



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Convenzione per l'esecuzione di attività di studio finalizzate all'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle condizioni di pericolosità e rischio idraulico lungo il torrente Tresinaro

(Sottoscritta in data 12/6/2017 tra la Regione Emilia Romagna e l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po)

Relazione di sintesi delle attività

DICEMBRE 2019

Revisione a seguito della valutazione del Tavolo Tecnico

Gruppo Tresinaro - APRILE 2019



SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA | 5 |
| 1 INTRODUZIONE..... | 6 |
| 2 ANALISI IDROLOGICA | 9 |
| 2.1 Dati idrologici disponibili | 9 |
| 2.2 Analisi comparativa dei dati pluviometrici | 10 |
| 2.3 Analisi dell'idrologia di piena | 13 |
| 2.3.1 Costruzione del modello HMS | 13 |
| 2.3.2 Calibrazione del modello | 14 |
| 2.3.3 Scenari di simulazione e risultati | 15 |
| 3 ANALISI IDRAULICA..... | 19 |
| 3.1 Analisi dei dati topografici | 19 |
| 3.2 Costruzione dei modelli idraulici monodimensionali di asta | 20 |
| 3.2.1 Modello SP 1.4 | 20 |
| 3.2.2 Modello DTM 2017 | 20 |
| 3.3 Calibrazione dei modelli..... | 21 |
| 3.3.1 Calibrazione sulla scala di deflusso di Ca' de' Caroli..... | 21 |
| 3.3.2 Parametri di scabrezza dei modelli..... | 23 |
| 3.4 Verifica della capacità di deflusso | 24 |
| 3.4.1 Confronto tra la situazione descritta in SP1.4 e la situazione attuale | 24 |
| 3.4.2 Analisi di dettaglio della capacità di deflusso attuale..... | 24 |
| 3.5 Simulazioni di asta in moto vario per assegnati tempi di ritorno..... | 29 |
| 3.5.1 Risultati delle analisi di moto vario a monte di Ca' de' Caroli..... | 30 |
| 3.5.2 Risultati delle analisi di moto vario a valle di Ca' de' Caroli..... | 31 |
| 3.5.3 I volumi di esondazione dei diversi tratti nello scenario attuale..... | 32 |
| 3.6 Sintesi delle condizioni di criticità rispetto al deflusso di piena emerse dalle analisi di asta in moto vario .. | 34 |
| 3.7 Analisi bidimensionale delle aree inondabili relative all'intero tratto in studio | 36 |
| 3.7.1 Modello in ambiente HEC..... | 36 |
| 3.7.2 Modello in ambiente MIKE | 37 |
| 3.7.3 Mappe di pericolosità dei territori interessati dalle esondazioni nel tratto del Tresinaro da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia | 38 |
| 3.8 Analisi bidimensionale di dettaglio in Comune di Rubiera | 43 |
| 4 ANALISI MORFOLOGICA | 47 |
| 4.1 Aggiornamento delle analisi morfologiche di SP1.4 | 47 |
| 4.2 Definizione della fascia di mobilità compatibile | 47 |



| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | ANALISI IDRAULICA DELLE CONFIGURAZIONI DI PROGETTO..... | 49 |
| 5.1 | Il progetto preliminare della Regione Emilia Romagna | 49 |
| 5.2 | Scenari di progetto valutati nel presente studio | 53 |
| 5.3 | Interventi di monte..... | 55 |
| 5.3.1 | Valutazione preliminare dei volumi ideali di laminazione..... | 55 |
| 5.3.2 | Simulazioni degli scenari di progetto..... | 58 |
| 5.3.3 | Scenario A..... | 58 |
| 5.3.4 | Scenario B..... | 58 |
| 5.3.5 | Scenario C..... | 59 |
| 5.3.6 | Scenario D..... | 60 |
| 5.3.7 | Scenario E..... | 62 |
| 5.4 | Interventi di valle..... | 63 |
| 5.4.1 | Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara (Scenario 1)..... | 63 |
| 5.4.2 | Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara e compartimentazione delle aree allagabili (Scenario 2) 64 | |
| 5.4.3 | Adeguamento arginature da Scandiano alla Macina di Carpi (Scenario 3)..... | 65 |
| 5.4.4 | Adeguamento delle arginature dell'intero tratto (Scenario 4)..... | 65 |
| 5.5 | Risultati delle simulazioni di verifica degli scenari di progetto | 66 |
| 5.5.1 | Allagamenti nei diversi scenari | 66 |
| 5.5.2 | Sezione a valle del sistema casse..... | 68 |
| 5.5.3 | Sezione di Ca' de Caroli..... | 70 |
| 5.5.4 | Sezione di Fellegara S.P. 52 | 72 |
| 5.5.5 | Sezione del ponte di Arceto..... | 74 |
| 5.5.6 | Sezione del ponte di San Donnino..... | 76 |
| 5.5.7 | Sezione della Traversa della Macina di Carpi..... | 78 |
| 5.5.8 | Sezione del Ponte Luna di Rubiera | 80 |
| 5.5.9 | Sezione del Ponte di Rubiera - idrometro..... | 82 |
| 5.5.10 | Confronto tra gli scenari di progetto di valle in termini di aree potenzialmente allagabili | 84 |
| 6 | CONCLUSIONI RELATIVE ALLE VERIFICHE DEGLI SCENARI DI PROGETTO | 88 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

A cura di:

Ing. Piero Tabellini - *Autorità di bacino distrettuale del fiume Po*

Con la collaborazione del **Gruppo Tresinaro**

Elena Medda - *Regione Emilia Romagna*

Ubaldo Rubbianesi - *Regione Emilia Romagna*

Federica Manenti - *Regione Emilia Romagna*

Alessio Campisi - *Regione Emilia Romagna*

Enrico Zobbi - *Regione Emilia Romagna*

Roberto Cioffi - *Regione Emilia Romagna*

Matteo Guerra - *Regione Emilia Romagna*

Barbara Casoli - *Provincia di Reggio Emilia*

Ettore Buccheri - *Comune di Rubiera*

Supporti specialistici:

Analisi idrologiche, idrauliche con modellistica in ambiente HEC e morfologiche: *Hydro Nova Srl*

Analisi idrauliche con modellistica in ambiente MIKE: *DHI Srl*

Analisi idrauliche con modellistica in ambiente InfoWorks: *HR Wallingford Ltd*



Premessa

In data 12 giugno 2017 è stata stipulata la Convenzione tra la Regione Emilia Romagna e l’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po per l’esecuzione di attività di studio finalizzate all’aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle condizioni di pericolosità e rischio idraulico lungo il torrente Tresinaro (di seguito *Convenzione*)

La presente relazione illustra in sintesi le attività eseguite e i risultati ottenuti al termine delle attività eseguite.



1 Introduzione

Le attività sviluppate nell'ambito della *Convenzione* sono finalizzate all'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle condizioni di pericolosità e rischio idraulico lungo il torrente Tresinaro e alla valutazione della funzionalità di alcuni scenari alternativi di progetto. Sull'asta del Tresinaro, infatti, sono stati eseguiti negli anni passati alcuni studi volti da un lato a valutare la possibilità di aumento della capacità di deflusso dell'alveo attivo, dall'altro a valutare la fattibilità tecnica di opere di laminazione.

Recentemente il competente ufficio dell'Area Affluenti del Po dell'Agenzia Regionale per la Sicurezza e la Protezione Civile, nella sua funzione di Autorità idraulica, ha progettato ed eseguito per stralci, ad oggi ancora parzialmente, la sistemazione del corso d'acqua allo scopo di aumentarne la capacità di deflusso, mediante risezionamenti e opere arginali, che hanno modificato significativamente una parte del corso d'acqua, non consentendo però, in base al progetto, il raggiungimento del grado di protezione idraulica dei territori previsto dalla Pianificazione di bacino. Tale sistemazione si inquadra in un progetto preliminare sviluppato alcuni anni or sono dallo stesso ufficio, allora *Servizio Tecnico Bacini Enza e sinistra Secchia*, nel quale alle opere di sistemazione suddette, era accoppiata la proposta di realizzare delle aree di laminazione nel tratto tra Viano e Ca' de' Caroli.

In questo contesto si collocano le attività di analisi idrologica, idraulica e morfologica ad oggi sviluppate, che si avvalgono di un quadro di informazioni topografiche recentemente integrato mediante il nuovo DTM del Tresinaro realizzato, come previsto in *Convenzione*, nel mese di agosto 2017. Scopo principale delle attività sviluppate è quello di valutare le condizioni attuali di sicurezza del Tresinaro nel tratto da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia, a seguito dei lavori di sistemazione eseguiti e di esaminare scenari di intervento possibili, alla luce dei progetti in corso e delle possibili azioni di protezione ancora da attivare, implementando una catena modellistica idrologico-idraulica aggiornata sulla base di dati pluviometrici e topografici di recente acquisizione.

L'approccio metodologico seguito, ha comportato lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi idrologica:
 - Analisi comparativa dei dati pluviometrici e delle relative elaborazioni esistenti;
 - Aggiornamento dell'idrologia di piena mediante modellazione idrologica;
- Analisi idraulica dello stato attuale:
 - Analisi dei dati topografici;
 - Costruzione del modello idraulico monodimensionale di asta;
 - Taratura su eventi recenti;
 - Verifica della capacità di deflusso dell'alveo;
 - Simulazione di asta in moto vario per Tr assegnati: individuazione dei tratti critici (eventi Tr 20, 50, 200 e 500 anni);
 - Simulazioni di asta in moto vario per Tr assegnati: calcolo delle portate di esondazione (eventi Tr 20, 50, 200 e 500 anni);
 - Analisi bidimensionale delle aree inondabili relative all'intero tratto in studio
 - Analisi bidimensionale di dettaglio in Comune di Rubiera



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

- Analisi morfologica:
 - Aggiornamento delle analisi morfologiche di SP1.4;
 - Prima definizione della Fascia di mobilità compatibile.
- Analisi idraulica delle configurazioni di progetto:
 - Verifica dello scenario di progetto "storico", cioè proposto nel progetto preliminare della Regione Emilia Romagna;
 - Verifica di alcuni altri possibili scenari di progetto.

In particolare, gli scenari di progetto da verificare sono stati individuati dal *Gruppo Tresinaro* sulla base degli esiti delle attività di analisi dello stato attuale, e, per poter svolgere compiutamente le analisi a scala di asta delle relative configurazioni, il modello idraulico monodimensionale è stato esteso a monte fino in prossimità del confine tra Viano, Scandiano, Baiso e Castellarano, ove nello scenario di progetto "storico" si ipotizzava la localizzazione di possibili aree di laminazione controllata. Grazie alla disponibilità delle informazioni topografiche fornite dal nuovo DTM, esteso all'area di fondovalle del Tresinaro fino a circa 2 km a monte della confluenza del rio delle Viole, è stato possibile verificare in dettaglio la funzionalità idraulica della configurazione di progetto proposta nel progetto preliminare della Regione Emilia Romagna e delle altre configurazioni individuate.

L'immagine segue mostra l'estensione spaziale delle analisi condotte, ossia il bacino su cui è stato implementato il modello idrologico, l'estensione del modello idraulico, e il tratto oggetto dell'analisi morfologica.

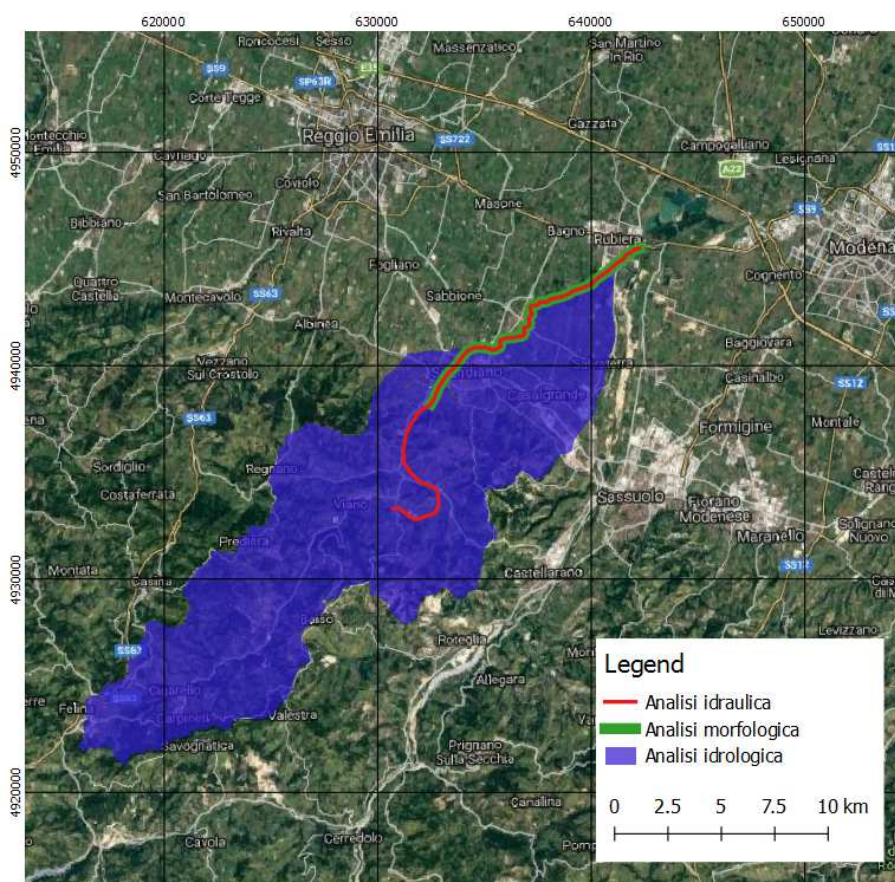


Figura 1.1 – Area oggetto di studio (Sistema di Riferimento WGS84 - UTM32N)



Le attività di analisi idraulica e morfologica hanno richiesto il preliminare aggiornamento delle conoscenze topografiche, data la vetustà delle sezioni topografiche disponibili e la necessità di indagare con adeguato grado di precisione le aree potenzialmente allagabili all'esterno dell'alveo rilevato nelle sezioni disponibili dagli studi pregressi.

Pertanto, come già accennato, è stato realizzato un nuovo DTM e relativo DSM del Tresinaro, a passo 1 m, mediante tecnica *Lidar*, sul tratto di asta da Viano alla confluenza in Secchia. A valle di Ca de Caroli, l'area di indagine copre un ampio areale comprendente le aree a bassa pericolosità di inondazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

L'immagine che seguono mostra l'area coperta dal DTM e dal DSM.

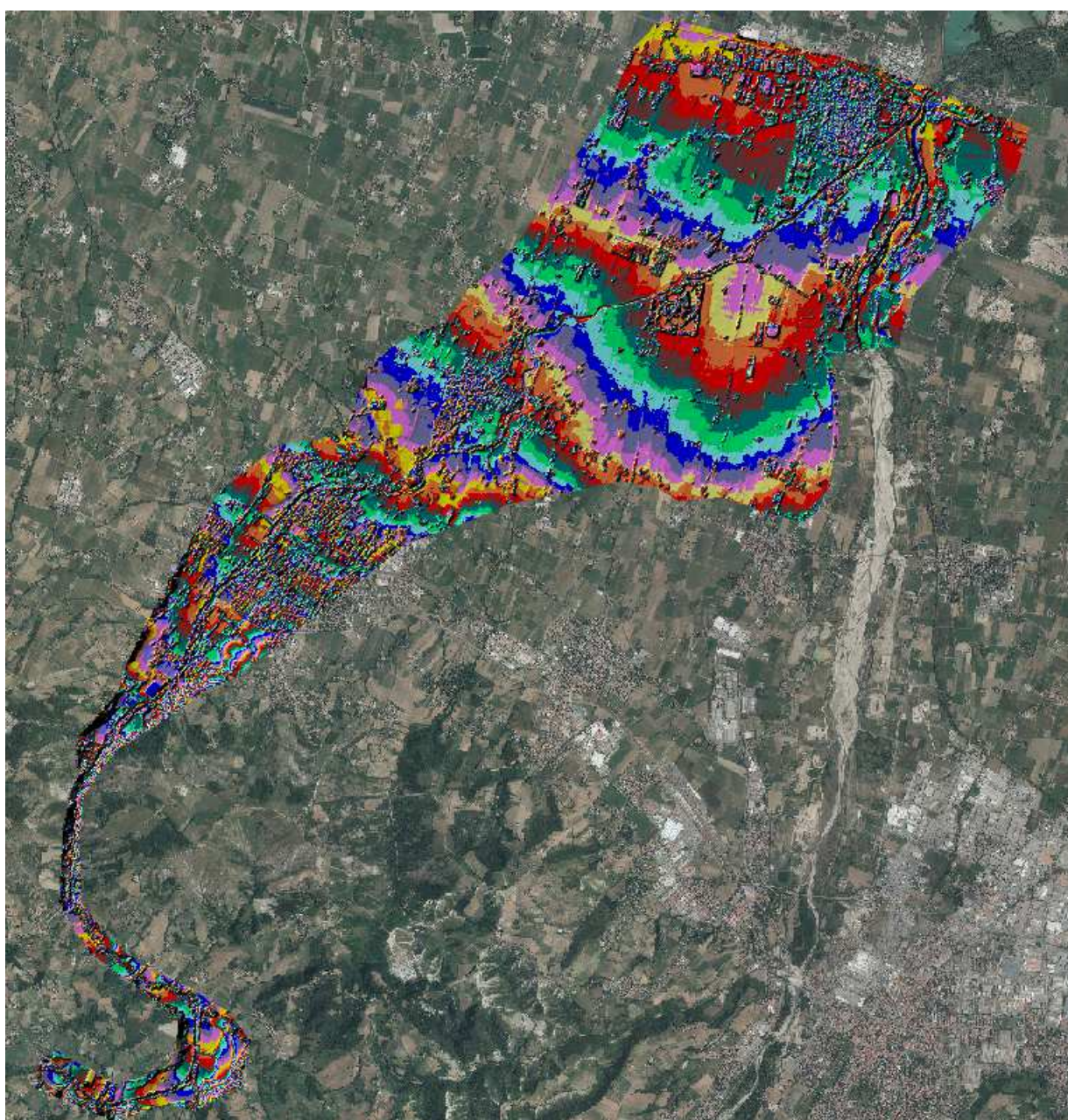


Figura 1.2 – Estensione del nuovo DTM dell'agosto 2017 (Sistema di Riferimento WGS84 - UTM32N)



2 Analisi idrologica

2.1 Dati idrologici disponibili

I dati pluviometrici disponibili sono forniti da ARPAE, per 6 stazioni di interesse posizionate all'interno o nelle vicinanze del bacino idrografico del Tresinaro (Baiso, Ponte Cavola, S.Valentino, Ca de' Caroli, Carpineti ARPAE, Marzaglia). In aggiunta alle stazioni pluviometriche è presente anche una stazione di misura della portata a Ca' de Caroli, con dati a 10 minuti discontinui da Gennaio 2003.

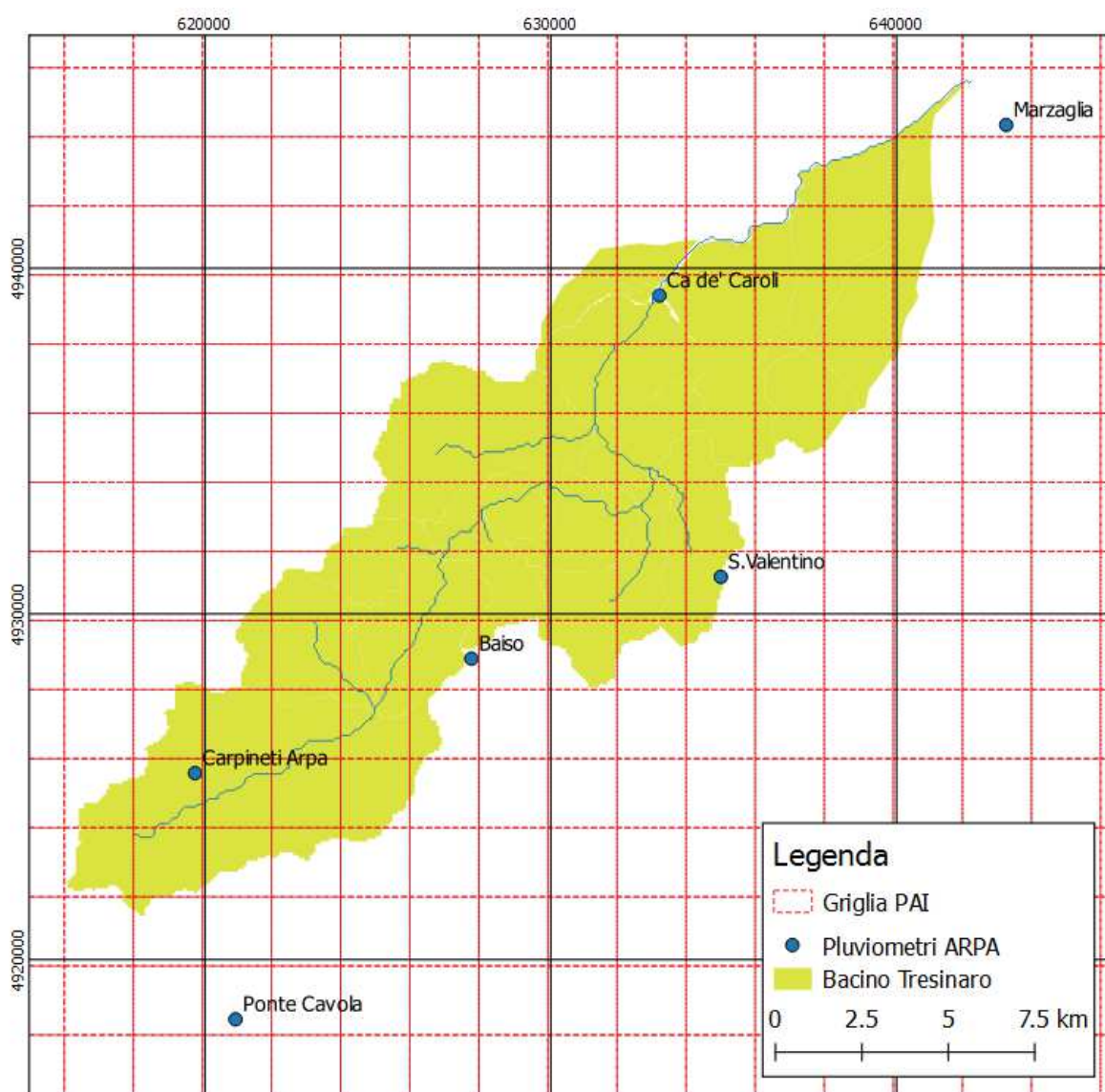


Figura 2.1 – Ubicazione dei dati pluviometrici nell'area di studio



2.2 Analisi comparativa dei dati pluviometrici

Al fine di analizzare i dati pluviometrici attualmente disponibili e poterli confrontare con le serie temporali utilizzate per i progetti pregressi, ossia il sottoprogetto SP1.4 e lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Secchia, sono stati acquisiti tutti i parametri per la definizione degli eventi estremi, facendo riferimento sia ai dati ARPAE, che costituiscono il dataset più recente e completo disponibile, che a quelli PAI, su cui sono basati i sopra citati studi pregressi.

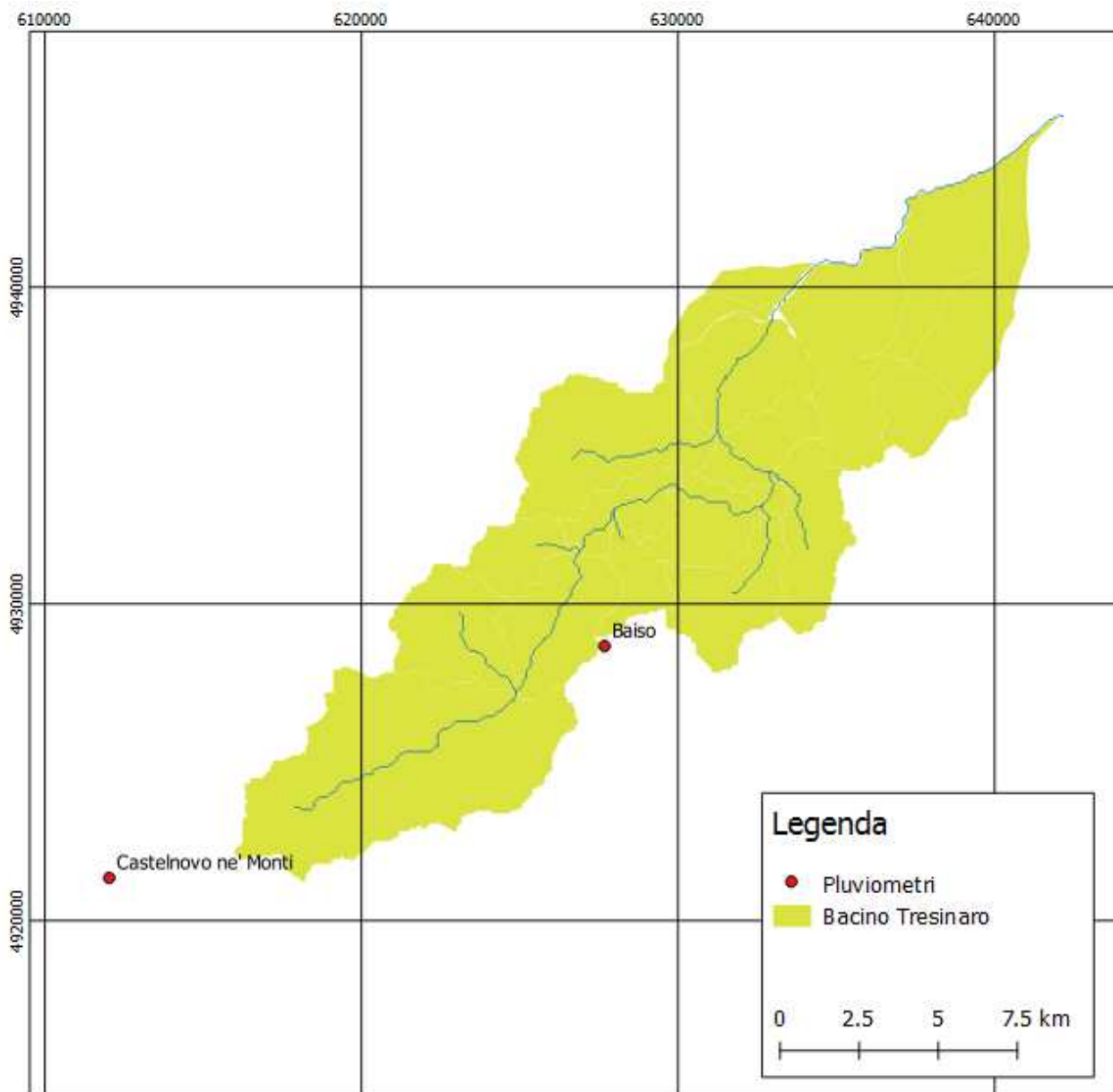
L'analisi comparativa dei dati pluviometrici può essere effettuata anche considerando le finestre temporali dei dati presi in esame, poiché le serie di pioggia raccolte hanno un'estensione temporale maggiore di quelle disponibili per i precedenti studi idrologici condotti sul bacino del Tresinaro, antecedenti il 2000. Pertanto, è stata condotta un'analisi statistica sulle altezze massime di precipitazione registrate per diverse durate, in modo da determinare i valori estremi e le curve di possibilità pluviometrica, prendendo in considerazione la finestra temporale fino al 2000 e quella fino al 2015. Per la determinazione dei parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica, sono state applicate sia la distribuzione di Gumbel che la GEV.

L'analisi è stata implementata per le due stazioni di Baiso e Castelnuovo ne' Monti (non considerato nella precedente analisi), per le quali le informazioni sulle altezze massime di precipitazione per diverse durate sono risultate sufficientemente estese e consistenti.

I grafici seguenti riportano i valori delle altezze di precipitazione estreme per le due stazioni, per assegnata durata e tempo di ritorno, in funzione della distribuzione utilizzata e della finestra temporale presa in esame. Le tabelle indicano anche il numero di osservazioni disponibili alla base dell'elaborazione statistica.

Si può notare come per la stazione di Baiso si ha un generale incremento delle piogge estreme calcolate con la distribuzione GEV ed utilizzando la serie di dati più estesa, solo la precipitazione di 24 ore e Tr 20 anni risulta inferiore. Utilizzando la distribuzione di Gumbel l'incremento è più contenuto, per tutti i tempi di ritorno le precipitazioni in 24 ore si riducono utilizzando la serie più estesa.

Alla stazione di Castelnuovo, invece, si ha una generale lieve riduzione delle piogge estreme, sia utilizzando la distribuzione GEV che quella di Gumbel, per tutti i tempi di ritorno. L'unico incremento si ha per Tr 500 anni e durata 24 ore.



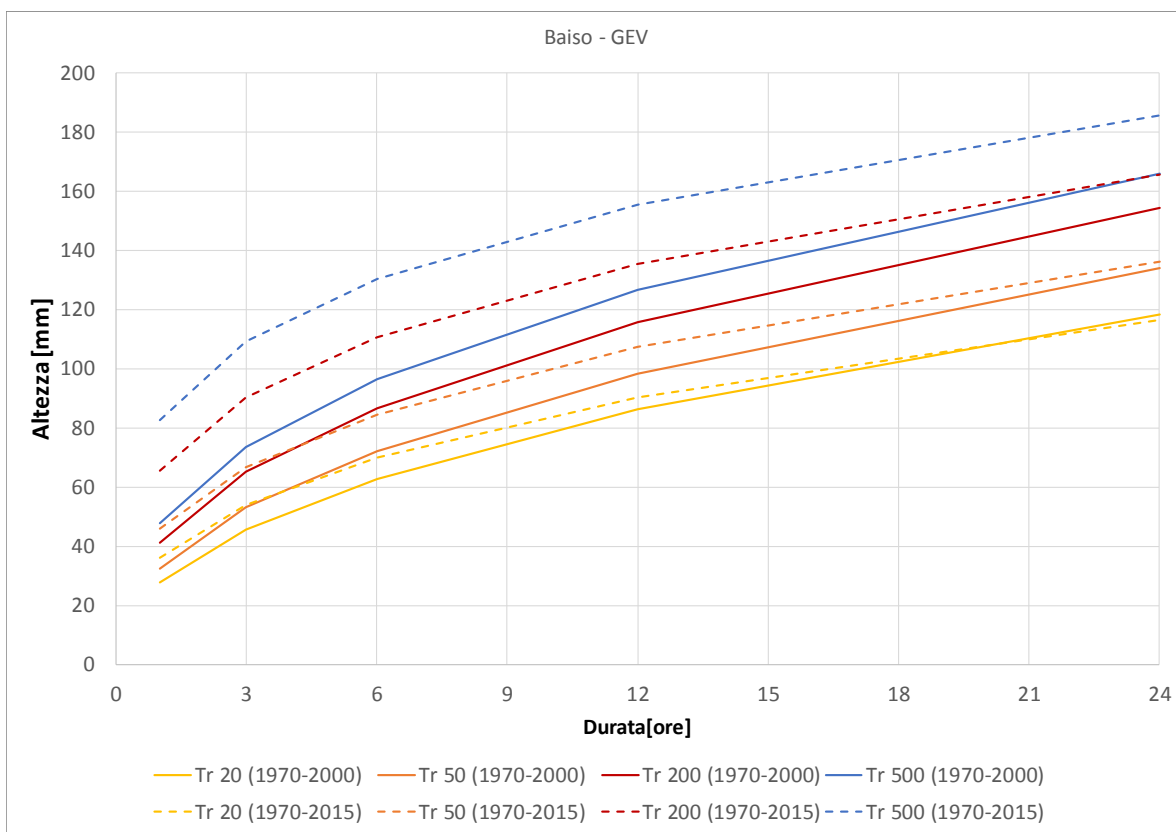


Figura 2.2 – Stazione di Baiso - Curve di possibilità pluviometrica – Distribuzione GEV

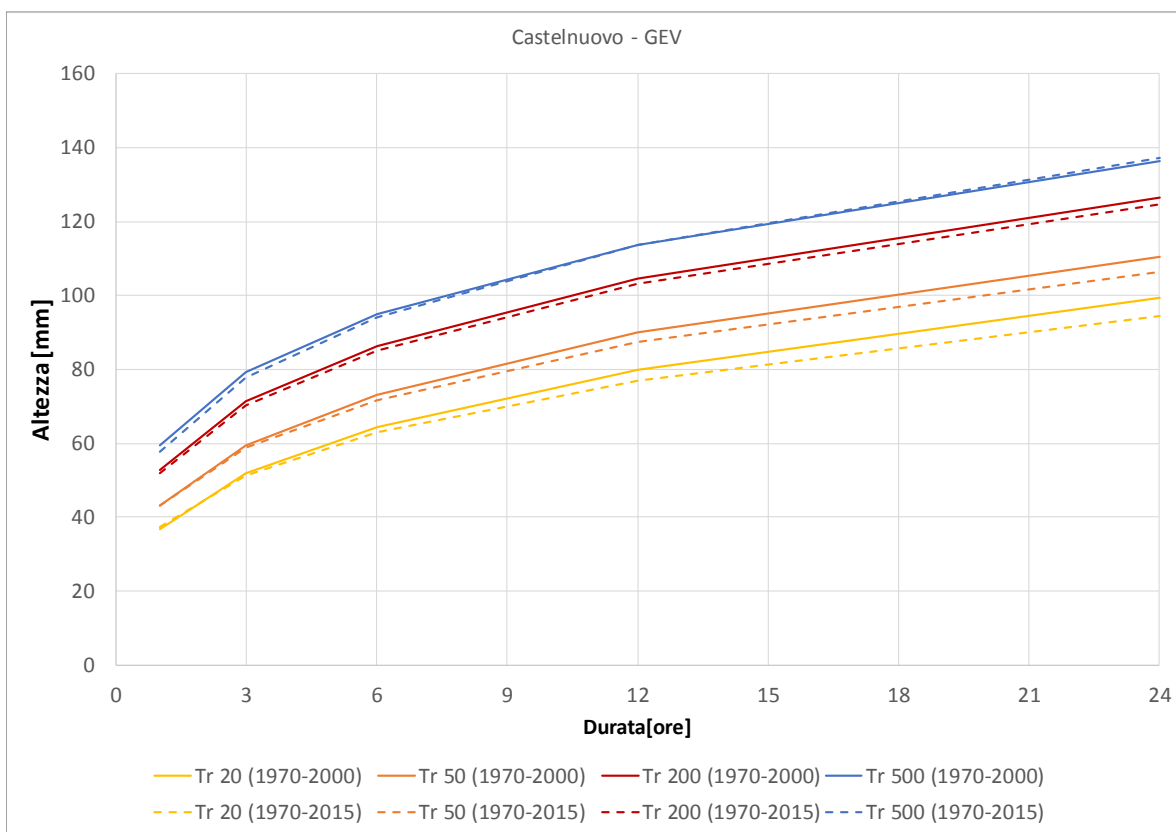


Figura 2.3 – Stazione di Castelnuovo de' Monti - Curve di possibilità pluviometrica – Distribuzione GEV



2.3 Analisi dell'idrologia di piena

L'aggiornamento dell'idrologia di piena è stato effettuato utilizzando un modello afflussi-deflussi basato sul codice di calcolo HEC-HMS, che riproduce in continuo i deflussi del bacino, sia durante gli eventi di precipitazione che nei periodi asciutti.

Il modello è stato tarato all'idrometro di Ca' de Caroli sui dati disponibili, con particolare attenzione agli eventi di piena maggiori.

Una volta tarato il modello è stato utilizzato per la generazione degli idrogrammi con determinato tempo di ritorno, utilizzando come input gli ietogrammi estremi sopra descritti, determinati a partire dai valori di pioggia ARPAE.

2.3.1 Costruzione del modello HMS

Il modello idrologico del comprensorio in fase di studio è stato realizzato con il codice HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center¹.

La suddivisione in sottobacini è stata effettuata in modo da prendere in considerazione i corsi d'acqua principali del bacino del Tresinaro chiuso a Rubiera, nel tratto di valle sono stati considerati i bacini residui tra Ca' de Caroli e la confluenza del Riazzone ed il Riazzone stesso. L'intero bacino del Tresinaro, che ha un'estensione di circa 150 km² a Ca' de Caroli e di circa 220 km² alla confluenza con il Secchia, è stato suddiviso in 19 sottobacini, di estensione variabile da pochi km² fino a circa 40 km².

¹ <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

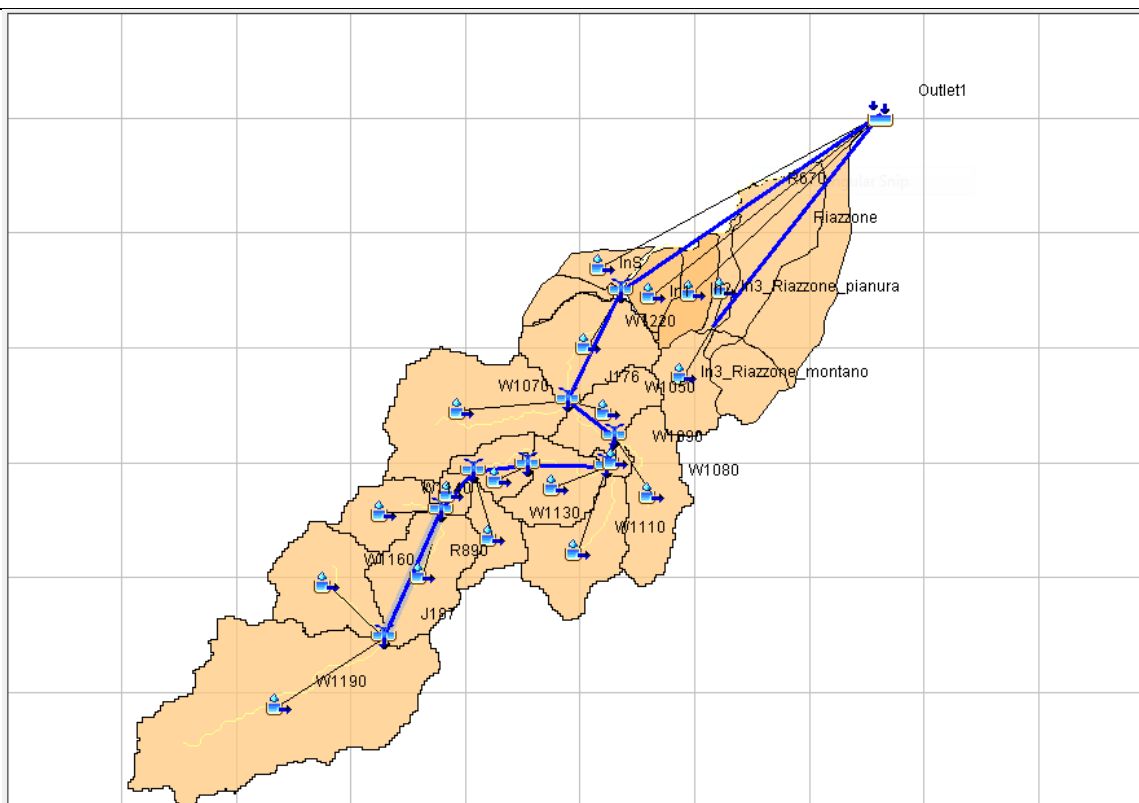


Figura 2.4 – Schematizzazione in sottobacini del modello idrologico

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, queste sono costituite dalle serie pluviometriche (osservate o di progetto) relative alle 6 stazioni ARPAE descritte nei paragrafi precedenti. I valori di pioggia alle stazioni sono stati pesati secondo l'inverso del quadrato della distanza rispetto alle coordinate del baricentro di ogni sottobacino.

La tabella seguente riporta il peso di ogni stazione sul bacino complessivo.

| Baiso | Ca' de Caroli | Carpinetti ARPAE | Marzaglia | Ponte Cavola | S.Valentino |
|--------------|----------------------|-------------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 21% | 26% | 24% | 7% | 3% | 19% |

2.3.2 Calibrazione del modello

Per la calibrazione è stata condotta una simulazione in continuo per l'intero periodo in cui sono disponibili dati osservati sia di pioggia che di portata, ossia, globalmente, dal 2003 al 2016, settando i parametri del modello in modo da riprodurre quanto possibile i dati di portata osservati.

I grafici che seguono mostrano il confronto tra portate stimate e calcolate per l'evento più gravoso all'interno della finestra temporale presa in esame.

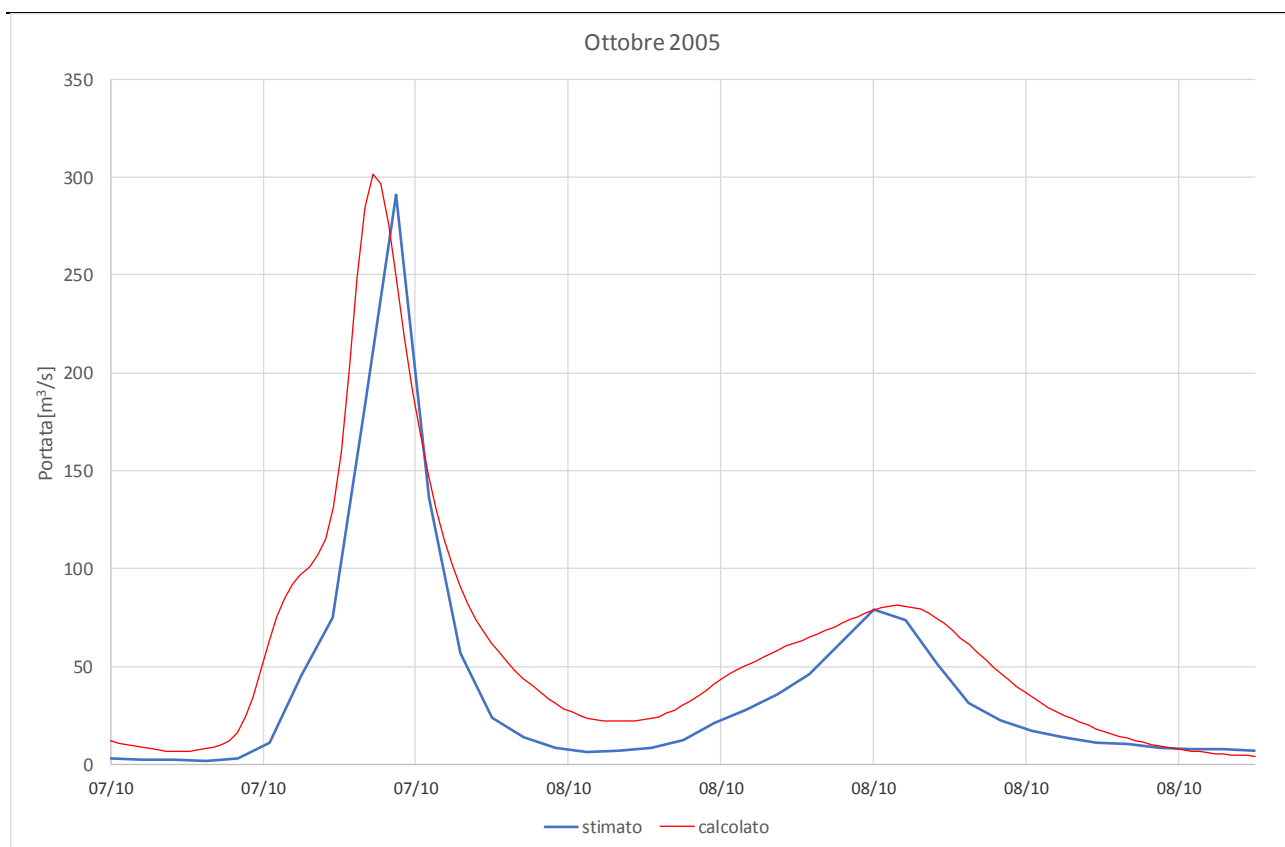


Figura 2.5 – Confronto portate stimate e calcolate per l'evento di ottobre 2005

2.3.3 Scenari di simulazione e risultati

I valori di pioggia estremi per assegnata durata e tempo di ritorno secondo ARPAE sono stati utilizzati per la definizione degli ietogrammi da utilizzare come condizioni al contorno per il modello idrologico per la definizione degli idrogrammi di portata per diversi tempi di ritorno. Si è scelto di utilizzare ietogrammi di tipo Chicago2; nello ietogramma Chicago con durata totale di 24 ore con picco centrale pari a 6 ore, che corrisponde all'incirca al tempo di corrivazione del bacino calcolato a Ca' de Caroli.

La risposta idrologica di un bacino non dipende solamente dall'evento meteorico estremo, ma anche dallo stato di imbibizione del bacino che è la risultante della situazione climatica dei mesi precedenti all'evento. Per tale motivo sono state analizzate le serie storiche di portata per individuare i classici periodi in cui si verificano le piene, che sono risultati corrispondere ai mesi di ottobre e marzo. Gli eventi pluviometrici estremi individuati dall'analisi statistica, sono stati quindi temporalmente collocati all'interno delle serie storiche misurate in modo da creare delle condizioni iniziali di evento plausibili e valutare l'impatto di diverse condizioni antecedenti all'evento.

In aggiunta alle condizioni iniziali del bacino all'arrivo dell'evento estremo, per la definizione degli scenari di simulazione, è stata presa in considerazione anche la variabilità dei dati di pioggia

² Kiefer, C.J. and Chu, H.H., "Synthetic Storm Pattern for Drainage Design," Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 83, No. HY4, August, 1957, pp. 1-25.



osservati. Gli idrologi si trovano a dover affrontare la variabilità spaziale degli eventi di precipitazione; uno degli strumenti primari usati per descrivere questo concetto è il coefficiente di ragguglio o fattore di riduzione areale (ARF)³, che stima la frazione di altezza di pioggia puntuale da applicare alla stessa ai fini di ottenere il valore di altezza omogenea da considerare per l'area in esame.

Sono stati quindi presi in esame due condizioni iniziali di evento (ottobre e marzo) e tre coefficienti di ragguglio (1.0, 0.95, 0.90), portando a identificare un totale di 6 scenari di simulazione e alla definizione di altrettanti idrogrammi di progetto all'idrometro di Ca' de Caroli, per i tempi di ritorno di 20, 50, 200 e 500 anni. La Tabella 2-1 riporta per ogni scenario e tempo di ritorno la relativa portata di picco ottenuta a Ca' de Caroli.

Tabella 2-1 – Portate calcolate a Ca' de Caroli per scenario analizzato

| Condizioni Iniziali | Coefficiente di ragguglio | TR 20 | TR 50 | TR 200 | TR 500 |
|---------------------|---------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Ottobre | 1.0 | 235 | 310 | 425 | 510 |
| | 0.95 | 210 | 280 | 390 | 470 |
| | 0.90 | 170 | 235 | 340 | 415 |
| Marzo | 1.0 | 410 | 480 | 600 | 670 |
| | 0.95 | 385 | 455 | 565 | 640 |
| | 0.90 | 365 | 430 | 535 | 600 |

I valori al picco risultano essere fortemente influenzati dalle condizioni iniziali. Le portate estreme inoltre, sebbene in misura minore, risultano influenzate anche dal coefficiente di ragguglio utilizzato.

L'analisi delle serie storiche di pioggia ha suggerito di ritenere maggiormente valide le portate ottenute con le condizioni iniziali di ottobre. Infatti, per durate di 6 ore gli eventi più gravosi ai pluviometri di Baiso e Ca' de Caroli si sono manifestati nel periodo maggio-novembre.

Si è inoltre ritenuto di considerare più rappresentativi gli idrogrammi di portata ottenuti con un coefficiente di ragguglio 0.95.

Nella tabella seguente si riporta il confronto tra i valori ottenuti nella presente analisi e quelli ottenuti in SP 1.4 e negli studi idrologici a supporto dell'aggiornamento del PTCP.

³ Natural Environment Research Council (NERC) (1975). Flood Studies Report. Vol. 1, London.



Tabella 2-2 – Confronto a Ca' de' Caroli tra i valori della portata al colmo ottenuti nella presente analisi e quelli di Sp1.4 e PTCP

| Tempo di ritorno [anni] | Presente analisi Ca' de Caroli [m ³ /s] | SP 1.4 Ca' de Caroli [m ³ /s] | PTCP Ca' de Caroli [m ³ /s] |
|-------------------------|--|--|--|
| 20 | 210 | 164 | 264 |
| 50 | 280 | | 304 |
| 100 | | 250 | 335 |
| 200 | 390 | 283 | 366 |
| 500 | 470 | 310 | 405 |

Il confronto a Rubiera non è significativo, dal momento che nel presente studio la propagazione di piena viene eseguita tenendo conto delle esondazioni, diversamente dagli studi precedenti. E' però possibile confrontare le stime dei contributi degli interbacini e dei sottobacini tra Ca' de Caroli e Rubiera con gli incrementi di portata nello stesso tratto derivanti dalle stime idrologiche di SP 1.4 e del PTCP. Poiché i contributi del presente studio non entrano necessariamente in fase, i valori indicati sono un limite superiore.

Tabella 2-3 – Confronto tra incrementi di portata al colmo da Ca' de' Caroli a Rubiera ottenuti nella presente analisi e quelli ottenuti in SP 1.4

| Tempo di ritorno [anni] | Presente analisi: contributo totale [m ³ /s] | SP 1.4 Incremento portata [m ³ /s] | PTCP Incremento portata [m ³ /s] |
|-------------------------|---|---|---|
| 20 | 26 | 45 | 13 |
| 50 | 34 | | 15 |
| 100 | | 77 | 16 |
| 200 | 45 | 87 | 18 |
| 500 | 53 | 100 | 19 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

L'incremento di portata che viene assunto tra Ca' de Caroli e la confluenza Secchia assunto in SP 1.4 appare eccessivo e determinato da un'analisi teorica del deflusso potenziale, infatti il bacino contribuente residuo, seppur di una certa entità (circa 70 km²) è principalmente di pianura e per buona parte afferente ad un tratto arginato del Tresinaro.

Come già precedentemente accennato nel presente studio è stato considerato il contributo del bacino residuo fino alla confluenza del Riazzone, trascurando il contributo del Canalazzo che confluisce nel tratto terminale del Tresinaro. Si ritiene che l'errore che si commette nel trascurare tale contributo sia inferiore a quello commesso nella stima delle portate a Ca' de Caroli e nella conseguente analisi dei livelli idrometrici lungo l'asta.



3 Analisi idraulica

3.1 Analisi dei dati topografici

Come dati topografici sono presenti 3 rilievi distinti:

- rilievo STB (1988),
- rilievo SP 1.4 (2001),
- DTM 2017.

Il confronto tra le sezioni di rilievo STB e il DTM 2017 ha evidenziato delle problematiche probabilmente dovute a riferimenti topografici diversi e non facilmente riducibili l'uno all'altro.

Il confronto tra le sezioni SP 1.4 e il DTM ha evidenziato invece una traslazione, all'incirca costante su tutto il tratto, di circa 60 cm.

Per la costruzione del modello idraulico, al fine di poter confrontare le quote assolute dei profili idrici, si è quindi considerata una traslazione di -60 cm di tutte le sezioni rilevate in SP 1.4.

Il confronto tra le sezioni SP 1.4 e il DTM 2017 ha evidenziato un forte restringimento dell'alveo nel tratto terminale del fiume. Per tale motivo è stato effettuato il confronto anche con il DTM 2008 (disponibile solo per il tratto terminale) che riproduce una situazione intermedia, si veda nella figura seguente il confronto per la sezione 4 di SP 1.4 a monte del ponte stradale di Rubiera.

A seguito del sopralluogo il restringimento riscontrabile dal DTM 2017 è stato imputato in parte all'evoluzione morfologica del tratto e in parte alla non precisa "ripulitura" dei dati grezzi per la presenza di forte vegetazione.

Nella costruzione del modello basato sulle sezioni estratte dal DTM 2017, le sezioni del tratto terminale sono state allargate a riprodurre una situazione intermedia tra il DTM 2008 e DTM 2017.

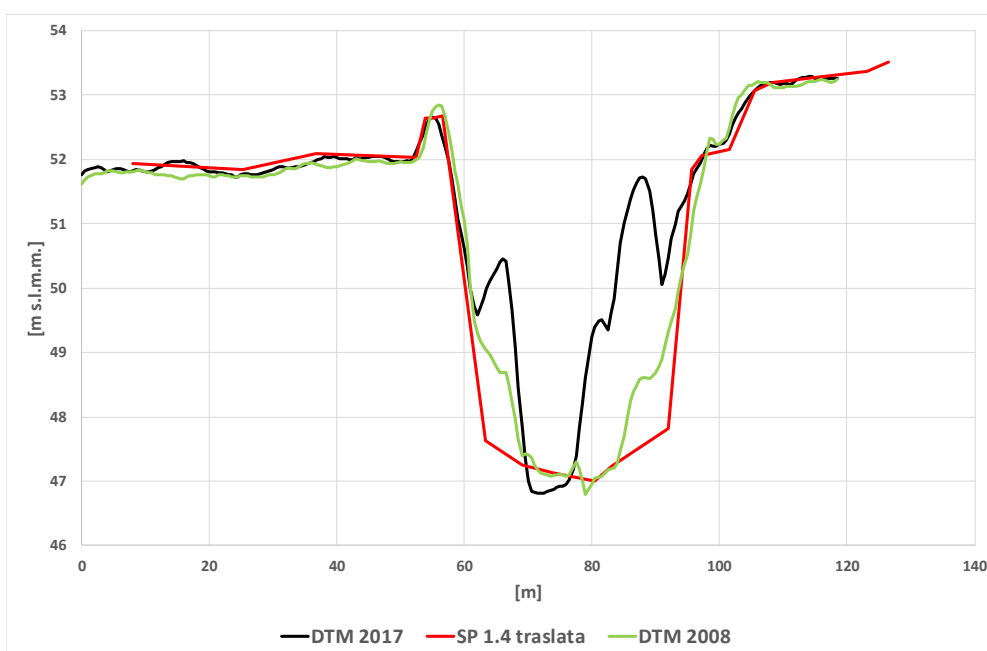


Figura 3.1 Confronto tra la sezione 4 SP 1.4 e i DTM 2017 e 2008



3.2 Costruzione dei modelli idraulici monodimensionali di asta

Per la costruzione dei modelli idraulici monodimensionali di asta è stato utilizzato il noto ed internazionalmente diffuso codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center⁴.

3.2.1 Modello SP 1.4

Con le 31 sezioni rilevate in SP 1.4, che vanno da poco a monte dell'idrometro di Ca' de Caroli alla confluenza in Secchia per un'estensione di circa 13 km, è stato realizzato un modello 1D rappresentativo della situazione meno recente del corso d'acqua. Tale modello ripropone, di fatto la geometria del modello utilizzato in SP1.4..

Nella schematizzazione sono inclusi 7 ponti e 5 briglie, come in SP1.4. I ponti non inseriti geometricamente nel modello sono quelli che, in base alle dimensioni e alla forma, sono stati giudicati non significativi in termini di interferenza con il deflusso.

Per una migliore rappresentazione del tratto di confluenza è stato incluso il tratto di Secchia che va dall'idrometro di Ponte Veggia e quello di Rubiera SS 9.

3.2.2 Modello DTM 2017

Dal DTM 2017 sono state estratte le sezioni nel tratto che va da Osteria vecchia alla confluenza in Secchia, per un'estensione di circa 23 km. Sono state estratte 386 sezioni con cui è stato realizzato il modello 1D della situazione attuale, inclusi gli interventi realizzati tra Arceto e il ponte di San Donnino.

Nella schematizzazione sono inclusi 7 ponti e 13 briglie. Per i ponti non inseriti vale lo stesso discorso fatto per il modello SP 1.4.

Per una migliore rappresentazione del tratto di confluenza è stato incluso il tratto di Secchia che va dall'idrometro di Ponte Veggia e quello di Rubiera SS 9.

La ragione dell'estensione del modello a monte di Ca' de' Caroli risiede nella necessità di disporre di un unico modello di asta attraverso il quale verificare anche i potenziali benefici di aree attrezzate per la laminazione a monte di Ca' de' Caroli. Poichè, tuttavia, non è disponibile nessun dato misurato utile per la taratura del tratto a monte di Ca' de' Caroli, nella successiva descrizione della calibrazione dei modelli si tratterà solo il tratto dall'idrometro di Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia. I coefficienti di scabrezza del trattop a monte sono stati desunti per analogia dai risultati di taratura, tenuto conto delle caratteristiche dell'alveo.

Le verifiche della capacità di deflusso e le analisi accoppiate 1D-2D, descritte nel seguito, sono state svolte solamente per il tratto a valle di Ca' de' Caroli, come previsto dal piano di lavoro. Il tratto da Osteria vecchia a Ca' de' Caroli, salvo alcune analisi di dettaglio relative alle configurazioni di progetto, eseguite nella zona a cavallo della confluenza del rio delle Viole, è stato analizzato con semplice schema monodimensionale, essendo funzionale alla corretta analisi della propagazione della piena, ma non alla definizione di dettaglio delle aree potenzialmente allagabili.

⁴ <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>



3.3 Calibrazione dei modelli

Per la calibrazione dei modelli sono a disposizione i seguenti dati:

- Portata stimata a Ca' de Caroli da ARPAE;
- Livelli misurati a Ca' de Caroli da ARPAE;
- Livelli misurati a Rubiera sul Tresinaro da ARPAE;
- Livelli misurati a Rubiera SS 9 sul Secchia da ARPAE (valori utilizzati come condizioni al contorno);
- Portate stimate a Ponte Veggia (valori utilizzati come condizioni al contorno).

Per quanto concerne i livelli misurati a Ca' de Caroli è definita anche la quota dello zero idrometrico, pertanto è possibile un confronto diretto con i livelli calcolati con il modello. Per l'idrometro di Rubiera invece non è disponibile tale dato, pertanto sono state effettuate una serie di analisi per definire un probabile valore dello zero idrometrico di questo idrometro, al termine delle quali è stato fissato uguale a quello dell'idrometro di Rubiera SS 9.

I modelli sono stati calibrati per riprodurre la scala di deflusso stimata da ARPAE a Ca' de Caroli e 6 eventi: 3 per il modello SP 1.4 (ottobre 2005, novembre 2005 e marzo 2007) e 3 per il modello DTM (febbraio 2015, febbraio 2016 e marzo 2018).

Nei modelli è stata considerata una scabrezza di fondo alveo costante per l'intero tratto pari a $0.04 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ secondo la notazione di Manning e una variabile tra 0.05 e $0.035 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Per le zone golenali è stato considerata una scabrezza di $0.06 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ in assenza di vegetazione e $0.08 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ in presenza di vegetazione arborea. Un aspetto importante riveste la scabrezza lungo le sponde, infatti RAS calcola una scabrezza complessiva d'alveo, utilizzando la formula di Einstein, in presenza di scabrezze diverse all'interno dell'alveo, definite per rappresentare la vegetazione sulle sponde. In questo caso sono state utilizzate scabrezze $0.065 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ e $0.08 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ a seconda della presenza o meno di vegetazione arborea.

Nelle analisi dei 6 eventi per il Tresinaro è stato considerato come input solo l'idrogramma stimato a Ca' de Caroli, trascurando l'apporto del bacino di valle, di difficile quantificazione.

3.3.1 Calibrazione sulla scala di deflusso di Ca' de Caroli

La prima calibrazione dei 2 modelli, indicati rispettivamente come *SP 1.4* e *DTM*, è stata sulla riproduzione della scala di deflusso stimata da ARPAE per il 2012. Questo ha consentito di valutare anche l'attendibilità dell'estrapolazione di detta scala, infatti i valori direttamente misurati si riferiscono solo a portate basse.

Il *modello SP 1.4* riproduce molto bene la scala di deflusso di ARPAE, Figura 3.2, mentre il *modello DTM* sottostima i livelli soprattutto per le portate basse. Nel caso del modello estratto dal DTM l'incongruenza è legata al fatto che pochi mesi prima della realizzazione del DTM è stato effettuato un allargamento d'alveo in corrispondenza del ponte di Ca' de Caroli, rendendo non più valida la scala definita da ARPAE nel 2012.

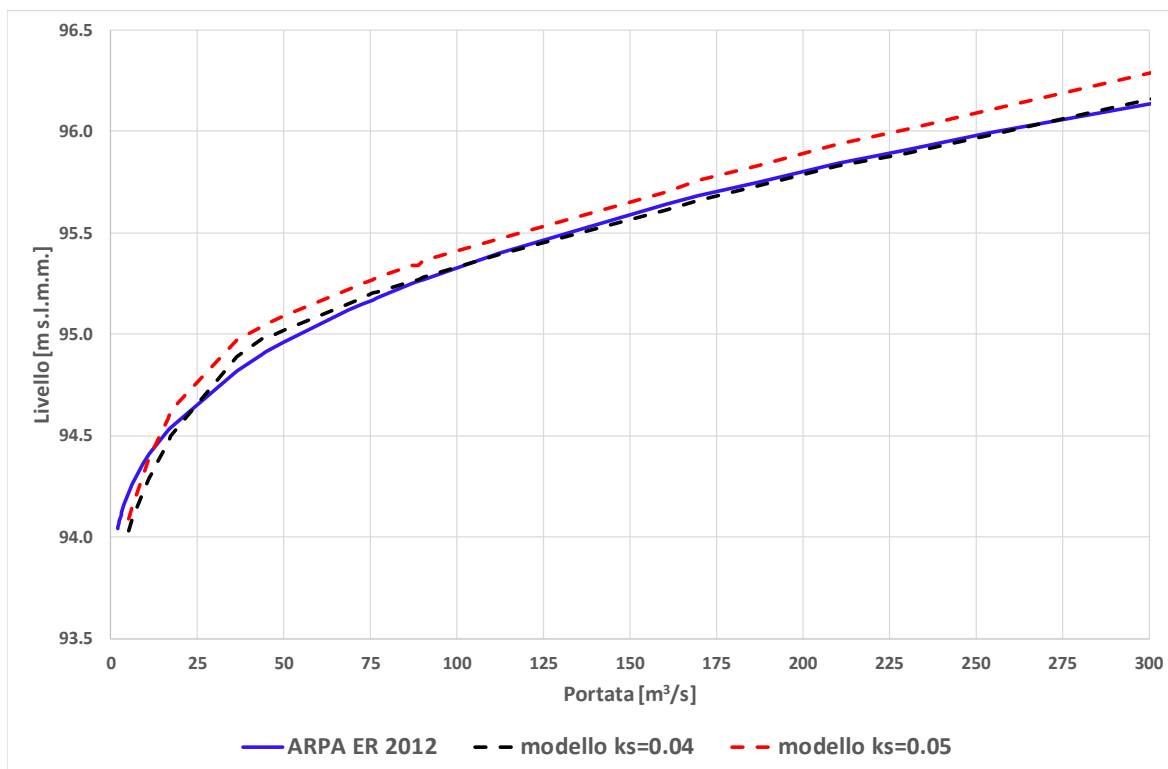


Figura 3.2 – Confronto tra la scala di deflusso ARPAE e quella riproducibile dal "modello SP 1.4"

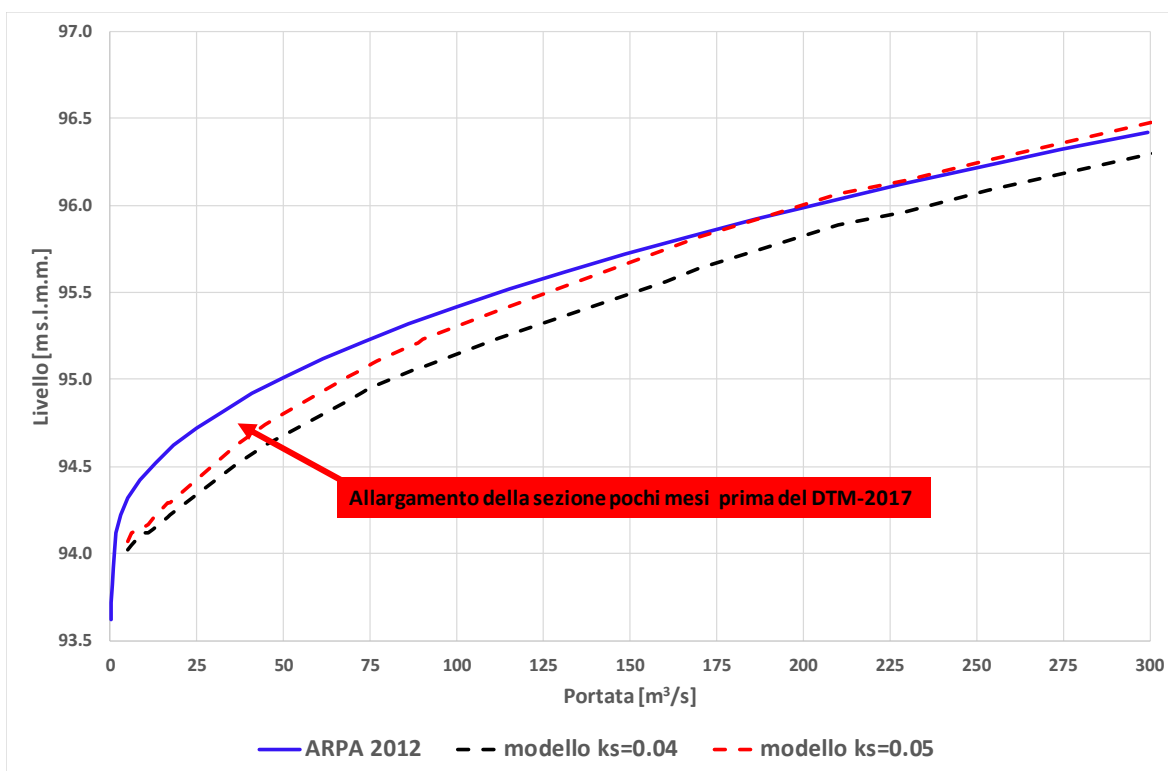


Figura 3.3 – Confronto tra la scala di deflusso ARPAE e quella riproducibile dal "modello DTM"



3.3.2 Parametri di scabrezza dei modelli

La calibrazione dei modelli ha portato ad una buona rappresentatività degli eventi misurati con un margine di approssimazione più che accettabile. Le simulazioni hanno evidenziato una variazione dell'ordine dei 10-15 cm al variare dei parametri di scabrezza o della variazione del 10% delle portate.

Le scabrezze, nel range testato, influenzano in modo trascurabile i tempi di traslazione tra Ca' de Caroli e Rubiera.

La differenziazione tra due configurazioni denominate "estate" ed "inverno" si è resa necessaria vista la notevole vegetazione riscontrabile in certi momenti dell'anno. La denominazione deriva dal fatto che è presumibile una vegetazione più rigogliosa durante il periodo estivo rispetto a quello invernale. In realtà la presenza di vegetazione dipende maggiormente dalle operazioni di sfalcio compiute dagli enti competenti, per cui la differenziazione tra i due scenari permette di valutare anche l'importanza di tali operazioni.



3.4 Verifica della capacità di deflusso

3.4.1 Confronto tra la situazione descritta in SP1.4 e la situazione attuale

Per la verifica della capacità di deflusso per entrambi i modelli, *SP 1.4* e *DTM*, sono state eseguite simulazioni in moto stazionario con portata variabile da 100 a 500 m³/s. Per ogni simulazione il deflusso è stato imposto all'interno delle sponde dell'alveo, al di là dell'effettiva capacità delle sponde di contenerlo.

Il confronto puntuale tra i 2 modelli risulta problematico. Il modello con sezioni estratte da *DTM* descrive in modo preciso l'intero corso d'acqua, infatti le sezioni sono state estratte in modo tale che la variazione tra una sezione e la successiva possa ritenersi lineare. Nel modello con sezioni *SP 1.4* invece la descrizione dell'alveo tra una sezione di rilievo e la successiva è stata realizzata interpolando linearmente tra le sezioni. Manca pertanto l'informazione relativa alla presenza, tra una sezione e l'altra, di differenti capacità di contenimento rispetto a quelle note sulle sezioni.

In sintesi, il confronto tra le due situazioni mette in evidenza che:

- a monte di Arceto, dove non sono stati eseguiti interventi i due modelli indicano all'incirca la stessa capacità di deflusso;
- nel tratto oggetto dell'intervento di sistemazione tra Arceto e il ponte di San Donnino, il modello *SP 1.4*, pre-interventi di arginatura, definisce una capacità media di deflusso di 180 m³/s, con alcuni punti di capacità inferiore, tra cui, in particolare il valore minimo di 140 m³/s in corrispondenza della sezione 14 di *SP 1.4*, poco a valle della traversa di Gazzolo, in destra. Il modello *DTM*, che descrive la geometria attuale, con argini esistenti, mediamente contiene una portata di 290 m³/s;
- nel tratto tra il ponte di San Donnino e la traversa della macina di Carpi, i due modelli indicano all'incirca la stessa capacità di deflusso salvo il primo tratto a monte della Macina di Carpi, oggetto di recente sistemazione;
- nel tratto focivo, a valle della traversa della Macina di Carpi, invece, si ha un maggior contenimento delle portate nel modello *SP 1.4*, con valori superiori a 500 m³/s, come già evidenziato nel paragrafo 3.1 le sezioni di rilievo *SP 1.4* sono molto più ampie di quelle estratte dal *DTM 2017* (ma anche di quelle estratte dal *DTM 2008*);

3.4.2 Analisi di dettaglio della capacità di deflusso attuale

La valutazione della capacità di deflusso attuale è stata compiuta analizzando, sezione per sezione, la massima capacità di contenimento di ogni estremo della sezione dell'alveo l'analisi puntuale è stata compiuta mediante confronto tra le quote di contenimento in sinistra ed in destra idraulica e i livelli di piena associabili alla serie dei valori di portata compresi tra 100 e 500 m³/s, con incremento di 10 m³/s. Le quote di contenimento sono state individuate puntualmente facendo riferimento alle sponde dell'alveo inciso e quando necessario, dell'alveo di piena, individuando così, sezione per sezione, una capacità di deflusso dell'alveo inciso e una dell'alveo di piena.

A tal riguardo è opportuno precisare il significato attribuito ai due termini nella presente analisi:



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

- per capacità dell'alveo inciso si è intesa non la portata a piene rive dell'alveo inciso, che è normalmente riferita alle quote delle sue sponde naturali, ma quella massima transitabile grazie anche alla presenza del sistema difensivo artificiale, quando prossimo alle sponde;
- per alveo di piena si è inteso l'insieme composto dall'alveo inciso e dalle parti esterne ad esso confinate da terrazzi o rilevati artificiali (non necessariamente prossimi alle sponde), in cui le acque di piena defluiscono in direzione prevalentemente parallela all'asse fluviale e dopo un certo percorso, rientrano nell'alveo inciso.

Per l'asta del Tresinaro da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia, a valle del ponte di Arceto, le capacità dell'alveo inciso e dell'alveo di piena coincidono. Invece, a monte del ponte di Arceto, le due capacità di deflusso sono diverse, poichè, per tratti, vi sono zone di deflusso in piena esterne all'alveo inciso e non interessanti edifici o infrastrutture, alternate a punti o tratti "stretti" in cui le acque rientrano nell'alveo inciso, per esempio per la presenza di attraversamenti. Ciò avviene in particolare

- in sinistra idraulica tra la sezione dell'idrometro di Ca' de' Caroli e il ponte della SP 467 R di Scandiano,
- in destra idraulica tra il ponte di Via del Cristo e il ponte della SP 52,
- in sinistra idraulica tra il ponte della SP 52 e il doppio salto a monte di Arceto;
- in destra idraulica tra il ponte della SP 52 e il ponte di Arceto.

Dal punto di vista del deflusso, anche dal ponte di Arceto alla confluenza in Secchia, in destra idraulica, vi è una fascia di territorio posta all'esterno del sistema arginale di contenimento dei livelli che, per le caratteristiche topografiche sarebbe soggetta ad un deflusso prevalentemente parallelo al corso d'acqua e con alcuni punti di rientro delle acque nell'alveo inciso, almeno nella fase calante della piena. Tuttavia tale porzione di territorio è difesa, a monte del ponte di San Donnino, dal sistema arginale continuo di recente costruzione, a valle di esso da un più antico sistema arginale, di dimensioni minori, fino alla traversa della Macina di Carpi, mentre a valle di essa, pur mancando il sistema arginale, vi è una diffusa urbanizzazione, che obbliga a non poter considerare nella presente analisi tale fascia come fascia di deflusso di piena contribuente alla capacità di deflusso totale,, benché attualmente si comporti in questo modo.

Riguardo alle caratteristiche del territorio suddetto, quindi, si può già ora evidenziare la netta differenza tra il tratto compreso tra la traversa di Gazzolo ed la confluenza del Canalazzo e quello compreso tra la confluenza del Canalazzo e la confluenza in Secchia: nel primo vi sono alcuni insediamenti e case sparse alternati ad ampie porzioni di territorio ad uso agricolo, mentre il secondo è quasi completamente urbanizzato.

Fatte queste premesse, nelle due tabelle che seguono si riportano in sintesi, per tratti, le capacità di deflusso da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia,



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Nella seguente tabella si riporta la **minima capacità di deflusso** attualmente stimata individuando due valori, uno relativo alla capacità dell'alveo inciso e l'altro alla capacità dell'alveo di piena.

Tabella 3-1 – Capacità di deflusso minima dell'alveo inciso e dell'alveo di piena

| CAPACITA' DI DEFLUSSO MINIMA | | | ALVEO INCISO | | ALVEO DI PIENA | |
|---|-------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | config. inverno | config. estate | config. inverno | config. estate |
| Tratto | da sezione RAS RS | a sezione RAS RS | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] |
| Idrometro di Ca' de' Caroli - ponte di Via del Cristo | 12530.5 | 10738.6 | 140 | 140 | 280 | 280 |
| ponte di Via del Cristo - ponte della SP 52 | 10656.3 | 9787.9 | 160 | 150 | 260 | 250 |
| ponte della SP 52 - doppio salto a monte di Arceto | 9755.2 | 8769.9 | 120 | 110 | 250 | 240 |
| doppio salto a monte di Arceto - ponte di Arceto | 8744.9 | 6959.8 | 120 | 110 | 220 | 200 |
| ponte di Arceto - traversa di Gazzolo | 6933.1 | 5819.6 | 310 | 300 | 310 | 300 |
| traversa di Gazzolo - ponte di San Donnino | 5804.1 | 4215.0 | 270 | 260 | 270 | 260 |
| ponte di San Donnino - confluenza del Canalazzo | 4187.0 | 2882.7 | 140 | 110 | 140 | 110 |
| confluenza Canalazzo - traversa della Macina di Carpi | 2792.8 | 2185.9 | 180 | 150 | 180 | 150 |
| traversa Macina di Carpi - Confluenza in Secchia | 2156.4 | 0.0 | 200 | 180 | 200 | 180 |

Nella seguente tabella si riporta in sintesi, per tratti, la **capacità di deflusso media** di ogni tratto, a confronto con quella minima.

Tabella 3-2 – Capacità di deflusso media dell'alveo di piena a confronto con quella minima

| CAPACITA' DI DEFLUSSO ALVEO DI PIENA | | | CAP. MINIMA | | CAP. MEDIA | |
|---|-------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | config. inverno | config. estate | config. inverno | config. estate |
| Tratto | da sezione RAS RS | a sezione RAS RS | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] | Portata contenuta [m ³ /s] |
| Idrometro di Ca' de' Caroli - ponte di Via del Cristo | 12530.5 | 10738.6 | 280 | 280 | 300 | 300 |
| ponte di Via del Cristo - ponte della SP 52 | 10656.3 | 9787.9 | 260 | 250 | 310 | 300 |
| ponte della SP 52 - doppio salto a monte di Arceto | 9755.2 | 8769.9 | 250 | 240 | 300 | 290 |
| doppio salto a monte di Arceto - ponte di Arceto | 8744.9 | 6959.8 | 220 | 200 | 300 | 280 |
| ponte di Arceto - traversa di Gazzolo | 6933.1 | 5819.6 | 310 | 300 | 360 | 340 |
| traversa di Gazzolo - ponte di San Donnino | 5804.1 | 4215.0 | 270 | 260 | 310 | 290 |
| ponte di San Donnino - confluenza del Canalazzo | 4187.0 | 2882.7 | 140 | 110 | 170 | 150 |
| confluenza Canalazzo - traversa della Macina di Carpi | 2792.8 | 2185.9 | 180 | 150 | 250 | 240 |
| traversa Macina di Carpi - Confluenza in Secchia | 2156.4 | 0.0 | 200 | 180 | 260 | 250 |



Tale confronto è significativo, poiché **la capacità di deflusso media rappresenta l'attuale potenzialità dell'alveo di piena**, raggiungibile con modesti adeguamenti del sistema difensivo, capaci di riportare al valore medio anche i punti più critici che hanno capacità di deflusso minima. **L'aumento della capacità di deflusso oltre i valori medi, richiede invece diffusi interventi di adeguamento delle sezioni** (per allargamento e/o per innalzamento delle quote di contenimento dei livelli) interessanti tutto il tratto o almeno per una rilevante parte di esso.

Per eseguire il confronto tra le capacità di deflusso e le portate di assegnato tempo di ritorno assunte, si farà ora riferimento alla condizione di vegetazione dell'alveo, e quindi di resistenza al moto, relativa alla configurazione dell'alveo indicata come "estiva", più cautelativa di quella "invernale", ma ben rappresentativa, poiché tra le due situazioni vi sono differenze percentuali comprese tra il 5 e il 10 %.

Ricordando che il valore al colmo della portata assunta nel presente studio a Ca' de' Caroli, per il tempo di ritorno di 20, 50, 200 e 500 anni, corrisponde rispettivamente a 210 m³/s, 280 m³/s, 390 m³/s e 470 m³/s, è immediato notare che, lungo tutta l'asta, la capacità di deflusso media è sempre inferiore alla portata al colmo di tempo di ritorno di 200 anni.

A monte del ponte di Arceto, non vi sono grosse differenze tra i tratti di suddivisione e la capacità di deflusso media è di poco superiore alla portata al colmo di tempo di ritorno di 50 anni.

Dal ponte di Arceto al ponte di San Donnino si evidenzia invece una maggior capacità del primo tratto di suddivisione, a monte della traversa di Gazzolo, rispetto al secondo, che si attesta sugli stessi valori medi presenti a monte di Arceto.

Dal ponte di San Donnino alla confluenza in Secchia si evidenzia una ridottissima capacità del primo tratto di suddivisione, fino alla confluenza del Canalazzo, ove la capacità di deflusso media è inferiore al valore della portata al colmo di tempo di ritorno di 20 anni. Nei tratti successivi, la capacità di deflusso media è maggiore, ma sempre decisamente insufficiente rispetto alla piena di riferimento, attestandosi su valori compresi tra i 20 e i 50 anni di tempo di ritorno.

Per quanto riguarda i punti critici, in corrispondenza dei quali si hanno i valori minimi della capacità di deflusso, le principali criticità sono localizzate come di seguito descritto:

- nel tratto dal ponte di via del Cristo al ponte della SP 52, l'inadeguatezza della sponda sinistra di alcune sezioni, riduce la capacità di deflusso a valori inferiori ai 50 anni di tempo di ritorno;
- nel tratto tra il ponte della SP 52 e il doppio salto a monte di Arceto, l'inadeguatezza delle quote di contenimento, sia in destra che in sinistra, limitatamente ad alcune sezioni, riduce la capacità di deflusso a valori inferiori ai 50 anni di tempo di ritorno;
- nel tratto tra il doppio salto a monte di Arceto ed il ponte di Arceto, l'inadeguatezza della sponda sinistra di alcune sezioni intermedie e quella della sponda destra di alcune sezioni terminali, riduce la capacità di deflusso a valori inferiori ai 20 anni di tempo di ritorno;



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

-
- nel tratto tra la traversa di Gazzolo e il ponte di San Donnino, limitatamente ad alcune sezioni, soprattutto in sponda destra, la capacità di deflusso scende poco al di sotto del valore di 50 anni di tempo di ritorno;
 - tra il ponte di San Donnino e la confluenza in secchia si verificano diverse locali situazioni di insufficienza superiore a quella media del tratto, per minor parte in sponda sinistra e per maggior parte in sponda destra, che riducono la capacità di deflusso a valori decisamente inferiori al tempo di ritorno di 20 anni.



3.5 Simulazioni di asta in moto vario per assegnati tempi di ritorno

Per l'individuazione dei tratti critici e delle portate di esondazione per i tempi di ritorno di 20, 50, 200 e 500 anni il modello 1D con sezioni estratte da DTM, sviluppato da Osteria vecchia alla confluenza in Secchia, è stato accoppiato con un modello 2D delle aree di esondazione nel tratto a valle di Ca' de' Caroli, per avere in esso una corretta simulazione delle dinamiche di esondazione. Pertanto, il corso d'acqua è rappresentato con schematizzazione monodimensionale, mentre le aree inondabili sono schematizzate con griglia 2D e il collegamento tra 1D e 2D avviene attraverso strutture di sfioro laterali. La confluenza in Secchia è analizzata mediante modellazione di un tratto di Secchia a cavallo della confluenza.

Per le condizioni al contorno sul Secchia si è fatto riferimento a 2 diverse ipotesi:

- piena di solo Tresinaro, in cui le portate ed i livelli del Secchia non influiscono sui livelli del tratto terminale del Tresinaro;
- contemporaneità delle piene Secchia e Tresinaro in cui l'evento di Secchia ha lo stesso tempo di ritorno dell'evento sul Tresinaro.

Per gli eventi con contemporaneità del Secchia i dati di input sul Secchia sono la portata a Ponte Veggia e livelli all'idrometro di Rubiera SS 9. Tali dati sono assunti uguali a quelli risultanti dalle analisi a supporto della redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

Le condizioni al contorno sul Tresinaro sono state imposte sulla base dei risultati del modello idrologico HMS utilizzando l'idrogramma risultante dal modello idrologico alla sezione di testa di Osteria vecchia e aggiungendo, lungo l'asta, gli idrogrammi dei sottobacini degli affluenti in modo concentrato e quelli dei versanti, relativi agli interbacini tra un affluente e l'altro, in modo distribuito. Tale configurazione è stata verificata nella sua complessiva corrispondenza, in termini di idrogrammi risultanti a Ca' de' Caroli, con quella del modello afflussi -deflussi di origine.

Come già premesso nei precedenti paragrafi, la necessità di analizzare anche l'effetto delle aree di laminazione controllata a monte di Rondinara, ha portato alla costruzione di un modello idraulico di asta così esteso. Tale impostazione ha permesso di simulare il funzionamento idraulico dell'asta a monte di Ca' de' Caroli e pertanto di ottenere l'effetto delle aree di laminazione di monte sull'idrogramma di portata a Ca' de' Caroli. La descrizione dell'applicazione del modello agli scenari di laminazione di progetto verrà svolta nel capitolo 5

La situazione in termini di idrogrammi di portata lungo il tratto di asta a monte di Ca' de' Caroli, per lo scenario attuale e il Tempo di ritorno di 200 anni, è sinteticamente rappresentata dal grafico di confronto tra l'idrogramma alla sezione di testa e alla sezione di Ca' de' Caroli.



Figura 3.4 – Idrogramma di testa (circa 2 km a monte della confluenza del rio delle Viole)

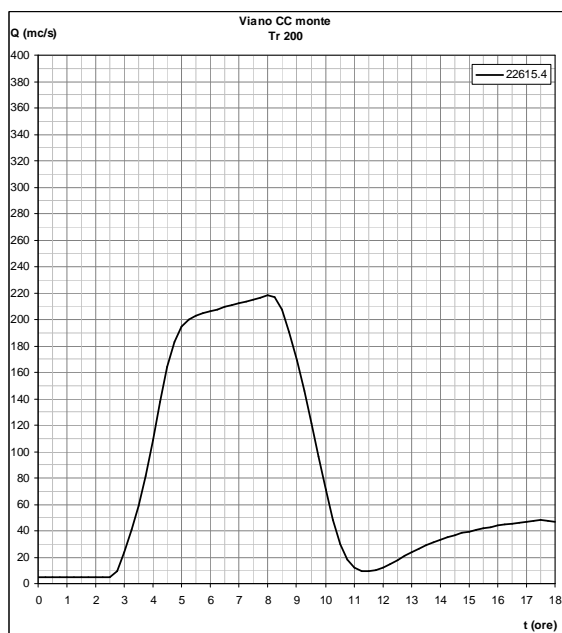
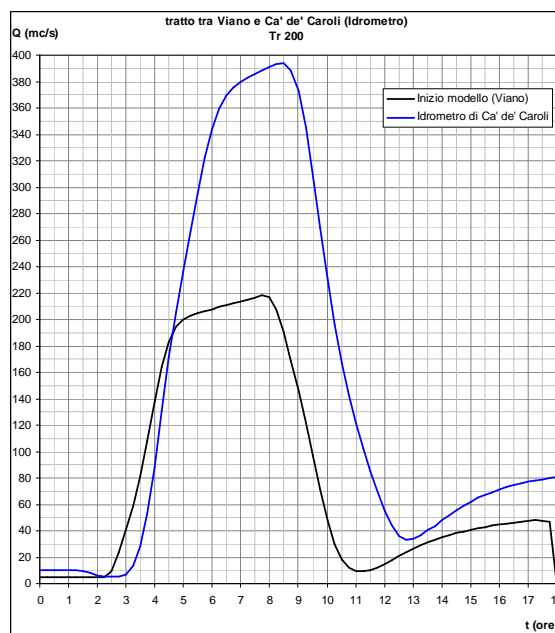


Figura 3.5 – Idrogramma a Ca' de' Caroli (confronto con l'idrogramma di testa)



3.5.1 Risultati delle analisi di moto vario a monte di Ca' de' Caroli

Come già accennato, in tale tratto è di interesse soprattutto la propagazione della piena e, in particolare, la combinazione tra gli effetti di incremento dei colmi e dei volumi di piena dovuto agli apporti degli interbacini e dei sottobacini e gli effetti di naturale laminazione. Tale combinazione, per le caratteristiche tipicamente torrentizie del tratto, evidenzia il notevole incremento degli idrogrammi di portata, in termini di colmo e di volume, via via che si scende verso Ca' de' Caroli.

La caratteristica di questo tratto, pertanto, è più di tipo formativo che di tipo propagativo/laminativo e ciò induce già a supporre che l'individuazione di una sola area di laminazione all'inizio del tratto non possa avere la stessa efficacia per tutti i differenti tipi di evento pluviometrico possibili.



3.5.2 Risultati delle analisi di moto vario a valle di Ca' de' Caroli

Per il tratto a valle di Ca' de' Caroli, oggetto principale delle analisi, la rappresentazione dei risultati delle analisi in moto vario viene eseguita in modo esteso, per i diversi tempi di ritorno, descrivendo però con particolare dettaglio l'evento di piena di riferimento per la pianificazione, con tempo di ritorno di 200 anni.

Nella tabella seguente sono riportate le portate al colmo a Ca' de Caroli e in confluenza Secchia per i vari scenari simulati. L'indicazione "Tresinaro Secchia" individua l' evento contemporaneo sul Tresinaro e sul Secchia.

Tabella 3-3 – Portate al colmo per i diversi scenari

| Scenario | Ca' de Caroli [m ³ /s] | Confluenza [m ³ /s] |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Tr-20 Tresinaro inverno | 213 | 199 |
| Tr-20 Tresinaro estate | 213 | 178 |
| Tr-20 Tresinaro Secchia inverno | 213 | 199 |
| Tr-20 Tresinaro Secchia estate | 213 | 178 |
| Tr-50 Tresinaro inverno | 283 | 208 |
| Tr-50 Tresinaro estate | 283 | 184 |
| Tr-50 Tresinaro Secchia inverno | 283 | 208 |
| Tr-50 Tresinaro Secchia estate | 283 | 183 |
| Tr-200 Tresinaro inverno | 394 | 271 |
| Tr-200 Tresinaro estate | 394 | 263 |
| Tr-200 Tresinaro Secchia inverno | 394 | 268 |
| Tr-200 Tresinaro Secchia estate | 394 | 260 |
| Tr-500 Tresinaro inverno | 471 | 305 |
| Tr-500 Tresinaro estate | 471 | 289 |
| Tr-500 Tresinaro Secchia inverno | 471 | 294 |
| Tr-500 Tresinaro Secchia estate | 471 | 279 |

Per il tempo di ritorno di 200 anni, di riferimento per la valutazione delle condizioni di protezione idraulica e la pianificazione dell'assetto di progetto del corso d'acqua, si riporta di seguito una più estesa analisi dei risultati ottenuti in termini di portate al colmo

- La portata al colmo in arrivo al ponte dell'idrometro di Ca' de' Caroli, (ponte della pedemontana) è di circa **395 mc/s**
- La portata al colmo in arrivo al ponte di via del Cristo è di circa **400 mc/s**
- La portata al colmo in arrivo al ponte della SP 52 è di circa **385 mc/s**
- La portata in arrivo al ponte di Arceto è di circa **330 mc/s** (invernale **350 mc/s** con - 3cm di livello rispetto ad estivo)
- La portata in arrivo al ponte di San Donnino è di circa **320 mc/s** (invernale **350 mc/s** con - 5cm di livello rispetto ad estivo)



- la portata al colmo a valle dell'incrocio con via Madonna di Corticella si riduce quindi a **220 mc/s** (ivernale **255 mc/s** con livello praticamente coincidente)

- la portata al colmo alla confluenza del Canaletto e Canalazzo si riduce a **185 mc/s** (ivernale **215 mc/s** con livello praticamente coincidente)

NB: quando il livello in Tresinaro sale fino ad interessare la golena in sponda sx di fronte alla confluenza di Canaletto e Canalazzo (quota di circa 59 msm, corrispondente a una portata di circa 80 mc/s), per rigurgito negli stessi inizia anche l'allagamento dell'area compresa tra i due canali. Tale situazione corrisponde ad un tempo di ritorno ben minore di 20 anni. Ciò non è descritto nel modello di asta, dove si immagina l'argine continuo anche in corrispondenza del recapito di Canaletto e Canalazzo, allo scopo di analizzare le situazioni di insufficienza del Tresinaro. Pertanto nel modello l'area tra Canaletto e Canalazzo si allaga per portate in Tresinaro molto maggiori di 80 mc/s. L'area si allaga da monte per sormonto della sponda sx del Canaletto da parte delle acque esondate a monte e anche per sormonto dell'argine nei pressi della confluenza. Tale situazione si verifica per portate molto più alte, di circa **150 mc/s (170 mc/s** ivernale), la cui frequenza è comunque inferiore a 20 anni. La situazione di rigurgito nel Canalazzo e Canaletto è invece descritta in dettaglio nel modello bidimensionale eseguito in ambiente MIKE, sviluppato come descritto nel prossimo paragrafo.

- La portata in transito alla macina di Carpi è di circa **200 mc/s**,

- nel primo tratto in dx a valle della traversa le acque esondate a monte, rientrano in parte in alveo e la portata a valle del ponte di via Paolo Borsellino raggiunge il valore al colmo di **260 mc/s**

- il deflusso avviene nel tratto con franchi ridotti, ma vi sono solo limitatissime esondazioni (max 2 mc/s), in sinistra, poco a valle della traversa, tra le sezioni 1999.9 e 1855.3 (con interessamento parziale dell'area industriale), in destra, tra le sezioni 722.6 e 522.4 (a monte della passerella pedonale, con interessamento degli edifici di via Pedaggio Pedagna). Inoltre, immediatamente a monte del ponte della SP 6, risultano possibili esondazioni in dx e sx solo in concomitanza con la piena di Secchia, mentre, in dx, comunque, rientrano poi in alveo le acque esondate. La portata in confluenza Secchia mantiene pertanto il massimo valore di circa **260 mc/s** (in condizioni invernali sale a **270 mc/s**).

3.5.3 I volumi di esondazione dei diversi tratti nello scenario attuale

L'analisi per tratti dei volumi scambiati tra l'alveo e le aree esterne ad esso mette in evidenza:

- ridotti volumi di esondazione delle aree di Scandiano (in destra, tra Ca' de' Caroli e il Ponte della SS 467) e Fellegara (in sinistra, tra il Ponte della SS 467 e il Ponte della SP 52), che sono complessivamente inferiori a 0.25 Milioni di metri cubi;
- volumi di esondazione di circa 0.45 Milioni di metri cubi sia in sinistra che in destra tra la SP 52 e il Ponte di Arceto;
- volumi di esondazione di circa 1.35 Milioni di metri cubi in sinistra idraulica tra il Ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi;
- volumi di esondazione di circa 0.95 Milioni di metri cubi in destra idraulica tra il Ponte di San Donnino e la Macina di Carpi: questi ultimi, a differenza che per la sponda sinistra, rientrano quasi totalmente in alveo nel tratto a valle della traversa.



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Si riporta di seguito il grafico riepilogativo della situazione descritta, in cui è descritto sia l'andamento delle portate al colmo transitate nell'alveo inciso sezione per sezione, sia l'andamento schematico delle portate al colmo complessivamente defluite nell'alveo di piena. Dalla traversa di Gazzolo fino alla confluenza in Po i due andamenti coincidono.

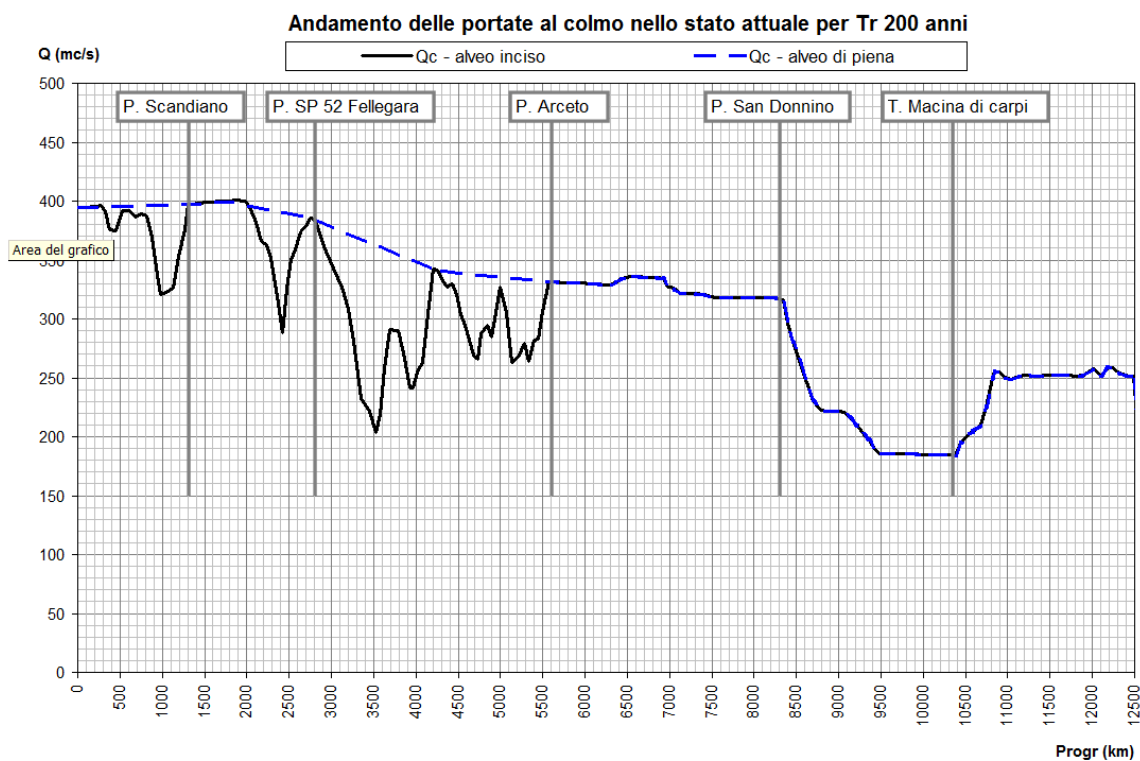


Figura 3.6 – Andamento delle portate al colmo lungo l'asta da Ca' de' Caroli alla confluenza in Po



3.6 Sintesi delle condizioni di criticità rispetto al deflusso di piena emerse dalle analisi di asta in moto vario

In base agli esiti delle analisi di asta, si possono individuare, per tratti, le criticità di seguito elencate.

Tratto in Comune di Scandiano, dalla passerella Pratissolo-Scandiano al ponte della SP 467R:

- le quote della sponda destra, e le quote di via Mazzini nel centro abitato di Scandiano, sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Scandiano, dal ponte di via del Cristo al ponte della SP 52:

- le quote della sponda sinistra sono inferiori, in due diversi punti, alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno, e circa uguali a quelle della piena di 50 anni di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Scandiano, dal ponte della SP 52 alla prima briglia a monte di Arceto:

- le quote della sponda sinistra e, nell'ultima parte, le quote della SP 52, sono inferiori alle quote di piena di **50 anni** di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Scandiano, dalla seconda briglia a monte di Arceto alla confluenza del rio Riazzone:

- le quote della sponda sinistra sono inferiori alle quote di piena di **50 anni** di tempo di ritorno e circa uguali a quelle della piena di 20 anni di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Scandiano, dalla confluenza del rio Riazzone al ponte di Arceto:

- le quote del piano di campagna (terrazzo) in sinistra sono superiori alle quote di piena, eccetto che nell'ultima parte, in prossimità del ponte, ove le quote del sistema difensivo appaiono insufficienti già per la piena di **50 anni** di tempo di ritorno;
- le quote del piano di campagna (terrazzo) in destra e, successivamente, le quote della SP66 sono superiori alle quote di piena, eccetto che nell'ultima parte, in avvicinamento al ponte di Arceto (località Villa Pecchione), ove essa risulta superata dalla piena di **50 anni** di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Scandiano, dal ponte di Arceto alla traversa di Gazzolo:

- subito a monte della traversa, le quote dell'argine sinistro sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno, mentre più a monte si verifica l'annullamento del franco;
- poco a monte della traversa, si ha l'annullamento del franco dell'argine destro per la piena di 200 anni di tempo di ritorno.



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Tratto in Comune di Scandiano e di Casalgrande, dalla traversa di Gazzolo al ponte di San Donnino:

- le quote dell'argine sinistro, nella parte intermedia del suo sviluppo, sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno, con diffuso annullamento del franco e possibilità di sormonto per pochi cm;
- le quote dell'argine destro, nella parte intermedia del suo sviluppo e nei pressi del ponte di San Donnino,, sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno, con diffuso annullamento del franco e possibilità di sormonto per pochi centimetri.

Tratto in Comune di Casalgrande, dal Ponte di San Donnino alla confluenza del Canalazzo:

- le quote di contenimento dei livelli di piena sono estesamente inadeguate sia in destra che in sinistra idraulica, e per più parti inferiori alle quote di piena di **20 anni** di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Rubiera, dalla traversa della Macina di Carpi al ponte di Via Salvaterra:

- le quote di contenimento dei livelli in sponda sinistra sono inferiori, in un breve tratto, alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno;
- di contenimento dei livelli sponda destra sono diffusamente inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno e, in alcuni punti, prossime a quelle della piena di 50 anni di tempo di ritorno.

Tratto in Comune di Rubiera, dal ponte di via Salvaterra alla confluenza in Secchia:

- le quote di contenimento dei livelli in sponda sinistra, nei primi 200 metri a monte del ponte della SP 6 sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno, mentre a monte si verifica l'annullamento del franco;
- le quote di contenimento dei livelli in sponda sinistra, nei primi 700 metri a monte del ponte della SP 6 sono inferiori alle quote di piena di **200 anni** di tempo di ritorno.



3.7 Analisi bidimensionale delle aree inondabili relative all'intero tratto in studio

Le analisi bidimensionali erano in origine previste con uno strumento di simulazione diverso, implementando un modello bidimensionale all'esterno dell'alveo di deflusso, a partire dai risultati, in termini di esondazioni, provenienti dalle analisi monodimensionali. Tuttavia, come descritto brevemente anche al paragrafo precedente, sono state eseguite anche con lo stesso modello implementato per l'individuazione dei tratti critici e delle portate di esondazione.

Pertanto, per caratterizzare la pericolosità di inondazione di tutti territori interessati dalle esondazioni del torrente Tresinaro nel tratto da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia, ci si è infine avvalsi di due strumenti di simulazione realizzati a partire dagli stessi dati: l'uno realizzato in ambiente *HEC*, l'altro in ambiente *MIKE*. Poiché tali strumenti hanno peculiarità proprie che li differenziano l'uno dall'altro, la realizzazione di entrambi ha permesso, da un lato, la verifica dell'affidabilità dei risultati ottenuti, dall'altro di utilizzare come valore aggiunto il fatto di poter disporre di risultati lievemente differenti che si collocano all'interno del campo di inevitabile incertezza di simulazioni di questo tipo, seppure, nel caso specifico, decisamente accurate. Per cautela, è stato quindi eseguito l'involuppo dei risultati delle simulazioni eseguite con i due strumenti di simulazione.

Un terzo strumento di simulazione è stato invece utilizzato per caratterizzare in maggior dettaglio la pericolosità di inondazione del centro abitato di Rubiera. Esso è stato realizzato in ambiente *InfoWorks* e di esso si dà descrizione al paragrafo seguente.

3.7.1 Modello in ambiente HEC

Per l'individuazione dei tratti critici e delle portate di esondazione per i tempi di ritorno di 20, 50, 200 e 500 anni il modello 1D con sezioni estratte da DTM è stato accoppiato con un modello 2D delle aree di esondazione per avere una corretta simulazione delle dinamiche di esondazione. Tale modello utilizza una griglia a maglie generalmente quadrate di lato 50 m, con individuazione di tutte le linee di discontinuità del terreno (*breaklines*) significative lungo in prossimità delle quali e lungo di esse, le maglie vengono adattate tramite trasformazione parziale in poligoni irregolari di tre o più lati e di dimensioni decisamente inferiori.

Le condizioni al contorno sul Tresinaro sono state imposte sulla base dei risultati del modello idrologico HMS (cfr. paragrafo 2.3.3) inserendo nelle corrette sezioni i contributi derivanti da questo. Per le condizioni al contorno sul Secchia si è fatto invece riferimento a 2 diverse ipotesi:

- piena di solo Tresinaro, in cui le portate ed i livelli del Secchia non influiscono sui livelli del tratto terminale del Tresinaro;
- contemporaneità delle piene Secchia e Tresinaro in cui l'evento di Secchia ha lo stesso tempo di ritorno dell'evento sul Tresinaro.

Per gli eventi con contemporaneità del Secchia i dati di input: portata a Ponte Veggia e livelli all'idrometro di Rubiera SS 9, i dati sono stati forniti dall'Autorità di bacino distrettuale del Po, ottenuti facendo girare il modello 1D utilizzato per la definizione delle mappe della Direttiva alluvioni.



Il modello verso nord è stato limitato al rilevato della linea ferroviaria: in realtà le esondazioni proseguono oltre a causa del passaggio del flusso all'interno dei vari sottopassi, le esondazioni oltre la linea ferroviaria non sono pertanto state considerate. Analogamente verso ovest in alcuni casi i livelli superano il rilevato posta a delimitazione dell'area 2D, anche in questo caso non sono considerati gli allagamenti oltre il rilevato perché il DTM termina poco oltre e non sarebbe possibile definire un limite all'area di esondazione.

Il collegamento tra il modello 1D e 2D è realizzato mediante strutture di sfioro (*Lateral Weirs*) che consentono il passaggio di volumi d'acqua tra la schematizzazione 1D e quella 2D. I *Lateral Weirs* sono stati definiti, sia in destra che in sinistra, facendo riferimento alle sezioni di SP 1.4 e alle strutture presenti. Le quote di sfioro delle strutture sono state ottenute dal DTM e, ove necessario, corrette mediante verifiche in sopralluogo. Nelle simulazioni si assume che la geometria di sfioro, sia sponda che argine, non si modifichi durante l'evento anche in caso di tracimazione. Tale situazione, nel caso specifico, è la più realistica, dal momento che gli unici argini di altezza significativa rispetto al fenomeno della rotta per tracimazione sono quelli del tratto tra Arceto e San Donnino che vengono sormontati solo per Tr 200 e 500 anni, per pochi cm e per durate limitate.

Le simulazioni sono state eseguite in ambedue le configurazioni denominate "estate" ed "inverno" descritte nei precedenti paragrafi.

3.7.2 Modello in ambiente MIKE

Il modello bidimensionale in ambiente *MIKE* è stato sviluppato con il codice di calcolo *MIKE FLOOD* che accoppia un modello monodimensionale di asta (in *MIKE HYDRO*) e uno bidimensionale delle aree di inondazione (in *MIKE 21*). Quest'ultimo è realizzato a maglie quadrate di lato 5 m, con quote generalmente ricavate dal DTM mediante media semplice su ogni cella, ma con adattamento delle quote ovunque le celle intercettassero linee di discontinuità del terreno (*breaklines*) significative.

Il lavoro di costruzione del modello ha previsto le seguenti fasi:

1. Recepimento del modello monodimensionale del Tresinaro implementato in HEC RAS;
2. Esportazione del modello in tutti i suoi elementi (sezioni, strutture, parametri vari) in *MIKE HYDRO*;
3. Sistemazione del modello con opportune correzioni al fine di adeguarlo ai requisiti di *MIKE HYDRO*;
4. Calibrazione del modello, in termini di scabrezze e perdite di carico presso le strutture, sulla base di un evento realmente registrato, in modo da rappresentare gli stessi tiranti risultanti dal modello in *HEC RAS* (nella sola configurazione "estate", poiché più penalizzante); in tale fase si sono ottenute differenze nei risultati tra i due modelli mediamente contenute tra i 5 e i 10 cm, ritenute del tutto accettabili
5. Predisposizione del modello monodimensionale all'accoppiamento 1D-2D;
6. Pre processamento del DTM Ministeriale a celle 1x1m e affini operazioni effettuate su GIS, al fine di creare la batimetria da utilizzare come input del modello 2D;
7. Affinamento della batimetria al fine di mantenere le quote originali degli elementi sovramontanti, quali strade e autostrade;



8. Implementazione del modello 2D in *MIKE 21*.
9. Analisi delle condizioni di potenziale inondabilità per i tempi di ritorno di 20, 50, 200 e 500 anni.

3.7.3 Mappe di pericolosità dei territori interessati dalle esondazioni nel tratto del Tresinaro da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia

In esito alle analisi eseguite, si può concludere che, nelle condizioni attuali, il tratto più critico risulta essere quello tra il ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi, ove si manifestano significative esondazioni già per il tempo di ritorno di 20 anni, sia in sponda destra che in sponda sinistra. Le acque esondate in destra allagano una fascia di territorio prevalentemente agricolo che si estende per circa 400 metri verso sud, nel tratto tra la villa Spalletti (San Donnino di Liguria in Comune di Casalgrande) e via Paolo Borsellino (Comune di Rubiera), rientrando parzialmente nell'alveo del Tresinaro a valle della traversa della Macina di Carpi. Le acque esondate in sinistra allagano il territorio dei Comuni di Reggio Emilia e di Rubiera, compreso tra via Zinella, via Paduli e via Caponnetto, interessando in particolare la Frazione di Corticella. L'inondazione procede verso Nord senza che le acque possano più rientrare nell'alveo del torrente e si arresta sulle vie suddette, con tiranti massimi di un metro.

Per lo scenario di 50 anni di tempo di ritorno, anche nel tratto a valle di Fellegara, fino ad Arceto, si manifestano esondazioni sia in destra che in sinistra. In destra le esondazioni sono contenute da terrazzi in aree agricole o naturaliformi fino in prossimità di Arceto, ove i livelli raggiungono il piano di campagna e avvengono limitate esondazioni, per sormonto della Strada Provinciale 66, che provocano l'allagamento, con tiranti molto ridotti, della frazione di Villa Pecchione e scorrono fino all'abitato di San Donnino, ove si accumulano a monte della strada di accesso al ponte. In sinistra le esondazioni si verificano per sormonto della strada Bagno - Scandiano subito a monte delle due briglie che precedono il tratto di Arceto e per sormonto della via Caraffa nel tratto a valle di esse che precede il ponte di Arceto. Tali esondazioni provocano l'allagamento di una parte significativa del centro abitato di Arceto (Comune di Scandiano) con tiranti mediamente inferiori a 20 cm e velocità inferiori a 0.4 m/s.

Nel tratto tra San Donnino e la Macina di Carpi, nonostante le precedenti esondazioni, la portata in arrivo risulta maggiore che per lo scenario di 20 anni di tempo di ritorno. Così le esondazioni in destra determinano una maggior estensione delle aree allagabili, che si estendono anche oltre via Paolo Borsellino interessando parzialmente la zona residenziale tra via Salvaterra, via Secchia e via Contea. Le esondazioni in sinistra determinano il sormonto della via Paduli e l'allagamento di una estesa zona densamente urbanizzata a Sud della Via Emilia, compresa tra via Ospedaletto, a Ovest, e via Palmiro Togliatti a Est. Per un tratto di circa 200 m, nell'abitato di Rubiera, nei pressi del confine con il Comune di Reggio Emilia, viene sormontata la via Emilia e interessata con bassi tiranti l'area produttiva limitata dal rilevato ferroviario.

In occorrenza dell'evento di tempo di ritorno di 200 anni, si verificano limitate esondazioni anche in prossimità del centro abitato di Scandiano, in sponda destra, e della frazione di Fellegara, in sponda sinistra. A monte del ponte della via Statale, a Scandiano, i livelli di piena superano le quote di via Mazzini, andando ad allagare una porzione di territorio che, a causa delle quote del torrente, viene interessata da tiranti significativi a fronte di volumi complessivamente molto ridotti. A valle del ponte di via del Cristo, a Fellegara, i livelli di piena sormontano in due tratti la



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

sponda sinistra e le acque esondate attraversano Fellegara, allagandone una significativa porzione, con tiranti anche superiori a 50 cm e velocità anche superiori a 0,5 m/s, e si dirigono verso Nord, seguendo il Canale di Secchia (che, se scarico può divenire il collettore in grado poi di raccoglierle man mano nei primi 2 km oltre Fellegara).

A valle di Fellegara, le esondazioni si presentano in modo analogo a quanto descritto per il tempo di ritorno di 50 anni, ma con volumi maggiori che determinano, in sinistra, l'allagamento diffuso di gran parte dell'abitato di Arceto e lo scorrimento lungo le aree prospicienti alla SP 52 fino al canale San Maurizio e alla via Emilia, con possibili coinvolgimenti di aree a Nord della stessa e della ferrovia, per via dei collegamenti idraulici di scolo tra di esse. In destra, invece, per il sormonto della Strada Provinciale 66, sono interessate dalle inondazioni un numero maggiore di frazioni e case sparse, con bassi tiranti ma velocità anche superiori a 0.5 m/s. Anche la frazione di San Donnino di Liguria risulta allagabile quasi completamente.

Il tratto arginato tra Arceto e San Donnino raggiunge il limite di contenimento con possibilità di piccoli sormonti, ma è ancora il tratto seguente a determinare ancor più estese inondazioni: ora, in destra, oltre alla maggiore estensione verso Sud-Est delle aree allagabili, si verifica l'interessamento di tutta l'area di Rubiera compresa tra il torrente e via Contea. In sinistra, l'inondazione raggiunge porzioni rilevanti del territorio a Sud della ferrovia e procede ancora verso Nord attraverso il cavo Tassarola e i sottopassi ferroviari. L'area di potenziale inondazione oltrepassa via Beziera (RE), a Ovest, mentre interessa tutta la zona produttiva e il centro abitato di Rubiera estendendosi verso Est ben oltre via Togliatti. Vengono interessati entrambi i sottopassi vicini alla stazione e, di conseguenza la zona residenziale e produttiva a Nord della ferrovia.

Infine, poco a valle della Macina di Carpi si verifica una limitata esondazione in sinistra con interessamento della zona produttiva prospiciente; quindi il sormonto della sponda sinistra immediatamente a monte del ponte di via Contea, a causa del rigurgito della probabile concomitante piena di Secchia. Tale esondazione provoca l'inondazione dell'area della città di Rubiera a Est di via Muratori e poi di via Aldo Moro e via Maria Melato, con scorrimento delle acque oltre il sottopasso della strada provinciale e verso l'argine Ovest della cassa d'espansione del Secchia.

In occorrenza dell'evento di tempo di ritorno di 500 anni, si conferma la caratterizzazione precedente, ma con volumi di esondazione ancora superiori e quindi con tempi di permanenza superiori e aree inondate ancor più estese. In particolare risulta potenzialmente allagabile anche gran parte della zona del centro di Rubiera a Est di via della Resistenza, poiché in tale scenario il tratto a valle della Macina di Carpi viene sormontato a valle del ponte comunale dove si origina via della Resistenza.

La caratterizzazione della pericolosità di inondazione per i tempi di ritorno di 20, 50 200 e 500 anni connessa al funzionamento idraulico del tratto in oggetto è stata eseguita mediante l'involuppo delle mappe dei tiranti, delle velocità e delle quote idriche assolute delle due serie di simulazioni descritte nei paragrafi precedenti.

I risultati sono stati archiviati in formato numerico matriciale (griglie regolari di valori massimi dei tiranti, delle velocità e delle quote idriche assolute).

Di seguito si riportano a titolo di esempio le immagini delle mappe dei tiranti ottenute:

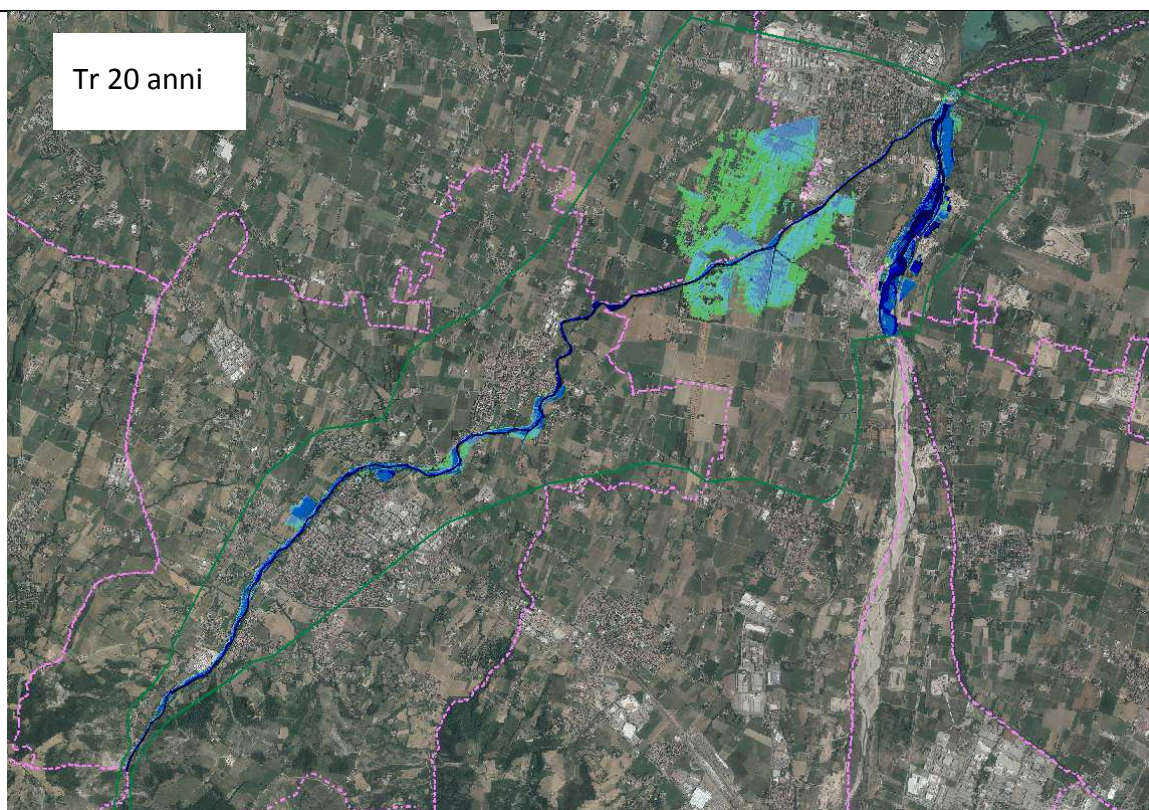


Figura 3.7 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 20 anni

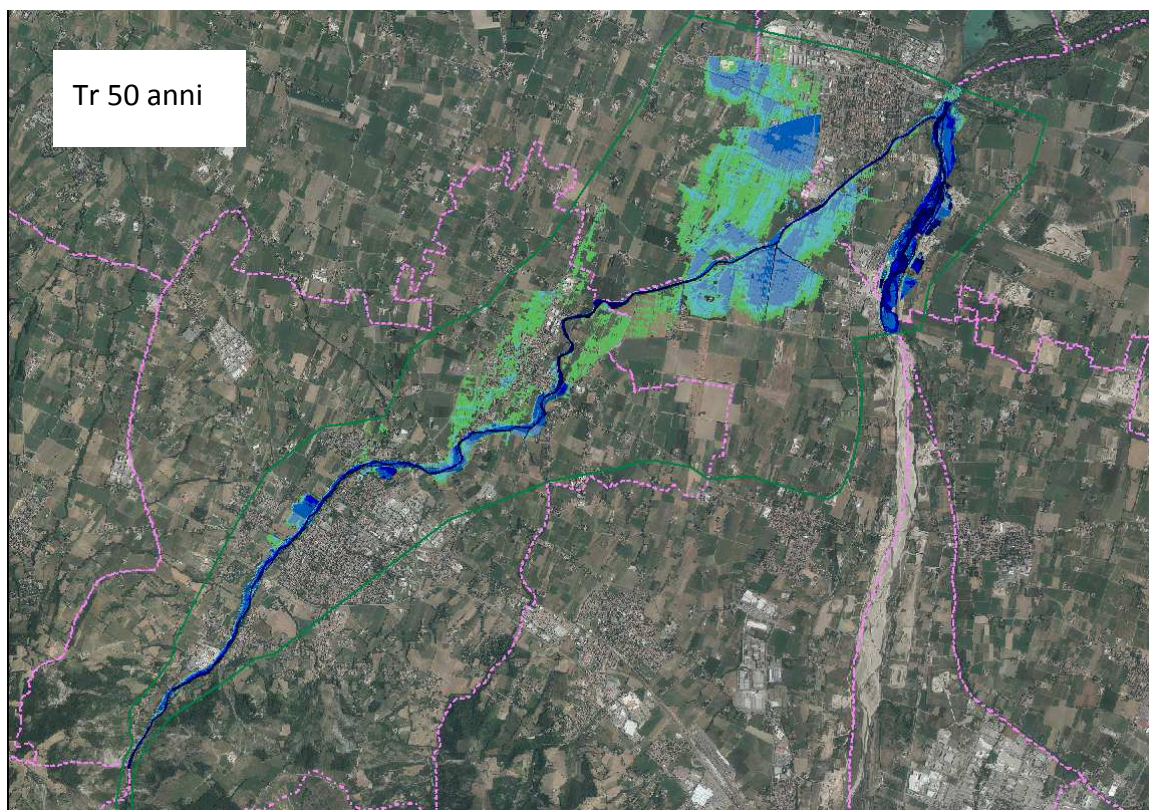


Figura 3.8 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 50 anni

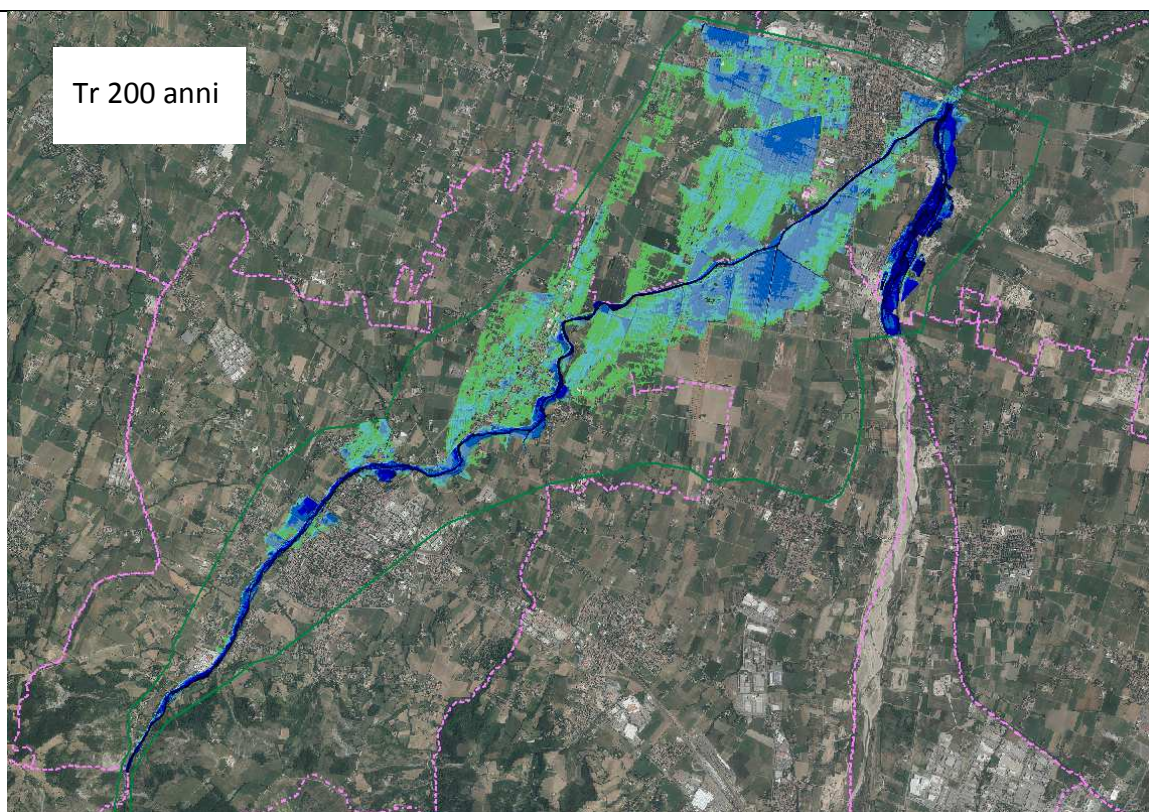


Figura 3.9 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 200 anni

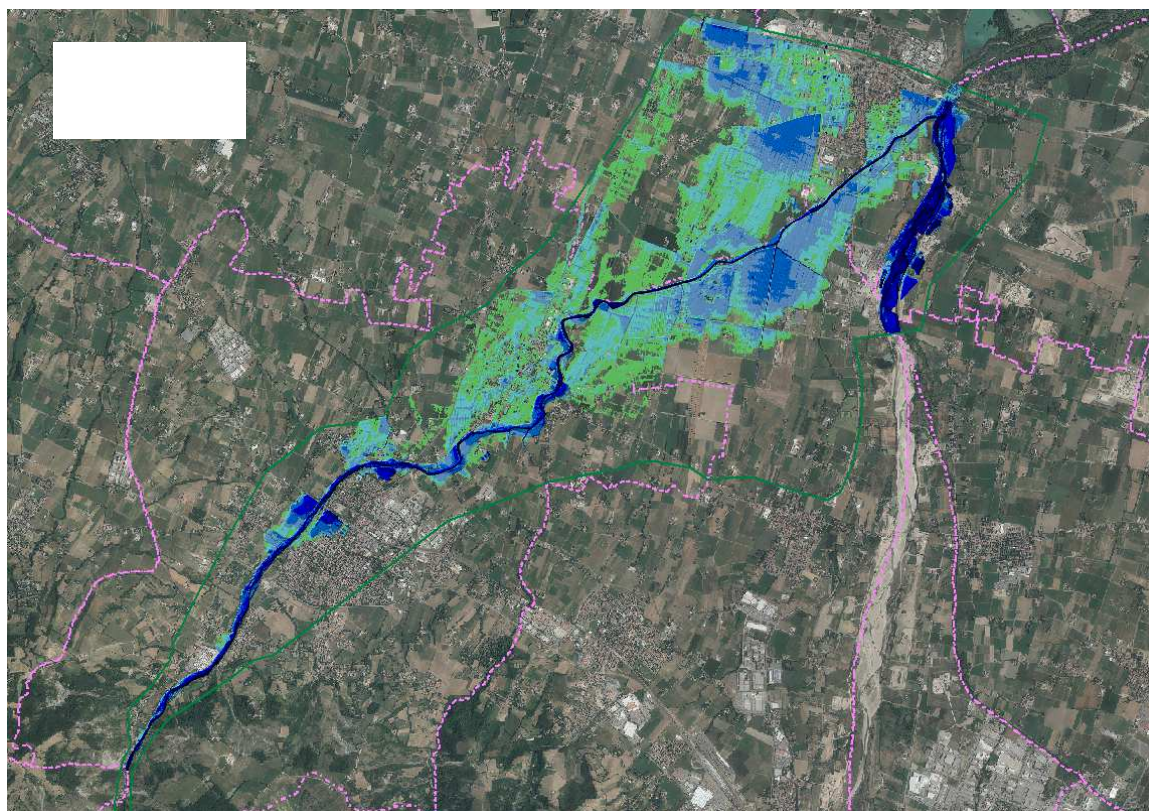


Figura 3.10 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 500 anni



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

La rappresentazione è fatta per utilizzando gli intervalli di tiranti idrici indicati dalla seguente legenda:

| | h max (m/s) | |
|--|-------------|--------|
| | 0.00 | - 0.20 |
| | 0.20 | - 0.50 |
| | 0.50 | - 1.00 |
| | 1.00 | - 2.00 |
| | 2.00 | - 3.00 |
| | > | 3.00 |








3.8 Analisi bidimensionale di dettaglio in Comune di Rubiera

Parallelamente allo sviluppo degli strumenti di simulazione delle dinamiche bidimensionali di inondazione descritte nei precedenti paragrafi è stato sviluppato un differente strumento di simulazione del solo territorio in Comune di Rubiera, con cui indagare in modo più dettagliato le dinamiche di allagamento del centro abitato. E' stato pertanto realizzato un modello numerico bidimensional in ambiente InfoWorks, mediante il software ICM, con è sono stati rappresentati in grande dettaglio i perimetri degli edifici e i tracciati delle strade.

Mediante tale modello sono state simulate le inondazioni provenienti dai sormonti ottenuti nelle analisi precedenti. Mediante differenti livelli di magliatura è stato possibile descrivere pi precisamente le aree densamente insediate rispetto alle aree verdi o agricole e ricostruire in dettaglio i percorsi delle acque nelle zone abitate e le fasi temporali del fenomeno. Il modello è stato esteso ad una significativa porzione di territorio a Nord della ferrovia Milano - Bologna fino all'Autostrada A1. Purtroppo la mancanza di un DTM a fine risoluzione ha impedito di caratterizzare tutta questa zona con lo stesso dettaglio. Ricorrendo ad un DTM meno preciso, a passo 20 m, è stato comunque possibile comprendere con buona attendibilità il percorso di scorrimento delle acque di inondazione provenienti da Sud attraverso i sottopassi della ferrovia e i canali di scolo.

Di seguito si riportano a titolo di esempio le immagini delle mappe delle velocità ottenute, cui si associa la seguente legenda:

| | v max (m/s) |
|---|-------------|
|  | 0.00 - 0.01 |
|  | 0.01 - 0.40 |
|  | 0.40 - 1.00 |
|  | 1.00 - 2.00 |
|  | > 2.00 |

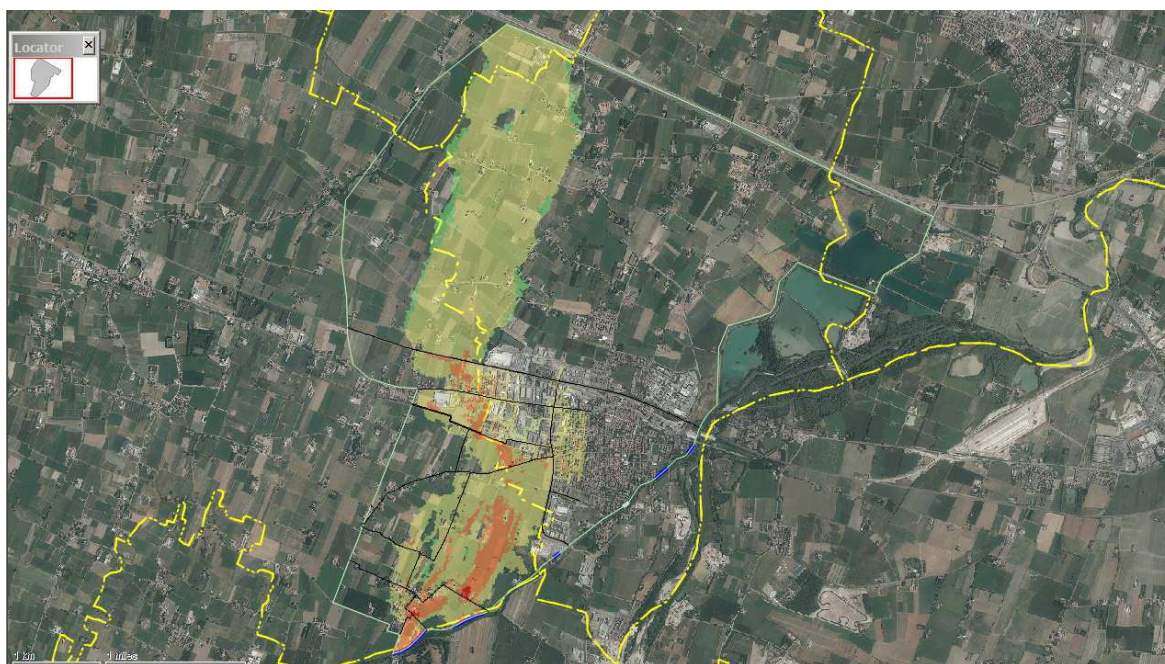


Figura 3.11 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 50 anni

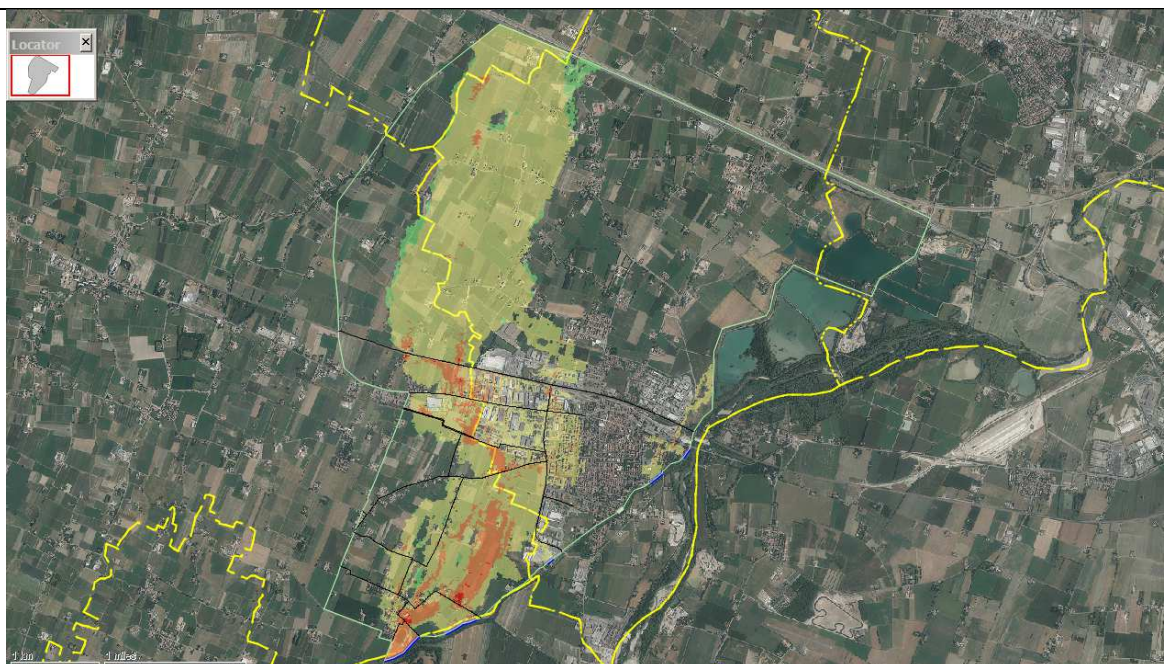


Figura 3.12 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 200 anni

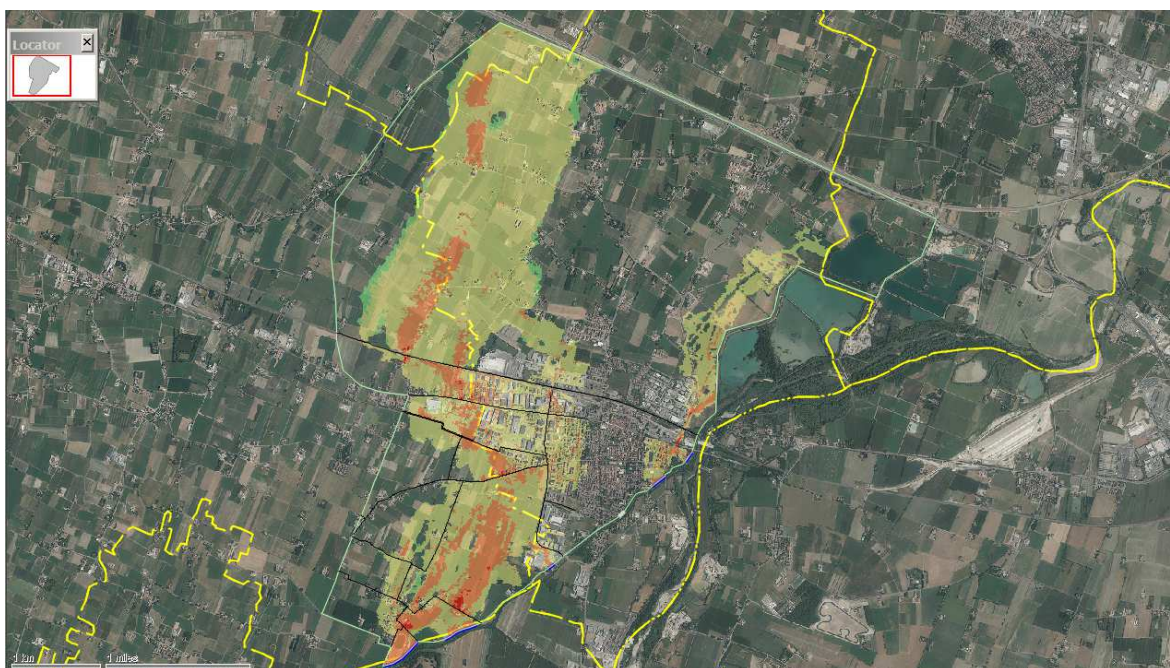


Figura 3.13 – Inviluppo aree potenzialmente allagabili per Tr 500 anni

Ponendo l'attenzione sul centro abitato di Rubiera, è stato possibile caratterizzare la pericolosità delle diverse zone:

- la zona industriale compresa tra via del Torrente a Sud - Est, via Caponnetto ed il suo prolungamento a Ovest, via Dubcek a Nord e il confine con i campi sportivi ad Est risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 50 anni, con coinvolgimento della sola area a Sud di vai Nenni per tempi di ritorno fino a 200 anni e interessamento dei primi stabilimenti a a Sud di via Nenni per tempi di ritorno maggiori di 200 anni; si possono raggiungere tiranti di 0,5 m e



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma, in alcune porzioni, anche elevato e molto elevato;

- la zona urbana compresa tra via Pertini a Sud, via Ruggerini a Ovest, via De Gasperi a Nord e il limite del Parco della Croce Rossa ad Est risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni, con coinvolgimento anche dell'ulteriore area tra il Parco e via Di Vittorio per tempi di ritorno maggiori di 50 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma, in vari punti, anche elevato e molto elevato;
- la zona urbana compresa tra la via Emilia a Sud, via Togliatti a Ovest, via De Gasperi e Prampolini a Nord e le vie Galilei e Marconi a Est risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni, con coinvolgimento anche dell'ulteriore area tra via Marconi e viale XXV Aprile per tempi di ritorno maggiori di 200 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma, in vari punti, anche elevato e, in alcuni, molto elevato;
- la zona urbana compresa tra ferrovia a Sud, via Marsala a Ovest, la via Emilia a Nord e via Bologna a Est risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma, in alcuni punti, anche elevato e molto elevato; in particolare è coinvolto il sottopasso di via Socrate in cui i tiranti possono raggiungere i 2 metri e, per i tempi di ritorno superiori a 50 anni, si crea anche un flusso da Sud a Nord con coinvolgimento della zona industriale posta a Nord della linea ferroviaria;
- la zona urbana e industriale compresa tra via Falcone a Sud, il prolungamento di via Puccini a Ovest, via Paduli a Nord e via Togliatti a Est risulta allagabile già per tempo di ritorno di 20 anni per la sola area agricola a Ovest di via Bixio, mentre per tempo di ritorno maggiore di 20 anni si verifica il coinvolgimento di tutta la zona; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado elevato e, in alcuni, molto elevato;
- la zona prevalentemente industriale compresa tra la via Emilia a Sud, via Togliatti a Est, via Falcone a Nord e il confine comunale a Ovest risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni con interessamento della porzione residenziale per tempi di ritorno maggiori di 50 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m solo per il tempo di ritorno di 500 anni e velocità prossime a 1 m/s nella porzione a Ovest di via Puccini ; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma localmente anche elevato e molto elevato;
- la zona prevalentemente industriale compresa tra ferrovia a Sud, via Togliatti a Est, la via Emilia a Nord e il confine comunale a Ovest risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni con interessamento prioritariamente dell'area, anche residenziale, a Ovest di via Rimini; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio nella porzione a Est di via Rimini, prevalentemente elevato e molto elevato in quella ad Ovest;



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

-
- la zona urbana compresa tra la via Emilia a Sud, via Melato e via Moro a Ovest e la sponda del Tresinaro e del Secchia a Sud e a Est risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 50 anni, con possibile coinvolgimento degli edifici a Ovest di via Moro per tempo di ritorno prossimo e superiore a 200 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado diffusamente elevato e molto elevato; in particolare è coinvolto il sottopasso che collega la SP 51 e la SP 85 in cui i tiranti possono raggiungere i 2 metri e si crea un ampio flusso da Sud a Nord con coinvolgimento dei primi stabilimenti della zona industriale posta a sud della via Emilia e a Ovest della SP 85.
 - tutta la restante area del centro cittadino non risulta soggetta a pericolo di inondazione, ad eccezione della zona del centro cittadino a Est di via della Resistenza e a sud di Via Dante Alighieri, che risulta potenzialmente allagabile per il tempo di ritorno di 500 anni (tale situazione non si evince dalle analisi di dettaglio, tuttavia è mostrata dalle analisi bidimensionali descritte nel paragrafo precedente e pertanto, essendo relativa ad eventi molto rari, deve essere tenuta in considerazione per cautela).

Spostando l'attenzione sulla zona residenziale e produttiva che si sviluppa in Comune di Reggio Emilia, in prossimità della via Emilia, al confine con il Comune di Rubiera, è stato possibile caratterizzare la pericolosità delle zone a Est di via Lasagni (SP 52):

- la zona compresa tra la via Emilia a Nord, via Ospedaletto a Ovest, il confine del Comune di Rubiera a Est e il Canale di San Maurizio a Sud risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni, con interessamento crescente dell'area a Sud del canale al crescere del tempo di ritorno; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali di grado prevalentemente medio, ma, in vari punti, anche elevato e molto elevato;
- la zona compresa tra la via Emilia a Sud, via Beziera a Ovest, il confine del Comune di Rubiera a Est e la ferrovia a Nord risulta allagabile per tempo di ritorno maggiore di 20 anni, con interessamento dell'area a Ovest di via Beziera in prossimità del rilevato ferroviario per il tempo di ritorno di 500 anni; si possono raggiungere tiranti di 1 m e velocità prossime a 1 m/s; la combinazione di tirante e velocità determina condizioni di pericolosità locali in prossimità delle abitazioni vicine alla via Emilia di grado molto elevato; in particolare è coinvolto il sottopasso di via Beziera in cui i tiranti possono raggiungere i 2 metri e, per i tempi di ritorno superiori a 20 anni, si crea anche un flusso da Sud a Nord con coinvolgimento dell'ampia zona agricola con diffuse frazioni e case sparse posta a Nord della linea ferroviaria e a Sud dell'A1 e delimitata a Est da via degli Oratori e dalla SP 50 e a Ovest dal Cavo Tresinaro;



4 Analisi morfologica

4.1 Aggiornamento delle analisi morfologiche di SP1.4

L'attività svolta ha avuto la finalità di aggiornare il quadro conoscitivo già dettagliato nel sottoprogetto SP 1.4, verificando le modifiche delle caratteristiche geometriche e geomorfologiche dei tratti del Tresinaro.

Il modello digitale del terreno DTM 2017 ha consentito di effettuare l'estrazione di sezioni topografiche che sovrapposte a quelle del progetto SP 1.4 hanno consentito di valutare l'evoluzione più recente del corso d'acqua.

Il confronto eseguito ha permesso di evidenziare una evoluzione non particolarmente attiva, con una sostanziale stabilità, in particolare relativamente all'ultimo ventennio, le modifiche sono prevalentemente legate all'erosione/sedimentazione di fondo più che alla divagazione planimetrica.

In sostanza il torrente Tresinaro non possiede una dinamica evolutiva elevata sia a causa dell'attraversamento di aree collinari che ne limitano la libera divagazione, sia per la non elevata energia in caso di eventi parossistici, sia per la presenza di strutture antropiche che ne limitano l'evoluzione morfologica.

4.2 Definizione della fascia di mobilità compatibile

La definizione preliminare della fascia di mobilità compatibile è stata eseguita tramite riconoscimento della massima area di divagazione planimetrica del corso d'acqua come leggibile dalle foto aeree e dall'analisi altimetrica del DTM 2017.

Tale fascia è identificata comprendendo le forme relitte presenti nella regione fluviale, ancora evidenti e ben definite ma ovviamente è limitata laddove l'esistenza di strutture antropiche ne condiziona la libera evoluzione e quindi la mobilità compatibile è vincolata da queste strutture.

Anche i versanti collinari nonostante siano soggetti ad una evoluzione morfologica legata alla franosità e alla dinamica morfologica dei rilievi, ricoprono un ruolo vincolante rispetto alla mobilità del corso del torrente Tresinaro.

Nel tracciare la fascia si è tenuto conto di fenomeni di erosione e tendenze recenti del corso d'acqua a espandersi per le golene, ovviamente si è tracciato tale limite anche con attenzione alle forme antiche riconoscibili dalla fotointerpretazione.

Di seguito è riportata l'immagine d'insieme della fascia di mobilità compatibile in base ai vincoli territoriali e al tracciato di tutti gli argini esistenti, sia quelli recentemente realizzati dalla Regione Emilia Romagna, sia quelli più antichi, anche se di minor altezza.

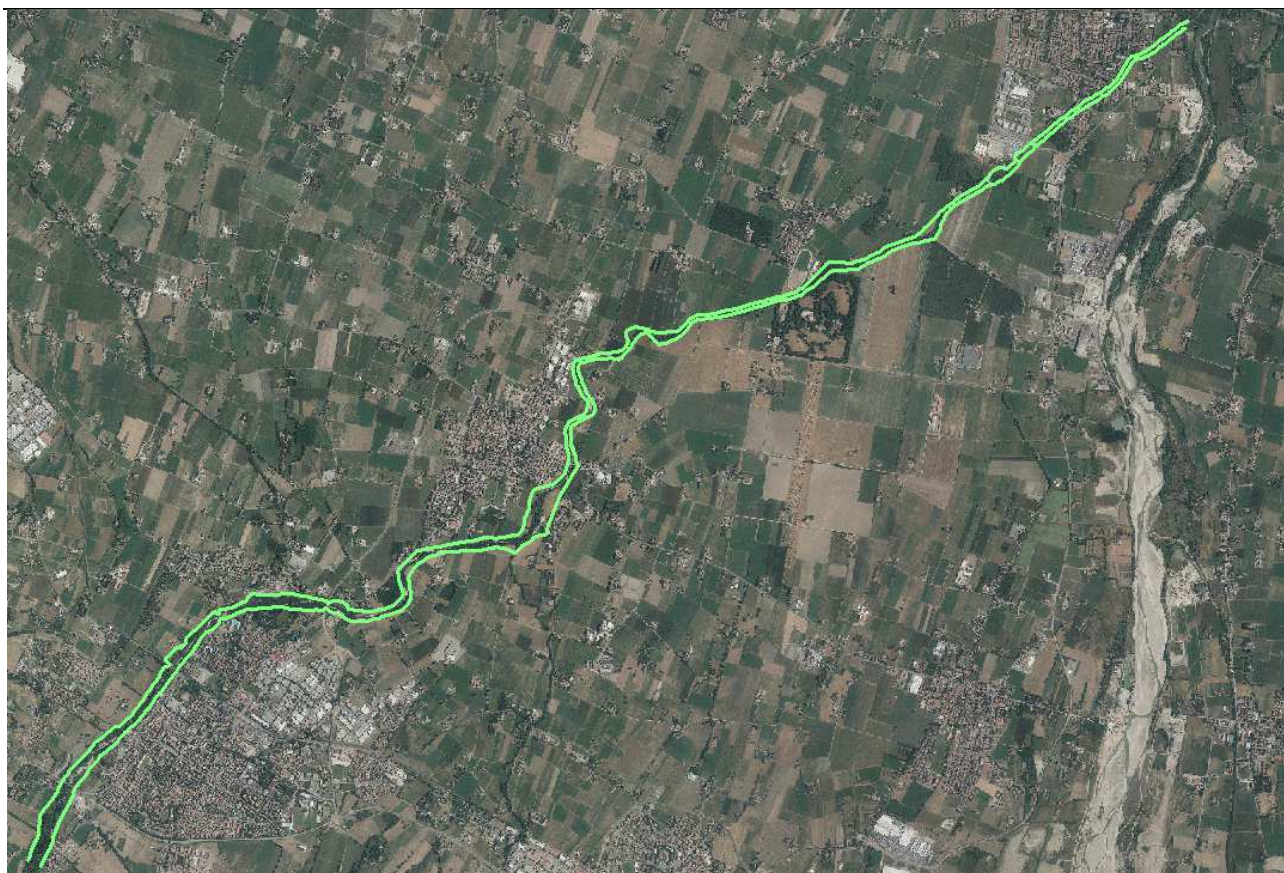


Figura 4.1 – Confronto tra la scala di deflusso ARPAE e quella riproducibile dal modello DTM



5 Analisi idraulica delle configurazioni di progetto

5.1 Il progetto preliminare della Regione Emilia Romagna

In questo paragrafo sono riportati i contenuti della relazione descrittiva del progetto preliminare della Regione Emilia Romagna preliminare per l'adeguamento del torrente Tresinaro alla piena con tempo di ritorno 200 anni. (Per una sintesi efficace, il testo della relazione è stato di seguito riportato per stralci e con alcune semplici modifiche di forma, senza alterarne i contenuti e per tale ragione il testo non è riportato tra virgolette).

Già da diversi anni il competente ufficio di Reggio Emilia della Regione Emilia Romagna con funzioni di Autorità Idraulica, aveva proposto di fronteggiare le piene del torrente Tresinaro mediante alcuni interventi atti ad attenuare la pericolosità di inondazione dei territori interessati dalle sue esondazioni. Pertanto aveva sviluppato un progetto preliminare di cui sono stati portati all'esecutivo e realizzati ad oggi alcuni stralci.

L'Ufficio, infatti, aveva rilevato che "Il Torrente Tresinaro ha manifestato in passato frequenti carenze di officiosità pertanto già da alcuni anni nei programmi di intervento previsti dalla legge 183/1989 sono stati inseriti importanti progetti di sistemazione che hanno consentito di risezionare il torrente partendo dalla foce nel Fiume Secchia e risalendo verso monte fino alla traversa della Macina di Carpi che si trova a monte del capoluogo di Rubiera. Questi lavori hanno portato la sezione corrente del torrente al massimo allargamento compatibile con l'elevata urbanizzazione presente sul territorio. La situazione di carenza di officiosità si protraeva verso monte ancora per diversi chilometri fino all'abitato di Arceto in comune di Scandiano. Per questo motivo è stata colta l'occasione rappresentata dalla legge 267/98 annualità 1999/2000 per reperire ulteriori fondi e proseguire i lavori intrapresi: venne così assegnata con la delibera di G.R: n° 1353/2000 la somma impegnata col presente progetto con il titolo " 025ERRE - VIANO, SCANDIANO, RUBIERA - T. TRESINARO - Ripristino sezione di deflusso del T. Tresinaro L. 3.600.000.000 (pari ad Euro 1.859.244,84) (Regione Emilia-Romagna - Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Reggio Emilia)".

Nel frattempo l'Autorità di Bacino del Po aveva eseguito uno studio del bacino del torrente Tresinaro sviluppato dall'A.T.I. C.Lotti & Associati S.p.A., Aquater S.p.A. - Hydrodata S.p.A. nell'ambito del *Sottoprogetto SP1.4 - Valutazione del pericolo attuale di esondazione - Rapporto tecnico: Tresinaro*.

Considerata l'entità della situazione di rischio di esondazione che, seppur ridotta, permaneva anche ipotizzando di proseguire verso monte il risezionamento del torrente con il criterio del massimo allargamento compatibile con l'elevato livello di antropizzazione del territorio, venne affidato al Prof. Ing. Alberto Bizzarri un incarico mediante il quale giungere alla formulazione di un progetto preliminare per l'adeguamento del torrente Tresinaro alla piena con tempo di ritorno 200 anni, con adeguato franco di sicurezza. Da tale studio emergeva che il risultato assegnato si poteva raggiungere proseguendo il risezionamento per giungere ad una situazione di sicurezza fino al tempo di ritorno di 60 anni tra Arceto e confluenza Secchia per poi ottenere il risultato finale mediante la costruzione di un serbatoio di laminazione delle piene.

Gli interventi considerati in tale studio sono pertanto riconducibili a due categorie: quelli rivolti a migliorare la officiosità idraulica dell'alveo del torrente Tresinaro, rendendola adeguata al transito con franchi convenienti delle portate di piena provenienti da monte, e quelli miranti a moderare le



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

portate al colmo trasferite verso valle, in tratti poco officiosi. Gli interventi rivolti ad umentare la officiosità idraulica possono essere classificati come interventi manutentivi o come interventi infrastrutturali (risezionamenti, riprofilature, rialzi/ringrossi arginali).

Si evidenziava poi che, nel caso specifico del bacino del torrente Tresinaro, la manutenzione dell'alveo di piena assume una grande importanza, poiché esso ha perso nel tempo i suoi caratteri originari di naturalità ed è stato privato delle possibilità di espansione delle acque su terrazzi e fasce golenali; il progressivo restringimento dell'alveo ne ha reso la officiosità idraulica sempre più condizionata dalla presenza di vegetazione arbustiva ed arborea; ogni ritardo nella manutenzione ordinaria può determinare riduzioni della officiosità e pericolosi aggravi dei rischi di esondazione e di alluvione dei territori di pianura a valle di Scandiano. Appariva meno importante invece il problema dell'accumulo di sedimenti, poiché la corrente di piena è dotata di velocità sufficienti a trasferire verso valle i materiali più grossolani trasportati sul fondo, mentre sembravano permanere problemi di lento, ma progressivo interrimento dei terrazzi nelle fasce di fondovalle esondabili e delle golene nel tratto di pianura a causa del deposito di torbide.

Si sottolineava che la programmazione della manutenzione ordinaria dell'alveo (mediante scelta dei più convenienti transetti vegetazionali, compatibili con le esigenze idrauliche e, contemporaneamente, con le necessità di salvaguardia dell'ambiente fluviale, e della frequenza temporale più opportuna degli interventi di alleggerimento della vegetazione fluviale) si doveva necessariamente integrare con la programmazione degli interventi strutturali, suddivisibili nelle seguenti principali categorie:

- dragaggi del fondo, svassi golenali, allargamenti degli alvei, per incrementare le sezioni bagnate;
- rialzi e ringrossi degli argini, per assicurare ai loro coronamenti franchi adeguati rispetto ai profili delle piene plurisecolari;
- rimozione di ostacoli localizzati (briglie, luci di ponti e simili).

Il primo ed il secondo tipo di interventi erano già stati applicati nel tratto terminale, dalla traversa della Macina di Carpi alla confluenza in Secchia, e si riteneva necessario che fossero estesi verso monte, per tutto il tronco caratterizzato da grave insufficienza, che termina all'altezza del ponte della strada provinciale n. 52 Bagno-Scandiano. Le modalità di intervento sono però condizionate da numerosi vincoli, dovuti alla presenza in alveo di numerosi manufatti ed alla vicinanza di infrastrutture (strade provinciali e comunali, elettrodotti, ecc.) e di edifici. I vincoli più importanti, che impediscono di modificare in modo significativo il profilo longitudinale sono costituiti dalle due traverse di derivazione della Macina di Carpi e di Gazzolo, costituenti vere e proprie soglie di fissazione d'alveo (di cui si richiedeva il consolidamento per prevenire fenomeni di erosione regressiva) e dalle fondazioni delle pile dei ponti di Arceto e S. Donnino.

I vincoli, che limitano le possibilità di allargamento dell'alveo individuati nel progetto preliminare, riguardano invece:

- le luci dei ponti suddetti;
- lo sviluppo degli sfiori delle traverse;
- la presenza lungo la sponda sinistra di via del Torrente di fabbricati posti in golena, di argini non classificati fra S. Donnino e Gazzolo, degli abitati di Gazzolo e di Arceto, della strada vicinale del Pozzo Pontuto, della Strada Provinciale Bagno-Scandiano, del borgo posto fra la strada ed il torrente;



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

- la presenza lungo la sponda destra dei fabbricati di Cà Rossa, di piloni di linee ENEL, di strade provate e di fabbricati a valle del ponte di S. Donnino, di argini non classificati fra S. Donnino e Badessa, degli abitati di Casinazzo, Villa Pecchione, Casellette, Casa Salde.

Tali considerazioni suggerivano di procedere alla sistemazione del torrente Tresinaro nel tratto critico compreso fra Fellegara e la traversa della Macina di Carpi esclusivamente con gli interventi compatibili con il rispetto dei vincoli elencati in precedenza, senza forzature che avrebbero sconvolto l'assetto attuale della fascia fluviale.

Pertanto mediante modifiche da apportare alla morfologia fluviale nel rispetto dei vincoli suddetti era previsto di adeguare la officiosità idraulica a circa 260 m³/s.

Essendo richiesto di conferire al territorio di pianura la sicurezza idraulica nei confronti delle piene bisecolari, diveniva necessario associare alla sistemazione dell'alveo da Fellegara alla traversa della Macina di Carpi (ed alla sistemazione più a valle, già allora ultimata) anche interventi rivolti a moderare le portate al colmo provenienti da monte, in modo da contenerle entro valori compatibili con la nuova officiosità idraulica dell'alveo modificato.

Calcoli esplorativi di larga massima portarono l'incaricato ad individuare la necessità di trattenerne a monte durante il transito dei colmi di piena volumi intorno ad un milione e mezzo di metri cubi; in tal modo, sarebbe stato possibile contenere a valle di Scandiano il colmo della portata bisecolare sotto il valore dell'officiosità dell'alveo opportunamente risezionato e riprofilato, con luci dei ponti di Arceto e di S. Donnino al limite del funzionamento a pelo libero (260 mc/s).

Si escludeva, a tal fine, la possibilità di ricorso a serbatoi di piena in serie al corso d'acqua, per la ridotta efficienza idraulica (rispetto a quella ottenibile a parità di volume invasabile con casse di espansione in parallelo), per i troppo rapidi processi di interrimento (collegati all'intenso trasporto solido, favorito dal dissesto idrogeologico diffuso sull'intero bacino tributario), per le condizioni morfologiche e geologiche dell'alveo, poco favorevoli alla creazione di uno sbarramento, per le condizioni insediative, con presenza diffusa di abitati e di infrastrutture a ridosso dell'alveo.

Restavano quindi da considerare soltanto la possibilità di ricorso a casse di espansione in parallelo al corso d'acqua: una ricognizione estesa all'intera fascia di fondo valle compresa fra Viano e Scandiano portava ad individuare tre aree di terrazzo aventi condizioni morfologiche ed insediative idonee alla creazione di invasi di piena.

La prima area era ubicata in sponda destra, in località Seminario, e comprende un bacino di cava esaurita. Gran parte dell'area era di proprietà demaniale e la sua sistemazione poteva rendere disponibile una capacità di invaso di circa mezzo milione di metri cubi. Essa doveva quindi essere integrata con altri serbatoi di piena.

La seconda area considerata, in minima parte di proprietà demaniale, era ubicata a valle della confluenza del Rio delle Viole, poco a monte di Rondinara.

Trattasi di un terrazzo in parte soggetto ad esondazione naturale in caso di piene eccezionali, che avrebbe potuto essere confinato da un argine verso il torrente; l'invaso così ottenuto poteva essere alimentato da monte con le portate sfiorate lateralmente sopra un assegnato valore di piena del torrente Tresinaro; la portata trasferita verso valle sarebbe stata regolata da una traversa fissa ubicata poco a valle della confluenza del rio delle Viole.



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Senza modifiche sostanziali della morfologia del terrazzo, si poteva così ottenere una capacità di invaso di circa un milione di metri cubi, che poteva essere incrementata fino al doppio abbassando il fondo poco sopra la quota del fondo del torrente Tresinaro all'altezza del manufatto di scarico della cassa.

La terza area considerata riguardava un terrazzo, sempre in sponda destra, in località Osteria Vecchia, a valle dell'area industriale di Viano, con potenzialità di circa 600.000 mc.

Alla luce dei risultati ottenuti nell'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle condizioni di pericolosità e rischio idraulico lungo il torrente Tresinaro, si può affermare, richiamando la *tabella 3.2*, che, ad oggi, la capacità di deflusso di $260 \text{ m}^3/\text{s}$ è garantita solo nel tratto a monte della SP 52 e nel tratto oggetto dei recenti interventi di arginatura eseguiti dalla Regione, dal ponte di Arceto fino al ponte di San Donnino, sebbene i franchi risultino localmente inferiori al valore di progetto.



5.2 Scenari di progetto valutati nel presente studio

Le attività sviluppate nel presente studio si originano dai risultati ottenuti nell'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alle condizioni di pericolosità e rischio idraulico lungo il torrente Tresinaro e riguardano la valutazione della funzionalità di alcuni scenari alternativi di progetto, concordati dal *Gruppo Tresinaro*.

Gli interventi si possono suddividere in *interventi di monte* e *interventi di valle* rispetto alla sezione dell'idrometro di Ca' de' Caroli.

Gli *interventi di monte* perseguono l'obiettivo della laminazione controllata dell'onda di piena per ridurre il colmo in ingresso al tratto a valle della sezione del ponte della Pedemontana di Scandiano, ove è ubicato l'idrometro denominato "Ca' de' Caroli".

Gli *interventi di valle* perseguono l'obiettivo di ridefinizione delle aree potenzialmente allagabili, ipotizzando sia interventi locali di contenimento dei livelli spondali, sia interventi di confinamento delle aree inondabili a protezione dei centri abitati. Sono considerati anche scenari di contenimento diffuso dei livelli spondali per un lungo tratto, allo scopo di verificarne gli effetti negativi in termini di aumento della pericolosità di inondazione a valle e di incremento delle portate recapitate nel fiume Secchia rispetto a quelle della configurazione attuale del sistema difensivo.

Per il tratto di monte si sono considerate le seguenti configurazioni di progetto:

- Nessun intervento (Scenario A)
- Cassa di laminazione in destra idraulica ubicata a valle della confluenza del Rio delle Viole, poco a monte di Rondinara (Scenario B)
- Cassa di laminazione in destra idraulica corrispondente allo scenario B, con, in aggiunta, scavo del fondo cassa (Scenario C)
- Sistema di casse di laminazione in destra e sinistra idraulica a monte della confluenza del Rio delle Viole e in destra idraulica a valle della confluenza (Scenario D)
- Sistema di casse di laminazione in destra e sinistra idraulica corrispondente allo scenario D, con, in aggiunta, scavo del fondo cassa (Scenario E)

Lo scenario B e C corrispondono alla *seconda area* del progetto preliminare, lo scenario D ed E sono alternativi e, in una certa misura, equivalenti alla *terza area* del progetto preliminare, mentre non è stata per ora considerata la possibilità di realizzare l'area di laminazione in località Seminario (*prima area* del progetto preliminare), perché, sebbene molto interessante rispetto ai contributi residui dell'interbacino tra Viano e Ca' de' Caroli, deve essere eventualmente considerata solo in accoppiamento con le altre per poter conseguire i benefici di laminazione complessivamente attesi.



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Particolare attenzione è stata posta alla possibilità di interventi di ridefinizione delle aree potenzialmente allagabili nel tratto di valle. Le configurazioni qui considerate sono le seguenti:

- Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara per evitare le esondazioni nelle aree abitate (Scenario 1)
- Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara e compartimentazione delle aree allagabili in modo da evitare gli allagamenti dei centri abitati, cui è necessariamente associato l'adeguamento delle arginature recentemente realizzate per evitare esondazioni al di fuori di queste aree (Scenario 2)
- Adeguamento arginature da Scandiano a Macina di Carpi (Scenario 3)
- Adeguamento arginature da Scandiano alla confluenza in Secchia (Scenario 4)

E' importante porre l'attenzione sul fatto che la verifica dello scenario 3 viene eseguita solo per poter quantificare il peggioramento delle condizioni di pericolosità di Rubiera in caso di incremento dell'officiosità di monte, mentre quella dello scenario 4 viene eseguita solo per quantificare l'incremento di portata e volume di piena recapitato nel Secchia rispetto alle condizioni attuali, in caso che, a seguito della realizzazione dello scenario 3 si volesse proteggere Rubiera dalle esondazioni.

Gli scenari di monte e di valle sono stati poi combinati in tutti i possibili abbinamenti e per i tempi di ritorno di 20, 50 e 200 anni, considerando le scabrezze indicate come "Scenario Estate" nel precedente studio e considerando la situazione in cui anche il Secchia è in piena, quindi considerando lo scenario più gravoso. Ne discende che, in condizioni di buona manutenzione o di piena prettamente invernale, le differenze potranno essere dello stesso tipo di quelle ottenute nelle condizioni attuali ed eventualmente potranno essere analizzate con gli stessi strumenti già implementati



5.3 Interventi di monte

5.3.1 Valutazione preliminare dei volumi ideali di laminazione

Gli interventi di monte prevedono la realizzazione di una o più casse di espansione laterali a monte di Rondinara, nei pressi della confluenza del rio delle Viole, come indicato nel progetto preliminare della Regione Emilia Romagna. In tale progetto si proponeva di recuperare in tale area un volume di laminazione di circa 1 milione di metri cubi, che poteva essere raddoppiato mediante scavo dei terreni laterali impegnati per le aree di laminazione. Ciò a fronte di un volume minimo di laminazione richiesto di 1,5 Milioni di metri cubi per scolare la piena di tempo di ritorno di 200 anni a $260 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale situazione è indicata nella nella figura seguente, in cui è individuato il volume di laminazione ideale per decapitare l'idrogramma. Come è consuetudine, nel progetto della Regione Emilia Romagna è stato applicato un coefficiente moltiplicativo per ottenere il volume reale di laminazione necessario, pari a 1.5.

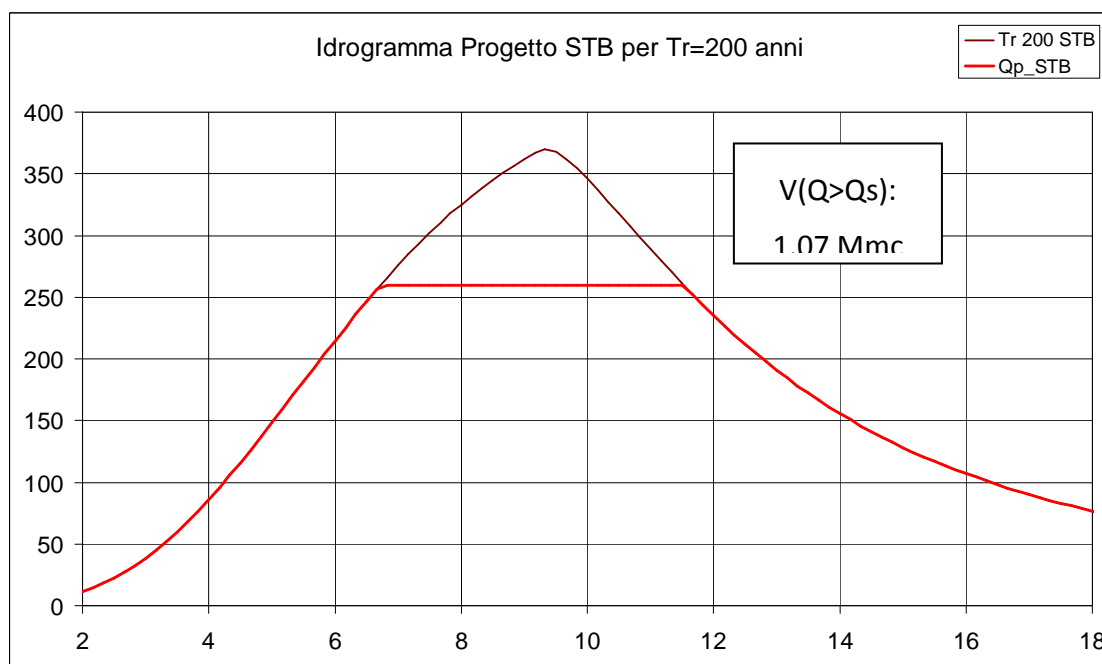


Figura 5.1 –Idrogramma di riferimento del Progetto STB e Idrogramma decapitato di progetto

Le simulazioni eseguite nel presente studio hanno la finalità di valutare la “potenzialità” di tali interventi alla luce degli aggiornamenti compiuti rispetto all'idrologia di piena. Pertanto è utile premettere un confronto tra l'idrogramma di riferimento del progetto preliminare e quello aggiornato con il presente studio, riportato nella figura seguente.

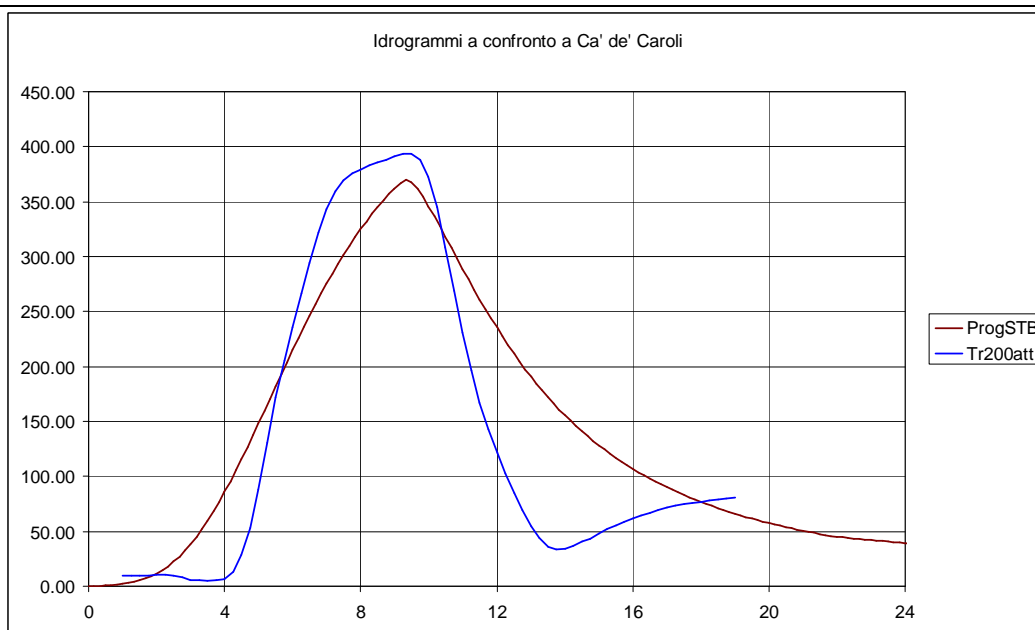


Figura 5.2 – Confronto tra l'idrogrammi di riferimento del Progetto STB e quello del presente studio di aggiornamento

Nella tabella 3.2 del Capitolo 3 sono riportate le capacità di deflusso determinate nel presente studio per ogni tratto. L'esame combinato di tale tabella e dell'idrogramma di portata di tempo di ritorno di 200 anni a Ca' de' Caroli permette di stimare i volumi di laminazione minimi necessari per ottenere un colmo di piena compatibile con i diversi tratti.

Nelle condizioni attuali, la capacità di deflusso media del tratto più critico, tra il Ponte di San Donnino e la confluenza del Canalazzo, è di $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Il volume ideale di laminazione corrispondente è di 3.76 Milioni di metri cubi, come rappresentato nel sottostante grafico

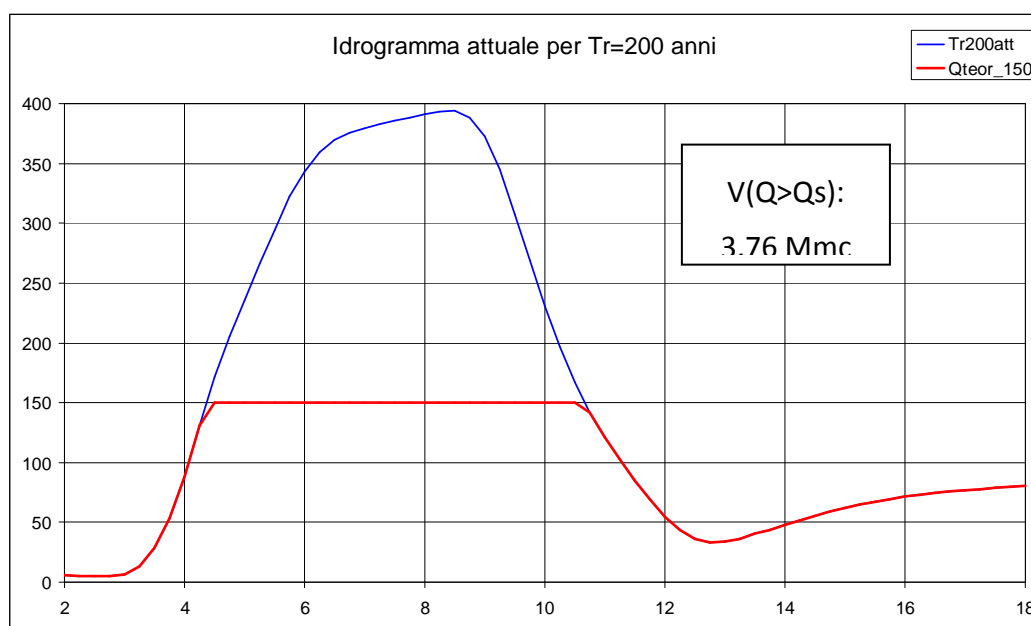


Figura 5.3 – Volume ideale di laminazione a Ca' de' Caroli rispetto alla capacità di deflusso di $150 \text{ m}^3/\text{s}$



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Ammettendo di riuscire ad adeguare la capacità di deflusso media del tratto tra il Ponte di San Donnino e la confluenza del Canalazzo al valore minimo del tratto a valle della Macina di Carpi, che è di $180 \text{ m}^3/\text{s}$, il volume ideale di laminazione corrispondente diviene di 3.11 Milioni di metri cubi, come rappresentato nel sottostante grafico

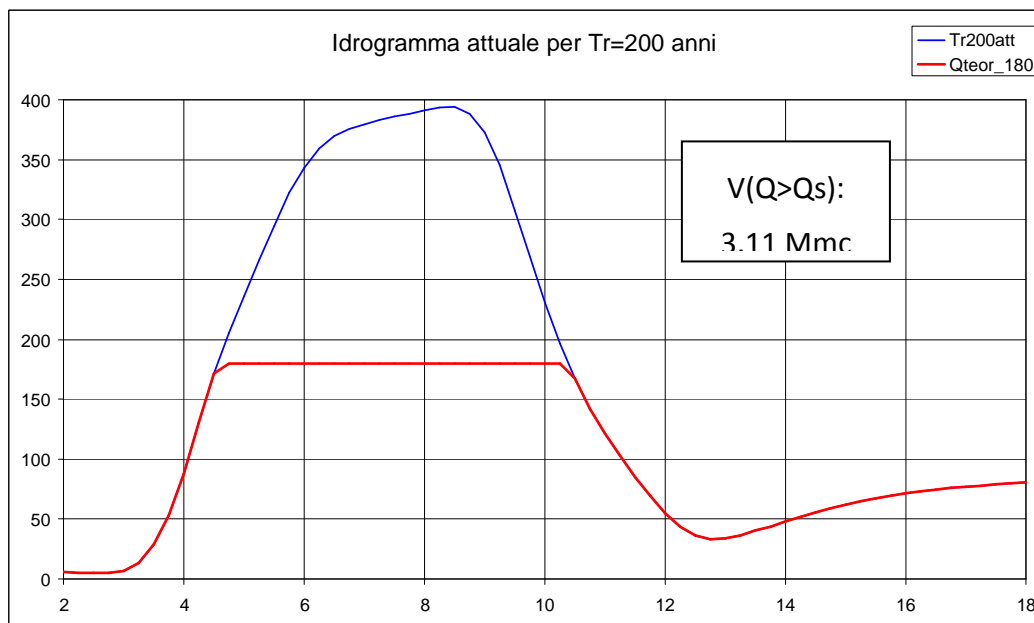


Figura 5.4 – Volume ideale di laminazione a Ca' de' Caroli rispetto alla capacità di deflusso di $180 \text{ m}^3/\text{s}$

Ammettendo di riuscire ad adeguare la capacità di deflusso media del tratto tra il Ponte di San Donnino e la confluenza in Secchia al valore di riferimento del progetto preliminare della Regione Emilia Romagna, di $260 \text{ m}^3/\text{s}$, il volume ideale di laminazione corrispondente diviene di 1.60 Milioni di metri cubi, come rappresentato nel sottostante grafico

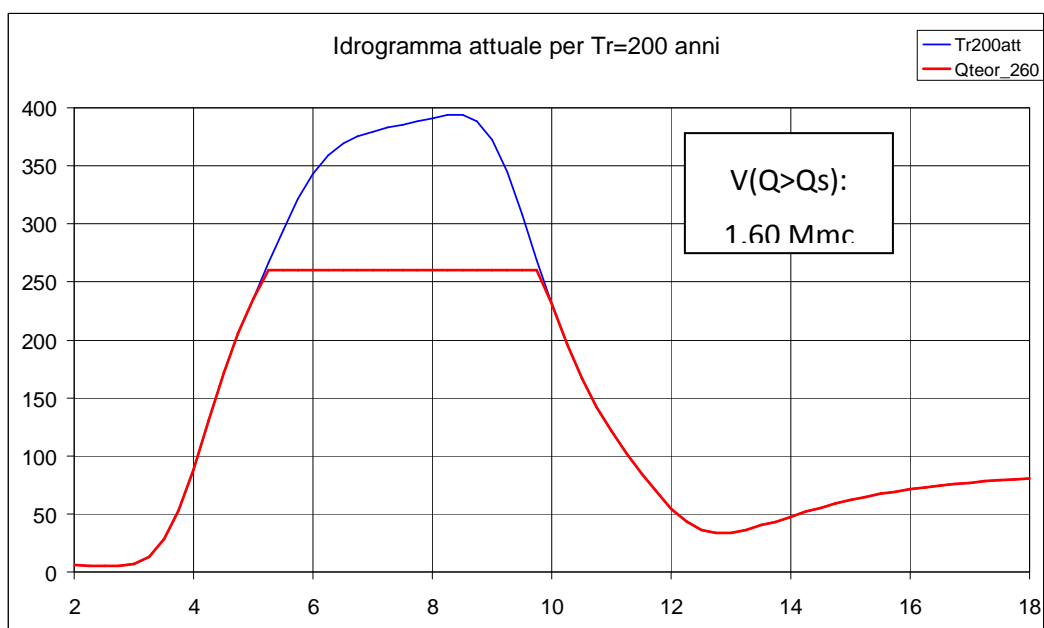


Figura 5.5 – Volume ideale di laminazione a Ca' de' Caroli rispetto alla capacità di deflusso di $260 \text{ m}^3/\text{s}$



Questa breve e semplice analisi preliminare ha lo scopo di individuare l'ordine di grandezza dei volumi di laminazione, essendo noto che la laminazione reale richiede sempre volumi superiori a quelli ideali, come già assunto anche nel progetto STB

5.3.2 Simulazioni degli scenari di progetto

Le simulazioni eseguite per la finalità di valutare la “potenzialità” di tali interventi alla luce degli aggiornamenti compiuti nel presente studio rispetto agli idrogrammi di portata di riferimento, non hanno un dettaglio da progettazione preliminare. Si ritiene pertanto che un approfondimento possa modificare l'effetto di laminazione sia migliorandolo con una più precisa ottimizzazione che riducendolo a causa di vincoli territoriali non considerati.

La schematizzazione delle casse è avvenuta con il seguente schema:

- i. *Schematizzazione bidimensionale all'interno del modello;*
- ii. *Inserimento di una struttura trasversale di controllo per favorire il deflusso all'interno della cassa;*
- iii. *Inserimento di una struttura longitudinale di sfioro verso la cassa;*
- iv. *Inserimento di strutture di compartimentazione della cassa per aumentare il volume invasabile;*
- v. *Calibrazione della struttura trasversale in modo da ottenere per la piena con tempo di ritorno 200 anni un volume invasato che porti ad arginature non superiori a 4 m.*

In questa fase non sono state previste opere di restituzione, infatti, vista la brevità del tratto in cui sono previste le casse, un'eventuale restituzione inciderebbe l'effetto di laminazione. Ovviamente in sede di approfondimento tali opere dovranno essere previste.

5.3.3 Scenario A

Lo Scenario A non prevede nessuna realizzazione di casse, è stato introdotto solo per considerare la combinazione degli interventi di valle mantenendo la situazione attuale per la parte di monte.

5.3.4 Scenario B

Lo scenario B prevede la realizzazione di una cassa di laminazione in destra idraulica a valle della confluenza del Rio delle Viole, area individuata nel: “Progetto Preliminare Lavori di ripristino della sezione di deflusso nel torrente Tresinaro. Regione Emilia Romagna Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa Servizio Tecnico Bacini Enza e sinistra Secchia”.

La cassa occupa un'area di circa 20 ha ed è stata divisa in 3 settori, per aumentare la sua capacità di invaso, mediante argini trasversali di altezza circa 3 m. Per l'evento duecentennale la cassa invasa circa 245.000 m³ con un picco di portata derivata di circa 26 m³/s.

La figura seguente riporta l'area della cassa.

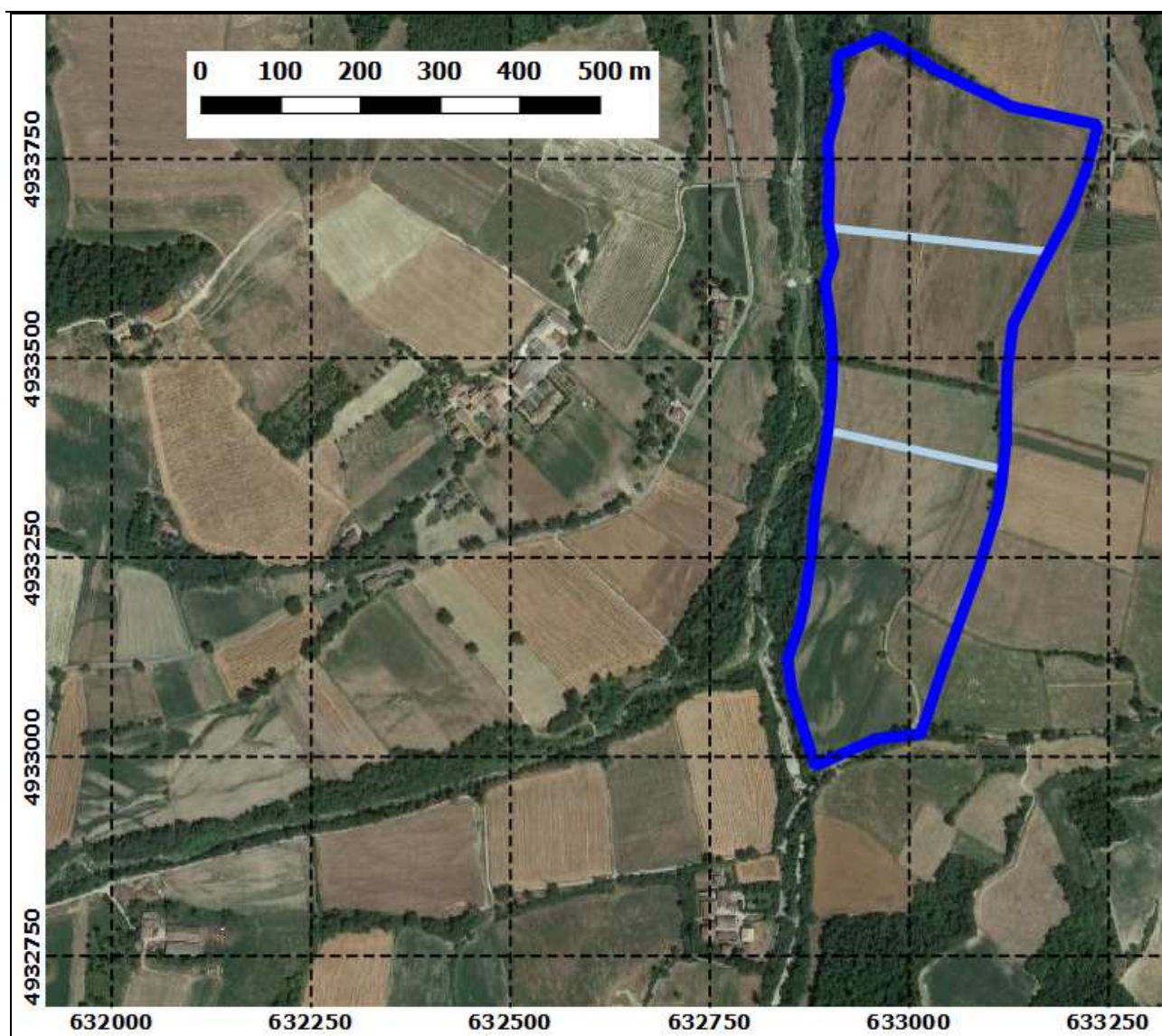


Figura 5.6 – Cassa prevista nello Scenario B (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

5.3.5 Scenario C

Nello Scenario C è prevista la stessa cassa descritta per lo Scenario B, alla quale però viene scavato il fondo per aumentare la capacità di invaso. Il fondo della cassa è stato pertanto portato a circa la quota del fondo alveo corrispondente, lasciando inalterate le quote di sfioro delle arginature interne. Le profondità di scavo variano tra 2 e 5 m (Figura 5.7).

In questa configurazione il picco derivato per l'evento duecentennale è di circa $63 \text{ m}^3/\text{s}$ per un volume complessivo di circa 780.000 m^3 .

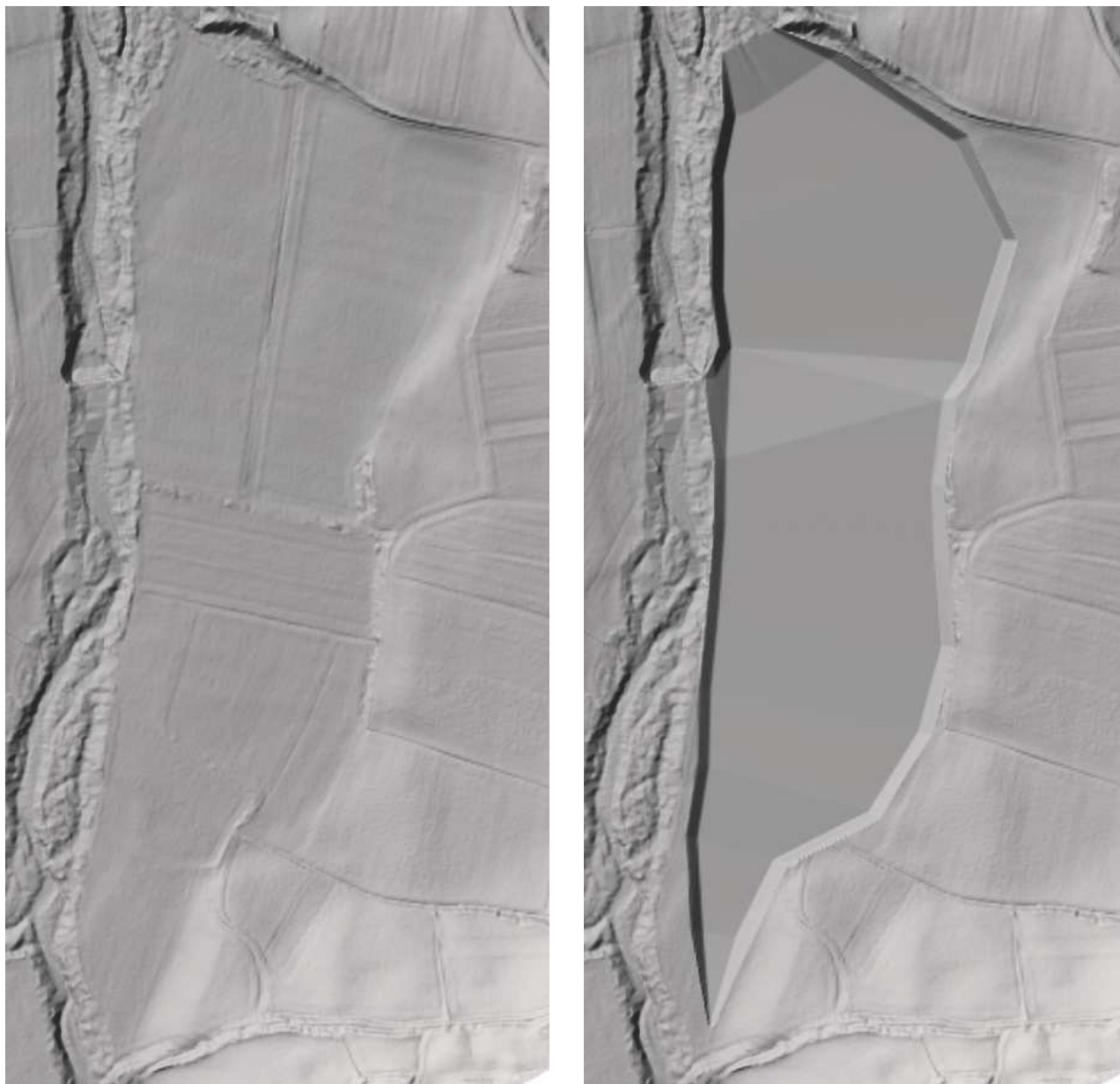


Figura 5.7 – DTM in corrispondenza della cassa di laminazione, attuale (sx) e con scavo (dx).

5.3.6 Scenario D

Nello Scenario D alla cassa definita nello Scenario B sono aggiunte 2 casse, una in destra ed una in sinistra idraulica, a monte della confluenza del Rio delle Viole (Figura 5.8).

La cassa in sinistra ha un'estensione di circa 14 ha, mentre quella in destra di circa 11 ha.

Entrambe le casse sono state compartimentate in 4 settori mediante 3 arginature trasversali con altezza variabile tra 2 e 4 m.

La Tabella 5.1 riporta i valori delle massime portate derivati e dei rispettivi volumi per le tre casse.

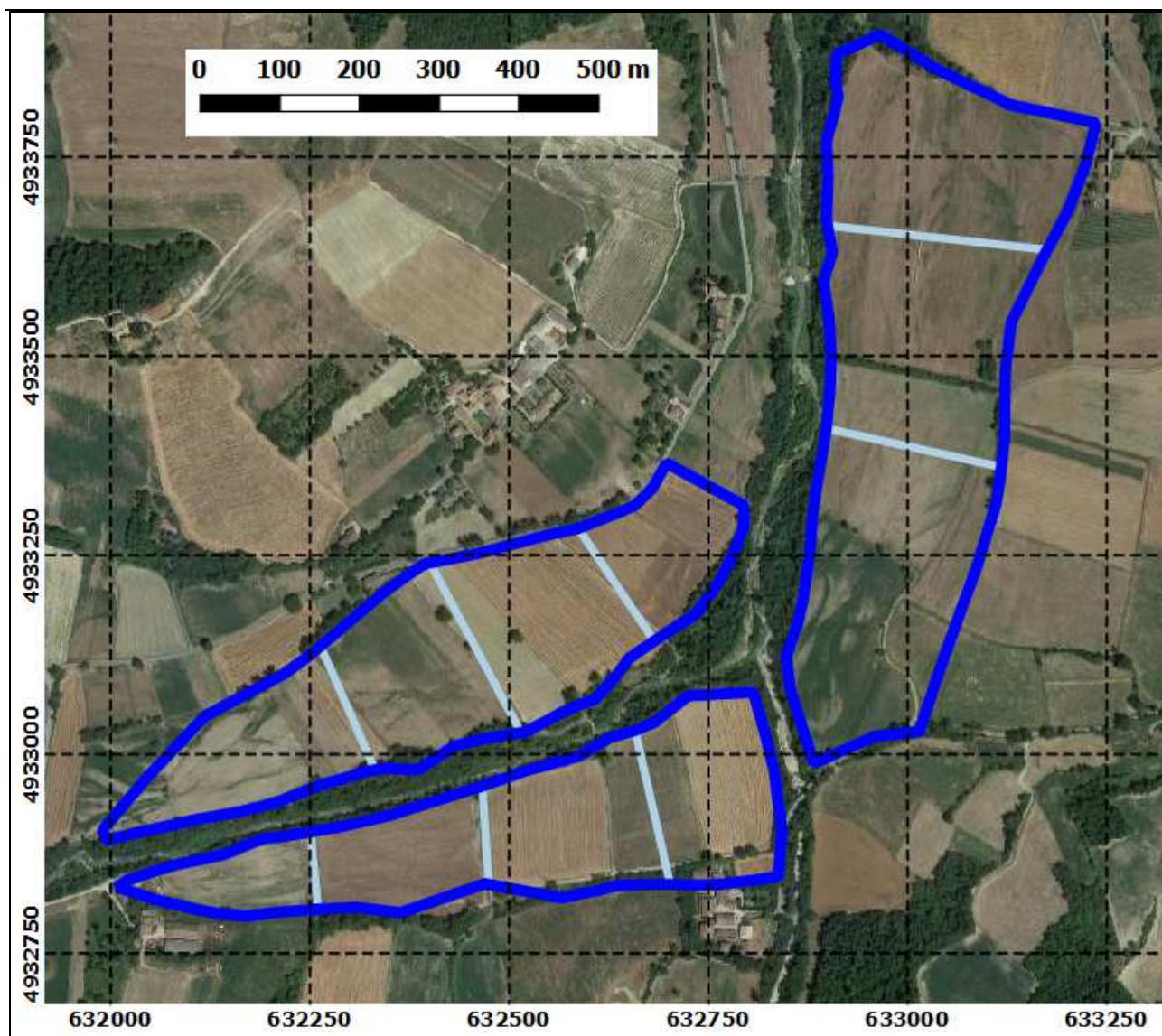


Figura 5.8 – Sistema di casse previste nello Scenario D (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Tabella 5.1 – Parametri di laminazione del sistema delle casse

| Cassa | Portata massima derivata [m ³ /s] | Volume derivato [m ³] |
|--------------|---|--------------------------------------|
| Sinistra | 17 | 186.000 |
| Destra monte | 16 | 173.000 |
| Destra valle | 22 | 250.000 |
| Totale | | 609.000 |



5.3.7 Scenario E

Lo Scenario E prevede lo scavo della cassa di valle, come nello Scenario C e le due casse di monte come definite nello Scenario D.

L'effetto delle due casse di monte è identico a quello descritto nello Scenario D, mentre per la cassa di valle si ha un invaso di circa 780.000 m³ ed una portata massima derivata di circa 55 m³/s.

In questo scenario il volume invasato dal sistema di casse è di 1.139.000 m³.

Tabella 5.2 – Parametri di laminazione del sistema delle casse

| Cassa | Portata massima derivata [m ³ /s] | Volume derivato [m ³] |
|--------------|---|--------------------------------------|
| Sinistra | 17 | 186.000 |
| Destra monte | 16 | 173.000 |
| Destra valle | 55 | 780.000 |
| Totale | | 1.139.000 |



5.4 Interventi di valle

5.4.1 Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara (Scenario 1)

In questo scenario si ha un limitato intervento per evitare le esondazioni nei centri abitati di Scandiano e Fellegara.

Nel modello sono stati impediti le esondazioni nei tratti indicati nella Figura 5.9.

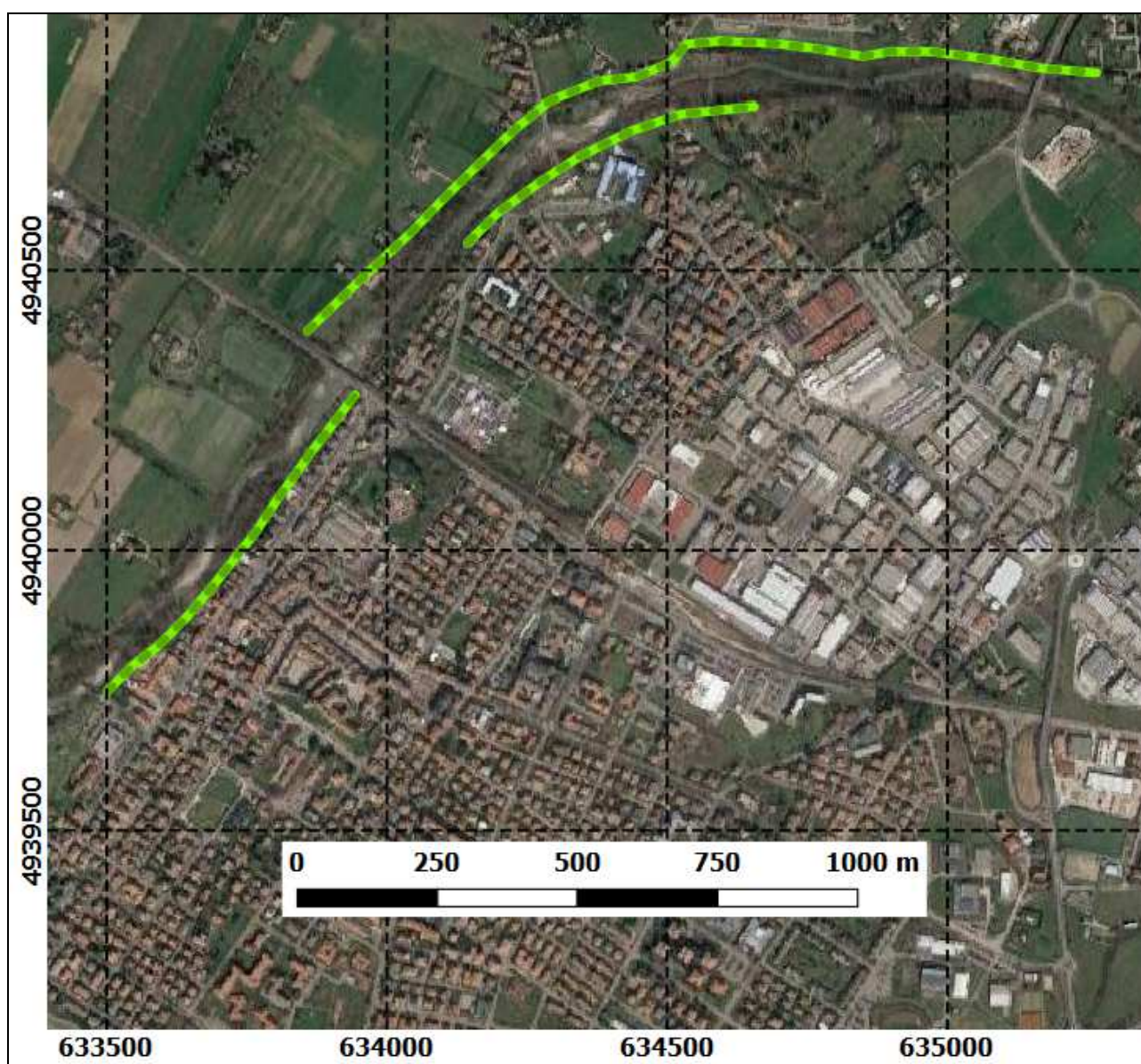


Figura 5.9 – Interventi nello Scenario 1 a Scandiano e Fellegara (sistema di riferimento UTM 32 WGS84).



5.4.2 Adeguamento arginature a Scandiano e Fellegara e compartimentazione delle aree allagabili (Scenario 2)

Nello Scenario 2, oltre all'adeguamento delle arginature di Scandiano e Fellegara, si prevede di realizzare una compartimentazione mediante rialzi stradali o realizzazione di argini di contenimento nei territori soggetti ad esondazione nella situazione attuale, in modo tale che gli allagamenti avvengano in zone prevalentemente agricole.

La Figura 5.10 illustra le arginature inserite nel modello per ottenere la compartimentazione. Il rilevato maggiore si ha per la protezione di Rubiera che ha un'elevazione di circa 2.5 m (escluso franco). Per la valutazione dell'altezza di tutti i rilevati si può fare direttamente riferimento ai risultati del modello RAS allegato che fanno parte integrante della presente relazione.

Per ottenere le esondazioni solo nelle aree desiderate è necessario anche un adeguamento delle arginature spondali nei tratti in cui non si vuole permettere l'esondazione l'individuazione di tali tratti è fatta nell'allegato dei profili degli scenari di progetto

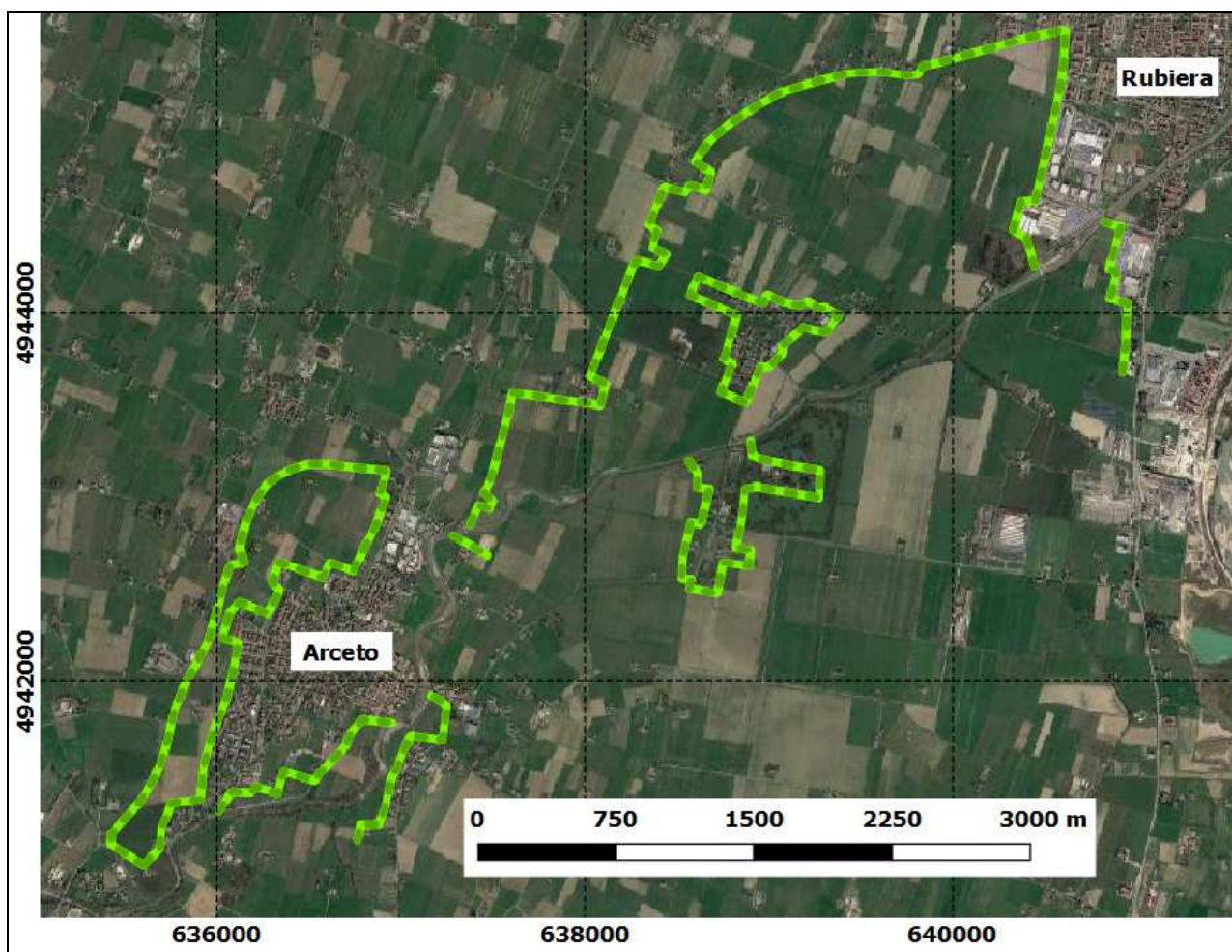


Figura 5.10 – Arginature per realizzare la compartimentazione dello Scenario 2 (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)



5.4.3 Adeguamento arginature da Scandiano alla Macina di Carpi (Scenario 3)

In questo scenario sono adeguate tutte le arginature che vanno da Ca' de' Caroli alla traversa della Macina di Carpi. Nel modello sono pertanto impedito tutte le esondazioni in questo tratto, sono lasciate allagabili solo limitate zone golenali. Nel tratto tra la Macina di Carpi e la confluenza in Secchia si considera la situazione attuale.

5.4.4 Adeguamento delle arginature dell'intero tratto (Scenario 4)

Lo Scenario 4 prevede il contenimento delle piene anche nel tratto tra la traversa della Macina di Carpi e la confluenza in Secchia. In questo scenario pertanto non si hanno esondazioni.



5.5 Risultati delle simulazioni di verifica degli scenari di progetto

In questo paragrafo si analizzano in modo sintetico gli allagamenti relativi ai diversi scenari e gli idrogrammi delle portate duecentennali per le 20 combinazioni tra interventi di monte e valle in sezioni “chiave” lungo il corso d’acqua.

Non sono esaminati in dettaglio i risultati relativi al tempo di ritorno di 20 e 50 anni, poiché le aree di laminazione a monte di Ca' de' Caroli sono disegnate con l'obiettivo del funzionamento più efficace per le piene di tempo di ritorno di 200 anni, nel rispetto dei luoghi e dei vincoli che essi pongono al dimensionamento. Qualora si volessero efficacemente utilizzare tali aree per piene di minor tempo di ritorno, se ne migliorerebbe certamente l'efficienza modificandone il disegno di progetto.

Tuttavia è possibile preliminarmente affermare che, così come progettate, le opere di laminazione di monte, non raggiungono l'obiettivo di garantire un adeguato franco rispetto alla piena di 50 anni di tempo di ritorno in nessuno dei tratti che risulta critico rispetto all'accadimento di tale evento nella configurazione attuale.

5.5.1 Allagamenti nei diversi scenari

I diversi scenari causano una diversa allagabilità del territorio: le tabelle seguenti riassumono valori medi su cui comparare i risultati ottenuti. Ovviamente il valore sintetico non tiene conto della diversa vulnerabilità del territorio allagato. Si noti per esempio che lo Scenario A1 causa un incremento dell’area allagata (nella Tabella 5.6 che riporta la riduzione delle aree allagate il valore negativo indica un aumento), ma lo Scenario 1 impedisce l’allagamento di zone abitate di Scandiano e Fellegara, spostando l’allagamento verso aree coltivate.

Le tabelle seguenti riportano:

- *Volumi esondati, calcolati come somma algebrica dei volumi uscenti/entranti da tutte le Lateral Structures a valle di Ca' de Caroli, il valore sostanzialmente indica i volumi che non confluiscono in Secchia ma rimangono nelle zone allagate (Tabella 5.3);*
- *Riduzione percentuale, rispetto al valore attuale, dei volumi esondati (Tabella 5.4);*
- *Estensione degli allagamenti (Tabella 5.5);*
- *Riduzione percentuale, rispetto alla situazione attuale, delle aree allagate (Tabella 5.6);*
- *Media dei tiranti massimi (Tabella 5.7).*

Tabella 5.3 – Volumi esondati [$10^3 m^3$]

| Attuale | 2708.03 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 2602.00 | 2554.97 | 1048.39 |
| Scenario B | 2479.12 | 2413.94 | 844.92 |
| Scenario C | 2190.05 | 2135.83 | 564.15 |
| Scenario D | 2278.28 | 2422.48 | 655.67 |
| Scenario E | 2009.64 | 1911.86 | 469.38 |



Tabella 5.4 – Riduzione % dei volumi esondati

| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
|------------|------------|------------|------------|
| Scenario A | 4% | 6% | 61% |
| Scenario B | 8% | 11% | 69% |
| Scenario C | 19% | 21% | 79% |
| Scenario D | 16% | 11% | 76% |
| Scenario E | 26% | 29% | 83% |

Tabella 5.5 – Estensione allagamenti [km²]

| Attuale | 9.356 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 9.614 | 6.125 | 4.110 |
| Scenario B | 9.074 | 5.666 | 3.640 |
| Scenario C | 8.166 | 5.134 | 2.824 |
| Scenario D | 8.378 | 5.230 | 3.051 |
| Scenario E | 7.497 | 4.683 | 2.380 |

Tabella 5.6 – Riduzione % delle aree allagate

| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
|------------|------------|------------|------------|
| Scenario A | -3% | 35% | 56% |
| Scenario B | 3% | 39% | 61% |
| Scenario C | 13% | 45% | 70% |
| Scenario D | 10% | 44% | 67% |
| Scenario E | 20% | 50% | 75% |

Tabella 5.7 – Media dei tiranti massimi [m]

| Attuale | 0.46 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 0.46 | 0.65 | 0.54 |
| Scenario B | 0.45 | 0.63 | 0.51 |
| Scenario C | 0.45 | 0.60 | 0.46 |
| Scenario D | 0.44 | 0.60 | 0.48 |
| Scenario E | 0.44 | 0.59 | 0.45 |

5.5.2 Sezione a valle del sistema casse

In questa sezione hanno ovviamente effetto solo gli interventi di monte pertanto sono analizzati solo quegli scenari. La sezione a valle del sistema di casse è la sezione 337 che nel modello RAS ha RS 19849.9

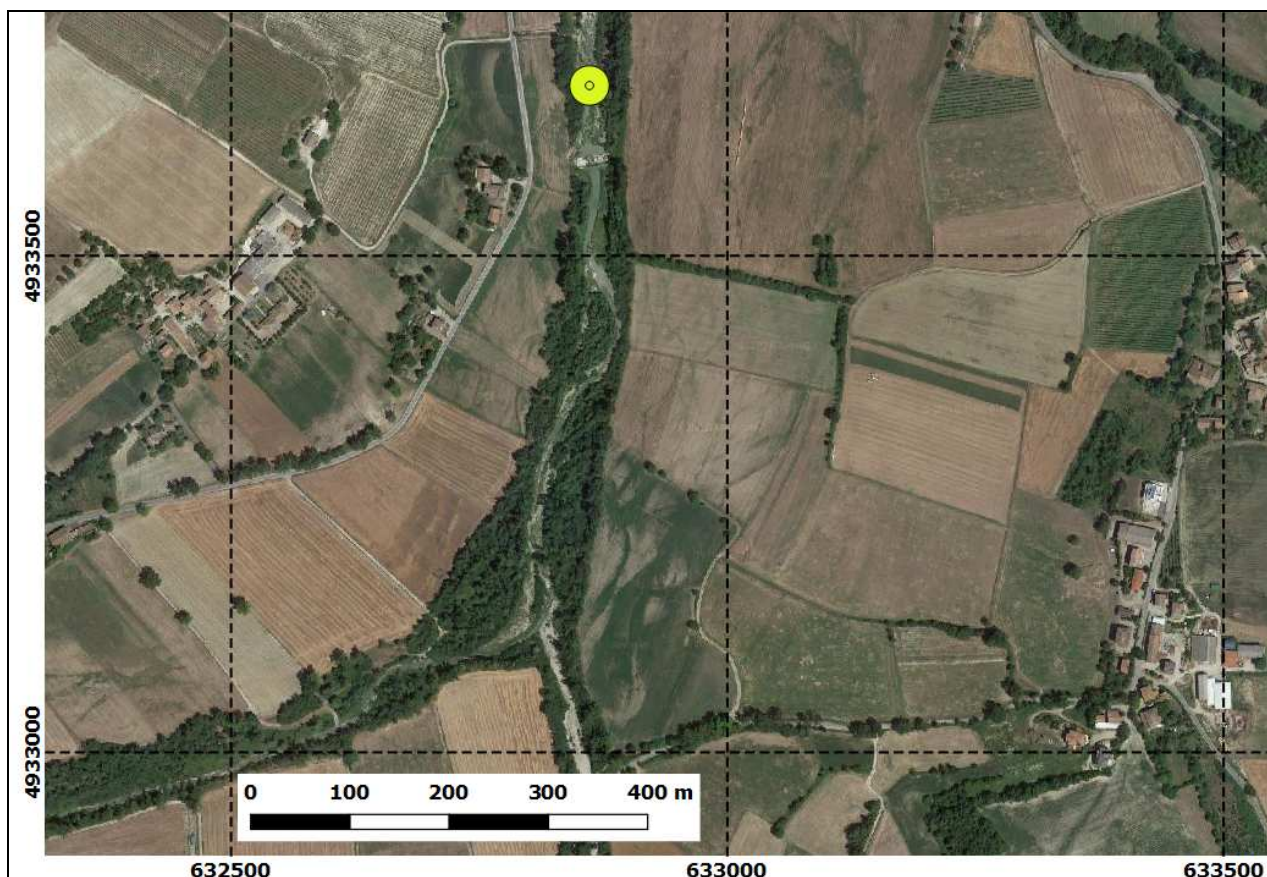


Figura 5.11 – Posizione della sezione valle sistema casse (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Sono riportate di seguito: la tabella con i valori al colmo, gli idrogrammi per i diversi scenari e la percentuale del volume scolmato rispetto al volume dell'idrogramma attuale che supera i 100 m³/s.

Da sottolineare come in corrispondenza di questa sezione il valore al colmo sia circa il 70% di quello di Ca' de Caroli, in pratica da questa sezione a Ca' de Caroli il bacino residuo aumenta il valore al colmo nella situazione attuale di 126 m³/s.

Tabella 5.8 – Portate al colmo per i diversi scenari

| | Portata al colmo [m ³ /s] |
|------------|---|
| Attuale | 268 |
| Scenario B | 242 |
| Scenario C | 206 |
| Scenario D | 215 |
| Scenario E | 181 |

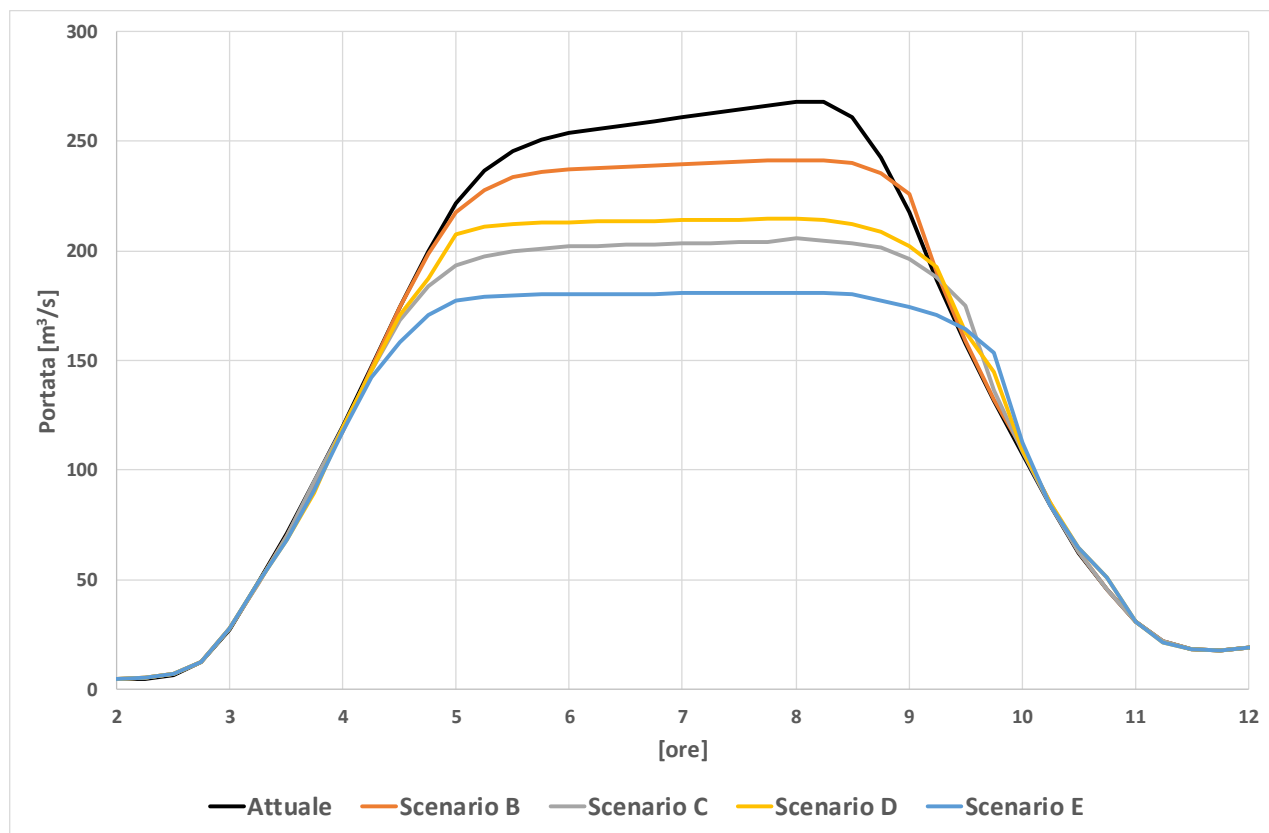


Figura 5.12 – Idrogrammi portate Tr-200 per i diversi scenari di monte.

Tabella 5.9 - Volume scolmato rispetto al volume attuale per portate superiori a 100 m³/s

| | % volume scolmato |
|------------|-------------------|
| Scenario B | 5% |
| Scenario C | 15% |
| Scenario D | 12% |
| Scenario E | 23% |



5.5.3 Sezione di Ca' de Caroli

La sezione di Ca' de Caroli corrisponde alla sezione 199 che nel modello RAS ha RS 12530.5.

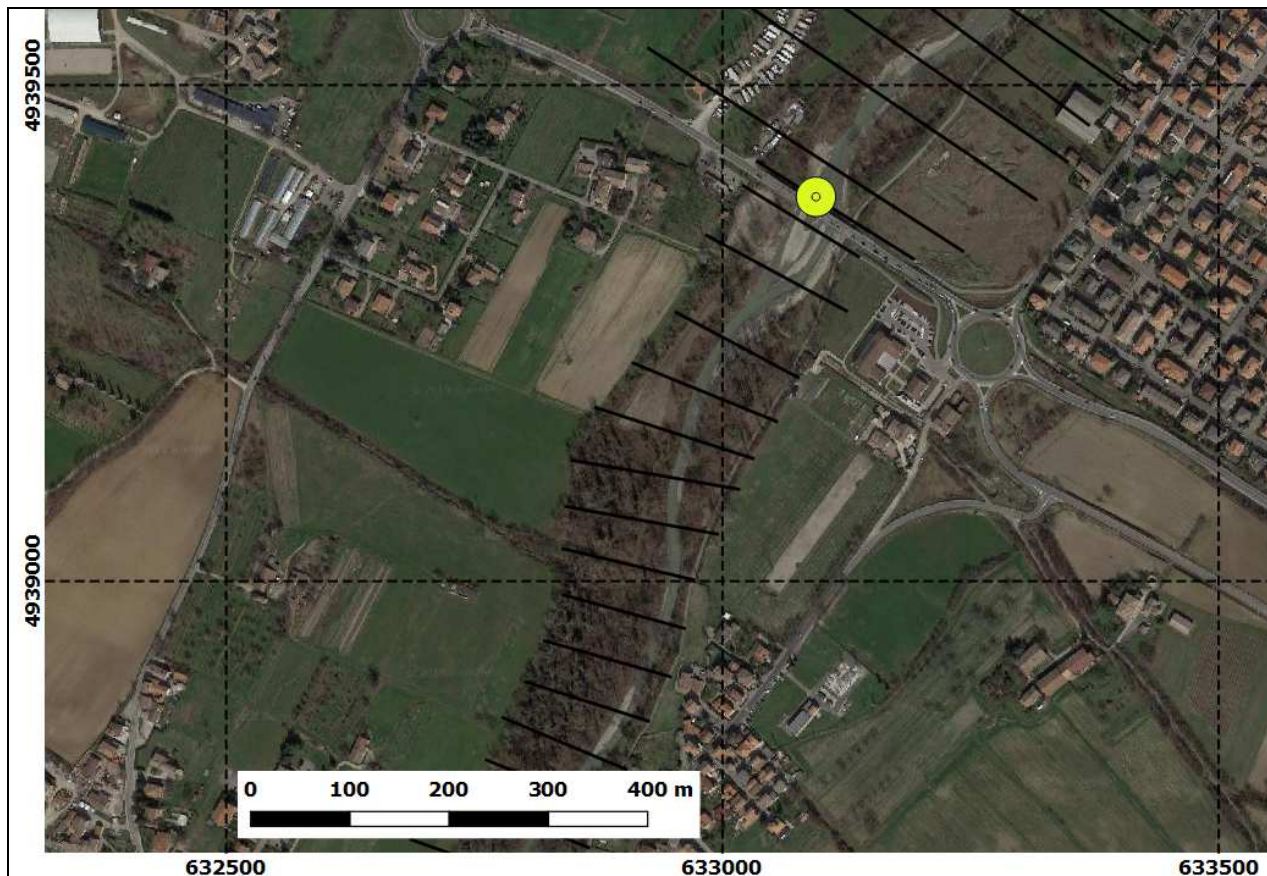


Figura 5.13 – Posizione della sezione di Ca' de Caroli (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Anche per questa sezione gli interventi di valle non hanno nessun effetto, pertanto il confronto è fatto solo per gli scenari di monte.

Sono riportate di seguito: la tabella con i valori al colmo, gli idrogrammi per i diversi scenari e la percentuale del volume scolmato rispetto al volume dell'idrogramma attuale che supera i 100 m³/s.

Tabella 5.10 – Portate al colmo per i diversi scenari

| | Portata al colmo [m ³ /s] |
|------------|---|
| Attuale | 394 |
| Scenario B | 370 |
| Scenario C | 334 |
| Scenario D | 344 |
| Scenario E | 311 |

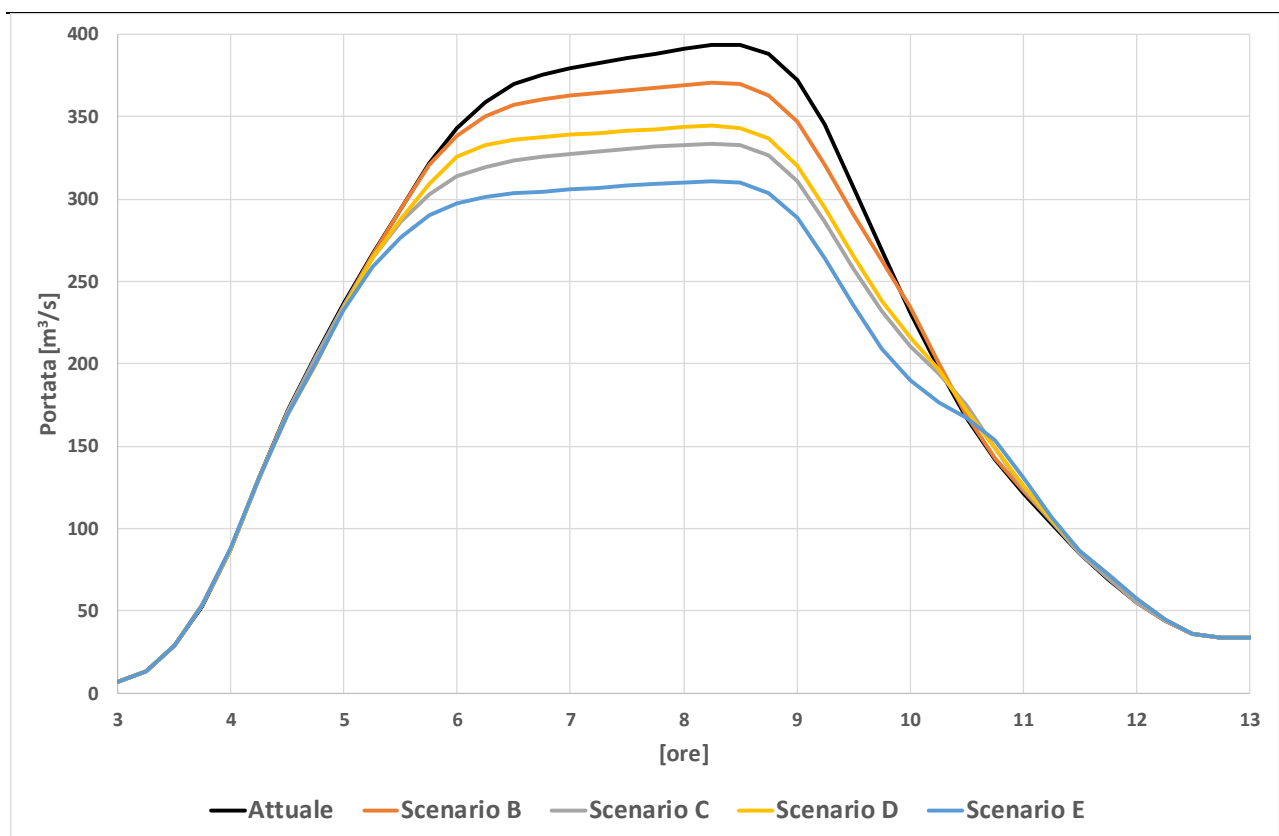


Figura 5.14 – Idrogrammi portate Tr-200 per i diversi scenari di monte.

Tabella 5.11 - Volume scolmato rispetto al volume attuale per portate superiori a 100 m³/s

| | % volume scolmato |
|------------|-------------------|
| Scenario B | 3% |
| Scenario C | 10% |
| Scenario D | 8% |
| Scenario E | 15% |



5.5.4 Sezione di Fellegara S.P. 52

La sezione di Fellegara sul ponte della SP 52 corrisponde alla sezione 154 che nel modello RAS ha RS 9755.2.

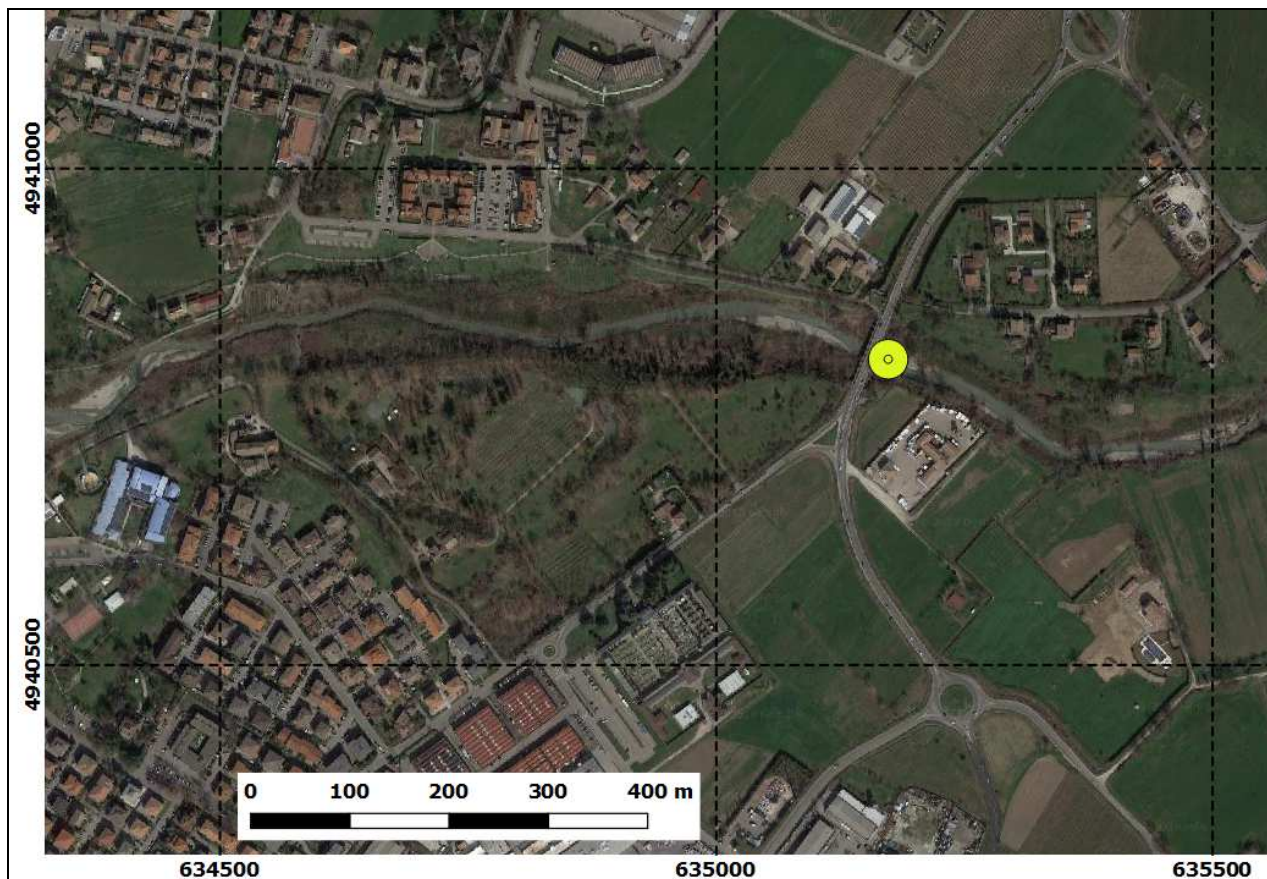


Figura 5.15 – Posizione della sezione di Fellegara (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Alla sezione di Fellegara ha effetto lo Scenario 1 di valle oltre agli scenari di monte. L'intervento di protezione degli abitati di Scandiano e Fellegara porta ad un incremento del colmo di circa 20 m^3/s , si noti come lo Scenario B1 (realizzazione di una cassa di monte) riporta il valore al colmo al valore attuale.

Tabella 5.12 – Portate al colmo per i diversi scenari

| | Portata al colmo [m^3/s] |
|-------------|---------------------------------|
| Attuale | 386 |
| Scenario A1 | 407 |
| Scenario B1 | 386 |
| Scenario C1 | 349 |
| Scenario D1 | 359 |
| Scenario E1 | 326 |



Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che:

- in destra idraulica, nel tratto critico per l'abitato di Scandiano, tra la passerella pedonale e il ponte della SP 467R, solo nello scenario E1 si scongiura il sormonto della via Mazzini, ma il franco, in tal caso si limita a pochi centimetri;
- in sinistra idraulica, nel tratto critico per l'abitato di Fellegara, tra il ponte di via del Cristo e il ponte della SP 52, anche nello scenario E1 i livelli idrici massimi superano le quote di contenimento.

A valle del ponte della SP 52, gli scenari di valle 2 e 3 modificano entrambi le condizioni di deflusso rispetto allo scenario di valle 1. Tuttavia, le situazioni saranno analizzate tratto per tratto in termini di portate senza confrontare i profili idrici tratto per tratto, poiché:

- per lo scenario 2 essi risultano generalmente prossimi a quelli dello scenario 1, a parità di scenario di monte, dal momento che il confinamento delle aree allagabili a difesa dei centri abitati non condiziona i livelli in alveo;
- per lo scenario 3 essi risultano generalmente superiori a quelli dello scenario 1, a parità di scenario di monte, con incrementi che, nello scenario di monte attuale (A), raggiungono il metro a monte del ponte di Arceto e quasi 2 metri tra il ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi, mentre nello scenario di monte E, che determina la maggior riduzione dei colmi di piena, gli incrementi dei profili idrici si riducono a 70 cm al massimo a monte del ponte di Arceto e a 130 cm tra il ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi; gli incrementi sono invece in entrambi i casi di circa 50 cm a valle della Macina di Carpi, ove nello scenario 3 non sono impediti le esondazioni: in quest'ultimo caso i livelli idrici più alti sono determinati dalle maggiori portate in arrivo che causano contemporaneamente pi estese inondazioni nel centro abitato di Rubiera.

Al termine della disamina per tratti saranno rappresentate con grafici di sintesi le situazioni suddette e saranno riportate le estensioni delle aree allagabili.



5.5.5 Sezione del ponte di Arceto

La sezione del ponte di Arceto corrisponde alla sezione 107 che nel modello RAS ha RS 6933.1.

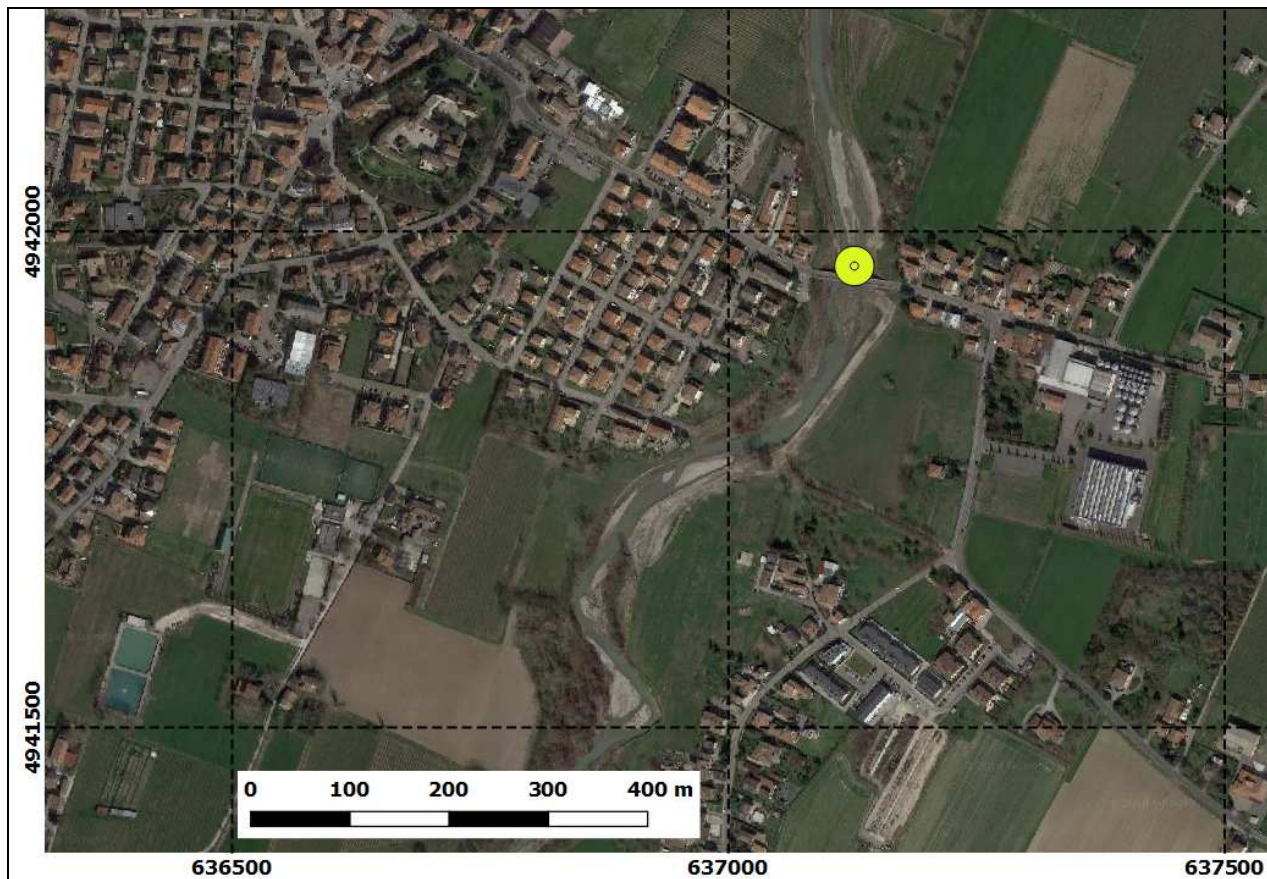


Figura 5.16 – Posizione della sezione del Ponte di Arceto (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Ad Arceto, oltre agli interventi di monte hanno effetto gli scenari 1, 2 e 3 di valle. La tabella seguente riporta i valori al colmo dei vari scenari, si noti come anche l'intero sistema di casse non riesce a "supplire" le mancate esondazioni dovute allo Scenario 3, mentre per lo Scenario 2 si ottiene all'incirca lo stesso valore al colmo della situazione attuale.

Tabella 5.13 – Portate al colmo [m^3/s] per i diversi scenari

| Attuale | 331 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 336 | 397 | 428 |
| Scenario B | 331 | 374 | 403 |
| Scenario C | 321 | 350 | 368 |
| Scenario D | 323 | 356 | 379 |
| Scenario E | 313 | 334 | 347 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che:

- in sinistra idraulica, nei due tratti critici per l'abitato di Arceto, il primo tra il ponte della SP52 ed il doppio salto a monte di Arceto, il secondo tra il doppio salto e il ponte di Arceto, anche nello scenario E1 i livelli idrici massimi superano le quote di contenimento (quote della via per Scandiano, quote della via Caraffa, quote dell'orlo di terrazzo);
- in destra idraulica, nel tratto critico per le frazioni in sponda opposta di fronte ad Arceto, nel primo tratto a monte del ponte di Arceto, E1 i livelli idrici massimi superano le quote di contenimento (terrazzo e strada SP 66).



5.5.6 Sezione del ponte di San Donnino

La sezione del ponte di San Donnino corrisponde alla sezione 60 che nel modello RAS ha RS 4187.8.

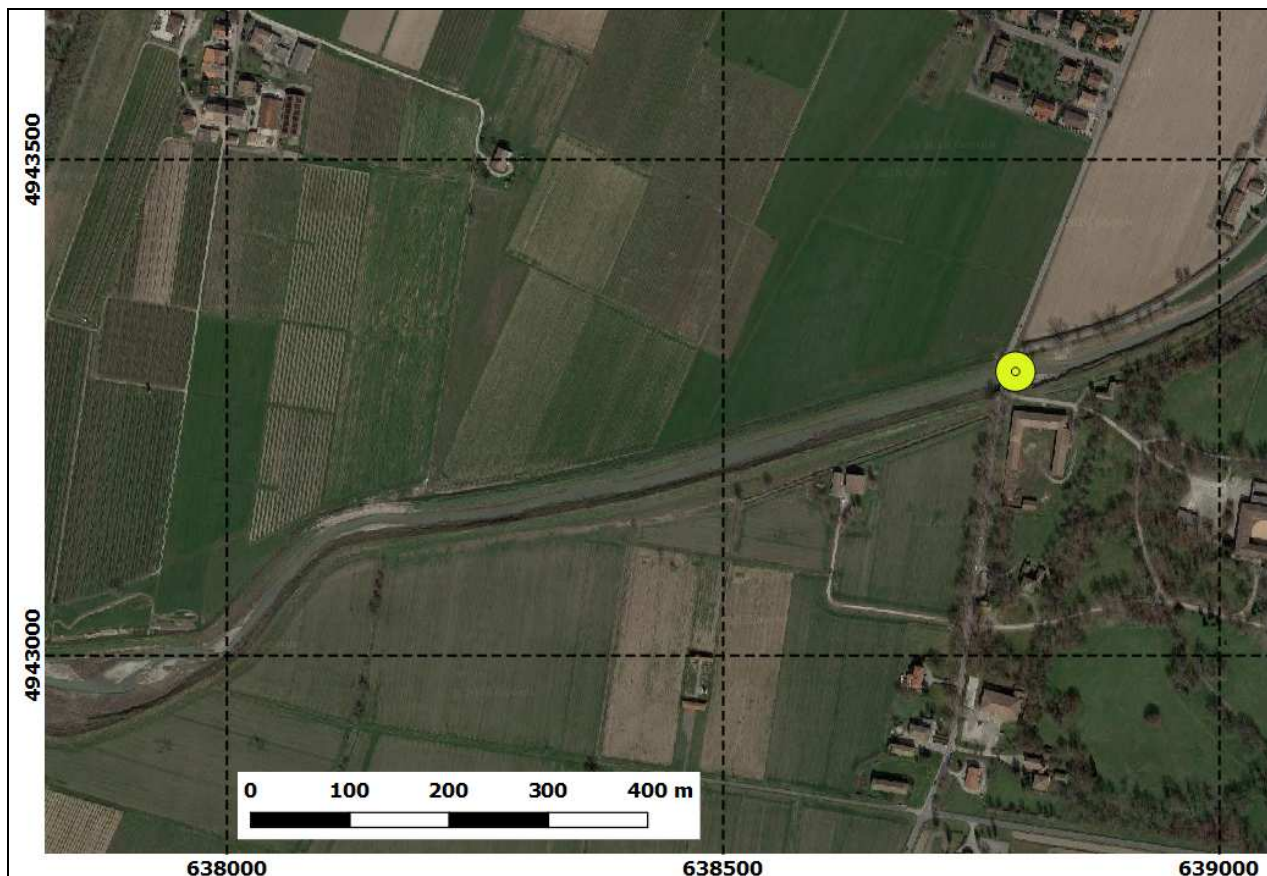


Figura 5.17 – Posizione della sezione del Ponte di San Donnino (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

A San Donnino, oltre agli interventi di monte hanno effetto gli scenari 1, 2 e 3 di valle. La tabella seguente riporta i valori al colmo dei vari scenari, si noti come anche l'intero sistema di casse non riesce a "supplire" le mancate esondazioni dovute allo Scenario 3, mentre per lo Scenario 2 si ottiene all'incirca lo stesso valore al colmo della situazione attuale.

Tabella 5.14 – Portate al colmo [m^3/s] per i diversi scenari

| Attuale | 316 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 319 | 336 | 428 |
| Scenario B | 316 | 331 | 402 |
| Scenario C | 309 | 324 | 367 |
| Scenario D | 313 | 326 | 378 |
| Scenario E | 305 | 318 | 347 |



Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che:

- in sinistra idraulica, nello scenario E1 i livelli idrici massimi scendono al di sotto delle quote arginali anche nei due punti critici in cui gli scenari A1 e B1 evidenziano, invece, l'insufficienza; anche per lo scenario E1, però, il franco si limita a pochi centimetri
- in destra idraulica, nel tratto a monte della traversa di Gazzolo, nello scenario E1 i livelli idrici massimi scendono di almeno 15 cm al di sotto delle quote arginali; nel tratto a valle della traversa, invece, solo nel primo dei due punti critici il livello massimo scende al di sotto delle quote arginali, mentre immediatamente a monte del ponte di San Donnino, permane la criticità anche per lo scenario E1



5.5.7 Sezione della Traversa della Macina di Carpi

La sezione della Traversa della Macina di Carpi corrisponde alla sezione 33 che nel modello RAS ha RS 2185.9.

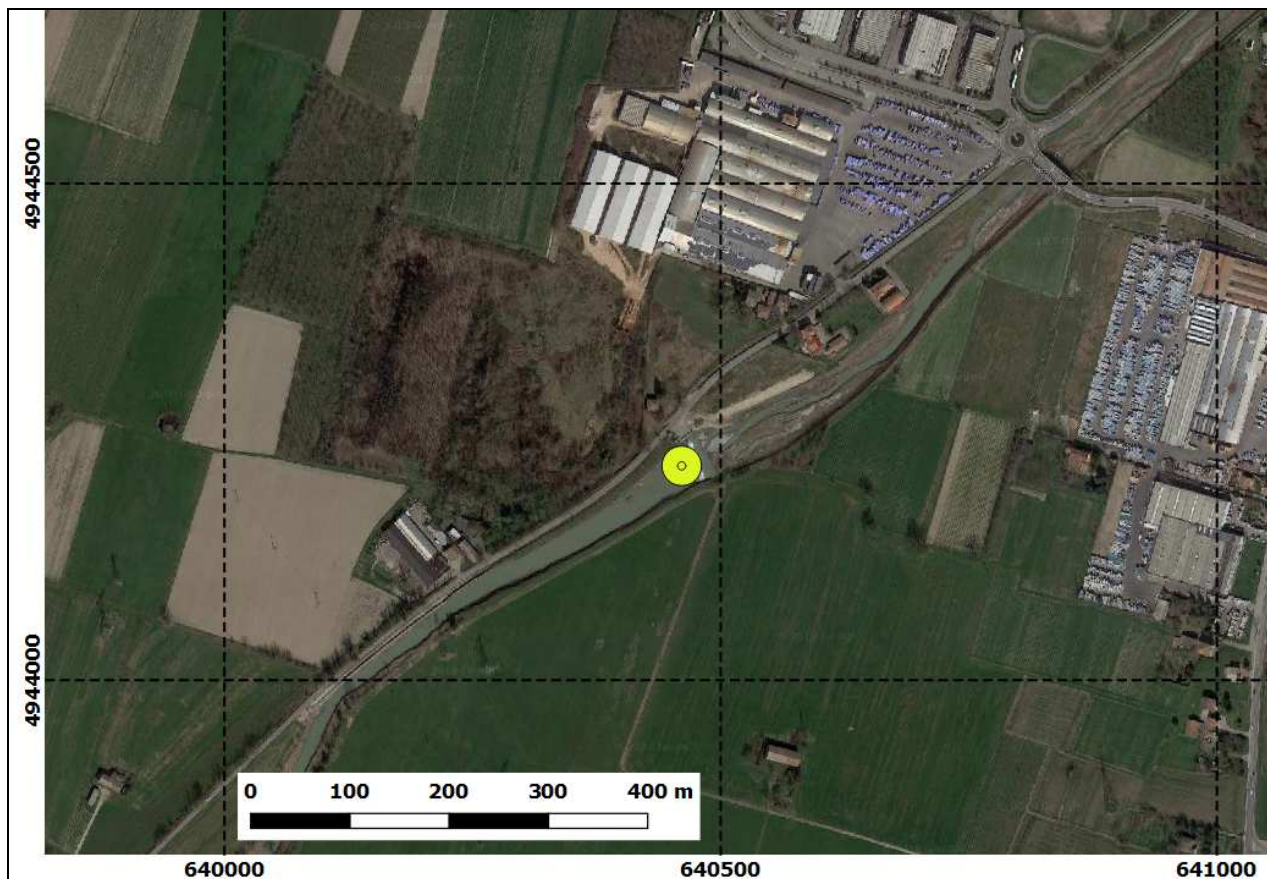


Figura 5.18 – Posizione della sezione della traversa della Macina di Carpi (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Le esondazioni a monte della Macina di Carpi sono consistenti anche per gli scenari 1 e 2 e di fatto gli idrogrammi per questi scenari per ogni combinazione degli interventi di monte portano sostanzialmente all'idrogramma della situazione attuale. Lo Scenario 3, dove è contenuta tutta la portata fino alla Macina di Carpi, evidenzia come la portata al colmo sia più del doppio di quella della situazione attuale.

Tabella 5.15 – Portate al colmo [m^3/s] per i diversi scenari

| Attuale | 185 | | |
|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| Scenario A | 185 | 186 | 427 |
| Scenario B | 185 | 186 | 401 |
| Scenario C | 185 | 185 | 367 |
| Scenario D | 185 | 186 | 378 |
| Scenario E | 184 | 185 | 347 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che, sia in sponda sinistra che in sponda destra, i livelli idrici massimi, a causa dell'insufficienza delle quote di contenimento dei livelli idrici (ovvero della capacità di deflusso del tratto), tendono a livellarsi sugli stessi valori e le stesse diffuse criticità presenti nello scenario attuale permangono anche rispetto agli scenari di progetto



5.5.8 Sezione del Ponte Luna di Rubiera

La sezione del ponte Luna a Rubiera corrisponde alla sezione 25 che nel modello RAS ha RS 1686.1.

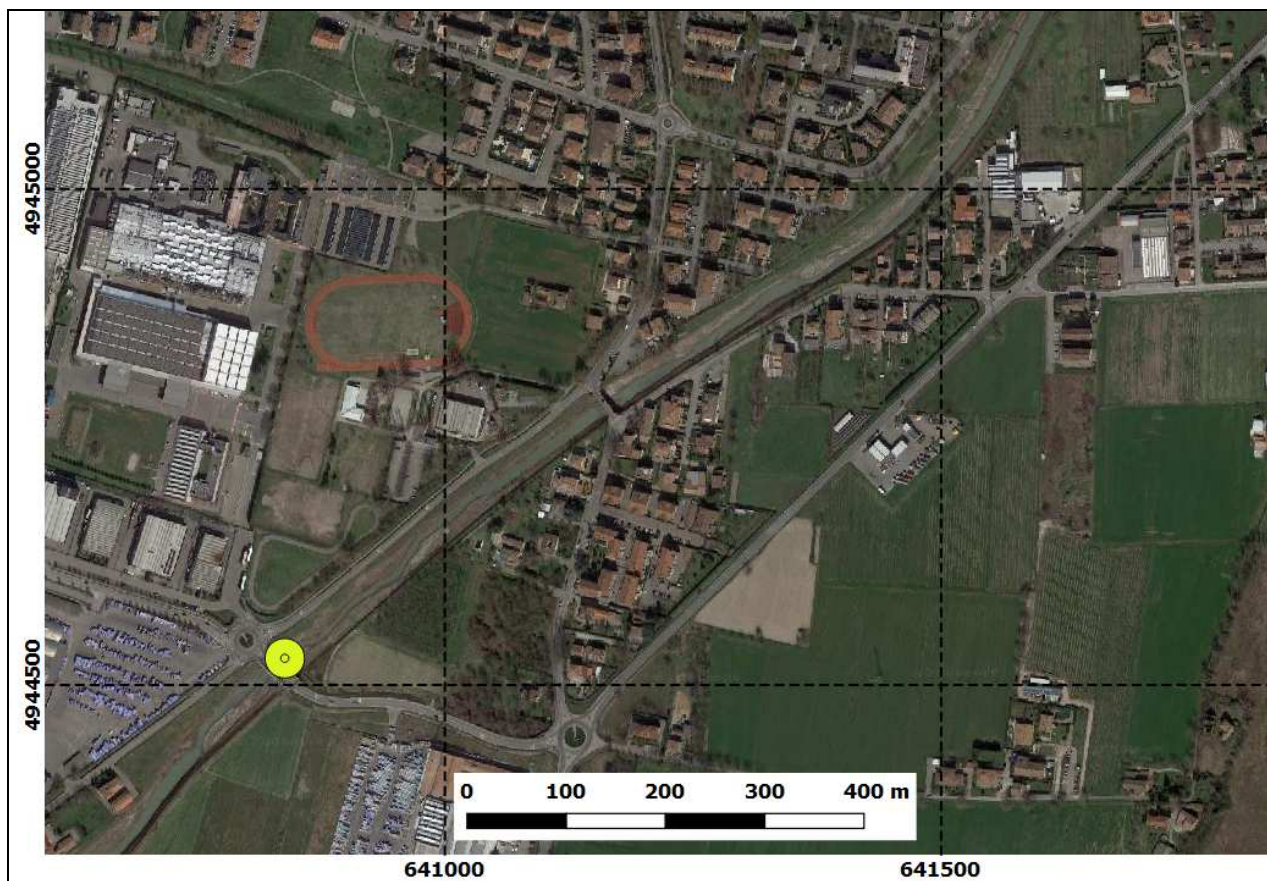


Figura 5.19 – Posizione della sezione di Ponte Luna a Rubiera (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

A Rubiera ponte Luna ha ovviamente effetto anche lo Scenario 4 che contiene tutto il deflusso in alveo. Per gli scenari 1 e 2 gli idrogrammi evidenziano il rientro di volumi esondati a monte (dopo le ore 9 negli idrogrammi). Questo non accade per lo Scenario 3 dove in questo tratto si hanno le esondazioni e nello Scenario 4 che contiene integralmente le portate.

Tabella 5.16 – Portate al colmo [m^3/s] per i diversi scenari

| Attuale | 257 | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
| Scenario A | 261 | 252 | 305 | 427 |
| Scenario B | 256 | 242 | 298 | 398 |
| Scenario C | 241 | 235 | 288 | 367 |
| Scenario D | 247 | 218 | 291 | 377 |
| Scenario E | 225 | 229 | 321 | 346 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che:

- in sinistra idraulica, nel tratto a monte del ponte Luna, nello scenario E1 i livelli idrici massimi scendono di almeno 20 cm al di sotto delle quote arginali, mentre nello scenario B1 permane la criticità presente nello scenario A1;
- in destra idraulica, nel tratto a monte del ponte Luna, i livelli idrici massimi permangono superiori alle quote di contenimento (tuttavia il fenomeno prevalente è, in tutti gli scenari, il rientro in alveo delle acque esondate a monte);



5.5.9 Sezione del Ponte di Rubiera - idrometro

La sezione dell'idrometro di Rubiera corrisponde alla sezione 5 che nel modello RAS ha RS 235.2.

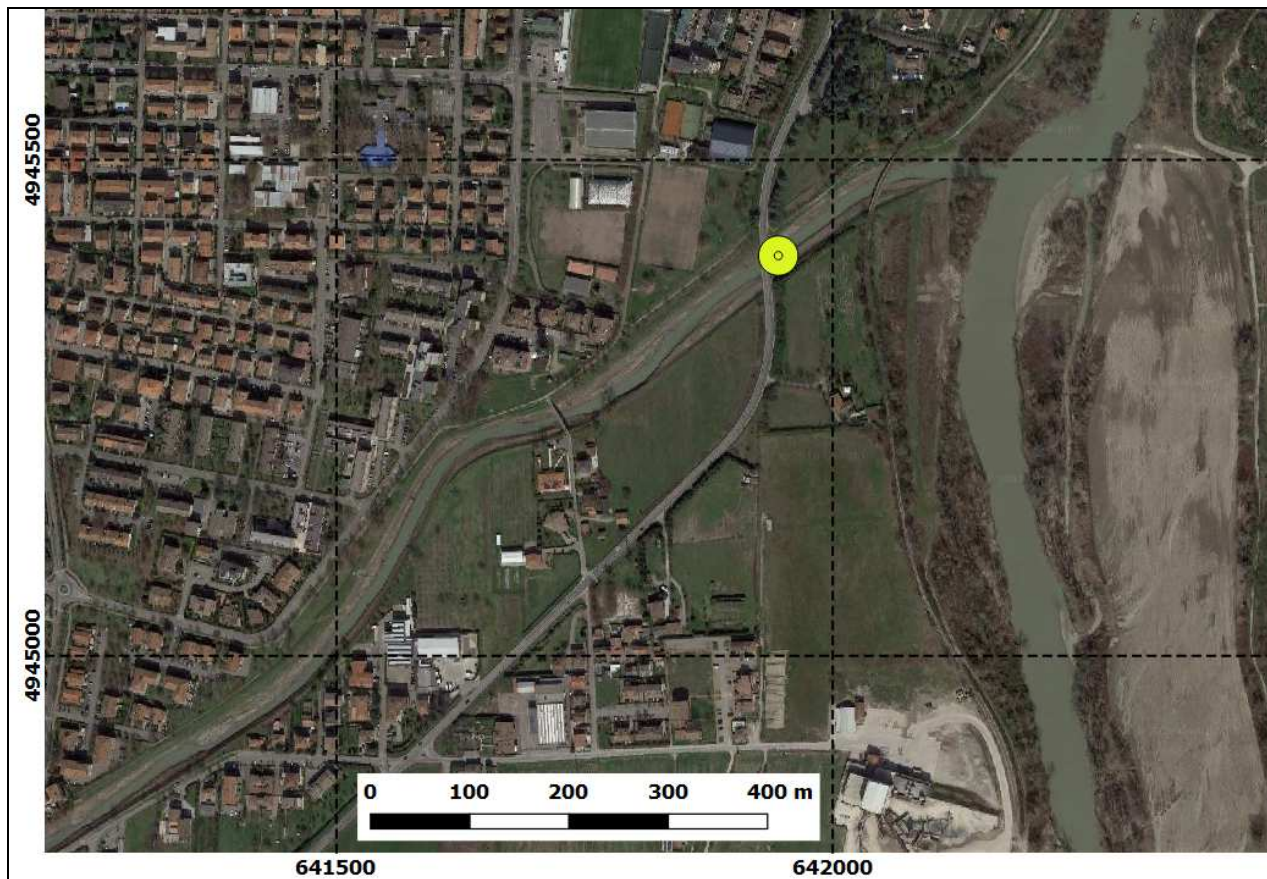


Figura 5.20 – Posizione della sezione di Ponte Luna a Rubiera (sistema di riferimento UTM 32 WGS84)

Alla sezione dell'idrometro di Rubiera i risultati sono molto simili a quelli di Rubiera ponte Luna

Tabella 5.17 – Portate al colmo [m^3/s] per i diversi scenari

| Attuale | 260 | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
| Scenario A | 267 | 244 | 322 | 427 |
| Scenario B | 257 | 235 | 317 | 396 |
| Scenario C | 236 | 230 | 310 | 366 |
| Scenario D | 241 | 217 | 312 | 376 |
| Scenario E | 222 | 225 | 301 | 346 |



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Il confronto tra il profilo attuale e i profili di progetto relativi agli scenari di monte da A ad E e allo scenario 1 di valle, viene limitato agli scenari B ed E rispettivamente corrispondenti al beneficio di laminazione minimo e a quello massimo. Si evidenzia che:

- in sinistra idraulica, nel tratto a valle del ponte Luna, nello scenario B1 i livelli idrici massimi restano superiori alle quote di contenimento, mentre vi si approssimano quelli dello scenario E1;
- in destra idraulica, i livelli idrici massimi permangono diffusamente superiori alle quote di contenimento (tuttavia il fenomeno prevalente è, in tutti gli scenari, il rientro in alveo delle acque esondate a monte);



Relativamente al confronto tra gli scenari 2 e 3 di valle, può essere utile ripetere qui quanto anticipato al paragrafo 5.5.3.

A valle del ponte della SP 52, gli scenari di valle 2 e 3 modificano le condizioni di deflusso rispetto allo scenario di valle 1:

- per lo scenario 2 le quote idriche massime risultano generalmente prossimi a quelli dello scenario 1, a parità di scenario di monte, dal momento che il confinamento delle aree allagabili a difesa dei centri abitati non condiziona i livelli in alveo;
- per lo scenario 3 le quote idriche massime risultano generalmente superiori a quelli dello scenario 1, a parità di scenario di monte; gli incrementi maggiori si hanno nello scenario A di monte;
- nella configurazione attuale del tratto tra Viano e Ca' de' Caroli (A), gli incrementi delle quote di piena raggiungono il metro a monte del ponte di Arceto e quasi 2 metri tra il ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi
- nella configurazione di monte E, che determina la maggior riduzione dei colmi di piena tra quelle esaminate, gli incrementi delle quote di piena si riducono a 70 cm a monte del ponte di Arceto e a 130 cm tra il ponte di San Donnino e la traversa della Macina di Carpi;
- in entrambe le configurazioni di monte, invece, gli incrementi sono di circa 50 cm a valle della Macina di Carpi, ove nello scenario 3 non sono impedito le esondazioni: in quest'ultimo caso i livelli idrici più alti sono determinati dalle maggiori portate in arrivo che causano contemporaneamente pi estese inondazioni nel centro abitato di Rubiera.

5.5.10 Confronto tra gli scenari di progetto di valle in termini di aree potenzialmente allagabili

Si riportano a scala di intera asta da Ca' de' Caroli alla confluenza in Secchia le mappe delle aree potenzialmente allagabili negli scenari di progetto.

Dall'esame delle mappe risulta evidente la riduzione di aree potenzialmente allagabili per effetto della laminazione di monte. Tuttavia è altrettanto evidente che la situazione rimane critica in tutti gli scenari confrontati

Le mappe sono fornite evidenziando le classi di tiranti secondo la seguente legenda:

| | h max (m/s) | |
|--|-------------|--------|
| | 0.00 | - 0.20 |
| | 0.20 | - 0.50 |
| | 0.50 | - 1.00 |
| | 1.00 | - 2.00 |
| | 2.00 | - 3.00 |
| | | > 3.00 |

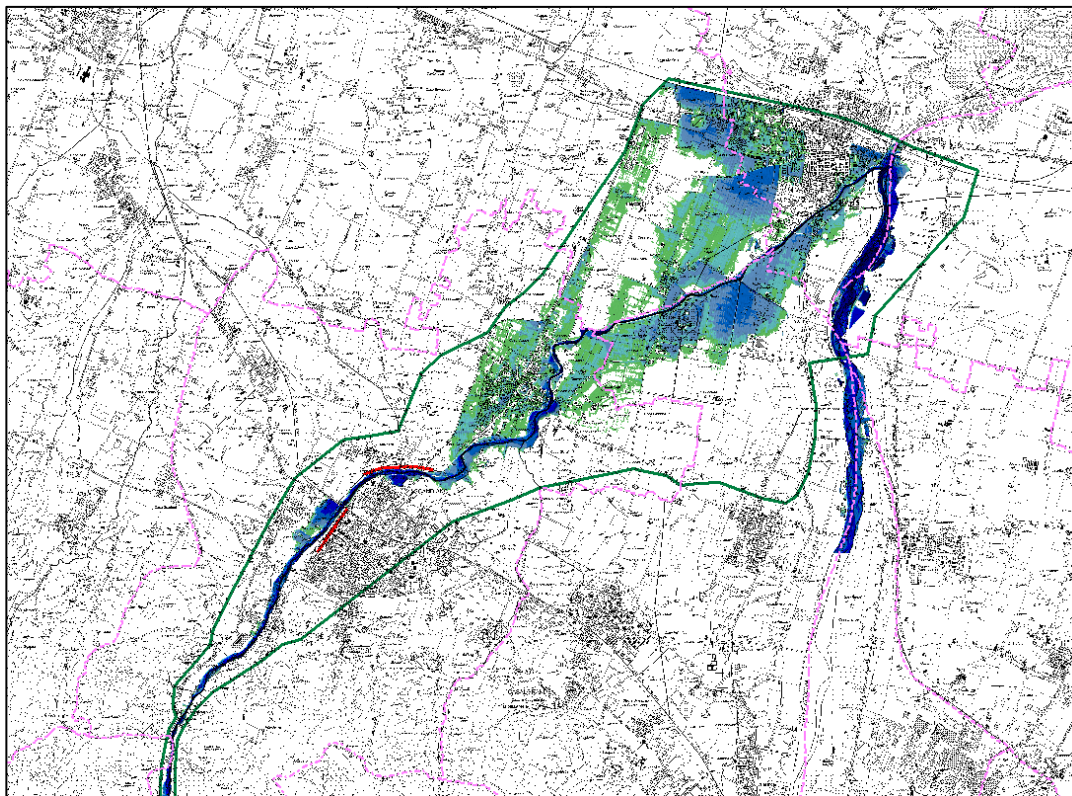


Figura 5.21 – Mappa dei tiranti relative allo scenario A1 per il tempo di ritorno di 200 anni

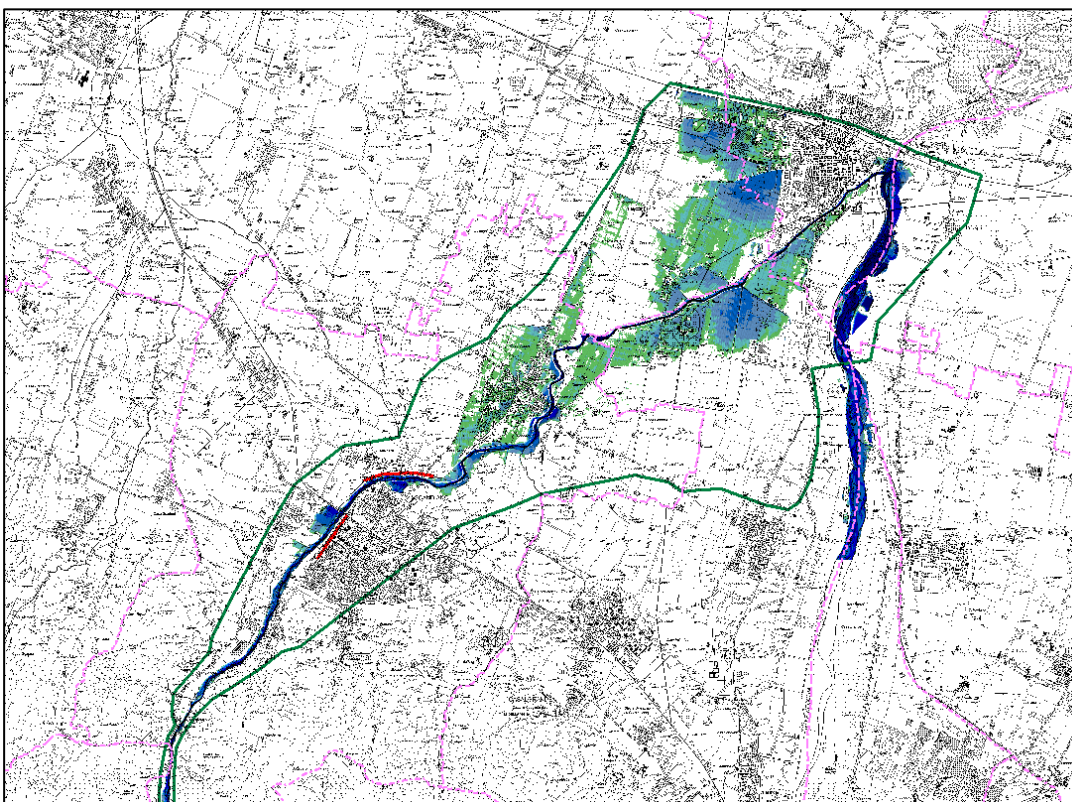


Figura 5.22 – Mappa dei tiranti relative allo scenario E1 per il tempo di ritorno di 200 anni

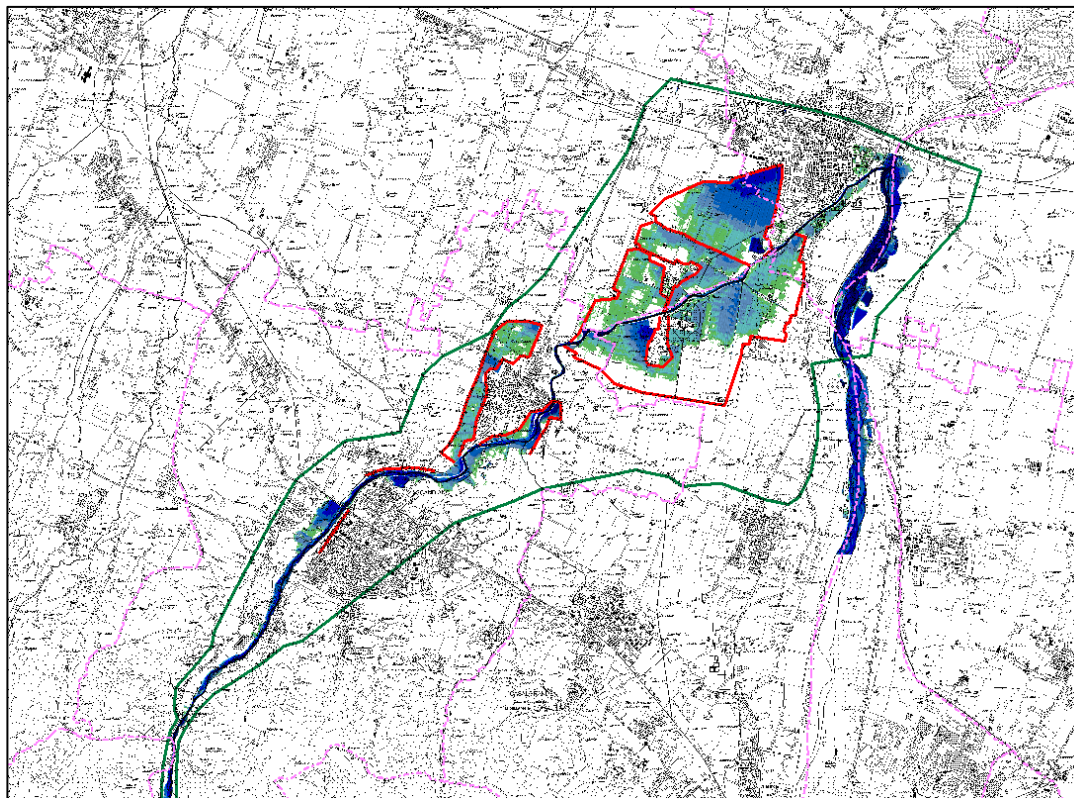


Figura 5.23 – Mappa dei tiranti relative allo scenario A2 per il tempo di ritorno di 200 anni

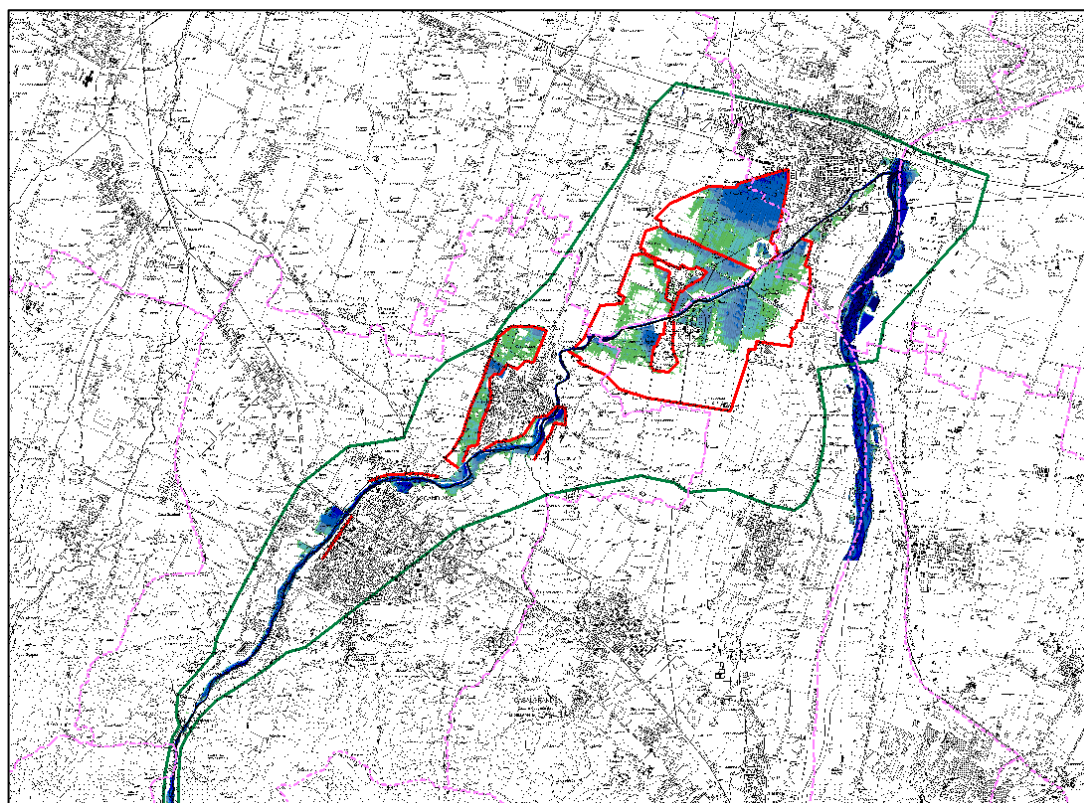


Figura 5.24 – Mappa dei tiranti relative allo scenario E2 per il tempo di ritorno di 200 anni

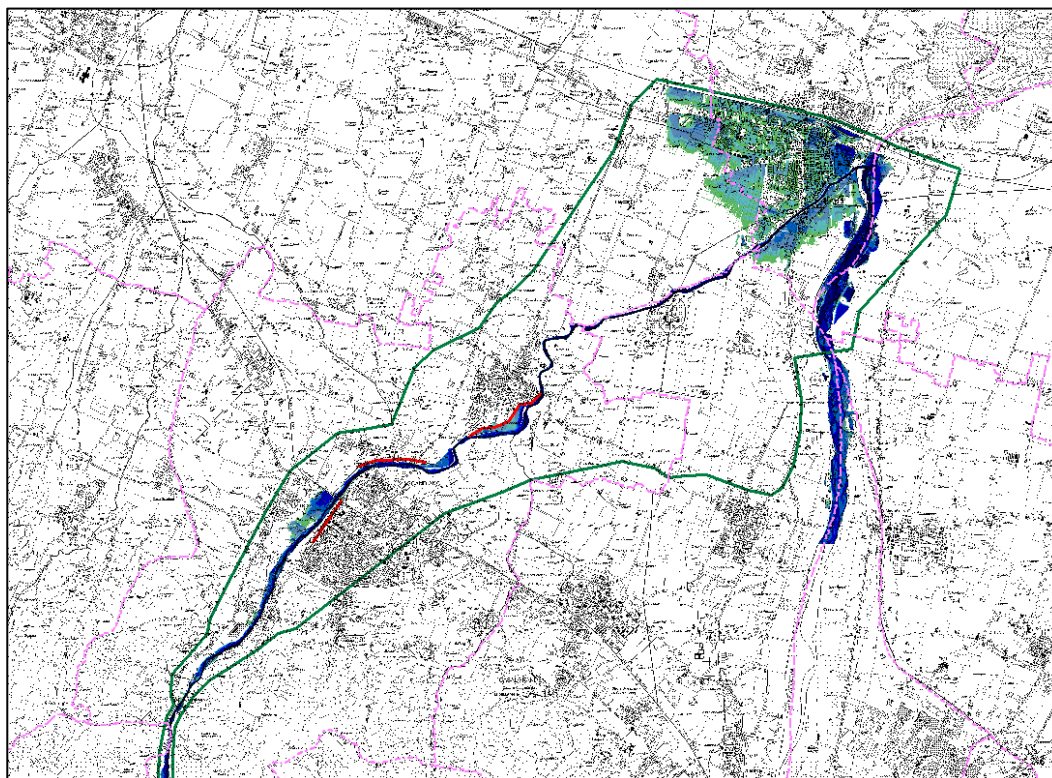


Figura 5.25 – Mappa dei tiranti relative allo **scenario A3** per il tempo di ritorno di 200 anni

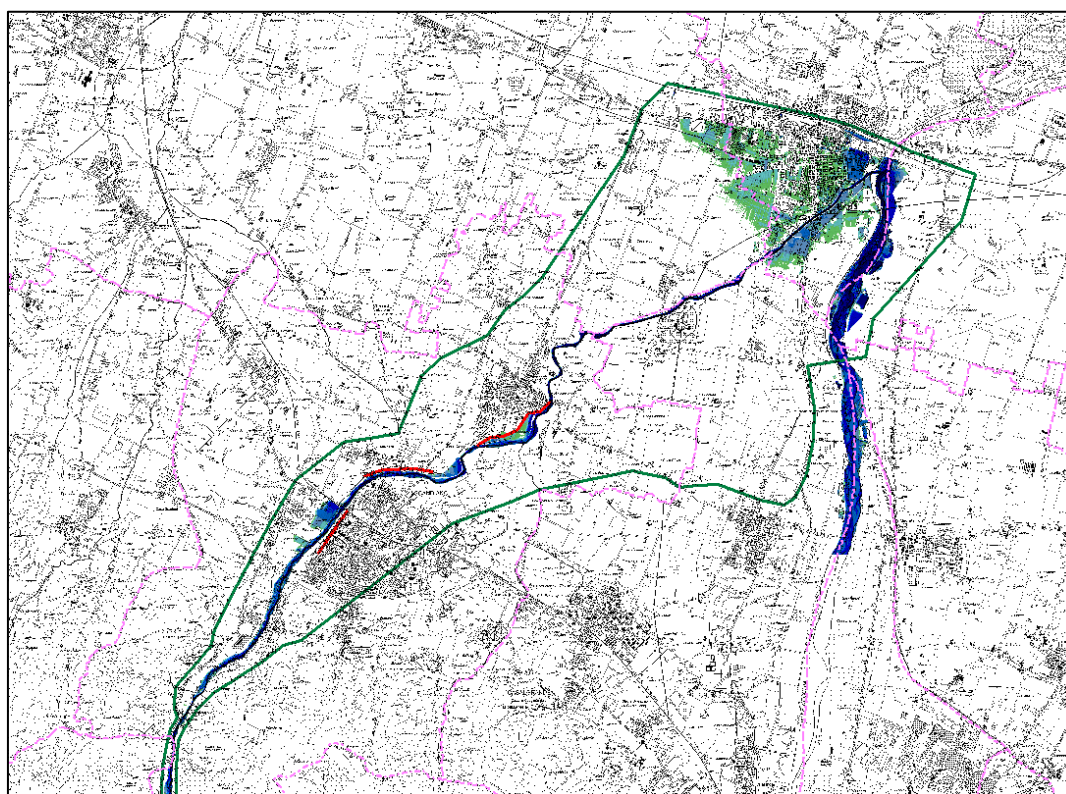


Figura 5.26 – Mappa dei tiranti relative allo **scenario E3** per il tempo di ritorno di 200 anni



6 Conclusioni relative alle verifiche degli scenari di progetto

Le verifiche svolte hanno in sostanza evidenziato che, per evitare l'allagamento dei centri abitati non sono sufficienti gli interventi di laminazione ipotizzati, né è pensabile il solo ampliamento longitudinale ed adeguamento in quota del sistema arginale. Questo infatti determinerebbe la conseguenziale necessità di adeguamento del tratto terminale per evitare di concentrare tutte le problematiche nel centro abitato di Rubiera in cui si avrebbe il peggioramento delle condizioni di pericolosità per via dell'aumento delle portate in arrivo da monte. Un ipotetico adeguamento dell'ultimo tratto determinerebbe, a sua volta, l'incremento delle portate e dei volumi di piena recapitati nel Secchia in misura significativa, in contrasto con i principi della pianificazione di bacino.

La difesa dei centri abitati mediante compartimentazione delle zone allagabili, richiede invece rilevati di contenimento di modeste dimensioni, ma molto estesi come tracciato.

Si è reso evidente che i territori interessati dalle inondazioni in sinistra idraulica sono tutti pendenti in allontanamento dal corso d'acqua e quindi non restituiscono al torrente i volumi di esondazione, che si trasferiscono verso Nord, mentre all'opposto, quelli in destra idraulica sono tutti pendenti verso il corso d'acqua e quindi tendono a restituirgli i volumi esondati nella fase di esaurimento della piena. In particolare, a valle di San Donnino, le esondazioni in destra sono caratterizzate dallo scorrimento, sebbene lento, delle acque nei territori inondatai parallelamente al corso d'acqua, con restituzione a valle della traversa della Macina di Carpi.

Pertanto, tenuto anche conto delle differenti capacità di deflusso medie dei tratti a monte e a valle di Arceto, si rileva l'opportunità di verificare in successivi studi la fattibilità di realizzare un'area di controllo della laminazione in destra idraulica, nel tratto compreso tra la traversa di Gazzolo e la confluenza del Canalazzo. Tale intervento, accoppiato alla laminazione a monte di Ca' de' Caroli, potrebbe permettere, assieme al potenziamento della capacità di deflusso del tratto tra San Donnino e la Macina di Carpi, di raggiungere una buona condizione di protezione dalle piene di tempo di ritorno di 200 anni.

Per quanto riguarda la laminazione a monte di Ca' de' Caroli, si rileva l'opportunità di verificare il potenziamento della laminazione rispetto agli scenari esaminati, tenendo conto dei maggiori benefici che si potrebbero ottenere con aree di laminazione localizzate più a valle rispetto a quelle esaminate nel presente studio, possibilmente proprio in prossimità di Ca' de' Caroli.

Non sono state esaminate nel presente studio le potenzialità di riduzione della pericolosità per gli eventi di 20 e 50 anni di tempo di ritorno attraverso la realizzazione di dispositivi di laminazione finalizzati a questo preciso scopo. In tal caso servono minori volumi di invaso. Per raggiungere questo obiettivo mediante le aree già individuate nel presente studio, occorrerebbe ri-disegnare il funzionamento delle opere di laminazione, poiché qui sono state disegnate con l'obiettivo di funzionamento ottimale per le piene di tempo di ritorno di 200 anni.

Nell'ipotesi di realizzare un'ulteriore area di laminazione più a valle, in avvicinamento a Scandiano, sarà opportuno verificare anche la possibilità di combinare il funzionamento dei due "poli di laminazione" al fine di poterne impegnare uno per laminare le piene di 20 o 50 anni di tempo di ritorno e l'altro per completare la laminazione delle piene di tempo di ritorno di 200 anni.