



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



REGIONE  
PIEMONTE



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

PROVINCIA DI CUNEO



COMUNE DI CORTEMILIA

## INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL F. BORMIDA PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CONCENTRICO (DA PONTE S. ROCCO A PONTE OLLA)

Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 23/08/2022

Decreto Capo Dipartimento Protezione Civile rep.n.2777 del 21/10/2022 accordo DPC -Regione Piemonte

30/01/2023 PNRR - investimento 2.1.b, missione 2, componente 4

numero progressivo macro intervento 4, numero progressivo intervento 33, Regione Piemonte, eventi novembre 2019 DCM 02/12/2019, tipologia intervento lett.d) art.25 c.2, CUP h68h22000070002, soggetto attuatore Comune di Cortemilia, Codice Intervento CN\_A18\_622\_19\_182, importo totale € 850.000,00.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

## RELAZIONE IDRAULICA



*I progettisti:*

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI

Dott. Ing. Chiara PALESE

**EDes Ingegneri Associati** P.IVA 10759750010

Via Postumia 49, 10142 Torino Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902

www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

Elaborato	Revisione			Redatto	Controllato e approvato
2	0	APR.2023	Prima emissione	Ing. Eleonora STILLO	Ing. Bartolomeo VISCONTI
Scala	-				
Codice	21051-P02-0_IDR				

COMMITTENTE Comune di Cortemilia



**COMUNE DI CORTEMILIA****INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL F. BORMIDA  
PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL CONCENTRICO  
(DA PONTE S. ROCCO A PONTE OLLA)**

Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 23/08/2022

Decreto Capo Dipartimento Protezione Civile rep.n.2777 del 21/10/2022 accordo DPC -Regione Piemonte 30/01/2023 PNRR - investimento 2.1.b, missione 2, componente 4 numero progressivo macro intervento 4, numero progressivo intervento 33, Regione Piemonte, eventi novembre 2019 DCM 02/12/2019, tipologia intervento lett.d) art.25 c.2, CUP h68h22000070002, soggetto attuatore Comune di Cortemilia, Codice Intervento CN\_A18\_622\_19\_182, importo totale € 850.000,00.

**RELAZIONE IDRAULICA****INDICE**

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO COMPLESSIVO DELL'AREA .....	1
3. QUADRO NORMATIVO DELLE CONDIZIONI DI DISSESTO – STATO DI FATTO .....	4
4. METODOLOGIA DI INDAGINE .....	5
5. ASSETTO IDROLOGICO E STUDI PREGRESSI .....	6
6. ASSETTO GEOMETRICO DELL'AREA .....	8
7. STUDIO IDRAULICO.....	9
7.1 SCENARI DI RIFERIMENTO .....	9
7.2 METODO DI CALCOLO.....	10
7.3 CONDIZIONI AL CONTORNO E DOMINIO DI CALCOLO .....	10
7.4 COEFFICIENTE DI SCABREZZA .....	10

8.	ANALISI DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA .....	11
8.1	SCENARIO DI STATO DI FATTO.....	11
8.2	SCENARIO DI STATO DI progetto .....	15
9.	VERIFICA IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI.....	19
10.	COMPATIBILITA' IDRAULICA E CONCLUSIONI.....	<b><i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i></b>

**ALLEGATO: RAFFRONTO AREE ESONDABILI ANTE E POST OPERA TR200**



## **1. PREMESSA**

La presente relazione idraulica è stata redatta nell'ambito della progettazione degli "Interventi di sistemazione idraulica del f. Bormida per la messa in sicurezza del concentrico (da ponte S. Rocco a ponte Olla)" nel comune di Cortemilia (CN) - Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 23/08/2022 - Decreto Capo Dipartimento Protezione Civile rep.n.2777 del 21/10/2022 accordo DPC - Regione Piemonte 30/01/2023 PNRR - investimento 2.1.b, missione 2, componente 4, numero progressivo macro intervento 4, numero progressivo intervento 33, Regione Piemonte, eventi novembre 2019 DCM 02/12/2019, tipologia intervento lett.d) art.25 c.2, CUP h68h22000070002, soggetto attuatore Comune di Cortemilia, Codice Intervento CN\_A18\_622\_19\_182, importo totale € 850.000,00.

Come ampiamente descritto in Relazione Tecnico-Illustrativa (Elaborato 1), le valutazioni idrauliche svolte e le conseguenti modalità di sviluppo della modellazione idraulica condotta si sono basate su un buon quadro conoscitivo del tratto di fiume Bormida oggetto di indagine ed a partire da modelli idraulici già precedentemente implementati dagli scriventi progettisti, aggiornati ai fini della presente progettazione, con l'obiettivo di definire uno strumento di valutazione delle criticità idrauliche più avanzato.

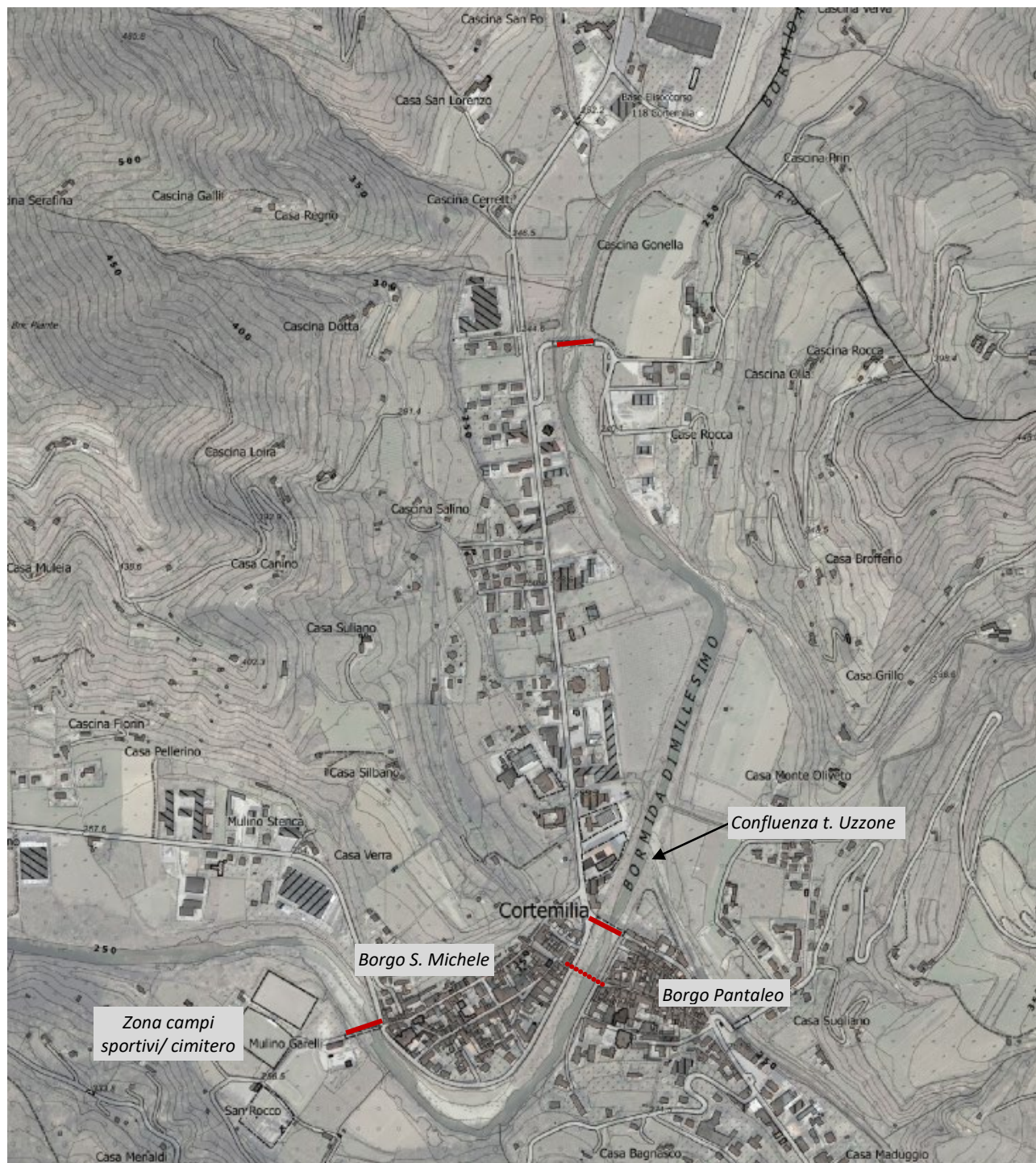
L'indagine idraulica è stata condotta con utilizzo di modello bidimensionale in moto vario, ad un livello di approfondimento superiore rispetto a quello tipico di questa fase progettuale, ma ritenuto adeguato ai fini del lavoro.

Infatti il modello si pone l'obiettivo di valutare le esigenze complessive dell'intero tratto di Bormida nell'abitato di Cortemilia, aggiornando le valutazioni alla luce delle opere ad oggi realizzate (primo lotto di interventi di arginatura e interventi di disalveo), al fine di definire le condizioni di pericolosità residua e le esigenze di intervento.

L'estensione dell'area indagata interessata di fatto tutto il territorio comunale urbanizzato, tiene conto dell'intervento eseguito dalla Provincia di Cuneo in corrispondenza della ponte della SP429, oltre che delle opere di primo lotto.

## **2. INQUADRAMENTO COMPLESSIVO DELL'AREA**

L'area oggetto di indagine si estende lungo le sponde del fiume Bormida nel tratto di concentrico del comune di Cortemilia; nell'immagine si riporta il quadro complessivo dell'area, attraversata dal fiume Bormida, che scorre in direzione ovest-est nella porzione a monte del centro abitato e poi compie una brusca deviazione del suo corso, proseguendo in direzione sud-nord. Lungo il tratto indagato, poco a valle del ponte SP429, si considera l'immissione del torrente Uzzone, affluente di destra del Bormida; inoltre lungo il tratto si segnala la presenza su entrambe le sponde di alcuni altri impluvi di ridotta entità, trascurati dal punto di vista del loro apporto idrologico.



Il fiume Bormida in tale tratto è interessato da attraversamenti stradali e pedonali ed è costeggiato in sinistra orografica dalla SP439 nella porzione di monte e dalla SP429 in quella di valle.

Il fiume Bormida, caratterizzato da un'importante attività di trasporto solido, presenta nel tratto di analisi aree di erosione e soprattutto di deposito localizzate.

Cortemilia si insedia su entrambe le sponde del corso d'acqua, distribuendo aree artigianali e produttive a monte e a valle del tratto analizzato ed il centro abitato nel tratto centrale con il borgo di San Pantaleo in destra e il borgo di San Michele in sinistra; l'abitato è caratterizzato da quota del piano costruito mediamente inferiore rispetto alla quota di sommità della sponda d'alveo corrispondente. Come dimostrato dalle successive verifiche idrauliche condotte non si verificano in tale tratto condizioni di

insufficienza delle sponde al contenimento dei tiranti massimi, ma la mancanza del franco idraulico minimo, che in alcuni tratti arriva quasi ad annullarsi.

A monte del centro urbano l'alveo presenta sponde naturali e attraversa zone di aperta campagna compatibili ai fenomeni di espansione della piena, per poi incontrare i primi insediamenti produttivi in sponda sinistra e, poco più a valle, la zona cimitero e campi sportivi in destra. Si incontra poi il ponte San Rocco, primo attraversamento stradale lungo il tratto analizzato, che collega l'abitato alla zona campi sportivi/cimitero in sponda destra; a partire da questo punto la SP439 si attesta in cima alla sponda sinistra, ristretta tra centro abitato e corso d'acqua, per poi immettersi nella SP429, a valle del nucleo abitato.

Nella zona ricompresa tra il ponte San Rocco e il successivo ponte di attraversamento della SP429, l'alveo continua ad avere fondo naturale ma viene ristretto tra muri di sponda in pietra alti all'incirca 8 m rispetto al fondo scorrevole, in sponda sinistra il muro si estende per tutto il tratto ricompreso tra i due ponti citati e in destra solamente a partire da valle della curva, preceduto da un lungo tratto di scarpata naturale. In sinistra il muro si attesta alla quota del piano strada, pertanto lungo tutto il tratto è presente un parapetto metallico aperto anticaduta, in sponda destra invece per un certo tratto il muro si attesta circa 70 cm al di sopra del piano strada ed il parapetto metallico è presente solamente a valle di questo muretto, configurandosi in modo analogo alla sponda sinistra. Sempre tra i due ponti si rilevano le seguenti peculiarità:

- L'alveo presenta sezione con doppia incisione, la savanella centrale e le fasce golenali laterali sopraelevate, che corrono lungo i muri di sponda e che vengono interessate dal deflusso solo in caso di piena. Tali aree concorrono alla valorizzazione della naturalità di tale tratto di fiume Bormida, con la formazione di un habitat in cui differenti specie acquatiche vivono direttamente inserite in tale ambito urbano. In particolare, la fascia golenale sinistra per la sua maggiore ampiezza ed accessibilità, tramite quattro rampe di accesso esistenti, svolge la funzione di percorso urbano outdoor e parco urbano, nel rispetto della gestione in sicurezza di tale area secondo i limiti di compatibilità definiti dalla pericolosità idraulica vigenti.
- Poco a monte del ponte SP429 è presente un ulteriore elemento di valorizzazione del contesto urbano, che nel gergo locale viene identificato come "la pontina", suggestiva passerella pedonale in ferro risalente ai primi anni del '900, che collega pedonalmente i due borghi.
- In sponda destra nel tratto ricompreso tra il ponte San Rocco e la curvatura verso sinistra del Bormida sono presenti due tratti di scogliera di protezione antiersiva, uno appena a valle del ponte e uno proprio in centro alla curva; questo secondo tratto presenta alcuni segni di ammaloramento verso monte. Inoltre nel tratto in curva si rileva in sponda destra la presenza di fitta vegetazione e boscaglia, che può essere presa in carico in caso di piena.

A valle del ponte SP429 in sponda destra si incontra un'ampia zona di campagna esondabile, con la presenza di limitati insediamenti produttivi e agricoli in posizione piuttosto sopraelevata, in sponda sinistra invece permane un'area meno densamente urbanizzata ad uso produttivo ed agricolo misto a residenziale. La porzione edificata risulta in posizione più arretrata e generalmente sopraelevata rispetto al ciglio di sponda fluviale, su terrapieni contenuti da muri che creano una limitazione all'estensione dell'area esondabile pressoché continua (con il contributo delle arginature realizzate nel primo lotto) fino al ponte Olla, ultimo attraversamento presente nel tratto di analisi.

Si riscontrano tuttavia ancora alcuni tratti in cui le esondazioni arrivano ad interessare le zone edificate, in particolare nella zona denominata "Tiro a segno" a monte e a valle del ponte Olla, dove l'esondazione arriva a scavalcare corso Einaudi (SP 429).

Nel successivo capitolo si descrive il quadro conoscitivo dell'area d'indagine ed i medesimi luoghi dal punto di vista dell'attuale stato di completamento delle opere di sistemazione idraulica.

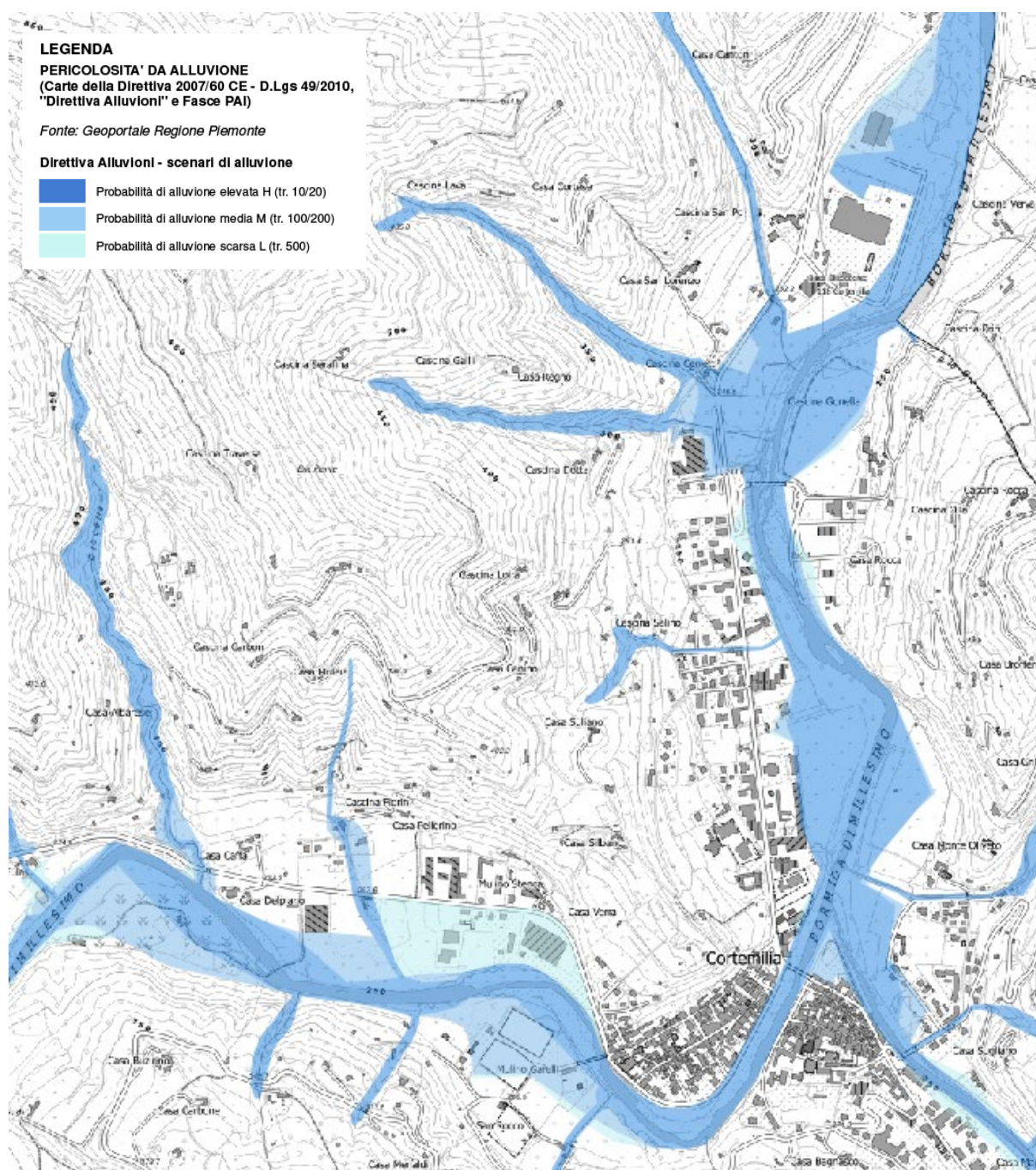


### 3. QUADRO NORMATIVO DELLE CONDIZIONI DI DISSESTO – STATO DI FATTO

Nella seguente immagine si riporta la condizione normativa di dissesto da Piano Fasce e Direttiva Alluvioni per il tratto di fiume Bormida di interesse. In base a quanto riportato nel D. Lgs 49/2010, Direttiva Alluvioni, la quasi totalità dell'area è caratterizzata da una probabilità di alluvioni elevata corrispondente ad eventi con tempo di ritorno 20/50 anni, ad eccezione dell'area in destra a monte del ponte San Rocco in cui sorgono i campi sportivi caratterizzata da pericolosità media, corrispondente ad eventi con tempo di ritorno 100/200 anni, e dall'area in sponda sinistra a monte del ponte San Rocco caratterizzata da pericolosità scarsa, corrispondente ad eventi con tempo di ritorno 10/20 anni. Il comune di Cortemilia risulta esterno all'area di mappatura delle Fasce Fluviali PAI.

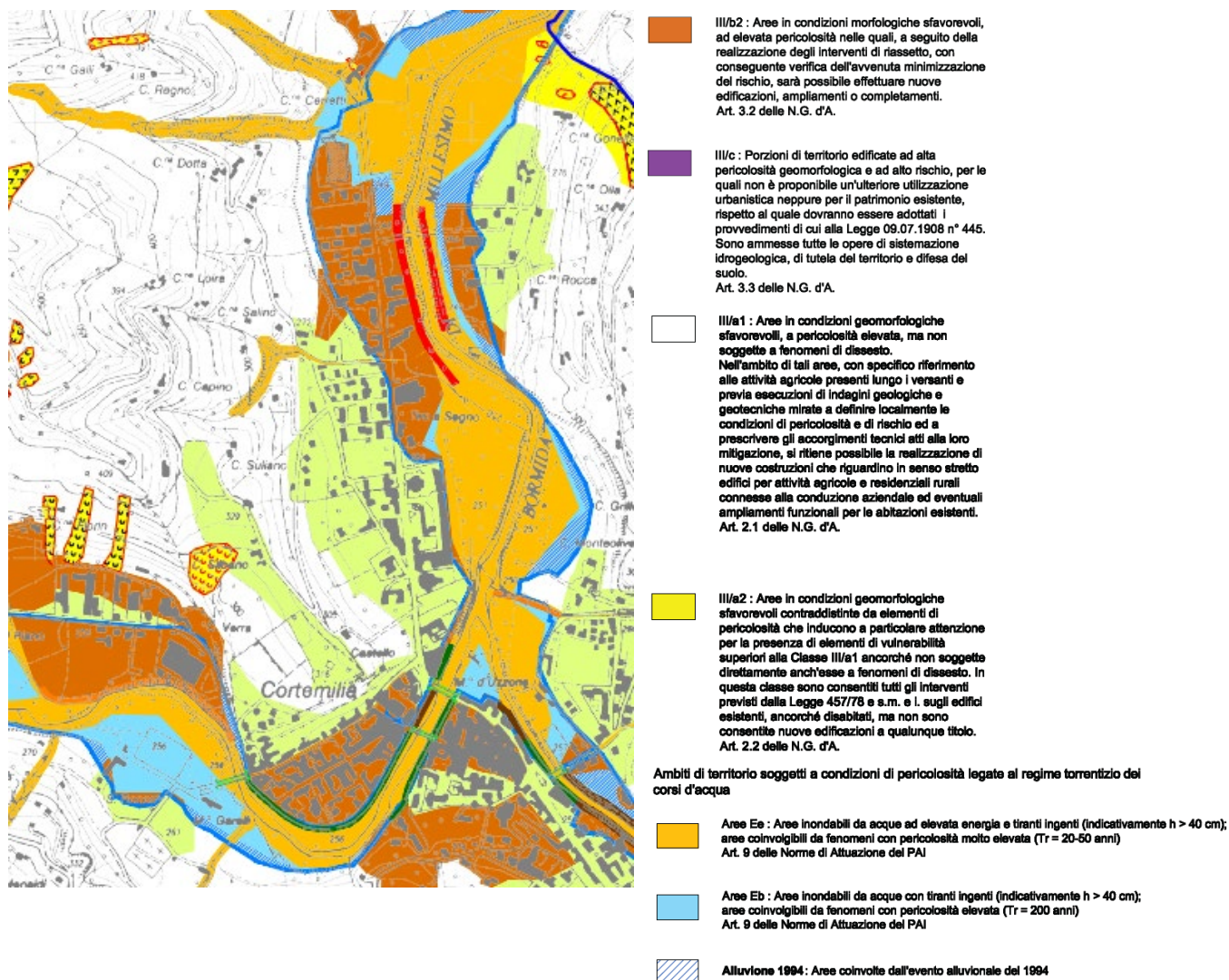
Si osserva quindi che gli strumenti normativi di riferimento non tengono conto ancora della presenza delle opere di sistemazione idraulica ad oggi realizzate nell'ambito del primo lotto di progettazione.

La Carta di Sintesi di utilizzazione urbanistica del PRGC, tavola 2.4, aggiornata a dicembre 2011, di cui si propone uno stralcio nella figura sottostante; nella tavola vengono delimitate e classificate tutte le aree coinvolte dall'evento alluvionale del 1994, definendo all'interno delle stesse gli ambiti soggetti a





Di seguito si riporta l'estratto della Tavola 1:10.000 del PRGC vigente, si rimanda integralmente alla stessa per la consultazione di dettaglio della cartografia e della legenda associata.



#### 4. METODOLOGIA DI INDAGINE

5

In particolare si fa riferimento alle verifiche idrauliche già effettuate per la progettazione esecutiva degli “Interventi di sistemazione idraulica a tutela e difesa per la messa in sicurezza dell'abitato di Cortemilia”, redatto dall'Ing. Visconti e dall'Ing. Gattiglia, ed in particolare con riferimento all'elaborato 2 Relazione Idraulica contenuto nel progetto. Le suddette verifiche idrauliche sono state effettuate mediante l'implementazione di una estesa analisi bidimensionale in moto vario ed in moto stazionario al fine di verificare nel dettaglio gli effetti degli interventi previsti sul corso d'acqua.

La metodologia di indagine complessivamente adottata è riassumibile come segue:

- A. Analisi della documentazione progettuale disponibile sul territorio, relativa agli interventi progettati dallo scrivente e in parte realizzati a partire dal 2013 e lo studio di approfondimento relativo alle condizioni di pericolosità del concentrico, anch'esso svolto dallo scrivente nel 2016;
- B. Analisi degli studi di PRGC e del PGRA. Tali elementi costituiscono il quadro di riferimento e di indirizzo delle condizioni di dissesto idraulico per il territorio oggetto di indagine;
- C. Utilizzo del rilievo topografico a disposizione dalle precedenti fasi progettuali e rilievo topografico integrativo realizzato puntualmente ove necessario integrare alcune informazioni altimetriche, in particolare in corrispondenza delle opere realizzate;
- D. Utilizzo di nuvola di punti ottenuta da rilievo laser-scanner realizzato in modo esteso lungo i due tratti a maggiore peculiarità del tratto complessivamente oggetto di studio: il tratto di abitato ricompreso tra i ponti San Rocco e SP429 e il tratto a valle del ponte Olla;
- E. Assunzione del tempo di ritorno di riferimento per la verifica delle condizioni di rischio residuo vigenti e ad opere di sistemazione idrauliche completate pari a 200 anni.
- F. Elaborazione del modello idraulico al fine di contenere tutti i campi di esondabilità potenzialmente causa di scenari di pericolosità idraulica rilevati nel tratto di indagine, pervenendo alla condizione di invariabilità dei tiranti;
- G. Consultazione del modello idraulico tramite campionamento delle quote di sommità arginale e del tirante idraulico lungo la traccia arginale in corrispondenza di tutte le sezioni significativamente dislocate lungo le opere di difesa idraulica esistenti, ai fini dell'ulteriore verifica di queste ultime a fronte di quanto svolto al precedente punto;
- H. Consultazione del modello idraulico elaborato, tramite campionamento delle quote di sommità arginale e tirante idraulico in corrispondenza della traccia arginale in corrispondenza di tutte le sezioni significativamente dislocate lungo le opere di difesa idraulica in progetto e conseguente definizione delle quote di sommità arginale di progetto, assumendo franco idraulico pari o superiore a 1 m.
- I. Quantificazione e valutazione economica delle opere previste.

L'obiettivo finale della progettazione risulta:

- I. analizzare l'attuale quadro del dissesto alla luce degli elementi e delle valutazioni di maggior dettaglio oggi disponibili;
- II. definire i livelli e le condizioni di dinamica idraulica a supporto della progettazione delle opere in corso;
- III. valutare ulteriormente le condizioni di rischio residue a “opere ultimate”, nell'ipotesi di realizzare completamente le opere di sistemazione idraulica proposte, a fronte della disponibilità economica effettiva e di alcune situazioni di effettiva impossibilità di messa in sicurezza assoluta;
- IV. definire la proposta di intervento per l'eliminazione delle condizioni di rischio residuo.

Il presente documento pertanto riassume i risultati ottenuti dalla rielaborazione e dall'estrapolazione condotta sul modello complessivo implementato ai fini della presente progettazione.

## **5. ASSETTO IDROLOGICO E STUDI PREGRESSI**

Le verifiche riprendono le analisi idrauliche condotte nell'ambito dello studio “Aggiornamento del quadro dei dissesti nel territorio comunale di Cortemilia, finalizzato alla definizione della Variante al PRGC vigente in adeguamento al PAI – Integrazioni – Rilievi topografici e verifiche di compatibilità idraulica del torrente

Uzzone e del fiume Bormida previste dal PAI", marzo 2011, a firma del dott. Geol. E. Rabajoli e Ing. L. Marengo, cui si rimanda per tutti gli aspetti di dettaglio.

I valori al colmo di portata di progetto utilizzati in tali verifiche sono riportati nella seguente tabella:

TRATTO	Q(tr 50) mc/s	Q(tr 200) mc/s	Q(tr 500) mc/s
F. Bormida a Cortemilia a monte confluenza T. Uzzone	824	1190	1392
F. Bormida a Cortemilia a valle confluenza T. Uzzone	976	1370	1597

Le simulazioni sono state sviluppate per i seguenti tempi di ritorno: Tr 50, 100 200.

Per ragioni di sintesi nel presente paragrafo si introduce l'assetto idrologico per le simulazioni di eventi di piena associati al tempo di ritorno di riferimento 200 anni e nei successivi paragrafi si commentano i risultati delle simulazioni associate. Il modello è comunque stato elaborato anche per gli altri tempi di ritorno.

L'analisi di moto vario ha comportato l'adozione di un opportuno idrogramma di piena per il fiume Bormida e per il Torrente Uzzone, che presentano un valore al colmo pari al valore assunto negli studi di PRGC. Per la valutazione della forma da dare agli idrogrammi sono stati stimati la durata dell'evento di piena di riferimento e la scelta di un idrogramma tipico per caratterizzare la forma dell'onda tra quelli presenti in letteratura.

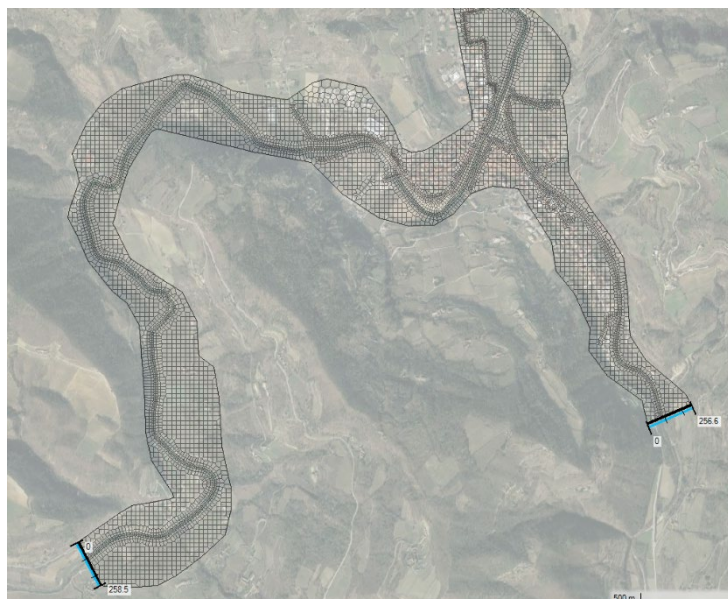
Per il calcolo del tempo di corrivazione sono state impiegate differenti formule note in letteratura, quali Giandotti, Ventura, Pasini, Metodo S.C.S., Kirpich e Bocchiola.

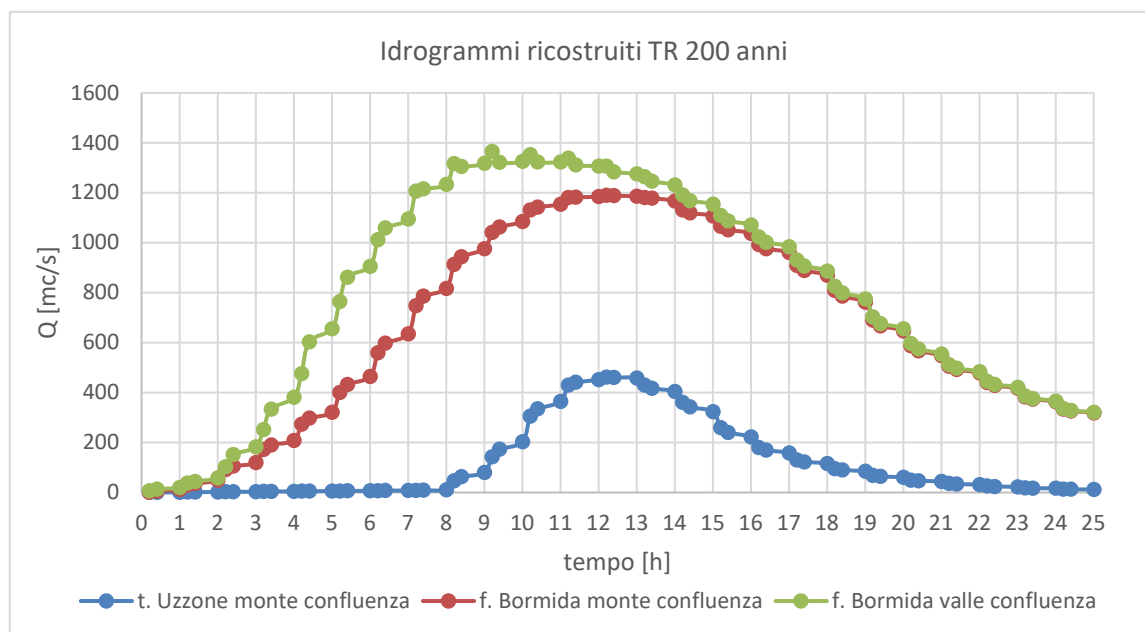
In corrispondenza delle sezioni di ingresso per la modellazione sviluppata, è stato adottato un tempo di corrivazione della piena di 12 ore per il fiume Bormida a Cortemilia e di 5 ore per il torrente Uzzone a Cortemilia, calcolati rispettivamente come media dei valori ottenuti, escludendo l'estremo superiore ed inferiore.

Gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico sono stati inseriti in corrispondenza di due sezioni di monte entrambe di estensione di circa 260 m, tracciate in corrispondenza del limite comunale di monte per il fiume Bormida e 2 km a monte rispetto alla confluenza per il torrente Uzzone.

Gli idrogrammi ricostruiti per i due corsi d'acqua secondo l'idrogramma adimensionale di Mockus adottato presentano valore di colmo pari a 1190 m<sup>3</sup>/s per il fiume Bormida e pari a 462 m<sup>3</sup>/s per il torrente Uzzone; al fine di ottenere il valore di riferimento di portata al colmo a valle della confluenza, considerando i tempi che impiega il colmo di piena a raggiungere il punto di confluenza, gli idrogrammi ricostruiti per i due corsi d'acqua sono stati combinati con un ritardo di circa 2 ore del colmo dell'Uzzone rispetto a quello del Bormida, ottenendo una portata a valle della confluenza pari a 1370 m<sup>3</sup>/s.

I valori di portata adottati risultano quindi coerenti con le indicazioni della pianificazione vigente.





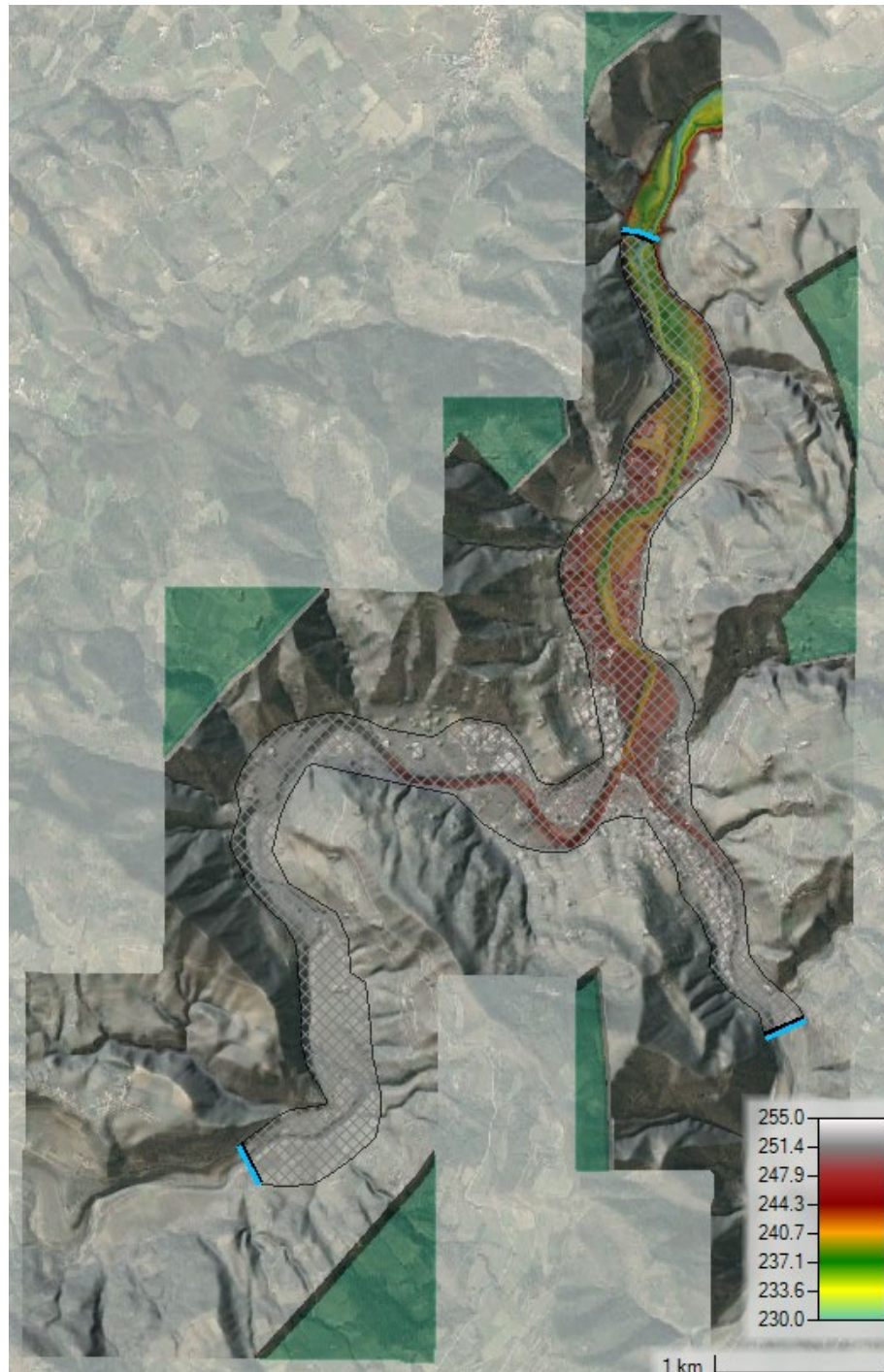
## 6. ASSETTO GEOMETRICO DELL'AREA

Il dominio di studio esteso all'intero territorio comunale interessato dai corsi d'acqua in esame è rappresentato nella mappa seguente.

Il DTM complessivo utilizzato come fonte di dato geometrico nella progettazione (DTM MATTM da scansione LiDAR 1x1) è stato integrato con i rilievi topografici di dettaglio e con il rilievo laser scanner menzionati nel precedente Capitolo 4.

Tali dati di rilievo sono quindi stati impiegati per la definizione dell'alveo, della batimetria, delle quote arginali e di sponda dello stato attuale, dei depositi di materiale presenti, della geometria dei muri e degli attraversamenti nel tratto modellato. Il DTM risultante, utilizzato all'interno del modello 2D, è stato ottenuto interpolando i punti effettivamente rilevati aggiornati al 2023; a seguire la vista complessiva del DTM adottato.





## 7. STUDIO IDRAULICO

### 7.1 SCENARI DI RIFERIMENTO

Gli scenari di riferimento implementati sono i seguenti:

**SCENARIO DI STATO DI FATTO:** realizzazione degli interventi 1, 3, 5, 7 e porzione di valle dell'intervento 2 realizzati nell'ambito del primo lotto di progettazione;

**SCENARIO DI PROGETTO:** realizzazione degli interventi 2 (porzione di monte), 4, 6 e intervento di ripresa di scogliera esistente nel tratto in curva a valle del ponte San Rocco, contemplati all'interno del secondo lotto di progettazione.

## 7.2 METODO DI CALCOLO

La verifica idraulica è stata svolta in moto vario bidimensionale. Questo porta con sé l'implicita assunzione che gli effetti di bidimensionalità del moto e di crescita e decrescita dell'onda di piena, congiunti, possano avere conseguenze significative sulle variabili idrauliche, che invece sono generalmente trascurate, dalla classica analisi monodimensionale stazionaria.

Si tratta in sostanza di risolvere le equazioni costitutive dei fluidi note come equazione di continuità e della quantità di moto (equazione dei momenti). La bidimensionalità è data dal fatto che le variabili sono calcolate su due dimensioni cartesiane  $x$  e  $y$  e mediate invece sulla profondità e che le componenti lungo  $z$  delle grandezze idrauliche vettoriali sono trascurate.

La soluzione numerica avviene mediante il codice di calcolo HEC RAS 6.2.

In particolare delle precedenti equazioni verrà trascurato l'effetto di Coriolis mentre sarà sempre considerata la turbolenza risolvendo le equazioni con l'opzione "Full Momentum" e schematizzando il moto turbolento come un gradient diffusion process secondo l'approccio previsto dalla definizione del coefficiente di eddy Viscosity. Il valore dell'eddy Viscosity Transverse Mixing Coefficient adottato per le simulazioni è pari a 0.16. Lo schema di soluzione adottato è esplicito sulla cella ovvero i livelli idrici e le velocità della corrente per ogni nuovo time step sono computate direttamente (esplicitamente) in funzione dei valori conosciuti relativi al time step precedente. Nei settaggi dei parametri computazionali si è mantenuto infatti il coefficiente  $\theta$  pari ad 1 che determina la soluzione esplicita. Il modello inoltre è stato utilizzato in modalità 2D esclusiva, senza accoppiamenti con elementi 1D, pertanto la simulazione si estende in forma bidimensionale sull'intero dominio di calcolo.

## 7.3 CONDIZIONI AL CONTORNO E DOMINIO DI CALCOLO

A monte del dominio si sono introdotti gli idrogrammi di riferimento desunti dagli studi pregressi, come precedentemente descritto, a valle del dominio, sulle condizioni di uscita del fiume Bormida, si sono assegnate pendenze della linea dei carichi analoghe alle pendenze medie di fondo. Le pendenze assegnate alle sezioni di uscita, sono ragionevolmente ininfluenti rispetto all'area di interesse.

## 7.4 COEFFICIENTE DI SCABREZZA

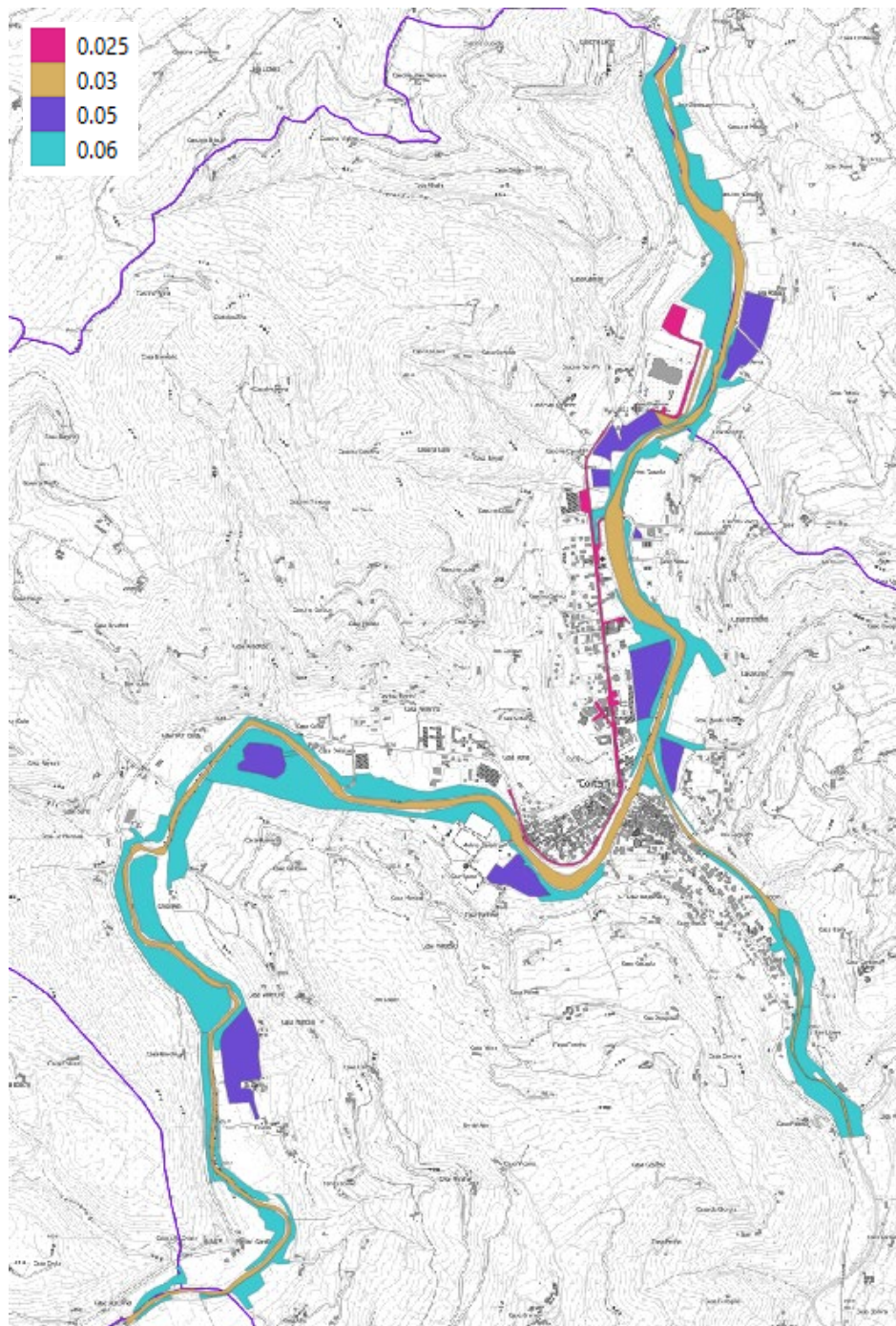
Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza adottato per i tratti modellati di Bormida e Uzzone e delle aree limitrofe potenzialmente interessabili dall'esondazione, si è prescelto in generale una scabrezza di Manning pari a  $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $33 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  di Strickler) per l'alveo. Per quanto attiene al valore di scabrezza adottato per le sponde d'alveo, abbondantemente vegetate si è posto  $n$  di Manning pari a  $0.06 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $17 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  di Strickler) per tenere conto della vegetazione e degli ostacoli puntuali non altrimenti modellabili. Per le aree interessabili dall'esondazione libere da vegetazione, quali campi o piazzali delle aree produttive si è posto  $n$  di Manning pari a  $0.05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $20 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  di Strickler). Infine, per consentire una migliore valutazione degli eventuali fenomeni di propagazione della piena lungo la via potenziale via preferenziale costituita dalla SP439 che diventa verso valle SP429 si è posto un valore di scabrezza molto basso  $n$  di Manning pari a  $0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  di Strickler).

Si precisa che nelle ultime fasi di arrangiamento del modello, prima dell'inizio della fase di interrogazione dei risultati per l'estrapolazione dei dati utili per la progettazione delle opere, in seguito ai dettagliati sopralluoghi svolti in campo, gli scriventi progettisti hanno ritenuto cautelativo applicare alcuni restringimenti dell'area con Manning assegnato pari a 0.03, ovvero quelle di alveo attivo di magra, in corrispondenza di alcune zone di deposito localizzato o di conformazione dell'alveo tale da comportare appunto tale restringimento della fascia attiva a tutti gli effetti.

Così come mostrato nella figura seguente, si è ritenuto importante apportare tale aggiustamento in particolare il tratto di monte ricompreso tra i ponti San Rocco e SP429, dove la sezione anche se ricompresa tra due muri di sponda presenta fondo con doppia incisione ed in particolare, in corrispondenza della curva è nota la presenza di un importante volume di materiale consolidato lungo la sponda sinistra, che definisce la naturale conformazione dell'alveo in tale tratto.



Tale restringimento delle porzioni a minor scabrezza ha comportato un leggero aumento dei tiranti idraulici complessivamente ottenuti a monte e in corrispondenza del tratto in cui si p intervenuti.



## 8. ANALISI DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

### 8.1 SCENARIO DI STATO DI FATTO

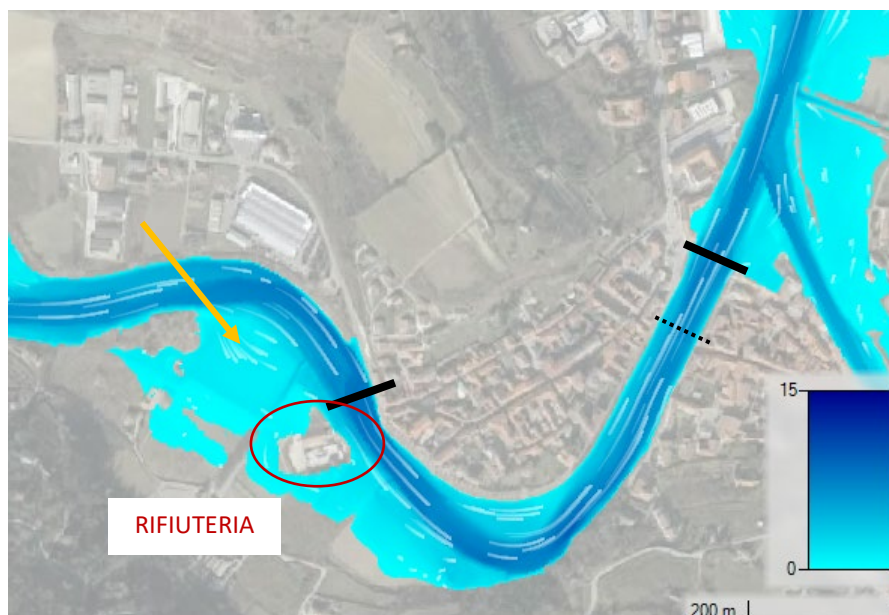
L'esito dello stato di fatto conferma l'adeguatezza delle opere realizzate nel primo lotto di progettazione, ovvero le difese in sponda sinistra a monte del ponte San Rocco (Int. 1), la difesa in sponda destra a valle del ponte San Rocco (Int. 2), il sistema di protezione della rifiuteria (Int. 3), la difesa in sponda sinistra dell'area a valle del tiro a segno tratto 2 (Int. 5) e la difesa in sponda sinistra a protezione dell'area industriale e depuratore lungo strada Montà Castino (Int. 7); dall'immagine successiva, in cui si mostra la



condizione di massima esondazione raggiunta, è possibile cogliere in modo immediato il contenimento dei tiranti massimi in corrispondenza di tali opere di difesa idraulica.



Appurata la verifica delle opere realizzate nell'ambito del primo lotto, si prosegue con l'analisi del quadro delle necessità residue. Da una prima osservazione d'insieme del campo si esondazione ottenuto si nota la presenza di alcune problematiche di carattere idraulico connesse con tiranti idrometrici di massima piena che non sempre risultano contenuti dagli argini o dalle sponde naturali esistenti. Nelle immagini a seguire si mostrano alcuni focus di tali aree soggette a criticità.



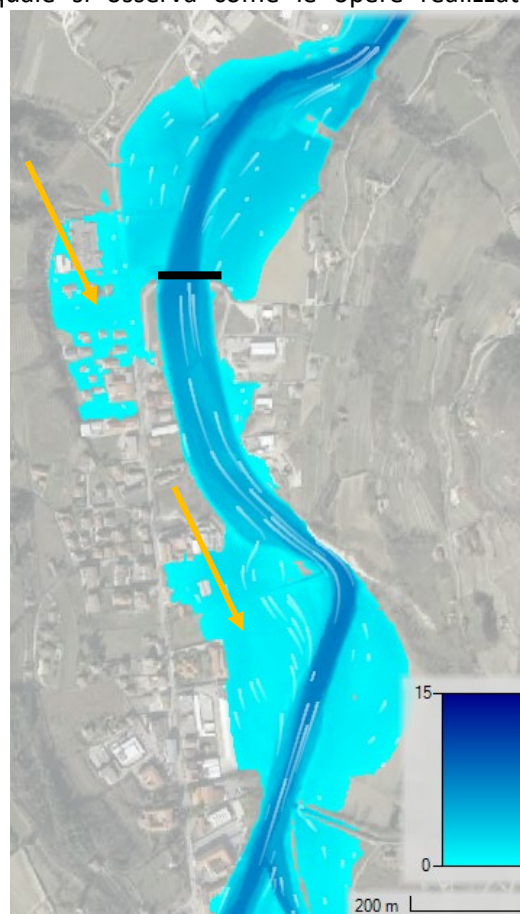
In destra orografica a monte del ponte di via San Rocco, si rileva l'allegamento dell'intera area dei campi sportivi, nell'area indicata dalla freccia gialla nell'immagine sopra riportata.

Proseguendo verso valle sempre in destra permane l'esondazione nella campagna latitante, dove la sola area sensibile presente è la cosiddetta rifiuteria, per la quale si osserva come le opere realizzate contestualmente al primo lotto risultino adeguate.

Come già anticipato, nell'intero tratto cittadino i muri di sponda risultano sufficienti al contenimento dei tiranti idraulici, con assenza di esondazione all'interno dell'abitato lungo entrambe le sponde, ma non risulta verificato il franco idraulico minimo lungo ampi tratti degli stessi; si precisa che la valutazione delle condizioni del franco idraulico dei muri esistenti è stata svolta sull'intero tratto ricompreso tra i ponti San Rocco e SP 429.

Il territorio in prossimità della confluenza dell'Uzzone è completamente coinvolto dal campo di esondazione dei due corsi d'acqua; sempre a valle del ponte SP429 in sponda sinistra si osserva come i muri di sponda di proprietà privata nel tratto a quota inferiore non contengano i tiranti massimi di piena, comportando l'interessamento da parte dell'esondazione dei piazzali privati latitanti con tiranti massimi inferiori a 50 cm.

Sempre osservando le frecce gialle nell'immagine seguente, nel tratto intermedio invece, tra il ponte di via Olla a valle e la zona del Tiro a Segno, gli studi idraulici individuano un limite di potenziale esondabilità prossimo ad alcuni edifici residenziali e artigianali-commerciali in sponda sinistra; i sopralluoghi condotti e confermati dagli studi idraulici citati in precedenza, inoltre hanno consentito di verificare come la morfologia dei luoghi possa favorire il verificarsi di fenomeni di esondazione con interessamento di tali edifici in caso di eventi di piena rilevanti, come per altro già accaduto in passato (evento 1994).



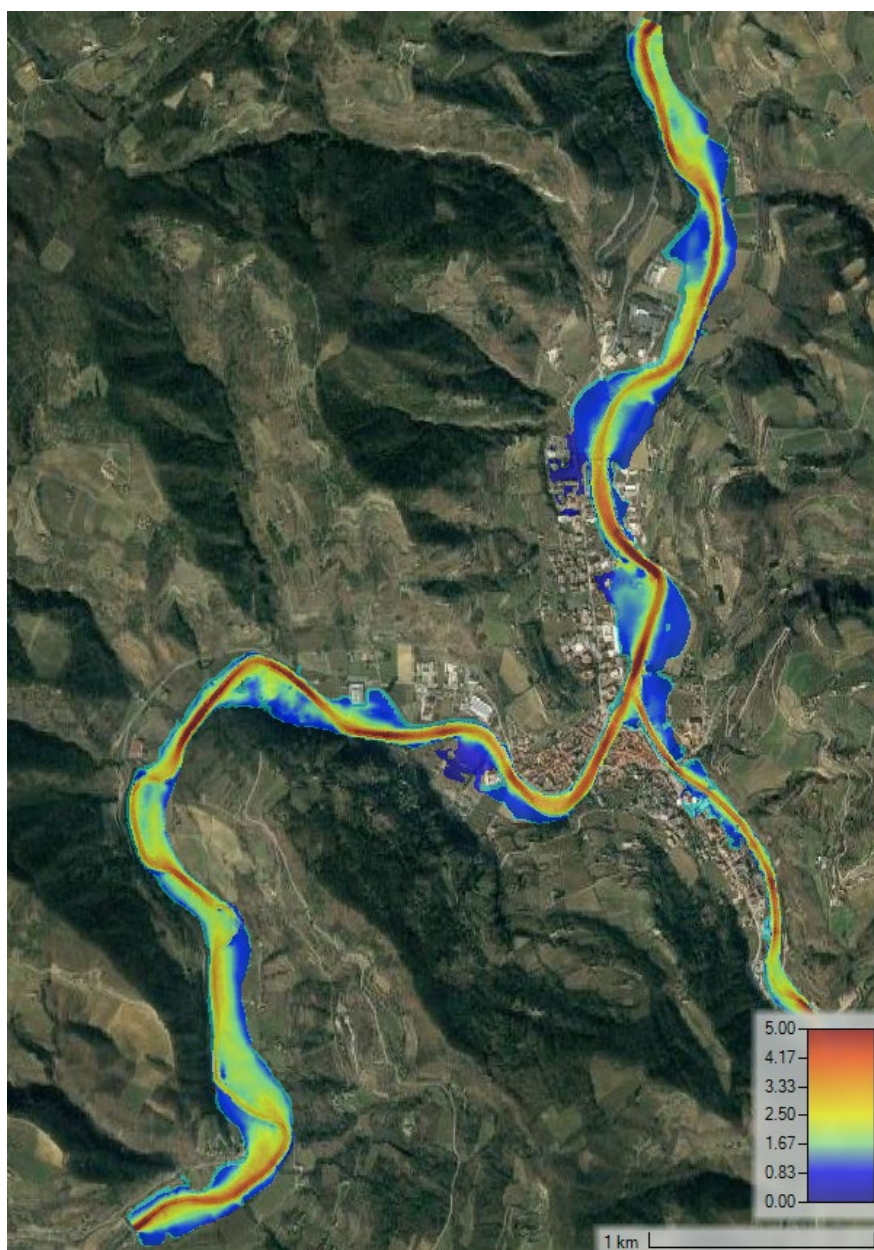


Infine, sempre in sponda sinistra, a valle del ponte Olla, si rileva un ulteriore potenziale limite di esondabilità dell'area produttiva al di là della SP 429; quest'ultima proseguendo in rilevato verso nord sale velocemente sul versante e funge da limite naturale per l'esondazione, ma subito a valle del ponte Olla non presenta ancora una quota del piano stradale sufficiente al contenimento dei livelli e viene pertanto sormontata dai tiranti massimi, che arrivano quindi ad interessare l'area produttiva insediata oltre il limite dalla SP.

L'esito della presente modellazione idraulica dello stato di fatto conferma in general modo le necessità già formalizzate dagli studi pregressi ai fini del raggiungimento della messa in sicurezza complessiva del concentrico di Cortemilia.

Rispetto alle analisi del 2011 gli approfondimenti redatti hanno evidenziato la situazione di carenza dei franchi dei muri del tratto cittadino.

Nella successiva immagine viene rappresentata la distribuzione complessiva della velocità raggiunta dal flusso di piena con velocità massime che non eccedono i 5 m/s.



## 8.2 SCENARIO DI STATO DI PROGETTO

Ancora una volta si conferma l'adeguatezza delle opere realizzate nel primo lotto di progettazione, ovvero le difese in sponda sinistra a monte del ponte San Rocco (Int. 1), la difesa in sponda destra a valle del ponte San Rocco (Int. 2), il sistema di protezione della rifiuteria (Int. 3), la difesa in sponda sinistra dell'area tiro a segno tratto 2 (Int. 5) e la difesa in sponda sinistra a protezione dell'area industriale e depuratore lungo strada Montà Castino (Int. 7); dall'immagine successiva, in cui si mostra la condizione di massima esondazione raggiunta, è possibile cogliere in modo immediato il contenimento dei tiranti massimi in corrispondenza di tali opere di difesa idraulica.





In questo caso di scenario di progetto, gli scriventi progettisti hanno inoltre svolto una più accurata valutazione della verifica del franco idraulico da parte delle stesse opere e confermano un generalizzato esito positivo, avanzando una precisazione inerente alla seguente situazione puntuale in corrispondenza delle opere già realizzate a monte del ponte San Rocco. In seguito alla riduzione svolta sulla fascia di alveo con valore di scabrezza inferiore, per le ragioni esposte nel precedente paragrafo 7.4, si ha un aumento dei tiranti soprattutto nel tratto ricompreso tra le due curve a monte dell'abitato di circa 0.20 cm, che comporta la mancata verifica del franco di sicurezza in alcuni punti localizzati delle opere già realizzate nel tratto. Data la puntualità di tali situazioni, il grado di aleatorietà della perimetrazione svolta per i diversi coefficienti adottati nella modellazione svolta e tenendo conto che tali fluttuazioni del livello rientrano nell'ordine di grandezza della precisione garantita dal software di modellazione, si ritiene di poter confermare la verifica del franco idraulico per tali opere.

Lo scenario di progetto prevede la realizzazione di tutte le opere di sistemazione per la completa messa in sicurezza idraulica del concentrico di Cortemilia; nell'immagine seguente si osserva il completo contenimento dei tiranti massimi TR200 anni.

Come mostrato nelle immagini di dettaglio di seguito riportate, la realizzazione di opere di difesa in coerenza con quanto riscontrato dalla modellazione dello stato di fatto e descritto nel precedente paragrafo, ha consentito il contenimento dell'esondazione in sponda destra a monte del ponte San Rocco, in sponda sinistra nella zona del tiro a segno e sempre in sponda sinistra a valle del ponte Olla. Tutte le difese citate, oltre che i muri di sponda sovralzati (Interventi 8 e 9) presentano quote di progetto a garanzia del franco idraulico minimo di 1 m rispetto ai tiranti massimi ottenuti dalla simulazione di progetto TR200.

Si rimanda alla Relazione Tecnico-Illustrativa (Elaborato 1) per i dettagli tecnici e dimensionali delle opere in progetto.







Per quanto concerne l'allineamento di muri privati in sponda sinistra a valle del ponte SP429, non sempre garantiscono il franco idraulico di sicurezza rispetto ai livelli massimi di piena e permane la puntuale condizione di non contenimento dei tiranti già riscontrata nello scenario stato di fatto; nel piazzale interessato dall'esondazione non si registra però un peggioramento dei tiranti massimi raggiunti tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, nonostante si abbia il maggiore contenimento dei volumi in alveo.

Per quanto riguarda l'intervento 8, sovrizzo del muro in sponda sinistra, l'effettiva necessità richiederebbe di estendere l'opera fino alla prima rampa a monte (tra le sez. 280 e 290); tenuto conto dell'attuale disponibilità finanziaria complessiva risulta necessario ridurre il tratto di intervento, rimandando la realizzazione del tratto compreso tra la prima e la seconda rampa (compresa questa tra le sez. 250 e 260) ad una successiva fase (ad esempio con utilizzo del ribasso d'asta); questa scelta è stata definita sulla base di un'analisi di priorità connessa con le condizioni idrauliche, preso atto che nel tratto oggi non finanziato si ha comunque un franco idraulico pari o superiore a 80 cm.

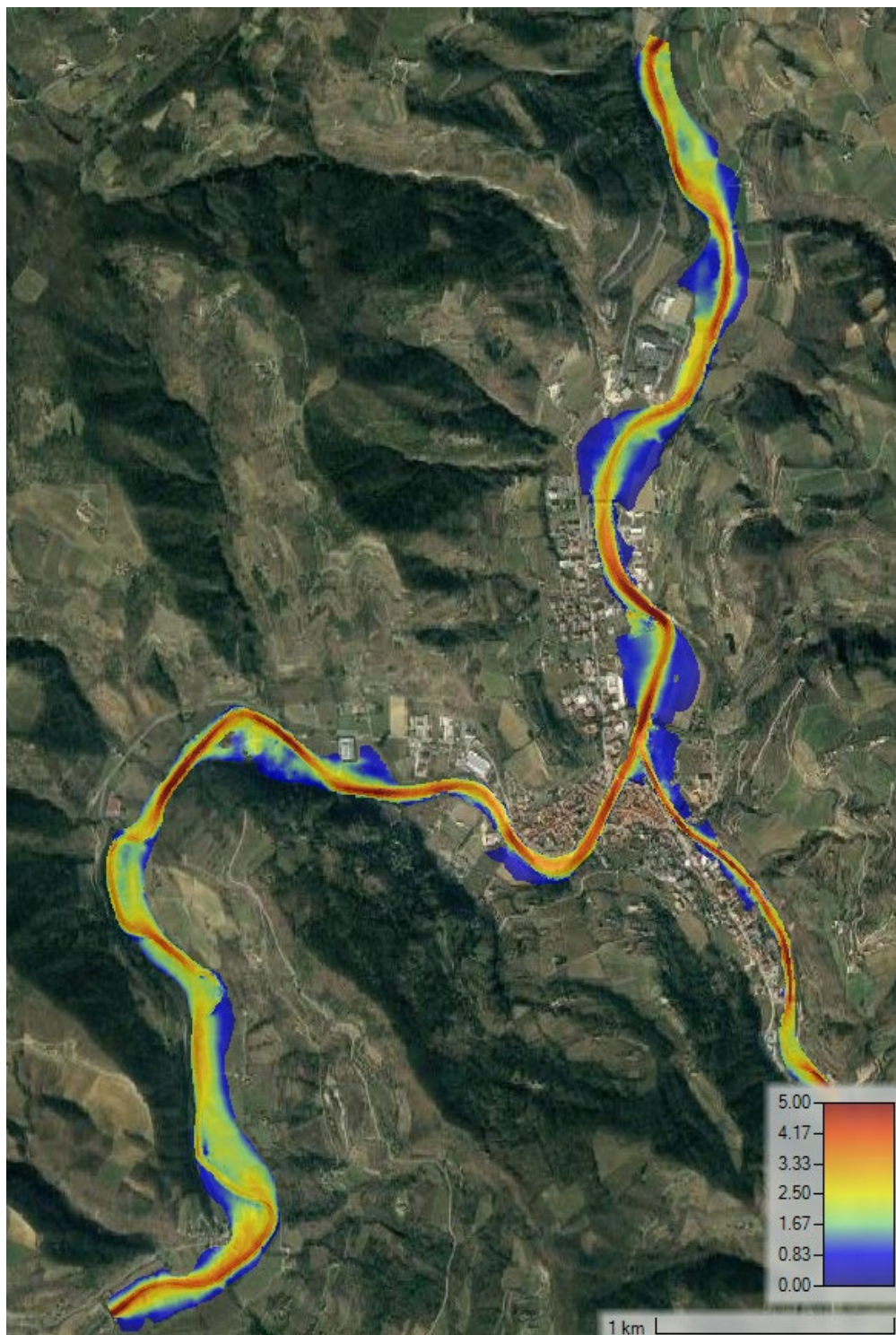
Nel medesimo tratto ricompreso tra i ponti San Rocco e SP429, in particolare nel tratto in cui la testa sponda esistente non risulta verificata rispetto al franco idraulico, le tre rampe di accesso all'alveo presenti in sponda sinistra e la Pontina costituiscono quattro "varchi" in cui non è garantito il franco idraulico. Gli scriventi hanno ritenuto che non fosse il caso di gestire con opere strutturali queste situazioni localizzate di mancata verifica del franco, ma che le stesse possano essere gestite in caso di piena nell'ambito dell'attività di presidio svolta della Protezione civile Comunale.

Rimandando nuovamente alla descrizione di maggior dettaglio presente in Relazione Tecnico-illustrativa (Elaborato 1), le opere di sistemazione idraulica sopra descritte, dovranno seguire due distinti canali di finanziamento già in disponibilità dell'Amministrazione, pertanto la realizzazione delle opere, già presente nella programmazione comunale, avverrà presumibilmente nel corso del prossimo triennio in modalità non del tutto unificata. Gli scriventi, in accordo con l'Amministrazione, hanno sviluppato tutte le valutazioni idrauliche sopra esposte, valutando nel complesso tutte le opere necessarie, indistintamente dalle

successive tempistiche di realizzazione, in modo da verificare compiutamente e definitivamente l'adeguatezza degli interventi di messa in sicurezza idraulica di Cortemilia.

Nella relazione tecnico illustrativa si riporta la proposta di suddivisione delle opere in rapporto ai due finanziamenti ad oggi disponibili indicati in premessa.

Infine nella successiva immagine viene rappresentata la distribuzione complessiva della velocità massima raggiunta dal flusso di piena, dalla quale si evince come le opere in progetto non modifichino in modo sostanziale quella dello scenario dello stato di fatto in alveo.





Gli scenari implementati per lo stato di fatto e per lo stato di progetto, precedentemente descritti, fanno riferimento ai due Plan di cui si riepilogano tutti i dettagli di modellazione all'interno della tabella seguente:

Scenario	Plan	Geom./Flow	Terrain	Manning's n	Ponti
rilievo	RIL-unstd-BRIDGE-mann.p06	.g05/.u02	Rilievo definitivo	Mann_cortemilia3	Connection 2D
progetto	PROG-COMPLETAMENTO.p08	.g07/.u02	Progetto definitivo	Scabrezza superiore	Connection 2D

## 9. VERIFICA IDRAULICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Nel tratto complessivo di intervento sul Bormida si contano tre attraversamenti d'alveo di infrastrutture di trasporto, ponte San Rocco, ponte SP429 e ponte strada Olla ed un attraversamento pedonale, la Pontina in ferro; in primo luogo si precisa che le opere previste non vanno ad interessare gli attraversamenti stessi e si limitano a prevedere l'intestazione dell'arginatura in progetto in corrispondenza del rilevato di strada Olla. Durante la presente progettazione si riporta il seguente prospetto riepilogativo delle condizioni idrauliche degli attraversamenti incontrati, con le indicazioni di come cambiano le quote di massima piena tra scenario di rilievo e di progetto rispetto alla quota di intradosso dei manufatti di attraversamento esistenti, e la conseguente valutazione del franco idraulico garantito.

Attraversamento	Quota intradosso (m.s.l.m)	Livello idrometrico di rilievo TR200 (m.s.l.m)	Franco idraulico scenario di rilievo (m)	Livello idrometrico di progetto TR200 (m.s.l.m)	Franco idraulico scenario di progetto (m)
Ponte San Rocco	253.50	252.83	0.67	252.86	0.64
Pontina pedonale	251.40	249.98	1.42	250.06	1.34
Ponte SP429	252.00	249.99	2.01	249.94	2.06
Ponte Olla	245.00	244.76	0.24	244.75	0.25

Gli interventi in progetto, rispetto allo stato di fatto, non risultano quindi modificare in modo significativo la condizione del franco idraulico garantito degli attraversamenti esistenti.



ALLEGATO

RAFFRONTO AREE ESONDABILI ANTE E POST OPERA TR200  
Tirante idraulico massimo TR200 anni (m)

7.82

0.00

