

**Sostenibilità ambientale e socio-economica degli interventi di
laminazione delle piene lungo il Po casalese**

Individuazione di scenari d'intervento

*Allegato 3 alla Relazione descrittiva
Relazione di sintesi dell'ANALISI IDRAULICA*



26 luglio 2011

Indice

Premessa.....	3
1. Analisi idraulica dell'attuale assetto del corso d'acqua.....	3
1.1 Descrizione delle opere esistenti.....	3
1.2 Descrizione del funzionamento idraulico e delle dinamiche di allagamento.....	3
1.3 Modalità di esecuzione delle analisi idrauliche	4
2. Analisi idraulica dello scenario di progetto dello <i>Studio di supporto al PAI</i>	5
2.1 Descrizione delle opere in progetto	5
2.2 Descrizione del funzionamento idraulico e delle dinamiche di allagamento dell'area di laminazione	6
3. Analisi idraulica dei nuovi scenari di progetto	6
3.1 Descrizione delle opere in progetto	6
3.2 Analisi dei diversi scenari di rimodellamento dei piani golenali.....	8
4. Approfondimento a scala di maggior dettaglio dello scenario N7 mediante modellazione bidimensionale e prime conclusioni.....	11
5. Approfondimento a scala di maggior dettaglio dello scenario di rimodellamento dei piani golenali individuato a seguito della fase di consultazione con le Amministrazioni comunali, mediante modellazione bidimensionale e conclusioni.....	23

Premessa

La presente relazione descrive le analisi idrauliche eseguite per verificare il comportamento in piena del tratto di fiume Po compreso tra il ponte di Crescentino e il ponte autostradale di Casale Monferrato, in relazione alla realizzazione della prima delle tre aree di laminazione previste dal PAI, quella che si estende, per circa 10 km a valle del ponte di Crescentino in destra idraulica.

In tale porzione di territorio fluviale, è presente infatti un'ampia area golenale che si estende, in lunghezza, per circa 10 km e ricade all'interno del territorio dei Comuni di Verrua Savoia (TO), Moncestino (AL), Gabiano (AL), Fontanetto Po (VC) e di Palazzolo Vercellese (VC).

Di tale area è stato analizzato in dettaglio il funzionamento idraulico in piena sia nelle condizioni di assetto attuale che nei diversi scenari di progetto proposti con la finalità di raggiungere l'obiettivo di laminazione definito dal PAI. La verifica dell'effetto di laminazione attuale e di quelli relativi agli scenari di progetto è stata eseguita analizzando la riduzione del colmo di piena al termine dell'area stessa, sia lungo l'asta del Po a valle di essa, fino alla città di Casale Monferrato.

1. Analisi idraulica dell'attuale assetto del corso d'acqua

1.1 Descrizione delle opere esistenti

Attualmente la golena destra esistente a valle di Crescentino, in cui si prevede di ubicare l'area di laminazione in oggetto, è difesa in modo discontinuo da opere longitudinali e trasversali. Procedendo da monte verso valle sono presenti due sistemi arginali: l'argine maestro di Verrua Savoia e il sistema arginale di Moncestino.

L'argine di Verrua Savoia termina qualche centinaio di metri a monte di quello di Moncestino. Nella sua parte terminale diviene un argine pennello che protegge da monte l'allagamento dell'area in cui è ubicata la Cascina Margheria. A tale argine si raccorda e, per un certo tratto, si affianca un argine dapprima trasversale e poi longitudinale interno al precedente.

Il sistema arginale di Moncestino è composto dall'argine maestro a protezione delle località La Cascinetta e Piagera e della strada Comunale che le collega con il ponte di Crescentino) e dall'argine golenale dapprima trasversale e poi longitudinale che intende proteggere l'area compresa tra l'argine trasversale stesso e il rio Marca. L'argine golenale termina in corrispondenza del rio Marca.

Si evidenzia poi la presenza di opere di difesa spondale in alcuni tratti battuti dalla corrente, in particolare in corrispondenza dei tratti in frodo delle arginature suddette.

1.2 Descrizione del funzionamento idraulico e delle dinamiche di allagamento

L'attuale funzionamento in piena dell'area in questione è stato verificato nell'ambito dello *Studio di fattibilità degli interventi di sistemazione idraulica del fiume Po da confluenza Dora Baltea a confluenza Tanaro*, a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po. Tale studio, sviluppato come strumento di supporto al PAI vigente (e d'ora in poi denominato *Studio di supporto al PAI*) ha messo in evidenza il seguente funzionamento idraulico: per portate a Crescentino di circa 2500 m³/s (approssimativamente, Tr = 2 - 5 anni) l'area a monte del sistema arginale di Moncestino inizia ad allagarsi per ingresso dell'acqua in golena a valle dell'argine pennello esistente. Il livello nell'area è pari al livello in alveo di Po, essendovi una connessione diretta tra alveo e golena. Al crescere della portata a Crescentino, cresce il livello in Po e contestualmente il livello nella zona suddetta. Le acque che invadono la golena sono costrette a rientrare in alveo per la presenza dell'argine golenale di Moncestino, fino a che la portata a Crescentino non raggiunge circa 6000 m³/s

(approssimativamente, $Tr = 50$ anni), limite oltre il quale l'argine golenale di Moncestino viene sormontato e comincia il flusso nella golena a valle di tale struttura. Il flusso, nel caso in cui l'argine possa resistere a tracimazione, è di circa $200 \text{ m}^3/\text{s}$, per un evento di piena analogo a quello dell'Ottobre del 2000, con livelli in golena molto inferiori a quelli presenti in alveo. Nel caso, molto più probabile e già verificatosi nell'Ottobre del 2000, in cui il sormonto provochi la rottura dell'argine, tale flusso diviene di circa $1000\text{-}1200 \text{ m}^3/\text{s}$, con livelli in golena anche superiori a quelli in alveo.

Prima del sormonto, l'area protetta dal sistema arginale di Moncestino non viene allagata, se non per una piccola porzione nei pressi del rio Marca, allagata per risalita da valle. A valle del rio Marca, non essendovi più arginature, la golena viene invasa dalle acque già per portate a Crescentino di circa $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ (approssimativamente, $Tr = 5 - 10$ anni). Il flusso in golena è importante raggiungendo mediamente i $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ con livelli pari a quelli in alveo e velocità che raggiungono anche 1 m/s .

1.3 Modalità di esecuzione delle analisi idrauliche

Le analisi idrauliche sono state svolte, sia nello *Studio di supporto al PAI*, sia nei recenti approfondimenti, con il supporto della modellizzazione numerica mediante codici di calcolo in grado di rappresentare il funzionamento idraulico sia mediante schemi *monodimensionali* e *quasi-bidimensionali* (codice **HEC-RAS** dell'*Hydrologic Engineering Center* dell'*U.S. Army Corps of Engineers*) che *bidimensionali* (codice **InfoWorks RS** di *Innovyze*). Lo stesso strumento modellistico con schema *quasi-bidimensionale* è stato utilizzato per le analisi idrauliche dello stato di fatto e dei differenti scenari di progetto, mantenendo le stesse condizioni al contorno e gli stessi parametri relativi alle perdite di carico, ma modificando, di volta in volta, le condizioni geometriche per tenere conto sia degli interventi successivi all'evento del 2000, sia degli interventi relativi alle proposte di progetto. Un ulteriore affinamento è stato eseguito analizzando con schema bidimensionale lo scenario di progetto che ha consentito il raggiungimento di standard di laminazione pari a quelli definiti nel PAI (diminuzione della portata al colmo alla sezione di Casale di circa $300 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si descrivono quindi, innanzi tutto, le analisi svolte nello *Studio di supporto al PAI* per lo stato di fatto e, nei successivi paragrafi, sia quelle svolte nel, medesimo studio, per gli scenari di progetto, sia gli ulteriori approfondimenti condotti dal gruppo di lavoro.

Nello *Studio di supporto al PAI* sono state eseguite dettagliate analisi idrauliche volte a simulare le condizioni di propagazione delle onde di piena, sia storiche che sintetiche, lungo l'asta del Fiume Po, nel tratto compreso tra la confluenza del Fiume Dora Baltea e la confluenza del Fiume Tanaro.

Gli eventi storici sono stati presi in considerazione al fine della taratura del modello. Essi sono: la piena del settembre 1993, la piena del novembre 1994 e la piena dell'ottobre 2000. Gli ultimi due costituiscono, per il tratto in esame, gli eventi più gravosi verificatisi da quando sono disponibili dati di registrazione, cui si può attribuire il valore di portata massima a Crescentino rispettivamente di $8200 \text{ m}^3/\text{s}$ e $7600 \text{ m}^3/\text{s}$ e ne è già stata data sommaria descrizione. La piena del 1993, viceversa, è stata utilizzata in considerazione del fatto che le portate transanti - ancorché elevate (massimo valore di portata a Crescentino di $6300 \text{ m}^3/\text{s}$) - non hanno prodotto alcun significativo fenomeno di esondazione, rimanendo confinate all'interno degli argini maestri allora presenti. Data la complessità dei fenomeni analizzati e tenuto conto della diversa affidabilità dei dati disponibili, soprattutto nei casi in cui si sono verificate rotte arginali, si è scelto di individuare la configurazione del modello che riproducesse nel modo migliore l'insieme dei tre eventi di piena storici assunti utilizzati per la taratura.

L'esigenza di analizzare dettagliatamente i fenomeni di laminazione ha portato alla scelta di una peculiare schematizzazione della propagazione delle onde di piena, che differenziasse il moto della corrente nel canale principale da quello delle aree golenali. Infatti, la dinamica di propagazione della piena nell'alveo inciso differisce significativamente dalle modalità di deflusso lungo le golene, dove le sezioni hanno dimensioni trasversali ampie (anche chilometriche) e tiranti idrici modesti (qualche metro al massimo durante il passaggio del colmo delle piene più gravose).

L'impiego di uno schema *monodimensionale* puro, dunque, non è apparso idoneo. D'altro lato, stante l'estensione del tronco d'alveo da analizzare – pari a circa 80 km – e la necessità di tempi di calcolo non troppo lunghi in relazione all'esigenza di definire e verificare scenari di progetto, non sarebbe stato opportuno avvalersi di un modello bidimensionale. Si è quindi optato per la costruzione di un modello *quasi-bidimensionale* in grado di analizzare l'intero tronco in studio.

Nel modello *quasi-bidimensionale* realizzato, tutte le aree golenali significativamente estese sono state schematizzate come rami indipendenti, connessi idraulicamente all'alveo principale del Po in modo tale da poter simulare, con una certa precisione, i reciproci continui scambi di portata. Le altre porzioni della regione fluviale, esterne ai sopra descritti "canali", ma comunque interessate da allagamenti durante il passaggio delle onde di piena, sono state rappresentate nel modello come serbatoi, le cui curve d'invaso sono state definite sulla base del modello digitale del terreno a disposizione.

Lo schema di calcolo così concepito ha dunque permesso di valutare, con un sufficiente dettaglio, i meccanismi di riempimento delle golene e di propagazione lungo queste delle onde di piena, consentendo così l'analisi dei fenomeni di laminazione connessi. Per la costruzione del suddetto modello è stato utilizzato, come premesso, il software HEC-RAS in grado di riprodurre e calcolare adeguatamente il tipo di schema suddetto.

In particolare, nel tratto interessato dall'area di laminazione, il modello è composto dai seguenti elementi:

- il *canale principale del Po*, (*Canale_Po_1*);
- la *Golena_1*, posta in sponda sinistra tra il ponte di Crescentino e Fontanetto Po, di lunghezza pari a circa 5000 m;
- la *Golena_2*, posta sempre in sponda sinistra, tra il ponte di Crescentino e Palazzolo Vercellese, di lunghezza pari a circa 15000 m; detta golena nei primi 5000 metri si trova all'esterno della *Golena_1*, suddivisa da quest'ultima dall'argine di Crescentino;
- la *Golena_3*, posta in sponda destra tra Crescentino e Palazzolo Vercellese, di lunghezza pari a circa 8000 m;

L'area di laminazione è ubicata precisamente in questo terzo ramo golenale del modello.

2. Analisi idraulica dello scenario di progetto dello *Studio di supporto al PAI*

2.1 Descrizione delle opere in progetto

Lo scenario di progetto dell'area in questione, definito nello *Studio di supporto al PAI*, prevede la realizzazione di una golena chiusa suddivisa in quattro comparti funzionanti in serie e delimitati:

- da un argine o dosso boscato lato fiume (limite fascia A) continuo a chiusura dell'intera area golenale;

- da una linea di ritenuta lato campagna (limite fascia B) costituita dall'argine principale attuale e dal bordo del versante collinare;
- da dossi trasversali aventi funzione di compartimentare l'invaso;
- da manufatti sfioratori nell'argine golenale a monte (in ingresso), a valle (in uscita) e nei tre dossi trasversali aventi funzione di consentire l'invaso, lo svaso e la ripartizione dei volumi di piena nei diversi comparti.

La proposta progettuale definita nello *Studio di supporto al PAI* prevede inoltre in ultima fase attuativa il rimodellamento delle aree golenali (abbassamento medio di circa 1 – 1.5 m) funzionale al potenziamento dei volumi di invasore.

2.2 Descrizione del funzionamento idraulico e delle dinamiche di allagamento dell'area di laminazione

Nell'assetto di progetto previsto dallo *Studio di supporto al PAI* la golena, attrezzata con le opere previste, si allaga solo per superamento della soglia di sfioro di ingresso: i 4 comparti separati dai dossi trasversali tracimabili si riempiono in successione e le quote di sfioro dei dossi determinano, insieme con le capacità di invasore dei comparti, i livelli in golena. La portata in transito viene restituita all'alveo mediante un'ultima opera trasversale tracimabile e per i volumi al di sotto di essa, mediante uno scarico di fondo (che dovrà essere dotato di organi di regolazione per impedire il flusso di rigurgito dall'alveo di Po). Il colmo dell'onda di piena in ingresso viene ridotto e ritardato compatibilmente con la capacità complessiva dell'area.

Per l'evento del 2000, la capacità di invasore, con rimodellamento dei piani golenali, è sufficiente a garantire livelli nei comparti quasi orizzontali e poco maggiori delle quote di progetto dei dossi trasversali tracimabili, con dimezzamento e breve ritardo dell'onda di piena in uscita dall'area stessa.

Tale funzionamento determina una riduzione del colmo della portata di piena a Casale Monferrato da circa **7850 m³/s** a circa **7550 m³/s**.

3. Analisi idraulica dei nuovi scenari di progetto

3.1 Descrizione delle opere in progetto

A seguito dell'analisi di dettaglio delle opere idrauliche esistenti e della viabilità interpodereale, nonché degli usi del suolo e vegetazione ripariale, il *Gruppo di lavoro* ha ritenuto opportuno proporre alcune modifiche planimetriche delle opere previste dallo *Studio di supporto al PAI*, al fine di ridurre l'impatto economico e quello ambientale delle opere stesse.

Sulla base dell'analisi di dettaglio compiuta mediante la nuova carta degli usi del suolo realizzata dal Parco Fluviale del Po, e il sopralluogo già citato, si è evidenziata la presenza di:

- manufatti trasversali quali l'argine a difesa delle località Cascinetta e Piagera, altri argini-pennello e strade interpodereali utilizzabili, e da prediligersi per la localizzazione delle soglie di tracimazione tra i differenti comparti in cui verrà divisa l'area;
- una cascina abitata all'altezza della loc. Piagera, verso fiume, in Comune di Fontanetto Po, da considerare attentamente nella progettazione degli interventi per garantirne una adeguata sicurezza;
- un'area di pertinenza fluviale, situata al limite orientale dell'area di laminazione, che sembra opportuno mantenere direttamente connessa alle dinamiche fluviali del Po, con necessario arretramento dell'argine golenale verso lato campagna;
- un'area con uso del suolo compatibile con la frequenza di allagamento prevista in progetto, a tergo della Strada comunale "via Ganoia", nel tratto a monte della omonima cascina, che, per la presenza del retrostante versante collinare, permette di fare a meno del primo tratto di nuovo

argine maestro previsto dallo *Studio di supporto al PAI*, una volta adeguata opportunamente la quota del piano viabile della strada stessa.

Pertanto, gli interventi proposti nei nuovi scenari di progetto sono i seguenti:

- adeguamento dell'argine golenale esistente:
la linea di ritenuta secondaria, lato fiume, prevista nello *Studio di supporto al PAI* viene confermata, modificandone il tracciato planimetrico per tenere conto dell'argine pennello esistente a monte del sistema arginale di Moncestino, per mantenere l'attuale localizzazione dell'argine golenale di tale sistema arginale, e per mantenere direttamente connessa alle dinamiche fluviali del Po l'ultima porzione dell'area golenale destra;
- adeguamento della strada comunale esistente:
la strada Comunale di collegamento tra Crescentino e Piagera risulta sormontabile dalla piena di riferimento nel tratto tra Cascina Margheria e la località Coggia; si propone pertanto un adeguamento in quota per mettere in sicurezza il piano viabile e l'inserimento di adeguati forni funzionali a garantire l'allagamento delle aree retrostanti;
- opere di regolazione del deflusso in golena:
 - in ingresso all'area di laminazione è previsto un manufatto di derivazione costituito da un tratto di arginatura tracimabile a soglia fissa, così come definito nello *Studio di supporto al PAI*;
 - per regolare il deflusso nell'area di laminazione sono previsti 3 dossi vegetati trasversali con funzione arginale secondaria, parzialmente o totalmente tracimabili, che determinano la divisione dell'area in 4 comparti:
 1. il primo dosso coincide con l'esistente tratto trasversale del sistema arginale di Moncestino, previo adeguamento dello stesso per renderlo tracimabile, a differenza di quanto previsto nello *Studio di supporto al PAI*, che prevedeva la realizzazione di una nuova struttura e la dismissione dell'argine esistente; la quota di sfioro è la stessa prevista nello *Studio di supporto al PAI*;
 2. il secondo dosso è localizzato in corrispondenza della strada interpoderale esistente poco a monte del rio Marca, che collega con Piagera una cascina abitata, a differenza dello *Studio di supporto al PAI*, che prevedeva la realizzazione di una nuova struttura lungo la sponda Ovest del rio stesso; al fine di tutelare la cascina suddetta dal deflusso delle acque che attraversano l'area di laminazione, questo secondo dosso viene previsto tracimabile solo per una parte, evitando l'afflusso diretto nella porzione direttamente interessata dalla cascina; la quota di sfioro è la stessa prevista nello *Studio di supporto al PAI*;
 3. il terzo dosso è coincidente con quello già previsto nello *Studio di supporto al PAI*; la quota di sfioro è la stessa prevista nello *Studio di supporto al PAI*;
 - in uscita dall'area di laminazione è previsto un manufatto di restituzione costituito da un tratto di arginatura tracimabile a soglia fissa, localizzato più a monte rispetto a quanto previsto nello *Studio di supporto al PAI*, per le ragioni morfologico-ambientali sopra descritte; la quota di sfioro è la stessa prevista nello *Studio di supporto al PAI*, ad eccezione di uno scenario in cui viene alzata di 2 m;
- rimodellamento dei piani golenali:
i piani golenali dei diversi comparti, possono essere riconfigurati secondo due diverse modalità:
 - a. rimodellamento parziale interessante solamente una fascia prossima all'argine golenale, per un'estensione variabile da 100 a 200 m, la cui sezione presenta le seguenti caratteristiche:

- argine golenale con pendenza del paramento lato campagna pari a 1/5 al fine di realizzare dossi boscati;
 - al piede del dosso boscato è prevista la realizzazione di una pista di larghezza paria circa 10 m, funzionale a consentire l'accessibilità al dosso medesimo;
 - dal ciglio della pista è previsto un rimodellamento a sezione trapezoidale avente pendenza delle sponde poco acclive (1/16), larghezza del fondo pari a circa 50 m per il comparto 2 e circa 100 metri per i rimanenti comparti e quota di fondo pari a quella definita nello *Studio di supporto al PAI* (mediamente inferiore di circa 1 – 1.5 m alle attuali quote del piano campagna);
- b. rimodellamento complessivo dell'area golenale ottenuto raccordando la quota di fondo della sezione trapezoidale definita al punto precedente con il limite esterno della area medesima individuato da monte verso valle a seconda dei comparti rispettivamente con la strada comunale, l'argine maestro, il limite morfologico del versante collinare. Per il solo primo comparto tale rimodellamento è stato potenziato abbassando di ulteriori 2 metri la quota di fondo.

Si evidenzia che, in entrambe le modalità, il rimodellamento non interessa le aree circostanti alle due cascate abitate già sopra richiamate.

Negli scenari di verifica idraulica di seguito illustrati le modalità di rimodellamento descritte sono combinate in modo diverso all'interno di ciascun comparto.

L'attitudine alla laminazione delle piene della golena destra, opportunamente attrezzata, è stata pertanto verificata tenendo conto delle modifiche relative al tracciato del sistema arginale, delle soglie di tracimazione interne e delle modalità di rimodellamento.

3.2 Analisi dei diversi scenari di rimodellamento dei piani golenali

A partire dal nuovo assetto delle opere sopra descritto sono stati verificati sette diversi scenari per i quali sono state combinate in modo diverso le modalità di rimodellamento nei diversi comparti dell'area di laminazione e le caratteristiche dimensionali delle opere idrauliche di regolazione.

Per tutti gli scenari la verifica è stata svolta con lo stesso codice di calcolo e lo stesso tipo di schematizzazione usato nello *Studio di supporto al PAI*, ridefinendo dove necessario le caratteristiche geometriche per tenere conto delle suddette modifiche.

Poiché le differenze plano-altimetriche determinano una differente capacità di invaso dei comparti e, complessivamente, a causa della riduzione dell'area utile, una riduzione del volume massimo di laminazione disponibile, tra le ipotesi di progetto si sono considerate anche quelle in grado di recuperare il volume di invaso mancante, al fine di raggiungere la stessa prestazione, in termini di laminazione del picco di piena, ottenuta nello *Studio di supporto al PAI*.

Si descrivono di seguito, in sintesi, i sette scenari ed i risultati conseguiti con l'analisi idraulica svolta applicando il modello *quasi-bidimensionale*.

Scenario N1

Il rimodellamento interessa complessivamente tutta l'area e quindi ognuno dei 4 comparti. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

A causa della minor capacità di invaso complessiva, il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura minore ed il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è di circa **7750 m³/s**.

Scenario N2

I piani golenali vengono ovunque mantenuti nell'attuale configurazione, senza rimodellamenti. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

A causa della minor capacità di invaso complessiva, il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in ugual misura rispetto al caso precedente, ma con innalzamento del livello massimo che, nell'ultimo comparto diventa più alto di circa 2 metri rispetto al caso precedente. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è di circa **7750** m³/s.

L'innalzamento del livello nell'ultimo comparto, che determina il superamento di almeno 2 metri del livello della soglia di sfioro terminale, è determinato dall'effetto di strozzatura dovuto alla riduzione di larghezza delle sezioni terminali del comparto. Su tale risultato vi è maggiore incertezza e si ritiene opportuna, qualora risultasse di qualche interesse, un'analisi di maggior dettaglio. Tuttavia l'incertezza non condiziona la conclusione sulla valutazione della capacità di laminazione che resta inferiore a quella necessaria per raggiungere l'obiettivo del PAI..

Scenario N3

Rimodellamento parziale dei piani golenali in tutti i comparti con interessamento di una sola fascia ristretta adiacente all'argine golenale, variabile da 100 m nel comparto 2 a 200 negli altri comparti. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

Il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura minore rispetto allo Scenario N1, ma, a differenza dello scenario N2, il livello in golena rimane simile a quello dello Scenario N1. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è di circa **7850** m³/s.

Scenario N4

Rimodellamento completo del piano golenale nel primo comparto, parziale negli altri 3 comparti con interessamento di una sola fascia ristretta adiacente all'argine golenale, variabile da 100 m nel comparto 2 a 200 negli altri comparti. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

Il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura minore rispetto allo Scenario N1, maggiore rispetto allo scenario N3; il livello in golena rimane simile a quello dello Scenario N1. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è di circa **7825** m³/s.

Scenario N5

Rimodellamento completo del piano golenale nel primo, terzo e quarto comparto, parziale nel secondo con interessamento di una sola fascia ristretta adiacente all'argine golenale, di circa 100 m. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

Il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura minore rispetto allo Scenario N1, maggiore rispetto allo scenario N4; il livello in golena rimane simile a quello dello Scenario N1. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è di circa **7800** m³/s.

Scenario N6

Rimodellamento completo del piano golenale nel primo, terzo e quarto comparto, parziale nel secondo con interessamento di una sola fascia ristretta adiacente all'ergine golenale, di circa 100 m. Nel primo comparto si prevede un rimodellamento con gli stessi criteri geometrici, ma con maggior approfondimento del fondo, abbassato di 2m in più rispetto agli scenari N3, N4 e N5. Le quote di sommità dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*.

Risultati conseguiti

Il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura circa pari a quella dello Scenario N1; il livello in golena rimane simile a quello dello Scenario N1. In particolare il maggior volume di invaso disponibile per il comparto 1 permette di recuperare il deficit relativo al secondo comparto, a valle del quale transita una portata di ugual colmo di quella dello scenario N1. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è pertanto di circa **7750** m³/s.

Scenario N7

Rimodellamento completo del piano golenale nel primo, terzo e quarto comparto, parziale nel secondo con interessamento di una sola fascia ristretta adiacente all'ergine golenale, di circa 100 m. Nel primo comparto si prevede un rimodellamento con gli stessi criteri geometrici, ma con maggior approfondimento del fondo, abbassato di 2m in più rispetto agli scenari N3, N4 e N5. Le quote di sommità del manufatto di derivazione e dei dossi trasversali tracimabili sono le stesse dello *Studio di supporto al PAI*, mentre è modificata quella del manufatto di restituzione.

Nel quarto comparto si prevede, infatti, l'innalzamento di 2 m della quota della soglia sfiorante di uscita dall'area, con conseguente aumento della quota delle arginature nella parte più a valle del comparto.

Risultati conseguiti

Il colmo ed il volume complessivo dell'onda di piena in ingresso all'area vengono ridotti in misura maggiore rispetto allo Scenario N1; il livello in golena rimane simile a quello dello Scenario N1 nei primi tre comparti, mentre risulta maggiore di 2 m circa nel quarto. In particolare il maggior volume di invaso disponibile per il comparto 4 permette di recuperare il deficit comunque rimanente rispetto allo Scenario dello *Studio di supporto al PAI*. Il colmo di portata risultante a Casale Monferrato è pertanto di circa **7550** m³/s.

Per quest'ultimo scenario, che consente il raggiungimento di standard di laminazione pari a quelli definiti nel PAI, è stato svolto uno specifico approfondimento a scala di maggior dettaglio mediante modellazione bidimensionale con il codice di calcolo **InfoWorks RS**, utilizzando il DTM realizzato nel 2004 dall'Autorità di bacino del Po mediante tecnica Laserscanner. Tale verifica, propedeutica alle analisi bidimensionali conclusive da svolgersi sulla base delle indicazioni delle Amministrazioni comunali, ha permesso di trarre conferma sulla reale possibilità di raggiungere l'obiettivo del PAI.

In sintesi i risultati dei diversi scenari in termini di portata al colmo a Casale Monferrato per l'evento di riferimento "piena del 2000", a seguito delle verifiche eseguite con modello *quasi-bidimensionali* sono riportati nella tabella seguente.

Scenario	Q (colmo in m ³ /s) Casale M.to
Attuale	7875
Progetto sola Area di laminazione 2 dello Studio di Fattibilità	7550
Scenario N1	7750
Scenario N2	7750 (ev. da verificare)
Scenario N3	7850
Scenario N4	7825
Scenario N5	7800
Scenario N6	7750
Scenario N7	7550

4. Approfondimento a scala di maggior dettaglio dello scenario N7 mediante modellazione bidimensionale e prime conclusioni

La ragione di tale approfondimento risiede nella volontà di rappresentare in maniera più aderente alla realtà il moto dell'acqua in golena e di valutare in modo più preciso i volumi invasabili in golena e, di conseguenza, l'efficacia dell'area di laminazione.

Infatti sono insite nella schematizzazione *quasi-bidimensionale* approssimazioni nella descrizione del moto dell'acqua e nella valutazione dei volumi invasati in golena in corrispondenza di eventi di piena, a causa sia dell'incertezza nella direzione del flusso all'esterno dell'alveo inciso, sia della rappresentazione semplificata delle caratteristiche geometriche dell'area, ottenuta esclusivamente mediante sezioni trasversali distanti tra loro qualche centinaio di metri.

Mediante analisi modellistica numerica di tipo bidimensionale è possibile definire con maggior grado di dettaglio i confini dell'area, gli elementi che condizionano il moto dell'acqua, i tracciati dei dossi trasversali tracciabili e verificare le modalità di deflusso tra un comparto e l'altro in relazione a differenze altimetriche lungo le sommità dei dossi trasversali, così da garantire primariamente il deflusso nella fascia più bassa

Pertanto è stata eseguita un'analisi di maggior dettaglio mediante modellazione bidimensionale con il codice di calcolo **InfoWorks RS**, implementato utilizzando il DTM realizzato nel 2004 dall'Autorità di bacino del Po mediante tecnica Laserscanner, opportunamente modificato nell'area

di laminazione per tenere conto del rimodellamento già descritto. Le modifiche sono state ottenute disegnando per punti quotati diverse sezioni longitudinali e trasversali di progetto e realizzando, a partire da tali punti un nuovo DTM mediante procedura guidata di interpolazione, nella parte di area rimodellata, e conservazione delle quote originarie, all'esterno di essa. Da tale nuovo DTM, in formato TIN, è stata costruita la *mesh* di calcolo.

Il dominio di calcolo della modellazione bidimensionale è stato scelto coincidente con il perimetro dell'area di laminazione.

Come condizione al contorno di monte è stato assegnato l'idrogramma di portata in ingresso all'area stessa ottenuto nel modello *quasi-bidimensionale*, distribuito attraverso la soglia sfiorante del manufatto di derivazione. Come condizione al contorno di valle è stato assegnato l'idrogramma di livello in alveo poco a valle del manufatto di restituzione, ottenuto nel modello *quasi-bidimensionale*. Per collegare l'area a tale condizione al contorno, è stato rappresentato un breve tratto di alveo principale del Po mediante schematizzazione *monodimensionale*, ponendo in ingresso a tale tratto l'idrogramma di portata in arrivo ottenuta nel modello *quasi-bidimensionale*.

La scelta di imporre al modello *bidimensionale* condizioni al contorno mutate dalle analisi idrauliche eseguite con il modello *quasi-bidimensionale* permette, da un lato, un confronto diretto tra i risultati ottenuti nell'area di laminazione con i due diversi modelli, dall'altro, di poter sia valutare preliminarmente sia verificare, anche con lo stesso modello *quasi-bidimensionale* già disponibile, l'effetto della laminazione ottenuta sull'area lungo l'asta di Po a valle ed, in particolare, a Casale Monferrato.

La simulazione inizia pochi istanti prima dell'inizio dello sfioro nell'area di laminazione e termina alcune ore dopo l'inizio del calo di livello idrico in tutta l'area.

Rispetto allo scenario N7 sono state eseguite alcune modifiche di dettaglio relative alla quote di sommità dei dossi trasversali tracimabili, allo scopo di favorire il deflusso nella porzione sovrastante la parte di area rimodellata con le quote inferiori, in corrispondenza della quale sono state inserite anche piccole luci di fondo (area di 4 m²) per lo svuotamento. Ciò permette di non impegnare tutte le superfici dei comparti per eventi con portate al colmo intermedie tra quella del 2000 e quella minima di attivazione dell'area.

Pertanto le sommità dei dossi sono state mantenute alle quote assegnate nello *Studio di supporto al PAI* per i tratti sovrastanti la parte maggiormente ribassata o, nel caso del secondo comparto, l'unica parte ribassata, mentre sono state alzate di 50 cm nella restante parte tracimabile. A tal riguardo si osserva che un'interessante alternativa progettuale può riguardare la riduzione della parte tracimabile (che comporta, a parità di quota della soglia, maggiori tiranti e quindi sommità dei dossi perimetrali maggiori, fissato il tipo di rimodellamento).

Inoltre non è stata adeguata in quota la strada Comunale di collegamento tra Crescentino e Piagera, in quanto l'adeguamento porta necessariamente con sé la realizzazione di forni di collegamento tra l'area lato fiume e l'area delimitata dal versante naturale. Si è al momento mantenuta la strada nelle condizioni attuali, facendo l'ipotesi che l'innalzamento della stessa sia corredato dei suddetti forni, in numero e dimensioni adeguate a garantire la stessa capacità di laminazione che si verifica nelle condizioni attuali, in cui la strada viene sormontata, con il vantaggio di poter conoscere le modalità del sormonto e i tiranti sopra il piano viabile.

Sono di seguito descritte le dimensioni dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi tracimabili che determinano il funzionamento idraulico dell'area di laminazione, così come sono stati introdotti nel modello *bidimensionale*.

Soglia sfiorante del manufatto di derivazione: quota 148.95 m.s.m., larghezza 500 m.

Dosso trasversale di separazione tra primo e secondo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 530 m, quota di sommità di 146.5 m.s.m. per una larghezza di 100 m e di 147 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua destra per 430 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa sia all'estremità sinistra che destra della parte tracimabile con estensione di circa 50 metri da ambo le parti.

Dosso trasversale di separazione tra secondo e terzo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 285 m, quota di sommità di 144 m.s.m. per una larghezza di 50 m e di 144.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 20 m e alla sua destra per 215 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 200 metri.

Dosso trasversale di separazione tra terzo e quarto comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 630 m, quota di sommità di 142 m.s.m. per una larghezza di 120 m e di 142.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 40 m e alla sua destra per 470 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 20 metri.

Soglia sfiorante del manufatto di restituzione: quota 141 m.s.m., larghezza 350 m.

Nelle figure che seguono sono rappresentate l'ubicazione dell'area di laminazione, la sua attuale altimetria e quella conseguente al rimodellamento proposto. Nella rappresentazione dell'altimetria attuale il versante collinare destro, che sale decisamente di quota, non è rappresentato, se non per il suo piede, perché non descritto nel DTM e non necessario per le analisi idrauliche. Nella rappresentazione dell'altimetria di progetto, invece, esso appare rappresentato con colore scuro. Ciò perché il DTM di progetto è realizzato con una procedura che in tale parte dell'area di interesse ha eseguito l'interpolazione dei dati mancanti (senza nessuna conseguenza sulle analisi, dal momento che la zona interpolata risulta sempre a quote decisamente superiori a quelle dell'area interessata dalle acque di piena). Sono inoltre rappresentati i dossi trasversali e i manufatti di derivazione e restituzione, oltre allo schema della parte *monodimensionale* del modello.

Non sono invece rappresentati i dossi boscati longitudinali che costituiscono l'arginatura golenale, dal momento che nel modello non è stato necessario riprodurli, data l'impossibilità di essere sormontati per via delle loro quote di progetto e del tipo di funzionamento idraulico dell'area.

Per tale ragione il perimetro dell'area di laminazione, evidenziato con linea di colore giallo nelle figure, è stato schematizzato nel modello *bidimensionale* come confine invalicabile del dominio di calcolo, eccetto che per i due tratti coincidenti con i manufatti di derivazione e restituzione. La linea di confine dell'area di laminazione è quindi da intendersi rappresentativa del tracciato di tali dossi per il confine longitudinale più vicino all'alveo inciso del Po, del piede del versante o dell'argine maestro esistente, per il confine longitudinale più lontano.

Figura 4.1: ubicazione dell'area di laminazione in destra idraulica dell'alveo inciso del Po nel tratto tra il Ponte di Crescentino e quello di Camino a Trino V.se (in gradazioni di verde e marrone il DTM di base)

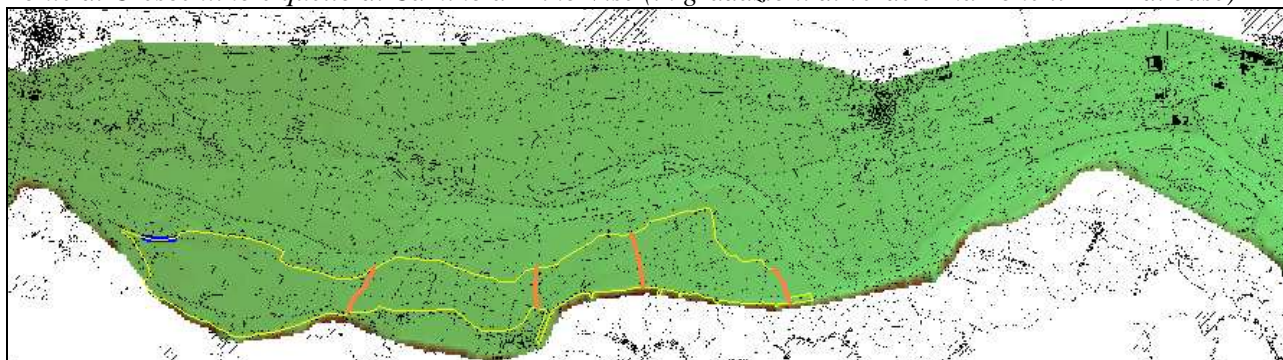


Figura 4.2: altimetria attuale del tratto di Po di interesse

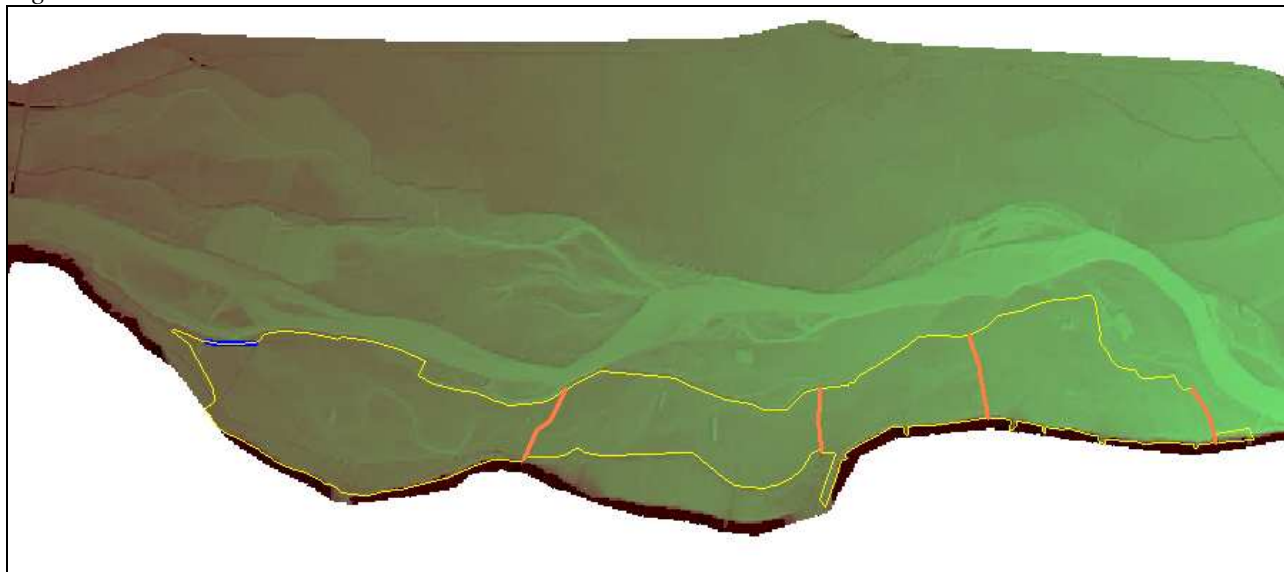


Figura 4.3: altimetria dell'area di laminazione a seguito del rimodellamento proposto e verificato

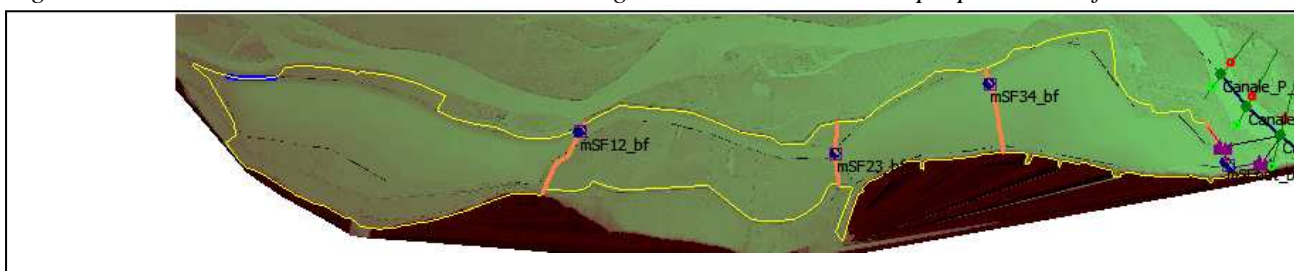


Figura 4.4: altimetria dell'area di laminazione a seguito del rimodellamento proposto e verificato: dettaglio del primo comparto

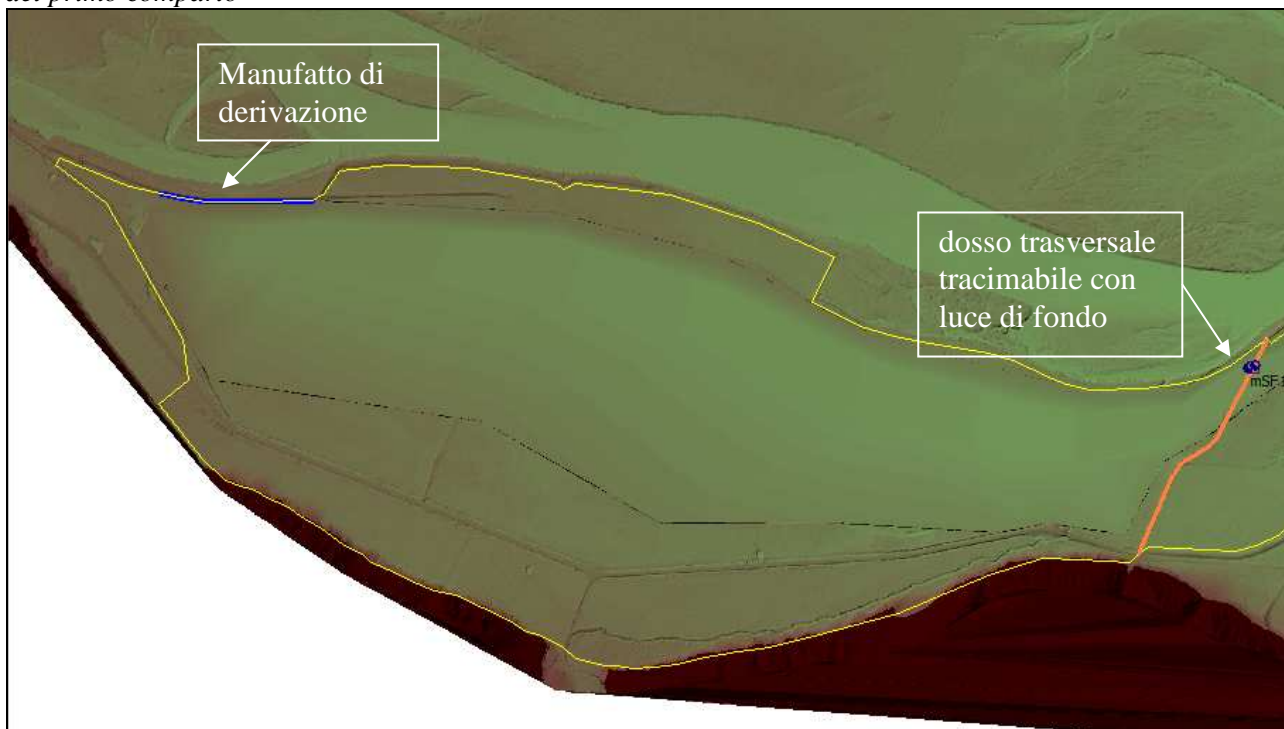
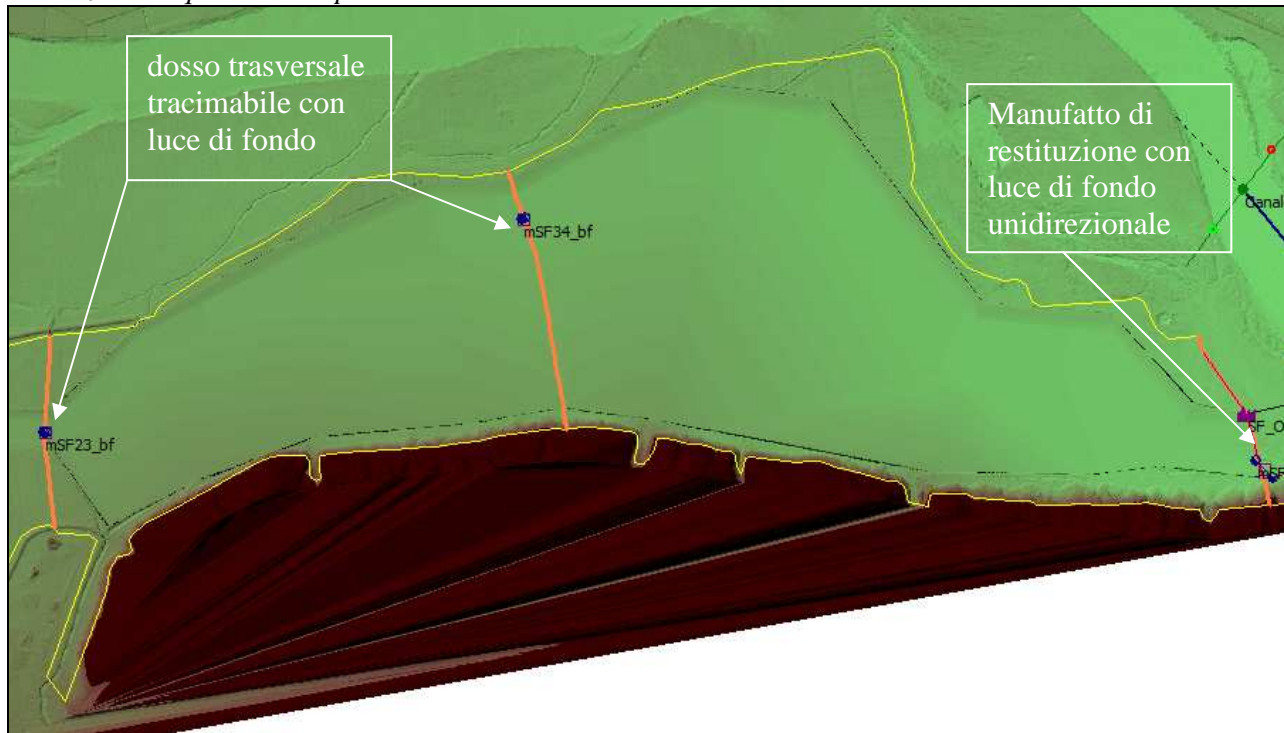


Figura 4.5: altimetria dell'area di laminazione a seguito del rimodellamento proposto e verificato: dettaglio del secondo comparto



Figura 4.6: altimetria dell'area di laminazione a seguito del rimodellamento proposto e verificato: dettaglio del terzo e del quarto o comparto



Le seguenti figure rappresentano, per fasi significative, l'evoluzione della simulazione del funzionamento dell'area di laminazione per un evento uguale a quello verificatosi nell'Ottobre 2000. Pertanto la simulazione inizia alle ore 7:00 del 15 ottobre 2000 e termina alle ore 16:00 del 19 ottobre 2000, per una durata complessiva di 105 ore.

Il profilo longitudinale è tracciato lungo la parte maggiormente ribassata dell'area, ed è ottenuto dal DTM estraendo un punto ogni 100 - 150 metri. Per tale ragione l'andamento del terreno è approssimato e, in particolare, la quota della soglia di ingresso non risulta ben rappresentata, apparendo di circa 147 m.s.m. e quindi ben inferiore a quella realmente simulata, imposta come già descritto, a 148.95 m.s.m.

Nelle figure si notano alcuni elementi grafici aggiuntivi (linee trasversali e punti rappresentati mediante crocette): essi rappresentano punti e linee di estrazione dei risultati dal modello. In corrispondenza di essi sono disponibili gli idrogrammi di portata e di livello ottenuti, qui non riportati per brevità.

Figura 4.7 - inizio dello sfioro nell'area di laminazione - ore 7:30 del 15 ottobre 2000

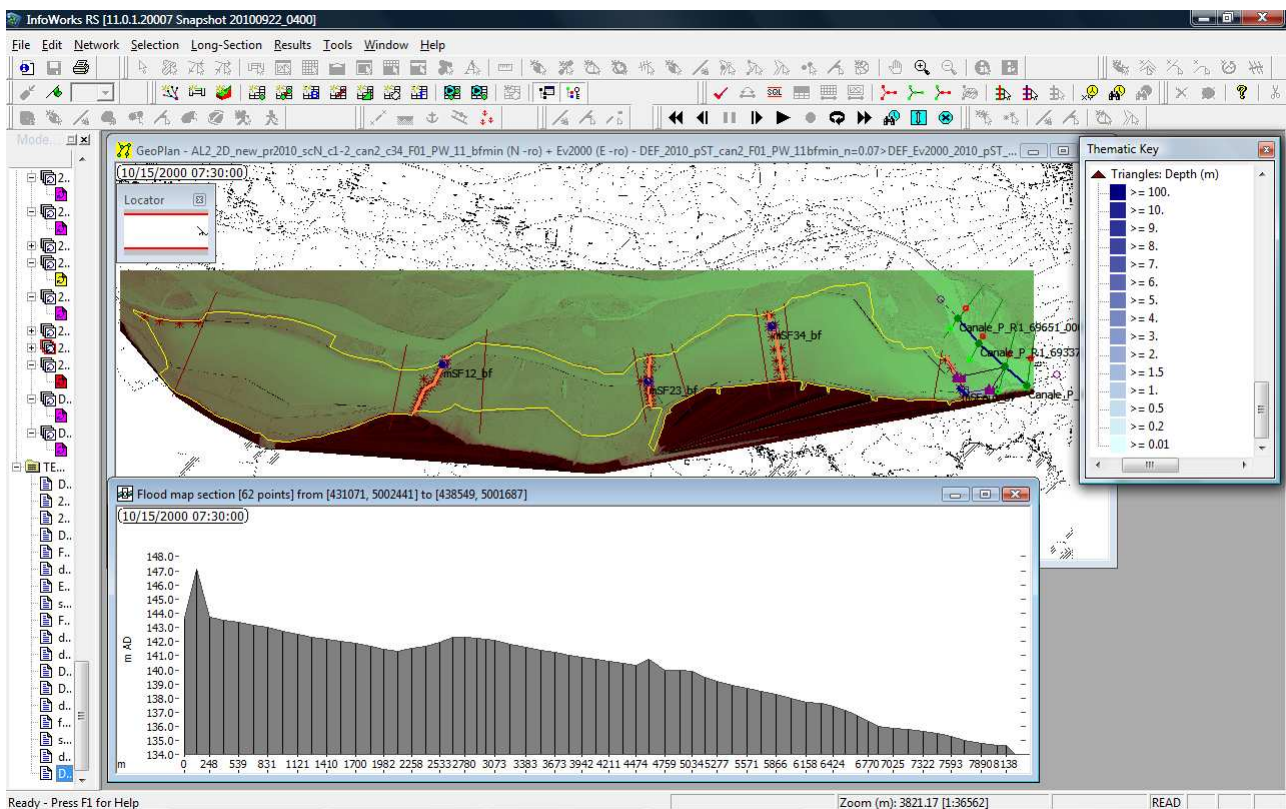


Figura 4.8 - Fase di riempimento del primo comparto - ore 12:15 del 15 ottobre 2000

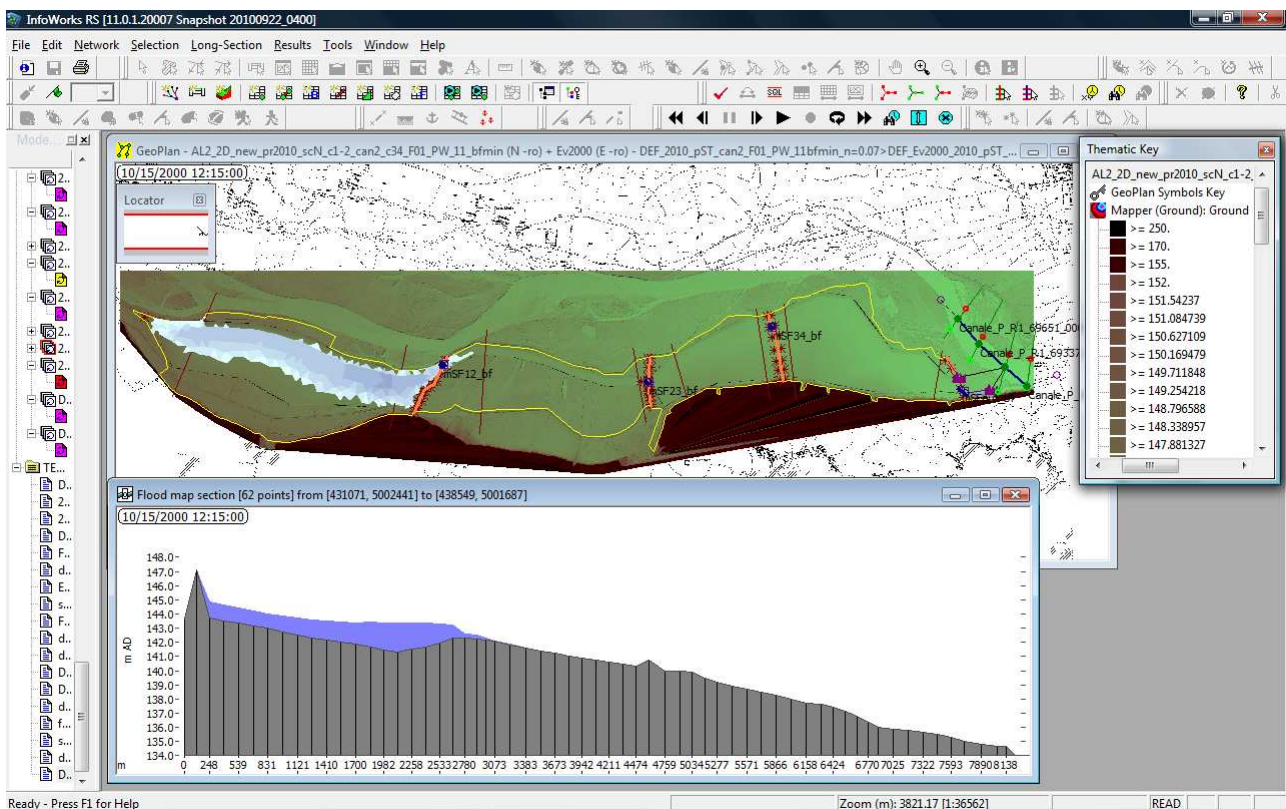


Figura 4.9 - Inizio sfioro dal primo al secondo comparto - ore 19:00 del 15 ottobre 2000

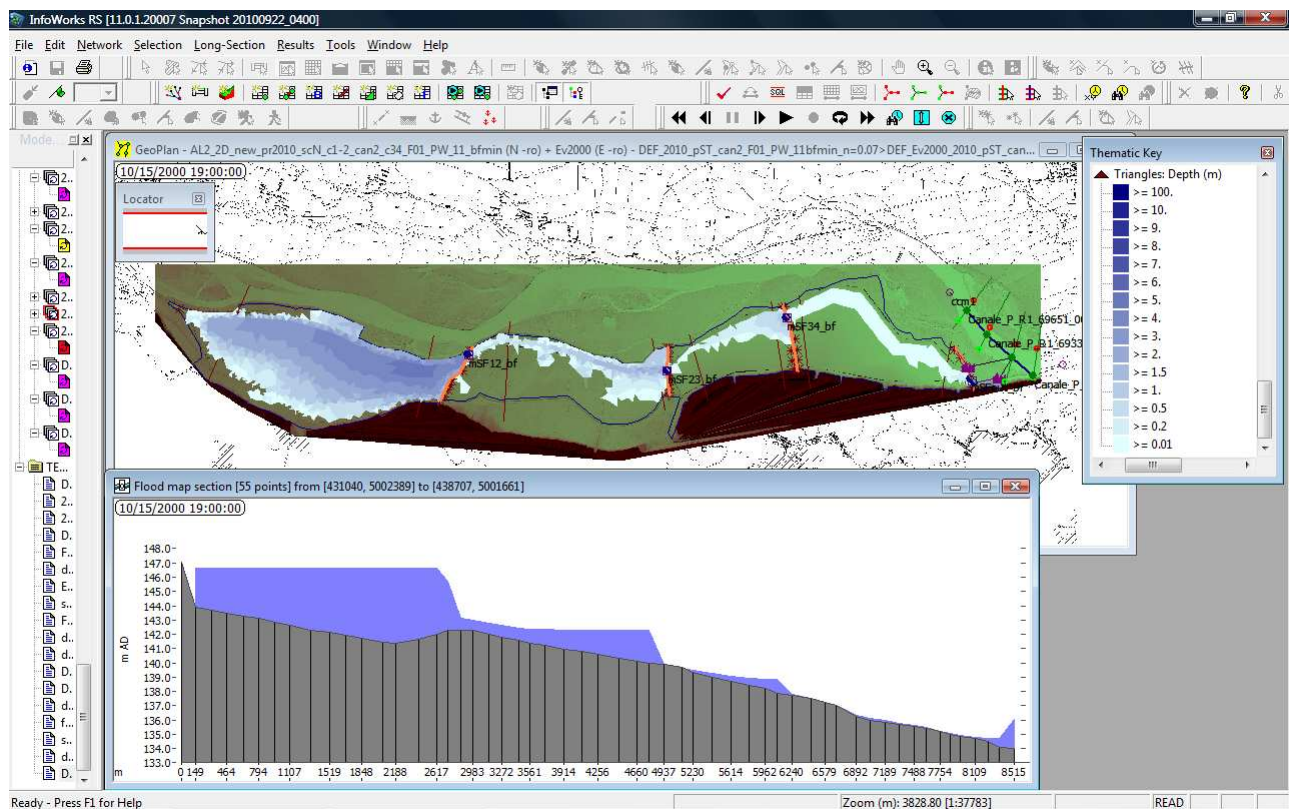


Figura 4.10 - Inizio sfioro dal secondo al terzo comparto - ore 23:45 del 15 ottobre 2000

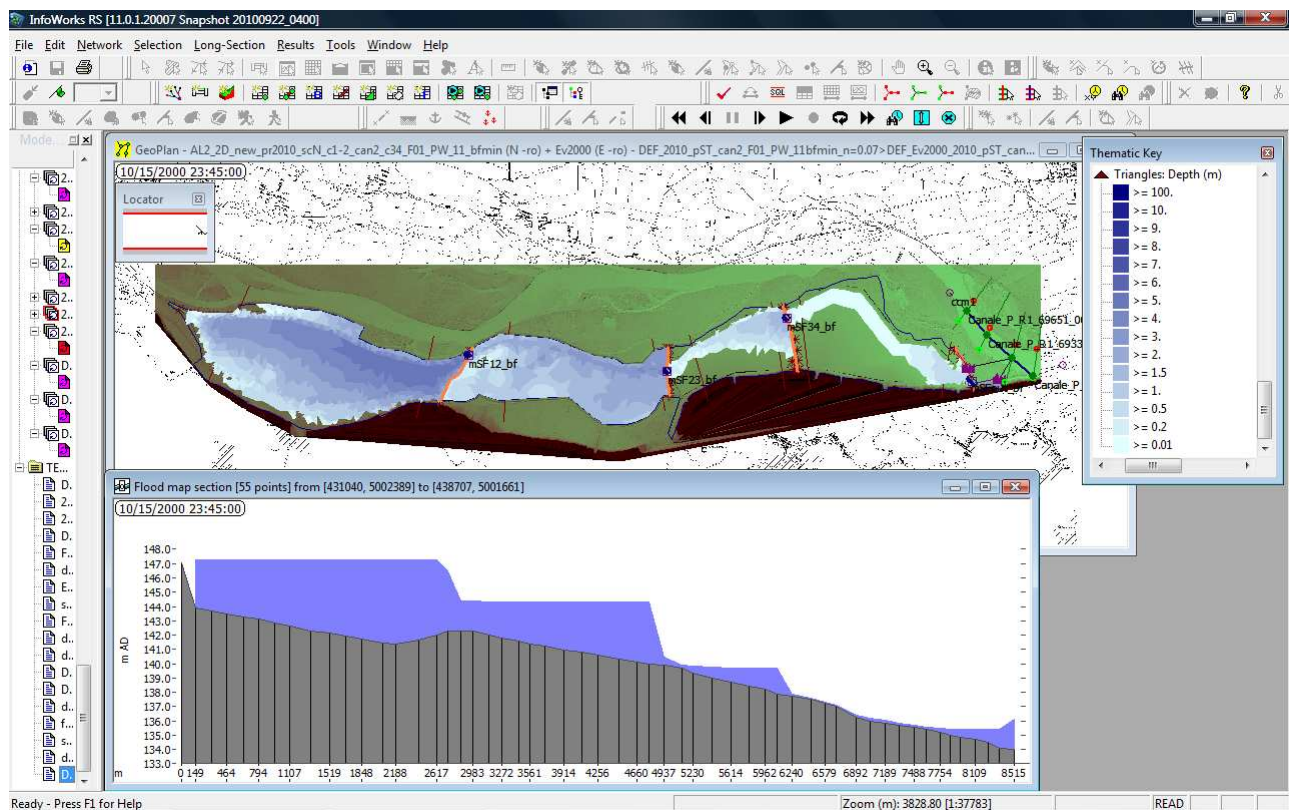


Figura 4.11 - Inizio sfioro dal terzo al quarto comparto - ore 02:45 del 16 ottobre 2000

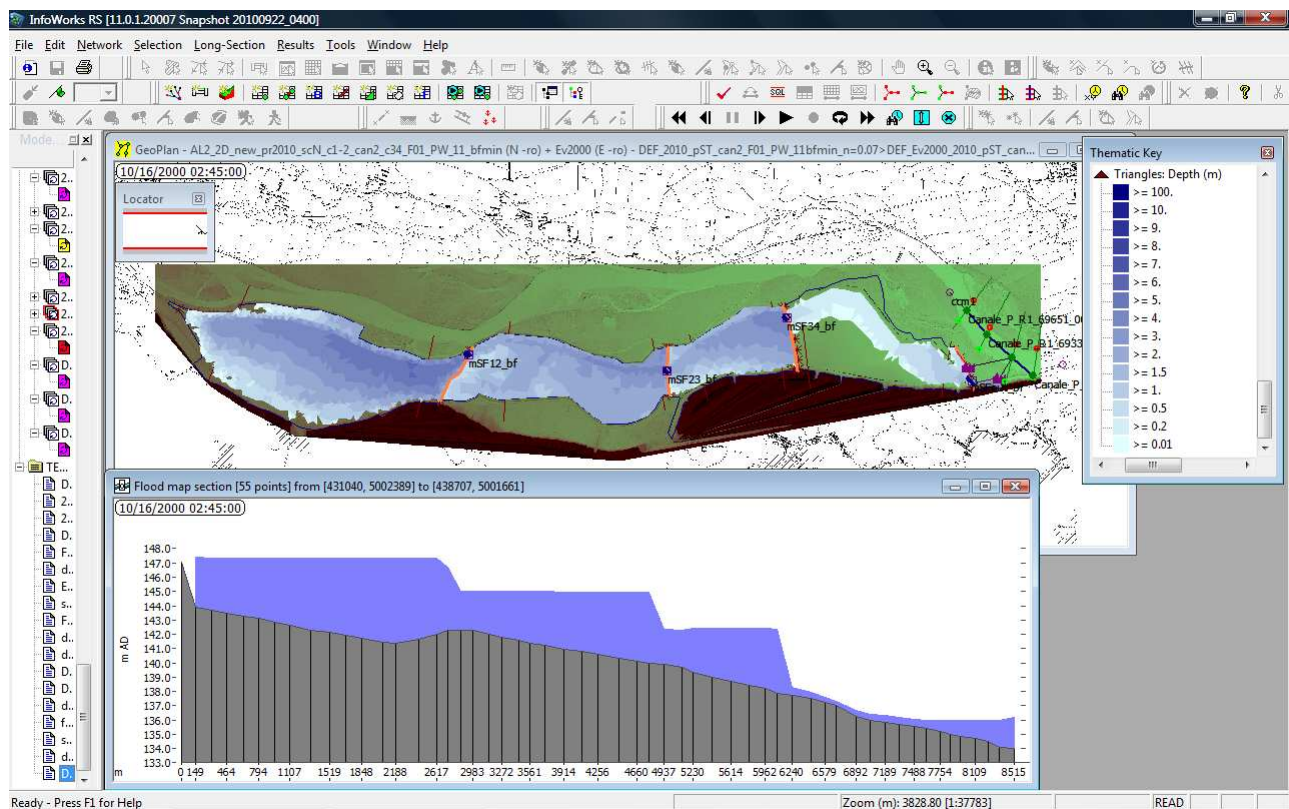


Figura 4.12 - Massimo riempimento/inizio svuotamento del quarto comparto - ore 08:15 del 16 ottobre 2000

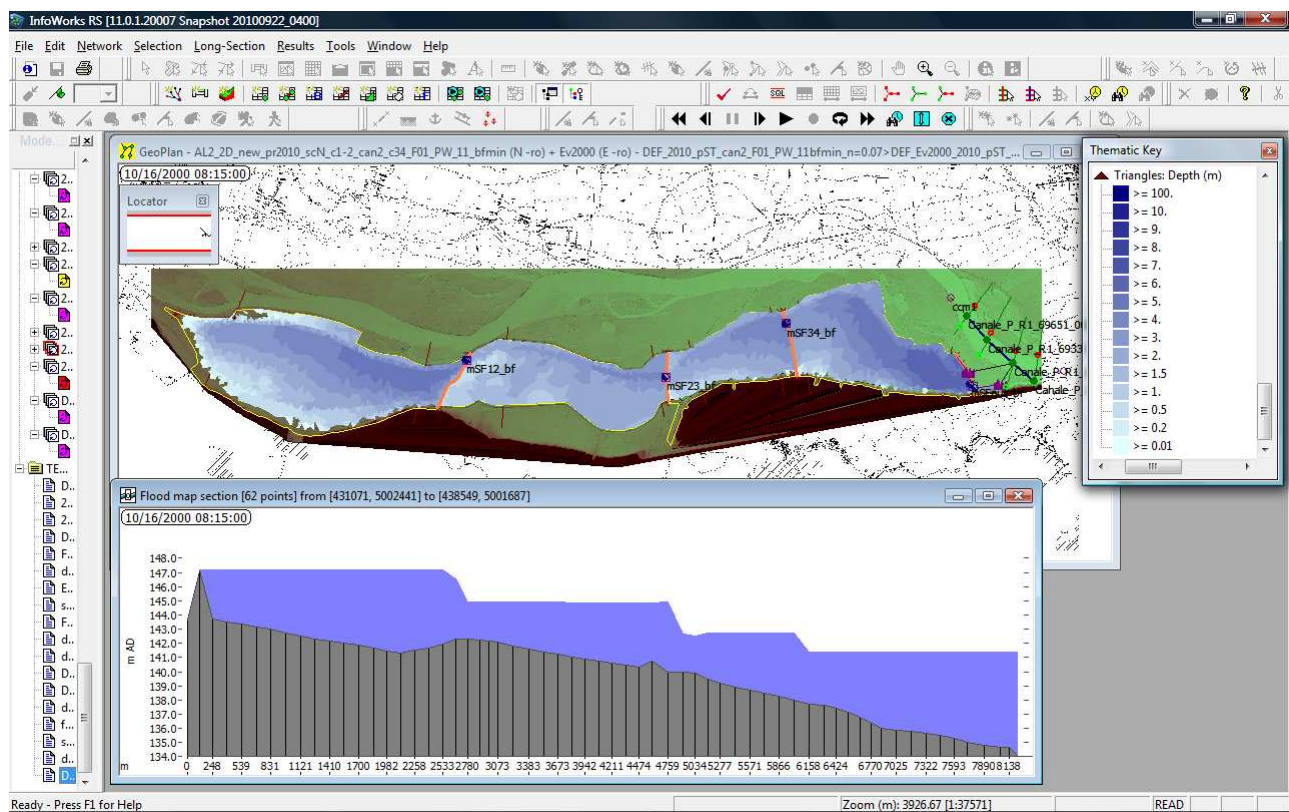
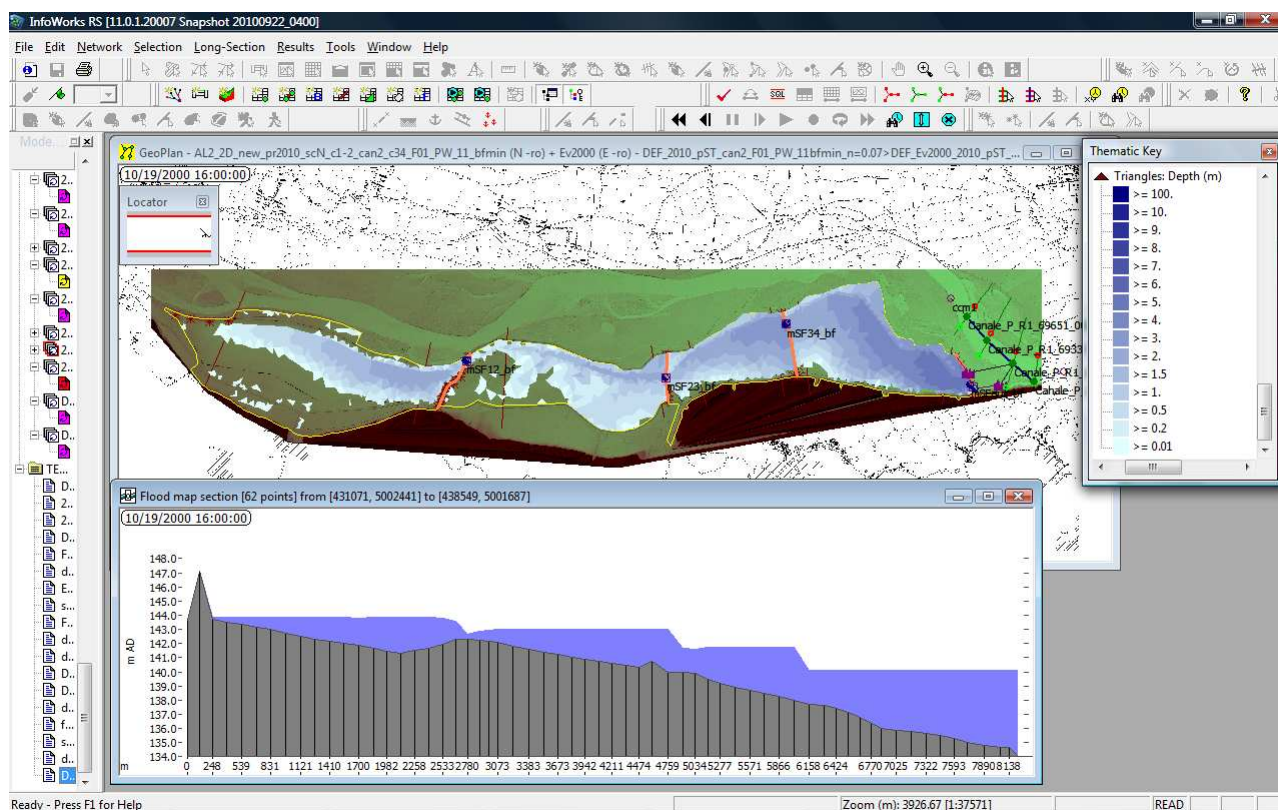


Figura 4.13 - Fine simulazione mentre prosegue lo svuotamento - ore 16:00 del 19 ottobre 2000



Non sono riportati i risultati delle analisi compiute sulla sensibilità del modello alla variazione del parametro di scabrezza, che hanno permesso di verificare la marginale dipendenza dell'onda di piena in uscita e dei livelli massimi nei comparti dall'effettivo valore di scabrezza nel campo di quelli possibili in relazione agli usi del suolo in atto e alle differenti stagioni.

Infatti, variando il coefficiente di Manning, assunto uniforme sull'area per semplicità, tra 0.03 e $0.1 \text{ s/m}^{1/3}$, le differenze in termini di colmo e forma dell'onda sono risultate molto modeste e così pure le differenze di livello massimo nei comparti. Pertanto è stato assunto un valore del coefficiente di Manning uniforme sull'area di $0.07 \text{ s/m}^{1/3}$, che risulta circa equivalente alla distribuzione dei valori di tale coefficiente nelle sezioni del modello *quasi-bidimensionale* realizzato nello Studio di supporto al PAI.

La scelta di un valore uniforme, semplificativa di una realtà di terreni variamente differenziati nel tipo di colture o di vegetazione, è stata considerata sufficientemente adeguata al livello dell'approfondimento compiuto, proprio in virtù dell'esito dell'analisi di sensibilità.

Sono di seguito riportati gli idrogrammi di portata in uscita dall'area di laminazione attraverso i due dispositivi del manufatto di restituzione e l'idrogramma della portata complessiva recapitata al Po dall'area stessa.

Figura 4.14 – Idrogrammi di portata in uscita dall'area di laminazione attraverso lo sfioratore di superficie del manufatto di restituzione e la luce di fondo sottostante.

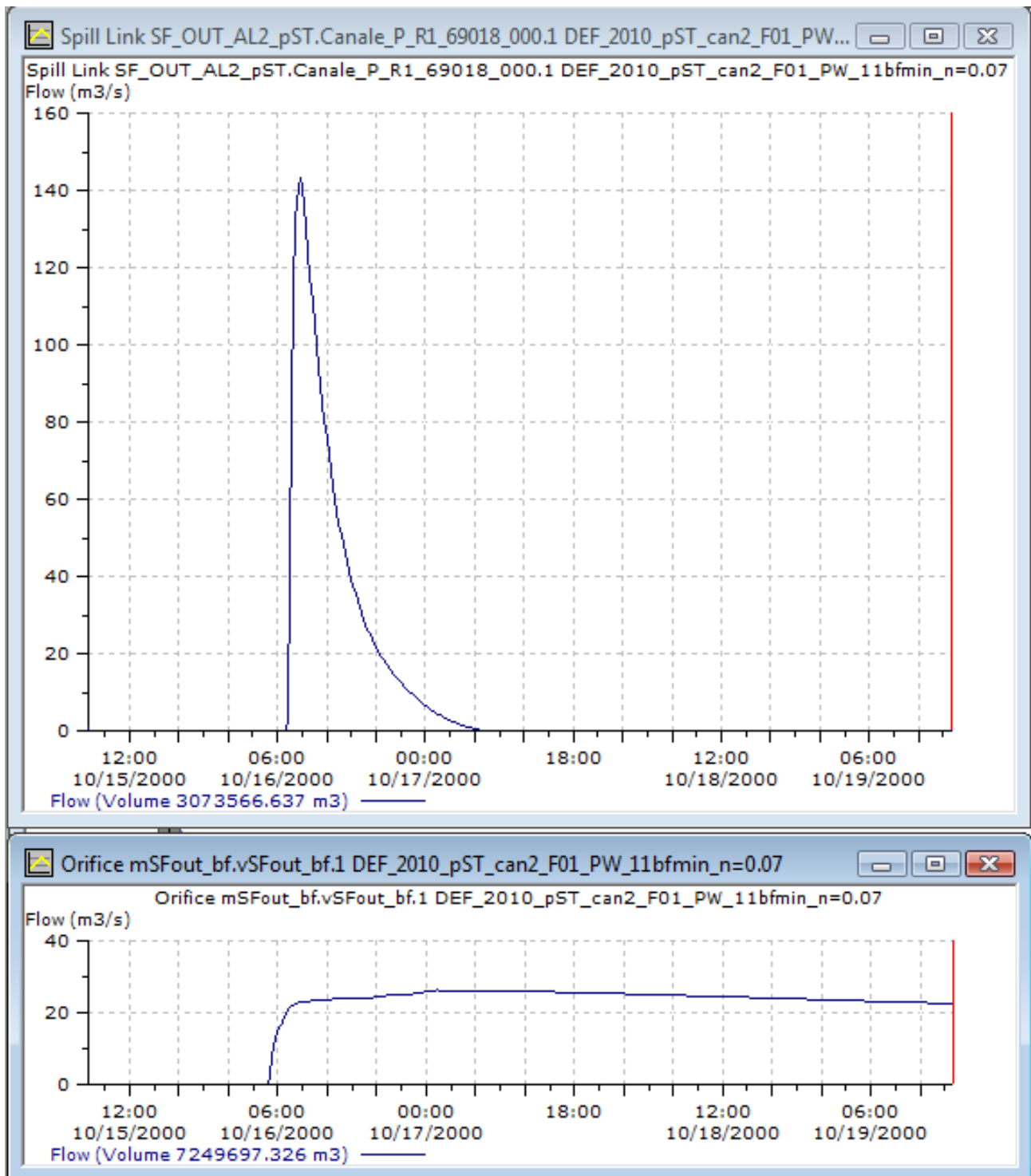
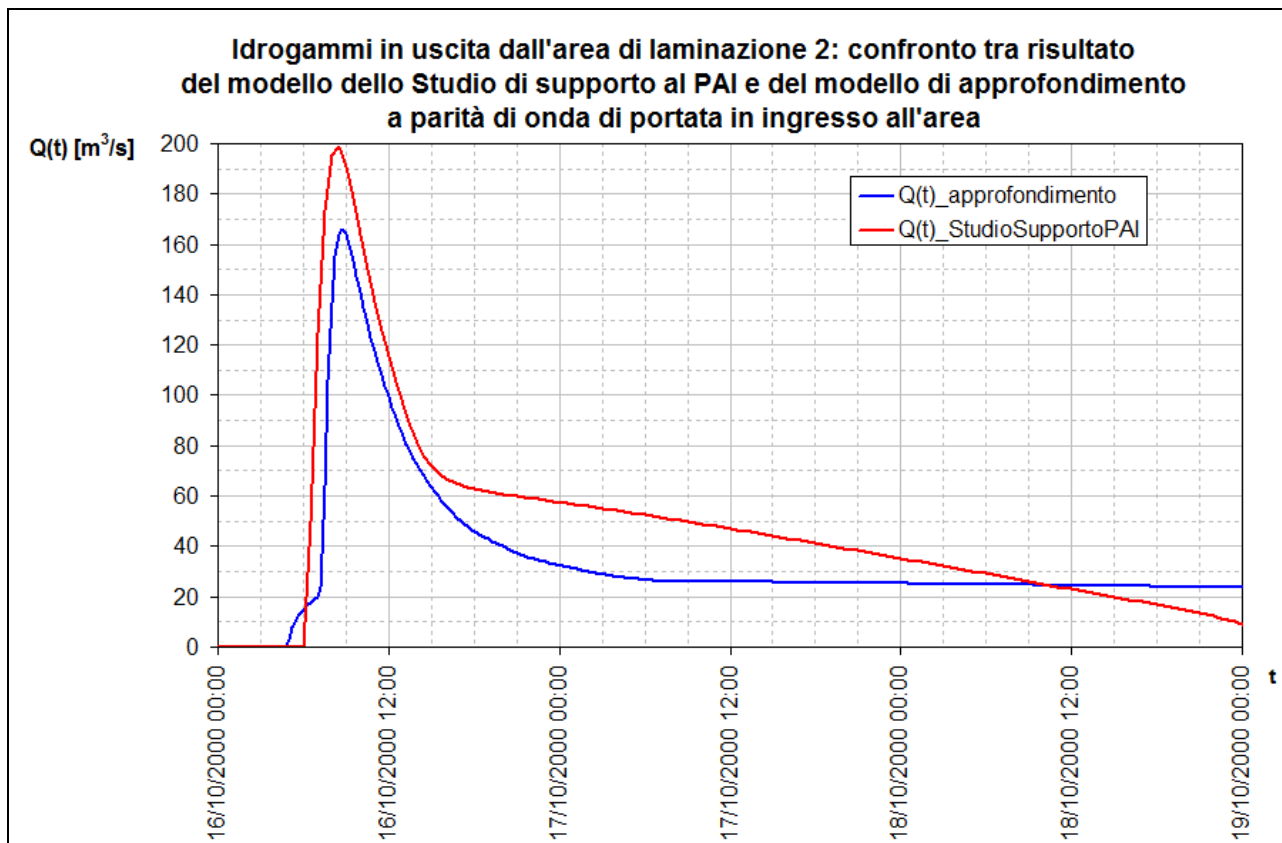


Figura 4.15 – Idrogramma di portata complessiva in uscita dall'area di laminazione (linea blu) a confronto con quello ottenuto nello Studio di supporto al PAI (linea rossa)



PRIME CONCLUSIONI

L'approfondimento descritto nella presente relazione ha permesso di trarre conferma sulla reale possibilità di raggiungere l'obiettivo del PAI, come evidenziato dal grafico riportato nella Figura 4.15

Tuttavia tale approfondimento è solo propedeutico alle analisi bidimensionali conclusive da svolgersi con ulteriore grado di dettaglio, sulla base delle indicazioni delle Amministrazioni comunali.

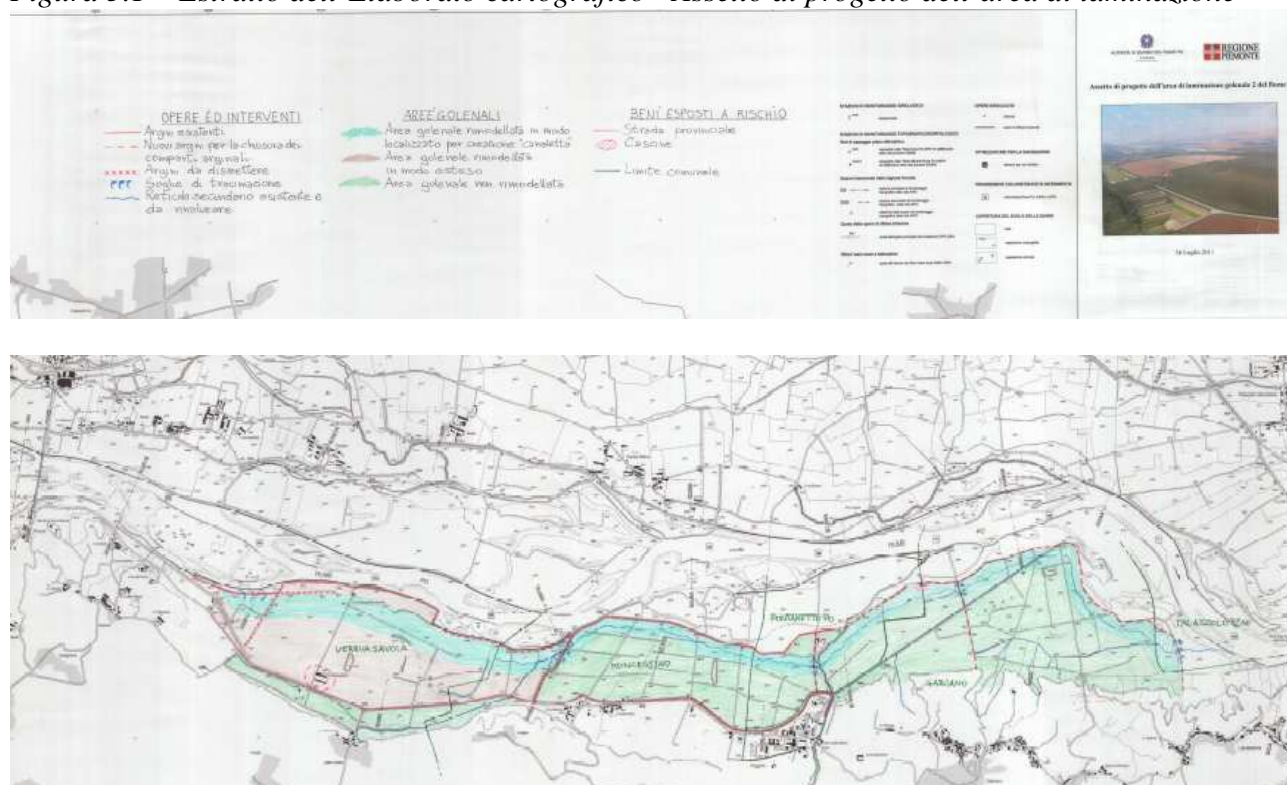
5. Approfondimento a scala di maggior dettaglio dello scenario di rimodellamento dei piani golionali individuato a seguito della fase di consultazione con le Amministrazioni comunali, mediante modellazione bidimensionale e conclusioni

A seguito della fase di consultazione con le Amministrazioni comunali, svoltasi nei mesi di maggio e giugno, è stato definito un nuovo scenario di rimodellamento

Tale scenario finale è rappresentato nell'Elaborato cartografico a scala di dettaglio "Assetto di progetto dell'area di laminazione" che prevede, in relazione alle attività di rimodellamento dei piani golionali :

- un rimodellamento esteso (con approfondimento di circa 3 metri dell'attuale quota di piano campagna) nel comparto 1, quello posto più a monte e ricadente prevalentemente nel comune di Verrua Savoia;
- un rimodellamento localizzato con interessamento di una fascia ristretta a ridosso dell'argine goloniale esistente o da realizzarsi pari a circa 100 metri a creare una "canaletta" con pendenze di sponda molto contenute sui rimanenti tre comparti di valle

Figura 5.1 – Estratto dell'Elaborato cartografico "Assetto di progetto dell'area di laminazione"



L'assetto di progetto è completato con l'ubicazione delle arginature da realizzare per la chiusura dei comparti di laminazione, delle soglie di tracimazione per l'invaso e lo svasso dei comparti e delle opere necessarie per l'adeguamento del reticolo secondario esistente nonché dei beni per i quali è stata segnalata la necessità di valutarne le condizioni di sicurezza.

Tale assetto è stato verificato con il modello bidimensionale al fine di definire l'efficacia della laminazione in relazione agli obiettivi del Piano, i volumi invasabili nei diversi comparti e le modalità di deflusso dell'acqua in golenale. Tali elementi sono propedeutici alla definizione delle caratteristiche dimensionali delle opere.

Il nuovo scenario è stato descritto nel codice di calcolo InfoWorks RS, attraverso una serie di operazioni analoghe a quelle già descritte al paragrafo precedente, modificando opportunamente il DTM dell'area di laminazione, con la differenza che il nuovo DTM di progetto è stato predisposto in formato GRID, con stesso passo di quello originale rappresentativo dello stato di fatto. E' inoltre stato compiuto un ulteriore sforzo di affinamento della descrizione della geometria di progetto riducendo ancora il grado di approssimazione della rappresentazione del terreno, che si ritiene del tutto sufficiente per le finalità della presente analisi. Si è mantenuto il confine del dominio di calcolo all'incirca coincidente con il piede, interno all'area, degli argini golenali esistenti, perdendo, a favore di sicurezza, una parte, ancorché piccola, della capacità di invaso effettiva. Per quanto riguarda le nuove arginature, si è invece posto il confine sul ciglio interno delle sommità arginali.

Le condizioni al contorno e lo schema modellistica sono invece coincidenti con quelli descritti al paragrafo precedente.

Per quanto riguarda, infine, le sommità dei dossi arginali tracimabili, in una prima simulazione sono state assegnate anch'esse coincidenti con quelle descritte al paragrafo precedente, mentre in una seconda simulazione le sommità del dosso di separazione tra terzo e quarto comparto e della soglia sfiorante del manufatto di restituzione sono state aumentate di un metro.

Inoltre in entrambe le simulazioni la larghezza della soglia sfiorante del manufatto di restituzione è stata ridotta da 350 a 300 m.

Si riportano di seguito le figure rappresentative del disegno di progetto dell'Area di laminazione.

Figura 5.2: altimetria dell'area di laminazione a seguito del nuovo rimodellamento

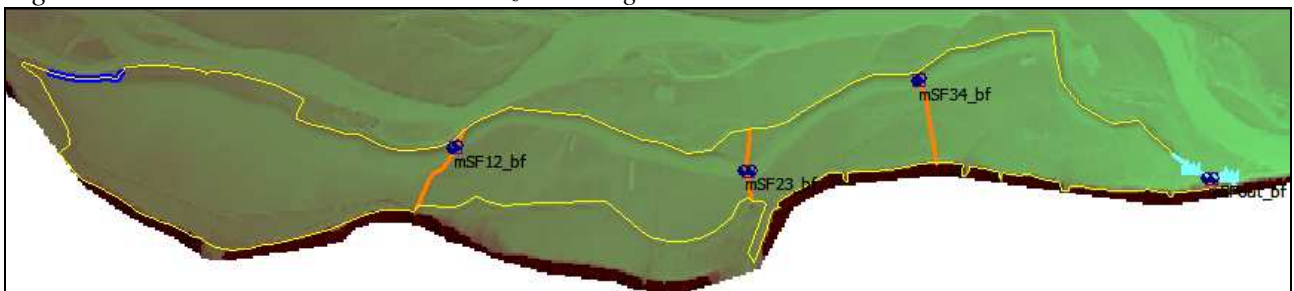


Figura 5.3: altimetria dell'area di laminazione a seguito del nuovo rimodellamento

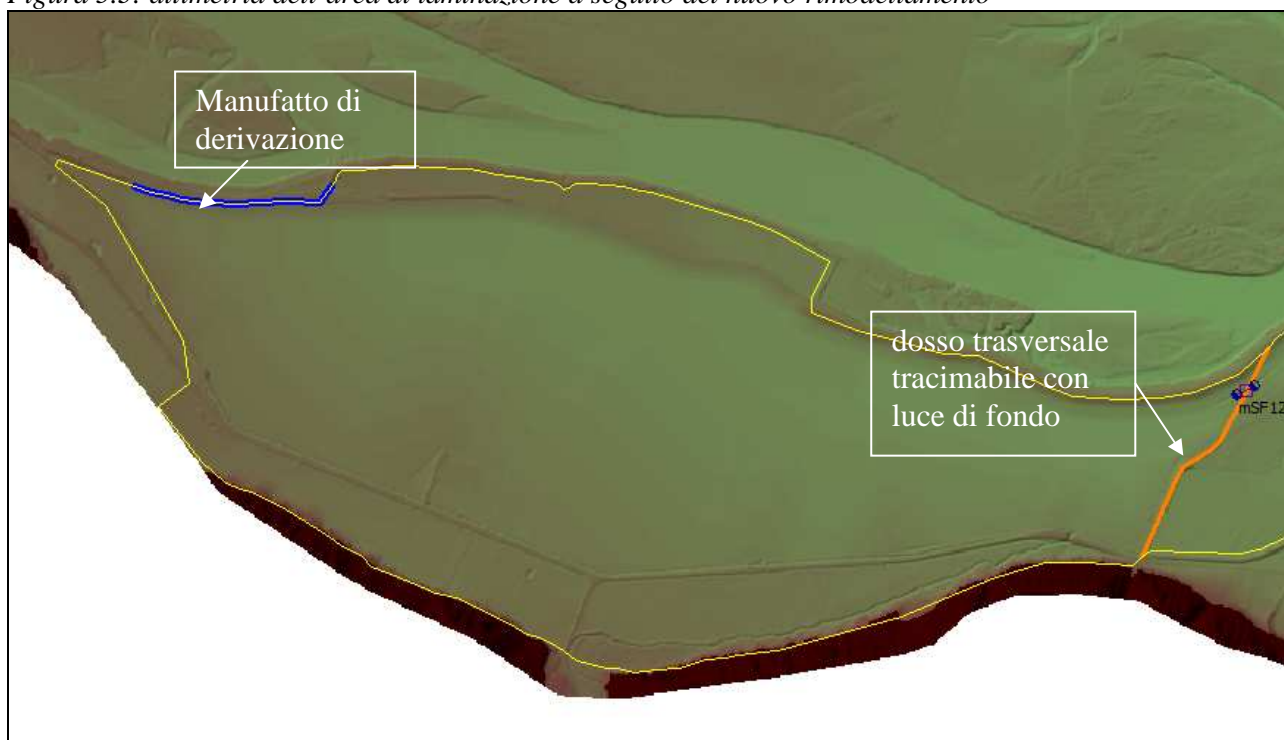


Figura 5.4: altimetria dell'area di laminazione a seguito del nuovo rimodellamento

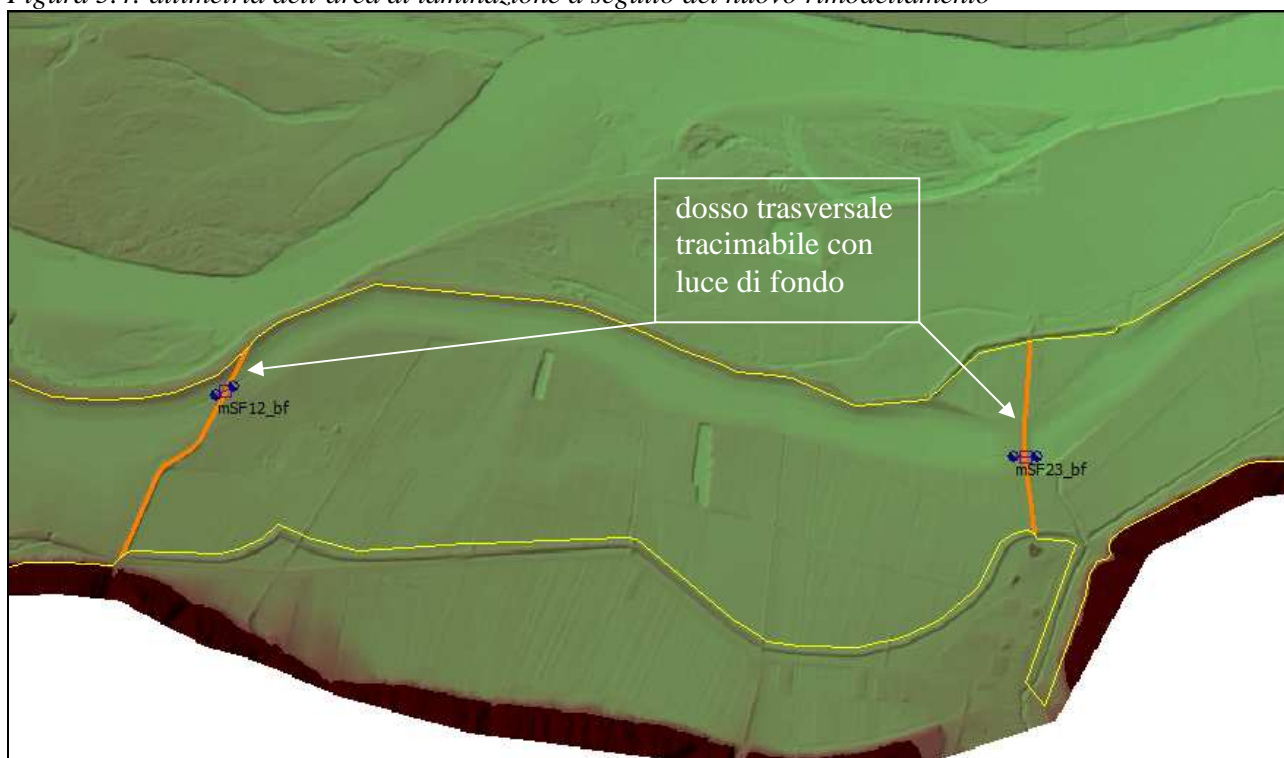


Figura 5.5: altimetria dell'area di laminazione a seguito del nuovo rimodellamento



In relazione alle due simulazioni svolte, di seguito chiamate *Simulazione a* e *Simulazione b*, si richiamano di seguito le dimensioni dei manufatti di derivazione e restituzione e dei dossi tracimabili che determinano il funzionamento idraulico dell'area di laminazione, così come sono stati introdotti nel modello *bidimensionale*.

Simulazione a

Soglia sfiorante del manufatto di derivazione: quota 148.95 m.s.m., larghezza 500 m.

Dosso trasversale di separazione tra primo e secondo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 530 m, quota di sommità di 146.5 m.s.m. per una larghezza di 100 m e di 147 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua destra per 430 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa sia all'estremità sinistra che destra della parte tracimabile con estensione di circa 50 metri da ambo le parti.

Dosso trasversale di separazione tra secondo e terzo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 285 m, quota di sommità di 144 m.s.m. per una larghezza di 50 m e di 144.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 20 m e alla sua destra per 215 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 200 metri.

Dosso trasversale di separazione tra terzo e quarto comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 630 m, quota di sommità di 142 m.s.m. per una larghezza di 120 m e di 142.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 40 m e alla sua destra per 470 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 20 metri.

Soglia sfiorante del manufatto di restituzione: quota 141 m.s.m., larghezza 300 m.

Simulazione b

Soglia sfiorante del manufatto di derivazione: quota 148.95 m.s.m., larghezza 500 m.

Dosso trasversale di separazione tra primo e secondo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 530 m, quota di sommità di 146.5 m.s.m. per una larghezza di 100 m e di 147 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua destra per 430 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa sia all'estremità sinistra che destra della parte tracimabile con estensione di circa 50 metri da ambo le parti.

Dosso trasversale di separazione tra secondo e terzo comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 285 m, quota di sommità di 144 m.s.m. per una larghezza di 50 m e di 144.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 20 m e alla sua destra per 215 m.

Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 200 metri.

Dosso trasversale di separazione tra terzo e quarto comparto

Parte tracimabile: lunghezza di 630 m, quota di sommità di 143 m.s.m. per una larghezza di 120 m e di 143.5 m.s.m. per la restante parte, estesa alla sua sinistra per 40 m e alla sua destra per 470 m.

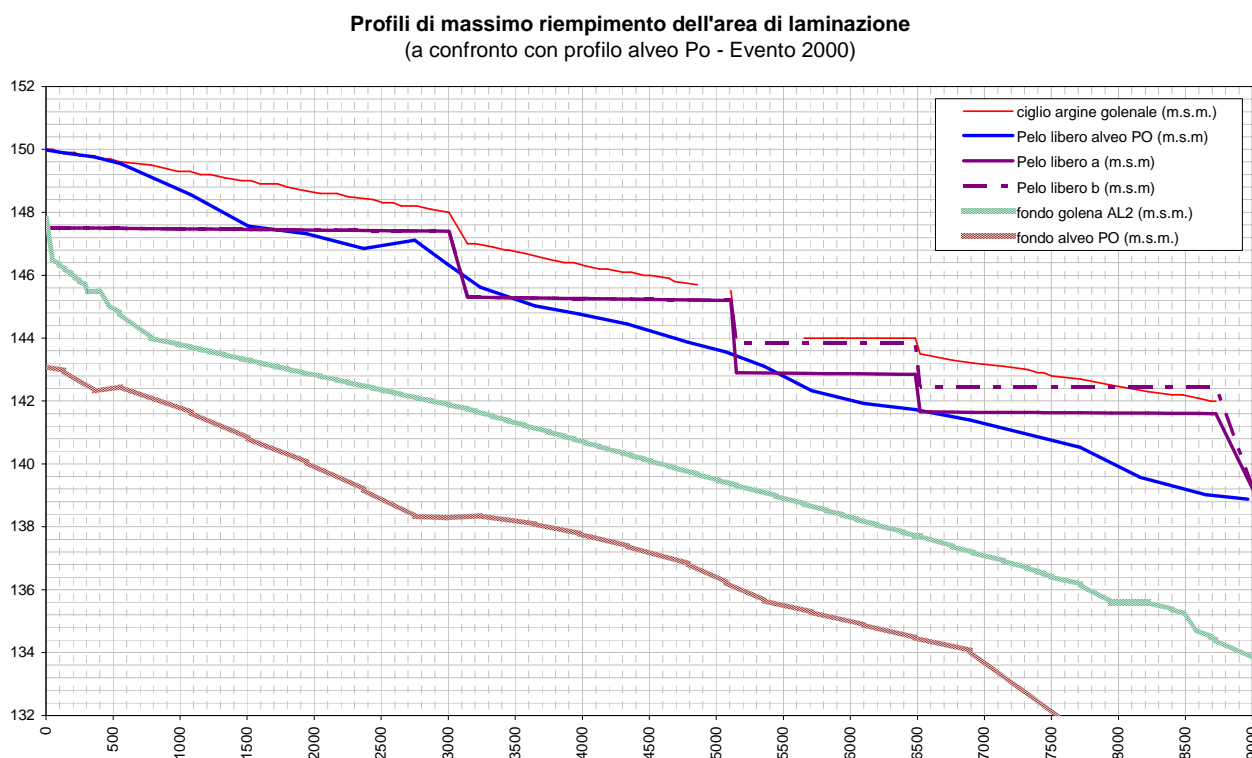
Parte non tracimabile: si sviluppa all'estremità sinistra della parte tracimabile con estensione di circa 20 metri.

Soglia sfiorante del manufatto di restituzione: quota 142 m.s.m., larghezza 300 m.

Non vengono in questa sintesi riportate le figure che rappresentano, per fasi significative, l'evoluzione delle simulazioni del funzionamento dell'area di laminazione per un evento uguale a quello verificatosi nell'Ottobre 2000. Pur non essendo identiche a quelle riportate al paragrafo precedente, il funzionamento è del tutto analogo a quello ivi descritto.

Viene invece di seguito riportato il profilo di massimo riempimento

Figura 5.6 - Profilo di massimo riempimento dell'area di laminazione



Sono di seguito riportati gli idrogrammi di portata in uscita dall'area di laminazione attraverso i due dispositivi del manufatto di restituzione e l'idrogramma della portata complessiva recapitata al Po dall'area stessa.

*Figura 5.7 – **Simulazione a.** Idrogrammi di portata in uscita dall'area di laminazione attraverso lo sfioratore di superficie del manufatto di restituzione e la luce di fondo sottostante.*

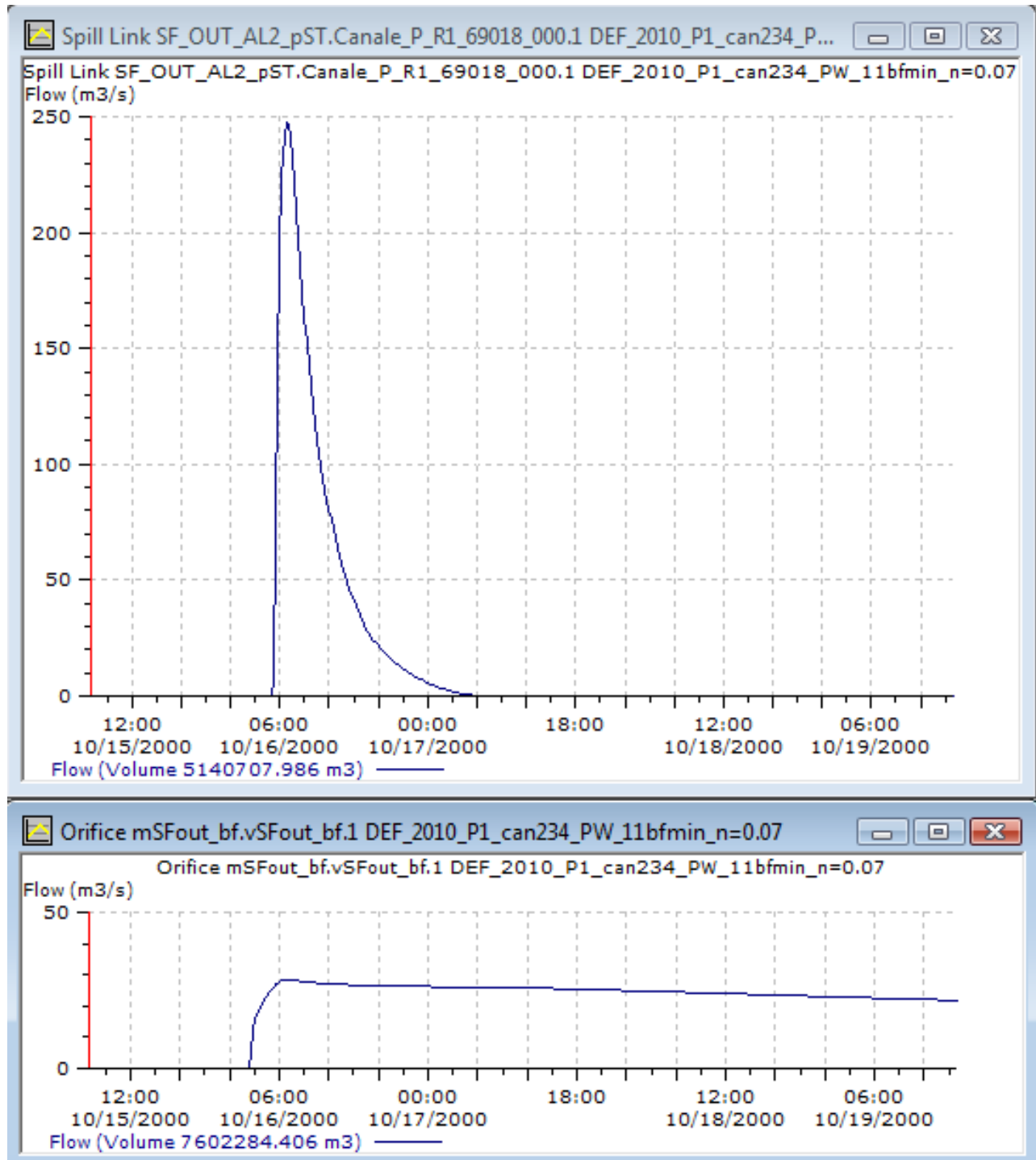


Figura 5.8 – **Simulazione b.** Idrogrammi di portata in uscita dall'area di laminazione attraverso lo sfioratore di superficie del manufatto di restituzione e la luce di fondo sottostante.

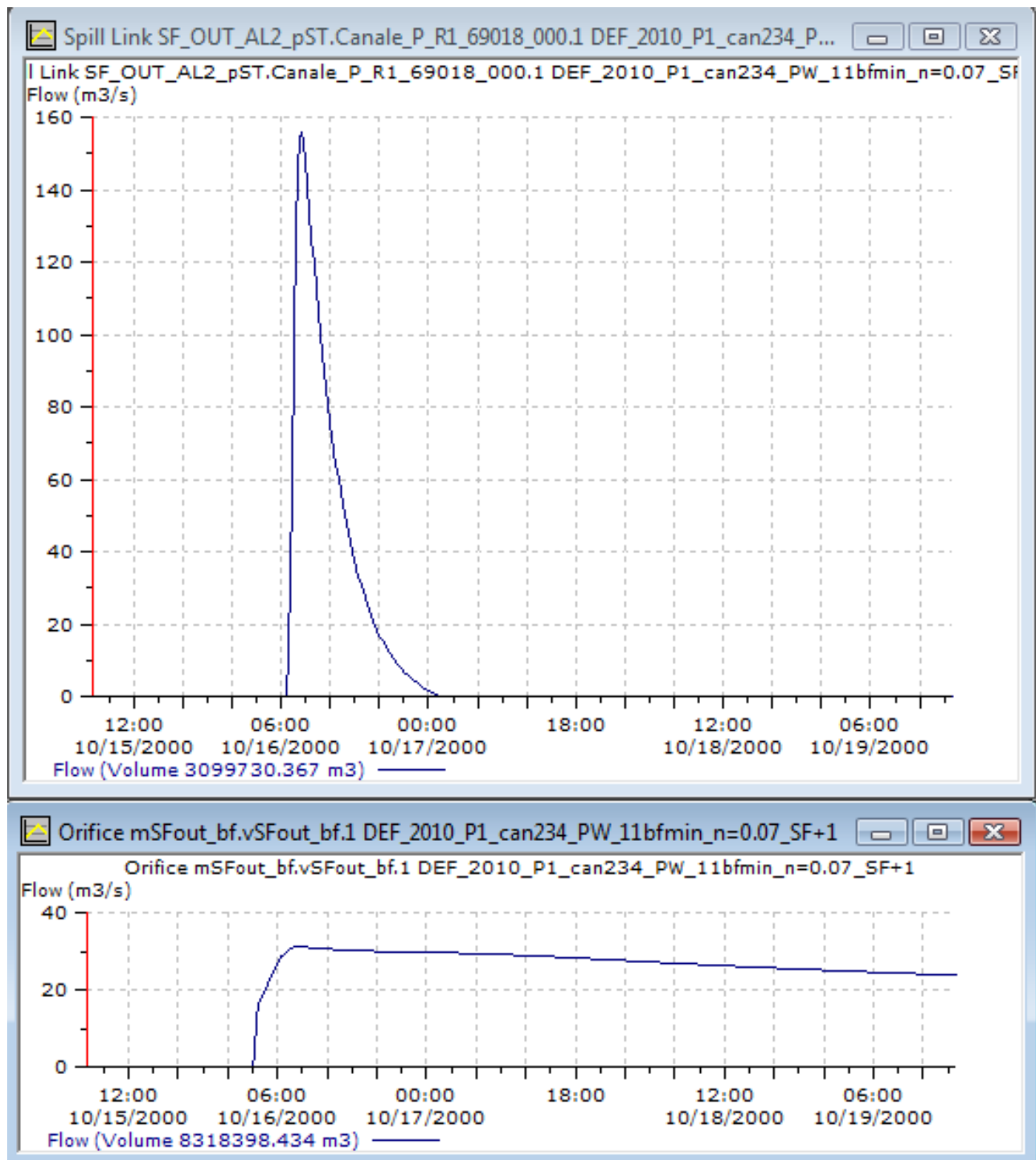
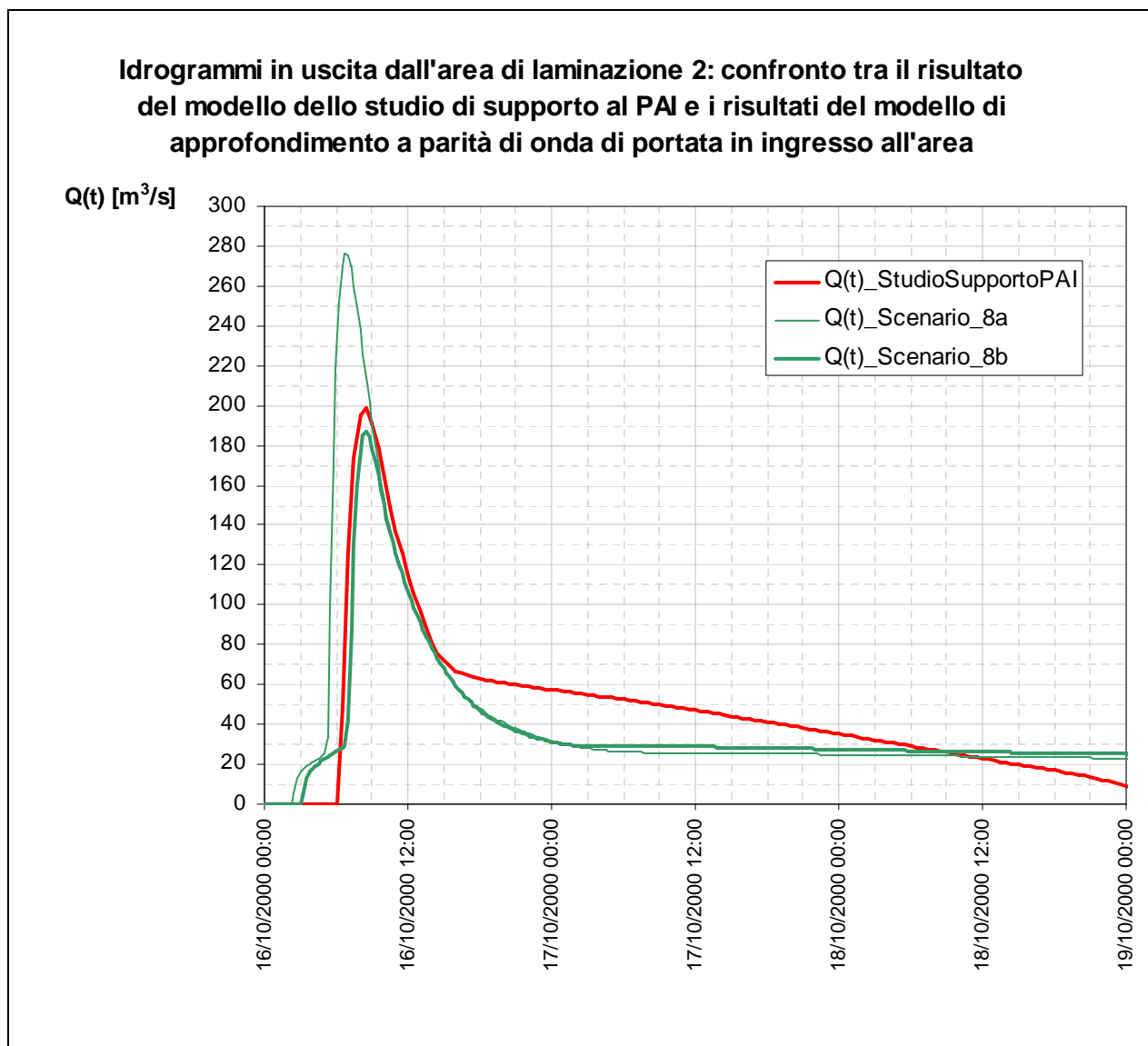


Figura 5.9 – Idrogrammi di portata complessiva in uscita dall'area di laminazione 2: confronto tra il risultato del modello dello studio di supporto al PAI e i risultati del modello di approfondimento a parità di onda di portata in ingresso all'area (linea verde sottile: simulazione a, linea verde spessa: simulazione b)) a confronto con quello ottenuto nello Studio di supporto al PAI (linea rossa)



CONCLUSIONI

L'approfondimento descritto nel presente paragrafo ha permesso di trarre conferma sulla reale possibilità di raggiungere anche nel nuovo scenario di rimodellamento, l'obiettivo del PAI, come evidenziato dal grafico riportato nella Figura 5.9

Tuttavia tale obiettivo viene raggiunto solamente aumentando le quote di sfioro del dosso di separazione tra il terzo e quarto comparto e del manufatto di restituzione finale in Po. L'aumento di 1 metro di tali quote ha permesso di raggiungere e superare, di poco, l'obiettivo.