

SOMMARIO

1 Premessa	3
2 Inquadramento normativo	4
2.1 Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)	4
2.1.1 Generalità	4
2.1.2 Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PGRA 2021.....	7
3 Inquadramento dell'area oggetto di intervento	10
3.1.1 Pericolosità idraulica nell'area di intervento	13
4 Modellazione Idrologica	19
4.1 Inquadramento idrografico dell'area	19
4.2 Idrogrammi di progetto	19
5 Modellazione Idrodinamica	25
5.1 Descrizione del modello utilizzato	25
5.2 Impostazione delle simulazioni	29
5.2.1 Caratteristiche geometriche del dominio di calcolo.....	29
5.2.2 Implementazione delle condizioni al contorno	40
5.3 Taratura del modello	42
5.4 Verifica di compatibilità idraulica.....	46
5.4.1 Stato di Fatto (SDF)	46
5.4.2 Stato di Progetto (SDP).....	57
5.4.3 Verifica di Compatibilità Idraulica	69
6 Conclusioni	74

1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata alla Verifica della Compatibilità Idraulica (VCI) dell'intervento di ampliamento dello stabilimento industriale Moretto Spa in via Padovane 5/a in Comune di Massanzago (Pd), secondo quanto previsto delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Distretto Alpi Orientali, Allegato A, punti 2.1 e 2.2.

Oggetto del presente documento è la verifica della compatibilità idraulica dell'intervento edilizio proposto con lo scenario di allagamento ottenuto sulla base di un evento di esondazione caratterizzato da tempo di ritorno di 100 anni riprodotto a partire dallo scenario di base che l'Autorità di Distretto ha reso disponibile nel proprio portale informatico "Sigma".

La compatibilità è sostanzialmente garantita:

- dalla verifica di assenza di eventuali fenomeni di allagamento all'interno dell'ambito di intervento;
- dalla verifica di assenza di eventuali effetti peggiorativi indotti sui livelli idrici o sulle velocità di esondazione nelle aree contermini all'ambito di intervento.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

2.1.1 Generalità

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (D.Lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE ("Direttiva Alluvioni").

Nel Distretto delle Alpi Orientali, il primo Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA 2015) è adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Alpi Orientali con Delibera n. 1 del 17 dicembre 2015, approvato con Delibera n. 1 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016.

La prima revisione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA 2021), relativa al sessennio 2022-2027, è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali con Deliberazione n. 3 del 21 dicembre 2021 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 1 dicembre 2022.

Il PGRA 2021 si compone dei seguenti elaborati:

- Relazione Generale
- Allegato I: Elementi tecnici di riferimento nell'impostazione del Piano
- Allegato II: Schema delle schede interventi (reporting)
- Allegato III: Tabellone interventi
- Allegato IV: Mappe di allagabilità, pericolosità e rischio
- Allegato V: Norme di attuazione

Il Piano ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, tecnico-operativo e normativo che:

- individua e perimetra le aree a pericolosità idraulica, le zone di attenzione, le aree fluviali, le aree a rischio, pianificando e programmando le azioni e le norme d'uso sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato;
- coordina la disciplina prevista dagli altri strumenti della pianificazione di bacino presenti nel distretto idrografico delle Alpi Orientali.

Il Piano persegue finalità prioritarie di incolumità e di riduzione delle conseguenze negative da fenomeni di pericolosità idraulica ed esercita la propria funzione per tutti gli ambiti territoriali che potrebbero essere affetti da fenomeni alluvionali anche con trasporto solido.

Nel Distretto delle Alpi Orientali sono considerate significative le alluvioni di origine fluviale e marina. Pertanto, la mappatura viene effettuata solo in relazione ad esse. Pur essendo il livello marino condizione al contorno a chiusura delle modellazioni fluviali nei tratti terminali, le alluvioni di origini diverse sono modellate separatamente per poi essere sovrapposte in fase di mappatura dei singoli scenari di pericolosità a scala di UoM (Multiple sources by overlapping). La sovrapposizione di risultati provenienti da modellazioni diverse in taluni casi è stata utilizzata anche per inondazioni riconducibili a una stessa origine ma determinate da corsi d'acqua diversi in parte interagenti su una medesima area, che sono stati modellati separatamente (ad es. nell'ambito di studi svolti in tempi differenti).

Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni per i bacini nazionali sono rispettivamente:

- 30 anni per lo scenario di alta probabilità (HP);
- 100 anni per lo scenario di media probabilità (MP);
- 300 anni per lo scenario di bassa probabilità (LP).

Fissato lo scenario, il dominio di calcolo sul quale viene sviluppata la procedura di calcolo ed indagato il grado di rischio nelle sue diverse fattispecie, è costituito da tutte le porzioni di territorio che possono essere interessate dall'occupazione delle acque esterne all'area fluviale, ovvero quelle aree che possono essere inondate conseguentemente al sormonto spondale e/o al cedimento delle arginature durante eventi di piena di assegnata probabilità di accadimento.

Al fine di definire e caratterizzare i processi di produzione di deflusso e trasporto durante il manifestarsi di eventi alluvionali, è stato utilizzato uno schema di tipo geomorfologico, che ancora la risposta del bacino alle caratteristiche fisiche e geomorfologiche del sistema idrografico. Lo schema di calcolo utilizza l'informazione derivante da mappe digitali del terreno, dall'interpolazione geostatistica di dati meteorologici, da mappe di uso del suolo e pertanto si configura come distribuito nella descrizione dei processi ma concentrato nei parametri.

La propagazione dell'onda di piena nel territorio di pianura è stata indagata mediante modello idraulico bidimensionale con scenari di rottura arginale. La mappatura delle aree allagabili è stata quindi ottenuta attraverso l'involuppo degli allagamenti derivanti dagli scenari di formazione delle brecce arginali.

La classificazione della pericolosità idraulica nei territori di pianura viene relazionata alla probabilità di accadimento di un evento alluvionale e alla sua intensità attraverso la matrice di BUWAL¹.

I tre intervalli di tempo di riferimento per la valutazione della probabilità di accadimento dei fenomeni alluvionali sono gli stessi già definiti durante il I Ciclo di Gestione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA):

- probabilità di accadimento elevata: $Tr \leq 30$ anni;
- probabilità di accadimento media: $30 < Tr \leq 100$ anni;
- probabilità di accadimento bassa: $100 < Tr \leq 300$ anni.

Le grandezze di riferimento per la misura dell'intensità sono il tirante, assumendo il valore di 1 m per distinguere tra l'intensità bassa e quella media, e la velocità ($v \geq 1$ m/s) per individuare tutte quelle situazioni per le quali la velocità è sicuramente di intensità elevata, superiore o uguale a tale valore, come ad esempio nelle immediate prossimità dei rilevati arginali a seguito della formazione di brecce.

Sono pertanto individuate tre classi di intensità sulla base dei seguenti criteri idraulici:

- intensità bassa: $h < 1$ m;
- intensità media: $h \geq 1$ m;
- intensità elevata: $v \geq 1$ m/s.

Sono individuate tre classi di pericolosità, moderata (P1), media (P2) ed elevata (P3) attraverso la matrice di BUWAL modificata, riportata in Figura 1.

¹ Heinemann, H.R. et al., (1998) «Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren». Umwelt- Materialien Nr. 85, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 247 S.

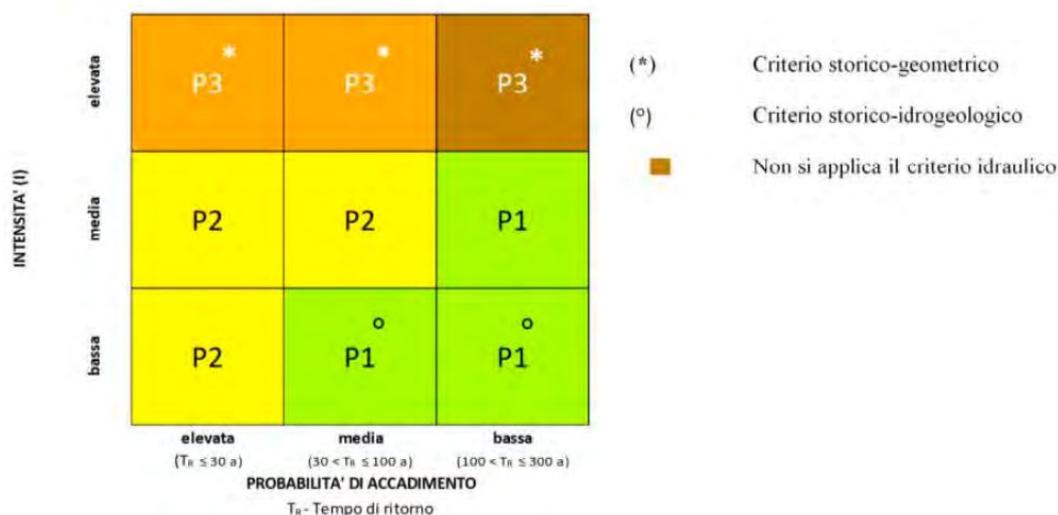


Figura 1 - Matrice di classificazione della pericolosità per alluvioni nel territorio di pianura.

In aggiunta al criterio idraulico basato sulla funzione intensità precedentemente definita, viene prevista:

- la classificazione in pericolosità elevata (P3) per le zone contigue a difese arginali che in passato sono state sede di eventuali rotte e/o versano in cattivo stato di manutenzione. Nello specifico, in analogia a quanto stabilito dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo nazionale (Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione, 2012) sono individuate delle fasce, parallele e adiacenti alla struttura arginale, dell'ampiezza orientativa di 150 m e di una lunghezza complessiva pari a quella della rotta, incrementata indicativamente di 500 m sia verso monte che verso valle (Figura 3). Sono assimilati alla medesima classe di pericolosità le aree in cui sono presenti fenomeni di erosione spondale, segnalate dalle Amministrazioni e/o già presenti nei PAI e i laghetti di cava (criterio storico-geometrico).
- la classificazione in pericolosità moderata (P1) delle aree storicamente allagate, delle aree a scolo meccanico, delle aree soggette a ristagno, delle aree soggette a risalita della falda freatica e ruscellamento (criterio storico-idrogeologico);
- la classificazione in pericolosità moderata (P1) per tutte le aree allagate in occasione di eventi caratterizzati da bassa probabilità di accadimento, fatta eccezione per le situazioni in cui è applicabile il criterio storico-geometrico.

La Direttiva Alluvioni stabilisce che in corrispondenza di ciascuno scenario di probabilità, siano redatte mappe del rischio di alluvioni, in cui devono essere rappresentate le potenziali conseguenze avverse in termini di:

1. numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati;
2. tipo di attività economiche insistenti nell'area potenzialmente interessata;
3. impianti di cui alla Direttiva 96/51/CE che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvioni e aree protette (di cui all'allegato IV, paragrafo 1, punti i), iii) e v) della Dir. 2000/60/CE) potenzialmente interessate;
4. altre informazioni considerate utili dai MS, come l'indicazione delle aree in cui possono verificarsi alluvioni con elevato trasporto solido e colate detritiche e informazioni su altre fonti notevoli di inquinamento.

Il D.Lgs 49/2010 prevede che le mappe del rischio rappresentino le 4 classi rischio da R1 (moderato) a R4 (molto elevato).

Il Piano classifica il territorio esterno alle aree fluviali in funzione delle diverse condizioni di pericolosità, nonché in funzione delle aree e degli elementi a rischio, nelle seguenti classi:

- P3 (pericolosità elevata);
- P2 (pericolosità media);
- P1 (pericolosità moderata);
- R4 (rischio molto elevato);
- R3 (rischio elevato);
- R2 (rischio medio);
- R1 (rischio moderato).

Le classi di pericolosità e di rischio costituiscono condizioni di riferimento per le attività di trasformazione e uso del territorio.

Nell'ottica più volte richiamata di ricomporre in un unico strumento di pianificazione le diverse attività sviluppate con la Legge 183/89 e la Legge 365/2000, il presente Piano prevede le Norme Tecniche di Attuazione di cui al paragrafo che segue.

2.1.2 Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PGRA 2021

ARTICOLO 7 – DISPOSIZIONI COMUNI

3. Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia devono essere tali da:

a. migliorare o mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;

b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata, nonché a valle o a monte della stessa;

c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, laddove possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;

d. non pregiudicare la realizzazione o il completamento degli interventi di cui all'Allegato III del Piano.

4. L'attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica secondo quanto disposto dagli articoli 9, 10, 11, 12 lett. e), 13, 14.

ARTICOLO 12 – AREE CLASSIFICATE A PERICOLOSITÀ ELEVATA (P3)

1. Nelle aree classificate a pericolosità elevata, rappresentate nella cartografia di Piano con denominazione P3B, possono essere consentiti i seguenti interventi:

a. demolizione senza possibilità di ricostruzione;

b. manutenzione ordinaria e straordinaria di edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, impianti produttivi artigianali o industriali, impianti di depurazione delle acque reflue urbane;

c. restauro e risanamento conservativo di edifici purché l'intervento e l'eventuale mutamento di destinazione d'uso siano funzionali a ridurre la vulnerabilità dei beni esposti;

d. sistemazione e manutenzione di superfici scoperte, comprese rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, arginature di pietrame, terrazzamenti;

e. realizzazione e ampliamento di infrastrutture di rete/tecniche/viarie relative a servizi pubblici essenziali, nonché di piste ciclopedonali, non altrimenti localizzabili e in assenza di alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, previa verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2);

f. realizzazione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;

g. opere di irrigazione che non siano in contrasto con le esigenze di sicurezza idraulica;

h. realizzazione e manutenzione di sentieri e di piste da sci purché non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e siano segnalate le situazioni di rischio.

2. Sono altresì consentiti gli interventi necessari in attuazione delle normative vigenti in materia di sicurezza idraulica, eliminazione di barriere architettoniche, efficientamento energetico, prevenzione incendi, tutela e sicurezza del lavoro, tutela del patrimonio culturale-paesaggistico, salvaguardia dell'incolumità pubblica, purché realizzati mediante soluzioni tecniche e costruttive funzionali a minimizzarne la vulnerabilità.

3. Nelle aree classificate a pericolosità elevata, rappresentate nella cartografia di Piano con denominazione P3A, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3B nonché i seguenti:

a. ristrutturazione edilizia di opere pubbliche o di interesse pubblico;

b. ampliamento degli edifici esistenti e realizzazione di locali accessori al loro servizio per una sola volta a condizione che non comporti mutamento della destinazione d'uso né incremento di superficie e di volume superiore al 10% del volume e della superficie totale e sia realizzato al di sopra della quota di sicurezza idraulica che coincide con il valore superiore riportato nelle mappe delle altezze idriche per scenari di media probabilità con tempo di ritorno di cento anni;

c. installazione di strutture amovibili e provvisorie a condizione che siano adottate specifiche misure di sicurezza in coerenza con i piani di emergenza di protezione civile e comunque prive di collegamento di natura permanente al terreno e non destinate al pernottamento.

ARTICOLO 13 – AREE CLASSIFICATE A PERICOLOSITÀ MEDIA (P2)

1. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3B e P3A secondo le disposizioni di cui all'articolo 12.

2. L'ampliamento degli edifici esistenti e la realizzazione di locali accessori al loro servizio è consentito per una sola volta a condizione che non comporti mutamento della destinazione d'uso né incremento di superficie e di volume superiore al 15% del volume e della superficie totale e sia realizzato al di sopra della quota di sicurezza idraulica che coincide con il valore superiore riportato nelle mappe delle altezze idriche per scenari di media probabilità con tempo di ritorno di cento anni.

3. L'attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano e diversi da quelli di cui al comma 2 e dagli interventi di cui all'articolo 12, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2) garantendo comunque il non superamento del rischio specifico medio R2.

4. Le previsioni contenute nei piani urbanistici attuativi che risultano approvati alla data di adozione del Piano si conformano alla disciplina di cui al comma 3.

5. Nella redazione degli strumenti urbanistici e delle varianti l'individuazione di zone edificabili è consentita solo previa verifica della mancanza di soluzioni alternative al di fuori dell'area classificata e garantendo comunque il non superamento del rischio specifico medio R2. L'attuazione degli interventi diversi da quelli di cui al comma 2 e di cui all'articolo 12 resta subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2).

ARTICOLO 14 – AREE CLASSIFICATE A PERICOLOSITÀ MODERATA (P1)

1. Nelle aree classificate a pericolosità moderata P1 possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3A, P3B, P2 secondo le disposizioni di cui agli articoli 12 e 13, nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia di edifici.

2. L'attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano e diversi da quelli di cui agli articoli 12 e 13 e dagli interventi di ristrutturazione edilizia, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2) solo nel caso in cui sia accertato il superamento del rischio specifico medio R2.

3. Le previsioni contenute nei piani urbanistici attuativi che risultano approvati alla data di adozione del Piano si conformano alla disciplina di cui al comma 2.

4. Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia che comportano la realizzazione di nuovi edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, infrastrutture, devono in ogni caso essere collocati a una quota di sicurezza idraulica pari ad almeno 0,5 m sopra il piano campagna. Tale quota non si computa ai fini del calcolo delle altezze e dei volumi previsti negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano.

ALLEGATO A – ARTICOLO 2: Verifica di compatibilità idraulica

2.1 METODO DI ANALISI

La caratterizzazione delle condizioni idrauliche nello stato di fatto e nello stato di progetto deve essere effettuata applicando le metodologie correlate alla tipologia di fenomeno di cui al punto 1.1 (alluvione di pianura, alluvione costiera, colata detritica, alluvione torrentizia), per verificare che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza e non generi incremento di pericolosità dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa per un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni.

In alternativa tali analisi possono essere condotte implementando un modello idraulico bidimensionale ad area limitata di adeguata estensione (almeno 2km a monte e a valle dell'area interessata) correlato alla tipologia di fenomeno (alluvione di pianura, alluvione costiera, colata detritica, alluvione torrentizia). Il modello nella configurazione esistente del territorio - stato di fatto - dovrà essere calibrato utilizzando come riferimento i risultati delle analisi prodotte dall'Autorità di bacino dalle quali consegue l'attuale mappatura del pericolo.

2.2 SOFTWARE MESSI A DISPOSIZIONE DALL'AUTORITÀ DI BACINO

L'Autorità di bacino mette a disposizione per la modellazione delle colate detritiche il modello DFRM scaricabile dalla piattaforma SIGMA (<https://sigma.distrettoalporientali.it/>).

L'Autorità di bacino mette a disposizione il software HERO, scaricabile dalla piattaforma SIGMA (<https://sigma.distrettoalporientali.it/>), per la valutazione del pericolo e del rischio per tutti i tipi di fenomeno.

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO

L'intervento oggetto della presente Verifica di Compatibilità Idraulica consiste nell'ampliamento dello stabilimento industriale Moretto Spa in via Padovane 5/a in Comune di Massanzago (Pd).

Il comune di Massanzago è situato in Provincia di Padova e confina a nord con il comune di Trebaseleghe (PD), a ovest con il comune di Camposampiero (PD), a sud con il comune di Borgoriccio (PD), a est con il comune di Santa Maria di Sala (VE) e il comune di Noale (VE).

Il territorio del comune di Massanzago ha una superficie di 13.22 km².

I principali fiumi demaniali che solcano il territorio comunale sono il Marzenego e Muson Vecchio, entrambi appartenenti al reticolo principale regionale, ma attualmente in Delegazione Amministrativa al Consorzio di Bonifica Acque Risorgive. Si aggiungono ad essi diversi corsi d'acqua consortili con funzione mista irriguo/drenaggio acque meteoriche.

Esternamente al territorio comunale, ma non distante dal suo limite occidentale, in territorio di Loreggia, Camposampiero e Borgoriccio, scorre il fiume Muson dei Sassi.

L'area di intervento si trova in via Padovane a Massanzago, nei pressi dell'argine sinistro del fiume Muson Vecchio, a Sud del centro abitato di Massanzago.

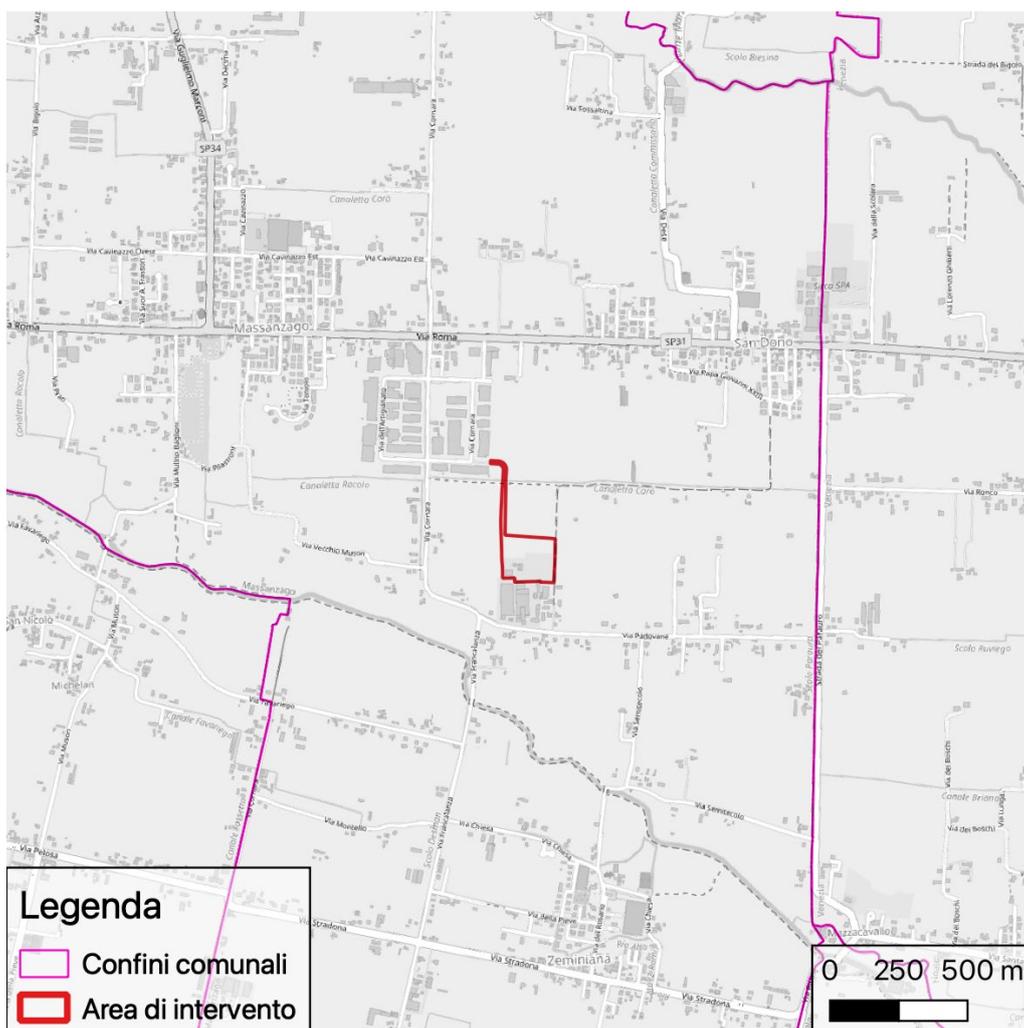


Figura 2 -Inquadramento dell'area di intervento (scala 1:25000) su base Open Street Map.



Figura 3 -Inquadramento dell'area di intervento (scala 1:10000) su ortofoto.

L'intervento prevede l'ampliamento dell'attuale stabilimento produttivo con la realizzazione di un nuovo fabbricato da destinare ad uso industriale e della relativa viabilità e area di manovra.

L'area allo stato attuale è in parte pavimentata in asfalto, configurandosi come zona di transito e di deposito del materiale di lavoro del fabbricato industriale esistente, e in parte invece .

Il progetto prevede la realizzazione di:

- un nuovo corpo fabbrica adibito a magazzino assemblaggi di 7568.46 m²;
- piazzali asfaltati per una superficie complessiva di 9075.54 m²;
- piazzali in ghiaia e parcheggi drenanti per una superficie complessiva di 12371 m²;
- area verde per una superficie complessiva di 3820 m².

La figura che segue illustra la planimetria di progetto complessivo in cui è possibile distinguere l'area, a Nord dello stabilimento esistente, su cui avverrà l'ampliamento oggetto della presente Verifica di Compatibilità Idraulica (ambito perimetrato di colore magenta).



Figura 4 – Stralcio della planimetria di progetto oggetto della presente relazione.

3.1.1 Pericolosità idraulica nell'area di intervento

L'area di intervento si trova all'interno della UOM (Units of Management) ITR051 "Bacino scolante laguna Venezia".

L'area si trova in una zona individuata a pericolosità idraulica ai sensi del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) predisposto dall'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali.

Nello specifico, dal portale <https://sigma.distrettoalpiorientali.it> messo a disposizione dall'Autorità di Distretto per la consultazione delle mappe di allagabilità, di pericolosità idraulica si sono osservate le seguenti caratteristiche:

- Tiranti per TR=30 anni: nessun allagamento;
- Tiranti per TR=100 anni: $h < 0.5$ m;
- Tiranti per TR=300 anni: $h < 0.5$ m;
- Pericolosità idraulica: P1;
- Rischio idraulico: R1.

Le mappe presentate nelle pagine che seguono danno evidenza di tali risultati.

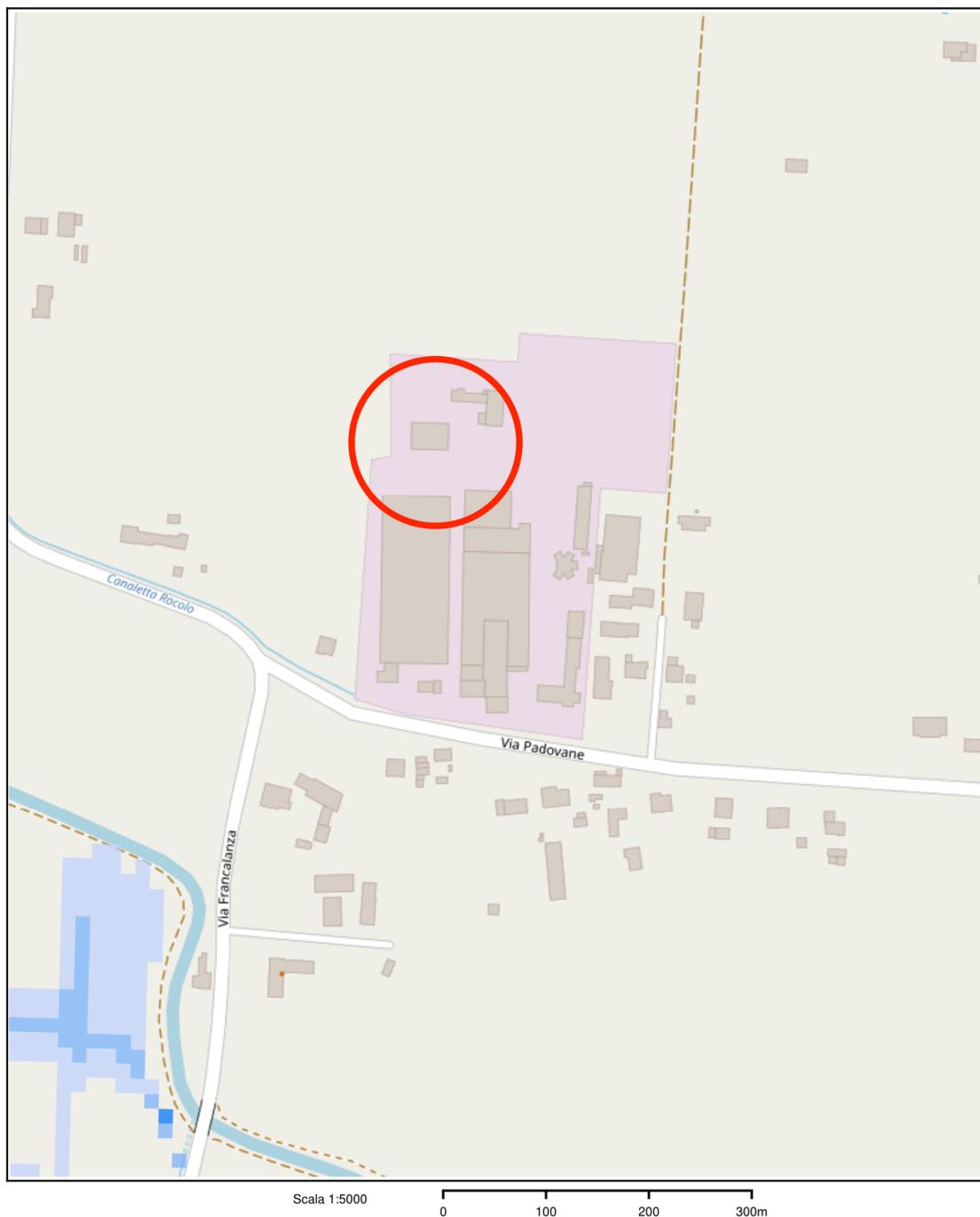
Gli allagamenti della zona oggetto di intervento sono da ricondursi al duplice effetto di una piena lungo il Muson Vecchio e di una breccia arginale che secondo la modellistica alla base del PGRA dovrebbe verificarsi in sinistra idraulica al fiume Muson dei Sassi presso Camposampiero, poco a monte della botte a sifone tramite cui il Muson Vecchio sottopassa il Muson dei Sassi.

Ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del PGRA 2021, configurandosi l'intervento in variante allo strumento urbanistico vigente e approvato prima dell'adozione del Piano stesso e non trattandosi di un intervento di ristrutturazione edilizia o di ampliamento di edifici esistenti con incremento di superficie e volume inferiore al 15%, ai sensi degli articoli 14 c. 1 e 13 c. 5 delle NTA del PGRA 2021 deve essere effettuata la Verifica di Compatibilità Idraulica (All. A punti 2.1 e 2.2 alle NTA).

Le pagine che seguono rendono conto delle attività che sono state condotte al fine di dimostrare la Compatibilità Idraulica dell'intervento previsto.



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

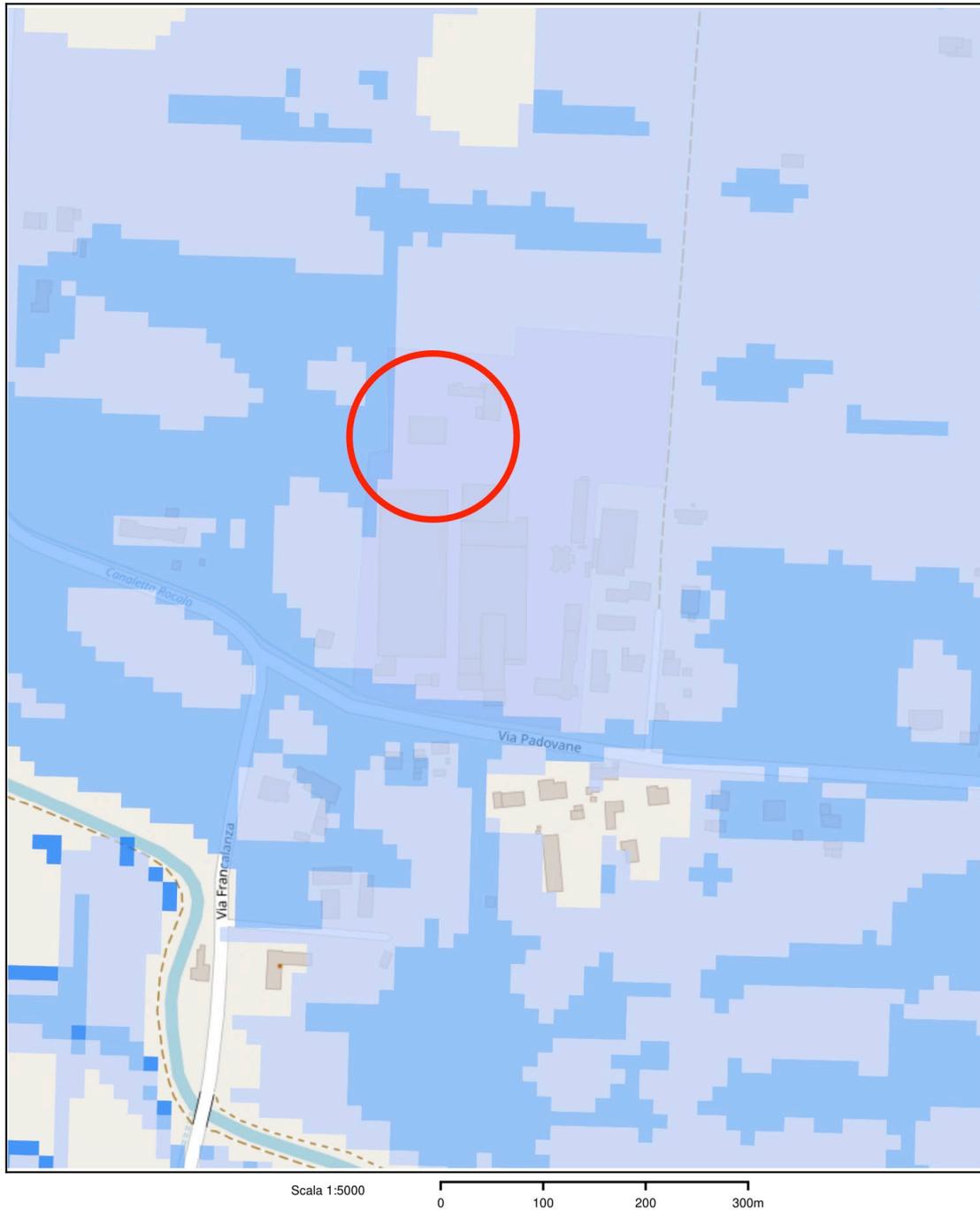


La presente stampa e' stata effettuata in data 24-05-2023. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

Figura 5 – Mappa dei tiranti di allagamento generati a seguito di un evento con tempo di ritorno di 30 anni con indicazione approssimativa dell'area di intervento.



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

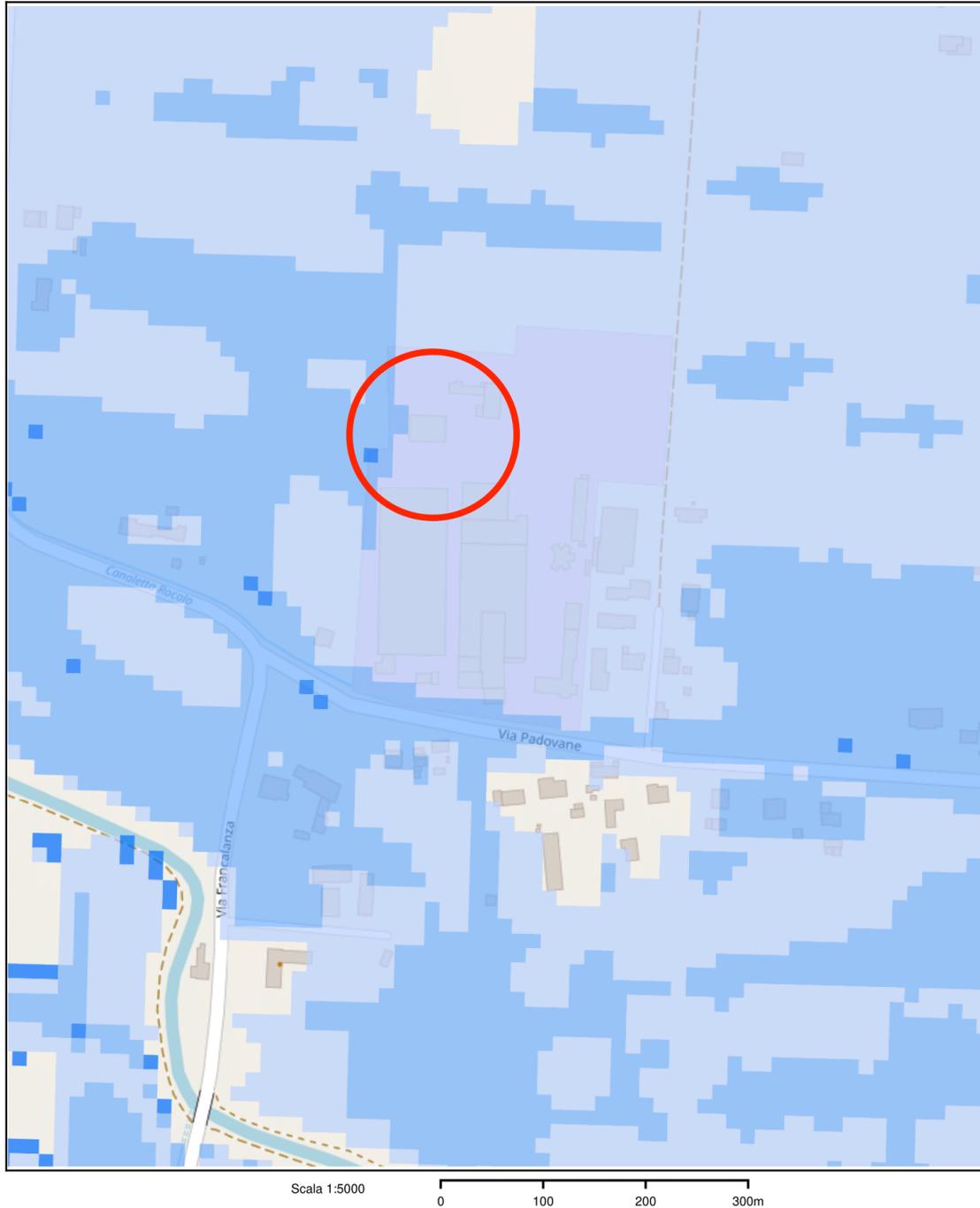


La presente stampa e' stata effettuata in data 24-05-2023. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

Figura 6 – Mappa dei tiranti di allagamento generati a seguito di un evento con tempo di ritorno di 100 anni con indicazione approssimativa dell'area di intervento.



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

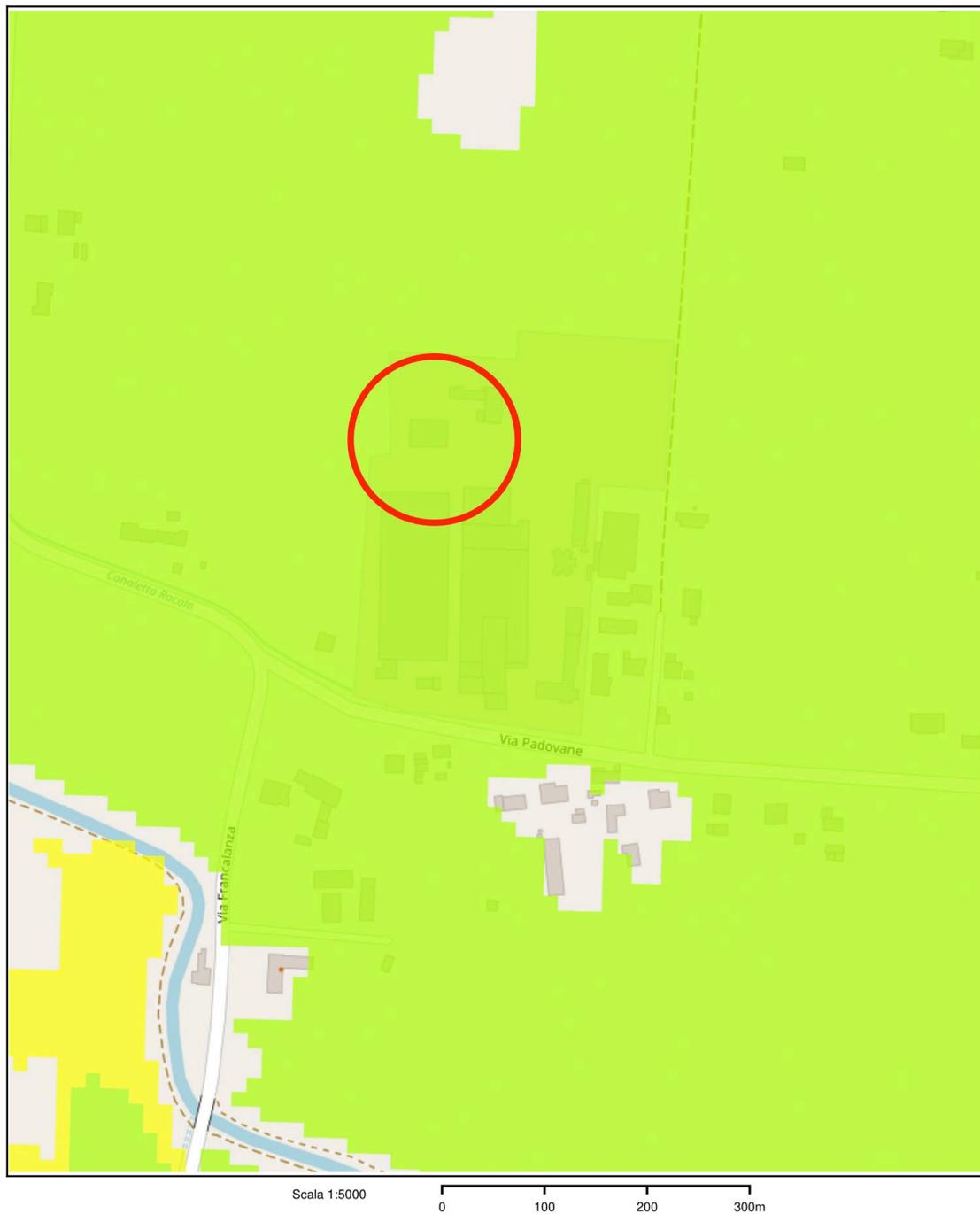


La presente stampa e' stata effettuata in data 24-05-2023. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

Figura 7 – Mappa dei tiranti di allagamento generati a seguito di un evento con tempo di ritorno di 300 anni con indicazione approssimativa dell'area di intervento.

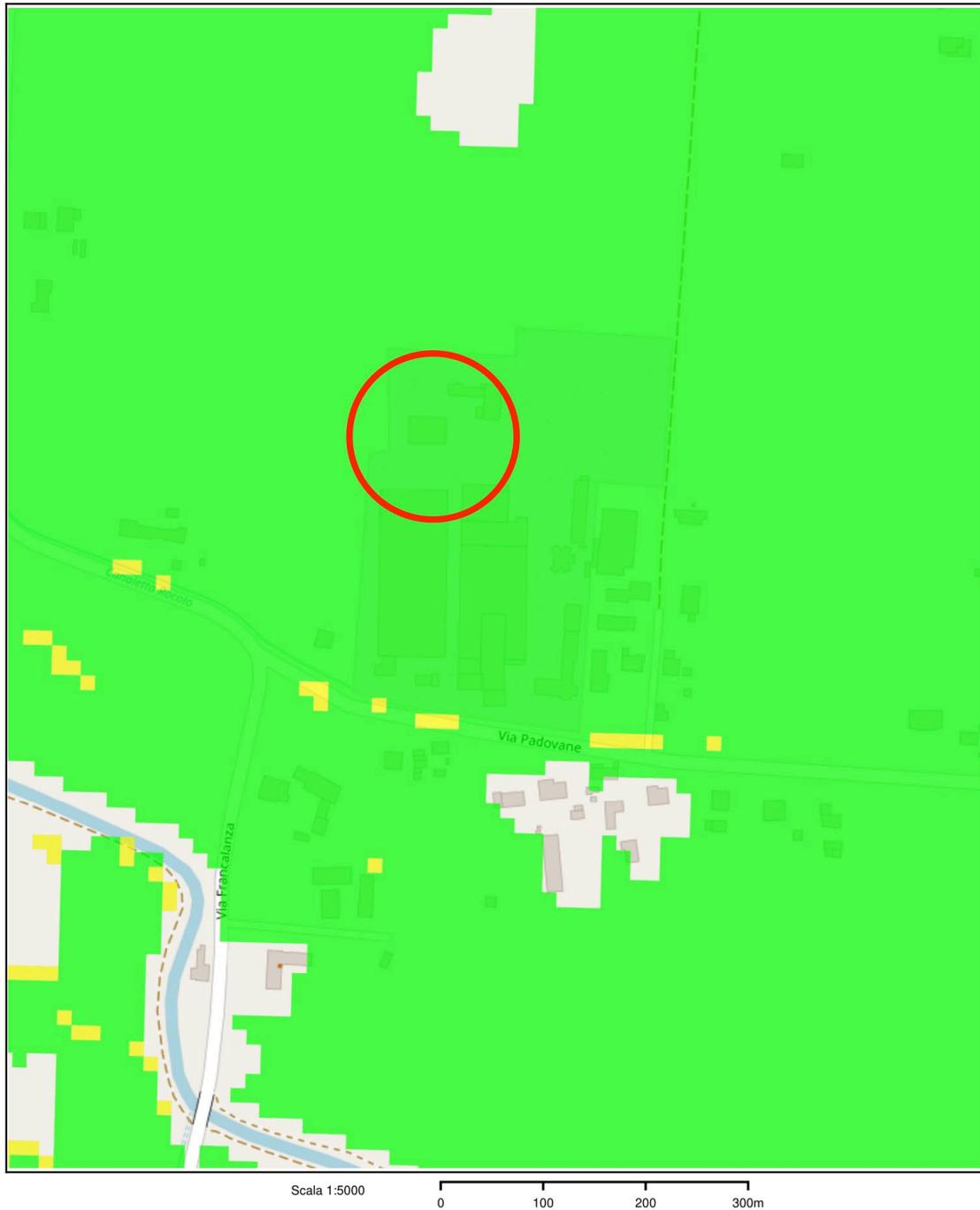


Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali



La presente stampa e' stata effettuata in data 24-05-2023. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

Figura 8 – Mappa della pericolosità idraulica con indicazione approssimativa dell'area di intervento.



La presente stampa e' stata effettuata in data 24-05-2023. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

Figura 9 – Mappa del rischio idraulico con indicazione approssimativa dell’area di intervento.

4 MODELLAZIONE IDROLOGICA

4.1 Inquadramento idrografico dell'area

L'area di intervento si trova in via Padovane a Massanzago, nei pressi dell'argine sinistro del fiume Muson Vecchio, a Sud del centro abitato di Massanzago.

Esternamente al territorio comunale, ma non distante dal suo limite occidentale, in territorio di Loreggia, Camposampiero e Borgoricco, scorre il fiume Muson dei Sassi.

Il Muson dei Sassi e il Muson Vecchio rappresentano i principali corsi d'acqua di interesse ai fini della valutazione del rischio alluvionale nell'area di intervento.

Il Muson dei Sassi è un corso d'acqua caratterizzato da un regime torrentizio, che nasce dalle pendici del Monte Grappa a nord di Asolo, in comune di Monfumo. Il sottobacino in destra idraulica del Muson comprende i bacini montani dei torrenti Muson, Lastego e Giaron, che insieme ad alcune rogge ad uso irriguo alimentate dalla derivazione dal Brenta presso Bassano del Grappa confluiscono in un unico alveo, il Muson dei Sassi, fra gli abitati di Castello di Godego e di Castelfranco Veneto. A Castello di Godego il Muson dei Sassi riceve, sempre in destra, il torrente Brenton-Pighenzio e il suo bacino montano si chiude poco a valle di Castelfranco Veneto dopo la confluenza con il torrente Avenale.

A valle della confluenza con l'Avenale, il Muson dei Sassi non riceve più significativi apporti e scorre arginato in direzione Nord-Sud fino alla immissione del corso d'acqua nel fiume Brenta a Vigodarzere, nei pressi di Padova.

Il sistema idraulico del Muson dei Sassi risulta assai complesso sia per il numero e la varietà degli affluenti e dei manufatti di controllo esistenti, sia per le diverse conformazioni morfologiche del territorio attraversato, sia per il fatto che soprattutto il tratto di valle della rete è stato realizzato ai primi del seicento, cioè quattro secoli fa, grazie alla genialità della scuola idraulica veneziana.

Il fiume Muson Vecchio ha origine da risorgiva in comune di San Martino di Lupari, a nord ovest di Camposampiero. Esso si dirige verso il centro di Camposampiero, insieme al fiume Vandura e allo scolo Barbacan. Il Muson Vecchio a valle del sostegno Porta Antonella riceve le acque del Rio Barbacan, suo affluente in sinistra, e prosegue sottopassando il Muson dei Sassi attraverso la botte Muson Vecchio. Sottopassato il Muson dei Sassi, il fiume Muson Vecchio scorre in direzione sud-est fino a quando, giunto in comune di Mirano, cambia denominazione in Canale Taglio di Mirano, piega verso sud e il suo alveo diventa rettilineo: esso confluisce nel Naviglio Brenta in comune di Mira, poco a monte della derivazione del Canale Taglio Novissimo.²

4.2 Idrogrammi di progetto

Le informazioni relative alla caratterizzazione idrologica dell'evento alluvionale da simulare sono per la presente applicazione derivate esclusivamente da informazioni rese disponibili dall'Autorità di Distretto nel portale <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>.

Nel portale infatti sono disponibili gli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30 anni, 100 anni e 300 anni, coerentemente con gli scenari modellistici analizzati nell'ambito del PGRA.

Essi sono generati da un modello idrologico geomorfologico nel quale si assumono precipitazioni uniformi sul bacino di varia durata. Le durate prese in considerazione sono pari a 3, 6, 9, 12, 24 e 36 ore.

Con riferimento all'ambito bidimensionale da analizzare, sono stati individuati il bacino idrografico del Muson dei Sassi con sezione di chiusura a valle di Castelfranco (a

² Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio (PGBTT) del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive.

valle dell'immissione degli affluenti Avenale e Brenton) e il bacino idrografico del Muson Vecchio con sezione di chiusura alla botte a sifone sotto il Muson dei Sassi, a Camposampiero.

Il portale Sigma dell'Autorità di Distretto rende disponibili gli idrogrammi di piena per ciascuno dei sottobacini che compongono il bacino idrografico di interesse. Considerando le sezioni di chiusura precedentemente descritte, è stato possibile identificare i sottobacini di seguito riportati.

Bacino idrografico del Muson dei Sassi con sezione di chiusura a valle di Castelfranco:

- Torrente Musone (2512 ha);
- Torrente Musone interbacino (1553 ha);
- Torrente Lastego (1179 ha);
- Torrente Lastego interbacino (653 ha);
- Torrente Giaron (1781 ha);
- Torrente Giaron interbacino (1094 ha);
- Torrente Val di Crespano (1875 ha);
- Roggia Rosà Balbi – Brenton Pighenzo (7687 ha);
- Rio Musonello (1304 ha);
- Torrente Avenale (3486 ha);
- Brenton (6276 ha).

Bacino idrografico del Muson Vecchio con sezione di chiusura alla botte a sifone sotto il Muson dei Sassi:

- Canale Muson Vecchio (2899 ha);
- Mistro Carbonile (341 ha);
- Rio Storto (276 ha);
- Barbacan (255 ha).

I sottobacini individuati sono raffigurati in Figura 10.

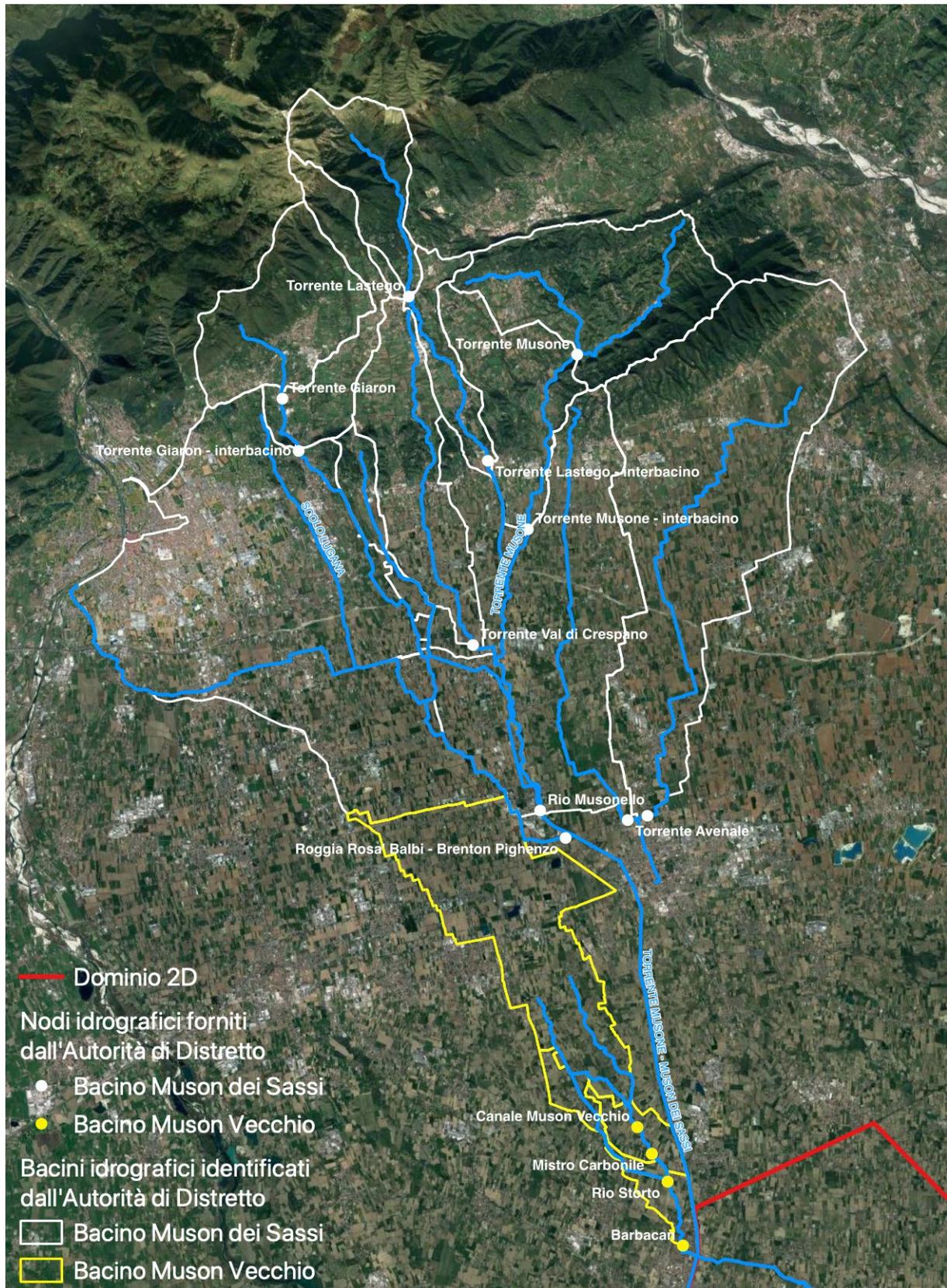


Figura 10 - Bacini idrografici considerati.

L'Autorità di Distretto fornisce gli idrogrammi individuando una durata di precipitazione critica per il bacino idrografico cui ciascun sottobacino appartiene. Nel caso del Muson dei Sassi, l'evento critico assunto a riferimento è quello generato da una pioggia uniforme su tutti i sottobacini della durata critica di 36 ore. Nel caso del Muson Vecchio, la durata critica di pioggia è individuata in 24 ore. Si precisa che tale assunzione si basa sulla sola durata critica di pioggia, mentre l'intensità della precipitazione varia in base al tempo di ritorno dell'evento meteorico. I tempi di ritorno forniti sono quelli utilizzati nell'ambito del PGRA, vale a dire 30, 100 e 300 anni.

Tabella 1 - Massime portate di piena stimate dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali per i sottobacini del Muson dei Sassi per precipitazioni di durata pari a 36 ore.

Torrente Musone (2512 ha)		Torrente Musone interbacino (1553 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	35.722	30 anni	8.598
100 anni	43.038	100 anni	10.604
300 anni	49.790	300 anni	12.388
Torrente Lastego (1179 ha)		Torrente Lastego interbacino (653 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	19.065	30 anni	6.022
100 anni	23.353	100 anni	7.317
300 anni	27.346	300 anni	8.471
Torrente Giaron (1781 ha)		Torrente Giaron interbacino (1094 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	22.172	30 anni	3.860
100 anni	27.252	100 anni	4.822
300 anni	31.998	300 anni	5.702
Torrente Val di Crespano (1875 ha)		Roggia Rosà Balbi - Brenton Pighenzo (7687 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	13.757	30 anni	7.874
100 anni	16.918	100 anni	10.130
300 anni	19.743	300 anni	12.188
Rio Musonello (1304 ha)		Torrente Avenale (3486 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	0.464	30 anni	10.438
100 anni	1.572	100 anni	13.275
300 anni	2.485	300 anni	15.846
Brenton (6276 ha)			
Tempo di ritorno	36 ore		
30 anni	21.781		
100 anni	27.474		
300 anni	32.609		

Tabella 2 - Massime portate di piena stimate dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali per i sottobacini del Muson Vecchio per precipitazioni di durata pari a 24 ore.

Canale Muson Vecchio (2899 ha)		Mistro Carbonile (341 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	12.500	30 anni	2.000
100 anni	12.500	100 anni	2.600
300 anni	12.500	300 anni	3.157
Rio Storto (276 ha)		Barbacan (255 ha)	
Tempo di ritorno	36 ore	Tempo di ritorno	36 ore
30 anni	1.800	30 anni	1.500
100 anni	2.361	100 anni	1.917
300 anni	2.887	300 anni	2.329

Gli idrogrammi dei sottobacini analizzati sono stati accorpati in modo da creare un unico idrogramma di piena per ciascuna delle sezioni di chiusura identificate. A partire dai singoli idrogrammi di piena stimati e forniti dall'Autorità di Distretto e considerando una precipitazione uniforme sui bacini idrografici di interesse, si è imposto uno scostamento relativo nel tempo degli idrogrammi dei singoli sottobacini assegnando ad ognuno di essi un lag temporale proporzionale alla distanza tra il nodo idrologico dove viene fornita la stima dell'idrogramma e la sezione di chiusura dei bacini idrografici del Muson dei Sassi o del Muson Vecchio. Si sottolinea come, prima di essere tra loro combinati, sui singoli idrogrammi elementari è stata condotta esclusivamente una operazione di traslazione temporale, senza in alcun modo alterare l'intensità delle portate fornite dall'Autorità di Distretto.

Agli idrogrammi elementari che compongono l'idrogramma del Muson Vecchio alla botte a sifone sotto il Muson Vecchio sono inoltre stati traslati temporalmente di 15 ore, in modo da allineare il picco di piena del Muson dei Sassi con l'idrogramma di piena del Muson Vecchio e ottenere quindi le condizioni al contorno più gravose possibili a parità di tempo di ritorno.

Si è assunto infine di associare agli idrogrammi di piena il medesimo tempo di ritorno delle precipitazioni che li generano.

Gli idrogrammi ottenuti sono riportati nei grafici che seguono.

Si può osservare come il colmo di piena degli idrogrammi del Muson dei Sassi e del Muson Vecchio siano allineati a seguito delle operazioni di traslazione temporale operate. Il picco di piena temporalmente avviene verso la fine del secondo giorno di simulazione.

Come è lecito attendersi, l'onda di piena del Muson dei Sassi si caratterizza per una intensità, indipendentemente dal tempo di ritorno, di un ordine di grandezza superiore alla portata attesa sul Muson Vecchio.

Il Muson dei Sassi si caratterizza infatti per dei colmi di portata pari a 146 m³/s per TR=30 anni, 180 m³/s per TR=100 anni e 212 m³/s per TR=300 anni.

Il Muson Vecchio si caratterizza invece per delle portate di picco pari a 17.6 m³/s per TR=30 anni, 19.2 m³/s per TR=100 anni e 20.7 m³/s per TR=300 anni.

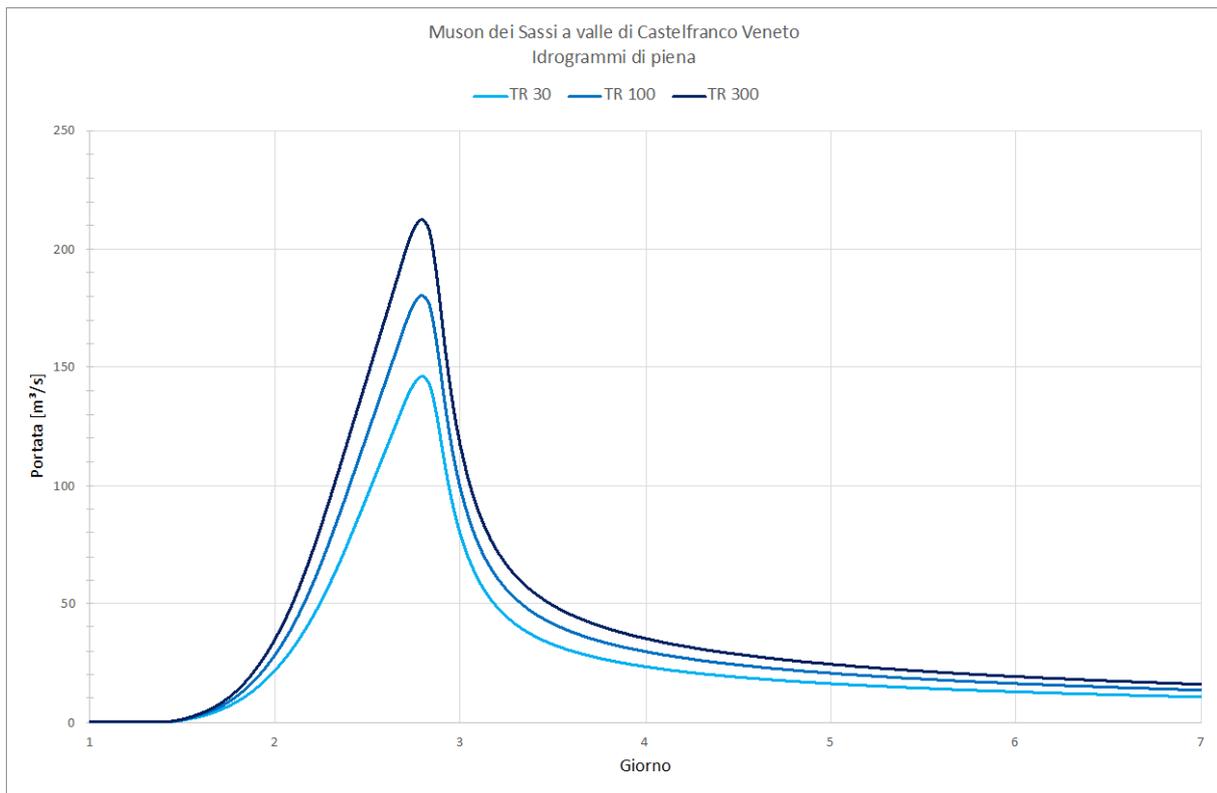


Figura 11 – Idrogrammi di piena del Muson dei Sassi alla sezione di chiusura a valle di Castelfranco Veneto per TR30, TR100 e TR300.

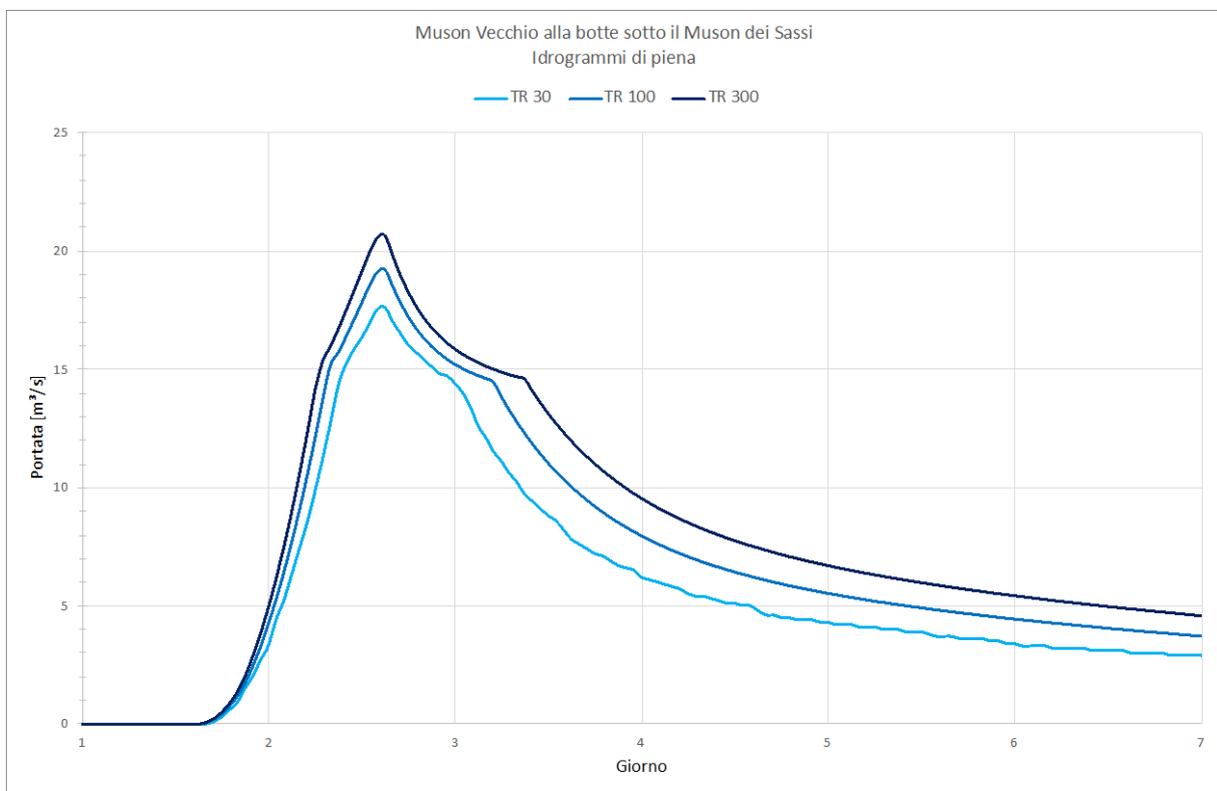


Figura 12 – Idrogrammi di piena del Muson Vecchio alla botte a sifone sotto il Muson dei Sassi per TR30, TR100 e TR300.

5 MODELLAZIONE IDRODINAMICA

L'analisi idrodinamica è stata svolta implementando un modello idrodinamico mono-bidimensionale con il software HEC-RAS v.6.3.1. Il modello matematico-numerico utilizzato per le simulazioni del sistema idraulico oggetto di studio è il codice "HEC-RAS River Analysis System", sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering – Hydrologic Engineering Center. La versione del modello utilizzata è la numero 6.3.1 aggiornata al settembre 2022.

HEC-RAS consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali ed artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori, paratoie, ecc...) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere modellati sia canali singoli sia reti di canali naturali od artificiali, chiuse od aperte, con regimi di corrente lenta, veloce e di tipo "misto".

Il programma consentiva inizialmente solo analisi stazionarie in moto permanente, rinviando ad un altro software privo di interfaccia grafica, denominato HEC-UNET, l'analisi monodimensionale a moto vario di reti di canali. Dalla versione 3.0 i due moduli sono stati integrati in HEC-RAS. Dalla versione 5.0 è stata aggiunta la possibilità di modellare domini di calcolo bidimensionali. La versione 6.0 estende ai canali monodimensionali il motore di calcolo ai volumi finiti predisposto per le aree 2d, consentendo una più agevole modellazione in caso di canali ripidi o con tiranti ridotti o nulli.

5.1 Descrizione del modello utilizzato

Il campo di moto in un corso d'acqua è, in generale, tridimensionale. In molti casi, tuttavia, è ragionevole assumere delle ipotesi semplificate e trascurare alcune componenti del moto. In molti casi, ad esempio, la componente verticale del moto (cioè la velocità lungo l'asse z) è decisamente trascurabile e l'acqua tende a muoversi su un piano debolmente inclinato. Laddove siano adeguatamente trattate specifiche singolarità come i salti di fondo o gli imbocchi e gli sbocchi di tombini e strettoie, l'ipotesi di moto bidimensionale è del tutto ragionevole e soddisfacente.

Per i corsi d'acqua, poi, la corrente tende a svolgersi secondo una direzione prevalente, quella lungo l'asse del canale o del torrente, e sono valide le ipotesi delle correnti lineari. I modelli unidimensionali si applicano pertanto quando la corrente si svolge secondo una direzione prevalente e presenta estensione trasversale limitata, come avviene per la maggior parte dei corsi d'acqua. Le grandezze medie in ogni sezione dipendono solo dalla coordinata longitudinale s e dal tempo t .

Analizzando la variabilità temporale del moto, si ha generalmente un moto di tipo vario (*unsteady*), variabile nel tempo. Talvolta le variazioni temporali sono talmente lente che il moto può invece essere considerato permanente (*steady*).

Le correnti monodimensionali sono governate dal sistema di equazioni di De Saint Venant, costituite da un'equazione dinamica e un'equazione di continuità:

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\beta}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - S_f \\ \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \end{cases}$$

In regime di moto permanente, l'equazione di continuità (seconda riga) si riconduce ad un solo termine, essendo nulla qualsiasi derivata rispetto al tempo, ed esprime il fatto che la portata è costante lungo il canale, a meno di specifiche immissioni.

Lo sviluppo dell'equazione dinamica consente di mettere in evidenza i diversi termini in gioco a seconda della tipologia di variabilità temporale:

$$\underbrace{j = i_f}_{\text{moto uniforme}} - \underbrace{\frac{\partial h}{\partial x} - \alpha \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x}}_{\text{moto permanente}} - \frac{\beta}{g} \frac{\partial U}{\partial t}$$

moto vario

Nel moto cosiddetto uniforme la dissipazione di energia per unità di lunghezza equivale alla pendenza del fondo, nel moto permanente vi può essere lungo l'ascissa una trasformazione di energia potenziale (rappresentata dal termine h) in energia cinetica (rappresentata dalla velocità v), vale a dire un fenomeno spaziale di accelerazione o rallentamento della corrente. Nel moto vario è aggiunto un termine temporale, che riflette le possibili variazioni nel tempo della portata, dovute alla variabilità del flusso in transito.

Poiché nel presente studio si è inteso analizzare la dinamica dei possibili allagamenti, si è reso necessario accoppiare alla modellazione monodimensionale dei corpi idrici di interesse la simulazione di flusso bidimensionale delle possibili aree di esondazione.

Le equazioni alla base del modello HecRas 2D sono le medesime equazioni di De Saint Venant, ovvero equazioni di continuità ed equazioni di conservazione della quantità di moto, espresse lungo le dimensioni planimetriche x e y . Le equazioni di conservazione della quantità di moto possono spesso essere semplificate trascurando i termini inerziali relativi alle accelerazioni locali e convettive. Tale approssimazione è detta dell'onda diffusiva ed è stata adottata nella presente applicazione.

Le equazioni di De Saint Venant vengono risolte suddividendo l'intero dominio di calcolo in celle di dimensioni relativamente ridotte. Su ciascuna cella, ad ogni passo di calcolo, il software procede a operare un bilancio dei volumi sulla base dei flussi che avvengono lungo le facce della cella.

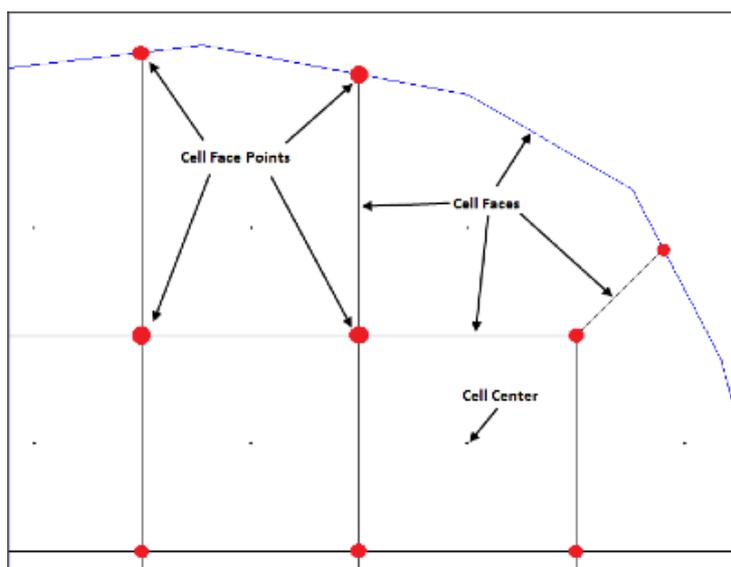


Figura 13 - Dettaglio del dominio di calcolo bidimensionale (immagine tratta da "2D Modeling User's Manual - HECRAS").

Lo schema di calcolo numerico è basato su una impostazione ai volumi finiti implicita. Tale impostazione consente di ottenere diversi vantaggi tra cui una maggiore stabilità numerica, anche con time step di calcolo maggiori, rispetto a schemi di risoluzione espliciti, la possibilità per le celle di essere asciutte all'inizio della simulazione e bagnarsi se investite dalla corrente, ecc.

Il dominio di calcolo viene pre-processato dal software in modo da creare una serie di tabelle idrauliche di supporto alla simulazione idrodinamica. In tal modo, il software costruisce delle relazioni su ciascuna cella che mettono in relazione l'elevazione e il volume. Ciò significa che le celle di calcolo non sono considerate come piatte, ma anche celle di dimensioni maggiori conservano l'informazione sull'andamento delle quote altimetriche al loro interno. Sui lati invece, attraverso cui avvengono gli scambi di portata, il software traccia le sezioni di collegamento tra celle adiacenti, e su tali sezioni calcola le relazioni che accoppiano l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Tale considerazione permette di evidenziare la necessità di basare le simulazioni bidimensionali su di un modello digitale del terreno quanto più accurato possibile. Infatti, è proprio la risoluzione del terrain a vincolare le scelte modellistiche successive. La dimensione delle celle di calcolo sarà infatti sicuramente maggiore rispetto alla risoluzione del terrain.

Il reticolo di calcolo generato dal software è regolare nel dominio di calcolo. Ciò non avviene in corrispondenza di ostacoli invece, come ad esempio lungo il perimetro irregolare del dominio di calcolo. Qui la maglia di calcolo si adatta e distorce la forma delle celle per adattarsi al perimetro irregolare. Lo stesso può avvenire nel caso in cui siano introdotte delle linee di interruzione del flusso d'acqua (breaklines) all'interno del dominio di calcolo. È il caso ad esempio di una strada in rilevato, di un argine o di un edificio, su cui dovranno appoggiarsi le facce delle celle, come riportato nell'immagine che segue.

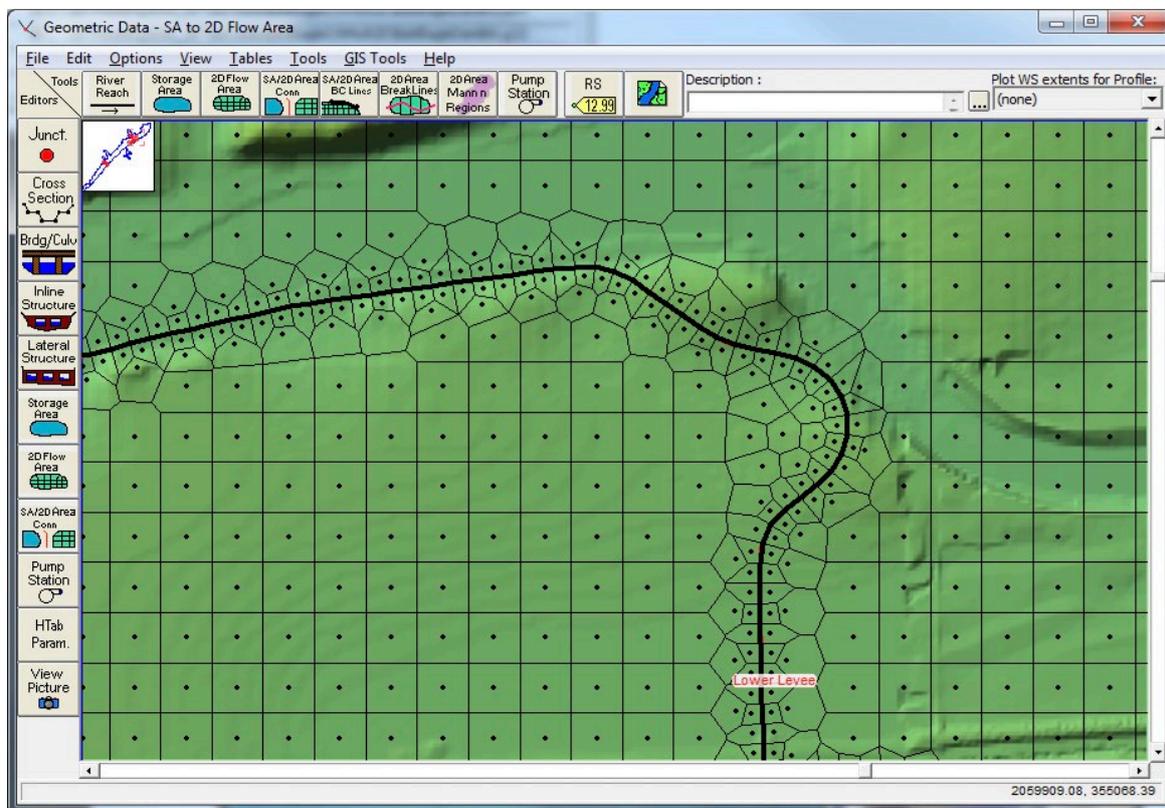


Figura 14 - Esempio di vincolo al reticolo di calcolo tramite breaklines (immagine tratta da "2D Modeling User's Manual - HECRAS").

In questo modo sono annullati gli scambi di portata attraverso la faccia delle celle coincidenti con la breakline, come di fatto avviene nella realtà. Il mancato inserimento di tali elementi all'interno del dominio di calcolo rende casuale la rappresentanza di tali interruzioni di flusso.

Un ulteriore elemento da fornire al software per la modellazione idrodinamica bidimensionale è la scabrezza da associare a ciascuna cella del dominio di calcolo. Ciò serve per il calcolo dei flussi di portata scambiati tra celle e per il calcolo delle quote idrometriche.

Nei domini di calcolo di HEC-RAS è possibile inserire ulteriori elementi importanti ai fini della modellazione. Gli elementi più comuni sono ad esempio le strutture di connessione: esse permettono l'introduzione o la sottrazione di portata nel dominio di calcolo, oppure consentono lo scambio di portata tra due aree bidimensionali. All'interno della stessa area bidimensionale è inoltre possibile inserire elementi di collegamento tra celle, come richiesto ad esempio quando il rilievo del terreno introduca una discontinuità all'interno della rete idrografica.

Le strutture di interconnessione consentono anche di collegare tratti d'alveo, analizzati con un modello monodimensionale, con aree bidimensionali di esondazione. Con tale impostazione, non appena il livello in alveo raggiunge una quota di esondazione, la portata viene trasmessa alle celle del dominio bidimensionale immediatamente adiacenti, per propagarsi nelle aree laterali. Da qui può ristagnare, uscire dal sistema, in sezioni preposte, oppure può rientrare nuovamente in alveo, quando e dove le condizioni idrometriche lo consentano. Il vantaggio di un'impostazione 1D-2D per la simulazione idraulica, rispetto a un bidimensionale puro, consiste in una velocità molto maggiore di calcolo e nella possibilità di inserire nella simulazione strutture quali briglie e ponti che sono dettagliatamente implementati nel modello 1D.

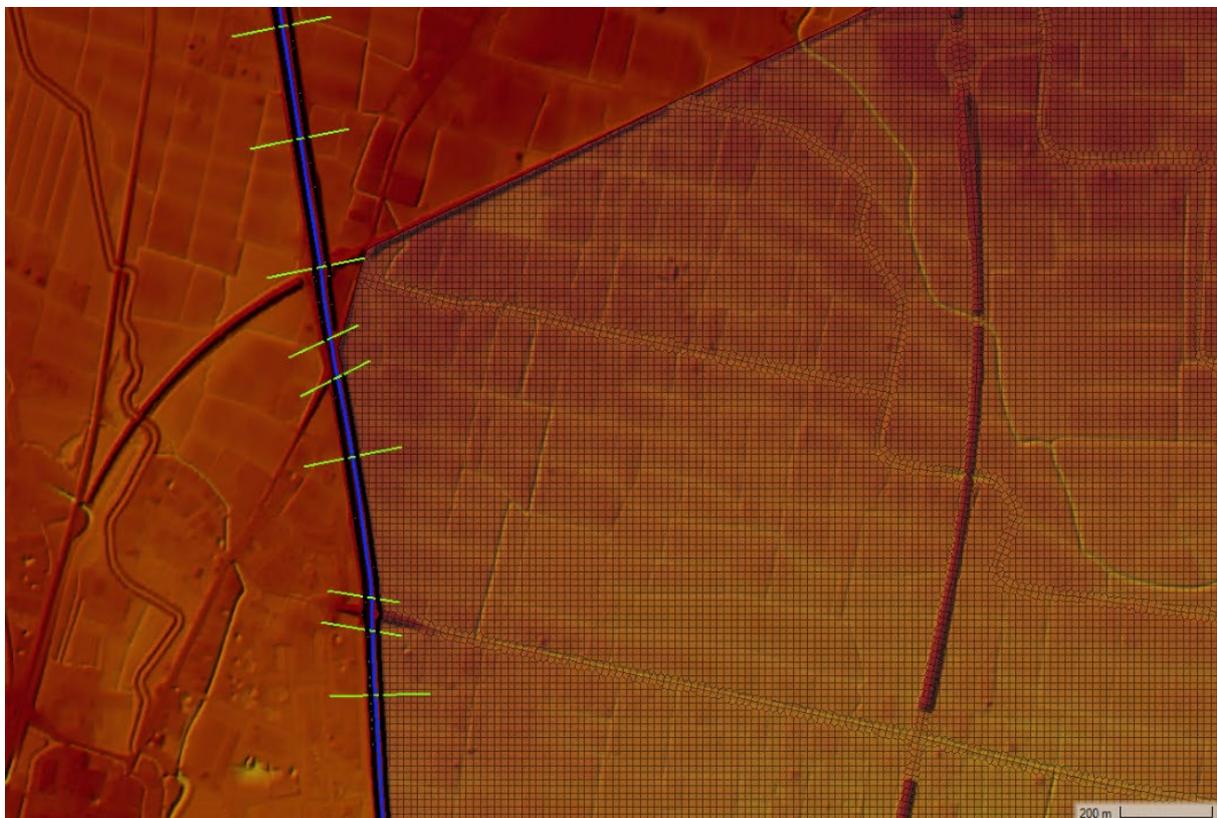


Figura 15 - Esempio di simulazione 1D-2D: il fiume Muson dei Sassi (in blu) è descritto mediante sezioni trasversali (in verde) a cui è collegato un dominio di esondazione 2D.

Il software HEC-RAS consente anche di svolgere analisi relative al trasporto dei sedimenti ed analisi di propagazione e diffusione del calore e di soluti che però non sono stati considerati nella presente applicazione.

Nell'ambito del presente lavoro il modello implementato in HEC-RAS è un modello mono-bidimensionale a fondo fisso e a moto vario, in cui gli elementi 1D rappresentano il Muson dei Sassi a partire da poco a valle Castelfranco Veneto e fino alla confluenza in Brenta a Nord di Padova.

5.2 Impostazione delle simulazioni

5.2.1 Caratteristiche geometriche del dominio di calcolo

La costruzione del modello idrodinamico mono-bidimensionale nel tratto di interesse del Muson dei Sassi si è basata sulle informazioni topografiche rese disponibili dall'Autorità di Distretto attraverso il portale Sigma.

Il Muson dei Sassi è stato descritto a partire dalla sezione trasversale di Castelfranco Veneto immediatamente a valle del ponte di Borgo Vicenza fino al recapito naturale del Muson dei Sassi nel fiume Brenta a Nord di Padova.

Le sezioni trasversali introdotte nel modello corrispondono a quanto reso disponibile dall'Autorità di Distretto. Oltre alla traccia planimetrica, vengono infatti messi a disposizione i dati risultanti da diverse campagne di rilievo delle sezioni trasversali del Muson dei Sassi. Tali dati, in formato dwg, sono stati tradotti in coppie di punti x-z poi inseriti nel modello 1D di Hec-Ras rispettivamente nei campi Station (intesa come distanza progressiva dei punti dal punto estremo di sinistra idraulica della sezione trasversale) ed Elevation (intesa come quota altimetrica).

I dati forniti per le sezioni fluviali nel tratto di interesse del Muson dei Sassi derivano dalle seguenti campagne di rilievo:

- Rilievo topografico Torrente Muson dei Sassi - 2001 da Castello di Godego a Padova: rilievo eseguito da parte di PROTECNO s.r.l. per conto del Ministero dei lavori pubblici - Magistrato delle Acque nell'ambito OP/216: "Indagini propedeutiche alla progettazione, 4^a fase - Conv. Rep. 7725/97";
- Rilievo topografico Torrente Muson dei Sassi - 2001 Padova: rilievo eseguito da parte di Geostet s.n.c. per conto dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione;
- Rilievo topografico Torrente Muson dei Sassi - 2007 a monte di Castelfranco Veneto: rilievo eseguito da parte di Land Technology & Services per conto dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione;
- Rilievo topografico Torrente Muson dei Sassi - 2011 Castelfranco Veneto: rilievo eseguito da parte di WATERSOIL per conto di ARPAV.

La geometria monodimensionale è illustrata nella mappa di Figura 16. Lungo la traccia, in blu in Figura 16, sono state individuate le sezioni trasversali alla direzione della corrente, in verde in Figura 16. Le sezioni sono state elaborate attraverso un apposito software GIS.

Su ciascuna sezione trasversale introdotta nel modello monodimensionale sono stati marcati dei punti detti bank stations, ovvero sono quei punti in cui si può individuare una distinzione tra alveo e aree golenali ai fini di una diversa caratterizzazione del valore di scabrezza n di Manning. Tale valore è stato assunto pari a 0.033 per l'alveo del Muson dei Sassi e pari a 0.040 per le aree golenali, pari rispettivamente a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ di coefficiente di Gauckler-Strickler.

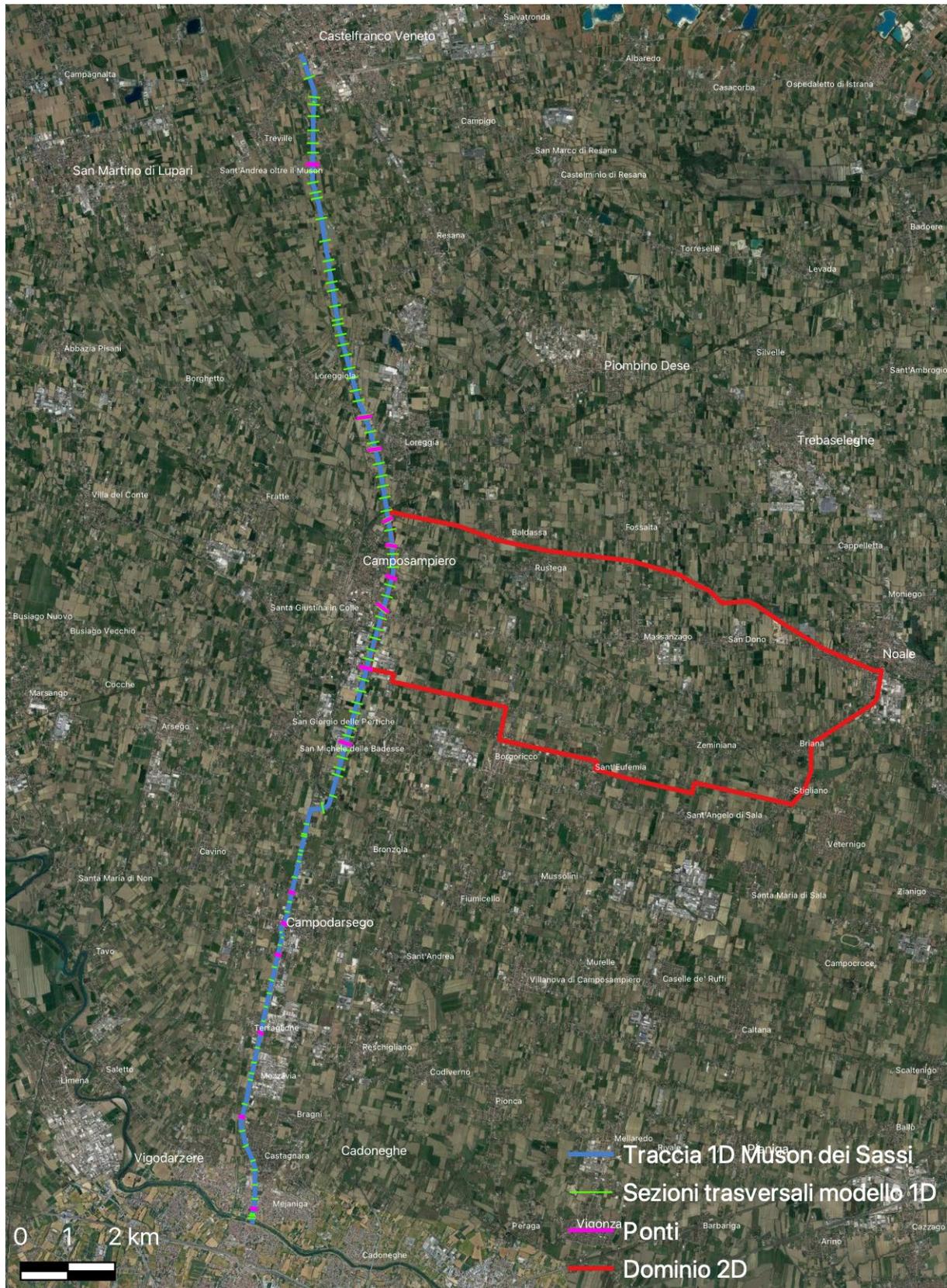


Figura 16 – Geometria della rete oggetto di studio definita in HEC-RAS.

I rilievi topografici resi disponibili dall'Autorità di Distretto forniscono anche tutte le informazioni necessarie per l'introduzione nella modellistica monodimensionale delle principali opere di attraversamento del Muson dei Sassi nel tratto di interesse per le simulazioni. Si tratta in particolare dei ponti esistenti, trattati come oggetti *Bridges* in HecRas, di seguito elencati da monte verso valle:

- Ponte di via Ca' Rossa a Treville di Castelfranco Veneto;
- Ponte di via Loreggiola a Loreggia;
- Ponte di via Morosini a Loreggia;
- Ponte sulla SR307 (via Roma) tra Loreggia e Camposampiero;
- Ponte di via Tiso da Camposampiero a Camposampiero (in corrispondenza della botte a sifone del Muson Vecchio);
- Ponte di via Bonora/via Straelle a Camposampiero;
- Ponte di via Ippolito Nievo/via Mario Visentin in corrispondenza alla Zona Industriale di Camposampiero;
- Ponte di via Desman tra Borgoricco e San Giorgio delle Pertiche;
- Ponte di via Rossignolo a Campodarsego, in corrispondenza allo stabilimento Bergamin Arredamenti;
- Ponte di via De Toni/via Verdi a Campodarsego in corrispondenza all'hotel Ariston;
- Ponte di via Marcello a Campodarsego;
- Ponte di via Carso a Terraglione di Vigodarzere;
- Ponte pedonale tra Mezzavia e Castagnara in comune di Cadoneghe;
- Ponte di via Pontevigodarzere tra Cadoneghe e Vigodarzere, pochi metri prima della confluenza in Brenta del Muson dei Sassi.

Alcuni di questi ponti rappresentano degli importanti ostacoli alla corrente del Muson dei Sassi, in particolare in condizioni di piena. È quindi necessario che siano introdotti nel modello perché giocano un ruolo attivo nel condizionare i profili longitudinali di piena.

Rispetto al rilievo fornito dall'Autorità di Distretto, non si è considerato il Ponte di Rustega a Camposampiero, in quanto oggetto di un recente intervento di rifacimento completo, che ha portato all'eliminazione del precedente ponte ottocentesco ad arco che rappresentava un importante ostacolo al deflusso delle acque. La nuova struttura

Esempi di rappresentazione di ponti sono rappresentati nelle figure seguenti.

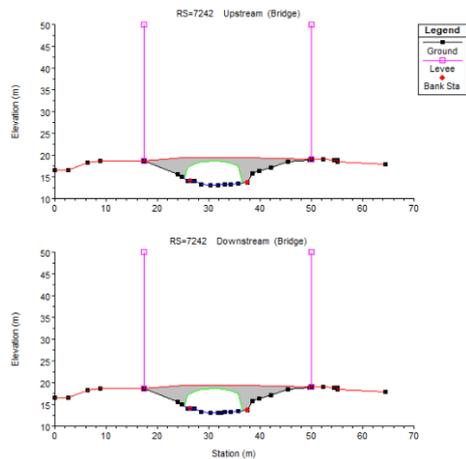


Figura 17 – Rappresentazione del ponte di via Rossignolo a monte di Campodarsego.

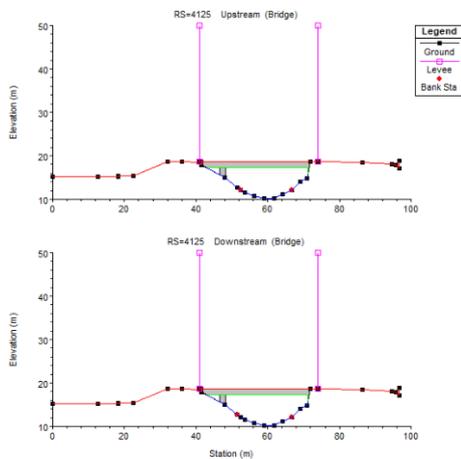


Figura 18 – Rappresentazione del ponte via Carso a Terraglione di Vigodarzere (NB: fotografia presa da monte quindi ribaltata rispetto alla sezione di HecRas riportata a sinistra).

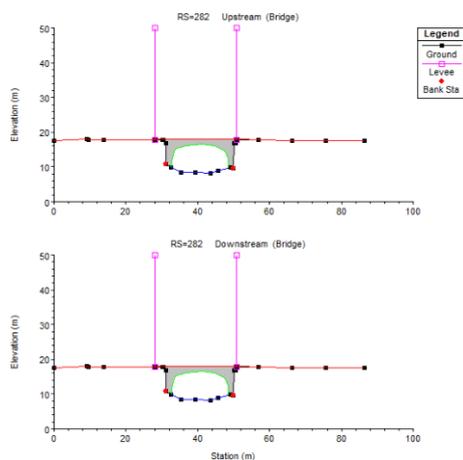


Figura 19 – Rappresentazione del ponte di Ponte Vigodarzere (NB: fotografia presa da monte quindi ribaltata rispetto alla sezione di HecRas riportata a sinistra). La fotografia risale a prima della realizzazione del nuovo ponte affiancato a quello storico del 1859 (successivamente oggetto di interventi di consolidamento e adeguamento strutturale).

A completamento del modello monodimensionale, sono state introdotte lungo l'intero corso del Muson dei Sassi delle strutture laterali in destra e sinistra idraulica al fiume con un profilo che segue il profilo arginale. Tali elementi consentono, in caso di superamento della sommità arginale, di riprodurre ciò che si avrebbe nella realtà, ovvero lo sfioramento superficiale del corpo arginale e un flusso quindi in uscita rispetto al bilancio di volumi nel fiume. Le strutture laterali consentono inoltre, ma sarà descritto in seguito, di individuare la possibilità che si formi una breccia arginale.

In generale, si è considerato che le portate sfioranti rispetto alla sommità arginale siano considerate in uscita al sistema. In caso di sfioramento arginale in corrispondenza del dominio bidimensionale oggetto della presente modellazione idrodinamica, i volumi in uscita dalla sezione fluviale sono invece propagati nel dominio bidimensionale.

Per esigenze legate al software, le strutture laterali rappresentative del corpo arginale sono state interrotte in corrispondenza degli elementi ponte inseriti nel modello 1D. Hec-Ras infatti non consente la sovrapposizione tra ponti e strutture laterali. Ciò comunque non condiziona particolarmente le simulazioni, in quanto spesso in corrispondenza alle strutture di attraversamento, il corpo arginale tende ad elevarsi in quota per allinearsi alla strada o percorso ciclo-pedonale intersecante il fiume.

Il profilo arginale descritto è stato calcolato attraverso strumenti GIS che consentono la ricerca di un punto di massimo locale nell'intorno della traccia arginale. In molti casi infatti, per errori o approssimazioni nella digitalizzazione della traccia planimetrica dell'argine, può capitare che il profilo descritto dalla traccia arginale non corrisponda all'effettiva quota massima raggiunta dal corpo arginale in un determinato punto. L'analisi condotta nella presente applicazione assicura invece che tale quota di maggiore elevazione venga effettivamente descritta.

Il profilo longitudinale risultante dall'impostazione geometrica descritta è riportato nelle immagini che seguono per l'intero corso del Muson dei Sassi oggetto di modellazione idraulica. Il profilo evidenzia in verde la quota del fondo alveo. Il profilo raffigura inoltre il profilo delle strutture laterali utilizzate lungo l'intero corso del Muson dei Sassi per descrivere la sommità arginale di destra e sinistra idraulica.

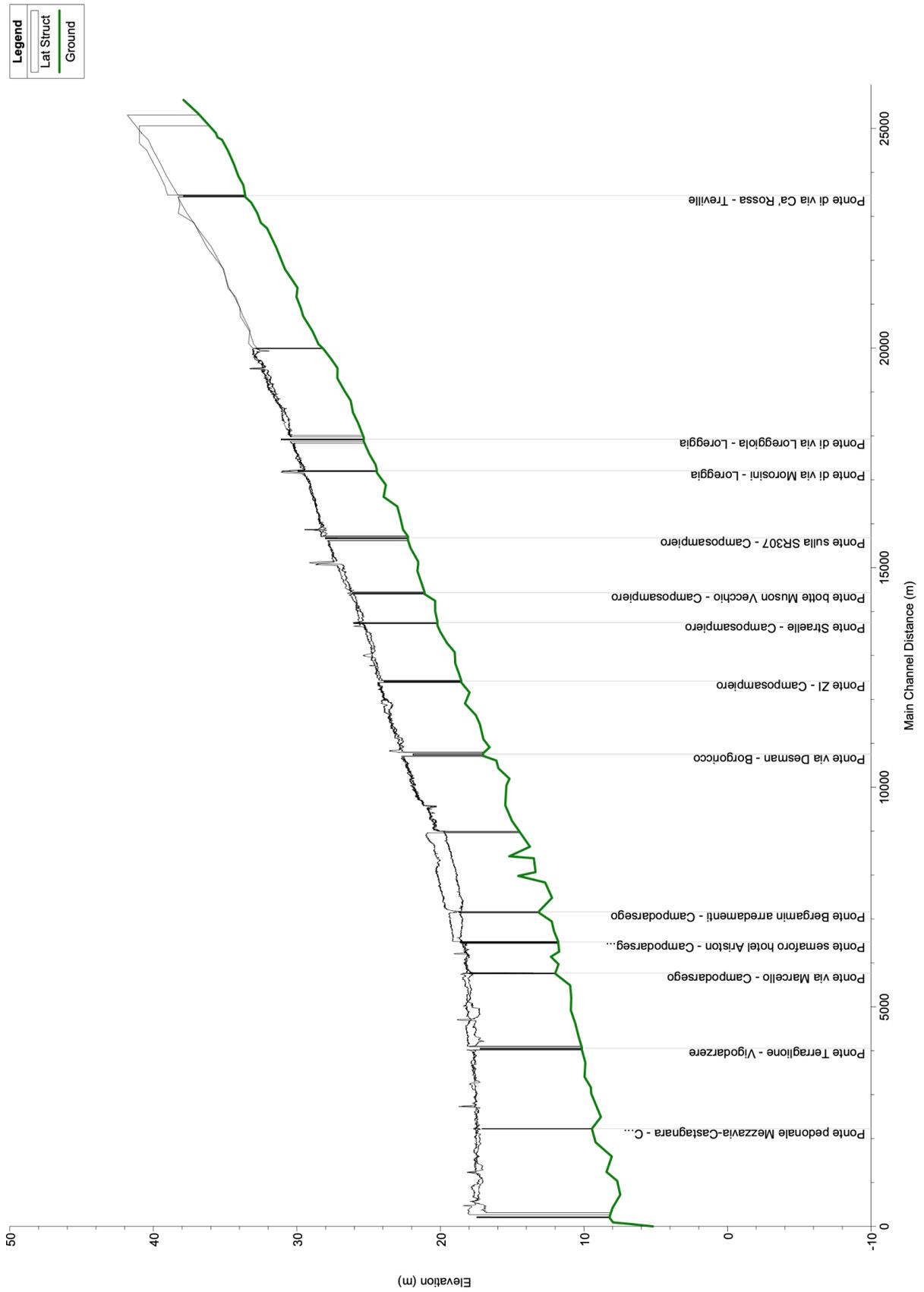


Figura 20 – Profilo del Muson dei Sassi.

La costruzione del dominio di espansione bidimensionale è stata basata sul rilievo Lidar del terreno reso disponibile dall'Autorità di Distretto tramite il proprio portale e denominato Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale – PST-A a maglia 1 x 1 m (contratto 140 e 145) eseguito da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il modello digitale del terreno risultante dalla composizione dei diversi tasselli con cui il dato viene fornito è riportato nella figura che segue.

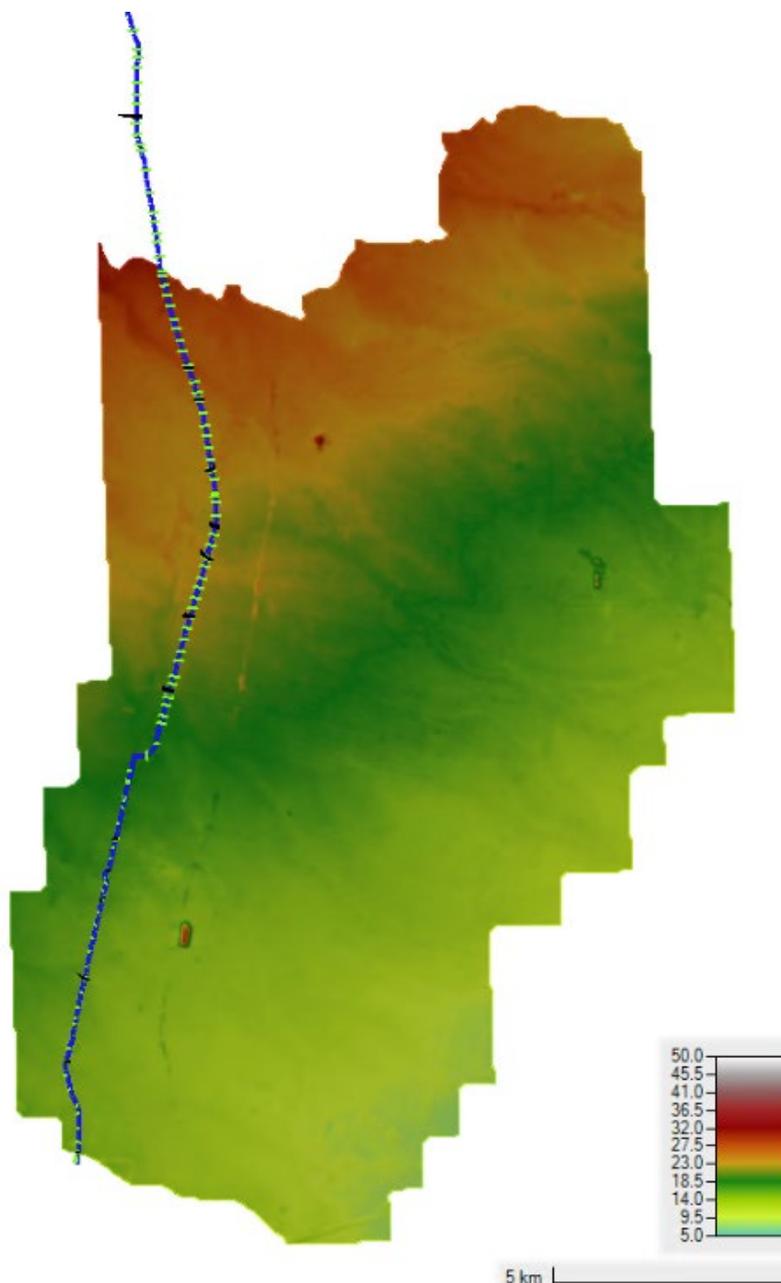


Figura 21 – Rilievo del terreno utilizzato per la modellazione della possibile esondazione sul dominio bidimensionale.

Il passaggio successivo di costruzione della geometria del modello HecRas è consistito nell'individuazione di un dominio bidimensionale all'interno del quale analizzare i possibili scenari di allagamento da ricondurre alla breccia arginale prevista dal PGRA in corrispondenza di Camposampiero in destra idraulica al fiume Muson dei Sassi.

È stato tracciato un dominio volto a coprire interamente l'area di allagamento mappata nel PGRA 2021 e riconducibile alla suddetta breccia arginale.

Si è quindi digitalizzato un dominio di espansione bidimensionale il cui limite in direzione Ovest corrisponde al rilevato arginale del Muson dei Sassi. I restanti limiti sono stati tracciati utilizzando alcuni importanti rilevati infrastrutturali presenti nell'area, come ad esempio il tracciato della strada regionale SR515 Noalese che funge da limite orientale al dominio. Anche il limite meridionale del dominio segue il percorso di alcune vie di comunicazione principali.

Il dominio di calcolo è discretizzato per mezzo di una maglia a elementi di lato pari a 10 m. La spazializzazione risulta distorta in corrispondenza del bordo del dominio di calcolo, con le celle che vanno ad adattarsi a un confine non regolare. Similmente, un processo di distorsione delle celle di calcolo avviene in corrispondenza di breaklines o eventuali strutture interne al dominio 2D, che verranno descritte nel seguito.

Il dominio bidimensionale risultante è raffigurato nell'immagine che segue con mappa di base ortofoto (sinistra) e rilievo del terreno (destra).

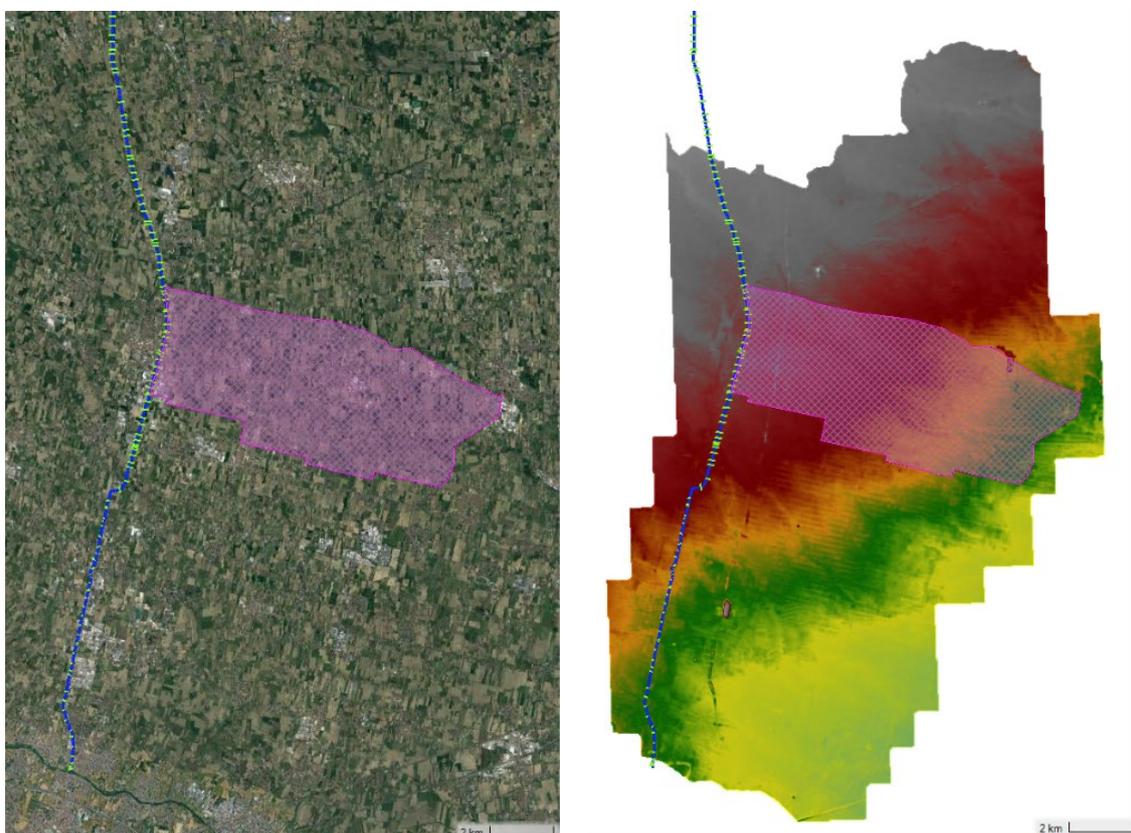


Figura 22 - Dominio bidimensionale utilizzato nel presente modello idraulico con mappa di base ortofoto (sinistra) e rilievo del terreno (destra).

Per quanto concerne le scabrezze delle superfici, si è assunto un coefficiente uniforme e omogeneo caratterizzante tutta l'area bidimensionale simulata, imponendo un valore di coefficiente di scabrezza secondo Gauckler Strickler pari a $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

Il collegamento tra gli elementi monodimensionali della geometria di HecRas e il dominio di calcolo bidimensionale è eseguito imponendo sui corsi d'acqua delle *lateral structures*. Tali strutture fanno sì che quando il livello dell'acqua nel torrente raggiunge la sommità della sponda si possa osservare uno sfioro d'acqua verso l'esterno, ad alimentare direttamente il dominio bidimensionale.

Nel caso in esame, essendo oggetto di interesse l'esondazione che può prodursi in sinistra al Muson dei Sassi in corrispondenza di Camposampiero, si è fatto ricorso alle lateral structures introdotte nella geometria monodimensionale con lo scopo di descrivere eventuali sfiori sul corpo arginale lungo tutto il corso del fiume.

In Figura 23 è evidenziata in magenta la collocazione geografica delle lateral structures che nel modello sono state messe in collegamento con il dominio bidimensionale. Il collegamento permette di seguire l'evolversi su dominio bidimensionale delle eventuali portate di sfioro del Muson dei Sassi rispetto al proprio corpo arginale in sinistra idraulica.

In aggiunto, la Figura 23 evidenzia il punto di rottura arginale ipotizzato dall'Autorità di Distretto in corrispondenza di Camposampiero. Anche le portate che fuoriescono dalla breccia arginale ipotizzata saranno trasmesse al dominio bidimensionale.

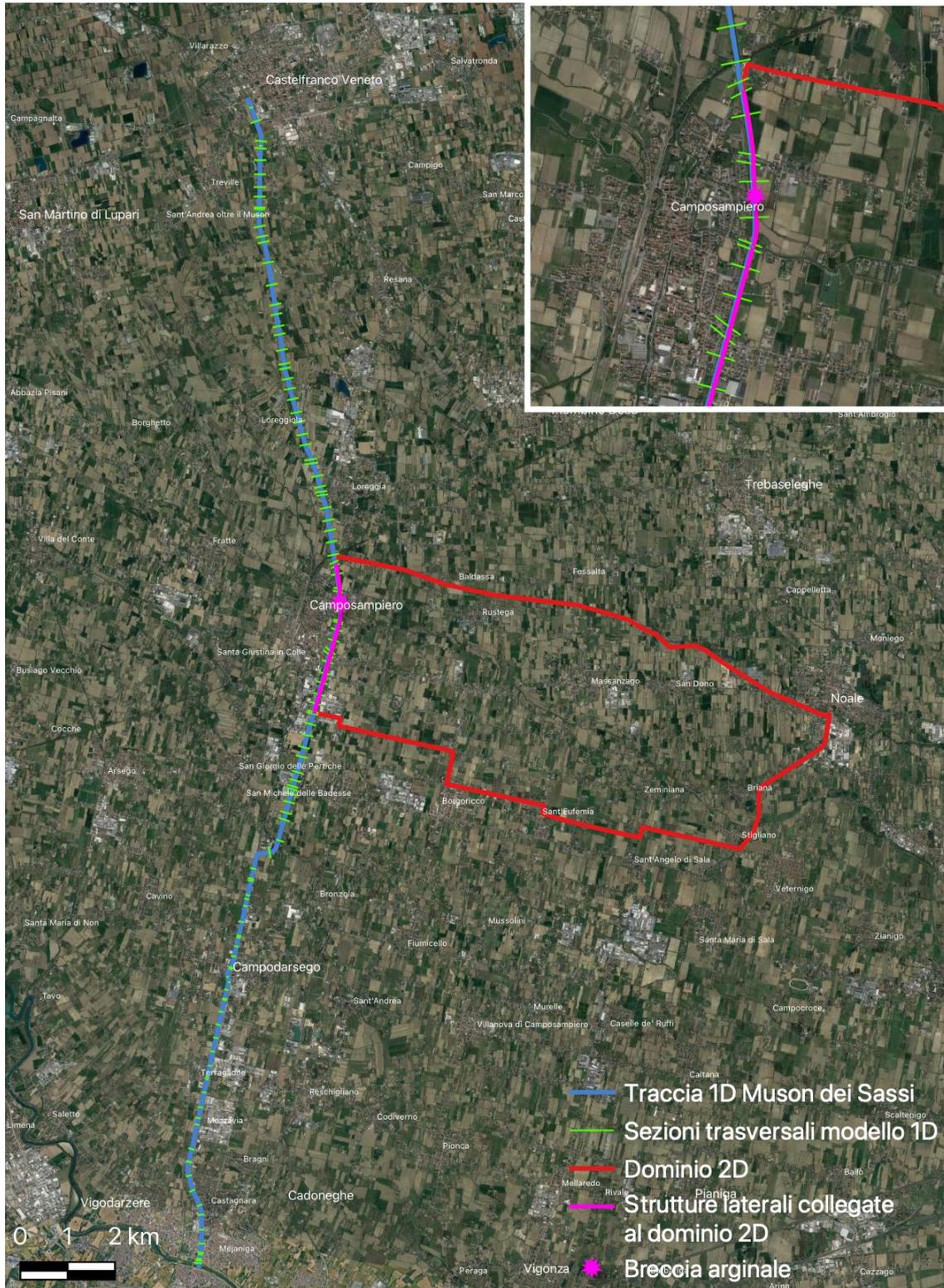


Figura 23 – Lateral structures in sinistra al Muson dei Sassi che nella presente modellazione idraulica sono state collegate al dominio bidimensionale.

Va infine evidenziato come il rilievo altimetrico del terreno messo a disposizione dall’Autorità di Distretto individua correttamente i varchi presenti al di sotto di alcune strutture in rilevato, che risultano correttamente interrotte in modo da rappresentare le quote caratteristiche del varco sottostante e non del rilevato. Ciò si può notare in diverse strutture, siano esse in rilevato o anche strutture sottopassate. Il Lidar a disposizione restituisce in molti di questi casi il livello di terreno inferiore, quello appunto di interesse per la propagazione dell’allagamento. Di seguito si presenta un immagine di esempio con l’evidenziazione tramite i cerchi di colore magenta delle correzioni sul Lidar fornito.

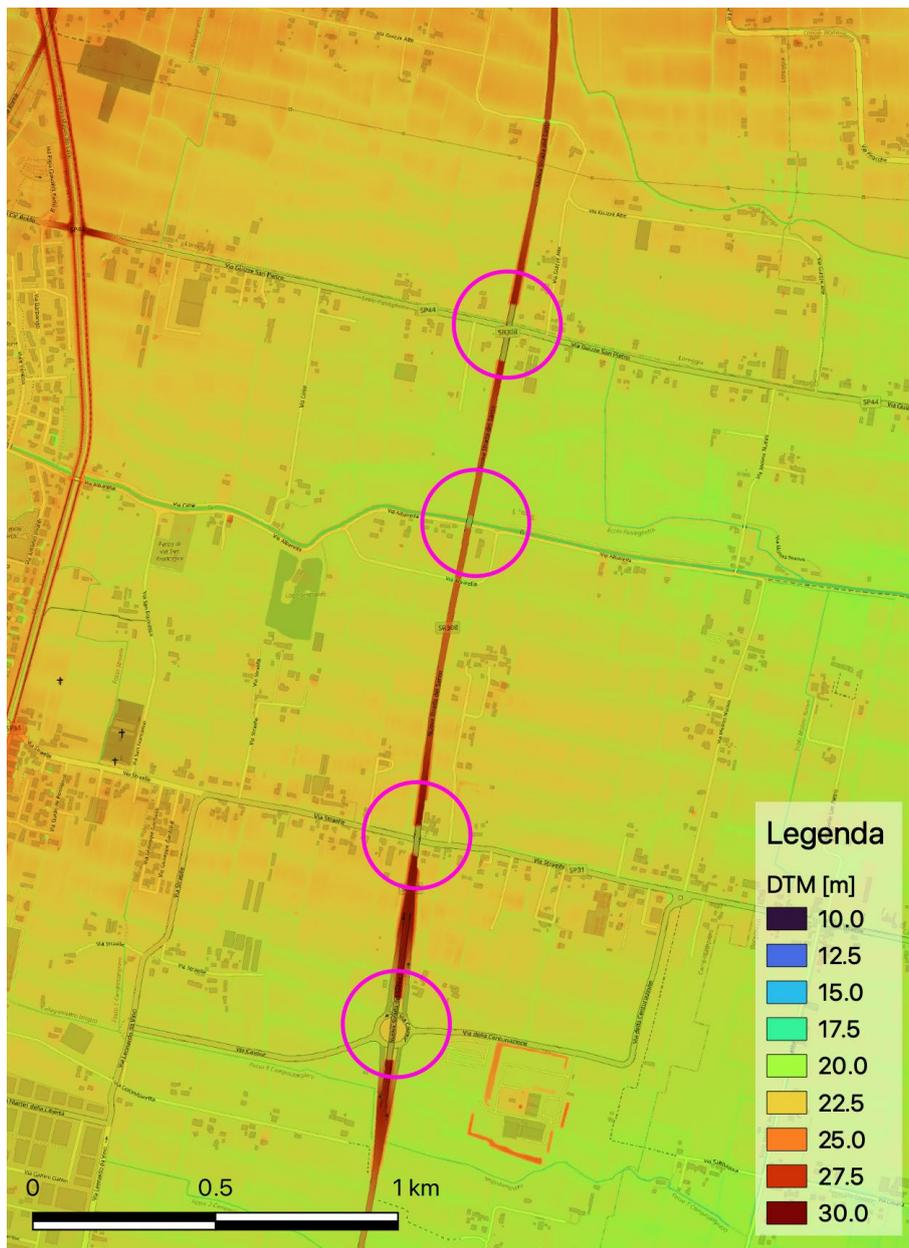


Figura 24 – Estratto del DTM utilizzato per la modellazione idrodinamica bidimensionale con l’evidenziazione tramite i cerchi di colore magenta delle correzioni in corrispondenza delle intersezioni tra infrastrutture diverse (es. tangenziale vs strade, canali principali vs strade, ecc.).

5.2.2 Implementazione delle condizioni al contorno

Le condizioni al contorno per la simulazione sono state imposte al tratto d'alveo 1D, nei seguenti punti:

- Sezione di monte -> idrogramma di portata
- Sezione di valle -> idrogramma di livelli idrometrici

Gli idrogrammi di portata sono quelli analizzati e descritti nel precedente paragrafo 4.2 e raffigurati in Figura 11 alla sezione di chiusura a valle di Castelfranco Veneto.

A valle, il modello monodimensionale, richiede la definizione di una condizione al contorno inerente il livello idrometrico. In tale punto, si è nuovamente utilizzato il dato reso disponibile dall'Autorità di Distretto che descrive i livelli idrometrici di piena del fiume Brenta in corrispondenza della confluenza del Muson dei Sassi. Il dato fornito è stato sfasato temporalmente in modo da combaciare con i tempi di piena del Muson dei Sassi.

Lo scenario idrodinamico predisposto per il Muson dei Sassi corrisponde quindi a una onda di piena, con tempi di ritorno 30, 100 e 300 anni, che viene a coincidere con una simultanea piena sperimentata dal fiume Brenta, con equivalenti tempi di ritorno.

Nel dominio di calcolo bidimensionale sono invece state assegnate le seguenti condizioni al contorno per mezzo di elementi *Boundary Condition Lines (BC Lines)*:

- Nel punto in cui il Muson Vecchio interseca il limite Ovest del dominio 2D (alla botte a sifone sotto il Muson dei Sassi), si è imposto l'idrogramma di piena relativo al Muson Vecchio calcolato nel precedente paragrafo 4.2 e raffigurato in Figura 12 per i tempi di ritorno 30, 100 e 300 anni;
- Lungo i limiti Sud ed Est del dominio di calcolo bidimensionale, corrispondenti ai tracciati degli assi viari della strada regionale SR515 Noalese (ad Est) e di via Desman nei comuni di Santa Maria di Sala e Borgoricco (a Sud), si è imposta una condizione al contorno di fuoriuscita dell'acqua dal dominio bidimensionale sulla base di un tirante di moto uniforme che si instaura su una sezione trasversale equivalente al terreno sottostante le *BC lines*. Ciò permette di evitare che il fronte di allagamento attraversi l'intero dominio per poi andarsi ad accumulare sul limite dello stesso ricreando situazioni di allagamento fittizie e riconducibili esclusivamente a limiti modellistici.

Si è infine imposta una condizione al contorno che prevede la formazione di una breccia arginale secondo le disposizioni suggerite dall'Autorità di Distretto nell'Allegato I. La breccia è prevista in corrispondenza del punto indicato nell'ambito del PGRA 2021, dove era stata appositamente prevista una struttura laterale di connessione tra il dominio monodimensionale rappresentante il fiume Bacchiglione e il dominio di esondazione bidimensionale.

Nell'Allegato I al PGRA 2021, è evidenziato come, a fronte della non conoscenza del modello geotecnico dei corpi arginali, la formazione della breccia debba essere considerata per solo sormonto, escludendo la casistica di cedimento relativa ai fenomeni di sifonamento.

L'inizio della formazione della breccia deve essere previsto in presenza di un franco arginale non nullo, pari a circa 20 cm, al fine di tener conto anche di possibili modifiche dei livelli idrometrici dovute a perturbazioni locali (effetto di onde) e dei cambiamenti climatici.

Con riferimento alla larghezza e alla quota raggiunta dalla breccia, l'Allegato citato riporta la seguente figura.

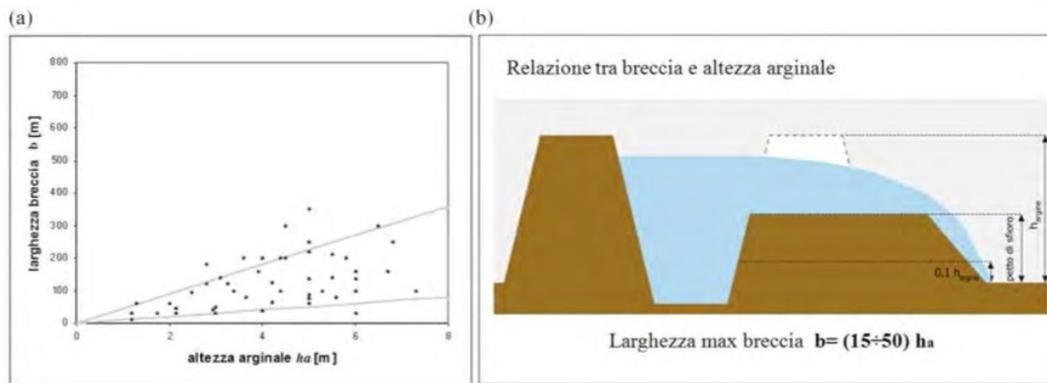


Figura 25 - (a) Analisi di rotte arginali occorse: larghezza della breccia vs. altezza dell'argine misurato a lato campagna; (b) Schematizzazione della rotta arginale e relazione empirica tra larghezza della breccia e altezza dell'argine misurato a lato campagna.

La figura che segue riporta i dettagli introdotti nel modello per la generazione di una breccia arginale. Si sono rispettate le indicazioni fornite dall'Autorità di Distretto, operando su alcuni parametri un intervento di taratura come richiesto dalle Norme Tecniche di Attuazione al fine di giungere a una sostanziale confrontabilità tra le aree allagate per un tempo di ritorno pari a 100 anni ottenute dalla modellazione rispetto a quelle pubblicate nel PGRA.

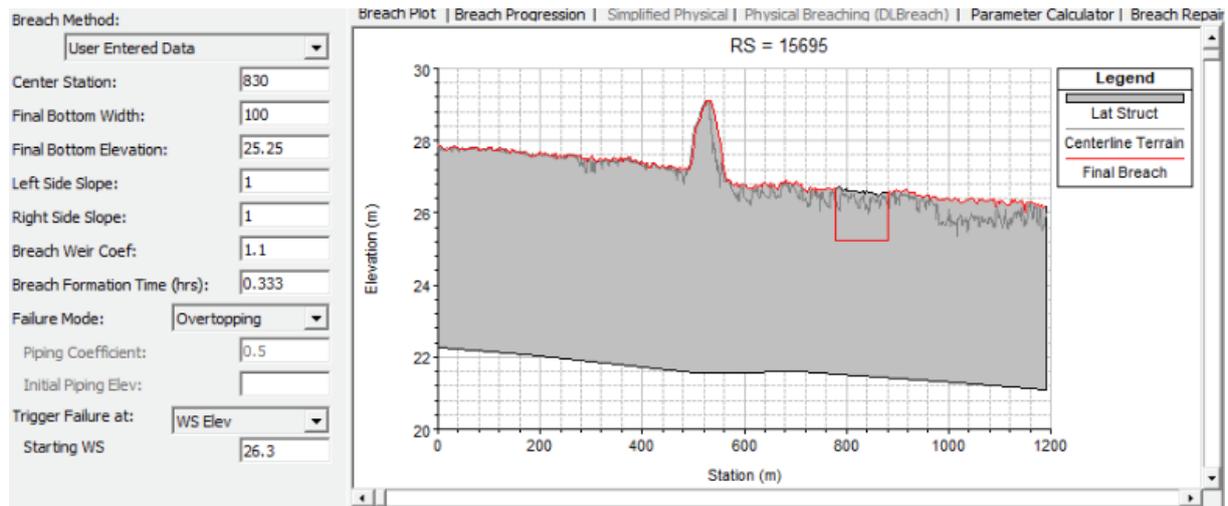


Figura 26 - Parametri inseriti in HecRas per la formazione della breccia arginale nel punto indicato dall'Autorità di Distretto e secondo i criteri stabiliti dall'Autorità di Distretto stessa.

5.3 Taratura del modello

La modellazione impostata e descritta nei paragrafi precedenti è stata oggetto di taratura con la finalità di riprodurre scenari di allagamenti TR100 comparabili con quelli prodotti dall’Autorità di Distretto in termini di estensione delle aree allagabili e di tiranti massimi raggiunti. Tale impostazione metodologica è stata peraltro suggerita dall’Autorità di Distretto in occasione degli incontri tecnici informativi e di approfondimento tenuti per l’illustrazione delle novità introdotte con il nuovo PGRA.

La taratura del modello si è concentrata su pochi parametri che sono stati opportunamente variati, nell’intorno di valori comunque ragionevolmente ammissibili, per riprodurre al meglio gli scenari di allagamenti pubblicati nel PGRA:

- Coefficienti di scabrezza in alveo e nel dominio bidimensionale;
- Caratteristiche geometriche della breccia arginale.

Le mappe riportate nelle figure che seguono permettono di confrontare i risultati modellistici ottenuti con la mappatura dei tiranti riportata nel PGRA per un identico evento con tempo di ritorno pari a 100 anni.

Le mappe di seguito mostrate si dimostrano molto simili in termini di estensione dell’area allagabile. La somiglianza tra le differenti mappature è assai marcata nei pressi della breccia arginale imposta. Si veda ad esempio a Ovest della strada regionale SR308 “del Santo” come entrambe le mappature identifichino una situazione di rischio alluvionale nettamente delimitata in direzione Nord e Sud. A Est della SR308, si può osservare sia nel PGRA che nella presente modellistica, un maggiore rischio idraulico per le aree in sinistra idraulica al Muson Vecchio fino al limite Est del dominio bidimensionale di analisi. Sono invece più sporadiche e localizzate le situazioni di potenziale allagamento in destra idraulica al Muson Vecchio, similmente rappresentate in entrambe le modellazioni.

La scala spaziale utilizzata dalla mesh di calcolo bidimensionale e il Lidar di partenza a una risoluzione spaziale dettagliata permettono di rappresentare fedelmente il comportamento idraulico della rete superficiale esistente nel dominio bidimensionale. Particolarmente significativa è la corretta rappresentatività del moto lungo il Muson Vecchio.

Dall’analisi di cui al presente paragrafo, si può quindi affermare come la modellistica riprodotta nell’ambito del presente lavoro fornisca degli scenari di allagamento per un tempo di ritorno di 100 anni molto simili a quanto individuato dal PGRA per lo stesso tempo di ritorno.

Il modello idrodinamico può quindi essere utilizzato per verificare la Compatibilità Idraulica dell’intervento oggetto del presente elaborato progettuale.

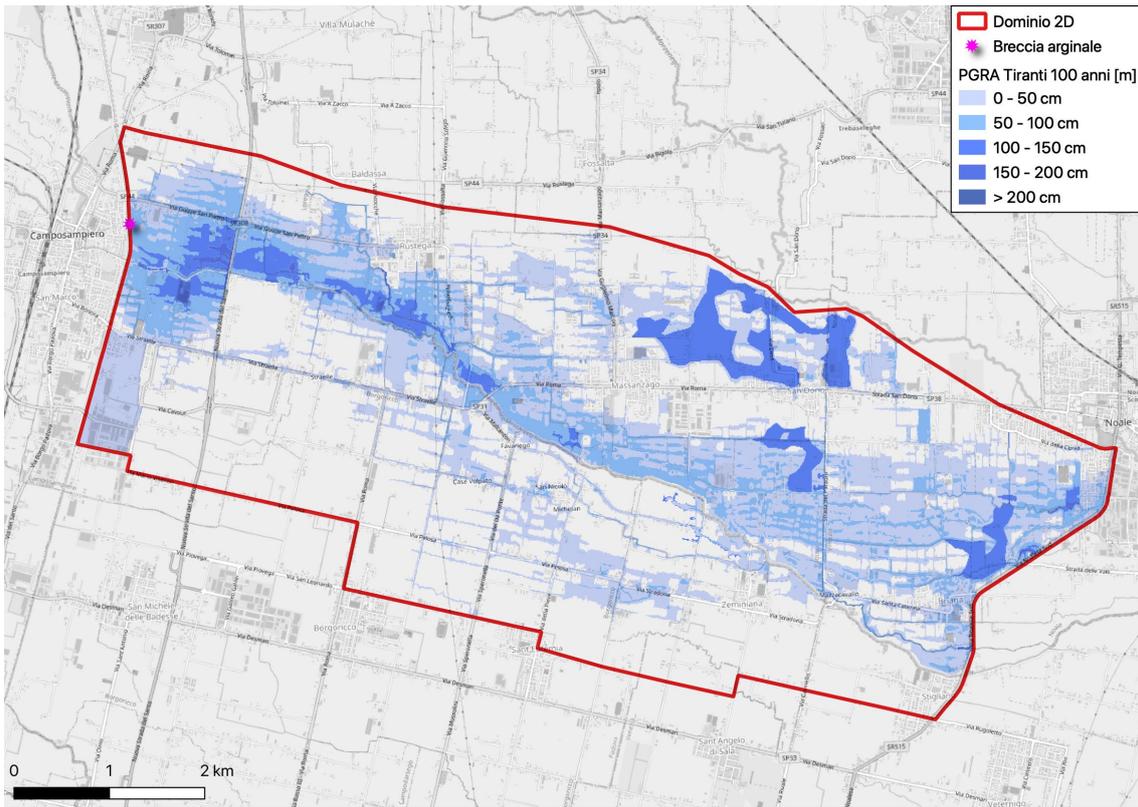


Figura 27 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 secondo il PGRA 2021.

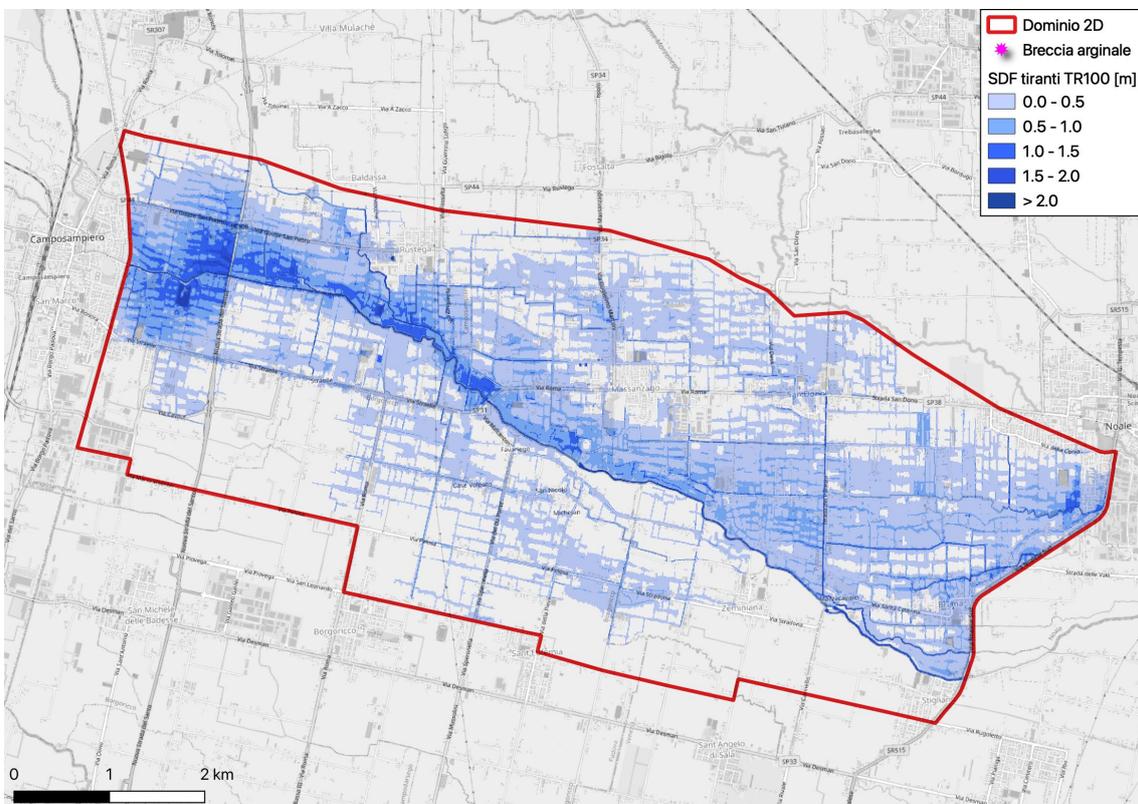


Figura 28 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 secondo la presente modellazione idraulica.

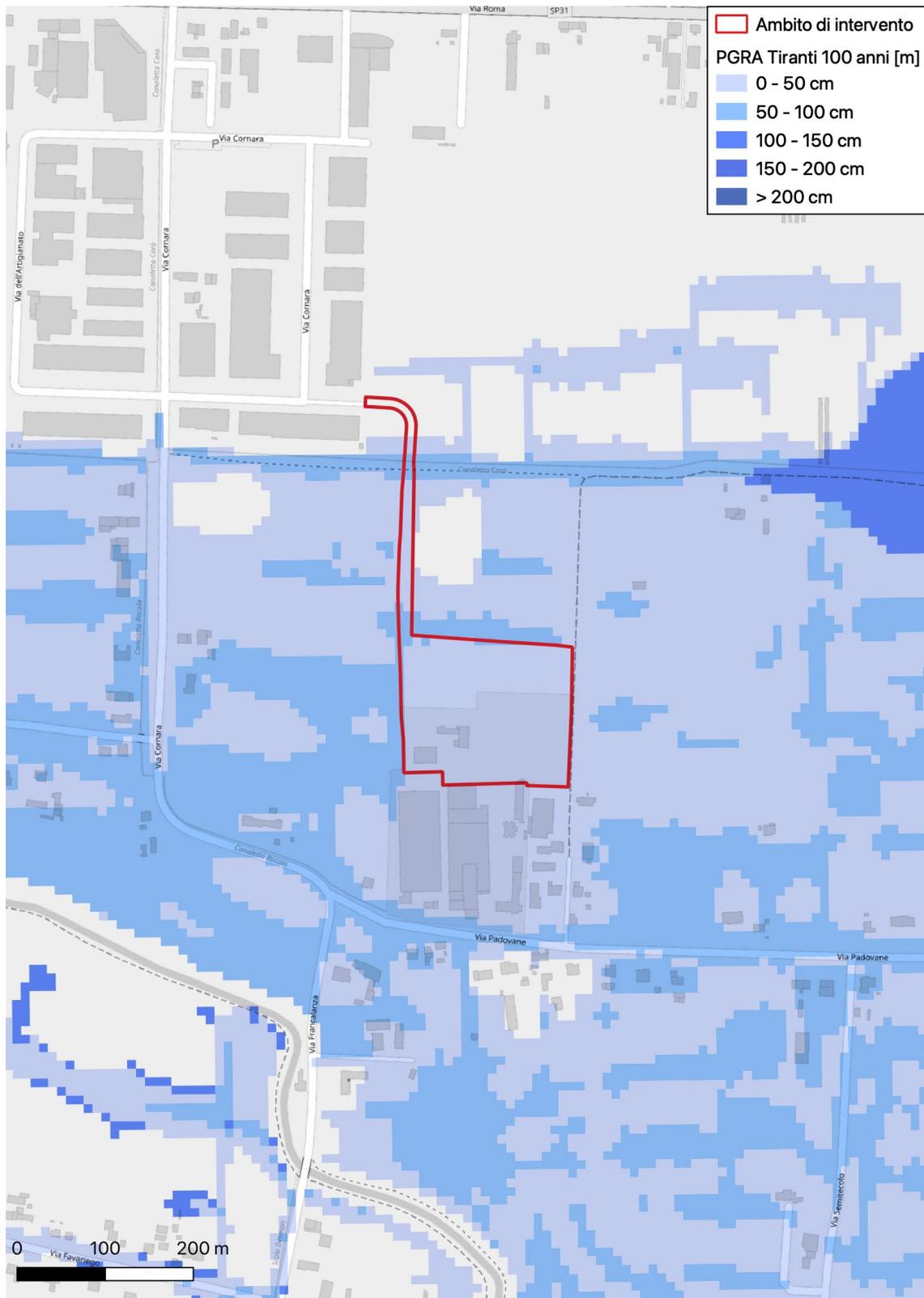


Figura 29 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 secondo il PGRA 2021 in corrispondenza dell'area di intervento.

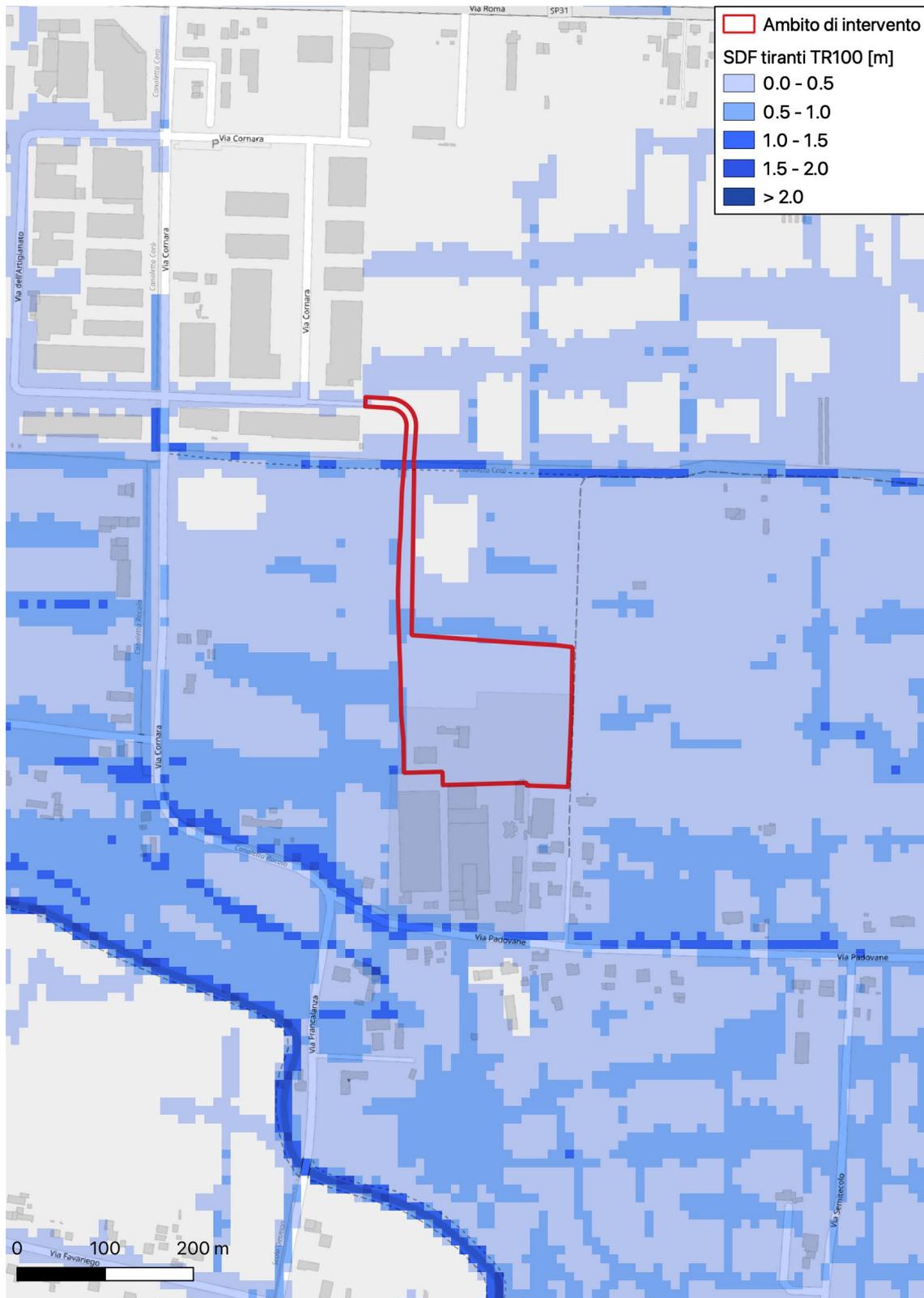


Figura 30 – Inviluppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 secondo la presente modellazione idraulica in corrispondenza dell'area di intervento.

5.4 Verifica di compatibilità idraulica

5.4.1 Stato di Fatto (SDF)

Si riportano di seguito i risultati della modellazione idraulica condotta sulla base dei diversi tempi di ritorno indicati dal PGRA: 30 anni, 100 anni e 300 anni.

Si riportano di seguito gli inviluppi dei massimi tiranti calcolati sul modello monodimensionale, che riguarda i profili di piena del Muson dei Sassi, nonché dei massimi tiranti calcolati e delle massime velocità ottenuti sul dominio di calcolo 2D relativo all'ambito di esondazione, simulato con riferimento ai tempi di ritorno sopra riportati.

Nell'impostazione del modello monodimensionale, sono state introdotte lungo l'intero corso del Muson dei Sassi delle strutture laterali in destra e sinistra idraulica al fiume con un profilo che segue il profilo arginale. Tali elementi consentono, in caso di superamento della sommità arginale, di riprodurre ciò che si avrebbe nella realtà, ovvero lo sfioramento superficiale del corpo arginale e un flusso quindi in uscita rispetto al bilancio di volumi nel fiume.

In generale, si è considerato che le portate sfioranti rispetto alla sommità arginale siano considerate in uscita al sistema. In caso di sfioramento arginale in corrispondenza del dominio bidimensionale oggetto della presente modellazione idrodinamica, i volumi in uscita dalla sezione fluviale sono invece propagati nel dominio bidimensionale.

Dall'analisi dei risultati modellistici, in condizioni di assenza della breccia arginale, si sono osservate le seguenti portate massime lungo il Muson dei Sassi:

- A valle di Loreggiola non riescono a passare più di 150 m³/s circa;
- A valle di Loreggia non riescono a passare più di 130 m³/s circa;
- A valle di Camposampiero non riescono a passare più di 110 m³/s circa.

Per tale motivo, indipendentemente dal tempo di ritorno analizzato, i profili longitudinali dati dall'inviluppo dei massimi tiranti sono praticamente coincidenti.

Confrontando l'estensione e i tiranti massimi raggiunti al variare del tempo di ritorno si osserva una differenza non così marcata tra gli scenari modellati, con una estensione delle aree allagate che progressivamente aumenta tra TR30, TR100 e TR300, come lecito attendersi. Infatti, pur essendoci un limite superiore alla portata transitante in Muson dei Sassi nel punto in cui avviene la breccia arginale, i volumi di piena sono sensibilmente diversi tra TR30, TR100 e TR300 anche con la limitazione dell'onda di piena ad un valore massimo di 130 m³/s.

La differente estensione delle aree allagabili per diversi tempi di ritorno incide in particolare modo sulle aree più distanti dal Muson Vecchio, mentre in prossimità dello stesso vi è una differenza poco marcata. Similmente, i tiranti massimi raggiunti variano tra i diversi scenari analizzati in maniera marcata in corrispondenza delle aree più periferiche del fronte di allagamento dove, al diminuire della probabilità di accadimento dell'evento alluvionale, si osservano tiranti maggiori determinati da un maggiore volume esondato dal fiume Muson dei Sassi. Nelle aree prossime alla breccia arginale l'inviluppo dei massimi tiranti risulta invece pressoché inalterato, in quanto si tratta di aree che in ogni caso vengono interessate dal fronte di allagamento.

In termini di velocità del fronte di allagamento, gli inviluppi delle velocità massime punto per punto del dominio bidimensionale hanno restituito velocità ridotte, quasi ovunque inferiori ai 0.5 m/s.

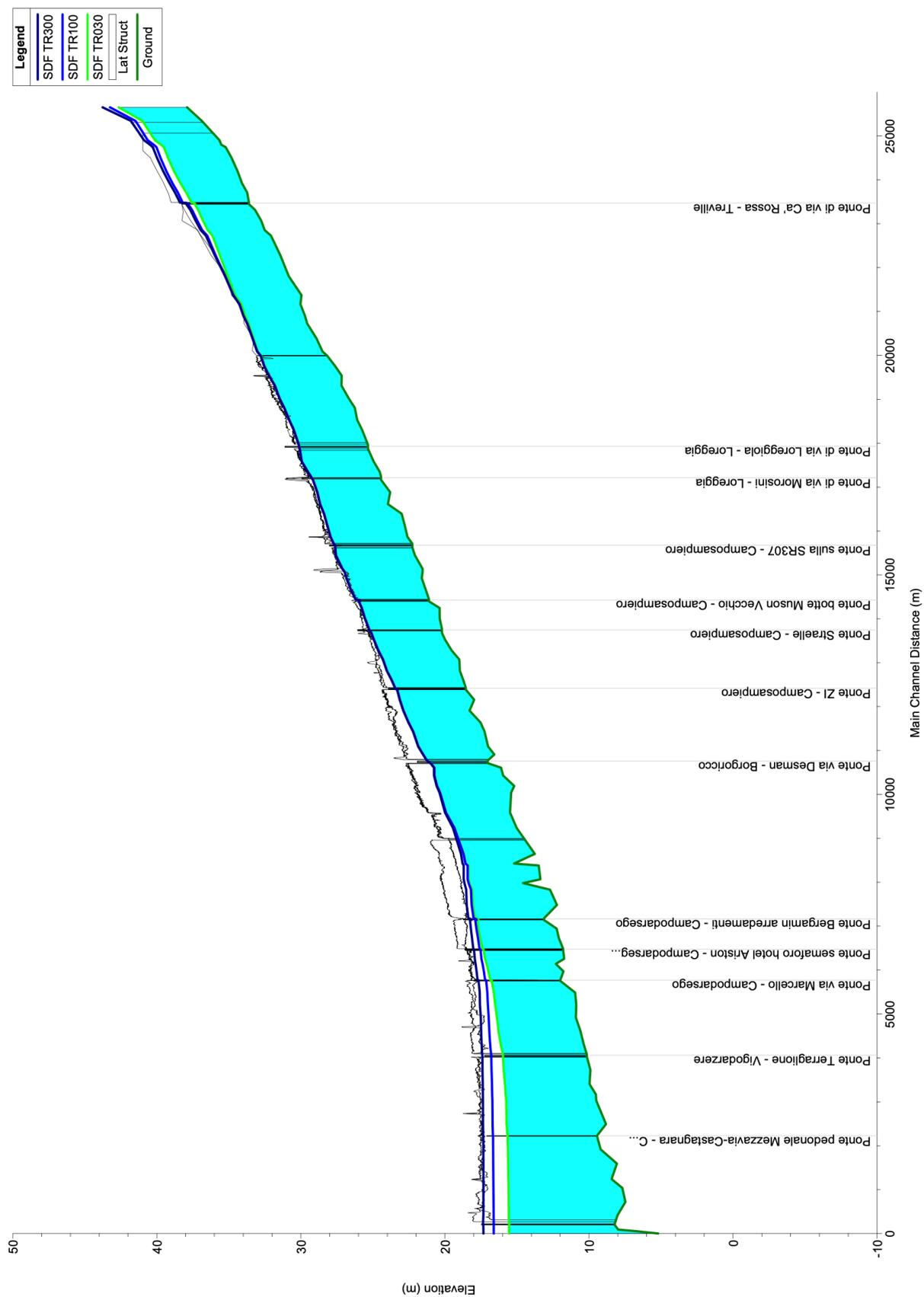


Figura 31 – Profilo di piena simulato del F. Bacchiglione per Tr = 30 – 100 – 300 anni.

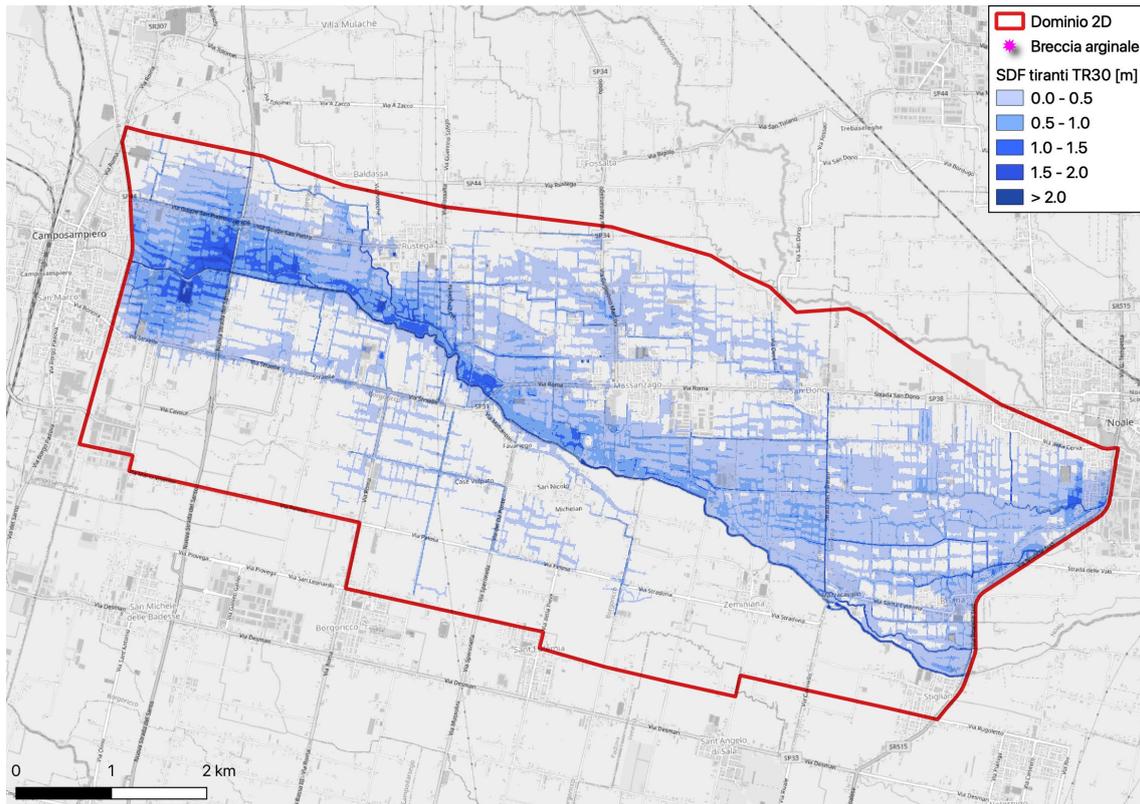


Figura 32 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR30 secondo la presente modellazione idraulica.

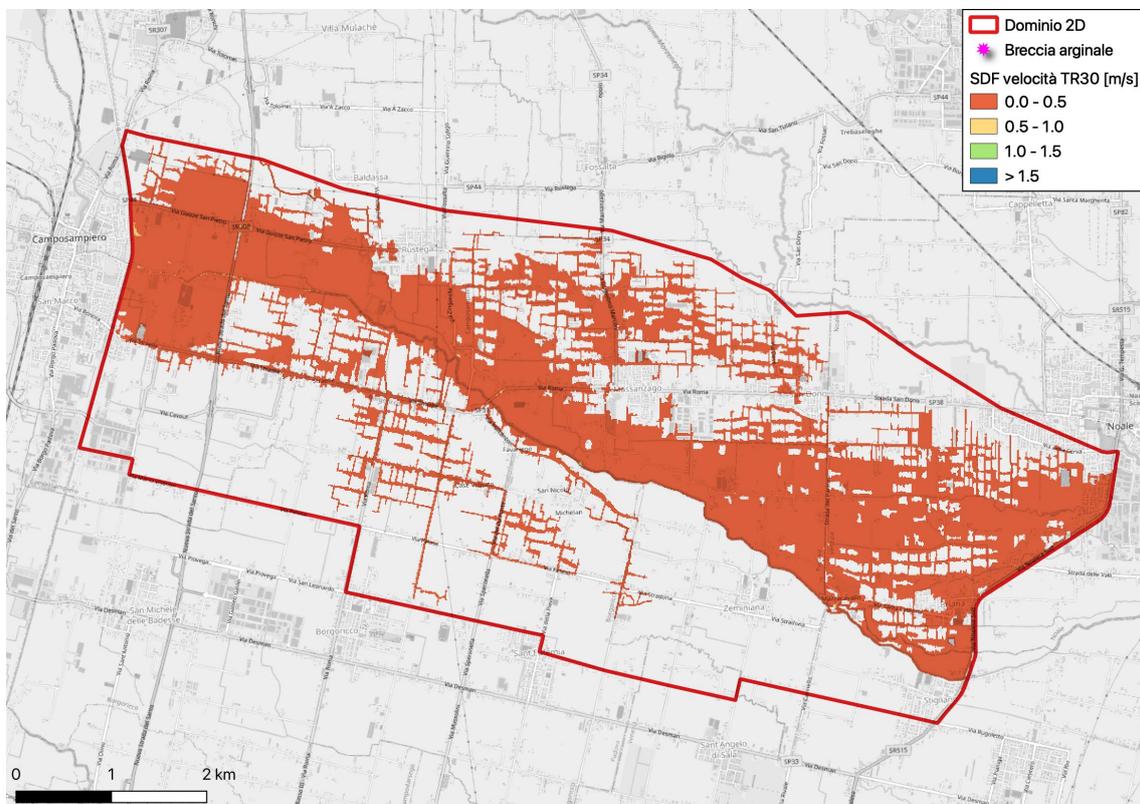


Figura 33 – Involuppo delle massime velocità per TR30 secondo la presente modellazione idraulica.

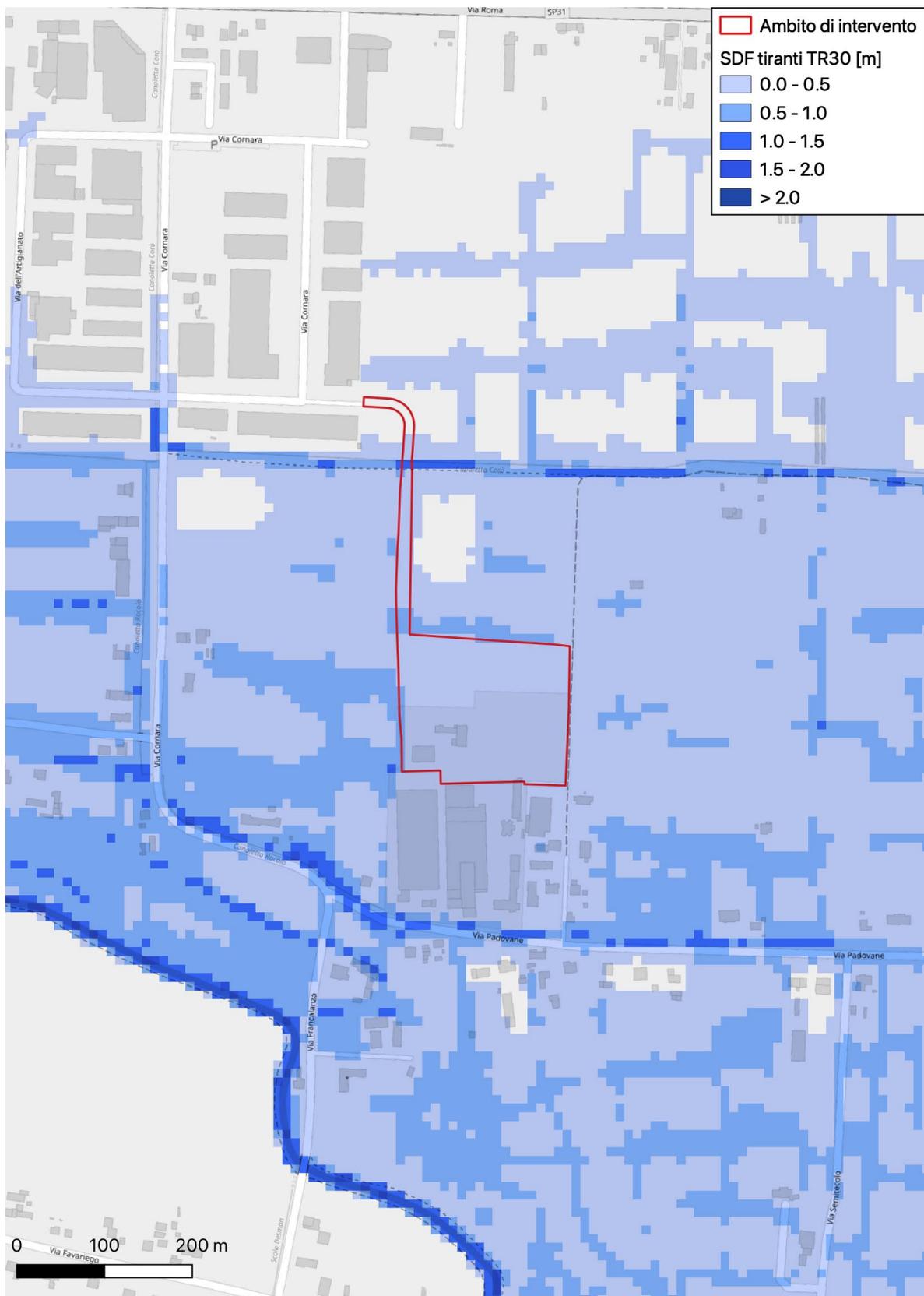


Figura 34 - Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR30 secondo la presente modellazione idraulica in corrispondenza dell'area di intervento.

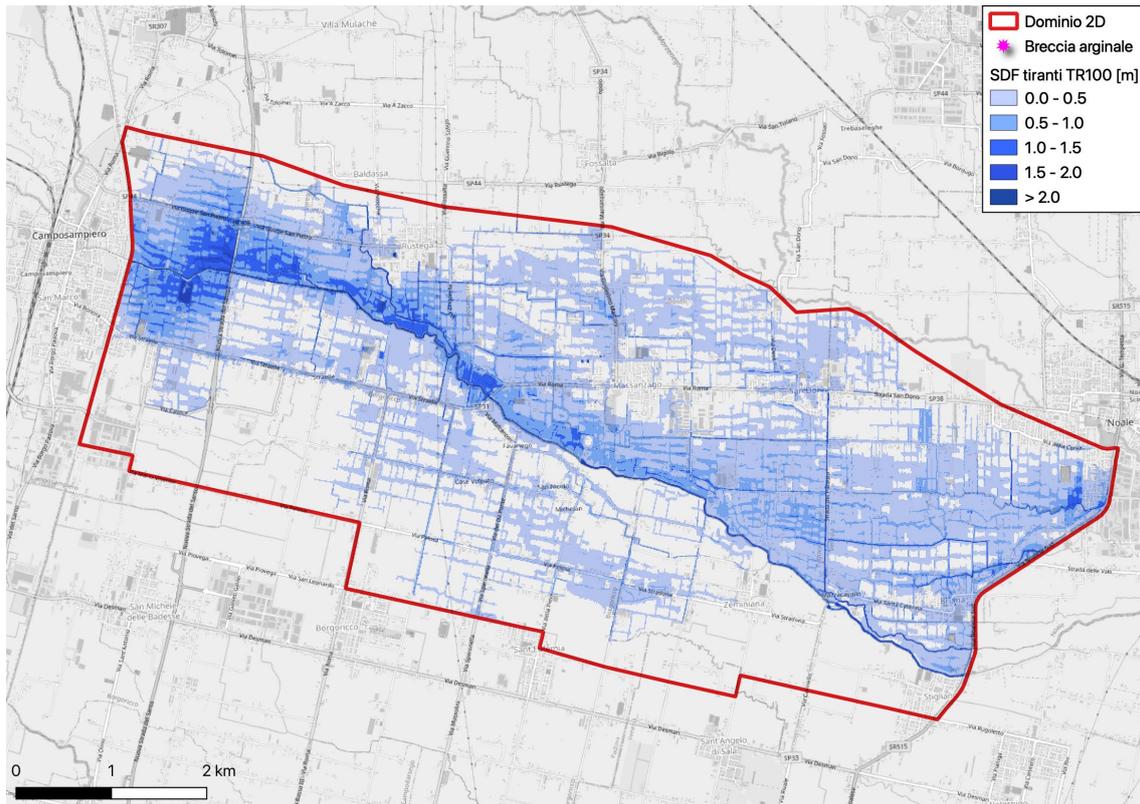


Figura 36 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 secondo la presente modellazione idraulica.

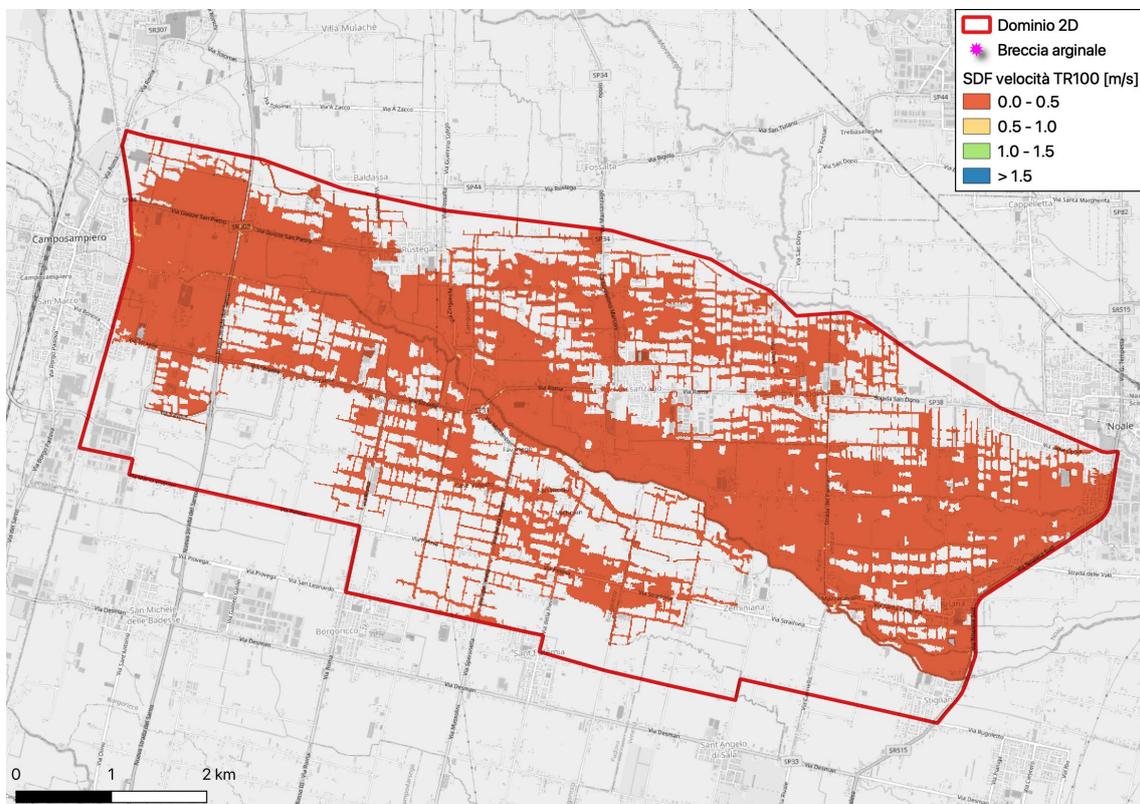


Figura 37 – Involuppo delle massime velocità per TR100 secondo la presente modellazione idraulica.

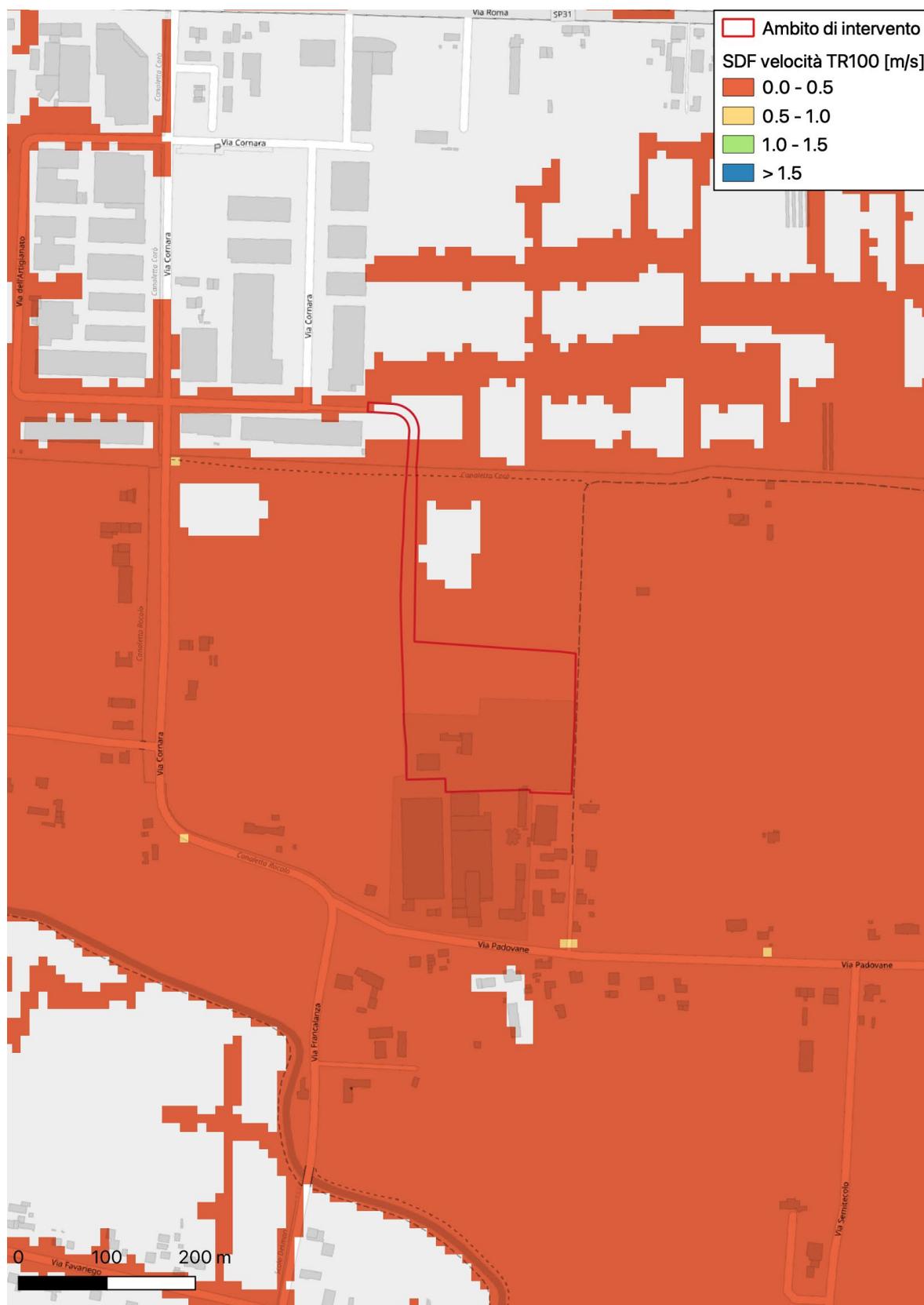


Figura 39 – Involuppo delle massime velocità per TR100 secondo la presente modellazione idraulica in corrispondenza dell'area di intervento.

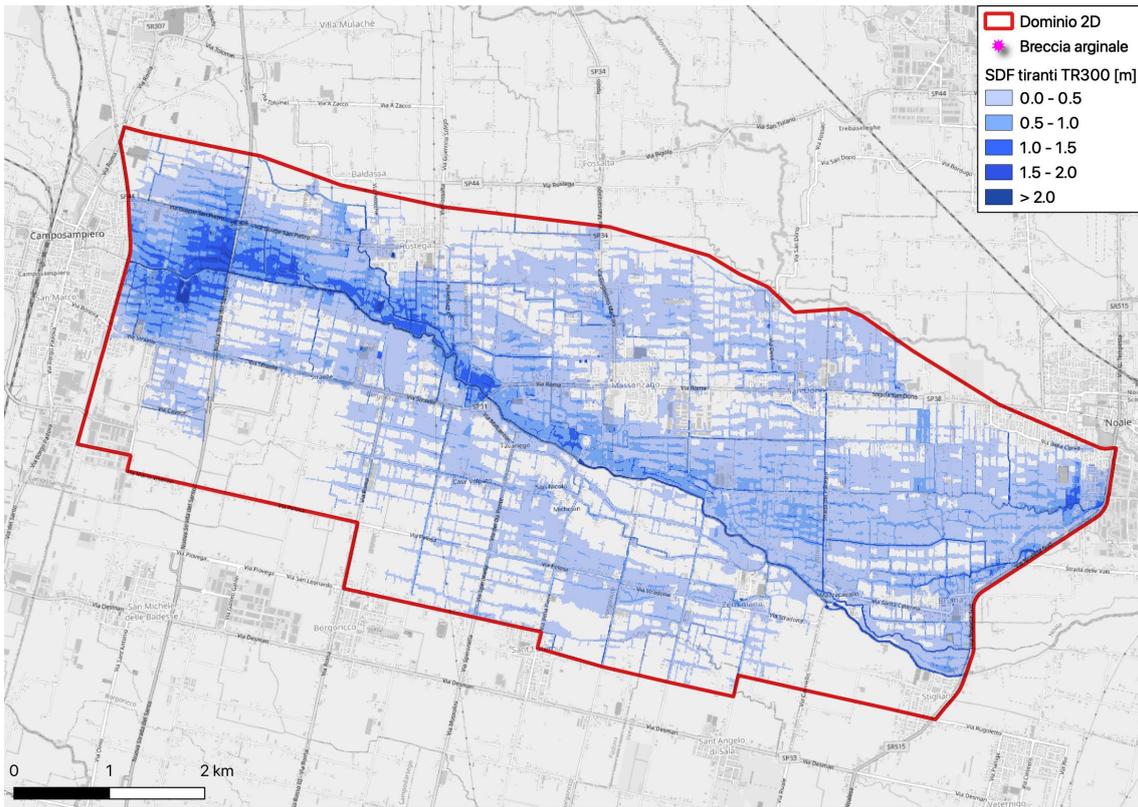


Figura 40 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR300 secondo la presente modellazione idraulica.

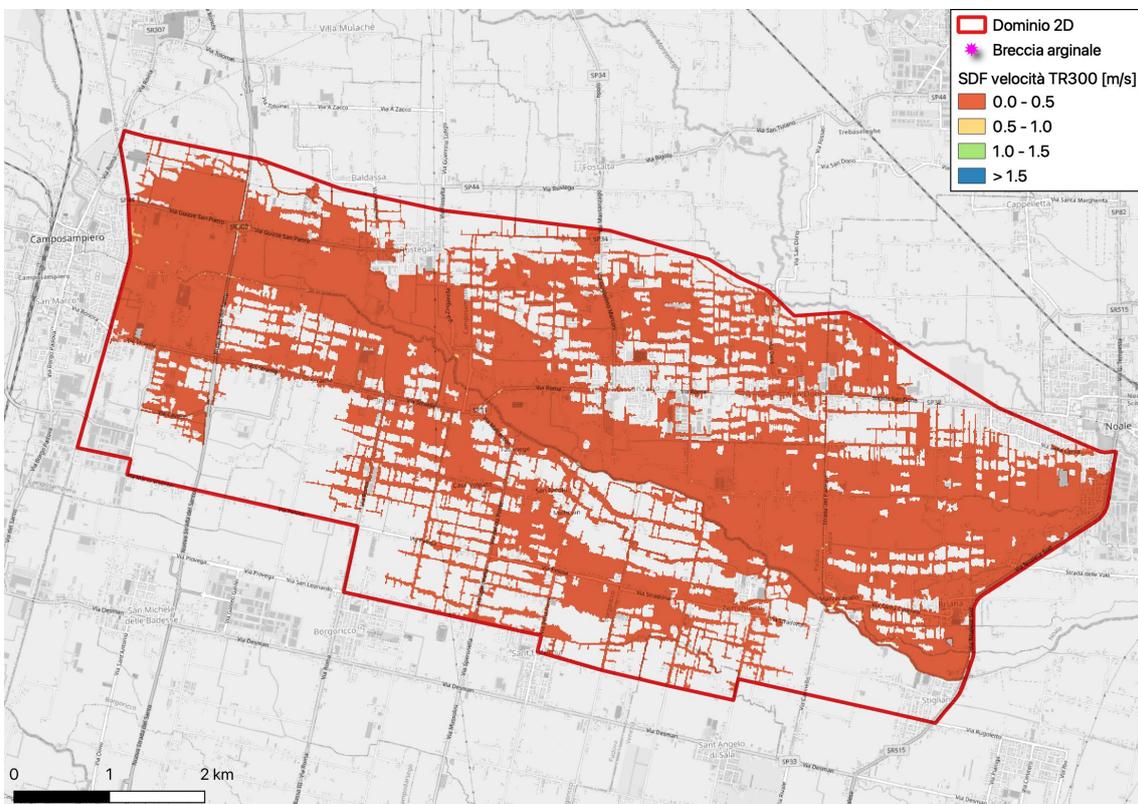


Figura 41 – Involuppo delle massime velocità per TR300 secondo la presente modellazione idraulica.

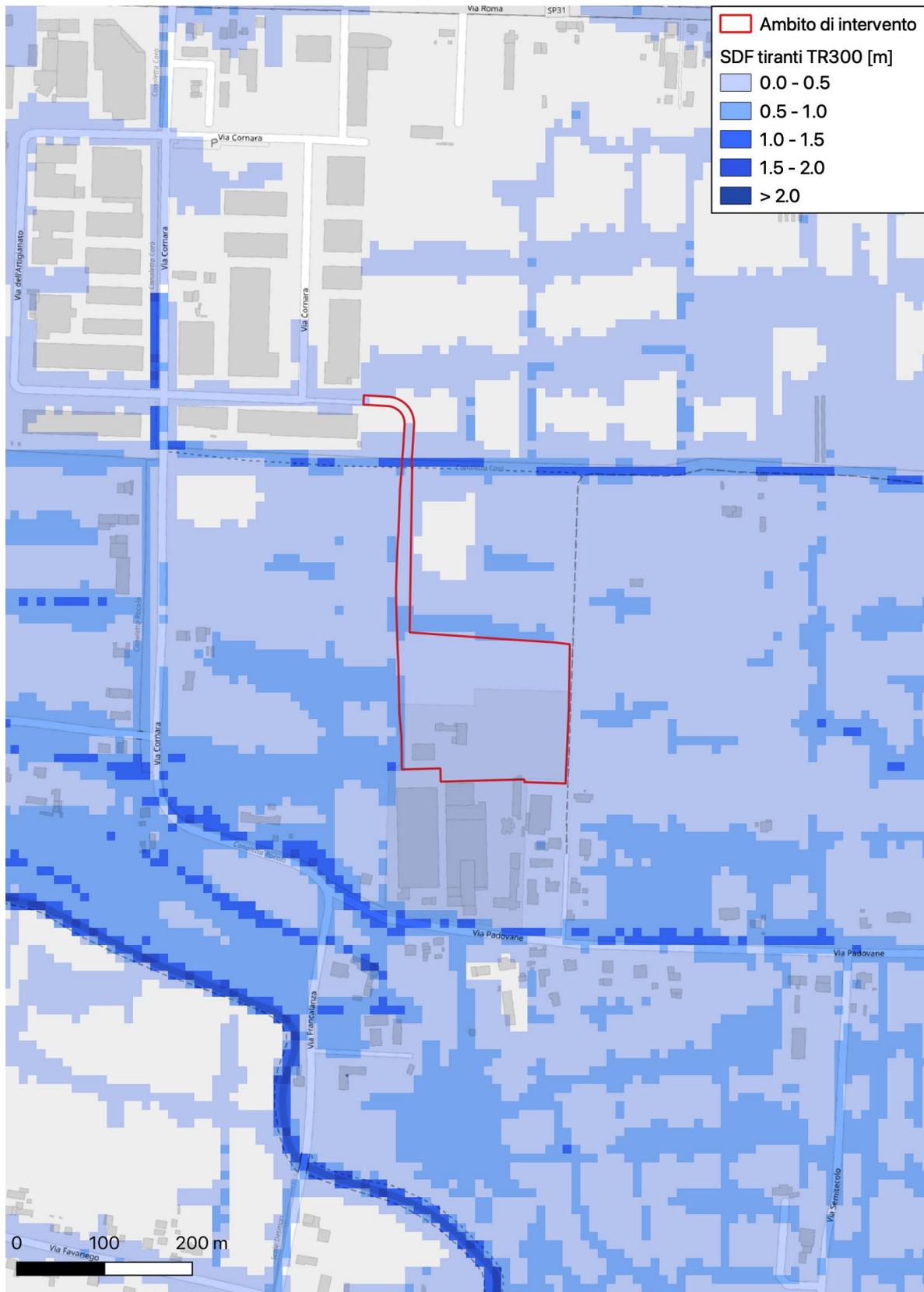


Figura 42 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR300 secondo la presente modellazione idraulica in corrispondenza dell'area di intervento.

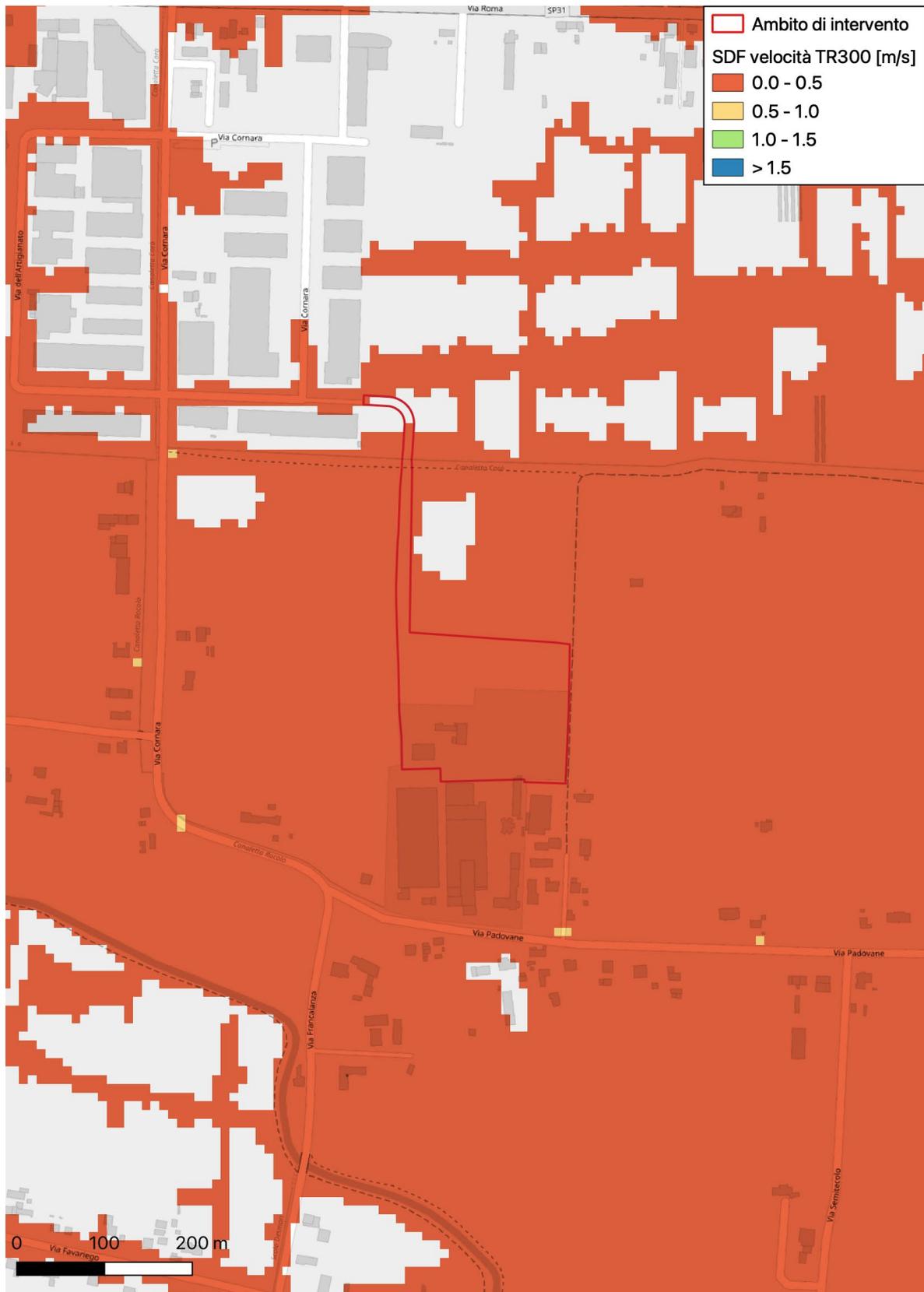


Figura 43 – Involuppo delle massime velocità per TR300 secondo la presente modellazione idraulica in corrispondenza dell'area di intervento.

5.4.2 Stato di Progetto (SDP)

Per garantire la compatibilità idraulica dell'intervento nella progettazione definitiva dell'intervento di cui al presente elaborato progettuale si è impostata una quota del terreno superiore alla quota massima raggiunta dall'allagamento nella modellazione idrodinamica dello stato di fatto per TR100 in corrispondenza dell'area di intervento.

Tutti i riferimenti altimetrici di progetto sono stati rapportati al più vicino caposaldo di livellazione regionale n. 4693 situato lungo via Padovane di fronte all'attuale ingresso dello stabilimento industriale Moretto Spa presso il ponticello di accesso al civico Casa Pellizzon Benedetto (coordinate Gauss-Boaga Roma 40 fuso Ovest N 5047952 E 735620). Il caposaldo orizzontale si trova ad una quota di **16.5631 m s.m.m.**

CASA PELLIZZON BENEDETTO		CSL 181 S.T.P.		Pag.
C.T.R. SALIZADA		Elemento C.T.R. 127054		TERNO
Comune di MASSANZAGO		Tavoletta IGM 25.000 F. 51 IV S.O.		
Planimetria		Fotografia		
V. Gorizia		[Fotografia di un edificio con un ponticello]		
Riferimenti		Elementi geodetici e topografici		Definizione anno
Borchia sul ponticello d'accesso alla casa Pellizon Benedetto.		Quota		1979
CSV in corrispondenza CSO.		16.5631		
C.S.O.		18.1522		
C.S.V.				
Annotazioni		Tipo di quota		
CSL di nuova determinazione per C.T.R.		Geometrica		
Categoria		Coordinate Gauss - Boaga		
Sigla		Fuso N =		
Segno convenz.		Fuso Ovest E =		
IGM 1°, II°, III°		N = 5.048.406		
IGM IV°		Fuso Est E = 2.287.687		
Catasto				
Altri enti				
CRT nuova determinazione				

Figura 44 - Scheda caposaldo di livellazione regionale n. 4693.

È stata inoltre condotta una verifica tra la quota assoluta indicata dal Lidar utilizzato per la modellazione idraulica e la quota indicata dal caposaldo di livellazione regionale, a fine di verificare che le quote assolute di progetto del nuovo edificio siano altimetricamente allineate con il modello digitale del terreno utilizzato. Tale verifica ha dato responso positivo. Il Lidar utilizzato infatti restituisce la quota di 16.558 m circa in corrispondenza del punto indicato dalle coordinate del caposaldo di riferimento considerato. Si può confermare che vi è coerenza tra le quote di progetto e quelle del Lidar utilizzato per la modellazione.

La quota massima raggiunta dall'allagamento nella modellazione idrodinamica dello stato di fatto per TR100 in corrispondenza dell'area di intervento è risultata pari a 17.23 m s.m.m.. Pertanto, la quota di progetto dell'intervento edificatorio è stata imposta, con un margine di ulteriore sicurezza pari a circa 7 cm, a quota 17.30 m s.m.m.

L'attuale piano campagna nell'area di intervento mostra una quota media pari a 16.76 m s.m.m, variabile entro un valore minimo di 16.60 m s.m.m. e un valore massimo di 17.20 m s.m.m.. Si prevede quindi che il terreno di base venga in parte innalzato e comunque regolarizzato ad una nuova quota di base a 17.30 m s.m.m..

Si veda il prospetto di seguito illustrato e rappresentativo dello stato di progetto, preso dalle tavole di progettazione architettonica da cui si evidenzia la quota di imposta di progetto del nuovo capannone industriale oggetto della presente Verifica. Tale quota

altimetrica garantisce la sicurezza idraulica a fronte di un evento alluvionale con tempo di ritorno di 100 anni sulla base della simulazione modellistica condotta.

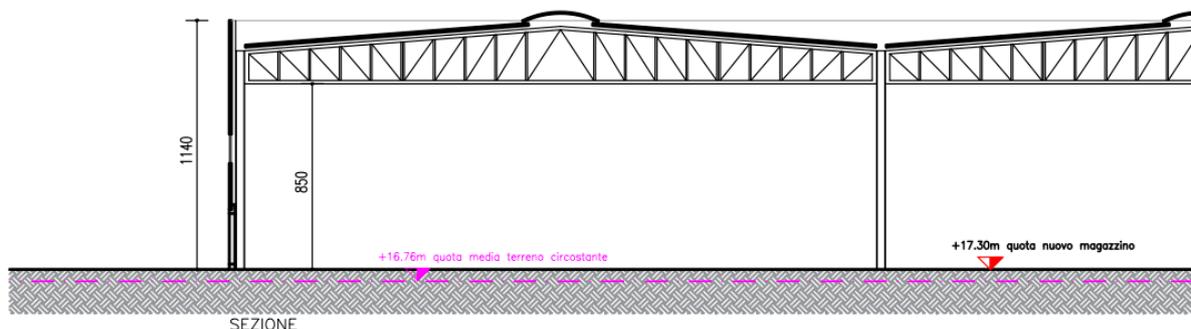


Figura 45 – Prospetto del nuovo capannone industriale Moretto.

La quota di progetto indicata a 17.30 m s.m.m. deve intendersi come quota di sicurezza idraulica a fronte di un tirante di massimo allagamento, nello scenario simulato con tempo di ritorno di 100 anni, pari a 17.23 m s.m.m..

Si è quindi elaborata una nuova mappa digitale del terreno corrispondente allo stato di progetto, nella quale l'area di intervento è stata portata alla quota di progetto di tutela idraulica di 17.30 m s.m.m..

Le simulazioni dello stato di progetto sono quindi state prodotte analogamente a quanto descritto per lo stato di fatto, con l'unica variazione da ricondurre appunto al rialzo altimetrico dell'area di intervento. Tutte le scelte modellistiche di geometria e condizioni al contorno sono state invece mantenute inalterate.

Rispetto allo stato di fatto, sono stati aggiunti degli elementi di collegamento che, contestualmente alla realizzazione di una affossatura di guardia lungo il confine Est e Ovest dell'ambito di intervento, consentiranno di intercettare un eventuale fronte di allagamento proveniente dalla rotta del Muson dei Sassi (da Ovest) e veicolare tale flusso verso Est, garantendo quindi la continuità idraulica lungo le depressioni del terreno presenti nello stato di fatto che saranno intercettate e interrotte dal rialzo del terreno nell'area di intervento.

Si tratta in particolare di due elementi scatolari affiancati con sezione rettangolare di larghezza 2.0 m e altezza 1.5 m da posare con quota di scorrimento a 15.50 m s.m.m. e un elemento a sezione circolare di diametro 600 mm da prevedere a quota 16.00 m s.m.m.. La localizzazione di tali elementi in planimetria e le sezioni di dettaglio sono riportate nella tavola grafica allegata alla presente relazione di Verifica di Compatibilità Idraulica.

In aggiunta, in corrispondenza dell'intersezione tra l'ambito di intervento e la Canaletta Corò in gestione al Consorzio di bonifica Acque Risorgive, si segnala l'esistenza di un tombinamento già in opera, che verrà mantenuto tal quale e che quindi esula dall'intervento edilizio oggetto della presente Verifica di Compatibilità Idraulica.

La figura che segue illustra il posizionamento dei nuovi manufatti di attraversamento da prevedere nello stato di progetto.

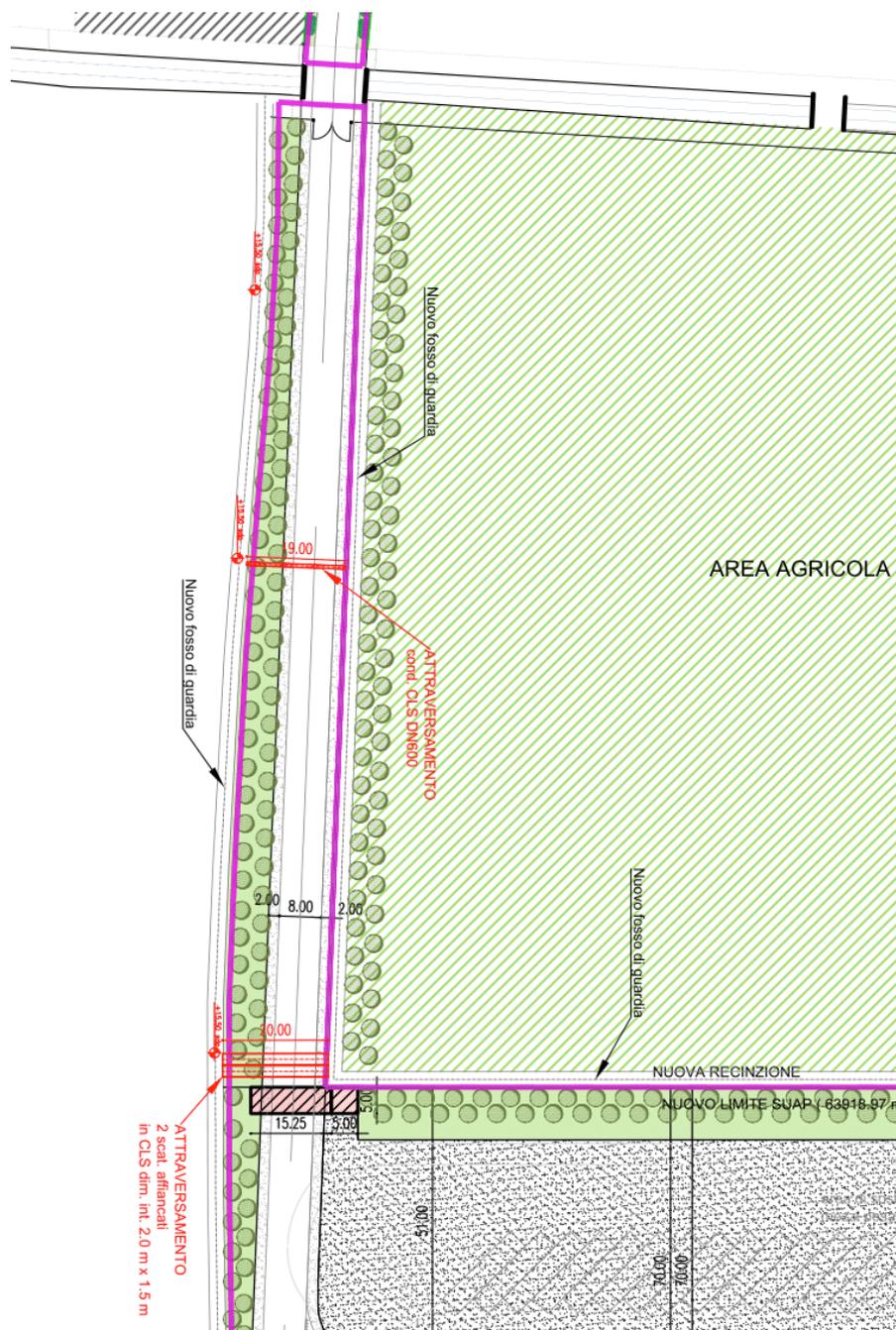


Figura 46 –Particolare della planimetria di progetto con indicazione della posizione dei nuovi manufatti di attraversamento.

Si sono quindi ottenuti i risultati per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sulla base della nuova configurazione di progetto.

Si riportano di seguito gli involuipi dei massimi tiranti e delle massime velocità ottenuti per lo stato di progetto.

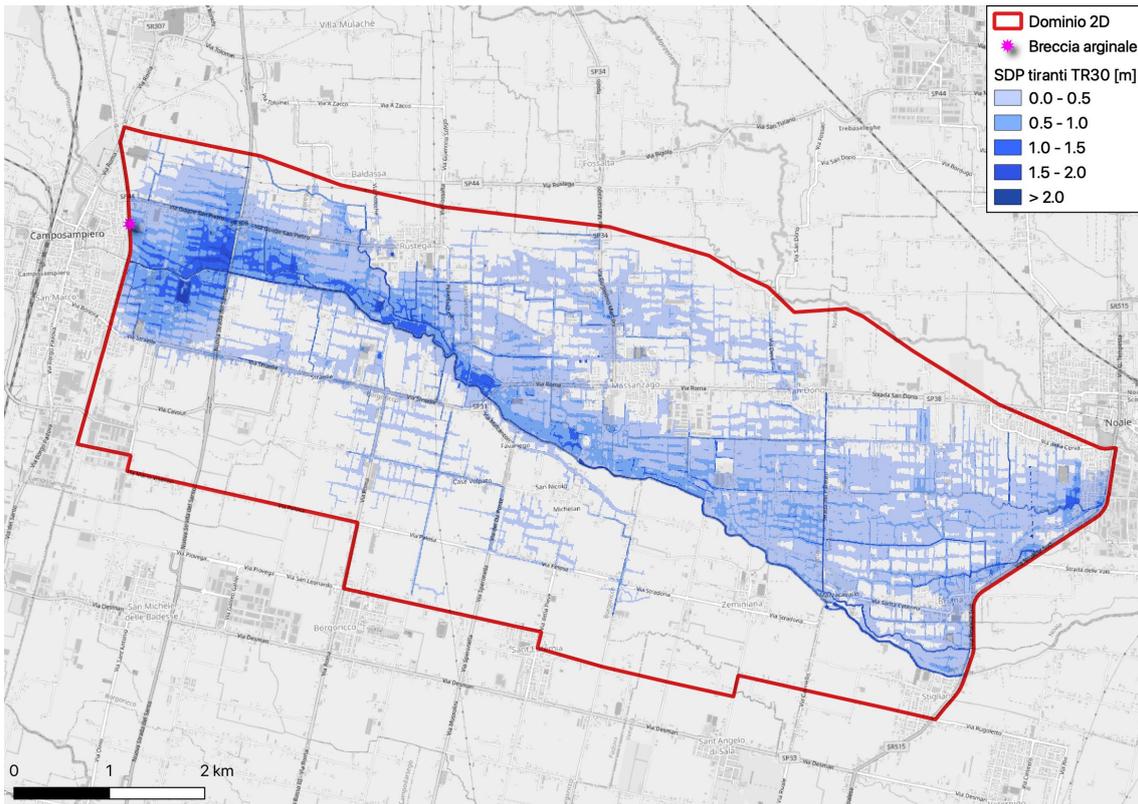


Figura 47 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR30 nello stato di progetto.

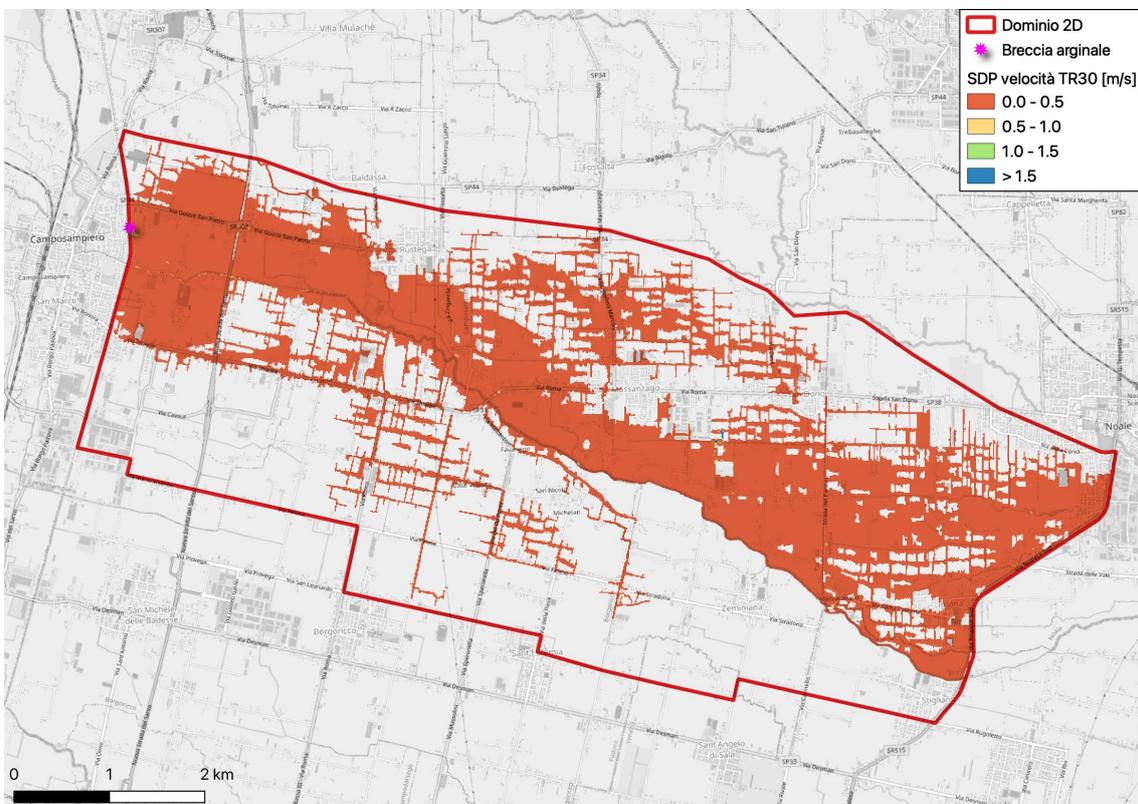


Figura 48 – Involuppo delle massime velocità per TR30 nello stato di progetto.

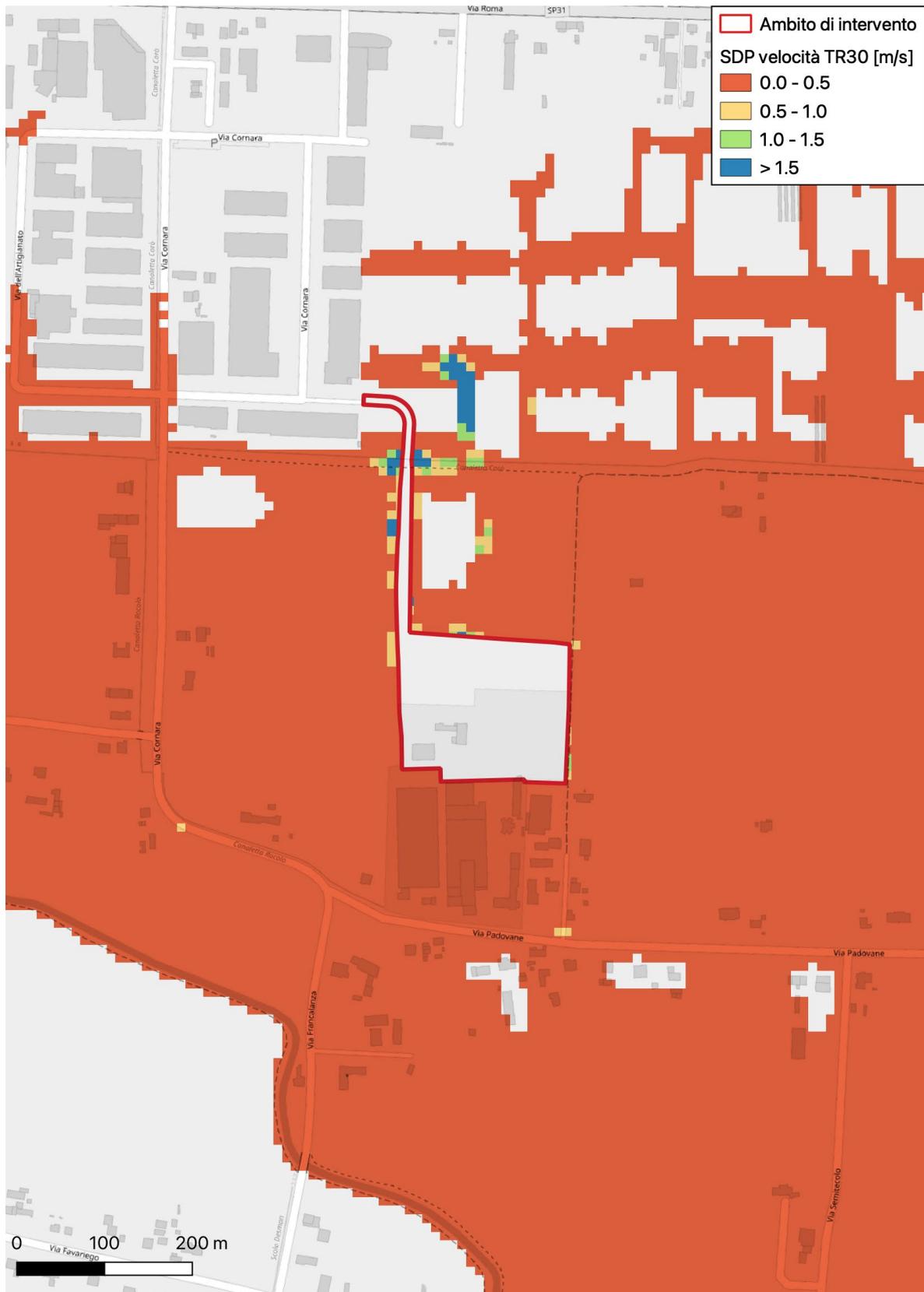


Figura 50 – Involuppo delle massime velocità per TR30 nello stato di progetto in corrispondenza dell'area di intervento.

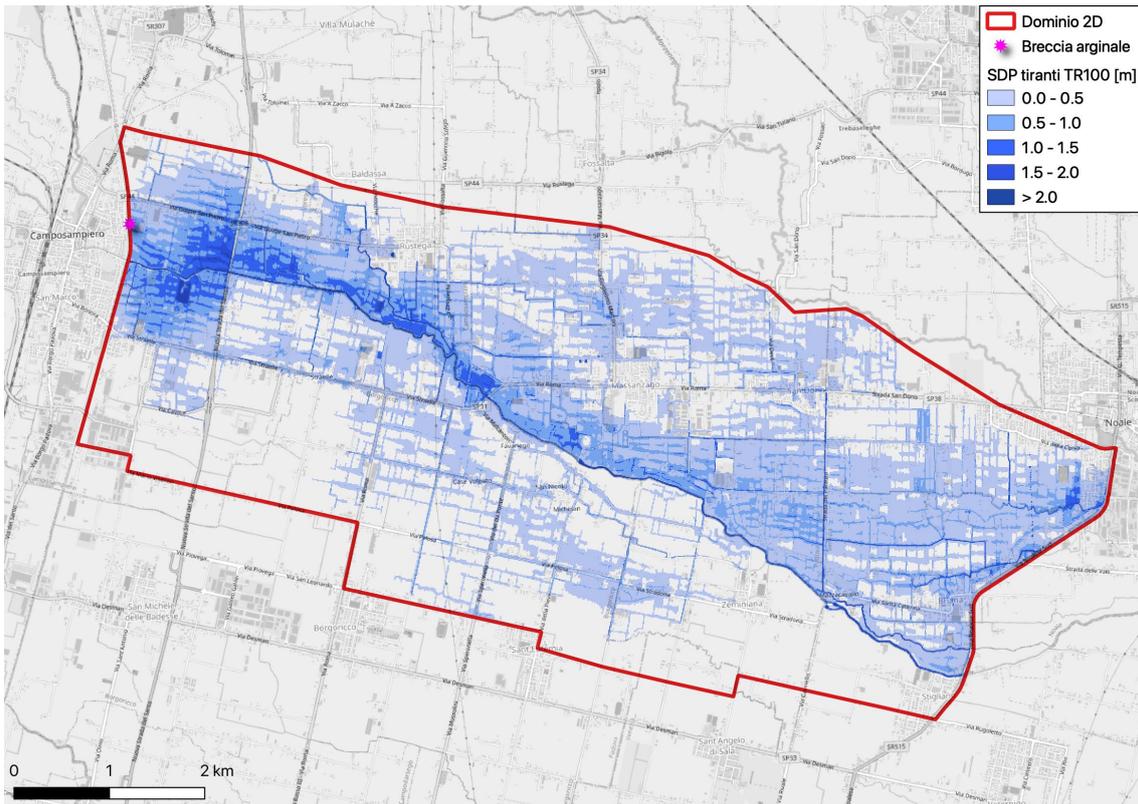


Figura 51 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 nello stato di progetto.

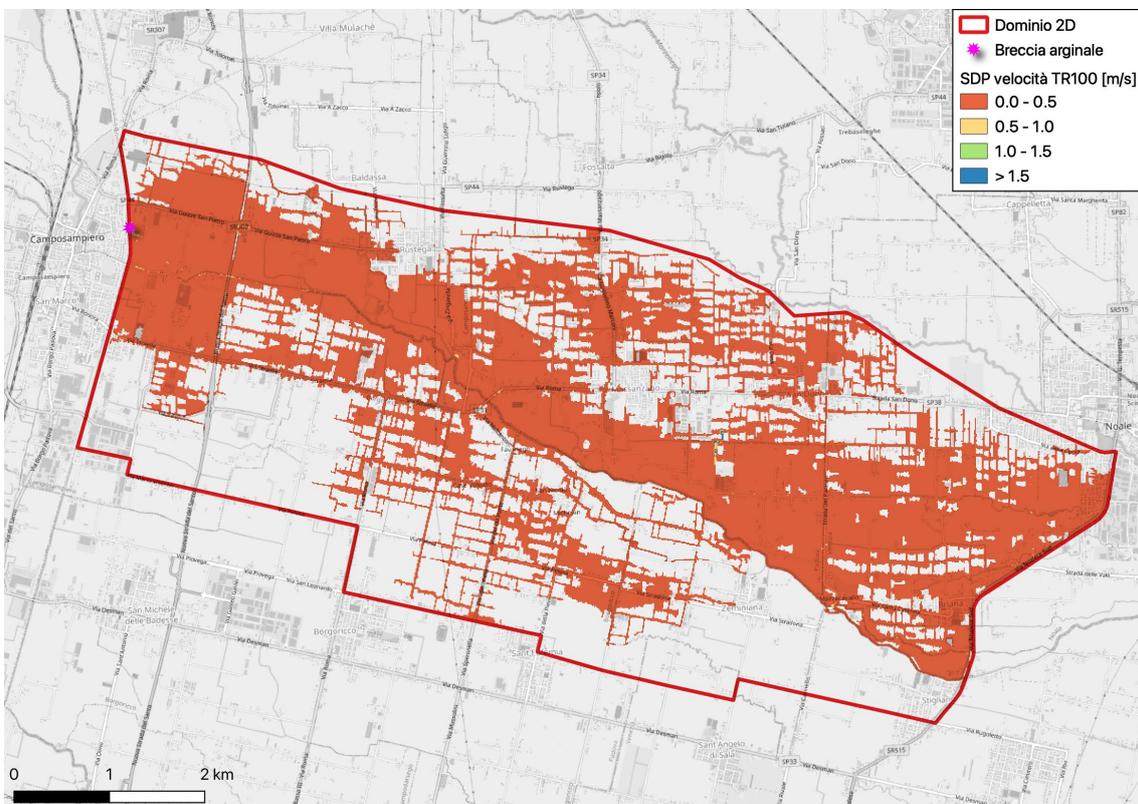


Figura 52 – Involuppo delle massime velocità per TR100 nello stato di progetto.

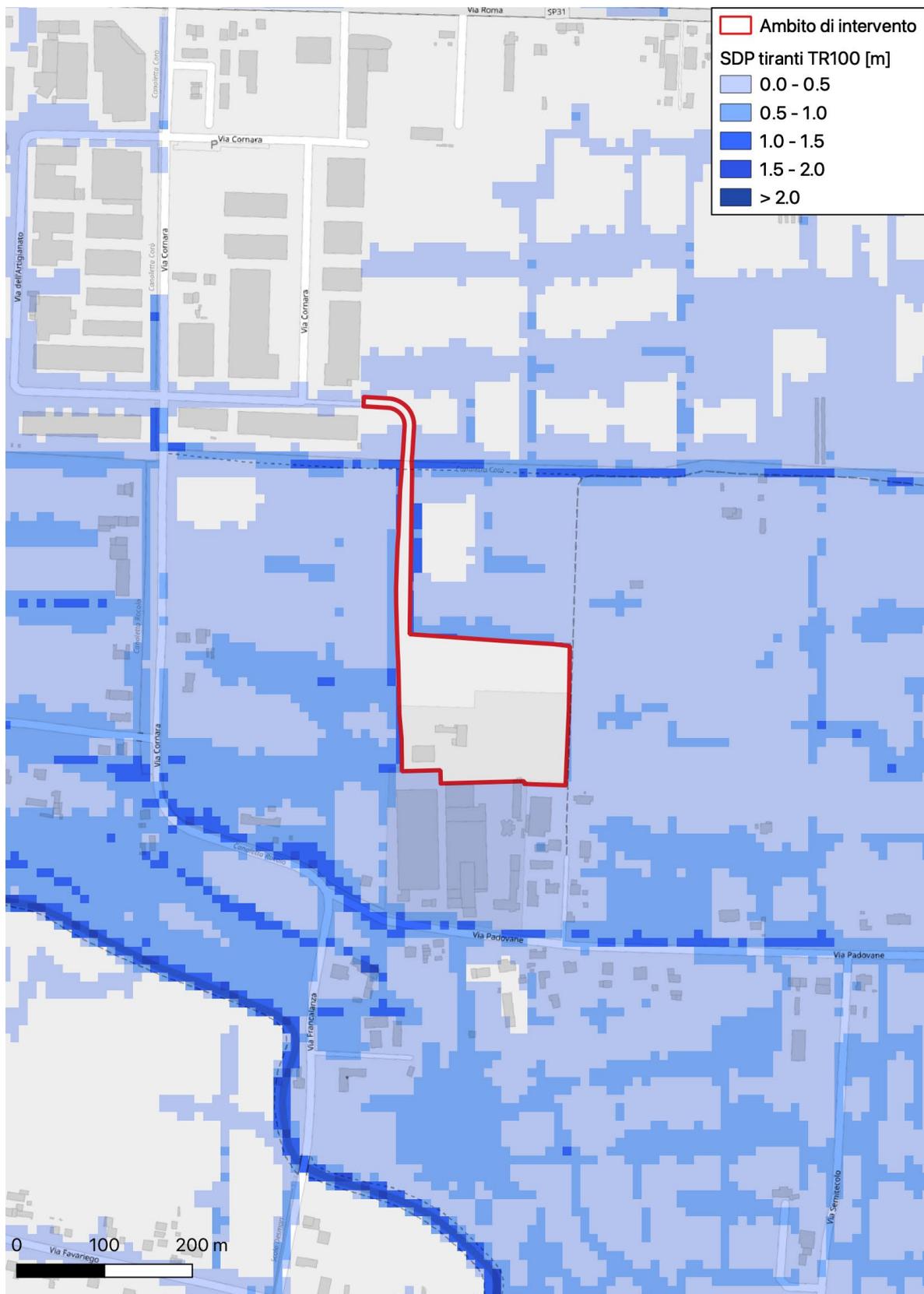


Figura 53 - Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR100 nello stato di progetto in corrispondenza dell'area di intervento.

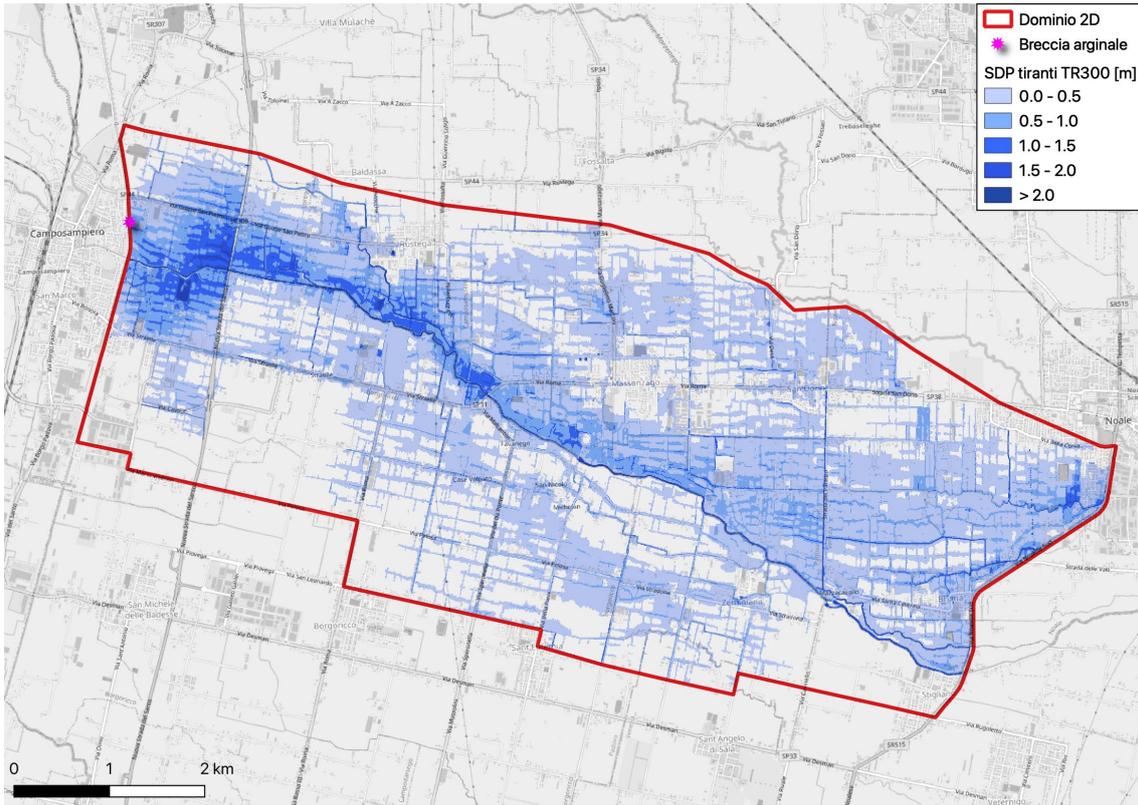


Figura 55 – Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR300 nello stato di progetto.

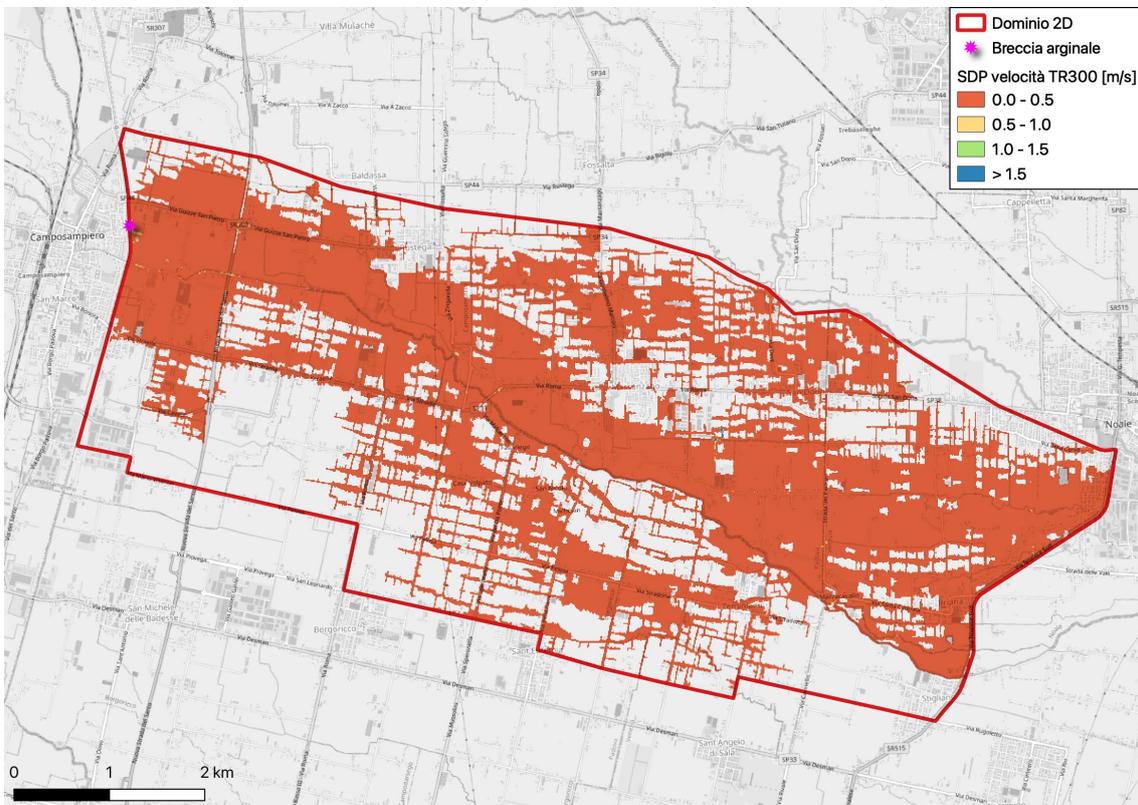


Figura 56 – Involuppo delle massime velocità per TR300 nello stato di progetto.

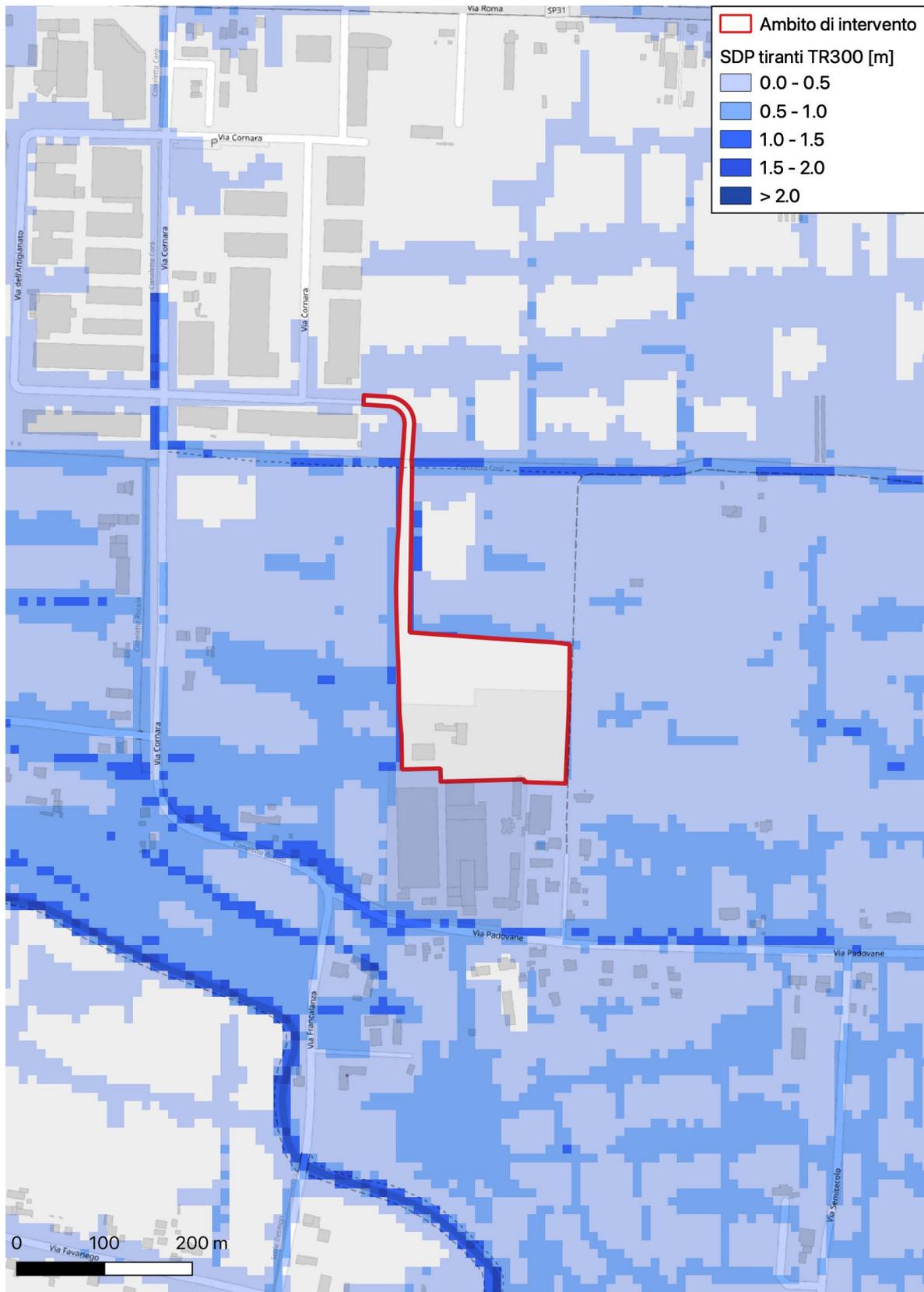


Figura 57 - Involuppo dei tiranti massimi di allagamento per TR300 nello stato di progetto in corrispondenza dell'area di intervento.

5.4.3 Verifica di Compatibilità Idraulica

La Verifica di Compatibilità Idraulica ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del PGRA 2021 (All. A punti 2.1 e 2.2) richiede che sia "verificato che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza e non generi incremento di pericolosità dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa per un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni".

Di seguito sono illustrate due sezioni esemplificative dell'area di intervento da cui si può osservare come il rialzo previsto dell'area di intervento consente alla stessa di essere in condizioni di sicurezza di fronte a un evento alluvionale con tempo di ritorno di 100 anni, come chiesto dalle NTA. Infatti, utilizzando la mappatura della Water Surface (tirante raggiunto in quota assoluta) nello scenario di progetto, l'area di intervento risulta non interessata da fenomeni di allagamento. Tale condizione si mantiene anche per lo scenario TR300.

Le sezioni predisposte consentono inoltre di cogliere la mancata generazione di un sovrizzo del pelo libero raggiunto dall'allagamento nello scenario di progetto che possa generare un rischio incrementato per le aree circostanti l'area di intervento.

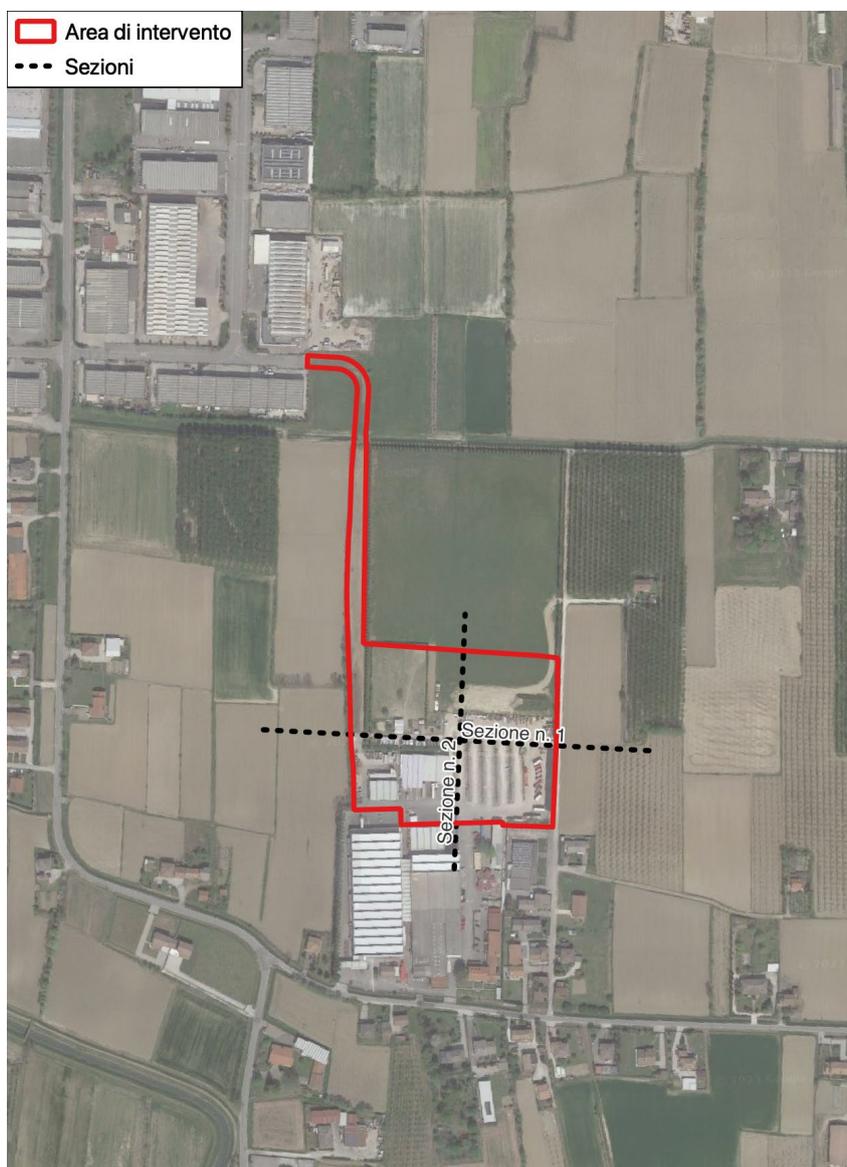


Figura 59 – Posizionamento sezioni di confronto tra stato di fatto e stato di progetto.

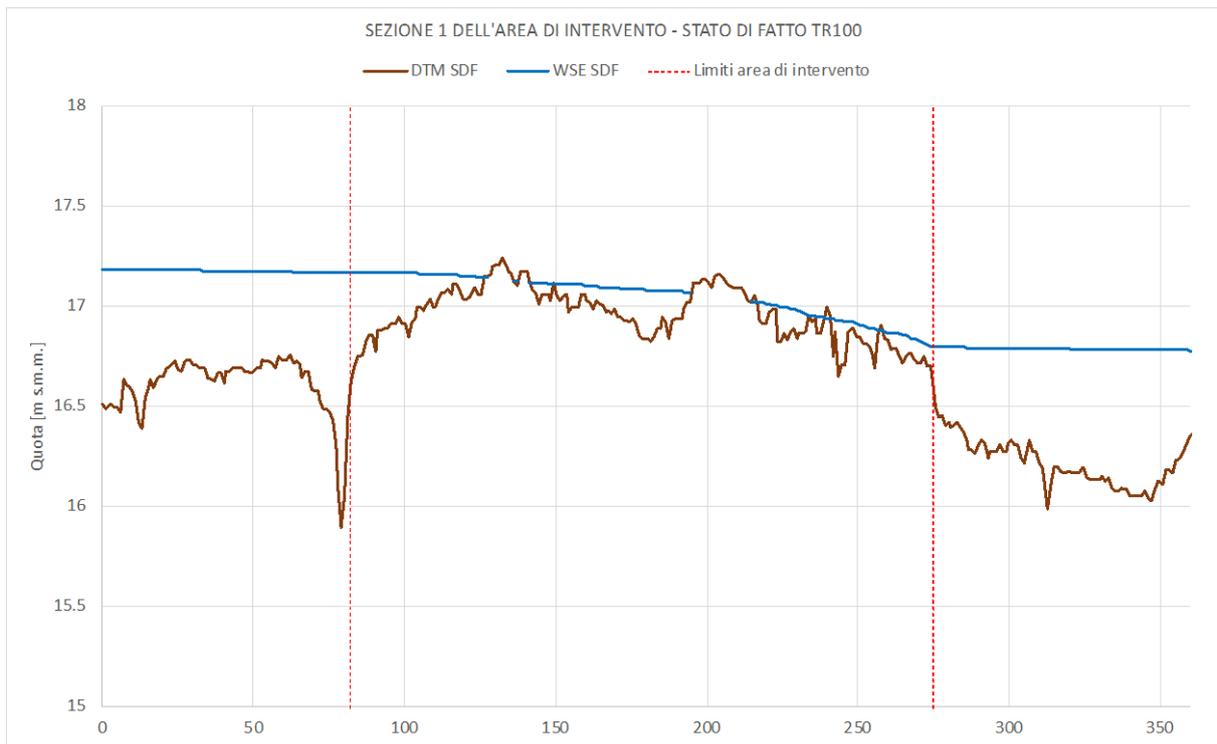


Figura 60 – Sezione 1 dell'area di intervento nello stato di fatto con allagamento con tempo di ritorno 100 anni.

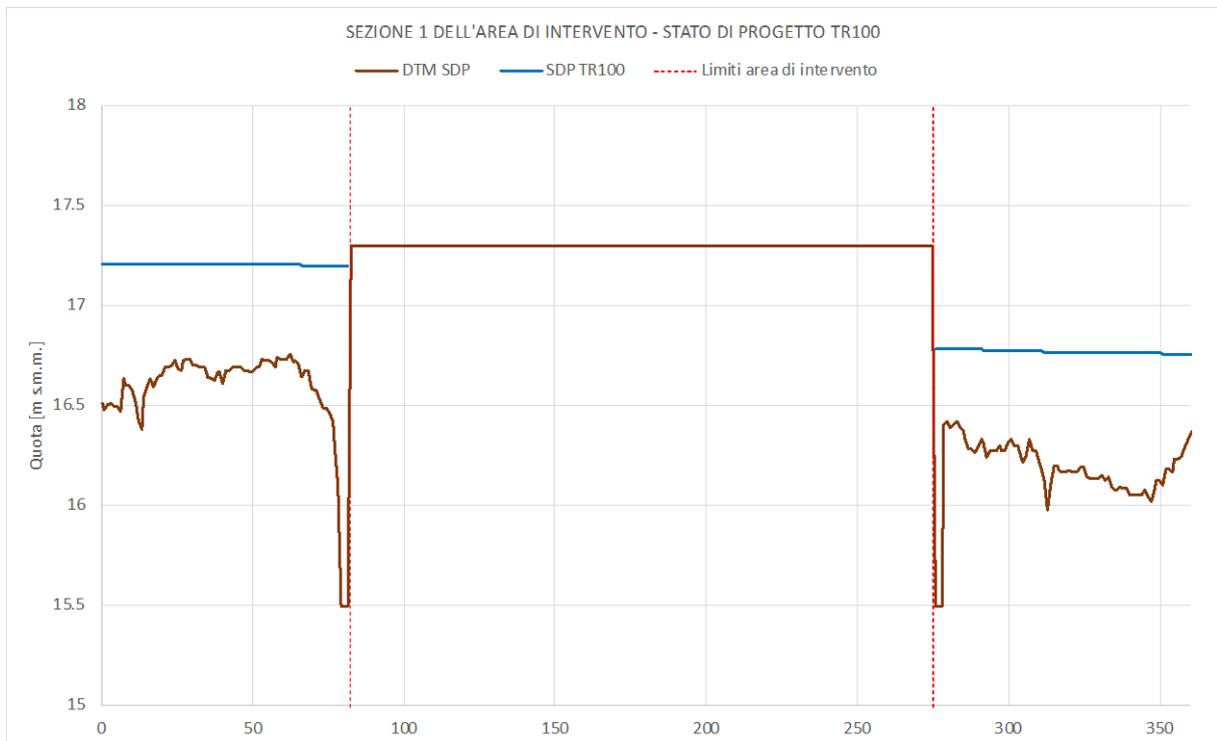


Figura 61 – Sezione 1 dell'area di intervento nello stato di progetto con allagamento con tempo di ritorno 100 anni.

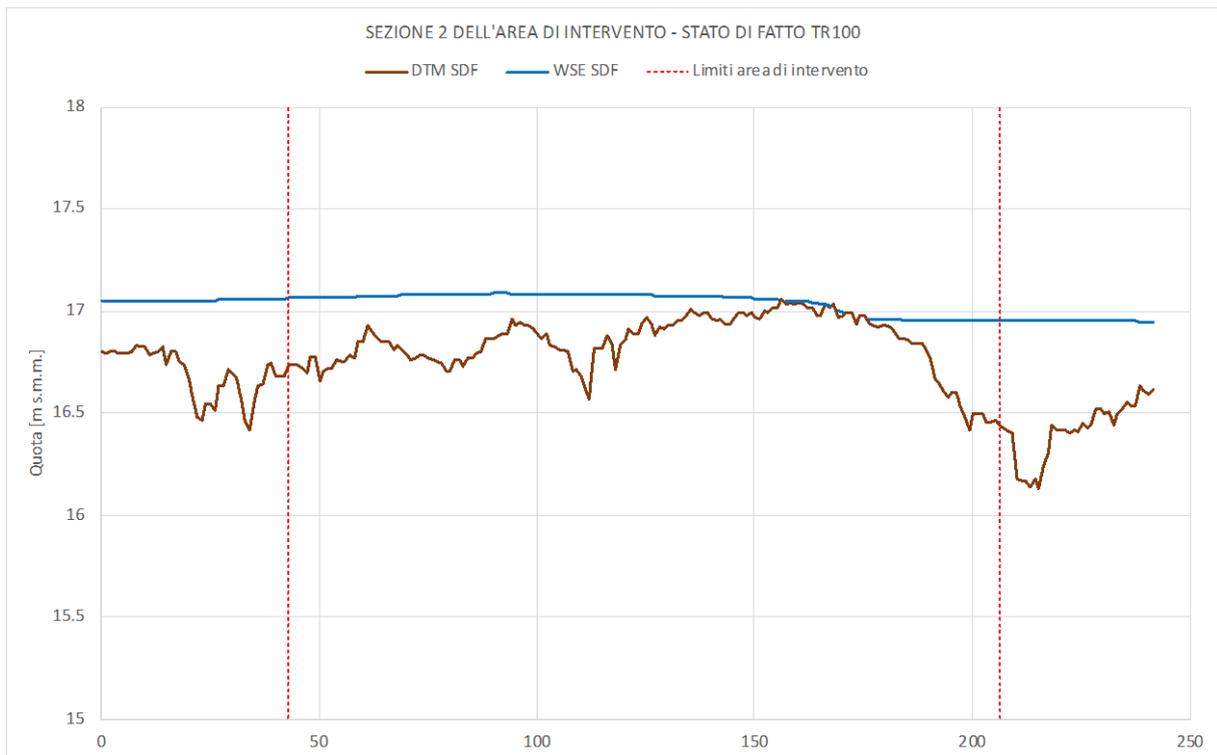


Figura 62 – Sezione 2 dell’area di intervento nello stato di fatto con allagamento con tempo di ritorno 100 anni.

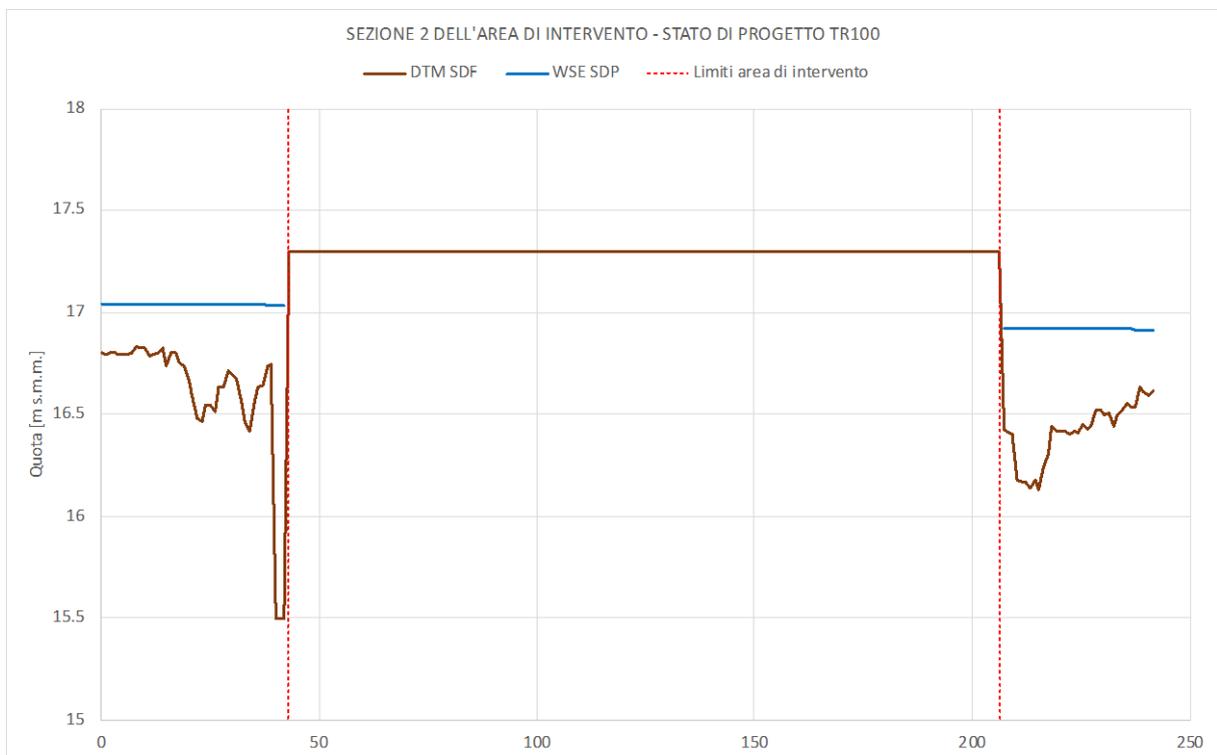


Figura 63 – Sezione 2 dell’area di intervento nello stato di progetto con allagamento con tempo di ritorno 100 anni.

La figura che segue illustra i risultati ottenuti operando una sottrazione tra i tiranti di allagamento a parità di tempo di ritorno TR100 tra lo stato di progetto e lo stato di fatto in un intorno dell'area di intervento di estensione pari a 2 km a monte e a valle.

La figura dimostra come non vi sia alcuna variazione di pericolosità idraulica nelle aree circostanti l'area di intervento. La mappa infatti mostra come in tutto il dominio bidimensionale le variazioni tra stato di progetto e di fatto per TR100 sono ricomprese entro l'intervallo di ± 5 cm (valore di tolleranza che copre eventuali errori numerici, come indicato dall'Autorità di Distretto negli incontri tecnici illustrativi delle Norme Tecniche di Attuazione).

Le uniche variazioni sono riscontrabili all'interno dell'area di intervento, e risultano giustificate dal fatto che l'area di intervento, soggetta ad allagamento nel PGRA e nelle simulazioni idrodinamiche effettuate nell'ambito della presente Verifica, risulta invece non coinvolta da effetti di esondazione nello stato di progetto per eventi caratterizzati da tempo di ritorno di 30, 100 e anche 300 anni, e risulta quindi compatibile con gli scenari di rischio correlati ai medesimi tempi di ritorno rappresentati dalle simulazioni di esondazione condotte nell'ambito della presente Verifica di Compatibilità Idraulica, che riconferma in maniera estremamente fedele i contenuti delle mappature di esondazione rappresentate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni pubblicato dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali.

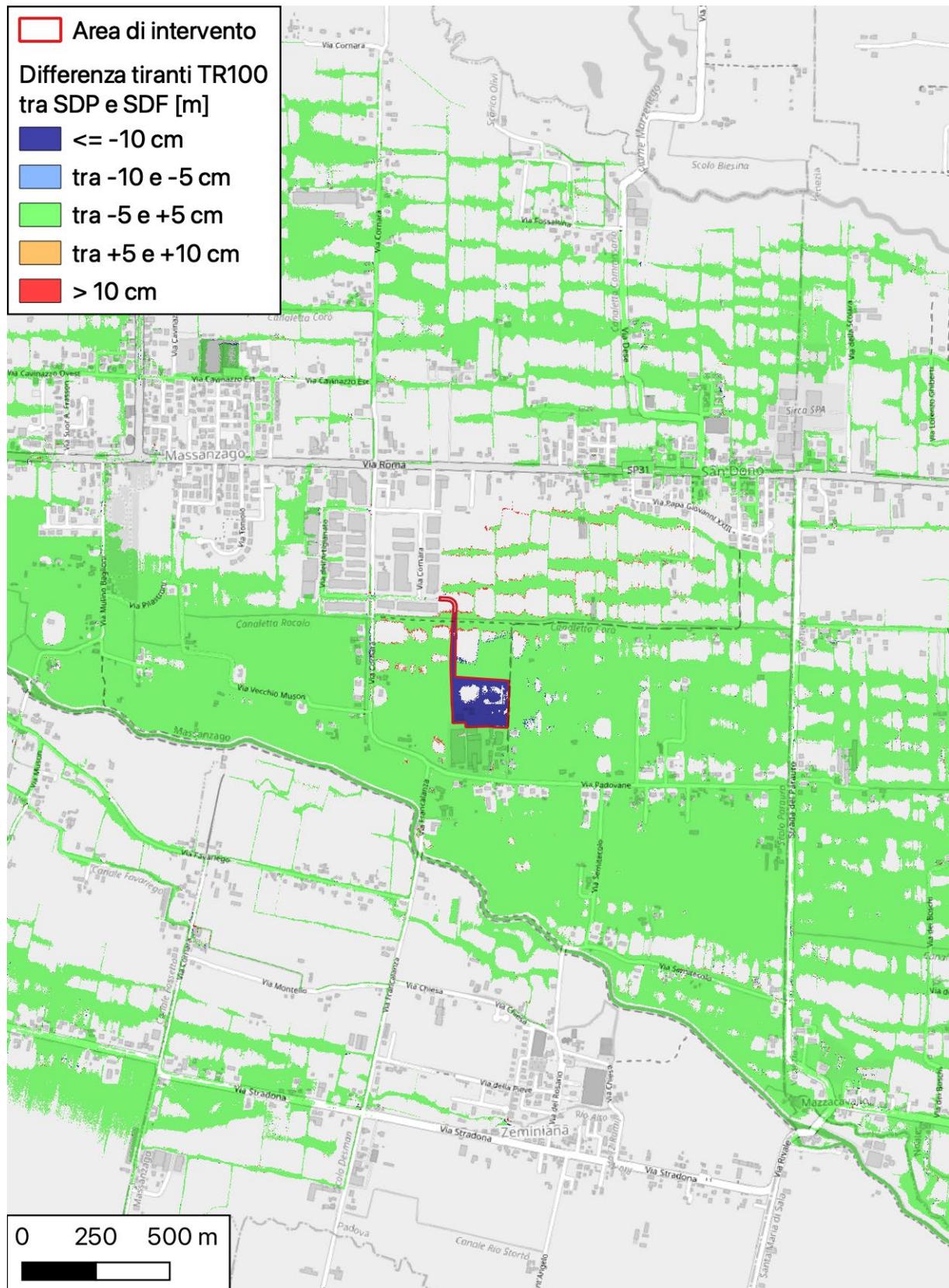


Figura 64 – Differenze tra le quote assolute di allagamento per TR100 tra lo stato di progetto e lo stato di fatto nell'area di intervento.

6 CONCLUSIONI

La presente relazione ha come obiettivo la Verifica di Compatibilità Idraulica (VCI) dell'intervento di ampliamento dello stabilimento industriale Moretto Spa in via Padovane 5/a in Comune di Massanzago (Pd).

L'area di intervento si trova in una zona individuata a pericolosità idraulica P1 ai sensi del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) predisposto dall'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali.

Ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione del PGRA 2021, configurandosi l'intervento in variante allo strumento urbanistico vigente e approvato prima dell'adozione del Piano stesso e non trattandosi di un intervento di ristrutturazione edilizia o di ampliamento di edifici esistenti con incremento di superficie e volume inferiore al 15%, ai sensi degli articoli 14 c. 1 e 13 c. 5 delle NTA del PGRA 2021 deve essere effettuata la Verifica di Compatibilità Idraulica (All. A punti 2.1 e 2.2 alle NTA).

Le informazioni relative alla caratterizzazione idrologica dell'evento alluvionale e alla topografia del territorio da simulare per la presente applicazione sono state derivate esclusivamente da informazioni rese disponibili dall'Autorità di Distretto.

Nell'ambito del presente lavoro si è implementata una modellazione idrodinamica con il software Hec-Ras. Si è costruito un modello mono-bidimensionale a fondo fisso e a moto vario del fiume Muson dei Sassi per analizzare le situazioni di possibile sormonto arginale e le conseguenti possibili esondazioni con particolare riferimento all'area tra Camposampiero e Noale lungo il fiume Muson Vecchio.

L'allagamento mappato si genera a valle della formazione di una breccia arginale secondo le disposizioni suggerite dall'Autorità di Distretto nell'Allegato I del PGRA 2021. La breccia è prevista in sinistra idraulica al fiume Muson dei Sassi in corrispondenza di Camposampiero.

La modellazione impostata è stata oggetto di taratura con la finalità di riprodurre lo scenario di allagamento simulato con evento caratterizzato da TR100 anni prodotto dall'Autorità di Distretto in termini di estensione delle aree allagabili e di tiranti massimi raggiunti. Tale impostazione metodologica è stata peraltro suggerita dall'Autorità di Distretto in occasione degli incontri tecnici informativi e di approfondimento tenuti per l'illustrazione delle novità introdotte con il nuovo PGRA.

La modellistica riprodotta nell'ambito del presente lavoro ha fornito degli scenari di allagamento per un tempo di ritorno di 100 anni molto simili a quanto individuato dal PGRA per lo stesso tempo di ritorno.

A valle delle operazioni di taratura di cui sopra si sono quindi condotte delle simulazioni idrodinamiche relative allo stato di progetto utilizzando le medesime condizioni al contorno utilizzate nelle simulazioni dello stato di fatto, con l'innalzamento altimetrico dell'area di intervento ad una quota di sicurezza idraulica pari a 17.30 m s.m.m., con un margine di sicurezza di circa 7 cm rispetto alla quota di massimo allagamento riscontrata nella mappatura dello stato di fatto sviluppata per TR100, pari a 17.23 m s.m.m..

Sono inoltre state previste opere di mitigazione (rif. Allegato 2) consistenti in elementi di collegamento che, contestualmente alla realizzazione di una affossatura di guardia lungo il confine Est e Ovest dell'ambito di intervento, consentiranno di intercettare un eventuale fronte di allagamento proveniente dalla rotta del Muson dei Sassi (da Ovest) e veicolare tale flusso verso Est, garantendo quindi la continuità idraulica lungo le depressioni del terreno presenti nello stato di fatto limitando quindi l'effetto di rigurgito altrimenti prodotto dal rialzo del terreno nell'area di intervento ed in particolare della nuova viabilità di collegamento, che altrimenti avrebbe dato luogo a possibili incrementi della pericolosità idraulica delle zone immediatamente a monte (ovest) dell'area di intervento.

Le opere di mitigazione previste sono state dettagliate graficamente in planimetria e con sezioni apposite nella tavola allegata alla presente relazione idraulica (Allegato 2), cui si rimanda.

Si è infine dimostrato come non vi siano variazioni dei tiranti di massimo allagamento nelle aree limitrofe all'area di intervento a seguito dell'attuazione degli interventi progettuali qui proposti. Le raffigurazioni delle differenze tra i tiranti di allagamento a parità di tempo di ritorno TR100 tra lo stato di progetto e lo stato di fatto infatti hanno mostrato come le variazioni tra stato di progetto e di fatto per TR100 si mantengono entro una tolleranza di ± 5 cm (valore che copre eventuali errori numerici, come indicato dall'Autorità di Distretto negli incontri tecnici illustrativi delle Norme Tecniche di Attuazione).

Si sono invece osservate delle variazioni all'interno dell'area di intervento legate al fatto che l'area, allagata nello stato di fatto, risulta invece essere asciutta nello stato di progetto.

Pertanto **la realizzazione dell'intervento proposto, impostato alla quota di sicurezza di 17.30 m s.m.m., permette di ritenerlo COMPATIBILE con gli scenari di allagamento simulati** applicando le indicazioni dell'Allegato V e dell'Allegato A punto 2 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni emanato dall'Autorità di Distretto Alpi Orientali.

Non essendo rilevabile nello scenario di progetto all'interno dell'ambito di intervento alcun fenomeno di esondazione l'area potrà quindi essere declassificata a livello di pericolosità P0 (variandola quindi da area classificata a pericolosità P1 ad area NON CLASSIFICATA a pericolosità idraulica).

Anche il Rischio, intimamente correlato allo scenario di pericolosità intrinseco dell'ambito di intervento, potrà quindi essere declassificato a livello di rischio R0 (variandola quindi da area classificata a rischio R1 ad area NON CLASSIFICATA a rischio idraulico).