



ADBPO

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 Lamone e Marzeno

Dicembre 2025

Metadata

Titolo	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Lamone e Marzeno
Descrizione	Il presente documento è la Monografia dei fiumi Lamone e Marzeno 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 Lamone e Marzeno
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_Lamone_Marzeno.pdf
Formato	pdf
Relazioni	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli, Conca Marecchia e al bacino del Fissero Tartaro Canalbianco (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) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0
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 Lamone e Marzeno, Versione 01 del 2025-12-10

Indice

1	Premessa	1
2	L'ambito fluviale in esame.....	2
3	Analisi morfologica	9
3.1	Fiume Lamone	9
3.2	Torrente Marzeno	10
4	Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento.....	12
5	La geometria del modello 2D	23
6	Stima della capacità di portata nel tratto arginato.....	26
6.1	Le condizioni contorno	26
6.1.1.	Portate	26
6.1.2.	Condizioni di valle	26
6.2	Scabrezze.....	26
6.3	Simulazioni e risultati ottenuti	27
7	Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale	29
7.1	Le condizioni contorno	29
7.1.1.	Portate	29
7.1.2.	Condizioni di valle	29
7.2	Scabrezze.....	29
7.3	Simulazioni e risultati ottenuti	29
7.3.1.	Evento T50	31
7.3.1.1	Lamone da Marradi a Faenza	31
7.3.1.2	Marzeno da Modigliana a Faenza	34
7.3.1.3	Lamone da Faenza a mare.....	36
7.3.2.	Evento T200	38
7.3.2.1	Lamone da Marradi a Faenza	38
7.3.2.2	Marzeno da Modigliana a Faenza	40
7.3.2.3	Lamone da Faenza a mare.....	42
7.3.3.	Evento T500	45
7.4	Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento	46
7.4.1.	Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato	46
7.4.2.	Tratto arginato di pianura	46
7.5	Scenari di rotta arginale	52
8	Linee di assetto	54
8.1	L'assetto del fiume Lamone e del torrente Marzeno	54
8.1.1.	Tratto collinare del fiume Lamone tra Strada Casale e l'abitato di Faenza	54
8.1.2.	Tratto collinare del torrente Marzeno tra Modigliana e la confluenza nel fiume Lamone.....	54

8.1.3.	Confluenza tra fiume Lamone e torrente Marzeno	55
8.1.4.	Tratto arginato classificato di pianura	56
8.2	Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento	58
8.3	Quadro degli interventi.....	59
8.4	Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto	60
9	Portate di piena di riferimento.....	64

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 Lamone e al torrente Marzeno. Nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, il fiume Lamone è stato analizzato per il tratto compreso tra Marradi e la confluenza a mare, per una lunghezza complessiva di circa 105 km, mentre il torrente Marzeno per il tratto compreso tra Modigliana e la confluenza nel fiume Lamone, per una lunghezza complessiva di circa 33 km.

Il tratto oggetto del presente progetto di variante e di delimitazione di fasce fluviali, secondo il metodo del PAI Po, è compreso, per il fiume Lamone, tra Strada Casale (Ponte di via Tura -Brisighella) e la foce, per una lunghezza complessiva di circa 86 km; per il torrente Marzeno, da Modigliana (Ponte di via Gramsci) a confluenza in Lamone, per una lunghezza complessiva di circa 33 km.

2 L'ambito fluviale in esame

Il Lamone nasce nell'Appennino Toscano presso Colla di Casaglia, nel comune di Borgo San Lorenzo (FI) a circa 972 m s.m. Entra in Emilia-Romagna in corrispondenza di S. Martino in Gattara, frazione del Comune di Brisighella (RA), per sfociare a mare in località Marina Romea, dopo un percorso complessivo di circa 97 km in territorio romagnolo.

Il bacino idrografico presenta una forma alquanto stretta e allungata; la porzione montana si chiude a Faenza per circa 510 km².

Il corso d'acqua tra i comuni di Marradi e Brisighella si sviluppa in un ambito tipicamente appenninico, vincolato dai versanti. Ricevuti gli apporti del torrente Ebola il fiume muta dal punto di visto morfologico, acquisendo un andamento marcatamente meandriforme, con graduale diminuzione della pendenza e allargamento dell'alveo.

Procedendo verso Faenza, la vallata si amplia ulteriormente; a monte della città si sviluppano i primi tratti arginati in sinistra (dal quartiere Orto Bertoni) e in destra (presso via Verità e a confluenza Marzeno).

Il Lamone è quindi arginato con continuità da Faenza al mare; in pianura il corso del fiume si presenta inizialmente meandriforme con sporadica presenza di golene, per poi divenire progressivamente rettilineo, con direzione prevalente SO-NE, e pensile.

Il Marzeno, principale affluente del Lamone, è oggetto di studio per circa 33 km, da Modigliana a confluenza, posta alla periferia sud di Faenza.

Nel comune di Modigliana, il Marzeno scorre per circa 10 km in un ambiente a buona naturalità mantenendo andamento meandriforme.

Ricevuti gli apporti del suo principale affluente, torrente Samoggia, confluisce in Lamone poco a monte dell'attraversamento della Variante alla SS9.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Alfonsine, Bagnacavallo, Brisighella, Cotignola, Faenza, Forlì, Fusignano, Modigliana, Ravenna, Russi.

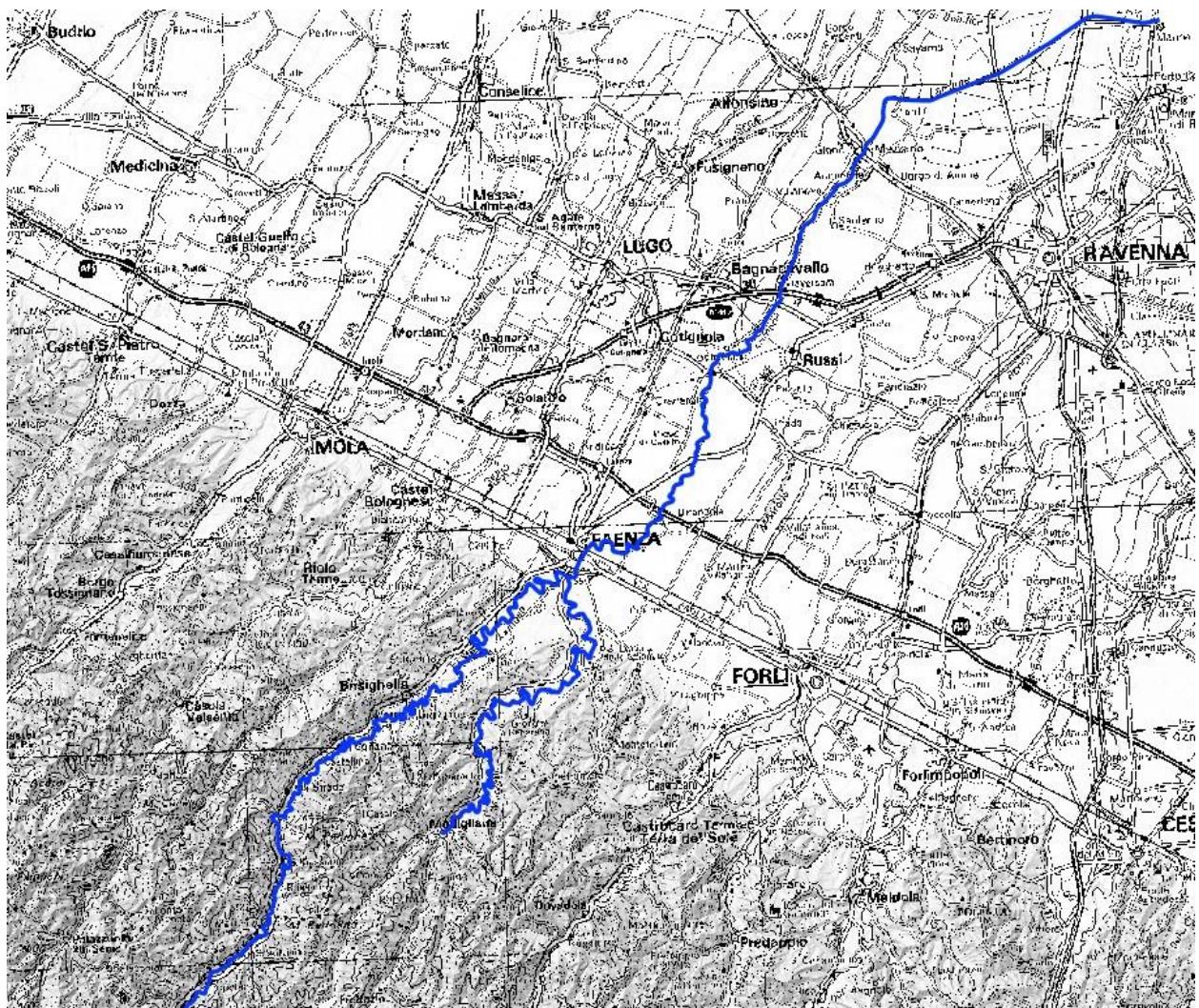


Fig. 1 Inquadramento complessivo del tratto fluviale oggetto di studio

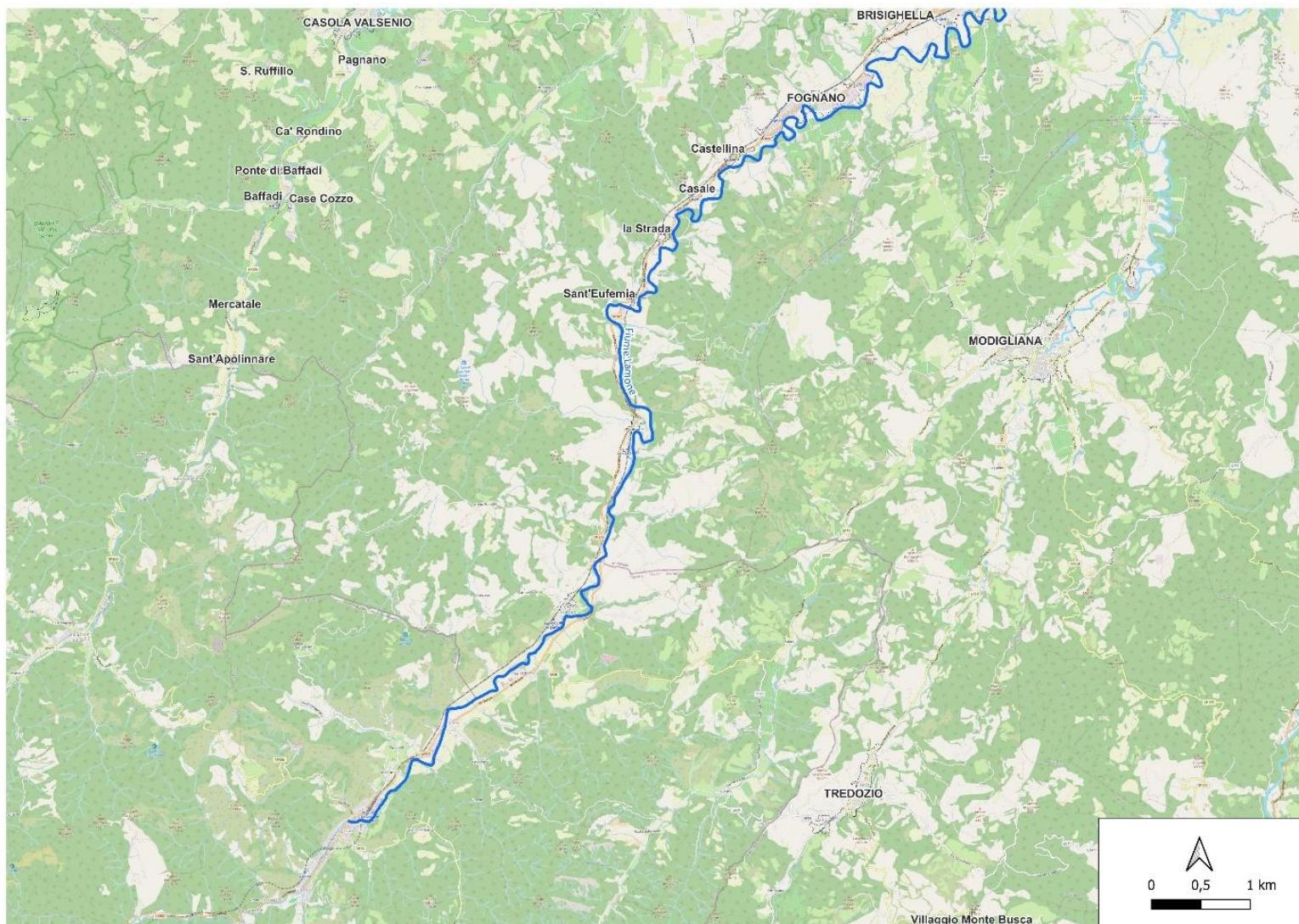


Fig. 2 Inquadramento ambito di studio Lamone: da Marradi a Brisighella

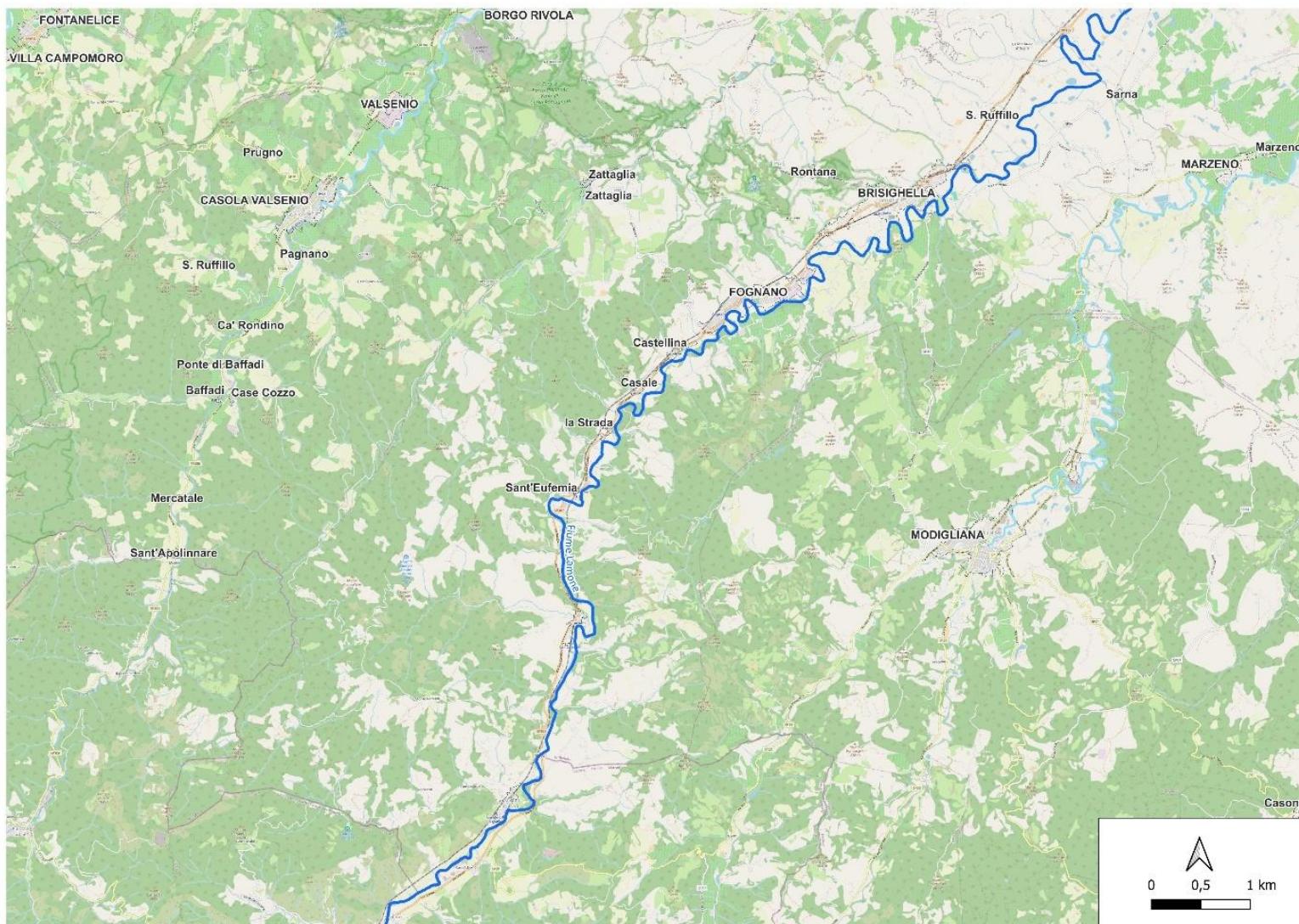


Fig. 3 Inquadramento ambito di studio Lamone: da Brisighella a Sarna

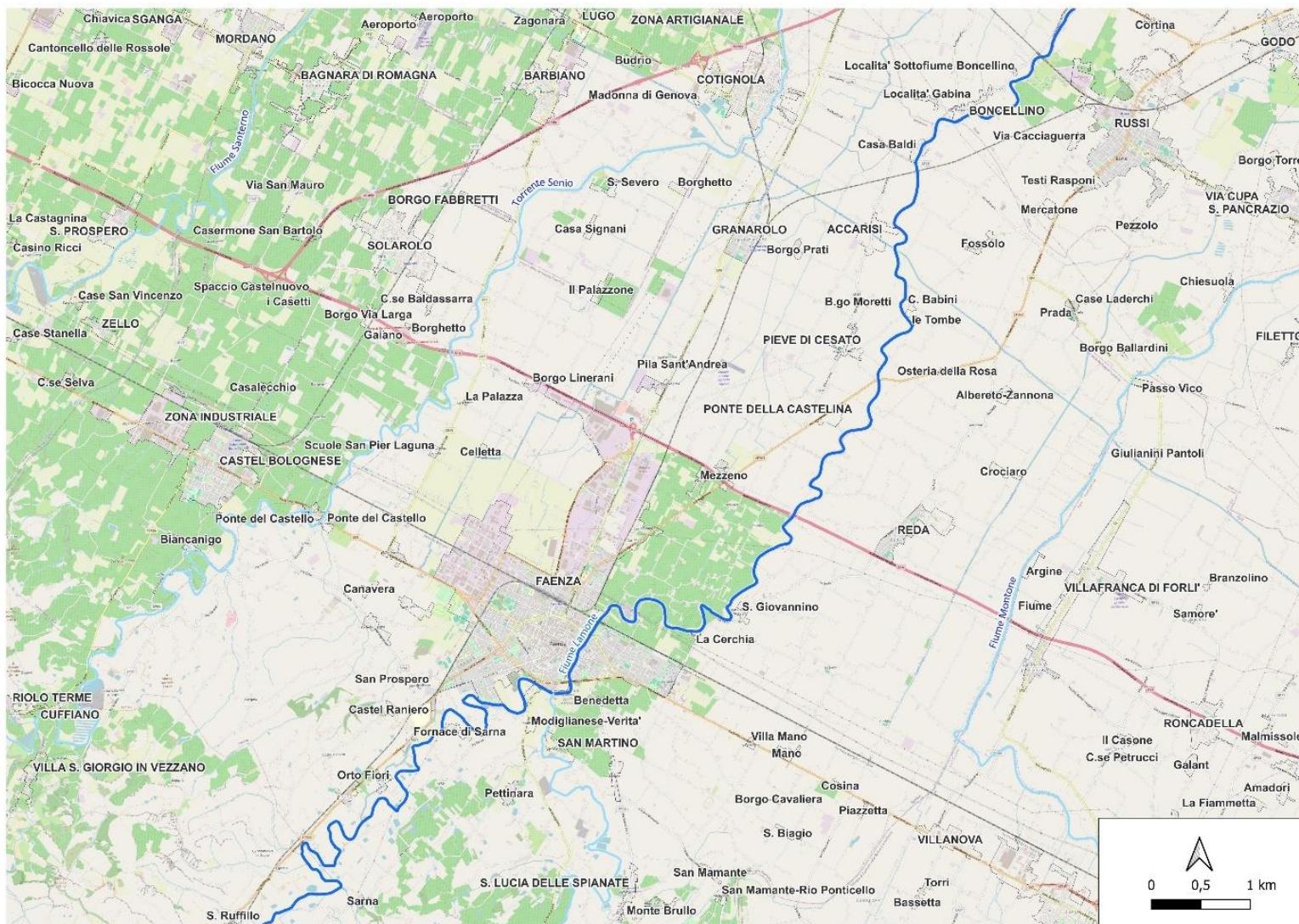


Fig. 4 Inquadramento ambito di studio Lamone: da Sarna a Boncellino

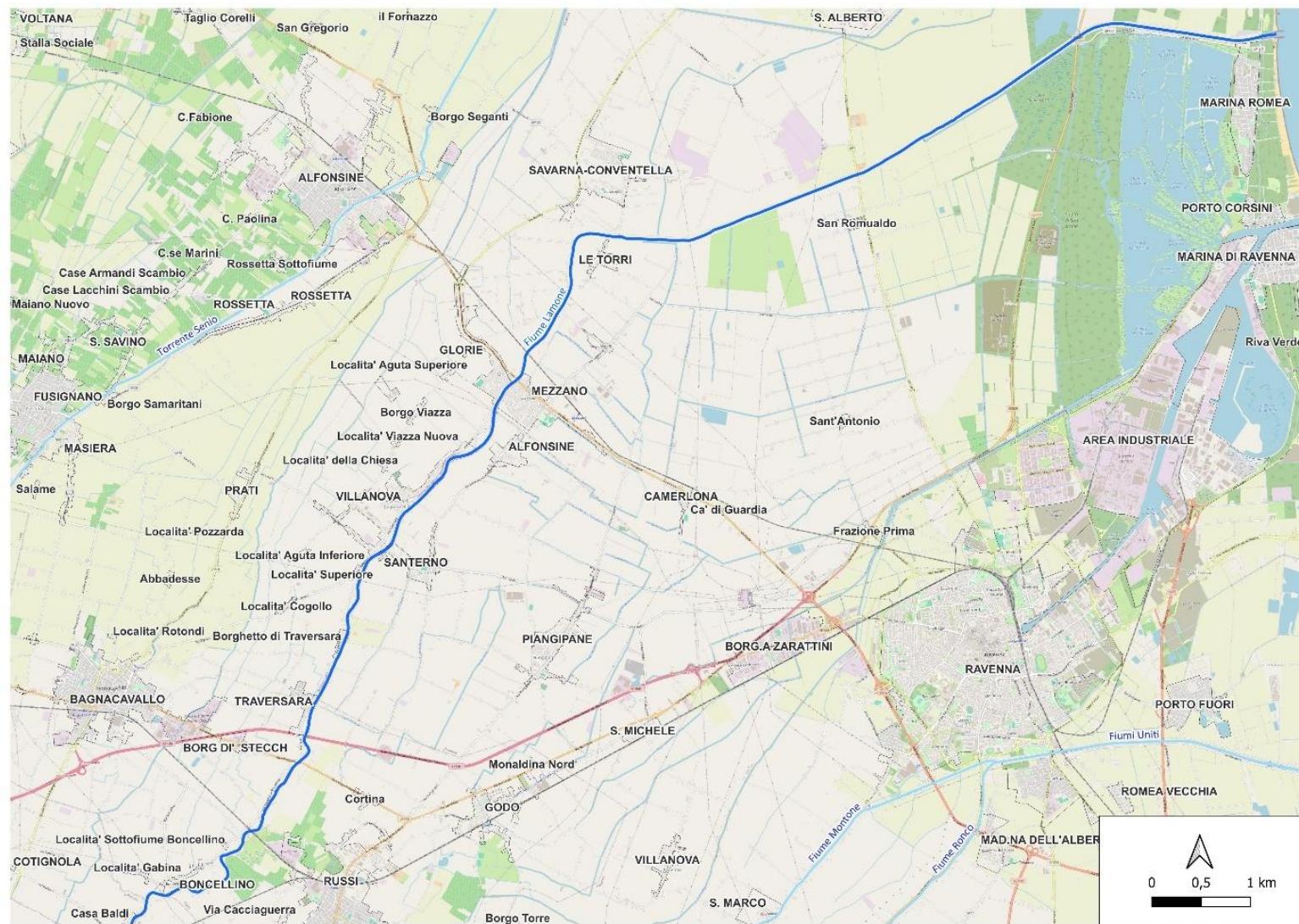


Fig. 5 Inquadramento ambito di studio Lamone: da Boncellino al mare

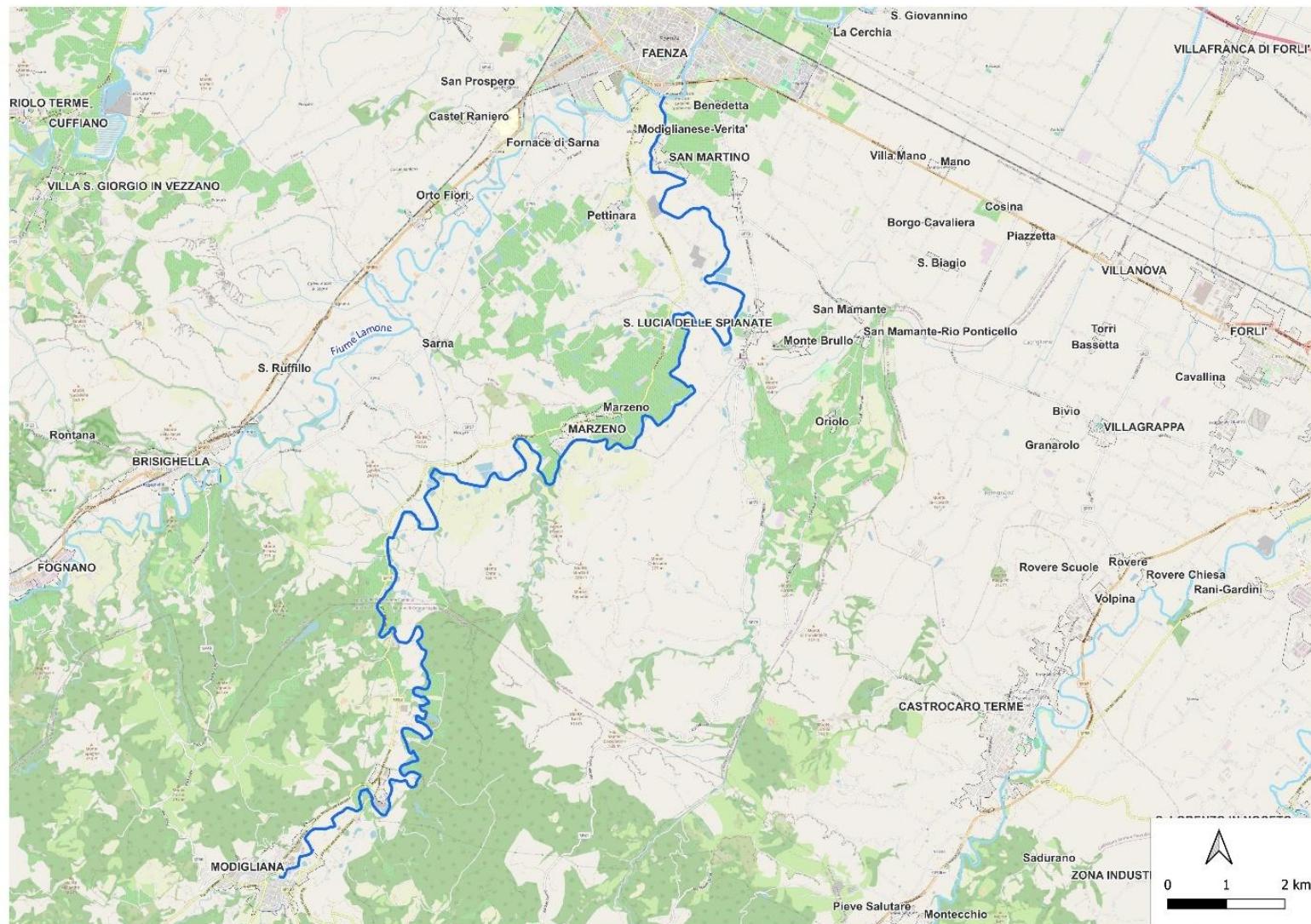


Fig. 6 Inquadramento ambito di studio del Marzeno

3 Analisi morfologica

3.1 Fiume Lamone

Il tratto di fiume Lamone oggetto di analisi morfologica parte dal ponte sulla SR302 nel comune di Marradi (FI) in regione Toscana, fino alla confluenza a mare nel comune di Ravenna, dopo aver percorso circa 105 km.

Nel comune di Marradi, le acque del fiume Lamone scorrono in una valle piuttosto incassata ad andamento pressoché rettilineo con direzione prevalente SO-NE, bagnando l'abitato di Marradi e Popolano. Nel territorio comunale di Marradi il Lamone incontra in destra idraulica come principale affluente il fosso Campino oltre ad una pluralità di rii minori (tra i principali, in destra idraulica: rio di Salto o della Badia del Borgo, fosso di Valvitello, fosso di Sant'Adriano, rio Rugginara; in sinistra idraulica: fosso del Frassino, fosso della Cappellina, fosso di Gamberaldi). Gli ultimi 4 km del tratto nel comune di Marradi costituisce confine fisico con il comune di Brisighella (RA), entrando così nel territorio regionale dell'Emilia-Romagna in corrispondenza della frazione di S. Martino in Gattara.

Il corso d'acqua mantiene il suo assetto naturale nel tratto montano-collinare tra i comuni di Marradi e Brisighella. Entra nel territorio regionale dell'Emilia-Romagna in corrispondenza della frazione di S. Martino in Gattara. All'interno del comune di Brisighella il fiume percorre circa 33 km, lungo i quali incontra gli abitati di S. Martino in Gattara, Sant'Eufemia, Casale, Fognano, Brisighella.

Come affluenti incontra in destra idraulica il torrente Ebola oltre ad una pluralità di rii minori (tra i principali in destra idraulica: rio Boesimo, rio Vitisano, rio Contro; in sinistra Idraulica: rio Campodosio, rio Corneto, rio di Chiè, rio Purocielo). È in questo tratto che il carattere prevalentemente naturale e incassato tra i versanti montani progressivamente si trasforma, entrando in una valle terrazzata assumendo un carattere prevalentemente naturale con andamento marcatamente meandriforme.

Dall'analisi delle variazioni morfologiche storiche del primo tratto collinare - montano, è emerso come il corso d'acqua in epoca storica tendesse a scorrere con sinuosità che è progressivamente diminuita fino a all'assetto morfologico attuale; da qui si trova spiegazione la ripresa dei fenomeni di divagazione e di erosione di sponda durante gli eventi alluvionali più intensi.

Le opere idrauliche rilevate nel primo tratto sono costituite dalla presenza di numerose briglie di controllo dell'erosione di fondo e del trasporto solido in buono stato funzionale.

Dall'analisi anche dei tratti più a valle emerge, fino a raggiungere Faenza, come il corso d'acqua in epoca storica tendesse a scorrere con maggior sinuosità rispetto alla conformazione attuale.

Dal punto di vista della qualità morfologica, il corso d'acqua fino all'abitato di Orto Fiori, presenta tratti omogenei con indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Buono", essenzialmente per la naturalità e bassa artificialità dell'alveo. Un breve tratto iniziale, tra Marradi e S. Martino in Gattara, presenta un indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Elevato".

In questo settore durante gli eventi alluvionali più recenti (maggio 2023 e settembre-ottobre 2024) le criticità idrauliche e morfologiche nel fondovalle sono state puntuali e limitate a fenomeni intensi di erosione di sponda fino a poco a monte dell'abitato di Brisighella, per poi dare adito a fenomeni di allagamento e salti di meandro.

Non è stato invece possibile, nel primo tratto, analizzare l'evoluzione altimetrica della quota di fondo alveo, attraverso il confronto delle sezioni "storiche" e del bilancio volumetrico da confronto dei DTM, non essendo disponibili rilievi sovrapponibili e confrontabili.

Da Orto Fiori, il grado di artificialità aumenta progressivamente, con presenza di numerosi attraversamenti, opere di regimazione di controllo (briglie/soglie) del fondo alveo a monte e a valle degli stessi, chiaviche e argine. Lo stato di alcune di queste opere appare in dissesto strutturale, dovuto alla dinamica del corso d'acqua con effetti di erosione e inizio di scalzamento al piede, che si verificano durante gli eventi alluvionali più intensi.

Il corso d'acqua attraversa l'abitato di Faenza, dove si riscontra la presenza di rilevati arginali prima solamente in sinistra idraulica e poi su entrambe le sponde. È in corrispondenza dell'abitato di Faenza che il fiume Lamone incontra in destra idraulica il suo principale affluente, il torrente Marzeno.

La mobilità del corso d'acqua è qui limitata dalla presenza antropica e dei rilevati arginali. Dall'analisi morfologica si segnalano lungo le anse esterne fenomeni di erosione di sponda diffusi.

In questo settore durante gli eventi alluvionali più recenti (maggio 2023 e settembre - ottobre 2024) le criticità idrauliche sono state puntuale, dovute per lo più a rotte arginali.

Nel secondo evento alluvionale del maggio 2023, a Faenza, dove ha inizio il tratto arginato del corso d'acqua con arginature classificate di seconda categoria, si sono registrati sormonti ed esondazioni sia in sinistra che in destra. A Faenza, numerose rotture sono avvenute in prossimità di chiaviche del sistema scolante. Il Ponte alle Grazie ha subito danni strutturali. Una ulteriore rotta arginale è avvenuta nei pressi del depuratore in sinistra e poco a valle in destra.

Dal punto di vista della qualità morfologica, il corso d'acqua dall'abitato di Faenza presenta tratti omogenei con indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Moderato o Sufficiente" o "Scadente o Scarso".

Dal confronto tra le differenze altimetriche dei DTM RER 2024 e DTM 2009 MATTM (intervallo temporale di 15 anni), si evidenziano (escludendo i valori di differenza altimetrica compresi da -1 a 1 m per errori di sovrapposizione, quota livello idrico e pulizia della vegetazione) erosioni e depositi a campagna, oltre alla realizzazione di numerosi rilevati arginali e scavi per la realizzazione di invasi a scopo irriguo.

3.2 Torrente Marzeno

Il tratto di Marzeno oggetto di analisi morfologica parte dalla sua sorgente nel comune di Modigliana, in corrispondenza dell'omonimo centro abitato, alla confluenza dei torrenti Acerreta e Tramazzo e termina alla confluenza con il fiume Lamone in corrispondenza della città di Faenza dopo aver percorso 33 km.

Nel comune di Modigliana, le acque del torrente Marzeno scorrono in una valle naturale terrazzata assumendo un carattere naturale con andamento meandriforme. La direzione prevalente del corso d'acqua è SO-NE, lambendo gli abitati di Modigliana e Ca' Stronchino. A campagna, in corrispondenza dei meandri, sono presenti numerosi laghetti collinari, prevalentemente derivanti da attività estrattiva, ora utilizzati per scopo irriguo. Nel territorio comunale di Modigliana il torrente incontra i suoi principali affluenti (in destra idraulica: *fosso di Tagliaferro*; in sinistra idraulica: *rio di Monte*).

Dall'analisi delle variazioni morfologiche storiche del primo tratto, è emerso l'evidente carattere naturale del corso d'acqua: difatti in epoca storica i meandri del corso d'acqua erano in taluni tratti più accentuati, in altri tratti invece si riscontrano tratti rettilinei ora meandrizzati.

Le opere idrauliche rilevate nel primo tratto sono costituite dalla presenza di 6 briglie di controllo dell'erosione di fondo e del trasporto solido in buono stato funzionale e di numerose difese longitudinali.

Dal punto di vista della qualità morfologica, in questo tratto iniziale il corso d'acqua presenta tratti omogenei con indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Buono" con un tratto finale che presenta un indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Elevato"; essenzialmente per la naturalità e bassa artificialità dell'alveo.

A valle del territorio comunale di Modigliana, il corso d'acqua entra nel territorio comunale di Brisighella, all'interno del quale lambisce il centro abitato di Marzeno. In questo tratto sono presenti circa nove briglie di controllo dell'erosione di fondo e del trasporto solido in buono stato funzionale e di numerose difese longitudinali.

Dal punto di vista della qualità morfologica, in questo tratto iniziale il corso d'acqua presenta tratti omogenei con indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Moderato o Sufficiente" con un tratto finale che presenta un indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Buono".

Il corso d'acqua entra nel territorio comunale di Faenza, all'interno del quale lambisce marginalmente il centro abitato di S. Lucia delle Spinate, il nucleo abitativo di San Martino, per poi confluire nel fiume Lamone in corrispondenza della Città di Faenza.

Dal punto di vista della qualità morfologica, in questo tratto iniziale il corso d'acqua presenta tratti omogenei con indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Moderato o Sufficiente" con un tratto iniziale che presenta un indice di qualità morfologica (IQM) in classe "Buono".

Il confronto tra le differenze altimetriche dei DTM RER 2024 e DTM 2009 MATTM (intervallo temporale di 15 anni), si evidenziano (escludendo i valori di differenza altimetrica compresi tra -1 e 1 m per errori di sovrapposizione, quota livello idrico e pulizia della vegetazione) erosioni e depositi a campagna, oltre alla diffusa realizzazione di numerosi rilevati arginali e scavi per la realizzazione di invasi a scopo irriguo.

Si evidenziano inoltre fenomeni erosivi in alveo; in particolare, in corrispondenza dei salti di fondo posti in corrispondenza di San Martino si riscontrano notevoli fenomeni erosivi.

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 nel bacino del fiume Lamone, per eventi a differente frequenza probabile, sono riportate nella tabella seguente:

Tab. 1 Portate di piena per il fiume Lamone

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro ¹
Lamone	Lamone	16	Marradi	104.6	205	280	335	Marradi
Lamone	Lamone	35	Strada Casale	193.2	325	455	550	Strada Casale
Lamone	Lamone	56	Sarna	257.2	365	500	610	Sarna
Lamone	Lamone	69	Faenza valle confluenza Marzeno	509.7	585	815	970	

Tab. 2 Portate di piena per il torrente Marzeno

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro ¹
Lamone	Marzeno	25	Modigliana	133.4	190	260	320	
Lamone	Marzeno	50	Santa Lucia	189.0	255	360	435	Rivalta
Lamone	Marzeno	69	Faenza monte confluenza Lamone	233.8	270	380	460	

In Fig. 7 e Fig. 8 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 WP3²;
- “Risultati della simulazione ARF” (indicatori verdi): massime portate al colmo ottenute dal modello idrologico allestito per il presente studio, con applicazione del coefficiente ARF.

¹ Idrometri rete ARPAE 2025

²Esiti 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)

Lamone a Marradi

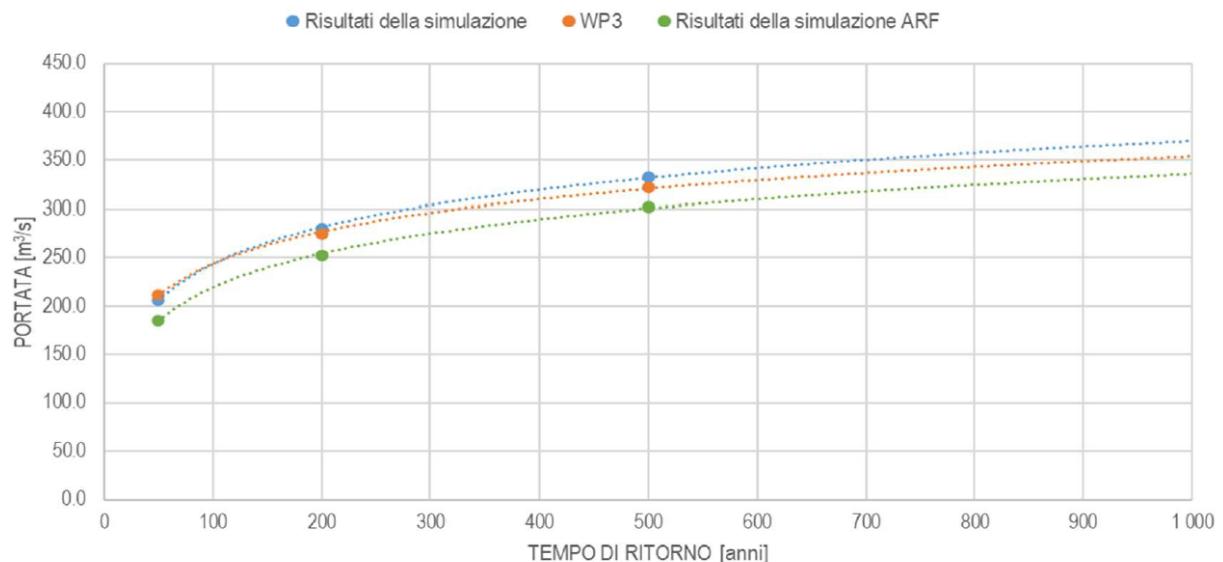


Fig. 7 Lamone a Marradi - confronto portate al colmo con preesistente PAI e WP3

Lamone a Sarna

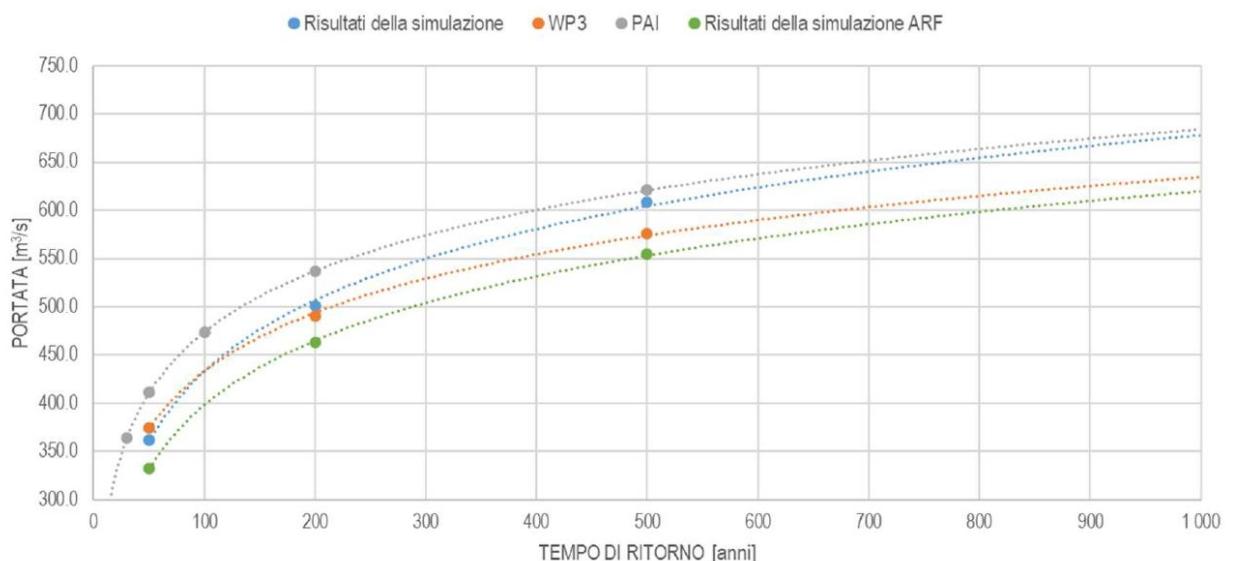


Fig. 8 Lamone a Sarna - confronto portate al colmo con preesistente PAI e WP3

Gli eventi di piena di riferimento, nelle diverse sezioni di chiusura indicate e per durate di pioggia pari a 3, 6, 9, 12 e 18 ore, sono riportati nelle immagini seguenti. Si osservi che le portate al colmo indicate in Tab. 1 per il fiume Lamone e in Tab. 2 per il torrente Marzeno 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.

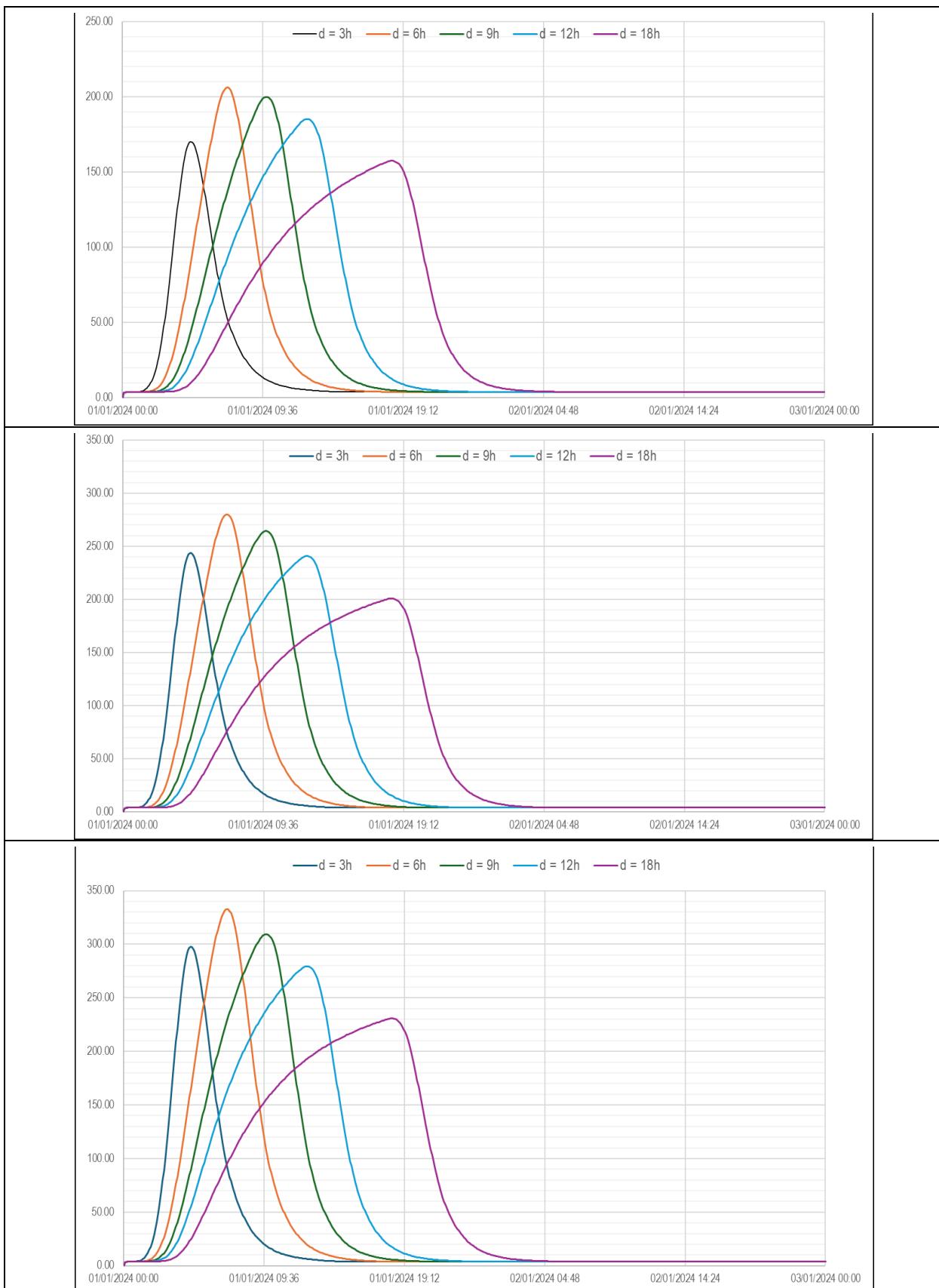


Fig. 9 Lamone a Marradi: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

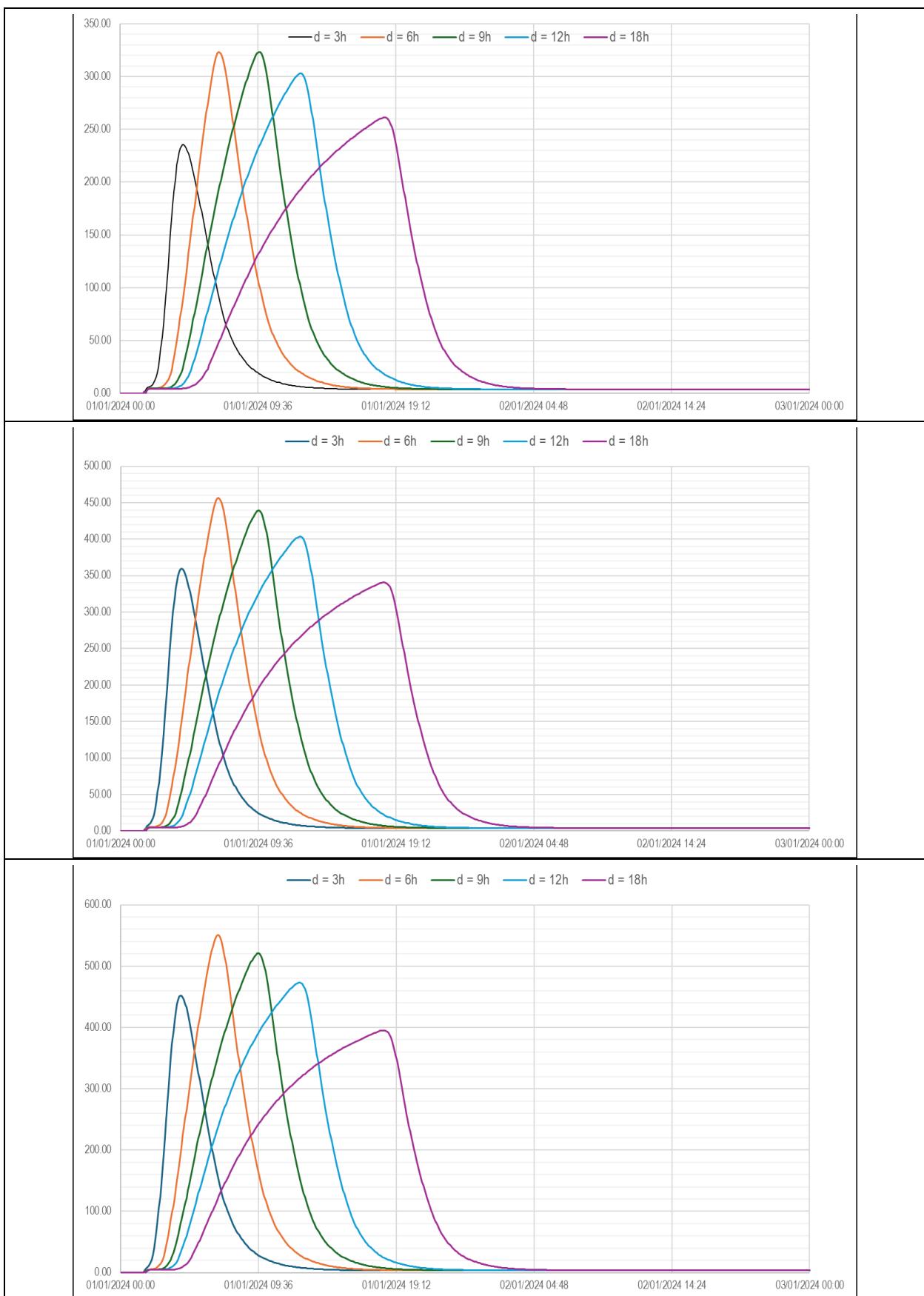


Fig. 10 Lamone a Strada Casale: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

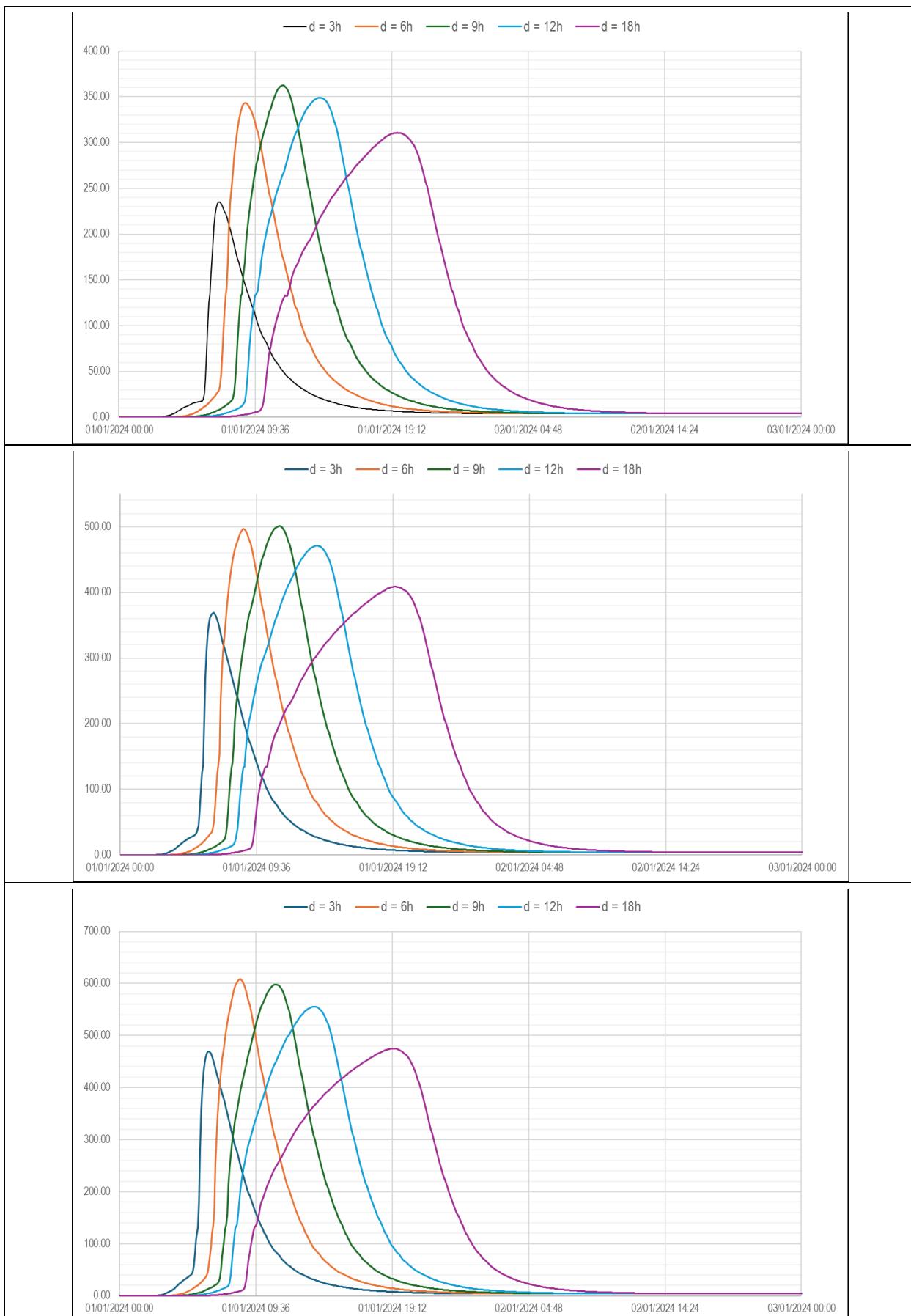


Fig. 11 Lamone a Sarna: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

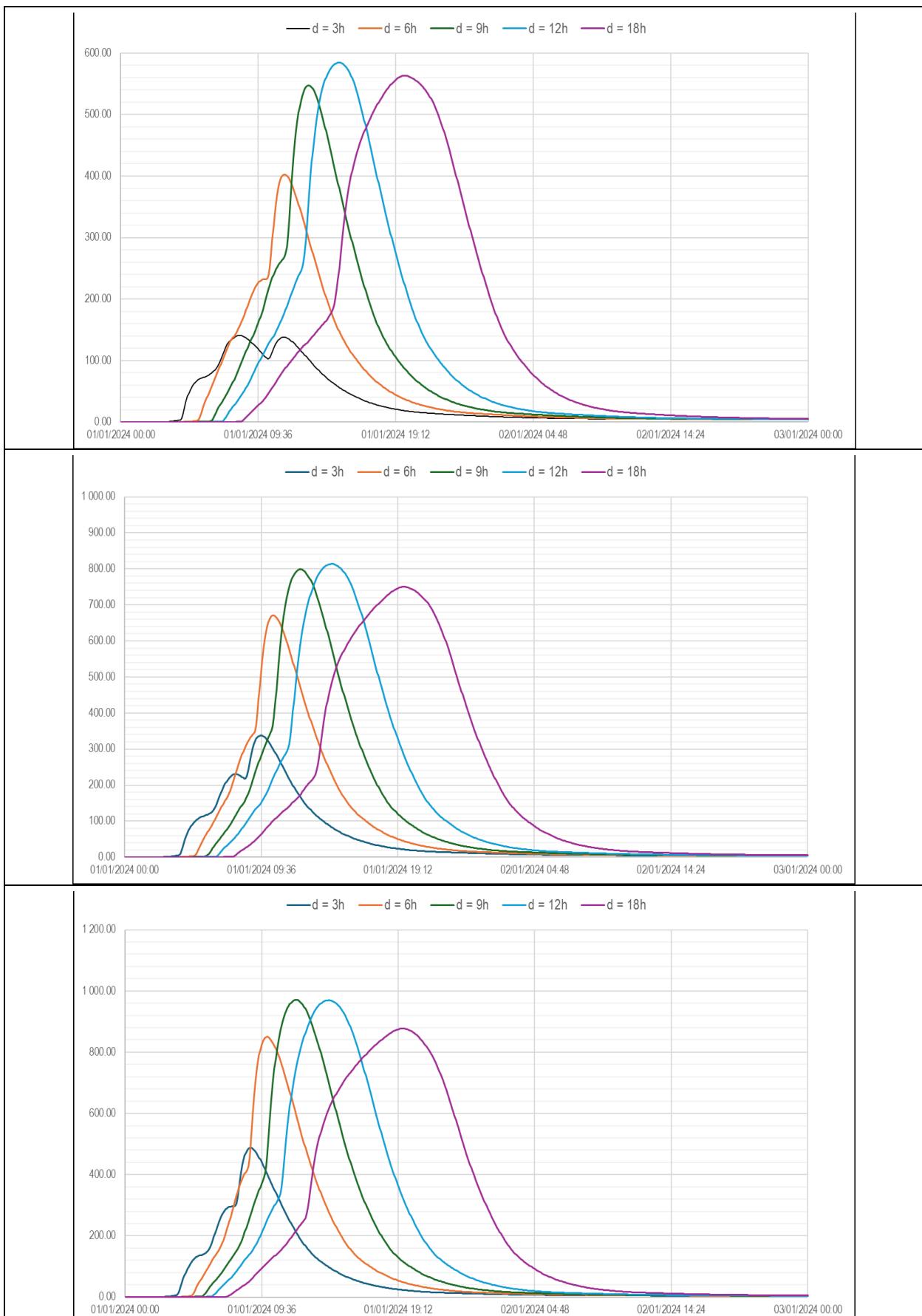


Fig. 12 Lamone a Faenza valle Marzeno: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

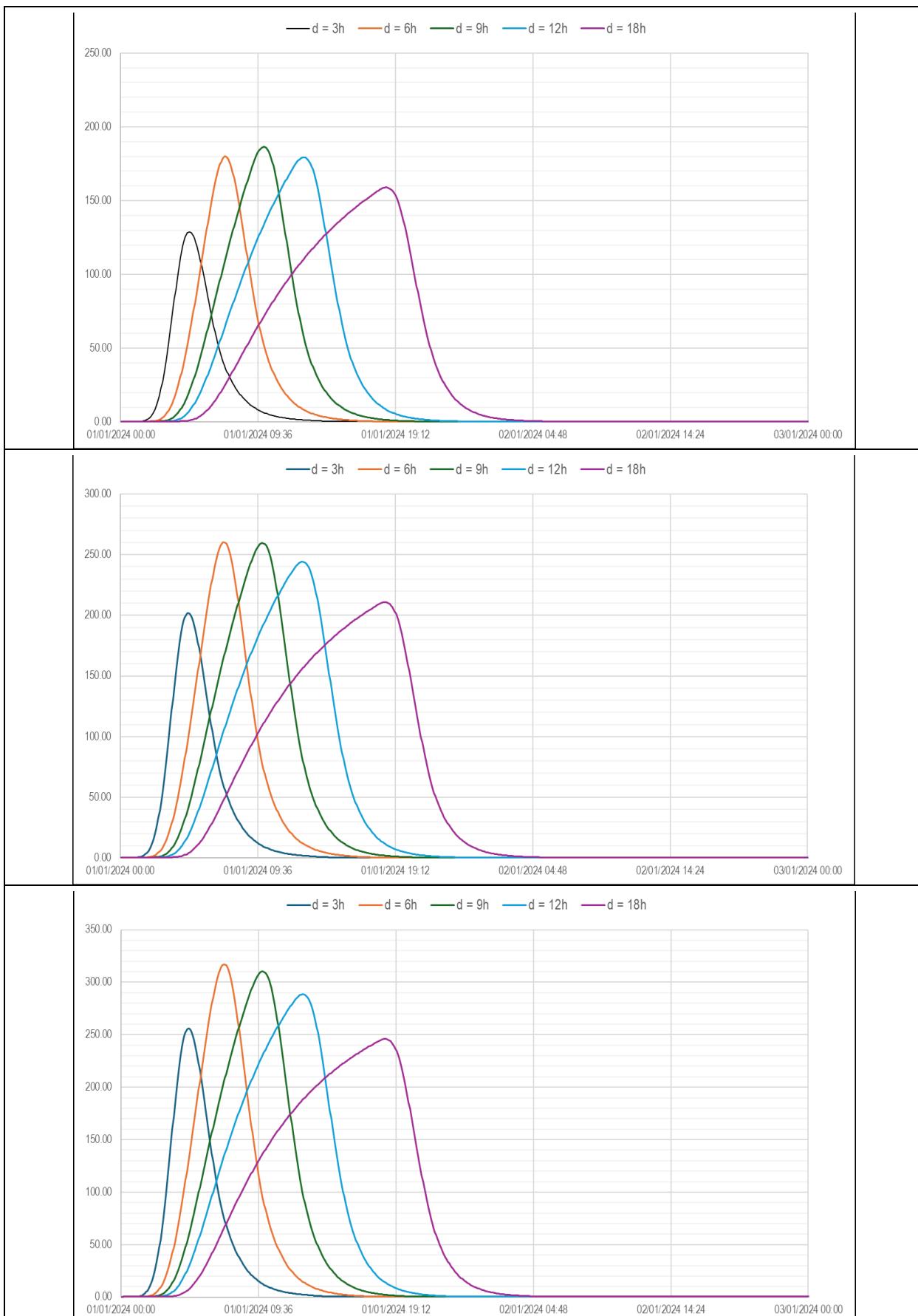


Fig. 13 Marzeno a Modigliana: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

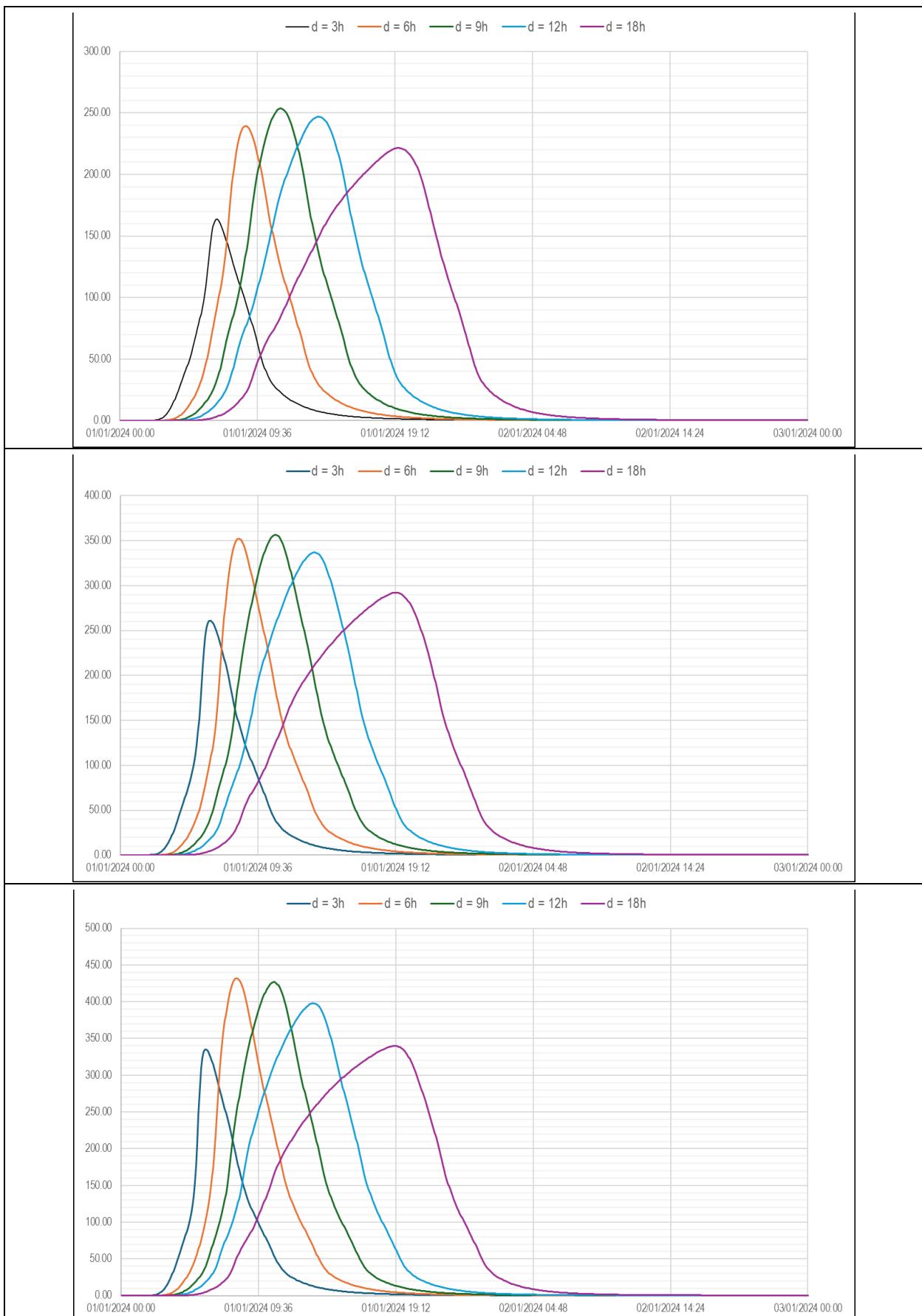


Fig. 14 Marzeno a Santa Lucia: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

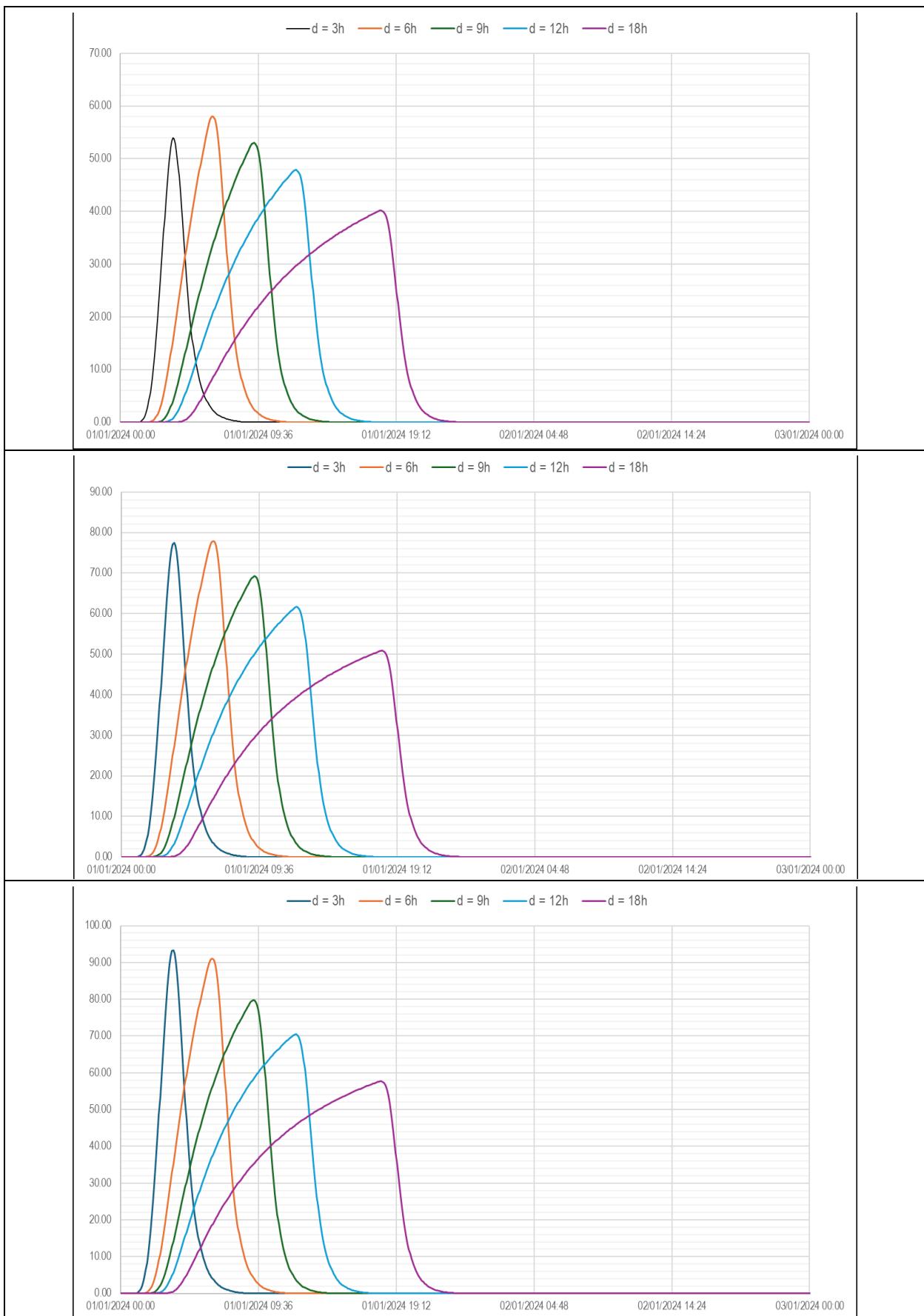


Fig. 15 Samoggia a Santa Lucia: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

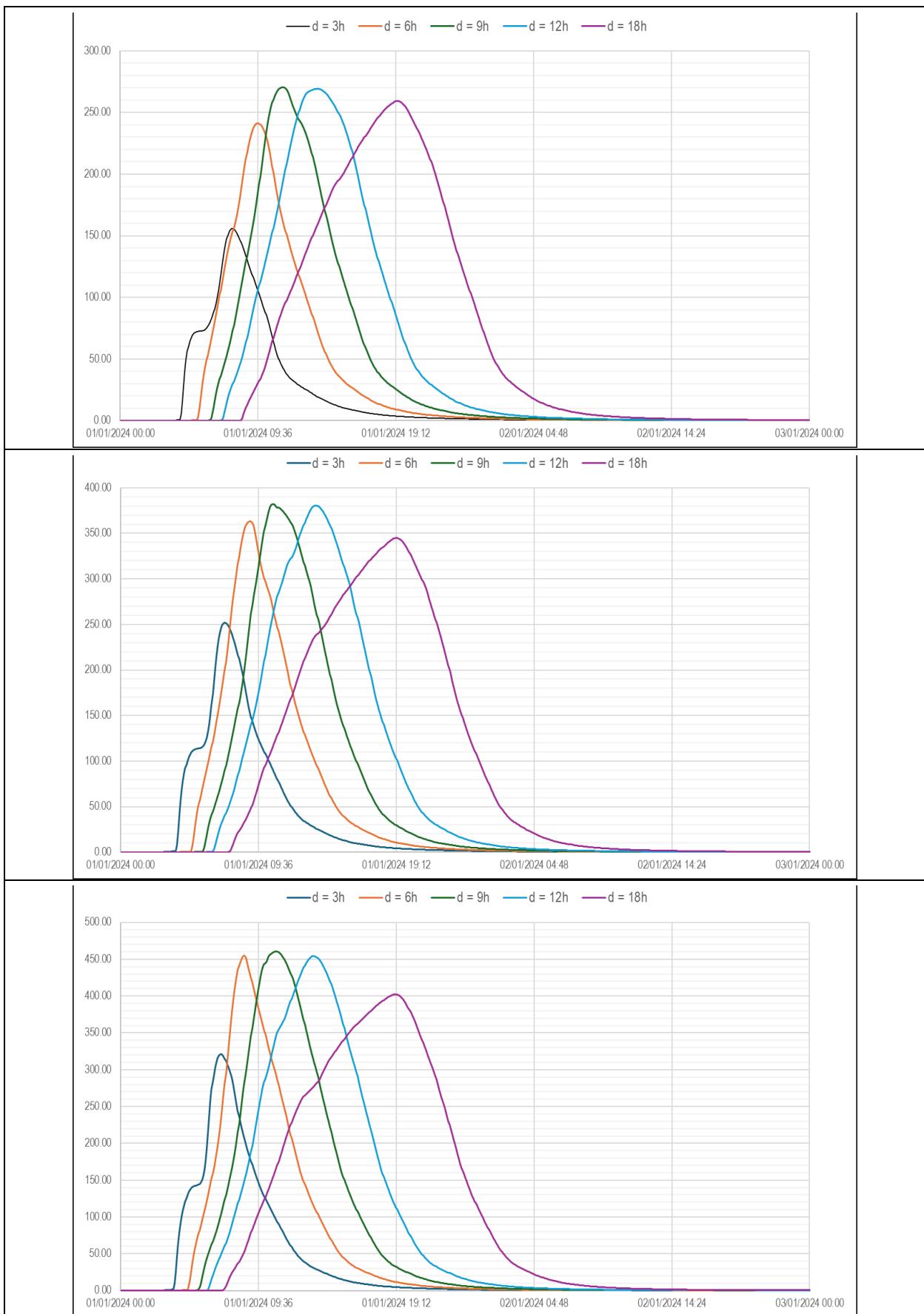


Fig. 16 Marzeno a Faenza: idrogrammi (m^3/s) di riferimento T50, T200 e T500

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. 17 è proposto per il fiume Lamone 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.

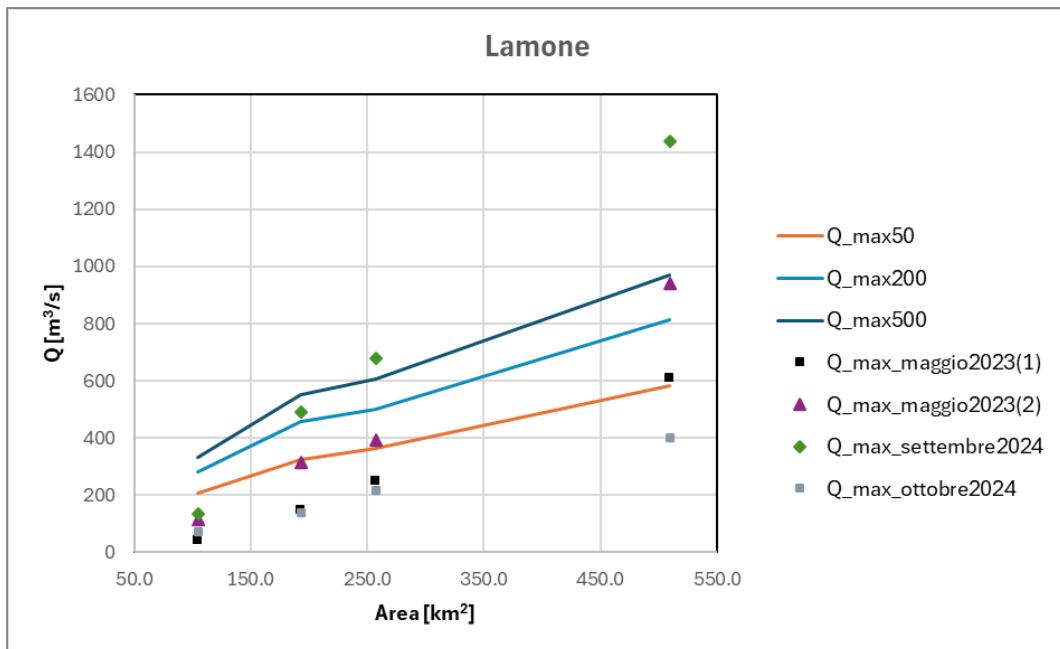


Fig. 17 Lamone: confronto tra portate al colmo eventi reali e portate di riferimento

In Fig. 18 è proposto per il torrente Marzeno 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.

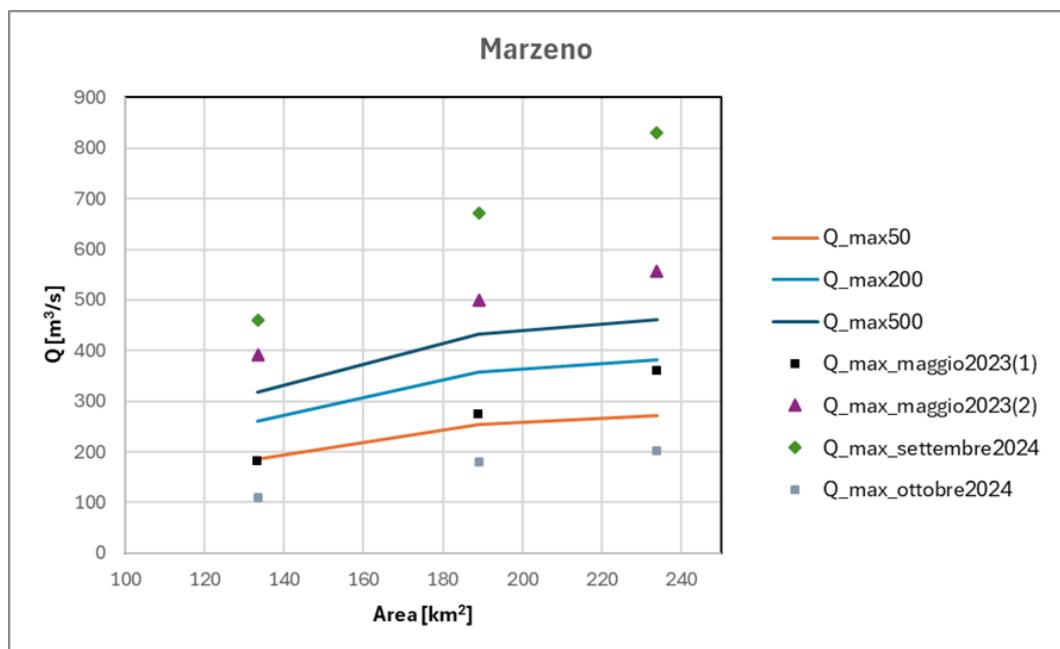


Fig. 18 Marzeno: confronto tra portate al colmo eventi reali e portate di riferimento

5 La geometria del modello 2D

Nell'implementazione dei modelli 2D si è prestata particolare cura e attenzione alla definizione delle caratteristiche piano-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://servizgis.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://servizgis.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. 19 – 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.

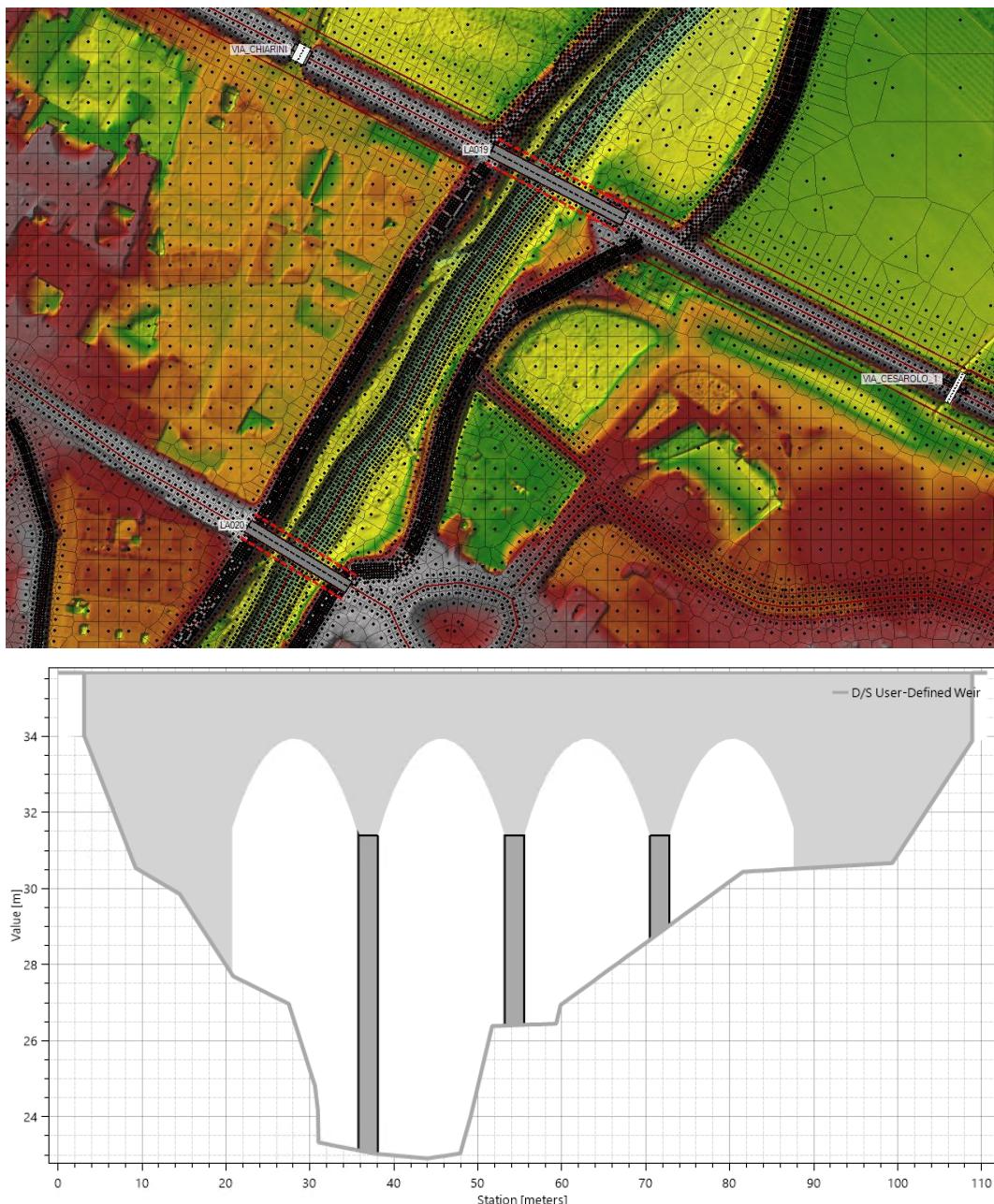


Fig. 20 Esempio geometria di un attraversamento

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 2.026.301. 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 15x15 m nel tratto montano-collinare e 50x50 m in pianura; con l'inserimento delle breaklines di dettaglio, il dominio di calcolo è passato a celle anche 2x2 m nei punti in cui sono state rappresentate le discontinuità morfologiche del terreno con particolare interesse alle zone in prossimità delle viabilità, arginature, rialzi morfologici e canali.

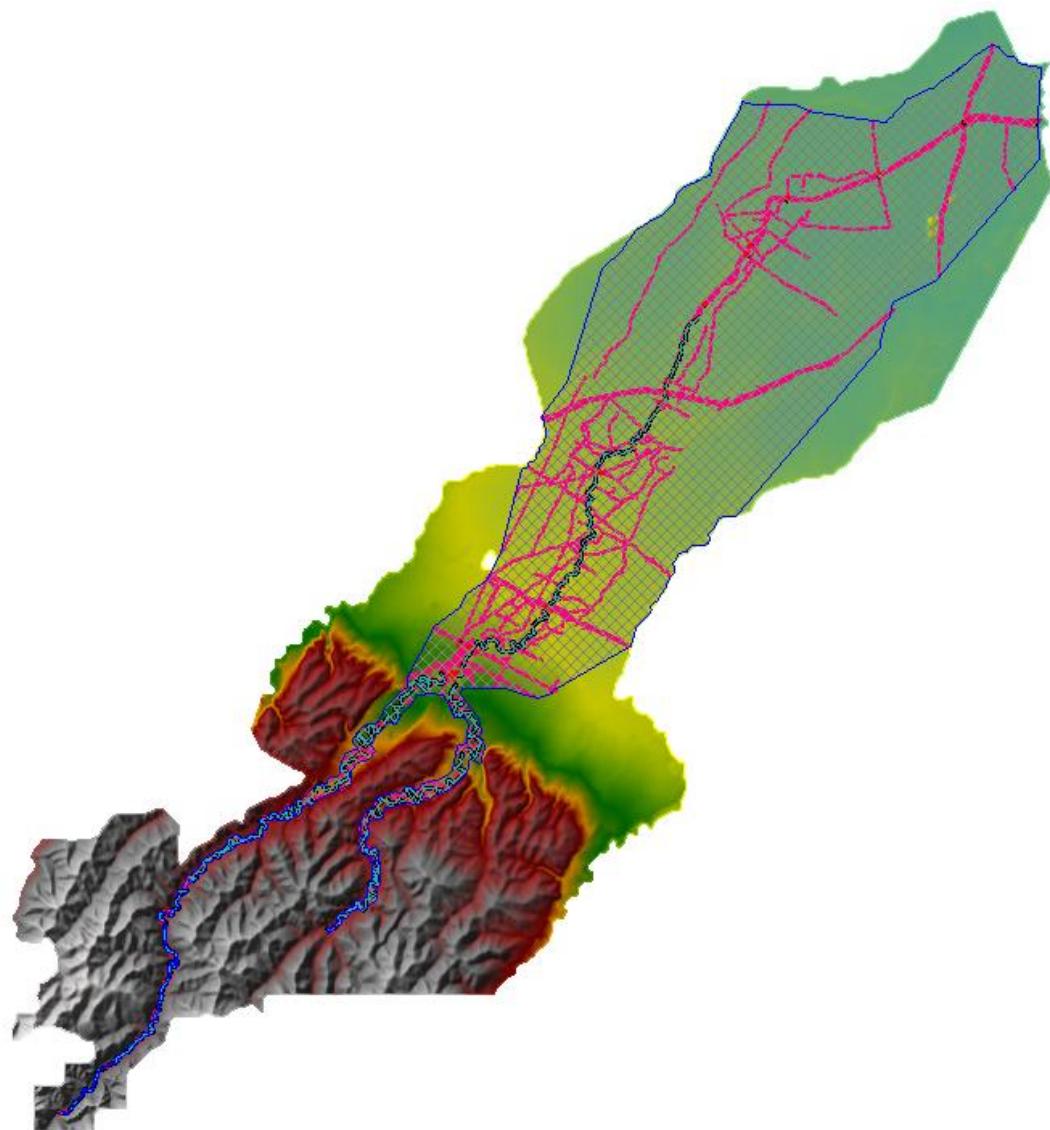


Fig. 21 Inquadramento planimetrico mesh di calcolo e breaklines

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 del fiume Lamone da monte di Faenza alla confluenza nel mar Adriatico. 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 (600 m³/s) di un valore stimato a partire dal 30% (Q200-Q50).

Le portate simulate per il Lamone sono indicate in Tab. 3.

Tab. 3 Portate moto permanente

Q (m ³ /s)	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	800	880	960	1040
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

6.1.2 Condizioni di valle

La condizione al contorno di valle: livello medio mare costante e pari a 1.25 m slm. Questo valore è desunto dagli esiti dell'Accordo mare³ ed è associato ad uno scenario definito di media probabilità, con livello totale del mare considerato statico e pendenza dei fondali utilizzata per generare le componenti sotto-costa pari a 0.03.

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. 4 Uso suolo – coefficienti di scabrezza associati (Gauckler-Strickler)

Uso suolo	Scabrezza (m ^{1/3} /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 culturali complessi	17,2
Vigneti / Frutteti / oliveti	16,7
Strutture residenziali isolate / Ville	11,1
Cespuglieti e arbusteti	9,6

³ Esiti Accordo di collaborazione per l'“Approfondimento tecnico-scientifico sui quadri conoscitivi in ambito costiero” (c.d. accordo Mare) sottoscritto fra l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, l'Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine di Venezia (2023)

Uso suolo	Scabrezza ($m^{1/3}/s$)
Insediamenti produttivi o commerciali / Tessuto residenziale rado / Impianti	8,7
Boschi	4,5
Tessuto residenziale urbano/ Tessuto residenziale compatto e denso	4,3

Sono stati inoltre simulati due ulteriori scenari di scabrezza:

- scabrezza omogenea su intera sezione traversale assunta pari a $25 m^{1/3}/s$ (Gauckler-Strickler);
- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale assunta pari a $35 m^{1/3}/s$ (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. 5 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 intradossso in chiave che permette una prima valutazione sull'effettiva adeguatezza della quota dell'impalcato rispetto ai massimi livelli di piena.

Tab. 6 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 portata compatibile per tratti omogenei mentre i valori puntuali dei franchi idraulici 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.

Si osservi che nel tratto 1 l'arginatura è presente solo in sponda sinistra; la valutazione della capacità di portata è stata svolta ipotizzando in destra un sistema di contenimento dei livelli planimetricamente prossimo alla sponda dell'alveo attivo.

Tab. 7 Portata compatibile fiume Lamone – scenario scabrezza da uso del suolo

ID	Tratto	Q compatibile (m³/s)
1	Da monte a incrocio Via Sarna/Via Verità	180
2	Da incrocio Via Sarna/Via Verità a Ponte Rosso (LAIN0018)	180
3	Da Ponte Rosso (LAIN0018) a Ponte SS9 Via Emilia (LAIN0019)	180
4	Da Ponte SS9 Via Emilia (LAIN0019) a Ponte delle Grazie (LAIN0020)	540
5	Da Ponte delle Grazie (LAIN0020) a Ponte Via Rosselli (LAIN0021)	720
6	Da Ponte Via Rosselli (LAIN0021) a Ponte FS Bologna-Ancona (LAIN022)	720
7	Da Ponte FS Bologna-Ancona (LAIN022) a Ponte Autostrada A14 (LAIN0024)	600
8	Da Ponte Autostrada A14 (LAIN0024) a Ponte Ravegnana (LAIN0025)	480
9	Da Ponte Ravegnana (LAIN0025) a CER	420
10	Da CER a Ponte SP20 Via Madrara (LAIN0027)	300
11	Da Ponte SP20 Via Madrara (LAIN0027) a Ponte FS Castelbolognese-Ravenna (LAIN0028)	240
12	Da ponte FS Castelbolognese-Ravenna (LAIN0028) a Ponte SP523 Via Albergone (LAIN0029)	420
13	Da Ponte SP523 Via Albergone (LAIN0029) a Passerella Traversara (LAIN0031)	360
14	Da Passerella Traversara (LAIN0031) a Ponte della Pace (LAIN0032)	360
15	Da Ponte della Pace (LAIN0032) a Ponte SS16 Adriatica (LAIN0033)	480
16	Da Ponte SS16 Adriatica (LAIN0033) a Ponte SP1 Via S. Alberto (LAIN0036)	480
17	Da Ponte SP1 Via S. Alberto (LAIN0036) a Ponte SS309 Romea Nord (LAIN0037)	420
18	Da Ponte SS309 Romea Nord (LAIN0037) a mare	420

7 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale

Le analisi in moto vario hanno interessato:

- il fiume Lamone da Marradi al mar Adriatico, circa 105 km, coinvolgendo i comuni di Marradi, Brisighella, Faenza, Russi, Bagnacavallo e Ravenna;
- il torrente Marzeno da Modigliana a confluenza Lamone, circa 33 km, nei comuni di Modigliana, Brisighella e Faenza.

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 e 18 ore.

In ingresso al modello sono stati inseriti gli idrogrammi corrispondenti alla sezione di chiusura posta nei pressi di Marradi, per il Lamone, e in corrispondenza di Modigliana, per il Marzeno. Nel tratto compreso tra Marradi e Faenza, sul fiume Lamone, sono stati inseriti distribuiti i contributi dei sottobacini sottesi. Sul torrente Marzeno, da Modigliana a Faenza sono stati inseriti distribuiti i contributi dei sottobacini sottesi, mentre l'apporto del torrente Samoggia è posto concentrato a confluenza in Marzeno.

7.1.2. Condizioni di valle

Come condizione al contorno di valle è stato imposto un livello medio mare, in corrispondenza della foce del torrente, costante e pari a 1.25 m slm sugli eventi sintetici, dagli esiti dell'Accordo mare⁴. Per gli eventi reali, in ragione delle registrazioni del mareografo posto in corrispondenza del porto di Ravenna, si è posto un livello medio mare costante e pari a 1 m slm.

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. 4 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).

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

⁴ Esiti Accordo di collaborazione per l’“Approfondimento tecnico-scientifico sui quadri conoscitivi in ambito costiero” (c.d. accordo Mare) sottoscritto fra l’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, l’Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine di Venezia (2023)

Lamone sia gli eventi 2023 che settembre 2024 (Traversara) 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 Lamone, 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. 4.

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;
- 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 sempre, per tempo di ritorno, l'inviluppo 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

7.3.1.1 Lamone da Marradi a Faenza

Tra Marradi a Strada Casale, l'ambito fluviale è strettamente vincolato dall'orografia e il transito di eventi con tempo di ritorno 50 anni non determina esondazioni rilevanti, se non il coinvolgimento di alcune aree perifluvali in genere interessata da coltivi. Tra Strada Casale e Sarna si riscontrano fenomeni di esondazione più significativi.

A Brisighella, in particolare, sono interessate l'area delle Terme in destra e la zona di via Lamone in sinistra; l'intero meandro a monte del ponte della SP 56 è coinvolto dai deflussi così come, a valle dell'attraversamento, l'area sportiva in destra e il depuratore comunale in sinistra.

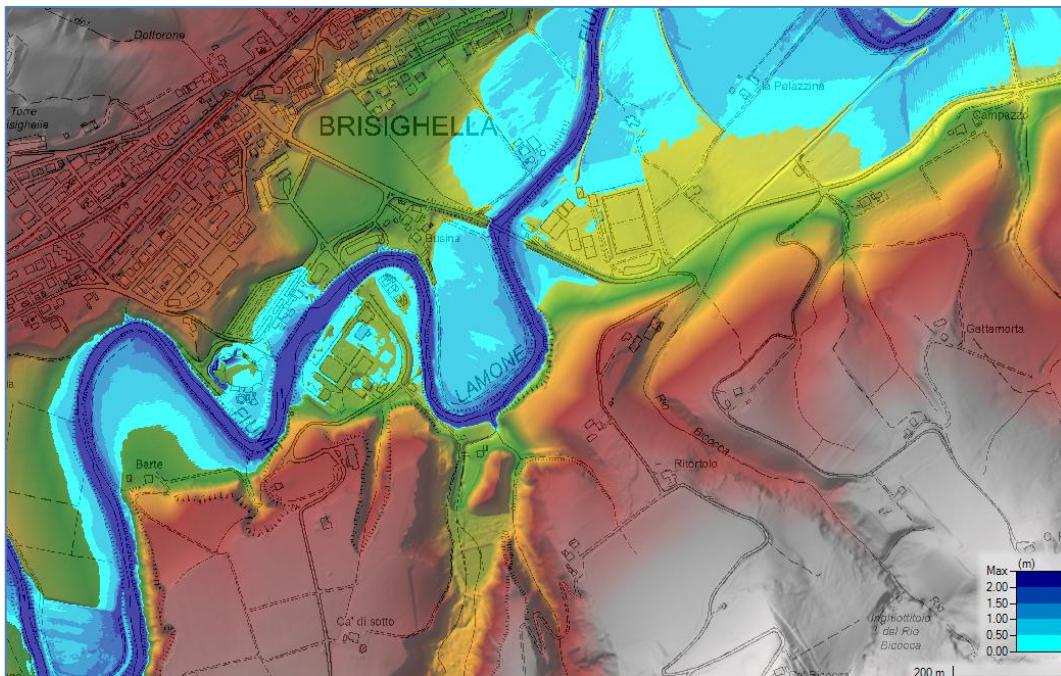


Fig. 22 T50 9 ore: tiranti massimi a Brisighella

Proseguendo verso valle, tra Sarna e la città di Faenza si osservano esondazioni sempre più estese.

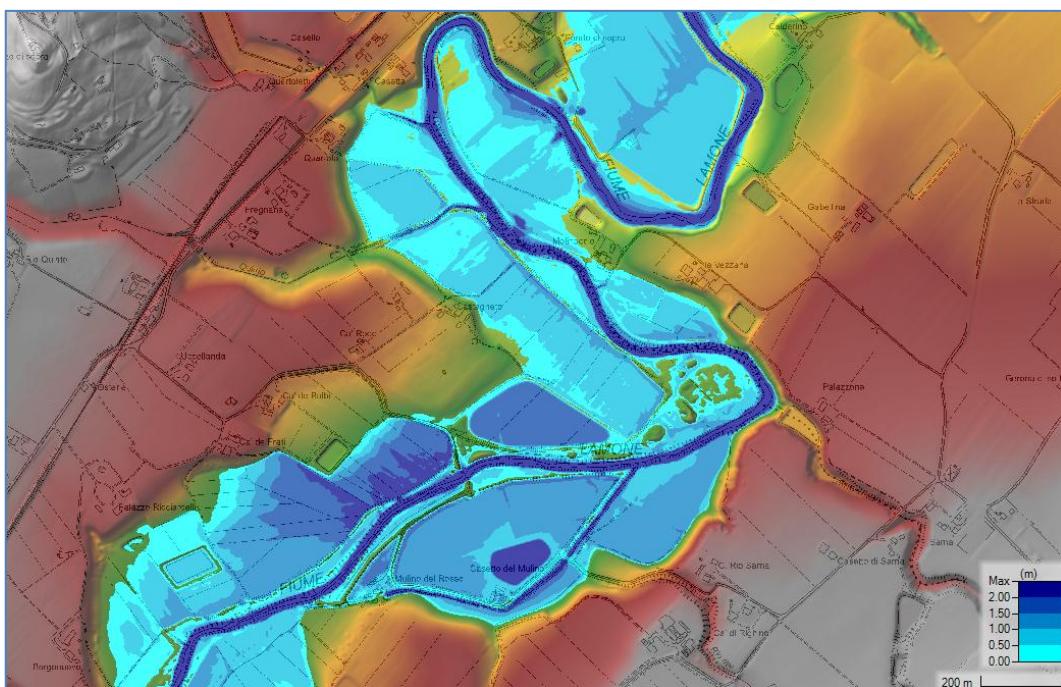


Fig. 23 T50 9 ore: tiranti massimi a Sarna

Nella seguente figura è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T50 9 ore a Sarna e quello restituito da modello idraulico.

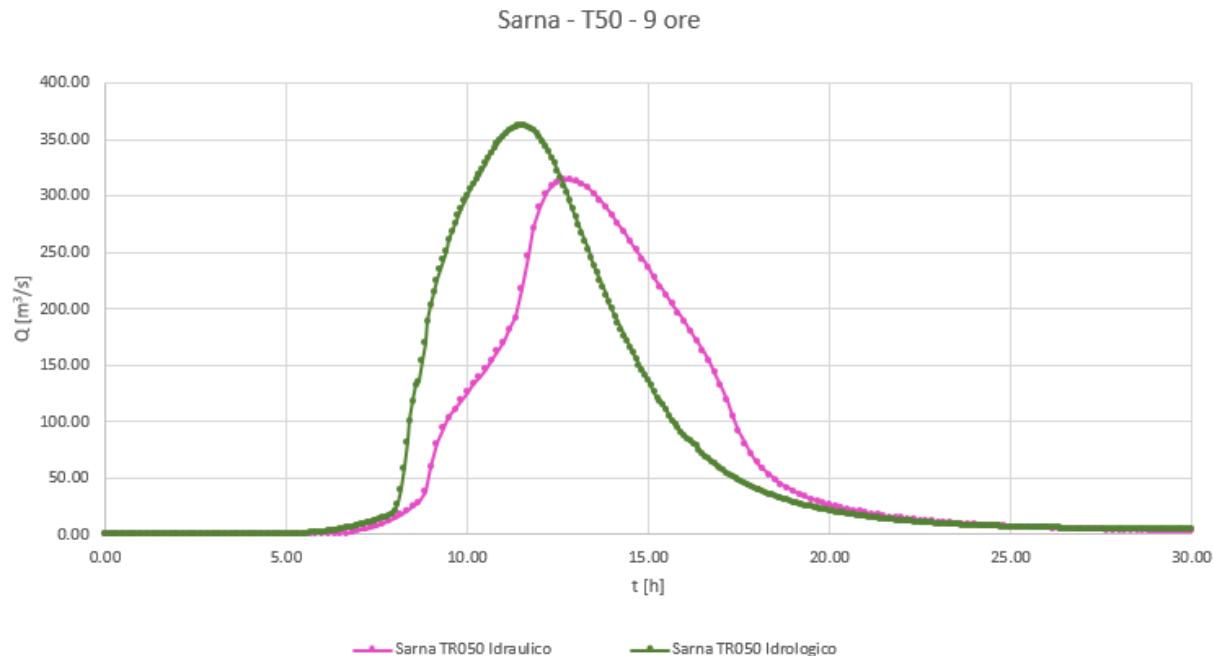


Fig. 24 T50 9ore – Lamone a Sarna: confronto portate da modello idrologico e idraulico

Gli effetti di laminazione che si riscontrano naturalmente a monte di Faenza sono illustrati in Fig. 26, attraverso il confronto tra gli idrogrammi a Brisighella e Sarna per cui viene proposto il confronto, per l'evento T50, tra gli idrogrammi a Brisighella, monte e valle Sarna (cfr. Fig. 26)

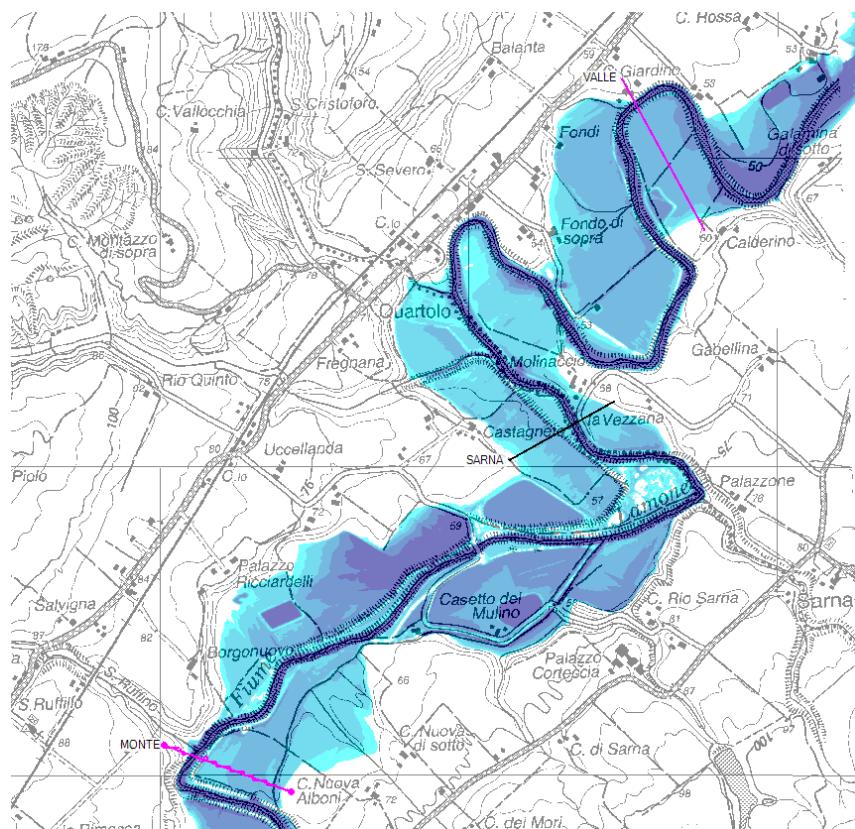


Fig. 25 Posizionamento delle sezioni di controllo a monte e valle di Sarna

Dal confronto tra i 3 idrogrammi è evidente come da monte a valle di Sarna l'effetto di laminazione sia modesto.

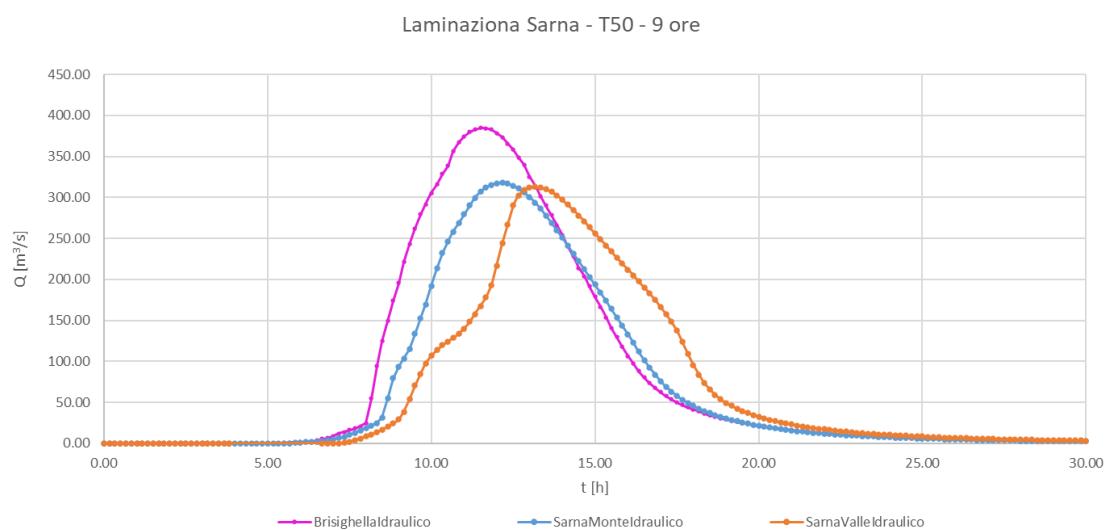


Fig. 26 T50 9 ore – idrogrammi a Brisighella, Sarna ed Errano

7.3.1.2 Marzeno da Modigliana a Faenza

Tra Modigliana e Rivalta, l'ambito fluviale è vincolato dall'orografia e anche il transito di eventi intensi non determina criticità, se non connesse a fenomeni erosivi laterali e di fondo.

In corrispondenza dell'abitato di Marzeno si iniziano ad evidenziare esondazioni più estese che interessano gli ambiti perifluvali e alcune aree insediate.

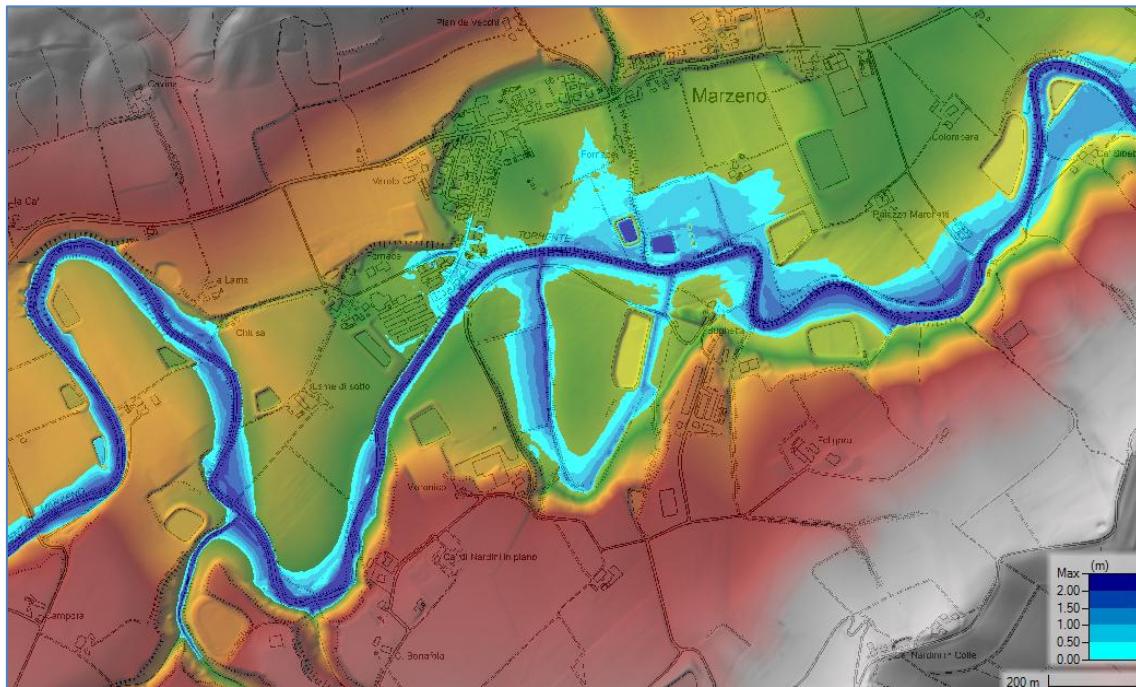


Fig. 27 T50 9 ore: tiranti massimi in località Marzeno.

Procedendo verso valle le esondazioni divengono più marcate in un contesto collinare.

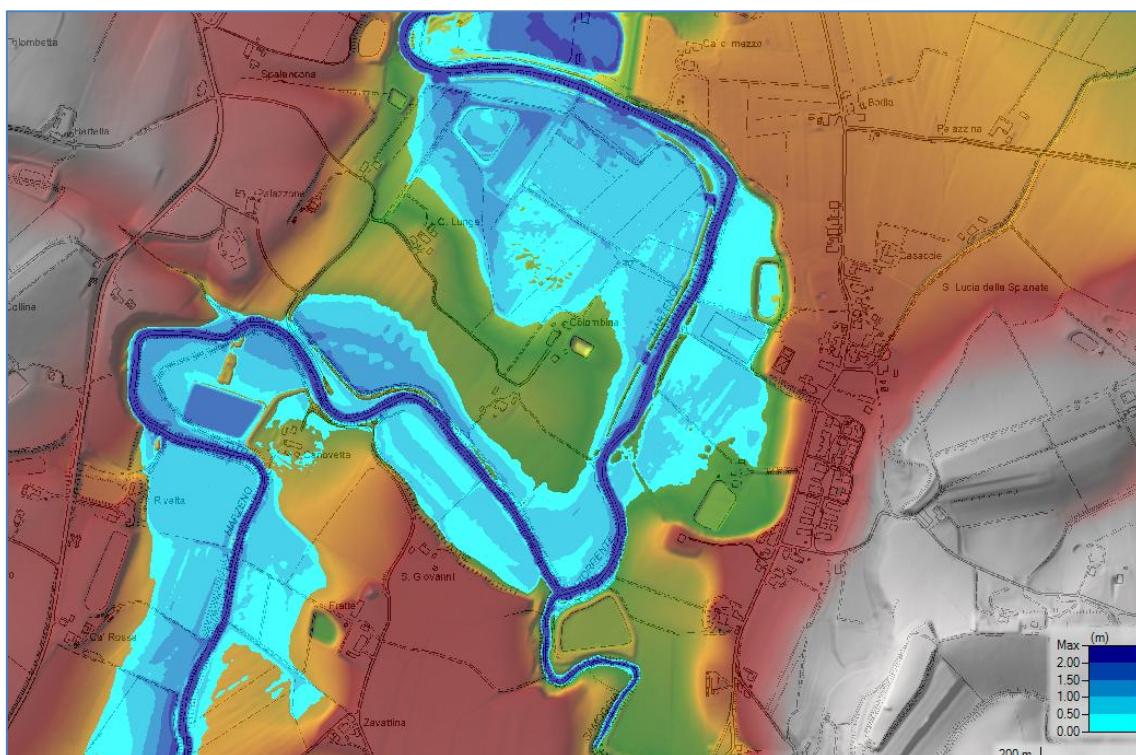


Fig. 28 T50 9 ore: tiranti massimi a Santa Lucia, confluenza con torrente Samoggia

Nell'immagine seguente è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T50 9 ore a Rivalta, chiuso a monte della confluenza con torrente Samoggia, e quello restituito da modello idraulico. Si osservi come sia sensibile l'effetto di laminazione.

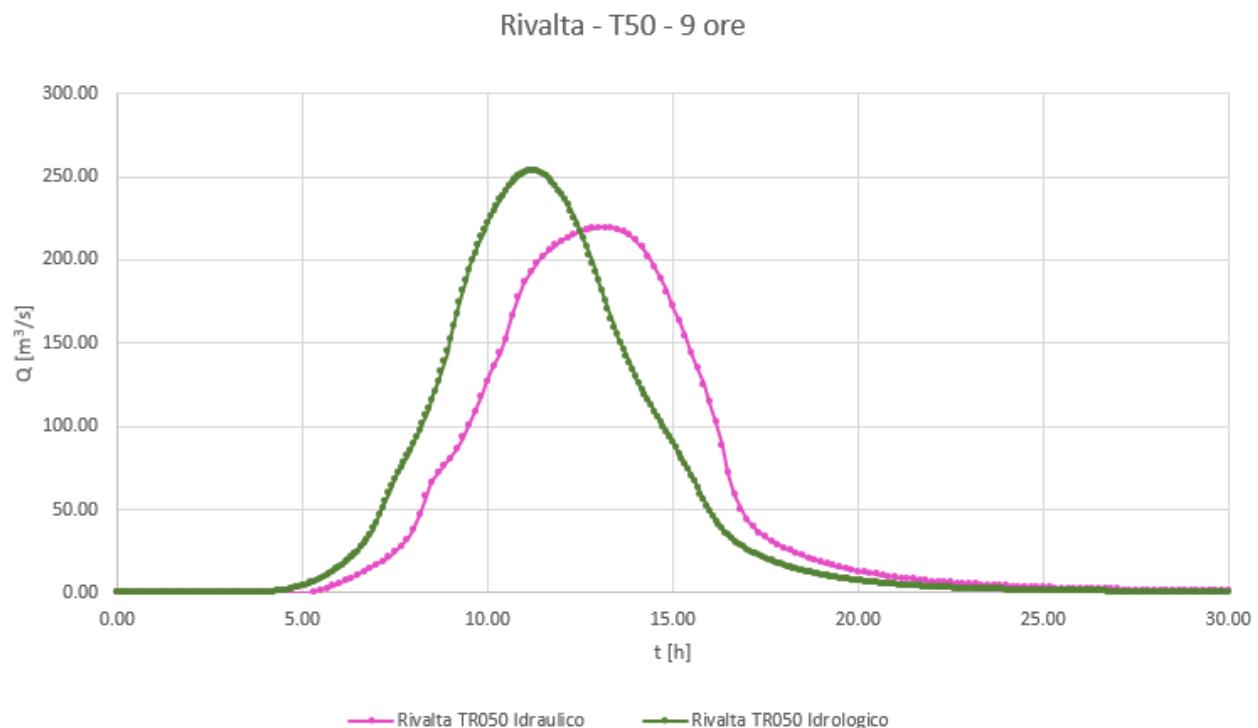


Fig. 29 T50 9 ore – Marzeno a Rivalta: confronto portate da modello idrologico e idraulico

7.3.1.3 Lamone da Faenza a mare

A Faenza, il cuneo di confluenza tra Lamone e Marzeno è interessato dalle esondazioni già per eventi frequenti (cfr Fig. 30).

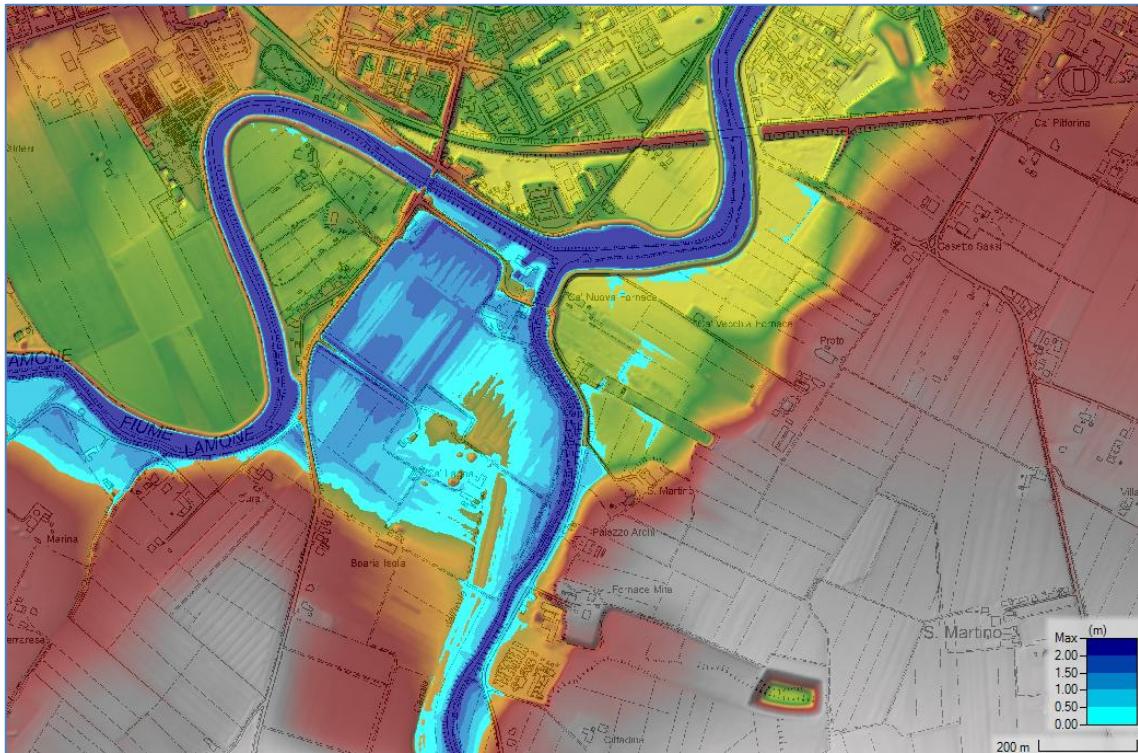


Fig. 30 T50 18 ore: tiranti massimi a Faenza

Nella seguente figura è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T50 18 ore a Faenza e quello restituito da modello idraulico.

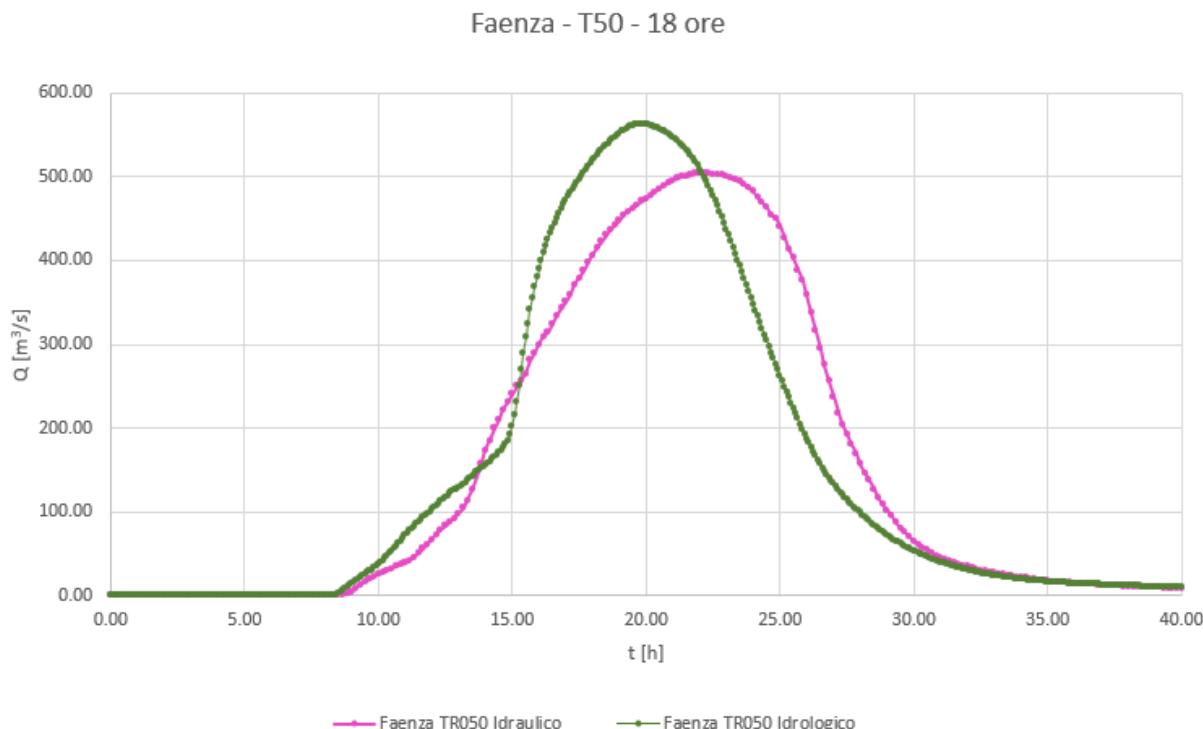


Fig. 31 T50 18 ore – Lamone a Faenza: confronto portate da modello idrologico e idraulico

Da Faenza al rilevato autostradale A14, la capacità di deflusso del Lamone appare adeguata alle portate attese per l'evento T50. Anche nel tratto tra l'A14 e il Canale Emiliano Romagnolo non si riscontrano particolari esondazioni. Si osservano alcune criticità localizzate con minime propagazioni a campagna.

A valle del CER fenomeni di sormonto interessano il sistema arginale in località Sottofiume Boncellino (in sinistra) e a Traversara (in destra e sinistra). Le esondazioni si propagano a campagna, interessando, oltre ai centri citati, gli abitati di Bagnacavallo, Borgo di Stecchi e Villanova.



Fig. 32 T50 18 ore: tiranti massimi a Sottofiume Boncellino

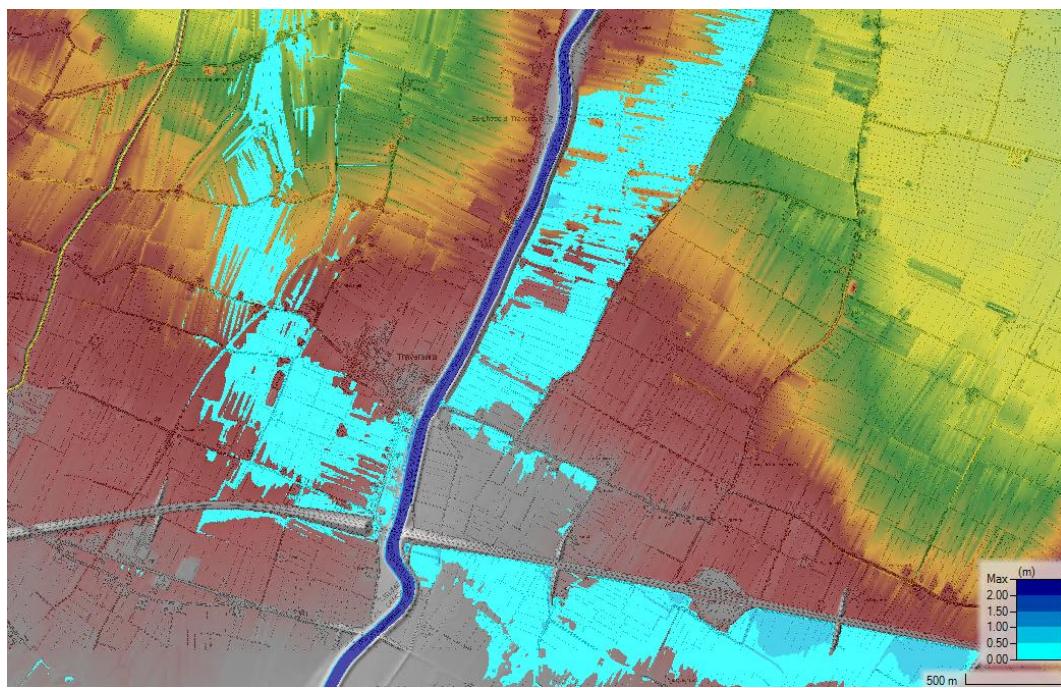


Fig. 33 T50 18 ore: tiranti massimi a Traversara

Da Mezzano al mare non si rilevano ulteriori criticità per fenomeni di sormonto.

7.3.2. Evento T200

7.3.2.1 Lamone da Marradi a Faenza

Da Marradi a Strada Casale, l'ambito fluviale è strettamente vincolato dall'orografia e anche il transito di eventi intensi non determina esondazioni rilevanti, se non il coinvolgimento di alcune aree perifluvali, in genere interessate da coltivi. Tra Strada Casale e Sarna, l'ambito fluviale è interessato in modo severo, con il pieno coinvolgimento dei terrazzi bassi; a Brisighella sono acute le criticità già evidenti per l'evento T50 con il coinvolgimento di via Lamone, area delle Terme, depuratore e centro sportivo.

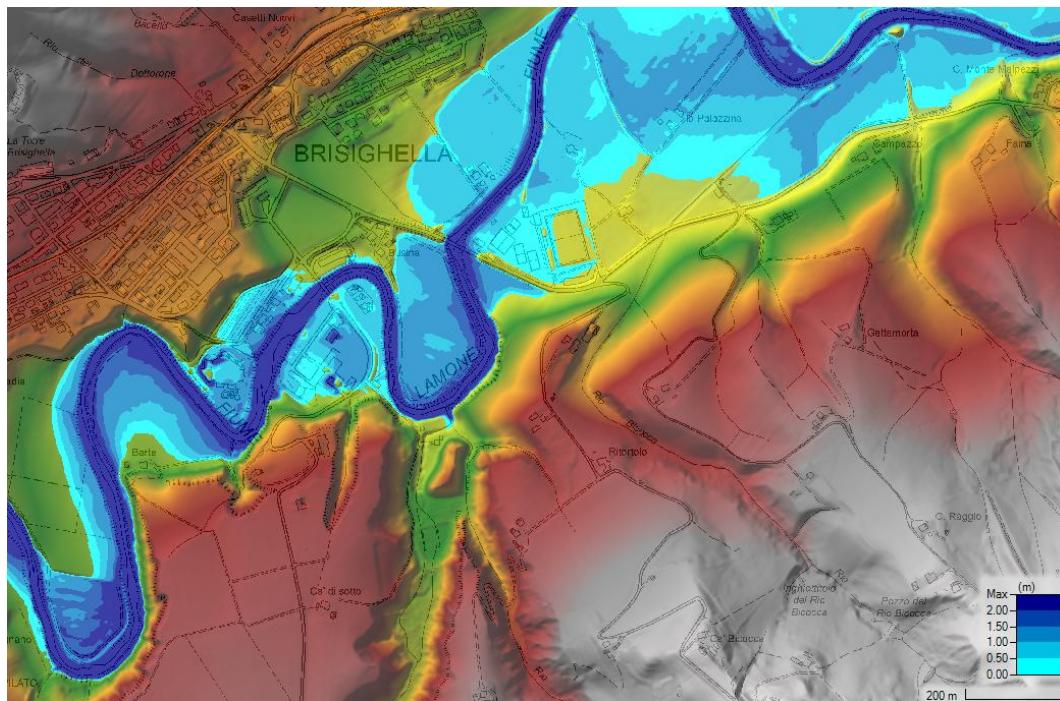


Fig. 34 T200 9 ore: tiranti massimi a Brisighella

Procedendo verso valle, tra Sarna e Faenza, le esondazioni coinvolgono interamente l'ambito fluviale definito dai versanti.

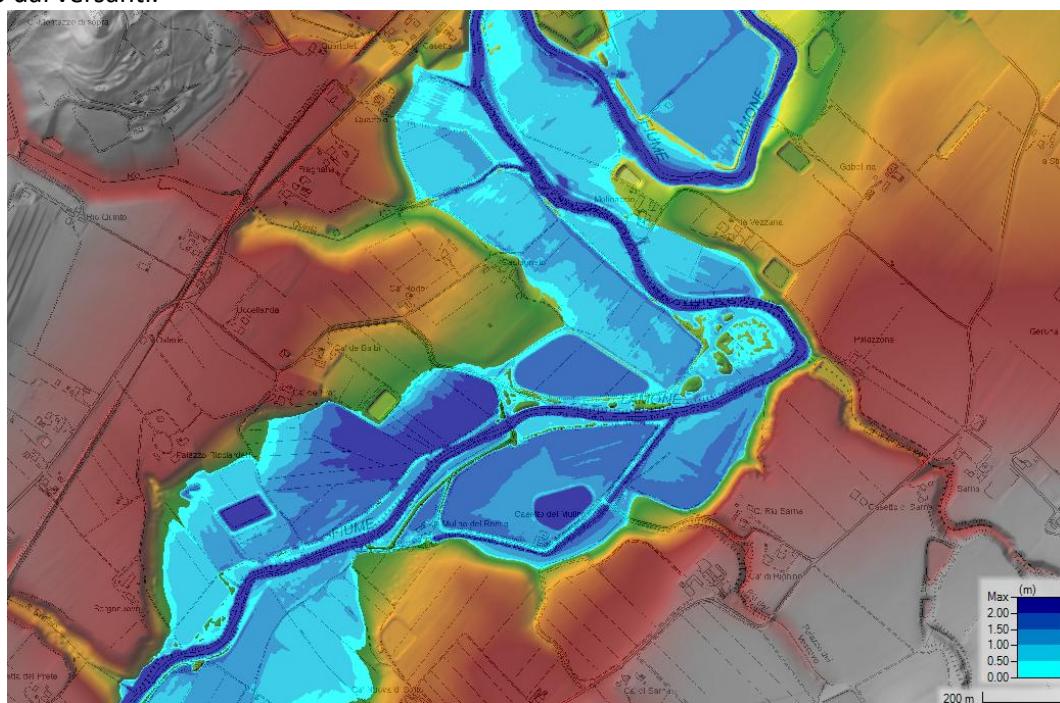


Fig. 35 T200 9 ore: tiranti massimi a Sarna

In Fig. 36 è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T200 9 ore a Sarna e quello restituito da modello idraulico.

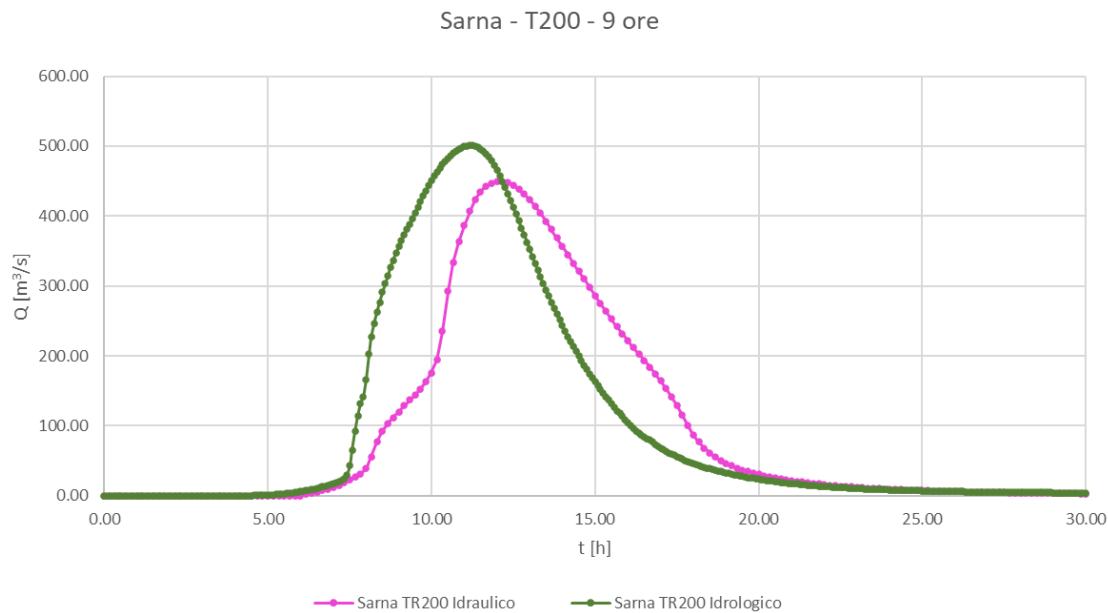


Fig. 36 T200 9 ore – Lamone a Sarna: confronto portate modello idrologico e idraulico

Gli effetti di laminazione che si riscontrano naturalmente a monte di Faenza sono illustrati attraverso il confronto tra gli idrogrammi a Brisighella e Sarna, per cui viene proposto il confronto per l'evento T200 tra gli idrogrammi a Brisighella e monte e valle Sarna (Fig. 37).

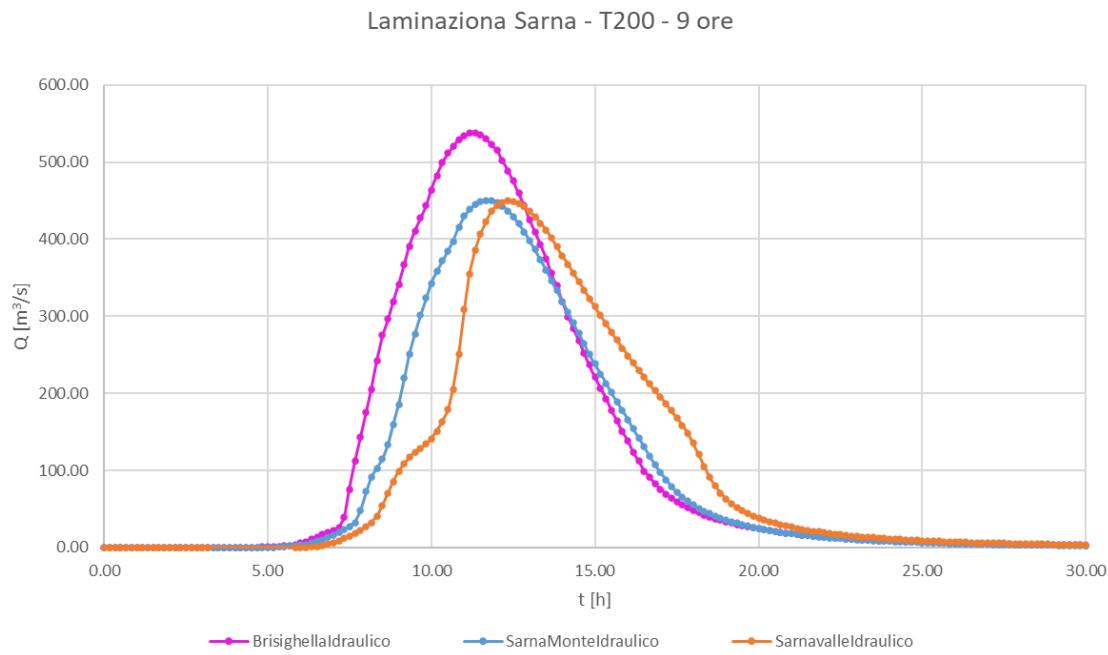


Fig. 37 T200 9 ore – idrogrammi a Brisighella e Sarna

7.3.2.2 Marzeno da Modigliana a Faenza

Tra Modigliana e Rivalta, l'ambito fluviale è inizialmente vincolato dall'orografia e anche il transito di eventi intensi non determina esondazioni rilevanti.

A partire dall'abitato di Marzeno, ricevuti gli apporti del rio Albonello, il coinvolgimento dei piani golenali diviene più marcato e alcuni insediamenti prospicienti il corso d'acqua sono interessati dalle esondazioni.

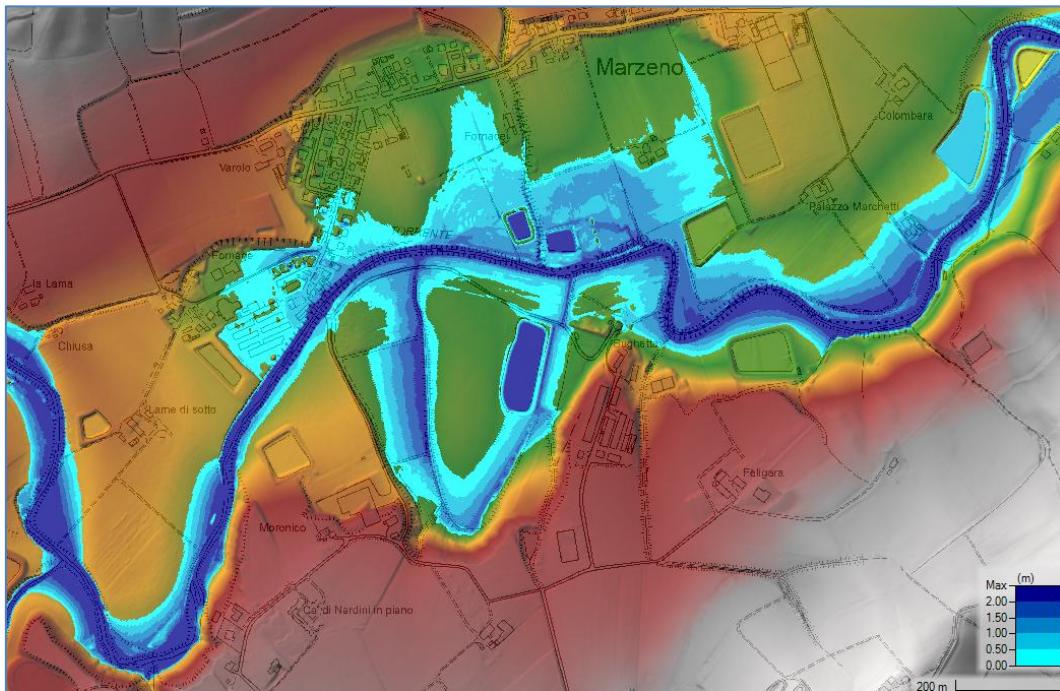


Fig. 38 T200 9 ore: tiranti massimi in località Marzeno

Procedendo verso valle, il Marzeno tende a interessare l'intero ambito fluviale dove si trovano diversi insediamenti sparsi.

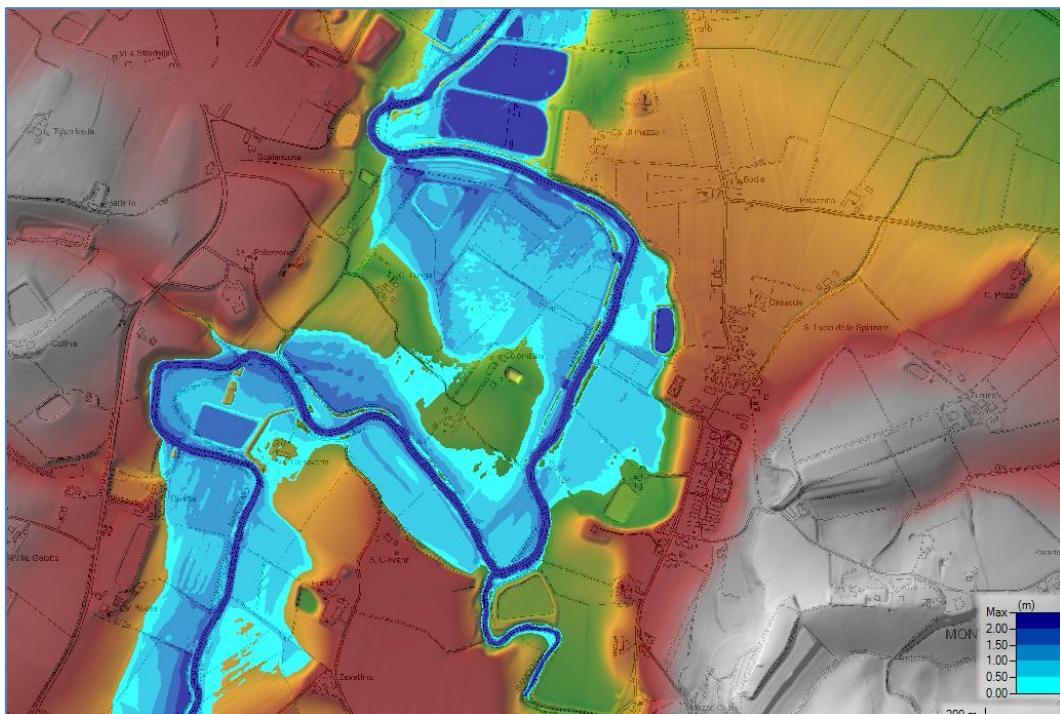


Fig. 39 T200 9 ore: tiranti massimi a Santa Lucia, confluenza con torrente Samoggia

Nella seguente figura è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T200 9 ore a Rivalta e quello restituito da modello idraulico.

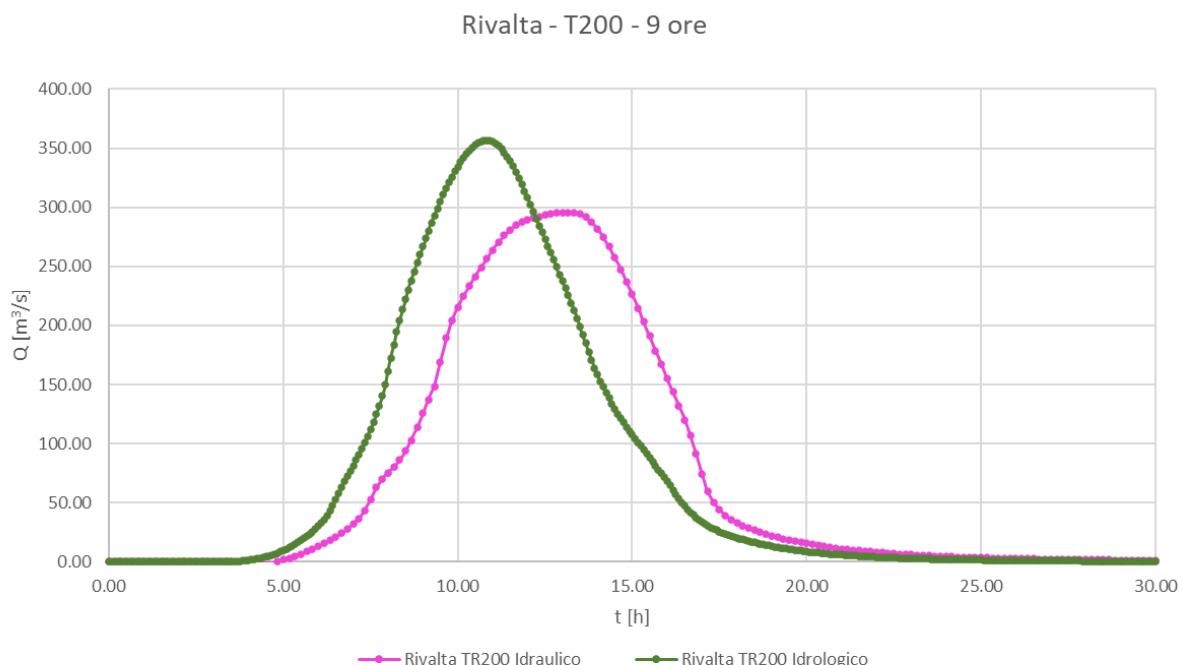


Fig. 40 T200 9 ore – Marzeno a Rivalta: confronto portate modello idrologico e idraulico

7.3.2.3 Lamone da Faenza a mare

A Faenza l'evento T200 anni determina rilevanti esondazioni che coinvolgono interamente il cuneo di confluenza tra Lamone e Marzeno. In destra Marzeno, inoltre, le acque dei due corsi d'acqua raggiungono i limiti morfologici aggirando il sistema difensivo e finendo per coinvolgere le aree di via San Martino e via Vincenzo Cimatti e il quartiere di Borgo Durbocco. La zona è anche direttamente interessata dalle esondazioni derivanti dal sormonto dell'argine destro del Lamone, che allo stato attuale risulta essere più basso rispetto al sinistro.

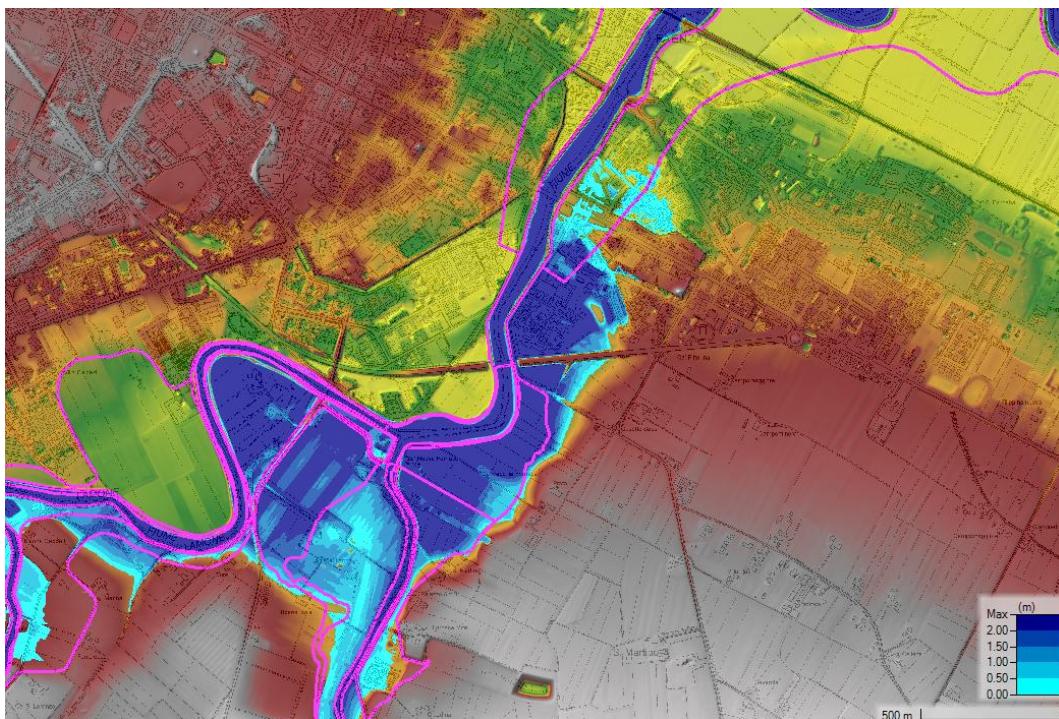


Fig. 41 T200 18 ore: tiranti massimi sovrapposti con perimetrazione P2 PGRA 2021 (in magenta) a Faenza

Nella seguente figura è riportato il confronto tra l'idrogramma idrologico T200 18 ore a Faenza e quello restituito da modello idraulico.

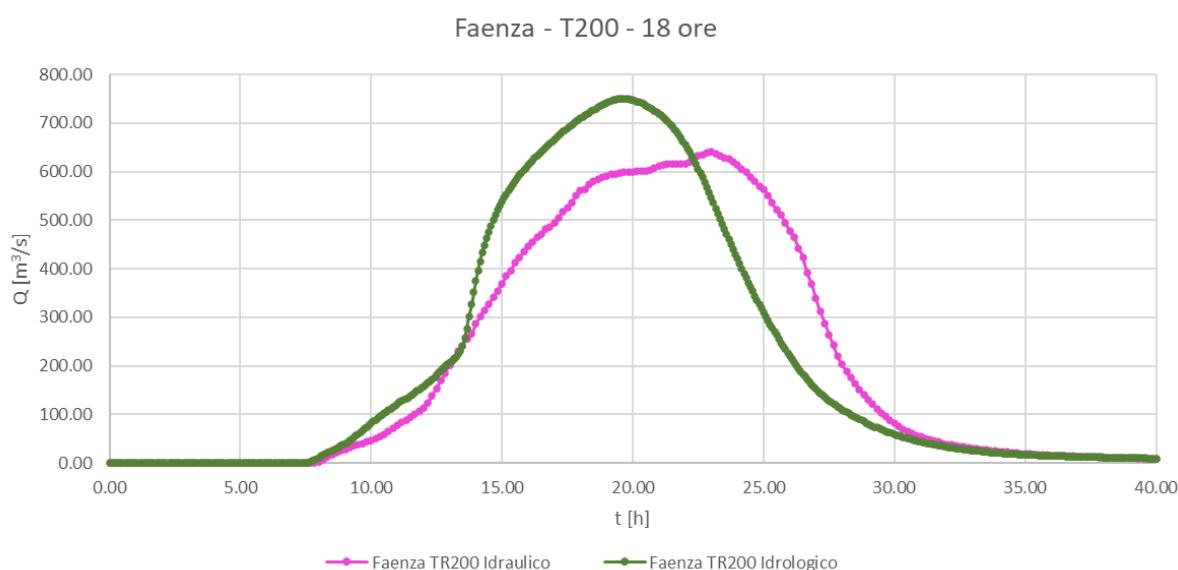


Fig. 42 T200 18 ore – Lamone a Faenza: confronto portate modello idrologico e idraulico

Da Faenza al rilevato autostradale A14, le portate per l'evento T200 risultano contenute in alveo, anche in ragione delle esondazioni avvenute a monte.

Nel tratto tra il rilevato autostradale A14 e il Canale Emiliano Romagnolo si evidenziano alcuni sormonti del sistema difensivo; in particolare, la più consistente si ha poco a monte dell'attraversamento di Via Ravagnana, sia in destra sia in sinistra idraulica. Tali esondazioni si propagano poi a campagna, interessando principalmente terreni agricoli ed alcune abitazioni sparse.

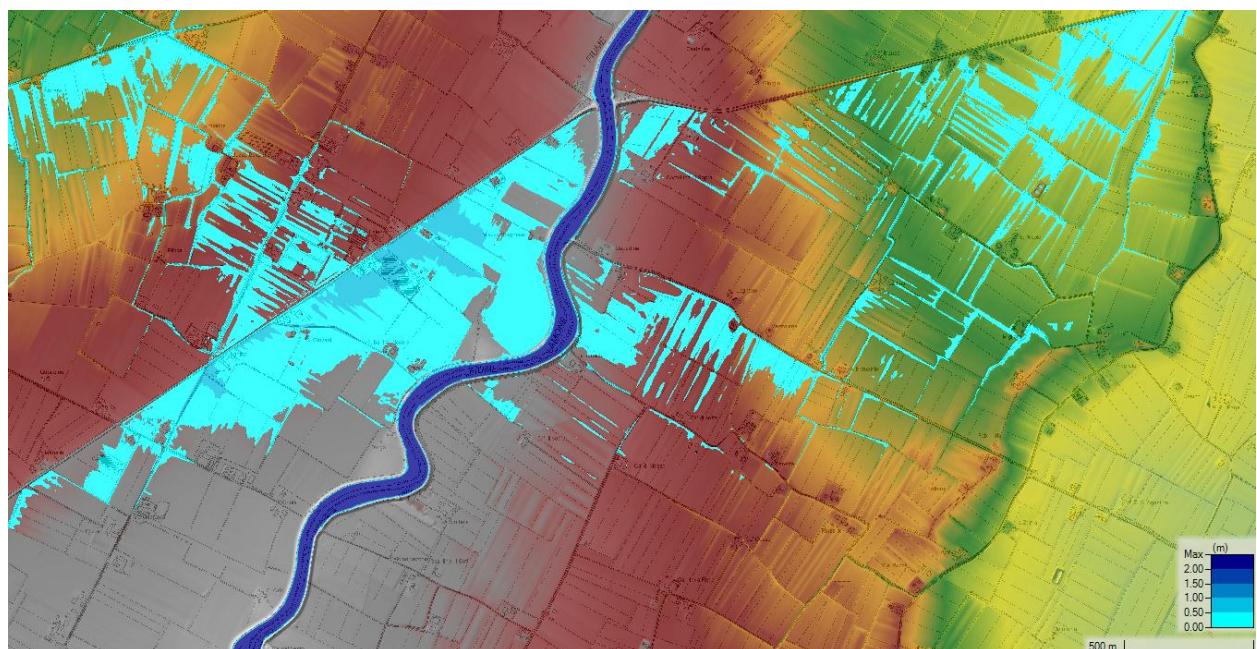


Fig. 43 T200 18 ore: tiranti massimi a Pieve Cesato

A valle del CER rilevanti fenomeni di sormonto si evidenziano in località Sottofiume Boncellino, in sinistra, e in località Traversara, su entrambe le sponde: le esondazioni si propagano a campagna, interessando, oltre ai centri citati, gli abitati di Bagnacavallo, Borgo Stecchi e Villanova

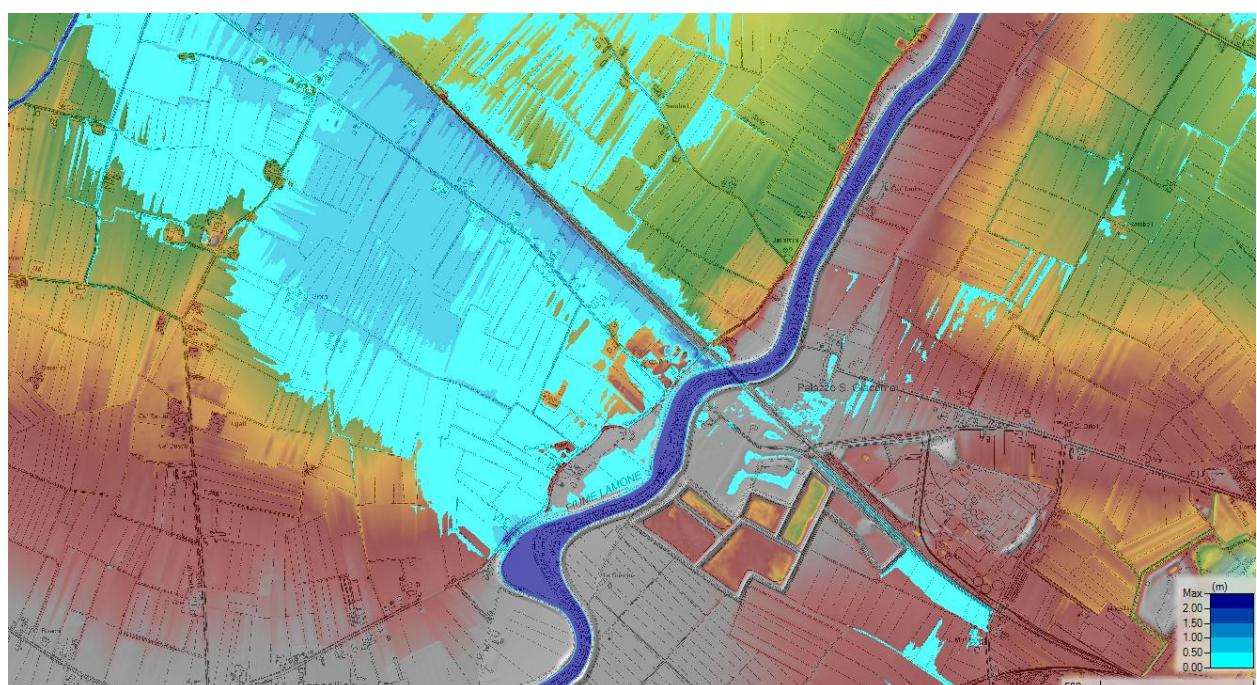


Fig. 44 T200 18 ore: tiranti massimi a Sottofiume Boncellino

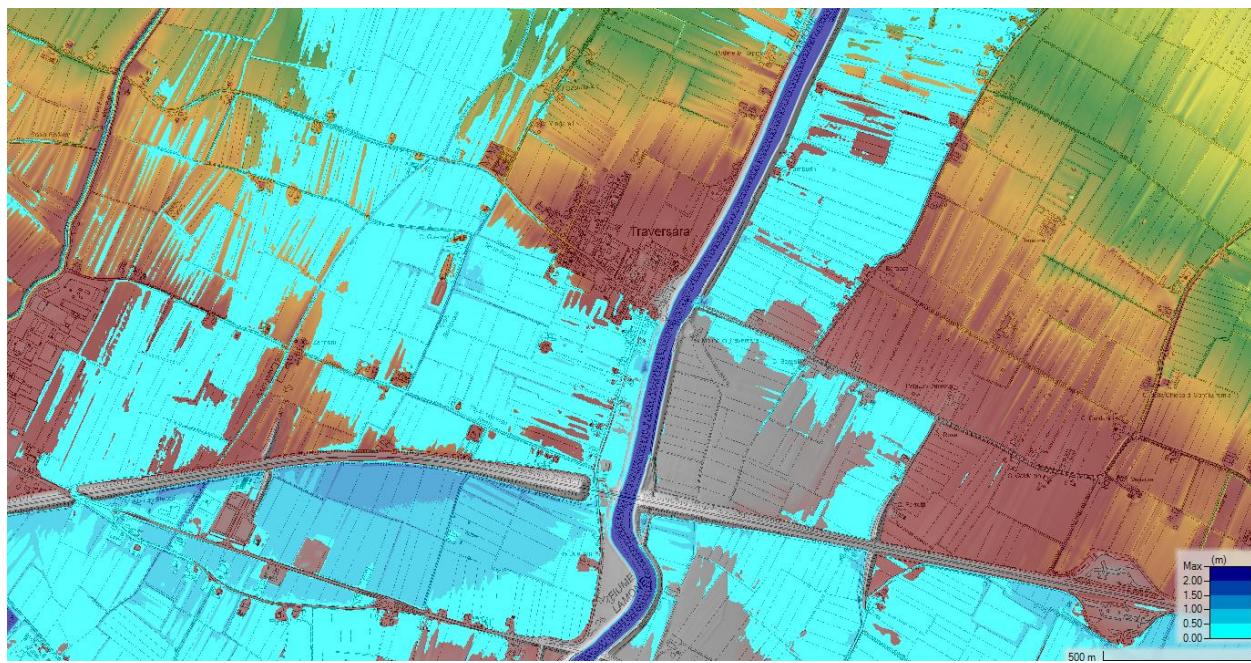


Fig. 45 T200 18 ore: tiranti massimi a Traversara

Da Mezzano a mare non si evidenziano ulteriori criticità per fenomeni di sormonto.

7.3.3. Evento T500

Il transito dell'evento T500, tra Marradi e Faenza, sollecita l'intero ambito fluviale da versante a versante, con dinamiche e areali interessati del tutto analoghi all'evento duecentennale. Analoghe dinamiche si osservano anche sul Marzeno tra Modigliana e Faenza.

In corrispondenza della città di Faenza, i maggiori volumi determinano esondazioni più rilevanti sia in destra (coinvolto pienamente l'areale tra via Emilia e linea ferroviaria BO-AN) che in sinistra (sormontato il sistema difensivo lungo via Renaccio).

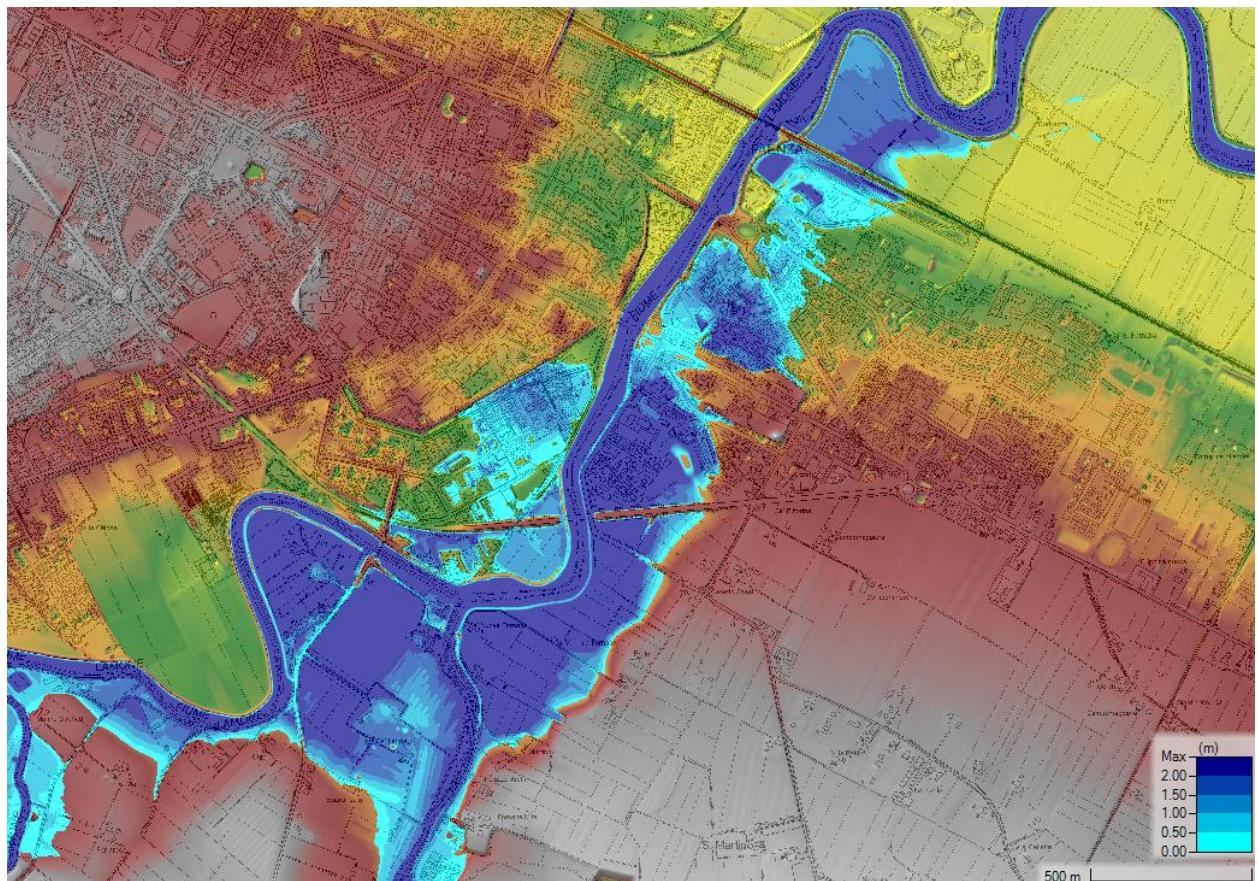


Fig. 46 T500 18 ore: tiranti massimi a Faenza

A valle di Faenza, i fenomeni di sormonto interessano i medesimi tratti critici evidenziati dall'evento T200 ma i maggiori volumi inducono propagazioni a campagna sensibilmente più estese.

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. 8.

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. 8 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, per il fiume Lamone da Marradi ad Orto Bertoni e per il torrente Marzeno da Modigliana alla confluenza nel fiume Lamone, 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 in Tab. 9 per il fiume Lamone e in tabella Tab. 10 per il torrente Marzeno.

7.4.2. Tratto arginato di pianura

Nel tratto arginato di pianura, da Orto Bertoni a foce, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici, alle portate compatibili individuate per i singoli tratti omogenei definite in Tab. 11.

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 in tabella Tab. 11.

Tab. 9 Lamone da Marradi ad Orto bertoni: attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0002	Ponte FS Firenze-Ravenna a Marradi	Marradi	302.81	intradosso piano	314.87	314.87	12.06	12.06	
LAIN0003	Ponte SR302 Brisighellese-Ravennate a Popolano	Marradi	268.48	intradosso piano	274.2	274.2	5.72	5.72	
LAIN0004	Ponte Via Casa Battistoni	Marradi	261.15	intradosso piano	265.31	265.31	4.16	4.16	
LAIN0005	Ponte SP302 di Marignano	Brisighella	228.56	ad arco	234.21	227.88	5.65	-0.68	
LAIN0006	Ponte Via Boesino a Pedrosola	Brisighella	213.65	intradosso piano	219.28	219.28	5.63	5.63	
LAIN0007	Ponte Via Scampelluccio A San Cassiano	Brisighella	198.69	intradosso piano	199.86	199.86	1.17	1.17	
LAIN0008	Ponte FS Firenze-Ravenna a San Cassiano	Brisighella	189.91	ad arco	208.22	200.17	18.31	10.26	
LAIN0009	Ponte SP302 Molino di Santa Eufemia	Brisighella	176.06	ad arco	181.69	175.26	5.63	-0.80	
LAIN0010	Ponte SP302 loc.Valpiana	Brisighella	170.32	ad arco	174.3	170.25	3.98	-0.07	
LAIN0011	Ponte FS Firenze-Ravenna a Valpiana	Brisighella	167.02	ad arco	185.28	178.42	18.26	11.40	
LAIN0012	Ponte Via Tura a La Strada	Brisighella	139.96	intradosso piano	138.7	138.7	-1.26	-1.26	
LAIN0013	Ponte Via Monte Visano a Fognano	Brisighella	105.80	ad arco	108.65	106.89	2.85	1.09	

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0014	Ponte Via Siepi	Brisighella	90.30	intradosso piano	91.47	91.47	1.17	1.17	
LAIN0015	Ponte SP49 Viale delle Terme	Brisighella	74.55	intradosso piano	73.72	73.72	-0.83	-0.83	
LAIN0016	Ponte SP56 Via Canaletta	Brisighella	72.20	ad arco	72.93	71.09	0.73	-1.11	
LAIN0017	Ponte Molino del Rosso	Brisighella	59.60	intradosso piano	59.79	59.79	0.19	0.19	

Tab. 10 Marzeno da Modigliana a confluenza Lamone: attraversamenti e franchi idraulici T200

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
MAIN0004	Ponte Via S. Casciano	Modigliana	123.57	ad arco	133.92	133.52	10.35	9.95	
MAIN0005	Ponte Tossino	Modigliana	114.42	ad arco	129.21	124.17	14.79	9.75	
MAIN0006	Ponte SP20 Scavignano	Modigliana-Brisighella	104.40	ad arco	102.99	98.3	-1.41	-6.10	
MAIN0007	Ponte SP16 Scavignano	Brisighella	96.63	ad arco	98.49	96.02	1.86	-0.61	
MAIN0008	Ponte Via Ceparano a Ospedaletto	Brisighella	91.99	intradosso piano	89.93	89.93	-2.06	-2.06	
MAIN0009	Ponte Via Ceparano a Scavignano	Brisighella	73.99	intradosso piano	74.72	74.72	0.73	0.73	
MAIN0010	Ponte Moronico	Brisighella	65.27	intradosso piano	63.4	63.4	-1.87	-1.87	

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
MAIN0011	Ponte Via del Palazzo a Marzeno	Faenza	61.06	ad arco	59.22	57.68	-1.84	-3.38	
MAIN0012	Ponte Canovetta	Faenza	51.25	intradosso piano	51.6	51.6	0.35	0.35	
MAIN0013	Ponte Verde	Faenza	34.23	ad arco	33.72	31.86	-0.51	-2.37	

Tab. 11 Lamone da Orto Bertoni a foce: attraversamenti e franchi idraulici rispetto alla portata compatibile dei singoli tratti (scenario Ks uso suolo)

ID	Ponte, Località	Comune	Q comp. (m³/s)	H comp. (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0018	Ponte Rosso	Faenza	180	34.49	intradosso piano	36.21	36.21	1.72	1.72	
LAIN0019	Ponte SS9 Via Emilia	Faenza	180	32.80	intradosso piano	35.27	35.27	2.47	2.47	
LAIN0020	Ponte delle Grazie	Faenza	540	32.63	ad arco	33.71	32.74	1.08	0.11	
LAIN0021	Ponte Via Rosselli	Faenza	720	33.62	ad arco	34.85	30.74	1.23	-2.88	
LAIN0022	Ponte FS Bologna-Ancona	Faenza	720	33.26	ad arco	33.92	31.4	0.66	-1.86	
LAIN0023	Ponte Via Ronco	Faenza	600	27.62	intradosso piano	28.62	28.62	1.00	1.00	
LAIN0024	Ponte A14 Adriatica	Faenza	600	27.47	intradosso piano	28.61	28.61	1.14	1.14	
LAIN0025	Ponte SP302 della Castellina	Faenza	480	24.06	ad arco	25.20	24.22	1.14	0.16	
LAIN0026	Ponte FS Faenza-Ravenna	Faenza	300	19.76	intradosso piano	20.81	20.81	1.05	1.05	
LAIN0027	Ponte SP20 Rugata-Madrara	Faenza-Cotignola	300	19.70	ad arco	20.87	20.36	1.17	0.66	
LAIN0028	Ponte FS Castelbolognese-Ravenna	Bagnacavallo-Russi	240	15.31	intradosso piano	16.82	16.82	1.51	1.51	
LAIN0029	Ponte SP253 Via Albergone	Bagnacavallo-Russi	420	16.30	ad arco	15.75	15.49	-0.55	-0.81	
LAIN0030	Viadotto A14dir Franco Castellucci	Bagnacavallo-Russi	360	15.35	intradosso piano	17.94	17.94	2.59	2.59	
LAIN0031	Passerella Traversara	Bagnacavallo-Russi	360	15.07	ad arco	15.99	15.44	0.92	0.37	

ID	Ponte, Località	Comune	Q comp. (m³/s)	H comp. (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0032	Ponte della Pace Villanova	Bagnacavallo-Ravenna	360	12.96	intradosso piano	15.10	15.10	2.14	2.14	
LAIN0033	Ponte SS16 Adriatica	Ravenna	480	12.35	intradosso piano	11.04	11.04	-1.31	-1.31	
LAIN0034	Ponte FS Ferrara-Rimini	Ravenna	480	11.84	intradosso piano	10.73	10.73	-1.11	-1.11	
LAIN0035	Ponte Grattacoppa	Ravenna	480	8.76	ad arco	9.67	9.02	0.91	0.26	
LAIN0036	Ponte SP1 Via S.Alberto	Ravenna	480	6.50	ad arco	7.66	6.99	1.16	0.49	
LAIN0037	Ponte SS309 Romea Nord	Ravenna	420	3.75	ad arco	5.12	4.45	1.37	0.70	
LAIN0038	Ponte Viale Italia a Marina Romea	Ravenna	420	1.66	intradosso piano	2.51	2.51	0.85	0.85	

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. 12 Localizzazione punti di rotta arginale simulati

ID Rotta	Località	Comune	Criterio individuazione	Sponda
01	Faenza	Faenza	Abitati - Faenza	SX
02	Faenza	Faenza	Abitati - Faenza	DX
03	Faenza	Faenza	Abitati – Faenza - Omogeneità allagamento	SX
04	Faenza	Faenza	Abitati – Faenza - Omogeneità allagamento	DX
05	Ponte della Castellina	Faenza	Sormonto T200	SX
06	Reda	Faenza	Omogeneità allagamento	DX
07	Sottofiume Boncellino	Bagnacavallo	Sormonto T50	SX
08	Fossolo	Faenza	Sormonto T200	SX
09	Traversara	Bagnacavallo	Sormonto T50 - Rotta Maggio24	DX
10	Cortina	Russi	Sormonto T50	SX
11	Glorie	Bagnacavallo	Abitati - Glorie	DX
12	Mezzano	Ravenna	Abitati - Mezzano	SX
13	Savarna-Conventello	Ravenna	Abitati – Savarna Convetello	SX
14	Le Torri	Ravenna	Omogeneità allagamento	DX
15	S. Alberto	Ravenna	Omogeneità allagamento	SX
16	San Romualdo	Ravenna	Omogeneità allagamento	SX
17	Faenza	Faenza	Abitati - Faenza	DX
18	Faenza	Faenza	Omogeneità allagamento	SX
19	Faenza	Faenza	Omogeneità allagamento	DX
20	Casa Baldi	Faenza	Omogeneità allagamento	SX
21	Reda	Faenza	Omogeneità allagamento	DX
22	Villanova	Bagnacavallo	Abitati - Villanova	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'enneso 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 inviluppi degli scenari di analisi ad argini inerodibili, hanno consentito di perimetrare le aree allagabili per i diversi scenari idrologici frequente, poco frequente e raro.

8 Linee di assetto

Al fine di conseguire 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 Lamone e del torrente Marzeno

L'asta del fiume Lamone, oggetto di delimitazione delle Fasce Fluviali e interessata dalla definizione delle linee di assetto, è compresa tra Strada Casale e la confluenza a mare (circa 90 km). L'ambito in esame può essere suddiviso nei seguenti tratti:

- tra Strada Casale e abitato di Faenza (circa 37 km), il Lamone si sviluppa in ambito collinare con un fondovalle progressivamente più ampio che, in occasione di eventi intensi, viene interessato da esondazioni fino ai limiti morfologici naturali;
- a partire dal quartiere di Orto Bertoni a Faenza, il Lamone è arginato inizialmente in sinistra idraulica e, dopo la confluenza del torrente Marzeno, in modo continuo a destra e sinistra (argini seconda categoria) fino a confluenza a mare, circa 60 km.

L'asta del torrente Marzeno, oggetto di delimitazione delle Fasce Fluviali e interessata dalla definizione delle linee di assetto, è compresa tra Modigliana e la confluenza nel fiume Lamone (circa 33 km). L'ambito in esame può essere considerato unico: il Marzeno si sviluppa in ambito collinare con un fondovalle progressivamente più ampio che, in occasione di eventi intensi, viene interessato da esondazioni fino ai limiti morfologici naturali.

8.1.1. Tratto collinare del fiume Lamone tra Strada Casale e l'abitato di Faenza

Nel tratto collinare si prevede l'adeguamento e il potenziamento del sistema difensivo per il contenimento dei livelli idrici in corrispondenza dell'edificio delle Terme di Brisighella, in destra idraulica.

A valle di Brisighella, all'altezza del nucleo abitato di Sarna, sono localizzati tre interventi strutturali per la laminazione delle piene; in particolare:

- in sinistra idraulica, a monte dell'attraversamento stradale di Via Molino del Rosso, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo. La realizzazione prevede il ribassamento del piano campagna e la realizzazione di arginature. Il volume utile è stimato in circa 1.035.000 m³;
- in destra idraulica, in adiacenza all'attraversamento stradale di Via Molino del Rosso, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo. La realizzazione prevede il ribassamento del piano campagna e la realizzazione di arginature. Il volume utile è stimato in circa 600.000 m³;
- in sinistra idraulica, subito a valle della cassa di cui al primo punto, in corrispondenza dell'idrometro di Sarna, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo. La realizzazione prevede il ribassamento del piano campagna e la realizzazione di arginature. Il volume utile è stimato in circa 480.000 m³;

Il sistema di opere dovrà essere dimensionato per garantire a valle una portata al colmo dell'ordine di 340 m³/s al transito dell'evento di riferimento.

8.1.2. Tratto collinare del torrente Marzeno tra Modigliana e la confluenza nel fiume Lamone

Nel tratto collinare del torrente Marzeno si prevede la realizzazione, l'adeguamento e il potenziamento del sistema difensivo per il contenimento dei livelli idrici in corrispondenza del centro abitato di Marzeno posto in sinistra idraulica, a difesa centro abitato e degli insediamenti produttivi. È previsto, inoltre, il rimodellamento delle prospicienti aree goleali in destra idraulica per consentire l'espansione dell'onda di piena dell'evento di riferimento.

A valle del centro abitato di Marzeno sono localizzati due interventi strutturali per la laminazione delle piene; in particolare:

- in sinistra idraulica, in corrispondenza del nucleo abitato di Santa Lucia, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo. La realizzazione prevede il ribassamento del piano campagna e la realizzazione di arginature. Il volume utile è stimato in circa 1.585.000 m³;
- in destra idraulica, in corrispondenza del nucleo abitato di San Martino, è prevista la realizzazione di una cassa di laminazione fuori linea, priva di opere di regolazione in alveo. La realizzazione prevede il ribassamento del piano campagna e la realizzazione di arginature. Il volume utile è stimato in circa 630.000 m³;

Il sistema di opere dovrà essere dimensionato per garantire a valle una portata al colmo dell'ordine di 240 m³/s al transito dell'evento di riferimento.

8.1.3. Confluenza tra fiume Lamone e torrente Marzeno

In corrispondenza di Faenza, il contenimento dei livelli idrici a difesa dell'abitato è attuato grazie ad una pluralità di linee di assetto, di seguito descritte. Si precisa che tali linee di assetto sono state valutate considerando come ultimata l'area di laminazione di Via Cimatti (di cui al *Progetto delle Opere di Regimazione area n destra idrografica Fiume Lamone intersezione torrente Marzeno – Area Via Cimatti*), attualmente in fase di realizzazione. Sono definite le seguenti linee di assetto:

- rialzo e ringrosso dell'argine destro del fiume Lamone subito a valle dell'area Via Cimatti, in adiacenza al quartiere di Borgo Durbocco. Tale rialzo dovrà avere uno sviluppo lineare che si estende fino al Ponte delle Grazie, incrementando la quota sommitale del rilevato arginale fino alla quota del rilevato posto in sinistra idraulica;
- realizzazione di un'area di laminazione in sinistra idraulica del fiume Lamone, in corrispondenza del meandro del quartiere di Orto Bertoni. La realizzazione di tale area di laminazione prevede:
 - la rimozione di un tratto di argine esistente del fiume Lamone al fine di consentire lo sfioro delle portate di piena dell'evento di riferimento nell'area del meandro;
 - la costruzione di rilevati arginali, connessi all'argine esistente, al fine di compartimentare l'area e difendere l'abitato e l'area cimiteriale posti in prossimità di tale area di laminazione;
 - eventuale riprofilatura del piano campagna all'interno del meandro per massimizzarne la capacità di laminazione.
- in ragione della riscontrata difficoltà di mitigare le condizioni di pericolosità dell'area posta in corrispondenza della confluenza tra il fiume Lamone ed il torrente Marzeno e della necessità di aumentare la capacità di laminazione, è stata prevista la realizzazione di un'area di laminazione in corrispondenza di tale confluenza (meandro di Via don Giovanni Verità e area compresa tra la via suddetta e il torrente Marzeno). Tale area dovrà essere realizzata mediante l'adeguamento del rilevato arginale esistente e la creazione di nuovi argini in modo da ottimizzare la capacità di laminazione di tale area. Per la realizzazione di tali interventi di laminazione risulta necessaria la delocalizzazione degli edifici presenti.

Il complesso delle linee di assetto individuate sia nei tratti collinari del fiume Lamone e del torrente Marzeno sia nel nodo cittadino di Faenza consente di laminare l'idrogramma dell'evento di riferimento facendo transitare a valle della città una portata al colmo pari a circa 530 m³/s, riducendo quindi il colmo dell'evento di riferimento circa del 18%.

8.1.4. Tratto arginato classificato di pianura

La portata limite attuale del tratto arginato del fiume Lamone, definita secondo i criteri illustrati nei precedenti capitoli, è riportata in Tab. 13.

Tab. 13 Portata limite attuale del tratto arginato del fiume Lamone

ID	Tratto	Q limite attuale (m^3/s)
1	Da monte a incrocio Via Sarna/Via Verità	180
2	Da incrocio Via Sarna/Via Verità a Ponte Rosso	180
3	Da Ponte Rosso a Ponte SS9 Via Emilia	180
4	Da Ponte SS9 Via Emilia a Ponte delle Grazie	540
5	Da Ponte delle Grazie a Ponte Via Rosselli	720
6	Da Ponte Via Rosselli a Ponte FS Bologna-Ancona	720
7	Da Ponte FS Bologna-Ancona a Ponte Autostrada A14	600
8	Da Ponte Autostrada A14 a Ponte Ravegnana	480
9	Da Ponte Ravegnana a CER	420
10	Da CER a Ponte SP20 Via Madrara	300
11	Da Ponte SP20 Via Madrara a Ponte FS Castelbolognese-Ravenna	240
12	Da ponte FS Castelbolognese-Ravenna a Ponte SP523 Via Albergone	420
13	Da Ponte SP523 Via Albergone a Passerella Traversara	360
14	Da Passerella Traversara a Ponte della Pace	360
15	Da Ponte della Pace a Ponte SS16 Adriatica	480
16	Da Ponte SS16 Adriatica a Ponte SP1 Via S. Alberto	480
17	Da Ponte SP1 Via S. Alberto a Ponte SS309 Romea Nord	420
18	Da Ponte SS309 Romea Nord a mare	420

Si osservi come due tratti si palesino maggiormente critici:

- il tratto 10, tra il CER e l'attraversamento di Via Madrara: in particolare tra il ponte della linea ferroviaria Faenza-Ravenna e Via Madrara stessa;
- il successivo tratto 11, posto tra l'attraversamento di Via Madrara e l'attraversamento ferroviario Castelbolognese – Ravenna. Diversi segmenti di tale tratto presentano corde molle e quote disomogenee, in particolare in sinistra, che condizionano la capacità di deflusso complessiva. Tale capacità di deflusso è inoltre fortemente condizionata dal ponte ferroviario stesso.

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

- da CER a Ponte SP20 Via Madrara: $360 \text{ m}^3/\text{s}$;
- da Ponte SP20 Via Madrara a Ponte FS Castelbolognese-Ravenna: $360 \text{ m}^3/\text{s}$

A tal fine è prevista la realizzazione di un'area a tracimazione controllata, in destra idraulica, posta tra il CER e via Madrara, in adiacenza al nucleo abitato di Fossolo. L'areale massimo interessabile è limitato a sud dal CER, ad ovest da via Fossolo e a nord da via Madrara e dal rilevato ferroviario, per circa 2500 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. I confinamenti 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. L'area di tracimazione controllata, per come individuata, consente la laminazione dei volumi di piena facendo defluire, in alveo una portata abbattuta a circa $360 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale configurazione

consente il transito delle portate nel tratto di corso d'acqua posto a valle, con il permanere di alcune criticità in particolare in corrispondenza degli abitati di Sottofiume Boncellino e Traversara, per i quali saranno da prevedersi rialzi arginali tali da consentire il deflusso del colmo di piena con un congruo franco di sicurezza. Da evidenziare la criticità puntuale legata all'insufficienza del ponte dell'attraversamento ferroviario FS Castelbolognese-Ravenna.

Tab. 14 Portata limite attuale e di progetto del tratto arginato del fiume Lamone

ID	Tratto	Q limite attuale (m^3/s)	Q limite progetto (m^3/s)
1	Da monte a incrocio Via Sarna/Via Verità	180	180
2	Da incrocio Via Sarna/Via Verità a Ponte Rosso	180	180
3	Da Ponte Rosso a Ponte SS9 Via Emilia	180	180
4	Da Ponte SS9 Via Emilia a Ponte delle Grazie	540	540
5	Da Ponte delle Grazie a Ponte Via Rosselli	720	720
6	Da Ponte Via Rosselli a Ponte FS Bologna-Ancona	720	720
7	Da Ponte FS Bologna-Ancona a Ponte Autostrada A14	600	600
8	Da Ponte Autostrada A14 a Ponte Ravagnana	480	480
9	Da Ponte Ravagnana a CER	420	420
10	Da CER a Ponte SP20 Via Madrara	300	360
11	Da Ponte SP20 Via Madrara a Ponte FS Castelbolognese-Ravenna	240	360
12	Da ponte FS Castelbolognese-Ravenna a Ponte SP523 Via Albergone	420	420
13	Da Ponte SP523 Via Albergone a Passerella Traversara	360	360
14	Da Passerella Traversara a Ponte della Pace	360	360
15	Da Ponte della Pace a Ponte SS16 Adriatica	480	480
16	Da Ponte SS16 Adriatica a Ponte SP1 Via S. Alberto	480	480
17	Da Ponte SP1 Via S. Alberto a Ponte SS309 Romea Nord	420	420
18	Da Ponte SS309 Romea Nord a mare	420	420

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. 15 si riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del fiume Lamone e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando gli effetti del cambiamento climatico per l'evento T200. In Tab. 15 quelle relative al torrente Marzeno.

Tab. 15 Portate di piena per il fiume Lamone

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T200 CC (m ³ /s)
Lamone	Lamone	56	Sarna	257.2	365	500	610	700
Lamone	Lamone	69	Faenza valle confluenza Marzeno	509.7	585	815	970	1120

Tab. 16 Portate di piena per il torrente Marzeno

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T200 CC (m ³ /s)
Lamone	Marzeno	25	Modigliana	133.4	190	260	320	365
Lamone	Marzeno	50	Santa Lucia	189.0	255	360	435	500
Lamone	Marzeno	69	Faenza monte confluenza Lamone	233.8	270	380	460	531

Si osservi come l'incremento idrologico del colmo sul fiume Lamone a Sarna è dell'ordine del 40%, mentre a Faenza a valle della confluenza con il torrente Marzeno è dell'ordine del 37%.

L'incremento idrologico del colmo sul torrente Marzeno a Modigliana è, invece, dell'ordine del 28% mentre a monte della confluenza con il fiume Lamone è dell'ordine del 40%.

In termini di volumi, a Sarna, l'evento T200, durata di pioggia 12 ore, palesa, nello scenario che contempla gli effetti del cambiamento climatico, un incremento del 40%.

Nei tratti collinari, il transito dell'evento citato non determina variazioni significative delle aree inondabili, in quanto l'intero fondovalle è già comunque coinvolto. Le casse di espansione previste, sia sul fiume Lamone sia sul torrente Marzeno, esauriscono le rispettive capacità di laminazione.

Anche in corrispondenza della città di Faenza, gli interventi ipotizzati esauriscono la capacità di laminazione. Si riscontrano esondazioni sia in destra sia in sinistra idraulica: sono interessati sia il quartiere di Borgo Durbocco sia la porzione di città fino alle mura.

Nell'area di tracimazione controllata si concretizzano livelli superiori ai confinamenti previsti, in particolare sul fronte nord e nord-ovest.

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

8.3 Quadro degli interventi

In Tab. 17 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento rappresentati dai limiti B di progetto lungo individuati il fiume Lamone e, in Tab. 18, sul torrente Marzeno.

Tab. 17 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto fiume Lamone

N.	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Brisighella	48-49	DX	Brisighella	Contenimento livelli idrici
2	Brisighella	54-55	SX	Sarna	Cassa di laminazione
3	Brisighella	54-56	DX	Sarna	Cassa di laminazione
4	Brisighella-Faenza	55-56	SX	Sarna	Cassa di laminazione
5	Faenza	66-68	SX	Orto Bertoni	Cassa di laminazione e contenimento livelli idrici
6	Faenza	68-69	DX	Via D.G. Verità	Area di laminazione
7	Faenza	85-88	DX	Fossolo	Area di tracimazione controllata

Tab. 18 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto torrente Marzeno

N.	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Brisighella	44-45	SX	Abitato Marzeno	Contenimento livelli idrici
2	Faenza	50-53	SX	Abitato Santa Lucia	Cassa di laminazione
3	Faenza	54-56	DX	Abitato San Martino	Cassa di laminazione
4	Faenza	57-58	SX	Tra Via D.G. Verità e via S. Martino	Area di laminazione

Il quadro degli interventi previsti è completato dalle seguenti opere sul fiume Lamone:

- rialzo e ringrosso arginale, subito a valle della cassa di laminazione relativa all'area Via Cimatti al Ponte delle Grazie, in adiacenza al quartiere di Borgo Durbocco, portando la sommità arginale ad una quota pari a quella dell'argine sinistro;
- rialzi e ringrossi locali del sistema arginale del fiume Lamone tra il C.E.R. e il ponte della linea ferroviaria Castel Bolognese – Ravenna;
- rialzi e ringrossi di tratti arginali del fiume Lamone a valle dell'area in tracimazione controllata, in corrispondenza degli abitati di Sottofiume Boncellino e di Traversara, al fine di far transitare le portate limite di progetto con un congruo franco di sicurezza e mitigare le criticità residue.

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. 19 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti sul fiume Lamone a monte del tratto arginato la cui compatibilità idraulica è influenzata dagli interventi previsti nelle linee di assetto.

In Tab. 20 sono riportati le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti sul Marzeno la cui compatibilità idraulica è influenzata dagli interventi previsti nelle linee di assetto.

In Tab. 21, infine, 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).

Nei tratti collinari di Lamone e Marzeno, i seguenti attraversamenti sono fortemente critici:

- Lamone: ponte via Tura a La Strada (Brisighella) e ponte SP49 viale delle Terme (Brisighella)
- Marzeno: ponte SP20 Scavignano (Modigliana-Brisighella), ponte via Ceparano a Ospedaletto (Brisighella), ponte Moronico (Brisighella), ponte via del Palazzo a Marzeno (Faenza).

Nei tratti di Lamone e Marzeno, compresi tra le casse di laminazione previste nelle linee di assetto e Faenza, sono fortemente critici i seguenti attraversamenti: ponte Molino Rosso (Lamone), ponte Canovetta e ponte Verde (Marzeno). Si osservi che i tre attraversamenti citati sono tutti fortemente critici già nelle condizioni attuali.

Nel tratto di pianura permangono forti criticità in corrispondenza del ponte FS Castelbolognese-Ravenna, del ponte SP253 Via Albergone, del ponte SS16 Adriatica e dell'attraversamento della FS Ferrara-Rimini

Tab. 19 Lamone da Marradi ad Orto bertoni: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto

ID	Ponte, Località	Comune	H200 prj (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0017	Ponte Molino del Rosso	Brisighella	60,28	intradosso piano	59,79	59,79	-0,49	-0,49	

Tab. 20 Marzeno da Modigliana a confluenza Lamone: attraversamenti e franchi idraulici T200 rispetto alle linee di assetto

ID	Ponte, Località	Comune	H200 (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio min (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
MAIN0012	Ponte Canovetta	Faenza	51,75	intradosso piano	51,6	51,6	-0,15	-0,15	
MAIN0013	Ponte Verde	Faenza	33,67	ad arco	33,72	31,86	0,05	-1,81	

Tab. 21 Lamone da Orto Bertoni a foce: attraversamenti e franchi idraulici rispetto alla portata limite di progetto (scenario Ks uso suolo)

ID	Ponte, Località	Comune	Q comp. (m ³ /s)	H comp. (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0018	Ponte Rosso	Faenza	180	34,49	intradosso piano	36,21	36,21	1,72	1,72	
LAIN0019	Ponte SS9 Via Emilia	Faenza	180	32,80	intradosso piano	35,27	35,27	2,47	2,47	
LAIN0020	Ponte delle Grazie	Faenza	540	32,63	ad arco	33,71	32,74	1,08	0,11	
LAIN0021	Ponte Via Rosselli	Faenza	720	33,62	ad arco	34,85	30,74	1,23	-2,88	
LAIN0022	Ponte FS Bologna-Ancona	Faenza	720	33,26	ad arco	33,92	31,40	0,66	-1,86	
LAIN0023	Ponte Via Ronco	Faenza	600	27,62	intradosso piano	28,62	28,62	1,00	1,00	
LAIN0024	Ponte A14 Adriatica	Faenza	600	27,47	intradosso piano	28,61	28,61	1,14	1,14	
LAIN0025	Ponte SP302 della Castellina	Faenza	480	24,06	ad arco	25,2	24,22	1,14	0,16	
LAIN0026	Ponte FS Faenza-Ravenna	Faenza	300	19,76	intradosso piano	20,81	20,81	1,05	1,05	
LAIN0027	Ponte SP20 Rugata-Madrara	Faenza-Cotignola	360	18,88	ad arco	20,87	20,36	1,99	1,48	
LAIN0028	Ponte FS Castelbolognese-Ravenna	Bagnacavallo-Russi	360	16,68	intradosso piano	16,82	16,82	0,14	0,14	
LAIN0029	Ponte SP253 Via Albergone	Bagnacavallo-Russi	420	16,30	ad arco	15,75	15,49	-0,55	-0,81	
LAIN0030	Viadotto A14dir Franco Castellucci	Bagnacavallo-Russi	360	15,35	intradosso piano	17,94	17,94	2,59	2,59	
LAIN0031	Passerella Traversara	Bagnacavallo-Russi	360	15,07	ad arco	15,99	15,44	0,92	0,37	
LAIN0032	Ponte della Pace Villanova	Bagnacavallo-Ravenna	360	12,96	intradosso piano	15,1	15,1	2,14	2,14	
LAIN0033	Ponte SS16 Adriatica	Ravenna	480	12,35	intradosso piano	11,04	11,04	-1,31	-1,31	
LAIN0034	Ponte FS Ferrara-Rimini	Ravenna	480	11,84	ad arco	10	10,73	-1,84	-1,11	
LAIN0035	Ponte Grattacoppa	Ravenna	480	8,76	ad arco	9,67	9,02	0,91	0,26	
LAIN0036	Ponte SP1 Via S.Alberto	Ravenna	480	6,50	ad arco	7,66	6,99	1,16	0,49	

ID	Ponte, Località	Comune	Q comp. (m ³ /s)	H comp. (m s.m.)	Tipologia ponte	H chiave (m s.m.)	H appoggio (m s.m.)	FR chiave (m)	FR appoggio (m)	Note
LAIN0037	Ponte SS309 Romea Nord	Ravenna	420	3,75	ad arco	5,12	4,45	1,37	0,70	
LAIN0038	Ponte Viale Italia a Marina Romea	Ravenna	420	1,66	intradosso piano	2,51	2,51	0,85	0,85	

9 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 22 e in Tab. 23 sono riportate, per Lamone e Marzeno, 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 e 18 ore).

Tab. 22 Portate di piena per il fiume Lamone

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)
Lamone	16	Marradi	104.6	205	280	335	-	-	-
Lamone	35	Strada Casale	193.2	325	455	550	295	385	470
Lamone	56	Sarna	257.2	365	500	610	320	450	545
Lamone	69	Faenza valle confluenza Marzeno	509.7	585	815	970	510	645	800

Tab. 23 Portate di piena per il torrente Marzeno

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)
Marzeno	25	Modigliana	133.4	190	260	320	-	-	-
Marzeno	50	Santa Lucia	189.0	255	360	435	225	300	365
Marzeno	69	Faenza monte confluenza Lamone	233.8	270	380	460	240	320	380

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 assetto proposte nel capitolo 8, in alcune sezioni del corso d'acqua a monte del tratto arginato.

Tab. 24 Fiume Lamone linee di assetto – Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Lamone	71	Faenza valle confluenza Marzeno	509.7	530

Tab. 25 torrente Marzeno linee di assetto – Portate di riferimento a monte del tratto arginato classificato

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Marzeno	57	Faenza monte confluenza Lamone	233.8	265

Per il tratto arginato classificato del fiume Lamone, 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. 26 Portata limite attuale e di progetto del tratto arginato del fiume Lamone

ID	Tratto	Q limite attuale (m ³ /s)	Q limite progetto (m ³ /s)
1	Da monte a incrocio Via Sarna/Via Verità	180	180
2	Da incrocio Via Sarna/Via Verità a Ponte Rosso	180	180
3	Da Ponte Rosso a Ponte SS9 Via Emilia	180	180
4	Da Ponte SS9 Via Emilia a Ponte delle Grazie	540	540
5	Da Ponte delle Grazie a Ponte Via Rosselli	720	720
6	Da Ponte Via Rosselli a Ponte FS Bologna-Ancona	720	720
7	Da Ponte FS Bologna-Ancona a Ponte Autostrada A14	600	600
8	Da Ponte Autostrada A14 a Ponte Ravegnana	480	480
9	Da Ponte Ravegnana a CER	420	420
10	Da CER a Ponte SP20 Via Madrara	300	360
11	Da Ponte SP20 Via Madrara a Ponte FS Castelbolognese-Ravenna	240	360
12	Da ponte FS Castelbolognese-Ravenna a Ponte SP523 Via Albergone	420	420
13	Da Ponte SP523 Via Albergone a Passerella Traversara	360	360
14	Da Passerella Traversara a Ponte della Pace	360	360
15	Da Ponte della Pace a Ponte SS16 Adriatica	480	480
16	Da Ponte SS16 Adriatica a Ponte SP1 Via S. Alberto	480	480
17	Da Ponte SP1 Via S. Alberto a Ponte SS309 Romea Nord	420	420
18	Da Ponte SS309 Romea Nord a mare	420	420