



Comune di Quattro Castella
Provincia di Reggio Emilia



PIANO URBANISTICO GENERALE

Legge regionale n. 24 del 21.12.2017

QUADRO CONOSCITIVO

APPROFONDIMENTI DI NATURA IDRAULICA

Relazione Rio Enzola

elaborato

ALL.10.A

Sindaco

Alberto Olmi

Assessore all'urbanistica, territorio e paesaggio

Ivens Chiesi

Responsabile Ufficio di Piano - Dirigente Area Assetto e uso del territorio

Saverio Cioce

Responsabile del Procedimento - Responsabile Settore Urbanistica, Edilizia Privata, SUAP

Mariasilvia Boeri

Documento assunto con delibera G.C. n. del

Adozione: delibera C.C. n. del / /

Approvazione: delibera C.C. n. del / /

INDIRIZZO E SUPERVISIONE PER L'ELABORAZIONE DEL PUG

Sindaco

Alberto Olmi

Bilancio Finanze e Tributi, Servizi Demografici, Affari generali, Personale e organizzazione, Viabilità, Relazioni Istituzionali e Unione dei Comuni, Assetto istituzionale del Bianello e dei parchi naturalistici, Pari opportunità, Cultura della pace e diritti costituzionali, Protezione Civile

Assessore al Territorio, vicesindaco

Ivens Chiesi

Urbanistica, Territorio e Paesaggio – Edilizia Privata – Agricoltura – Sviluppo dell'edilizia sociale e Rigenerazione Urbana – Relazioni con i cittadini

Altri assessorati

- Sabrina Picchi: *Istruzione – Coesione Sociale, politiche familiari, giovani e solidarietà – Salute, cura, stili di vita e alimentazione*
- Elisa Rinaldini: *Lavori Pubblici e patrimonio comunale - Centri e Parchi Urbani - Ambiente, energia, gestione dei rifiuti*
- Danilo Morini: *Cultura, Tutela, ricerca e valorizzazione dei Beni Storici – Trasporto pubblico – Polizia Municipale e sicurezza – Promozione Turistica- Manifestazioni Matildiche*
- Luca Spagni: *Economia e Lavoro – Sport – Innovazione sociale e tecnologica, comunicazione, città intelligente – Internazionalizzazione e bandi europei*

STRUTTURA TECNICA

Ufficio di Piano (delibera g.c. n. 17 del 07.02.2019)

- Arch. Saverio Ciocce: *Responsabile dell'Ufficio di Piano - Dirigente Area Assetto e Uso del Territorio*
- Arch. Mariasilvia Boeri: *Responsabile del Procedimento - Responsabile Settore Urbanistica, Edilizia Privata, S.U.A.P*
- Dott. Davide Zannoni: *Esperto in materie giuridiche, Responsabile del coordinamento delle segreterie dell'Ente*
- Dott.ssa Cristina Colli: *Garante della Comunicazione e Partecipazione, funzionaria della Segreteria Area tecnica*
- Sig. Andrea Viani: *Esperto in materie economico-finanziarie, funzionario dell'Ufficio Tributi*

Collaboratori dell'Ufficio di piano nella fase preliminare

- Comune di Quattro Castella, uff. Progettazione ed Energia:
 - Geom. Daniele Prandi, *Cartografia*
 - Ing. Davide Giovannini, *Quadro conoscitivo Energia, Rifiuti*
- Comune di Quattro Castella, collaboratori amministrativi:
 - Sabina Domenichini, *Segreteria amministrativa*
 - Carlotta Montanari, *Atti amministrativi e contabili*
- Arch. Laura Domenichini: *Indagine patrimonio edilizio in territorio rurale, revisione ed aggiornamento quadro conoscitivo, primi indirizzi di rigenerazione*
- Arch. Carlo Pertoldi: *Revisione e aggiornamento quadro conoscitivo*
- Arch. Federica De Gregorio: *Revisione d aggiornamento quadro conoscitivo*

Progettisti del PUG - MATE Soc.Coop.

- Dott.Urb. Raffaele Gerometta, *Direttore tecnico*
- Arch. Carlo Santacroce, *Progettista responsabile*
- Dott. For. Giovanni Trentanovi
- Arch. Rudi Fallaci
- Arch. Chiara Biagi
- Ing. Giuseppe Federzoni
- Andrea Franceschini, *Cartografia*

Consulenti e progettisti esterni

- Centro Cooperativo di Progettazione di Reggio Emilia, *Redazione del Quadro conoscitivo nella fase di formazione del PSC, anni 2006-2007*
- Dott. James Tirabassi, *Approfondimenti inerenti il patrimonio archeologico e la potenzialità archeologica del territorio*
- Dott. Fabrizio Giorgini – Subsoil, *Aggiornamento dell'inventario del dissesto e microzonazione sismica*
- Dott. Massimo Domenichini, *Studio delle componenti naturali del territorio*
- ARPAE-Sezione di Reggio Emilia, *Servizio sistemi ambientali, Aggiornamento sulla qualità di aria, acqua, magnetismo ed elettromagnetismo*
- Studio Alfa spa, *Aggiornamento su mobilità e inquinamento acustico*

Hanno inoltre contribuito

Progetto LOTO, Indagini storiche e paesaggistiche:

- Arch. Giuliana Motti, Arch. Elisabetta Cavazza, Responsabili del Progetto;
- Gruppo di lavoro Regione Emilia Romagna, Dott. Giancarlo Poli, Dott. Barbara Fucci;
- Consulenti Esterni, Arch. Barbara Marangoni, Geol. Fabrizio Giorgini (Studio SOILexpert), Archeol. James Tirabassi, Dott. Mauro Chiesi (Studio di consulenza ambientale), Dott. Laura Colla (naturalista), Dott. Diego L. Menozzi;
- Comune di Quattro Castella per elaborazioni grafiche, Geom. Daniele Prandi, Geom. Nadir Bonazzi, Arch. Federica Oppi, Barbara Alberini, Andrea Braglia, Fabrizio Borghi, Simone Cocchi, Sabina Domenichini, Rocco Ghielmi, Davide Giovannini, Cristina Luppi, Ermes Lusuardi, Carlotta Montanari, Dalbo Rivi, Davide Zannoni;
- Supporto generale di Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio di Bologna, Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia Romagna, Corpo forestale dello Stato – Comando Stazione di Reggio Emilia, Servizio regionale di Valorizzazione e Tutela del Paesaggio, Servizio regionale ai Programmi, Monitoraggio e Valutazione, Provincia di Reggio Emilia - Area Cultura e Valorizzazione del Territorio - Servizio Pianificazione Territoriale ed Ambientale - Sistema Informativo Territoriale Provinciale

Struttura tecnica per la sperimentazione della LR 24/2017:

- Regione Emilia Romagna, Servizio Pianificazione Territoriale e Urbanistica, dei Trasporti e del Paesaggio, responsabile Arch. Roberto Gabrielli, tecnico di riferimento Arch. Manuela Capelli
- Provincia di Reggio Emilia, Servizio Pianificazione Territoriale, dirigente Arch. Anna Maria Campeol, tecnici di riferimento arch. Elena Pastorini, Dott.Urb. Renzo Pavignani

Sommario

1	COSTRUZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO.....	2
2	IDROGRAMMI.....	5
3	RISULTATI DEL MODELLO NELLO STATO DI FATTO	6
4	MODELLAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	9
5	RISULTATI DEL MODELLO NELLO STATO DI PROGETTO	11
6	CONCLUSIONI	16

1 COSTRUZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO

Il modello idraulico del tratto di Rio Enzola oggetto di questo studio è stato costruito a partire dai rilievi topografici messi a disposizione dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale. Si tratta in tutto di 43 sezioni topografiche (34 nel primo rilievo e 9 nel secondo), per una lunghezza totale di circa 4.100 m (vedi Figura 1 e Figura 2)



Figura 1: Estensione dei tratti rilevati e simulati.

Laddove la distanza tra le sezioni rilevate era troppo alta per avere risultati idraulici sufficientemente accurati è stato necessario inserire ulteriori sezioni tramite interpolazione dei dati esistenti, specialmente in prossimità dei manufatti (ponti, soglie, briglie, ecc.). Il modello finale risulta avere quindi circa 320 sezioni di calcolo, con un passo spaziale medio minore di 15 m e massimo di circa 30 m.

In questo tratto sono presenti diversi manufatti che hanno richiesto una modellazione *ad hoc*.

In particolare sono presenti:

- ponti
- sottopassi tombinati
- 7 salti di fondo

Alcuni esempi di come sono state modellate queste strutture sono riportati in Figura 3.

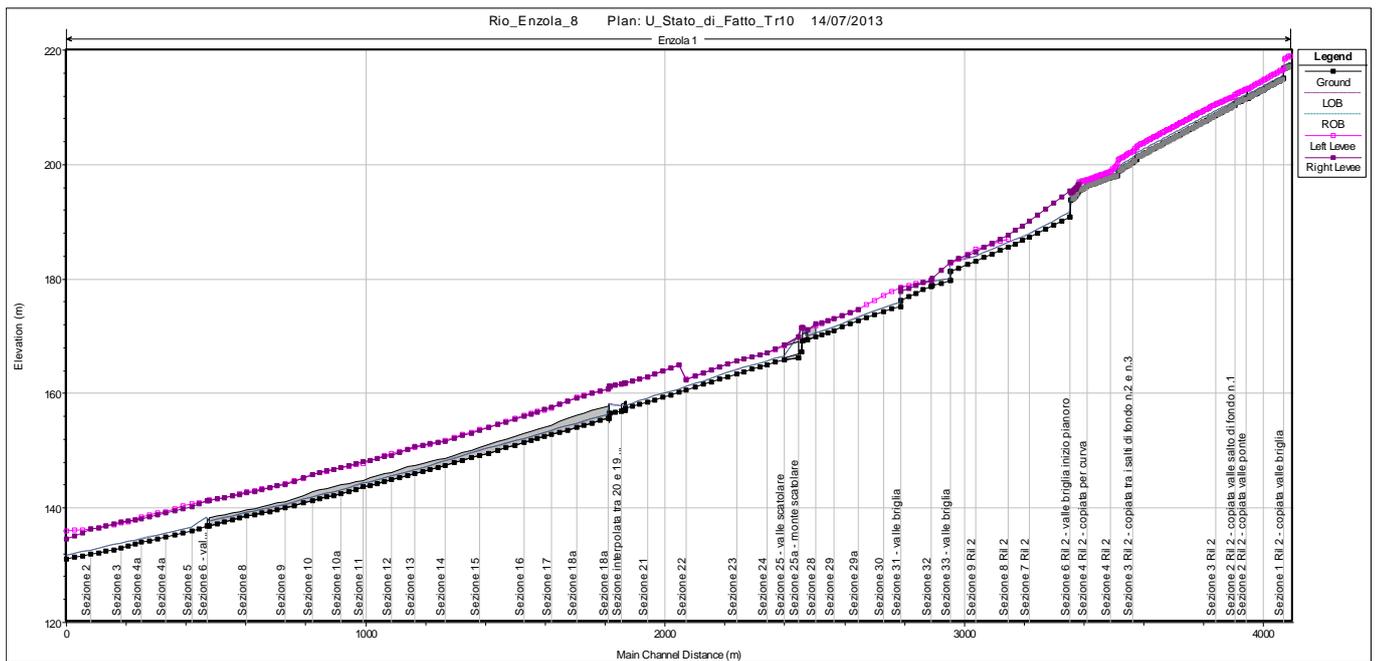


Figura 2: Profilo longitudinale del Rio Enzola nello stato di fatto.

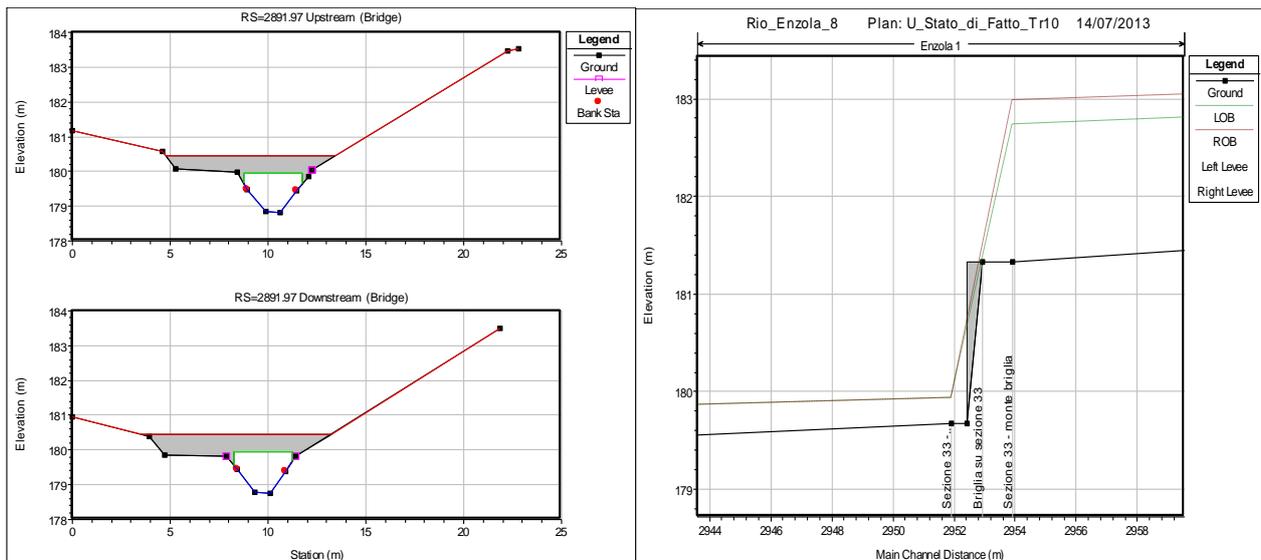


Figura 3: a sinistra schematizzazione del ponticello alla sezione 32; a destra schematizzazione del salto di fondo alla sezione 33 (LOB = Left OverBank; ROB = Right OverBank).

Per valutare l'entità dei volumi eccedenti la capacità idraulica del Rio Enzola, ovvero per stimare i volumi di esondazione, è stato necessario introdurre nel modello alcune Lateral Structures, ovvero stramazzi laterali, che permettono il trasferimento di volumi d'acqua dal sistema verso l'esterno. Queste strutture sono state inserite nei tratti in cui, dalle simulazioni in moto stazionario, risultano evidenti quote del pelo libero maggiori della quota di una o entrambe le sponde.

I tratti sono:

- 1) tra la sezione 28 e la sezione 27, a monte del sottopassaggio della Strada Provinciale 23
- 2) sulla sezione 20, a monte del sottopassaggio della tangenziale.
- 3) nel tratto pensile di valle, tra la sezione 18, a valle dell'ultimo salto presente tra le sezioni 18 e 19, e la sezione 7, poco a monte del sottopassaggio di via Angelo Simonini.



Figura 4: Posizione delle Lateral Structures per la valutazione dei volumi eccedenti.

2 IDROGRAMMI

Gli idrogrammi utilizzati nelle simulazioni sono stati costruiti a partire dalle portate di picco ricavate con il metodo razionale per diversi tempi di ritorno. Nella seguente tabella sono riportate le portate calcolate per ogni sotto-bacino individuato nel precedente studio idraulico, con le relative estensioni e coefficienti di deflusso cd variabili in funzione del tempo di ritorno. Per le simulazioni sono state però utilizzati soltanto i valori di portata relativi alla chiusura del bacino in ambito urbano. Questa scelta è dovuta al fatto che i principali problemi di insufficienza idraulica delle sezioni in caso di piena si hanno nel tratto arginato che inizia nel comune di Quattro Castella. Gli effetti delle opere previste, anche nel tratto montano, verranno quindi valutati in riferimento alle portate di picco previste a valle.

Tabella 1: Portate al colmo calcolate per i diversi tempi di ritorno

Bacino	Area (ha)	Area tot (ha)	t_c (ore)	t_c (min)	cd (tr10-tr20)	cd (tr50-tr200)	Q10 (m ³ /s)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)
A-Montano	128.3	128.3	0.55	33	0.36	0.43	7.3	8.4	11.7	12.9	14.2
B-Montano	21.3	149.6	0.63	38	0.38	0.46	8.2	9.3	13.2	14.6	16.0
C-Pianura	1.7	151.3	0.7	42	0.38	0.46	7.6	8.7	12.4	13.6	15.0
D-Urbano	6.1	157.4	0.77	46	0.4	0.47	7.8	8.9	12.2	13.5	14.8
E-Chiusura ambito comunale	0	157.4	0.97	58	0.4	0.47	6.6	7.5	10.3	11.4	12.5

Gli idrogrammi utilizzati sono quindi di forma triangolare, con durata pari a $2t_c$ e picco in corrispondenza di t_c (Figura 5). Prima del picco di piena vero e proprio l'idrogramma è stato integrato con una portata di base costante pari a 3 m³/s, che garantisce la stabilità di calcolo della simulazione in moto vario, essendo impossibile partire dalla condizione di alveo asciutto. L'idrogramma viene inoltre esteso con la stessa portata fino alla durata totale di 3 ore, in modo da assicurare che l'onda di piena abbia percorso tutta la lunghezza del tratto in esame prima della fine della simulazione. La portata di base è stata scelta in modo da assicurare la stabilità computazionale delle simulazioni senza interferire con le opere per la laminazione in progetto, le quali esplicano le loro funzioni a partire da valori di portata maggiori.

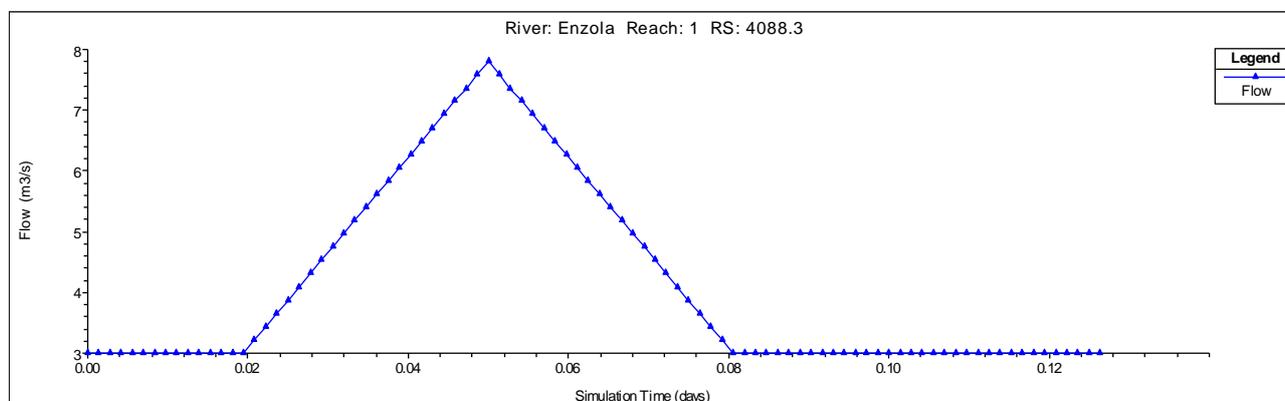


Figura 5: Idrogramma simulato per tempo di ritorno pari a 10 anni.

3 RISULTATI DEL MODELLO NELLO STATO DI FATTO

Dai profili del pelo libero risultanti dalle simulazioni si evince che il deflusso nel Rio Enzola avviene perlopiù in regime di corrente veloce, sia in condizioni di portate ordinarie che in condizioni di piena, a causa dell'elevata pendenza del fondo. Fanno eccezione alcuni brevi tratti a monte delle opere dove sensibili variazioni di pendenza ed effetti di rigurgito portano alla formazione di una corrente lenta. È noto che il profilo del pelo libero di una corrente lenta è sostanzialmente controllato da valle, mentre per una corrente veloce risulta influenzato solo dalle condizioni al contorno di monte. Dal punto di vista pratico questo particolare regime di corrente ha come conseguenza il fatto che ogni tratto tra due opere consecutive è, dal punto di vista dei tiranti, indipendente da quelli che lo seguono o precedono. Eventuali benefici in termini di riduzione dei volumi eccedenti si possono quindi ottenere quasi esclusivamente cercando di diminuire la portata transitante nelle sezioni critiche, tramite opere di laminazione a monte di queste.

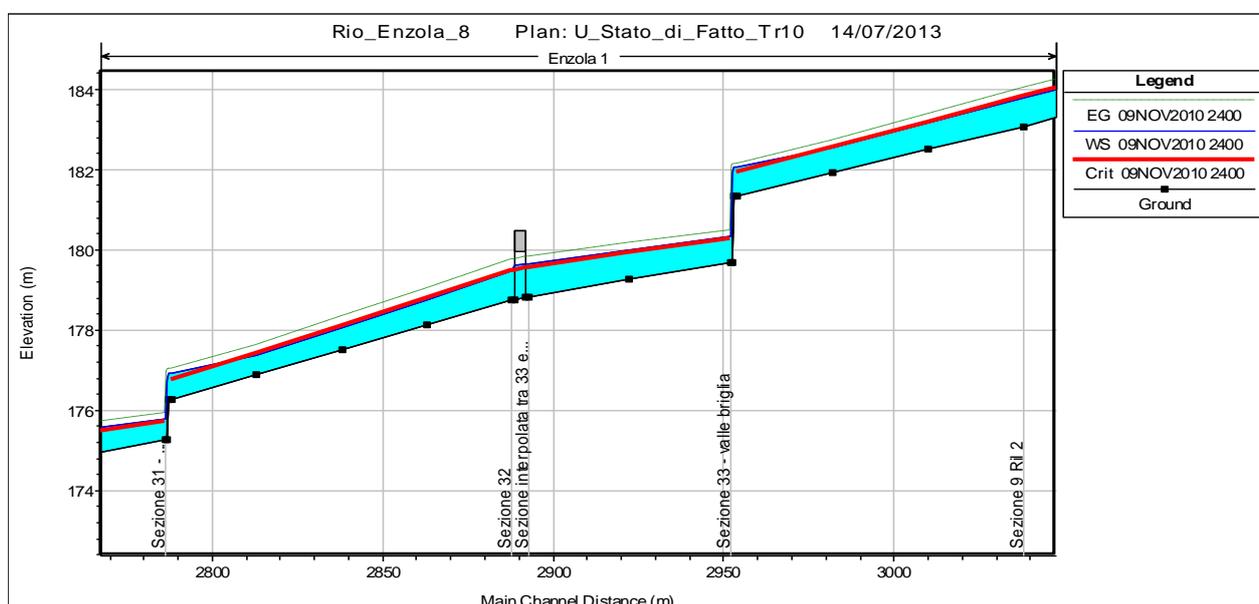


Figura 6: Esempio del profilo del pelo libero per $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gli elementi più importanti da valutare sono certamente i volumi che esondano in corrispondenza dei tratti critici. Tali volumi sono presentati nella successiva tabella, in funzione dei tempi di ritorno dell'idrogramma simulato.

Tabella 2: Volumi eccedenti nelle sezioni critiche allo stato attuale.

	LS1 (m^3/s)	LS2 (m^3/s)	LS3 (m^3/s)	TOTALE (m^3/s)
Tr 10	0	220	5280	5500
Tr 20	200	560	7290	8050
Tr 50	2690	1650	11860	16200
Tr 100	3850	2170	13480	19500
Tr 200	5090	2720	15030	22840

Per tutti i tempi di ritorno considerati la maggior parte del volume che rischia di esondare nel caso di un evento di piena risulta dalla Lateral Structure 3, ovvero dal tratto arginato di valle. Dagli idrogrammi relativi a questo tratto (Figura 7) si può notare come la portata massima transitabile senza problemi nel tratto arginato è di $4.70 \text{ m}^3/\text{s}$.

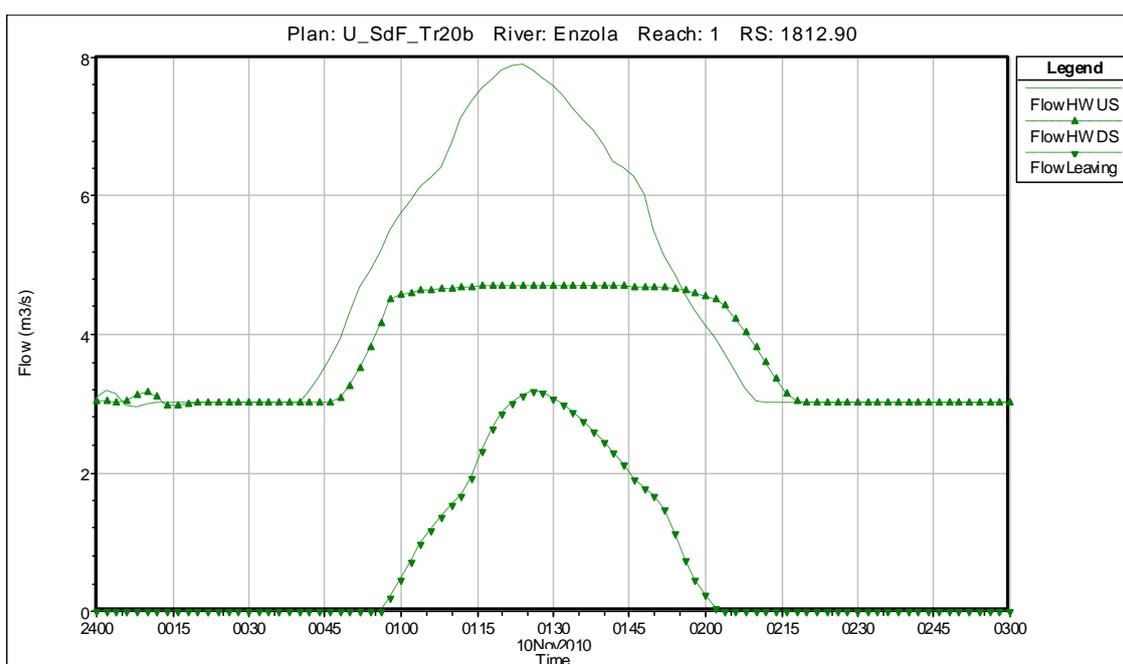


Figura 7: Idrogrammi relativi alla Lateral Structure 3 (tratto arginato di valle) per $Tr = 20$ anni nello stato di fatto.

Nelle successive Figura 8 e Figura 9 sono evidenziati i punti maggiormente critici del tratto, ovvero le sezioni 9, 11 e 14. In particolare in Figura 8 è rappresentato il profilo longitudinale della Lateral Structure 3, costruito prendendo per ogni sezione la quota arginale minima. Osservando poi le sezioni trasversali si deduce che per alcune sezioni, come la 14, il problema è dovuto ad un solo lato delle arginature, mentre per altre, come la 9, si tratta di una insufficienza globale della sezione bagnata a disposizione.

È comunque importante sottolineare che le problematiche idrauliche di questo tratto determinano una riduzione notevole del picco di piena che viene trasferito nel tratto più a valle. Questo significa che le sezioni a valle del sottopassaggio di via Angelo Simonini, del tutto simili in dimensioni e forma a quelle del tratto arginato che le precede, non mostrano particolari problemi grazie al fatto che ricevono un'onda di piena già ridotta.

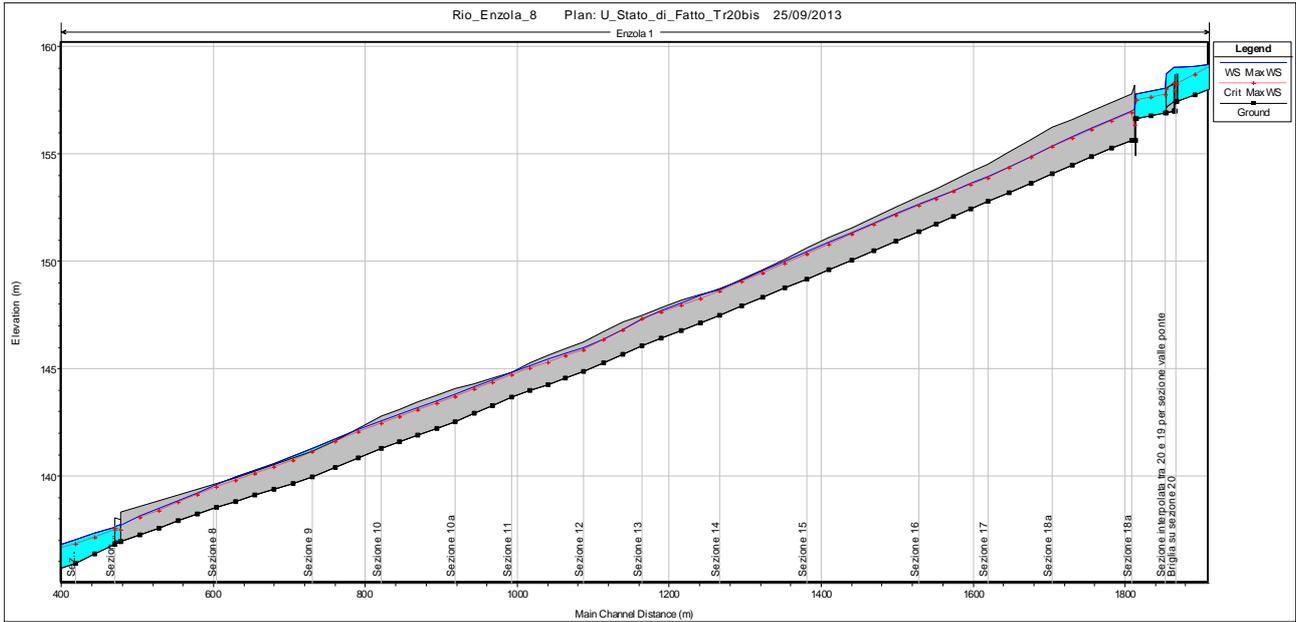


Figura 8: Dettaglio del tratto arginato con la schematizzazione della Lateral Structure 3.

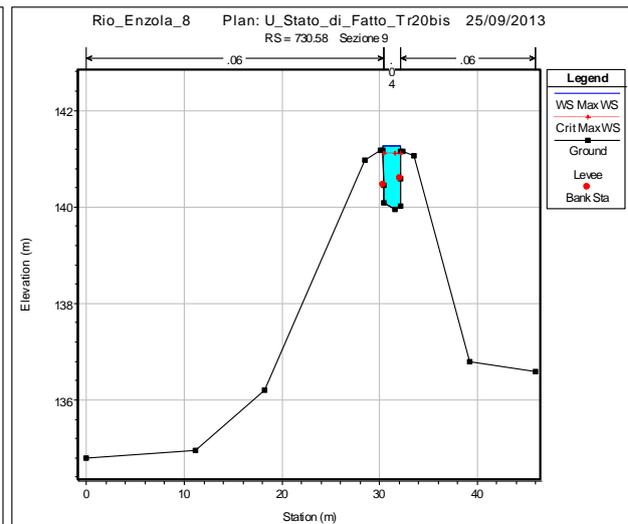
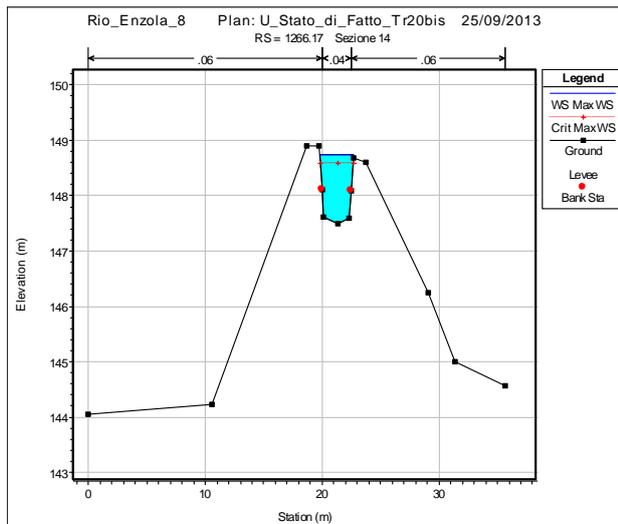


Figura 9: Quota del pelo libero nelle sezioni 14 e 9 del tratto arginato.

4 MODELLAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

A partire dal modello dello stato di fatto è stato costruito il modello idraulico corrispondente alla situazione di progetto.

Gli interventi che sono stati modellati sono, in sintesi:

- allargamento di 1 m in sponda sinistra per una lunghezza di circa 500 m nel tratto rilevato più a monte
- allargamento della sezione, con risagomatura del fondo e creazione di una golena ribassata nelle aree demaniali disponibili, sia in ambito pedemontano che di pianura
- allargamento della sezione, con risagomatura del fondo e creazione di una golena ribassata nell'area del pianoro disponibile all'uscita del tratto montano
- inserimento di una briglia aperta nel tratto allargato in corrispondenza del pianoro (sezione 7 del Rilievo 2)
- inserimento di due restringimenti alle sezioni 29a e 31 del Rilievo 1
- sbancamento della strada bianca che costeggia il Rio in sinistra a valle del ponticello alla sezione 32 del rilievo 1
- inserimento di 5 salti di fondo nel tratto montanto
- abbassamento del fondo alveo di 20 cm nel tratto arginato di valle
- creazione di una piccola area di laminazione, nel parco pubblico in destra idraulica nel tratto urbano. Tale area deve essere separata dall'alveo del Rio da un arginello tracimabile soltanto dalle portate di piena

Di seguito sono riportati alcuni esempi di come questi interventi sono stati implementati nel modello.

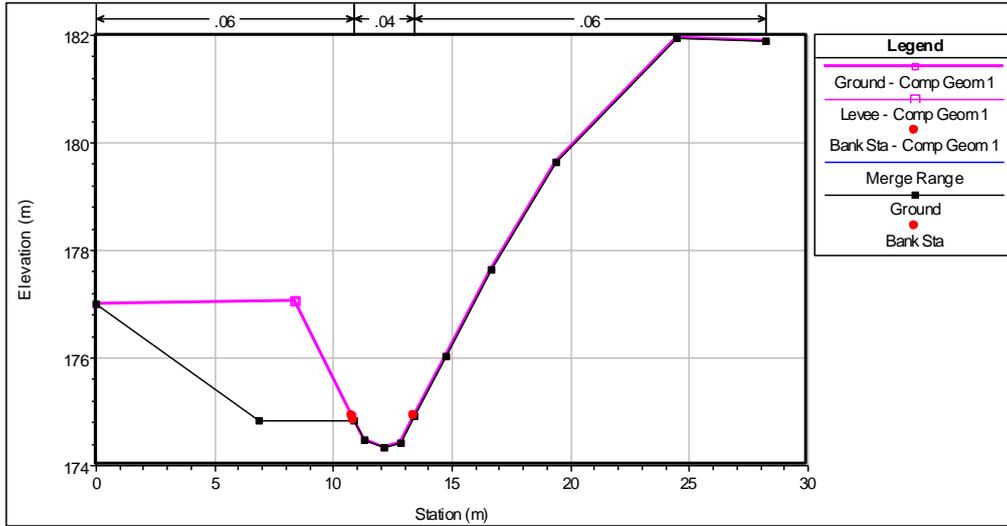


Figura 10: Confronto tra la sezione 30 rappresentata nello stato di fatto e la stessa sezione 30 modificata per rappresentare lo sbancamento dell'area demaniale 8.

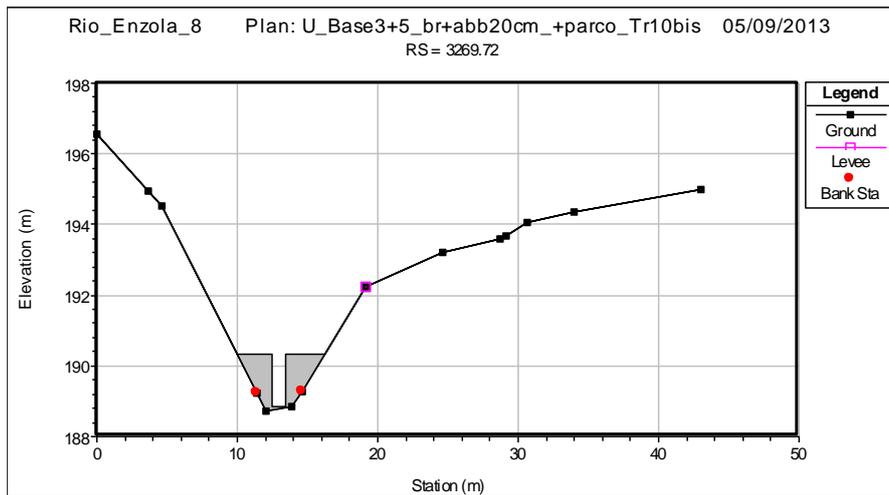


Figura 11: Creazione della briglia aperta sulla sezione 7 del Rilievo 2

5 RISULTATI DEL MODELLO NELLO STATO DI PROGETTO

Gli interventi in progetto sono stati verificati e valutati utilizzando gli stessi idrogrammi di piena usati nello stato di fatto e i volumi eccedenti sono stati valutati nei medesimi tratti critici. Al fine di avere un'ulteriore valenza comparativa, è stata mantenuta anche la stessa distribuzione delle scabrezze in alveo e nelle zone golenali. Questa ipotesi ha infatti la funzione di rendere le due situazioni perfettamente comparabili, evidenziando gli effetti delle opere in progetto.

I risultati sono riportati nella seguente tabella

Tabella 3: Volumi eccedenti nelle sezioni critiche nello stato di progetto.

	LS1 (m ³ /s)	LS2 (m ³ /s)	LS3 (m ³ /s)	TOTALE (m ³ /s)
Tr 10	10	180	2020	2210
Tr 20	270	490	3460	4220
Tr 50	2840	1510	7060	11410
Tr 100	4000	2010	8460	14470
Tr 200	5160	2560	9870	17590

La riduzione dei volumi eccedenti è maggiore per i tempi di ritorno più bassi (riduzione del 60%), ovvero per gli eventi più frequenti, mentre l'effetto delle opere è meno incisivo per gli eventi di piena più rari (riduzione del 23%).

Una quota parte di questo effetto positivo è dovuto all'abbassamento del fondo nel tratto arginato, che, lasciando invariata la quota delle sommità arginali, aumenta il valore della portata che può defluire in sicurezza di circa il 20%, portandolo a 5.73 m³/s.

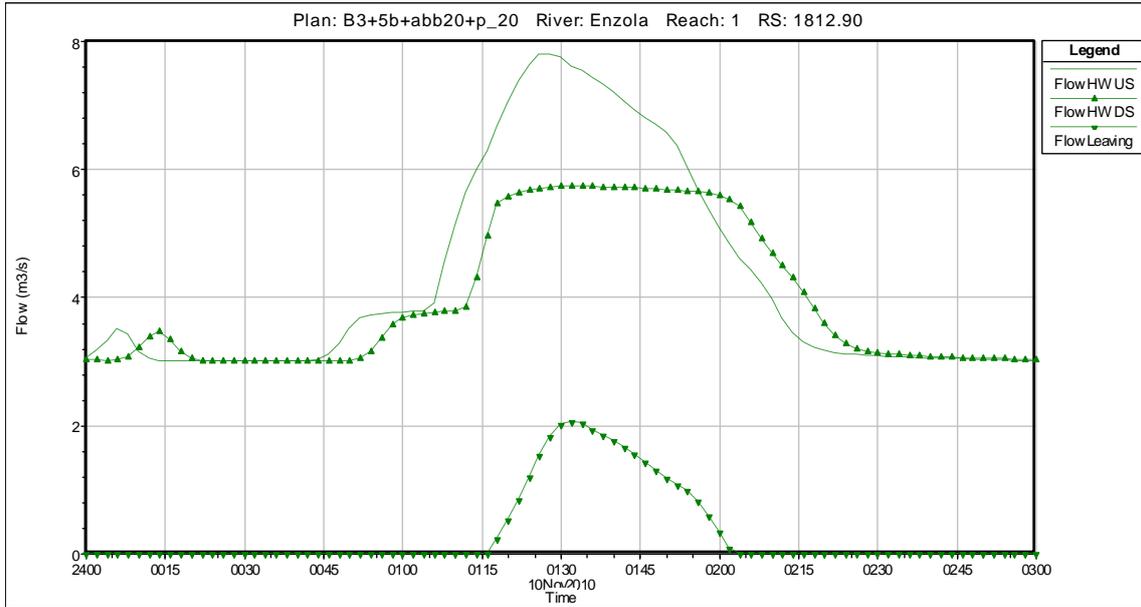


Figura 12: Idrogrammi relativi alla Lateral Structure 3 (tratto arginato di valle) per $Tr = 20$ anni nello stato di progetto.

Nella Figura 13 viene invece mostrato il funzionamento dell'area di laminazione ricavata nel parco pubblico di Quattro Castella. Si noti come il volume d'acqua immagazzinato dall'area nella fase ascendente della piena venga poi restituito gradualmente nella fase decrescente.

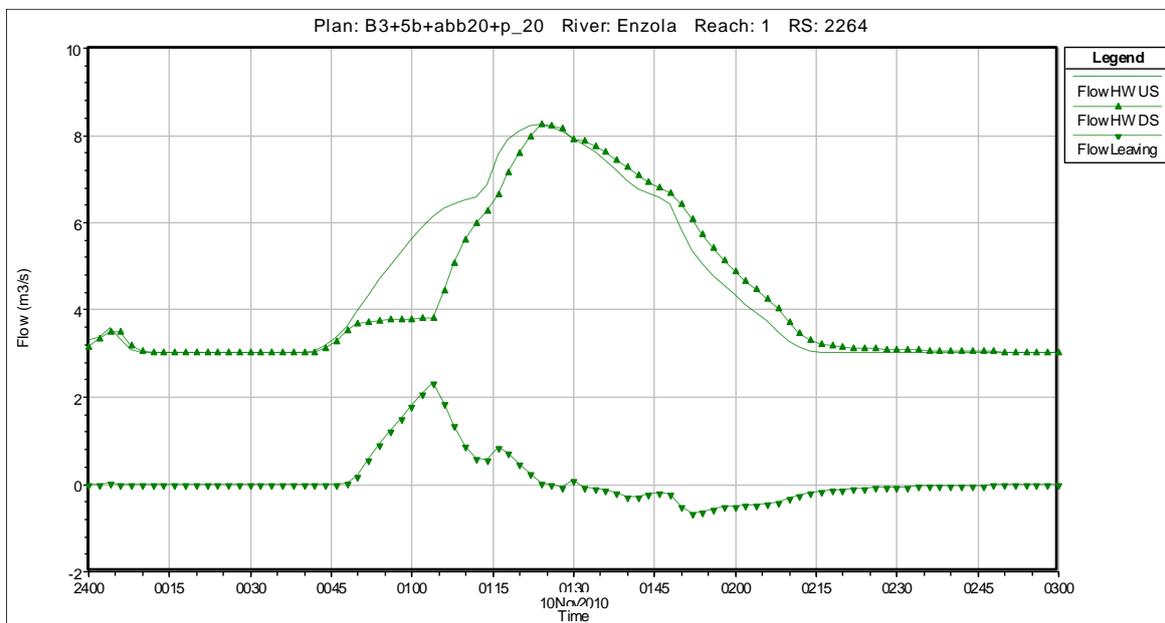


Figura 13: Funzionamento dell'area di laminazione nel parco pubblico per $Tr=20$ anni

Nel seguito sono riportati per confronto alcuni tratti del profilo del pelo libero nello stato di fatto e nello stato di progetto per $Tr = 20$ anni:

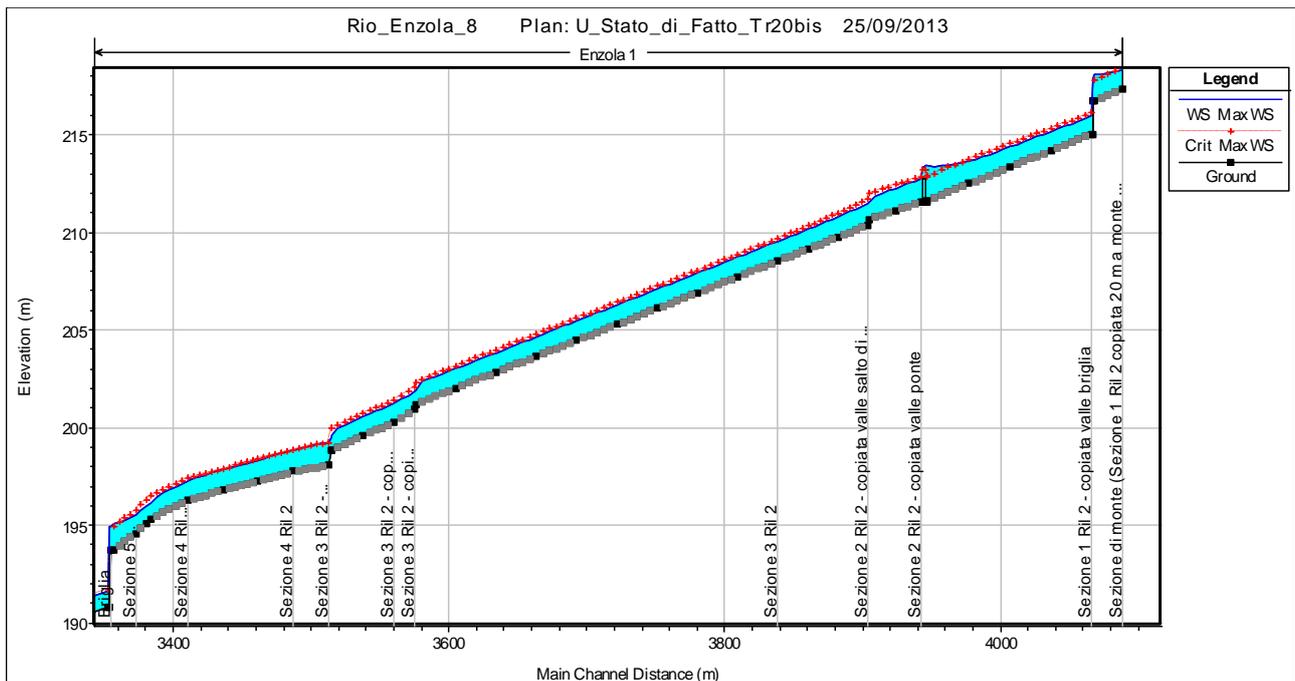
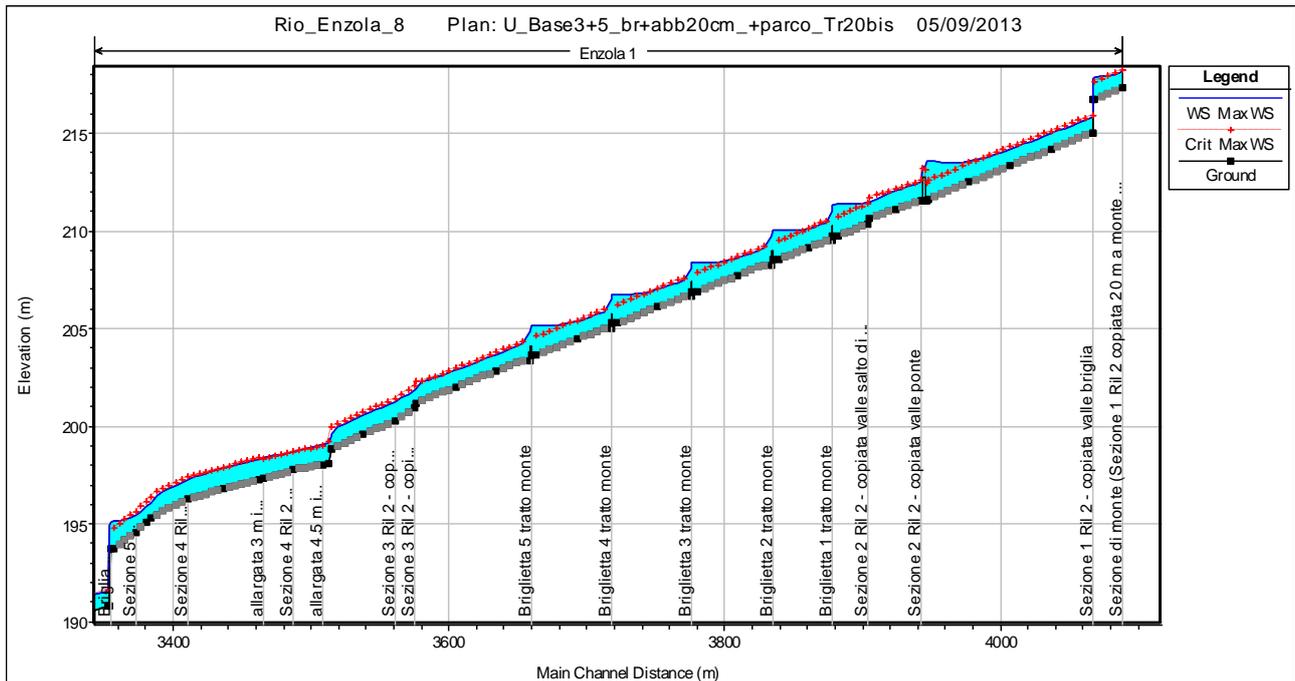


Figura 14: Tratto montano nello stato di progetto (in alto) e nello stato di fatto (in basso). Si noti l'effetto dell'inserimento dei 5 salti di fondo in serie.

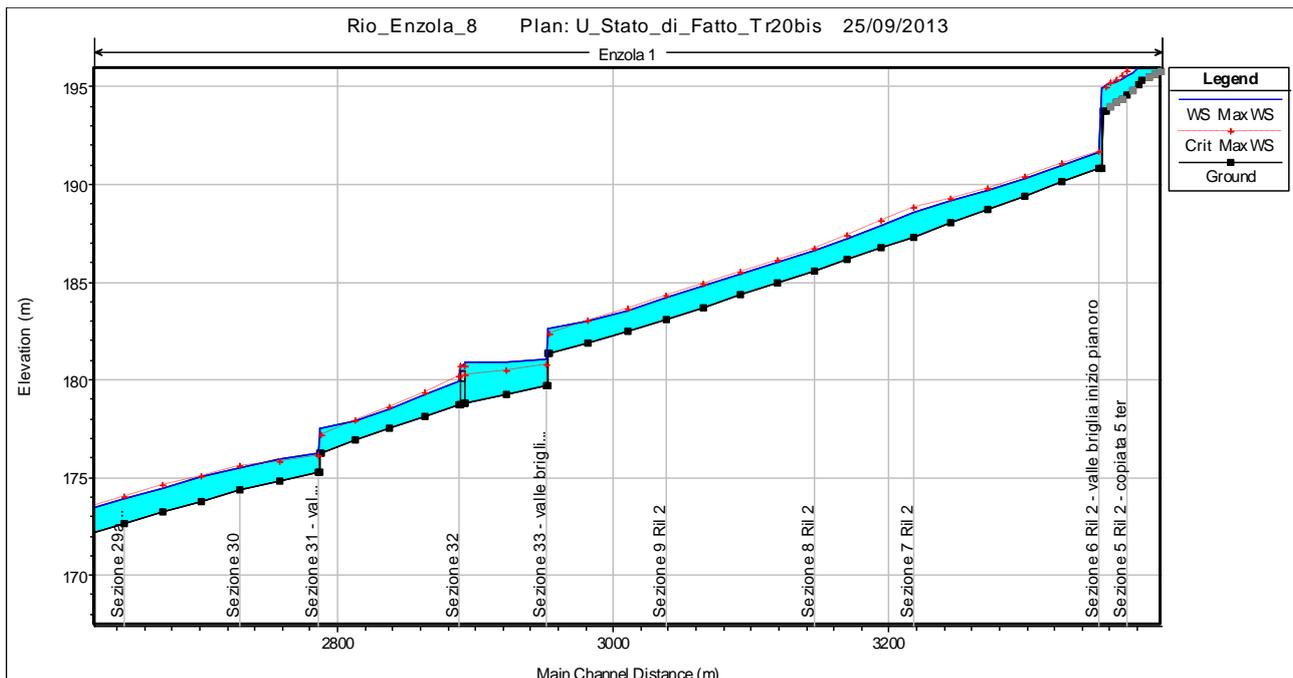
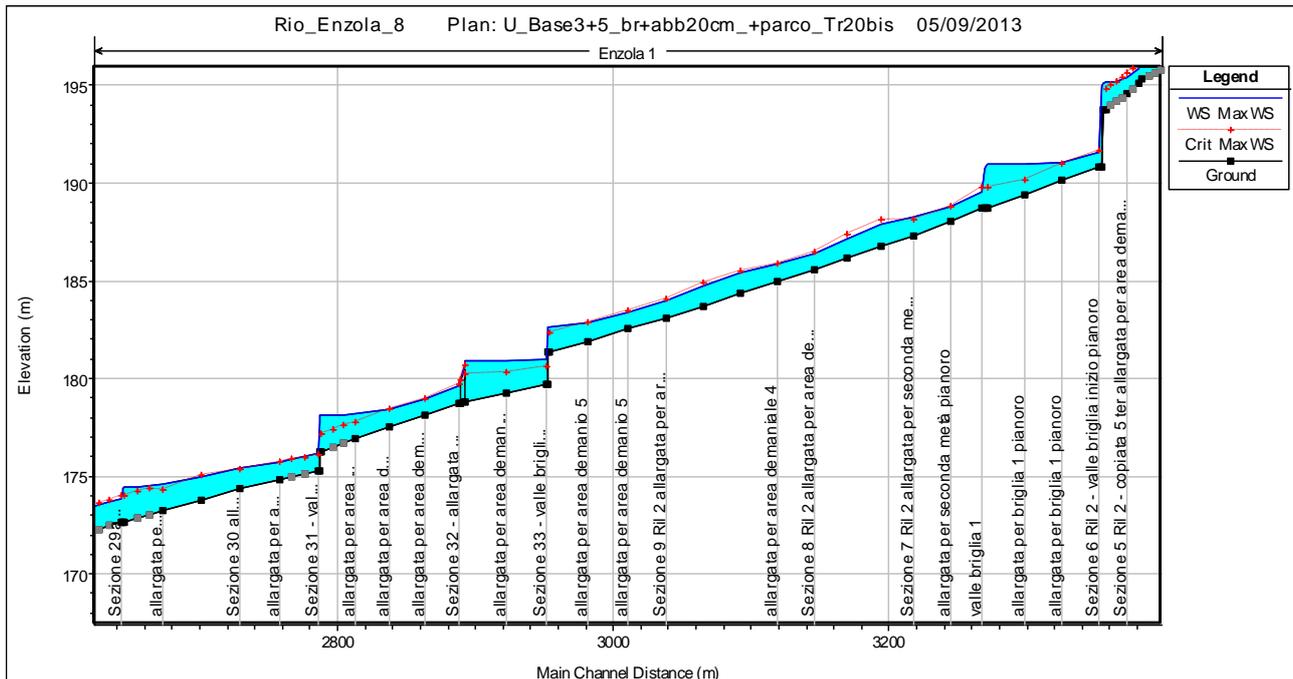


Figura 15: Tratto montano e pedemontano nello stato di progetto (in alto) e nello stato di fatto (in basso). Si noti l'effetto dell'inserimento della briglia aperta nel pianoro e del restringimento alla sezione 31.

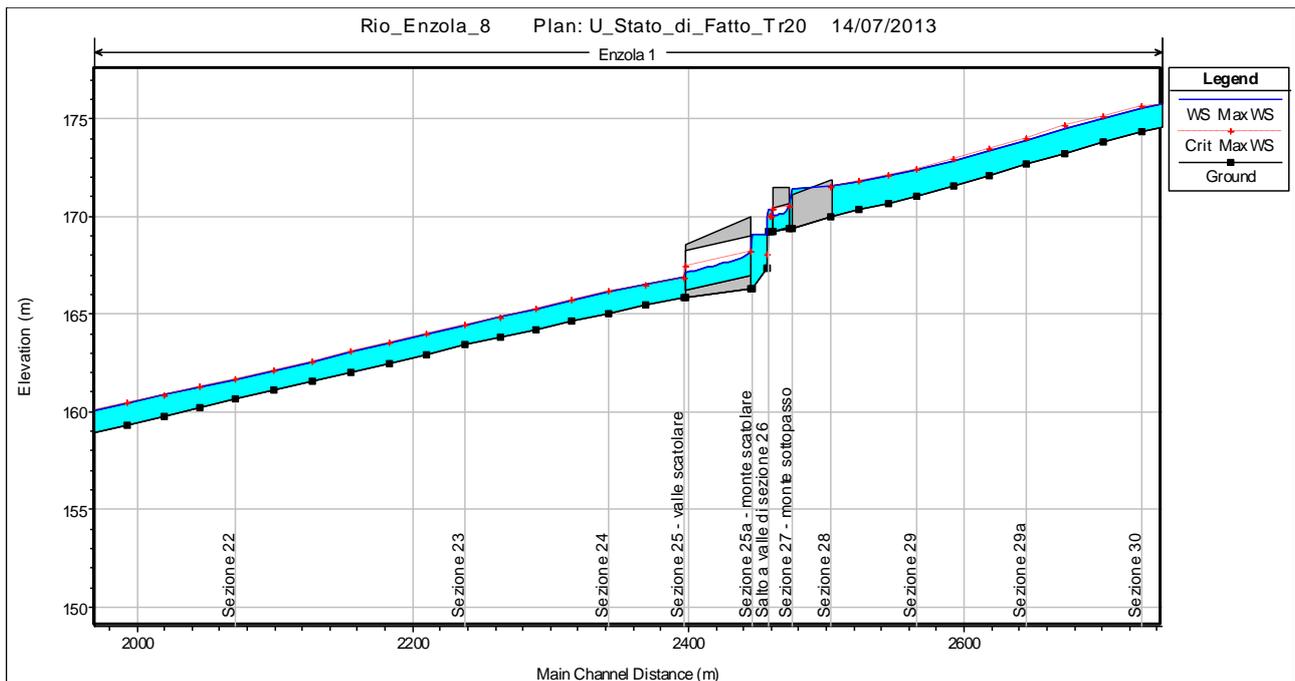
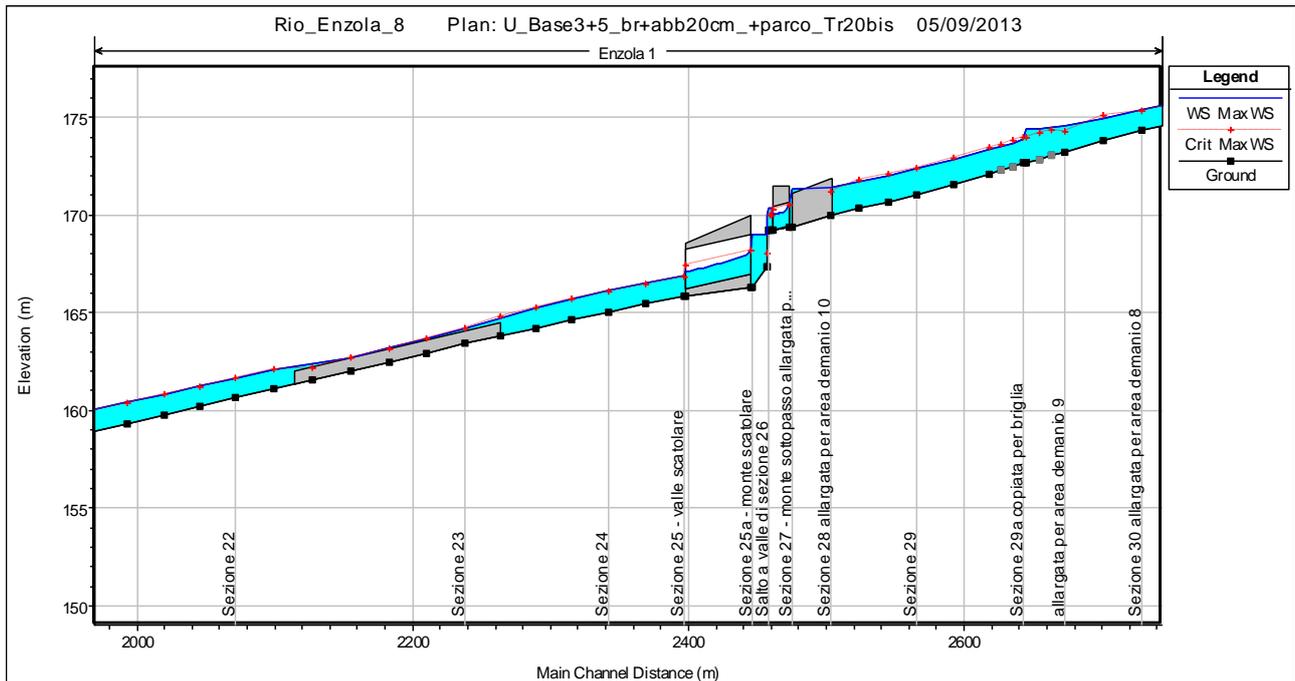


Figura 16: Tratto pedemontano nello stato di progetto (in alto) e nello stato di fatto (in basso). Si noti l'effetto del restringimento alla sezione 29a e dell'area di laminazione nel parco pubblico tra le sezioni 23 e 22.

6 CONCLUSIONI

A seguito delle simulazioni effettuate in moto vario per il Rio Enzola nello stato di fatto e nella situazione corrispondente alla realizzazione degli interventi in progetto, si può concludere che detti interventi apportano un beneficio globale in termini di riduzione dei volumi che possono esondare in caso di evento di piena.

Il beneficio risulta essere più rilevante per gli eventi più frequenti, ma consistente anche per gli eventi più gravosi. Dal confronto dei volumi eccedenti nelle due situazioni modellate (tabella sotto), si deduce infatti che gli interventi previsti permettono di ottenere una percentuale di riduzione dei volumi esondati superiore a quella fissata come obiettivo dal LIFE (10% per tempo di ritorno 30 anni).

È però fondamentale rimarcare che tutti i risultati esposti in termini di volumi sono da interpretare in maniera comparativa tra le due situazioni modellate e non in termini di valori assoluti.

Tabella 4: Volumi eccedenti nello stato di fatto e nello stato di progetto e percentuale di riduzione dei volumi esondati.

Tempi di ritorno anni	ESONDAZIONE-PRE INTERVENTI m3/s	ESONDAZIONE-POST INTERVENTI m3/s	DIMINUIZIONE VOLUMI ESONDATI %
Tr 10	5.500	2.210	60%
Tr 20	8.050	4.220	48%
Tr 50	16.200	11.410	30%
Tr 100	19.500	14.470	26%
Tr 200	22.840	17.590	23%