



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 Marano

Dicembre 2025

Metadata

Titolo	Progetto di variante al PAI Po: estensione ai bacini idrografici del Reno, Romagnoli e Conca Marecchia. Fasce Fluviali. Monografia Marano
Descrizione	Il presente documento è la Monografia del fiume Marano 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 Marano
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_Marano
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 Marano, Versione 01 del 2025-12-10

Indice

1	Premessa	1
2	L'ambito fluviale in esame	2
3	Analisi morfologica	4
4	Idrologia di piena: portate ed eventi di riferimento	5
5	La geometria del modello 2D	9
5.1	Caratteristiche piano-altimetriche e manufatti	9
6	Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale	11
6.1	Le condizioni al contorno	11
6.1.1.	Portate	11
6.1.2.	Condizioni di valle	11
6.2	Scabrezze	11
6.3	Simulazioni e risultati ottenuti	12
6.3.1.	Evento T50	12
6.3.2.	Evento T200	14
6.3.3.	Evento T500	16
6.4	Valutazioni dei franchi dei ponti rispetto alla piena di riferimento	17
6.4.1.	Ambito montano, collinare, pedecollinare e di pianura non arginato	17
7	Linee di assetto	19
7.1	L'assetto del fiume Marano	19
7.2	Valutazioni su eventi di piena superiori a quelli di riferimento	19
7.3	Quadro degli interventi	20
7.4	Valutazione dei franchi dei dell'analisi morfologica ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto	20
7.5	Portate di piena di riferimento	22

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 Marano che, nell'ambito delle attività di studio descritte nella relazione tecnica, è stato analizzato per il tratto compreso tra Faetano (confine di Stato con RSM) e foce (Riccione), per circa 26 km e coincide con il tratto oggetto del presente progetto di variante e di delimitazione di fasce fluviali, secondo il metodo del PAI Po.

2 L'ambito fluviale in esame

Il torrente Marano prende origine in territorio marchigiano presso il Monte Ghelfa, tra San Marino e la provincia di Pesaro e Urbino; gran parte del bacino montano fa parte della Repubblica di San Marino. Idrograficamente i confini di bacino sono definiti in sinistra idraulica dal Marecchia – Ausa e in destra dal Conca nella parte montana e dal Melo nella parte di pianura.

La chiusura dell'areale imbrifero montano si può collocare in corrispondenza di Ospedaletto (Coriano). Nel primo segmento in territorio montano le pendenze longitudinali dell'asta sono significative con alveo pseudo rettilineo e sponde naturali in grado di contenere il deflusso anche per gli eventi più critici. Nel breve tratto di pianura il corso d'acqua ha un andamento meandriforme, sono presenti brevi arginature a difesa dei principali centri abitati e frequentemente si osservano esondazioni e allagamenti della fascia di meandrizzazione. Queste esondazioni provocano una laminazione dell'onda di piena, circostanza favorevole ai fini del transito delle piene nella zona urbanizzata di Riccione dove, in zona Marano – Colonia Marina Modenese, avviene lo sbocco in mare.

I comuni interessati dal presente progetto di variante sono: Coriano (RN), Montescudo-Monte Colombo (RN), Riccione (RN), Rimini.

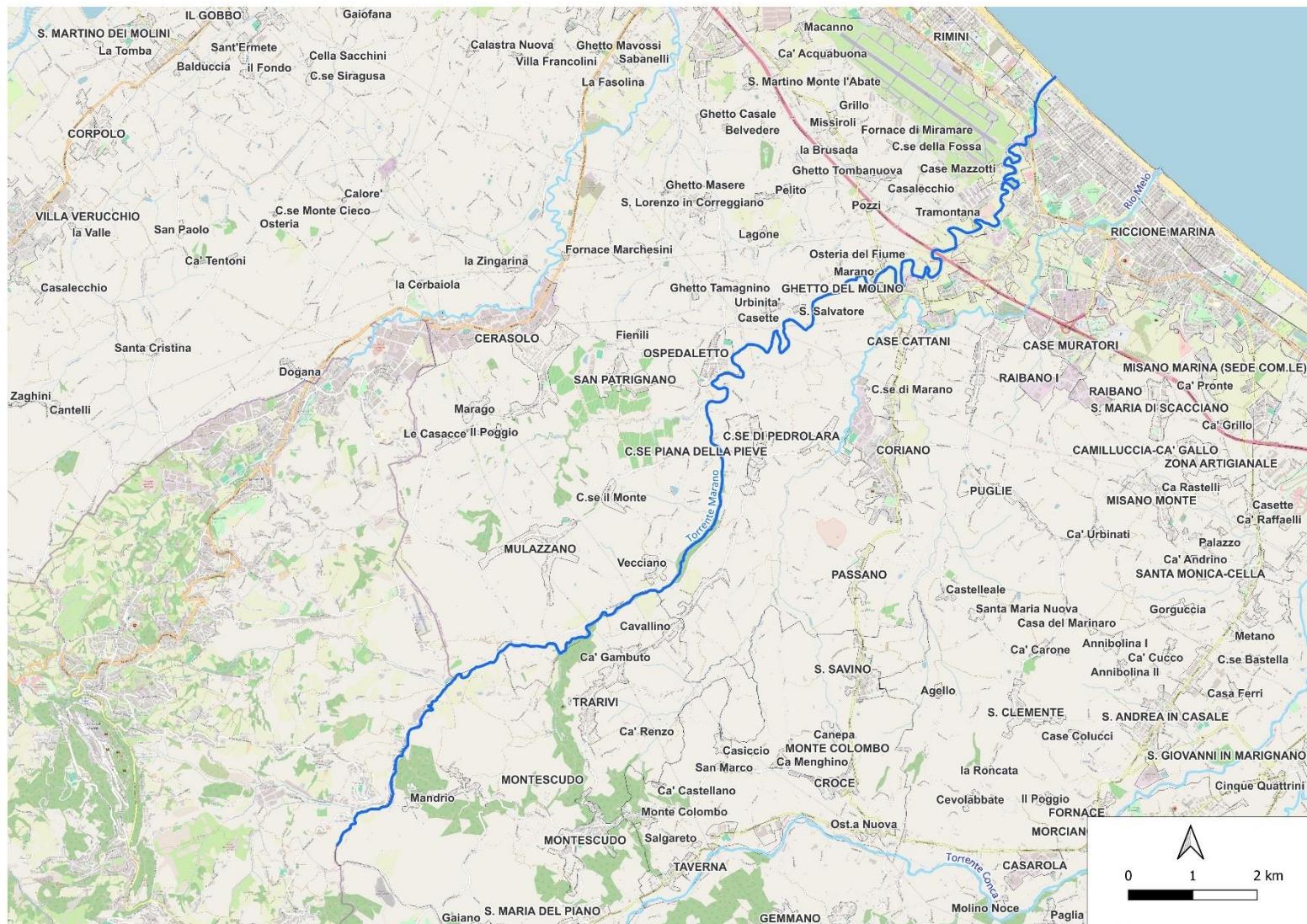


Fig. 1 Inquadramento cartografico dell'ambito di studio del torrente Marano

3 Analisi morfologica

Il tratto di torrente Marano oggetto di studio parte da circa 1 km a monte del ponte sulla SP 131 in comune di Montescudo – Montecolombo (RN) fino alla foce, per una lunghezza di circa 26 km.

Il Marano ha un tracciato che si sviluppa da sud-ovest a nord-est dalla prima collina alla foce posta tra Rimini e Riccione.

La prima parte del percorso confina con il lato sud-orientale del territorio della Repubblica di San Marino.

Il torrente scorre in un ambito inizialmente collinare per poi scendere fra l'alta e la media pianura. I primi chilometri, con andamento lineare, hanno caratteristiche ancora naturali almeno fino ai primi centri urbani dove iniziano le prime opere di difesa, costituite dalle prime arginature dall'abitato di Ospedaletto di Coriano (RN).

Da questa località il percorso assume un andamento più sinuoso che diventa successivamente meandriforme a monte dell'autostrada A14, mantenendo queste caratteristiche fin quasi alla foce nel mare Adriatico.

Dal punto di vista planimetrico l'analisi degli alvei storici evidenzia una certa mobilità del corso d'acqua con una fascia di mobilità relativamente ampia, che nei primi chilometri interessa in vari tratti la strada di fondovalle Via Parco del Marano.

All'altezza di Ospedaletto di Coriano, dove il torrente assume andamento sinuoso e meandriforme le varie curve hanno subito spostamenti nel tempo mentre oggi l'alveo presenta una larghezza contenuta e una minore mobilità essendosi in parte canalizzato.

Anticamente la foce del Marano era spostata più a nord rispetto a quella attuale. Dal punto di vista delle tendenze evolutive l'analisi morfologica ha evidenziato vari tratti di sponda in erosione con tassi di arretramento variabili sia in ambito collinare che in ambito di alta e media pianura.

Inoltre, in alcune curve, si manifesta la tendenza a fenomeni erosivi in corrispondenza dei vecchi percorsi del torrente.

Le opere presenti lungo l'asta fluviale sono costituite soprattutto da difese di sponda, nella parte più collinare, e da rilevati arginali nella parte pianeggiante.

I tratti arginali sono comunque abbastanza contenuti e limitati alla protezione dei principali centri abitati quali Ospedaletto di Coriano e Case del Molino.

L'analisi morfologica ha portato a suddividere il torrente in 3 segmenti differenti determinati dal cambio di unità fisiografica. A loro volta i 3 segmenti sono stati suddivisi in 6 tratti omogenei complessivi di cui 3 per il primo segmento, 1 sottotratto per il secondo segmento e 2 tratti omogenei per il segmento finale.

Dal punto di vista qualitativo tutti i tratti risultano di qualità buona e solo l'ultimo, corrispondente al tratto terminale di pianura, moderato o sufficiente.

In occasione dei recenti eventi alluvionali del 2023 e del 2024 si sono registrati alcuni allagamenti di modesta entità con interessamento di alcuni edifici residenziali ad Ospedaletto, a Case del Molino e a monte di Riccione dove si sono invasate anche le aree all'interno delle curve dei meandri.

Il confronto tra le differenze altimetriche dei DTM RER 2024 e DTM 2009 MATTM (intervallo di 15 anni), appare di difficile interpretazione e condizionato probabilmente dalla presenza della vegetazione che altera le quote altimetriche per cui si è preferito, all'atto di redazione della presente variante, non effettuare valutazioni in tal senso.

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.

Il valore massimo delle portate al colmo del fiume Marano è riportato nella tabella seguente.

Tab. 1 Portate di piena per il fiume Marano

Bacino	Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T50 (m ³ /s)	T200 (m ³ /s)	T500 (m ³ /s)	Idrometro
Marano	Marano	4	Faetano	5,5	20	30	35	
Marano	Marano	29	Fogliano Marina	59,6	145	190	220	

Gli eventi di piena di riferimento, nelle diverse sezioni di chiusura indicate e per durate di pioggia pari a 3, 6, 9 e 12 ore sono riportati nelle immagini seguenti.

Si osservi che le portate al colmo indicate in Tab. 1 fanno riferimento, in ogni sezione e per ogni tempo di ritorno indagato, al valore massimo ottenuto, per le diverse durate di pioggia indagate, arrotondato a multipli di 5.

In questo caso, la durata critica di pioggia per il tratto montano-pedecollinare è pari a 6 ore mentre per il tratto di pianura è pari a 9 ore.

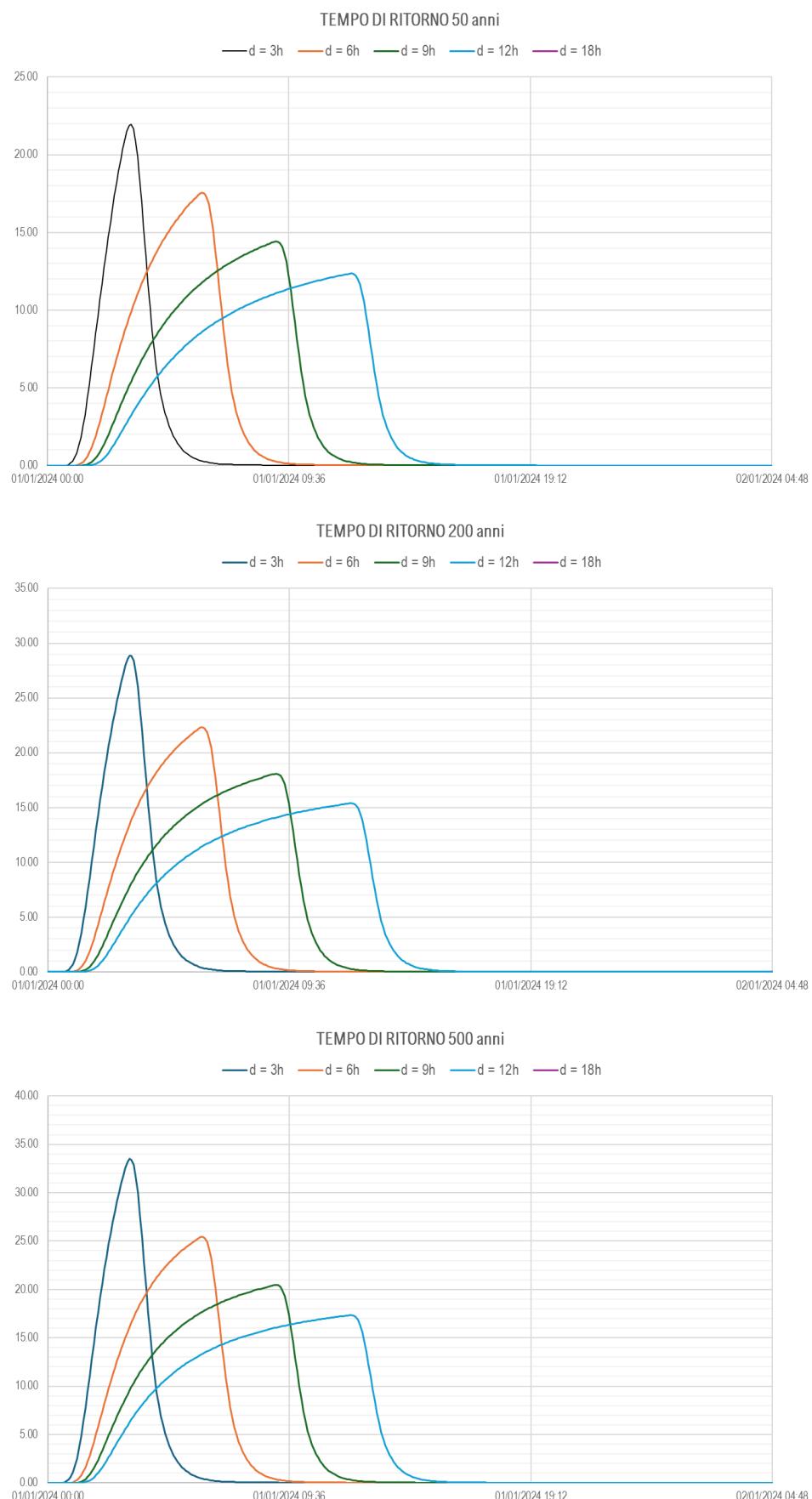


Fig. 2 Marano a Faetano: idrogrammi di riferimento T50, T200 e T500

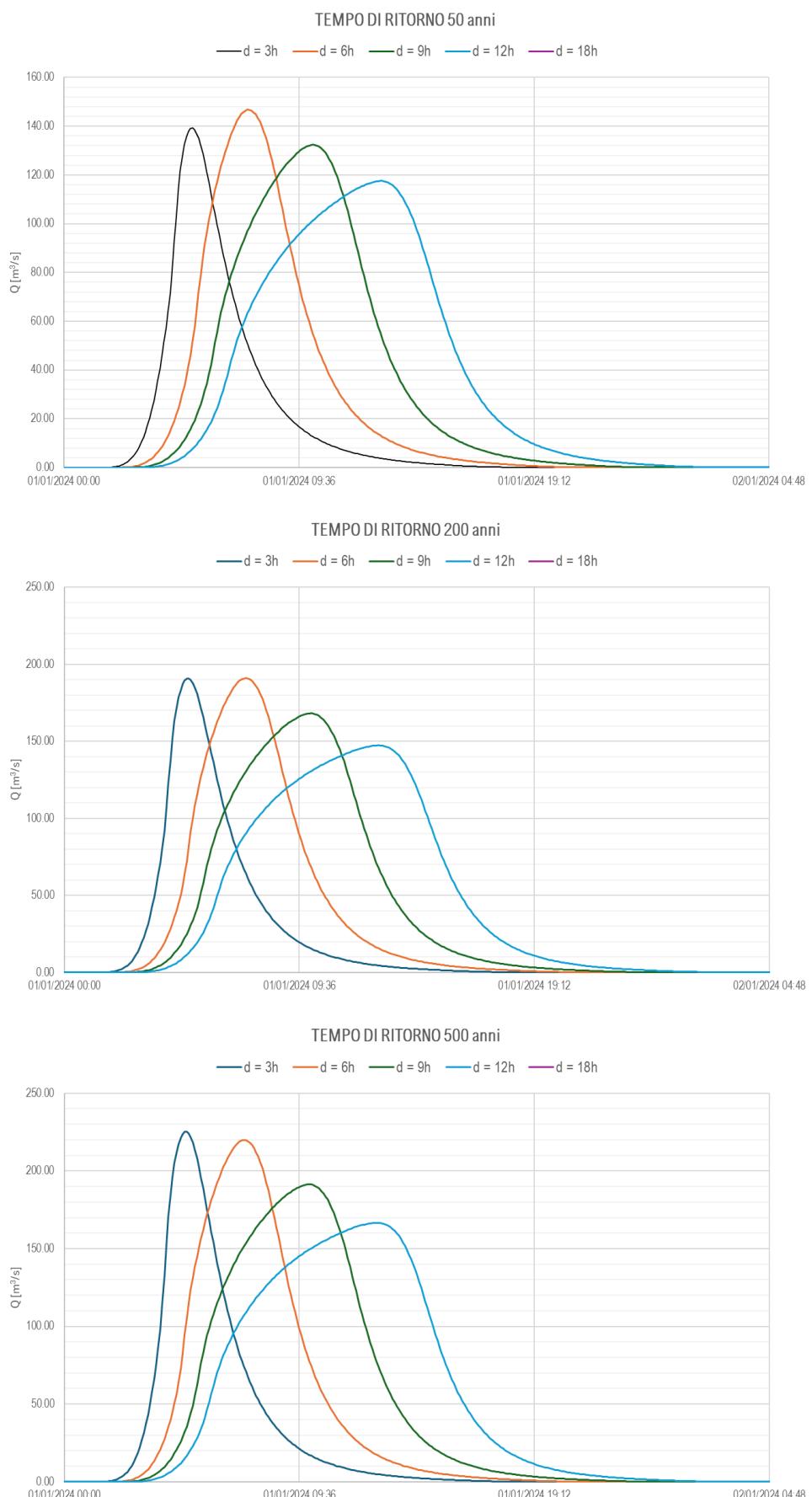


Fig. 3 Marano a Fogliano Marina: idrogrammi di riferimento T50, T200, T500

Nell'ambito dell'analisi Idrologica, già richiamata, è stata inoltre eseguita la ricostruzione degli idrogrammi di pieni 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 (quando presenti), 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.

Lungo l'asta del Marano, ad esempio, non sono presenti idrometri.

In Fig. 4 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. Si osserva che l'evento di settembre 2024, il più gravoso per il bacino in esame, in base all'analisi idrologica effettuata, risulta caratterizzato da un tempo di ritorno di 500 anni.

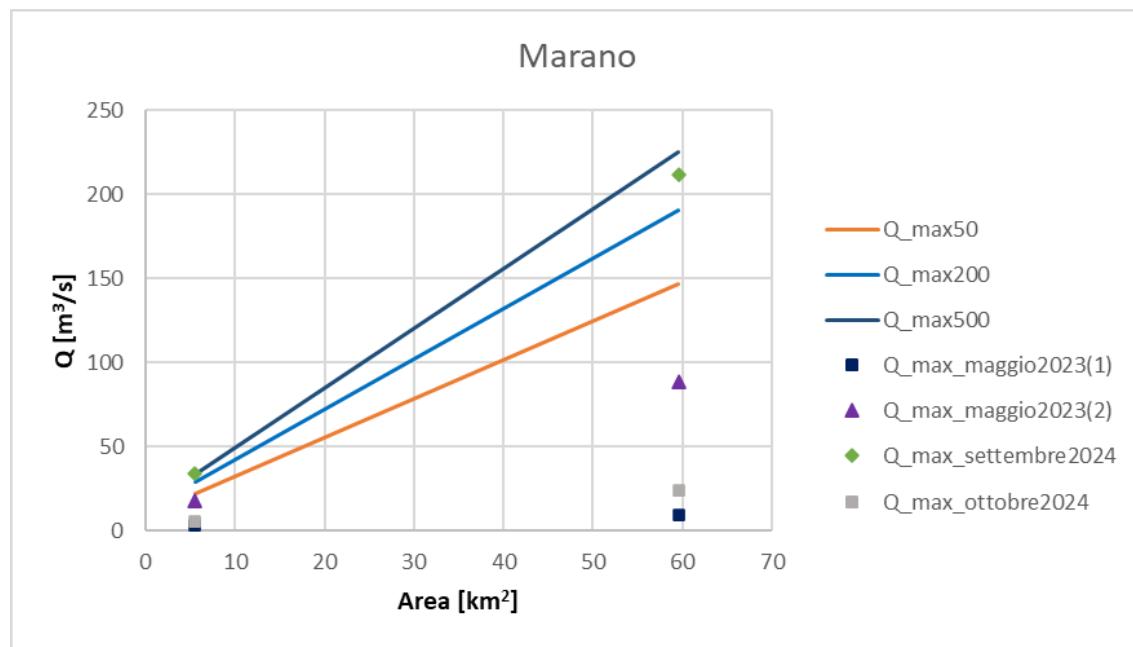


Fig. 4 Confronto tra le portate massime di riferimento con i valori massimi osservati nei più gravosi eventi recenti (2023-2024), in funzione dell'area contribuente, per il bacino del F.Marano

5 La geometria del modello 2D

5.1 Caratteristiche piano-altimetriche e manufatti

Nell'implementazione dei modelli bidimensionali si è prestata particolare cura e attenzione alla definizione delle caratteristiche piano-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.

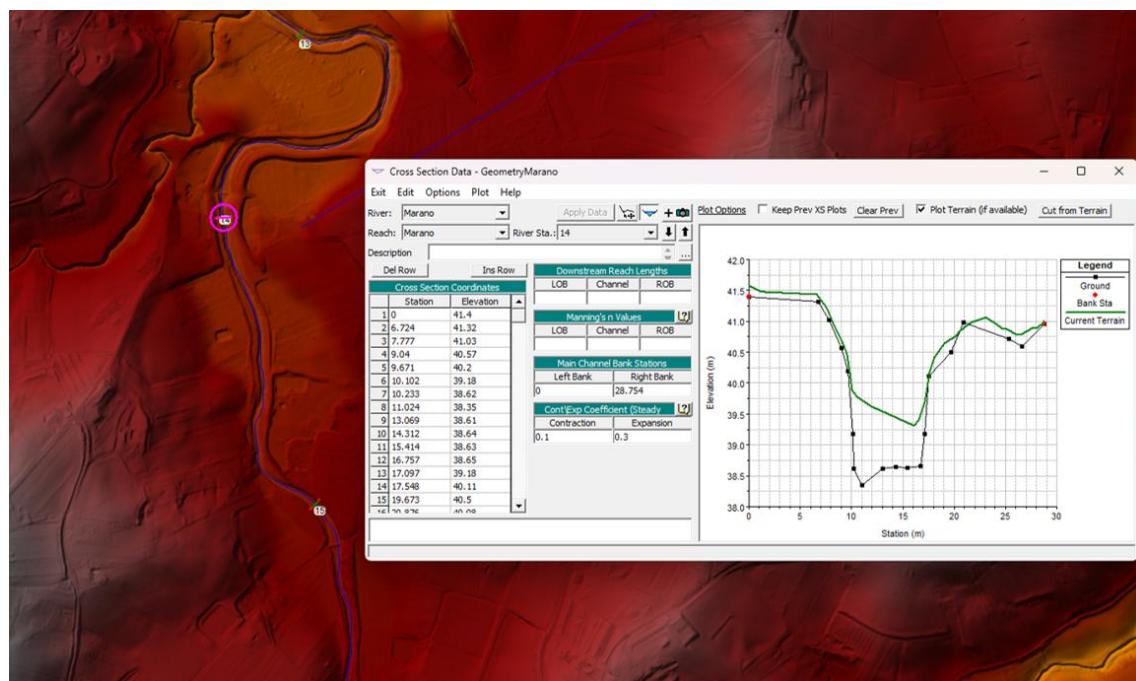


Fig. 5 DTM originale (verde) a confronto con una sezione batimetrica rilevata a monte di Ospedaletto di Coriano

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.

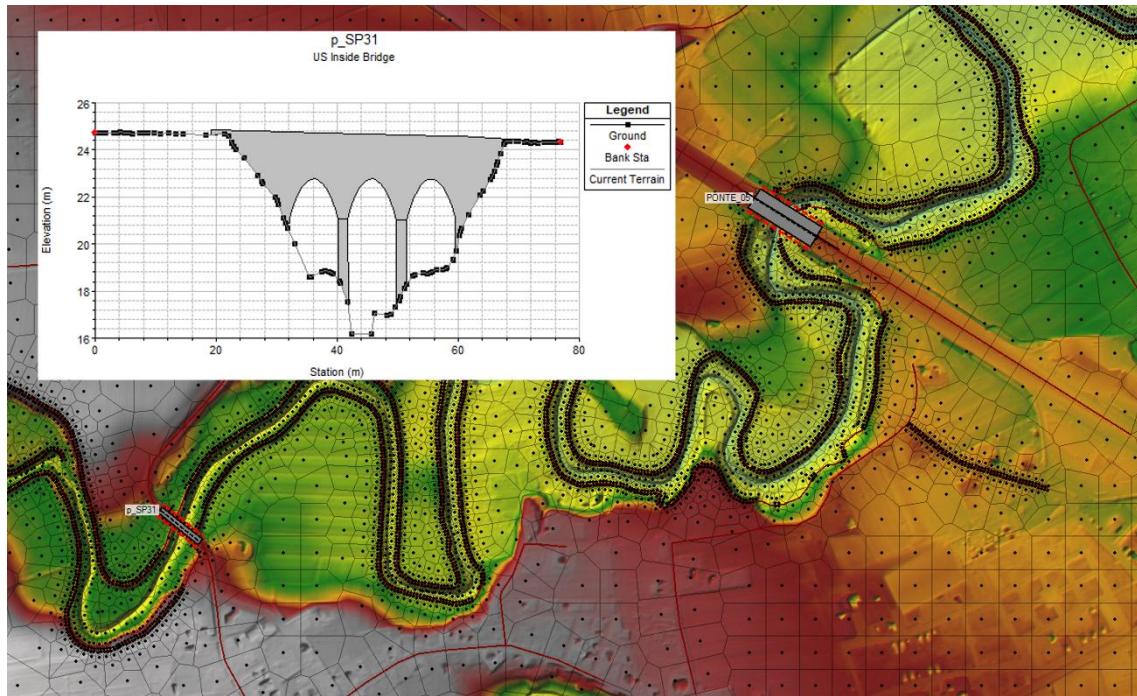


Fig. 6 Esempio di geometria di un attraversamento

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 3 m x 3 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 e canali. Il numero totale delle celle di calcolo adottate nel dominio 2D è di 54238.

6 Condizioni di pericolosità idraulica dello stato attuale

Le analisi in moto vario hanno interessato il fiume Marano da Faetano a Riccione, circa 25 km, tra San Marino e il comune di Rimini. Data l'assenza di un sistema arginale continuo non è stata effettuata l'analisi a moto permanente per valutare la compatibilità arginale. Il modello numerico 2D allestito è stato utilizzato nella configurazione ad argini sormontabili ma non erodibili.

6.1 Le condizioni al contorno

6.1.1. 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 e 12 ore. In ingresso al modello sono stati inseriti gli idrogrammi corrispondenti alla sezione di chiusura del tratto montano. Nel tratto compreso tra Faetano e la sezione che si trova in prossimità della foce, è stato inserito distribuito il contributo dell'interbacino sotteso.

6.1.2. 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”)¹.

6.2 Scabrezze

La scabrezza è stata 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 (a partire da letteratura, in particolare *Open-channel hydraulics*, *Ven Te Chow*) riportati nella tabella seguente.

Tab. 2 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 colturali complessi	17,2
Vigneti / Frutteti / oliveti	16,7
Strutture residenziali isolate / Ville	11,1
Cespuglieti e arbusteti	9,6
Insediamenti produttivi o commerciali / Tessuto residenziale rado / Impianti	8,7
Boschi	4,5
Tessuto residenziale urbano/ Tessuto residenziale compatto e denso	4,3

¹ 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)

6.3 Simulazioni e risultati ottenuti

I modelli numerici 2D implementati 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). Tuttavia, per il fiume Marano non sono disponibili idrogrammi di portata misurati o stime puntuali approssimate di valori di portata al colmo. Questa condizione impedisce di fatto una taratura diretta del modello idraulico.

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 misurate ARPAE. Gli idrogrammi così ricostruiti sono stati applicati come condizioni a contorno.

Gli eventi simulati di assegnato tempo di ritorno sono stati confrontati, in termini di aree allagabili, con gli strumenti di pianificazione e le evidenze degli eventi recenti disponibili.

In particolare si è fatto riferimento a:

- evento T50: perimetrazione P3 PGRA 2021 che riprende 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 (ITI01319_P3);
- evento T200: perimetrazione P2 PGRA 2021 (ITI01319_P2);
- evento T500: perimetrazione Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile Evento 16-17 maggio e perimetrazione P1 PGRA 2021.

Nel seguito sono sinteticamente illustrate le evidenze delle analisi eseguite relativamente ai tre tempi di ritorno indagati. Si osservi che le restituzioni delle aree inondabili, in termini di tiranti, velocità e quote idriche, rappresentano, per tempo di ritorno, sempre l'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).

I risultati della modellazione idraulica hanno mostrato che:

- per la sezione di monte la durata critica di pioggia è 6 ore;
- nelle aree di pianura le durate critiche sono 9 e 12 ore.

6.3.1. Evento T50

Tra Faetano e Pian delle Pieve, l'ambito fluviale è vincolato dai versanti e i deflussi non interessano abitati o infrastrutture.

Nel tratto montano del fiume Marano si osserva una buona corrispondenza tra le perimetrazioni P3 del PGRA 2021 ed i risultati delle simulazioni numeriche effettuate (Fig. 7).

Nel tratto di pianura il fiume disegna dei meandri molto pronunciati e le golene rappresentano un elemento favorevole all'attenuazione dei picchi di piena (Fig. 8).

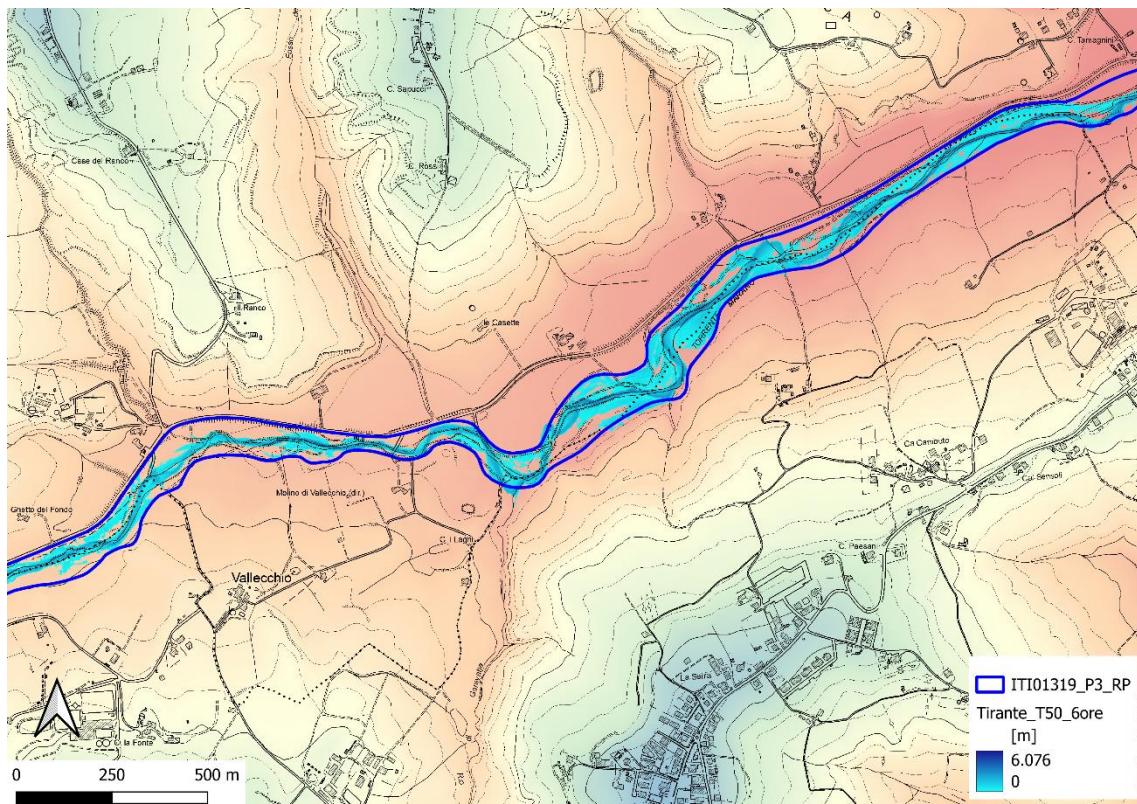


Fig. 7 T50: massimi tiranti a Pian della Pieve e confronto con limiti PGRA e perimetrazione P3 PGRA 2021 (in blu)

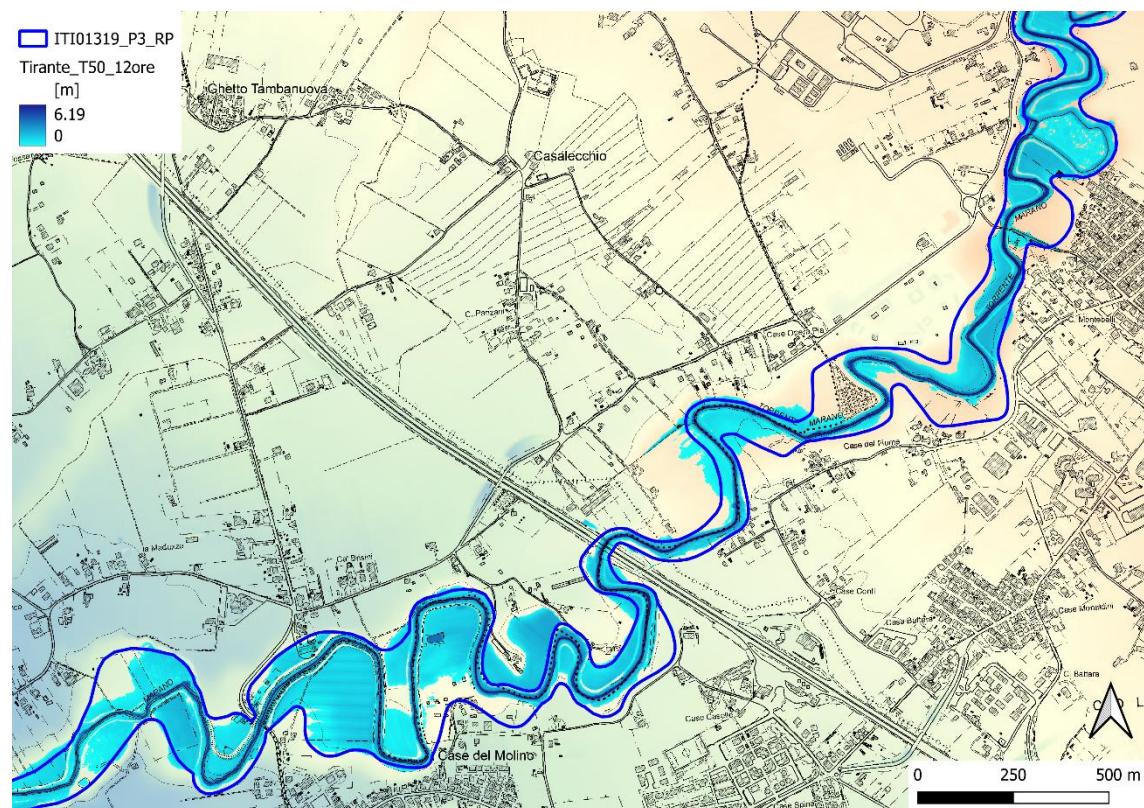


Fig. 8 T50: massimi tiranti nel tratto di valle in corrispondenza dell'autostrada A14 e confronto con limiti PGRA e perimetrazione PGRA 2021 (in blu)

6.3.2. Evento T200

Nel tratto iniziale dell'asta l'evento di piena duecentennale non provoca considerevoli allagamenti in quanto l'ambito fluviale è vincolato dai versanti e il deflusso non interessa centri abitati o infrastrutture.

L'evento con tempo di ritorno 200 anni provoca allagamenti contenuti che nel tratto di valle si limitano alle zone coltivate che si estendono tra i diversi meandri dell'asta fluviale. In prossimità della foce si osservano degli allagamenti in destra idrografica dovuti alla presenza di un ponte il cui franco è insufficiente e che provoca rigurgito con l'innalzamento a monte del ponte stesso. L'allagamento si estende poi verso nord-est interessando il centro abitato di Riccione per via della presenza di una corda molle lungo via Portofino (Fig. 11).

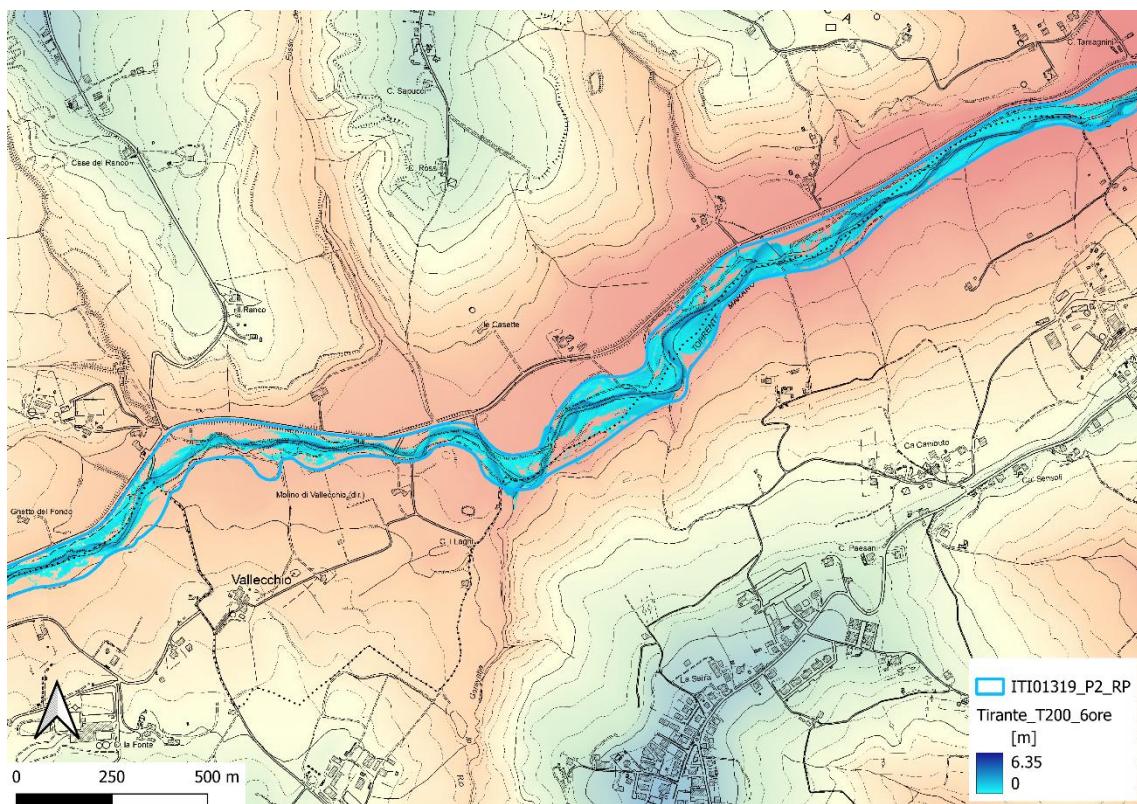


Fig. 9 T200: massimi tiranti a Pian della Pieve e confronto con perimetrazione P2 PGRA 2021 (in blu)

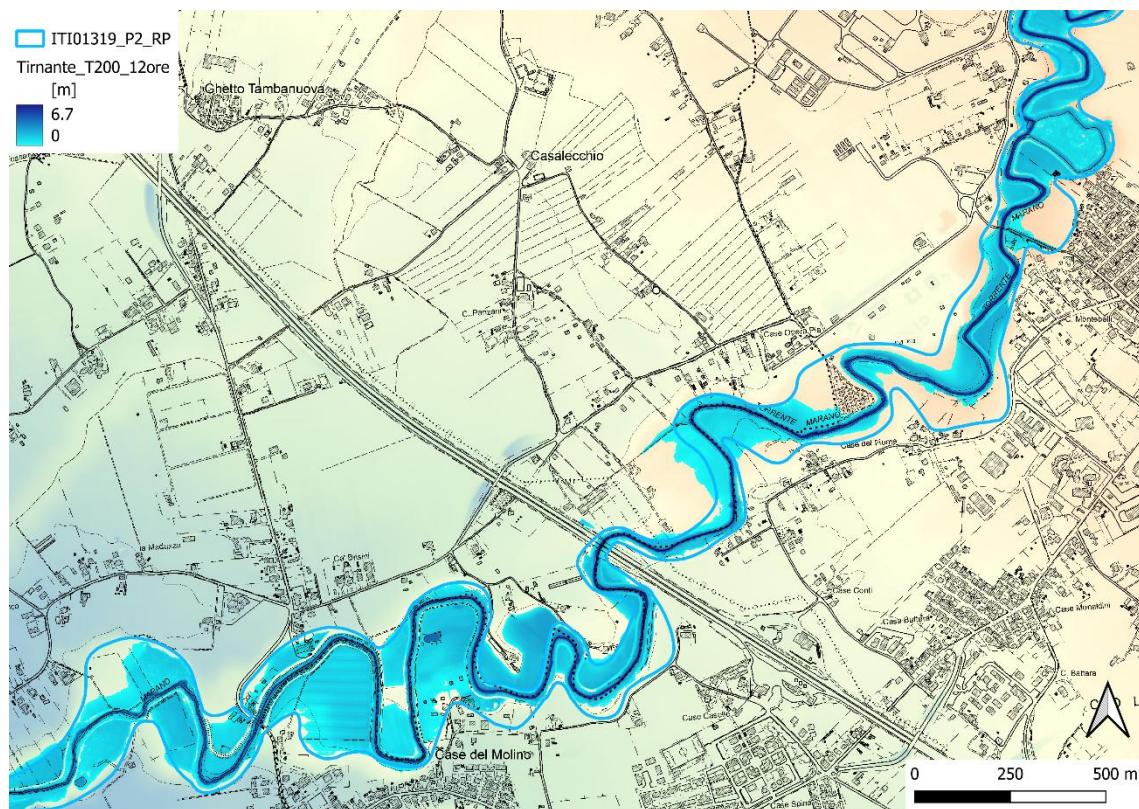


Fig. 10 T200: massimi tiranti nel tratto di valle in corrispondenza dell’autostrada A14 e confronto con perimetrazione P2 PGRA 2021 (in blu)

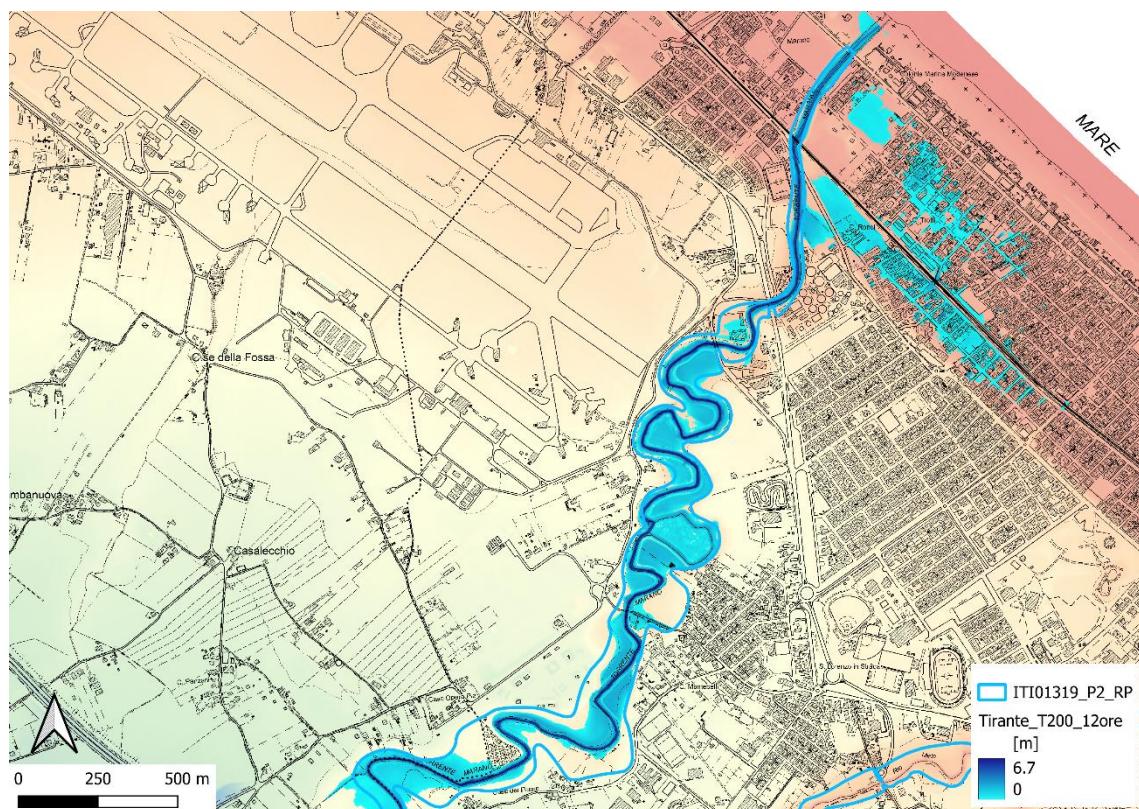


Fig. 11 T200: massimi tiranti idrici nel tratto di valle fino alla foce e confronto con perimetrazione P2 PGRA 2021 (in blu)

6.3.3. Evento T500

Gli allagamenti simulati per l'evento con tempo di ritorno 500 anni sono analoghi a quanto già riportato per l'evento con Tr200 anni, sebbene caratterizzati da tiranti maggiori. Lungo tutto lo sviluppo dell'asta non si osservano particolari allagamenti né sul tratto montano né in corrispondenza della parte pianeggiante dove l'allagamento è limitato alle zone rurali tra i meandri dell'asta (Fig. 12 e Fig. 13).

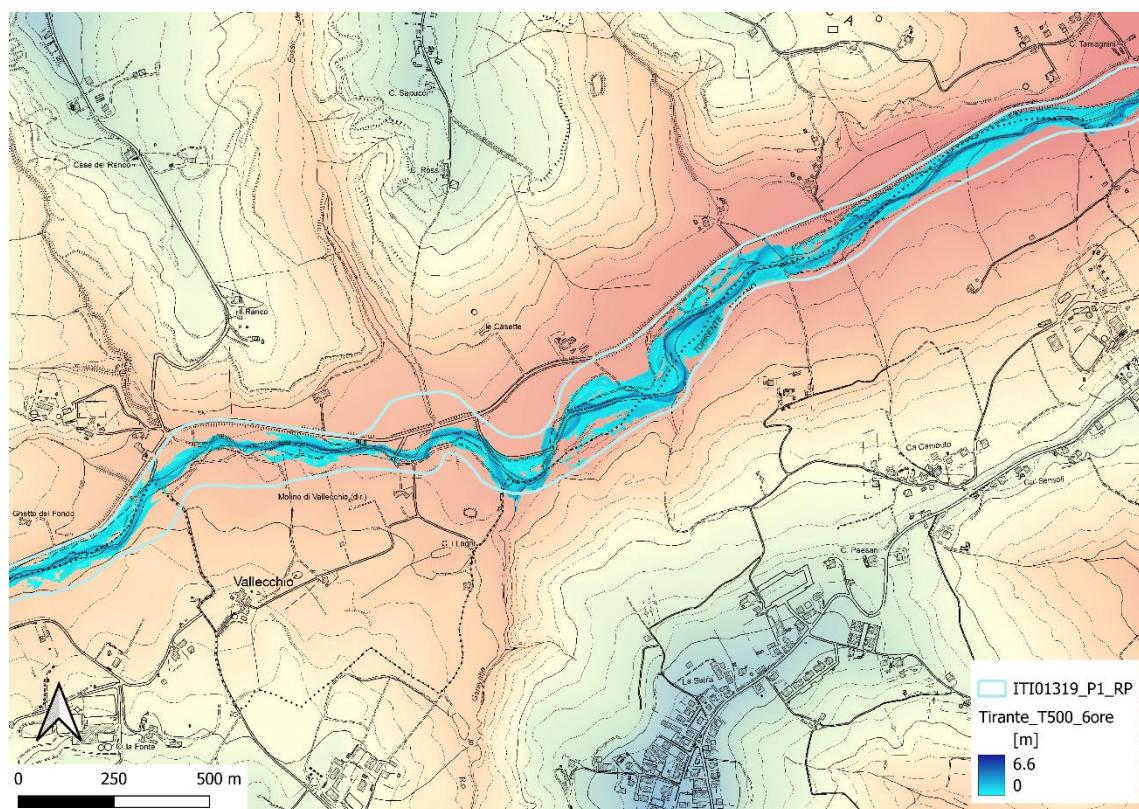


Fig. 12 T500: massimi tiranti a Pian della Pieve e confronto con perimetrazione P1 PGRA 2021 (in blu)

Si vuole osservare che i risultati delle simulazioni ottenute per l'evento di maggio 2023 risultano paragonabili agli allagamenti simulati per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (Fig. 13). Tuttavia, per quanto intenso, dal confronto con i livelli misurati durante l'evento reale lungo le aste monitorate, l'evento del maggio 2023 non sembra essere comparabile ad un evento con tempo di ritorno cinquecentennale. Questa singolarità si può spiegare considerando il fatto che l'evento di metà maggio 2023 è avvenuto a breve distanza da un altro evento di notevole intensità (20 aprile – 06 maggio 2023), che ha determinato una condizione critica di saturazione del suolo, riducendo la capacità di infiltrazione e aggravando l'entità degli allagamenti nelle zone coltivate osservati a maggio 2023 in corrispondenza dei meandri. Pertanto, ciò evidenzia come l'occorrenza di allagamenti fluviali sia fortemente influenzata dalle condizioni antecedenti di umidità del suolo e dalla sequenza di eventi di piena, che possono determinare un effetto cumulativo lungo le aste fluviali, accentuando il rischio di esondazione.

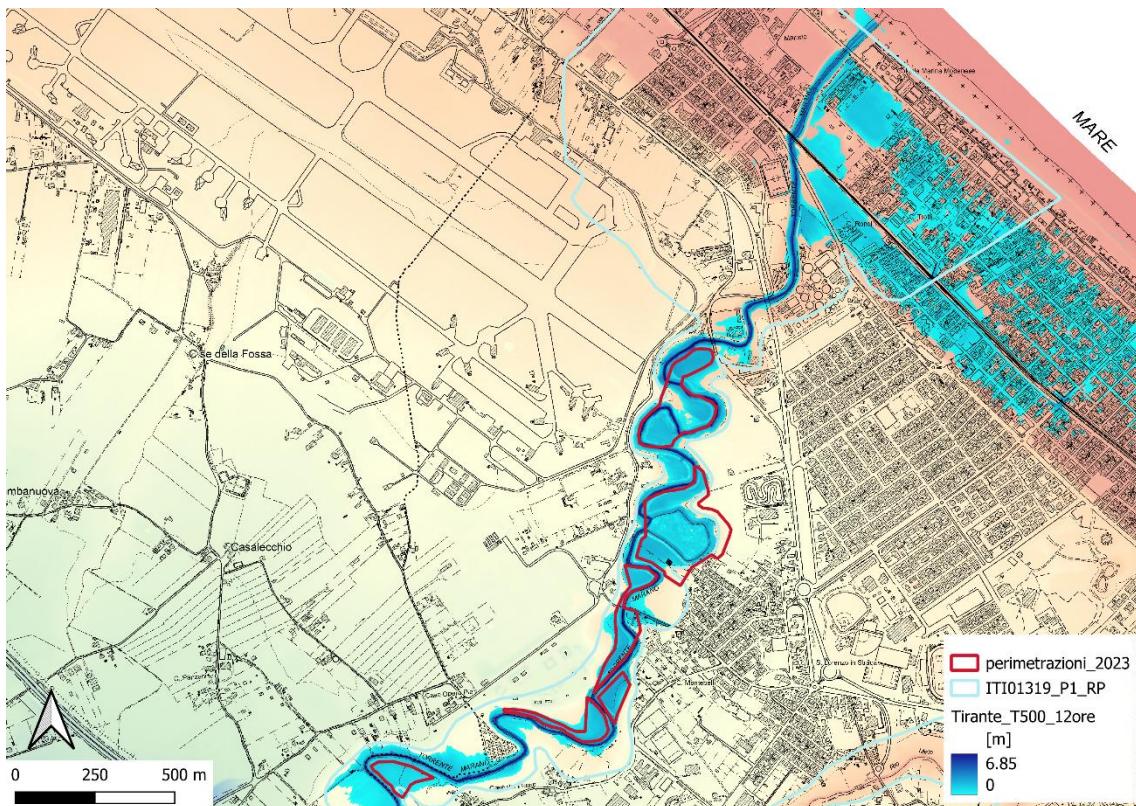


Fig. 13 T500: confronto tra livelli simulati, perimetrazioni degli allagamenti osservati a seguito dell'evento di maggio 2023 e perimetrazioni P1 del PGRA 2021 nel tratto compreso tra Autostrada A14 e SS16

6.4 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. 3.

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. 3 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
-----------	-------------------	--------------------	---------------------	----------------------	-------------

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

In questo ambito, da Faetano a Riccione, si è fatto riferimento all'evento T200 anni ed in particolare all'inviluppo delle superfici idriche ottenute per le diverse durate di pioggia simulate.

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

I franchi idraulici ottenuti sono riportati nella seguente Tab. 4.

Tab. 4 Marano da Faetano a Riccione: 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
MNIN0001	Ponte via Saline	Montescudo	140.32	intradosso piano	142.65	142.23	2.33	1.91	
MNIN0004	Ponte via Parco del Marano	Coriano	61.99	intradosso piano		64.53		2.54	
MNIN0008	Ponte Via Marzabotto	Coriano	38.32	ad arco	38.64	37.28	0.32	-1.04	Estradosso a 40.49 m s.m.
MNIN0009	Ponte SP41	Coriano	38.13	intradosso piano		39.30		1.17	
MNIN0010	Ponte SP31	Rimini/Riccione	21.46	ad arco	22.77	21.00	1.31	-0.46	
MNIN0011	Ponte A14 Adriatica	Rimini/Riccione	16.34	intradosso piano		21.34		5.00	
MNIN0012	Ponte Viale San Lorenzo	Riccione	10.28	intradosso piano		8.50		-1.78	Estradosso a 9.80 m s.m.
MNIN0013	Ponte Via Tortona	Riccione	6.17	ad arco	4.85	1.65	-1.32	-4.52	Estradosso a 6.98 m s.m.
MNIN0014	Ponte SS16 Adriatica	Riccione	4.72	intradosso piano		9.86		5.14	
MNIN0015	Ponte viale Portofino	Riccione	3.40	intradosso piano		2.83		-0.57	Estradosso a 5.40 m s.m.
MNIN0016	Ponte a monte Ponte FS	Riccione	3.28	intradosso piano		4.70		1.42	
MNIN0017	Ponte FS	Riccione	3.22	ad arco	2.86	1.10	-0.36	-2.12	Estradosso a 5.24 m s.m.
MNIN0018	Ponte via Pirandello	Riccione	2.66	ad arco	4.54	3.99	1.88	1.33	
MNIN0019	Ponte viale Gabriele D'Annunzio	Riccione	1.96	ad arco	3.00	2.84	1.04	0.88	

7 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.

7.1 L'assetto del fiume Marano

L'asta del fiume Marano, oggetto di delimitazione delle fasce fluviali e interessata dalla definizione delle linee di assetto, si sviluppa per circa 26 km da Faetano (San Marino) alla foce a Riccione, attraversando i territori della provincia di Rimini.

Vista l'assenza di criticità idrauliche significative se non nel tratto di pianura in corrispondenza della foce, è previsto l'inserimento di un muro lungo via Portofino per confinare l'allagamento nella zona verde a valle del depuratore e compresa tra l'alveo e via Portofino. Un eventuale rialzo a ridosso della sponda avrebbe aggravato la situazione di inofficiosità dei ponti ferroviario e di via Portofino vicini all'area e già ampiamente insufficienti. Oltre a questo intervento non sono definite ulteriori linee di assetto specifiche oltre quelle generali descritte in Relazione Tecnica.

7.2 Valutazioni su eventi di piena superiori a quelli 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 12 ore, ottenuto nello scenario idrologico che contempla gli effetti del cambiamento climatico.

Tab. 5 Portate di piena per il fiume Marano

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)
Marano	Marano	4	Faetano	5.5	20	30	35	40
Marano	Marano	29	Fogliano Marina	59.6	145	190	220	255

La Tab. 5 riporta il confronto tra le portate idrologiche di riferimento del fiume Marano e quelle ottenute nelle analisi idrologiche stimando l'effetto del cambiamento climatico per T200.

Si osservi che l'incremento idrologico del picco di portata a Fogliano Marina è dell'ordine del 34%, mentre si ha un aumento del 25% in termini volumetrici tra l'idrogramma T200 che considera il cambiamento climatico e il corrispondente idrogramma senza cambiamenti climatici sempre nella stessa sezione

Lo scenario che contempla i cambiamenti climatici provoca estesi allagamenti in sinistra idraulica nel centro abitato di Riccione. L'intervento di progetto prevede l'espansione dell'allagamento in destra idraulica.

7.3 Quadro degli interventi

In Tab. 6 sono riassunte le localizzazioni e le tipologie di intervento previste nei tratti di Fascia B di progetto individuati lungo il fiume Marano.

Tab. 6 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto

N	Comune	Progressiva (km)	Sponda	Localizzazione	Tipologia intervento
1	Riccione	28-29	DX	Viale Portofino	Contenimento livelli idrici

Vista l'assenza di strumenti di misura lungo l'asta del Marano, si consiglia di prevedere l'inserimento di idrometri e strumenti per poter valutare i livelli di piena in alveo così da costruire un dataset efficace per valutare adeguatamente le variazioni di livello osservate nel fiume. In questo modo si otterrebbero dati aggiornati per calibrare eventuali modelli idraulici per la verifica degli assetti di progetto.

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.

7.4 Valutazione dei franchi dei dell'analisi morfologica ponti e criticità idrauliche rispetto alle linee di assetto

In Tab. 7 sono riportate le valutazioni sui franchi idraulici degli attraversamenti presenti tra A14 e foce 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).

L'assetto di progetto simulato ha portato ad una contenuta riduzione dei franchi dei ponti minore o uguale a 16 cm. Si osserva inoltre che gli altri attraversamenti che risultavano verificati nello stato di fatto, continuano a mantenersi tali anche in questo caso.

Tab. 7 Marano da Riccione alla 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
MNIN0011	Ponte A14 Adriatica	Rimini/Riccione	16.34	intradosso piano		21.34		5.00	Δ FR appoggio = + 0.00 m
MNIN0012	Ponte Viale San Lorenzo	Riccione	10.28	intradosso piano		8.50		-1.78	Δ FR appoggio = + 0.00 m
MNIN0013	Ponte Via Tortona	Riccione	6.18	ad arco	4.85	1.65	-1.33	-4.53	Δ FR appoggio = - 0.02 m
MNIN0014	Ponte SS16 Adriatica	Riccione	4.77	intradosso piano		9.86		5.09	Δ FR appoggio = - 0.05 m
MNIN0015	Ponte viale Portofino	Riccione	3.56	intradosso piano		2.83		-0.73	Δ FR appoggio = - 0.16 m
MNIN0016	Ponte a monte Ponte FS	Riccione	3.44	intradosso piano		4.70		1.26	Δ FR appoggio = - 0.16 m
MNIN0017	Ponte FS	Riccione	3.38	ad arco	2.86	1.10	-0.52	-2.28	Δ FR appoggio = - 0.16 m
MNIN0018	Ponte via Pirandello	Riccione	2.72	ad arco	4.54	3.99	1.82	1.27	Δ FR appoggio = - 0.06 m
MNIN0019	Ponte viale Gabriele D'Annunzio	Riccione	2.01	ad arco	3.00	2.84	0.99	0.83	Δ FR appoggio = - 0.04 m

7.5 Portate di piena di riferimento

Nelle condizioni attuali, in Tab. 8 sono riportate le portate di piena al colmo di riferimento nelle sezioni di chiusura individuate. 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. 8 Fiume Marano 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)
Marano	4	Faetano	5.5	20	30	35	-	-	-
Marano	29	Fogliano Marina	59.6	145	190	220	110	130	145

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 12 ore a Fogliano Marina, nell'ipotesi di realizzazione delle linee di assetto proposte nel capitolo 7.

Tab. 9 Fiume Marano linee di assetto – portate di riferimento

Corso d'acqua	Progr (km)	Sezione	Sup. (km ²)	T200 (m ³ /s)
Marano	29	Fogliano Marina	59.6	145