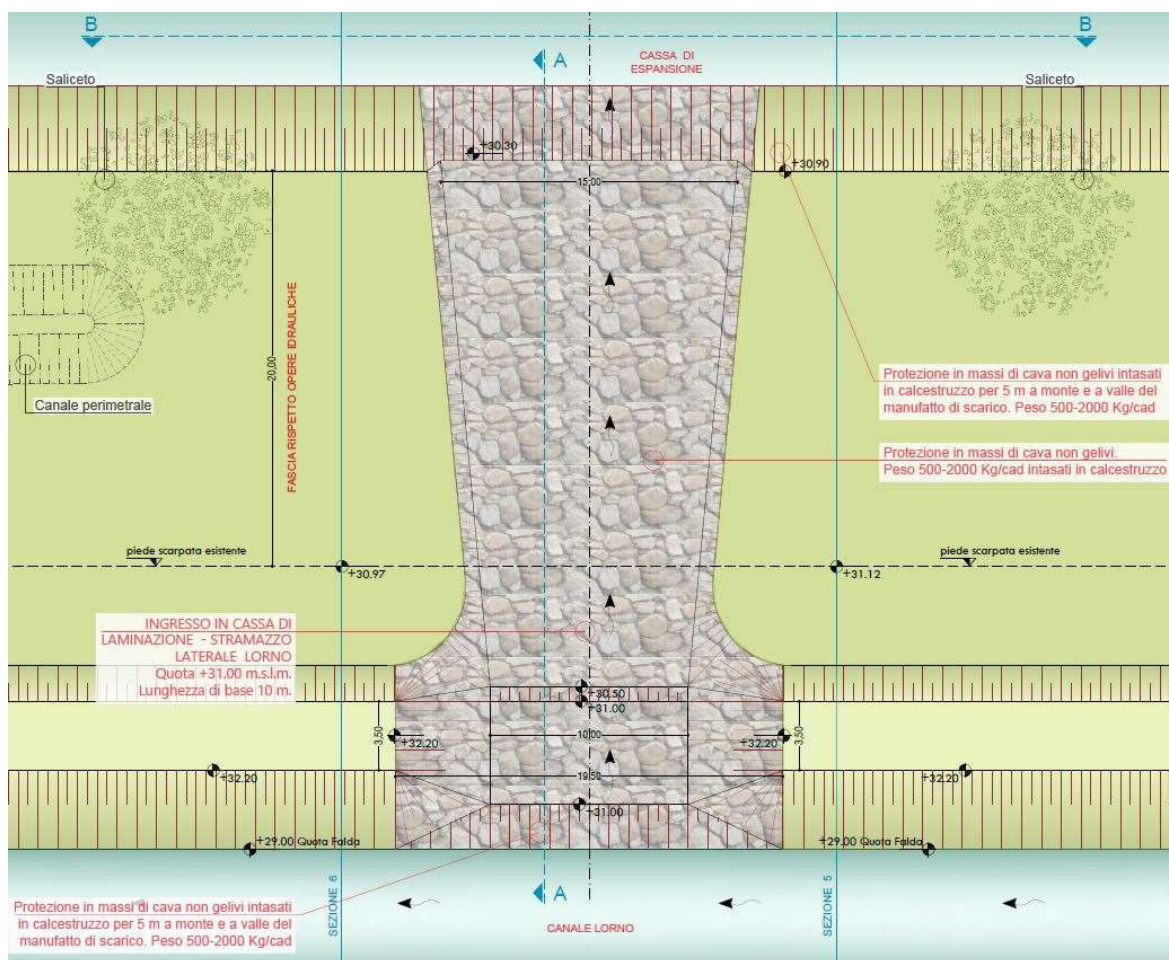


Figura 4 – Manufatto di ingresso canale Lorno: planimetria.

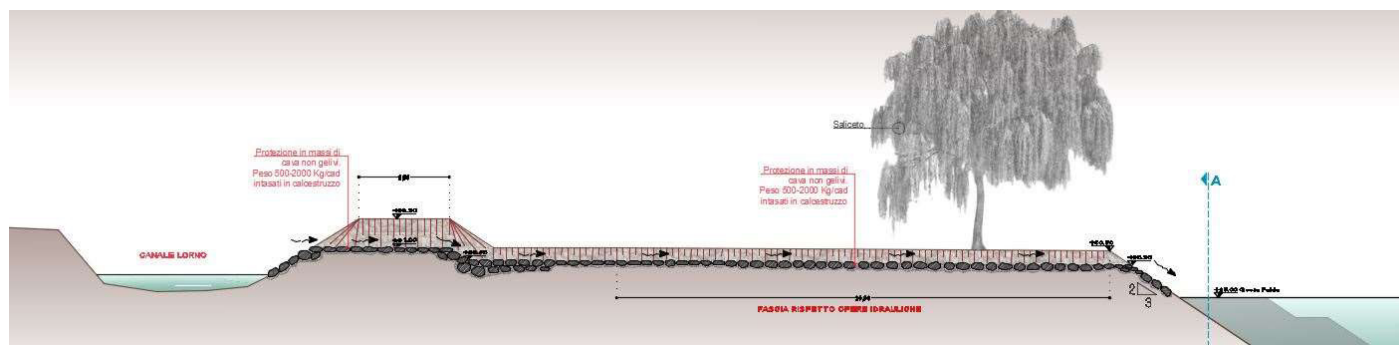


Figura 5 – Manufatto di ingresso canale Lorno: sezione.

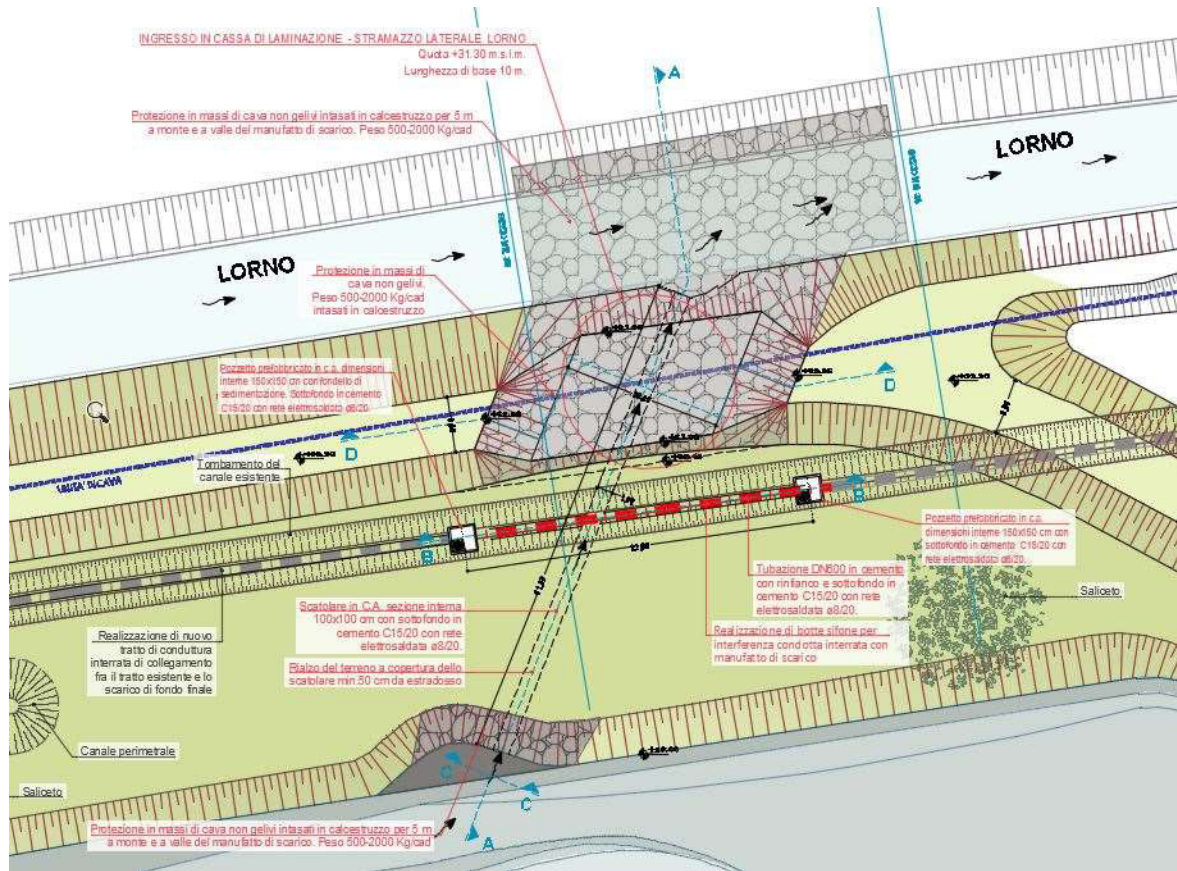


Figura 6 – Manufatto di scarico canale Lorno: planimetria.

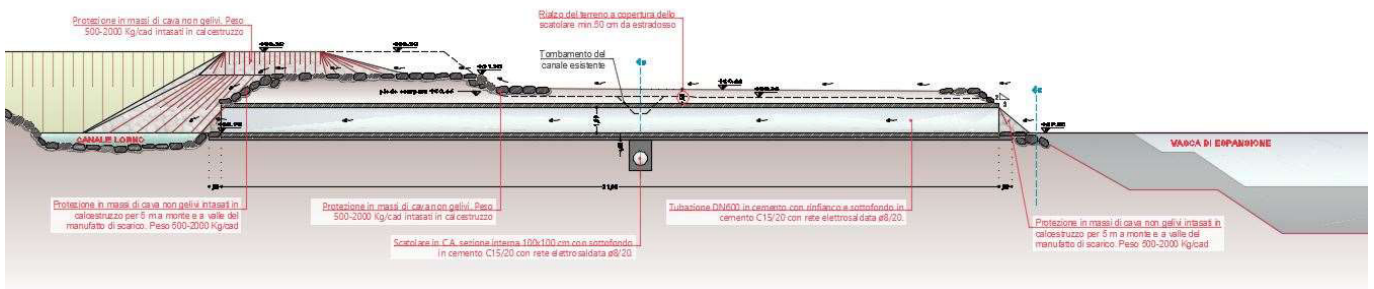


Figura 7 – Manufatto di scarico canale Lorno: sezione.

5 SINTESI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni delle condizioni progettuali hanno evidenziato un abbassamento dei profili di rigurgito ottenuto grazie all'effetto laminativo sui volumi trasportati dai due canali oggetto di studio ad opera della cassa d'espansione di progetto. Tuttavia, anche la riprofilatura arginale considerata non è sufficiente a contenere i profili di rigurgito degli eventi con TR di 100 anni. Gli interventi di progetto risultano più efficaci a contenere l'onda di piena generata da eventi con TR di 20 anni e l'evento con TR 100-LAM. In corrispondenza e a valle della cassa infatti non si verificano esondazioni oltre i corpi arginali dei canali oggetto di studio. Alcuni tratti della zona a monte della cassa invece risultano insufficienti a contenere eventi con TR di 20 e 100-LAM, nonostante i profili di rigurgito risentano dell'effetto della cassa anche a monte della stessa.

In questo capitolo verranno elencati i risultati in termini di volumi invasati e livello idrometrico raggiunto all'interno della casa d'espansione per i diversi scenari simulati. Verranno esposti solamente i risultati per gli eventi con TR 20, 50 e 100-LAM in quanto, per gli eventi con TR di 100 anni, il sistema drenante non è in grado di contenere l'onda di piena che si genera all'interno dei canali. Inoltre le quote idrometriche all'interno della vasca superano la quota di progetto per la maggior parte delle simulazioni con TR di 100 anni. Il franco di sicurezza è stato calcolato rispetto alla quota minima degli argini di contenimento dell'invaso prevista a 32,20 m s.l.m.. Le tabelle seguenti elencano i risultati per i TR 20, 50 e 100-LAM:

TR 20						
Config.	c.c. sul Parma		c.c. sul Po	V invasato	h invasato	T svuot.
	Porte Vinciane		Chiavica Motta	(1000 m ³)	(m)	(gg)
A	A1	Moto uniforme, pendenza 0.15%		290	30.49	6
	A2	Livello idrometrico 30,00 m		350	30.84	3
	A3	Livello idrometrico 30,50 m		425	31.15	2
	A4	Livello idrometrico 31,00 m		525	31.55	2
	A5	Livello idrometrico 31,50 m		665	32.13	2
B	B1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	380	30.97	10
	B2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	410	31.09	7
	B3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	445	31.23	6
	B4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	480	31.38	5
C	C1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Livello idrometrico 29,30 m	390	31.00	6
	C2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Livello idrometrico 30,00 m	455	31.27	5
	C3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Livello idrometrico 30,50 m	515	31.53	3
	C4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Livello idrometrico 31,00 m	591	31.83	2

Tabella 1 – Volumi invasati e livelli idrometrici raggiunti nella cassa per il TR di 20 anni.

TR 50						
Config.	c.c. sul Parma		c.c. sul Po	V invaso	h invaso	T svuot.
	Porte Vinciane		Chiavica Motta	(1000 m ³)	(m)	(gg)
A	A1	Moto uniforme, pendenza 0.15%	Chiusa	525	31.55	5
	A2	Livello idrometrico 30,00 m	Chiusa	570	31.73	3
	A3	Livello idrometrico 30,50 m	Chiusa	605	31.89	3
	A4	Livello idrometrico 31,00 m	Chiusa	645	32.06	2
	A5	Livello idrometrico 31,50 m	Chiusa	765	32.53	10
B	B1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	610	31.90	8
	B2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	620	31.95	7
	B3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	630	31.99	5
	B4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	650	32.07	7
C	C1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Livello idrometrico 29,30 m	605	31.87	6
	C2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Livello idrometrico 30,00 m	640	32.03	4
	C3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Livello idrometrico 30,50 m	675	32.16	3
	C4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Livello idrometrico 31,00 m	725	32.38	2

Tabella 2 – Volumi invasati e livelli idrometrici raggiunti nella cassa per il TR di 50 anni.

TR 100-LAM						
Config.	c.c. sul Parma		c.c. sul Po	V invaso	h invaso	T svuot.
	Porte Vinciane		Chiavica Motta	(1000 m ³)	(m)	(gg)
A	A1	Moto uniforme, pendenza 0.15%	Chiusa	380	30.97	7
	A2	Livello idrometrico 30,00 m	Chiusa	455	31.28	4
	A3	Livello idrometrico 30,50 m	Chiusa	510	31.50	3
	A4	Livello idrometrico 31,00 m	Chiusa	580	31.78	2
	A5	Livello idrometrico 31,50 m	Chiusa	690	32.23	2
B	B1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	560	31.69	7
	B2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	570	31.74	5
	B3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	585	31.81	3
	B4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Moto uniforme, pendenza 0.15%	605	31.89	2
C	C1	Chiuse - Livello idrometrico 30,00 m	Livello idrometrico 29,30 m	530	31.57	5
	C2	Chiuse - Livello idrometrico 30,50 m	Livello idrometrico 30,00 m	565	31.73	4
	C3	Chiuse - Livello idrometrico 31,00 m	Livello idrometrico 30,50 m	600	31.87	3
	C4	Chiuse - Livello idrometrico 31,50 m	Livello idrometrico 31,00 m	655	32.09	2

Tabella 3 – Volumi invasati e livelli idrometrici raggiunti nella cassa per il TR 100-LAM.

	Franco maggiore di 50 cm
	Franco compreso fra 30 e 50 cm
	Franco compreso fra 30 e 0 cm
	Limite arginale di 32.20 m s.l.m.

Tabella 4 – Legenda dei colori utilizzati.

Dai risultati possiamo concludere che, per l'evento con TR di 20 anni, la cassa d'espansione così progettata è in grado di contenere i volumi invasati con un franco di sicurezza maggiore di 50 cm nella maggior parte delle configurazioni simulate. Per gli scenari A5 e C4, invece, la cassa d'espansione così progettata è in grado di contenere i volumi invasati con un franco di sicurezza rispettivamente di 7 e 37 cm con un livello del Parma di 31,50 m s.l.m.

Per le simulazioni con TR 100-LAM la cassa d'espansione così progettata è in grado di contenere i volumi invasati con un franco di sicurezza di almeno 50 cm in tutti gli scenari aventi come condizione al contorno sul Parma un'altezza uguale o inferiore a 30,50 m s.l.m. Per gli scenari B4 e C4 il franco di sicurezza all'interno della cassa è rispettivamente di circa 31 e 11 cm, mentre nello scenario A5 la cassa non è sufficiente a contenere i volumi invasati.

I risultati delle simulazioni con un TR di 50 la cassa d'espansione così progettata è in grado di contenere i volumi invasati con un franco di sicurezza di almeno 30 cm in tutti gli scenari aventi come condizione al contorno sul Parma un'altezza uguale a 30,00 m s.l.m. Negli scenari A5 e C4 il livello idrometrico raggiunto all'interno della cassa supera la quota arginale minima di 32,20 m s.l.m.

Per quanto riguarda invece le simulazioni con il TR di 100 anni, comunque portata non sostenibile dalle sezioni di deflusso dei canali già a monte della cassa in progetto, nessuna configurazione vede risultati sostenibili. Anche nello scenario A1, quello meno critico, si raggiungono quote di invaso superiori a 32,30 m s.l.m..