

# CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

## PROGETTO ESECUTIVO

00	07/2019	Prima emissione	CROCI	PAOLETTI	BERTERO
01	07/2020	Revisione per osservazioni DGD e validazione	CROCI	PAOLETTI	BERTERO
REV.	DATA	MODIFICHE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZ.

## RELAZIONE SUL TRASPORTO SOLIDO

### ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL R.U.P.:

 Dott. Ing. Mirella Vergnani  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista responsabile integrazioni  
 prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico  
 della mandataria.  
 Hydrodata S.p.A.  
 Ord. Ing. Torino N°7570L  
 Dott. Ing. Roberto Bertero  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista/Progettisti responsabili elaborato  
 Etatec Studio Paoletti S.r.l.  
 Ord. Ing. Milano N°8580

 Prof. Ing. Alessandro Paoletti  
 (documento firmato digitalmente)


CODICE ELABORATO:

B	A	G	3	0	2	I	D	R	R	R	E	0	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

 LUGLIO  
 2019

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DATI UTILIZZATI PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE.....</b>	<b>5</b>
<b>4. SIMULAZIONI CONDOTTE CON IL MODELLO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE E RISULTATI OTTENUTI .....</b>	<b>8</b>
<b>5. AZIONI MANUTENTIVE.....</b>	<b>19</b>
5.1 DESCRIZIONE .....	19
5.2 ANOMALIE RISCONTRABILI.....	19
5.3 CONTROLLI.....	20
5.4 INTERVENTI DI MANUTENZIONE .....	20
5.5 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE .....	20
5.5.1 Sottoprogramma dei controlli .....	20
5.5.2 Sottoprogramma degli interventi di manutenzione .....	21
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>22</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive le attività condotte e i risultati ottenuti con particolare riferimento all'analisi del trasporto solido, finalizzata a definire l'impatto delle opere in progetto sulla tendenza evolutiva dell'alveo del Baganza e valutare l'entità degli eventuali fenomeni di deposito all'interno del tratto di alveo posto tra la briglia selettiva e il manufatto A.

In particolare, le analisi relative al trasporto solido sono state condotte con l'implementazione di un modello idraulico bidimensionale a fondo mobile della cassa di espansione e di un tratto di alveo a monte e a valle della stessa, attraverso l'uso del codice di calcolo InfoWorks ICM di Innovyze.

La presente relazione è così strutturata:

- nel capitolo 2 vengono riportati i dati utilizzati per l'implementazione del modello a fondo mobile;
- nel capitolo 3 viene descritto il modello idraulico bidimensionale a fondo mobile;
- nel capitolo 4 sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate.

## 2. DATI UTILIZZATI PER L'IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE

I dati che sono stati presi in considerazione per l'implementazione del modello idraulico bidimensionale e per le relative simulazioni sono stati desunti dalla relazione BAG203GEORRE05A del progetto definitivo, denominata “*Relazione tecnica studio del trasporto solido*”, a cui si rimanda per maggiori dettagli e approfondimenti. In particolare da tale attività di studio, svolta dal Prof. Ing. P. Mignosa, sono state estratte le seguenti informazioni:

- caratteristiche granulometriche dei sedimenti presenti all'interno dell'alveo del T. Baganza (cfr. Figura 1);
- idrogramma di portata liquida media giornaliera relativa al periodo agosto 2002 – aprile 2016 (circa 14 anni), limitatamente ai valori di portata superiori a 10 m<sup>3</sup>/s (cfr. Figura 2). In realtà togliendo i periodi con portata minore di 10 m<sup>3</sup>/s, si ottiene un intervallo di simulazione pari a 825 gg, cioè 2 anni e 3 mesi.

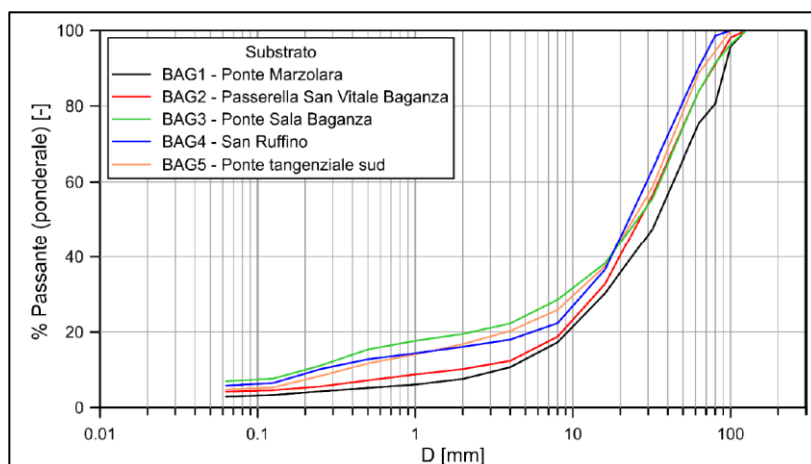


Figura 7 – Curva granulometrica del substrato nei cinque punti di campionamento.

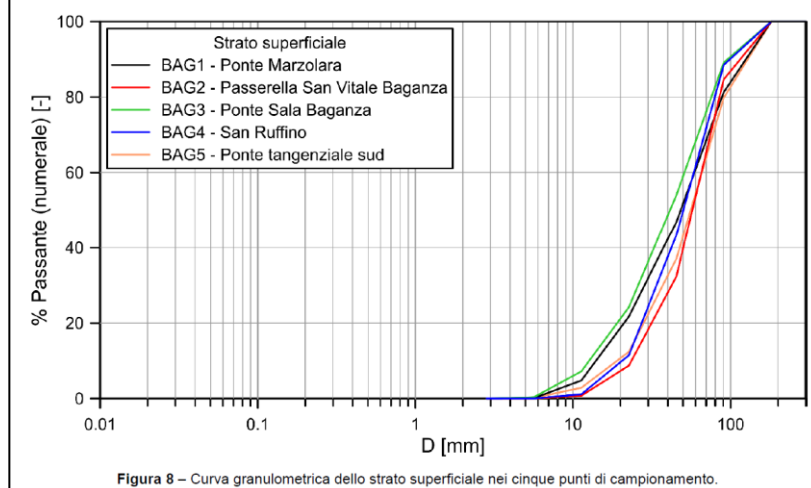
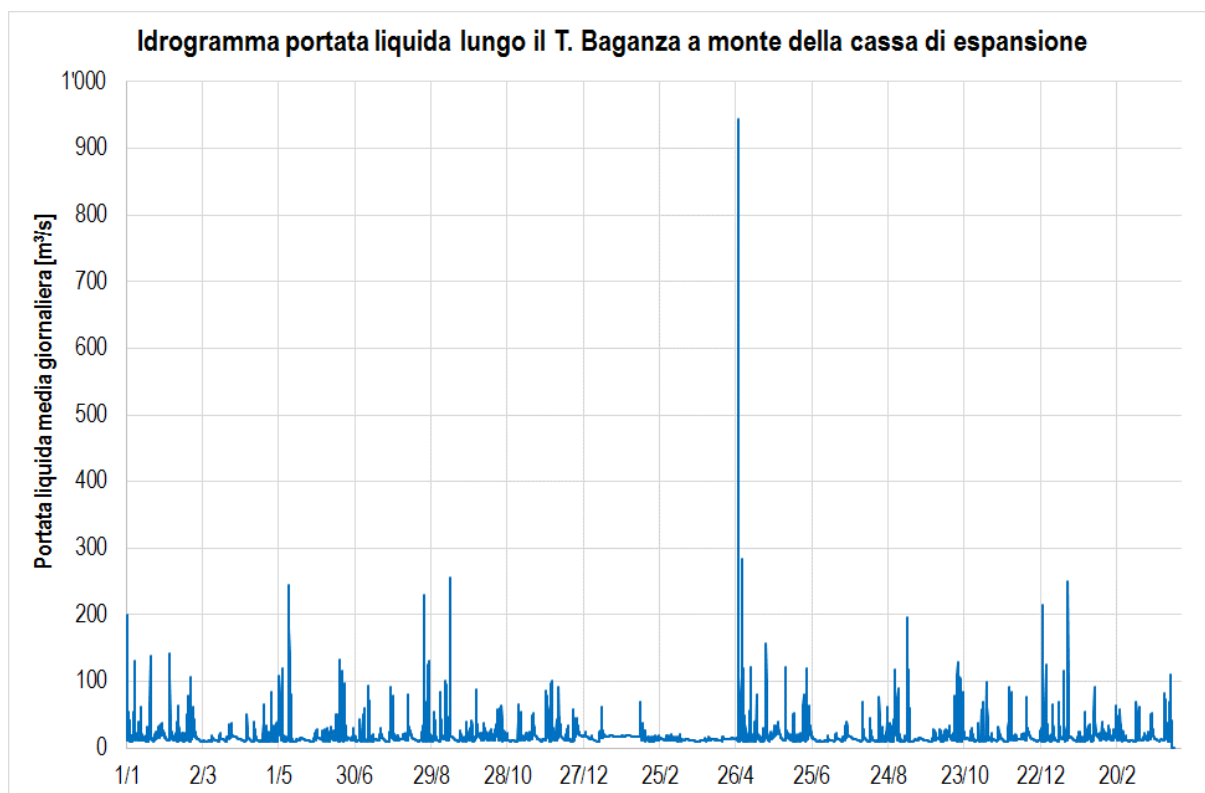


Figura 8 – Curva granulometrica dello strato superficiale nei cinque punti di campionamento.

Figura 1 – curve granulometriche dei sedimenti dell'alveo del T. Baganza



**Figura 2 – idrogramma delle portate utilizzato per le simulazioni del modello a fondo mobile**

Le conclusioni a cui perviene lo studio suddetto, relativamente alla configurazione dell'opera come prevista nel progetto definitivo, sono di seguito riportate:

- l'innalzamento del fondo alveo al piede del salto può valutarsi in 15-16 cm/anno ed il deposito a monte del manufatto in circa  $5 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/anno;
- a valle della vasca di dissipazione del manufatto di regolazione A l'andamento del fondo, pur presentando complessivamente una tendenza all'erosione, dopo un primo periodo tende ad invertire questa tendenza. Ciò è spiegabile con l'aumento progressivo della pendenza del tratto a monte del manufatto A, che consente ad una maggior quantità di materiale di pervenire al manufatto stesso e transitare attraverso le luci di fondo;
- nella sezione posta al piede della soglia di sostegno dell'oleodotto, si assiste ad una progressiva tendenza all'erosione, stimabile in 10-12 cm/anno. Infine 500 m a valle della suddetta soglia, l'erosione torna a valori modesti (2-3 cm/anno) e del tutto comparabili con quelli relativi all'assetto del corso d'acqua in assenza dell'opera.
- In definitiva le simulazioni effettuate mostrano che la soluzione progettuale mostra una discreta tendenza alla stabilizzazione dei fenomeni di deposito/ erosione sul medio-lungo periodo.

### 3. CARATTERISTICHE DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE

Il modello bidimensionale a fondo mobile è stato implementato sia con riferimento allo stato di fatto, sia con la presenza dell'opera in progetto, e ciò ha permesso di analizzarne gli effetti da essa indotti sulla naturale dinamica evolutiva del corso d'acqua.

La modellazione a fondo mobile è stata implementata mediante il programma di calcolo INFOWORKS ICM di Innovyze, lo stesso utilizzato per le analisi idrauliche, avendo però considerato anche la componente di trasporto dei sedimenti.

Il modello bidimensionale di dettaglio della cassa di espansione del T. Baganza è stato implementato per un'estensione longitudinale lungo l'asse pari a circa 1'600 m. La superficie del dominio di calcolo del modello idraulico è pari a 680 ha, e siccome il numero delle celle di calcolo è pari a circa 5'200, si ha che la superficie media degli elementi di calcolo è pari a circa 1'300 mq, minori all'interno dell'alveo inciso e maggiore in corrispondenza delle aree golenali.

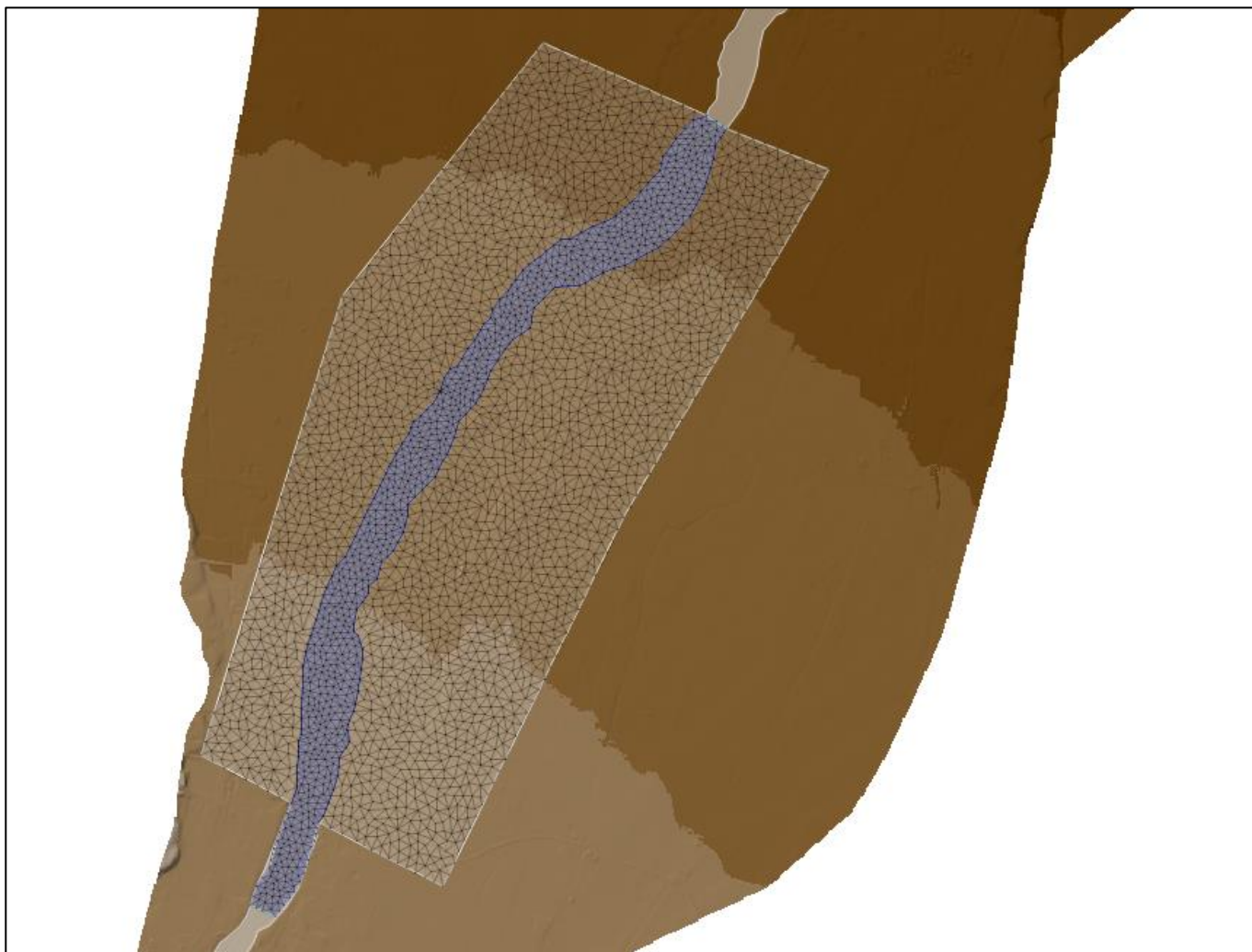
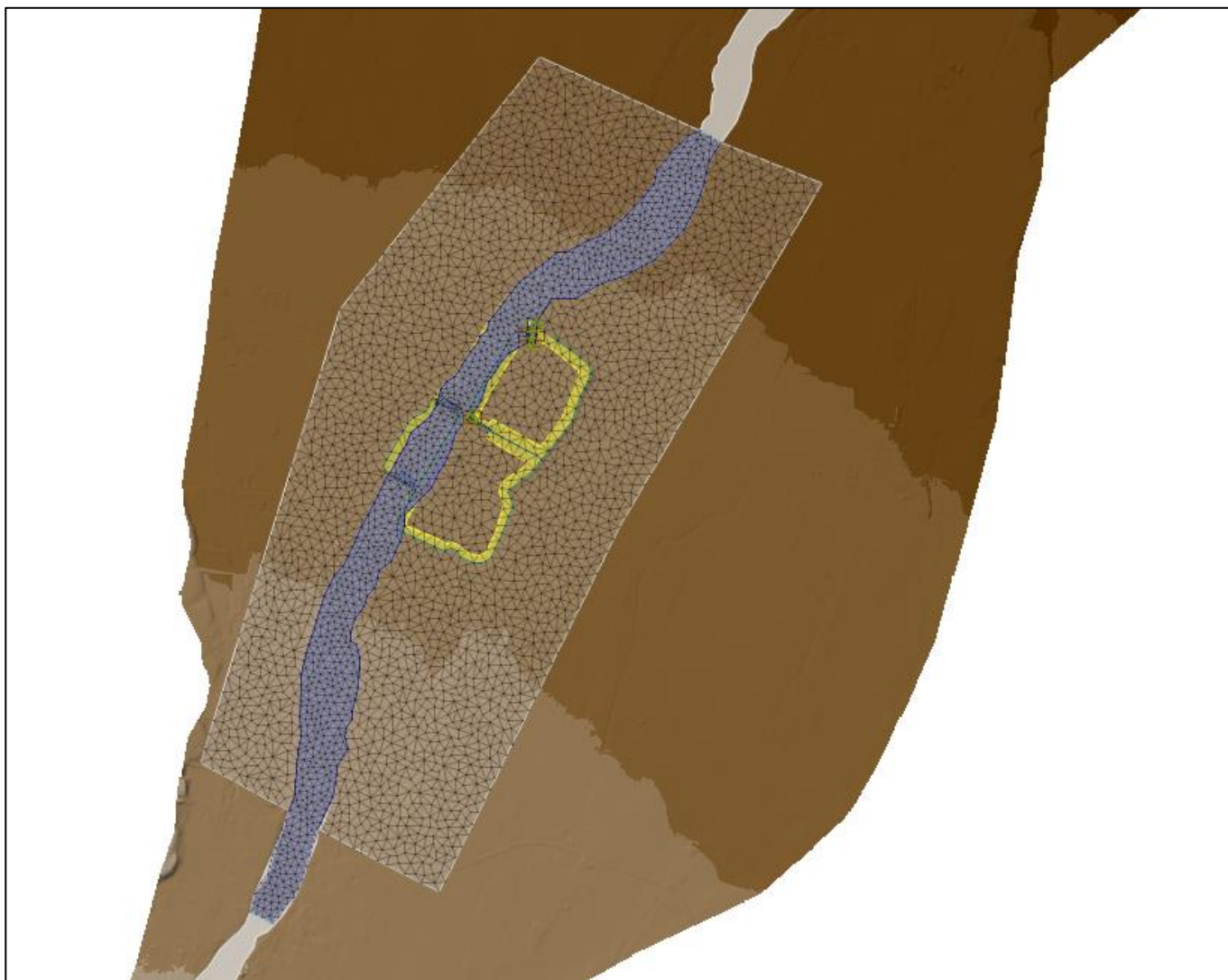


Figura 3 – Planimetria del modello bidimensionale a fondo mobile – stato di fatto





**Figura 4 – Planimetria del modello bidimensionale a fondo mobile – assetto di progetto con la cassa di espansione del T. Baganza**

In entrambi i casi, *ante-operam* e *post-operam*, come condizione al contorno di monte è stato considerato l'idrogramma riportato nel precedente capitolo 2. Come condizione al contorno di monte per il trasporto solido al fondo, è stata considerata una condizione di equilibrio, ossia il materiale in ingresso è pari alla capacità di trasporto della corrente.

Come condizione al contorno di valle è stata inserita l'altezza di moto uniforme corrispondente alla portata liquida defluente. La sezione di valle è posta a circa 1'200 m dalla soglia di fondo della cassa di espansione, quindi la definizione di tale livello non è in grado di influire sulla dinamica idraulica in corrispondenza dell'opera in progetto.

Come valore di scabrezza è stato considerato un valore uniforme pari a  $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , lo stesso utilizzato nel modello idraulico bidimensionale a fondo fisso implementato nell'ambito del presente progetto, e conforme anche a quanto definito nei modelli implementati dall'Università di Parma, come ad esempio lo studio per la "Mappatura delle aree a

*rischio di inondazione a seguito di eventi di piena di assegnato tempo di ritorno in assenza ed in presenza della cassa di espansione sul torrente Baganza".*

Per la modellazione della componente del trasporto solido sono state effettuate le seguenti assunzioni:

- granulometria dei sedimenti: D50 pari a 32.5 mm (media tra D50 dello strato superficiale e D50 del substrato in corrispondenza della sezione di Sala Baganza);
- formula del modello di trasporto solido al fondo: Meyer-Peter-Muller;
- parametro di Shields pari a 0,06.

Si segnala che in corrispondenza dei manufatti in c.a. e delle zone rivestite in massi (sponde, fondo alveo a valle dei manufatti in c.a.), nonché in prossimità delle aree golenali vegetate, sono state definite delle zone inerodibili.

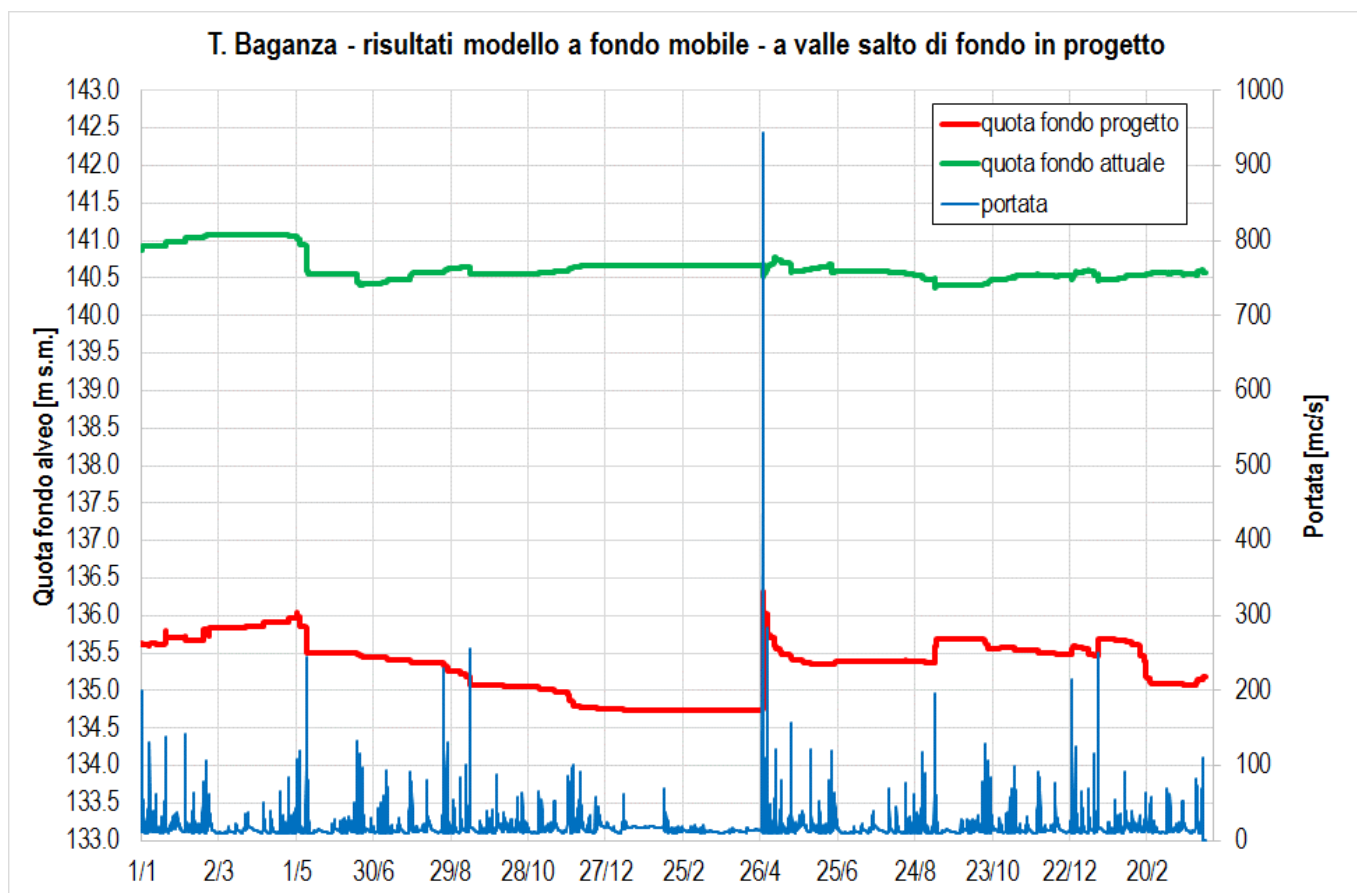


#### 4. SIMULAZIONI CONDOTTE CON IL MODELLO BIDIMENSIONALE A FONDO MOBILE E RISULTATI OTTENUTI

A partire dal modello idraulico bidimensionale a fondo mobile descritto nel capitolo precedente, sono state condotte le simulazioni in moto vario relative alle configurazioni *ante-operam* e *post-operam*. Di seguito si riportano alcuni dei risultati ottenuti in corrispondenza di alcune sezioni significative. In particolare, le sezioni di cui si riportano i risultati sono ubicate:

- a valle della vasca di dissipazione della briglia selettiva;
- a monte del manufatto A;
- a valle del manufatto A;
- dopo la soglia di fondo di valle;
- 500 m dopo la soglia di fondo di valle.

Per ciascuna sezione sono riportati i risultati espressi in termini di quota media del fondo nella sezione di riferimento, ottenuta mediando le quote di fondo delle celle di calcolo poste in corrispondenza della sezione stessa, in modo tale da poter osservare gli effetti indotti dalle opere in progetto. Nei grafici è riportato anche l'idrogramma della portata liquida, in modo da poter associare le dinamiche evolutive riscontrate con la portata defluente in alveo.



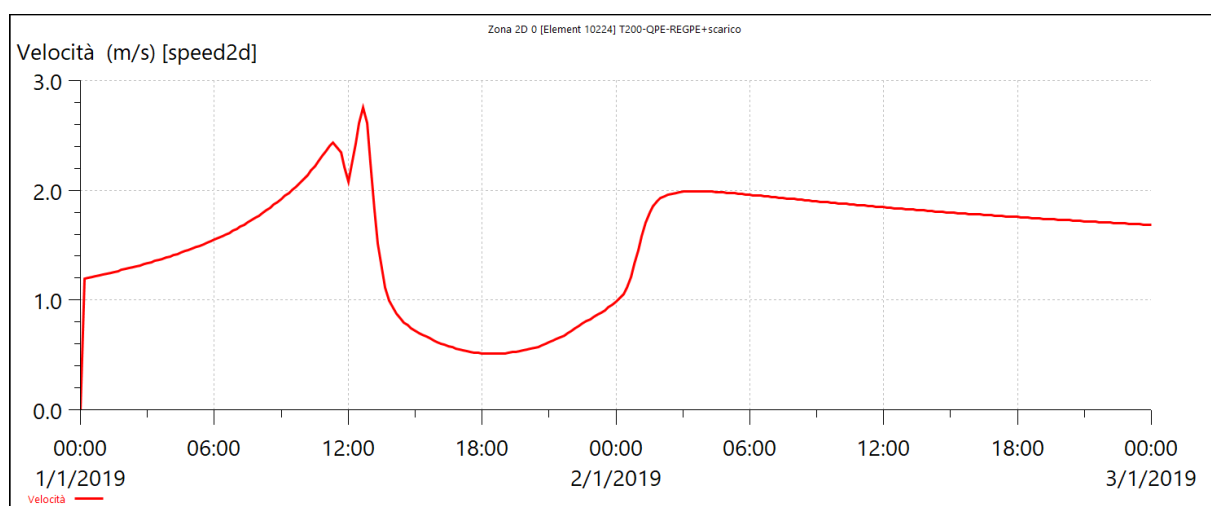
**Figura 5 – risultati modello bidimensionale a fondo mobile a valle del salto di fondo**

Dall'analisi dei grafici riportati nella Figura 5 si può osservare che:

- a valle del salto di fondo e della protezione in massi prevista a valle del bacino di dissipazione, la quota di fondo di partenza nell'assetto di progetto è pari a circa 135.6 m s.m. (nello stato di fatto la quota di fondo è pari a circa 141 m s.m.);
- in funzione della portata defluente in alveo si riscontra un'evoluzione della quota di fondo alveo compresa tra 136 m s.m. (deposito massimo di circa 40 cm rispetto alla quota di partenza) e 134.7 m s.m. (erosione di circa 90 cm rispetto alla quota di fondo iniziale);
- la minima quota di fondo si verifica dopo circa 1 anno di simulazione, che in realtà corrisponde a circa 6 anni effettivi, in un periodo in cui non si è verificato nessun evento di piena significativo, ma solo eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno minore di 5 anni;
- l'evento di piena caratterizzato da una portata al colmo di oltre 900 mc/s (quello che si è verificato nel 2014) induce un innalzamento della quota di fondo, da 134.7 m s.m. fino a 136.3 m s.m., come conseguenza del fatto che parte del materiale proveniente da monte si deposita a valle del salto, anche per effetto del rigurgito indotto dall'opera di regolazione dell'invaso di laminazione;
- il materiale accumulato viene poi rimobilizzato da successivi eventi di piena, anche se di entità contenuta;

- al termine del periodo di simulazione, che corrisponde a circa 14 anni, la quota di fondo si mantiene prossima ai valori di partenza;
- confrontando la dinamica evolutiva dell'assetto di progetto con quella dello stato di fatto si riscontrano alcune analogie. Ciò che risulta differente è il comportamento conseguente ad un evento di piena significativo: nell'assetto attuale il materiale viene trasportato dalla corrente e non induce significativi fenomeni di deposito, che invece si hanno nell'assetto di progetto. L'innalzamento delle quote di fondo però si riduce in poco tempo per effetto dell'azione di trascinamento che si instaura anche durante eventi di piena non significativi, che in poco tempo ristabiliscono sostanzialmente la quota di fondo nella sezione a valle del salto di fondo.

Ad integrazione di quanto sopra, di seguito si riporta, con riferimento all'evento di piena duecentennale, la velocità della corrente a valle del salto di fondo della briglia selettiva, calcolata con il modello bidimensionale a fondo fisso di maggior dettaglio, da cui si evince che la velocità della corrente si mantiene sempre al di sotto di 3 m/s, con valori al di sotto di 1 m/s nella fase di invaso. Nello stato attuale la velocità della corrente può raggiungere durante il picco valori compresi tra 2 e 3 m/s. Pertanto, nell'assetto di progetto le velocità saranno inferiori a quelle attuali, per cui si conferma la possibilità che si depositi del materiale a valle del salto.



**Figura 6 – evento T=200 anni - velocità assetto di progetto in corrispondenza del salto di fondo a valle della briglia selettiva**

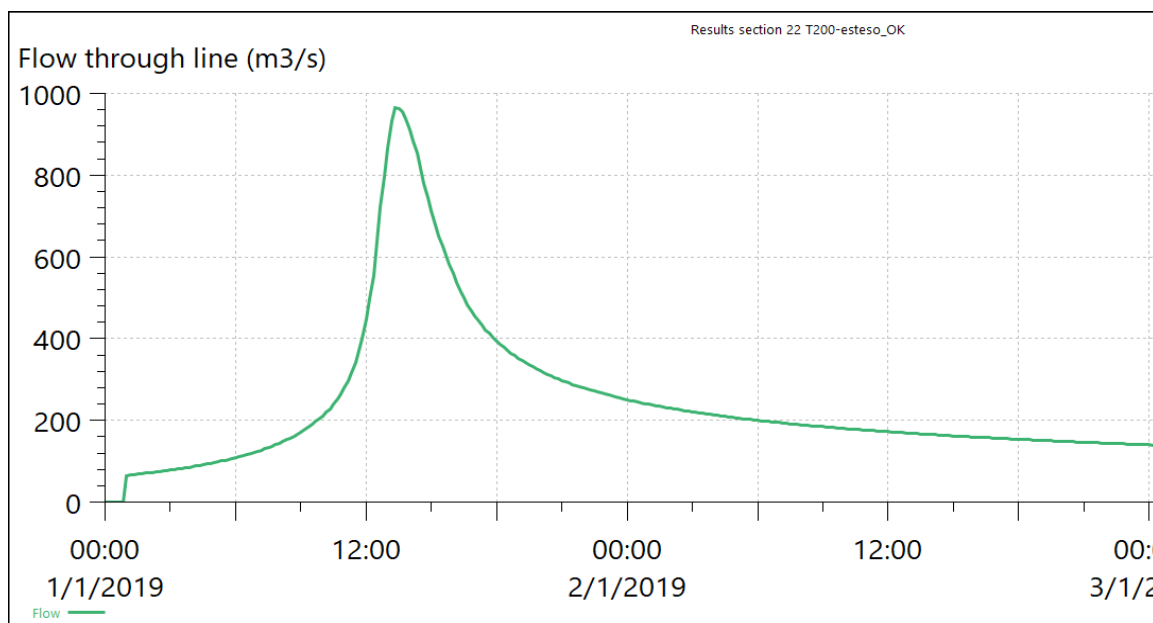
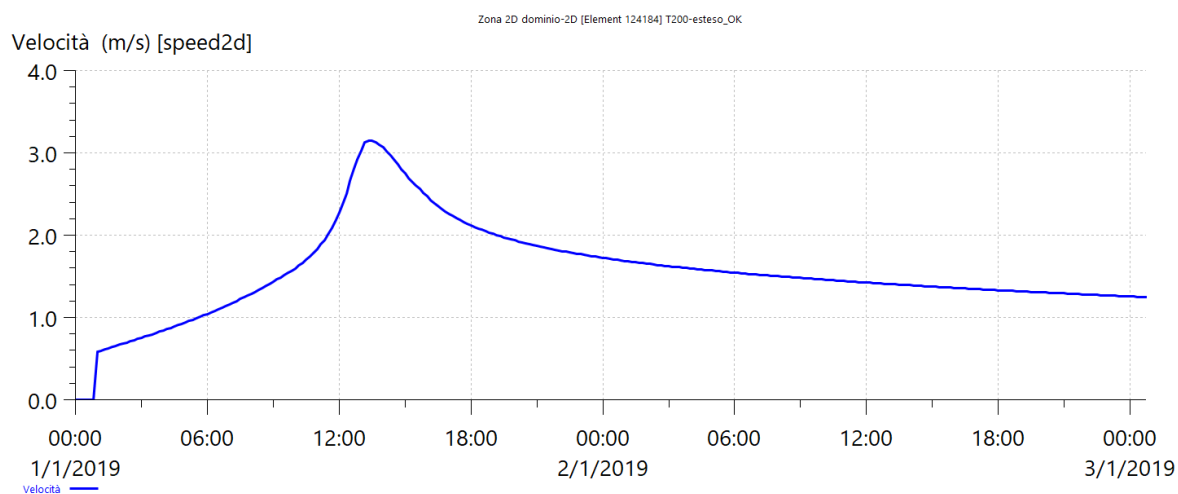
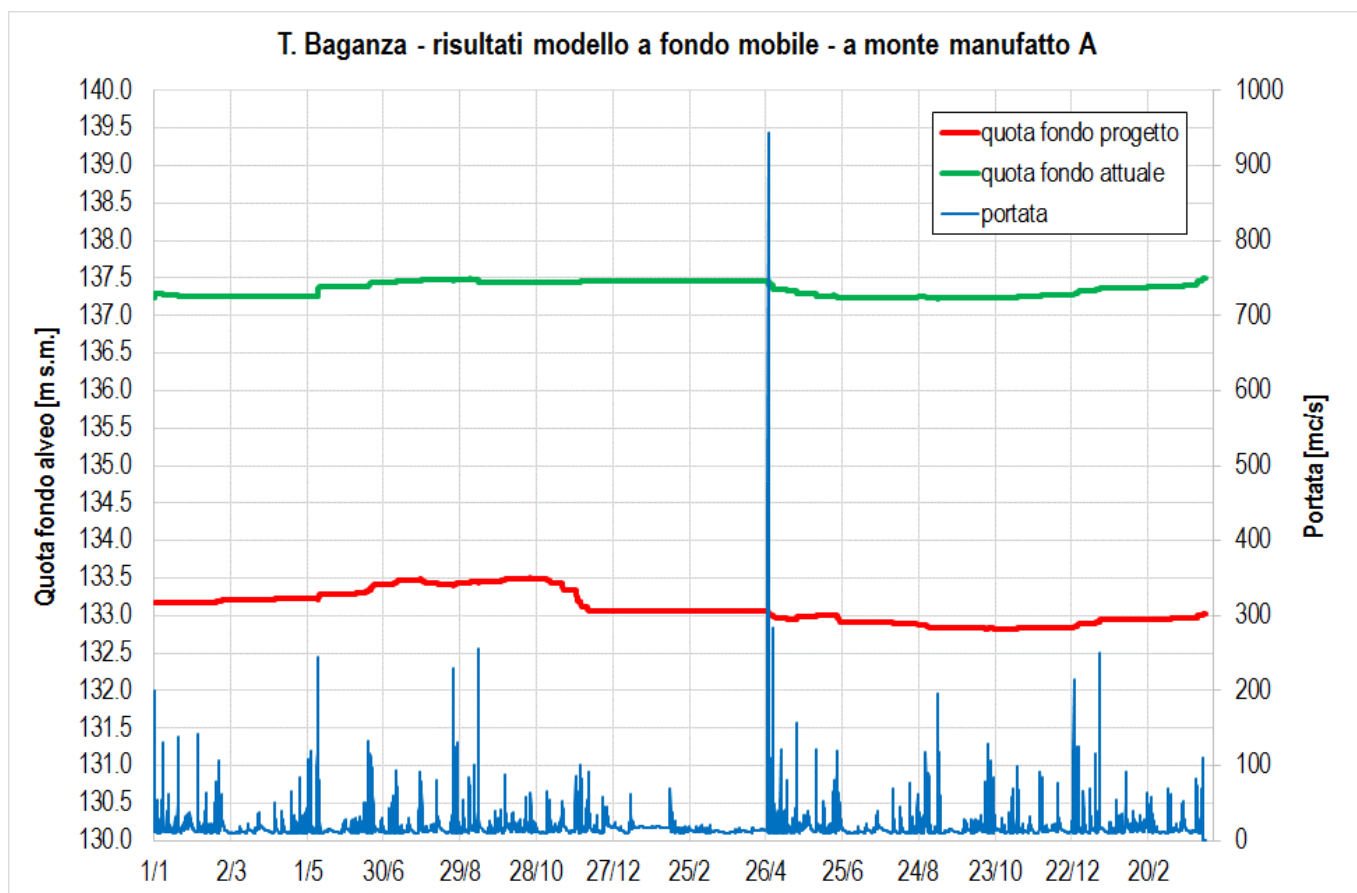


Figura 7 – evento T=200 anni - velocità e portata stato di fatto in corrispondenza del salto di fondo



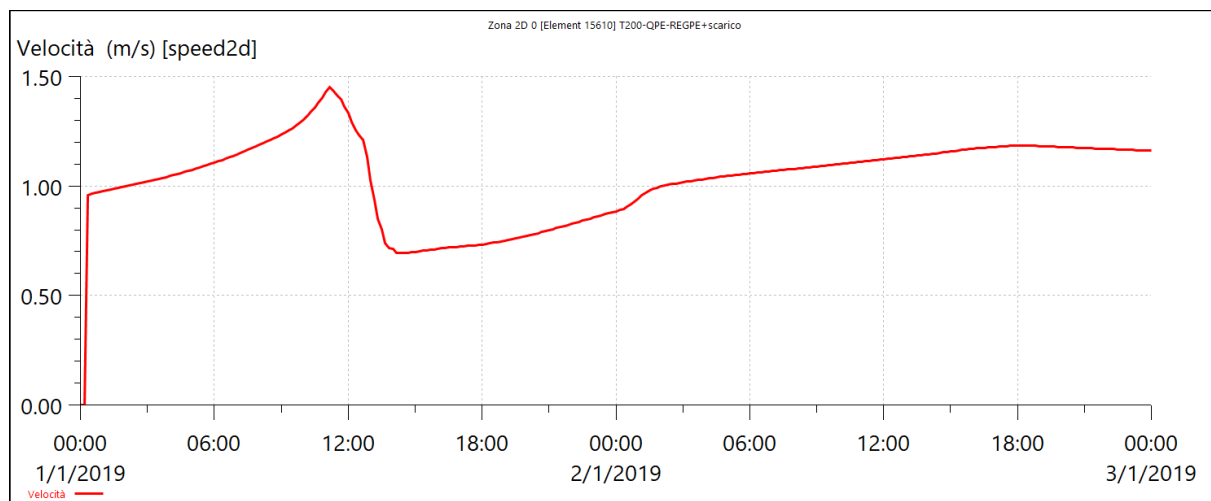
**Figura 8 – risultati modello bidimensionale a fondo mobile a monte del manufatto A**

Dall'analisi dei grafici riportati nella Figura 8, si può osservare che:

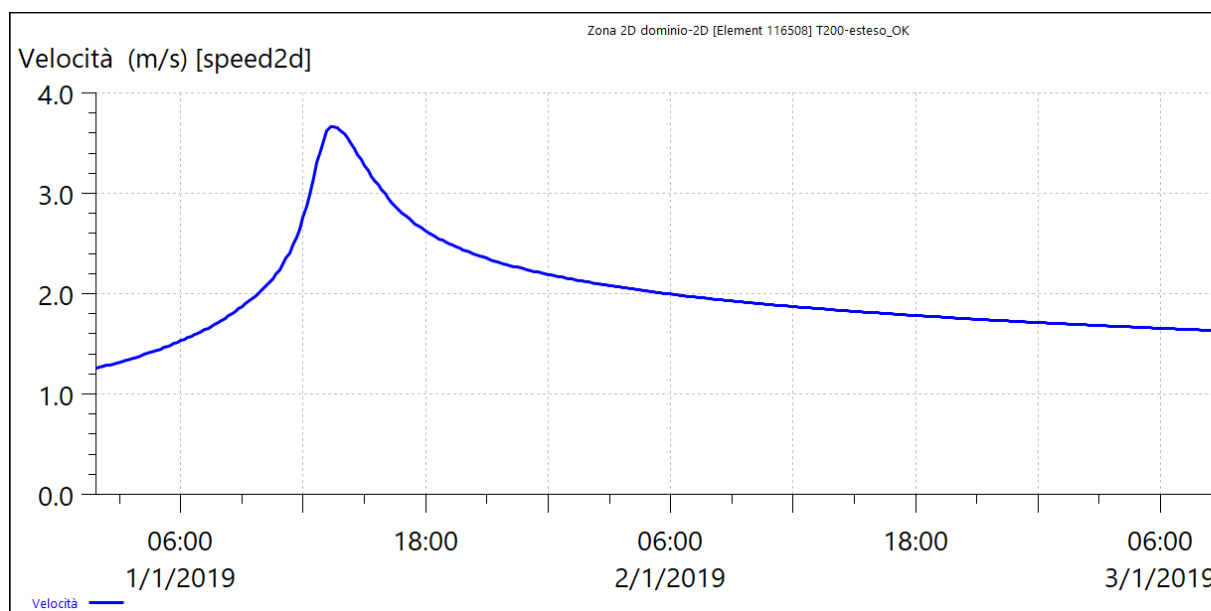
- a monte del manufatto A di regolazione, la quota di fondo di partenza nell'assetto di progetto è pari a circa 133.1 m s.m. (nello stato di fatto la quota di fondo è pari a circa 137.2 m s.m.);
- durante l'intero periodo di simulazione si riscontra una limitata evoluzione della quota di fondo alveo, che raggiunge valori minimi di circa 132.8 m s.m. (erosione massima di circa 30 cm rispetto alla quota di partenza) e valori massimi di circa 133.5 m s.m. (deposito di circa 40 cm rispetto alla quota di fondo iniziale);
- in tale sezione l'evento di piena caratterizzato da una portata al colmo di oltre 900 mc/s (quello che si è verificato nel 2014) non induce variazioni della quota di fondo, in relazione soprattutto al rigurgito indotto dall'opera di regolazione che riduce l'apporto di sedimenti da monte e alla presenza dell'opera in c.a. che vincola la quota di fondo a valle della sezione di interesse a valori prossimi a 133 m s.m.;
- confrontando la curva relativa all'assetto di progetto con quella dello stato di fatto si possono osservare molte analogie in termini di tendenze evolutive: i periodi in cui si verifica deposito (tratti di curva crescente) e in cui si verifica erosione (tratti di curva decrescente) sono quasi gli stessi.

Ad integrazione di quanto sopra, di seguito si riporta, con riferimento all'evento di piena duecentennale, la velocità della corrente in corrispondenza della sezione di imbocco dei canali di scarico del manufatto A, calcolata con il modello

bidimensionale a fondo fisso di maggior dettaglio, da cui si evince che la velocità della corrente si mantiene al di sotto di valori prossimi a 1.5 m/s, mentre nello stato attuale la velocità può raggiungere valori compresi tra 3 e 4 m/s durante la fase di picco (mantenendosi maggiore di 2 m/s per portate maggiori di 200 m<sup>3</sup>/s). Pertanto, nell'assetto di progetto le velocità a monte del manufatto "A" saranno inferiori a quelle attuali. Per tale motivo non si ravvisano problemi di erosione localizzata a monte del manufatto.



**Figura 9 – evento T=200 anni - velocità assetto di progetto a monte del manufatto A**





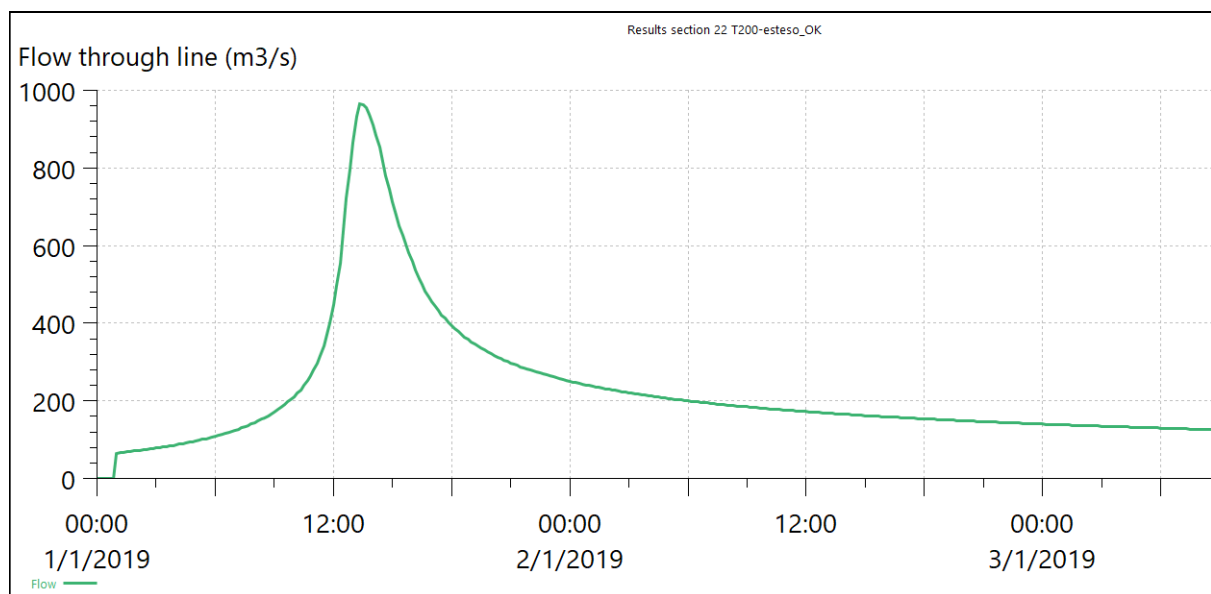


Figura 10 – evento T=200 anni – velocità e portata nello stato di fatto in corrispondenza del manufatto A

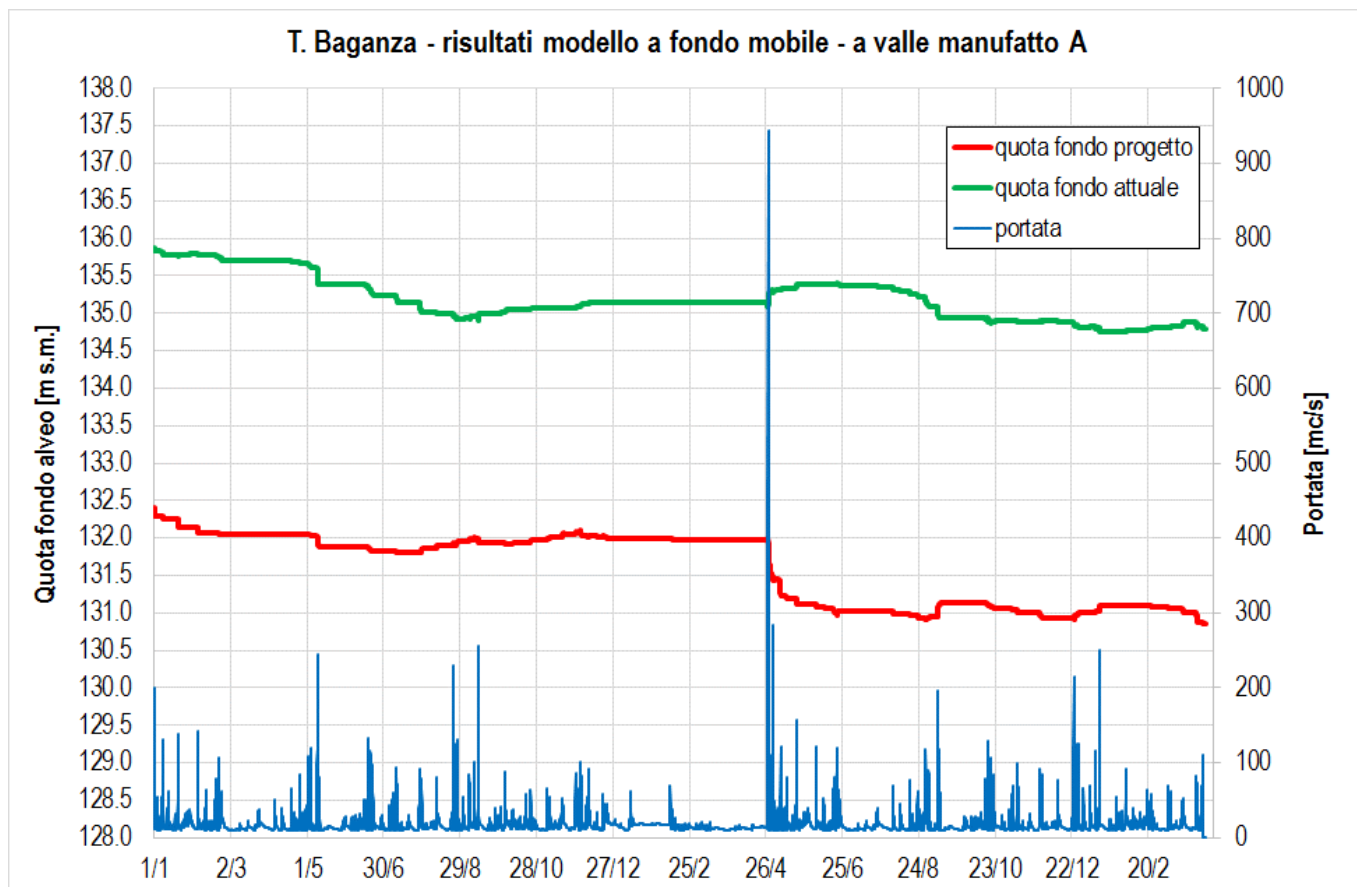
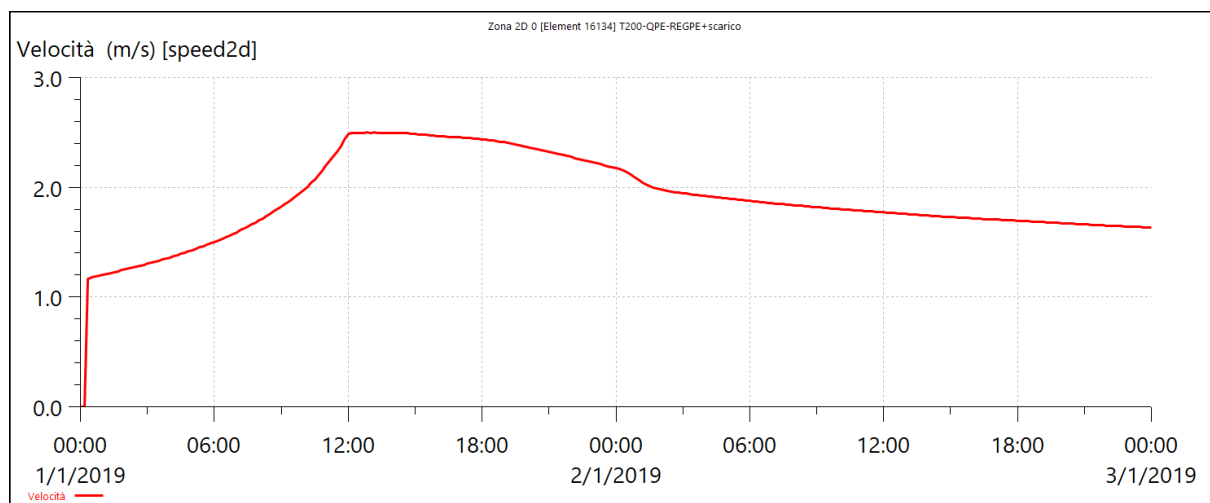


Figura 11 – risultati modello bidimensionale a fondo mobile a valle del manufatto A

Dall'analisi dei grafici riportati nella Figura 11, si può osservare che:

- a valle del manufatto A di regolazione, la quota di fondo di partenza nell'assetto di progetto è pari a circa 132.4 m s.m. (nello stato di fatto la quota di fondo è pari a circa 135.9 m s.m.);
- in funzione della portata defluente in alveo si riscontra un'evoluzione della quota di fondo alveo compresa tra 132.4 m s.m. (pari alla quota di partenza) e 130.9 m s.m. (erosione di circa 150 cm rispetto alla quota di fondo iniziale);
- l'evento di piena caratterizzato da una portata al colmo di oltre 900 mc/s (quello che si è verificato nel 2014) induce un'erosione della quota di fondo, da 132 m s.m. fino a 131.5 m s.m. che prosegue fino a 131 m s.m., per poi mantenersi sostanzialmente in equilibrio attorno a tale valore;
- si segnala però che anche nell'assetto attuale si ha una tendenza erosiva in corrispondenza di tale tratto, tanto che la quota di fondo alveo durante l'intero periodo di simulazione passa da 135.9 m s.m. a 134.8 m s.m. (110 cm di erosione in 14 anni, pari mediamente a meno di 10 cm all'anno);
- l'unica sostanziale differenza tra la dinamica evolutiva nell'assetto di progetto e nello stato attuale è associata al verificarsi di un evento di piena significativo che implica il funzionamento dell'invaso. La riduzione di apporto di sedimenti da monte, indotto dal rigurgito della corrente a monte del manufatto A per consentire l'invaso della piena, a cui si associano i suddetti fenomeni di deposito a valle del salto di fondo, inducono azioni erosive a carico del fondo alveo a valle del manufatto A, stimati dal modello di calcolo in circa 50 cm.

Ad integrazione di quanto sopra, di seguito si riporta, con riferimento all'evento di piena duecentennale, la velocità della corrente a valle del manufatto A, calcolata con il modello bidimensionale a fondo fisso di maggior dettaglio, da cui si evince che la velocità della corrente si mantiene al di sotto di valori prossimi a 2.5 m/s, mentre nello stato attuale la velocità può raggiungere valori compresi tra 3 e 4 m/s durante la fase di picco (mantenendosi maggiore di 2 m/s per portate maggiori di 200 m<sup>3</sup>/s). Pertanto, nell'assetto di progetto le velocità di picco a valle del manufatto "A", per effetto della riduzione della portata defluente, saranno inferiori a quelle attuali, per cui non si ravvisano particolari problemi di erosione localizzata, se non conseguenti ad una riduzione dell'apporto solido da monte come affermato poco sopra.



**Figura 12 – evento T=200 anni - velocità assetto di progetto a valle del manufatto A**

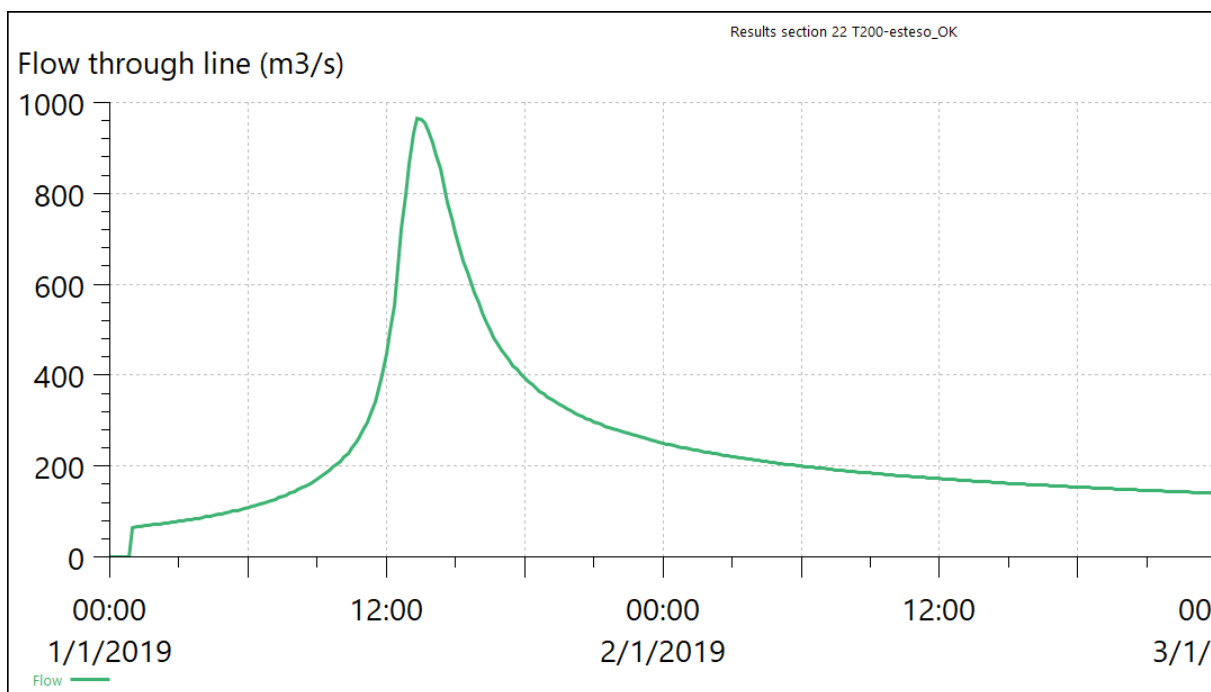
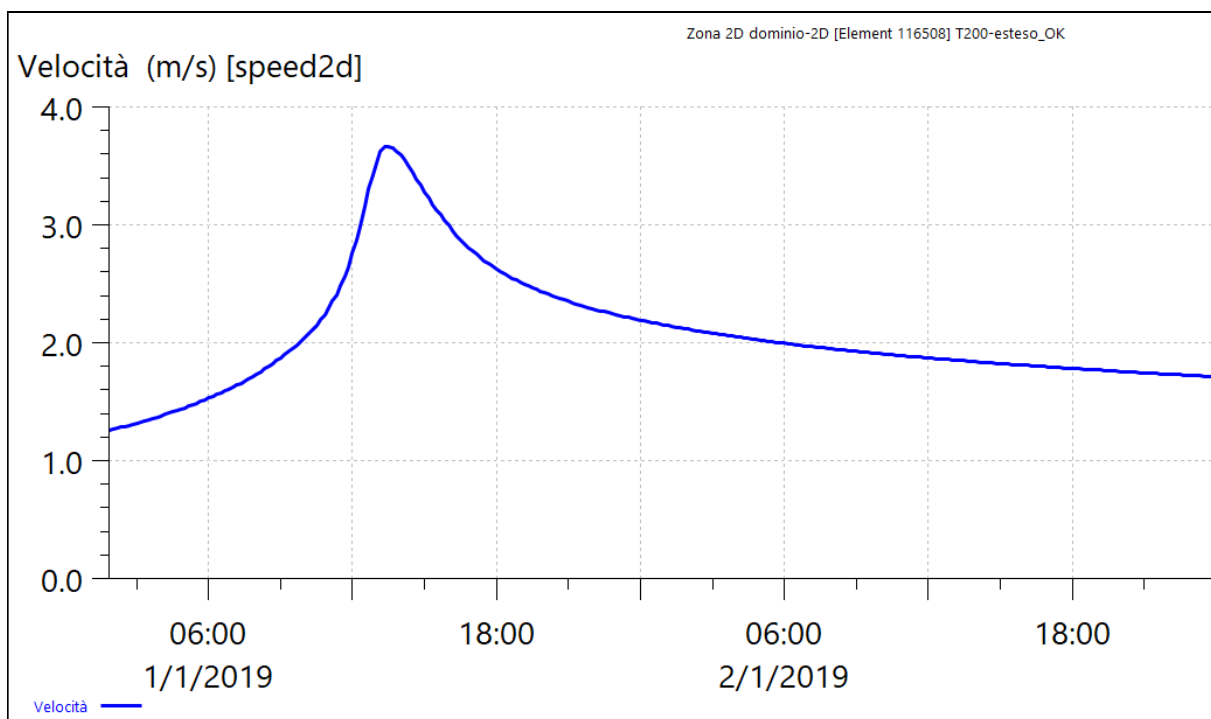
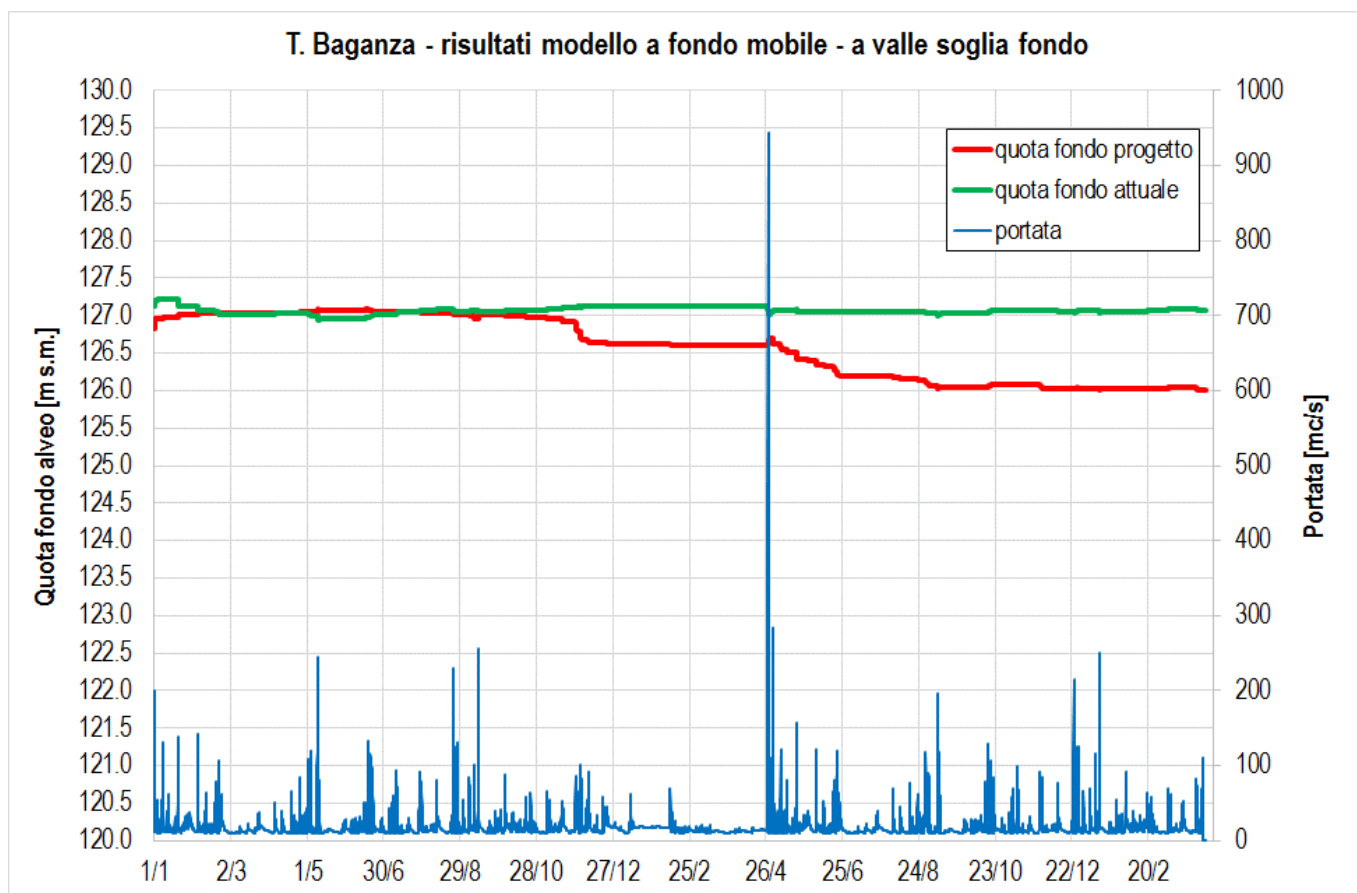


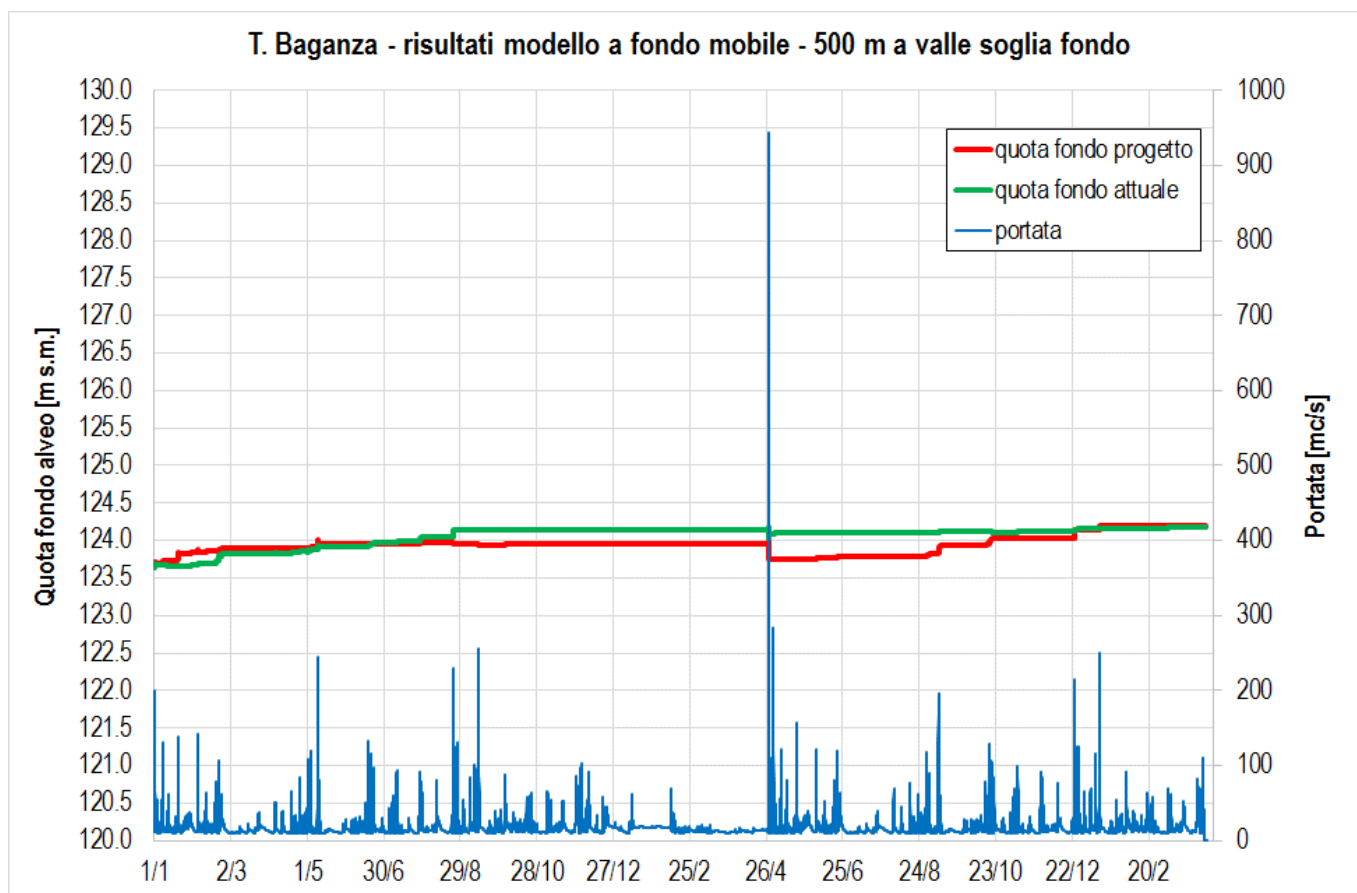
Figura 13 – evento T=200 anni - velocità e portata dello stato di fatto in corrispondenza del manufatto A



**Figura 14 – risultati modello bidimensionale a fondo mobile poco a valle della soglia di fondo**

Dall'analisi dei grafici riportati nella Figura 14, si può osservare che:

- a valle della soglia di fondo in progetto la quota dell'alveo nello stato di fatto e nell'assetto di progetto sono coincidenti, e pari a circa 127 m s.m.;
- la dinamica evolutiva nelle due configurazioni è sostanzialmente identica, ad eccezione del periodo successivo al verificarsi dell'evento di piena caratterizzato da una portata al colmo di oltre 900 mc/s (quello che si è verificato nel 2014), che innesca un fenomeno di erosione della quota di fondo che si riduce da 126.6 m s.m. fino a 126 m s.m., per poi mantenersi in equilibrio attorno a tale valore. Tale fenomeno erosivo, successivo all'evento di piena, è del tutto analogo a quello che si verifica a valle del manufatto A già descritto in precedenza, anche se è più lungo nel tempo (4 mesi di simulazione contro 2 mesi di simulazione) e di minore entità (60 cm contro 100 cm di erosione).
- L'altezza della soglia di fondo, costituita da massi ciclopici di peso pari a 3000 kg, è pari a 2.5 m, quindi superiore di 1,5 m rispetto all'erosione stimata dal modello di calcolo. A monte della soglia di fondo è presente l'attraversamento dell'oleodotto, quindi lo stesso risulta protetto dal fenomeno erosivo dalla soglia di fondo in massi.



**Figura 15 – risultati modello bidimensionale a fondo mobile 500 m a valle della soglia di fondo**

Dall'analisi dei grafici riportati nella Figura 15, si può osservare che:

- nella sezione posta 500 m a valle della soglia di fondo, dove l'alveo è identico nello stato attuale e nell'assetto di progetto (quota di fondo di partenza pari a circa 123.5 m s.m.), la dinamica evolutiva nelle due configurazioni, come nella sezione precedente, è sostanzialmente identica, ad eccezione del periodo successivo al verificarsi dell'evento di piena caratterizzato da una portata al colmo di oltre 900 mc/s (quello che si è verificato nel 2014), che innesci un fenomeno erosivo della quota di fondo, che in questa sezione è pari a circa 20 cm. Successivamente a tale fenomeno associato all'evento di piena la quota di fondo tende a raggiungere quella dello stato di fatto in assenza di opere.

## 5. AZIONI MANUTENTIVE

In relazione alle risultanze delle analisi, di seguito si riporta un estratto del Piano di manutenzione (elaborato BAG316MANRRE011) relativo all'alveo del Baganza, comprendente anche le opere di sistemazione.

### 5.1 DESCRIZIONE

Le principali caratteristiche delle opere di sistemazione d'alveo, costituite da scogliere spondali e da soglie di protezione del fondo alveo a valle dei manufatti in c.a. sono:

- lunghezza scogliere spondali:
  - tratto a monte della briglia selettiva di monte: 344 m per ciascuna sponda, quindi 688 m;
  - tratto tra la briglia selettiva di monte e il manufatto A: 434 m per ciascuna sponda, quindi 868 m;
  - tratto tra il manufatto A e la briglia di fondo di valle: 805 m in sponda sinistra e 674 m in sponda destra;
  - tratto a valle del manufatto C: 128 m in sponda sinistra e 222 m in sponda destra;
- superfici delle soglie di protezione del fondo alveo:
  - a valle del bacino di dissipazione della briglia di monte: 86 x 20 mq
  - a valle del bacino di dissipazione del manufatto A: 76 x 15 mq
  - a valle del bacino di dissipazione del manufatto C: 50 x 15 mq
- soglia di fondo di valle: 10 m x 150 m;
- peso specifico dei massi: 2'600 kg/m<sup>3</sup>;
- diametro del masso: 0.75 m (peso del singolo masso pari a circa 500 kg).

### 5.2 ANOMALIE RISCONTRABILI

Le anomalie riscontrabili possono essere:

- cedimenti o erosioni: si possono verificare cedimenti del terreno (paramento inclinato al di sopra dei massi) o dissesto di massi della scogliera in seguito ad assestamenti o franamenti, oppure si possono verificare erosioni per effetto dell'azione erosiva degli agenti climatici e/o acque di scorrimento superficiale in occasione di eventi meteorici importanti;
- erosioni del fondo alveo in corrispondenza delle opere di protezione (scogliere, soglie di fondo). Siccome l'altezza delle fondazioni delle opere di protezione in massi sono pari rispettivamente a:
  - Scogliere a monte del manufatto A: 1.5 m;
  - Scogliere a valle del manufatto A e C: 2.0 m;
  - Soglie di fondo a valle dei manufatti (briglia selettiva e manufatto A): 3.0 m;
  - Soglia di fondo finale: 2.5-3.0 m

si ritiene che occorra intervenire a ripristinare le condizioni di progetto, attraverso interventi di movimentazione di materiale litoide, quando in prossimità delle opere e dei manufatti siano presenti erosioni di altezza maggiore o uguale a 1 m.



- depositi di materiale litoide in prossimità delle opere di regolazione, derivazione e scarico. Si dovrà intervenire a ripristinare le condizioni di progetto, attraverso interventi di movimentazione di materiale litoide, quando in prossimità delle opere e dei manufatti siano presenti depositi di altezza maggiore o uguale a 1 m;
- presenza di tane di animali: si possono verificare danneggiamenti della struttura spondale per effetto di escavazioni di animali (tassi, istrici, volpi, ecc.) per la formazione di tane e percorsi sotterranei;
- crescita di vegetazione incontrollata: l'eccessiva crescita di vegetazione erbacea può impedire il controllo a vista delle sponde e impedire il riscontro di cedimenti, erosioni, presenza di tane. Inoltre la presenza eccessiva di vegetazione arbustiva in corrispondenza del paramento spondale, può alterare le condizioni di deflusso locale e può causare, una volta sradicata e trasportata dalle correnti di piena, pregiudizio della stabilità della sponda;

### 5.3 CONTROLLI

I controlli da effettuare direttamente dal personale tecnico di AIPO sono i seguenti:

- Ispezione a vista con valutazione della gravità e dell'estensione delle anomalie, con particolare riferimento alla stabilità delle scogliere a protezione delle sponde e del fondo alveo in prossimità delle opere in c.a. e alla presenza ed dell'entità di materiale vario (sedimenti, rifiuti, ramaglia, tronchi, ecc.) in corrispondenza delle sponde e dei manufatti;
- Rilievi topografici per valutare le variazioni di quota dell'alveo (erosioni e depositi).

### 5.4 INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Gli interventi di manutenzione da eseguire a cura di personale specializzato, da mettere in atto in funzione dell'esito dei controlli visivi, sono i seguenti:

- ripristino delle scogliere disestate mediante l'impiego di personale specializzato e l'uso di macchinari per il carico e la movimentazione di massi;
- ripristino delle quote di progetto dell'alveo mediante l'impiego di personale specializzato e l'uso di macchinari per la movimentazione del materiale litoide;
- sfalcio e diradamento delle specie arbustive lungo il paramento spondale mediante l'impiego di personale specializzato e l'uso con trattore munito di braccio idraulico ed attrezzo trinciatore-sfibratore e completamento manuale del taglio ove occorra.

### 5.5 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Di seguito vengono specificate le frequenze degli interventi di controllo e di manutenzione sopra descritti.

#### 5.5.1 Sottoprogramma dei controlli

Il sottoprogramma dei controlli prevede l'esecuzione di ispezioni a vista e di rilievi topografici ogni 3 mesi e comunque dopo ogni evento di piena.

### 5.5.2 Sottoprogramma degli interventi di manutenzione

Il sottoprogramma degli interventi di manutenzione prevede:

- ripristino delle scogliere dissestate: quando occorre, in funzione dell'esito dei controlli visivi;
- ripristino delle quote di progetto dell'alveo: quando occorre, in funzione dell'esito dei controlli visivi e dei rilievi topografici;
- sfalcio e diradamento delle specie arbustive: quando occorre, in funzione dell'esito dei controlli visivi.

## 6. CONCLUSIONI

Il modello idraulico bidimensionale a fondo mobile, implementato nell'ambito del presente progetto esecutivo, ha messo in evidenza che:

- in assenza di fenomeni di piena significativi le dinamiche evolutive nell'assetto di progetto sono molto simili a quelle presenti nell'assetto attuale;
- quando si verifica un evento di piena significativo, con entrata in funzione dell'area di laminazione in progetto, si verificano fenomeni di deposito tra il salto di fondo e il manufatto di regolazione, per effetto del maggior apporto di materiale da monte e del rigurgito indotto dal manufatto stesso, e fenomeni erosivi a valle, condizionati dalla riduzione di apporto di sedimenti da monte, conseguente ai suddetti fenomeni di deposito;
- sarà necessario monitorare nel tempo l'effettiva entità dei fenomeni erosivi a valle del manufatto di regolazione, in modo da programmare e prevedere eventuali interventi di manutenzione;
- nel periodo successivo al verificarsi di un evento di piena significativo, le dinamiche evolutive tendono a riequilibrarsi e si instaurano fenomeni del tutto simili a quelli attualmente in atto;
- i fenomeni erosivi conseguenti all'evento di piena si esauriscono circa 500 m a valle della soglia di fondo prevista in corrispondenza dell'oleodotto.