


REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE INFRASTRUTTURE E TERRITORIO
AUTOVIE VENETE
S.p.A. Autovie Venete
Sede Legale: Via Vittorio Locchi n. 19, 34143 Trieste
*Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di
Società Autostrade Alto Adriatico S.p.A.*
**COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23
TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)**
AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO
SISTEMAZIONE IDRAULICA

Riscontro al p.to 1.5 della rich. integr. M.A.S.E. Prot. U0001089 del 29/01/2024
Analisi idrologico-idraulica del bacino di contribuenza della Lavia di Galleriano
Relazione idraulica

TEMATICA

M

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

04.02.1.0

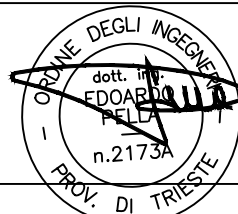
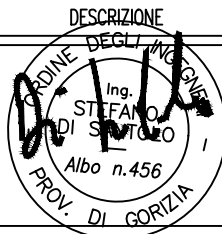
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3					
2					
1					
0	10.06.2024	Richiesta integrazioni M.A.S.E. Prot. U0001089 del 29.01.2024	CG-MB-MB	NA	EP

COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Edoardo PELLA

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



IL CAPO COMMESSA:

dott. ing. Edoardo PELLA

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Tematica: IDRAULICA

 Studio Tecnico Associato Aprilis
dott. ing. Nino APRILIS

 Collaboratori Università degli studi
di Padova

 - prof. ing. Carlo GREGORETTI
- ing. Matteo BARBINI, PhD
- ing. Martino BERNARD, PhD

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

IL RUP:

dott.ssa Magda ULIANA

 NOME FILE:
1207M0402100.pdf

 DATA PROGETTO:
30.08.2012

312TN

CODICE MASTRO

12

ANNO

07

N.PROGETTO

0

REVISIONE

Studio Tecnico associato Aprilis

Via Montereale 33, Pordenone

C.F. 01470800937 e P.IVA 01470800937

Analisi idrologico-idraulica del bacino di contribuenza della Lavia di Galleriano allo stato di fatto, finalizzata al confronto con le mappe di classificazione del territorio in funzione della pericolosità e del rischio individuate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali (P.G.R.A.).

*Elaborato: **Relazione idraulica***

*Data: **03/06/2024***

Consulenza tecnico-scientifica

Responsabile scientifico: Prof. Ing. Carlo Gregoretti, PhD

Collaboratori: Ing. Matteo Barbini; Martino Bernard, PhD;

Indice

Prefazione	3
1 L'area oggetto di studio	5
1.1 Inquadramento generale	5
1.2 Definizione dell'area di studio	6
2 Modellazione bidimensionale	10
2.1 Modello numerico Hec-RAS	10
2.1.1 Reticolo di calcolo	10
2.1.2 Simulazione della propagazione	10
2.1.3 Simulazione della precipitazione	11
3 Dati cartografici	12
4 Costruzione del reticolo di calcolo	12
4.1 Uso del suolo e CN	16
5 Risultati dello stato di fatto	20
5.1 Scenario TR 30	21
5.2 Scenario TR 100	25
5.3 Scenario TR 300	29
5.4 Conclusioni stato di fatto	33
6 Risultati dello stato di progetto	35
6.1 Scenario TR 100, Stato di progetto	39
7 Conclusioni	42

Prefazione

Studio Tecnico associato Aprilis ha affidato all'Università lo svolgimento dell'attività di "Articolo 6 del bacino delle Lavia di Galleriano con particolare riguardo alla zona interessata dal tracciato della tangenziale Sud di Udine" che si articola in:

- **FASE 1.**

Analisi idrologico-idraulica del bacino di contribuenza della Lavia di Galleriano allo stato di fatto, finalizzata al confronto con le mappe di classificazione del territorio in funzione della pericolosità e del rischio individuate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali (P.G.R.A.). Per lo svolgimento di questa prima fase si renderà necessario:

- a) svolgere una analisi del territorio al fine di delimitare i bacini scolanti afferenti alla Lavia in oggetto e di individuare il reticolo idrografico di calcolo e le sezioni di chiusura, determinandone i principali parametri (geometrici, coefficienti di afflusso, ...). A tal fine potranno essere utilizzati i DTM reperibili dalla piattaforma Eaglefvg della Regione Friuli Venezia Giulia, integrati con rilievi di dettaglio da eseguirsi, a cura dell'Affidatario, laddove i DTM non dovessero fornire adeguata precisione;
- b) produrre una relazione idrologica secondo le indicazioni di cui al Paragrafo 1.1 dell'Allegato I alle Norme Tecniche di Attuazione del P.G.R.A., finalizzata alla determinazione dello ietogramma di studio;
- c) svolgere una analisi idrologico-idraulica con modello mono-bidimensionale per la simulazione, a partire dagli ietogrammi di calcolo, della trasformazione afflussi-deflussi, della propagazione delle portate di piena e dell'evoluzione dei fenomeni di allagamento, con l'inclusione dei manufatti di attraversamento e delle opere presenti allo stato di fatto. Relativamente a quest'ultimo aspetto, la modellazione dovrà tenere in considerazione gli effetti derivanti dalla realizzazione del bacino di laminazione di Blessano. Per la modellazione idraulica si farà riferimento al Paragrafo 1.2 dell'Allegato I alle Norme Tecniche di Attuazione del P.G.R.A.;
- d) stendere una relazione idraulica in cui viene descritta nel dettaglio l'attività modellistica effettuata e vengono riportati i risultati ottenuti per gli scenari indagati, evidenziando nei vari punti del territorio, con particolare riguardo alle zone maggiormente interessate dall'interferenza con la tangenziale Sud di Udine in progetto, i tiranti d'acqua massimi e le velocità massime che si instaurano.

- **FASE 2.**

- **CASO A.**

Qualora le risultanze del modello idraulico relativo alla situazione alluvionale del territorio allo stato di fatto (prodotto con la FASE 1) dovessero evidenziare una classificazione della pericolosità idraulica differente da quella rappresentata nelle mappe vigenti del P.G.R.A. (con particolare riguardo alle aree interessate dalla realizzazione dell'intervento in progetto), si procederà con la proposta all'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali di una nuova mappatura della pericolosità secondo le modalità indicate nel Paragrafo 1.3 dell'Allegato I alle Norme Tecniche di Attuazione del P.G.R.A.. Con la documentazione predisposta dall'Affidatario, il Proponente dell'opera Tangenziale Sud di Udine, e cioè la Regione Friuli Venezia Giulia,

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

provvederà all'avvio della procedura di aggiornamento del Piano prevista dall'art. 6 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.G.R.A..

- CASO B.

Qualora le risultanze del modello idraulico relativo alla situazione alluvionale del territorio allo stato di fatto (prodotto con la FASE 1) dovessero confermare o implementare la pericolosità idraulica rappresentata nelle mappe vigenti del P.G.R.A. (con particolare riguardo alle aree interessate dalla realizzazione dell'intervento in progetto), dovrà essere condotta la Verifica di Compatibilità Idraulica (VCI), in accordo con le indicazioni contenute nel Paragrafo 2 dell'Allegato A alle Norme Tecniche di Attuazione del P.G.R.A., ai fini di verificare che l'intervento in progetto sia in condizioni di sicurezza e non comporti incremento di pericolosità idraulica per lo scenario con tempo di ritorno di 100 anni. Ai fini dell'esito positivo della VCI, potrebbe rendersi necessaria l'integrazione progettuale con la previsione di nuovi o più ampi bacini di invaso delle eventuali acque della Lavia di Galleriano in esubero, la cui determinazione resterà a carico dell'Appaltatore (localizzazione e caratteristiche dimensionali). Con la documentazione relativa alla VCI predisposta dall'Affidatario, il Proponente dell'opera Tangenziale Sud di Udine, e cioè la Regione Friuli Venezia Giulia, provvederà alla richiesta all'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali di emissione di parere.

1 L'area oggetto di studio

1.1 Inquadramento generale

L'area oggetto di studio si trova nell'Alta Pianura friulana, tra il fiume Tagliamento e il Torre, ed è costituita da una serie di depositi fluvioglaciali e fluviali risalenti alle glaciazioni del Quaternario. Negli ultimi 800.000 anni, la Terra ha attraversato cicli alternati di periodi caldi e freddi, ciascuno della durata di circa 100.000 anni. Durante i periodi freddi, le calotte glaciali si sono espanse ripetutamente nelle alte latitudini, così come i ghiacciai delle Alpi, incluso quello del Tagliamento, raggiungendo la pianura. Le glaciazioni erano caratterizzate dall'avanzata dei ghiacciai fino a una fase di massima espansione, seguita dal loro ritiro. I materiali trasportati a valle dal ghiacciaio wurmiano del Tagliamento, ripresi dai corsi d'acqua glaciali, furono risedimentati, formando estese conoidi che, saldandosi tra loro, crearono una sorta di piano inclinato leggermente ondulato in senso trasversale. Un anfiteatro morenico si forma quando un ghiacciaio vallivo si riversa nell'area pedemontana della pianura, dove la lingua glaciale può espandersi e depositare i detriti trasportati. Questo processo crea una serie di cordoni morenici disposti concentricamente e generalmente a semicerchio. L'anfiteatro morenico tilaventino, situato nella parte orientale della Pianura Padana è caratterizzato dalle quote medie più basse ed è sviluppato su tre cerchie.

Accanto alle morene, al margine di un ghiacciaio, si sviluppa una complessa serie di forme, influenzate dalla grande quantità di acque di fusione glaciale, che modellano il territorio attraverso processi sia erosivi sia deposizionali. Questi processi si sovrappongono o sostituiscono l'azione del ghiacciaio. Nel caso in esame, le acque piovane raccolte negli avvallamenti confluivano nei due principali bacini di raccolta, rappresentati dal Corno e dal Cormor. Inoltre, le acque provenienti dalle propaggini meridionali della prima cerchia si riversavano nella pianura sottostante, venendo assorbite dalla porosità delle ghiaie. Questi corsi d'acqua, noti come Lavie, insieme al Corno e al Cormor, hanno contribuito alla formazione del materasso ghiaioso dell'alta pianura centrale friulana. Le Lavie sono dunque fiumiciattoli effimeri, in cui l'acqua scorre violentemente dopo piogge intense e prolungate, per poi disperdersi. Questi solchi d'acqua perdono forza all'imbocco della pianura. Tuttavia, mantengono la loro portata mentre attraversano i suoli limosi altamente impermeabili, derivanti dalla parte più fine del deposito glaciale.

La Lavia oggetto di studio è denominata Lavia di Galleriano (Figura 1.1). Questa Lavia si origina a Sud-Est di Fagagna a 178 m s.l.m. Dalla sorgente scende affiancando la strada che da Fagagna porta all'attraversamento della S.R. n. 464 'di Spilimbergo', assumendo il nome di Rio Peraria. Successivamente all'attraversamento della S.R. 464, assume il nome di Rio Lanfora (o *Anfora*) e, proseguendo in direzione Sud-Est in località campestre detta *Plovie*, giunge al canale Ledra-Tagliamento, sottopassandolo tramite un manufatto a sezione rettangolare 4 x1 m². Superato il canale Ledra, assume il nome di Rio Marina dopo aver ricevuto le acque dello scolo Ruat o Ravata (anche Rio Chiarandis). Dopo circa due chilometri, al confine con il comune di Mereto di Tomba, si estingue in un vaso paludoso; in caso di forti piogge, le acque scorrono in fossi e strade campestri.

In prossimità di Plasencis, l'alveo si ripresenta e sottopassa via Udine grazie a un caratteristico ponte ad arco con luce sei metri. Poco prima di lambire la frazione di San Marco, prende quindi il nome di Lavia di Galleriano

Carlo Gregoret, Matteo Barbini, Martino Bernard

e si dirige verso Blessano, a monte del quale è presente un bacino di laminazione delle piene. Tramite bocca tassata, il corso d'acqua prosegue verso Blessano, sottopassa la S.P. 10 e la S.P. 52 in direzione Vissandone e termina a nord della strada Vissandone – Variano, laddove l'alveo è stato tombato. A sud-ovest di Basiliano, il tracciato della Lavia risulta evidente, sottopassando prima il terrapieno ferroviario della linea Udine-Venezia e, in seguito, la S.S. 13, raggiungendo un bacino di raccolta e di dispersione delle acque. Più a Sud, verso Galleriano, si perdono nuovamente le tracce ma il territorio è interessato dalle inondazioni.

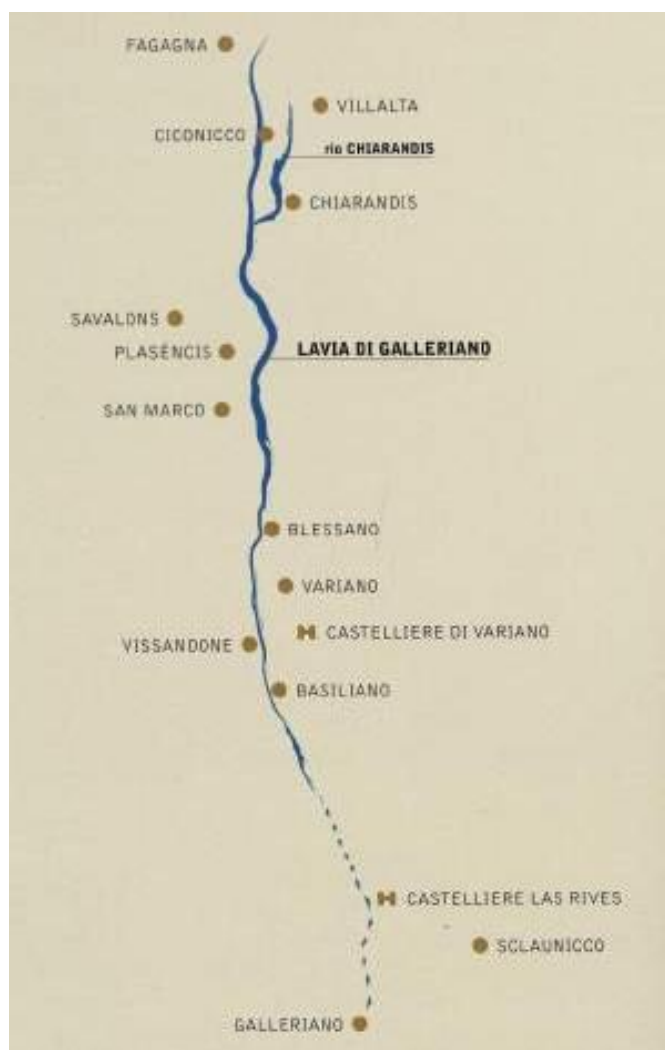


Figura 1.1 La Lavia di Galleriano (da Mossenta, 2004).

1.2 Definizione dell'area di studio

Lo scopo delle simulazioni idrauliche è quello studiare l'interazione tra il tracciato della Tangenziale in progetto e la pericolosità idraulica derivante dalla Lavia di Galleriano, perimetrata nel Piano di Assetto Idrogeologico del 2016 e poi recepita nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2015-21. Infine, stimare il volume liquido che può raggiungere l'area interessata dal progetto della Tangenziale tramite l'attraversamento ferroviario. A tale scopo, si è scelto di studiare un'area che copre una porzione di territorio

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

che parte a valle dei bacini indicati nella relazione idrologica e arriva a valle del tracciato stradale in progetto. Tale zona si trova a cavallo della linea ferroviaria Pordenone-Udine, principalmente nel comune di Basiliano, ma interessa anche piccole porzioni di altri comuni circostanti.

L'estensione da nord a sud del dominio di calcolo è di circa 9 km: essa inizia poco a monte del bacino di Blessano e termina a valle del tracciato della SP61. L'estensione da est a ovest è di circa 3.5 km. A Est l'area è confinata dal Canale irriguo di Martignacco mentre a ovest dal Canale di San Vito, la Figura 1.1 evidenzia il perimetro dell'area di studio, sovrapposta a Google Maps a sinistra e a un'ortofoto a destra. Inoltre, in rosso nel riquadro di sinistra è indicato il tracciato in fase di progettazione, e con la linea grossa a metà dell'area di studio è indicato il rilevato ferroviario. A nord dell'area di studio, sono presenti tre bacini idrografici schematizzati con il modello Hec-HMS a parametri concentrati.

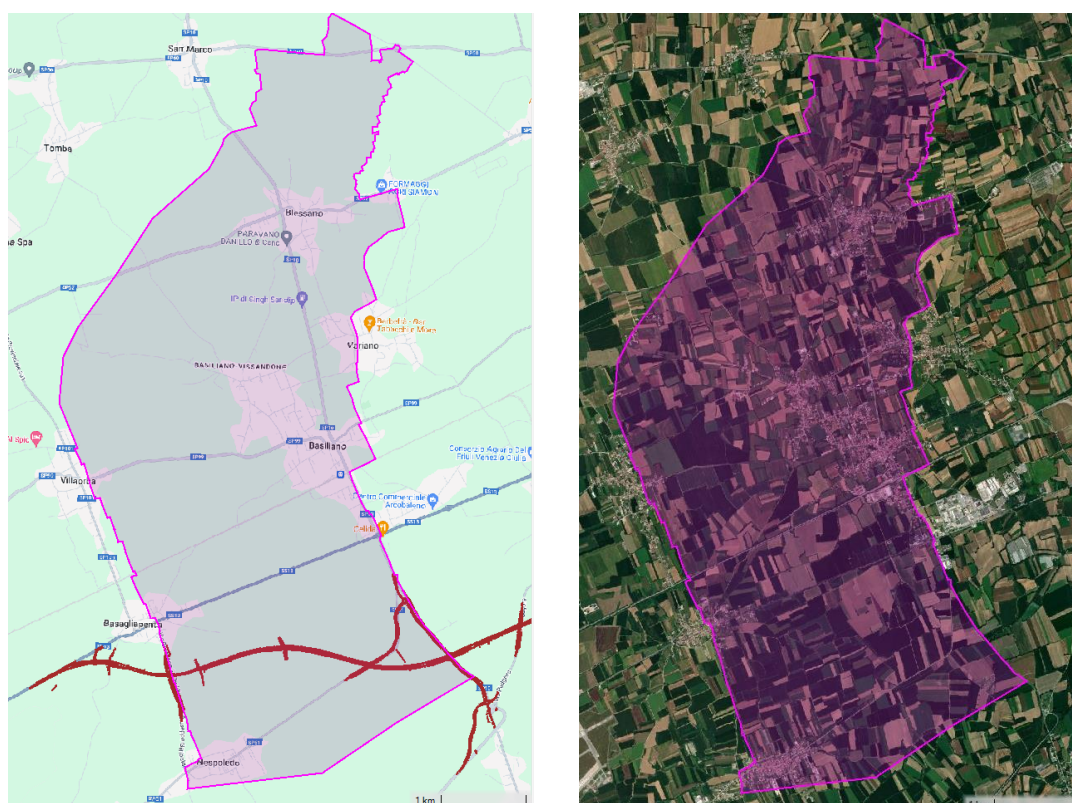


Figura 1.2 Area studio in comune di Basiliano, in sinistra Google Maps e in destra ortofoto. Nel riquadro di sinistra in rosso è riportato il tracciato della nova Tangenziale.

Il territorio in questione è un tratto di pianura friulana e si presenta come un piano con in pendenza da nord a sud, partendo dall'anfiteatro morenico e scendendo verso la bassa pianura a sud. In quest'area, come già evidenziato in precedenza, non è possibile riconoscere un reticolo idrografico principale che abbia la funzione di raccogliere le acque meteoriche, le quali raggiungono il dedalo di piccoli fossi e capezzagne presenti che sono interessati da deflusso solo in caso di precipitazioni abbondanti. Queste ultime iniziano il loro percorso e lo terminano in prossimità di abitati o manufatti stradali senza creare una vera rete idrografica. Inoltre,

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

alcuni attraversamenti stradali realizzati per dare continuità al deflusso risultano parzialmente o completamente ostruiti.

Durante il sopralluogo fatto, è stato possibile seguire una parte del percorso della Lavia di Galleriano a valle del bacino di Blessano, ma dopo circa un chilometro il suo tracciato sparisce in mezzo ai campi per poi ricomparire a valle della ferrovia. Lungo il tratto seguito, il canale ha una larghezza al fondo che raggiunge al massimo 1,5 m, con sponde marcate in alcuni punti ma assenti in altri. Un esempio di come il reticolo idrografico minore si intrecci con gli abitati è osservabile in corrispondenza di via Aldo Moro, nella frazione di Blessano, dove il percorso della Lavia raggiunge una strada di accesso a un edificio e la quota del fondo del canale è uguale a quella della strada, con sponde inesistenti. Circa una decina di metri più a valle, il canale ricomincia dal lato opposto della strada di accesso. I residenti in quest'area hanno segnalato che in caso di intense precipitazioni, il deflusso superficiale della Lavia raggiunge il loro giardino, creando degli allagamenti di modesta entità che poi defluiscono verso valle al termine dell'evento.

Un'altra cosa degna di nota è la presenza di una serie di pozzi in calcestruzzo situati lungo un fosso a valle di via Pantianicco, che hanno la funzione di aumentare il volume di acque meteoriche che si può infiltrare nel terreno. La presenza di questi elementi evidenzia come l'infiltrazione sia utilizzata per smaltire le acque meteoriche. Inoltre, più a valle c'è la presenza di rilevati ferroviari e stradali che creano delle barriere per il deflusso superficiale, costringendolo a incanalarsi in tombini, sottopassi, ecc.

Le considerazioni sopra riportate evidenziano come il territorio in esame sia particolarmente complesso per la presenza di un reticolo idrografico non chiaro e frastagliato. Inoltre, l'elevata capacità di infiltrazione del terreno è responsabile della mancanza di un reticolo idrografico principale, che sarebbe interessato dal deflusso solo per eventi con tempo di ritorno molto alto, superiore ai 100 anni, vedi eventi del 1920, 1998 e 2014 riportati nella relazione idrologica.

Infine, andando a vedere quanto presente nel PAIR¹ del 2016 che successivamente è stato recepito nel PGRA², si legge:

“Per quanto riguarda le Lavie il PAIR si limita a mappare solo le principali aree esondate ed accuratamente cartografate durante l'evento del 1920.”

Quindi le aree di pericolosità idraulica, presenti dell'zona di interesse, sono legate alle zone allagate dalla Lavia di Galleriano durante l'unico evento storico che ha causato la saturazione della falda, che come visto nella modellazione idrologica ha un tempo di ritorno superiore a 500 anni. La Figura 1.2 mette a confronto le

¹ Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale; Regione Friuli Venezia Giulia; Relazione Tecnica; Settembre 2016.

² Piano di Gestione del Rischio Alluvioni 2015-21; Distretto delle Alpi Orientali.

Carlo Gregoetti, Matteo Barbini, Martino Bernard

aree allagate mappate in uno studio del 1924 sull'evento alluvionale del 1920³, nel riquadro di sinistra, e il poligono presente nel PGRA che definisce un'area di pericolosità P1, in celeste nel riquadro di destra. Tale confronto mette in evidenza che il poligono della pericolosità approssima bene le aree interessate dall'alluvione del 1920 per le zone a Nord e a Sud della ferrovia. Mentre per quanto riguarda le aree a cavallo di essa sembra che il poligono della pericolosità non prenda in considerazione l'attraversamento ferroviario della Lavia di Galleriano, indicato in giallo nei due riquadri. Quindi il presente studio metterà a confronto quanto mappato nei Piani con i risultati delle simulazioni.

Con lo scopo di descrivere in maniera accurata l'area studio è stato scelto di creare un modello bidimensionale che possa studiare la propagazione della portata proveniente dai tre bacini presenti a monte e della porzione di precipitazione efficace caduta nell'area di studio.

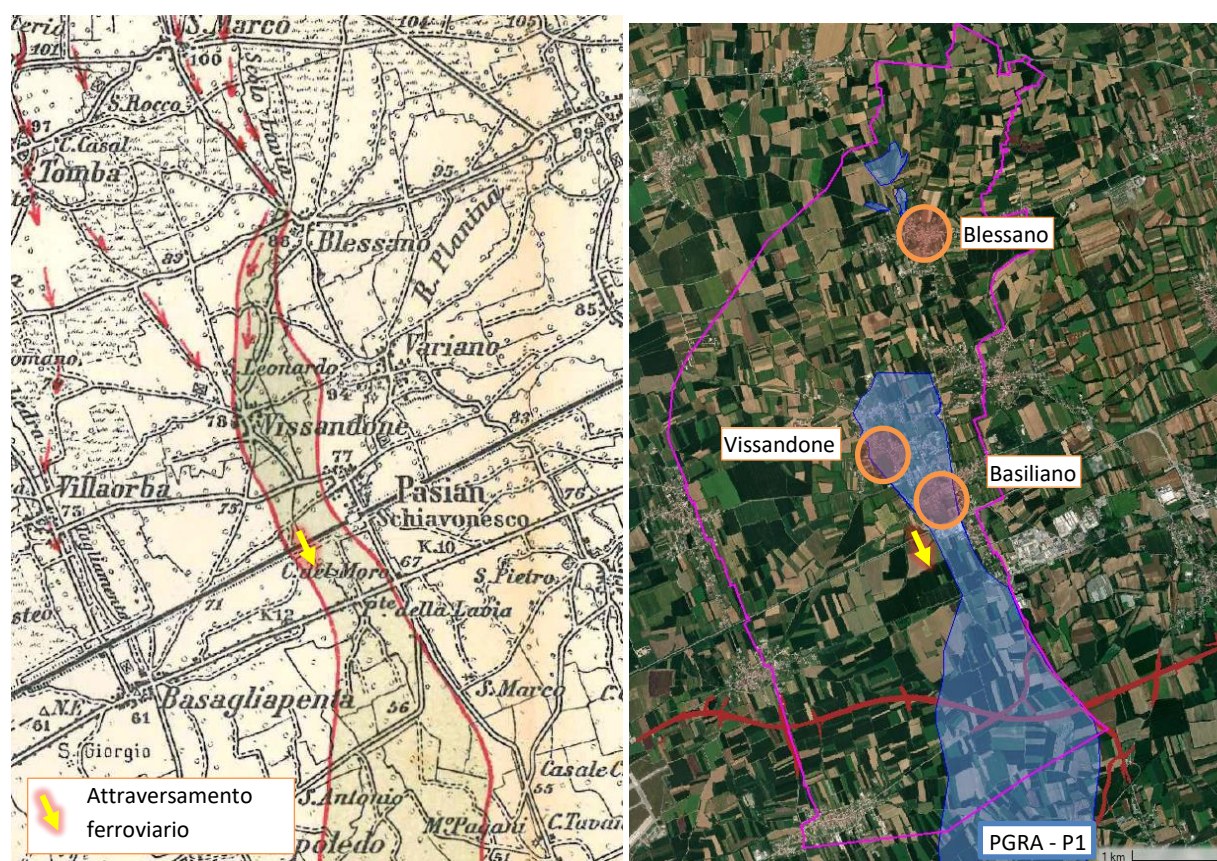


Figura 1.2; Mappa degli allagamenti avvenuti nel 1920 ricostruita dal Magistrato alle Acque nel 1924³, a sinistra. Mappa della pericolosità presente nel PGRA a destra.

³ Pubblicazione n. 114 del R. Magistrato alle Acque del 1924: *Le piogge e lepiene dei fiumi friulani nella terza decade del settembre 1920*, a cura dei Dott. Ardito Desio e Dott. Egidio Feruglio.

2 Modellazione bidimensionale

2.1 Modello numerico Hec-RAS

2.1.1 Reticolo di calcolo

Il software HEC-RAS, sviluppato dall'US Army Corps of Engineers, consente di studiare la propagazione in condizioni di moto vario utilizzando domini monodimensionali, bidimensionali ed un accoppiamento dei due.

Nel caso in esame, la discretizzazione dell'area di studio avviene con un dominio bidimensionale sul quale vengono inseriti degli elementi monodimensionali. Questo consente di descrivere in modo ottimale sia la propagazione superficiale che la presenza di ponti o tombini nel dominio. La griglia di calcolo è formata da maglie che possono avere un massimo di 8 lati. Il software crea una griglia standard con elementi quadrati nella parte centrale del dominio di calcolo, che può essere modificata per descrivere in modo più accurato le singolarità presenti nel territorio. Tali singolarità sono elementi che possono dare un contributo importante nella descrizione del deflusso e sono principalmente costituite da rilevati come argini o sponde.

Ogni maglia del modello di calcolo è schematizzata come un serbatoio che consente un deflusso in uscita o in entrata da ciascuno dei suoi lati, i quali sono schematizzati come dei profili di sfioro sagomati. Tale sagoma di sfioro rappresenta il profilo del terreno lungo quel lato. Di conseguenza, il deflusso dipende dalla quota della superficie liquida nella maglia considerata e in quelle confinanti, dalle caratteristiche geometriche che descrivono la capacità di invaso delle maglie, e dalle caratteristiche dei profili di sfioro.

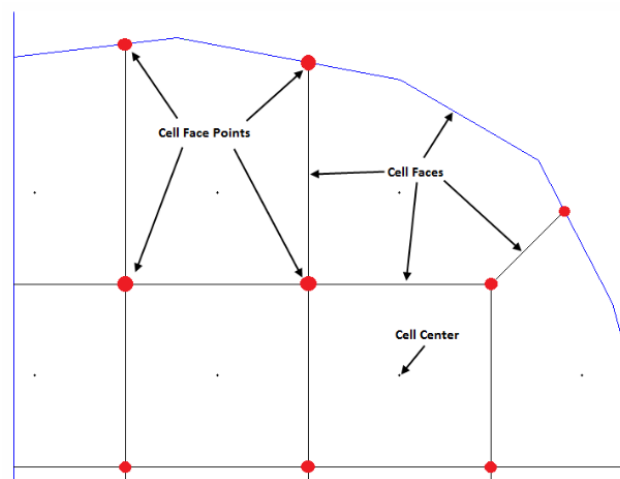


Figura 2.1 Esempio di griglia di calcolo

2.1.2 Simulazione della propagazione

Il calcolo della propagazione può avvenire utilizzando le equazioni dell'onda completa per le acque basse (SWE) o le equazioni dell'onda diffusiva. Nel caso in esame si utilizzeranno le equazioni dell'onda diffusiva che vengono risolte tramite uno schema agli elementi finiti attraverso un processo iterativo. La conservazione della quantità di moto secondo l'onda diffusiva è espressa con l'equazione 1.

$$\frac{gn^2}{R^{4/3}} |V| V = -g \nabla z_b - \frac{1}{\rho} \nabla P_b + \frac{\tau_s}{\rho h} \quad (1)$$

nella quale:

- V è la velocità
- n il numero di Manning per descrivere la scabrezza
- R è il raggio idraulico
- z_b è la quota della superficie libera del fluido
- P_b è la pressione atmosferica
- τ_b è la sforzo di taglio dovuto al vento

Mentre, l'equazione relativa alla conservazione della massa è riportata nell'equazione 2.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla (h V) = q \quad (2)$$

dove:

- h è la profondità del flusso
- q è il termine sorgente

Queste due equazioni combinate assieme e scritte per una i -esima maglia del dominio consentono di scrivere lo schema di calcolo iterativo utilizzato dal modello; per ulteriori informazioni si rimanda al manuale utente⁴.

2.1.3 Simulazione della precipitazione

Il modello consente di inserire una precipitazione distribuita sulle maglie del reticolo di calcolo e di calcolare la precipitazione efficace che contribuisce alla generazione del deflusso superficiale. La precipitazione può essere di tipo costante nel tempo e nello spazio o variabile.

Il metodo SCS è uno dei metodi proposti dal Hec-RAS ed è uno dei più utilizzati nelle modellazioni idrologiche a parametri concentrati. Esso consente di calcolare la parte di precipitazione che non contribuisce al ruscellamento superficiale partendo da una caratterizzazione del terreno con un coefficiente CN (Curve Number). Il valore di tale parametro dipende dalle caratteristiche del sottosuolo, dall'uso del suolo superficiale e dallo stato di umidità nel terreno al momento in cui si presenta l'evento da simulare, per ulteriori dettagli vedi la relazione idrologica o il manuale di Hec-HMS.

L'applicativo RAS Mapper consente di intersecare la mappa che descrive l'uso del suolo con quella che descrive le caratteristiche dei suoli, in modo da creare una zonizzazione per l'assegnazione dei CN. Una volta caratterizzato il dominio di calcolo, la precipitazione può essere assegnata come condizione al contorno.

⁴ [Hec-RAS Hydraulic Reference Manual](#)

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

Quindi, il modello, per ogni time step di calcolo e per ogni maglia del dominio, calcola il volume di precipitazione che si infiltra e il volume che può contribuire al deflusso superficiale.

Il deflusso superficiale in uscita da una maglia, dovuto alla sola precipitazione, si può manifestare solo nel momento in cui la quota della superficie libera supera la quota minima dei profili estratti lungo i lati della maglia. Quindi, solo una volta che tutte le depressioni all'interno della maglia di calcolo sono state saturate.

3 Dati cartografici

L'area di studio è situata nella Regione Friuli Venezia Giulia e i dati cartografici utilizzati per discretizzare l'area di calcolo sono stati scaricati dal geoportale EagleVg. La Regione consente di scaricare i dati cartografici come modelli digitali del terreno (DTM, DSM e DBM), carta tecnica regionale (CTR), ortofoto, ecc., in diversi formati e nei due principali sistemi di riferimento cartografici utilizzati per questa regione. Nel caso specifico si è optato per lavorare nel sistema di riferimento RDN 2008 UTM 33 e per la costruzione e caratterizzazione della griglia di calcolo sono stati utilizzati i seguenti prodotti messi a disposizione dalla Regione relativi ai voli LIDAR RAFVG 2017-2020: modelli digitali del terreno e ortofoto.

In particolare, la griglia di calcolo è stata costruita seguendo le singolarità presenti nel Digital Building Model (DBM), cioè nel modello digitale del terreno che riporta al suo interno le geometrie degli edifici, mentre la vegetazione è stata eliminata tramite algoritmi di classificazione. La Regione fornisce tale prodotto in formato .asc in riquadri da 900 x 830 m di estensione con griglia di passo 50 x 50 cm. Questo prodotto è ritenuto adeguato a descrivere in modo accurato tutti gli elementi presenti nel territorio: fossi, argini e strade, e la presenza degli edifici consente di evidenziare la loro influenza nella propagazione del deflusso superficiale.

Inoltre, le ortofoto del rilievo LIDAR ad alta risoluzione, la carta geologica regionale e il Corine Land Cover (anno 2018) sono state utilizzate per definire una zonizzazione dell'area di studio con lo scopo di assegnare le caratteristiche che descrivono il substrato e il soprasuolo.

4 Costruzione del reticolo di calcolo

Il reticolo di calcolo è costituito da maglie quadrate di dimensione 50 x 50 m nelle aree in cui non sono presenti singolarità, mentre nelle aree dove si è ritenuto necessario aumentare il dettaglio della griglia di calcolo, come strade o rilevati, si è arrivati a maglie di dimensioni 1 x 1 m. In Figura 4.1 è evidenziata l'area di studio sopra il modello digitale del terreno (DBM) con griglia di 0.5 m. Inoltre, in rosso scuro sono riportate le linee che individuano le singolarità lungo le quali si voleva imporre una particolare direzione alle maglie e una differente lunghezza dei lati. Le frecce celesti indicano la posizione dei tre input provenienti dalla modellazione idrologica (vedi Tabella 1) e i bollini rossi individuano la posizione di alcuni elementi ritenuti critici.

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

La Figura 4.2 riporta un particolare della cassa di Blessano, dove per discretizzare lo sfioratore è stato inserito un elemento monodimensionale chiamato SA/2D Connection, costituito da un profilo di sfioro la cui quota massima è stata rilevata da una campagna di misure GPS realizzata in data 24/04/2024.

La Figura 4.3 evidenzia il tratto in cui il deflusso superficiale della Lavia di Galleriano attraversa il rilevato ferroviario. Il DBM è stato modificato per descrivere il fondo dell'attraversamento e la sagoma del tombotto è stata descritta con un elemento monodimensionale SA/2D Connection di tipo Bridge, come mostrato nelle Figure 4.4 e 4.5.

Lungo il tratto di ferrovia inserito nel dominio di calcolo sono stati individuati 4 punti di interazione tra la rete stradale e il rilevato ferroviario, un punto di interazione con un canale e uno con un tombotto. Per ciascuno dei punti sopra indicati, il DSM è stato modificato con lo scopo di descrivere la superficie inferiore di propagazione.

Nell'area di interesse è presente una rete fognaria per acque bianche e miste. In tutti gli scenari si assume che tale rete non sia in condizioni di smaltire la precipitazione efficace, quindi trascuriamo la presenza di tale rete, essendo stata calcolata per una precipitazione con tempo di ritorno pari a 5 anni.

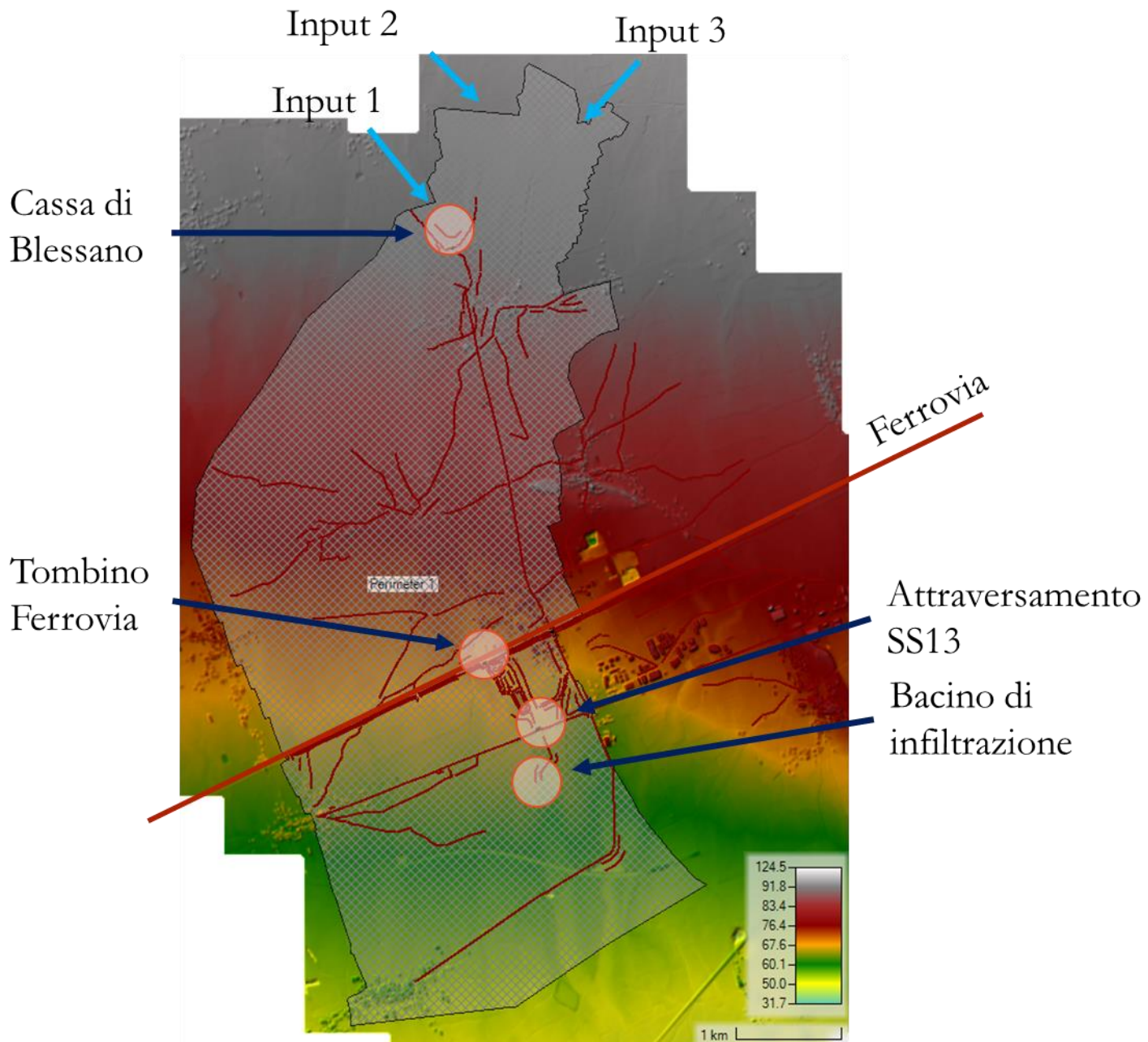


Figura 4.1; Area studio in comune di Basiliano, in sinistra Google map e in destra ortofoto

Tabella 1; Bacini di monte

	Nome	Area Bacino (km ²)
Input 1	Lavia di Galleriano	5,75
Input 2	Fosso di Tampognacco	10,95
Input 3	Martignacco ovest	3,33

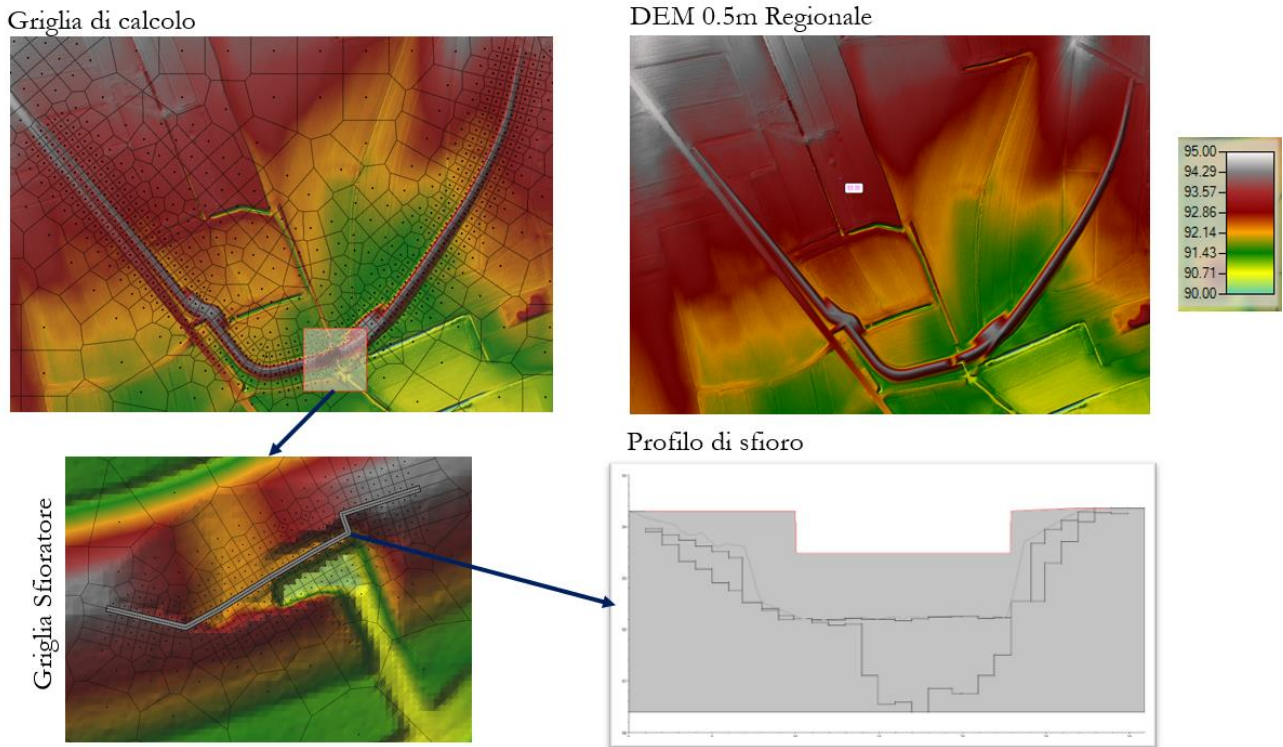


Figura 4.2; Esempio griglia di calcolo presso il Bacino di Blessano

Elemento monodimensionale

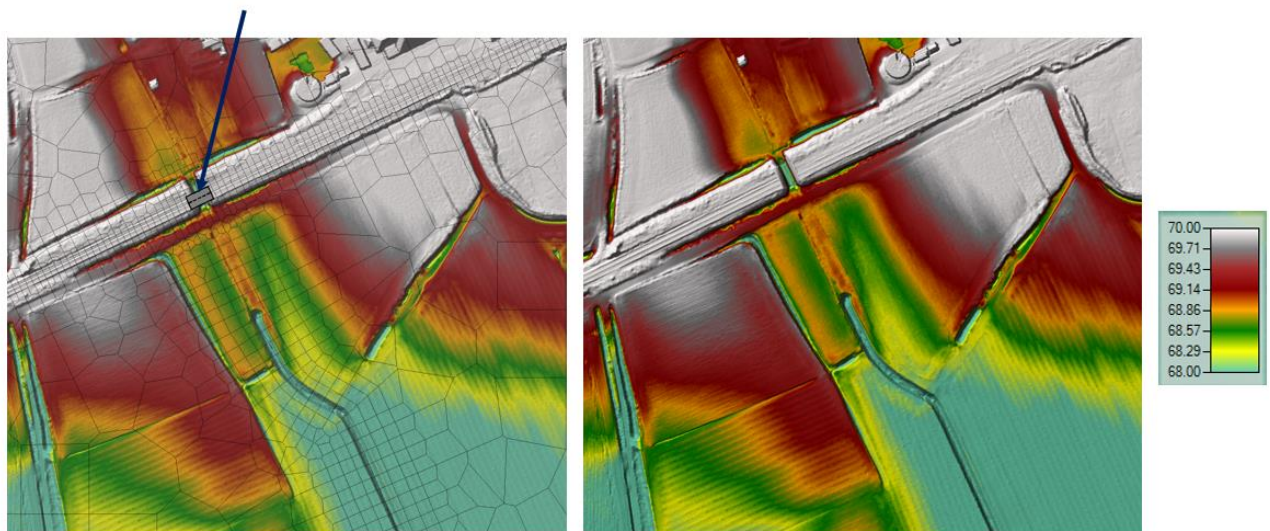


Figura 4.3 Esempio griglia di calcolo presso l'attraversamento ferroviario della Lavia di Galleriano



Figura 4.4 Attraversamento ferroviario della Lavia di Galleriano visto da SUD verso Nord, fonte Google

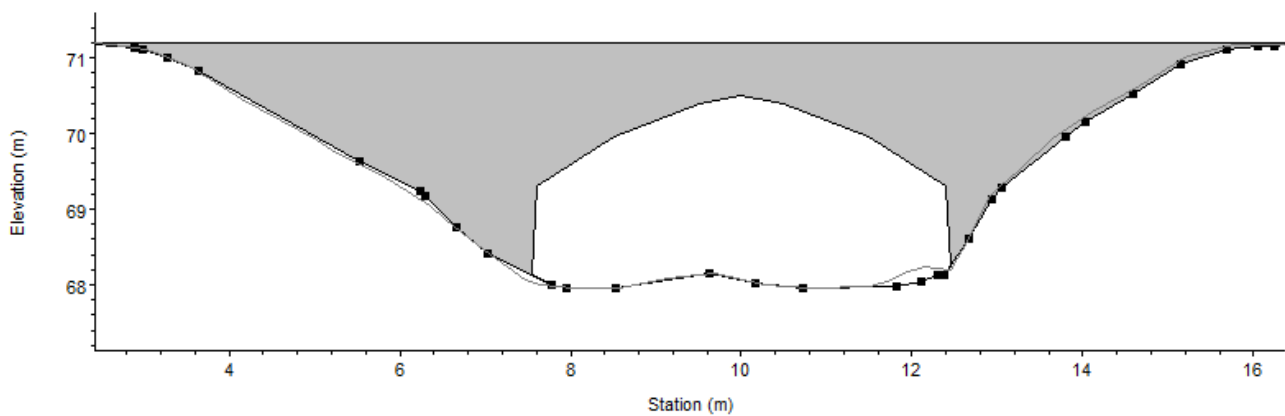


Figura 4.5 Attraversamento ferroviario della Lavia di Galleriano schematizzato in Hec-RAS come elemento monodimensionale SA/2D Connection.

4.1 Uso del suolo e CN

La mappa della copertura del suolo è stata creata partendo dal Corine Land Cover 2018 e si è ritenuto necessario modificarla per inserire tutti quegli elementi che potrebbero avere una certa influenza sul deflusso superficiale. Quindi, tutte le strade asfaltate, le zone antropizzate e i rilevati presenti nell'area di studio sono stati perimetrati nella mappa dell'uso del suolo. Figura 4.6 riporta, con differenti colori, le diverse tipologie di uso del suolo assegnate e i differenti valori di scabrezza secondo Manning inseriti nel modello. Non avendo dati per calibrare tali parametri, sono stati scelti dei valori di letteratura, con particolare attenzione a quanto

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

proposto nel precedente studio sulle Lavie⁵. Inoltre, per le aree edificate, si è ritenuto opportuno utilizzare un valore di scabrezza simile a quello delle strade.

La mappa del CN è stata costruita incrociando l'uso del suolo con la mappa dei gruppi idrologici, che descrive il grado di permeabilità del sottosuolo. Come indicato precedentemente, l'area di interesse è caratterizzata da suoli molto permeabili, formati da ghiaia e sabbia con un'elevata capacità di infiltrazione. Questo porta a indicare una bassa possibilità che il terreno si saturi e quindi che le condizioni di umidità al momento dell'inizio degli eventi pluviometrici simulati possano essere assunte sempre basse. Tale assunzione è giustificata sia da osservazioni di campo, da alcuni sondaggi eseguiti nella zona di interesse che evidenziano la presenza di materiale incoerente, dalle osservazioni eseguite in un pozzo pluviometrico a Blessano e infine dagli eventi storici che hanno prodotto allagamenti (si rimanda alla relazione idrologica). La mappa del CN è riportata in Figura 4.7. Il valore massimo viene utilizzato per descrivere la zona industriale ed è pari a 92, mentre quello utilizzato per i campi coltivati è impostato pari a 35 o 37.

⁵ Nicolini, Matteo (2016). Analisi generale e realizzazione del modello idrologico-idraulico di simulazione delle "Lavie" moreniche comprese tra Rive d'Arcano e Martignacco (Coroncon-Viuzza, Siul, Celario-Madrisana, Fosso del Pasco, Lavia di Galleriano, Tampognacco, Volpe)

Carlo Gregoretti, Matteo Barbini, Martino Bernard

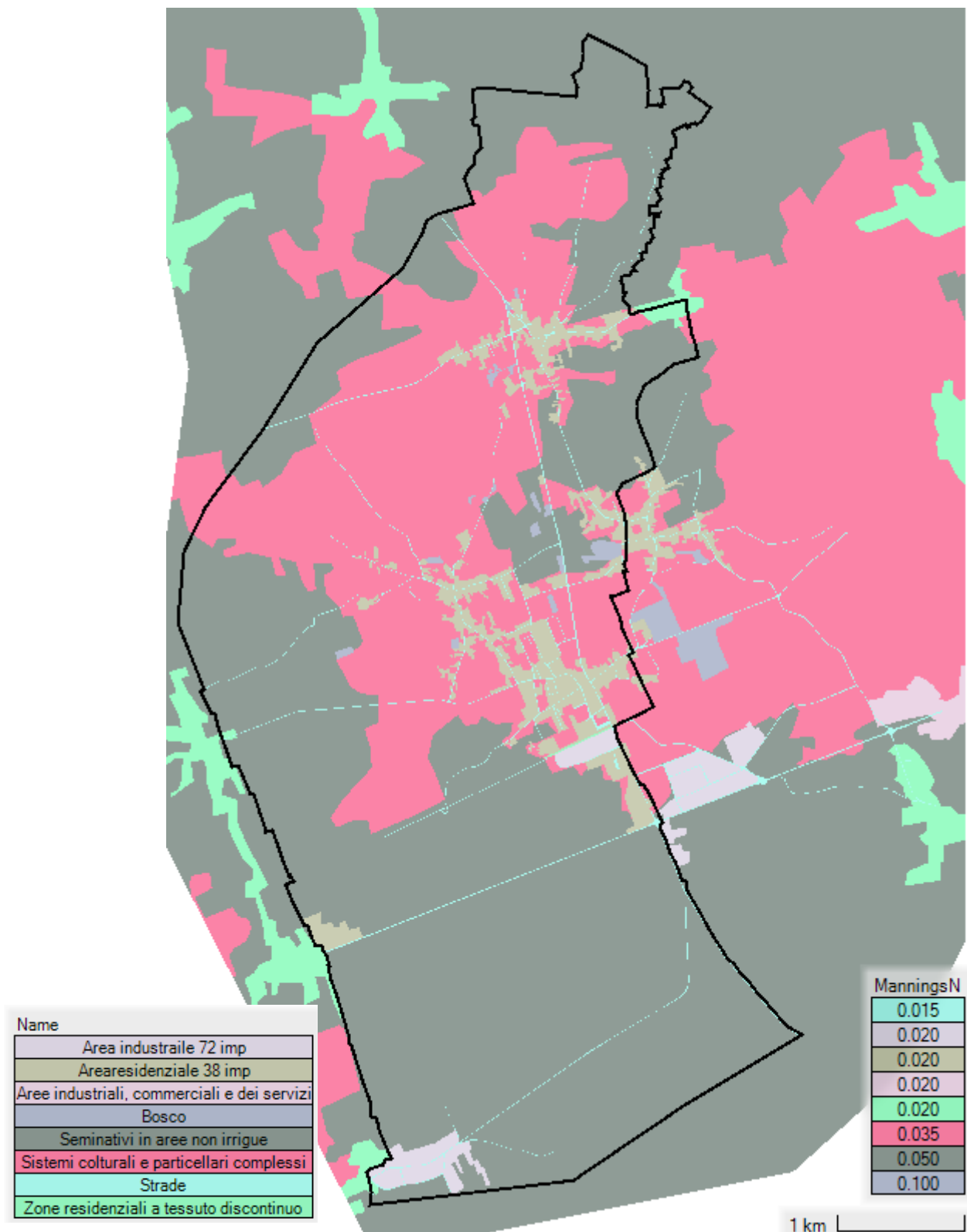


Figura 4.6; Mappa dell'uso del suolo.

Carlo Gregoretti, Matteo Barbini, Martino Bernard

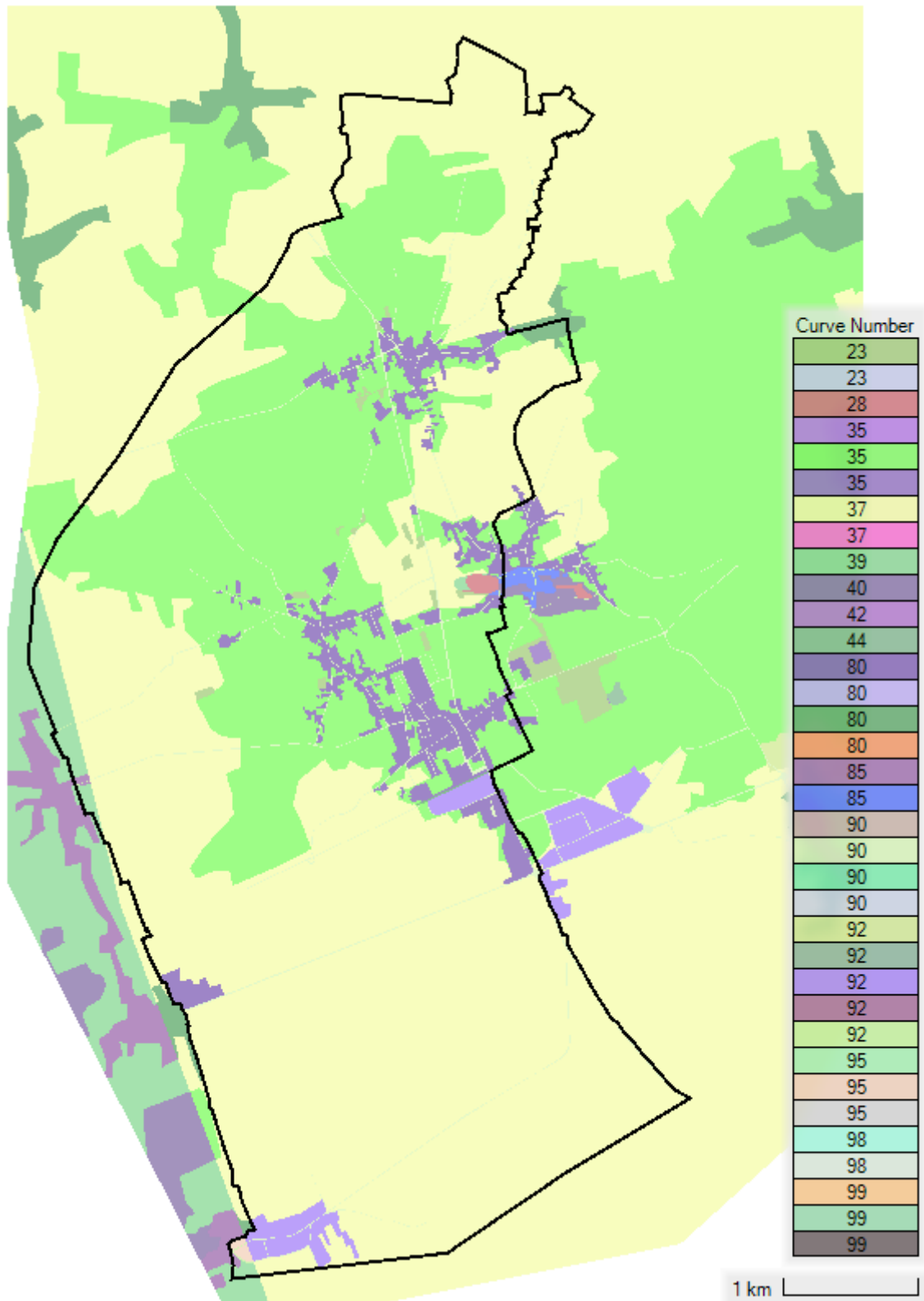


Figura 4.7; Mappa del CN.

5 Risultati dello stato di fatto

La modellazione idrologica ha fornito tre scenari per i tre tempi di ritorno: 30, 100 e 300 anni, chiamati rispettivamente TR 30, TR 100 e TR 300. Ciascuno di essi prevede l'inserimento di tre idrogrammi nella parte nord del dominio di calcolo e una precipitazione distribuita sull'area di studio, uguale a quella utilizzata per la modellazione idrologica. La Tabella 2 evidenzia le caratteristiche principali dei dati di input per ciascun scenario.

I risultati che verranno presentati di seguito riguardano la definizione dei volumi che attraversano il rilevato ferroviario, poiché essi potrebbero propagarsi fino all'opera in via di progetto.

Nelle simulazioni, molti attraversamenti stradali di piccola entità non sono stati inseriti, essendo stati ritenuti trascurabili al fine di definire il volume che transita per il tombotto ferroviario della Lavia di Galleriano.

Lungo il lato sud del modello è stata impostata la condizione al contorno di valle di moto uniforme. Questa assunzione è possibile perché la portata che raggiunge tale elemento è bassa e la profondità della corrente non raggiunge il metro di altezza. Inoltre, questa assunzione non causa ripercussioni sulla parte a monte del dominio di calcolo, in particolare per definire il volume che transita per il tombino ferroviario.

Mentre nei tratti a Est e Ovest del dominio di calcolo sono presenti il canale di Martignacco e il canale di San Vito e si assume che essi fungano da discontinuità idraulica per il territorio anche in caso di eventi eccezionali. Quindi la portata che raggiunge tali canali viene fatta uscire dal modello di calcolo imponendo una condizione a contorno di corrente a moto uniforme.

Tabella 2; Dati di input per ciascun scenario.

Scenari	Precipitazione cumulata (mm)	Input	Portata massima (m3/s)	Volume totale (m3)
TR 30	120.0	1	1.5	30.6
		2	0.4	7.92
		3	0.0	0.0
TR 100	144.0	1	2.5	73.25
		2	1.8	47.7
		3	0.3	5.94
TR 300	165.8	1	4.3	125.28
		2	3.8	106.92
		3	0.8	19.26

5.1 Scenario TR 30

Le condizioni al contorno assegnate per lo Scenario TR30 sono riportate in Figura 5.1 e 5.2, in questo caso la modellazione idrologica del bacino 3 (Martignacco ovest) non ha prodotto deflusso. Mentre, la Figura 5.3 mette in evidenza la precipitazione infiltrata e quella efficace calcolata per ogni maglia del dominio di calcolo.

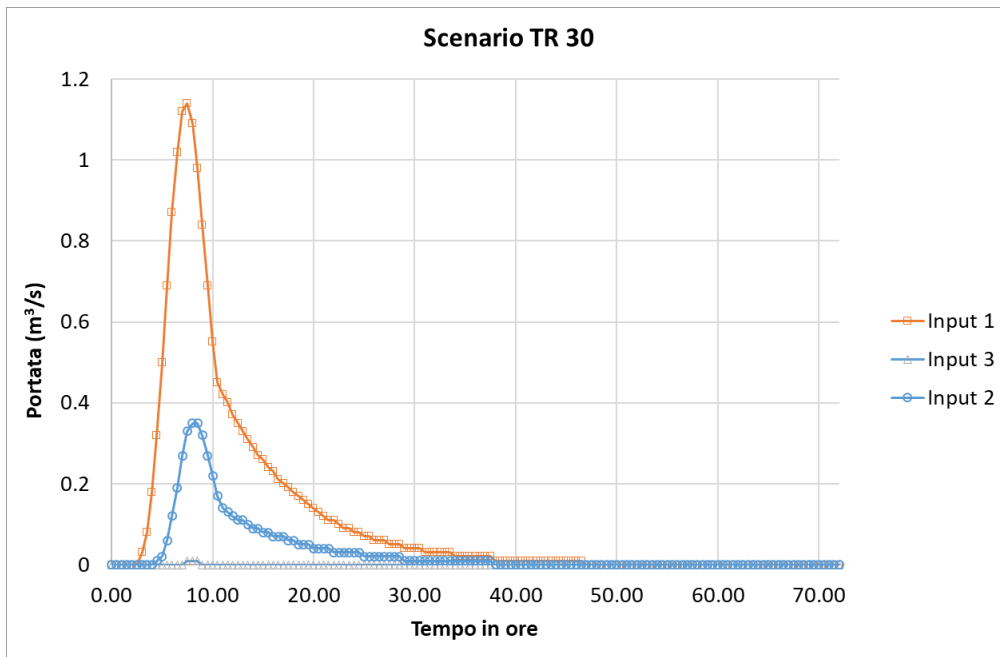
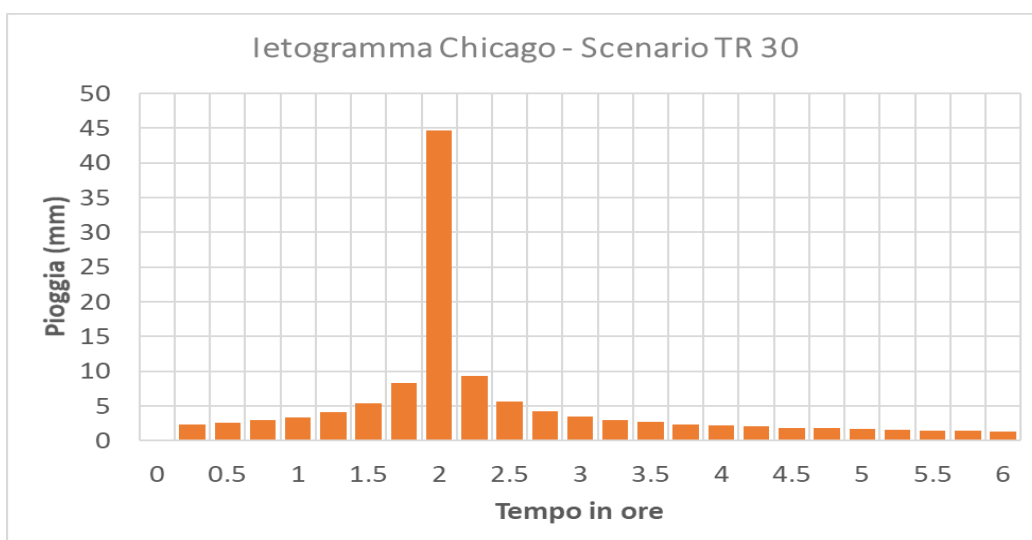


Figura 5.1; Scenario TR 30, idrogrammi in ingresso a monte del dominio di calcolo. Input 1 è il bacino chiamato Lavia di Galleriano, Input 2 è il bacino chiamato Fosso di Tampognacco e Input 3 è il bacino chiamato Martignacco ovest.

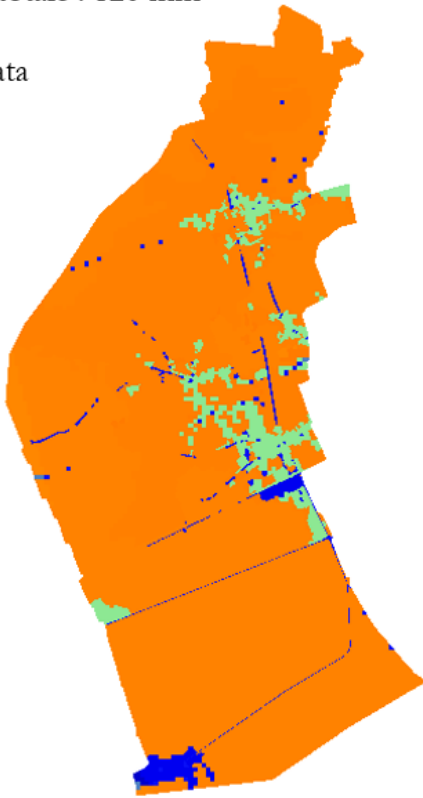


Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

Figura 5.2; Scenario TR 30, precipitazione inserite nel dominio di calcolo.

Preci. totale : 120 mm

Infiltrata



Efficace

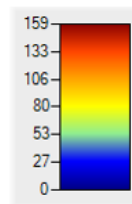
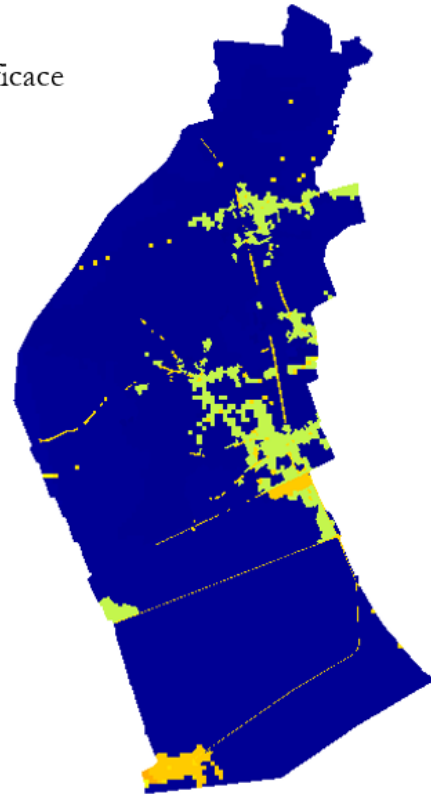


Figura 5.3; Scenario TR 30, Pioggia infiltrata (sinistra) e pioggia efficace (destra) calcolata con il metodo SCS sulla base della mappa del CN.

La simulazione prevede un volume di ingresso al serbatoio di Blessano pari a circa 40,000 m³. Questo volume è la somma del deflusso superficiale proveniente dagli input 1 e 2 (Lavia di Galleriano e Fosso di Tampognacco). Tale volume riempie parzialmente l'area di invaso e quindi il deflusso superficiale simulato a valle di tale bacino è legato solo alla precipitazione efficace calcolata a valle. L'involuppo delle massime profondità simulate è riportato in Figura 5.4 per tutta l'area di studio, mentre in Figura 5.5 sono riportati due particolari del reticolo di calcolo: la vasca di Blessano e il tratto in prossimità del rilevato ferroviario. Le quattro sezioni indicate in arancione in Figura 5.4 sono state utilizzate per calcolare il volume transitante lungo il percorso della Lavia durante la simulazione. La variazione del volume nel tempo per tali sezioni è riportata in Figura 5.6.

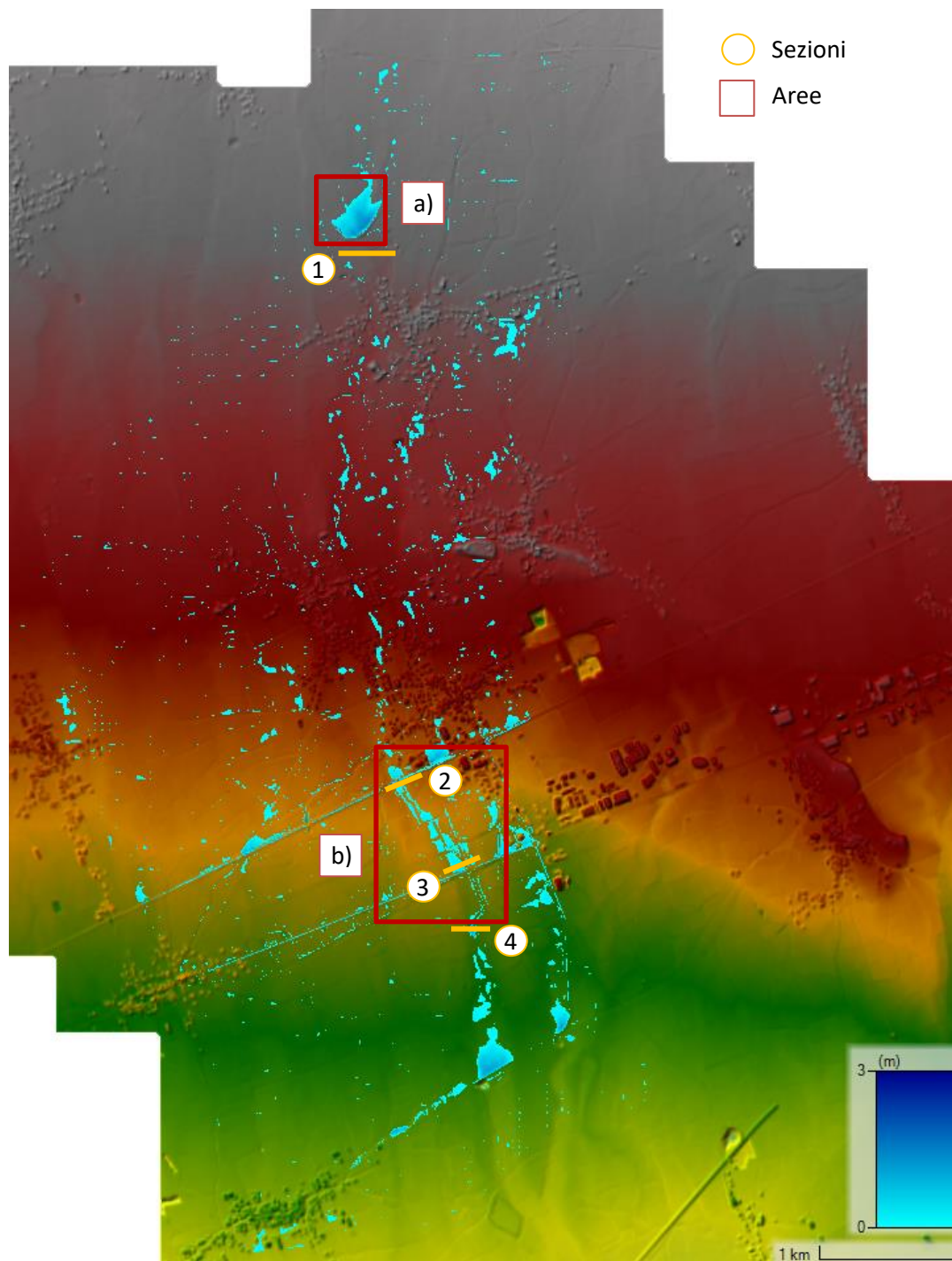


Figura 5.4; Scenario TR 30, Inviluppo delle profondità massime della corrente.

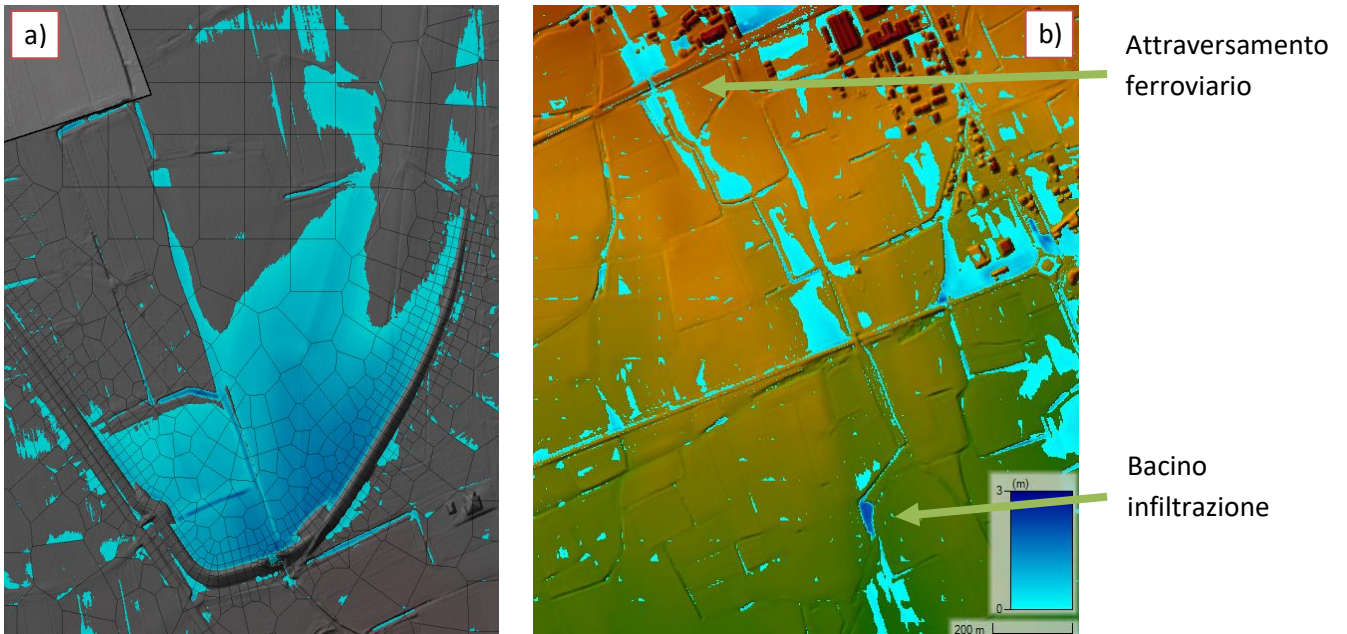


Figura 5.5; Scenario TR 30, Inviluppo delle profondità massime della corrente per due aree, indicate in rosso in Figura 5.4: a) cassa di Blessano, b) a valle dell'attraversamento ferroviario

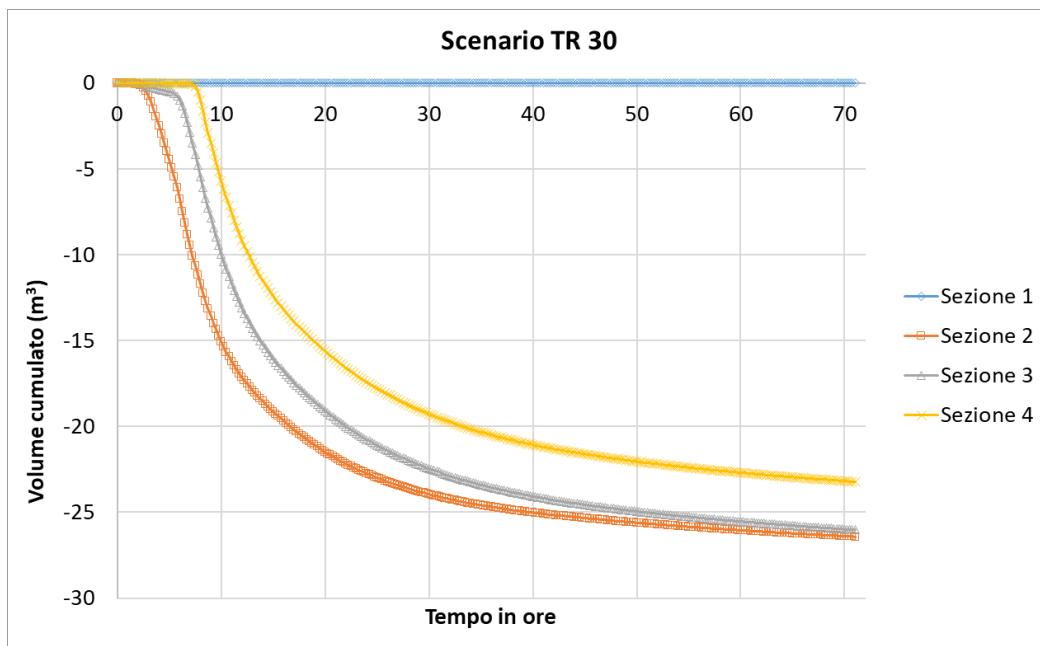


Figura 5.6; Scenario TR 30, volumi cumulati lungo le sezioni indicate in Figura 5.4

5.2 Scenario TR 100

Le condizioni al contorno assegnate allo Scenario TR100 sono evidenziate in Figura 5.7 e 5.8, i volumi di ciascun idrogramma sono riportati in Tabella 2. La Figura 5.9 mette in evidenza la precipitazione infiltrata e quella efficace calcolata per ogni maglia del dominio di calcolo.

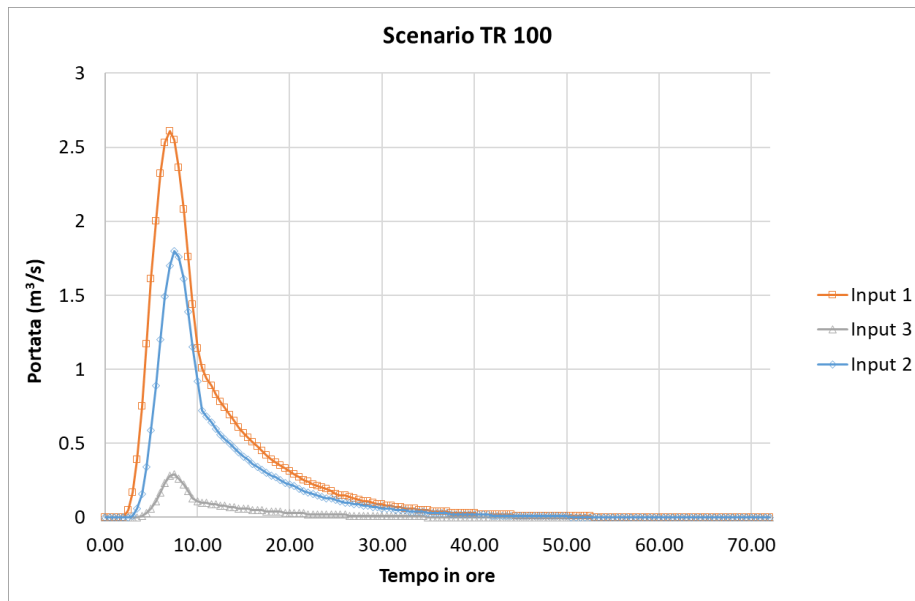


Figura 5.7; Scenario TR 100, idrogrammi in ingresso a monte del dominio di calcolo. Input 1 è il bacino chiamato Lavia di Galleriano, Input 2 è il bacino chiamato Fosso di Tampognacco e Input 3 è il bacino chiamato Martignacco ovest.

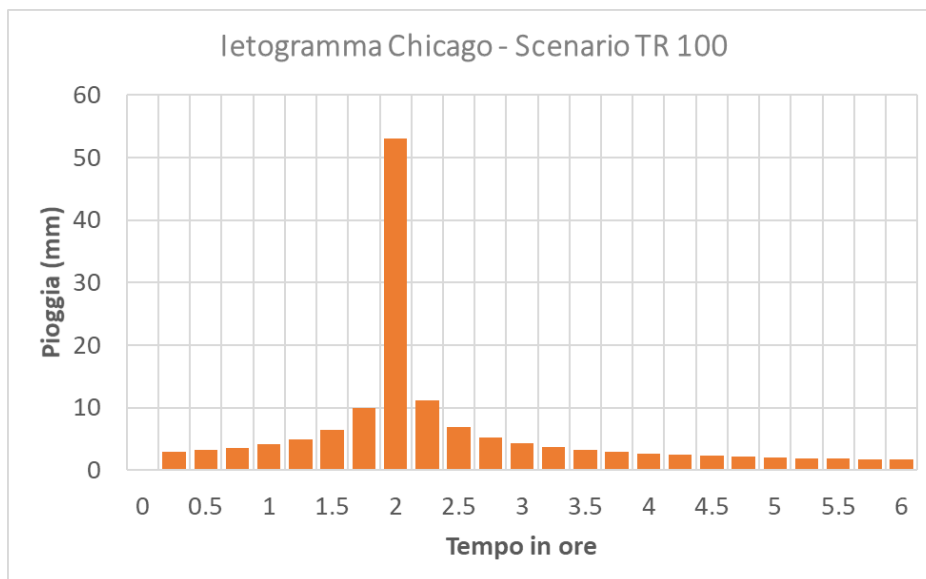


Figura 5.8; Scenario TR 100, precipitazione inserite nel dominio di calcolo.

Preci. totale : 144 mm

Infiltrata

Efficace

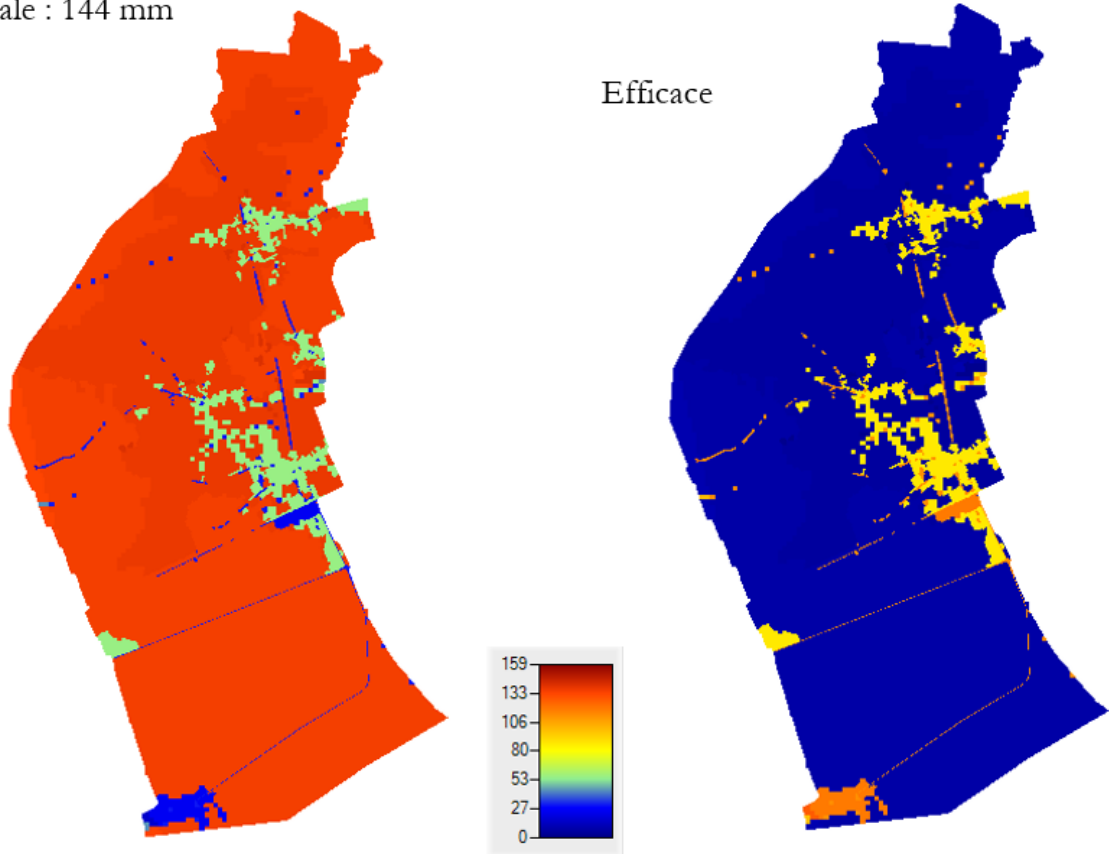


Figura 5.9; Scenario TR 100, Pioggia infiltrata (sinistra) e pioggia efficace (destra) calcolata con il metodo SCS sulla base della mappa del CN.

La simulazione prevede un volume di ingresso al serbatoio di Blessano pari a circa 100 000 m³, esso è la somma del volume di deflusso superficiale proveniente dall'input 1 e 2 (Lavia di Galleriano e Fosso di Tampognacco). Tale volume riempie completamente il bacino di Blessano e genera un deflusso superficiale a valle di tale bacino di circa 23 000 m³. Quest'ultimo volume, sommato alla precipitazione efficace passa attraverso il tombotto ferroviario e ciò che si trova a valle. L'inviluppo delle massime profondità simulate è riportato in Figura 5.10 per tutta la zona studio, mentre in Figura 5.11 sono riportati due particolari uno per la vasca di Blessano e l'altro per il tratto in prossimità del rilevato ferroviario. Le quattro sezioni indicate in arancione in Figura 5.10 sono state utilizzate per calcolare il volume transitante lungo il percorso della Lavia durante la simulazione. La variazione del volume nel tempo per tali sezioni è riportata in Figura 5.12.

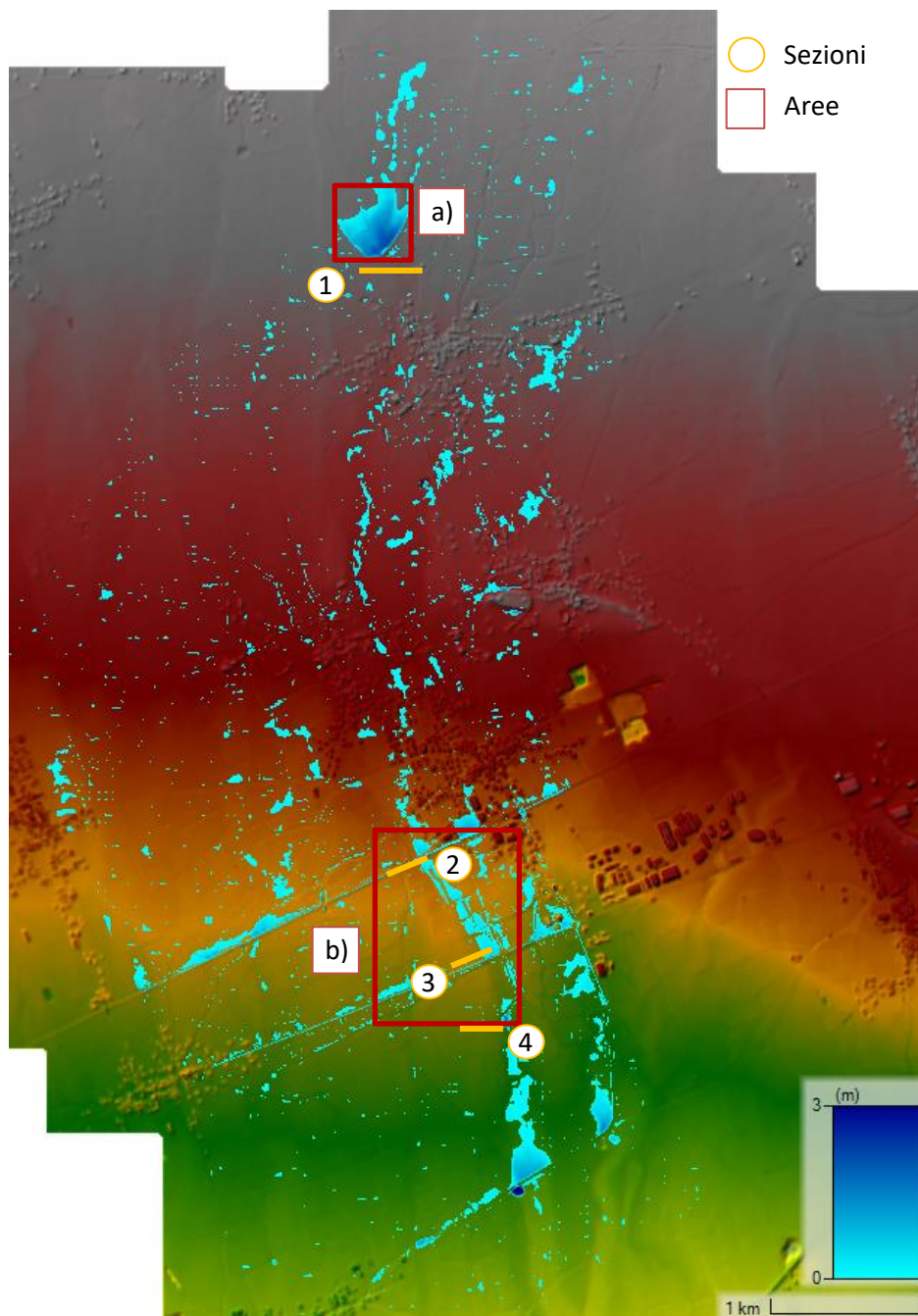


Figura 5.10; Scenario TR 100, Involuppo delle profondità massime della corrente.

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

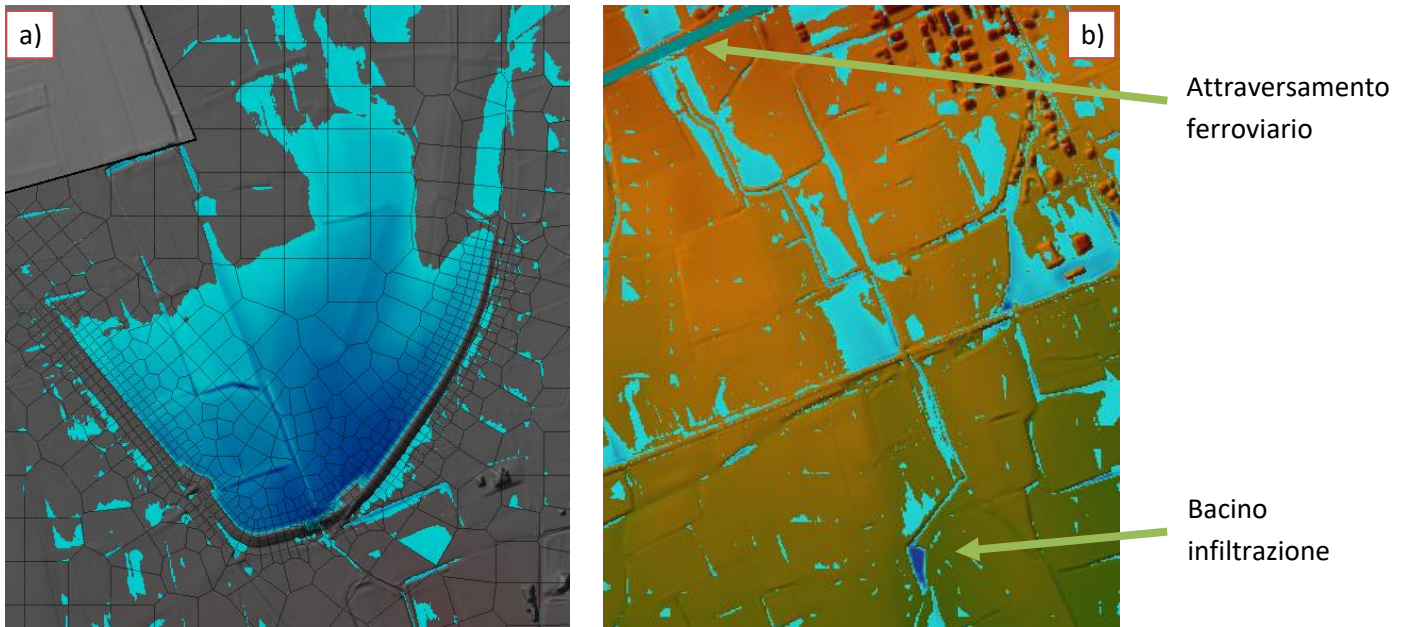


Figura 5.11; Scenario TR 100, Involuppo delle profondità massime della corrente per due aree, indicate in rosso in Figura 5.10: a) cassa di Blessano, b) a valle dell'attraversamento ferroviario

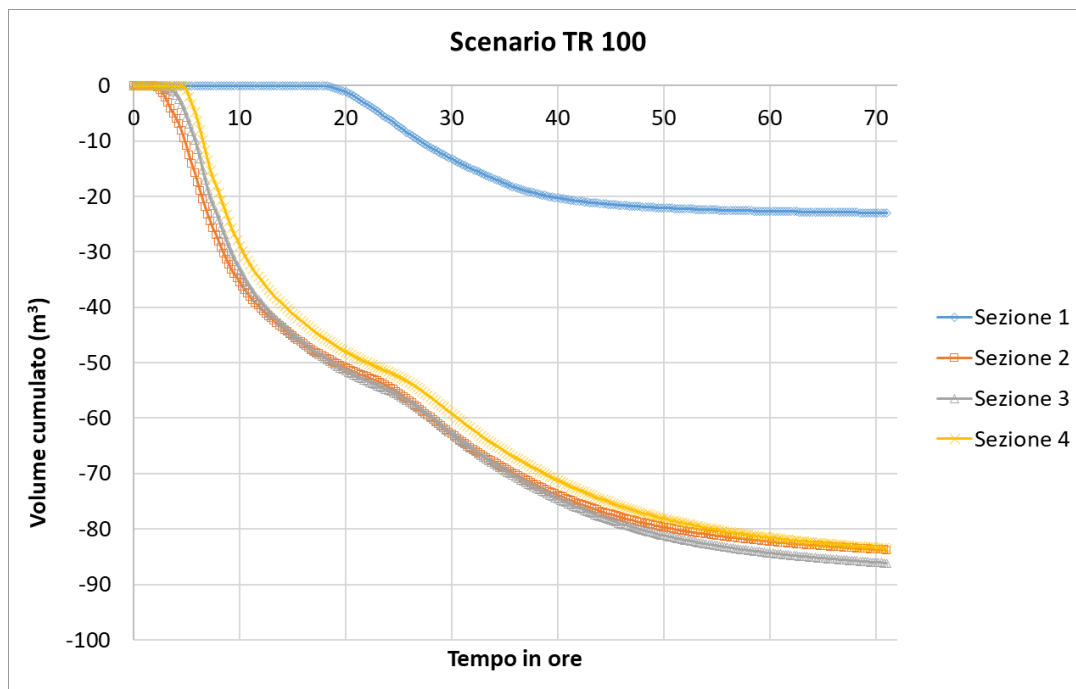


Figura 5.12; Scenario TR 100, volumi cumulati lungo le sezioni indicate in Figura 5.10

5.3 Scenari TR 300

Le condizioni al contorno assegnate allo Scenario TR300 sono evidenziate in Figura 5.13 e 5.14, i volumi di ciascun idrogramma sono riportati in Tabella 2. La Figura 5.15 mette in evidenza la precipitazione infiltrata e quella efficace calcolata per ogni maglia del dominio di calcolo

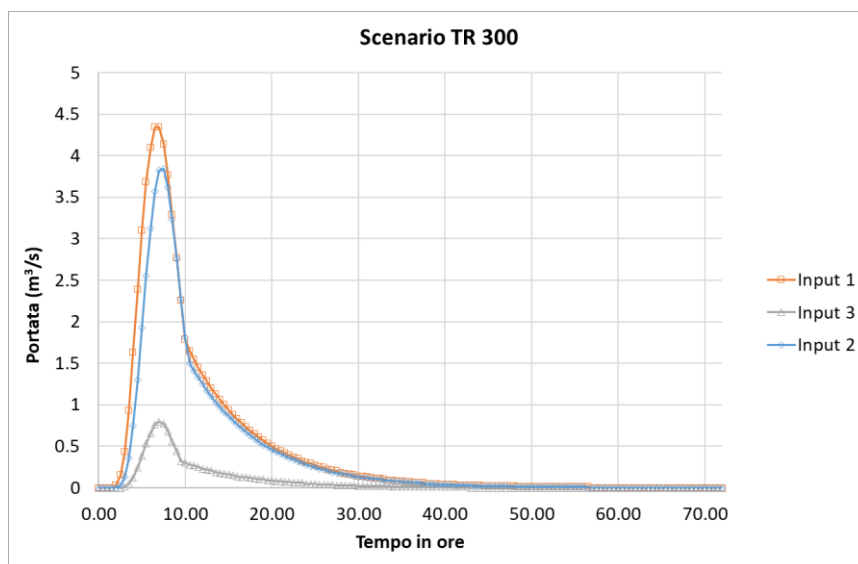


Figura 5.13; Scenario TR 300, idrogrammi in ingresso a monte del dominio di calcolo. Input 1 è il bacino chiamato Lavia di Galleriano, Input 2 è il bacino chiamato Fosso di Tampognacco e Input 3 è il bacino chiamato Martignacco ovest.

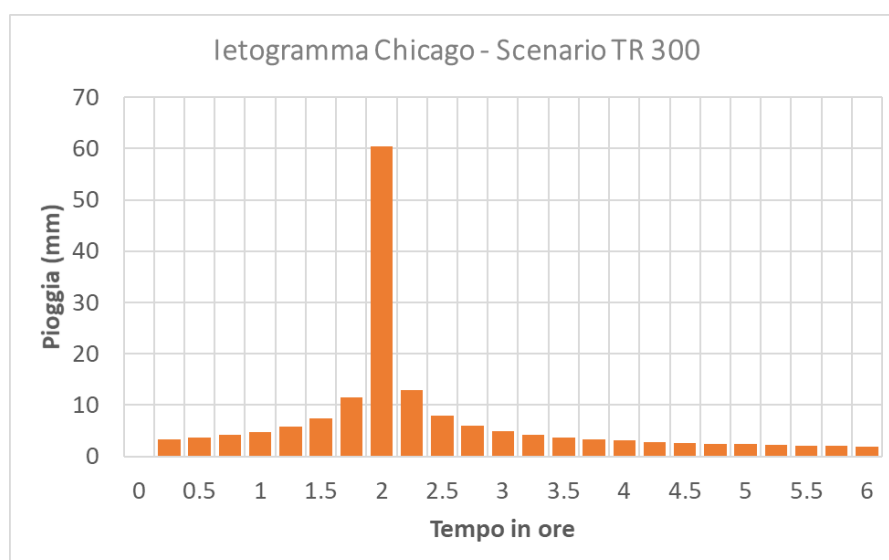
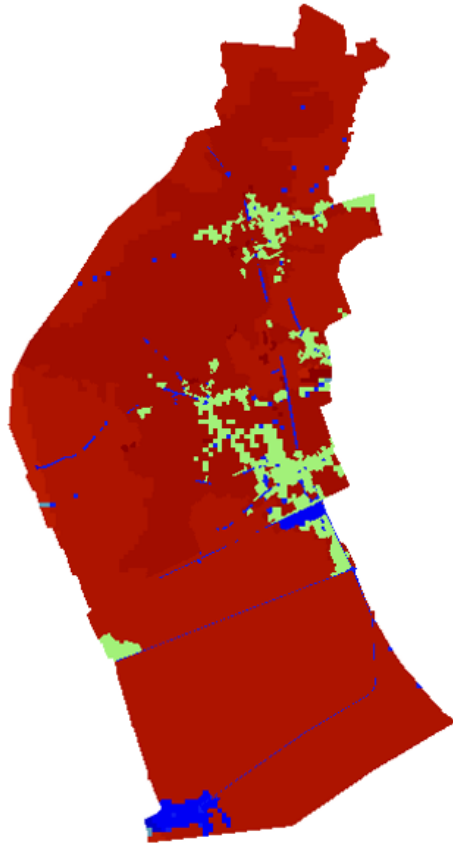


Figura 5.14; Scenario TR 300, precipitazione inserite nel dominio di calcolo.

Preci. totale : 165 mm

Infiltrata



Efficace

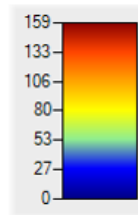
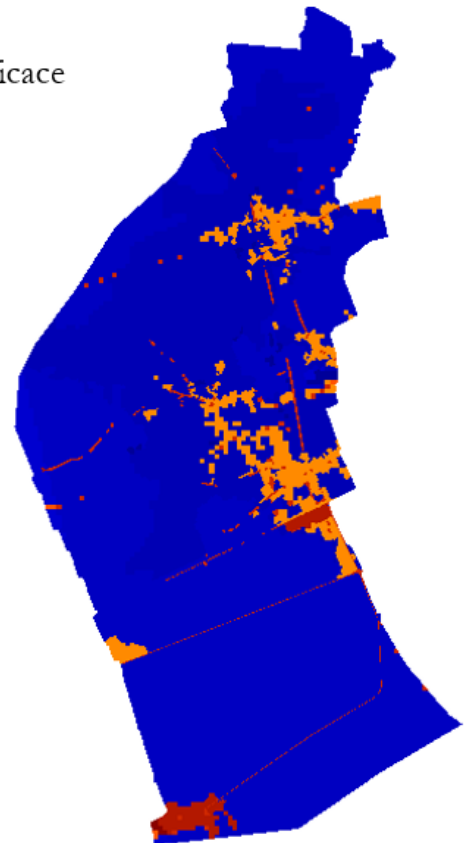


Figura 5.15; Scenario TR 300, Pioggia infiltrata (sinistra) e pioggia efficace (destra) calcolata con il metodo SCS sulla base della mappa del CN.

La simulazione prevede un volume di ingresso al serbatoio di Blessano pari a circa 200 000 m³, esso è la somma del volume di deflusso superficiale proveniente dal bacino 1 e 2 (Lavia di Galleriano e Fosso di Tampognacco). Tale volume riempie completamente il bacino di Blessano e genera un deflusso superficiale a valle di tale bacio di circa 130 000 m³. Quest'ultimo volume, sommato alla precipitazione efficace investe il manufatto ferroviario e ciò che si trova a valle. L'involuppo delle massime profondità simulate è riportato in Figura 5.16 per tutta la zona studio, mentre in Figura 5.17 sono riportati due particolari uno per la vasca di Blessano e l'altro per il tratto in prossimità del rilevato ferroviario. Le quattro sezioni indicate in arancione in Figura 5.16 sono state utilizzate per calcolare il volume transitante lungo il percorso della Lavia durante la simulazione. La variazione del volume nel tempo per tali sezioni è riportata in Figura 5.18.

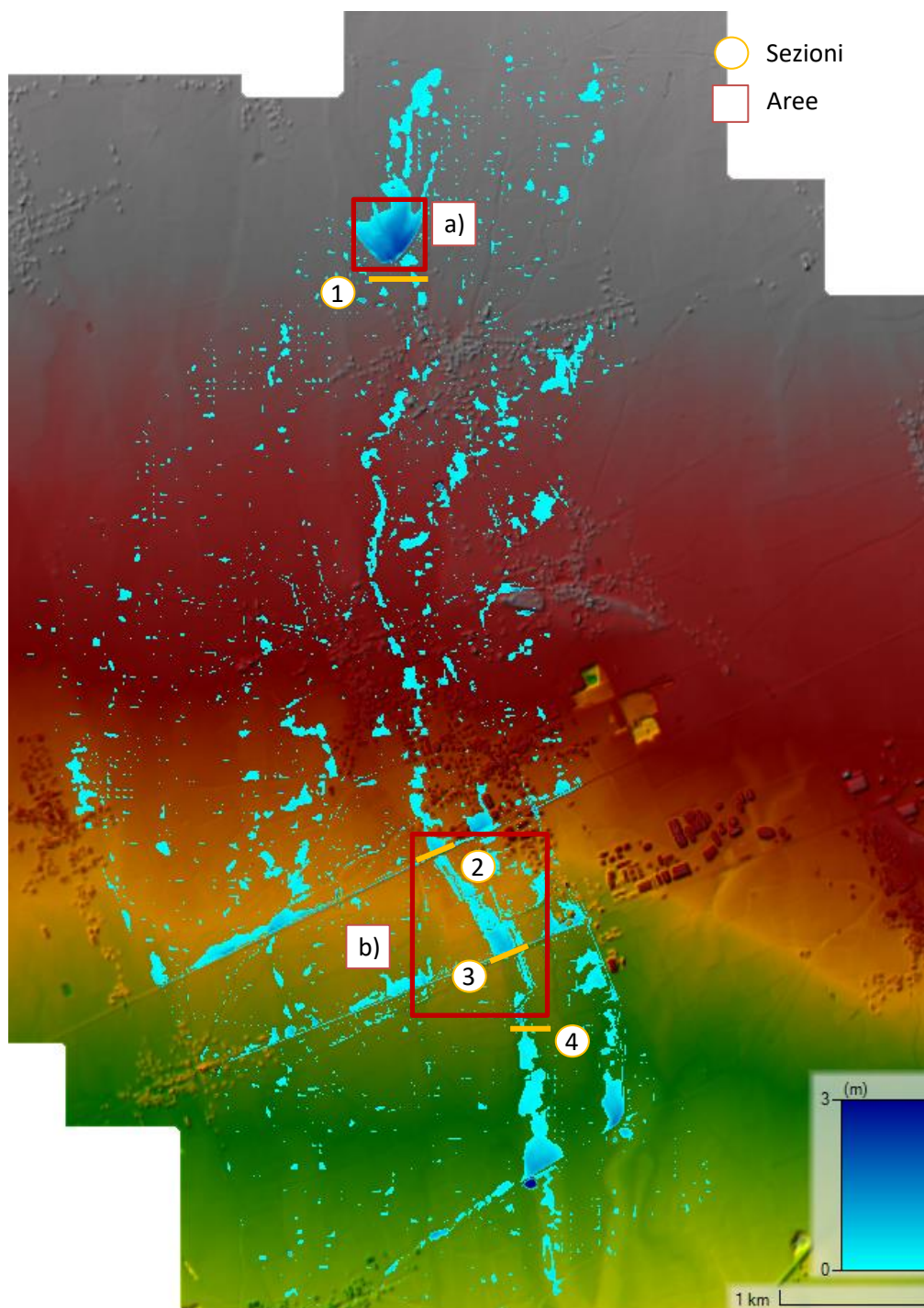


Figura 5.16; Scenario TR 300, Involuppo delle profondità massime della corrente.

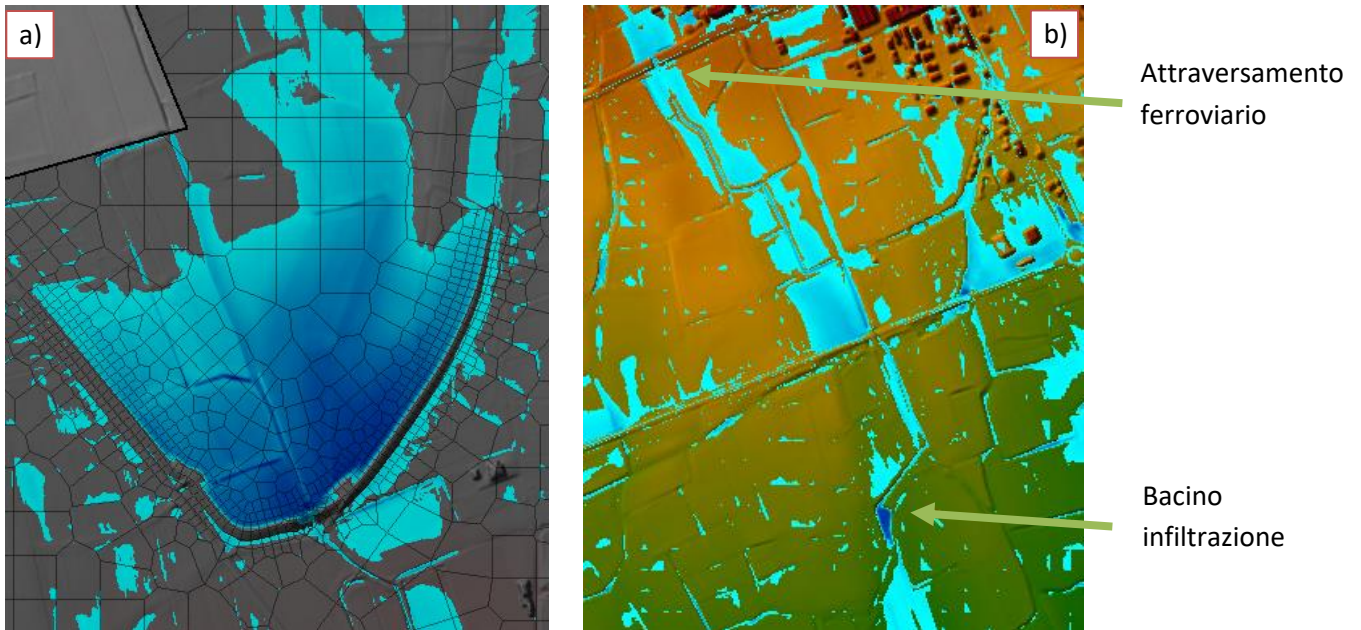


Figura 5.17; Scenario TR 300, Inviluppo delle profondità massime della corrente per due aree, indicate in rosso in Figura 5.16: a) cassa di Blessano, b) a valle dell'attraversamento ferroviario.

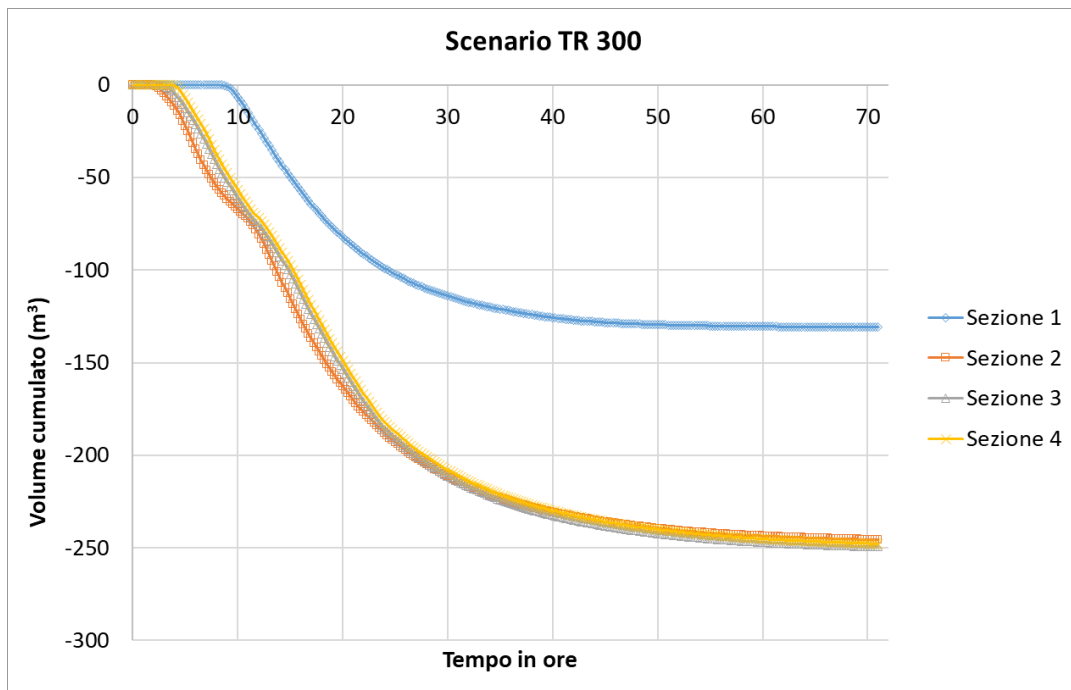


Figura 5.18; Scenario TR 300, volumi cumulati lungo le sezioni indicate in Figura 5.16.

5.4 Conclusioni stato di fatto

Gli scenari simulati evidenziano che il deflusso superficiale proveniente dai bacini idrologici per eventi con tempo di ritorno inferiore ai 100 anni è fermato nel bacino di Blessano. Tale bacino, con un volume di invaso di circa 100 000 m³, svolge un importante ruolo nella difesa idraulica delle frazioni di Blessano e Vissandone e del centro di Basiliano. Di conseguenza, il volume che transita sotto l'attraversamento ferroviario della Lavia di Galleriano per eventi con tempo di ritorno inferiore ai 100 anni è legato solo al contributo della precipitazione efficace.

Tali affermazioni trovano riscontro in quanto accaduto durante l'evento del 2014, analizzato nella relazione idrologica, per il quale si è stimato un tempo di ritorno di circa 100 anni e che ha interessato il bacino di Blessano, riempiendolo. In corrispondenza di tale evento, non ci sono stati allagamenti distribuiti, avvalorando le ipotesi sulla grande permeabilità dei terreni e evidenziando un certo fattore di sicurezza sulle simulazioni eseguite, non avendo considerato che durante il deflusso possa esserci infiltrazione nel terreno.

Perciò, con un tempo di ritorno di 100 anni, si è stimato un volume uscente dalla cassa di Blessano di circa 20 000 m³ e un volume che supera il rilevato ferroviario di 90 000 m³. Mentre, per la simulazione proposta per un evento di elevata magnitudo, tempo di ritorno di 300 anni, riempie il bacino di difesa dell'abitato di Blessano e genera un deflusso verso valle di circa 130 000 m³, il quale si somma alle intense precipitazioni, generando un volume complessivo a valle della ferrovia pari a circa 250 000 m³.

Infine, nelle tre mappe d'inviluppo delle profondità si evidenziano delle zone allagate tra il percorso della Lavia e la SP10. Queste sono dovute alle intense precipitazioni ed agli alti valori di CN assegnati alla zona edificate. Tali allagamenti interessano delle porzioni di territorio leggermente depresse e sono causate dalla presenza di un tombino costruito per l'attraversamento della SS 13 che impedisce un libero deflusso.

La Figura 5.19 mostra la sovrapposizione tra il poligono relativo alla pericolosità idraulica P1 presente nel PGRA e la mappa dell'inviluppo delle profondità massime per lo scenario TR 100. Tale sovrapposizione evidenzia che il poligono della pericolosità descrive accuratamente quanto simulato per la zona dove passa il nuovo tracciato stradale. Inoltre, si nota che allo stato attuale il tracciato potrebbe essere interessato dal deflusso superficiale della Lavia e da quello proveniente dalle aree edificate situate presso il nodo stradale tra la SS 13 e la SP 10. Tale interferenza era già stata parzialmente considerata nel progetto della nuova tangenziale, il quale prevedeva delle aree di espansione per accumulare il volume meteorico in caso di eventi di elevata magnitudo. Questo riguarda principalmente il deflusso che segue la SP 10 e non quello proveniente dalla Lavia di Galleriano che è stato stimato in questo studio avere un volume complessivo pari a circa 90.000 m³ per un evento con tempo di ritorno pari a 100 anni.

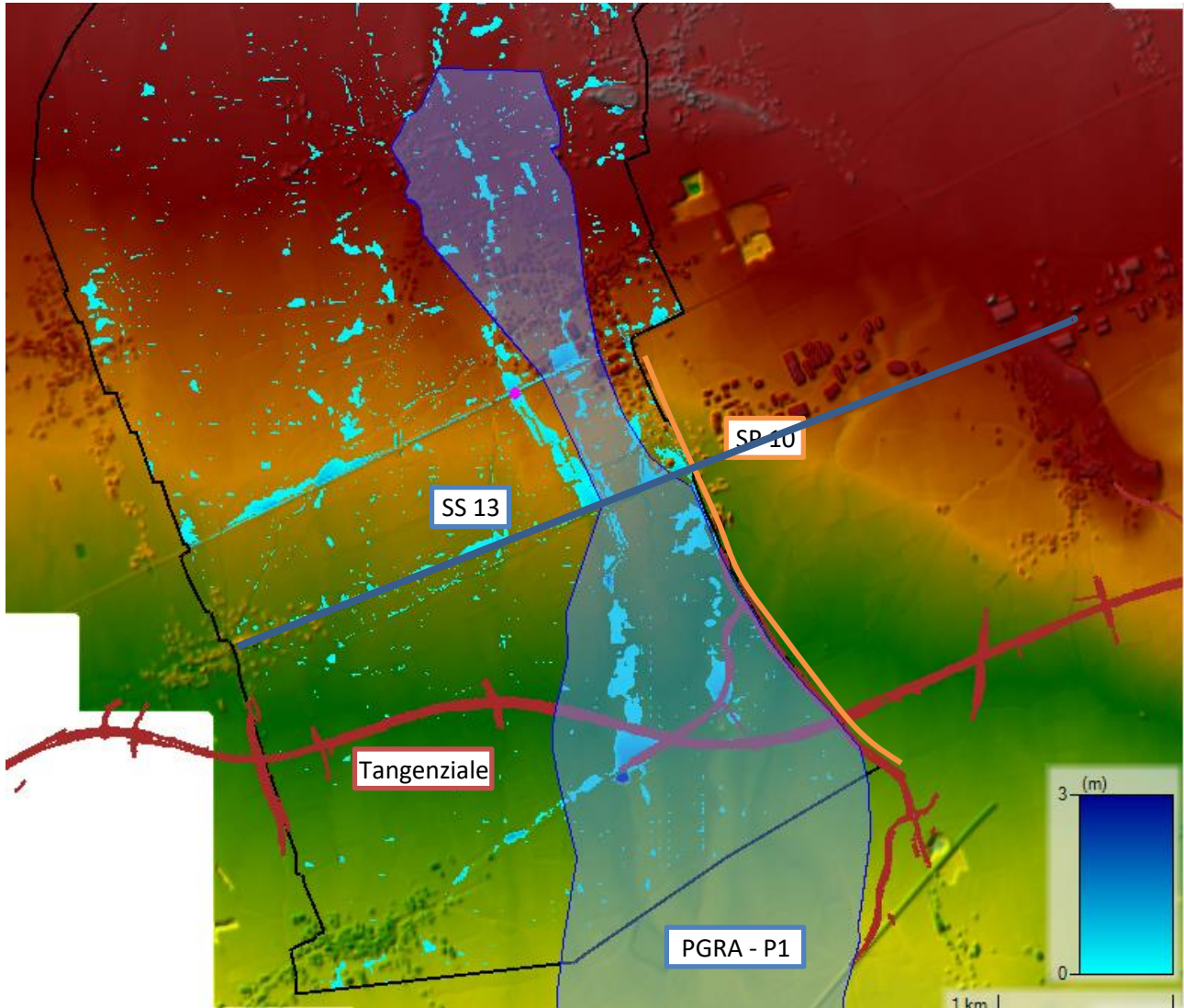


Figura 5.19; Scenario TR 100, involucro tiranti massimi simulati e mappa della pericolosità presente nel PGRA.

6 Risultati dello stato di progetto

Lo scenario TR 100 viene assunto come riferimento per dimensionare le opere di presidio del nuovo tracciato stradale. Questo tracciato è progettato in trincea per una lunghezza di circa 1,3 km, a partire approssimativamente dall'incrocio con la SP61 e proseguendo verso est.

Il progetto della Tangenziale prevede la realizzazione di un fosso di guardia a monte del tratto stradale, il quale ha il compito di convogliare il deflusso superficiale proveniente da nord verso due bacini di recupero idraulico, previsti a est e a ovest del tracciato in trincea. Il fosso di guardia e i bacini sono progettati per intercettare il deflusso in uscita dalle aree agricole situate tra la ferrovia e il tracciato della Tangenziale.

Le simulazioni dello stato di fatto e il PGRA evidenziano che le criticità idrauliche del tratto stradale in trincea non sono solo legate a queste zone agricole, ma, in caso di eventi eccezionali, anche al deflusso superficiale proveniente dal bacino della Lavia di Galleriano, situato a nord della ferrovia, e dalla zona edificata tra la SP10 e la Lavia di Galleriano con un contributo proveniente anche dal paese di Basiliano a nord della ferrovia. Pertanto, si propone di trattenere il volume che transita per il tombotto della ferrovia in alcune aree comprese tra la strada SS13 e il rilevato ferroviario, creando delle zone depresse sulla sinistra idrografica dell'attuale tracciato della Lavia. Inoltre, si intende modificare la capacità dell'area di compensazione e recupero idraulico prevista dal progetto tra la SP61 e la Tangenziale, in modo da contenere sia il deflusso proveniente dal fosso di guardia che quello dall'area edificata sopra citata.

Lo stato di progetto, quindi, prevede la realizzazione di una simulazione del deflusso superficiale con un tempo di ritorno pari a 100 anni, utilizzando le condizioni al contorno riportate nel punto 5.2. Il modello digitale del terreno è stato aggiornato apportando le seguenti modifiche (vedi Figura 6.1, 6.2 e 6.3):

- 1- Trincea stradale con fosso di guardia
- 2- Bacino di Basiliano
- 3- Area di compensazione Ovest
- 4- Area di Compensazione Est
- 5- Manufatti di collegamento tra i bacini e fossi presenti

I volumi di invaso previsti per tali bacini di ritenuta sono riportati nella Tabella 3.

Tabella 3; Volumi invaso

Bacino	Volume (m ³)	Area (m ²)	Note
Basiliano	90 000	71 000	Nuova area, non presente nel progetto
Compensazione Ovest	4 100	7 230	Come da progetto
Compensazione Est	20 000	31 900	Superficie uguale al progetto, con capacità di invaso aumentata

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

Il bacino di Basiliano proposto in questo studio è costituito da tre vasche di accumulo collegate in serie, ciascuna delle quali ha una quota di fondo differente ma un livello massimo di invaso pari a 1,30 m. Le due strade agricole presenti nell'area vengono mantenute e utilizzate per suddividere l'area nelle tre vasche, che sono collegate a cascata da sfioratori di superficie.



Figura 6.1; Posizione planimetrica delle opere di compensazione ambientali e recupero idraulico (verde) previste dal progetto della nuova tangenziale e bacino di laminazione proposto in questo studio (viola).

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

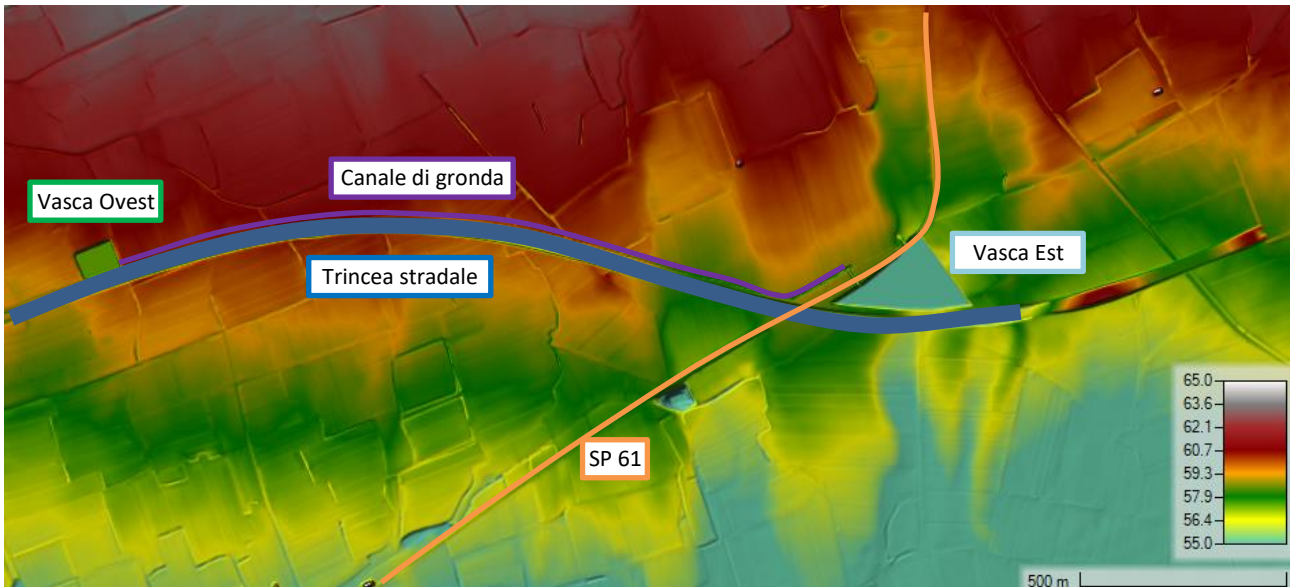


Figura 6.2; Posizione planimetrica delle opere di compensazione ambientali e recupero idraulico e del nuovo tracciato stradale.

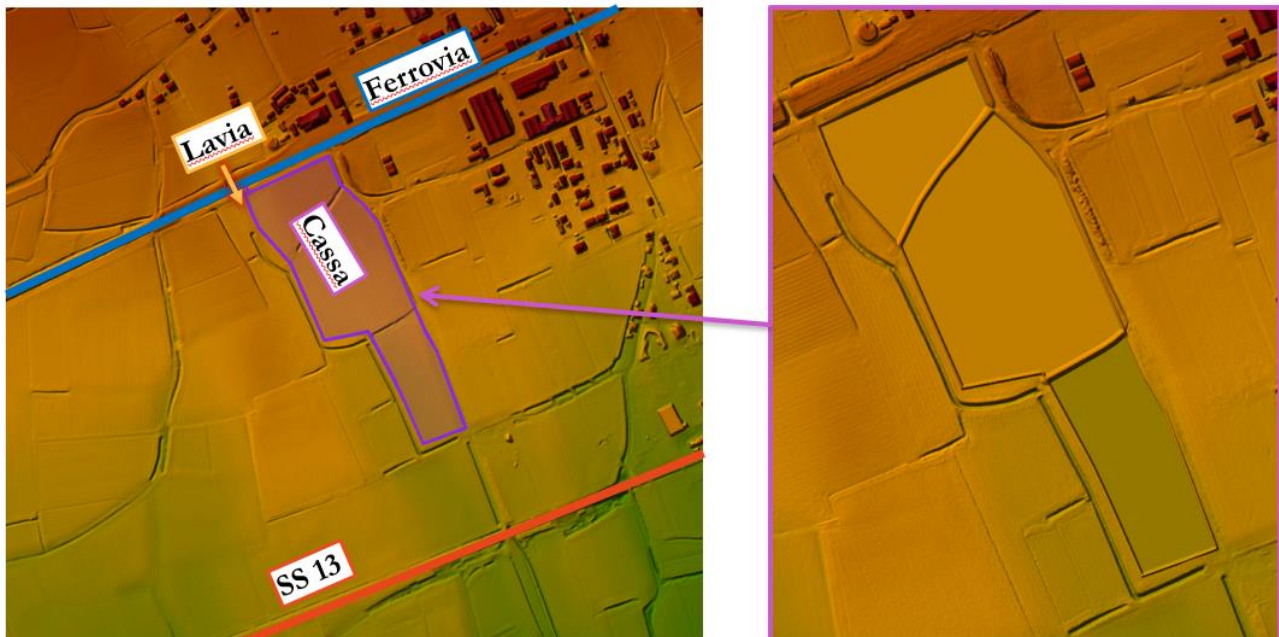


Figura 6.3; Posizione planimetrica delle opere di compensazione ambientali e recupero idraulico e del nuovo tracciato stradale.

Prima di presentare i risultati della modellazione idraulica per lo stato di progetto, si sono studiati i bacini imbriferi che, secondo le pendenze del modello digitale del terreno, possono contribuire al riempimento delle casse di espansione. Gli step utilizzati sono gli stessi esposti nella modellazione idrologica per l'individuazione dei bacini a monte e consistono nel ricavare il reticolo idrografico tramite la direzione di massima pendenza per ciascuna cella. Il reticolo viene estratto dal DBM a 0.5 m della regione Friuli Venezia Giulia con le opere inserite e con le concavità rimosse, in modo da creare continuità per il reticolo da monte a valle.

Carlo Gregoretto, Matteo Barbini, Martino Bernard

Questa analisi ha permesso di identificare tre bacini imbriferi, ciascuno dei quali scarica il deflusso superficiale in direzione di una vasca di ritenuta. In Figura 6.4, il bacino in giallo rappresenta il bacino idrologico intermedio della Lavia di Galleriano, che confluisce nella vasca in progetto di Basiliano; l'area viola è connessa idraulicamente alla vasca di compensazione est e il bacino blu alla vasca ovest. L'area in viola a nord della ferrovia è connessa tramite il sottopasso ferroviario e quindi prima di essere connessa idraulicamente alla vasca est deve fornire un volume tale da riempire la concavità formata dalla strada. Lo stesso ragionamento vale per la piccola area blu a monte della ferrovia. La Tabella 4 riporta le dimensioni delle superfici di ciascun bacino.

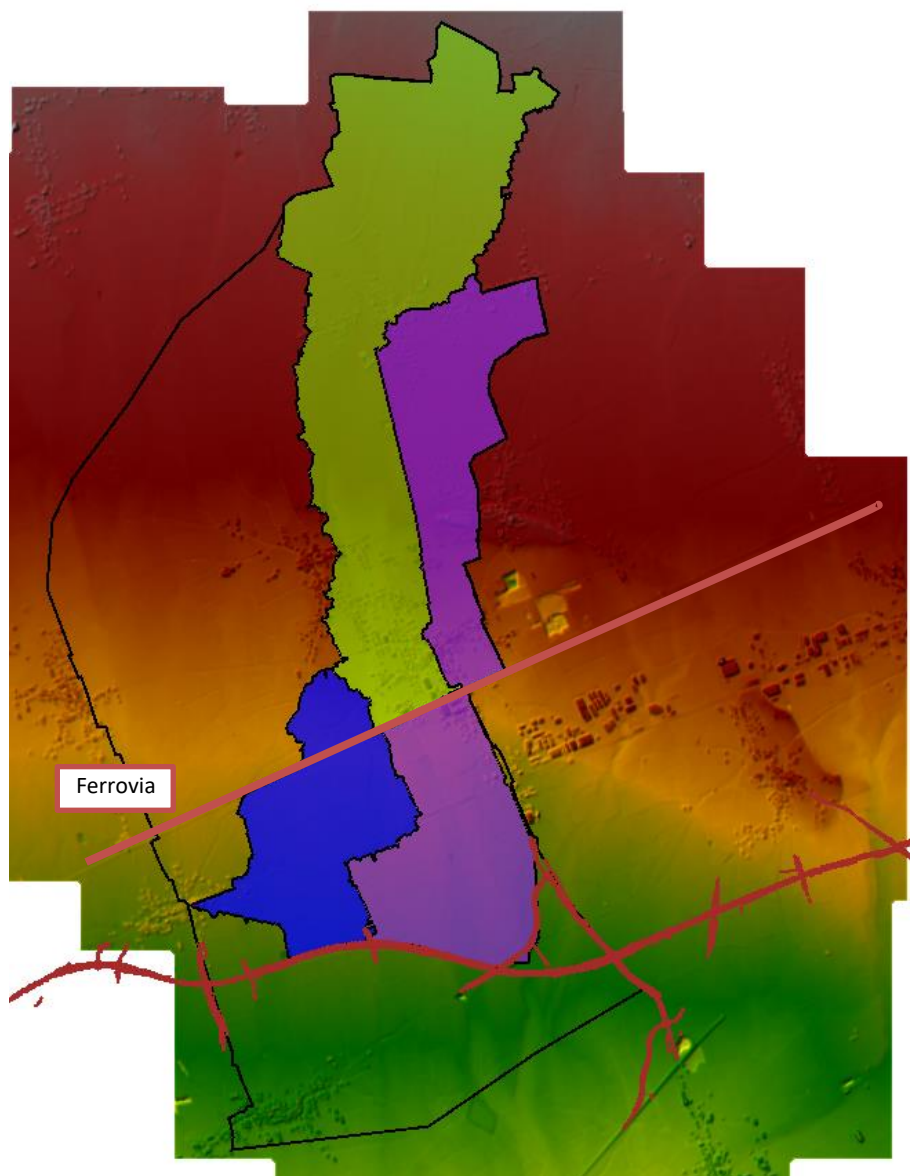


Figura 6.4; Bacini idrologici intermedi afferenti alle casse di espansione. Giallo bacino intermedio della Lavia di Galleriano, viola bacino vasca di compensazione Est e blu bacino vasca di compensazione Ovest.

Tabella 4; Area bacini

Bacino di ritenuta	Area bacino idrologico (Km ²)
Basiliano	5.5
Compensazione Ovest	4.2
Compensazione Est	2.0

6.1 Scenario TR 100, Stato di progetto

Lo scenario TR 100, come visto per lo stato di fatto, prevede tre input liquidi provenienti dalla modellazione idrologica che hanno un volume totale pari a circa 130.000 m³. Una buona porzione di tale volume viene intercettata dal bacino di Blessano, che ha una capacità di invaso di circa 100.000 m³. Pertanto, nel dominio a valle si propagano circa 23.000 m³ uscenti dal bacino e circa 7.000 m³ provenienti dal bacino idrologico di Martignacco Ovest. Quest'ultimo volume entra nel dominio di calcolo a nord-est e quindi non è intercettato dall'opera di invaso. Il volume che raggiunge il tombotto ferroviario è di circa 90.000 m³, il quale, dopo il tombotto, attraverso un fosso e un guado, viene invaso completamente nella cassa di Basiliano (Figura 6.5 e 6.6). Il volume derivante dalla precipitazione efficace nell'area edificata tra la SP10 e la Lavia scorre in direzione sud, attraverso la SS 13 tramite un tombino e raggiunge il bacino di compensazione Est, con un volume di 17.000 m³. Il fosso di guardia a monte della strada in trincea raccoglie in totale 5.500 m³ e li trasporta verso le aree di compensazione, 3.000 m³ verso la vasca a ovest e 2.500 m³ verso la cassa a est (vedi Figura 6.7)

Carlo Gregoretti, Matteo Barbini, Martino Bernard

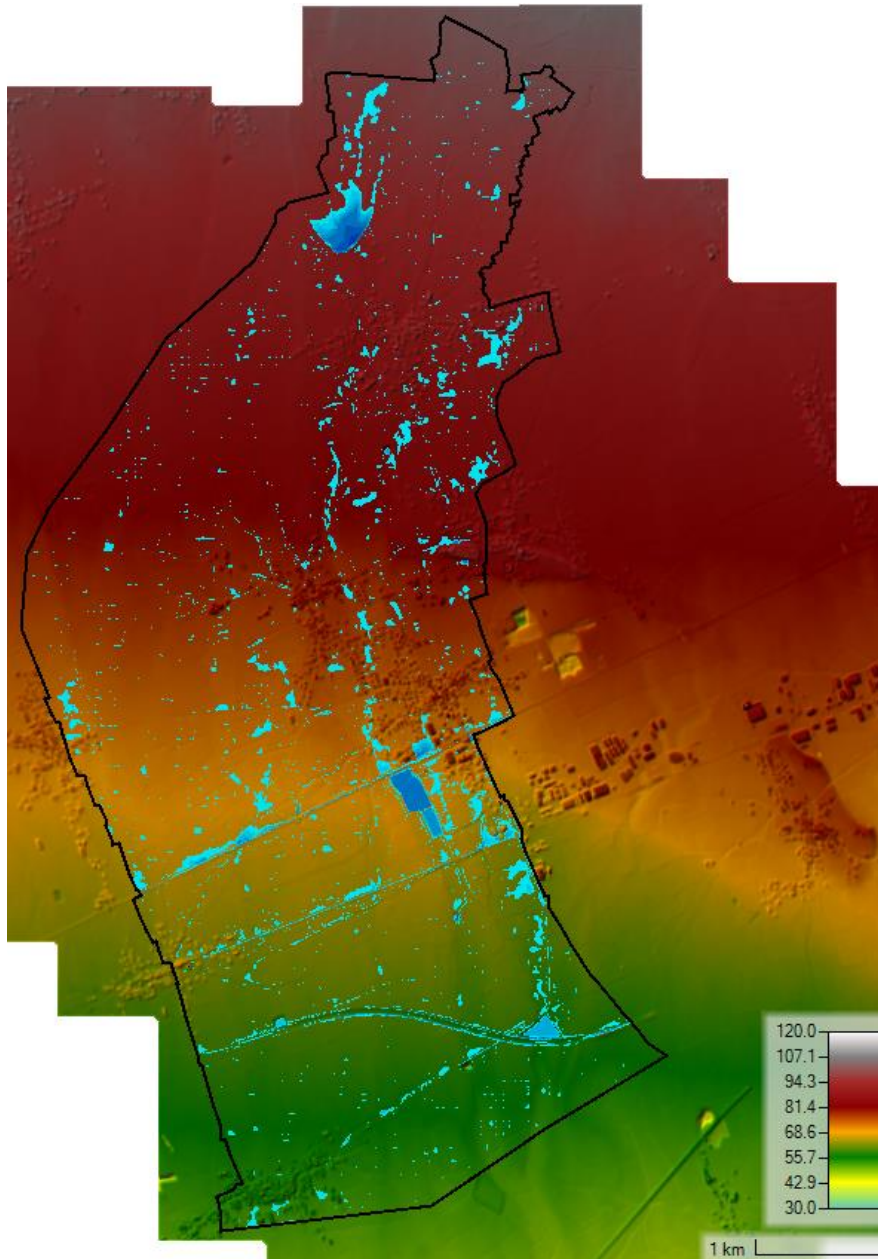


Figura 6.5; Stato di progetto, scenario TR100, involucro delle profondità massime simulate.

Carlo Gregoretti, Matteo Barbini, Martino Bernard

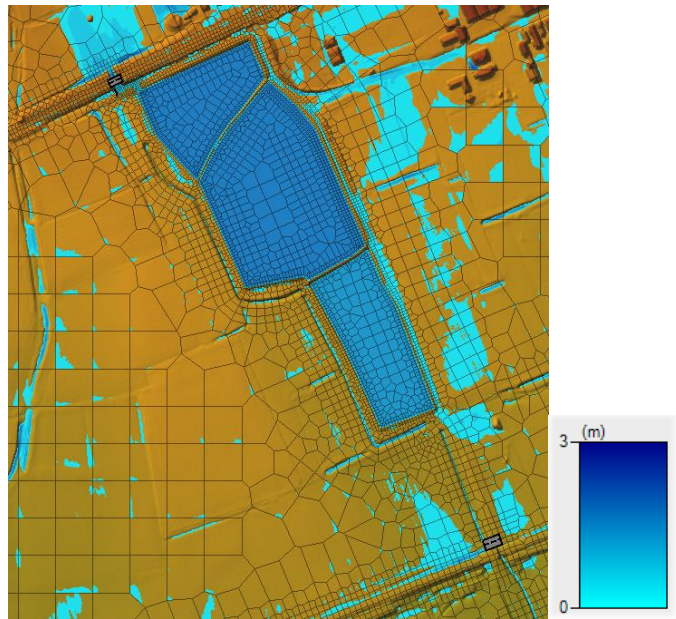


Figura 6.6; Stato di progetto, scenario TR100, inviluppo profondità massime per il bacino di Basiliano.

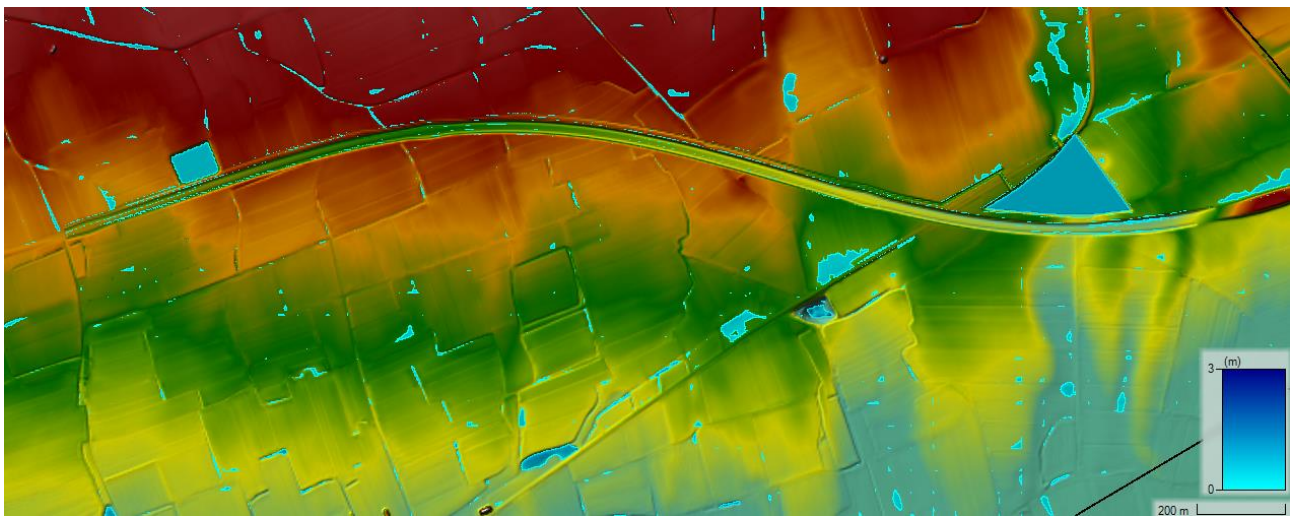


Figura 6.7; Stato di progetto, scenario TR100, inviluppo profondità massime per le aree a cavallo del tracciato stradale in progetto con zone di compensazione.

7 Conclusioni

Le simulazioni hanno evidenziato la necessità di introdurre nel progetto della Tangenziale una nuova vasca di espansione a valle della ferrovia per contenere il deflusso superficiale proveniente dalla Lavia di Galleriano e di ridimensionare le aree di compensazione. Inoltre, è necessario rimarcare che i volumi simulati attraverso le simulazioni idrauliche risultano essere cautelativi, poiché, come detto in precedenza, il modello non considera l'eventuale infiltrazione del terreno, che nello studio della Lavia redatto da Nicolini (2016) era stato fissato attorno a 100 l/s per ettaro. Considerando tale capacità di infiltrazione, i volumi stimati si potrebbero presentare agli invasi solo per eventi con tempo di ritorno superiori ai 100 anni.

Infine, il tratto del piano stradale della tangenziale in trincea risulta essere protetto dalle opere introdotte nello stato di progetto. Nei due fossi di guardia, a monte e a valle della strada, sono invasati dei volumi che non rappresentano una limitazione per la circolazione stradale. Inoltre, essi defluiscono verso est raggiungendo il punto più basso della trincea, dove sono previste altre opere di compensazione e ritenuta idraulica non inserite nella modellazione.

Di conseguenza, si può affermare che un remoto livello di criticità rimane per l'area in progetto, ma esso è dovuto ad eventi estremi e con tempi di ritorno superiori a quelli richiesti per la progettazione di un'opera stradale di questo tipo. Questo è evidenziato da quanto accaduto nell'evento del 1920, per il quale è stata registrata una precipitazione che, da un'analisi statistica, risulta avere un tempo di ritorno superiore a 500 anni.