



Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

# **PROGETTO DI VARIANTE AL PAI PO: ESTENSIONE AI BACINI IDROGRAFICI DEL RENO, ROMAGNOLI E CONCA MARECCHIA**

## **FASCE FLUVIALI**


### **Monografia Senio**

Dicembre 2025



## Metadata

---

Titolo	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Senio
Descrizione	Il presente documento è la Monografia del fiume Senio allegata al <i>Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Relazione Tecnica</i> . Questo elaborato contiene una descrizione delle analisi idrologiche e idrauliche volte all'identificazione delle attuali condizioni di pericolosità idraulica e alla definizione delle relative linee di assetto, identificate in coerenza con le strategie generali descritte nella relazione tecnica
Data creazione	2025-11-01
Data ultima versione	2025-12-10
Stato	Versione 01
Creatore	Autorità di bacino distrettuale del fiume Po – Settore 1, Andrea Colombo, Marta Martinengo, Ludovica Marinelli, Laura Casicci
Copertura	Fiume Senio
Fonti	Attività di studio e analisi sui fiumi dei bacini Reno, Romagnoli e Conca Marecchia per l'aggiornamento dei PAI e del PGRA (ADBPO, 2025)
Lingua	Italiano
Nome del file	Monografia_Senio
Formato	pdf
Relazioni	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli, Conca Marecchia e al bacino del Fissero Tartaro Canabianco (D. Lgs.152/2006 art.64, c.1 lett. b, numeri da 2 a 7). Relazione generale; Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Relazione Tecnica.
Licenza	Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0) <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0</a> 
Attribuzione	Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Senio, Versione 01 del 2025-12-10

---



## Indice

1	Premessa .....	1
2	L'ambito fluviale in esame .....	2
3	Analisi morfologica .....	6
4	Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento .....	8
5	La geometria del modello 2D .....	14
6	Stima della capacità di portata nel tratto arginato .....	17
6.1	Le condizioni contorno .....	17
6.1.1.	Portate .....	17
6.1.2.	Condizioni di valle .....	17
6.2	Scabrezze .....	17
6.3	Simulazioni e risultati ottenuti .....	18
7	Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale .....	19
7.1	Le condizioni contorno .....	19
7.1.1.	Portate .....	19
7.1.2.	Condizioni di valle .....	19
7.2	Scabrezze .....	19
7.3	Simulazioni e risultati ottenuti .....	19
7.3.1.	Evento T50 .....	21
7.3.2.	Evento T200 .....	28
7.3.3.	Evento T500 .....	31
7.4	Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento .....	32
7.4.1.	Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato .....	32
7.4.2.	Tratto arginato di pianura .....	32
7.5	Scenari di rotta arginale .....	35
8	Linee di assetto .....	36
8.1	L'assetto del fiume Senio .....	36
8.1.1.	Tratto collinare tra Borgo Rivola e il ponte di Tebano .....	36
8.1.2.	Tratto tra ponte Tebano (confluenza rio Torretto) e Ponte del Castello .....	36
8.1.3.	Tratto arginato classificato di pianura .....	38
8.2	Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento .....	39
8.3	Quadro degli interventi .....	40
8.4	Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto .....	41
9	Portate di piena di riferimento .....	44



## **1 Premessa**

La presente monografia è parte integrante del Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia, allegata alla Relazione Tecnica Fasce Fluviali, e contiene una descrizione delle analisi idrologiche e idrauliche finalizzate all'analisi delle attuali condizioni di pericolosità idraulica e alla definizione delle relative linee di assetto, identificate in coerenza con le strategie generali descritte nella relazione tecnica.

Il presente documento è inerente al fiume Senio che, nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, è stato analizzato per il tratto compreso tra Casola Val Senio a confluenza Reno, per circa 74 km. Il tratto oggetto del presente progetto di variante e di delimitazione di fasce fluviali, secondo il metodo del PAI Po, è compreso tra Borgo Rivola e la confluenza con il fiume Reno, per una lunghezza complessiva di circa 67 km.

## 2 L'ambito fluviale in esame

Il Senio è l'ultimo degli affluenti di destra del fiume Reno; si forma alla confluenza del rio di Campanara e del fosso della Aghezzola, che nascono alle pendici del monte Carzolano (1187 m s.m.), in Toscana. Lo sviluppo complessivo è di circa 101 km dei quali i primi 17 sono in provincia di Firenze.

Il bacino del Senio si chiude a Ponte del Castello (SS9 via Emilia), presso Castel Bolognese (270 km<sup>2</sup>, lunghezza asta sottesa circa 60 km). A partire dall'attraversamento, il Senio si sviluppa arginato in modo continuo fino a Reno ed è privo di apporti significativi; è palese come l'assetto attuale di questo tratto sia artificiale, definito da interventi di bonifica progressivi, attuati già nei secoli XVI e XVII.

Il bacino montano presenta una forma stretta e allungata con orientamento sud-ovest nord-est; in tale tratto si concentrano tutti gli apporti del reticolo secondario (unico affluente rilevante è il torrente Sintria che confluisce in Senio presso Cuffiano e sottende un bacino di circa 58 km<sup>2</sup>).

Da Casola a Borgo Rivola (circa 8 km) il Senio si sviluppa in una vallata tipica dell'appennino romagnolo. Ricevuti gli apporti del rio Raggio, l'ambito fluviale si amplia in un contesto collinare fino a Tebano, circa 15 km nei quali il corso d'acqua lambisce l'abitato di Isola, attraversa il centro di Riolo e riceve gli apporti del suo principale affluente, il torrente Sintria; in questo tratto si riscontra la presenza frequente di rilevati (di modesta sagoma e altezza) su sedime privato, in fregio all'alveo attivo, funzionali storicamente a proteggere da eventi frequenti i coltivi e qualche isolata cascina tra Senio e versante. Presso i centri di Isola e Riolo, sono presenti alcuni tratti arginali di seconda categoria, su sedime demaniale, a difesa degli abitati.

Tra il ponte di Tebano (confluenza rio Torretto) e il ponte della SS9 via Emilia (località Ponte del Castello), circa 10 km, i rilevati in sinistra, sempre in fregio all'alveo attivo, sono via via più rilevanti in sagoma e quota e svolgono funzione arginale strategica, all'oggi, per la difesa dell'abitato di Castel Bolognese. Tali opere sono classificate come arginature su sedime demaniali solo in brevi tratti discontinui, in particolare presso località Fornaciotto e Biancanigo.

Nel medesimo tratto, in destra, i rilievi sono ancora prossimi all'alveo attivo e confinano l'ambito fluviale anche per eventi estremi fino a località Cascina "Braghitona di sotto"; in tale tratto sono presenti, in fregio all'alveo attivo, rilevati su sedime privato funzionali a proteggere da eventi frequenti gli areali coltivati retrostanti e due isolate caschine. Da Cascina "Braghitona di sotto" a Ponte del Castello, i rilevati in destra proseguono con a tergo alcuni insediamenti sparsi, compresi tra Senio e la confluenza del rio Celle.

A partire dal ponte della SS9 il Senio si sviluppa arginato in modo continuo (argini seconda categoria) fino a confluenza Reno, circa 41 km.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Alfonsine, Bagnacavallo, Bagnara di Romagna, Brisighella, Castel Bolognese, Cotignola, Faenza, Fusignano, Lugo, Ravenna, Riolo Terme, Russi, Sant'Agata sul Santerno, Solarolo.

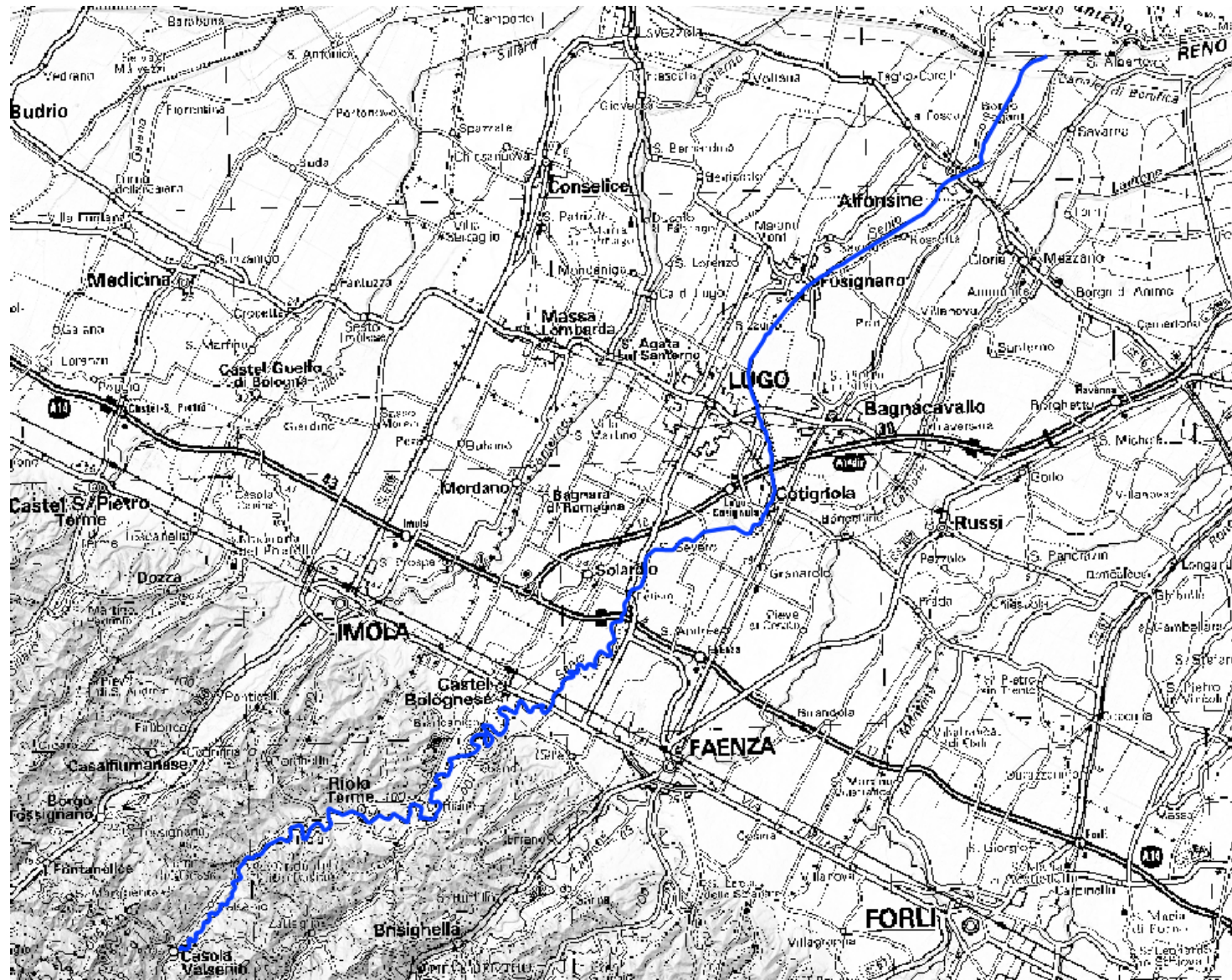
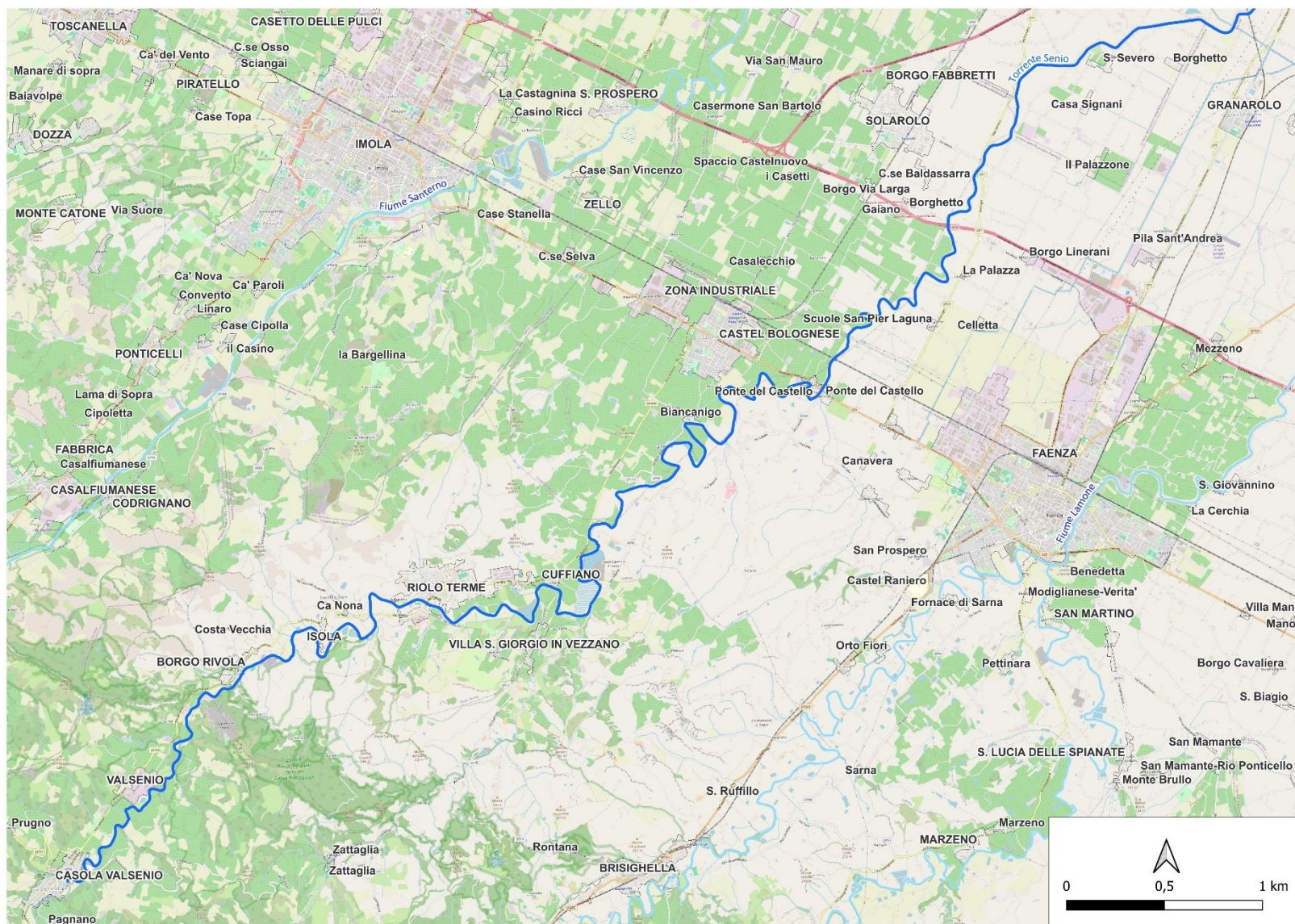


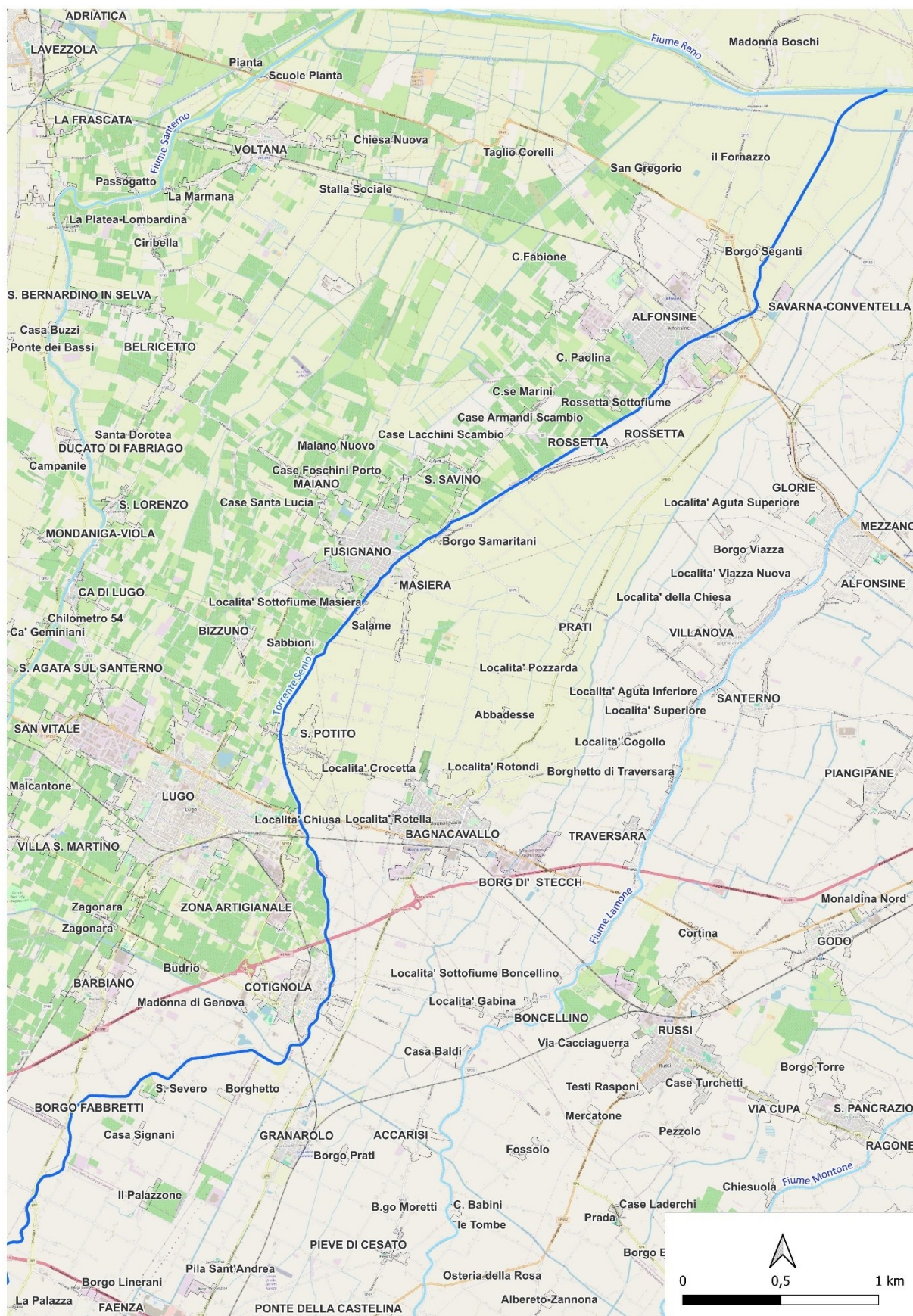
Fig. 1 Inquadramento complessivo del tratto fluviale oggetto di studio





**Fig. 2** Inquadramento cartografico ambito di studio fiume Senio: da Casola Valsenio a Solarolo





**Fig. 3** Inquadramento cartografico ambito di studio fiume Senio: da Solarolo a confluenza Reno

### 3 Analisi morfologica

Il tratto di torrente Senio oggetto di analisi morfologica parte dall'abitato di Casola Val Senio (RA), fino a confluenza nel fiume Reno, nel comune di Alfonsine (RA), per un totale di circa 75 km di lunghezza.

Da Casola Val Senio il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo meandriforme che scorre incassato negli affioramenti rocciosi nella Valle del Gesso fino a Borgo Rivola; qui il torrente risulta regimato con briglie a contrasto dei fenomeni erosivi di fondo alveo e da difese di sponda lungo le scarpate esterne delle principali anse. Dopo Borgo Rivola la valle si apre e il corso d'acqua è delimitato da aree collinari che degradano più dolcemente verso il fondo valle.

L'evento del 2 maggio 2023, nel tratto collinare/montano tra Casola Valsenio e il ponte di Tebano, ha sollecitato intensamente l'ambito fluviale con esondazioni diffuse sui piani golenali limitate dalla naturale orografia dei versanti; diversi rilevati a difesa prevalente di coltivi sono stati sormontati e localmente asportati.

Qui numerosi sono i fenomeni erosivi di sponda intensi, verificatisi anche a seguito dei recenti eventi alluvionali; lungo le anse esterne principali l'attuale limite di sponda presenta un tasso di arretramento medio annuo da 0,5 m a 1 m, calcolato nell'intervallo temporale degli ultimi 25 anni.

Dall'analisi delle differenze altimetriche tra il DTM RER 2024 e il DTM 2009 MATTM emergono fenomeni erosivi lungo le anse esterne a valle dell'abitato di Casola Val Senio.

La deviazione del corso del Senio all'altezza di Riolo Terme verso est in direzione Villa Vezzano, è probabilmente legata all'evoluzione geologica - tettonica dell'area; si ipotizza infatti che il Senio sia stato catturato da un affluente in sinistra del Sintria, mentre il vecchio corso del Senio probabilmente seguiva l'attuale rio Sanguinario per poi confluire nel Santerno a valle di Imola; il Sintria, sotto Villa Vezzano, avrebbe invece proseguito verso valle seguendo l'attuale corso del Senio.

A valle di Riolo tra Cuffiano e Tebano sono presenti le vasche di laminazione non ancora ultimate. A seguito dell'evento alluvionale del maggio 2023 numerosi sono stati gli interventi di ripristino e di adeguamento dei rilevati arginali delle casse e delle opere di sfioro di entrata e scarico.

In particolare, dall'abitato di Isola, nel comune di Riolo Terme, lungo entrambe le sponde iniziano, a difesa degli allagamenti dei piani golenali, una serie di rilevati arginali non classificati e discontinui fino ad arrivare alle vasche di laminazione di Cuffiano e Tebano.

L'evento del 16 maggio ha determinato, in tutto il tratto Casola – Tebano, il pieno coinvolgimento dell'ambito fluviale confinato morfologicamente dai versanti, con ampie esondazioni che hanno interessato anche le aree più depresse del centro di Riolo Terme.

I tratti omogenei per il calcolo dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM), individuati da Casola Val Senio a Cuffiano, ricadono nella classe "Buono" ad eccezione dei tratti di Isola e di Cuffiano, ricadenti in classe "Moderato o Sufficiente".

L'alveo tra Tebano e Castel Bolognese mantiene un andamento sinuoso a tratti meandriforme, con un alveo unicursale a sezione ristretta rispetto al passato, per poi assumere a valle di Cotignola un andamento rettilineo.

L'alveo del Senio, a valle delle casse tra Cuffiano e Tebano, presenta ancora un andamento meandriforme, fino a raggiungere l'abitato di Castel Bolognese (RA) dove a monte dell'abitato, durante l'evento alluvionale del 2 maggio 2023, si sono riscontrati gli allagamenti più significativi: una rotta arginale in località Fornaciotto, che ha determinato il coinvolgimento della frazione e di diverse abitazioni sparse fino a interessare la periferia sud-est del capoluogo e allagamenti in località Biancanigo.

L'evento del 16 maggio 2023 tra Tebano e il ponte della via Emilia ha causato una serie di rotte in sinistra (le più rilevanti localizzate a monte della presa del canale dei Mulini, presso diga Steccaia, a Biancanigo presso via Boccaccio e in via Burano alla periferia sud di Castel Bolognese) hanno determinato esondazioni con allagamenti che hanno interessato l'intero abitato di Castel Bolognese, per poi proseguire verso nord nel territorio del comune di Solarolo.

Da Castel Bolognese è presente un sistema arginale classificato pressoché continuo, che confina il corso d'acqua nel tratto di pianura fino alla foce in Reno.

Gli argini da monte verso valle aumentano la quota in sommità fino a oltre 6 m di altezza rispetto al piano campagna, con un alveo pensile rispetto alla quota della pianura ravennate. In queste condizioni risulta evidente che eventuali rotte arginali nel tratto medio terminale di pianura possono provocare potenzialmente allagamenti molto estesi.

Nel tratto arginato, da Castel Bolognese a confluenza Reno, gli eventi di maggio 2023, pur sollecitando il sistema di ritenuta non hanno determinato rotte; nel secondo evento la laminazione dovuta alle esondazioni a monte della via Emilia ha permesso di evitare sormonti generalizzati nell'asta di pianura; locali sormonti e trafileture hanno comunque interessato il tratto in corrispondenza di Cotignola.

I tratti omogenei per il calcolo dell'IQM, individuati da Cuffiano a confluenza Reno, ricadono nella classe "Moderato o Sufficiente".

Il tratto terminale del Senio ha subito storicamente una continua evoluzione. È noto che il Senio prima dell'anno 1000 sfociasse nella laguna ravennate, per poi a metà del 1500 essere deviato nel Po di Primaro, e infine a fine 1600 convogliato nell'attuale corso del fiume Reno.



## 4 Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento

Nel presente paragrafo sono riportati in sintesi gli esiti dell'analisi idrologica, la cui impostazione metodologica generale è descritta nella Relazione Tecnica del progetto di variante.

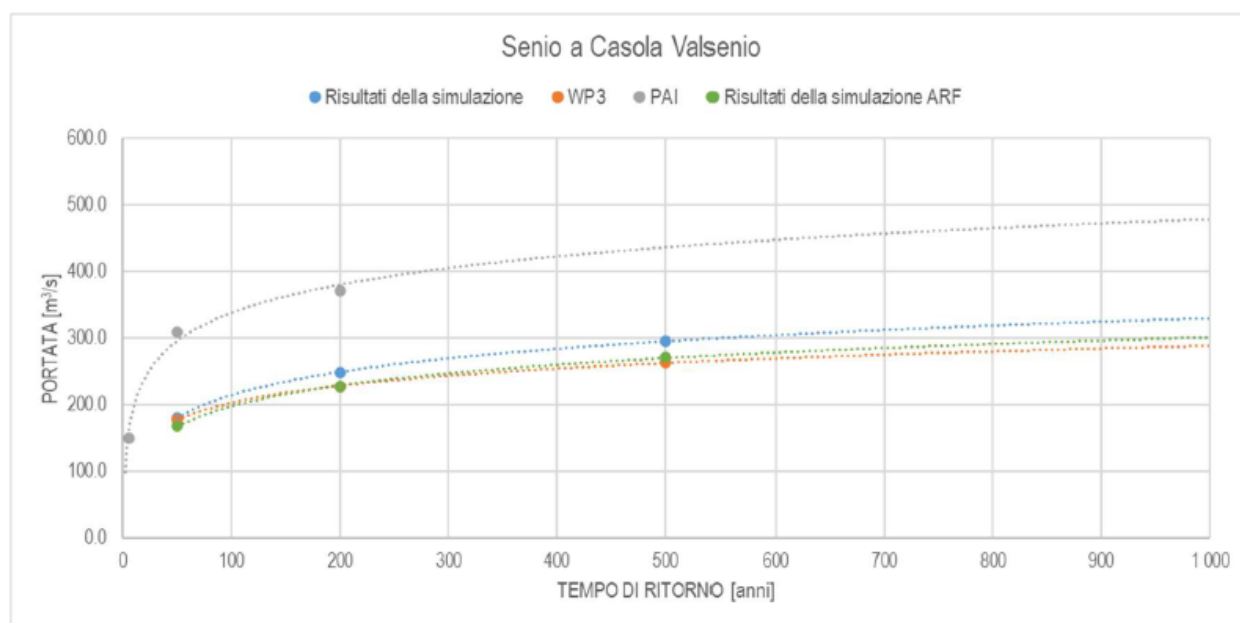
Le portate al colmo del fiume Senio, per eventi a differente frequenza probabile, sono riportate nella tabella seguente:

**Tab. 1 Portate di piena per il fiume Senio**

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km <sup>2</sup> )	T50 (m <sup>3</sup> /s)	T200 (m <sup>3</sup> /s)	T500 (m <sup>3</sup> /s)	Idrometro <sup>1</sup>
Reno	Senio	27	Casola	134.6	180	250	295	Casola
Reno	Senio	46	valle confl. Sintria	241.4	325	425	505	
Reno	Senio	60	Castel Bolognese	269.2	330	425	525	Castel Bolognese

In Fig. 4 e Fig. 5 sono riportati i confronti tra:

- “Risultati della simulazione” (indicatori blu): massime portate al colmo ottenute dal modello idrologico allestito per il presente studio;
- “PAI” (indicatori grigi): ove disponibili, valori di riferimento da pianificazione preesistente;
- “WP3” (indicatori arancioni): valori di massima piena di riferimento dallo studio WP3<sup>2</sup>;
- “Risultati della simulazione ARF” (indicatori verdi): massime portate al colmo ottenute dal modello idrologico allestito per il presente studio, con applicazione del coefficiente ARF.

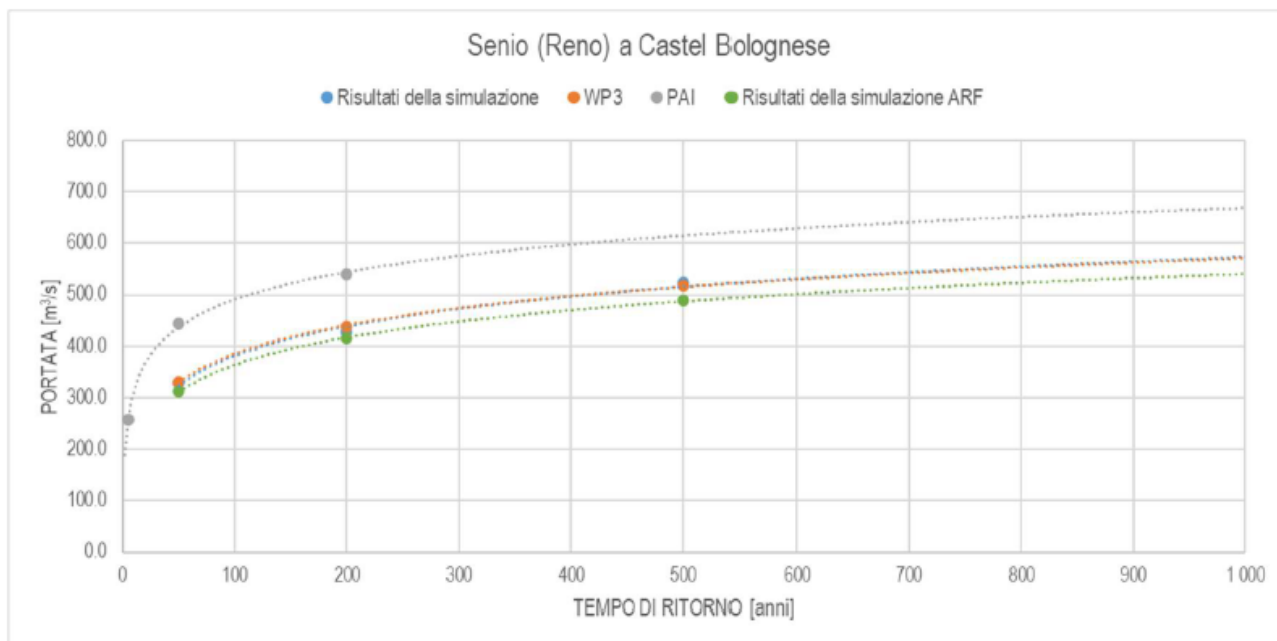


**Fig. 4 Casola Valsenio - confronto portate al colmo con PAI preesistente e WP3**

<sup>1</sup> Idrometri rete ARPAE 2025

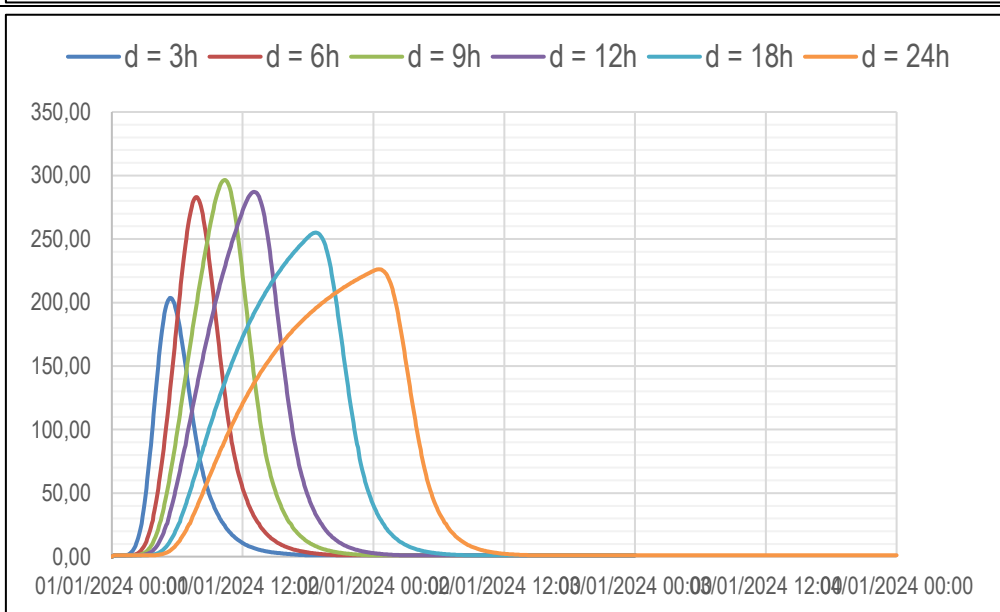
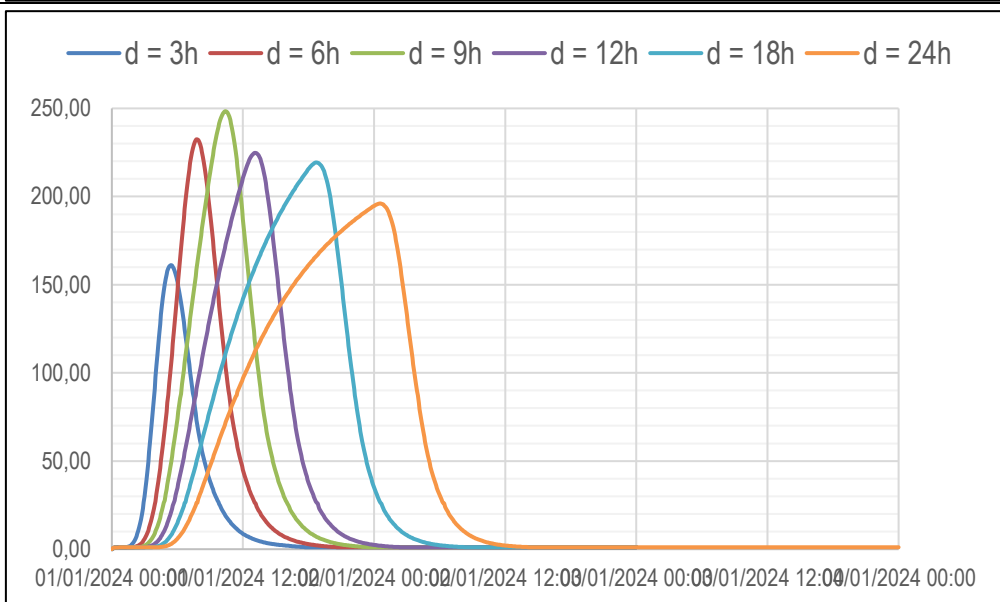
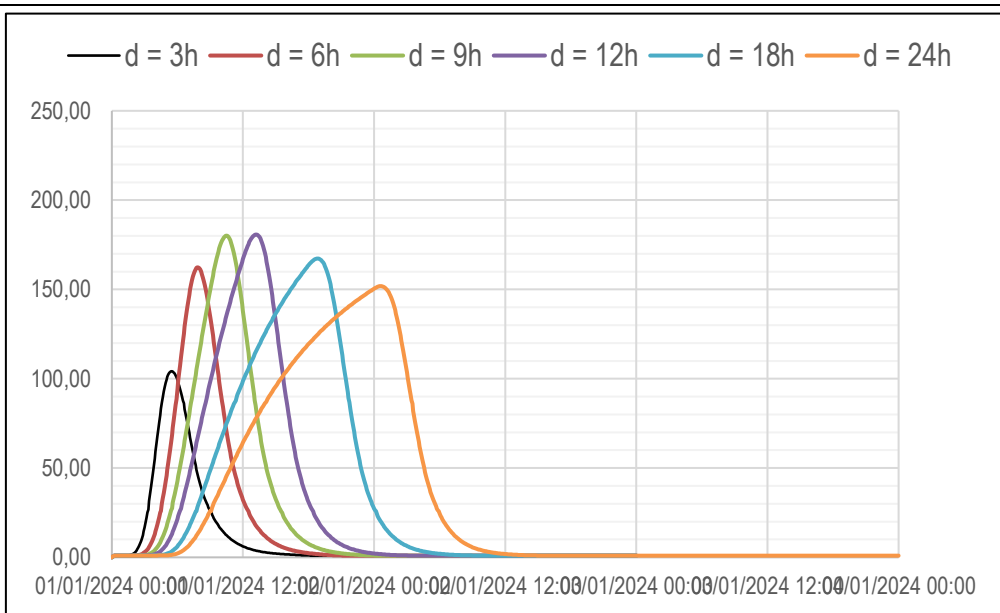
<sup>2</sup> Esiti Accordo Caratterizzazione del regime di frequenza degli estremi idrologici nel Distretto Po, anche considerando scenari di cambiamento climatico Idrologia di piena (c.d. idrologia di piena) sottoscritto fra l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, il Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, il Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, l'Università degli Studi di Brescia e l'Università degli Studi di Parma - Dipartimento di Ingegneria e Architettura (2023)



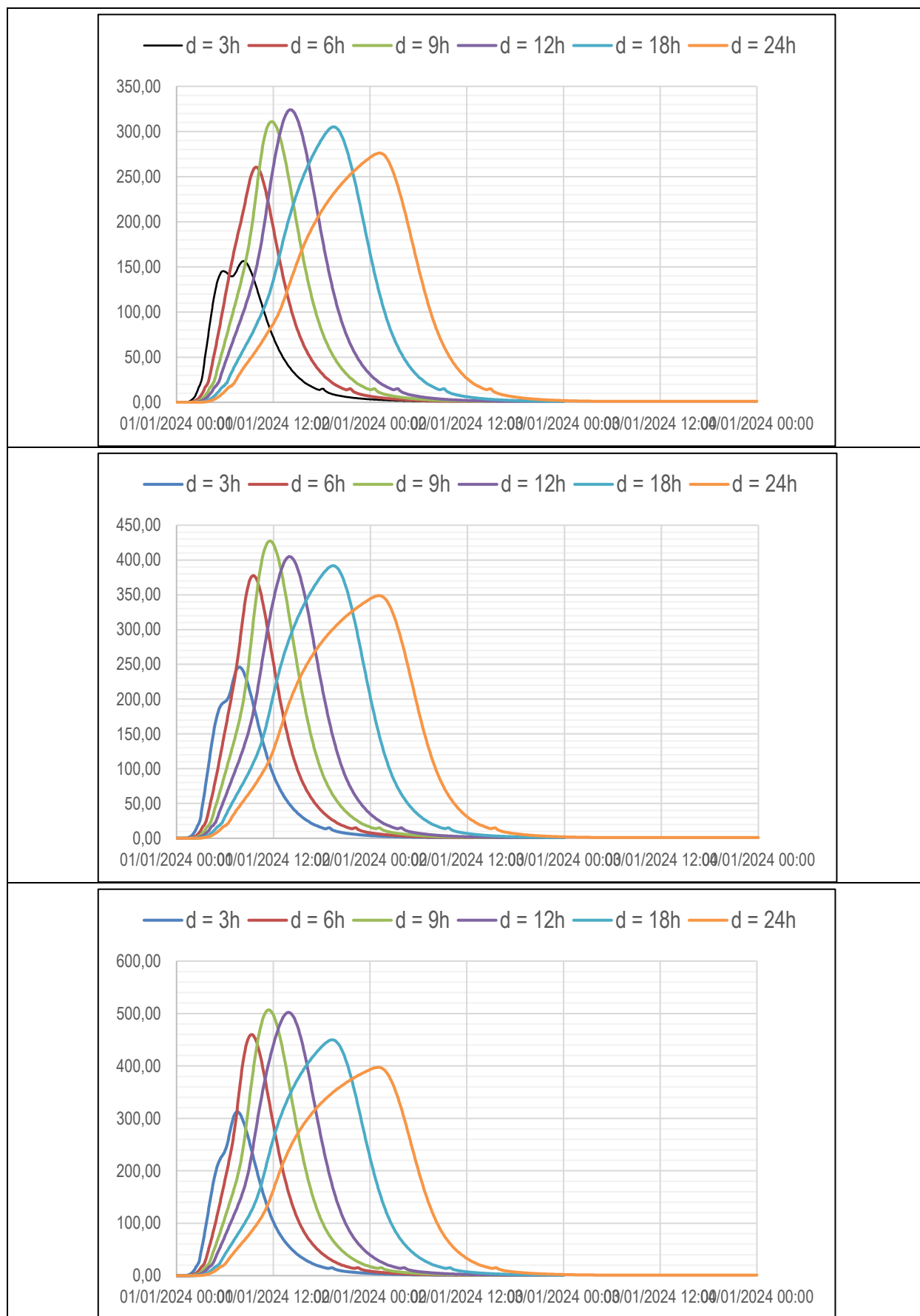


**Fig. 5 Castel Bolognese - confronto portate al colmo con PAI preesistente e WP3**

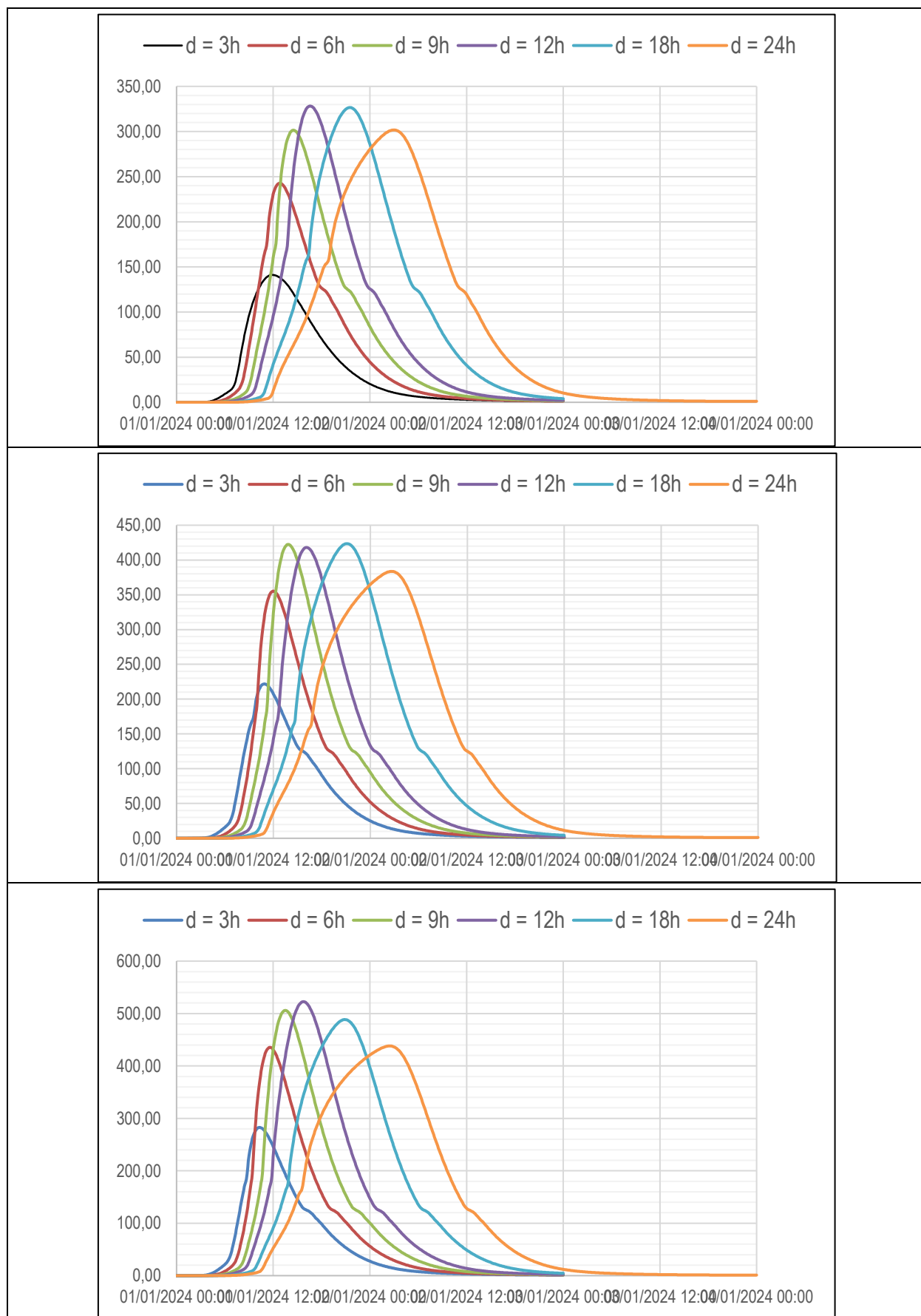
Gli eventi di piena di riferimento, nelle diverse sezioni di chiusura indicate e per durate di pioggia pari a 3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore, sono riportati nelle immagini seguenti. Si osservi che le portate al colmo indicate in Tab. 1 fanno riferimento, in ogni sezione e per ogni tempo di ritorno indagato, al valore massimo ottenuto, per le diverse durate di pioggia indagate, arrotondato a multipli di 5.



**Fig. 6 Senio a Casola: idrogrammi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) di riferimento T50, T200 e T500**



**Fig. 7 Senio a valle confluenza Sintria : idrogrammi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) di riferimento T50, T200 e T500**

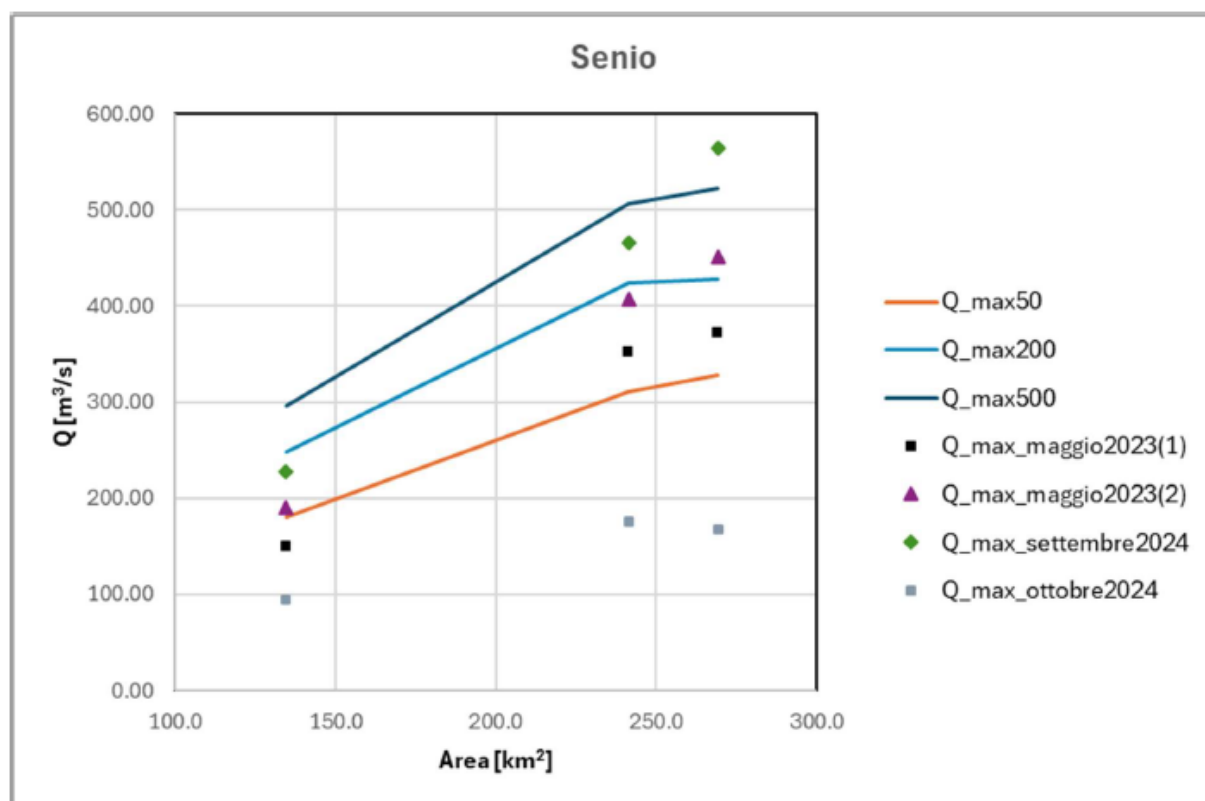


**Fig. 8 Senio a Castel Bolognese: idrogrammi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) di riferimento T50, T200 e T500**



Nell'ambito dell'analisi idrologica è stata inoltre eseguita la ricostruzione degli idrogrammi di piena potenziali degli eventi gravosi più recenti (2023-2024). Per quanto concerne la stima di quest'ultimi, a causa dell'assenza di stime affidabili di portata agli idrometri, si è resa necessaria l'esecuzione di molte simulazioni idrauliche in moto vario volte al confronto tra i reali effetti al suolo verificatisi e quelli simulati usando come forzante gli idrogrammi stimati. Tale confronto, seppur nel quadro complessivo delle incertezze in cui si inserisce, è stato finalizzato alla valutazione della bontà delle stime idrologiche e ad una loro eventuale revisione qualora i risultati modellistici non fossero soddisfacenti.

In Fig. 9 è proposto il confronto, nelle diverse sezioni di chiusura del bacino, tra le portate massime idrologiche ottenute per i 4 eventi simulati e le portate di riferimento calcolate per i diversi tempi di ritorno nelle medesime sezioni.



**Fig. 9** Senio: confronto tra portate al colmo eventi reali e portate di riferimento

## 5 La geometria del modello 2D

Nell'implementazione dei modelli 2D si è prestata particolare cura e attenzione alla definizione delle caratteristiche plano-altimetriche. Per la parte di alveo al di sopra del livello idrico di magra sono stati utilizzati i modelli digitali del terreno (DTM Lidar) più recenti disponibili. In particolare, si è fatto riferimento:

- lungo le aste fluviali, al DTM Agenzia Regionale Protezione Civile e Difesa del Suolo (periodo marzo - giugno 2024, [https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm\\_apc\\_fiumi\\_2024](https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm_apc_fiumi_2024)), ove disponibile; per l'asta di monte del fiume Reno con i relativi affluenti (Setta, Samoggia, Ghironda, Lavino) il DTM più recente di riferimento è prevalentemente il 2023 (pre-evento);
- per le aree di pianura, al DTM Regione Emilia-Romagna 2023-2024 ([https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmrer2023\\_24](https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmrer2023_24));
- i limitati areali non interessati dai DTM citati sono stati coperti attraverso il DTM Piano Straordinario Telerilevamento Nazionale del Ministero dell'Ambiente (2008-2015).

Per la parte di alveo posta al di sotto del livello idrico di magra, non rilevabile attraverso il sistema Lidar, sono state utilizzate le sezioni topografiche rilevate tra maggio e luglio 2024 ed eventuali ulteriori sezioni d'alveo recenti disponibili. Attraverso tali dati è stato generato un modello digitale del terreno della porzione di alveo posta al di sotto del pelo libero. Tale attività è stata effettuata nei tratti in cui l'incidenza della porzione sommersa di alveo inciso (in condizioni di regime ordinario – alla data del rilievo) è risultata rilevante rispetto alla sezione di deflusso di piena, e dove il DTM risultava particolarmente “disturbato” da quote relative a elementi di vegetazione o a interpolazioni non corrette conseguenti all'attività di rimozione delle strutture di attraversamento.

Successivamente è stato prodotto un unico DTM ottenuto come unione dei due suddetti modelli digitali del terreno; nelle zone sovrapposte è stato considerato il DTM ricavato attraverso le sezioni batimetriche. In tal modo si è ottenuto un unico modello digitale del terreno, rappresentativo delle caratteristiche geometriche complete dell'alveo, senza la presenza di acqua. Per l'applicazione di tale procedura sono stati utilizzati appositi applicativi dei programmi di modellazione idraulica, GIS e CAD.

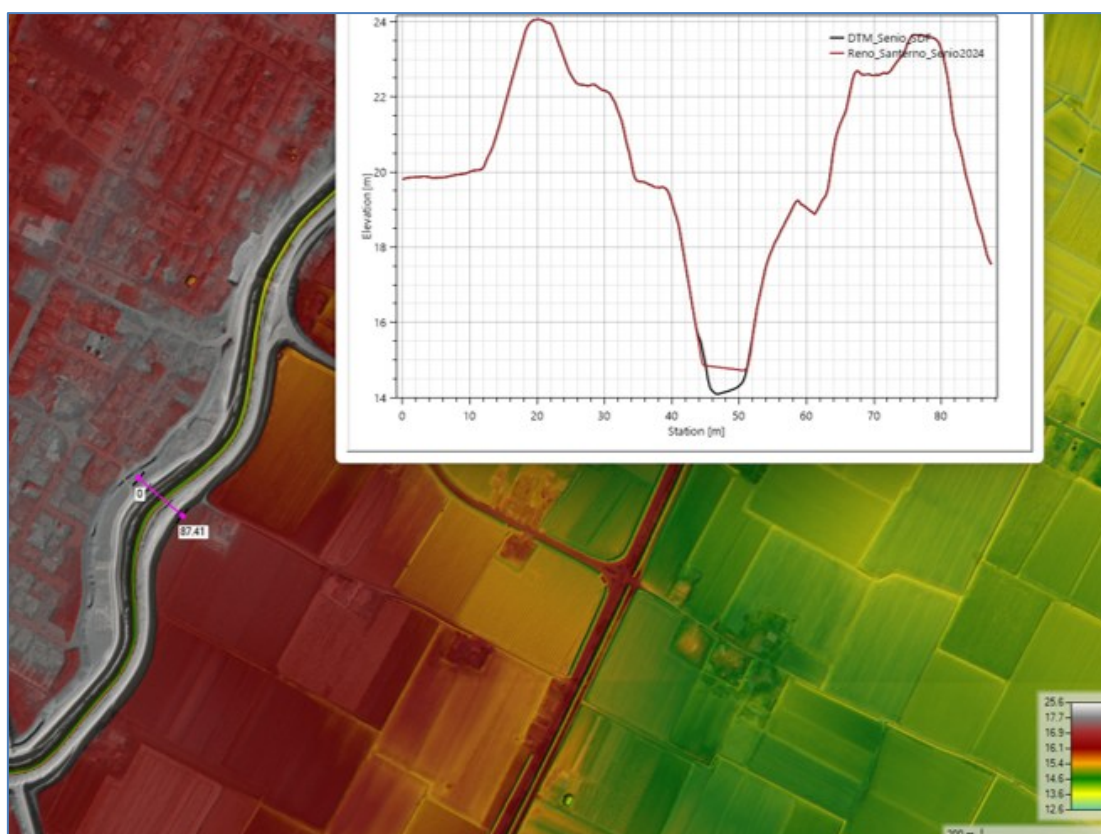
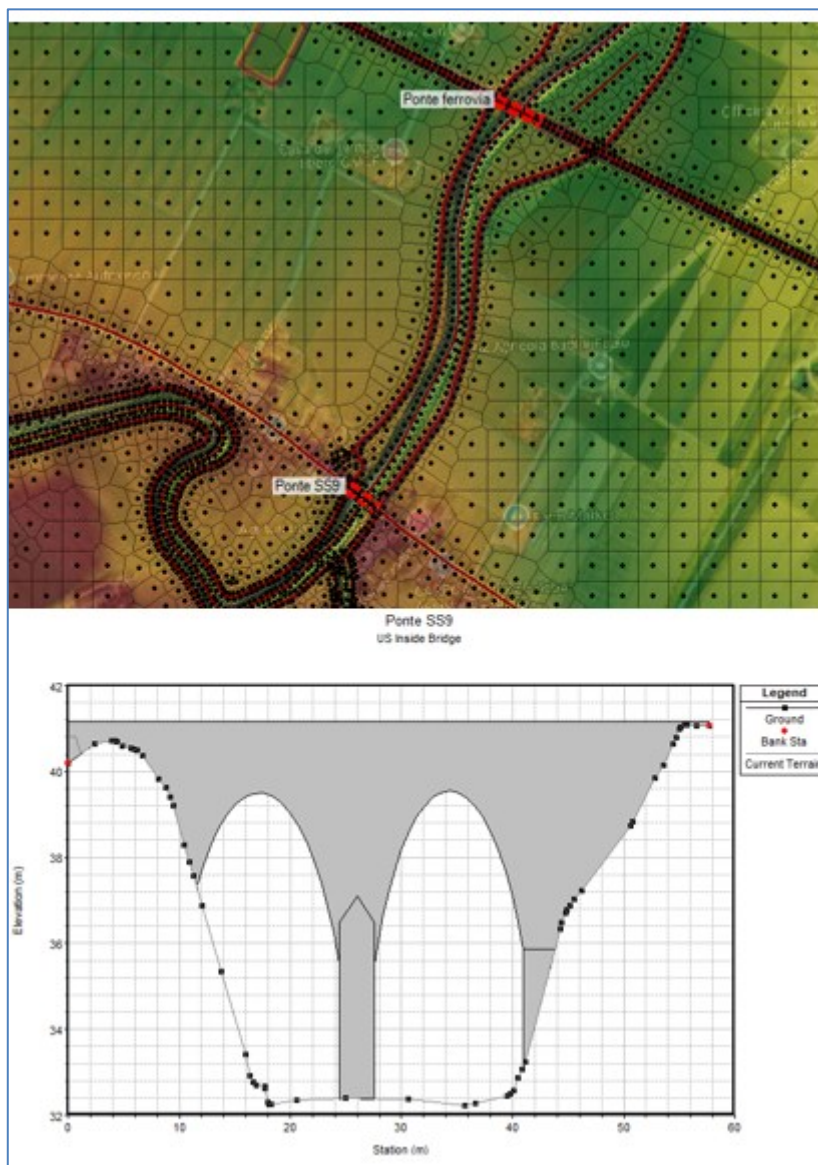


Fig. 10 – Batimetria modello 2D a confronto con DTM originale

Nei modelli numerici di dettaglio allestiti sono stati inseriti tutti i manufatti di attraversamento presenti e le opere idrauliche trasversali (traverse/briglie) interferenti con le dinamiche di piena (queste ultime talvolta già descritte dal DTM e quindi non introdotte come struttura). Le strutture interferenti con il corso d'acqua sono state implementate direttamente nella griglia di calcolo con l'apposita funzione modellistica SA/2D connection.

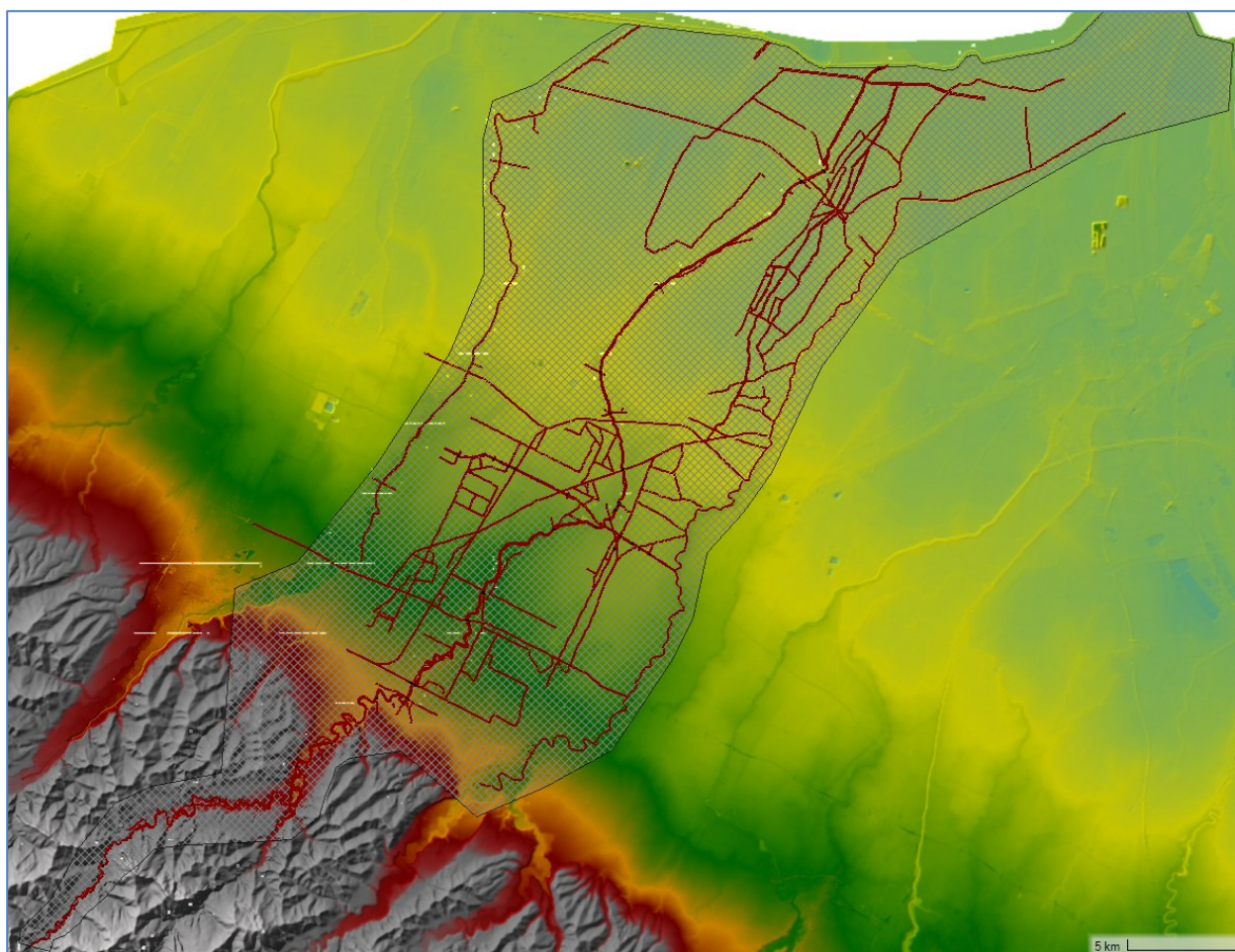


**Fig. 11 Esempio geometria di un attraversamento**

Per l'implementazione dello schema bidimensionale, la descrizione geometrica utilizzata è a maglie di calcolo del tipo flexible mesh, adatte a discretizzare in maniera dettagliata le varie geometrie da ricostruire con particolare interesse per le arginature e le opere interferenti il deflusso della piena sia in alveo sia nelle aree di esondazione.

Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D è di 405.543. La schematizzazione 2D flexible mesh ha consentito di definire celle variabili sia in dimensione sia in forma. La dimensione della maglia principale è costituita da celle 50X50 m; con l'inserimento delle breakline di dettaglio, il dominio di calcolo è passato a celle anche 1x1 m nei punti in cui si è discretizzato al massimo il dettaglio delle discontinuità morfologiche del terreno con particolare interesse alle zone in prossimità delle viabilità, arginature, rialzi morfologici e canali.





**Fig. 12** Inquadramento planimetrico mesh di calcolo e breaklines



## 6 Stima della capacità di portata nel tratto arginato

Una prima fase di lavoro è stata finalizzata a stimare la capacità di portata attuale, ancorché con franchi limitati, del tratto arginato da Ponte del Castello a confluenza Reno. Tale valore di portata rappresenta la portata limite attuale.

Le simulazioni sono state condotte nella configurazione ad argini insormontabili e a portata costante.

Si evidenzia che, in generale, le portate compatibili valutate con un'analisi in moto permanente tendono a essere maggiormente cautelative rispetto ad un'analisi in moto vario

### 6.1 Le condizioni contorno

#### 6.1.1 Portate

I valori di portata di riferimento sono stati definiti a partire dalla portata con tempo di ritorno 50 anni individuata nell'analisi idrologica; sono state simulate diverse portate incrementando e decrementando Q50 (330 m<sup>3</sup>/s) di un valore stimato a partire dal 30% (Q200-Q50).

Le portate simulate per il Senio sono indicate in Tab. 2.

**Tab. 2 Portate moto permanente**

Q (m <sup>3</sup> /s)	120	150	180	210	240	270	300	330	360
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

#### 6.1.2 Condizioni di valle

La condizione al contorno di valle: moto uniforme in corrispondenza della confluenza.

## 6.2 Scabrezze

Il set di portate così definito è stato simulato facendo riferimento alla scabrezza definita in funzione dalla perimetrazione di dettaglio dell'uso del suolo. In tale scenario le scabrezze associate alle diverse condizioni morfologiche della sezione di deflusso, alla presenza di vegetazione e allo stato di manutenzione sono state definite in funzione dei valori di riferimento di Gauckler-Strickler (da letteratura, in particolare *Open-channel hydraulics*, *Ven Te Chow*) riportati nella tabella seguente.

**Tab. 3 Uso suolo – coefficienti di scabrezza associati (Gauckler-Strickler)**

Uso suolo	Scabrezza (m <sup>1/3</sup> /s)
Strade/Ferrovie/Aeroporti	50.0
Alvei di fiumi con vegetazione scarsa/bacini/Canali	28.6
Prati stabili/Parchi	25.0
Rocce nude/Calanchi	25.0
Alvei di fiumi con vegetazione abbondante/Zone Umide salmastre	20.0
Seminativi semplici	20.0
Sistemi colturali complessi	17.2
Vigneti / Frutteti / oliveti	16.7
Strutture residenziali isolate / Ville	11.1
Cespuglieti e arbusteti	9.6
Insedimenti produttivi o commerciali / Tessuto residenziale rado / Impianti	8.7
Boschi	4.5
Tessuto residenziale urbano/ Tessuto residenziale compatto e denso	4.3

Per verificare la sensibilità sul parametro, sono stati inoltre simulati due ulteriori scenari di scabrezza:

- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale assunta pari a 25 m<sup>1/3</sup>/s (Gauckler-Strickler);

- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale assunta pari a  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (Gauckler-Strickler).

### 6.3 Simulazioni e risultati ottenuti

I livelli idrici restituiti dalle simulazioni 2D sono stati estratti, per ogni portata e per ogni scenario di scabrezza, con passo 100 m lungo le arginature sia in sinistra che in destra, permettendo poi la definizione del relativo franco idraulico rispetto alla quota locale di sommità arginale.

**Tab. 4 Classi di valutazione del franco idraulico sulle arginature**

FR < 0 cm	0 cm < FR < 30 cm	30 cm < FR < 50 cm	50 cm < FR < 100 cm	FR > 100 cm
-----------	-------------------	--------------------	---------------------	-------------

Anche in corrispondenza degli attraversamenti sono stati estratti i livelli a monte e a valle del ponte permettendo di stimare, in prima approssimazione, l'interferenza con il deflusso dell'opera e il relativo franco idraulico (calcolato rispetto agli appoggi). Per ogni opera ad arco è riportata anche la quota di intradosso in chiave che permette una prima valutazione sull'effettiva adeguatezza della quota dell'impalcato rispetto ai massimi livelli di piena.

**Tab. 5 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti**

FR < 0 cm	0 cm < FR < 30 cm	30 cm < FR < 50 cm	50 cm < FR < 100 cm	100 cm < FR < 150 cm	FR > 150 cm
-----------	-------------------	--------------------	---------------------	----------------------	-------------

L'analisi proposta permette di stimare la portata compatibile per tratti del sistema arginale; tali tratti sono stati individuati facendo riferimento alla rete idrometrica esistente e pertanto, in genere, sono definiti tra due attraversamenti dotati di sensori di misura dei livelli idrometrici.

La portata è valutata compatibile allorché il franco sia superiore o uguale a 50 cm.

L'analisi di sensitività eseguita sulle scabrezze ha confermato come in alvei arginati a sezione regolare sia rilevante l'incidenza di tale parametro tanto più la larghezza a piene rive dell'alveo sia modesta. In generale, minore è la scabrezza e maggiore è la portata compatibile.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi dei risultati ottenuti in termini di portate compatibili per tratti omogenei considerando la scabrezza definita in funzione dell'uso del suolo, in quanto più cautelativa e rappresentativa dell'assetto attuale. I valori puntuali dei franchi idraulici relativi a tutti gli scenari di scabrezza considerati sono stati condivisi con l'autorità idraulica competente (Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile della Regione Emilia-Romagna) e con la Regione Emilia-Romagna.

**Tab. 6 Portata compatibile fiume Senio – scenario scabrezza da uso del suolo**

ID	Tratto	Q compatibile (m³/s)
1	PonteCastelloIdrometro_PonteFelisioldrometro	120
2	PonteFelisioldrometro_ChiusacciaPonteSP62	210
3	ChiusacciaPonteSP62_PonteCotignolaldrometro	120
4	PonteCotignolaldrometro_PonteLugoSP253	150
5	PonteLugoSP253_PonteFusignanoldrometro	210
6	PonteFusignanoldrometro_PonteAlfonsineldrometro	180
7	PonteAlfonsineldrometro_Reno	210

Si osservi che la portata compatibile del tratto terminale è influenzata dalle condizioni al contorno di valle.

## **7 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale**

Le analisi in moto vario hanno interessato il fiume Senio da Casola Val Senio a confluenza Reno, circa 74 km, interamente in provincia di Ravenna.

Il modello numerico 2D allestito è stato utilizzato nella configurazione ad argini sormontabili ma non erodibili.

### **7.1 Le condizioni contorno**

#### **7.1.1 Portate**

Le simulazioni sono state condotte a partire dagli eventi di piena di riferimento per tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni definiti nell'analisi idrologica e sinteticamente illustrati nel Capitolo 4.

Per ogni tempo di ritorno sono stati simulati eventi associati a durate di pioggia di 3,6,9,12,18 e 24 ore.

In ingresso al modello sono stati inseriti gli idrogrammi corrispondenti alla sezione di chiusura posta in corrispondenza di Casola. Nel tratto compreso tra Casola e confluenza Sintria è stato inserito distribuito il contributo del sottobacino sotteso, mentre l'apporto del Sintria è posto concentrato in confluenza. L'ulteriore contributo compreso tra Sintria e Ponte del Castello è apportato distribuito lungo l'asta.

#### **7.1.2 Condizioni di valle**

Come condizione al contorno di valle è stato imposto il livello di Reno pari a 5,61 m s.m.. Tale condizione è coerente con il PAI preesistente che indica 5,5 m s.m. alla confluenza. La condizione è stata individuata a partire dai livelli registrati all'idrometro di ponte Bastia (posto poco a valle confluenza Idice-Sillaro); in particolare, si è fatto riferimento alla soglia arancione pari a 10,70 m corrispondenti a un livello idrico di 9,44 m s.m.. Simulazioni in moto permanente lungo asta Reno hanno permesso di correlare a tale livello a Ponte Bastia il livello di 5,61 m s.m. a foce Senio.

Si osservi che negli eventi alluvionali recenti il livello di Reno misurato all'idrometro di Ponte Bastia è stato di 8,45 m (17 maggio 2023), 9,17 (19 settembre 2024) e 10,91 m (20 ottobre 2024).

### **7.2 Scabrezze**

I valori di scabrezza utilizzati sono stati definiti a partire dalla perimetrazione di dettaglio dell'uso del suolo.

Alle diverse forme di uso del suolo, sono state associate le scabrezze riassunte nella Tab. 3 desunte da letteratura.

### **7.3 Simulazioni e risultati ottenuti**

I modelli numerici 2D allestiti sono stati utilizzati per definire le condizioni di pericolosità attuali rispetto ad eventi a gravosità crescente (tempo di ritorno associato pari a 50, 200 e 500 anni) nei tratti appenninici e collinari; nei tratti arginati di pianura la perimetrazione delle aree allagabili a diversa pericolosità è stata effettuata integrando i risultati dei modelli citati con gli scenari di rotta arginale, come illustrato in dettaglio nel paragrafo 7.5.

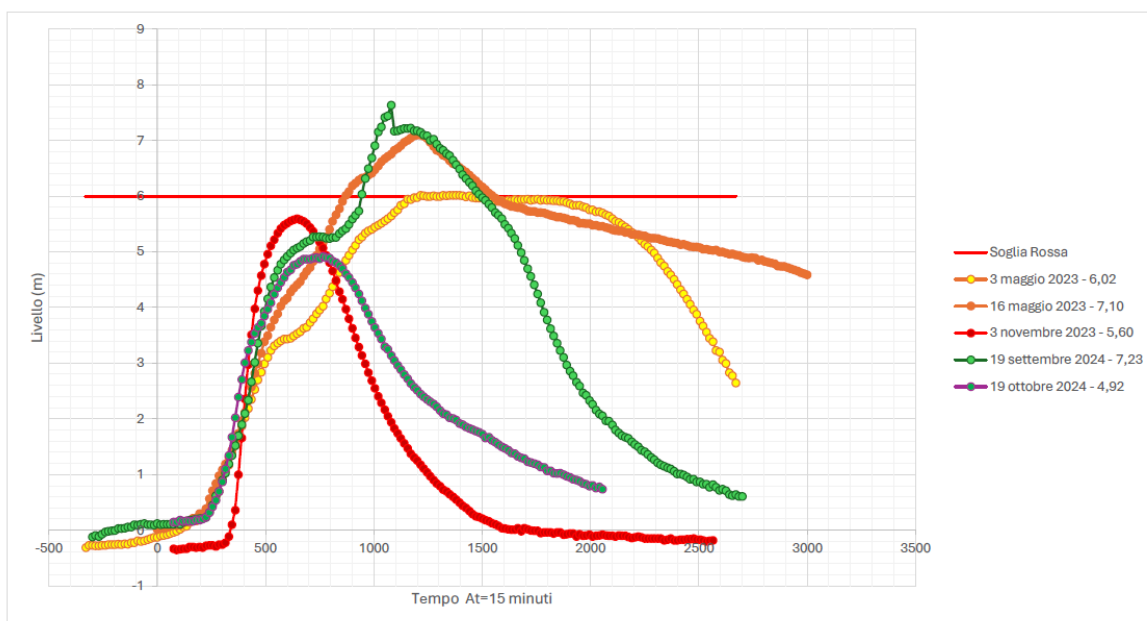
Preliminarmente a tali simulazioni sono state indagate le possibilità di calibrare il modello allestito rispetto agli eventi reali recenti (1-4 e 16-18 maggio 2023, settembre e ottobre 2024); per tali eventi, assai gravosi nel loro complesso, non sono disponibili idrogrammi di portata misurati ma solo alcune stime puntuali approssimate di valori di portata al colmo. Questa condizione impedisce di fatto una taratura diretta del modello; calibrazione che sarebbe comunque stata possibile solo per gli eventi dove gli effetti al suolo non avessero completamente alterato la propagazione verso valle dell'onda. In particolare, lungo il Senio

sia gli eventi 2023 (a monte di Castel Bolognese) che settembre 2024 (Cotignola) sono stati interessati da rotte, con conseguenti rilevanti esondazioni, e tracimazioni.

Per i 4 eventi recenti citati, nell'ambito dell'analisi idrologia sono stati comunque ricostruiti gli idrogrammi di piena (potenziali) lungo le aste oggetto di studio a partire dalle precipitazioni misurate ARPAE.

Pur con tutti i limiti intrinseci nell'approccio proposto, gli idrogrammi così ricostruiti sono stati applicati ai modelli numerici idrodinamici allestiti; in particolare, sul Senio, è stato simulato l'evento di ottobre 2024 meno gravoso in termini di livelli raggiunti ed effetti al suolo. Tali simulazioni sono state eseguite con diversi valori di scabrezza da letteratura, al fine di indagare la possibilità di riprodurre nell'analisi i livelli e gli andamenti idrometrici misurati (fonte ARPAE). Tali analisi hanno mostrato come l'incertezza sulle portate in ingresso sia tale da non permettere valutazioni affidabili sulle scabrezze.

In tali condizioni, si è optato per un approccio cautelativo sulla scabrezza che prevede di utilizzare la perimetrazione di dettaglio delle forme di uso del suolo, alle quali sono stati associati i valori di scabrezza da letteratura riportati in Tab. 3.



**Fig. 13 Senio a Ponte del Castello: livelli idrometrici ARPAE eventi 2023 e 2024**

Gli eventi simulati di assegnato tempo di ritorno sono stati confrontati, in termini di aree allagabili, con gli strumenti di pianificazione e le evidenze degli eventi recenti disponibili; in particolare si è fatto riferimento a:

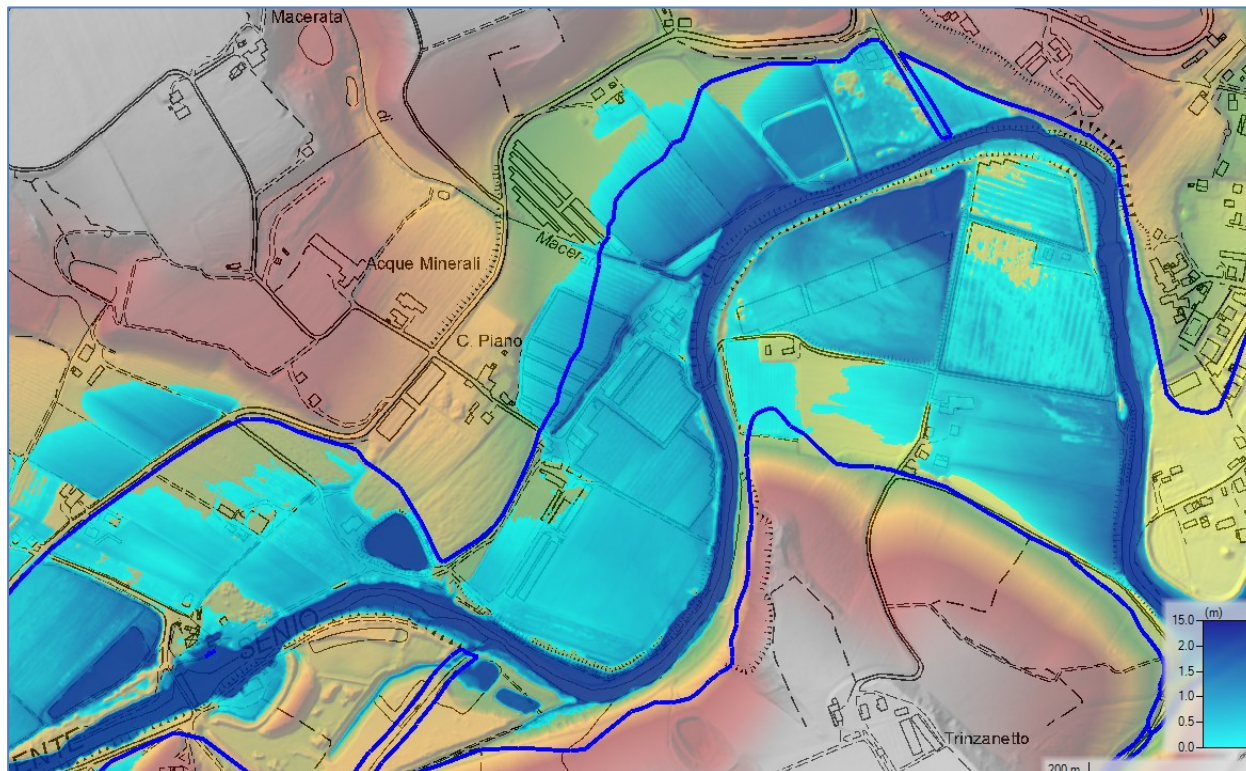
- evento T50: perimetrazione P3 PGRA 2021 che riprende le *Aree ad alta probabilità di inondazione* (art.16 preesistente PAI), aree inondabili per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni;
- evento T200: perimetrazione P2 PGRA 2021;
- evento T500: perimetrazione Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile Evento 16-17 maggio.

Nel seguito sono sinteticamente illustrate le evidenze delle analisi eseguite relativamente ai tre tempi di ritorno indagati. Si osservi che le restituzioni delle aree inondabili, in termini di tiranti, velocità e quote idriche, rappresentano, per tempo di ritorno, sempre l'involuppo dei massimi valori ottenuti dalle simulazioni eseguite per eventi di piena definiti dalle diverse durate di pioggia ipotizzate (3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore).



### 7.3.1. Evento T50

Tra Casola e Borgo Rivola, l'ambito fluviale è vincolato dai versanti e i deflussi coinvolgono tale areale senza interessare abitati o infrastrutture. Tra Borgo Rivola e Riolo, il contesto morfologico muta e il Senio disegna meandri in un fondovalle più ampio che viene pienamente interessato dall'evento T50. Si osservi in Fig. 14 l'ottima corrispondenza tra P3 PGRA 2021, che riprende la perimetrazione art.16 del preesistente PAI, e le evidenze del modello numerico.



**Fig. 14 T50: massimi tiranti tra Borgo Rivola e Isola (in blu P3 PGRA 2021)**

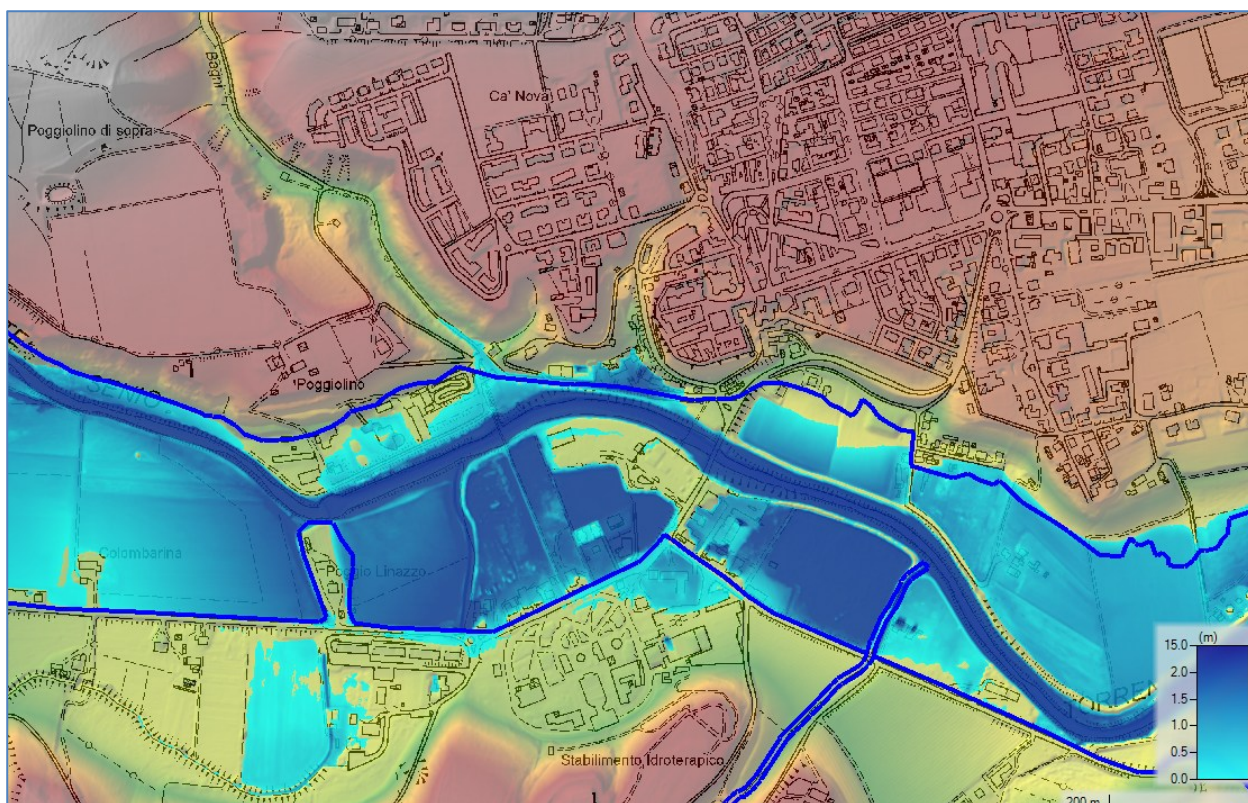
In questo tratto diversi insediamenti sparsi adiacenti all'alveo attivo o interni ai meandri sono interessati dalle esondazioni.

In corrispondenza del centro di Isola, il sistema arginale esistente in sinistra (parte in rilevato in terra, parte in muretti) pare inadeguato a garantire franco adeguato nella porzione di valle, in particolare presso l'attraversamento esistente.

A Riolo (cfr. Fig. 15) le criticità evidenziate dalla perimetrazione P3 PGRA 2021 sono confermate:

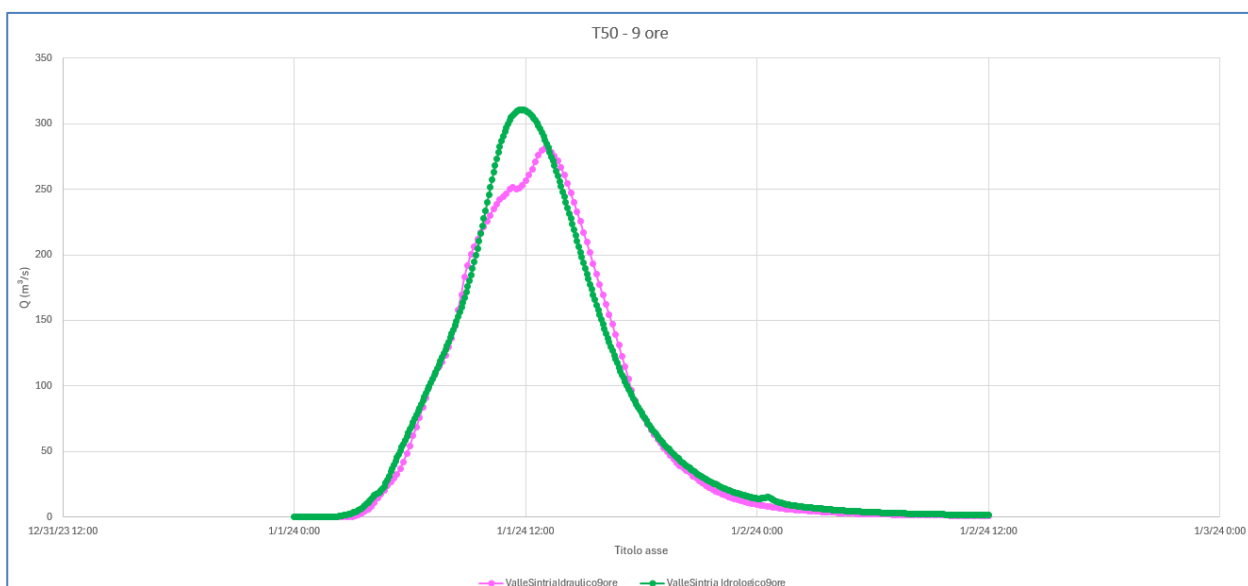
- a monte del ponte della SP306, sia in destra che in sinistra, il sistema difensivo esistente è inadeguato al contenimento dei livelli con il conseguente pieno coinvolgimento degli insediamenti presenti;
- anche a valle del ponte l'intero ambito compreso tra i versanti in sinistra e la SP23 in destra è coinvolto con tiranti in corrispondenza di nuclei abitati sparsi fino ad 1 metro;

Da Riolo alla confluenza con il torrente Sintria, il Senio, già per l'evento T50, interessa l'intero fondovalle definito dai versanti collinari. Qualche cascina isolata è interessata dalle esondazioni.



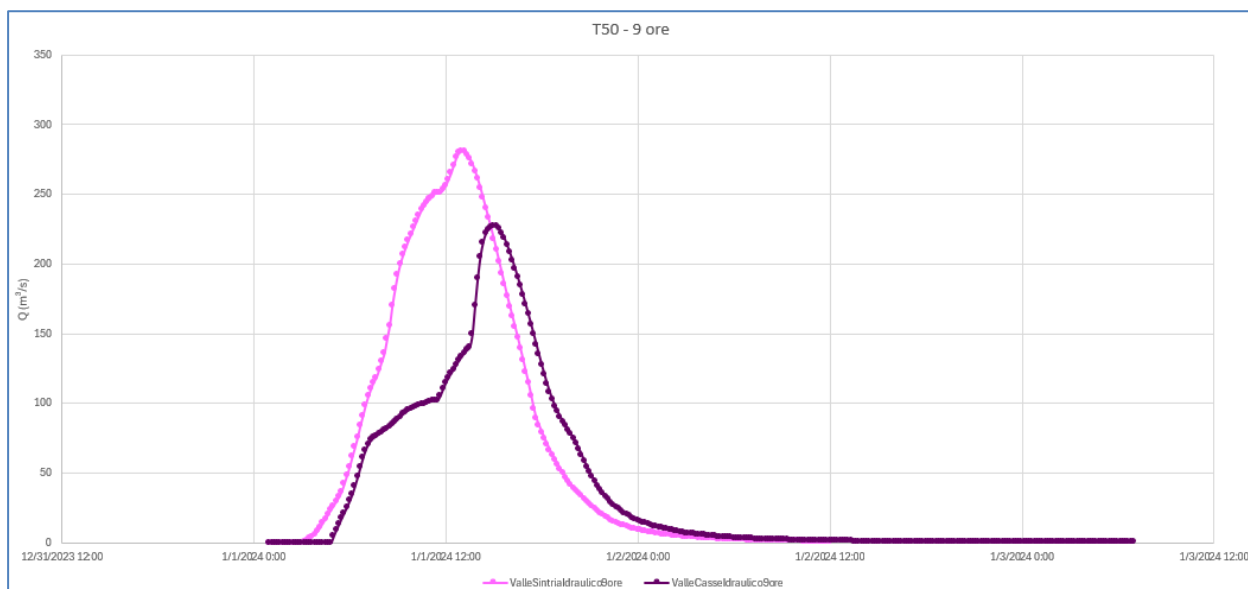
**Fig. 15 T50: massimi tiranti a Riolo Terme (in blu P3 PGRA 2021)**

In Fig. 16 si rappresenta il confronto in portata tra modello idrologico e modello idraulico (durata pioggia 9 ore) a valle della confluenza del torrente Sintria. La laminazione naturale è modesta negli ambiti vallivi di monte.

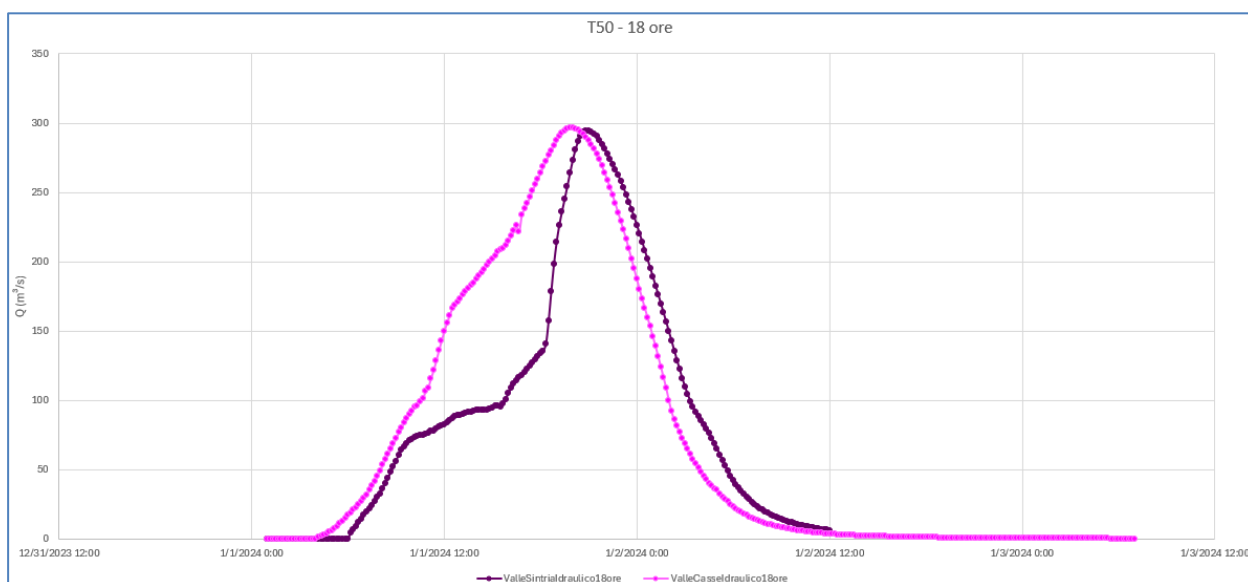


**Fig. 16 T50 9 ore: valle confluenza torrente Sintria confronto portate da modello idrologico e idraulico**

L'effetto delle casse in località Cuffiano nella configurazione attuale, post sistemazioni conseguenti eventi 2023 e 2024, è rappresentata nell'immagine seguente per l'evento T50 di durata 9 e 18 ore.



**Fig. 17 T50 9 ore – effetto laminazione casse esistenti**



**Fig. 18 T50 18 ore – effetto laminazione casse esistenti**

È palese come i volumi di eventi con durate di pioggia comprese tra 18 e 24 ore, critiche per il tratto a valle confluenza Sintria, siano tali da rendere inefficaci le opere esistenti: il colmo di piena transita sostanzialmente inalterato.

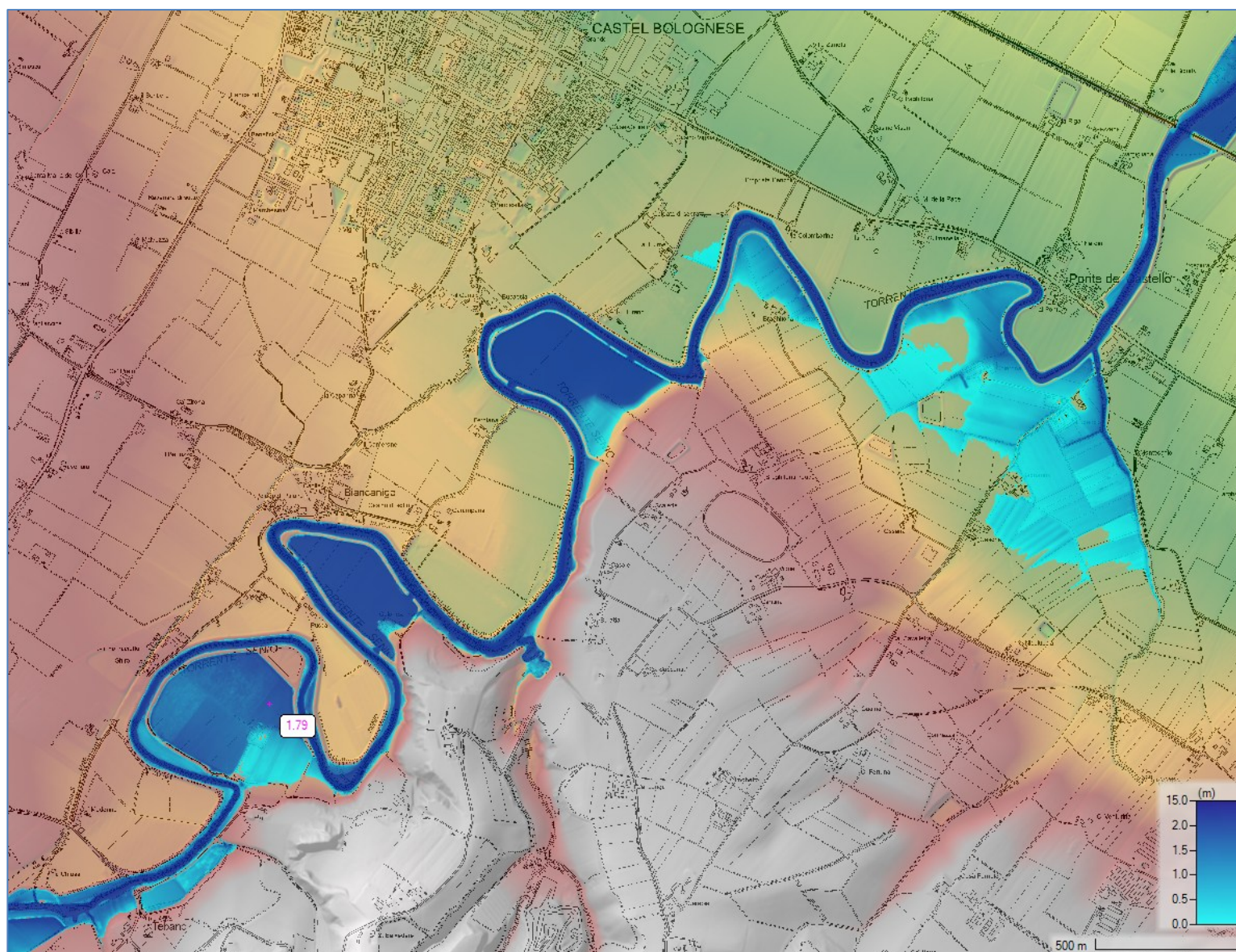
Procedendo verso valle, a monte del ponte di Tebano, in corrispondenza della derivazione del canale dei Mulini e della confluenza rio del Torretto, inizia in sinistra il sistema difensivo arginale, oggi strategico per la difesa di Castel Bolognese.

Nel tratto tra Tebano e Ponte del Castello, le durate di pioggia più severe sono comprese tra 18 e 24 ore.

In Fig. 19 sono rappresentati i tiranti massimi per l'evento di durata di pioggia 9 ore; l'evento sollecita al massimo il sistema di ritenuta con locali sormonti tra via Burano e il ponte della SS9.

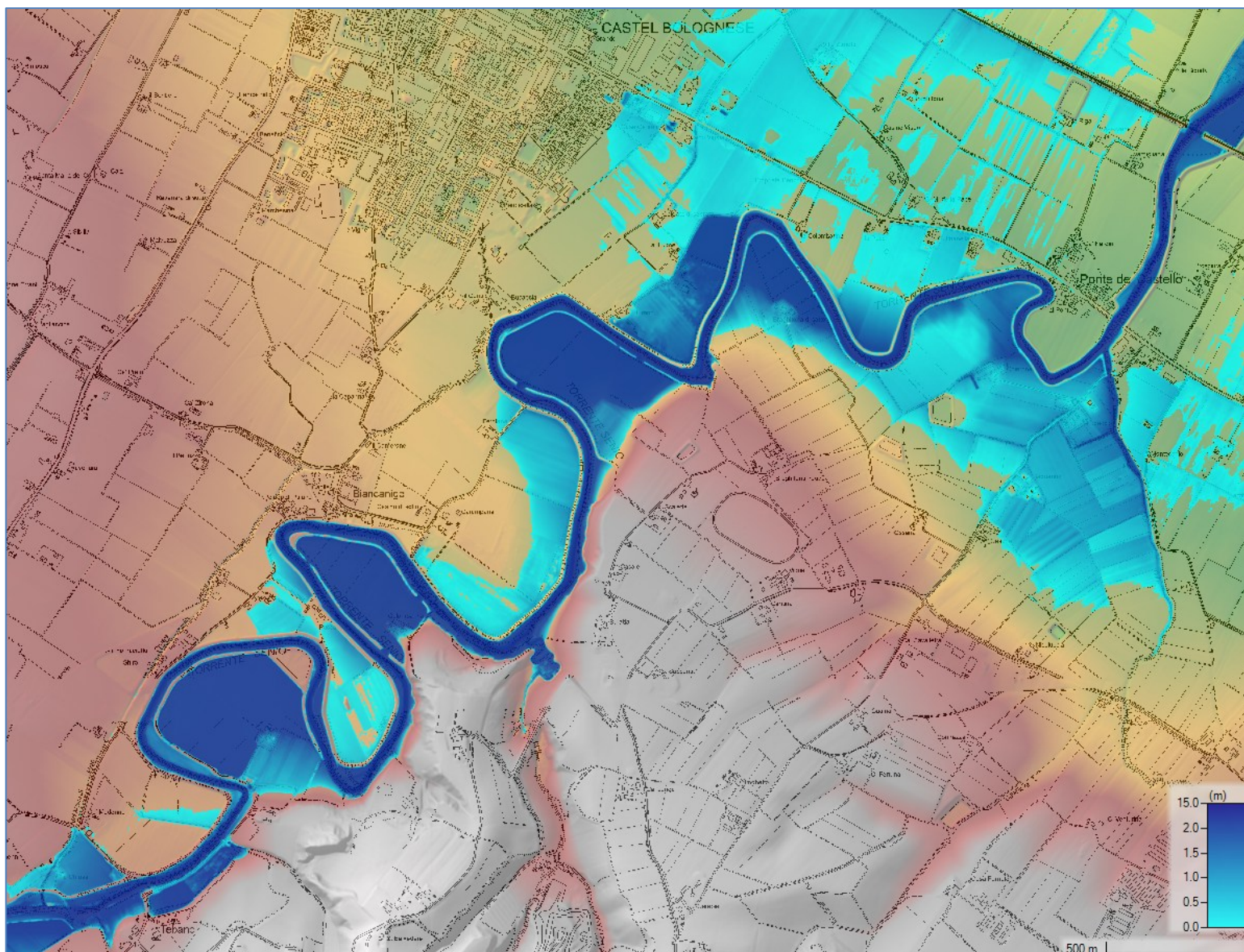
In Fig. 20 sono rappresentati i tiranti massimi per l'evento di durata di pioggia 18 ore; sormonti diffusi in sinistra caratterizzano tutto il tratto con il coinvolgimento di parte dell'abitato di Castel Bolognese verso est e di diversi insediamenti sparsi. Le esondazioni si propagano quindi poi verso nord fino a raggiungere Solarolo prima e Lugo poi, con dinamiche analoghe al secondo evento di maggio 2023. Anche ad est del rio Celle le esondazioni superano la via Emilia e raggiungono il rilevato ferroviario.





**Fig. 19 T50 9 ore – Tiranti massimi Tebano – Ponte del Castello**

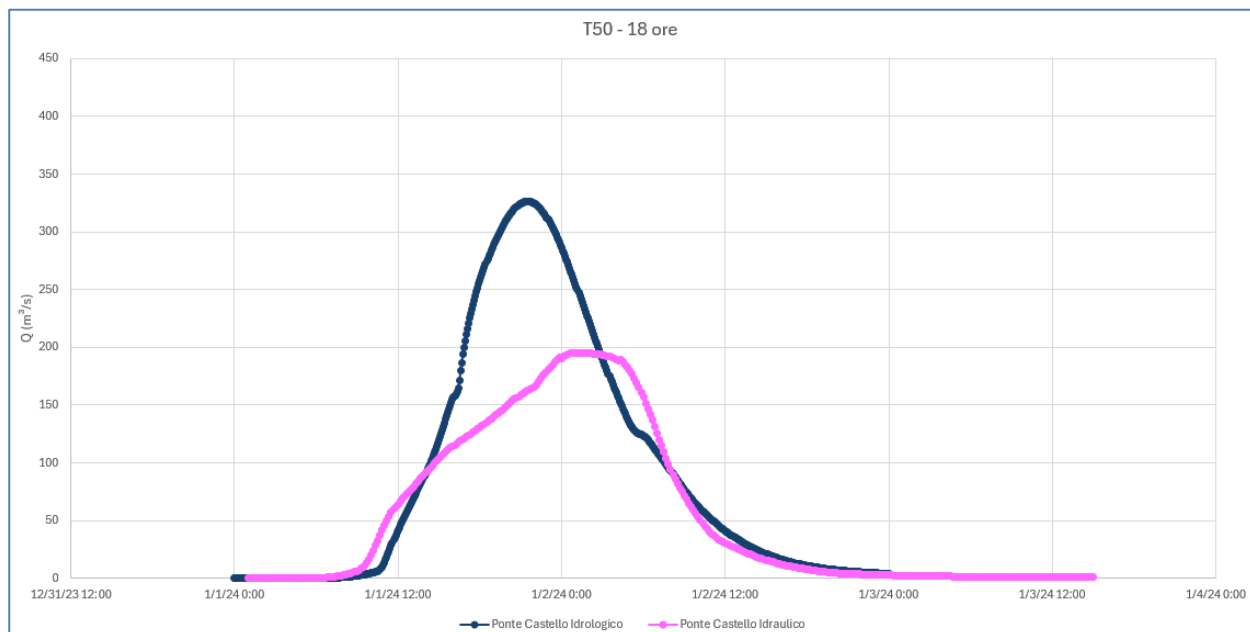




**Fig. 20 T50 18 ore – Tiranti massimi Tebano – Ponte del Castello**

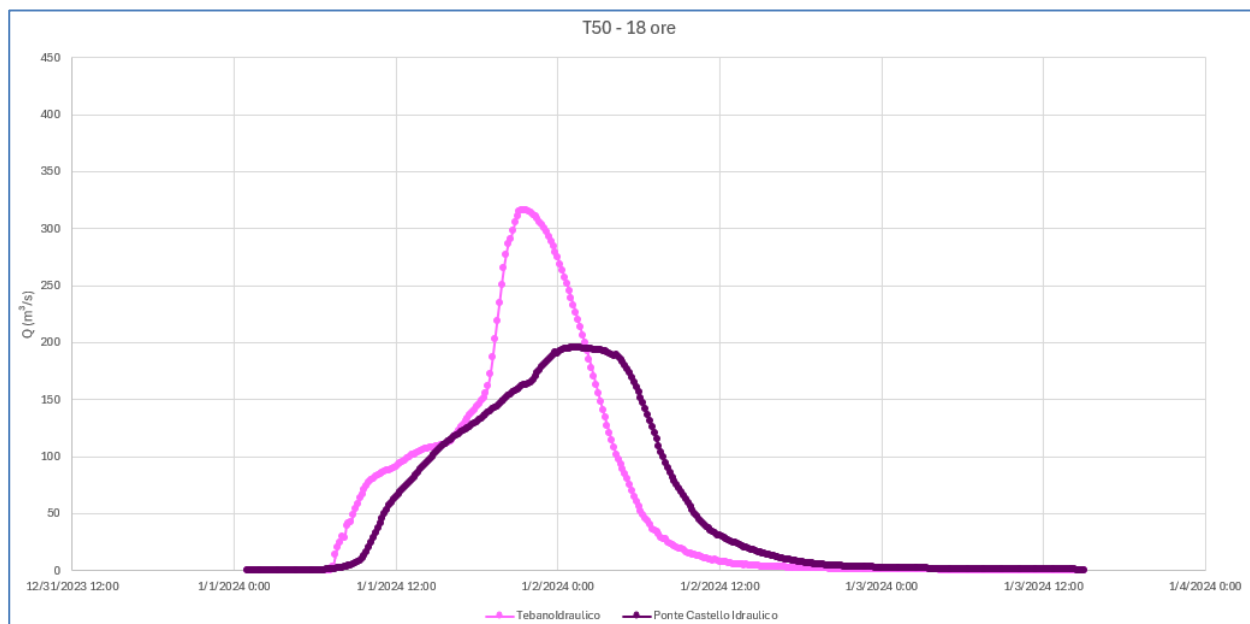
In Fig. 21 è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T50 18 ore a Ponte del Castello e quello restituito da modello idraulico.

La massima portata in ingresso al tratto arginato classificato è dell'ordine di  $195 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Fig. 21 T50 18 ore – Andamento portate a Ponte del Castello e confronto con portate idrologiche**

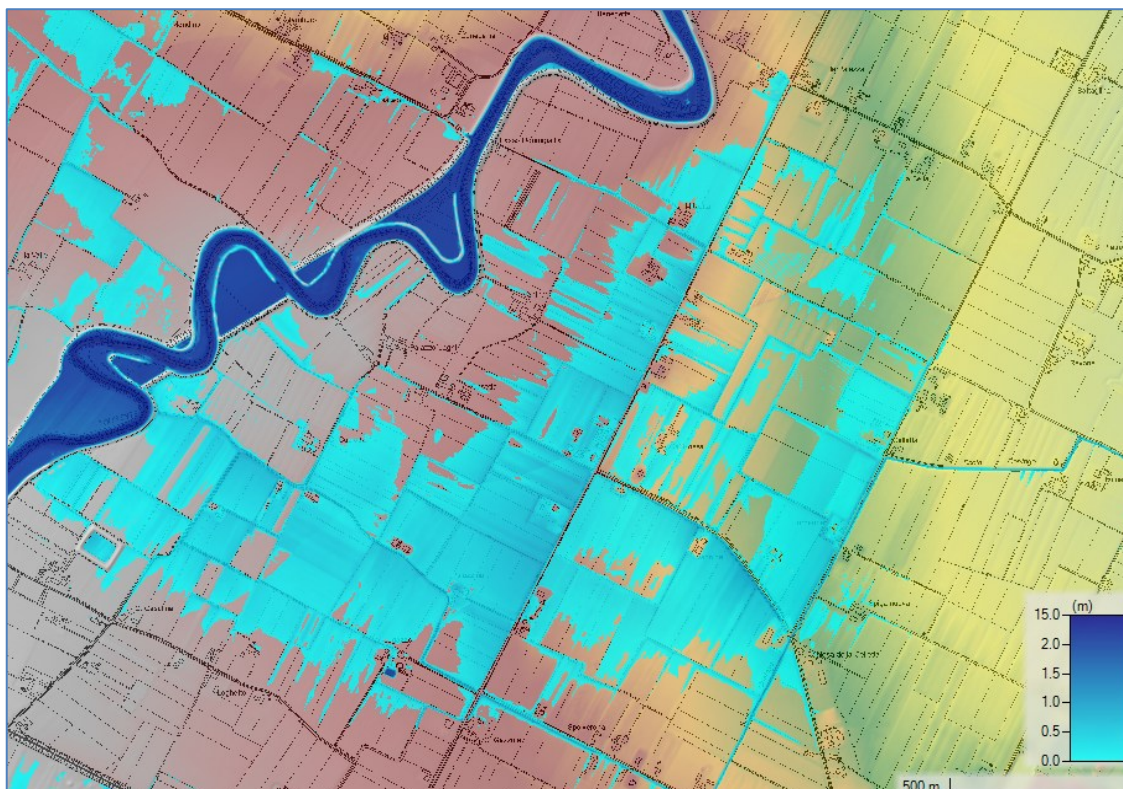
Si osservi come in Fig. 22 sia evidente l'effetto delle esondazioni avvenute tra località *la Bucaccia* e Ponte del Castello (circa  $900.000 \text{ m}^3$ ).



**Fig. 22 T50 18 ore – Andamento portate a Tebano e Ponte del Castello**

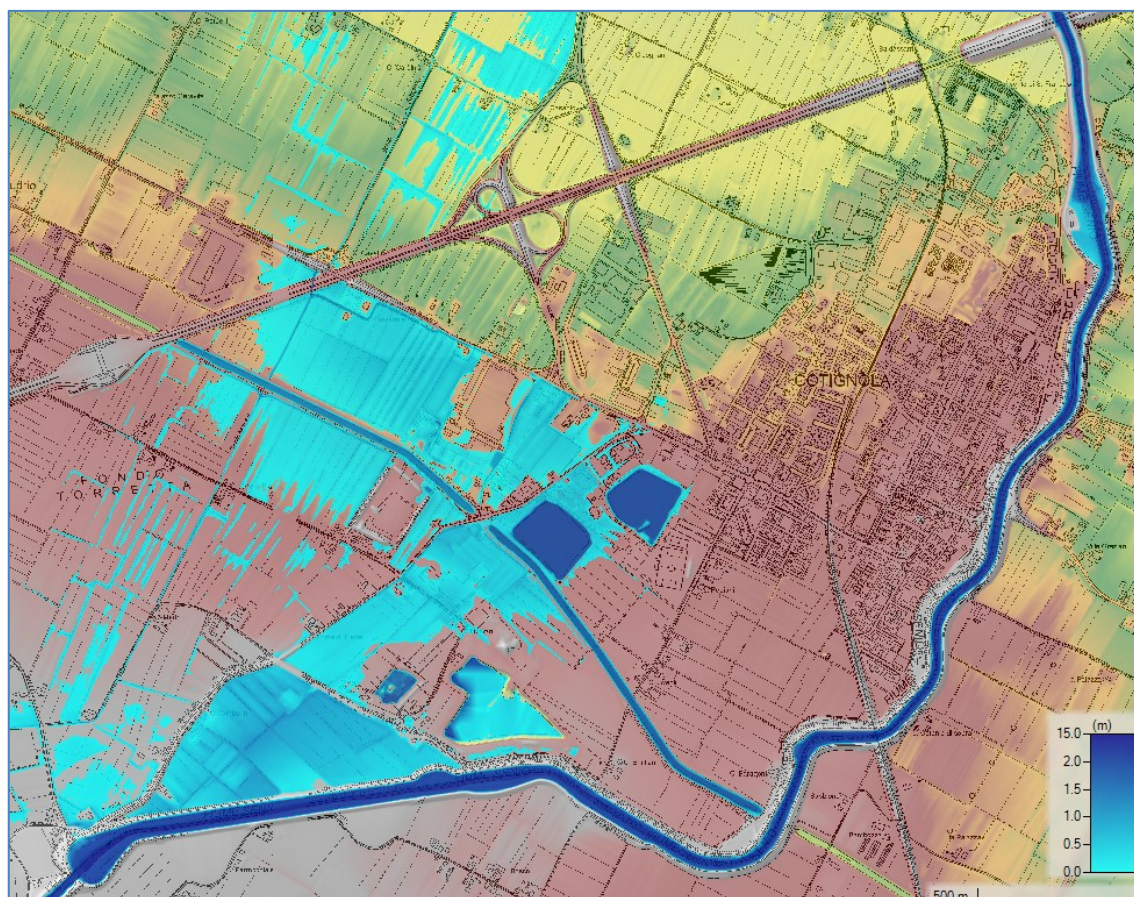
L'evento T50 18 ore, in ingresso al tratto arginato classificato, determina in destra, in corrispondenza dei drizzagni tra ferrovia MI-BO e A14, ulteriori esondazioni (circa  $1.000.000 \text{ m}^3$ ) che possono coinvolgere un'areale rilevante fino a raggiungere l'area industriale presso il casello di Faenza (cfr. Fig. 23).





**Fig. 23 T50 18 ore – Esondazioni in destra tra FFSS BO-AN e autostrada A14**

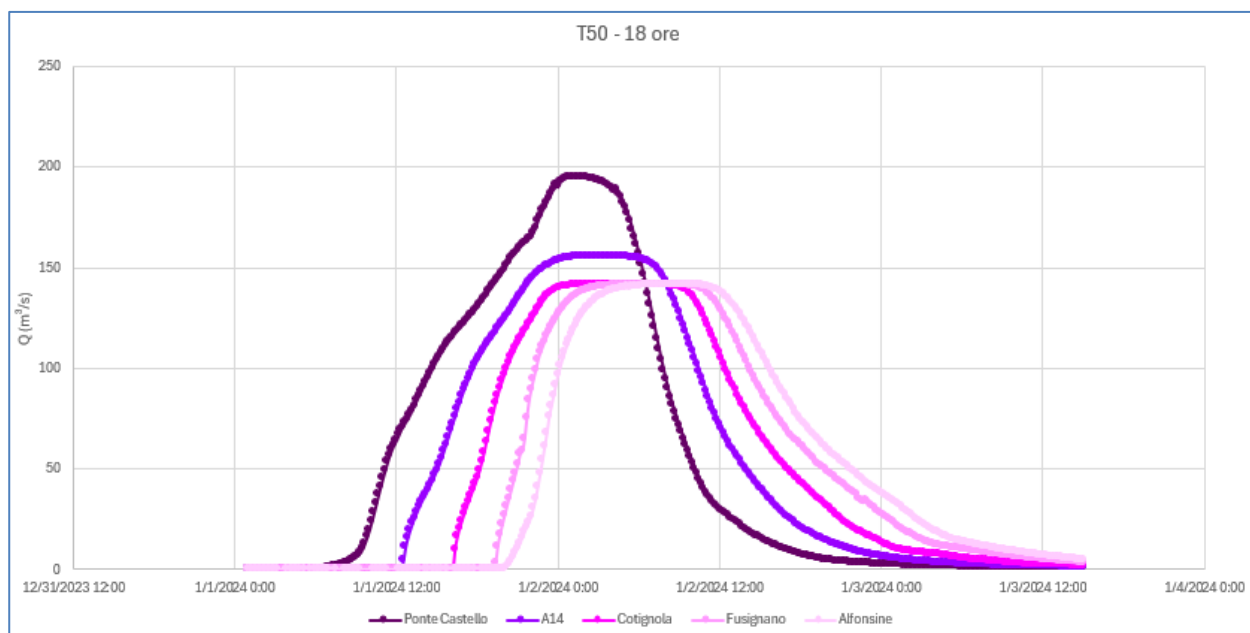
Procedendo verso valle (cfr Fig. 24), ulteriori esondazioni (circa 500.000 m<sup>3</sup>) interessano il sistema arginale in sinistra a valle della località *Chiusaccia*; le esondazioni raggiungono la periferia di Cotignola con dinamiche simili all'evento settembre 2024.



**Fig. 24 T50 18 ore – Esondazioni in sinistra località la Chiusaccia**



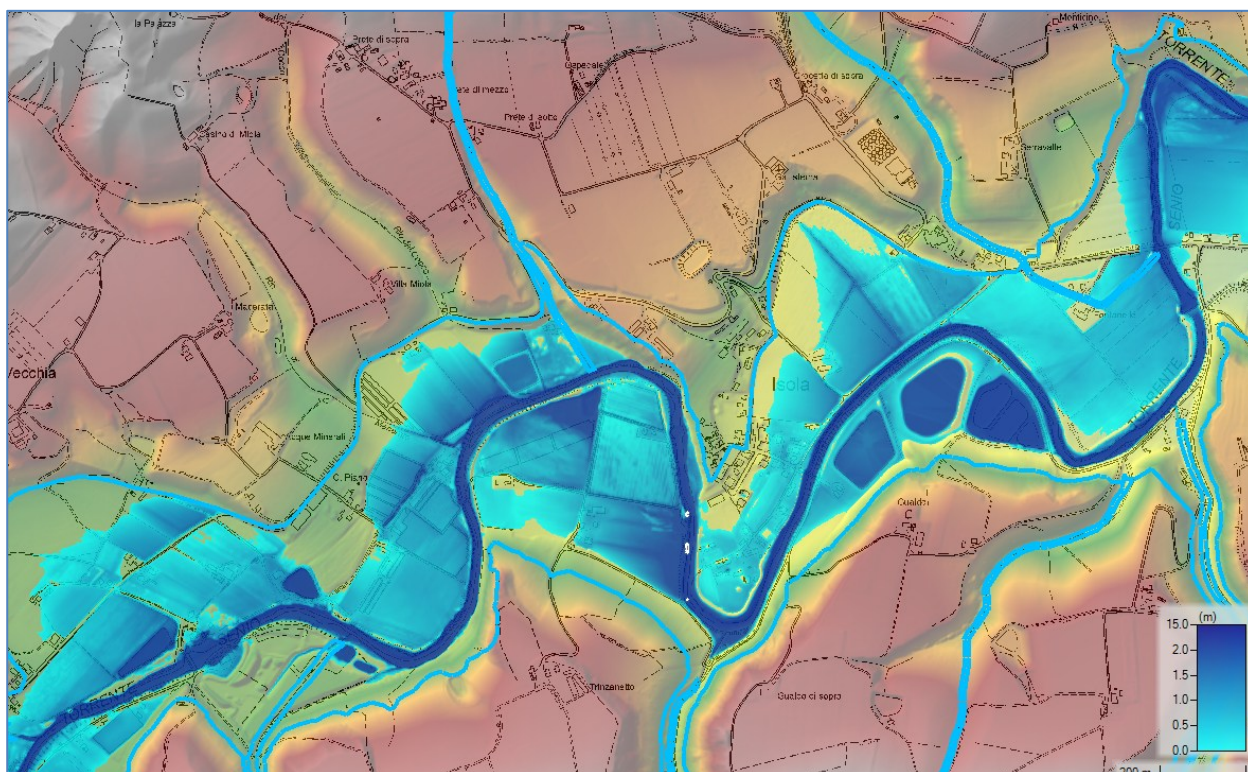
Da Cotignola a Reno non si riscontrano ulteriori esondazioni; verso valle transita una portata al colmo dell'ordine di  $140 \text{ m}^3/\text{s}$  (cfr. Fig. 25).



**Fig. 25** T50 18 ore – Idrogrammi a Ponte del Castello, A14, Cotignola, Fusignano, Alfonsine

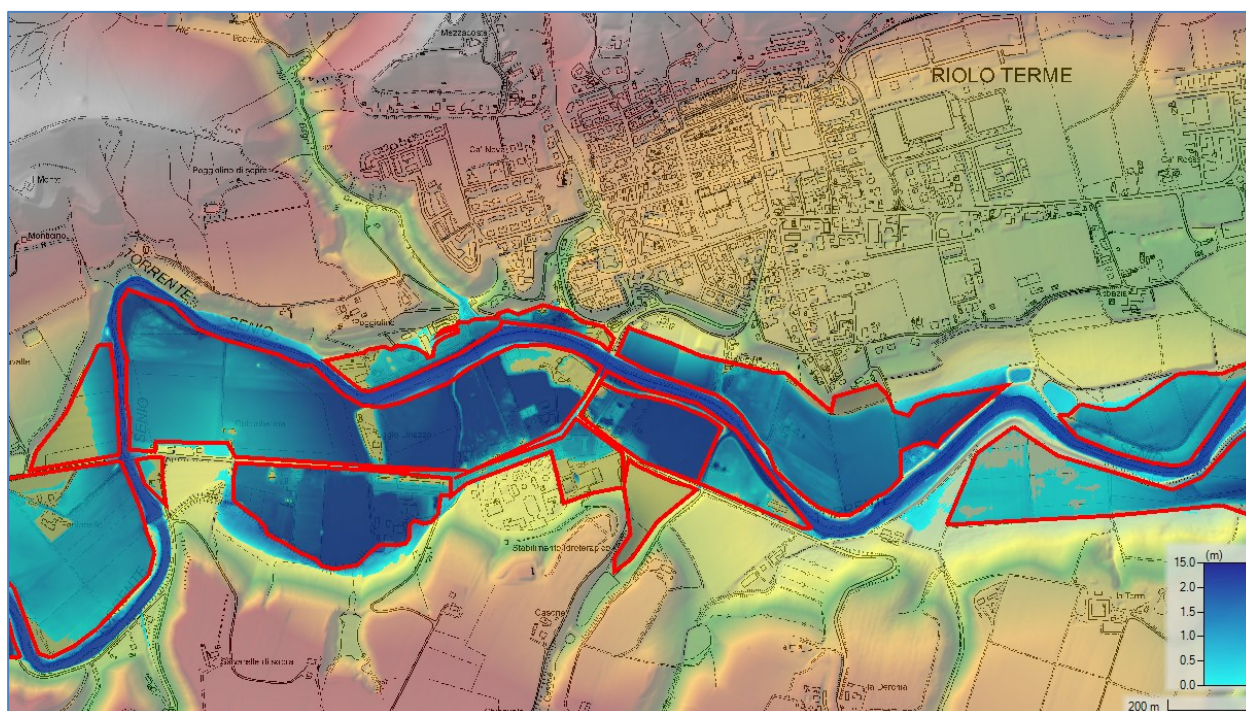
### 7.3.2. Evento T200

Tra Casola e Borgo Rivola, l'ambito fluviale è strettamente vincolato dall'orografia e anche il transito di eventi intensi non determina esondazioni rilevanti, se non qualche area perifluviale in genere interessata da coltivi. Da Borgo Rivola l'ambito fluviale si amplia, con il Senio che disegna meandri piuttosto ampi nel fondovalle delimitato dai rilievi collinari. Per eventi intensi le esondazioni coinvolgono l'intero areale tra i versanti con limiti morfologici coerenti con le perimetrazioni P2 PGRA 2021. Si osservi che il sistema difensivo di Isola è inadeguato per queste sollecitazioni e la porzione dell'abitato prossima al corso d'acqua è inondata (cfr. Fig. 26).



**Fig. 26** T200 9 ore: tiranti massimi sovrapposti alla perimetrazione P2 PGRA 2021

Presso Riolo le dinamiche sono analoghe all'evento T50 con tiranti più severi. Si osservi (Fig. 27) la pressoché perfetta coerenza con le aree inondate dal secondo evento di maggio 2023 (in rosso).

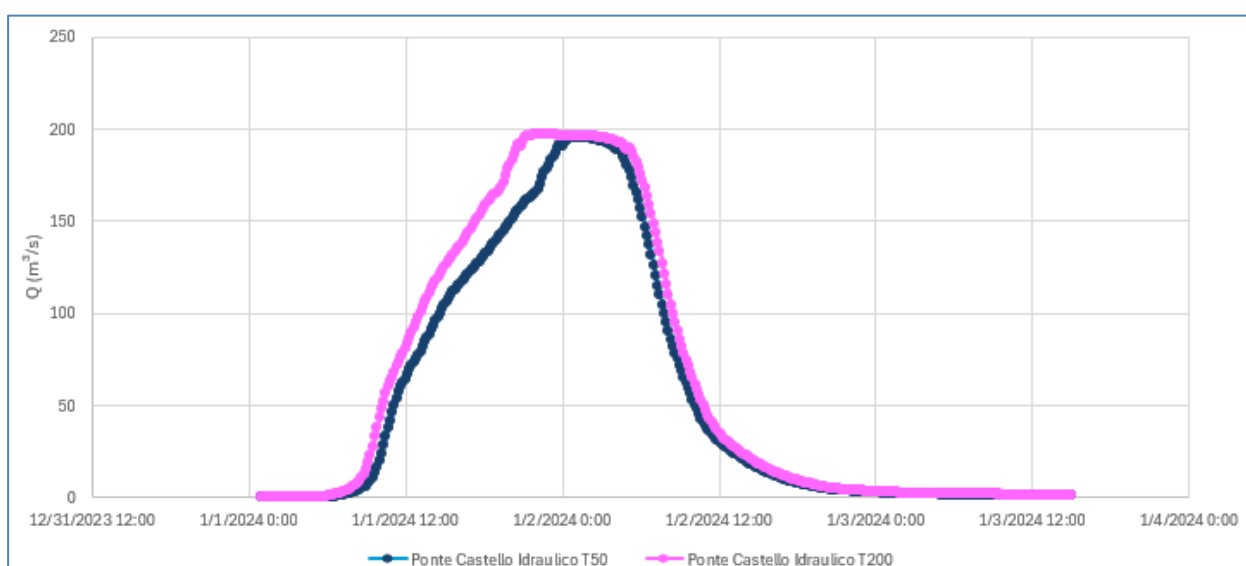


**Fig. 27 T200 9 ore: tiranti massimi sovrapposti alla perimetrazione 16-18 maggio 2023**

Ricevuto il contributo del torrente Sintria, il Senio per l'evento T200 palesa l'inadeguatezza attuale del sistema difensivo di Castel Bolognese, con sormonti diffusi dalla derivazione del canale dei Mulini a Ponte del Castello. Gli areali coinvolti sono molto simili a quelli dell'evento 16-18 maggio 2023 (cfr. Fig. 29). Anche la propagazione dell'esondazione verso nord nord-est nei territori di Solarolo e Lugo è simile.

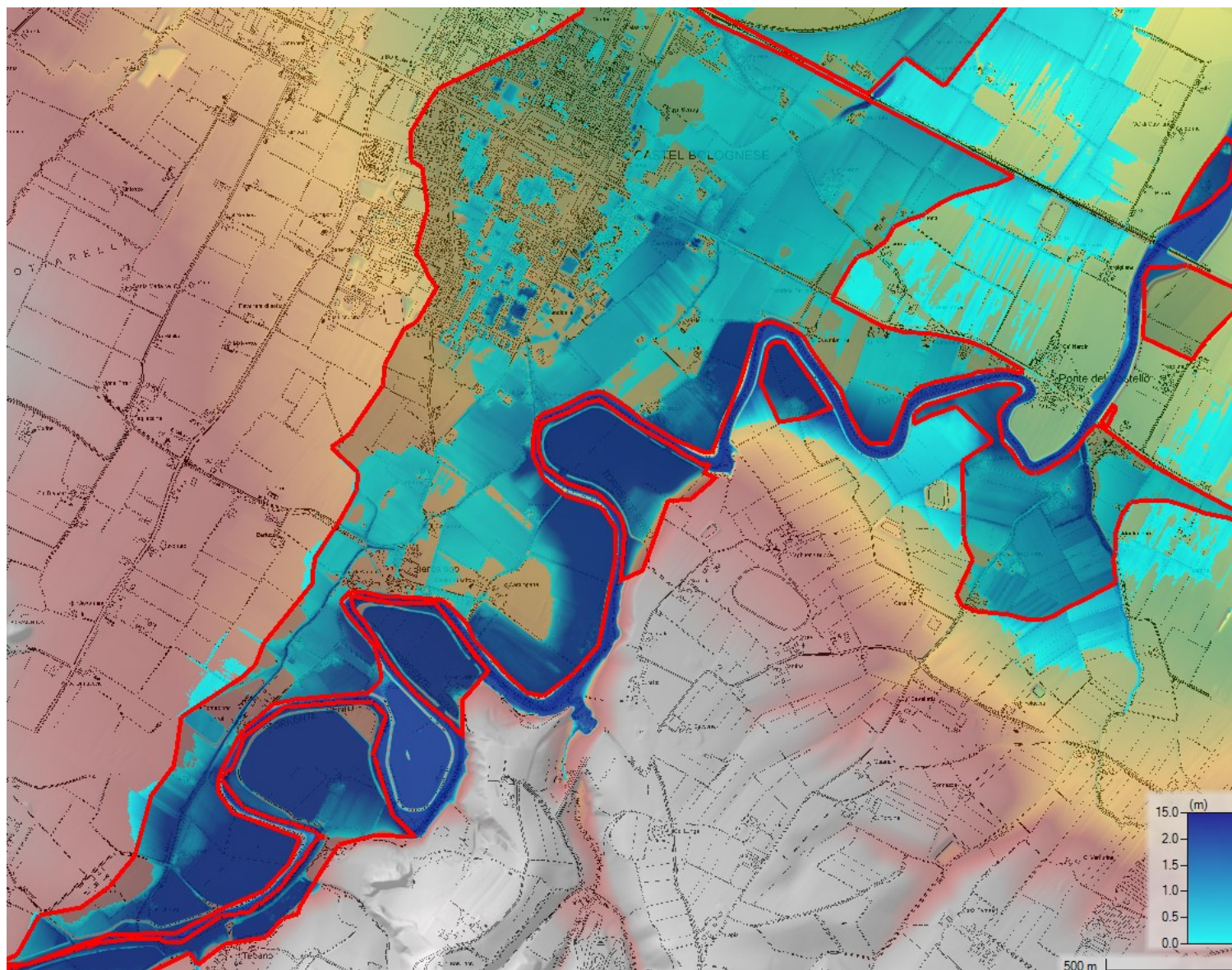
Dal confronto tra gli idrogrammi a monte del ponte di Tebano e in ingresso al ponte della via Emilia è possibile stimare in circa 3.000.000 m<sup>3</sup> il volume esondato.

Si osservi infine che in ingresso al tratto arginato si riscontrano portate simili tra T50 e T200 come testimoniano i seguenti idrogrammi.



**Fig. 28 Ponte Castello: idrogrammi in ingresso tratto arginato T50 e T200 (durata pioggia 18 ore)**





**Fig. 29 T200 18 ore: tratto Tebano – Castel Bolognese, tiranti idrici massimi e confronto con aree inondate evento 16-18 maggio 2023**

Portate analoghe in ingresso al tratto arginato determinano a valle effetti simili tra T200 e T50; anche per T200 sono confermati il sormonto in destra presso i drizzagni tra FFSS BO-AN ed A14 e in sinistra a valle del ponte della Chiusaccia alla periferia sud di Cotignola.

### **7.3.3. Evento T500**

Il transito dell'evento T500, tra Casola e confluenza Sintria, sollecita l'intero ambito fluviale da versante a versante, con dinamiche e areali interessati del tutto analoghi all'evento duecentennale.

A partire dalla derivazione del canale dei Mulini, le esondazioni in sinistra sono pressoché continue e in ragione dei maggiori volumi, il coinvolgimento dei centri di Castel Bolognese, Solarolo e Lugo più intenso in termini di areali interessati e massimi tiranti raggiunti.

A Ponte del Castello, l'idrogramma in ingresso al tratto arginato è analogo ad eventi più frequenti e determina le medesime dinamiche a valle.

## 7.4 Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento

Nel seguito sono illustrate, nelle condizioni attuali, alcune valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto fluviale oggetto di analisi.

Le classi di valutazione del franco idraulico sui ponti sono riportate in Tab. 7.

Si evidenzia che per i ponti ad arco, il franco è stato valutato rispetto alla quota minima sia della chiave che dell'appoggio dell'arco sulla pila. Questo non rappresenta quindi il valore di franco così come definito da normativa (distanza tra la quota idrometrica e la quota di intradosso del ponte sui 2/3 della luce).

**Tab. 7 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti**

FR < 0 cm	0 cm < FR < 30 cm	30 cm < FR < 50 cm	50 cm < FR < 100 cm	100 cm < FR < 150 cm	FR > 150 cm
-----------	-------------------	--------------------	---------------------	----------------------	-------------

### 7.4.1. Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato

In questo ambito, da Casola a Ponte del Castello (SS9 via Emilia), si è fatto riferimento all'evento T200 anni ed in particolare all'inviluppo delle superfici idriche ottenute per le diverse durate di pioggia simulate.

I livelli idrici H200 sono i massimi riscontrabili nella sezione immediatamente a monte del ponte.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati nella seguente Tab. 8.

### 7.4.2. Tratto arginato di pianura

Nel tratto arginato di pianura, da Ponte del Castello a confluenza Reno, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici, alle portate compatibili individuate per i singoli tratti omogenei definite in Tab. 6.

I livelli idrici sono i massimi riscontrabili, per la portata compatibile del tratto specifico, nella sezione immediatamente a monte del ponte.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati nella seguente Tab. 9.

**Tab. 8 Senio da Casola a Ponte del Castello: attraversamenti e franchi idraulici T200**

<i>ID</i>	<i>ID Ponte</i>	<i>Comune</i>	<i>H200 (m s.m.)</i>	<i>Tipologia ponte</i>	<i>H chiave (m s.m.)</i>	<i>H appoggio min (m s.m.)</i>	<i>FR chiave (m)</i>	<i>FR appoggio (m)</i>	<i>Note</i>
SRIN0004	Ponte SP 63 (Casola)	Casola Valsenio	149.46	ad arco	154.53	153.42	5.07	3.96	
SRIN0005	Ponte Via Lama	Casola Valsenio	108.85	intradosso piano	108.92	108.92	0.07	0.07	Estradosso a 110.33 m s.m.
SRIN0006	Ponte Loc. Bugame	Riolo Terme	100.97	ad arco	102.2	101.64	1.23	0.67	
SRIN0008	Ponte di Isola	Riolo Terme	80.52	intradosso piano	79.9	79.9	-0.62	-0.62	Estradosso a 80.40, Sormontato
SRIN0009	Ponte SP306	Riolo Terme	74	ad arco	76.23	75.13	2.23	1.13	
SRIN0012	Ponte Riolo	Riolo Terme	70.37	ad arco	70.92	66.59	0.55	-3.78	Estradosso a 72.50 m s.m.
SRIN0017	Ponte SP66 (Tebano)	Castel Bolognese/Faenza	49.79	intradosso piano	49.31	49.31	-0.48	-0.48	Estradosso a 51.67 m s.m.

**Tab. 9 Senio da Ponte del Castello a foce Reno: attraversamenti e franchi idraulici rispetto alla portata compatibile dei singoli tratti (scenario Ks uso suolo)**

SRIN0018	Ponte SS9 Via Emilia (Ponte del Castello)	Castel Bolognese/Faenza	120	39.02	ad arco	39.54	35.51	0.52	-3.51	Estradosso a 41,15 m s.m.
SRIN0019	Ponte FFSS BO-AN	Castel Bolognese/Faenza	120	38.52	ad arco	40.3	37.74	1.78	-0.78	Estradosso a 42,16 m s.m.
SRIN0020	Ponte A14	Solarolo/Faenza	120	31.31	intradosso piano	35.79	35.79	4.48	4.48	
SRIN0021	Ponte di Felisio (SP7)	Solarolo/Faenza	120	29.64	intradosso piano	32.09	32.09	2.45	2.45	
SRIN0022	Ponte della Chiusaccia (SP62)	Cotignola/Faenza	210	27.1	intradosso piano	27.1	27.1	0.00	0.00	
SRIN0024	Ponte FFSS Faenza-Lavezzola	Cotignola/Faenza	120	22.24	intradosso piano	22.95	22.95	0.71	0.71	
SRIN0025	Ponte di Cotignola	Cotignola	120	21.85	intradosso piano	23.08	23.08	1.23	1.23	
SRIN0026	Ponte A14 Dir. Ravenna	Cotignola	150	21.2	intradosso piano	22.88	22.88	1.68	1.68	
SRIN0027	Ponte FFSS Castel Bolognese-Ravenna	Lugo/Bagnocavallo	150	18.87	intradosso piano	20.9	20.9	2.03	2.03	
SRIN0028	Ponte SP253	Lugo/Bagnocavallo	150	18.71	intradosso piano	19.91	19.91	1.20	1.20	
SRIN0029	Ponte di San Potito (SP41)	Lugo	210	17.86	intradosso piano	18.75	18.75	0.89	0.89	
SRIN0030	Ponte di Fusignano (SP9)	Fusignano/Bagnocavallo	210	15.05	intradosso piano	15.29	15.29	0.24	0.24	
SRIN0031	Ponte di Alfonsine	Alfonsine	180	9.82	intradosso piano	10.36	10.36	0.54	0.54	
SRIN0032	Ponte ciclabile Alfonsine	Alfonsine	180	9.69	intradosso piano	11.92	11.92	2.23	2.23	
SRIN0033	Ponte SS16 Adriatica	Alfonsine	180	9.53	intradosso piano	11	11	1.47	1.47	
SRIN0034	Ponte FFSS FE-RN	Alfonsine	210	9.82	intradosso piano	9.31	9.31	-0.51	-0.51	Sommità arginali a 10.30 m s.m.
SRIN0035	Ponte SS16 Adriatica Var	Alfonsine	210	9.2	intradosso piano	11.34	11.34	2.14	2.14	



## 7.5 Scenari di rotta arginale

Il modello numerico allestito è stato applicato anche nell'approfondire scenari di rotta arginale; la localizzazione delle rotte è stata definita in funzione dei seguenti criteri:

- punti di sormonto evento T50: tali localizzazioni sono confrontate con le rotte occorse negli eventi 2023 e 2024. Ultimata l'individuazione di tali tratti viene verificato anche il comportamento dell'evento T200: ulteriori punti sono aggiunti se distanti dai precedenti almeno 3-5 km;
- criticità geometriche locali individuate dalle analisi in permanente, con riferimento allo scenario di scabrezza definito dalle condizioni di uso del suolo attuali;
- prossimità al corso d'acqua di centri abitati rilevanti non colpiti dagli effetti delle rotte precedentemente definite;
- la posizione di ogni singola breccia è stata valutata in modo tale da ottenere un allagamento il più possibile uniforme e cautelativo del comparto, ad esempio valutando gli effetti di significativi elementi topografici in grado di regimentare le dinamiche alluvionali (magari aumentando in maniera localizzata la densità di brecce), prediligendo il posizionamento delle brecce nei tratti più di monte del comparto e in posizioni che, considerando le dinamiche inerziali interne al corso d'acqua, favorissero l'esondazione di volumi maggiori.

**Tab. 10 Localizzazione punti di rotta arginale simulati**

ID Rotta	Località	Comune	Criterio individuazione	Sponda
01	Diga Steccaia	Castel Bolognese	Sormonto T50 – Rotta Maggio23	SX
02	Via Burano	Castel Bolognese	Sormonto T50	SX
03	C.na Cuciotta	Faenza	Sormonto T50	DX
04	Cà Rossa	Castel Bolognese	Criticità moto permanente	SX
05	Chiusaccia	Cotignola	Sormonto T50 – Rotta Sett.24	SX
06	Fondo Brazzola	Faenza	Criticità moto permanente	DX
07	Cotignola	Cotignola	Criticità moto permanente	SX
08	Cotignola	Cotignola	Criticità moto permanente	DX
09	C.na Dosi	Cotignola	Abitati - Bagnacavallo	DX
10	Fusignano	Fusignano	Abitati - Fusignano	SX
11	Alfonsine	Alfonsine	Criticità moto permanente	DX
12	Felisio	Faenza	Omogeneità allagamento	DX
13	Barbiano	Cotignola	Omogeneità allagamento	SX
14	Alfonsine	Alfonsine	Abitati - Alfonsine	DX
15	San Potito	Lugo	Abitati – San Potito	DX
16	Rossetta	Bagnacavallo	Omogeneità allagamento	DX
17	Bizzuno	Lugo	Omogeneità allagamento	SX

Per ogni punto di rotta sono stati simulati gli eventi T50, T200 e T500 per la durata di pioggia 18 ore.

Inoltre, per tutte le brecce si è ipotizzata una forma trapezia, con una quota che varia gradualmente nel tempo a partire da quella del coronamento arginale fino a raggiungere la quota del piano campagna circostante, e con una larghezza finale alla base assunta pari a 50 m; tale larghezza è stata condivisa in funzione delle evidenze delle rotte reali occorse negli eventi 2023 e 2024. L'innesco della formazione della breccia viene impostato nel momento del passaggio del colmo in prossimità del punto di rotta.

I risultati di tali simulazioni, integrati con i corrispondenti involuppi degli scenari di analisi ad argini inderodibili, hanno consentito di perimetrare le aree allagabili per i diversi scenari idrologici frequente, poco frequente e raro.

## 8 Linee di assetto

Al fine di avere una visione complessiva delle linee di assetto definite nel paragrafo successivo, si rimanda al Capitolo 6 della Relazione Tecnica in cui sono descritte le strategie generali che guidano la definizione delle linee di assetto.

### 8.1 L'assetto del fiume Senio

L'asta del fiume Senio, oggetto di delimitazione delle Fasce Fluviali e interessata dalla definizione delle linee di assetto, è compresa tra Borgo Rivola e confluenza Reno (66 km). L'ambito in esame può essere suddiviso nei seguenti tratti:

- tra Borgo Rivola e il ponte di Tebano (circa 15 km), il Senio si sviluppa in ambito collinare con un fondovalle relativamente ampio che, in occasione di eventi intensi, viene interessato da esondazioni fino ai limiti morfologici naturali;
- tra il ponte di Tebano (confluenza rio Torretto) e il ponte della SS9 via Emilia (località Ponte del Castello), circa 10 km, il contesto morfologico muta: mentre in destra i rilievi sono ancora prossimi all'alveo attivo e confinano l'ambito fluviale per gran parte del tratto, in sinistra si apre la pianura verso Castel Bolognese e un sistema di rilevati, sempre in fregio all'alveo attivo e solo localmente su sedime demaniale, svolge funzione arginale strategica, all'oggi, per la difesa dell'abitato;
- a partire dal ponte della SS9 il Senio è arginato in modo continuo (argini seconda categoria) fino a confluenza Reno, circa 41 km.

#### 8.1.1. Tratto collinare tra Borgo Rivola e il ponte di Tebano

Nel tratto collinare si prevede l'adeguamento e il potenziamento del sistema difensivo per il contenimento dei livelli idrici in corrispondenza del centro di Isola (in sinistra) e della porzione dell'abitato di Riolo Terme prospiciente il corso d'acqua, presso il ponte della SP306 (in destra e sinistra).

Tra Riolo e Tebano sono inoltre localizzati due interventi strutturali per la laminazione delle piene; in particolare:

- a monte della confluenza del torrente Sintria, in destra, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo e attuata senza ribassamenti del piano golendale. Il volume utile è stimato in 1.300.000 m<sup>3</sup>;
- a valle della confluenza del torrente Sintria, è strategico il completamento delle casse di laminazione in località Cuffiano, opere fuori linea, attuate con scavi e arginature, connesse a un sistema di regolazione dei deflussi in alveo. Il volume utile complessivo di tali opere è dell'ordine di 3.500.000 m<sup>3</sup>.

Il sistema di opere dovrà essere dimensionato per garantire a valle una portata al colmo dell'ordine di 200 m<sup>3</sup>/s al transito dell'evento di riferimento.

#### 8.1.2. Tratto tra ponte Tebano (confluenza rio Torretto) e Ponte del Castello

Tra Tebano e Ponte del Castello, in sinistra, il contenimento dei livelli idrici a difesa dell'abitato di Castel Bolognese è attuato grazie ad un nuovo sistema arginale, arretrato rispetto all'esistente e posto in prossimità dell'abitato, che si sviluppa, a partire da via Ghinotta, lungo i limiti dell'edificato per poi piegare verso est, pressoché parallelo alla via Emilia, fino a Ponte del Castello. In destra, il contenimento dei livelli idrici, a difesa della periferia occidentale di Faenza, è attuato potenziando (rialzo e ringrosso) il sistema arginale esistente lungo la sponda destra del rio Celle ed estendendolo verso monte fino alla SP66.

Nel medesimo tratto viene definito un sistema arginale golendale con le seguenti caratteristiche:

- in sinistra:
  - tra confluenza rio Torretto e il ponte di Tebano l'arginatura manterrà tracciato e quote delle opere esistenti;

- tra il ponte di Tebano e località la Bucaccia il sistema golenale ripercorre il tracciato dei rilevati esistenti solo parzialmente, in corrispondenza degli edifici posti a ridosso del corso d'acqua (Fornaciotto e Biancanigo); nei restanti tratti si sviluppa arretrato garantendo in questo modo il coinvolgimento di rilevanti aree golenali al transito di eventi anche frequenti. Le quote di sommità dell'arginatura possono essere confermate rispetto al sistema di difesa attuale;
- tra località la Bucaccia e Santa Maria della Pace, l'argine golenale mantiene il tracciato delle opere esistenti fino a chiudersi sul maestro in corrispondenza dell'area cimiteriale. Procedendo verso valle i rilevati esistenti dovranno essere dismessi;
- in destra:
  - tra Tebano e località Braghitona nuova, la fascia di deflusso di piena è vincolata dai limiti morfologici;
  - tra Braghitona nuova e Ponte del Castello il sistema golenale dovrà essere arretrato rispetto all'alveo attivo in corrispondenza dei meandri più accentuati mentre negli altri tratti si conferma l'andamento planimetrico delle opere esistenti.

L'argine golenale, nel tratto terminale tra la Bucaccia e Ponte del Castello, tanto in destra quanto in sinistra dovrà essere predisposto affinché, al transito dell'evento di riferimento, quota parte del volume di piena possa localmente tracimare senza indurre il crollo del rilevato. Il sistema andrà studiato in termini altimetrici affinché sia in grado di limitare la portata al colmo in ingresso al tratto arginato di pianura a  $210 \text{ m}^3/\text{s}$  e, contestualmente, di minimizzare le esondazioni per eventi frequenti.

Il tracciato planimetrico dell'arginatura golenale è rappresentato dal limite della fascia A.

Si osservi che laddove il sistema arginale descritto manterrà tratti di rilevati esistenti, dovrà essere garantita l'adeguatezza strutturale di tali opere.

### 8.1.3. Tratto arginato classificato di pianura

La portata limite attuale del tratto arginato del fiume Senio, definita secondo i criteri illustrati nei precedenti capitoli, è riportata in Tab. 11.

**Tab. 11 Portata limite attuale del tratto arginato del fiume Senio**

ID	Tratto	Q limite attuale (m <sup>3</sup> /s)
1	PonteCastelloIdrometro_PonteFelisiIdrometro	120
2	PonteFelisiIdrometro_ChiusacciaPonteSP62	210
3	ChiusacciaPonteSP62_PonteCotignolaIdrometro	120
4	PonteCotignolaIdrometro_PonteLugoSP253	150
5	PonteLugoSP253_PonteFusignanoldrometro	210
6	PonteFusignanoldrometro_PonteAlfonsineldrometro	180
7	PonteAlfonsineldrometro_Reno	210

Si osservi come due tratti si palesino maggiormente critici:

- nel tratto 1, in particolare tra il ponte della linea ferroviaria BO-AN e il ponte dell'autostrada A14, laddove sono riconoscibili interventi di sistemazione non recenti (nuove arginature in arretramento rispetto all'alveo attivo) la portata compatibile attuale è sensibilmente minore rispetto ai tratti a monte e a valle;
- tra la Chiusaccia e il ponte della linea ferroviaria Castel Bolognese – Ravenna a Lugo (tratti 3 e 4), diversi tratti presentano corde molle e quote disomogenee destra-sinistra che condizionano la capacità di deflusso complessiva.

La portata limite di progetto del tratto arginato del fiume Senio è pertanto definita nel modo seguente:

- da Ponte del Castello a La Chiusaccia: 210 m<sup>3</sup>/s;
- da La Chiusaccia a Reno: 180 m<sup>3</sup>/s

A tal fine sono previsti i seguenti interventi:

- nel tratto 1, tra gli attraversamenti della linea ferroviaria BO-AN e della autostrada A14 (in particolare tra le località La Valle e La Palazza), sia in destra che in sinistra, si prevede l'adeguamento in quota e sagoma del sistema arginale esistente, regolarizzando locali depressioni e consolidando strutturalmente le arginature; a tale intervento sarà abbinato un intervento di abbassamento dei piani golenali tra alveo attivo e arginature e la rimozione delle porzioni di rilevato dismesse che ostacolano i deflussi; il complesso degli interventi citati dovrà garantire nel tratto una portata compatibile pari a 210 m<sup>3</sup>/s. Nel medesimo tratto l'ingresso di portate superiori a quella limite di progetto sarà gestito attraverso la realizzazione, in sinistra, di un'area di esondazione controllata. L'areale massimo interessabile è limitato a sud dalla linea ferroviaria, ad ovest da via Casanola e a nord da via Rosario, per circa 320 ha complessivi. Il tratto arginale, dove sarà prevista la tracimazione controllata, dovrà essere adeguato affinché il sormonto non determini il crollo del rilevato. Le aree da destinare ad allagamento dovranno essere opportunamente confinate, in particolare sul fronte nord-ovest, così da proteggere il territorio esterno; le massime altezze dei confinamenti non saranno superiori a 2 m e dovranno essere realizzati in modo che un eventuale sormonto non induca il crollo del presidio. Eventuali insediamenti posti all'interno dell'area stessa saranno anch'essi protetti con misure locali. All'interno dell'areale potranno essere studiati sistemi di contenimento che permettano l'interessamento dell'ambito in modo progressivo e al contempo aiutino a trattenere quota parte dei volumi esondati;
- nel tratto 2, a monte della Chiusaccia, in destra in località C.na Morini, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo, ma attuata con scavi e arginature. Il volume utile complessivo di tale opera è dell'ordine di 2.500.000 m<sup>3</sup>. L'intervento è funzionale a limitare la portata defluente verso valle a 180 m<sup>3</sup>/s;

- nei tratti 3 e 4, tra la Chiusaccia e il ponte della linea ferroviaria Castel Bolognese – Ravenna a Lugo, sia in destra che in sinistra si prevede l'adeguamento in quota e sagoma del sistema arginale esistente, regolarizzando locali depressioni e consolidando strutturalmente le arginature. Gli interventi saranno più rilevanti e diffusi nel tratto tra la Chiusaccia e il C.E.R., circa 2 km e garantiranno nel tratto una portata compatibile di 180 m<sup>3</sup>/s.

La tabella seguente confronta la portata limite attuale e quella di progetto nei diversi tratti.

**Tab. 12 Portata limite attuale e di progetto del tratto arginato del fiume Senio**

ID	Tratto	Q limite attuale (m <sup>3</sup> /s)	Q limite progetto (m <sup>3</sup> /s)
1	PonteCastelloldrometro_PonteFelisoldrometro	120	210
2	PonteFelisoldrometro_ChiusacciaPonteSP62	210	210
3	ChiusacciaPonteSP62_PonteCotignoldrometro	120	180
4	PonteCotignoldrometro_PonteLugoSP253	150	180
5	PonteLugoSP253_PonteFusignanoldrometro	210	210
6	PonteFusignanoldrometro_PonteAlfonsinoldrometro	180	180
7	PonteAlfonsinoldrometro_Reno	210	210

## 8.2 Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento

Al fine di indagare la resilienza dell'assetto proposto rispetto ad eventi superiori a quello di riferimento (T200 anni), il complesso delle sistemazioni proposte è stato sollecitato dall'evento T200, durata di pioggia 18 ore, ottenuto nello scenario idrologico che contempla gli effetti del cambiamento climatico.

In Tab. 13 si riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del fiume Senio e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando gli effetti del cambiamento climatico per l'evento T200.

**Tab. 13 Portate di piena per il fiume Senio**

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km <sup>2</sup> )	T50 (m <sup>3</sup> /s)	T200 (m <sup>3</sup> /s)	T500 (m <sup>3</sup> /s)	T200 CC (m <sup>3</sup> /s)
Reno	Senio	27	Casola	134.6	180	250	295	335
Reno	Senio	46	valle confl. Sintria	241.4	325	425	505	580
Reno	Senio	60	Castel Bolognese	269.2	330	425	525	585

Si osservi che l'incremento idrologico del colmo a Castel Bolognese è dell'ordine del 38%.

In termini di volumi, a Castel Bolognese, l'evento T200, durata di pioggia 18 ore, palesa, nello scenario che contempla gli effetti del cambiamento climatico, un incremento del 31%.

Nel tratto collinare, a monte della confluenza del torrente Sintria, il transito dell'evento citato non determina variazioni significative delle aree inondabili, in quanto l'intero fondovalle è già comunque coinvolto. Presso gli interventi previsti a Isola e Riolo gli incrementi dei tiranti idrici sono dell'ordine di 30-50 cm.

Le casse di laminazione di S.Giorgio e Cuffiano esauriscono la propria capacità di laminazione, veicolando verso valle portate che sormontano in più punti il sistema arginale golenale in sinistra, previsto tra confluenza rio Torretto e Ponte del Castello. L'areale compreso tra i rilievi collinari naturali e il corso d'acqua è interessato da esondazioni marcate. I massimi tiranti idrici che sollecitano l'argine maestro in progetto a Castel Bolognese subiscono incrementi dell'ordine di 70-80 cm. Il sistema difensivo in destra in corrispondenza del rio Celle palesa incrementi dei tiranti dell'ordine di 150 cm.



In linea generale, è comunque necessario che le opere arginali siano progettate e realizzate per evitare il collasso in caso di sormonto.

L'attraversamento a Ponte del Castello della via Emilia è sormontato determinando locali esondazioni e criticità. L'inizio del tratto arginato classificato compreso tra la via Emilia e l'opera di alimentazione dell'area di tracimazione controllata è critico, sollecitato ai limiti della capacità di portata ed è pertanto opportuno venga ritenuto prioritario nella definizione di interventi di manutenzione.

Nell'area di tracimazione controllata si concretizzano livelli superiori ai confinamenti previsti, in particolare sul fronte nord e nord-ovest; anche in questo caso è necessario che le opere arginali siano progettate e realizzate per evitare il collasso in caso di sormonto.

Gli effetti delle tracimazioni controllate si concretizzano in un forte abbattimento del colmo di piena verso valle che, ulteriormente laminato dalla cassa in progetto a monte della Chiusaccia, transita a Reno senza ulteriori rilevanti criticità.

### 8.3 Quadro degli interventi

In Tab. 14 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento rappresentati dai limiti B di progetto lungo individuati il fiume Senio.

**Tab. 14 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto**

N.	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Riolo Terme	37-38	SX	Abitato di Isola	Contenimento livelli idrici
2	Riolo Terme	40-41	SX	Abitato di Riolo	Contenimento livelli idrici
3	Riolo Terme	40-41	DX	Abitato di Riolo	Contenimento livelli idrici
4	Riolo Terme	41-42	DX	Abitato di Riolo	Contenimento livelli idrici
5	Riolo Terme	41-44	DX	S.Giorgio in Vezzano	Cassa di laminazione
6	Riolo/Brisighella/Faenza	45-49	SX e DX	Cuffiano	Cassa di laminazione
7	Castel Bolognese	56-60	SX	Castel Bolognese	Contenimento livelli idrici
8	Faenza	56-60	DX	Ponte del Castello	Contenimento livelli idrici
9	Castel Bolognese/Solarolo	60-66	SX	Cà Rossa	Area esondazione controllata
10	Cotignola	69-72	DX	C.na Morini	Cassa di laminazione

Il quadro degli interventi previsti è completato dalle seguenti opere:

- realizzazione di un sistema arginale golenale tra Tebano e Ponte del Castello, secondo le caratteristiche precedentemente illustrate;
- interventi di adeguamento del sistema arginale alla portata limite di progetto in destra e sinistra tra gli attraversamenti della linea ferroviaria BO-AN e della autostrada A14 (in particolare tra le località La Valle e La Palazza);
- interventi di adeguamento del sistema arginale alla portata limite di progetto in destra e sinistra tra la Chiusaccia e il ponte della linea ferroviaria Castel Bolognese – Ravenna a Lugo.

Risulta inoltre necessario predisporre il Programma generale di gestione della vegetazione ripariale in coerenza con le disposizioni regionali di riferimento, evidenziando la necessità di coordinare le azioni di sicurezza idraulica con la tutela e valorizzazione della vegetazione ripariale, riconoscendone da un lato le funzioni ecosistemiche essenziali e dall'altro il ruolo chiave nella mitigazione del rischio idraulico.

Infine, occorre predisporre il Programma generale di gestione dei sedimenti quale strumento conoscitivo, gestionale e di programmazione di interventi, relativi all'assetto morfologico del corso d'acqua, mediante il quale disciplinare le attività di manutenzione degli alvei, delle opere e di gestione dei sedimenti. Il riferimento per la definizione dell'impostazione metodologica del Programma generale è la Direttiva

sedimenti del PAI Po. Tale programma dovrà tenere in considerazione gli esiti degli approfondimenti svolti nell'ambito dell'analisi morfologica.

#### **8.4 Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto**

In Tab. 15 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti tra Borgo Rivola e Ponte del Castello per l'evento T200 nella configurazione definita dalle linee di assetto.

In Tab. 16 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti nel tratto arginato di pianura rispetto alla portata limite di progetto.

Si evidenzia che per i ponti ad arco, il franco è stato valutato rispetto alla quota sia della chiave che dell'appoggio dell'arco sulla pila. Questo non rappresenta quindi il valore di franco così come definito da normativa (distanza tra la quota idrometrica e la quota di intradosso del ponte sui 2/3 della luce).

Gli attraversamenti di Isola (SRIN0008), Ponte del Castello (SS9-SRIN0018), linea ferroviaria BO-AN (SRIN0019), linea ferroviaria Faenza-Lavezzola (SRIN0024) e linea ferroviaria Ferrara-Rimini (SRIN0034) sono fortemente critici rispetto alle linee di assetto.

Palesano criticità rilevanti anche i ponti di Cotignola (SRIN0025) e Fusignano (SRIN0030).

**Tab. 15 Senio da Borgo Rivola a Ponte del Castello: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto**

<i><b>ID</b></i>	<i><b>ID Ponte</b></i>	<i><b>Comune</b></i>	<i><b>H200 (m s.m.)</b></i>	<i><b>Tipologia ponte</b></i>	<i><b>H chiave (m s.m.)</b></i>	<i><b>H appoggio min (m s.m.)</b></i>	<i><b>FR chiave (m)</b></i>	<i><b>FR appoggio (m)</b></i>	<i><b>Note</b></i>
SRIN0008	Ponte di Isola	Riolo Terme	80.52	intradosso piano	79.9	79.9	-0.62	-0.62	Estradosso a 80.40, Sormontato
SRIN0009	Ponte SP306	Riolo Terme	74	ad arco	76.23	75.13	2.23	1.13	
SRIN0012	Ponte Riolo	Riolo Terme	70.54	ad arco	70.92	66.59	0.38	-3.95	Estradosso a 72.50 m s.m.
SRIN0017	Ponte SP66 (Tebano)	Castel Bolognese/Faenza	48.03	intradosso piano	49.31	49.31	1.28	1.28	Estradosso a 51.67 m s.m.

**Tab. 16 Senio da Ponte del Castello a foce Reno: attraversamenti e franchi idraulici rispetto alla portata limite di progetto (scenario Ks uso suolo)**

<i>ID</i>	<i>ID Ponte</i>	<i>Comune</i>	<i>Q limite (m³/s)</i>	<i>H limite (m s.m.)</i>	<i>Tipologia ponte</i>	<i>H chiave (m s.m.)</i>	<i>H appoggio min (m s.m.)</i>	<i>FR chiave (m)</i>	<i>FR appoggio (m)</i>	<i>Note</i>
SRIN0018	Ponte SS9 Via Emilia (Ponte del Castello)	Castel Bolognese/Faenza	210	40.25	ad arco	39.54	35.51	-0.71	-4.74	Estradosso a 41,15 m s.m.
SRIN0019	Ponte FFSS BO-AN	Castel Bolognese/Faenza	210	39.66	ad arco	40.3	37.74	0.64	-1.92	Estradosso a 42,16 m s.m.
SRIN0020	Ponte A14	Solarolo/Faenza	210	32.76	intradosso piano	35.79	35.79	3.03	3.03	
SRIN0021	Ponte di Felisio (SP7)	Solarolo/Faenza	210	30.96	intradosso piano	32.09	32.09	1.13	1.13	
SRIN0022	Ponte della Chiusaccia (SP62)	Cotignola/Faenza	180	26.58	intradosso piano	27.1	27.1	0.52	0.52	
SRIN0024	Ponte FFSS Faenza-Lavezzola	Cotignola/Faenza	180	23.32	intradosso piano	22.95	22.95	-0.37	-0.37	Estradosso a 24,05 m s.m.
SRIN0025	Ponte di Cotignola	Cotignola	180	22.81	intradosso piano	23.08	23.08	0.27	0.27	Estradosso a 23,52 m s.m.
SRIN0026	Ponte A14 Dir. Ravenna	Cotignola	180	21.67	intradosso piano	22.88	22.88	1.21	1.21	
SRIN0027	Ponte FFSS Castel Bolognese-Ravenna	Lugo/Bagnocavallo	180	19.3	intradosso piano	20.9	20.9	1.60	1.60	
SRIN0028	Ponte SP253	Lugo/Bagnocavallo	180	19.12	intradosso piano	19.91	19.91	0.79	0.79	
SRIN0029	Ponte di San Potito (SP41)	Lugo	210	17.86	intradosso piano	18.75	18.75	0.89	0.89	
SRIN0030	Ponte di Fusignano (SP9)	Fusignano/Bagnocavallo	210	15.05	intradosso piano	15.29	15.29	0.24	0.24	
SRIN0031	Ponte di Alfonsine	Alfonsine	180	9.82	intradosso piano	10.36	10.36	0.54	0.54	
SRIN0032	Ponte ciclabile Alfonsine	Alfonsine	180	9.69	intradosso piano	11.92	11.92	2.23	2.23	
SRIN0033	Ponte SS16 Adriatica	Alfonsine	180	9.53	intradosso piano	11	11	1.47	1.47	
SRIN0034	Ponte FFSS FE-RN	Alfonsine	210	9.82	intradosso piano	9.31	9.31	-0.51	-0.51	Sommità arginali a 10.30 m s.m.
SRIN0035	Ponte SS16 Adriatica Var	Alfonsine	210	9.2	intradosso piano	11.34	11.34	2.14	2.14	

## 9 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 17 sono riportate le portate di piena al colmo di riferimento nelle sezioni di chiusura a monte del tratto arginato classificato. In nero le portate idrologiche, in blu quelle ottenute da modellazione idraulica bidimensionale. In entrambi i casi è indicato il valore massimo tra tutte le durate di pioggia simulate (3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore).

**Tab. 17 Fiume Senio stato attuale– Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato**

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km <sup>2</sup> )	T50 (m <sup>3</sup> /s)	T200 (m <sup>3</sup> /s)	T500 (m <sup>3</sup> /s)	T50 (m <sup>3</sup> /s)	T200 (m <sup>3</sup> /s)	T500 (m <sup>3</sup> /s)
Senio	27	Casola	134.6	180	250	295	-	-	-
Senio	34	Borgo Rivola					210	290	345
Senio	46	valle confl. Sintria	241.4	325	425	505	305	380	490
Senio	60	Castel Bolognese	269.2	330	425	525	195	200	200

Nella tabella seguente si riportano i valori al colmo dell'onda di piena idraulica per il tempo di ritorno 200 anni e durata di pioggia 18 ore, nell'ipotesi di realizzazione delle linee di intervento proposte nel Capitolo 8, in alcune sezioni del corso d'acqua a monte del tratto arginato.

**Tab. 18 Fiume Senio linee di assetto – Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato**

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km <sup>2</sup> )	T200 (m <sup>3</sup> /s)
Senio	46	valle confl. Sintria	241.4	365
Senio	60	Castel Bolognese	269.2	210

Per il tratto arginato classificato del fiume Senio, nella tabella seguente sono infine riportate la portata limite nello stato attuale (pur con franchi limitati) e nello stato definito dalle linee di assetto.

**Tab. 19 Portata limite attuale e di progetto del tratto arginato del fiume Senio**

ID	Tratto	Q limite attuale (m <sup>3</sup> /s)	Q limite progetto (m <sup>3</sup> /s)
1	PonteCastelloldrometro_PonteFelisioldrometro	120	210
2	PonteFelisioldrometro_ChiusacciaPonteSP62	210	210
3	ChiusacciaPonteSP62_PonteCotignolaldrometro	120	180
4	PonteCotignolaldrometro_PonteLugoSP253	150	180
5	PonteLugoSP253_PonteFusignanoldrometro	210	210
6	PonteFusignanoldrometro_PonteAlfonsineldrometro	180	180
7	PonteAlfonsineldrometro_Reno	210	210