

Piano Strutturale

ai sensi dell'art. 92 della L.R. 65/2014

Arch. Giovanni Parlanti

Progettista

Arch. Gabriele Banchetti

Responsabile V.A.S. e censimento P.E.E.

Mannori & Associati Geologia Tecnica

Dott. Geol. Gaddo Mannori

Studi geologici

D.R.E.Am. Itaia Soc. Coop.

Dott. Ing. Simone Galardini

Studi idraulici

Pian. Bechelli Emanuele

Collaborazione al progetto

Avv. Simona De Caro

Sindaco e Assessore dell'Urbanistica

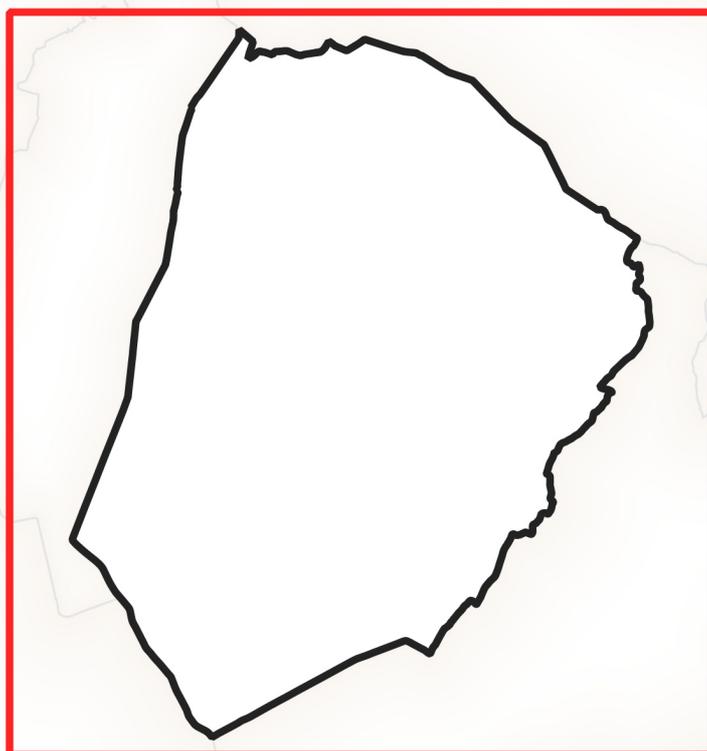
Dott. Antonio Pileggi

Responsabile del settore territorio e sviluppo

Responsabile del procedimento

Geom. Ilaria Zingoni

Garante dell'Informazione e della Partecipazione



Doc. I - Relazione idrologica idraulica

Adottato con Del. C.C. n.

del.

Luglio 2023

Sommario

| | |
|---|----|
| Premessa | 2 |
| 1. Studi idraulici recepiti integralmente nel presente studio..... | 3 |
| 2. Inquadramento territoriale..... | 3 |
| 3. Analisi idrologica | 5 |
| 3.1 Pluviometria..... | 6 |
| 3.2 Perdite idrologiche..... | 7 |
| 3.3 Trasformazione afflussi-deflussi | 11 |
| 3.4 Risultati analisi idrologica..... | 14 |
| 4. Sopralluoghi e rilievi topografici..... | 16 |
| 5. Modellazione idraulica | 18 |
| 5.1 Modellazione con il software HEC-RAS..... | 18 |
| 6. Risultati della modellazione..... | 22 |
| 6.1 "Uggia-Pazzera", Rio Bronzoli, Rio Pietraia, Rio del Carro | 22 |
| 6.1.1 "Uggia-Pazzera" | 22 |
| 6.1.2 Rio Bronzoli..... | 26 |
| 6.1.3 Rio Pietraia | 28 |
| 6.1.4 Rio del Carro | 32 |
| 6.1.5 Risultati della modellazione..... | 34 |
| 6.2 Rio Gerbi, Rio della Grotta, Fosso Scolo..... | 37 |
| 6.2.1 Rio Gerbi detto Rio Vecchio e Rio della Grotta | 38 |
| 6.2.2 Fosso Scolo..... | 43 |
| 6.2.3 Risultati della modellazione..... | 45 |
| 6.3 Rio Bechini | 46 |
| 7 Risultati degli studi idraulici precedenti recepiti nel presente studio | 52 |
| 7.1 Torrente Nievole: Studio idraulico per la determinazione dei battenti all'interno del territorio del Comune di Pieve a Nievole..... | 52 |
| 7.2 Fosso di Cecina: Studio idrologico e idraulico Comune di Larciano | 54 |
| 8. Definizione della pericolosità e della magnitudo idraulica..... | 56 |

Relazione idrologica ed idraulica

Premessa

Il presente documento costituisce la relazione idrologica ed idraulica a supporto delle analisi e delle valutazioni condotte nell'ambito del Piano Strutturale del Comune di Monsummano Terme.

Lo studio ha avuto come finalità la determinazione, per eventi pluviometrici estremi (tempi di ritorno 30 e 200 anni), dei battenti, della pericolosità e della magnitudo idraulica sul territorio comunale, integrando ed aggiornando i risultati di studi pregressi nonché lo scenario di pericolosità idraulica individuato nella cartografia PGR di Distretto dell'Appennino Settentrionale. Relativamente alle verifiche idrauliche condotte si specifica che la valutazione è stata approfondita nelle aree dove in reticolo idrografico di cui alla L.R. 79/2012 e s.m.i. interferisce con il territorio urbanizzato in conformità alla vigente normativa regionale ed al regolamento 5/R.

L'intero territorio comunale è coperto dal volo Lidar che fornisce un modello digitale del terreno con risoluzione 1x1 m. Tale DTM ha permesso la modellazione idraulica di tipo bidimensionale extra-alveo per la propagazione dell'onda di piena sul piano campagna.

In definitiva, in prima istanza è stata condotta l'analisi idrologica, secondo le specifiche successivamente descritte e implementata tramite il software HEC-HMS 4.8, al fine di definire le portate di piena con tempo di ritorno trentennale e duecentennale. Successivamente, grazie ai rilievi effettuati sul campo per determinare le caratteristiche delle sezioni e degli attraversamenti dei corsi d'acqua studiati, si è provveduto ad effettuare simulazioni idrauliche, con schema di moto vario unidimensionale nel canale, accoppiato con schema di moto puramente bidimensionale (implementato con il software Hec Ras 6.0) per la propagazione dei volumi sul piano campagna.

La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica per eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni (definite dalla normativa come "aree a pericolosità per alluvioni frequenti") e minore o uguale a 200 anni (definite dalla normativa come "aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti"), nonché delle aree a diversa "magnitudo idraulica" (combinazione del battente e della velocità della corrente associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti, definita nella L.R. 41/2018), è stata infine definita con strumenti GIS (QGIS 3.18) sulla base dei risultati raster forniti direttamente dal modulo RAS Mapper del software HEC-RAS.

In ragione delle suddette considerazioni si assume dunque che:

- a) le strutture idrauliche di contenimento (argini, muri di sponda, ecc.) siano considerate tracimabili ma senza collasso della struttura. Analogamente non si considerano fenomeni di collasso dovuti a processi di mobilità dell'alveo o a moti di filtrazione;
- b) per altre strutture di contenimento non idrauliche (rilevati stradali e ferroviari), non è previsto il collasso anche in caso di tracimazione, valutandone nel contempo il grado di permeabilità macroscopico dovuto agli attraversamenti;
- c) si esclude la possibilità di ostruzione delle opere d'arte interferenti per trasporto in flottazione;
- d) non si considera l'influenza di allagamenti o ristagni dal reticolo scolante minore o da altri sistemi di drenaggio.

1. Studi idraulici recepiti integralmente nel presente studio

Nel presente studio idrologico idraulico a supporto del Piano Strutturale del Comune di Monsummano Terme sono stati recepiti integralmente:

- Studio idrologico ed idraulico Comune di Larciano – Allegato G.3 – Relazione idraulica
- Studio idraulico per la determinazione dei battenti all'interno del territorio del Comune di Pieve a Nievole -Relazione Idrologica ed idraulica

2. Inquadramento territoriale

Il territorio comunale oggetto di studio ha una superficie complessiva di circa 33 km² ed è caratterizzato da rilievi collinari nella porzione nord-est che degradano dolcemente verso il fondovalle, caratterizzato a sud dalla piana del Padule di Fucecchio verso il quale tutti i corsi d'acqua confluiscono. Il tessuto urbanizzato viene attraversato da corsi d'acqua di media o piccola entità con attraversamenti in prossimità delle vie di comunicazione principali.

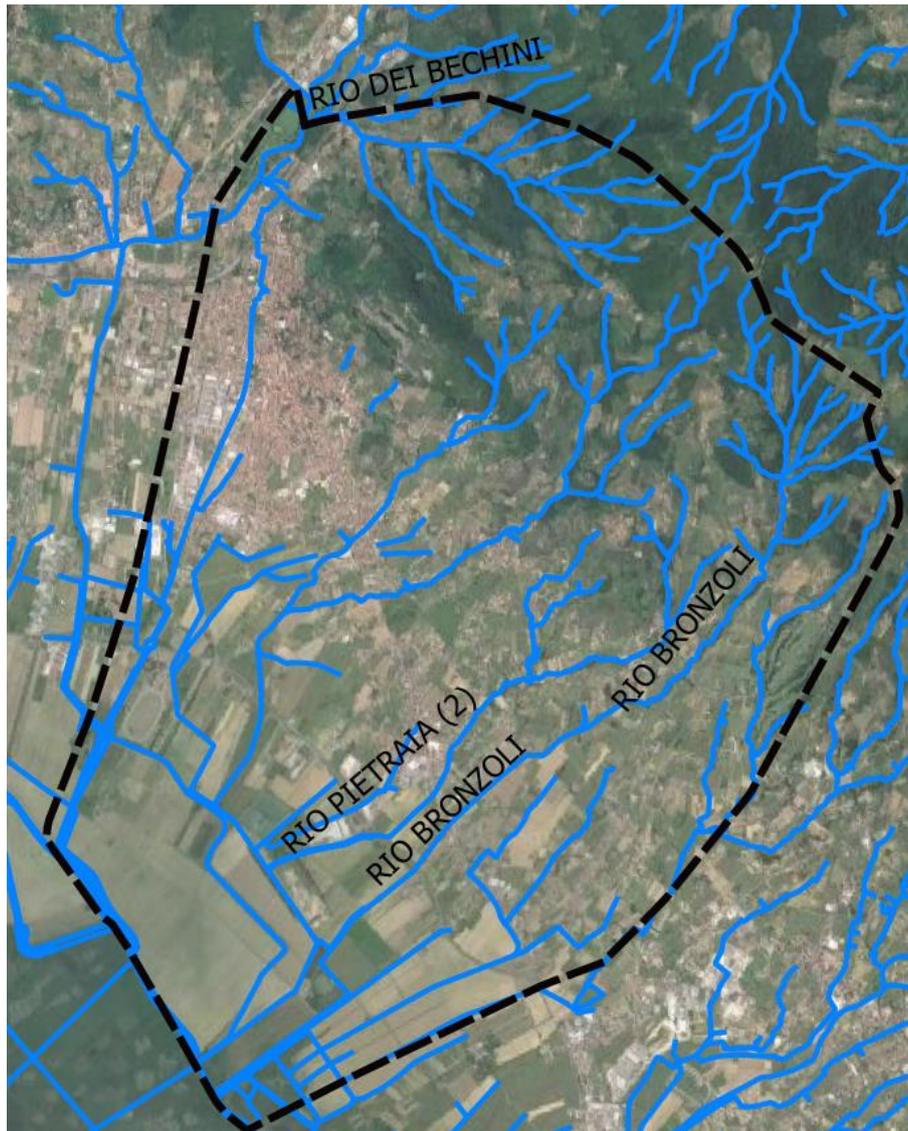


Figura 1 - Sviluppo del territorio comunale con il reticolo idrografico della Regione Toscana

3. Analisi idrologica

In questa fase della trattazione viene esposto il metodo generale utilizzato per l'analisi idrologica di tutti i corsi d'acqua del territorio comunale studiati. Successivamente verranno presentati i singoli sistemi analizzati ed i risultanti delle relative analisi idrauliche condotte.

L'analisi idrologica ha previsto una schematizzazione della trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali con il metodo del Curve Number. L'analisi idrologica è stata implementata tramite il software HEC-HMS 4.8, ed è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 30 e 200 anni. Nella figura seguente sono riportati i sottobacini dei corsi d'acqua studiati, raggruppati in 6 sistemi principali:

- Il Rio Bechini, con i suoi due rami, destro e sinistro al limite nord del comune;
- Il Rio Gerbi detto Rio Vecchio, con il suo affluente in destra Rio della Grotta;
- Il Rio del Carro;
- Il Rio Pietraia;
- Il Rio Bronzoli;
- Il Sistema denominato "Uggia-Pazzera" compreso tra il Rio Bronzoli e il Fosso Cecina al confine sud est con il Comune di Larciano.

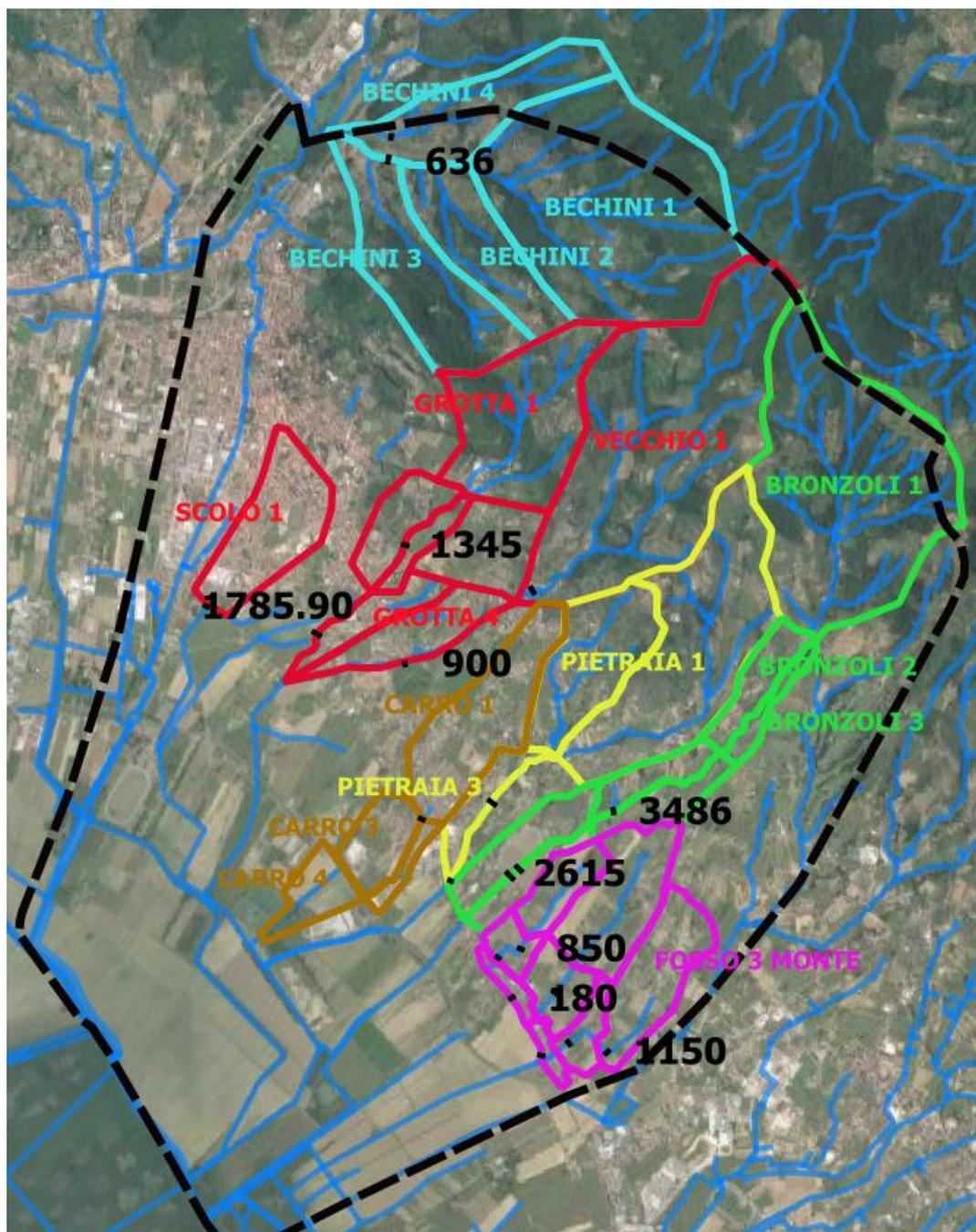


Figura 2 – Bacini idrografici dei corsi d'acqua oggetto di studio

3.1 Pluviometria

L'analisi idrologica è stata condotta tenendo conto delle *linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate nel 2012*, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012. I parametri delle LSPP aggiornate sono disponibili e consultabili al link <http://www.sir.toscana.it/lssp-2012>.

Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri dell'espressione monomia per l'altezza di precipitazione:

$$h=a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Per l'area in esame si è fatto riferimento in prima battuta alla stazione pluviometrica di Montecatini Terme (TOS01001601), che per vicinanza è la più significativa rispetto all'area analizzata. I parametri della curva sono riportati nella tabella sottostante:

| Stazione di Montecatini Terme | a | n |
|-------------------------------|--------|---------|
| Tr = 200 anni | 82.848 | 0.31013 |
| Tr = 30 anni | 56.136 | 0.29064 |

Tabella 1 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica

Per tener conto della variabilità spaziale dell'evento pluviometrico su bacini piuttosto ampi si è utilizzato la spazializzazione delle piogge su maglia 1 x 1 km fornita dalla Regione Toscana; in pratica su ogni sottobacino è stata effettuata una media ponderata sulle altezze di pioggia ricavate a partire dalla spazializzazione, in modo da ricavare l'input di altezza di pioggia più rappresentativo da inserire per i sottobacini analizzati nel modello idrologico.

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad un ietogramma sintetico, che pur non rappresentando il reale andamento dell'evento di pioggia, introduce, nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi, una variabilità temporale della pioggia in grado di produrre risultati tali da ritenersi cautelativi. Per lo studio in questione, tra gli ietogrammi noti in letteratura, si è deciso di utilizzare quello di tipo triangolare, con picco in posizione centrale.

3.2 Perdite idrologiche

Per la determinazione dei deflussi netti corrispondente allo scorrimento superficiale dei bacini si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ [mm]}$$

Il parametro adimensionale Runoff Curve Number può variare tra 0 e 100 ed è determinabile mediante apposite tabelle, in funzione della natura del terreno, dal tipo di copertura vegetale, della tessitura del terreno, dell'uso del suolo e del grado di saturazione. Si è fatto quindi riferimento al gruppo idrologico USDA (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) grazie alla cartografia resa disponibile dal Geoscopio della Regione Toscana .

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover, con riferimento alla carta di uso del suolo riferita al 2016.

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, riferito ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II).

Tale tabella è stata ricavata dal documento "Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS" del novembre 2014, predisposto nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

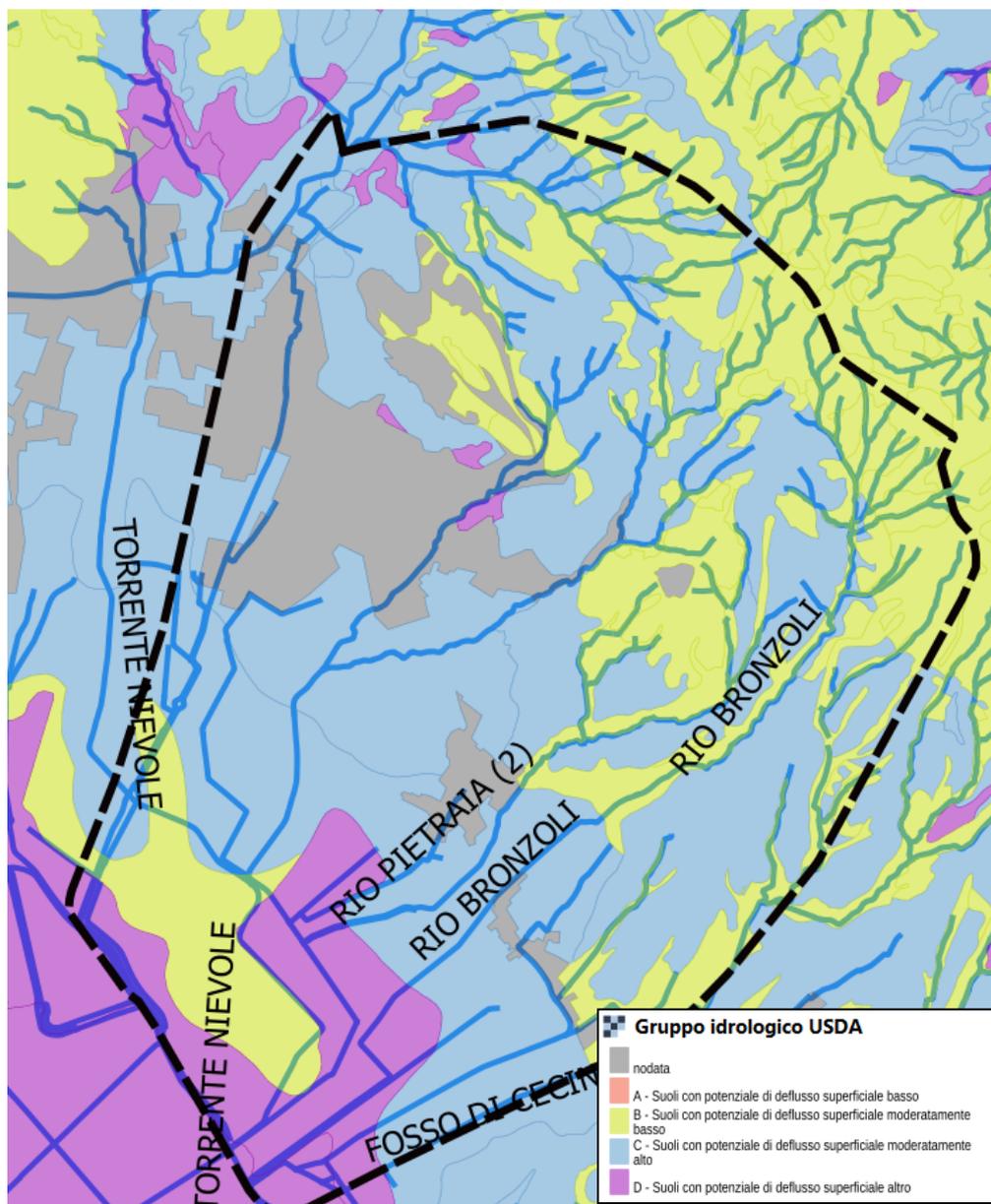


Figura 3 – Carta del gruppo idrologico USDA- Regione Toscana

| Codice CORINE | CN(A) | CN (B) | CN (C) | CN (D) |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| 111 | 89 | 92 | 94 | 95 |
| 112 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| 121 | 81 | 88 | 91 | 93 |
| 122 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 123 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 124 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 131 | 76 | 85 | 89 | 91 |
| 133 | 77 | 86 | 91 | 93 |
| 141 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 142 | 68 | 79 | 86 | 89 |
| 210 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| 211 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| 212 | 67 | 78 | 85 | 89 |
| 213 | 62 | 71 | 78 | 81 |
| 221 | 76 | 85 | 90 | 93 |
| 222 | 43 | 65 | 76 | 82 |
| 223 | 43 | 65 | 76 | 82 |

| Codice CORINE | CN(A) | CN (B) | CN (C) | CN (D) |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| 231 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 241 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| 242 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| 243 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| 244 | 43 | 65 | 76 | 82 |
| 311 | 36 | 60 | 73 | 79 |
| 312 | 36 | 60 | 73 | 79 |
| 313 | 36 | 60 | 73 | 79 |
| 321 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 322 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 323 | 35 | 56 | 70 | 77 |
| 324 | 35 | 56 | 70 | 77 |
| 331 | 46 | 65 | 77 | 82 |
| 332 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| 333 | 63 | 77 | 85 | 88 |
| 334 | 63 | 77 | 85 | 88 |
| 335 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 411 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 412 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 421 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 422 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 423 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 511 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 512 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 521 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 522 | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 523 | 98 | 98 | 98 | 98 |

Tabella 2 - Parametri CN relativi alla classe II di umidità per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo. Fonte: Regione Toscana

Relativamente ai gruppi 311, 312, 313 i valori tabellari fanno riferimento ad una condizione idrogeologica “media” dei boschi; dai sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che lo stato di conservazione dei boschi nella parte di testata dei bacini risulta buono, e si è pertanto corretto il valore con i seguenti, sempre ricavati dalle tabelle del SCS.

| | | | | | | |
|------------------|--|----------|----|----|----|----|
| Prati | | buona | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Boschi | | cattiva | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | discreta | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | buona | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Aziende agricole | | - | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Strade sterrate | | - | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Str. pavimentate | | - | 74 | 84 | 90 | 92 |

Tabella 3 - Valori del CN assunto per i gruppi 311, 312, 313 (boschi)

La condizione di umidità del suolo fa riferimento alla capacità di filtrazione del suolo, funzione della sua umidità. In particolare si deve fare riferimento all’ammontare delle piogge nei 5 giorni antecedenti l’evento ed assegnare la condizione AMC secondo la tabella indicata, riferita alla stagione di riposo (autunno/inverno) o vegetativa (primavera estate).

| CLASSE AMC | STAGIONE DI RIPOSO | STAGIONE VEGETATIVA |
|------------|--------------------|---------------------|
| I | <12.7 | <35.5 |
| II | 12.7- -28.0 | 35.5- - 53.3 |
| III | >28 | >53.3 |

Tabella 4 - Condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti (mm)

Fra una classe e l'altra esistono le seguenti relazioni:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 + 0.0138 \cdot CN_{II}}$$

Per la determinazione dell'entità degli eventi estremi è stato adottato il **CN_II**, così come successivamente riportato.

3.3 Trasformazione afflussi-deflussi

Si è optato per l'utilizzo dell'idrogramma unitario del SCS, considerando il tempo di ritardo come 0.6 volte il tempo di corrivazione.

La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono dalle molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in km², L la lunghezza dell'asta principale in km, i la pendenza media del corso d'acqua, i_B la pendenza media del bacino, z la quota media del bacino. I parametri riassuntivi delle caratteristiche dei bacini dei corsi d'acqua analizzati sono riportati della tabella seguente

| Corso d'acqua | Bacini | A (km ²) | L (km) | Hmedia | Zmax asta | iB |
|---------------|-------------------------------|----------------------|--------|--------|--------------|------|
| RIO BECHINI | Fosso delle Case | 0.58 | 1.20 | 110.00 | 245.00 | 0.18 |
| RIO BECHINI | Bechini Monte | 2.17 | 2.16 | 215.00 | 450.00 | 0.20 |
| RIO BECHINI | Bechini Destro | 0.65 | 1.84 | 157.50 | 300.00 | 0.17 |
| RIO BECHINI | Fosso della Quiete | 0.85 | 1.62 | 130.00 | 200.00 | 0.16 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli monte | 2.08 | 1.95 | 187.50 | 370.00 | 0.19 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 1 | 0.21 | 0.40 | 22.50 | 85.00 | 0.11 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 2 | 0.17 | 0.35 | 10.00 | 45.00 | 0.06 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 3 | 0.30 | 0.55 | 9.50 | 27.00 | 0.03 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 1 | 0.09 | 0.40 | 12.50 | 80.00 | 0.06 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 2 | 0.19 | 0.50 | 7.50 | 45.00 | 0.03 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 3 | 0.15 | 0.45 | 4.50 | 28.00 | 0.02 |
| RIO PIETRAIA | rio delle piagge | 0.60 | 1.40 | 75.00 | 140.00 | 0.11 |
| RIO PIETRAIA | forra di campore | 1.36 | 2.40 | 110.00 | 180.00 | 0.09 |
| RIO PIETRAIA | rio pietraia urbanizzato dx | 0.17 | 0.38 | 3.00 | 29.00 | 0.02 |
| RIO VECCHIO | rio vecchio monte | 2.35 | 3.20 | 221.50 | 450.00 | 0.14 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta | 0.94 | 1.45 | 122.50 | 250.00 | 0.17 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta urb dx | 0.26 | 0.55 | 20.00 | 55.00 | 0.07 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta urb sx | 0.11 | 0.35 | 12.00 | 47.00 | 0.07 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso1 - Monte | 0.20 | 0.65 | 5.00 | 28.00 | 0.02 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso1 - Valle | 0.11 | 0.34 | 2.00 | 22.00 | 0.01 |
| UGGIA-PAZZERA | Strada1 | 0.06 | 0.55 | 1.00 | 19.00 | 0.00 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso2 - Monte | 0.53 | 0.94 | 11.00 | 35.00 | 0.02 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso2 - Valle | 0.20 | 0.44 | 2.50 | 21.00 | 0.01 |
| UGGIA-PAZZERA | Strada2 | 0.05 | 0.12 | 1.00 | 18.00 | 0.02 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso3 - Monte | 0.46 | 0.60 | 8.00 | 24.00 | 0.03 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso3 - Valle | 0.13 | 0.32 | 3.00 | 20.00 | 0.02 |
| RIO CARRO | Carro Monte | 0.68 | 1.70 | 28.50 | 50.00 | 0.03 |
| FOSSO SCOLO | Fosso Scolo | 0.57 | 0.90 | 4.50 | 23.00 | 0.01 |
| RIO VECCHIO | Rio Vecchio Valle Dx | 0.22 | 0.50 | 13.50 | 40.00 | 0.05 |
| RIO VECCHIO | Rio della Grotta valle urb sx | 0.34 | 0.55 | 11.00 | 39.00 | 0.04 |

Tabella 5 - Parametri morfologici dei corsi d'acqua studiati

I parametri idrologici così ottenuti per i singoli sottobacini sono sintetizzati nella tabella seguente.

| Corso d'acqua | Bacini | T rit LAG (min) | CN II |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------|
| RIO BECHINI | Fosso delle Case | 10 | 73 |
| RIO BECHINI | Bechini Monte | 19 | 67 |
| RIO BECHINI | Bechini Destro | 13 | 75 |
| RIO BECHINI | Fosso della Quiete | 14 | 72 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli monte | 19 | 67 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 1 | 6 | 80 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 2 | 7 | 75 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato dx 3 | 11 | 82 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 1 | 5 | 78 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 2 | 9 | 78 |
| RIO BRONZOLI | bronzoli urbanizzato sx 3 | 9 | 84 |
| RIO PIETRAIA | rio delle piagge | 13 | 79 |
| RIO PIETRAIA | forra di campore | 21 | 77 |
| RIO PIETRAIA | rio pietraia urbanizzato dx | 9 | 86 |
| RIO VECCHIO | rio vecchio monte | 24 | 71 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta | 13 | 74 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta urb dx | 8 | 86 |
| RIO VECCHIO | rio della grotta urb sx | 5 | 89 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso1 - Monte | 12 | 83 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso1 - Valle | 8 | 83 |
| UGGIA-PAZZERA | Strada1 | 15 | 93 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso2 - Monte | 16 | 83 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso2 - Valle | 13 | 82 |
| UGGIA-PAZZERA | Strada2 | 5 | 89 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso3 - Monte | 15 | 83 |
| UGGIA-PAZZERA | Fosso3 - Valle | 9 | 82 |
| RIO CARRO | Carro Monte | 20 | 86 |
| FOSSO SCOLO | Fosso Scolo | 21 | 91 |
| RIO VECCHIO | Rio Vecchio Valle Dx | 8 | 85 |
| RIO VECCHIO | Rio della Grotta valle urb sx | 10 | 87 |

Tabella 6 -Parametri idrologici dei sottobacini studiati

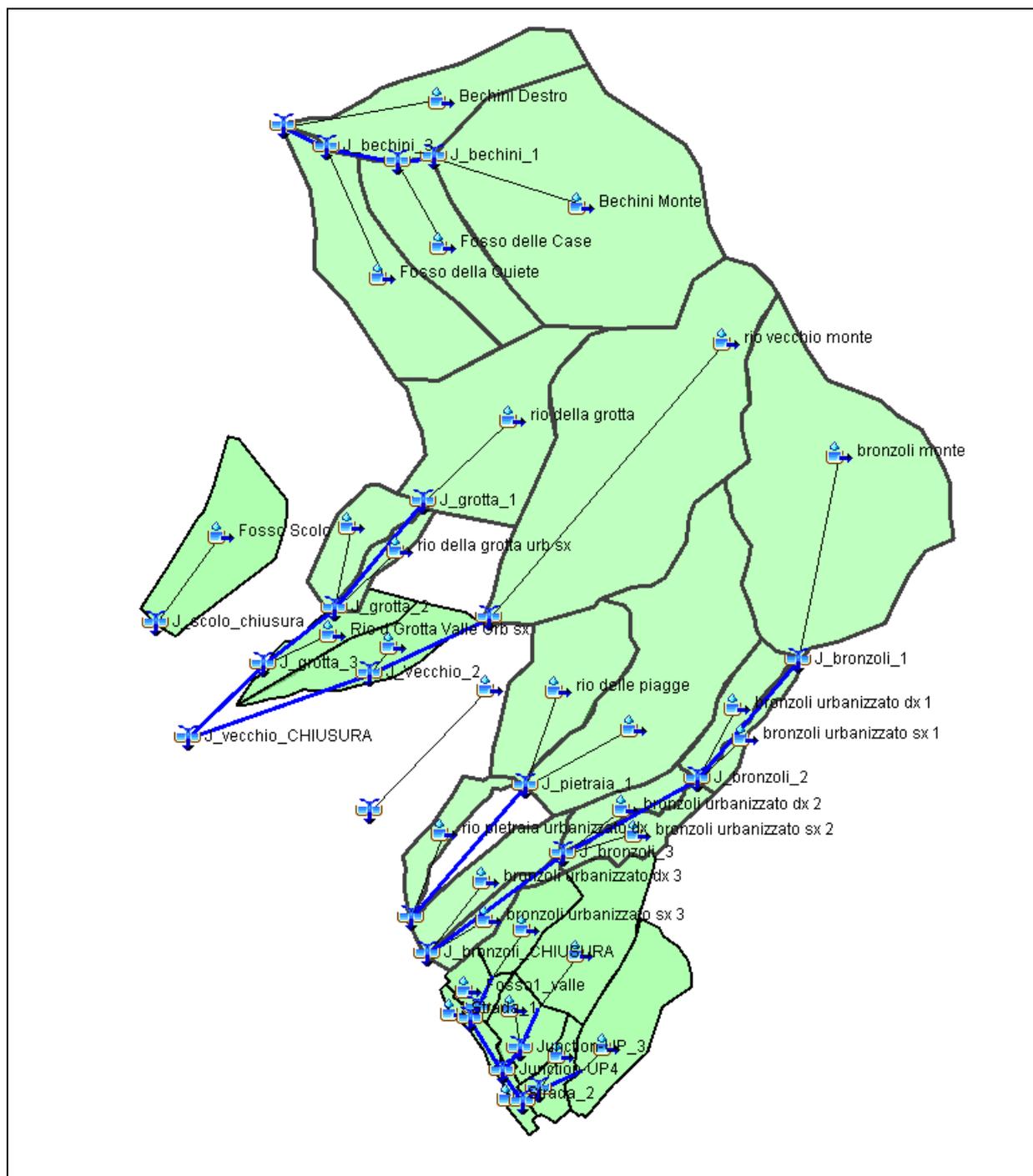


Figura 4 - Modellazione idrologica con il software Hec-Hms

3.4 Risultati analisi idrologica

Di seguito riportiamo in sintesi i risultati dell'analisi idrologica in termini portate massime per tempi di ritorno 30 e 200 anni, per ciascun sistema analizzato, alla sezione di chiusura considerata. Nel paragrafo 6 verranno presentati gli idrogrammi di piena dei singoli corsi d'acqua.

| PORTATE DI PICCO - TR 200 ANNI | | | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| Sistema | Durata Precipitazione | | |
| | <i>Tp 45 min</i> | <i>Tp 1h</i> | <i>Tp2h</i> |
| Rio Bechini | 32.9 | 36.7 | 37.4 |
| Rio Vecchio | 26.6 | 30.8 | 33.70 |
| Rio Pietraia | 24.2 | 26.3 | 25.4 |
| Rio Bronzoli | 18.7 | 19.6 | 24.3 |
| Rio del Carro | 12.10 | 12.50 | 10.80 |
| Sistema Uggia -Pazzera | 30.30 | 31.00 | 26.70 |

Tabella 7 - Portate di picco Tr 200 anni

| PORTATE DI PICCO - TR 30 ANNI | | | |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| Sistema | Durata Precipitazione | | |
| | <i>Tp 1 h</i> | <i>Tp 2h</i> | <i>Tp3h</i> |
| Rio Bechini | 14.30 | 15.80 | 14.90 |
| Rio Vecchio | 16.30 | 18.60 | 17.90 |
| Rio Pietraia | 12.20 | 12.50 | 11.40 |
| Rio Bronzoli | 9.30 | 10.20 | 10.70 |
| Rio del Carro | 6.80 | 6.00 | 5.20 |
| Sistema Uggia -Pazzera | 16.20 | 14.30 | 12.30 |

Tabella 8 - Portate di picco Tr 30 anni

4. Sopralluoghi e rilievi topografici

Per i corsi d'acqua analizzati sono stati effettuati rilievi e sopralluoghi nel territorio comunale, svoltisi su più giornate.

Sono state rilevate le sezioni topografiche dei corsi d'acqua nonché forma e dimensione dei manufatti di attraversamento e delle condotte dei tratti tombati, in ingresso e in uscita, così da poter caratterizzare anche la porzione non a cielo aperto dei corsi d'acqua.



Figura 5 - Rilievo sul Rio Pietraia, attraversamento carrabile su Via Bracona

Le sezioni topografiche sono state rilevate con metodologia GPS in coordinate WGS84 che sono state successivamente appoggiate ed adattate al grigliato IGM in modo da renderle congruenti alle coordinate planimetriche e quote altimetriche del LIDAR.



Figura 6 – Rio Bechini – rilievo dell’attraversamento su Via Tre Fontane



Figura 7 – Rio Pietraia – attraversamento sulla Variante Via del Fossetto



Figura 8 – Sistema Uggia-Pazzera – Sbocco del tratto tombato in prossimità della SR 436

5. Modellazione idraulica

La modellazione idraulica è stata eseguita mediante il software HEC RAS 6.0.

5.1 Modellazione con il software HEC-RAS

Il software HEC RAS 6.0 è un modello fisicamente basato in grado di conservare e distribuire i volumi d'acqua in base all'effettiva morfologia e topografia del territorio analizzato.

Lo schema di moto all'interno del canale è di tipo unidimensionale non stazionario (moto vario), risolto mediante integrazione numerica delle equazioni di De Saint Venant; le arginature od i cigli di sponda sono rappresentati mediante sfioratori longitudinali (Lateral Structures) che, nell'evenienza in cui il livello liquido raggiunga la sommità arginale, trasferiscono il volume esondato sul territorio, per la sua propagazione con schema di moto bidimensionale, che è risolto mediante l'integrazione numerica delle equazioni del moto, espressa come equazione dell'onda dinamica completa, e di conservazione del volume:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i$$

$$S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x \partial V_x}{g \partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

- h: tirante idrico;
- V_x : componente lungo x della velocità media;
- i: intensità dell'eccesso di pioggia;
- S_{fx} : componente lungo x del gradiente delle perdite di carico per attrito (da equazione di Manning);
- S_{0x} : pendenza del piano campagna.

L'interfaccia 1D-2D è di tipo bidirezionale, ovvero consente la propagazione da e verso il canale, ovviamente in base alle condizioni topografiche e dei livelli idraulici di monte e valle. La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z a partire dei dati altimetrici Lidar, forniti dal volo della Regione Toscana (anno 2012) integrato con modello digitale del terreno di maglia 10 metri laddove non vi era la copertura del lidar.

La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Per quanto riguarda il primo caso si sono assunti i seguenti valori di scabrezza:

| Tipologia | Scabrezza n (Manning) |
|-------------------|-----------------------|
| Canale principale | 0.03 |
| Sommità spondale | 0.035-0.04 |
| Manufatti in cls | 0.025 |

Tabella 9 – Coefficienti di scabrezza per le verifiche all'interno dei canali

Sempre per quanto riguarda le verifiche in moto vario all'interno del canale principale si sono assunti i seguenti coefficienti di contrazione/espansione:

| Tipologia | Coeff. Contrazione | Coeff. Espansione |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| Variazioni graduali di sezione | 0.1 | 0.3 |
| Brusche variazioni di sezione | 0.3 | 0.5 |
| Ponti e attraversamenti | 0.3 | 0.5 |

Tabella 10 – Coefficienti di contrazione ed espansione

L'interfaccia 1D-2D è stata simulata mediante *lateral structures* ricalcanti il profilo longitudinale della sommità arginale, con sfioro delle acque con stramazzo direttamente nelle aree 2D, simulato mediante la "Standard Weir Equation" secondo i seguenti coefficienti:

| What is being modeled with the Lateral Structure | Description | Range of Weir Coefficients |
|--|---|---|
| Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground | Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow | 1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43 |
| Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground | Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily. | 1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1 |
| Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high | Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area. | 0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55 |
| Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground | Overland flow escaping the main river. | 0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28 |

Tabella 11 – Coefficienti di sfioro laterale

In particolare si è utilizzato un valore di 1.1 in presenza di importanti arginature, 0.8 nei tratti dove sono presenti rilevati arginali di modesta altezza e 0.2 nei tratti in cui l'alveo si presenta inciso e con sfioro diretto sul piano campagna.

Relativamente alla simulazione degli attraversamenti, oltre ai coefficienti di contrazione ed espansione precedentemente riportati, si specifica che sono state inserite le *ineffective flow areas* ed i manufatti sono stati modellati tramite l'approccio pressure and/o wier, per simularne anche il comportamento in pressione, mediante l'immissione di culvert aventi coefficienti di perdita per ingresso e uscita rispettivamente pari a 0.5 e 1 e Manning pari a 0.02.

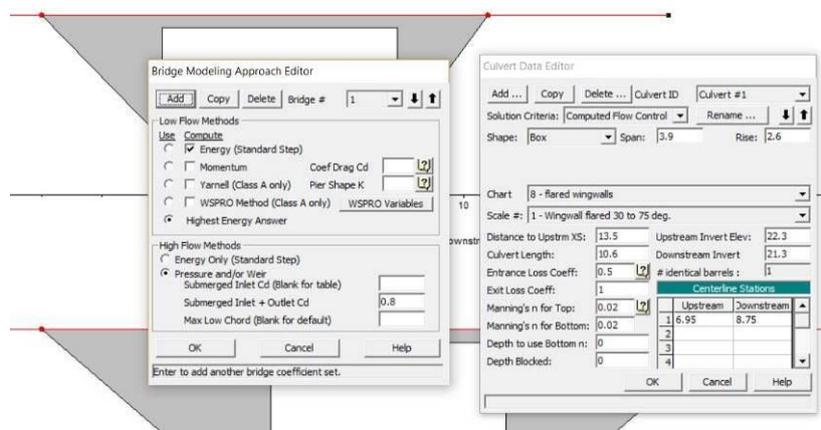


Figura 9 - Modellazione dei ponti e attraversamenti

Le condizioni al contorno utilizzate sono state molteplici e verranno specificate in seguito per ciascun sistema studiato, laddove non vi erano condizioni particolari, sono state adottate condizioni al contorno di valle di tipo Normal Dept.

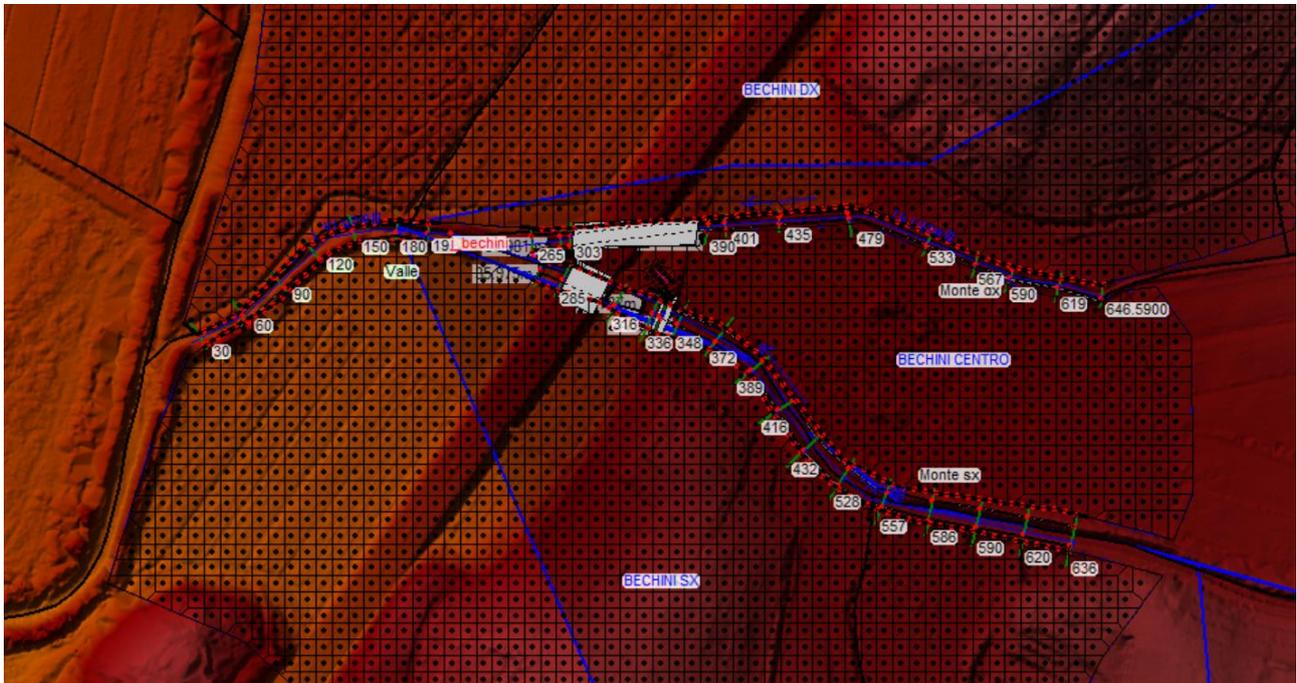


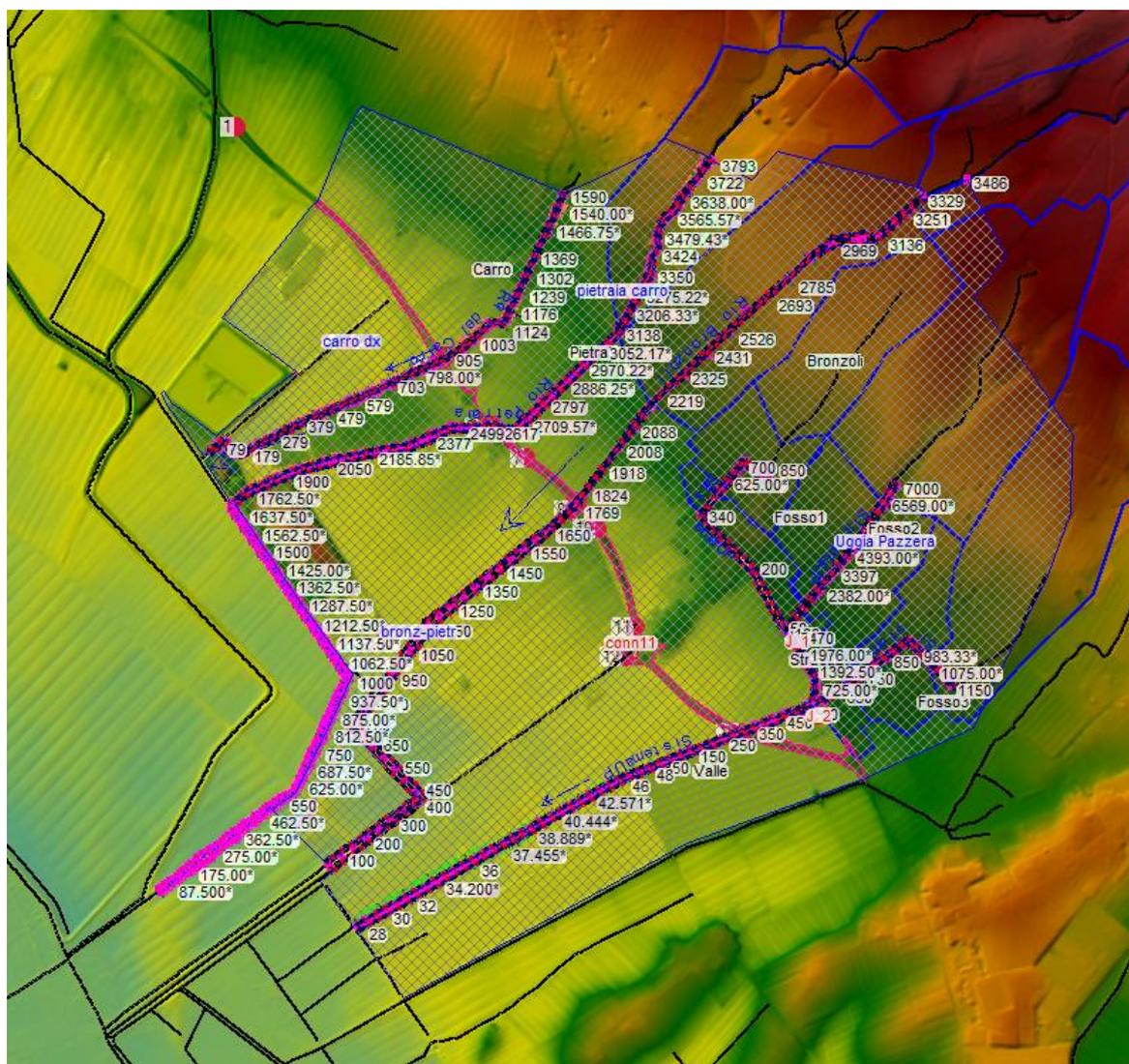
Figura 10 - Modello idraulico del Rio Bechini con Hec-Ras 6.0

6. Risultati della modellazione

La modellazione idraulica è stata condotta per sistemi, simulando cioè contemporaneamente più corsi d'acqua in modo da tener conto degli effetti di sovrapposizione dei battenti sul piano campagna.

Di seguito vengono presentati i risultati dell'analisi idrologica-idraulica per ciascuno sistema studiato: partendo dagli idrogrammi dei singoli corsi d'acqua, viene illustrata la metodologia adottata per analisi idraulica ed i risultati da essa ottenuti.

6.1 "Uggia-Pazzera", Rio Bronzoli, Rio Pietraia, Rio del Carro



invece alcuni tratti tombati. A valle della SR436 sono nuovamente a cielo aperto e confluiscono in un unico corso d'acqua prima di immettersi nel Canale del Terzo.



Figura 12 – Sistema Uggia-Pazzera e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di Portata – “Sistema Uggia-Pazzera” | | | |
|--|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Tempo di ritorno | Tr 45min | Tr 1h | Tr 2h |
| Tr 200 anni | 30.30 m ³ /s | 31.00 m³/s | 26.70 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 15.50 m ³ /s | 16.20 m³/s | 14.30 m ³ /s |

Tabella 12: Portate di picco alla sezione di chiusura per i diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=1$ ora. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

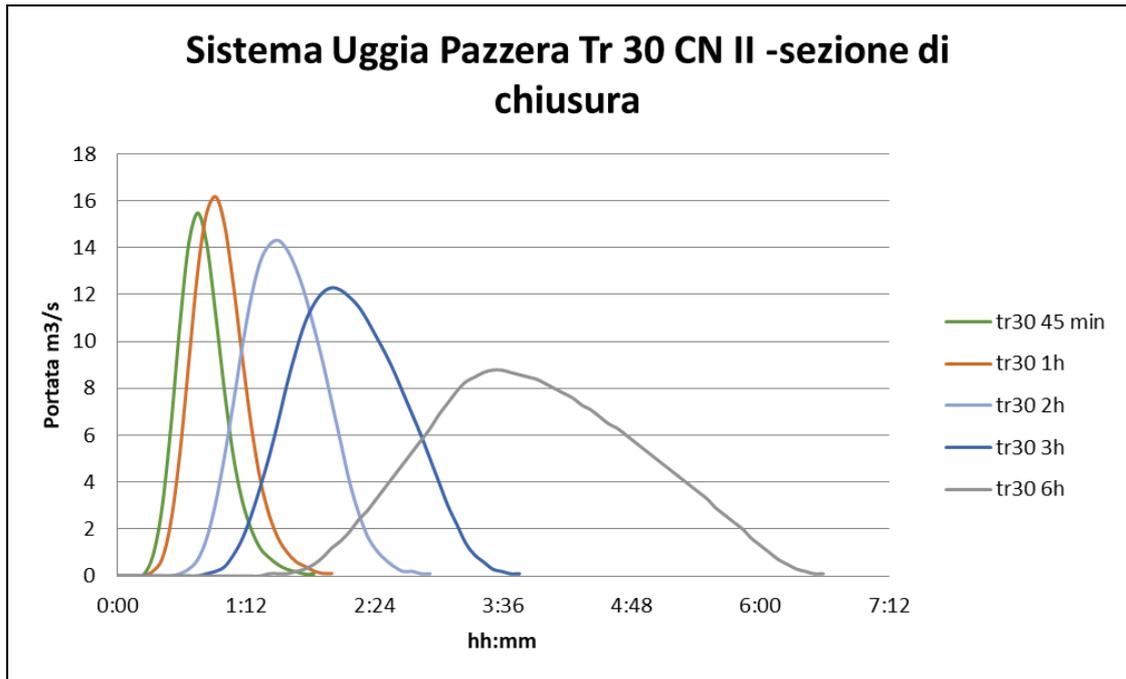


Figura 13 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

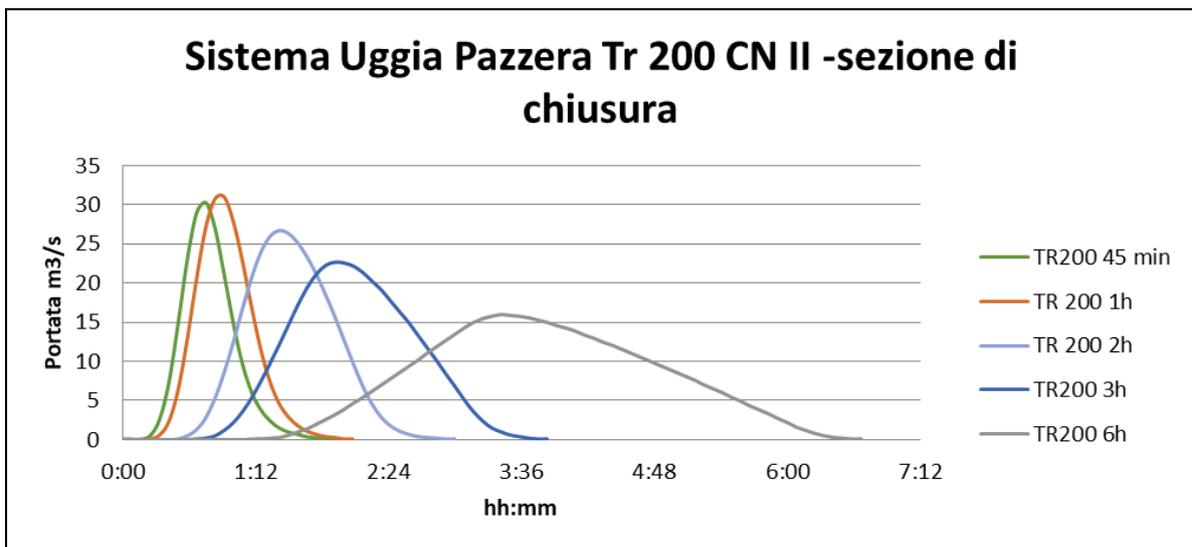


Figura 14- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del "sistema Uggia-Pazzera" riportato della figura seguente.



Figura 15 – Sistema Uggia-Pazzera - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

Il rilievo effettuato sul tratto in esame ci ha permesso di determinare le sezioni idrauliche e di caratterizzare gli attraversamenti presenti in prossimità dell'attraversamento stradale.



Figura 16 – Uscita del tratto tombato "Fosso 3" a valle della SR436

6.1.2 Rio Bronzoli

Il Rio Bronzoli scorre a ovest del “sistema Uggia-Pazzera”, presenta un tratto collinare a monte del territorio urbanizzato, seguito da un tratto con pendenze più modeste in prossimità dei centri abitati.

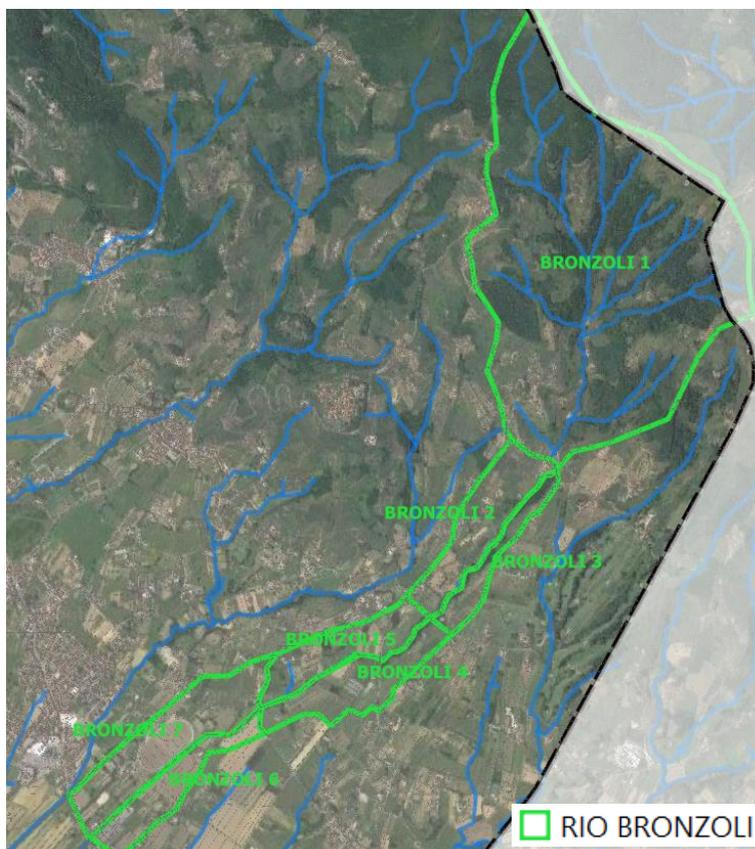


Figura 17 – Rio Bronzoli e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall’analisi idrologica.

| Picco di Portata – Rio Bronzoli | | | |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Tempo di ritorno | T_p 1h | T_p 2h | T_p 3h |
| Tr 200 anni | 19.6 m ³ /s | 24.3 m³/s | 24.1 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 9.30 m ³ /s | 10.20 m ³ /s | 10.70 m³/s |

Tabella 13: Rio Bronzoli - portate di picco alla chiusura per diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=2$ ore nel caso di Tr 200 anni. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

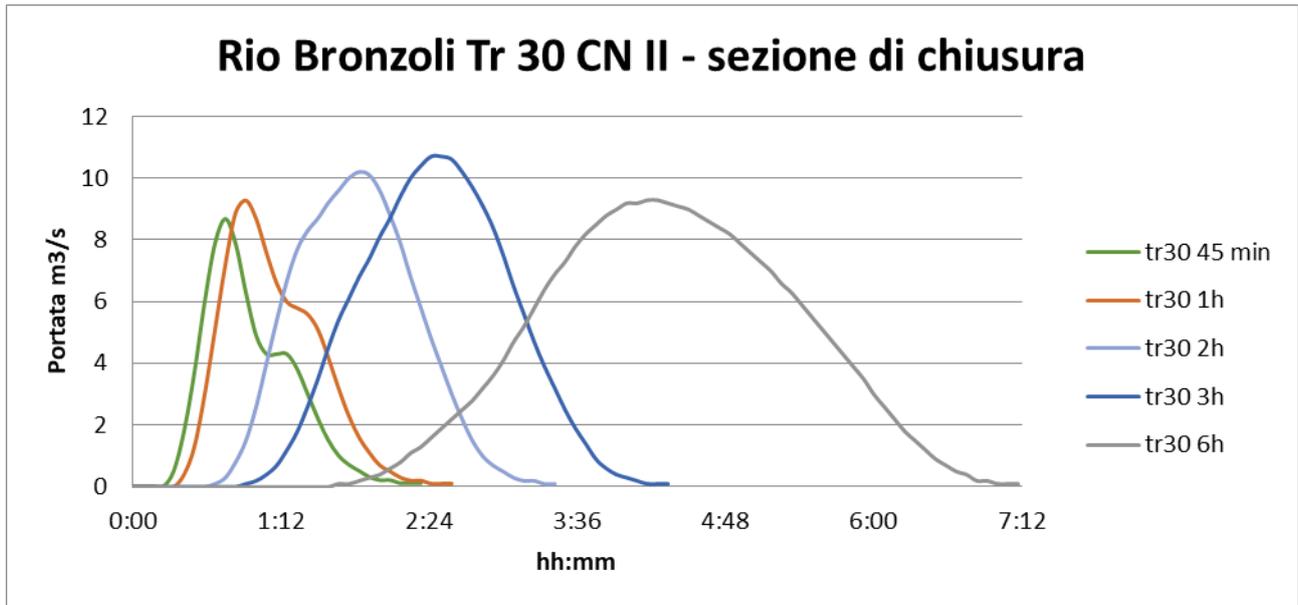


Figura 18 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

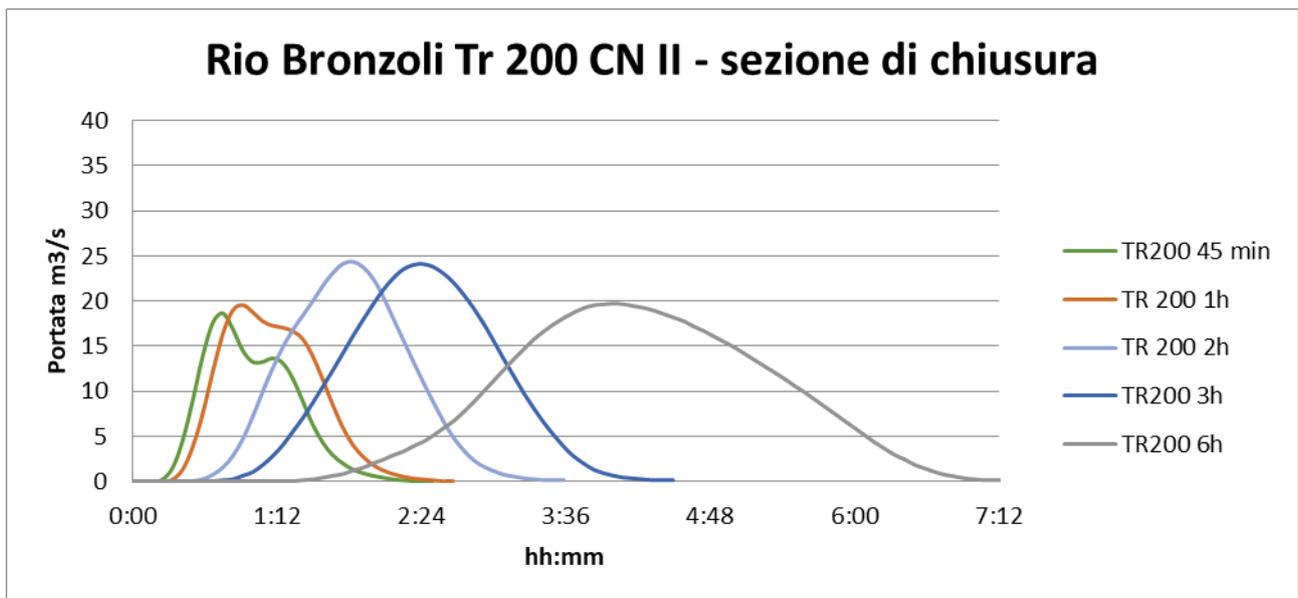


Figura 19- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del Rio Bronzoli riportato della figura seguente.

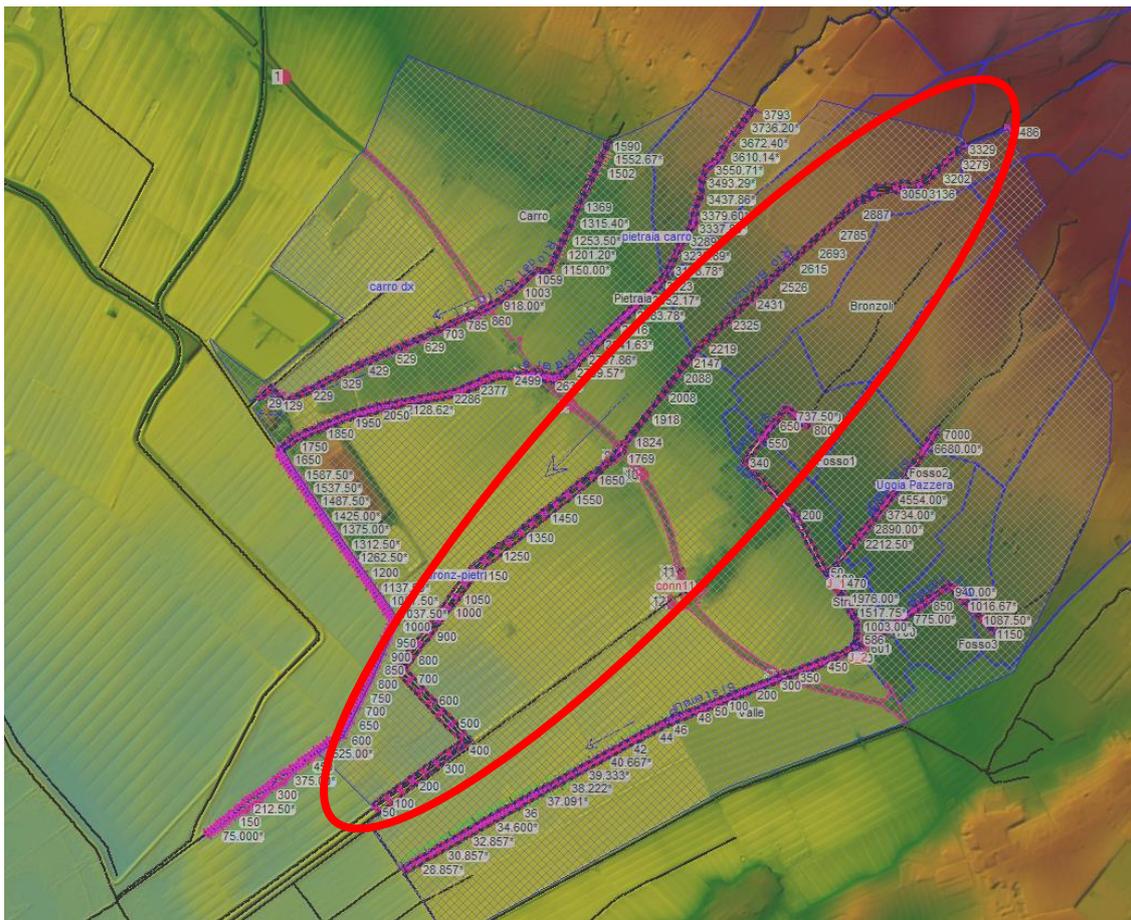


Figura 20 – Rio Bronzoli - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

6.1.3 Rio Pietraia

Il Rio Pietraia scorre a ovest del Rio Bronzoli e presenta delle caratteristiche morfologiche simili, con un tratto collinare a monte del territorio urbanizzato, seguito da un tratto con pendenze più modeste in prossimità dei centri abitati.

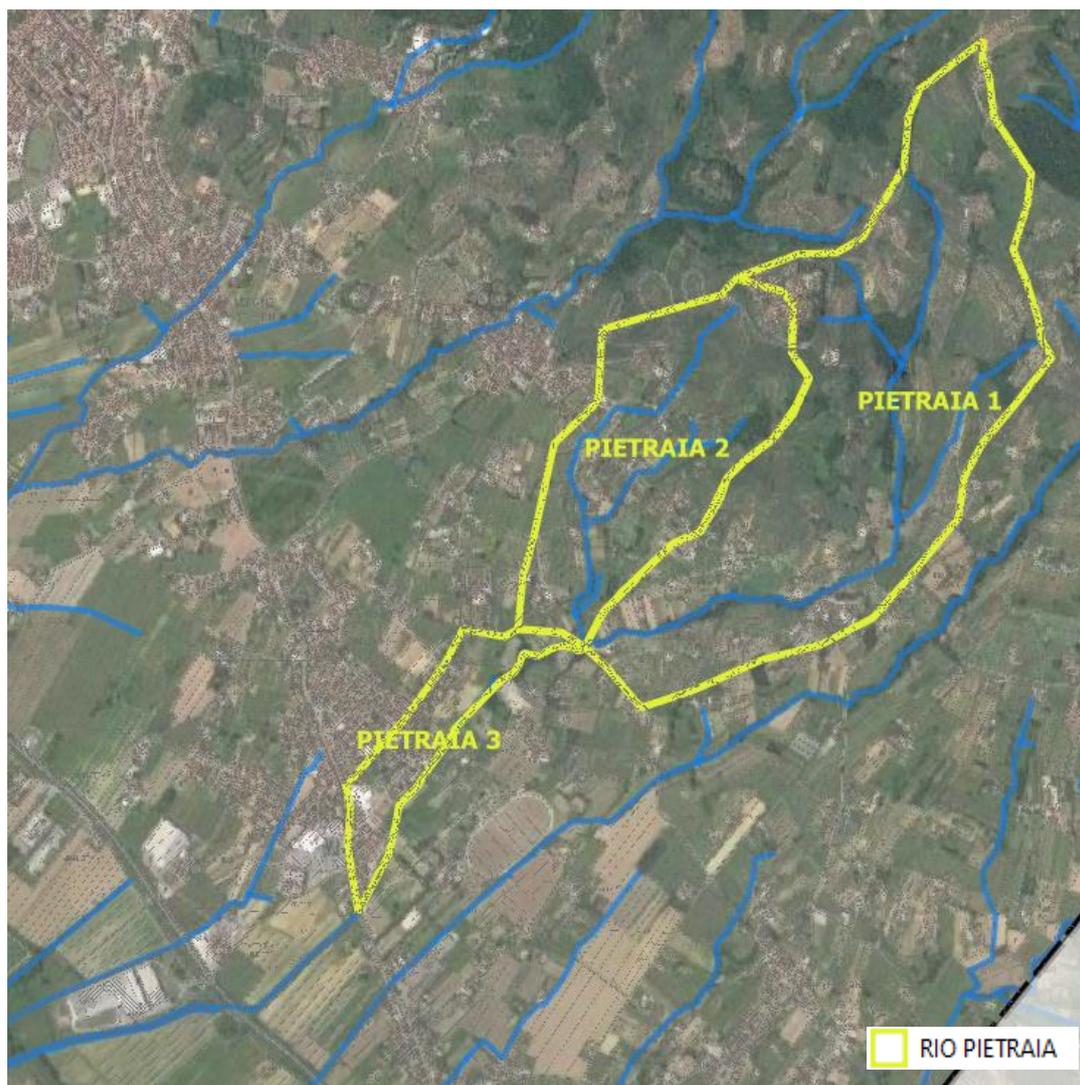


Figura 21 – Rio Pietraia e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di portata – Rio Pietraia | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Tempo di ritorno | T_p 45min | T_p 1h | T_p 2h |
| Tr 200 anni | 24.20 m ³ /s | 26.30 m³/s | 25.40 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 10.90 m ³ /s | 12.20 m ³ /s | 12.50 m³/s |

Tabella 14: Rio Pietraia - portate di picco alla chiusura per diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=1$ ora nel caso di Tr 200 anni. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

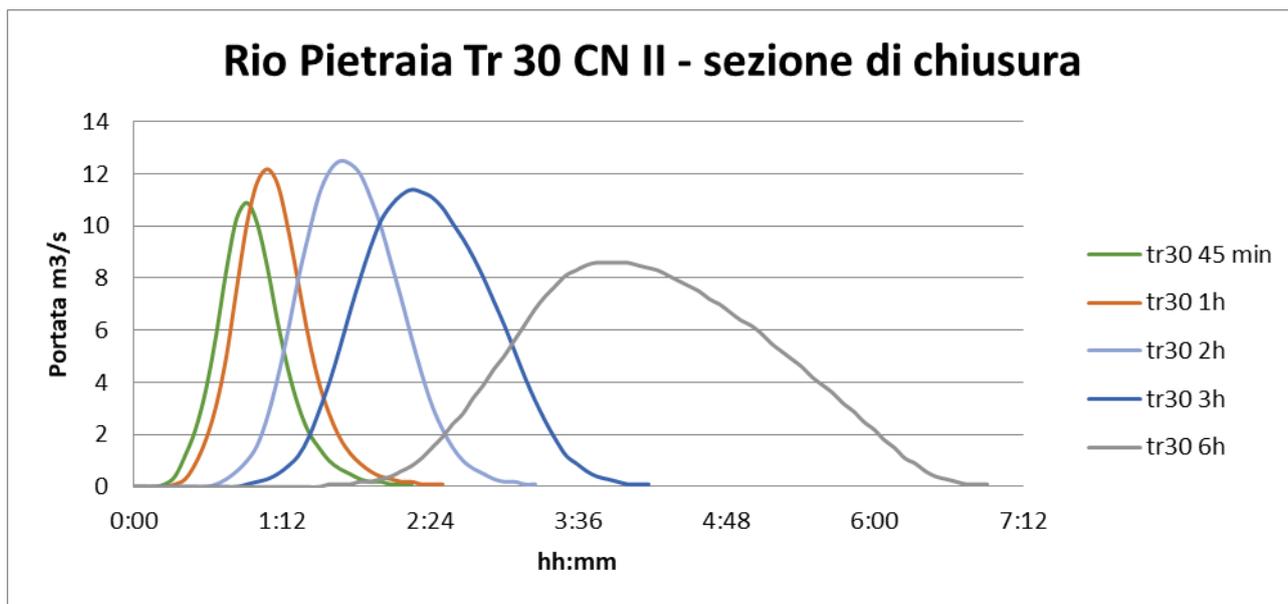


Figura 22 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

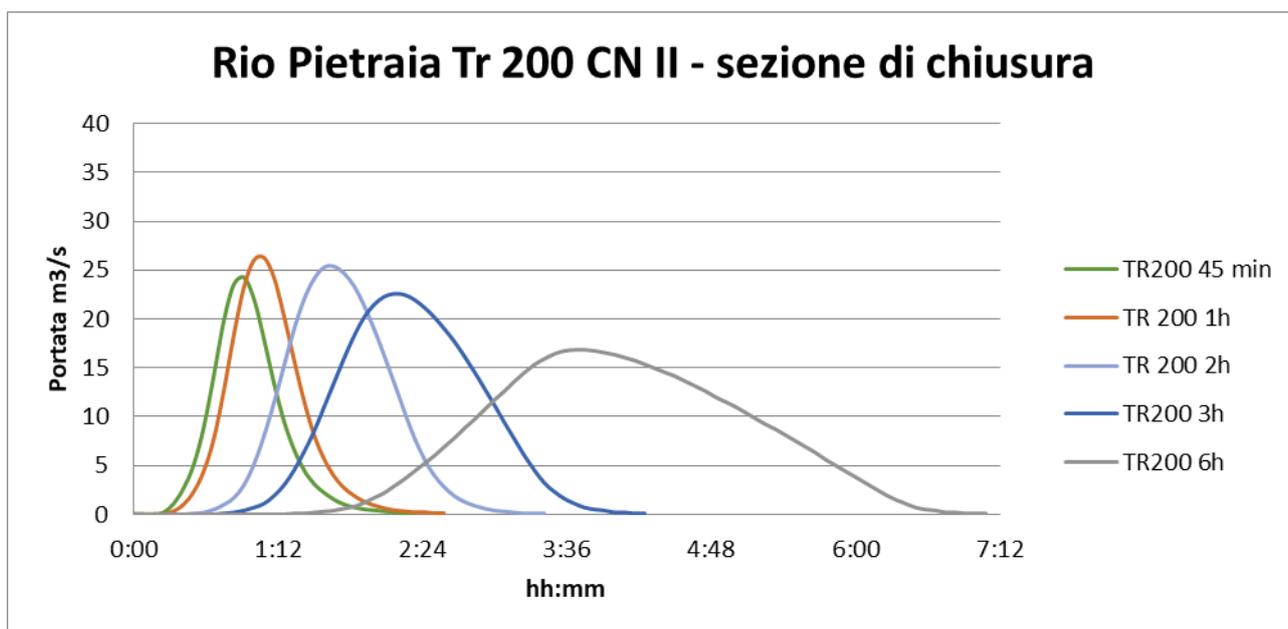


Figura 23- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del Rio Pietraia riportato della figura seguente.

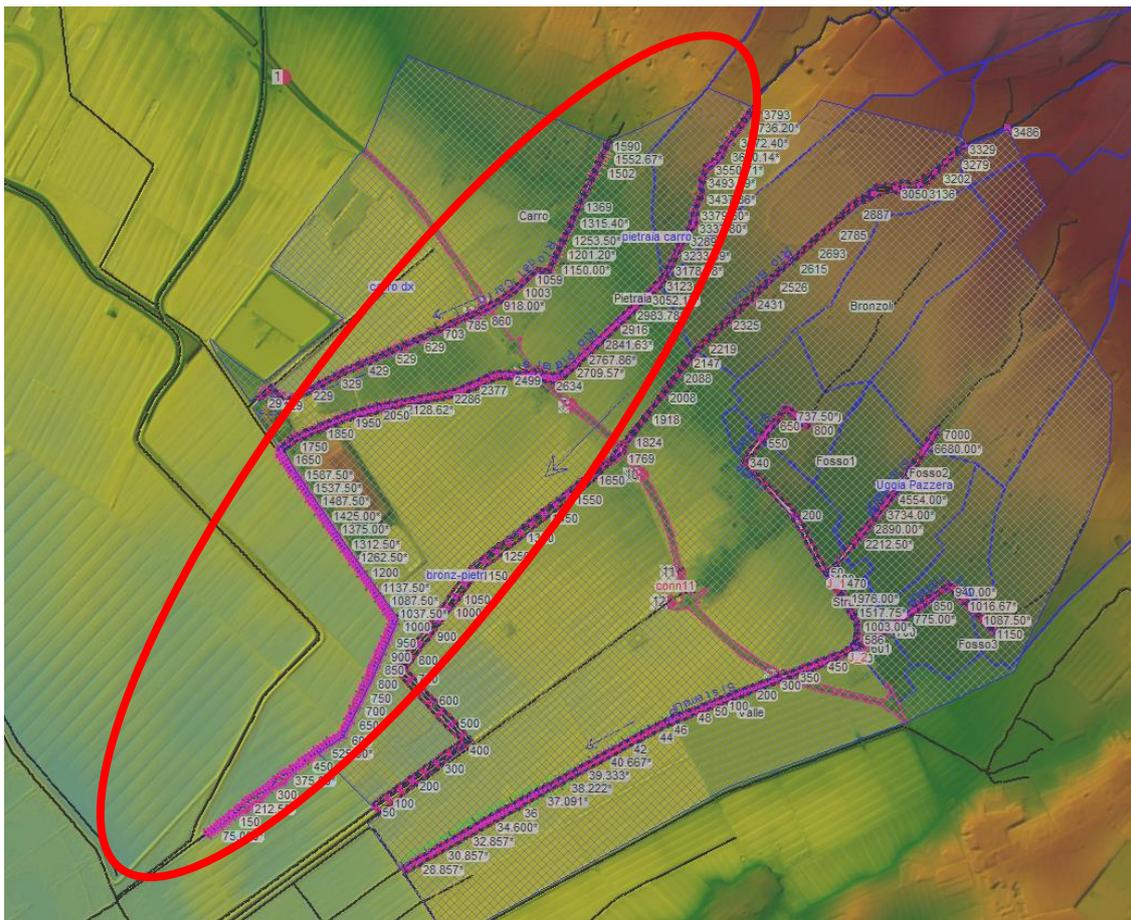


Figura 24 – Rio Pietraia - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

I rilievi effettuati a monte della SR436 hanno permesso di integrare le sezioni forniteci dal Comune di Monsummano Terme e quindi di meglio definire le caratteristiche del corso d'acqua e degli attraversamenti presenti.



Figura 25 - Rio Pietraia attraversamento su via Bracona

6.1.4 Rio del Carro

Il Rio del Carro scorre a ovest del Rio Pietraia ed è per lo più un corso d'acqua di pianura, si origina infatti nel territorio urbanizzato appena a valle della SR436.

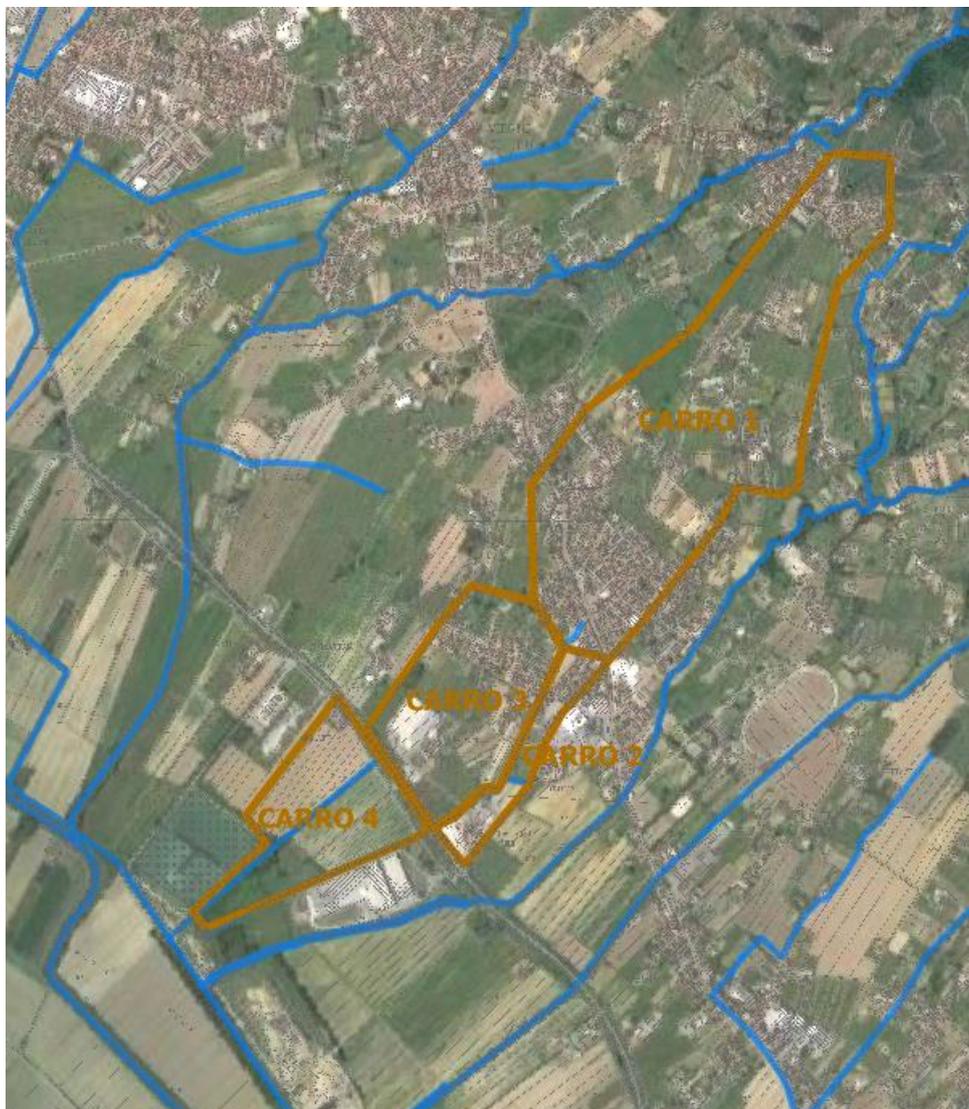


Figura 26 – Rio del Carro e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di portata – Rio del Carro | | | |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Tempo di ritorno | T_p 45min | T_p 1h | T_p 2h |
| Tr 200 anni | 12.10 m ³ /s | 12.50 m³/s | 10.80 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 6.40 m ³ /s | 6.80 m³/s | 6.00 m ³ /s |

Tabella 15: Rio del Carro - portate di picco alla chiusura per diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=1$ ora. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

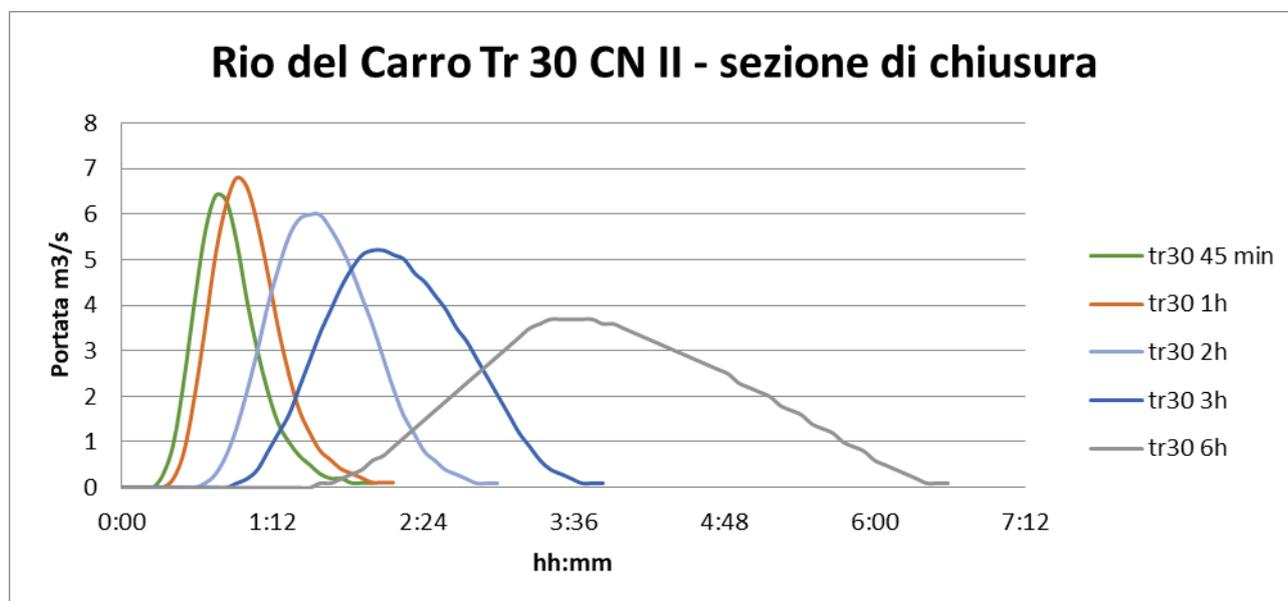


Figura 27 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

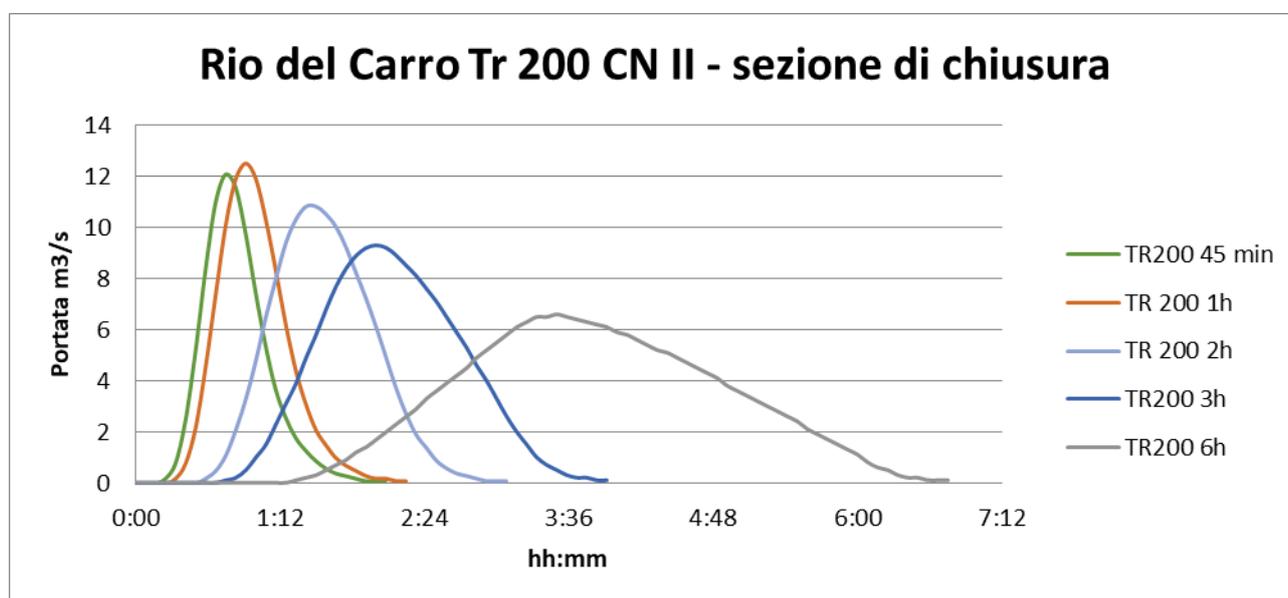


Figura 28- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del Rio del Carro riportato della figura seguente.

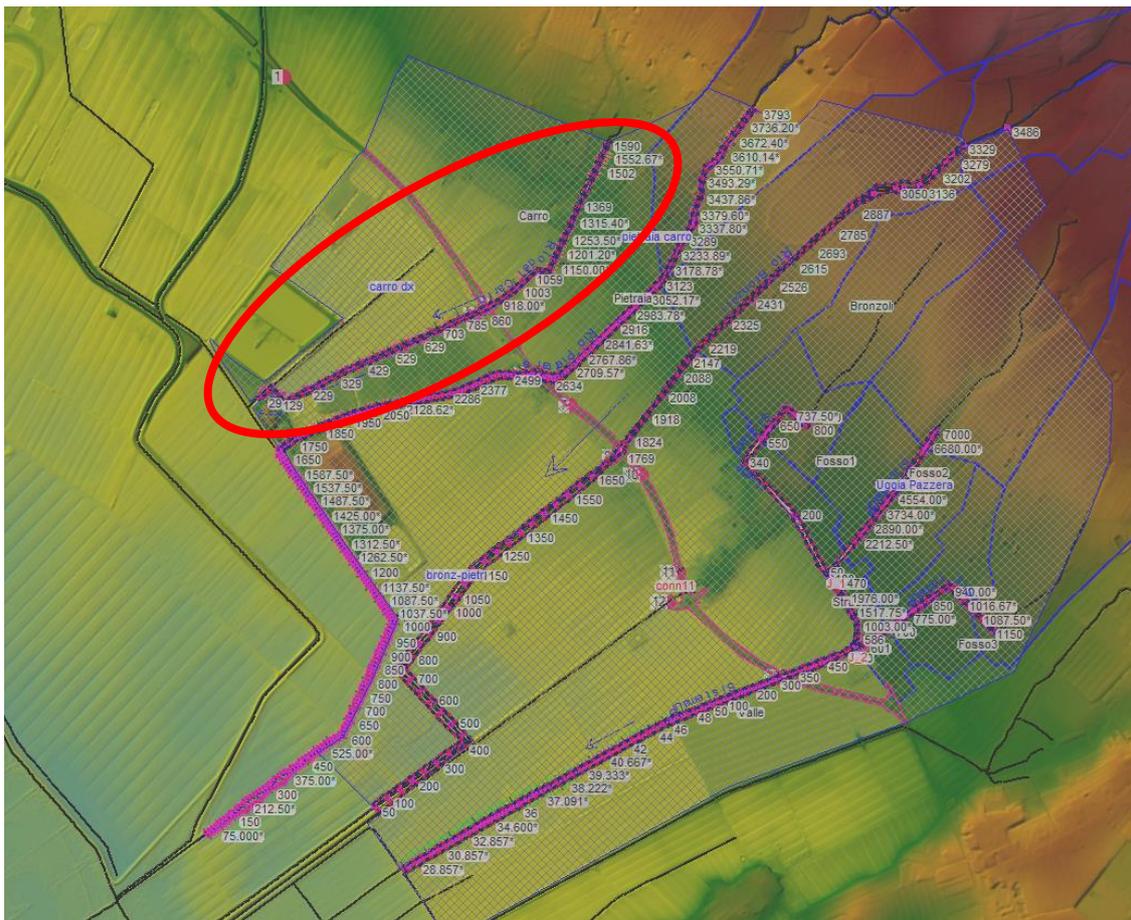


Figura 29 – Rio del Carro - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

6.1.5 Risultati della modellazione

I risultati dell'analisi idraulica in termini di battenti sul piano campagna sono riportati nella figura seguente.

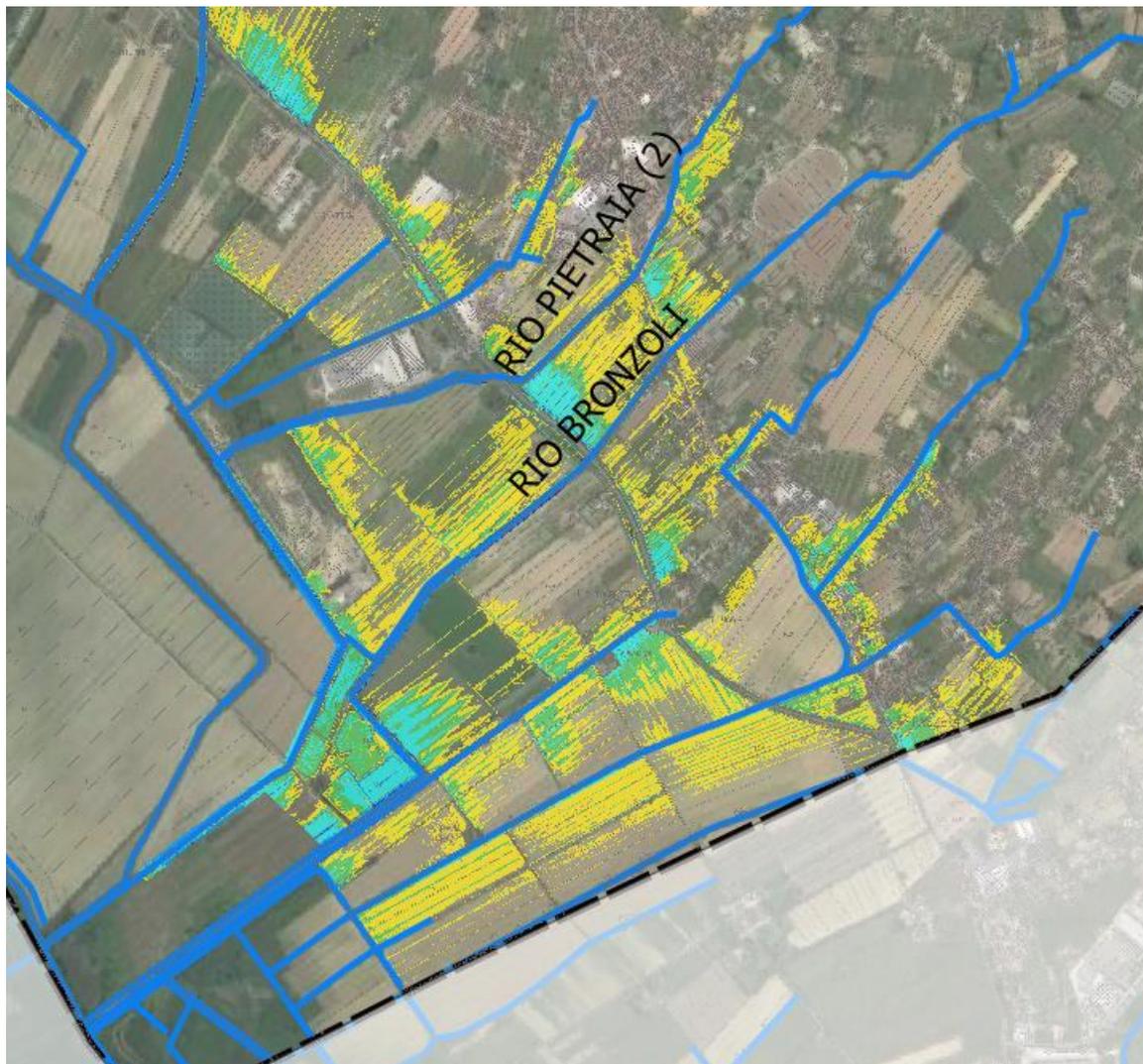


Figura 30 - Battenti tr 200 anni

Le criticità idrauliche maggiori per i corsi d'acqua sopra illustrati si riscontrano in prossimità degli attraversamenti o sulla SR 436 o su Via del Fossetto. Spesso i manufatti di attraversamento risultano idraulicamente insufficienti a far defluire la portata duecentennale, provocando così esondazioni sul piano campagna.

Piano Strutturale del Comune di Monsummano Terme
 Doc. I - Relazione idrologica idraulica

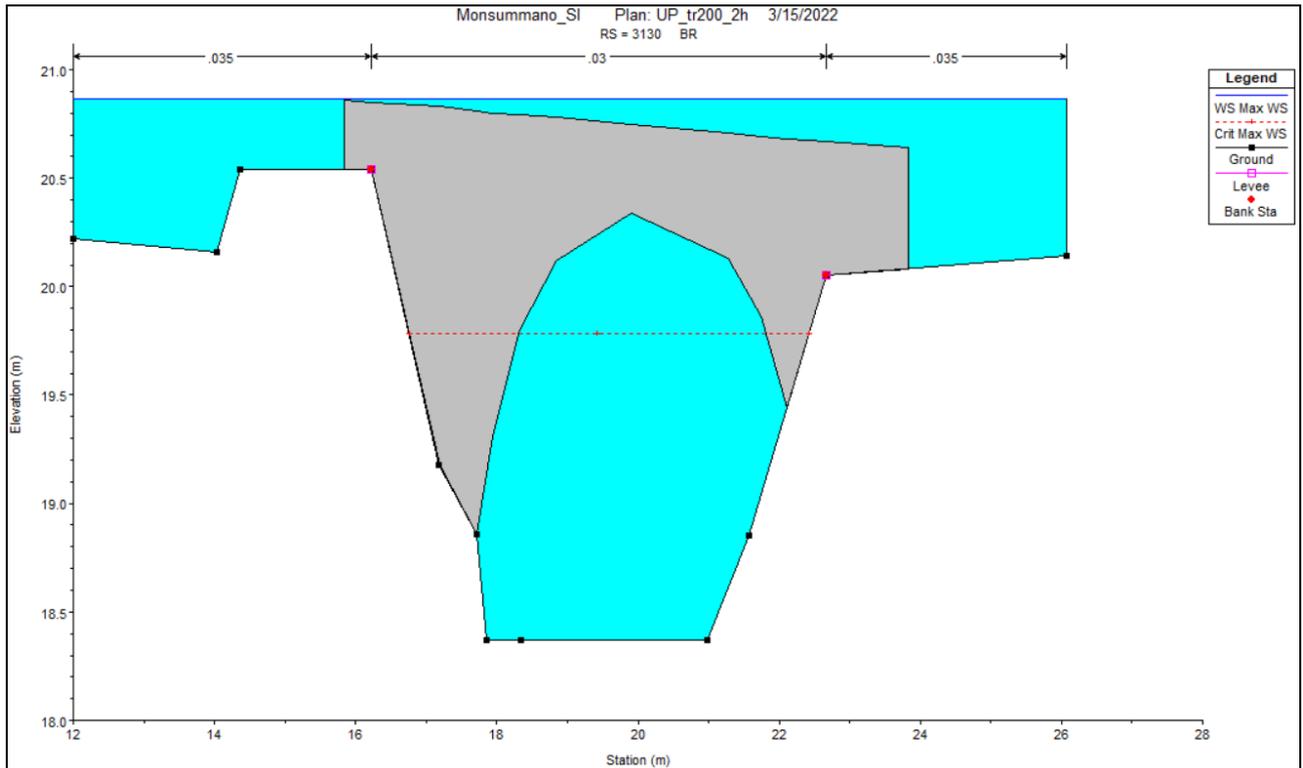


Figura 31 - Rio pietraia sez 3130 attraversamento sulla SR 346 , Tr200 Tp=2 ore

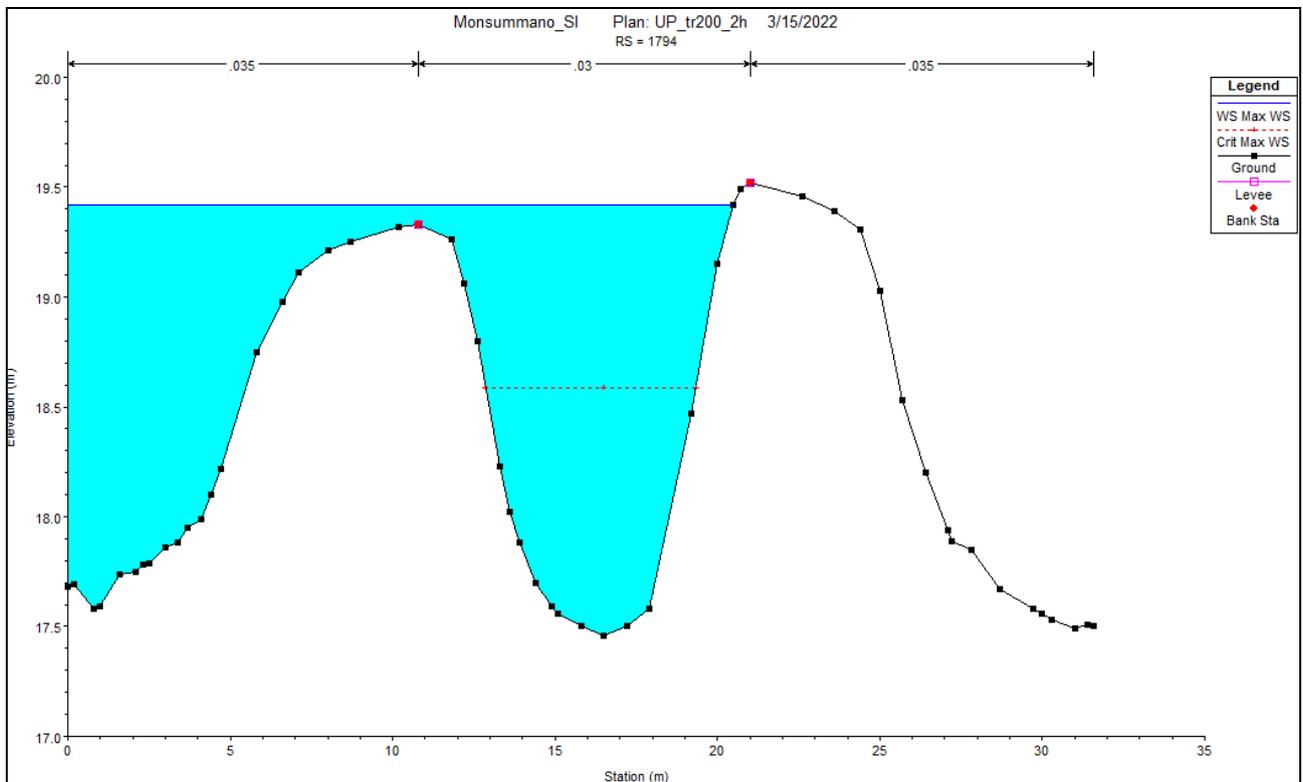


Figura 32 - Rio Bronzoli, esondazione in sinistra subito a monte di Via del Fossetto. Tr200 Tp=2 ore

Per quanto riguarda il Rio del Carro la maggiore criticità idraulica è stata riscontrata nel tratto tombato a valle di via Falcone, che provoca esondazioni sia in destra che in sinistra.

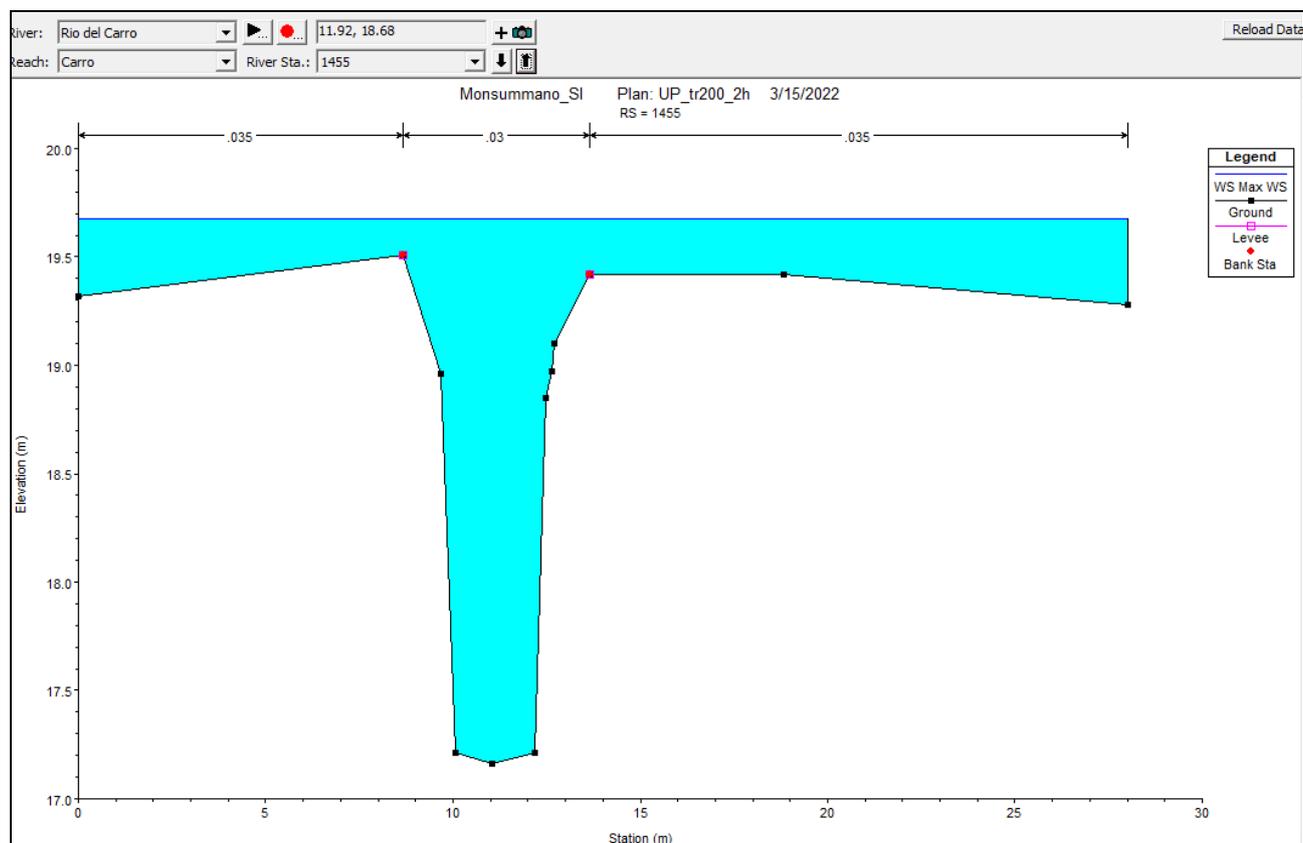


Figura 33 - Rio del Carro esondazioni a monte del tratto tombato su via Falcone

6.2 Rio Gerbi, Rio della Grotta, Fosso Scolo

Il sistema di tre corsi d'acqua si sviluppa a nord-ovest rispetto al sistema precedente, coinvolge gli abitati di Pozzatello e di Grotta Giusti.

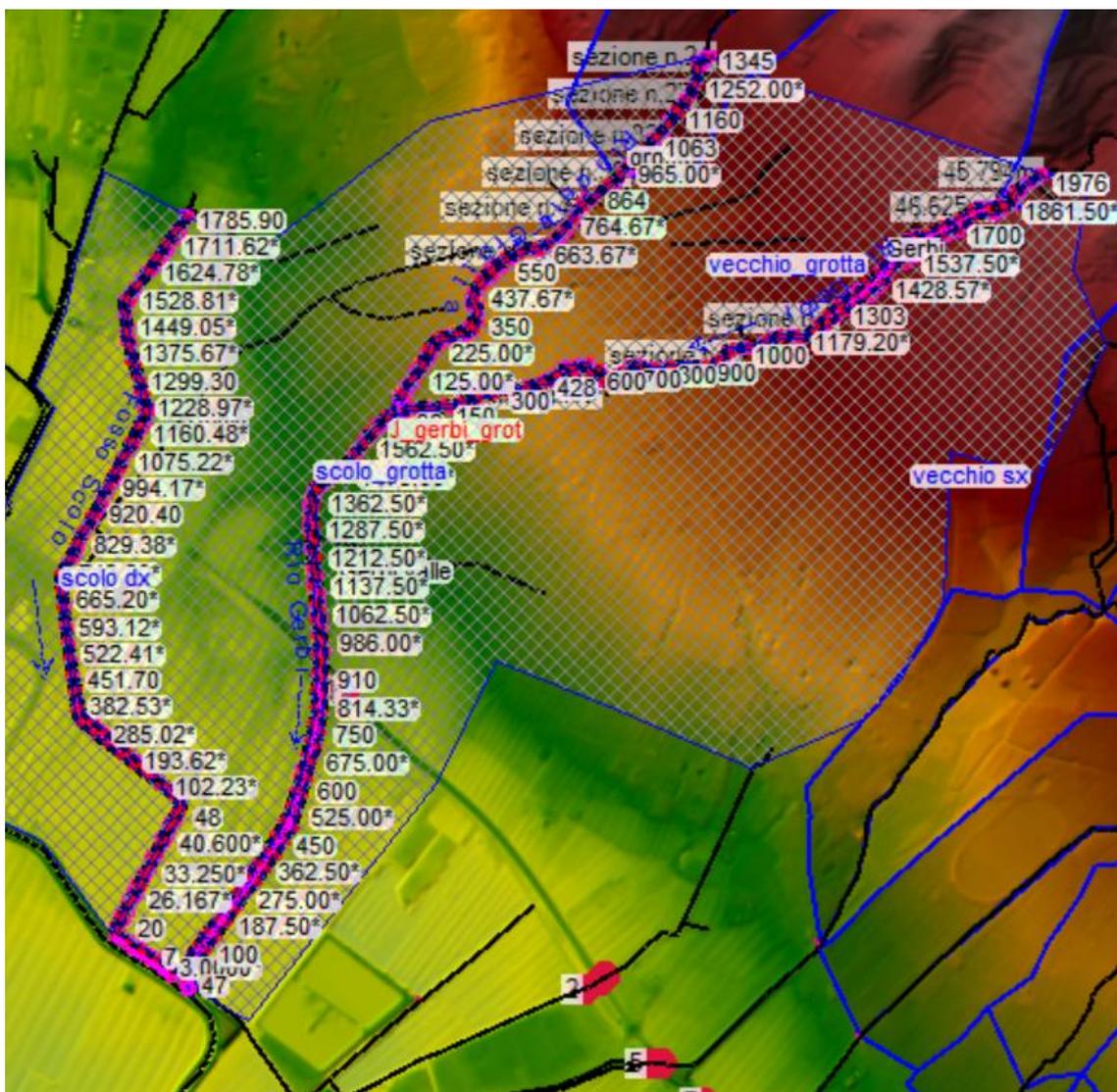


Figura 34 - Vista d'insieme dei corsi d'acqua in oggetto sul software Hec-Ras

6.2.1 Rio Gerbi detto Rio Vecchio e Rio della Grotta

Il Rio Gerbi o Rio Vecchio è il corso d'acqua principale del sistema, presenta un tratto collinare a monte dell'abitato di Pozzarello, mentre nel tratto urbano più a valle raccoglie le acque del Rio della Grotta (suo affluente in destra idraulica) prima di immettersi nel Torrente Nievole.

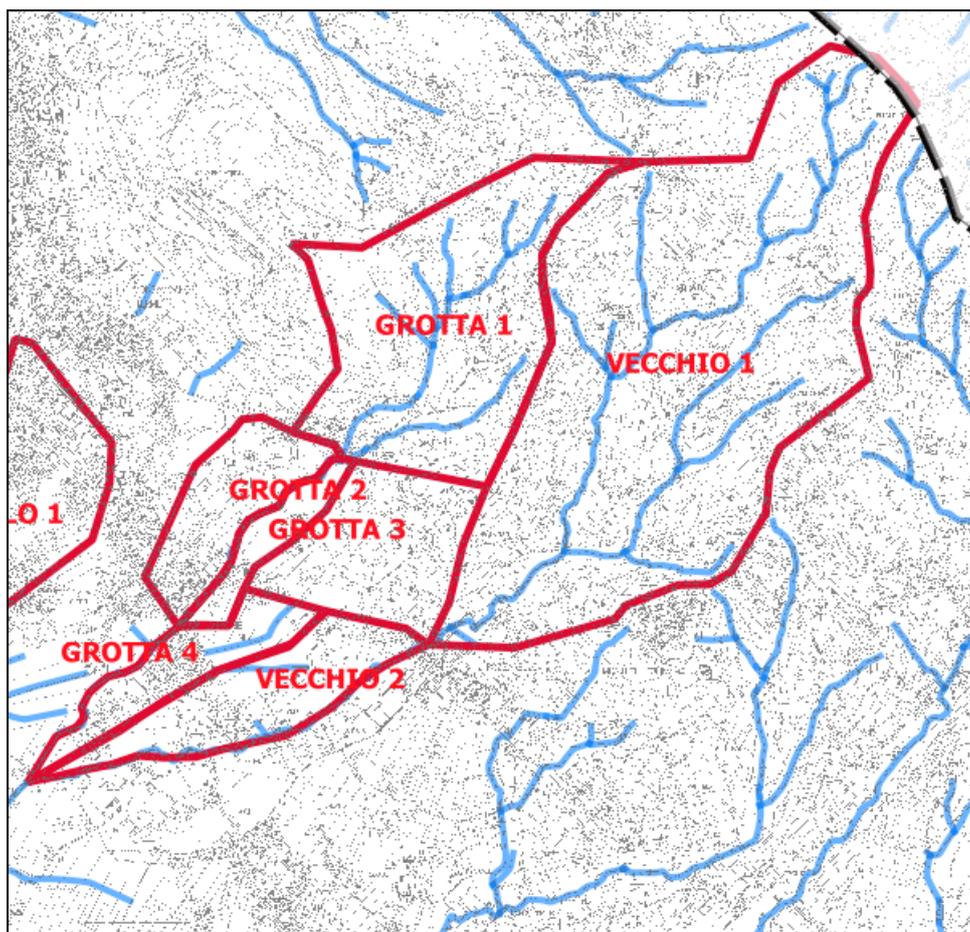


Figura 35 – Rio Gerbi e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di portata –Rio Gerbi | | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Tempo di ritorno | T_p 1h | T_p 2h | T_p 3h |
| Tr 200 anni | 30.80 m ³ /s | 33.70 m ³ /s | 31.40 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 16.30 m ³ /s | 18.60 m ³ /s | 17.90 m ³ /s |

Tabella 16: Portate di picco alla sezione di chiusura per i diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=2$ ore. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

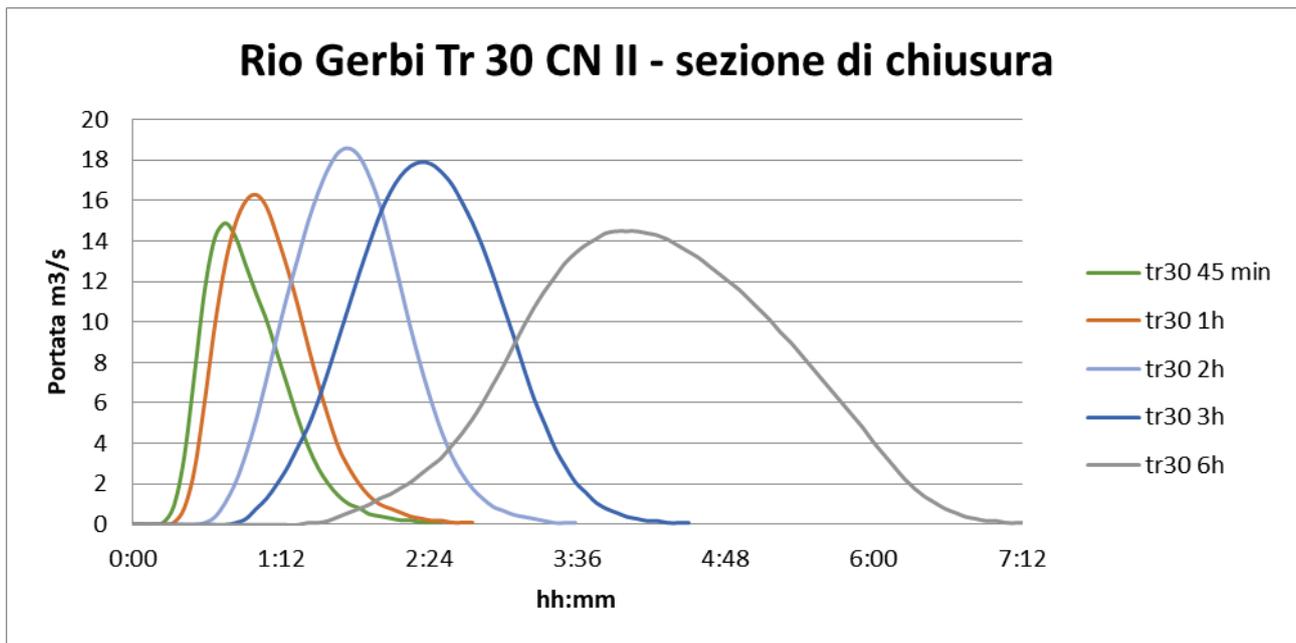


Figura 36 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

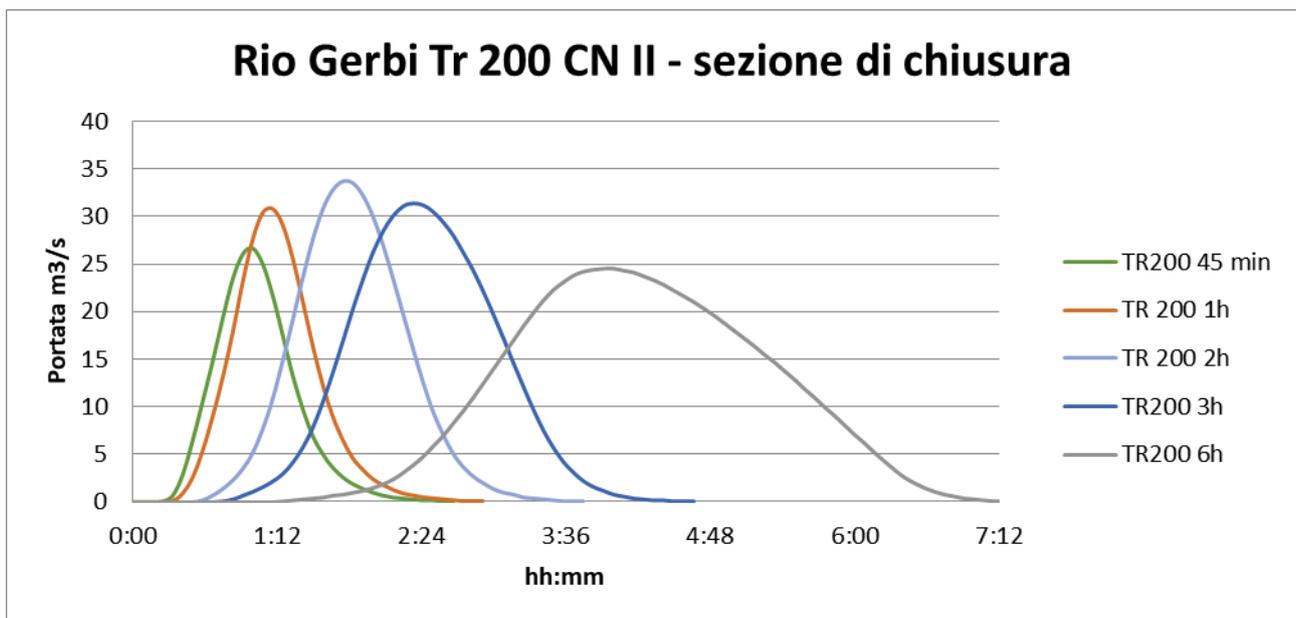


Figura 37- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del Rio Gerbi riportato della figura seguente.

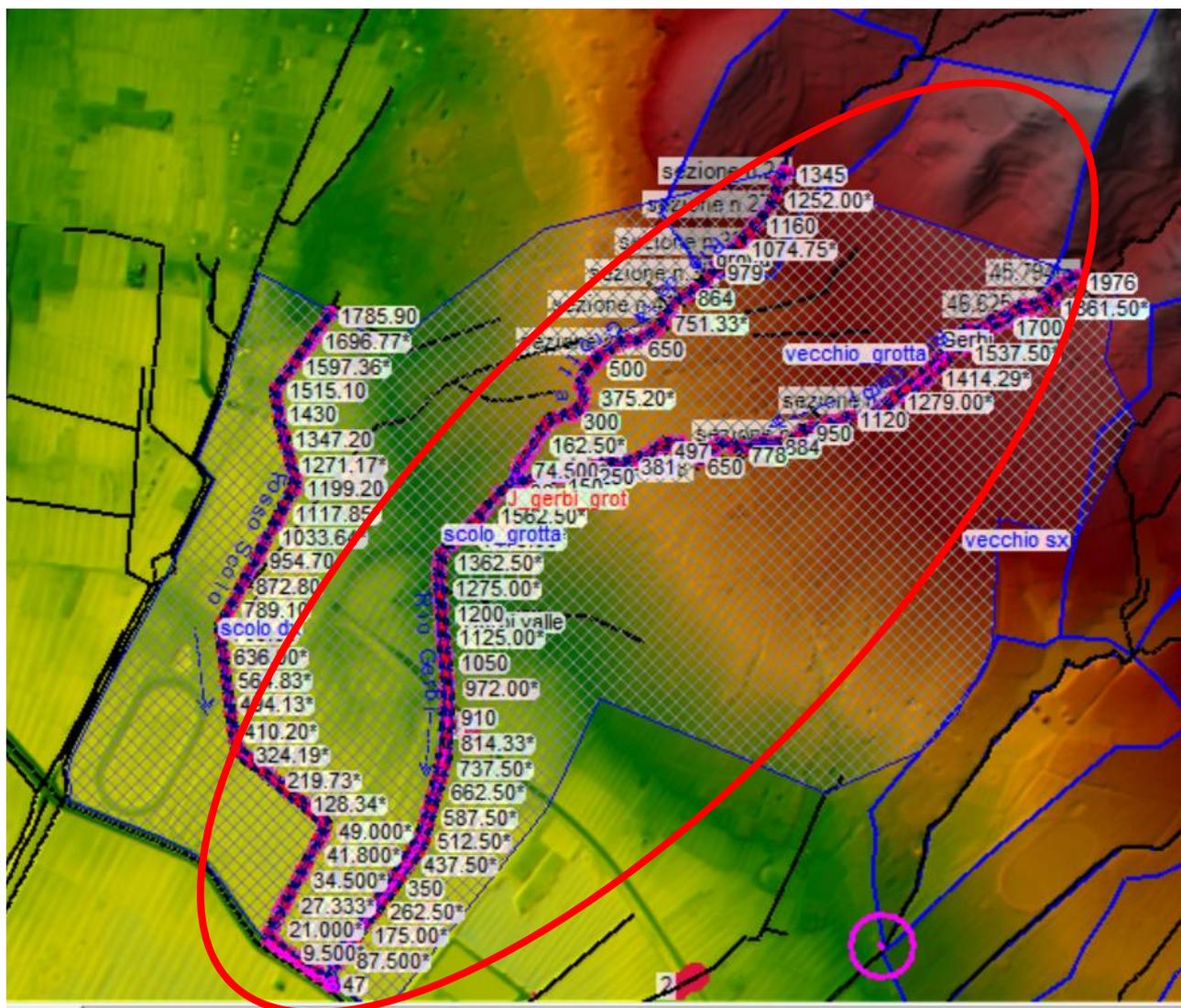


Figura 38 – Rio Gerbi - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

Il rilievo effettuato sul tratto in esame ci ha permesso di determinare le sezioni idrauliche e di caratterizzare gli attraversamenti presenti in prossimità degli attraversamenti stradali.



Figura 39 – Rio Gerbi attraverso su Via Pozzarello visto da monte



Figura 40 – Rio Gerbi attraverso carrabile a monte di via Pozzarello

6.2.2 Fosso Scolo

Il Fosso Scolo si origina ad ovest del Rio Gerbi a valle del tessuto urbanizzato di cui raccoglie le acque.

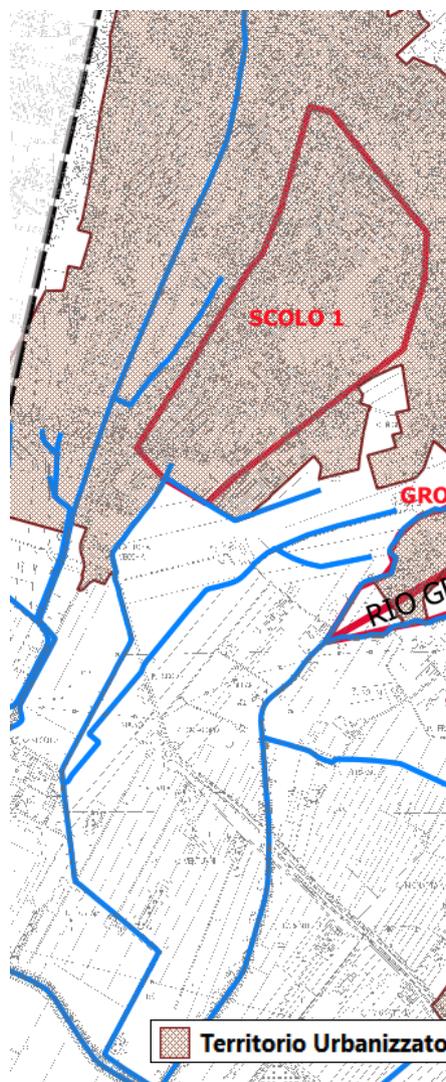


Figura 41 – Fosso Scolo e relativo bacino idrografico

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di portata – Fosso Scolo | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Tempo di ritorno | Tr 45min | Tr 1h | Tr 2h |
| Tr 200 anni | 30.30 m ³ /s | 31.00 m³/s | 26.70 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 7.10 m ³ /s | 7.30 m³/s | 6.20 m ³ /s |

Tabella 17: Portate di picco alla sezione di chiusura per i diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=1$ ora. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

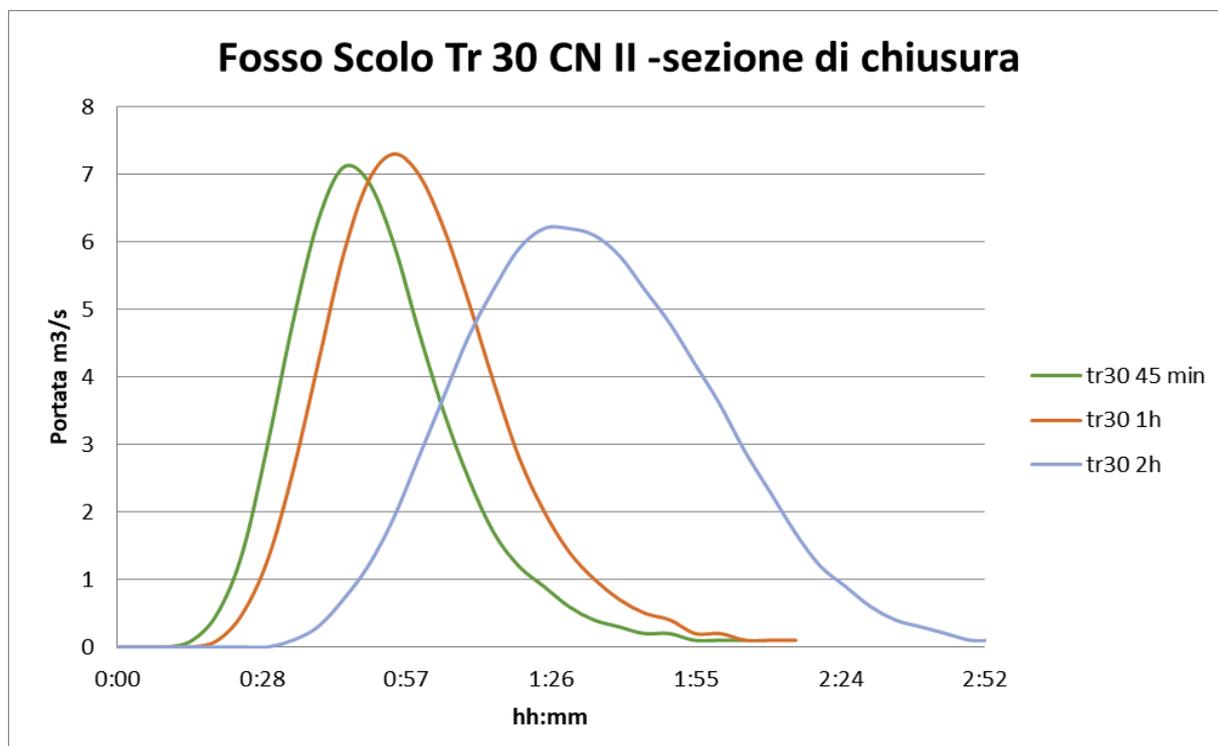


Figura 42 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

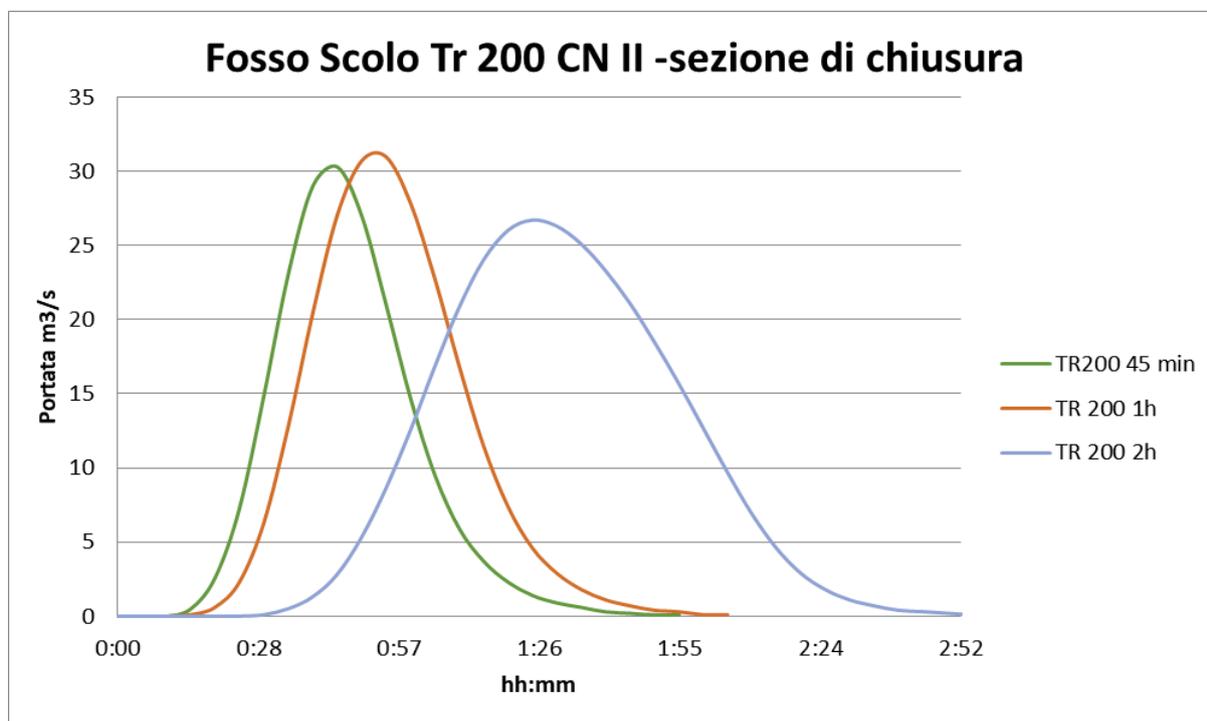


Figura 43- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

I risultati dell'analisi idrologica appena illustrati sono stati inseriti nelle simulazioni idrauliche del tratto del Fosso Scolo riportato della figura seguente.

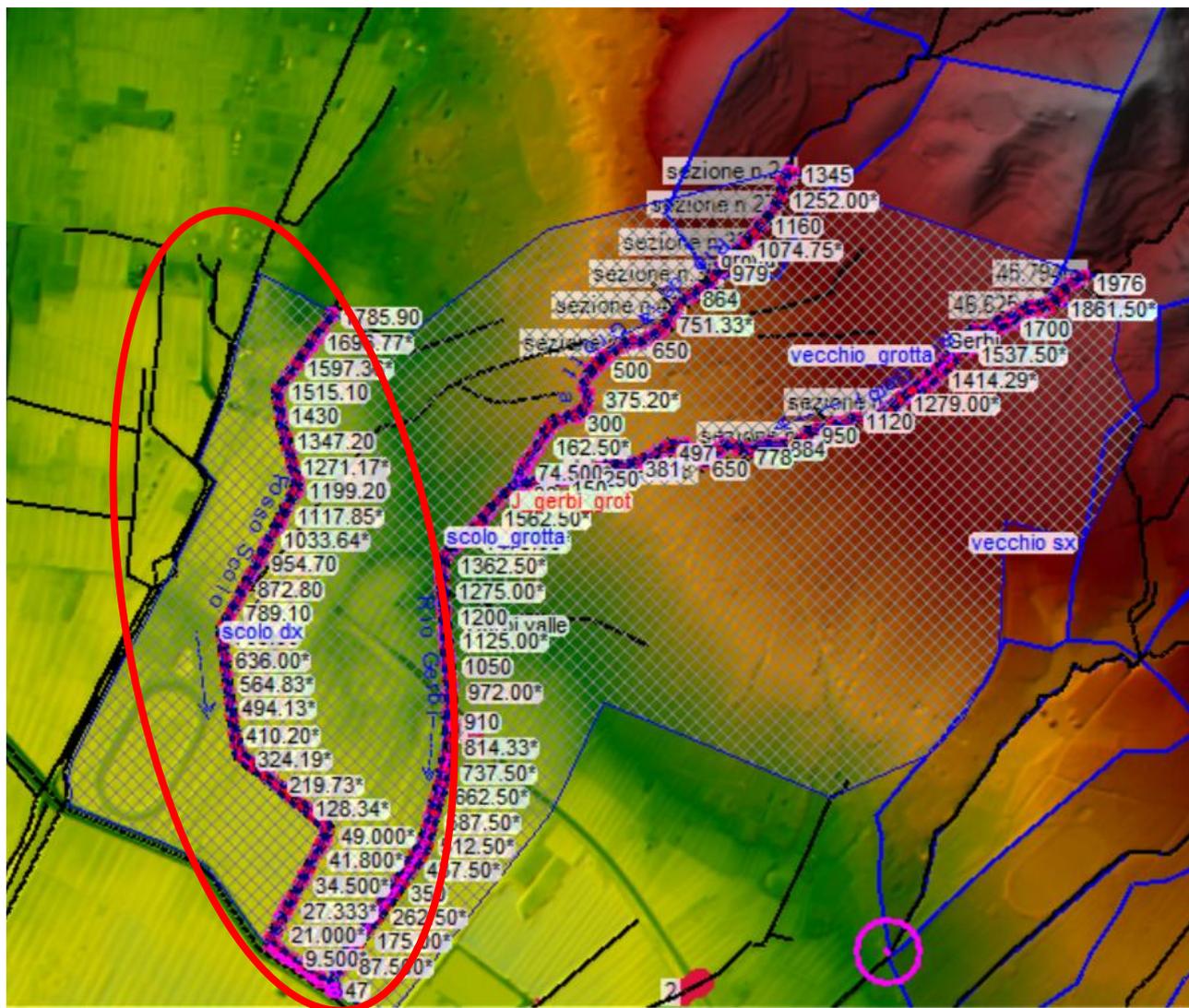


Figura 44 – Fosso Scolo - tratto oggetto delle simulazioni idrauliche

6.2.3 Risultati della modellazione

I risultati dell'analisi idraulica in termini di battenti sul piano campagna per il sistema idraulico Rio Gerbi-Rio della Grotta-Fosso Scolo sono riportati nella figura seguente.

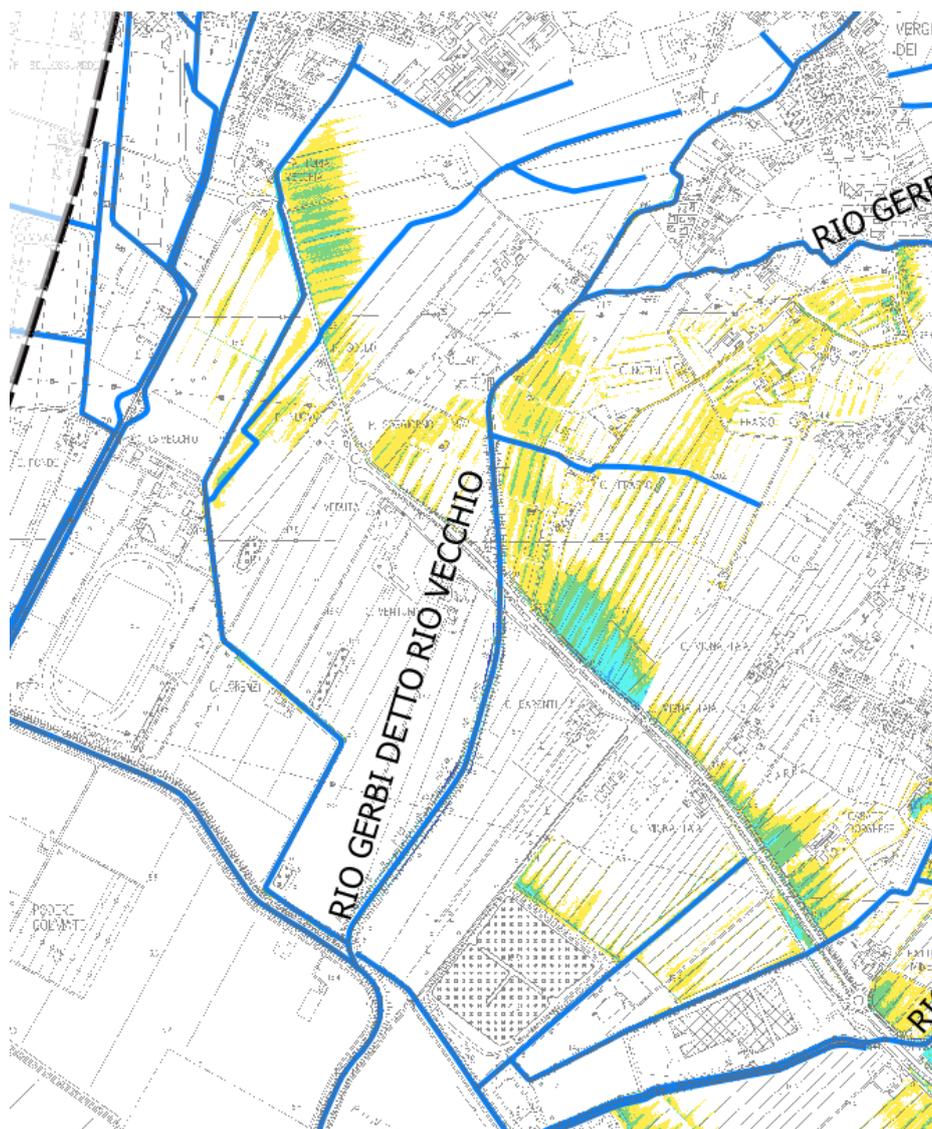


Figura 45 - Battenti tr 200 anni

Come mostrato in figura il contributo alle esondazioni sul piano campagna derivante da questo sistema di corsi d'acqua risulta modesto, anche per portate duecentennali. Le criticità idrauliche risultano per lo più concentrate in prossimità degli attraversamenti.

6.3 Rio Bechini

Il Rio Bechini è stato simulato singolarmente; situato al margine nord del territorio comunale presenta due rami che si uniscono a valle del sottopasso sull'autostrada A11. Il ramo di sinistra è il ramo principale mentre il ramo di destra fornisce un contributo idrico molto minore.

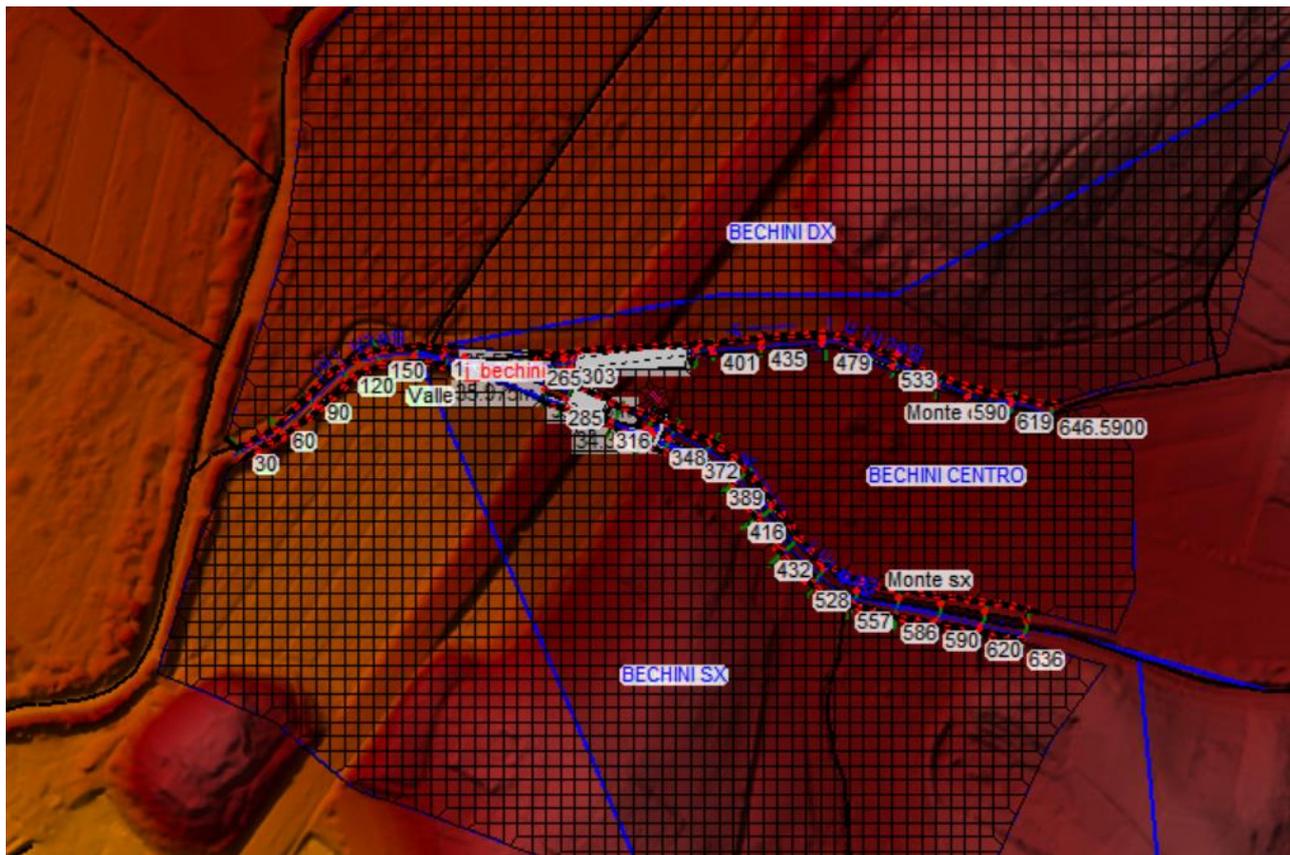


Figura 46 – Rio Bechini simulato con il software Hec-Ras

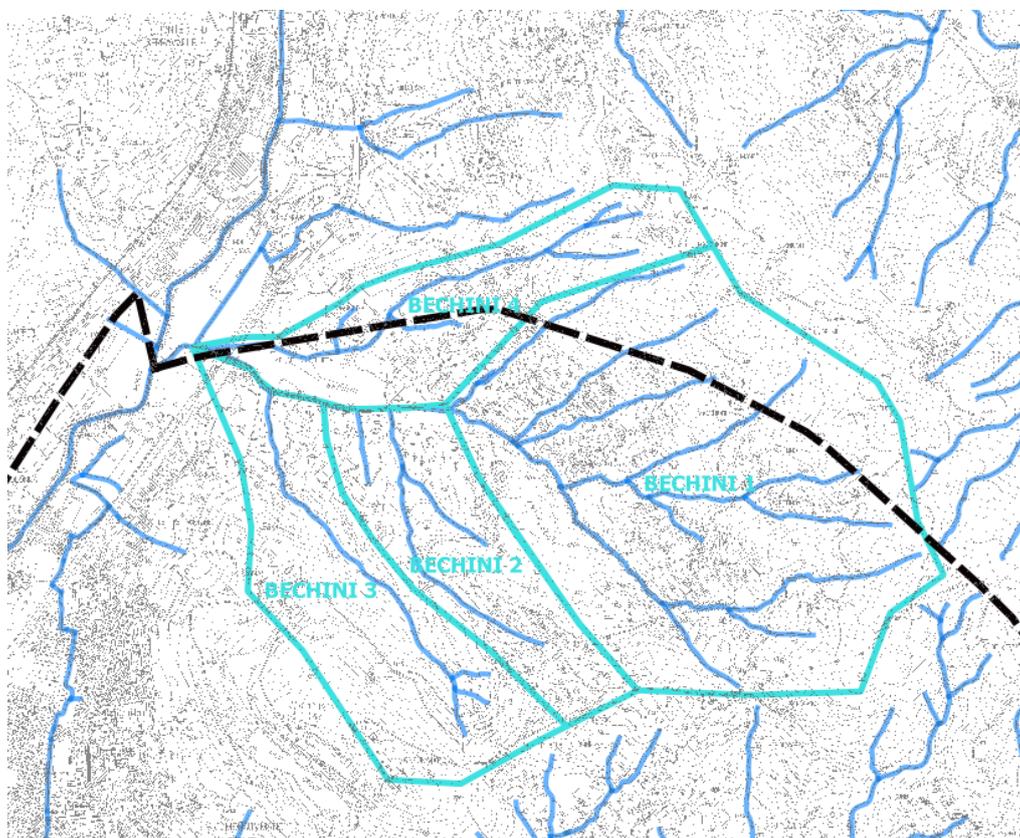


Figura 47 – Rio Bechini e relativi bacini idrografici

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i diversi tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia considerate, derivanti dall'analisi idrologica.

| Picco di portata –Rio Bechini | | | |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Tempo di ritorno | T_p 1h | T_p 2h | T_p 3h |
| Tr 200 anni | 36.70 m ³ /s | 37.40 m³/s | 34.10 m ³ /s |
| Tr 30 anni | 14.30 m ³ /s | 15.80 m³/s | 14.90 m ³ /s |

Tabella 18: Portate di picco alla sezione di chiusura per i diversi tempi di ritorno e durate di pioggia

Il picco di portata viene raggiunto per durata di pioggia $T_p=2$ ore. Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per le diverse durate di pioggia.

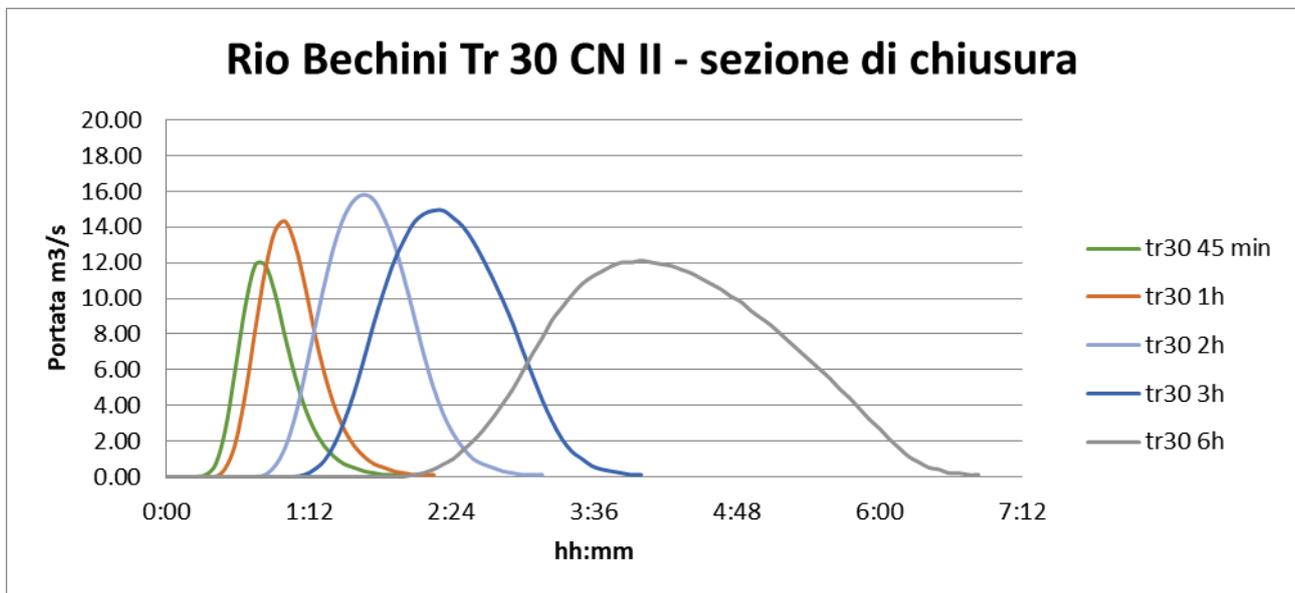


Figura 48 - Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 30

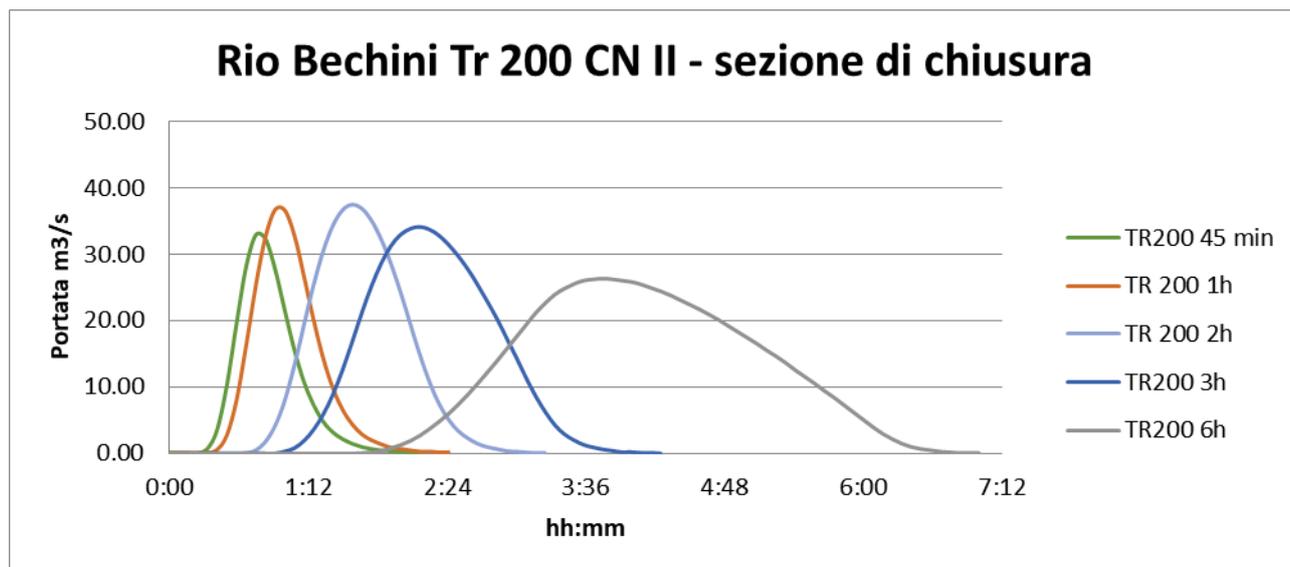


Figura 49- Idrogrammi di piena alla sezione di chiusura per TR 200

Il rilievo effettuato sul tratto in esame ci ha permesso di determinare le sezioni idrauliche e di caratterizzare gli attraversamenti presenti in prossimità degli attraversamenti stradali su Via Tre Fontane e sull'autostrada A11.



Figura 50 – Rio Bechini attraversamento su Via Tre Fontane visto da valle



Figura 51 – Rio Bechini -attraversamento sull’A11 visto da monte



Figura 52 – Rio Bechini destro-uscita del tratto tombato a valle dell’A11

I risultati dell'analisi idraulica in termini di battenti duecentennali sul piano campagna per l'analisi idraulica del Rio Bechini sono riportati nella figura seguente.

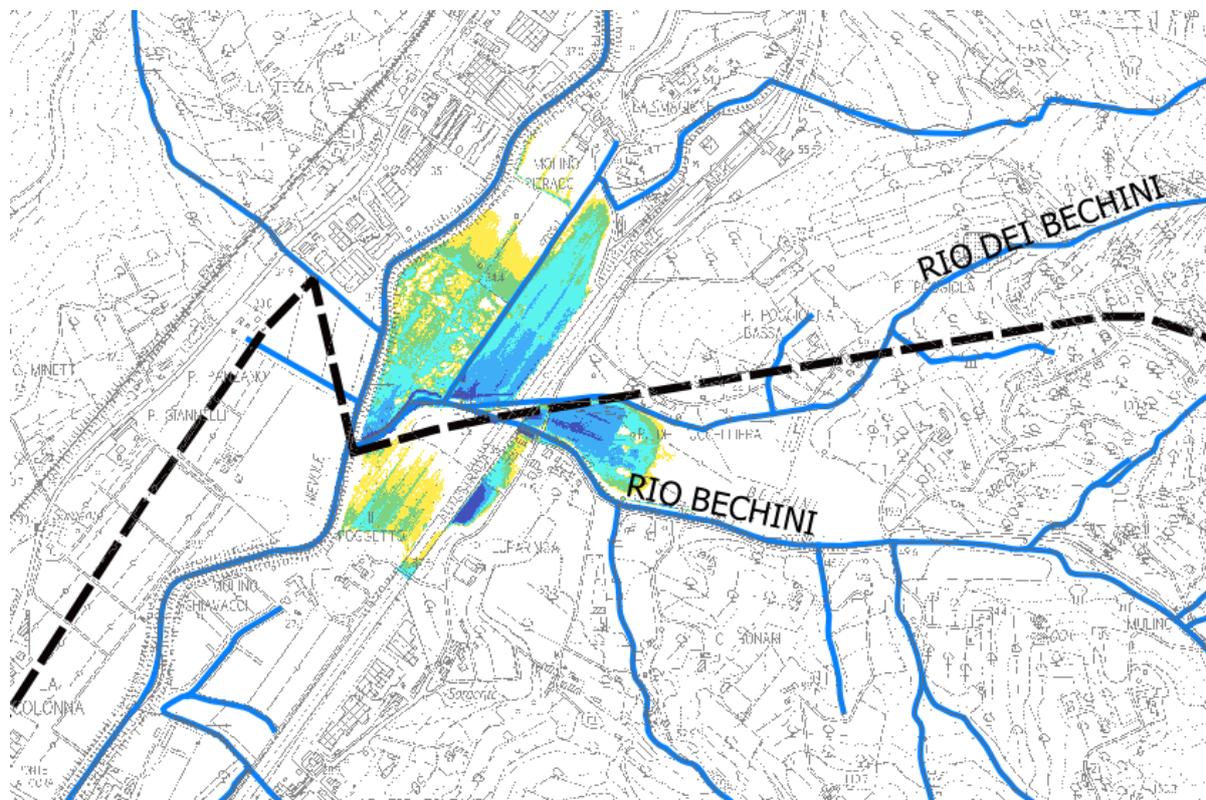


Figura 53 - Battenti tr 200 anni

Le criticità idrauliche maggiori derivano dagli attraversamenti stradali su Via del Fossetto e sull'autostrada A11, che al passaggio dell'onda di piena risultano funzionare in pressione, provocando esondazioni a monte sul piano campagna.

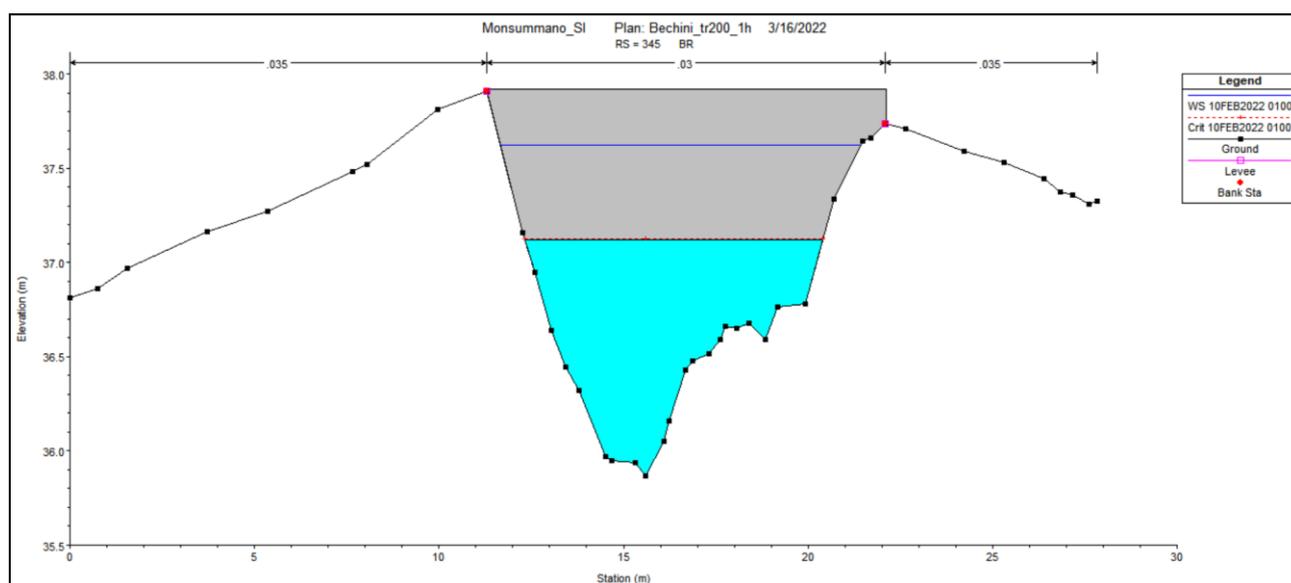


Figura 54 - Rio Bechini attraversamento su via del Fossetto, funzionamento in pressione

7 Risultati degli studi idraulici precedenti recepiti nel presente studio

Nel presente studio, per completare il quadro in termini di battenti, pericolosità e magnitudo idraulica sono stati recepiti due studi precedenti del Comune di Pieve a Nievole sul Torrente Nievole e del Comune di Larciano sul Fosso di Cecina. Entrambi i corsi d'acqua non rientrano se non marginalmente nel territorio di Monsummano Terme, tuttavia le loro esondazioni coinvolgono, anche in maniera significativa, il suo territorio. Oltre a quanto sopra è stato recepito il progetto della cassa d'espansione realizzata sul Fosso Candalla.

7.1 Torrente Nievole: Studio idraulico per la determinazione dei battenti all'interno del territorio del Comune di Pieve a Nievole

In tale lavoro era stata condotta un'analisi idrologica ed idraulica del torrente Nievole, dal ponte di Serravalle fino al padule di Fucecchio, che ha portato alla determinazione dei battenti sul piano campagna per eventi pluviometrici con tempo di ritorno 30 e 200 anni.

Riportiamo di seguito una breve sintesi dell'analisi idrologica condotta e dei risultati in termini di battenti derivanti dalle simulazioni idrauliche.



Figura 55 - Torrente Nievole e relativi sottobacini

| Nome bacino | A (km ²) | L (km) | Hmax | Hmin | Hmedia | Zmax asta | i | iB |
|----------------|----------------------|--------|--------|------|--------|--------------|--------|--------|
| NIEVOLE | 30.33 | 9.86 | 858.00 | 45 | 406.50 | 811.00 | 0.0777 | 0.0825 |
| RIO BECHINI | 6.15 | 2.80 | 470.00 | 35 | 217.50 | 350.00 | 0.1125 | 0.1554 |
| NIEVOLE3 | 1.6 | 1.00 | 250.00 | 35 | 107.50 | 150.00 | 0.1150 | 0.2150 |
| TUBO 1000 | 0.09 | 0.14 | 28.00 | 25 | 1.50 | 27.00 | 0.0143 | 0.0214 |
| RIGHIGIANO | 2.54 | 2.88 | 224.00 | 24 | 100.00 | 150.00 | 0.0438 | 0.0694 |
| VERGAILOLO | 0.11 | 0.26 | 25.00 | 23 | 1.00 | 25.00 | 0.0077 | 0.0077 |
| NIEVOLE7 | 0.65 | 1.58 | 200.00 | 23 | 88.50 | 115.00 | 0.0582 | 0.1120 |
| NIEVOLE8 | 0.4 | 1.01 | 172.00 | 23 | 74.50 | 80.00 | 0.0564 | 0.1475 |
| NIEVOLE9 | 0.45 | 0.54 | 100.00 | 22 | 39.00 | 40.00 | 0.0333 | 0.1444 |
| SCHIAVO | 0.96 | 1.56 | 190.00 | 21 | 84.50 | 90.00 | 0.0442 | 0.1083 |
| SALSETO | 3.34 | 3.61 | 315.00 | 20 | 147.50 | 250.00 | 0.0637 | 0.0817 |

Figura 56 – Principali caratteristiche morfologiche dei sottobacini

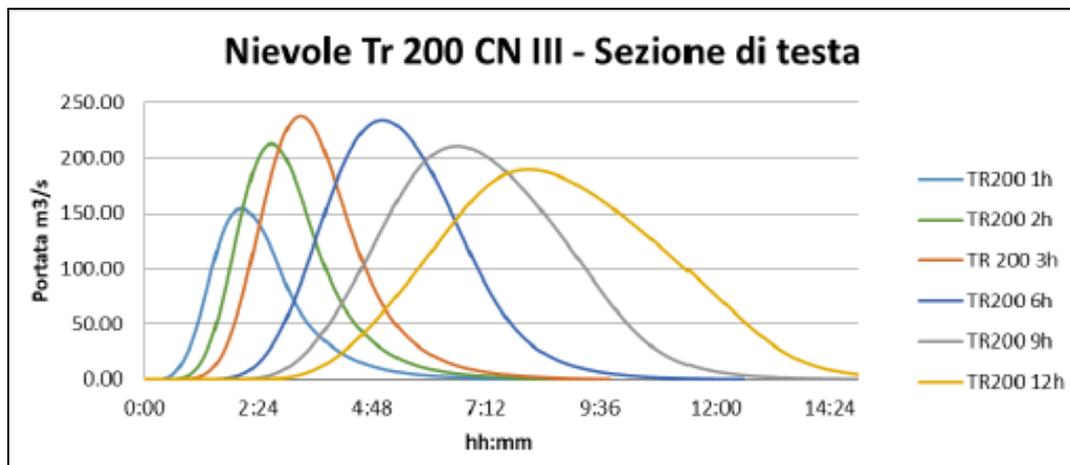


Figura 57 - T. Nievole idrogrammi di piena all'inizio del tratto simulato, Tr 200 anni

L'analisi idraulica ha portato alla determinazione dei battenti sul piano campagna per eventi di piena duecentennali

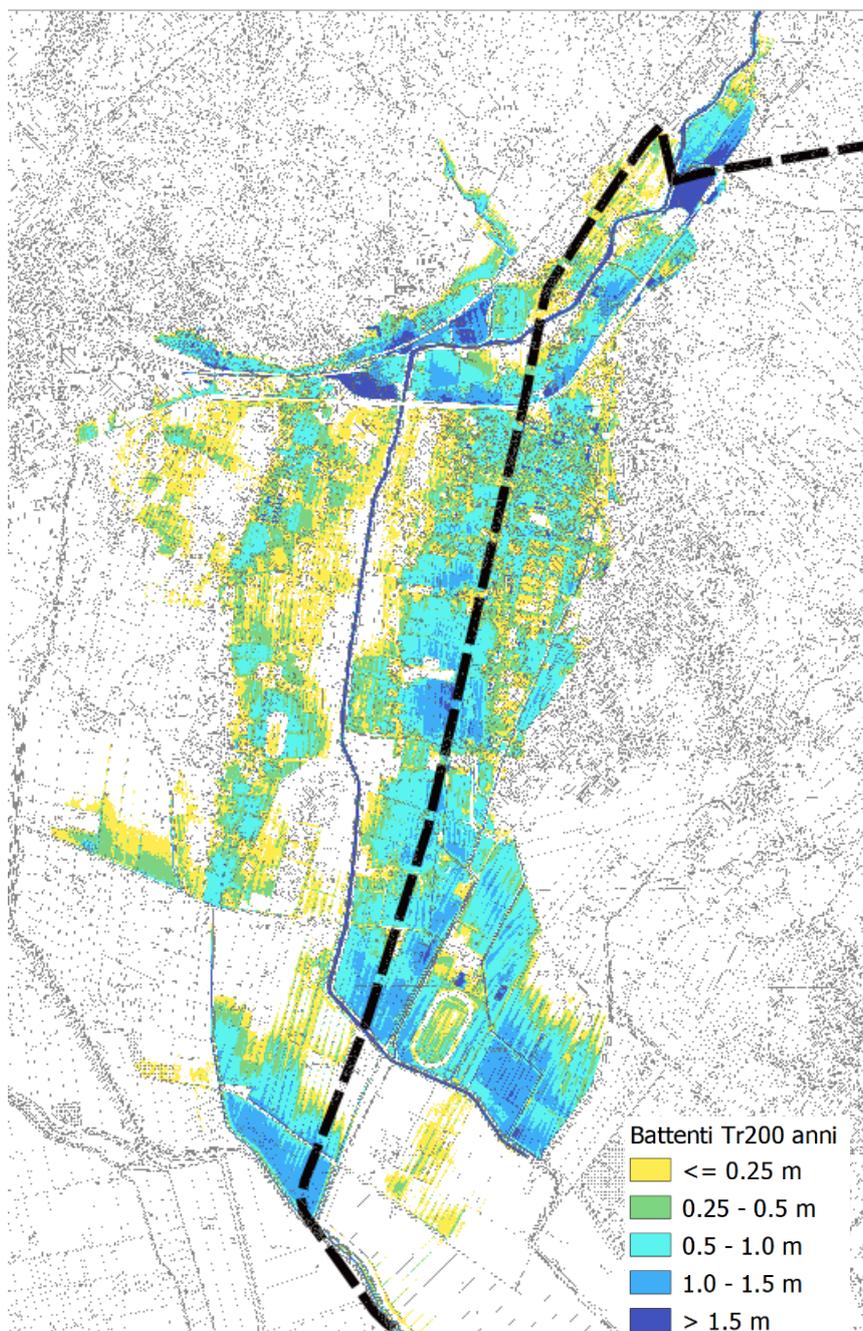


Figura 58 – Esondazione T. Nievole nel territorio del Comune di Monsummano, Battenti Tr 200 anni

Tali risultati sono stati considerati anche nelle elaborazioni della pericolosità e della magnitudo idraulica.

7.2 Fosso di Cecina: Studio idrologico e idraulico Comune di Larciano

In tale lavoro era stata condotta un'analisi idrologica ed idraulica del Fosso di Cecina nell'ambito del Piano Strutturale intercomunale tra il comune di Lamporecchio e il Comune di Larciano. Riportiamo di seguito i risultati in termini di battenti duecentennali relativi alle esondazioni del Fosso di Cecina.

Riportiamo di seguito una breve sintesi dell'analisi idrologica condotta e i risultati delle simulazioni idrauliche ottenuti, in termini di battenti.

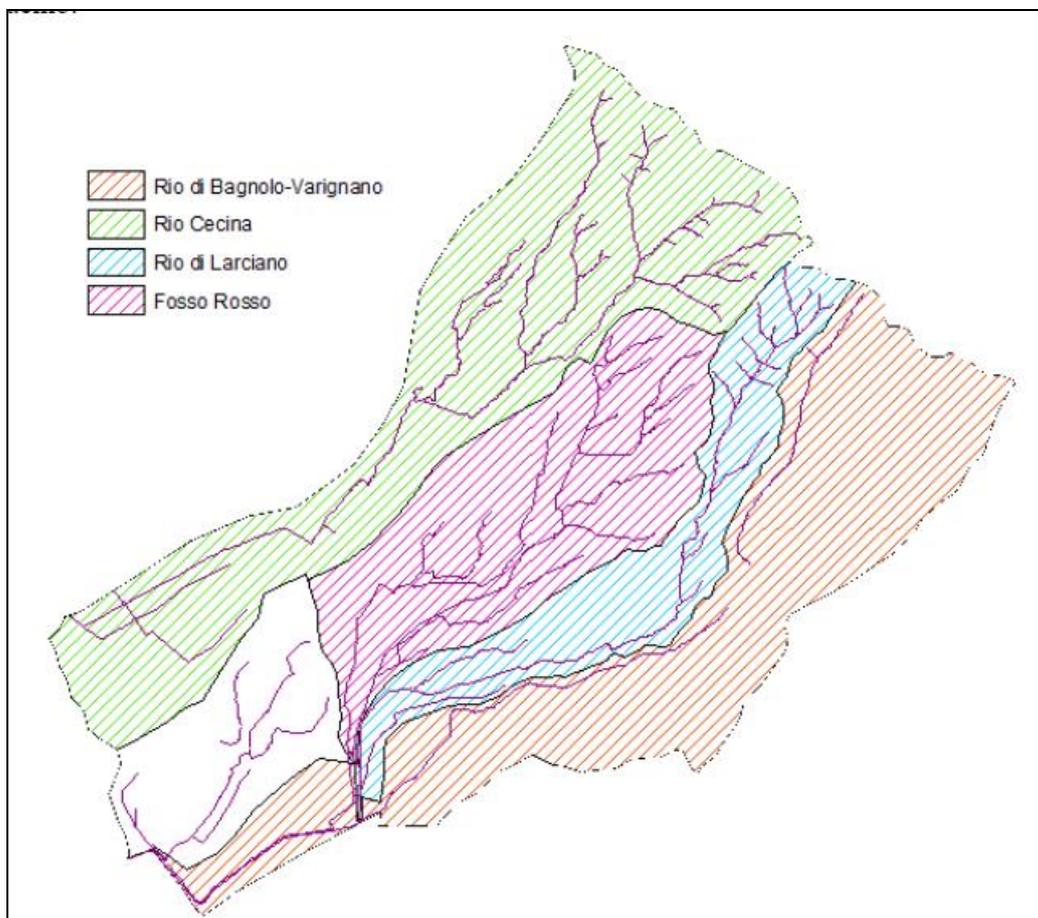


Figura 59 - Suddivisione in sottobacini: in verde il Fosso di Cecina

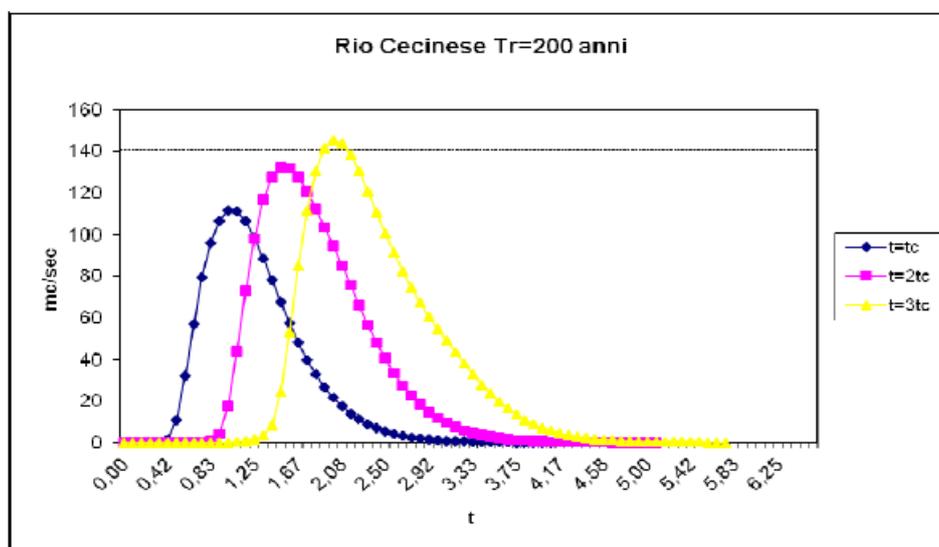


Figura 60 - Trasformazione affluissi deflussi del Fosso di Cecina alla sezione di chiusura per Tr 200 anni

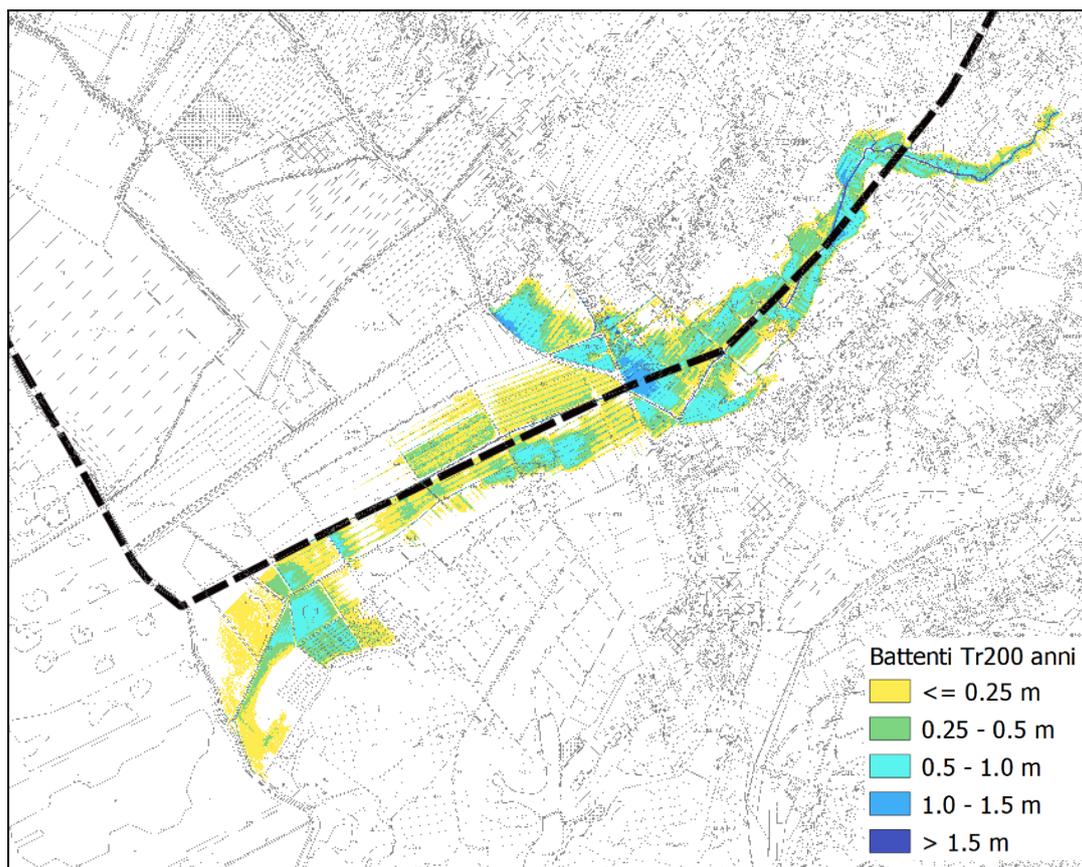


Figura 61 - Esondazione F. di Cecina nel territorio del Comune di Monsummano, Battenti Tr 200 anni

8. Definizione della pericolosità e della magnitudo idraulica

Sulla base dei battenti per i vari tempi di ritorno ricavati dalle verifiche idrauliche condotte nel presente studio e negli studi pregressi sono state elaborate le mappe di pericolosità idraulica, secondo la classificazione del P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale.

Le aree con pericolosità da alluvione sono rappresentate su tre classi, secondo la seguente gradazione:

- pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni.

Ai fini della classificazione del territorio sulla base della legge 41/R/2018 si è provveduto a redigere la tavola della magnitudo idraulica, che tiene conto della combinazione dei battenti di esondazione e della velocità di propagazione:

- magnitudo idraulica moderata: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- magnitudo idraulica severa: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- magnitudo idraulica molto severa: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri.

Per le porzioni di territorio non oggetto di modellazione (zona limitrofa al Padule di Fucecchio) nella redazione delle carte si è tenuto conto, oltre che dei risultati dei due studi precedenti su Torrente Nievole e sul Fosso di Cecina, anche della pericolosità idraulica definita dall’Autorità di Distretto dell’Appennino Settentrionale, in particolar modo nella zona sud del territorio comunale laddove la presenza del Padule di Fucecchio gioca un ruolo fondamentale nella determinazione delle classi di pericolosità e magnitudo idraulica.

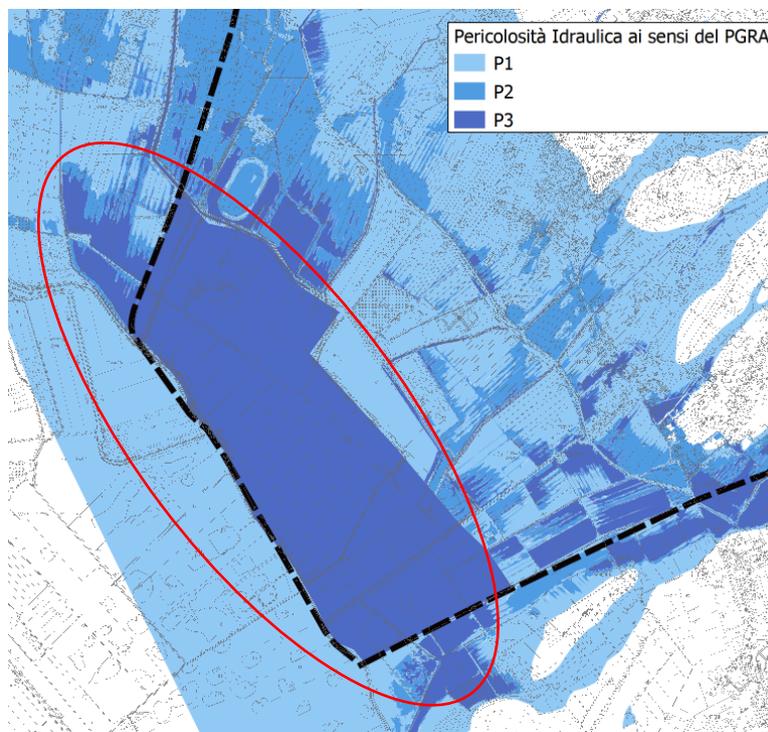


Figura 62- Pericolosità idraulica derivante dal P.G.R.A. Appennino Settentrionale