



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 Marecchia e Ausa

Dicembre 2025



Metadata

Titolo	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Marecchia e Ausa
Descrizione	Il presente documento è la Monografia dei fiumi Marecchia e Ausa 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 Marecchia e Ausa
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_Marecchia_Ausa.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 Canabianco (D. Lgs.152/2006 art.64, c.1 lett. b, numeri da 2 a 7). Relazione generale; Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Relazione Tecnica.
Licenza	Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0) 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 Marecchia e Ausa, Versione 01 del 2025-12-10



Indice

1	Premessa	1
2	L'ambito fluviale in esame	2
3	Analisi morfologica	8
3.1	Fiume Marecchia	8
3.2	Torrente Ausa	9
4	Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento	11
5	La geometria del modello 2D	21
5.1	Caratteristiche plano-altimetriche e manufatti	21
6	Stima della capacità di portata nel tratto arginato	24
6.1	Le condizioni contorno	24
6.1.1.	Portate	24
6.1.2.	Condizioni di valle	24
6.2	Scabrezze	24
6.3	Simulazioni e risultati ottenuti	25
7	Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale	27
7.1	Le condizioni al contorno	27
7.1.1.	Portate	27
7.1.2.	Condizioni di valle	27
7.2	Scabrezze	27
7.3	Simulazioni e risultati ottenuti	27
7.3.1.	Evento T50	28
7.3.2.	Evento T200	31
7.3.3.	Evento T500	33
7.4	Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento	33
7.4.1.	Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato	34
7.4.2.	Tratto arginato di pianura	34
7.5	Scenari di rotta arginale	37
8	Linee di assetto	38
8.1	L'assetto del fiume Marecchia	38
8.2	Valutazioni su eventi di piena superiori a quello di riferimento	39
8.3	Quadro degli interventi	39
8.4	Valutazioni dei franchi dei ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto	40
9	Portate di piena di riferimento	42

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 Marecchia e al torrente Ausa. Nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, il fiume Marecchia è stato analizzato per il tratto compreso tra Molino di Bascio alla città di Rimini, circa 58 km, mentre il torrente Ausa da Dogana, curazia della Repubblica di San Marino, alla confluenza con il Marecchia a Rimini.

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 Marecchia, tra la confluenza del Senatello e la foce, per una lunghezza complessiva di circa 52 km; per il torrente Ausa, da Dogana alla confluenza in Marecchia, per una lunghezza complessiva di circa 16 km.

2 L'ambito fluviale in esame

L'asta principale del Marecchia prende origine nei pressi del comune di Badia Tedalda (AR) e numerosi torrenti vi confluiscono procedendo verso valle.

Per gran parte del percorso l'alveo del Marecchia ha un andamento pluricursale all'interno dei depositi alluvionali che sono particolarmente abbondanti nel segmento a monte del ponte di Santa Maria Maddalena, per un breve tratto a monte di Ponte Verucchio e, in misura meno rilevante, da 2 chilometri a monte del ponte di Santarcangelo di Romagna alla foce. Per alcuni chilometri a valle di Ponte Verucchio, invece, l'alveo inciso è profondamente incassato nel substrato argilloso sottostante con punte di incisione dell'ordine di 10 – 12 m. Ciò è conseguenza delle massicce escavazioni di inerti effettuate fino agli inizi degli anni '80 che in alcuni punti hanno sottratto l'intero strato lapideo originariamente presente, nonché del ridotto apporto di materiale solido proveniente da monte arrestato in grossa misura dalle opere trasversali (briglie).

Nel tratto finale di pianura il fiume Marecchia riceve le acque del torrente Ausa, il cui corso naturale è artificialmente deviato poco prima dell'autostrada A14. Il torrente Ausa prende origine presso i rilievi del centro abitato di San Marino e prima dell'immissione in Marecchia riceve le acque dalla F.ssa Budriale e dalla Zonara Masiere.

L'immissione in Adriatico avviene in corrispondenza della città di Rimini. Per ovviare all'insufficiente capacità dell'alveo storico nell'attraversamento del centro cittadino, fu realizzato in sinistra idraulica, con partenza a valle del nuovo tracciato della SS16, un canale artificiale (Deviatore Marecchia) con sbocco a mare. Il Deviatore Marecchia è diventato il percorso principale, mentre l'alveo storico – porto canale contribuisce al deflusso dei soli eventi di piena più gravosi.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Badia Tedalda, Casteldelci, Coriano, Maiolo, Novafeltria, Pennabilli, Poggio Torriana, Rimini, San Leo, Sant'Agata Feltria, Santarcangelo di Romagna, Talamello, Verucchio.

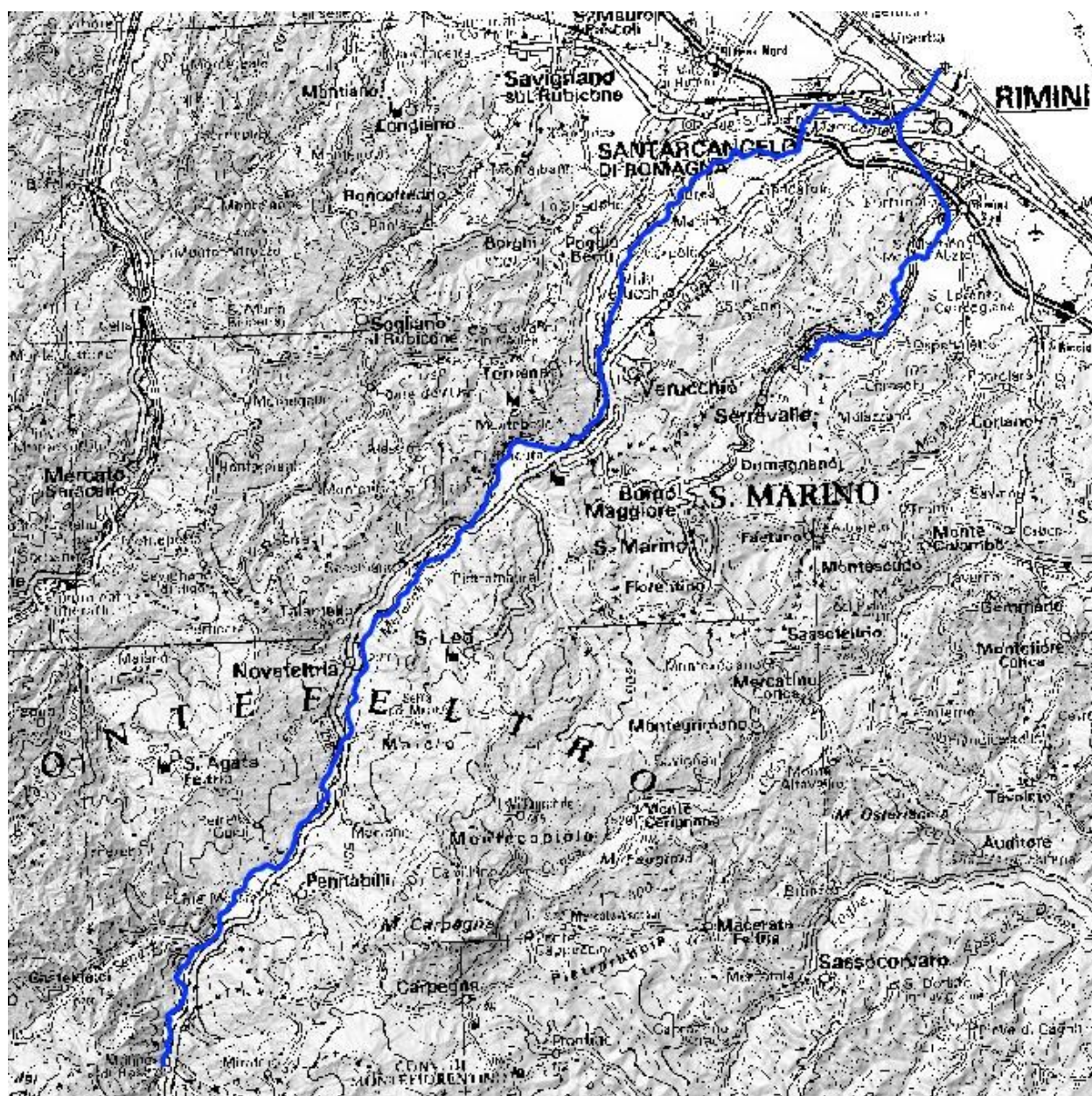


Fig. 1 Inquadramento complessivo del tratto oggetto di studio

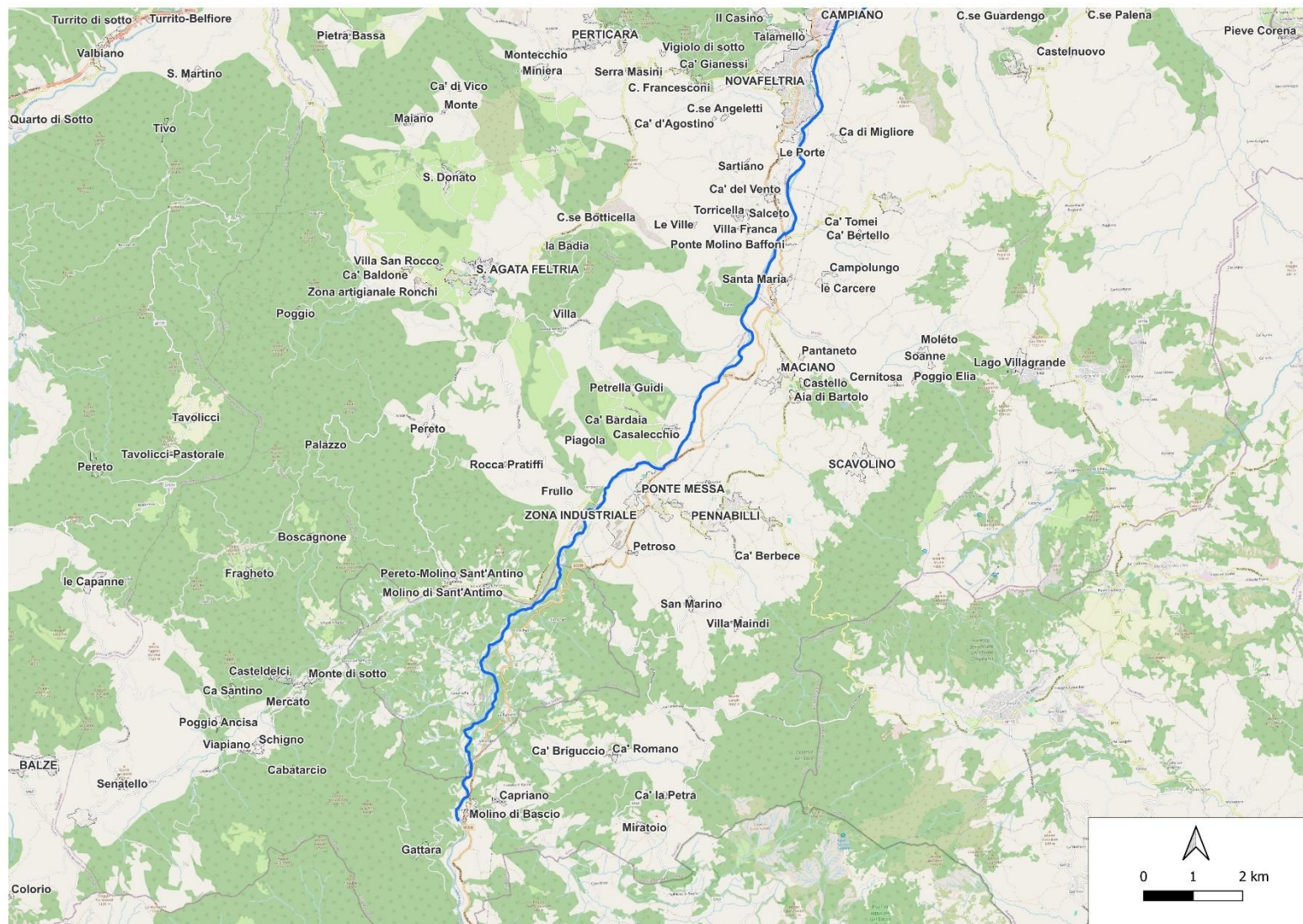


Fig. 2 Inquadramento cartografico ambito di studio fiume Marecchia: da Molino di Bascio a Campiano

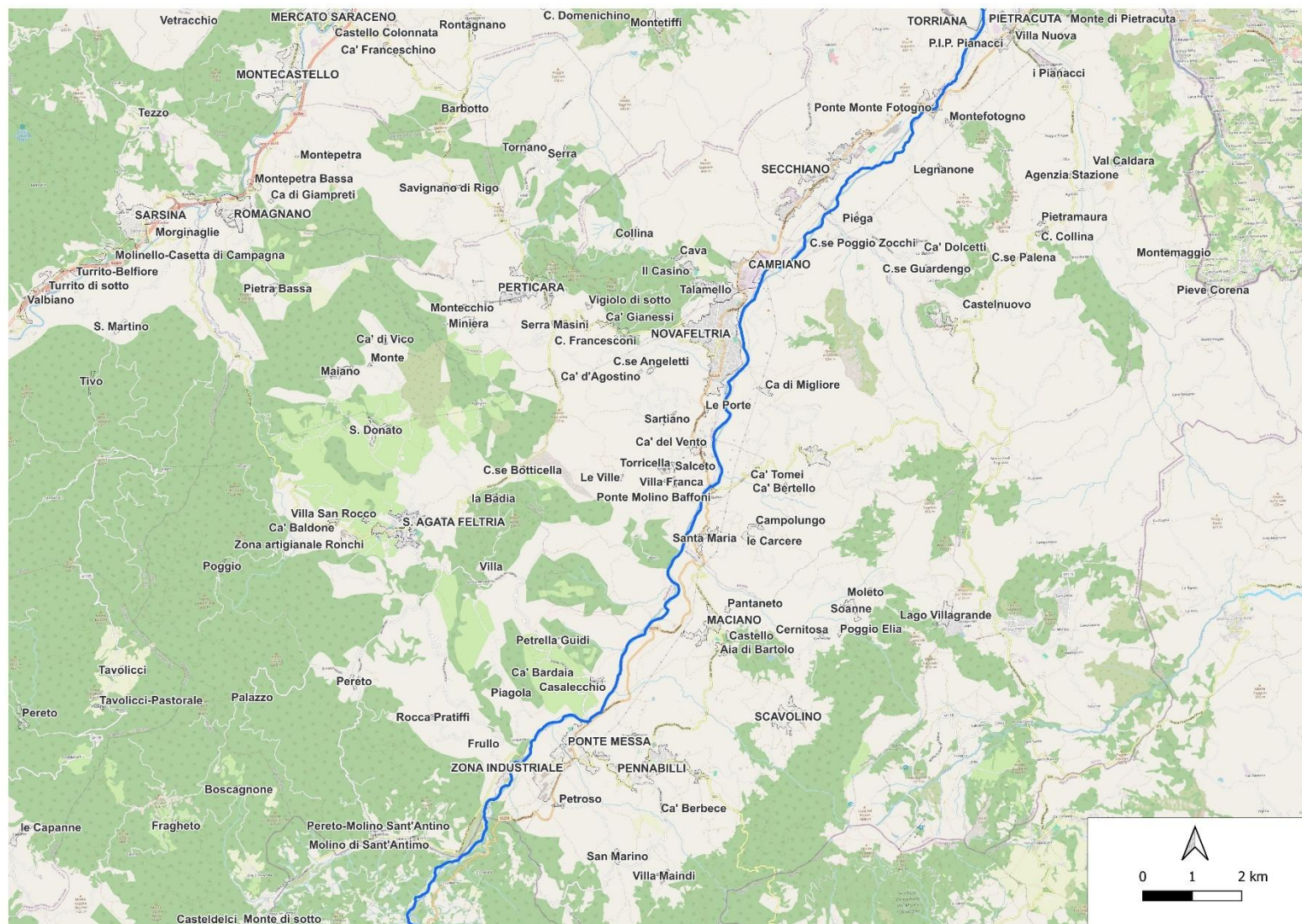


Fig. 3 Inquadramento cartografico ambito di studio fiume Marecchia: da Ponte Messa a Torriana

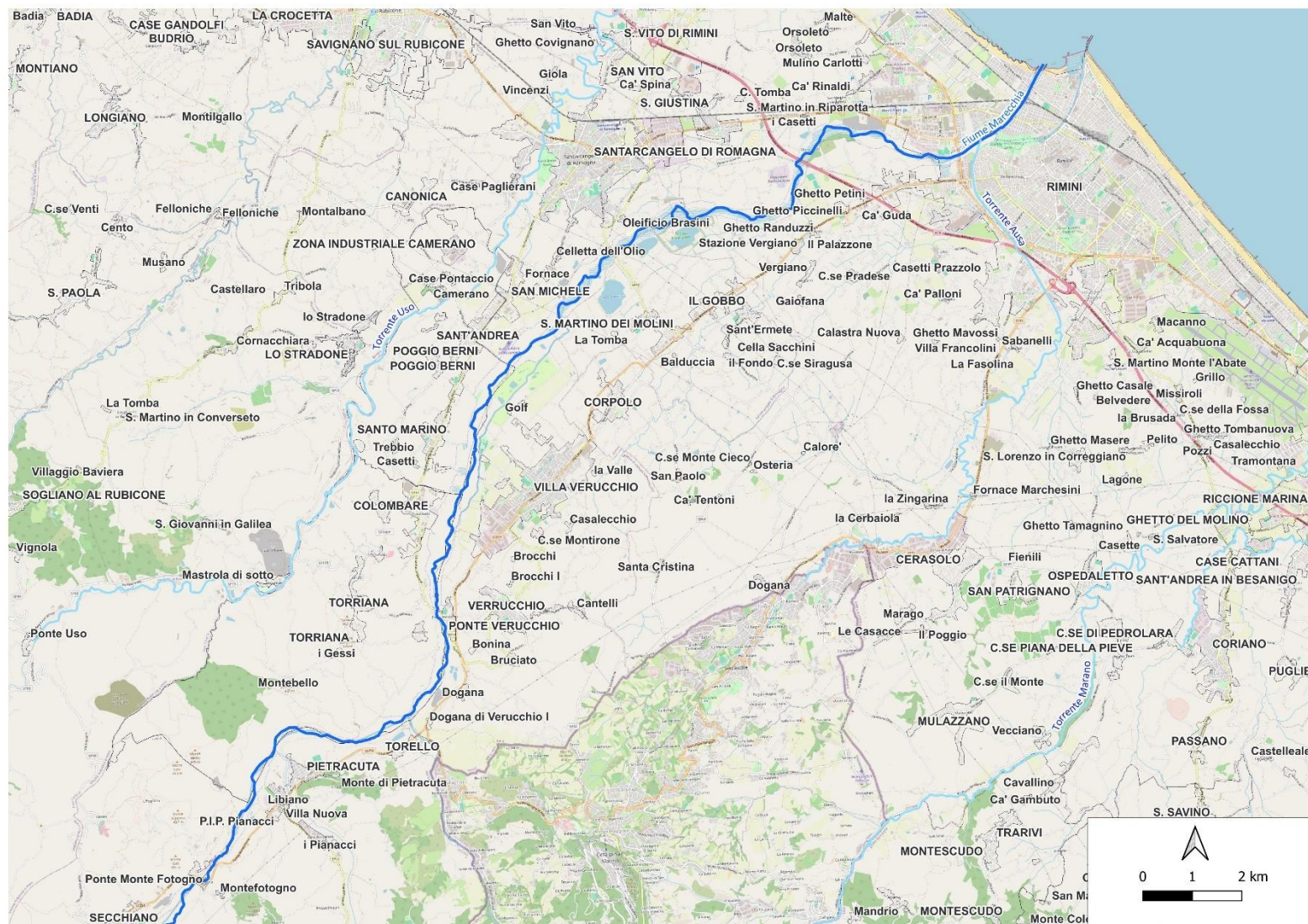


Fig. 4 Inquadramento cartografico ambito di studio fiume Marecchia: da Secchiano alla foce

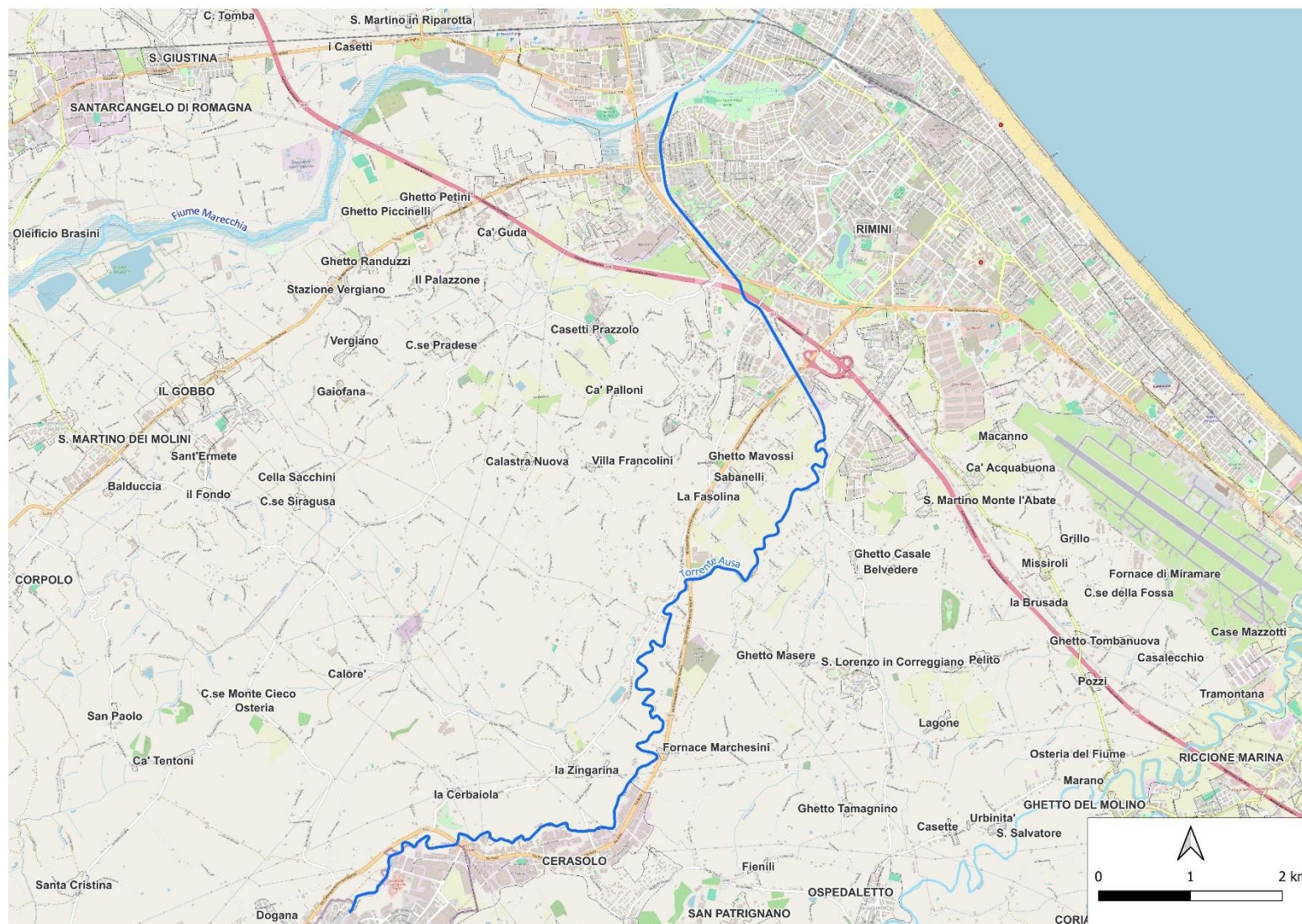


Fig. 5 Inquadramento cartografico ambito di studio torrente Ausa: da Cerasolo alla confluenza nel Marecchia

3 Analisi morfologica

3.1 Fiume Marecchia

Il tratto di fiume Marecchia oggetto di analisi morfologica da località Molino di Bascio (ponte di Gattara) fino alla foce, per una lunghezza di circa 53 km.

Il fiume nasce nel territorio della Regione Toscana ed il primo tratto si sviluppa in ambito prevalentemente montano, con un percorso confinato fra versanti relativamente acclivi che comunque ha permesso al corso d'acqua di divagare planimetricamente in epoca storica, come visibile nell'immagine successiva in cui è rappresentata la variazione planimetrica degli alvei storici a monte della confluenza con il Senatello.

A valle della confluenza con il Senatello la fascia di mobilità storica rimane ancora abbastanza ampia interessando in sinistra idraulica la viabilità di fondovalle della SP76.

A valle di Ponte Messa l'alveo si stringe così come la fascia di mobilità storica fino all'altezza di Novafeltria dove il fiume torna ad allargarsi e l'alveo torna ampio e con una configurazione a canali intrecciati.

L'abitato urbanizzato di Novafeltria, nella parte più prossima all'asta fluviale, interessa molto da vicino l'areale del fiume con la fascia di mobilità che l'ambisce la zona est del centro cittadino.

Proseguendo verso valle anche in corrispondenza di Secchiano la fascia di mobilità è ancora ampia e interessa le infrastrutture presenti nelle aree più a ridosso del fiume, in particolare la zona sportiva, con la possibilità che possano essere raggiunte in occasione di piene con tempi di ritorno elevati come accaduto in occasione dei recenti eventi alluvionali.

In località Ponte Santa Maria Maddalena il fiume subisce un restringimento e si incassa per un breve tratto per poi riallargarsi all'altezza della curva di Pietracuta, località a valle della quale l'alveo alterna tratti più ampi a tratti in cui la larghezza diminuisce.

In tutto il tratto montano e fino alle porte di Rimini il fiume è caratterizzato da un alveo IGM di primo impianto (1860-1895) costantemente più ampio degli alvei più recenti, indice di una tendenza all'abbassamento e al conseguente restringimento progressivo della sezione fluviale che si è manifestata nel tempo e che in alcuni tratti, come a valle di Ponte Verucchio, risulta particolarmente evidente.

A valle di Ponte Verucchio l'alveo attuale mantiene una larghezza abbastanza contenuta per poi riallargarsi nel tratto a monte e valle del tracciato autostradale dell'A1 per poi arrivare in corrispondenza del deviatore Marecchia dove il fiume è contenuto all'interno di un sistema arginale a protezione della città di Rimini.

Le tendenze evolutive dell'alveo evidenziano alcune sponde in arretramento nel tratto montano di limitata estensione che non destano particolari preoccupazioni nei tratti maggiormente confinati. I primi tratti di sponda con tassi di arretramento maggiore si registrano in corrispondenza dell'abitato di Secchiano. Proseguendo verso valle tutto il tratto a valle di Ponte Verucchio è caratterizzato da vari tratti di sponda con tassi di arretramento variabili.

Le opere rilevate durante i sopralluoghi in campo si limitano a qualche difesa spondale, qualche pennello trasversale e alcune briglie di fondo a volte parzialmente danneggiate per il tratto montano. Nel tratto di pianura a monte di Rimini sono invece presenti alcune difese laterali e pennelli trasversali e il sistema arginale continuo a protezione dell'abitato.

L'analisi morfologica ha portato a suddividere il fiume in tre segmenti differenti determinati dal cambio di unità fisiografica. A loro volta i 3 segmenti sono stati suddivisi in 16 tratti omogenei complessivi di cui 12 per il primo segmento, 2 tratti per il secondo segmento e 2 tratti per il segmento finale.

Le valutazioni relative alla qualità morfologica del corso d'acqua hanno portato a valori complessivamente elevati o buoni per tutto l'ambito collinare indicativamente fino alle porte di Rimini. Solo l'ultimo tratto, in ambito sostanzialmente urbano, risulta di qualità solo moderato-sufficiente e scarso nel tratto terminale.

I recenti eventi alluvionali hanno determinato lungo il percorso del Marecchia locali allagamenti nelle aree più prossime al corso d'acqua con estensione comunque limitata. A Rimini è stata interessata l'area del Parco del Marecchia in centro alla città con superamento della soglia di attivazione del vecchio tracciato del fiume.

Il confronto fra i DTM RER 2024 e DTM 2009 evidenzia l'evoluzione di un alveo a canali intrecciati con depositi ed abbassamenti che si spostano da un lato all'altro dell'alveo.

Il tratto immediatamente a valle di Ponte Verucchio evidenzia invece il notevole abbassamento che si è manifestato in questi ultimi anni con la formazione del profondo canyon che caratterizza oggi questo tratto di fiume.

Il tratto terminale immediatamente a valle del tracciato autostradale è invece caratterizzato da zone di deposito in destra idraulica abbastanza estese.

3.2 Torrente Ausa

Il tratto di torrente Ausa oggetto di studio parte da località Dogana fino alla confluenza con il fiume Marecchia, per una lunghezza di circa 15 km.

Nella prima parte il corso d'acqua scorre in area collinare per poi immettersi nell'ambito di alta e bassa pianura fino alla confluenza in Marecchia. Nel settore collinare il torrente Ausa presenta un alveo di tipo sostanzialmente monocursale con andamento sinuoso; qui il torrente corre a fianco dell'abitato di Cerasolo e di Fornace Marchesini, successivamente non attraversa o costeggia altri centri abitati, fino al tratto terminale artificiale che scorre all'interno dell'abitato di Rimini.

In questi ultimi chilometri, a valle del punto in cui il torrente è stato deviato dal suo alveo naturale poco prima del tracciato dell'autostrada A14, l'Ausa risulta completamente canalizzato ed il percorso assume una configurazione con andamento rettilineo in direzione nord fino all'immissione in Marecchia.

L'analisi dell'evoluzione storica dell'alveo mette in evidenza una modesta mobilità che ha interessato il torrente nel corso del tempo, soprattutto per quel che riguarda la parte iniziale del tratto oggetto di studio con l'alveo che si è spostato sia in destra che in sinistra idraulica sempre però con spostamenti inferiori a poche decine di metri e quindi con una fascia di mobilità relativamente ristretta.

Si possono comunque notare modesti spostamenti a monte di Cerasolo con tratti in cui il fiume scorreva più spostato in destra idraulica in zone oggi parzialmente occupate da aree artigianali e industriali che negli eventi recenti sono state oggetto di fenomeni di allagamento.

Naturalmente il tratto terminale canalizzato a valle della deviazione realizzata tra la fine degli anni Sessanta e gli inizi degli anni Settanta non ha subito variazioni planimetriche essendo stato totalmente artificializzato.

Quanto evidenziato trova quindi riscontro in una fascia di mobilità storica che risulta abbastanza contenuta lungo lo sviluppo del torrente e allo stesso tempo nelle tendenze evolutive del torrente con fenomeni erosivi che risultano di modesta entità.

Lungo il tratto considerato, nella parte precedente l'ambito canalizzato all'interno del centro urbano, sono state individuate alcune limitate difese spondali. Non sono presenti arginature se non nella parte terminale quando il torrente arriva in prossimità della confluenza in Marecchia.

In corrispondenza della zona artigianale di Cerasolo sono spesso presenti opere di contenimento laterale costituite da muri in c.a. a protezione delle aree degli insediamenti produttivi a diretto contatto con l'asta fluviale che bloccano la divagazione laterale del corso d'acqua.

Durante gli eventi di piena del 2023 e del 2024 si sono registrati limitati allagamenti in destra idraulica in località Cerasolo con interessamento delle aree artigianali.

L'analisi dell'indice qualità morfologica (IQM) ha portato, dal punto di vista gerarchico, alla suddivisione in 2 segmenti individuati dal cambio di unità fisiografica (collinare-pianura), di cui il primo a sua volta suddiviso in 5 tratti omogenei ed il secondo in altri 2 tratti omogenei.

Di questi 7 tratti solo i primi 5 presentano qualità buona o sufficiente, mentre gli ultimi 2, all'interno dell'ambito urbano presentano un grado di qualità morfologica di livello scarso o pessimo.

Il confronto fra i DTM RER 2024 e DTM 2009 MATTM evidenzia modeste variazioni avvenute negli ultimi 15 anni.

In corrispondenza dell'abitato di Cerasolo si può notare una tendenza all'abbassamento del fondo alveo in corrispondenza delle aree artigianali del paese effetto probabilmente indotto dalla canalizzazione determinata dalle difese laterali delle aree artigianali presenti.

4 Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento

Nel presente capitolo 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 dei fiumi Marecchia e Ausa, per eventi a differente frequenza probabile, sono riportate nelle tabelle seguenti:

Tab. 1 Portate di piena per il fiume Marecchia

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro ¹
Marecchia	Marecchia	13	Molino di Bascio	110	255	370	450	
Marecchia	Marecchia	46	Ponte Verucchio	455	740	1030	1235	Ponte Verucchio
Marecchia	Marecchia	68	Rimini SS16	530	820	1125	1360	Rimini SS16

Tab. 2 Portate di piena per il torrente Ausa

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro
Ausa	Ausa	4	Dogana	16,8	30	40	45	
Ausa	Ausa	15	Rimini Sud	54,7	75	105	130	
Ausa	Ausa	19	Confluenza nel Marecchia	72,5	95	135	160	

In Fig. 6 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

¹ Idrometri rete ARPAE 2025

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

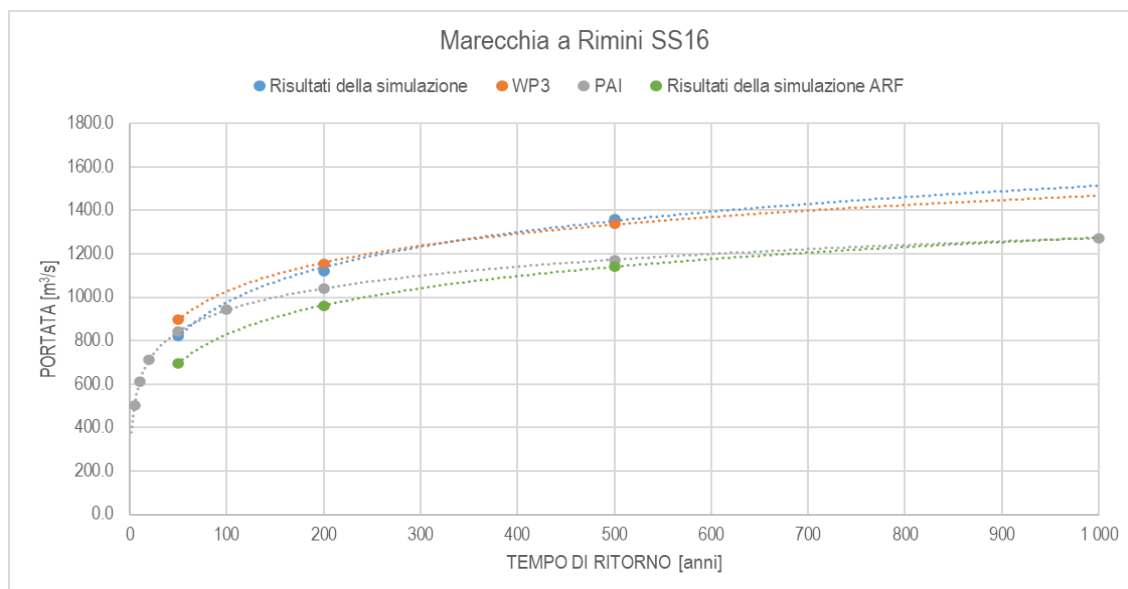


Fig. 6 Rimini SS16 - confronto portate al colmo con preesistente PAI e WP3

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 in Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 e Fig. 12.

Si osservi che le portate al colmo indicate in Tab. 1 e Tab. 2 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.

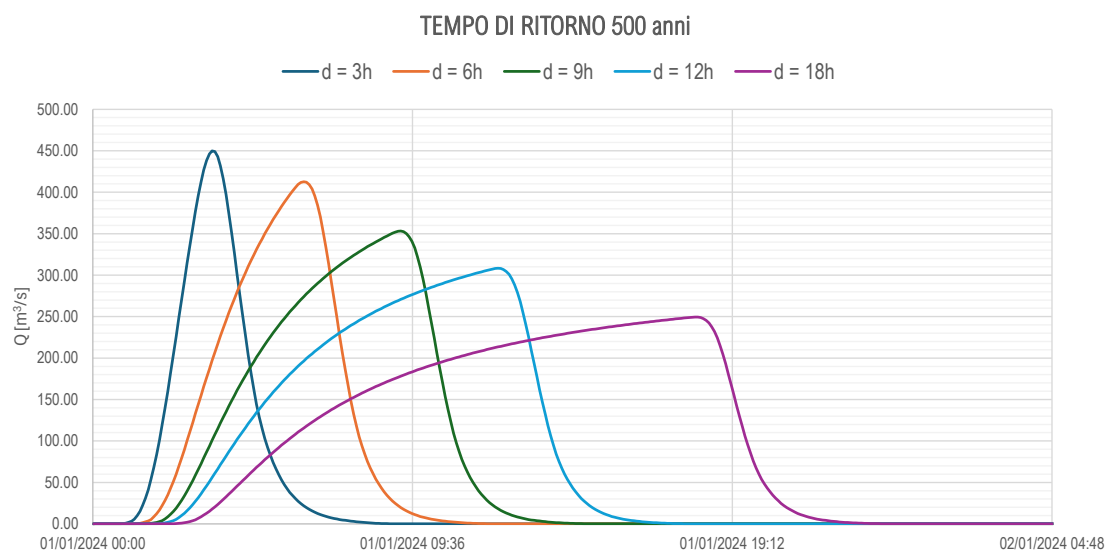
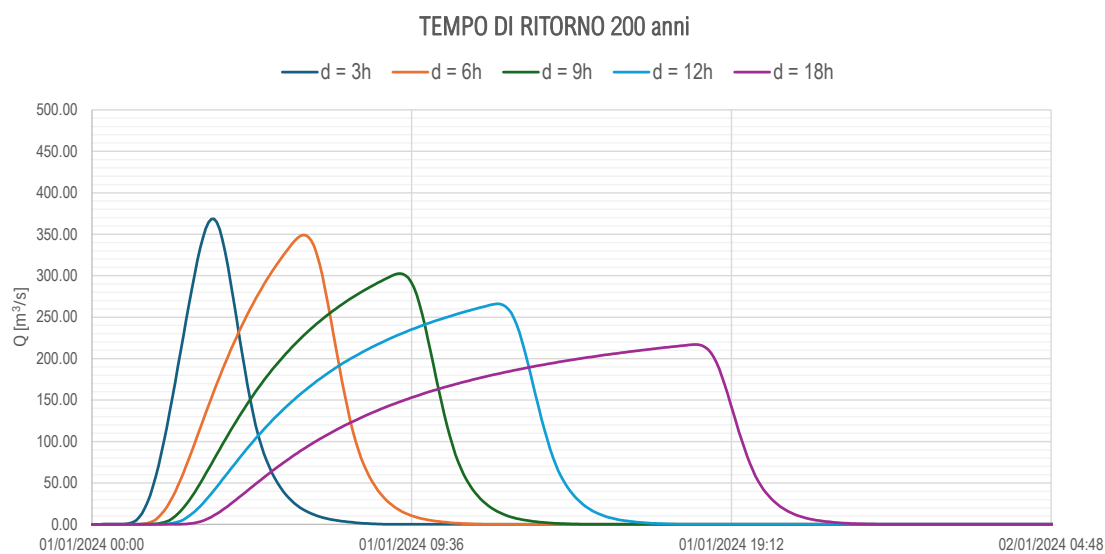
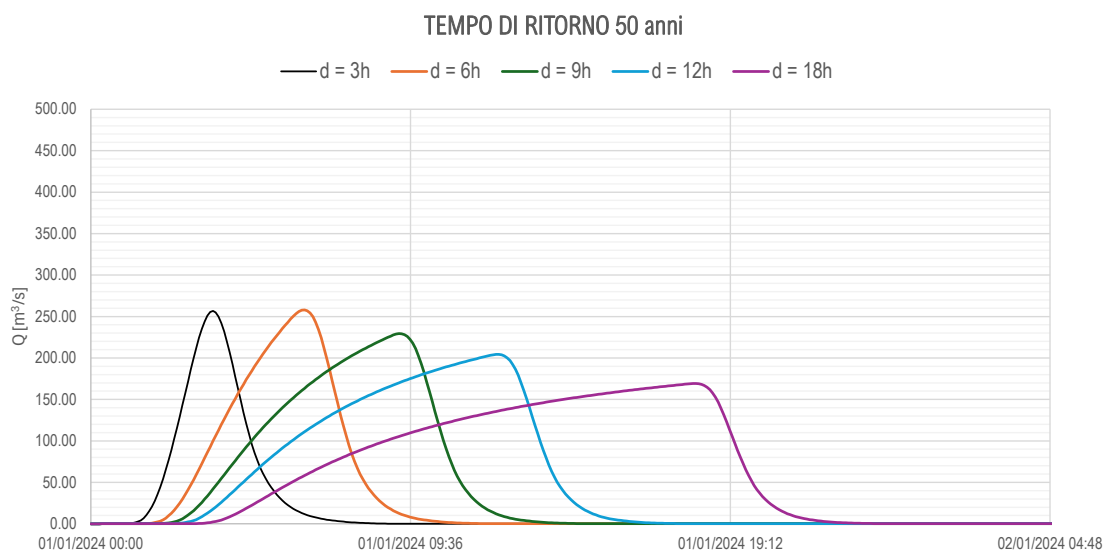


Fig. 7 Marecchia a Molino di Bascio: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

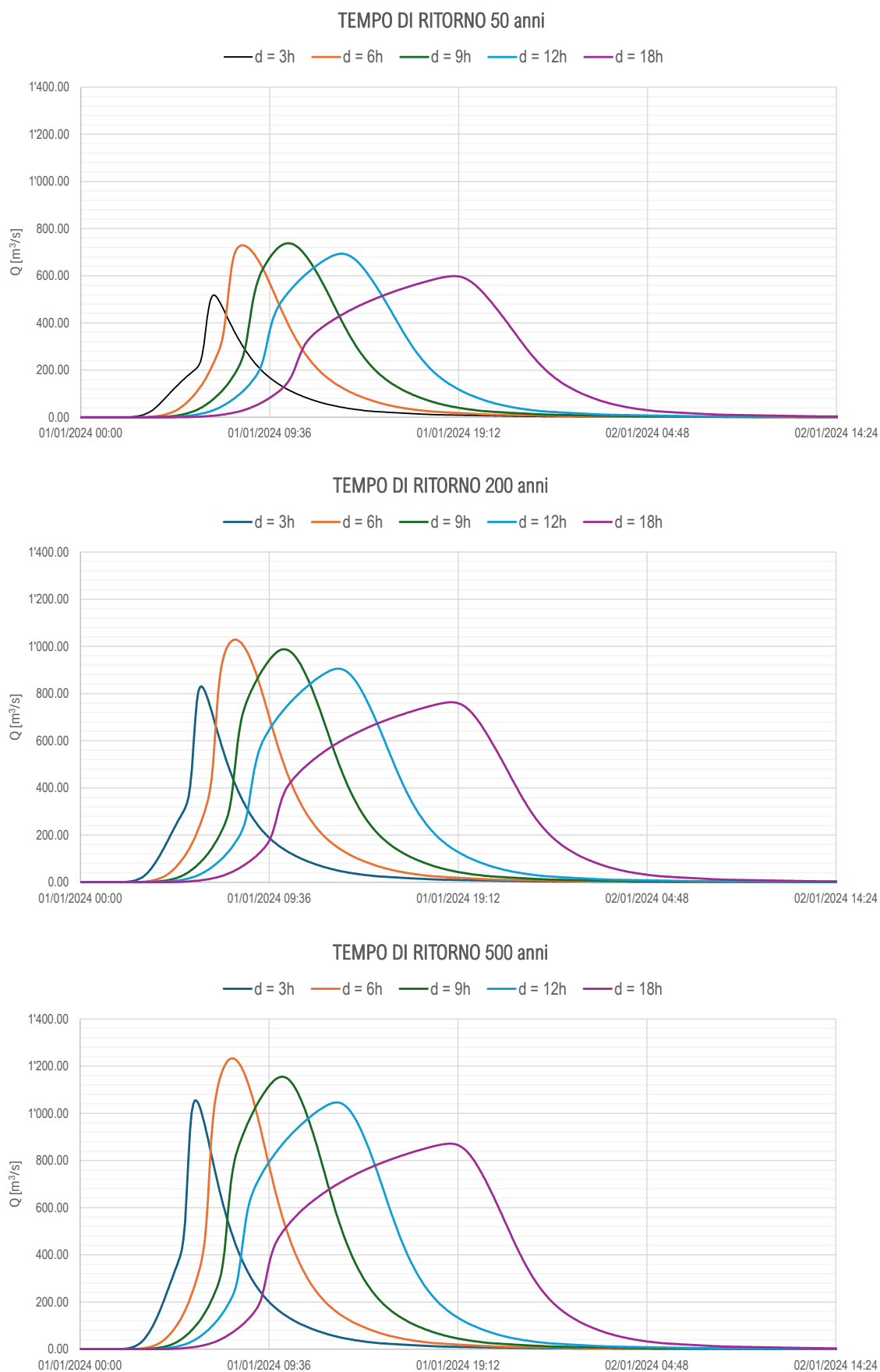


Fig. 8 Marecchia a Ponte Verucchio: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

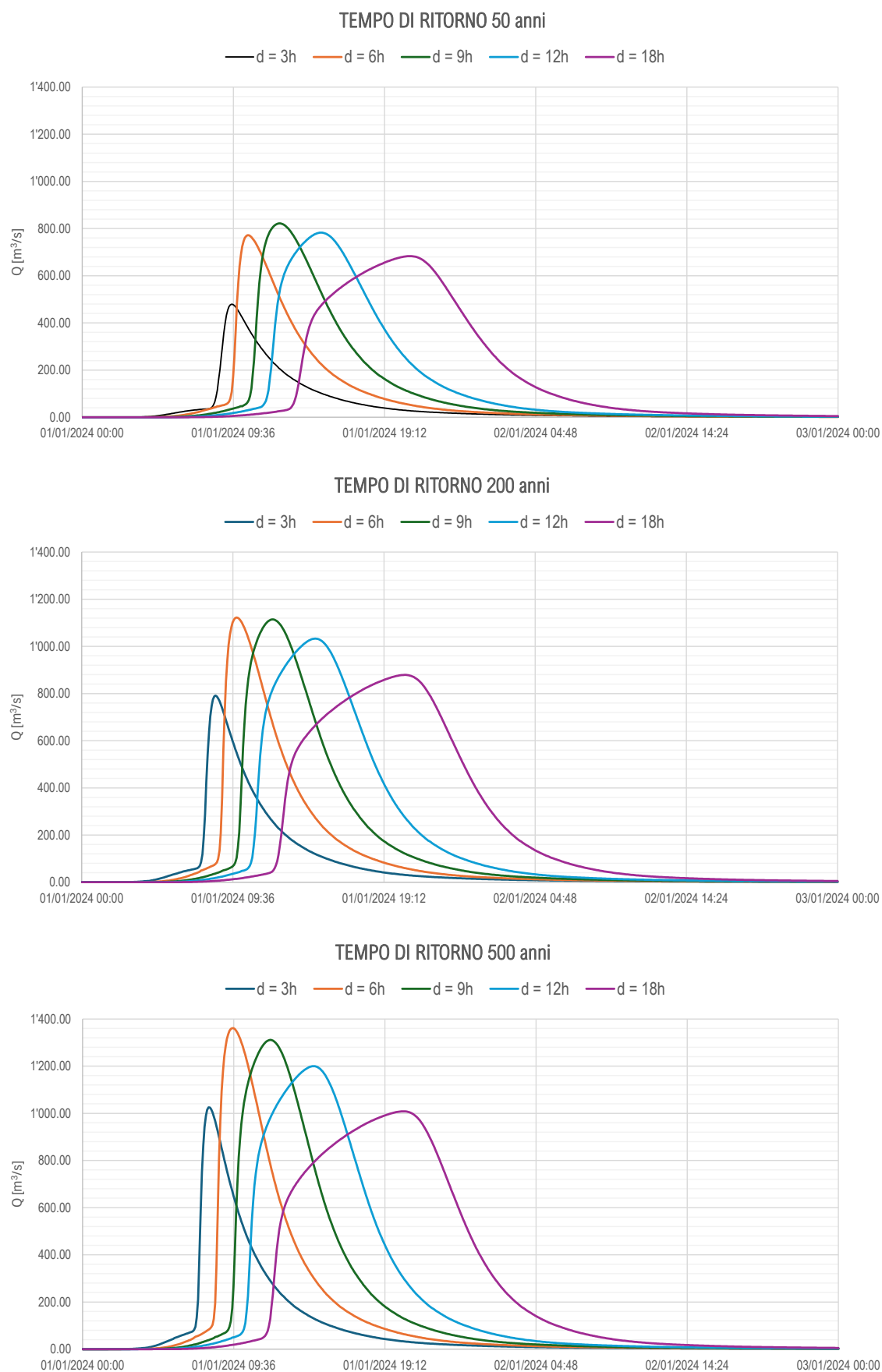


Fig. 9 Marecchia a Rimini SS16: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

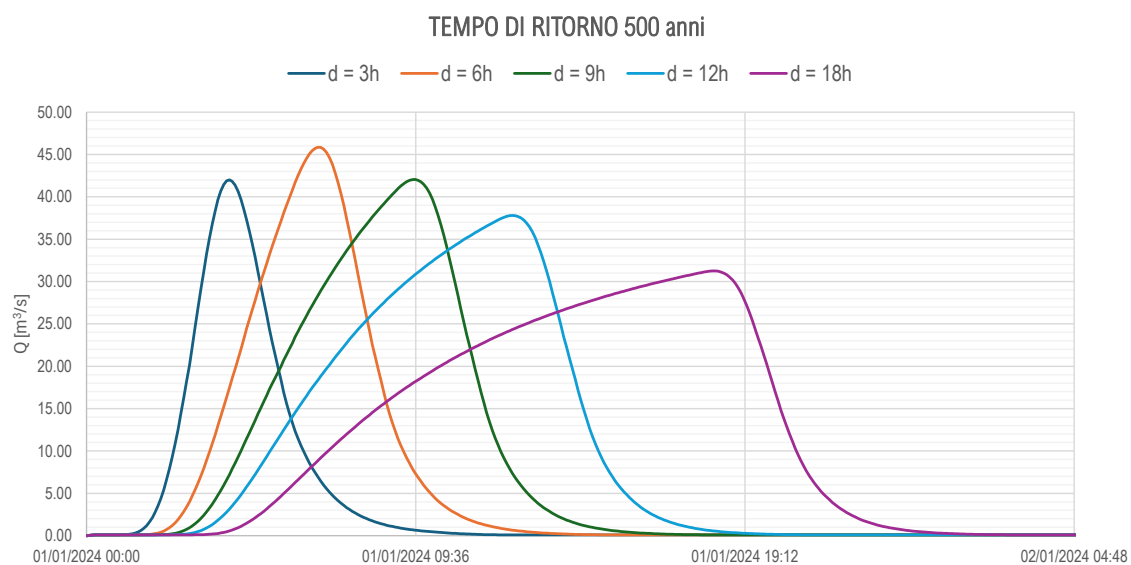
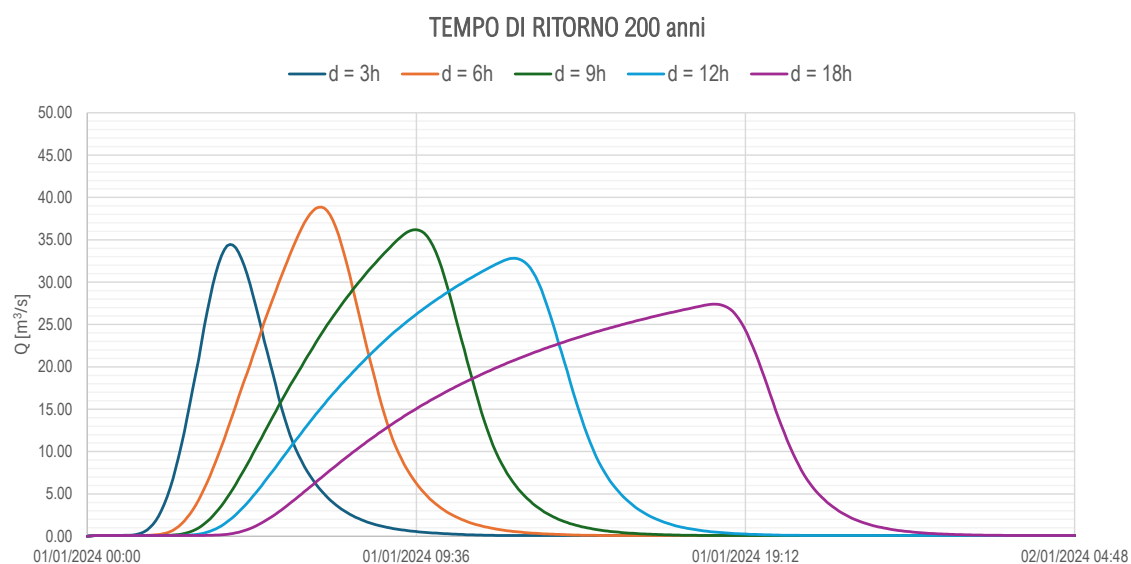
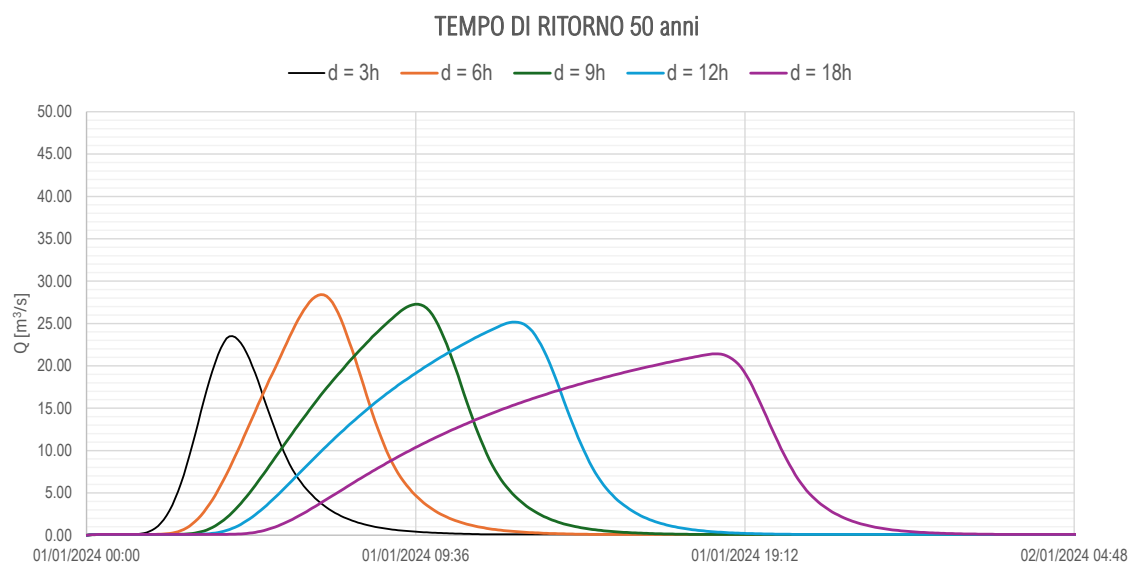


Fig. 10 Ausa a Dogana: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

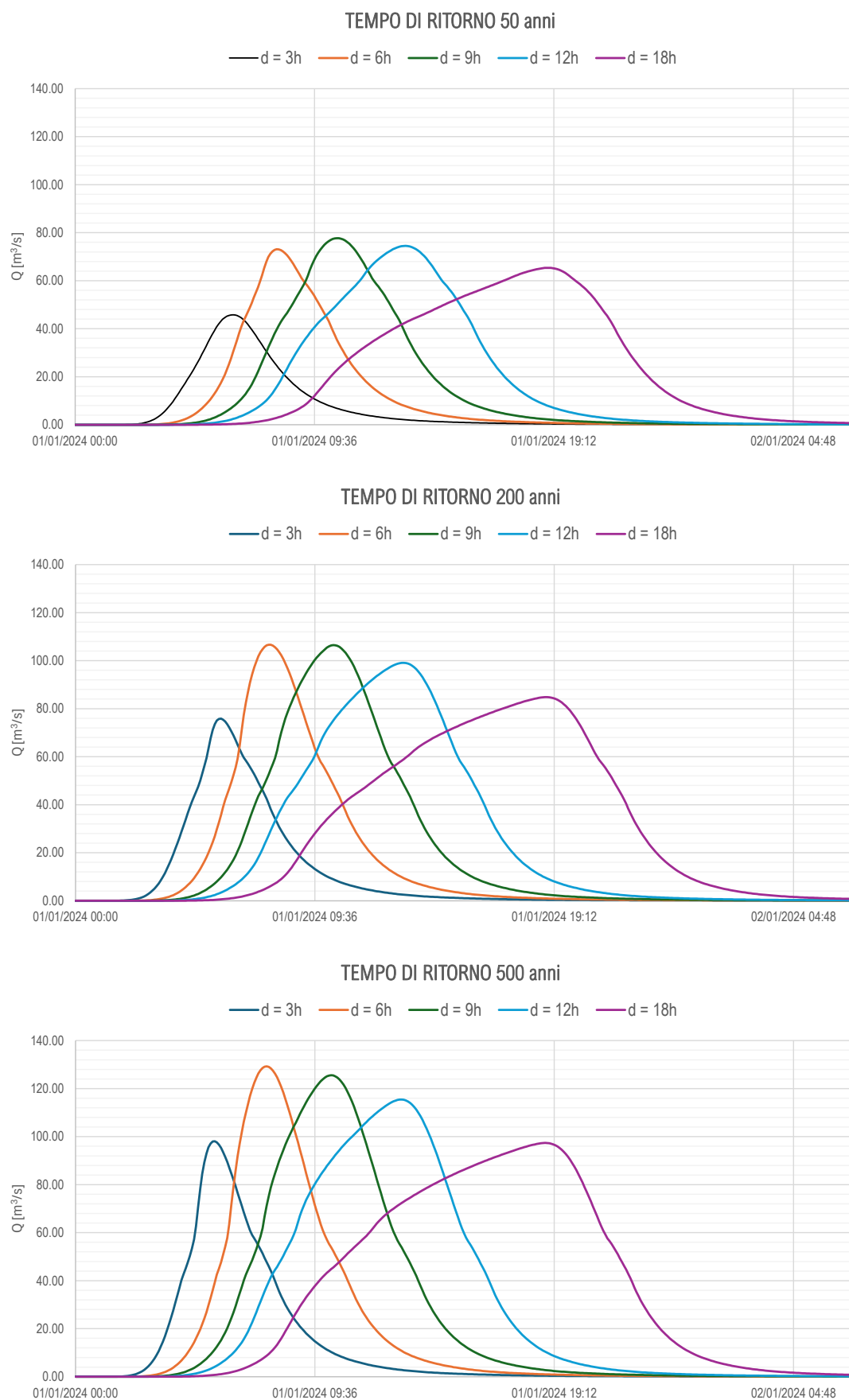


Fig. 11 Ausa a Rimini Sud: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

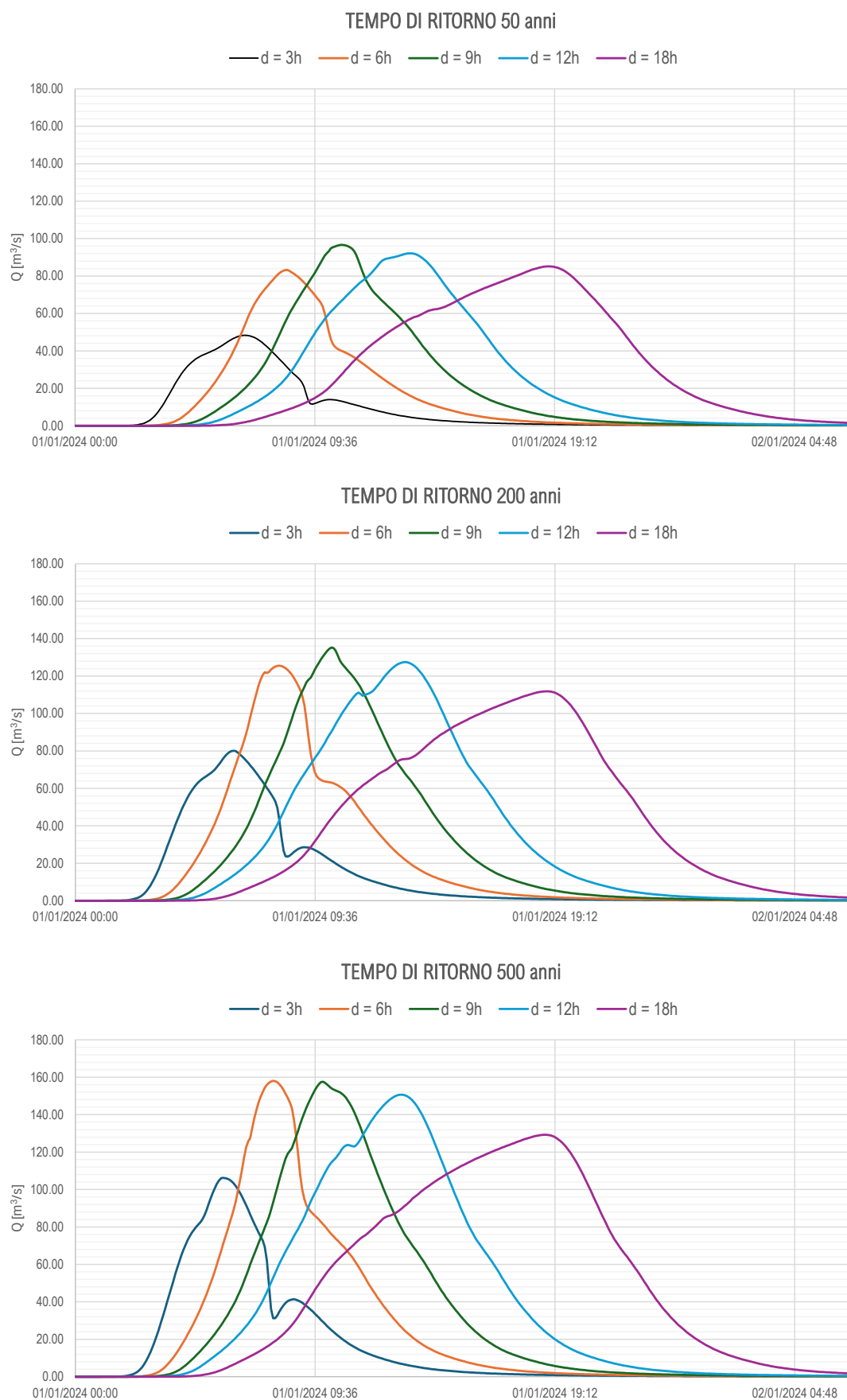


Fig. 12 Ausa alla confluenza con il Marecchia: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

Nell'ambito dell'analisi idrologica, è stata inoltre eseguita la ricostruzione degli idrogrammi di piena potenziali degli eventi gravosi più recenti (2023-2024).

In Fig. 13 e Fig. 14 è proposto il confronto, nelle diverse sezioni di chiusura del bacino, tra le portate massime idrologiche ottenute per i 4 eventi simulati e le portate di riferimento calcolate per i diversi tempi di ritorno nelle medesime sezioni.

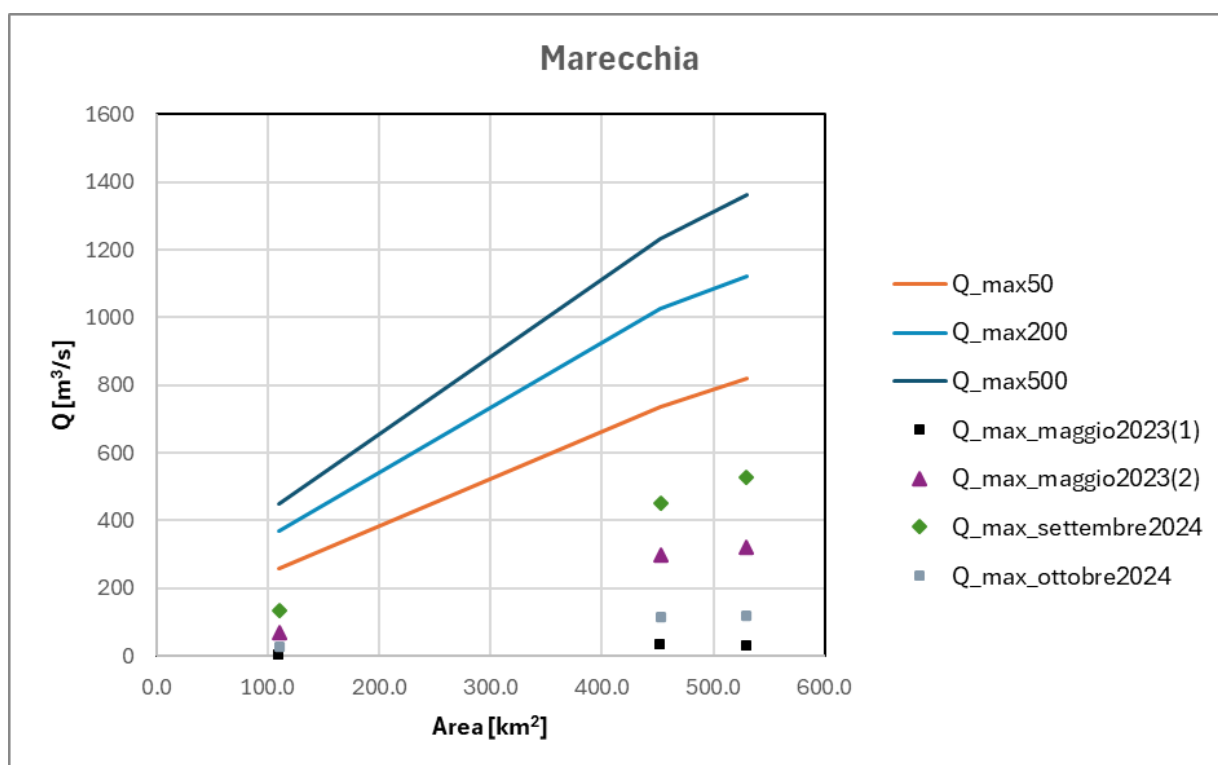


Fig. 13 Confronto tra le portate massime di riferimento con i valori massimi osservati nei più gravosi eventi recenti (2023-2024), in funzione dell'area contribuyente, per il bacino del F.Marecchia

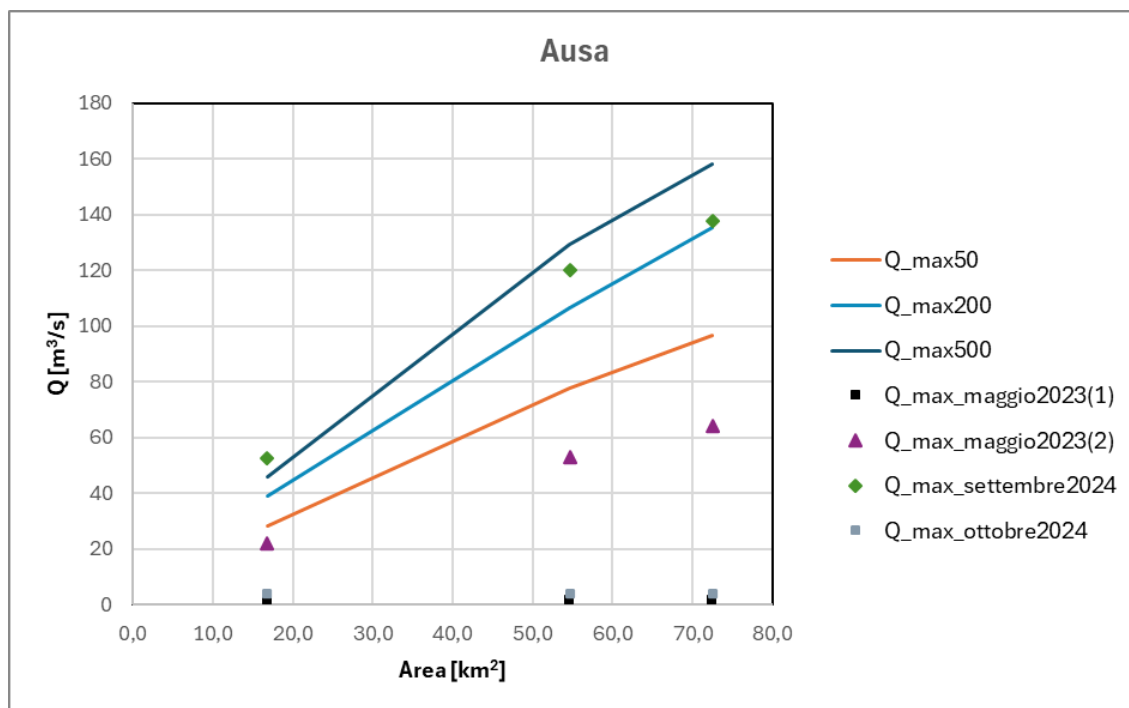


Fig. 14 Confronto tra le portate massime di riferimento con i valori massimi osservati nei più gravosi eventi recenti (2023-2024), in funzione dell'area contribuyente, per il bacino del T.Ausa.

Si osserva che nel report ARPAE la sezione Rimini SS16 è definita instabile; tuttavia, il modello idrologico restituisce dei valori coerenti con i dati misurati, riferibili a un range di portate relativamente elevate, per cui si è ritenuto l'idrometro affidabile per la taratura del modello idrologico. Durante gli eventi gravosi recenti (2023-2024) i livelli registrati hanno superato i massimi storici.

5 La geometria del modello 2D

5.1 Caratteristiche plano-altimetriche e manufatti

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

- lungo le aste fluviali, al DTM Agenzia Regionale Protezione Civile e Difesa del Suolo (periodo marzo - giugno 2024, https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtm_apc_fiumi_2024), per la parte montana dell'asta;
- per le aree di pianura, al DTM Regione Emilia-Romagna 2023-2024 (https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wcs/dtmrer2023_24);
- i limitati areali non interessati dai DTM citati sono stati coperti attraverso il DTM Piano Straordinario Telerilevamento Nazionale del Ministero dell'Ambiente (2008-2015).

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

Successivamente è stato prodotto un unico DTM ottenuto come unione dei due suddetti modelli digitali del terreno (batimetria e parte emersa); 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.

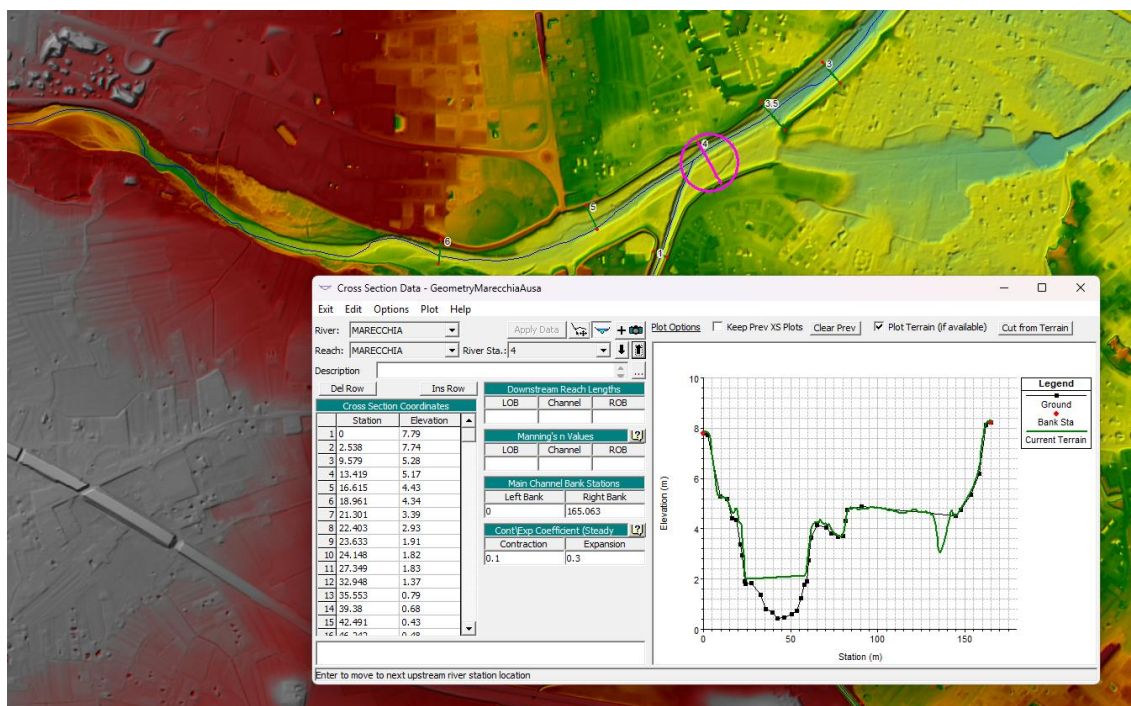


Fig. 15 DTM originale (verde) a confronto con una sezione batimetrica rilevata immediatamente a valle della confluenza con il T. Ausa

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. Le strutture interferenti con il corso d'acqua sono state implementate direttamente nella griglia di calcolo con l'apposita funzione modellistica SA/2D connection.

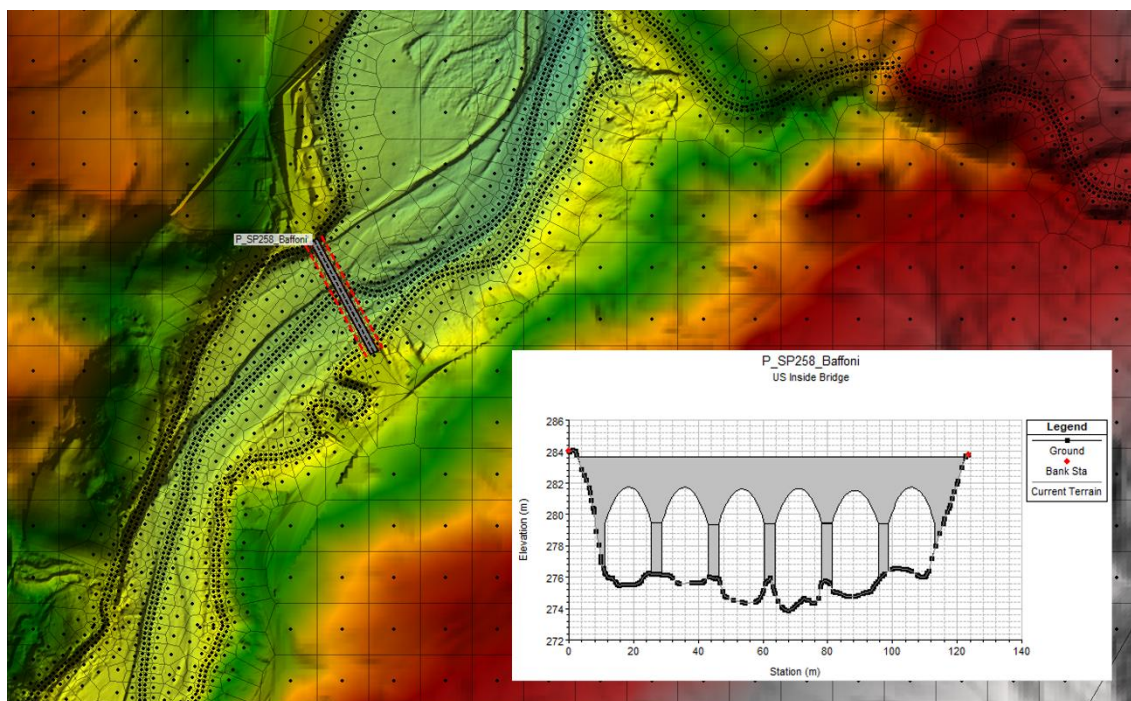


Fig. 16 Esempio geometria di un attraversamento

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.

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 50 m x 50 m; con l'inserimento delle breakline di dettaglio, il dominio di calcolo è passato a celle di risoluzione 4 m x 4 m nei punti in cui si è ritenuto necessario aumentare la discretizzazione per cogliere il dettaglio delle discontinuità morfologiche del terreno con particolare interesse alle zone in prossimità delle viabilità, arginature, rialzi morfologici e canali. Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D è di 242558.

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 dal ponte della statale SS16 fino al mare per quanto riguarda il Marecchia e per l'Ausa del tratto lungo il canale deviatore fino alla confluenza con il Marecchia stesso. 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 (800 m³/s) di un valore stimato a partire dal 30% (Q200-Q50).

Le portate simulate per il Marecchia sono indicate in Tab. 3 e per l'Ausa in Tab. 4.

Si è considerato un unico modello con le due aste e il tratto a valle della confluenza fino alla foce; quindi, per valutare la portata limite a monte della confluenza sono state applicate alternativamente le portate costanti a monte.

Tab. 3 Portate moto permanente Marecchia

Q (m ³ /s)	400	500	600	700	800	900	1000	1150
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Tab. 4 Portate moto permanente Ausa

Q (m ³ /s)	80	90	100	110	120	135
-----------------------	----	----	-----	-----	-----	-----

6.1.2 Condizioni di valle

Il modello implementato per la valutazione della capacità dei tratti arginati comprende l'asta del fiume Marecchia tra il tratto a monte del ponte della SS16 e la foce e l'asta del fiume Ausa lungo il deviatore fino alla confluenza nel Marecchia. La condizione al contorno di valle del modello è stata posta considerando un livello di pare pari a 1.25 m s.m. (media probabilità secondo lo studio "Approfondimento Tecnico Scientifico sui Quadri Conoscitivi in Ambito Costiero")³.

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.

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)

Tab. 5 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
Aree portuali	28,6
Prati stabili/Parchi	25,0
Rocce nude/Calanchi	25,0
Alvei di fiumi con vegetazione abbondante/Zone Umide salmastre	20,0
Seminativi semplici	20,0
Sistemi colturali complessi	17,2
Vigneti / Frutteti / oliveti	16,7
Strutture residenziali isolate / Ville	11,1
Cespuglieti e arbusteti	9,6
Insedimenti produttivi o commerciali / Tessuto residenziale rado / Impianti	8,7
Boschi	4,5
Tessuto residenziale urbano/ Tessuto residenziale compatto e denso	4,3

Inoltre, per verificare la sensibilità sul parametro, sono stati simulati due ulteriori scenari di scabrezza:

- scabrezza omogenea su intera sezione trasversale 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. 6 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).

Tab. 7 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti

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

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

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

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

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

Tab. 8 Portata compatibile fiume Marecchia – scenario scabrezza da uso del suolo

ID	Tratto	Q compatibile (m ³ /s)
1	SS16 - foce	800
2	San Martino in Riparotta – SS16	1000
3	Fiera di Rimini – San Martino in Riparotta	400
4	Autostrada – Fiera di Rimini	700

Tab. 9 Portata compatibile fiume Ausa – scenario scabrezza da uso del suolo

ID	Tratto	Q compatibile (m ³ /s)
1	Intero tratto analizzato	135

Per quanto riguarda i valori di portata compatibile ottenuti per il Marecchia è da tenere in considerazione la presenza del Deviatore Marecchia verso il Porto Canale a valle della SS16, dove è situato il Parco XXV Aprile; vista la sua funzione idraulica, la quota della sezione in corrispondenza del deviatore è più bassa della quota delle sezioni limitrofe e risulta sempre non verificata per le simulazioni effettuate.

7 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale

Le analisi in moto vario hanno interessato il fiume Marecchia da Molino di Bascio alla foce (circa 58 km) e il fiume Ausa da Dogana (San Marino) alla confluenza con il Marecchia (15 km).

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

7.1 Le condizioni al 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 Paragrafo 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, lato Marecchia, sono stati inseriti gli idrogrammi corrispondenti alla sezione di chiusura in corrispondenza di Molino di Bascio. Nel tratto compreso tra Molino di Bascio e Dogana di Verucchio è stato inserito il contributo dell'interbacino sotteso in modo distribuito e nel tratto successivo, la cui sezione finale è localizzata in corrispondenza della statale SS16, si è distribuito il contributo del sottobacino di valle.

Per quanto riguarda il fiume Ausa, a Dogana è stato applicato l'idrogramma concentrato calcolato in quella sezione e lungo i due sottobacini a valle è stata distribuita la portata dei sottobacini chiusi alle sezioni in corrispondenza di Grotta Rossa e di confluenza nel Marecchia.

7.1.2 Condizioni di valle

La condizione al contorno di valle del modello è stata posta considerando un livello di pare pari a 1.25 m s.m. (media probabilità secondo lo studio "Approfondimento Tecnico Scientifico sui Quadri Conoscitivi in Ambito Costiero")⁴.

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. 5 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 è stata indagata la 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.

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)

Per i 4 eventi recenti citati, nell'ambito dell'analisi idrologica sono stati comunque ricostruiti gli idrogrammi di piena (potenziali) lungo le aste oggetto di studio a partire dalle precipitazioni registrate dai pluviometri della rete gestita da ARPAE, nello specifico solo per l'evento di settembre 2024 durante il quale l'idrometro di Ponte Verucchio e quello della statale SS16 hanno registrato i livelli, gli idrogrammi sono stati tarati in modo da rappresentare lo specifico evento di piena con le simulazioni numeriche.

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 vigente che riprende la perimetrazione delle zone a rischio idrogeologico (art.9 del preesistente PAI), aree inondabili per eventi con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni;
- evento T200: perimetrazione P2 PGRA 2021;
- evento T500: perimetrazione Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile Evento 16-17 maggio.

I risultati della modellazione idraulica hanno mostrato che:

- per il torrente Ausa le durate critiche sono quelle di 6 e 9 ore;
- per la parte di monte del fiume Marecchia la durata critica è di 3 ore mentre lungo tutta la lunghezza dell'asta le durate critiche sono quelle pari a 6 e 9 ore.

Nel seguito sono sinteticamente illustrate le evidenze delle analisi eseguite relativamente ai tre tempi di ritorno indagati.

7.3.1. Evento T50

Per quanto riguarda il fiume Marecchia lungo il tratto tra Molino di Bascio e Verucchio i deflussi sono delimitati dai versanti senza interessare abitati o infrastrutture. Si osserva l'effetto del restringimento in corrispondenza del ponte lungo la provinciale SP258 in località Ponte Santa Maria Maddalena che provoca un rigurgito a monte, seppure senza coinvolgere i centri abitati limitrofi. In generale si osserva una buona corrispondenza tra le perimetrazioni P3 del PGRA 2021 e le simulazioni numeriche (Fig. 17).

A valle di Ponte Verucchio sono stati effettuati degli interventi in alveo inserendo 4 briglie per stabilizzare il fondo. Il Marecchia scorre in questo tratto senza esondare, mantenendosi all'interno delle fasce PAI preesistenti (Fig. 18).

Nel tratto terminale si osservano degli allagamenti dovuti all'esondazione del Porto Canale (Fig. 19).

Il fiume Ausa non presenta criticità lungo il suo corso (Fig. 20).

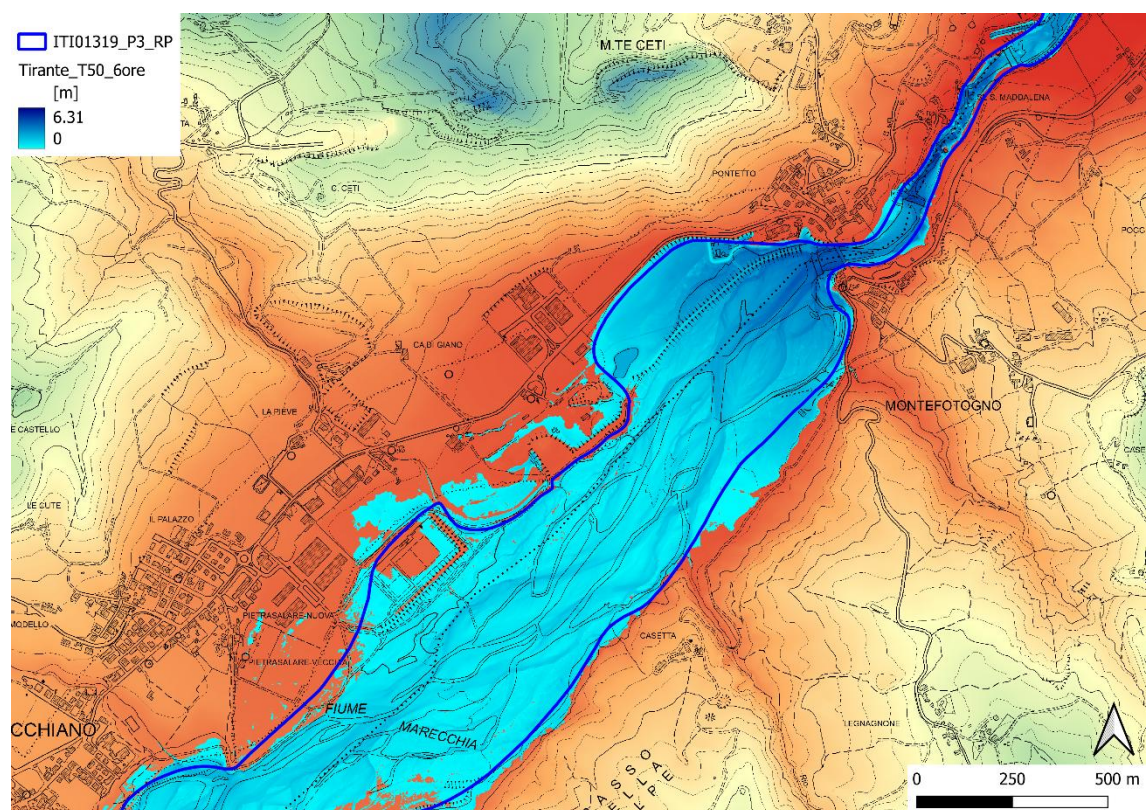


Fig. 17 T50: massimi tiranti a Ponte Santa Maria Maddalena e confronto con perimetrazioni P3 PGRA 2021

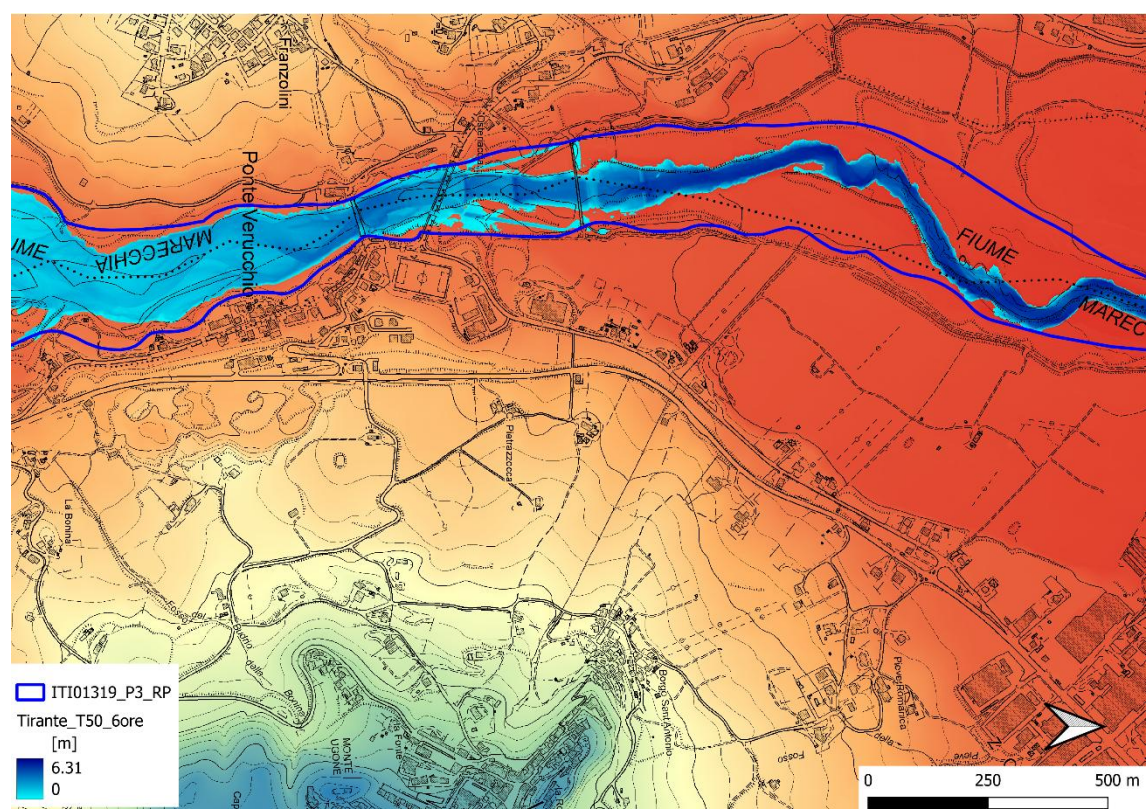


Fig. 18 T50: massimi tiranti a Verucchio e confronto con perimetrazioni P3 PGRA 2021

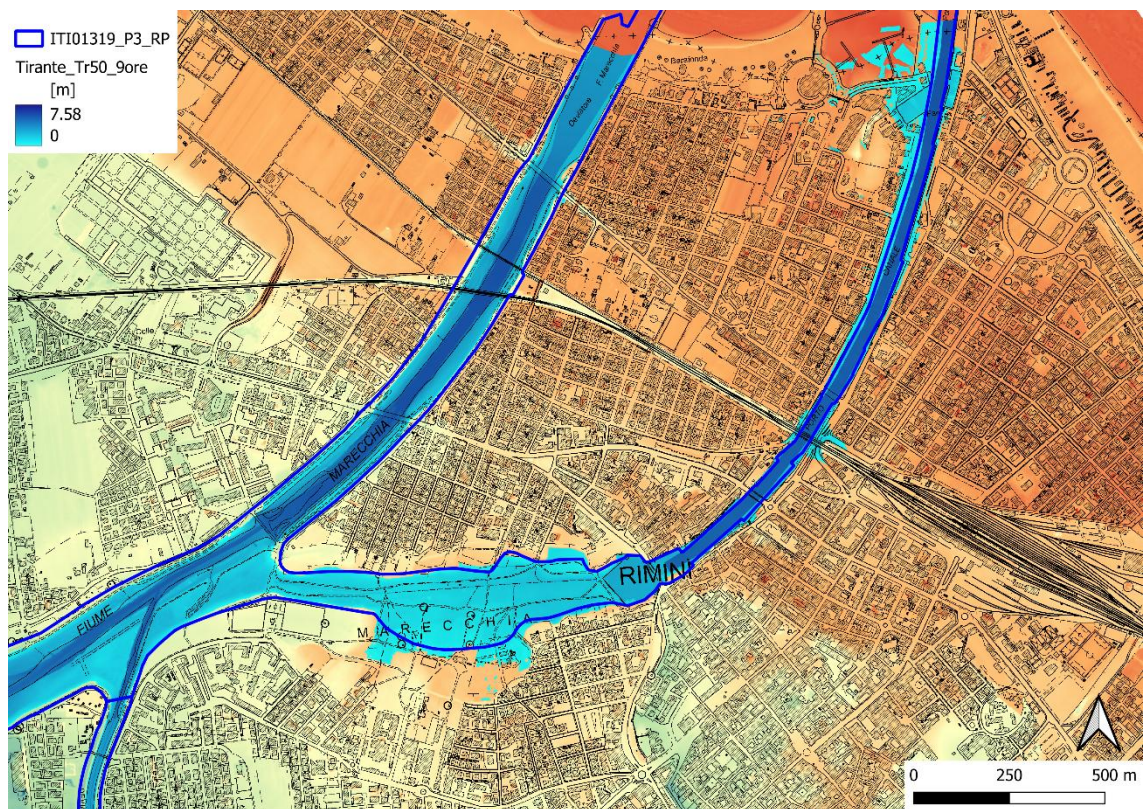


Fig. 19 T50: massimi tiranti alla foce e confronto con perimetrazioni P3 PGRA 2021

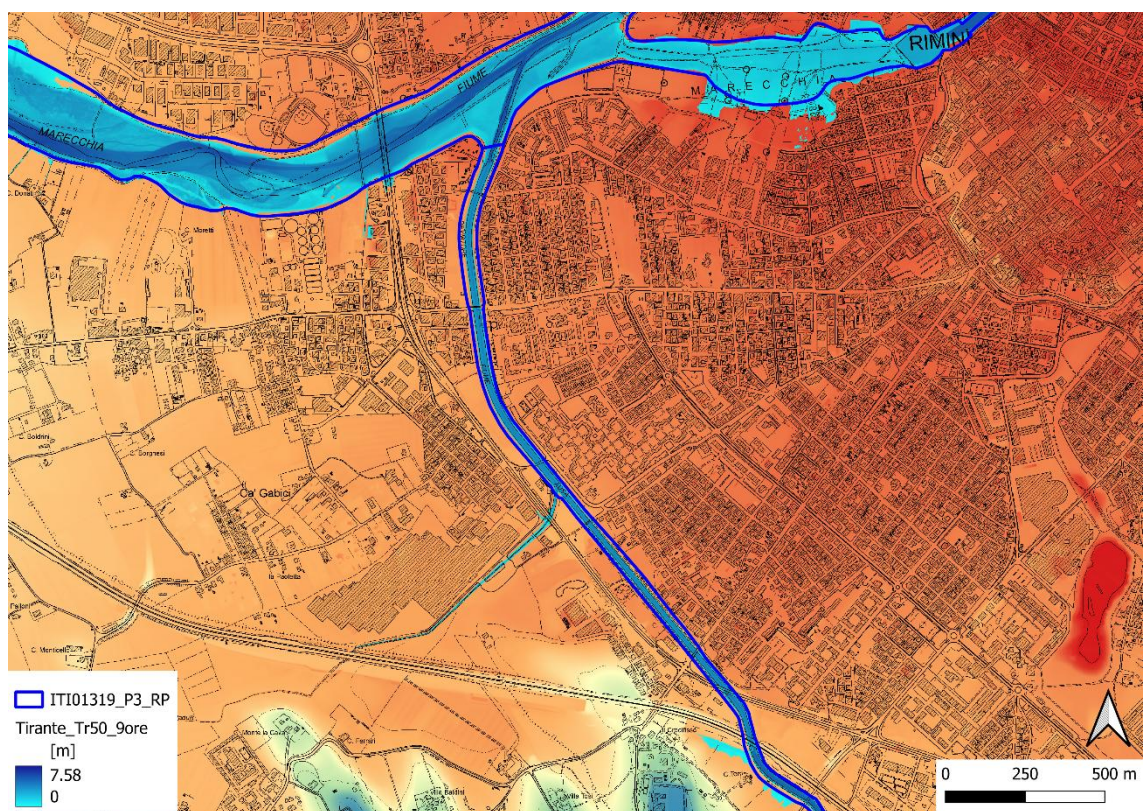


Fig. 20 T50: massimi tiranti lungo il torrente Ausa e confronto con perimetrazioni P3 PGRA 2021

7.3.2. Evento T200

Gli eventi con tempo di ritorno 200 anni mostrano risultati analoghi a quelli osservati per le simulazioni con tempo di ritorno 50 anni.

Uno dei punti più critici lungo l'asta del Marecchia rimane il ponte lungo la provinciale SP258 in località Ponte Santa Maria Maddalena che causa un brusco restringimento della sezione fluviale. Anche in questo caso il Marecchia rimane contenuto all'interno delle fasce PAI preesistenti (Fig. 21).

Nel tratto a valle di Verucchio, anche con portate duecentennali il Marecchia rimane confinato nella zona con alveo più inciso (Fig. 22), mentre più a valle, prima della confluenza con il torrente Ausa si osservano degli allagamenti localizzati in corrispondenza della Fiera di Rimini (Fig. 23).

Come per T50, non si hanno criticità e allagamenti lungo il corso dell'Ausa, invece si osservano esondazioni in prossimità della foce lungo il Porto Canale.

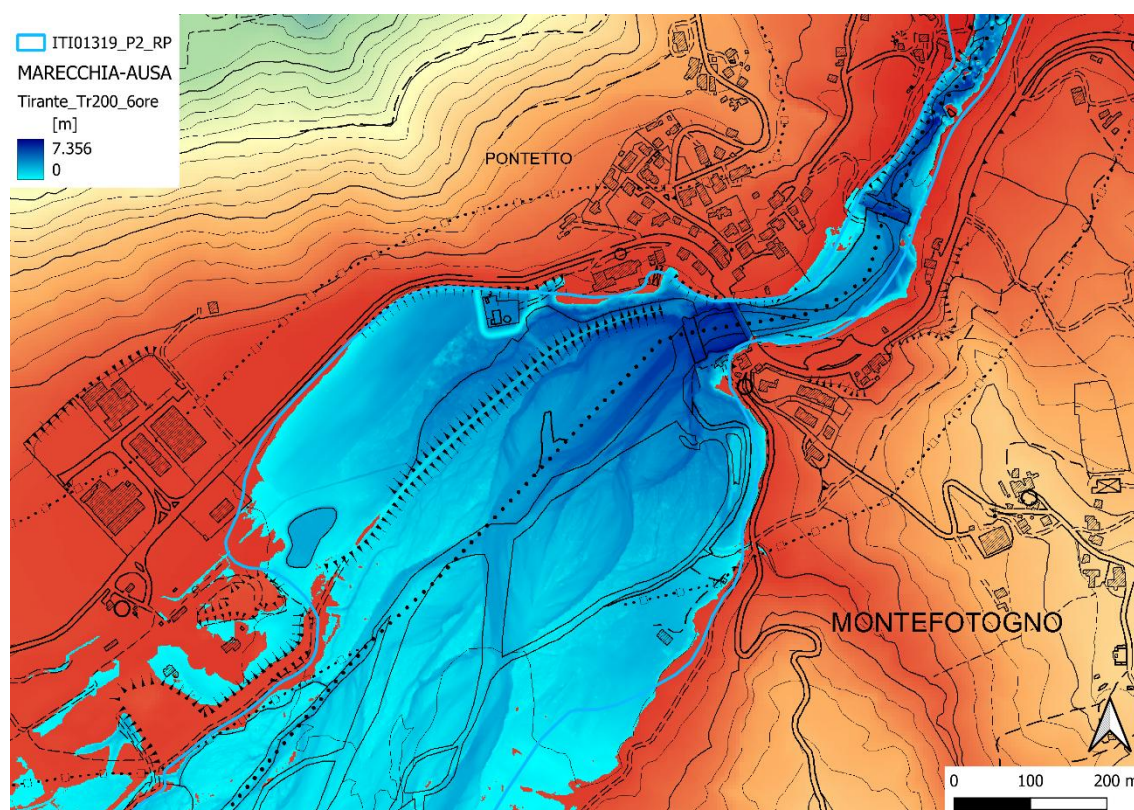


Fig. 21 T200: massimi tiranti a Ponte Santa Maria Maddalena e confronto con perimetrazioni P2 PGRA 2021

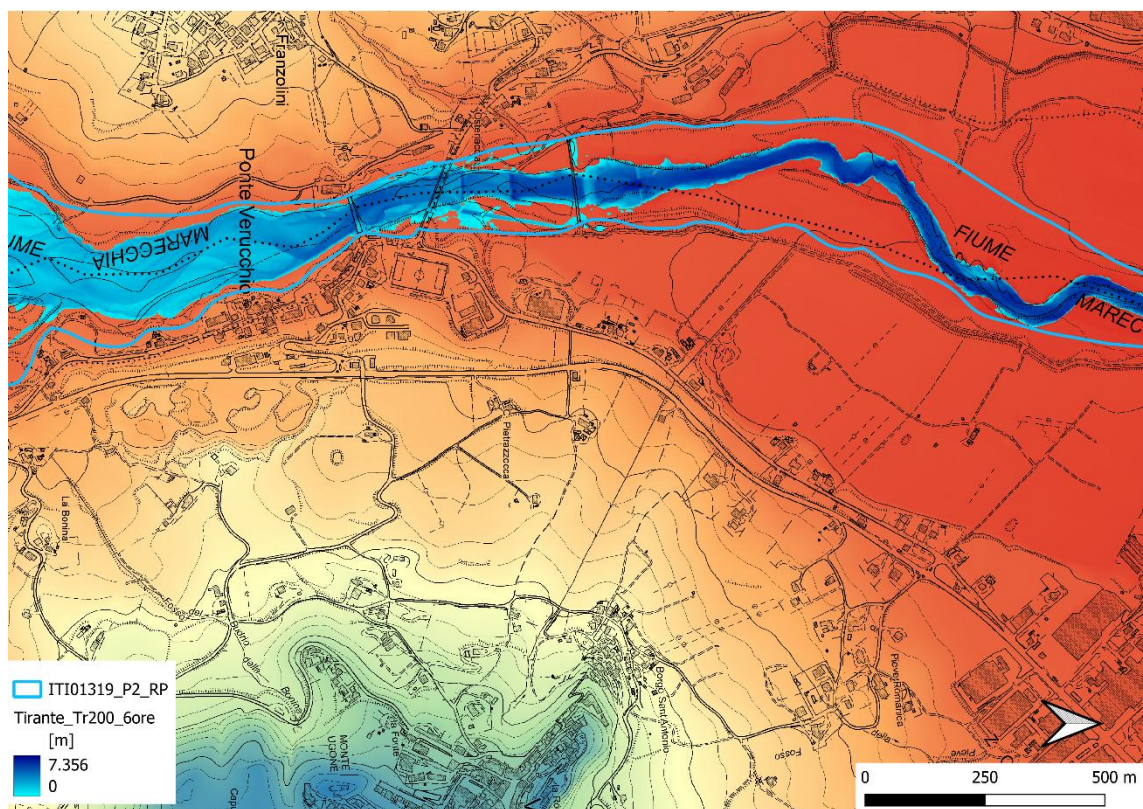


Fig. 22 T200: massimi tiranti a Verucchio e confronto con perimetrazioni P2 PGRA 2021

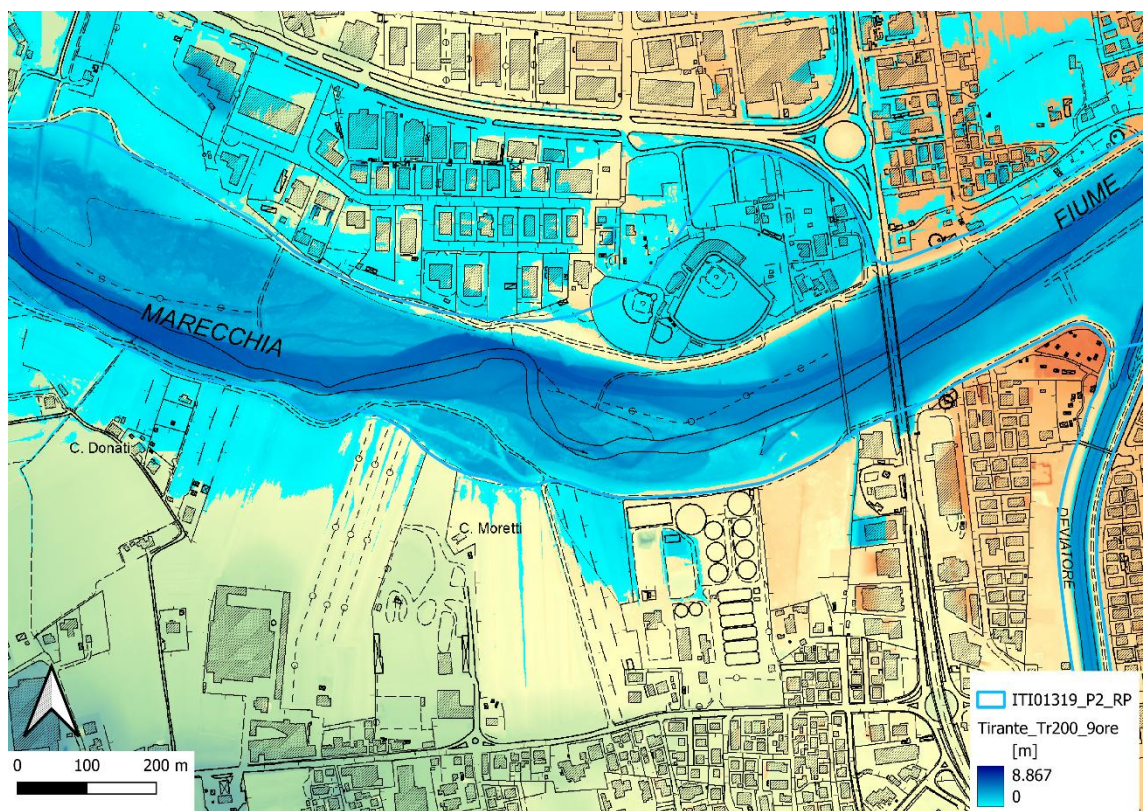


Fig. 23 T200: massimi tiranti alla confluenza con Ausa e confronto con perimetrazioni P2 PGRA 2021

7.3.3. Evento T500

Il transito dell'evento con tempo di ritorno T500 lungo tutta l'asta dei fiumi Marecchia e Ausa ha dinamiche analoghe a quelle già riportate sia per l'evento duecentennale sia per l'evento cinquantennale.

Nel tratto di valle i risultati mostrano maggiori esondazioni sia a monte della confluenza tra Marecchia e Ausa (in destra e in sinistra idraulica del Marecchia) sia in corrispondenza del Porto Canale come si osserva nella figura seguente.

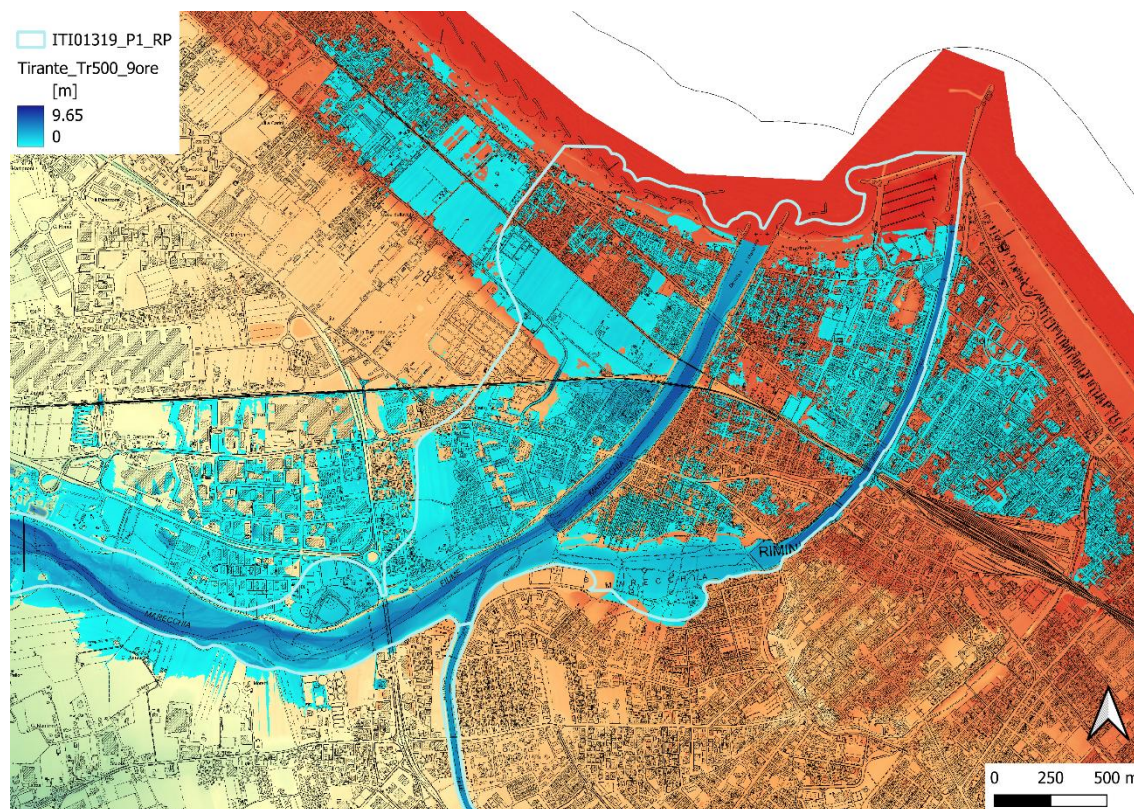


Fig. 24 T500: massimi tiranti a Rimini e confronto con perimetrazione P1 PGRA 2021

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. 10.

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. 10 Classi di valutazione del franco idraulico sui ponti

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

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

In questo ambito, da Badia Tedalda a Rimini (Autostrada A14) per Marecchia e lungo il tratto a monte del deviatore per Ausa, si è fatto riferimento all'evento T200 anni ed in particolare all'involuppo 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. 11 e Tab. 12.

7.4.2. Tratto arginato di pianura

Nel tratto arginato di pianura, a Rimini a valle dell'autostrada A14 fino alla foce per Marecchia e lungo il deviatore per Ausa, si è fatto riferimento, nella valutazione dei franchi idraulici, anche in questo caso all'evento T200 anni.

I franchi idraulici ottenuti sono riportati in Tab. 11 e Tab. 12.

Tab. 11 Marecchia da Badia Tedalda alla foce a Rimini: 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
MAIN0001	Ponte Via Ortale	Badia Tedalda	405.23	intradosso piano		407.65	-	2.42	
MAIN0002	Ponte località Molino di Sant'Antimo	Sant'Agata Feltria/Badia Tedalda	374.16	ad arco	380.38	377.17	6.22	3.01	
MAIN0003	Ponte SP76	Sant'Agata Feltria/Pennabilli	346.46	intradosso piano		348.54	-	2.08	
MAIN0004	Ponte Strada Petrellese	Sant'Agata Feltria/Pennabilli	331.33	intradosso piano		332.97	-	1.64	
MAIN0005	Ponte SP258	Novafeltria	277.98	ad arco	281.63	279.4	3.65	1.42	
MAIN0006	Ponte Via 2 Giugno	Novafeltria/Maiolo	249.54	intradosso piano		252.2	-	2.66	
MAIN0007	Ponte Via San Leo	Novafeltria/San Leo	205.51	intradosso piano		208.32	-	2.81	
MAIN0008	Ponte Santa Maria Maddalena	Novafeltria/San Leo	178.92	ad arco	181.85	178.22	2.93	-0.70	Estradosso a 184.26 m s.m.
MAIN0009	Ponte SP14	Torriana/Verucchio	102.94	intradosso piano		113.98	-	11.04	
MAIN0010	Ponte SP49	Santarcangelo di Romagna	42.05	ad arco	46.07	43.16	4.02	1.11	
MAIN0011	Ponte A14 Adriatica	Rimini	18.84	intradosso piano		22	-	3.16	
MAIN0012	Ponte SS16Adriatica	Rimini	7.89	intradosso piano		7.60	-	-0.29	Estradosso a 9.65 m s.m.
MAIN0013	Ponte dello Scout	Rimini	5.99	intradosso piano		6.30	-	0.31	
MAIN0014	Ponte via 23 Settembre 1845	Rimini	5.54	intradosso piano		5.08	-	-0.46	Estradosso a 7.00 m s.m.
MAIN0015	Ponte FS	Rimini	5.09	ad arco	3.31	2.68	-1.78	-2.41	Estradosso a 5.20 m s.m.
MAIN0016	Ponte FS	Rimini	4.68	ad arco	3.35	2.70	-1.33	-1.98	Estradosso a 5.20 m s.m.
MAIN0017	Ponte via Ennio Coletti	Rimini	3.82	intradosso piano		3.93	-	0.11	Estradosso a 7.36 m s.m.

Tab. 12 Ausa da Coriano a Rimini (immissione sul Marecchia): 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
AUIN0001	Ponte SS72	Rimini/Coriano	44.16	ad arco	51.61	46.7	7.45	2.54	
AUIN0002	Ponte SP49	Rimini/Coriano	34.82	intradosso piano		36	-	1.18	
AUIN0004	Ponte Via Amola	Rimini	22.43	ad arco	23.2	19.6	0.77	-2.83	Estradosso a 26.21 m
AUIN0005	Ponte SS72	Rimini	21.28	ad arco	24.1	19.65	2.82	-1.63	Estradosso a 26.74 m
AUIN0006	Ponte Via Barattona	Rimini	11.61	ad arco	12.78	12.2	1.17	0.59	
AUIN0007	Ponte SS72	Rimini	11.57	ad arco	13.44	12.94	1.87	1.37	
AUIN0008	Ponte Via del Capriolo	Rimini	11.06	intradosso piano		9.94	-	-1.12	Estradosso a 11.97 m
AUIN0009	Ponte via della Grotta Rossa	Rimini	10.86	intradosso piano		16.10	-	5.24	
AUIN0010	Ponte A14 Adriatica	Rimini	10.74	intradosso piano		12.74	-	2.00	
AUIN0011	Ponte SS16 Adriatica	Rimini	9.87	intradosso piano		9.96	-	0.09	Estradosso a 11.20 m
AUIN0012	Ponte Via Covignano	Rimini	9.58	intradosso piano		9.23	-	-0.35	Estradosso a 11.30 m
AUIN0013	Passerella	Rimini	9.08	ad arco	9.47	8.79	0.39	-0.29	Estradosso a 10.94 m
AUIN0014	Ponte SS16	Rimini	8.84	intradosso piano		8.50	-	-0.34	Estradosso a 9.83 m
AUIN0015	Ponte Via Aldo Moro	Rimini	8.48	ad arco	8.85	8.14	0.37	-0.34	Estradosso a 10.45 m
AUIN0016	Ponte SP258	Rimini	7.88	ad arco	8.24	7.35	0.36	-0.53	Estradosso a 11.97 m
AUIN0017	Passerella via dell'Iride	Rimini	7.48	intradosso piano		9.66	-	2.18	

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 uniforme del comparto e più cautelativo possibile, 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. 13 Localizzazione punti di rotta arginale simulati

ID Rotta	Località	Comune	Criterio individuazione	Sponda
01	Via Tonale	Rimini	Vicinanza centro abitato	SX
02	Via Predil	Rimini	Vicinanza centro abitato	DX
03	Via Antonio Labriola	Rimini	Vicinanza centro abitato	SX
04	Via Aldo Montalti	Rimini	Vicinanza centro abitato	DX
05	Riminifera	Rimini	Criticità moto permanente	SX
06	Via Basento	Rimini	Vicinanza centro abitato	DX

Per ogni punto di rotta sono stati simulati gli eventi T50, T200 e T500 per la durata di pioggia 9 ore.

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

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

8 Linee di assetto

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

Di seguito si riportano le linee di assetto del solo fiume Marecchia in quanto per il torrente Ausa non sono definite linee di assetto specifiche oltre quelle generali descritte in Relazione Tecnica.

8.1 L'assetto del fiume Marecchia

L'asta del fiume Marecchia, oggetto di delimitazione delle fasce fluviali e delle linee di assetto, si sviluppa per circa 58 km da Molino di Bascio alla foce a Rimini, attraversando i territori provinciali di Arezzo, Pesaro Urbino e Rimini.

A valle di Ponte Verrucchio inizia il "canyon" del Marecchia, una valle scolpita naturalmente dal fiume nel tempo attraverso processi erosivi. In questo tratto il fiume scorre confinato tra due pareti di roccia senza avere la possibilità di laminare portata.

Lungo questo tratto di fiume si dovranno valutare interventi di recupero morfologico atti a ripristinare un profilo di fondo di maggiore equilibrio ed in grado di rimettere in connessione l'asta fluviale con i terrazzi alti oggi rimasti isolati a causa dell'approfondimento determinato dai fenomeni erosivi tuttora in atto.

A valle del canyon in località San Martino dei Mulini sono presenti delle ex cave utilizzate a lungo per l'estrazione e la frantumazione della ghiaia dal letto del fiume e che al momento sono quasi tutte abbandonate, ad eccezione di una di queste (Ex Cava In.Cal.System) che tra il 2012 e 2013 è stata oggetto di un progetto di recupero ambientale e di rinaturalizzazione finanziato dal Comune di Rimini. In questo tratto si prevede di sfruttare ad uso plurimo (laminazione piene, ricarica falda, uso irriguo) le aree delle ex cave dismesse in destra idraulica collegandole all'alveo del Marecchia tramite lo scavo di canali e aggiungendo un'ulteriore area di laminazione a monte delle cave sempre in destra idrografica. L'area interessata è complessivamente pari a circa 62 ha, di cui circa 46 ha sono quelli costituiti dalle cave esistenti. Questo intervento consente di laminare il 12 % della piena duecentennale riducendo il picco di portata da 1060 m³/s a 995 m³/s e ottenere un beneficio nel tratto urbano a valle.

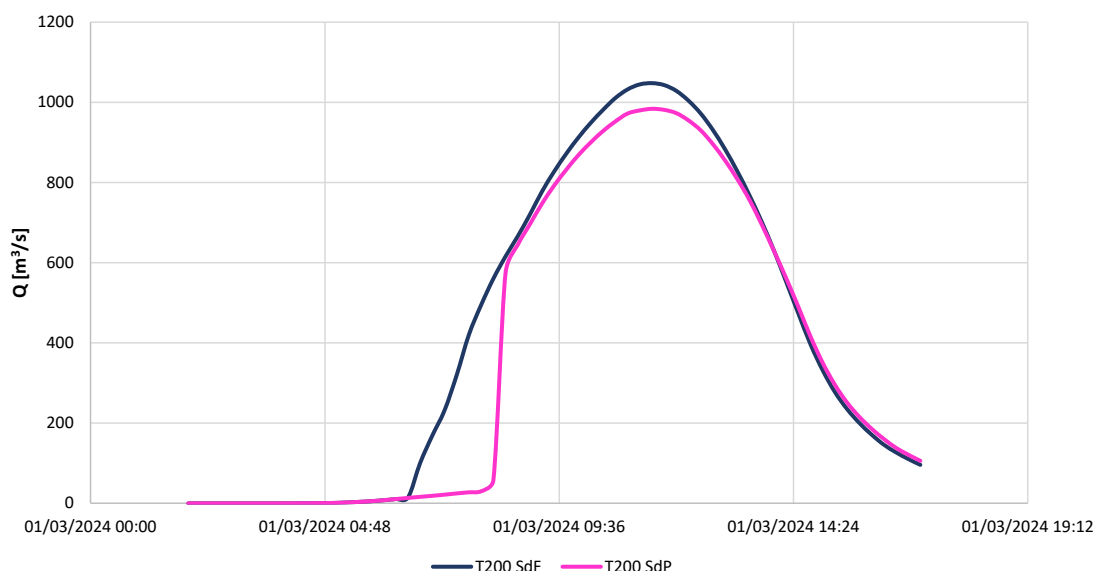


Fig. 25 Confronto tra gli idrogrammi dello stato di fatto e di progetto a valle delle ex-cave per evento con T200

Nel tratto di pianura compreso tra l'autostrada A14 e la SS16 si prevede di rialzare l'argine nel tratto di valle in sinistra idraulica e di realizzare un muro tra la SS9 e l'argine stesso per evitare esondazioni del Marecchia che potrebbero danneggiare gli stabilimenti produttivi localizzati tra la strada SS9 e l'alveo.

Inoltre, si prevede anche l'adeguamento/realizzazione di muretti lungo il porto canale a protezione del centro abitato di Rimini.

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 9 ore, ottenuto nello scenario idrologico che contempla gli effetti del cambiamento climatico.

In Tab. 14 si riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del fiume Marecchia e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando gli effetti del cambiamento climatico per l'evento T200.

Tab. 14 Portate di piena per il fiume Marecchia

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)
Marecchia	Marecchia	13	Molino di Bascio	110	255	370	450	510
Marecchia	Marecchia	46	Ponte Verucchio	455	740	1030	1235	1430
Marecchia	Marecchia	68	Rimini SS16	530	820	1125	1360	1590

Si osservi che l'incremento idrologico del colmo a Ponte Verucchio è dell'ordine del 38% e del 40% alla statale SS16 per l'evento duecentennale che considera i cambiamenti climatici. Il conseguente aumento in termini volumetrici è pari al 37% a Ponte Verrucchio e al 31% alla SS16.

Dalla sezione di monte fino al canyon del Marecchia in cui l'andamento del fiume è determinato dalla morfologia del territorio, il transito dell'evento citato non determina variazioni significative delle aree inondabili. Nel tratto di pianura, invece, si hanno ampi allagamenti in corrispondenza della città di Rimini che, in sinistra idrografica, restano confinati prevalentemente a sud della ferrovia Bologna – Ancona e a est di via Sacramora. In destra idrografica gli allagamenti si estendono nella zona del centro abitato di Rimini tra il deviatore e il porto canale e anche in destra al porto canale prevalentemente a nord-est della linea ferroviaria Bologna – Ancona.

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

8.3 Quadro degli interventi

In Tab. 15 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento previste nei tratti di Fascia B di progetto individuati lungo il fiume Marecchia.

Tab. 15 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto

N	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Verrucchio / Poggio Torriana	49-54	SX e DX	Valle Ponte Verrucchio	Recupero morfologico
2	Santarcangelo di Romagna	56-61	DX	San Martino dei Mulini	Aree di laminazione
3	Rimini	66-68	SX	A monte di ponte su SS16	Contenimento livelli idrici
4	Rimini	-	SX e DX	Porto Canale	Contenimento livelli idrici

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. 16 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti tra Ponte Verucchio e la statale SS16 per l'evento T200 nella configurazione definita dalle linee di assetto.

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).

Nel tratto di monte, i ponti erano già ampiamente sufficienti anche nelle condizioni di stato di fatto e così si sono mantenuti nell'assetto di progetto. Nel tratto di valle (dalla SS16) i ponti risultavano insufficienti e gli interventi proposti provocano un abbassamento dei livelli che migliora la situazione attuale ma non permette di raggiungere un franco superiore almeno a 0.5 m per tutti i ponti analizzati.

Tab. 16 Marecchia da Ponte Verucchio a Rimini (foce): 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
MAIN0009	Ponte SP14	Torriana/Verucchio	102.92	intradosso piano		113.98		11.06	Δ FR appoggio = + 0.02 m
MAIN0010	Ponte SP49	Santarcangelo di Romagna	42.02	ad arco	46.07	43.16	4.05	1.14	Δ FR appoggio = + 0.04 m
MAIN0011	Ponte A14 Adriatica	Rimini	18.73	intradosso piano		22		3.26	Δ FR appoggio = + 0.10 m
MAIN0012	Ponte SS16Adriatica	Rimini	7.81	intradosso piano		7.60		-0.21	Δ FR appoggio = + 0.08 m
MAIN0013	Ponte dello Scout	Rimini	5.91	intradosso piano		6.30		0.39	Δ FR appoggio = + 0.09 m
MAIN0014	Ponte via 23 Settembre 1845	Rimini	5.43	intradosso piano		5.08		-0.35	Δ FR appoggio = + 0.11 m
MAIN0015	Ponte FS	Rimini	4.96	ad arco	3.31	2.68	-1.65	-2.28	Δ FR appoggio = + 0.12 m
MAIN0016	Ponte FS	Rimini	4.59	ad arco	3.35	2.70	-1.24	-1.89	Δ FR appoggio = + 0.09 m
MAIN0017	Ponte via Ennio Coletti	Rimini	3.77	intradosso piano		3.93		0.16	Δ FR appoggio = + 0.04 m

9 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 17 sono riportate le portate di piena al colmo di riferimento nelle sezioni di chiusura. 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 e 12 ore).

Tab. 17 Fiume Marecchia stato attuale – portate di riferimento

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)
Marecchia	13	Molino di Bascio	110	255	370	450	-	-	-
Marecchia	46	Ponte Verucchio	455	740	1030	1235	730	960	1130
Marecchia	68	Rimini SS16	530	820	1125	1360	815	1060	1165

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 9 ore in corrispondenza del ponte sulla SS16, nell'ipotesi di realizzazione delle linee di assetto proposte nel Capitolo 8.

Tab. 18 Fiume Marecchia linee di assetto – portata di riferimento

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Marecchia	68	Rimini SS16	530	1015