



**COMUNE DI QUARRATA  
PROVINCIA DI PISTOIA**

**STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO A SUPPORTO DEL  
PIANO OPERATIVO COMUNALE**



**ELABORATO 1 – RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

**GRUPPO DI LAVORO**

Dott. Ing. Simone Galardini  
Dott. Ing. Chiara Chiostrini  
Dott. Ing. Federico Orlandini

<b>Codice</b> 08939	<b>Emesso</b> Galardini	<b>D.R.E.AM. Italia</b> Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 <a href="http://www.dream-italia.it">http://www.dream-italia.it</a> <b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV GL = ISO 9001 =</b>	 <b>D.R.E.AM.</b> ITALIA
<b>Rev.</b> 02	<b>Controllato</b> Chiostrini		
<b>Data</b> Dicembre 2019	<b>Approvato D.T.</b> Miozzo		

## **Sommario**

Premessa .....	2
1. Inquadramento del rischio idraulico a scala comunale .....	3
2. Analisi idrologica.....	6
2.1 Pluviometria .....	6
2.2 Perdite idrologiche .....	7
2.3 Trasformazione afflussi-deflussi .....	10
2.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi.....	12
3. Verifiche idrauliche.....	20
3.1 Condizioni al contorno.....	25
3.2 Esondazioni del Torrente Stella in destra idraulica .....	26
4. Risultati delle verifiche idrauliche .....	29
5. Aggiornamento della pericolosità idraulica.....	34
6. Interventi di messa in sicurezza.....	35

## Relazione idrologica ed idraulica

### Premessa

Il presente documento costituisce la relazione idrologica ed idraulica a supporto del Piano Operativo Comunale di Quarrata (PT); lo studio ha la finalità di definire le classi di pericolosità idraulica delle zone di interesse urbanistico del Comune di Quarrata ed ha analizzato i seguenti corsi d'acqua:

- Fosso Impialla;
- Fosso Falchereto;
- Fosso Fermulla e affluenti Rio Lucciano e Fosso della Mulina;
- Fosso Colecchio.

Relativamente al Torrente Stella, nel tratto in destra idraulica compreso fra Fosso Impialla e Fosso Barberoni, è stato acquisito il modello idraulico sviluppato dall'ex Autorità di Bacino del Fiume Arno, inserendo come condizione al contorno gli idrogrammi sfiorati per le varie ricorrenze e durate di riferimento.

L'ambito dello studio è pertanto compreso fra la sponda destra del Torrente Stella, la sinistra del Fosso Impialla ed il Fosso Barberoni, che non è stato oggetto di studi; relativamente all'area di contatto dello studio con il Fosso Barberoni è stata fatta una valutazione se le esondazioni fossero di pertinenza del Colecchio, aggiornando le mappe di conseguenza, oppure del Fosso Barberoni, confermando in tal caso il PGRA. Relativamente alla zona verso il confine comunale con Serravalle Pistoiese il Comune di Quarrata riceverà gli studi idraulici del Comune di Serravalle Pistoiese, quando questi saranno approvati, per la zona d'influenza del Fosso Morione.

Le simulazioni idrauliche sono state condotte con schema di moto vario unidimensionale nel canale, accoppiato con schema di moto puramente bidimensionale (implementato con il software Hec Ras 5.0.5) per la propagazione dei volumi sul piano campagna. Le sezioni trasversali significative dei corsi d'acqua, così come la geometria dei manufatti di attraversamento e di sponda, sono state ricavate da accurata campagna topografica in sito, mediante rilevazione con GPS e correzione differenziale RTK.

Il modello tridimensionale del terreno è stato invece ricavato mediante LIDAR reso disponibile dalla Regione Toscana, con maglia 1x 1 m, integrato con piano quotato ricavato da cartografia in scala 1:2000 laddove il volo LIDAR non fosse a disposizione.

Il modello idraulico restituisce per gli eventi Tr 30 anni e 200 anni i battenti e le velocità nelle zone interessate da allagamenti: le carte allegate alla relazione riportano "l'inviluppo" delle esondazioni per

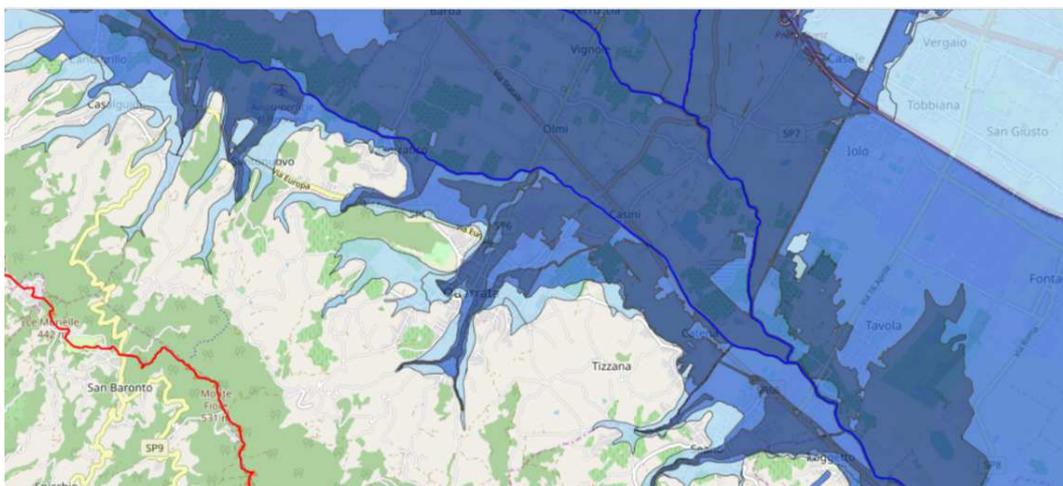
varie durate di pioggia ovvero si considerano le celle bagnate tutte accese simultaneamente con i valori massimi, in modo da determinare lo scenario più gravoso.

Il modello idraulico è stato sviluppato per considerare concomitanti gli eventi di piena dei vari corsi d'acqua analizzati, per cui eventuali sovrapposizioni di esondazioni derivanti da diversi corsi d'acqua sono processati in automatico dal software, propagandoli sul piano campagna in funzione dei volumi restituendo i battenti effettivamente attesi. Il dato grezzo dei battenti viene successivamente post processato, al fine di eliminare i dati al di sotto del limite di tolleranza del modello o derivanti da situazioni anomale e puntuali, al fine di passare alla definizione delle classi di pericolosità idraulica e magnitudo del territorio.

Come detto, relativamente al Torrente Stella, classificato come reticolo principale e pertanto di competenza dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale, al fine di definire un quadro esaustivo delle esondazioni in destra, è stato acquisito il modello quadri 2D sviluppato dall'ex ADB Arno, e propagando sul piano campagna i volumi sfiorati per sormonto arginale. Nel dominio di indagine pertanto il dato di pericolosità e magnitudo derivante dal reticolo secondario è stato pertanto integrato con lo scenario derivante dal reticolo principale, in modo da caratterizzare compiutamente pericolosità e magnitudo in "destra Stella" nel tratto fra Fosso Impialla e Fosso Barberoni.

## **1. Inquadramento del rischio idraulico a scala comunale**

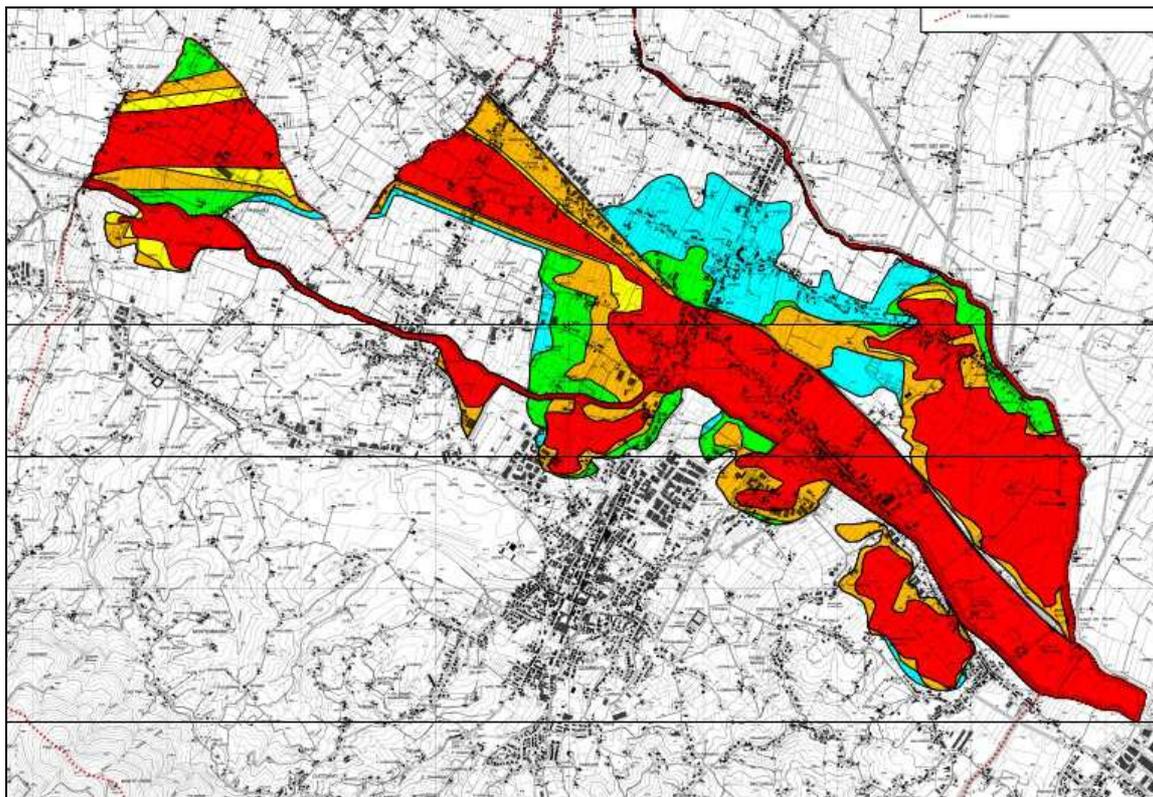
Dall'analisi degli strumenti di pianificazione vigenti, della cartografia del P.G.R.A. ed in virtù dei recenti allagamenti verificatesi, risulta che il territorio comunale di Quarrata ha storicamente sofferto di fenomeni esondativi, soprattutto concentrati nell'area di pianura, dove si riscontrano insufficienze tanto del reticolo delle acque alte che del reticolo secondario di acque basse.



*Figura 1 – Inquadramento territorio comunale di Quarrata secondo il PGR vigente*



Figura 2 – Vista aerea dei recenti allagamenti verificatesi sul territorio comunale di Quarrata



*Figura 3 – Carta delle aree allagabili allegata al Piano Strutturale del Comune di Quarrata*

Alla luce della recente normativa di settore, L.R. 41/2018, risulta pertanto fondamentale, per il futuro sviluppo urbanistico dell'abitato, definire i battenti idraulici e le velocità di propagazione, in modo da ricavare la pericolosità e la magnitudo idraulica.

Nel corso degli anni sono stati realizzati sul territorio comunale interventi idraulici sul reticolo minore (briglia a bocca tarata sul Fosso Fermulla, briglia a bocca tarata Rio Falchereto, primo modulo cassa espansione Fosso Quadrelli al Ponte degli Olmi) che hanno in parte ovviato all'insufficienza idraulica dei corsi secondari, senza però risolvere in modo definitivo situazioni puntuali e localizzate che generano comunque un rischio idraulico non trascurabile.

Anche la pianificazione urbanistica comunale ha tenuto conto della necessità di interventi mirati atti a ridurre il rischio anche nelle zone pedo-collinari, vincolando aree per la realizzazione di zone di laminazione controllata, casse d'espansione o vincolando nelle schede progetto gli oneri di urbanizzazione di comparti insediativi o produttivi alla realizzazione di opere idrauliche funzionali alla riduzione del rischio idraulico.

In questo studio idraulico gli interventi realizzati sul territorio vengono inseriti nello schema geometrico dei corsi d'acqua e modellati, al fine di ricavare lo scenario di pericolosità di stato attuale relativo ai corsi d'acqua di interesse.

## 2. Analisi idrologica

L'analisi idrologica è stata compiuta per i corsi d'acqua con 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, ed è stata svolta con riferimento agli eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

### 2.1 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 alla stazione pluviometrica della Ferruccia (TOS1001269), che per vicinanza è la più significativa. I parametri della curva sono riportati nella tabella sottostante:

Stazione di La Ferruccia	a	n
Tr = 200 anni	76.26	0.30085
Tr = 30 anni	51.675	0.28137

Tabella 1 – Parametri della curva di possibilità pluviometrica

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad uno 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, dopo confronto tecnico con gli uffici del Genio Civile, si è deciso di utilizzare quello di tipo rettangolare ad intensità costante.

## 2.2 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 (*Figura 4*).

È stato poi analizzato l'uso del suolo sulla cartografia della Regione Toscana che riporta i valori del codice Corine Land cover (*Figura 5*), con riferimento alla carta di uso del suolo riferita al 2013, che rappresenta un dato più aggiornato rispetto a quanto impiegato nello studio del 2008.

### Legenda

#### Gruppo idrologico USDA

- A - Suoli con potenziale di deflusso superficiale basso
- B - Suoli con potenziale di deflusso superficiale moderatamente basso
- C - Suoli con potenziale di deflusso superficiale moderatamente alto
- D - Suoli con potenziale di deflusso superficiale alto

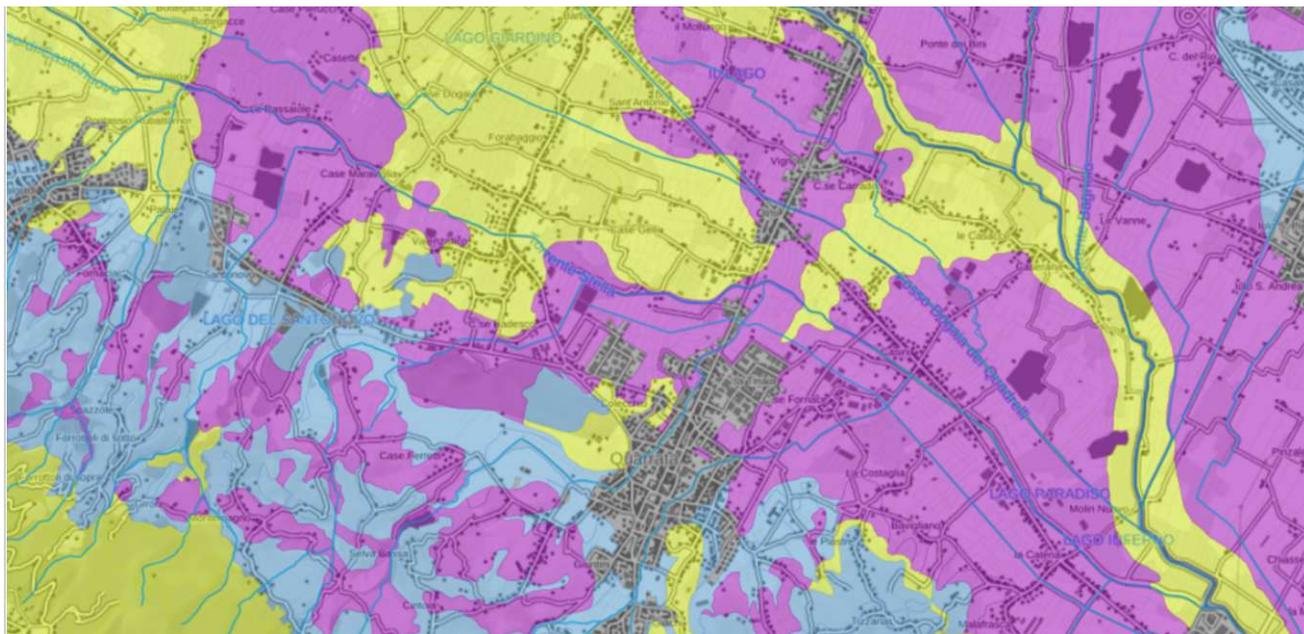


Figura 4 – Carta dei gruppi idrologici Del territorio comunale di Quarrata

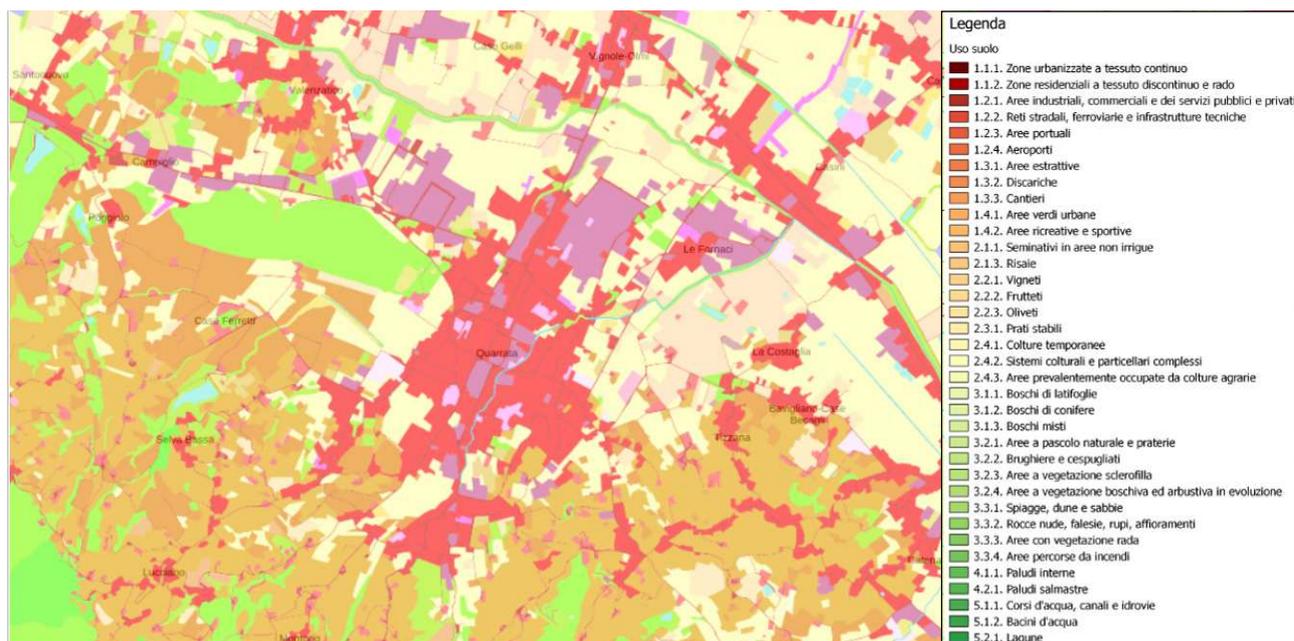


Figura 5 – Uso del suolo Corine Land Cover

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.

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
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

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 in Tabella 3, 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 3 - 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:

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

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

A titolo cautelativo, e dal confronto tecnico con gli uffici del Genio Civile **si utilizza il valore del CN III** per la determinazione dell'entità degli eventi estremi.

## 2.3 Trasformazione afflussi-deflussi

Tramite il confronto tecnico con gli Uffici del Genio Civile si è optato per l'utilizzo dell'idrogramma unitario del SCS considerando il lag time calcolato con una velocità di 2.0 m/s nei tratti di tipo *reach*.

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 Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{I_B^{0.388}}$$

- 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 km<sup>2</sup>, L la lunghezza dell'asta principale in km, i la pendenza media del corso d'acqua, i<sub>B</sub> la pendenza media del bacino. I parametri riassuntivi dei parametri idrologici per i vari sottobacini analizzati sono riassunti nelle tabelle sottostanti.

<b>Impialla</b>	A (km <sup>2</sup> )	CNIII	Tc (min)	T rit (min)
Impialla1	2.07	86	43.3	26
Impialla2	0.35	93	25	15
Impialla3	0.35	92	21.66	13
Impialla4	0.53	87	31.66	19

Tabella 4 -Parametri idrologici sottobacini Fosso Impialla

<b>Falchereto</b>	A (km <sup>2</sup> )	CNIII	Tc (min)	T rit (min)
Falchereto1	1.11	89	31.66	19
Falchereto2	0.27	94	20	12
Falchereto3	0.87	93	36.66	22
Falchereto4	0.71	92	38.33	23
Falchereto5	0.47	94	28.33	17
Falchereto6	0.31	92	37.16	22.3
Falchereto7	0.087	99	50	30

Tabella 5 -Parametri idrologici sottobacini Fosso Falchereto

<b>Fermulla</b>	A (km <sup>2</sup> )	CNIII	Tc (min)	T rit (min)
Fermulla1	3.01	81	41.67	25
Fermulla2	2.80	81	56.66	34
Fermulla3	0.48	95	38.33	23
Fermulla4	0.14	96	13.33	8
Fermulla5	0.075	91	28.33	17
Fermulla6	0.12	97	13.33	8
Fermulla7	0.19	92	35.00	21
Fermulla8	0.11	96	30.00	18
Fermulla9	0.07	96	13.33	8
Fermulla10	1.21	84	48.33	29
Fermulla11	1.58	83	40.00	24

Tabella 6 -Parametri idrologici sottobacini Fosso Fermulla

Colecchio	A (km2)	CNIII	Tc (min)	T rit (min)
Colecchio1	0.11	93	11.67	7
Colecchio 2	0.31	89	31.67	19
Colecchio 3	0.18	92	26.67	16
Colecchio 4	0.28	94	51.67	31
Colecchio 5	0.18	94	53.33	32
Colecchio 6	0.48	94	26.67	16
Colecchio 7	0.44	93	38.33	23
Colecchio 8	0.46	95	105.00	63
Colecchio 9	0.94	93	45.00	27
Colecchio 10	0.24	94	30.00	18
Colecchio11	1.50	95	11.67	73

Tabella 7 – Parametri idrologici sottobacini Fosso Colecchio

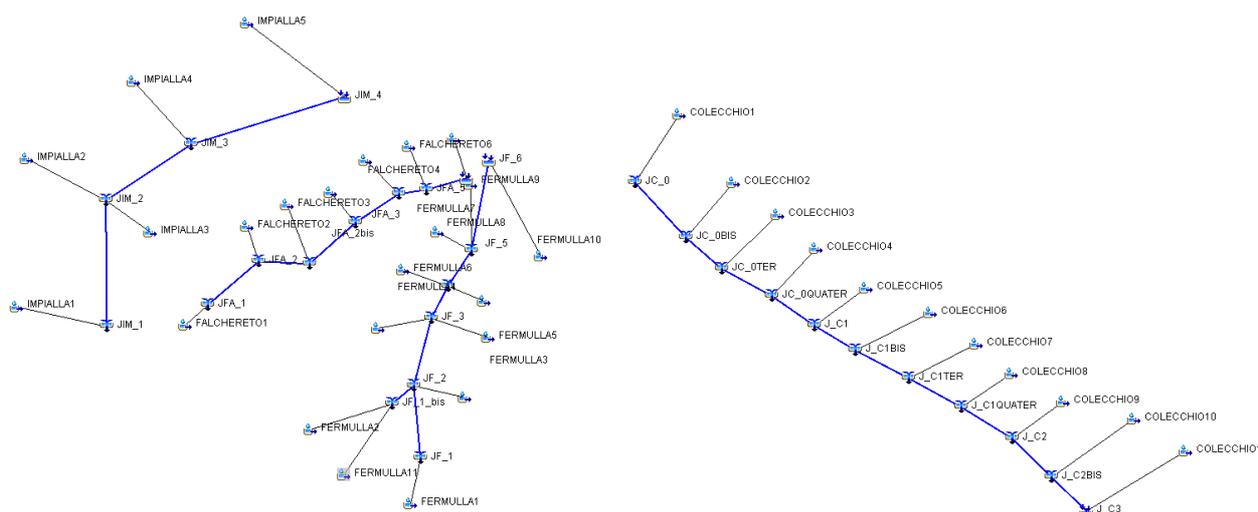


Figura 6 – Schematizzazione idrologica con HMS

## 2.4 Risultati della modellazione afflussi-deflussi

Si riportano di seguito i valori di portata ottenuti per i sottobacini bacini considerati, considerando un ietogramma costante di durata 1 h, 3 h e 6 h, idrogramma unitario del SCS e considerando un CN III.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	1,4
COLECCHIO10	0,240	2,8
COLECCHIO11	1,500	8,9
COLECCHIO2	0,310	2,9
COLECCHIO3	0,180	2,0
COLECCHIO4	0,280	2,8
COLECCHIO5	0,180	1,8
COLECCHIO6	0,480	5,8
COLECCHIO7	0,440	4,7
COLECCHIO8	0,460	3,1
COLECCHIO9	0,940	9,4
FALCHERETO1	1,110	10,5
FALCHERETO2	0,270	3,4
FALCHERETO3	0,870	9,4
FALCHERETO4	0,710	7,2
FALCHERETO5	0,470	5,6
FALCHERETO6	0,310	3,2
FALCHERETO7	0,087	1,1
FERMULLA1	3,010	16,6
FERMULLA10	1,210	7,4
FERMULLA2	4,480	20,2
FERMULLA3	0,480	5,5
FERMULLA4	0,140	1,9
FERMULLA5	0,075	0,8
FERMULLA6	0,120	1,7
FERMULLA7	0,190	2,0
FERMULLA8	0,110	1,4
FERMULLA9	0,070	1,0
IMPIALLA1	2,070	14,6
IMPIALLA2	0,350	4,1
IMPIALLA3	0,350	4,1
IMPIALLA4	0,530	4,6
IMPIALLA5	0,300	2,6

Tabella 8 –Portate massime per eventi Tr 30 anni e pioggia di durata oraria

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	0,7
COLECCHIO10	0,240	1,5
COLECCHIO11	1,500	8,3
COLECCHIO2	0,310	1,7
COLECCHIO3	0,180	1,1
COLECCHIO4	0,280	1,7
COLECCHIO5	0,180	1,1
COLECCHIO6	0,480	3,0
COLECCHIO7	0,440	2,7
COLECCHIO8	0,460	2,6
COLECCHIO9	0,940	5,7
FALCHERETO1	1,110	6,2
FALCHERETO2	0,270	1,7
FALCHERETO3	0,870	5,3
FALCHERETO4	0,710	4,2
FALCHERETO5	0,470	2,9
FALCHERETO6	0,310	1,8
FALCHERETO7	0,087	0,6
FERMULLA1	3,010	13,3
FERMULLA10	1,210	5,8
FERMULLA2	4,480	19,1
FERMULLA3	0,480	3,0
FERMULLA4	0,140	0,9
FERMULLA5	0,075	0,4
FERMULLA6	0,120	0,8
FERMULLA7	0,190	1,1
FERMULLA8	0,110	0,7
FERMULLA9	0,070	0,4
IMPIALLA1	2,070	10,6
IMPIALLA2	0,350	2,1
IMPIALLA3	0,350	2,1
IMPIALLA4	0,530	2,8
IMPIALLA5	0,300	1,7

Tabella 9 –Portate massime per eventi Tr 30 anni e pioggia di durata 3 ore

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	0,4
COLECCHIO10	0,240	0,9
COLECCHIO11	1,500	5,7
COLECCHIO2	0,310	1,1
COLECCHIO3	0,180	0,7
COLECCHIO4	0,280	1,1
COLECCHIO5	0,180	0,7
COLECCHIO6	0,480	1,8
COLECCHIO7	0,440	1,7
COLECCHIO8	0,460	1,8
COLECCHIO9	0,940	3,6
FALCHERETO1	1,110	4,0
FALCHERETO2	0,270	1,0
FALCHERETO3	0,870	3,3
FALCHERETO4	0,710	2,7
FALCHERETO5	0,470	1,8
FALCHERETO6	0,310	1,2
FALCHERETO7	0,087	0,3
FERMULLA1	3,010	9,2
FERMULLA10	1,210	3,9
FERMULLA2	4,480	13,8
FERMULLA3	0,480	1,9
FERMULLA4	0,140	0,5
FERMULLA5	0,075	0,3
FERMULLA6	0,120	0,5
FERMULLA7	0,190	0,7
FERMULLA8	0,110	0,4
FERMULLA9	0,070	0,3
IMPIALLA1	2,070	7,0
IMPIALLA2	0,350	1,3
IMPIALLA3	0,350	1,3
IMPIALLA4	0,530	1,8
IMPIALLA5	0,300	1,1

Tabella 10 –Portate massime per eventi Tr 30 anni e pioggia di durata 6 ore

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	2,2
COLECCHIO10	0,240	4,5
COLECCHIO11	1,500	14,4
COLECCHIO2	0,310	5,0
COLECCHIO3	0,180	3,3
COLECCHIO4	0,280	4,4
COLECCHIO5	0,180	2,8
COLECCHIO6	0,480	9,1
COLECCHIO7	0,440	7,5
COLECCHIO8	0,460	5,0
COLECCHIO9	0,940	15,3
FALCHERETO1	1,110	17,9
FALCHERETO2	0,270	5,3
FALCHERETO3	0,870	15,1
FALCHERETO4	0,710	11,8
FALCHERETO5	0,470	8,8
FALCHERETO6	0,310	5,2
FALCHERETO7	0,087	1,6
FERMULLA1	3,010	33,2
FERMULLA10	1,210	14,0
FERMULLA2	4,480	40,1
FERMULLA3	0,480	8,7
FERMULLA4	0,140	2,9
FERMULLA5	0,075	1,3
FERMULLA6	0,120	2,5
FERMULLA7	0,190	3,3
FERMULLA8	0,110	2,1
FERMULLA9	0,070	1,4
IMPIALLA1	2,070	26,6
IMPIALLA2	0,350	6,6
IMPIALLA3	0,350	6,6
IMPIALLA4	0,530	8,0
IMPIALLA5	0,300	4,5

Tabella 11 –Portate massime per eventi Tr 200 anni e pioggia di durata 1 ora

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	1,1
COLECCHIO10	0,240	2,3
COLECCHIO11	1,500	13,5
COLECCHIO2	0,310	2,9
COLECCHIO3	0,180	1,7
COLECCHIO4	0,280	2,7
COLECCHIO5	0,180	1,7
COLECCHIO6	0,480	4,6
COLECCHIO7	0,440	4,2
COLECCHIO8	0,460	4,3
COLECCHIO9	0,940	9,0
FALCHERETO1	1,110	10,3
FALCHERETO2	0,270	2,6
FALCHERETO3	0,870	8,3
FALCHERETO4	0,710	6,7
FALCHERETO5	0,470	4,5
FALCHERETO6	0,310	2,9
FALCHERETO7	0,087	0,9
FERMULLA1	3,010	24,5
FERMULLA10	1,210	10,3
FERMULLA2	4,480	35,8
FERMULLA3	0,480	4,7
FERMULLA4	0,140	1,4
FERMULLA5	0,075	0,7
FERMULLA6	0,120	1,2
FERMULLA7	0,190	1,8
FERMULLA8	0,110	1,1
FERMULLA9	0,070	0,7
IMPIALLA1	2,070	18,2
IMPIALLA2	0,350	3,4
IMPIALLA3	0,350	3,3
IMPIALLA4	0,530	4,8
IMPIALLA5	0,300	2,8

Tabella 12 –Portate massime per eventi Tr 200 anni e pioggia di durata 3 ore

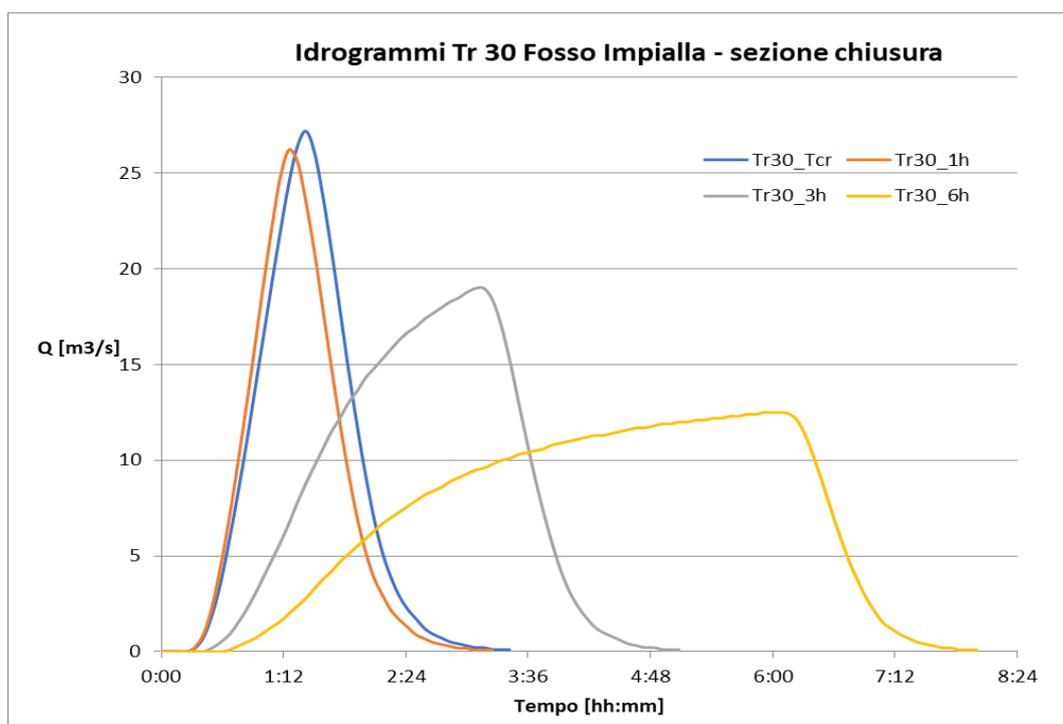
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)
COLECCHIO1	0,110	0,7
COLECCHIO10	0,240	1,4
COLECCHIO11	1,500	8,9
COLECCHIO2	0,310	1,8
COLECCHIO3	0,180	1,1
COLECCHIO4	0,280	1,7
COLECCHIO5	0,180	1,1
COLECCHIO6	0,480	2,9
COLECCHIO7	0,440	2,6
COLECCHIO8	0,460	2,7
COLECCHIO9	0,940	5,6
FALCHERETO1	1,110	6,4
FALCHERETO2	0,270	1,6
FALCHERETO3	0,870	5,2
FALCHERETO4	0,710	4,2
FALCHERETO5	0,470	2,8
FALCHERETO6	0,310	1,8
FALCHERETO7	0,087	0,5
FERMULLA1	3,010	15,9
FERMULLA10	1,210	6,6
FERMULLA2	4,480	23,6
FERMULLA3	0,480	2,9
FERMULLA4	0,140	0,8
FERMULLA5	0,075	0,4
FERMULLA6	0,120	0,7
FERMULLA7	0,190	1,1
FERMULLA8	0,110	0,7
FERMULLA9	0,070	0,4
IMPIALLA1	2,070	11,6
IMPIALLA2	0,350	2,1
IMPIALLA3	0,350	2,1
IMPIALLA4	0,530	3,0
IMPIALLA5	0,300	1,7

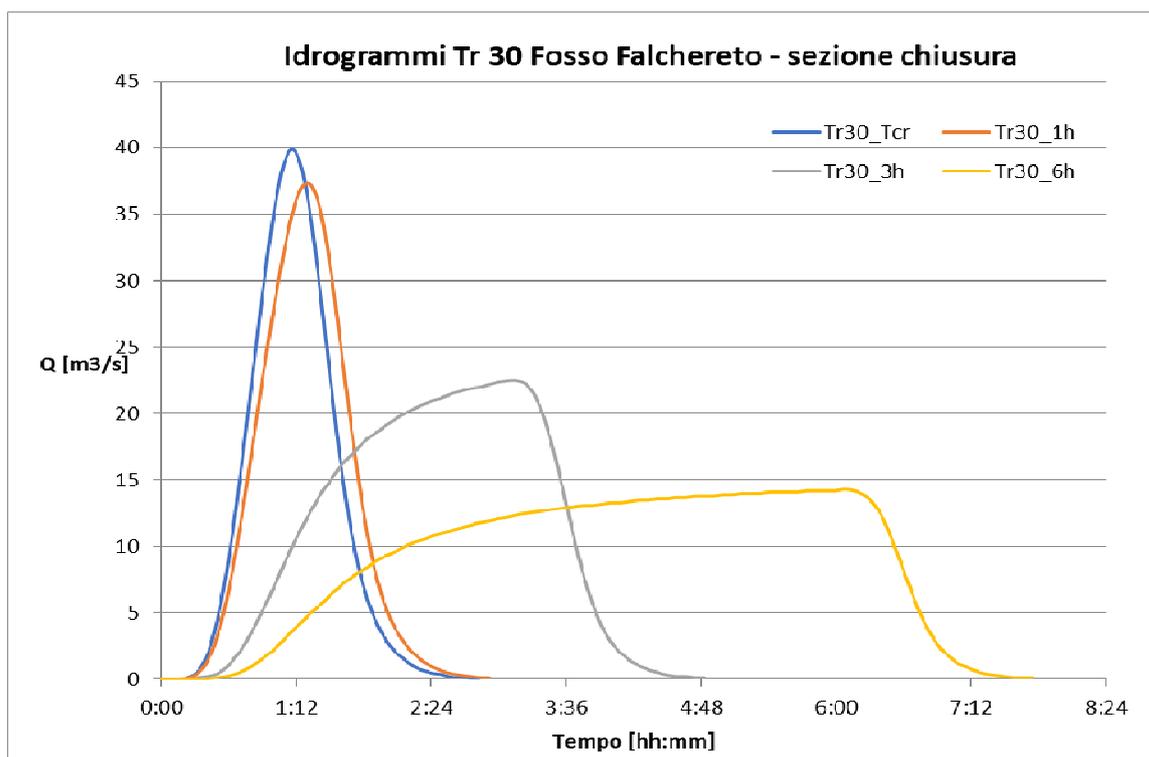
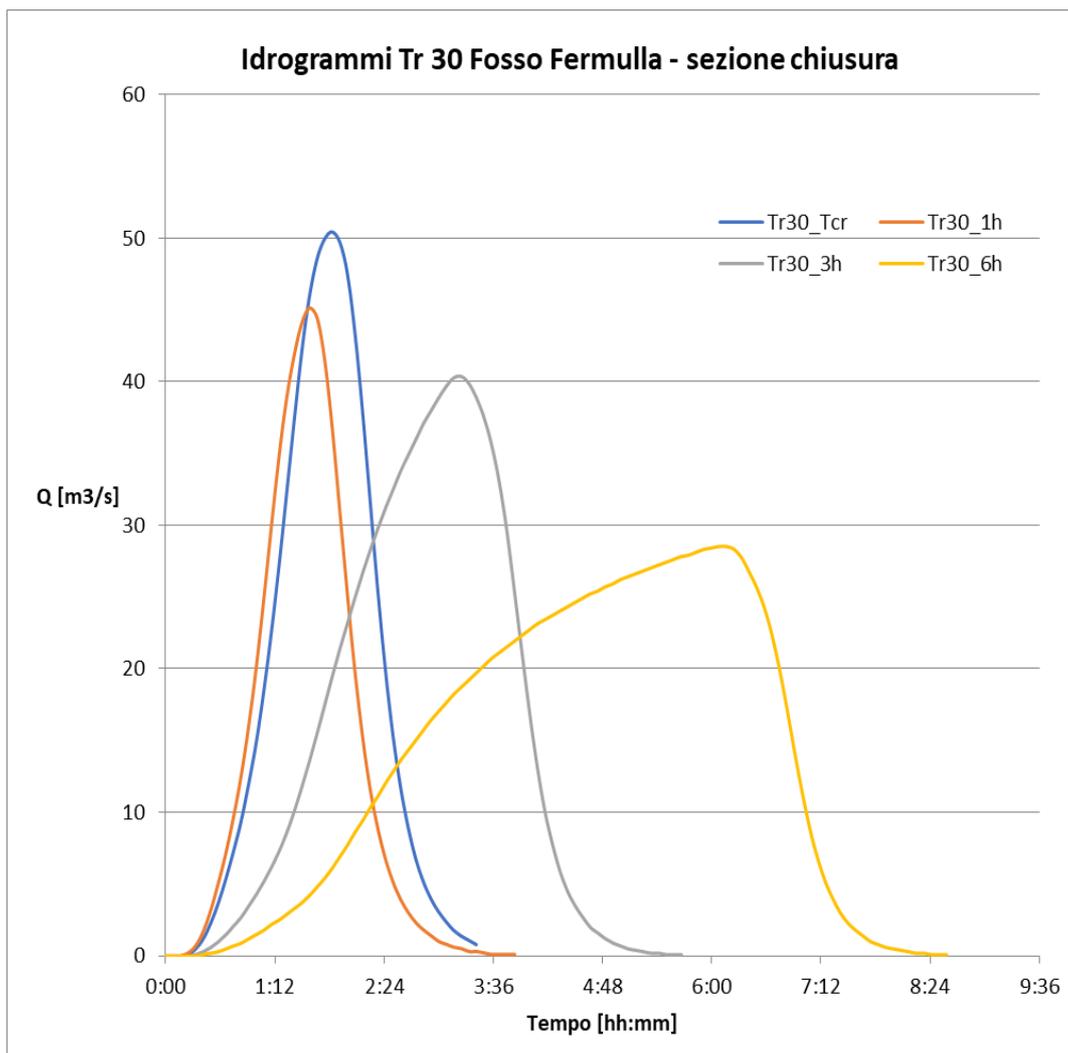
Tabella 13 –Portate massime per eventi Tr 200 anni e pioggia di durata 6 ore

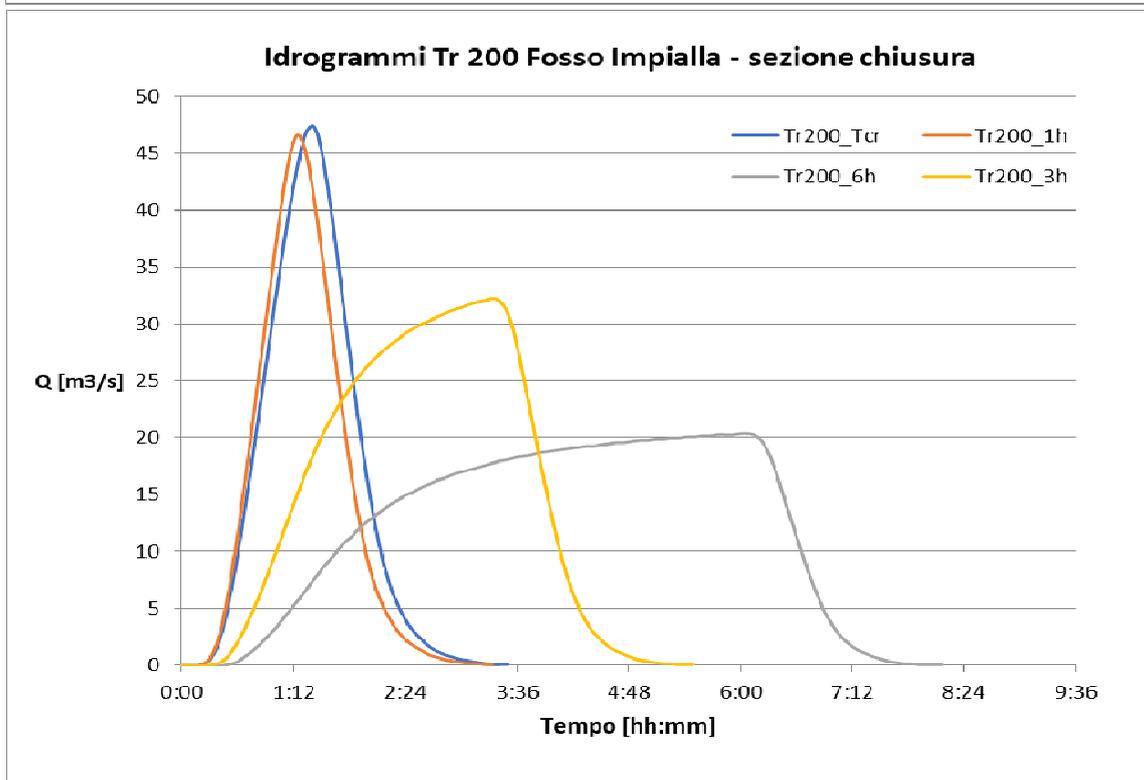
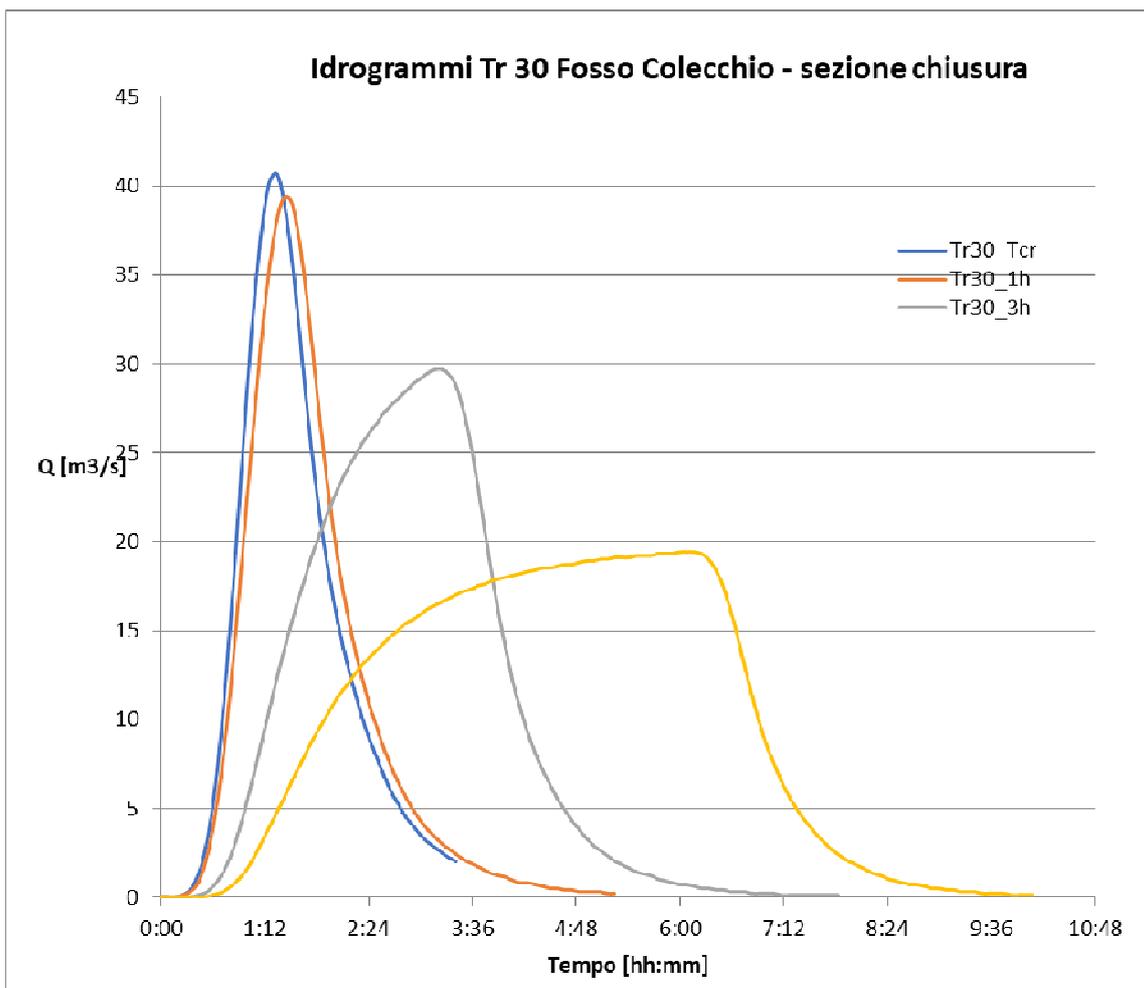
Per ogni sottobacino considerato, ricorrenza e durata di pioggia è stato ricavato l'idrogramma delle portate, inserito come input per la modellazione idraulica effettuata con Hec Ras.

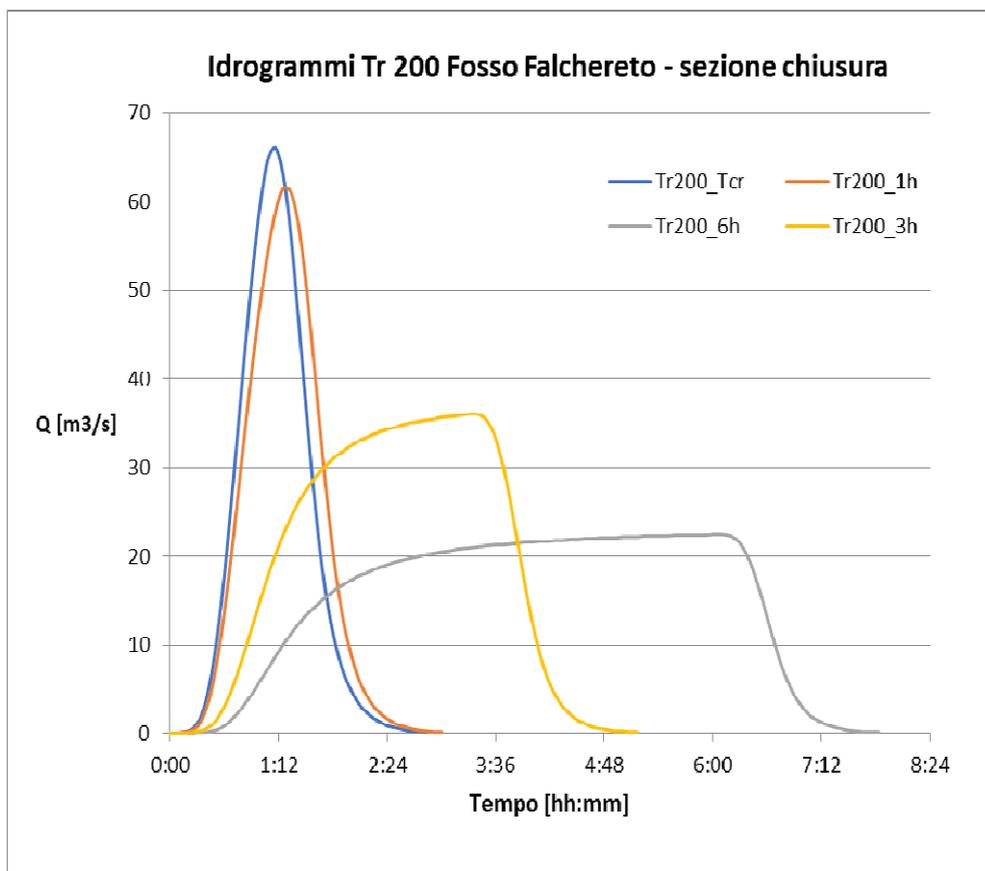
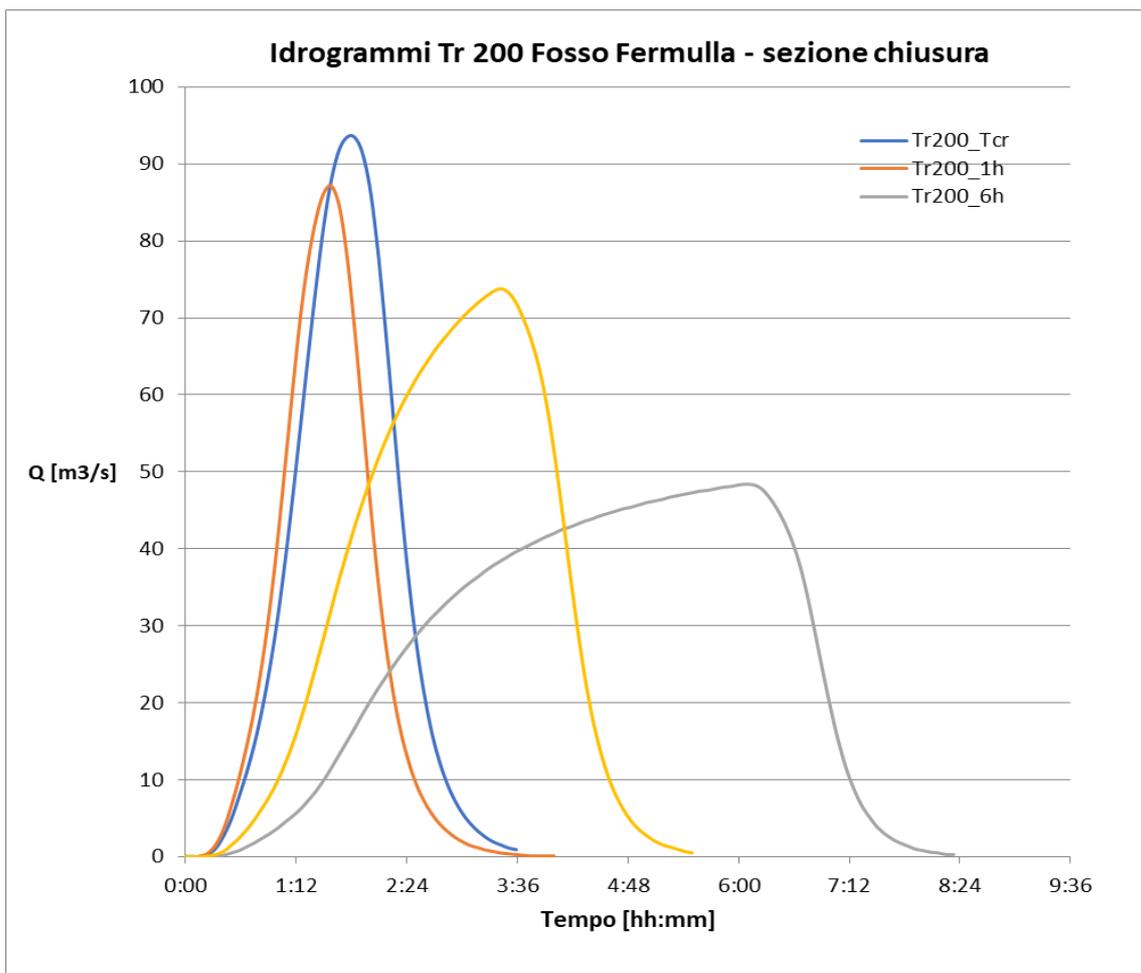
Le simulazioni idrologiche sono state ripetute anche inserendo un *evento pluviometrico critico di durata pari al tempo di corrivazione di ciascun sottobacino*; i risultati, in termine di picco di portata, non si discostano praticamente da quelli della durata oraria, visto che i tempi di corrivazione sono pressochè tendenti all'ora.

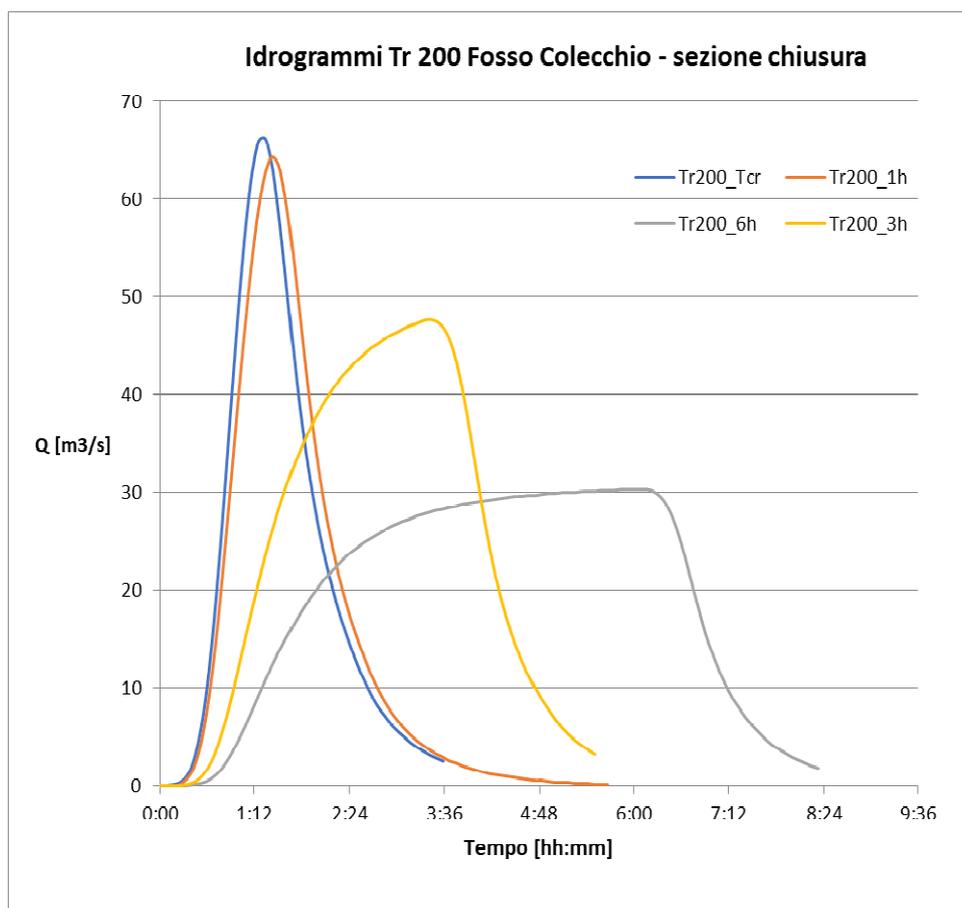
Poiché le condizioni al contorno a disposizione sono riferite ad eventi di durata 1, 3, 6 ore, le simulazioni idrauliche sono state implementate rispetto a queste durate, proprio poiché non ci sono scostamenti significativi in termini di picco dai risultati prodotti dalla durata oraria, che è pertanto presa come riferimento in termini di massimizzazione della portata di picco dei vari corsi d'acqua, come visualizzato nelle immagini qui di seguito riportate.











### 3. Verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state realizzate con un modello accoppiato di tipo monodimensionale all'interno del canale e puramente bidimensionale per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna, implementato con il software HEC RAS 5.0.5, che 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).

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	0.035-0.04
Sommità spondale	0.065
Manufatti in cls	0.025

Tabella 14 – Coefficienti di scabrezza per le verifiche idrauliche

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 15 – 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	<b>1.5 to 2.6</b> (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.	<b>1.0 to 2.0</b> 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.	<b>0.5 to 1.0</b> SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	<b>0.2 to 0.5</b> SI Units: 0.11 to 0.28

Tabella 16 – 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 stati modellati tramite l'approccio pressure and/or 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.

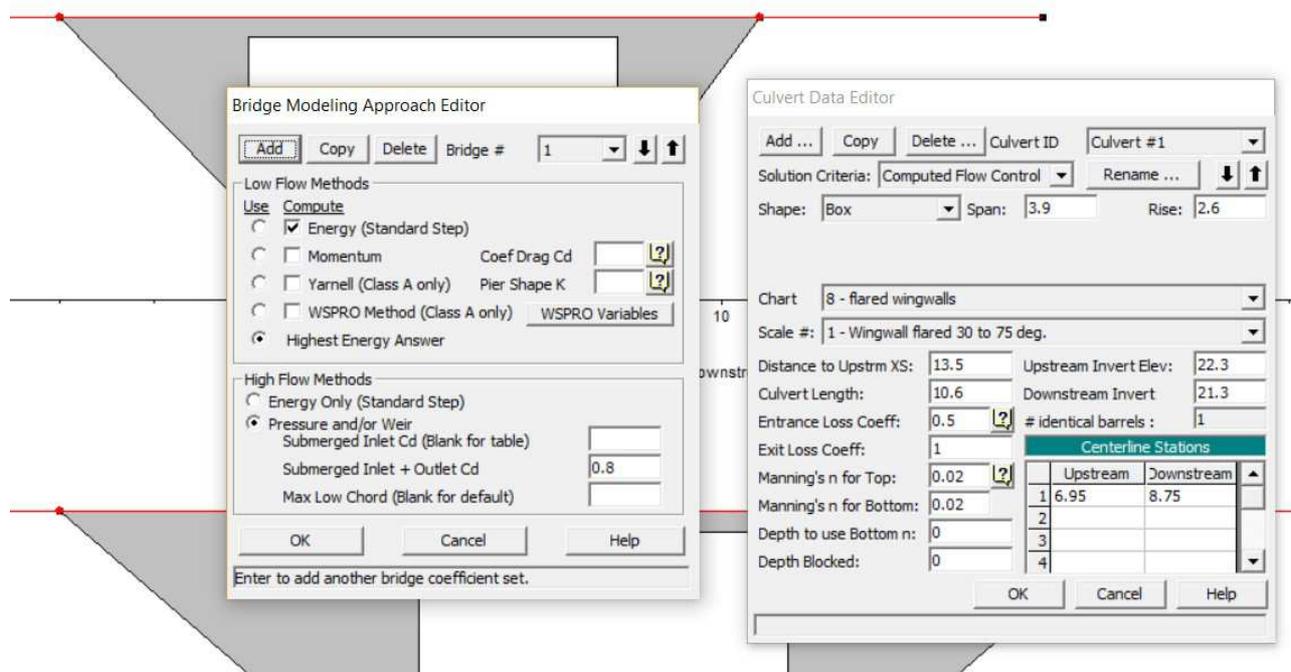


Figura 7 - Modellazione dei ponti e attraversamenti

La definizione dei coefficienti di scabrezza della pianura alluvionale è stata effettuata mediante valori di letteratura associati ai codici di uso del suolo del Land Corine Cover (C.J. van Der Sande et al, *A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment*, *International Journal of applied earth observation and geoinformation*, 2003, Lopes et al *Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case*, *Journal of coastal research*, 2013).

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.14
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.09
Aree industriali o commerciali	121	0.14
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.07
Aree portuali	123	0.07
Aeroporti	124	0.06
Aree estrattive	131	0.12
Discariche	132	0.04
Cantieri	133	0.06
Aree verdi urbane	141	0.02
Aree ricreative e sportive	142	0.04
Seminativi in aree non irrigue	211	0.08
Seminativi in aree irrigue	212	0.08

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Risaie	213	0.04
Vigneti	221	0.12
Frutteti e frutti minori	222	0.12
Oliveti	223	0.12
Prati Stabili	231	0.1
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.08
Sistemi colturali e particellari complessi	242	0.10
Aree con colture agrarie e pazi naturali importanti	243	0.09
Boschi di latifoglie	311	0.1
Boschi di conifere	312	0.1
Boschi misti	313	0.13
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.11
Brughiere e cespuglieti	322	0.06
Aree a vegetazione sclerofilla	323	0.10
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.10
Spiagge, dune e sabbie	331	0.07
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332	0.07
Aree con vegetazione rada	333	0.09
Aree percorse da incendi	334	0.07
Paludi interne	411	0.10
Saline	422	0.04
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	0.03
Bacini d'acqua	521	0.03

Tabella 17 - Coefficienti di scabrezza per la propagazione dei volumi esondati sul piano campagna

L'attribuzione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta mediante la procedura di Hec Ras "Land Cover to Manning's n" con cui associare a ciascuna cella 2D il corrispettivo codice Corine, e da questo il relativo valore di scabrezza secondo Manning, in modo da descrivere fedelmente le effettive condizioni di deflusso della pianura.

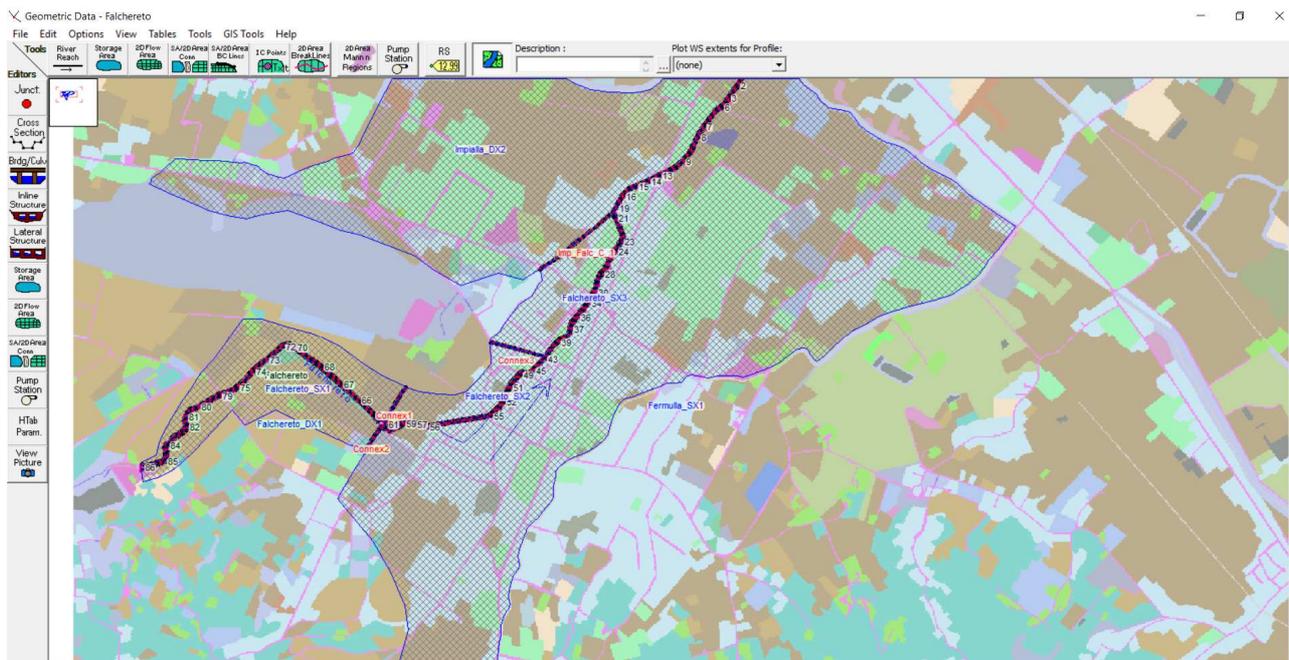


Figura 8 - Esempio di associazione dei valori di scabrezza secondo Manning della pianura tramite il relativo codice Corine effettuato tramite Hec Ras

### 3.1 Condizioni al contorno

Come condizione al contorno di monte di ciascun corso d'acqua è stato imposto l'idrogramma di piena, mentre per la condizione di valle di Fosso Impialla, Falchereto e Fermulla (tutti con confluenza nel Torrente Stella) è stata rappresentata imponendo lo "stage hydrograph" del Torrente Stella, ovvero l'idrogramma dei livelli, così come forniti dall'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale.

Relativamente al Fosso Colecchio è stata imposta per tutta la durata di ciascuna simulazione la chiusura della portella all'immissione con il Torrente Ombrone; questa condizione è da considerarsi particolarmente cautelativa, in quanto presuppone che il Torrente Ombrone sia già in piena all'inizio dell'evento e pertanto considerando la chiusura per tutta la durata dell'evento, il Fosso Colecchio invasa i volumi in arrivo, mentre quelli in esubero sono distribuiti sul piano campagna.

### 3.2 Esondazioni del Torrente Stella in destra idraulica

Come precedentemente descritto, le esondazioni del Torrente Stella sono state inserite come idrogrammi in corrispondenza del punto di sfioro; si è proceduto secondo il seguente schema:

1. Acquisizione ed analisi del modello idraulico ex ADB Arno;
2. Individuazione nei file .dss degli sfioratori di riferimento per la destra idraulica nel tratto compreso fra Impialla e Barberoni: risultano d'interesse gli sfioratori 817.80, 810.90, 790.80, 783.80, 769.80, 761.80, 739.90, 728.80, 712.90, 708.90, 693.80;
3. Verifica per eventi Tr 30 e 200 anni e durata 1, 3, 6, 9, 12, 24, 36 ore l'evenienza di sormonto arginale per ogni sfioratore, individuandone i relativi volumi per valutare l'entità del fenomeno. Nel tratto di interesse risultano "attivati" per Tr 30 anni gli sfioratori 761.80 e 728.80 (connessi rispettivamente alle APE 571 e 245), mentre per Tr 200 anni oltre agli sfioratori 761.80 e 728.80 è attivato anche il 783.80 (connesso all'APE 244); quest'ultimo, in virtù del modesto volume sfiorato (massimi 3.600 mc) non è stato considerato come input per il modello di propagazione 2D;

Lateral Structure	APE	SFIORI PER TR 30 anni						
		Tr 30 Tp 1h	Tr 30 Tp 3h	Tr 30 Tp 6h	Tr 30 Tp 9h	Tr 30 Tp 12h	Tr 30 Tp 24h	Tr 30 Tp 36h
817.80	251A	no	no	no	no	no	no	no
810.90	251B	no	no	no	no	no	no	no
790.80	251B	no	no	no	no	no	no	no
783.80	244	no	50 mc	no	no	no	no	no
769.80	244	no	no	no	no	no	no	no
761.80	571	24785 mc	69000 mc	95800 mc	108000 mc	109500 mc	no	no
739.80	572	no	no	no	50 mc	no	no	no
728.80	245	no	540 mc	1450 mc	2930 mc	3650 mc	no	no
712.90	573	no	no	no	no	no	no	no
708.90	243	no	no	no	no	no	no	no
693.80	247	no	no	no	no	no	no	no

Lateral Structure	APE	SFIORI PER TR 200 anni						
		Tr 200 Tp 1h	Tr 200 Tp 3h	Tr 200 Tp 6h	Tr 200 Tp 9h	Tr 200 Tp 12h	Tr 200 Tp 24h	Tr 200 Tp 36h
817.80	251A	no	no	no	no	no	no	no
810.90	251B	no	no	no	no	no	no	no
790.80	251B	no	no	no	no	no	no	no
783.80	244	50 mc	350 mc	1620 mc	3675 mc	1880 mc	no	no
769.80	244	no	no	no	no	no	no	no
761.80	571	50445 mc	109200 mc	175700 mc	251300 mc	304000 mc	386900 mc	56700 mc
739.80	572	50 mc	50 mc	50 mc	50 mc	50 mc	no	no
728.80	245	50 mc	2250 mc	6500 mc	15500 mc	19850 mc	41500 mc	28500 mc
712.90	573	no	no	no	no	no	no	no
708.90	243	no	no	no	150 mc	290 mc	8850 mc	80000 mc
693.80	247	no	no	no	no	no	no	no

- Verifica del punto di sfioro in ciascuna *lateral structure* mediante confronto fra la quota arginale ed il livello in alveo: per lo sfioratore 761.80 si registra uno sfioro diffuso nel tratto di Torrente Stella compreso fra la sezione 759 e 751, mentre per lo sfioratore 728.80 sono critiche solamente le sezioni 726 e 723;
- Pertanto gli idrogrammi di sfioro sono stati applicati per lo sfioratore 761.80 sull'intera lunghezza compresa fra le sezioni 759 e 751, mentre per lo sfioratore 728.80 è stato ripartito in due parti uguali applicate alle sezioni 726 e 723;



Figura 9 – Punti di sfioro del Torrente Stella in destra idraulica

- Gli idrogrammi sono stati inseriti come condizione al contorno applicata alla cella 2D chiusa sull'argine dello Stella e propagati 2D insieme ai volumi esondati dal reticolo secondario, in modo da avere uno scenario univoco.

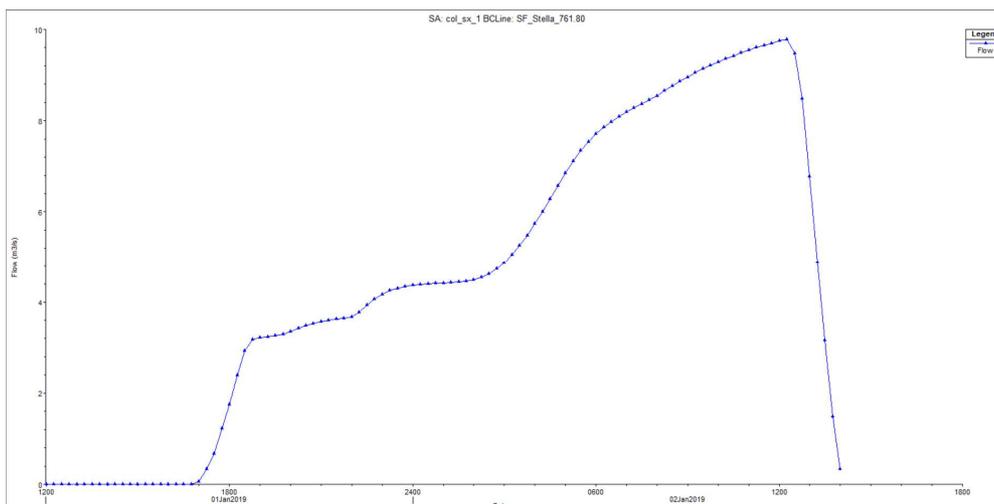


Figura 10 – Esempio di idrogramma di sfioro del T. Stella utilizzato come condizione al contorno

Unsteady Flow Data - TR200\_Tp24h con Stella

File Options Help

Boundary Conditions Initial Conditions Apply Data

**Boundary Condition Types**

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules	Precipitation		

**Add Boundary Condition Location**

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add SA Connection ... Add Pump Station ...

Select Location in table then select Boundary Condition Type

6	Colecchio	Colecchio	28	Lateral Inflow Hydr.
7	Colecchio	Colecchio	21	Lateral Inflow Hydr.
8	Colecchio	Colecchio	6	Lateral Inflow Hydr.
9	Colecchio	Colecchio	0.89167*	Lateral Inflow Hydr.
10	Colecchio	Colecchio	0.74500*	Lateral Inflow Hydr.
11	Colecchio	Colecchio	0.7	Lateral Inflow Hydr.
12	Colecchio	Colecchio	0.1	Stage Hydrograph
13	Falchereto	Falchereto	86	Flow Hydrograph
14	Falchereto	Falchereto	79	Lateral Inflow Hydr.
15	Falchereto	Falchereto	66	Lateral Inflow Hydr.
16	Falchereto	Falchereto	59	Lateral Inflow Hydr.
17	Falchereto	Falchereto	54	Lateral Inflow Hydr.
18	Falchereto	Falchereto	30	Lateral Inflow Hydr.
19	Falchereto	Falchereto	20	Lateral Inflow Hydr.
20	Falchereto	Falchereto	1	Stage Hydrograph
21	Fermulla	Monte_Lucciano	90	Flow Hydrograph
22	Fermulla	Valle_Lucciano	56	Lateral Inflow Hydr.
23	Fermulla	Valle_Lucciano	38	Lateral Inflow Hydr.
24	Fermulla	Valle_Lucciano	25	Lateral Inflow Hydr.
25	Fermulla	Valle_Lucciano	10	Lateral Inflow Hydr.
26	Fermulla	Valle_Lucciano	0.5	Stage Hydrograph
27	Impialla	Impialla	550	Flow Hydrograph
28	Impialla	Impialla	455	Lateral Inflow Hydr.
29	Impialla	Impialla	395	Lateral Inflow Hydr.
30	Impialla	Impialla	330	Lateral Inflow Hydr.
31	Impialla	Impialla	300	Stage Hydrograph
32	Lucciano	Lucciano	16	Flow Hydrograph
33	Molina	Monte Lucciano	19	Flow Hydrograph

Storage/2D Flow Areas		Boundary Condition
1	col_sx_1 BCLine: SF_Stella_761.80	Flow Hydrograph
2	col_sx_2 BCLine: SF_Stella_728.1_2	Flow Hydrograph
3	col_sx_2 BCLine: SF_Stella_728.8_1	Flow Hydrograph

Figura 11 – Sfiori dal T. Stella inseriti come condizioni al contorno

#### 4. Risultati delle verifiche idrauliche

La delimitazione delle aree allagabili è stata realizzata tramite l'inviluppo delle varie durate di pioggia, in modo da rappresentare lo scenario di rischio più cautelativo, che massimizza anche i volumi esondati oltre che le portate di picco sfiorate. Rimandando alle tavole allegate alla presente relazione si riscontra un'insufficienza generalizzata del reticolo analizzato, con esondazioni tanto per eventi con Tr 30 anni che Tr 200 anni.

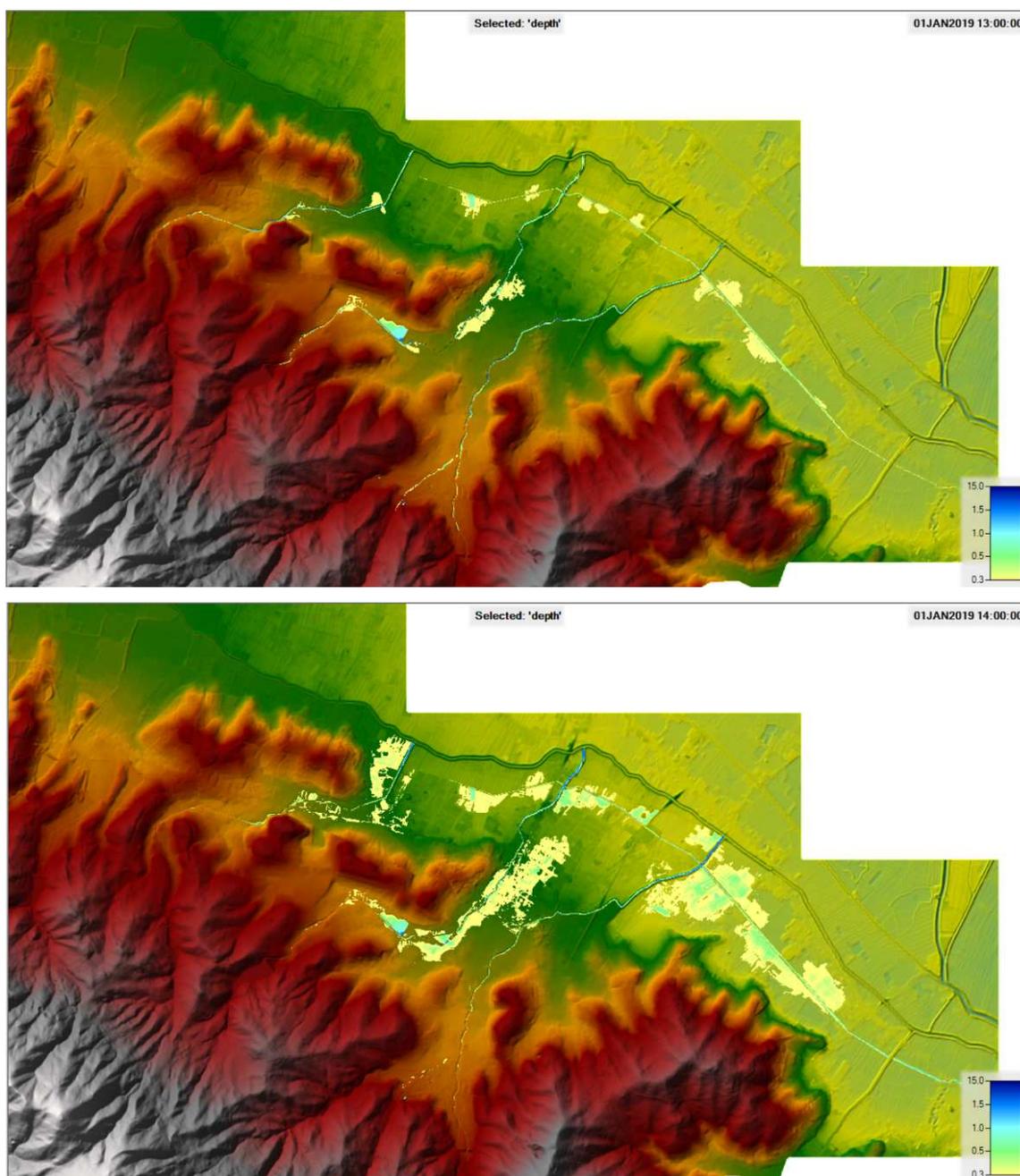


Figura 12 – Modello idraulico Tr 30 anni Tp 1 ora rispettivamente dopo 1 ora e 2 ore dall'inizio simulazione

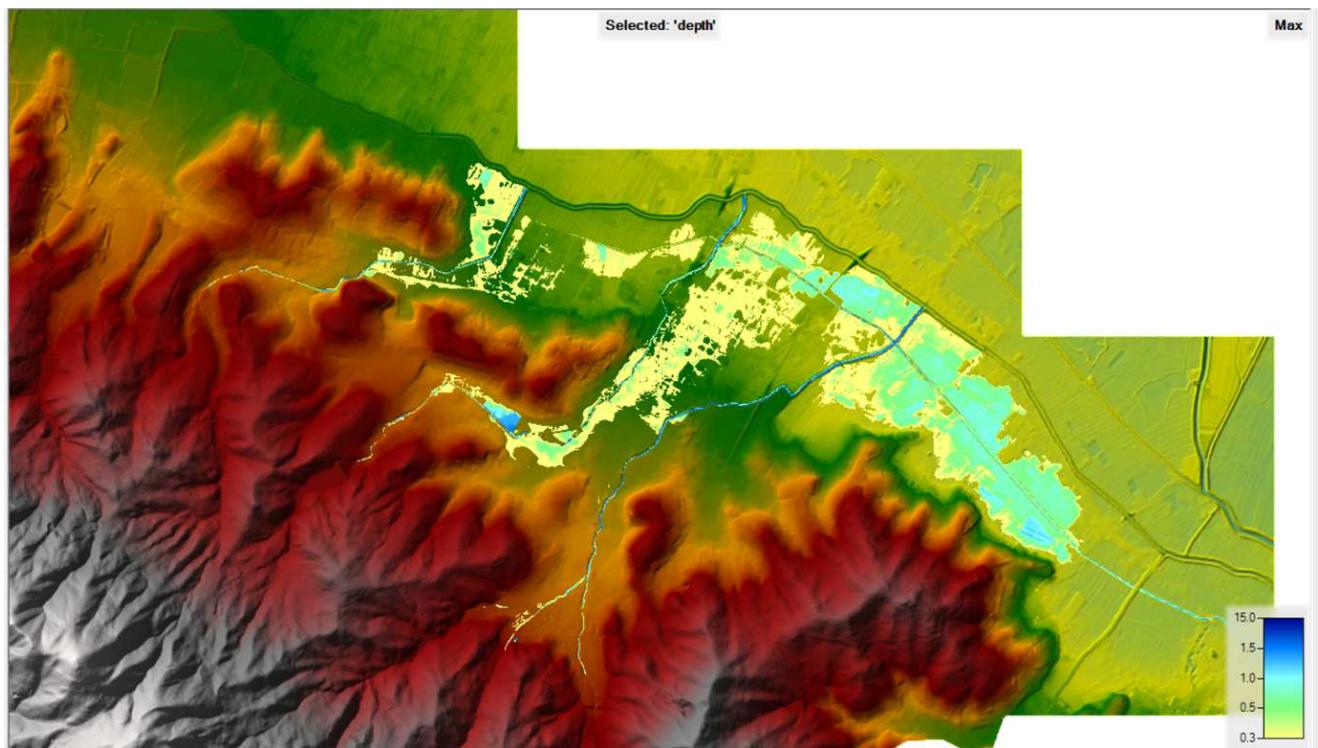
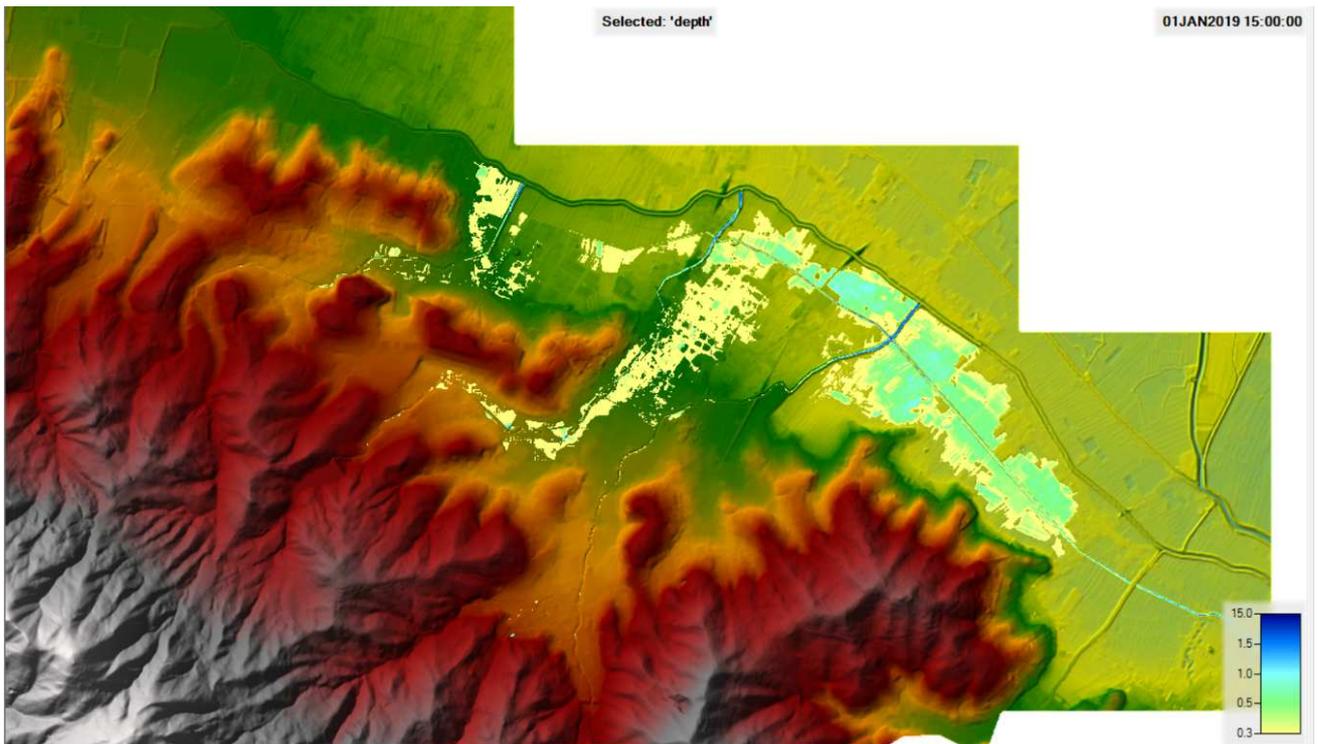


Figura 13 – Modello idraulico Tr 30 anni Tp 1 ora rispettivamente dopo 3 ore dall'inizio simulazione e come inviluppo delle massime altezze

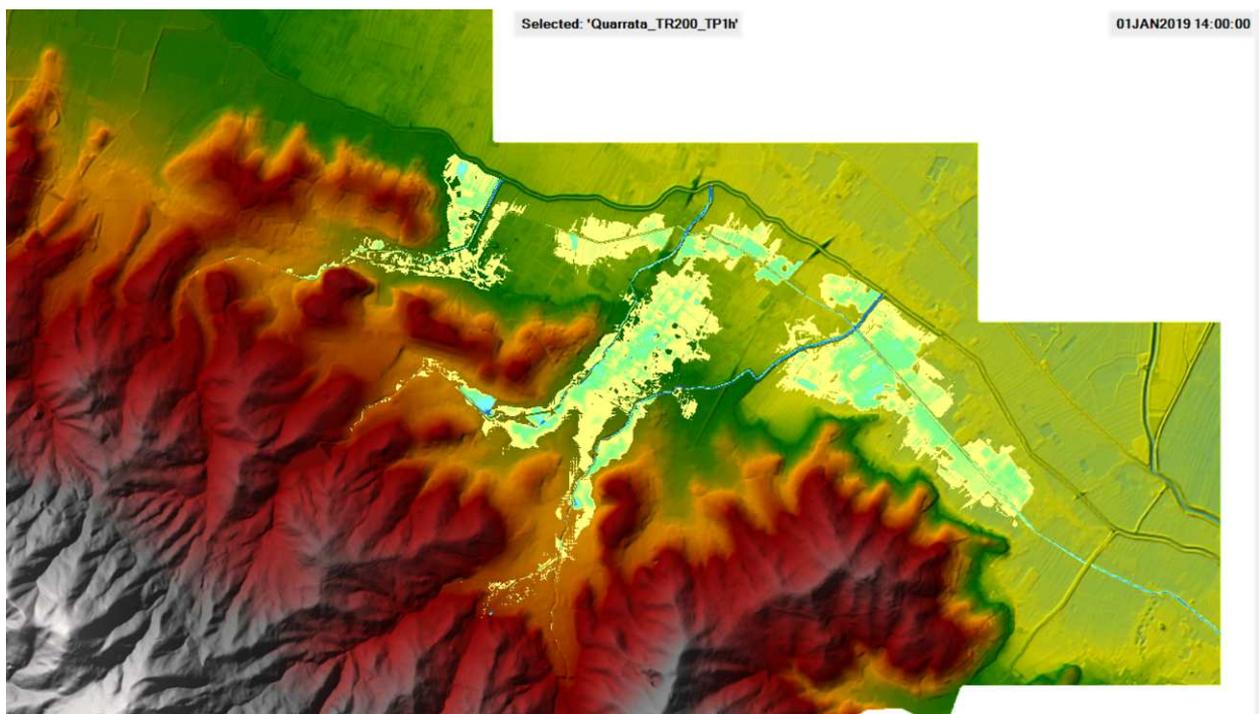
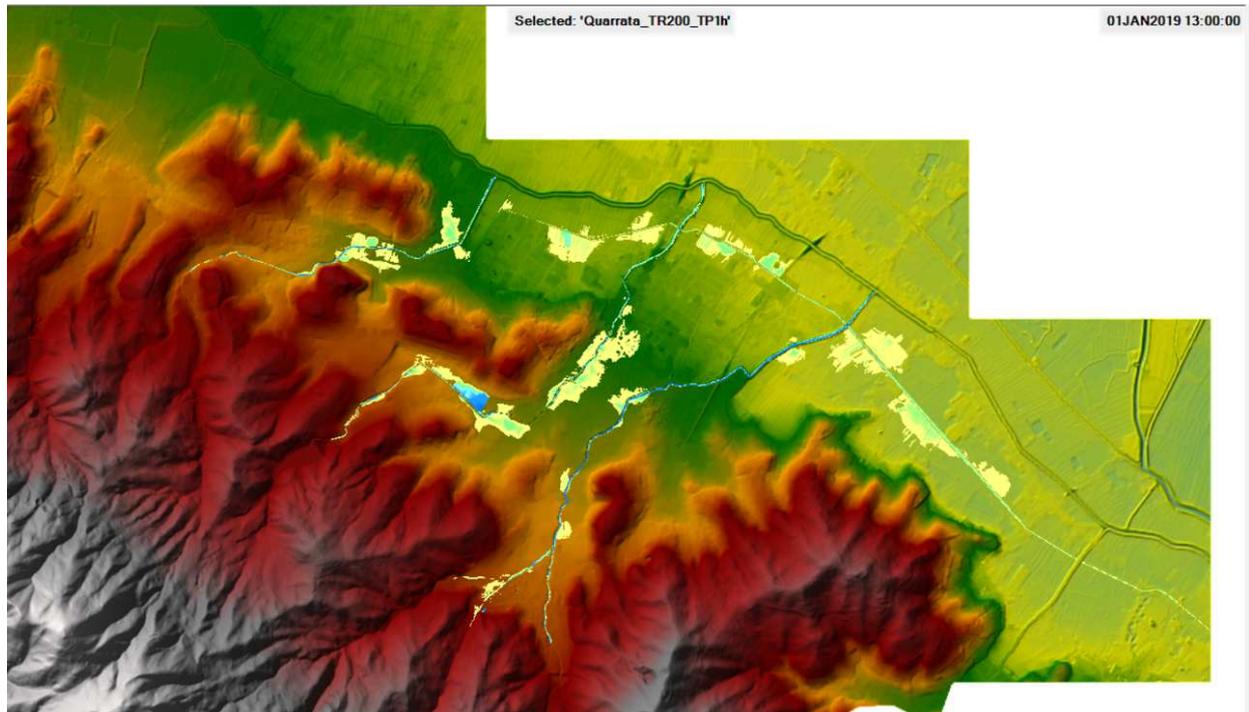


Figura 14 – Modello idraulico Tr 200 anni Tp 1 ora rispettivamente dopo 1 ora e 2 ore dall'inizio simulazione

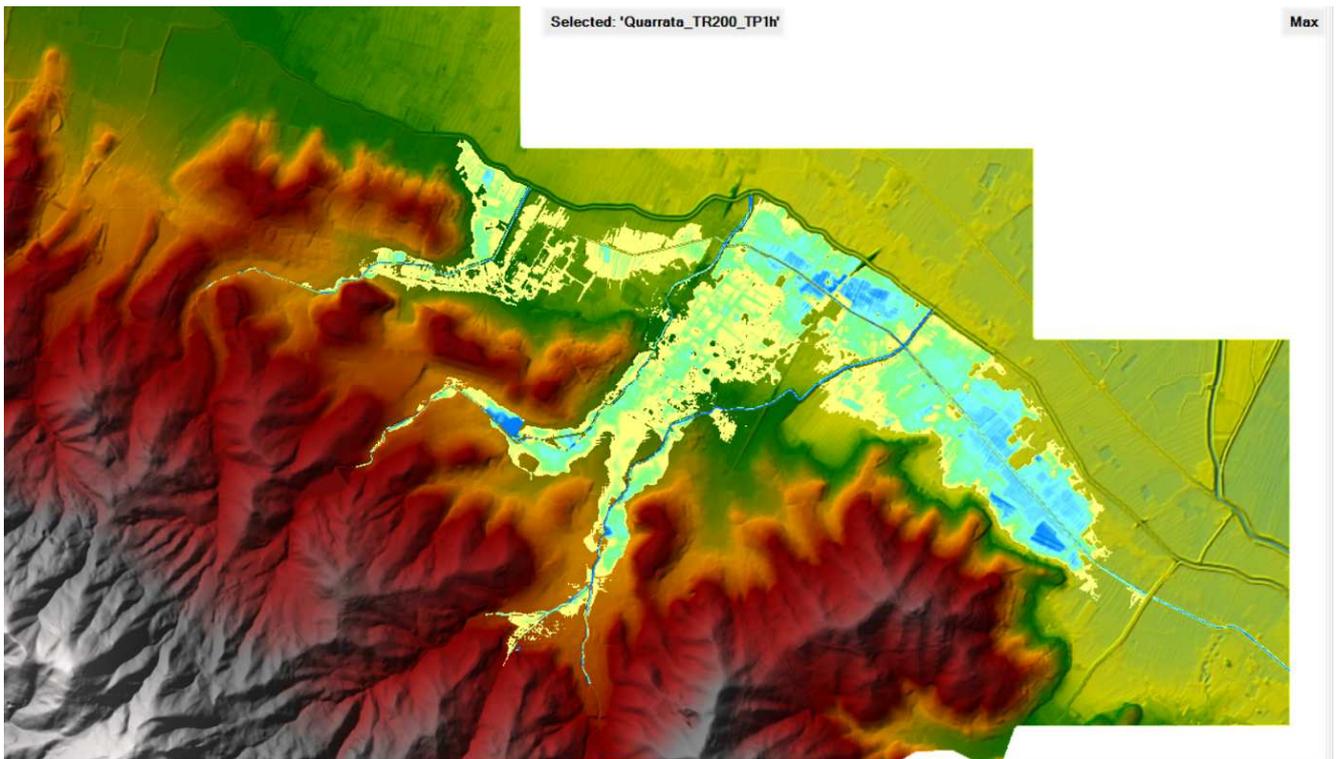
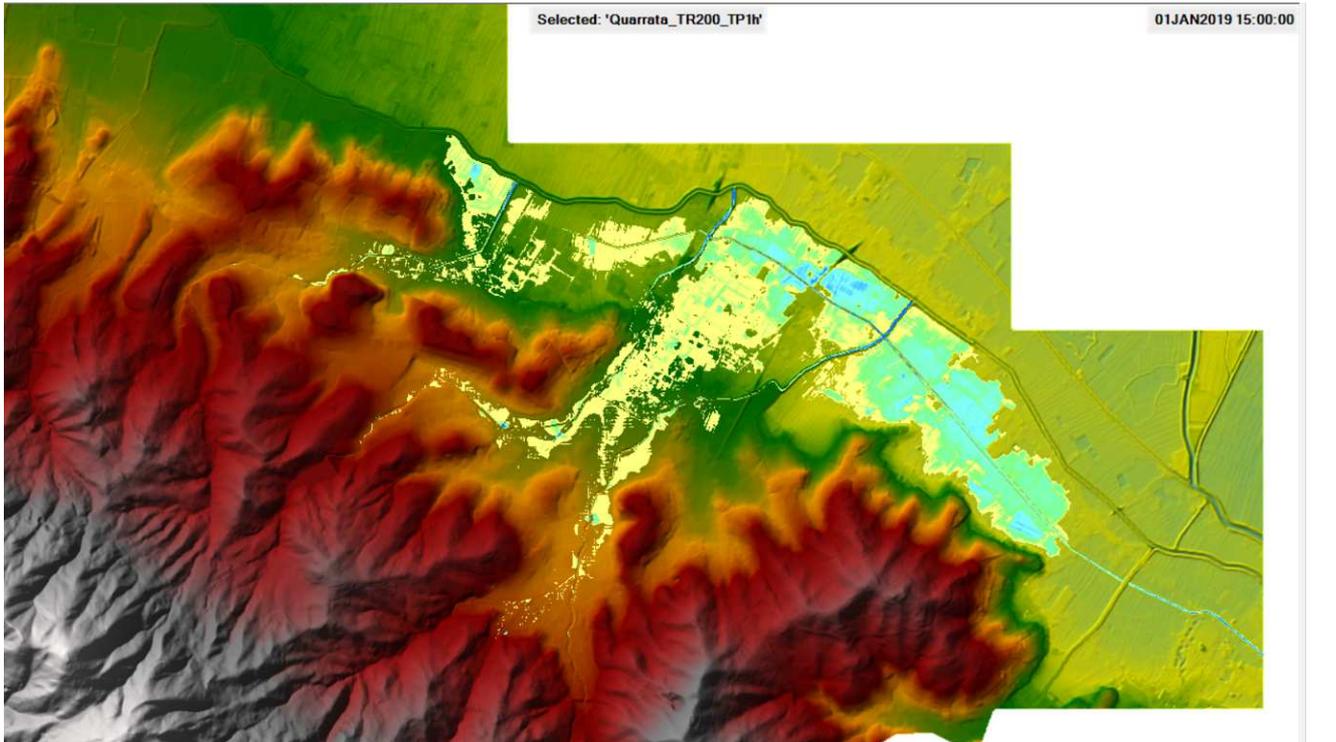


Figura 15 – Modello idraulico Tr 200 anni Tp 1 ora rispettivamente dopo 3 ore dall'inizio simulazione e come inviluppo delle massime altezze

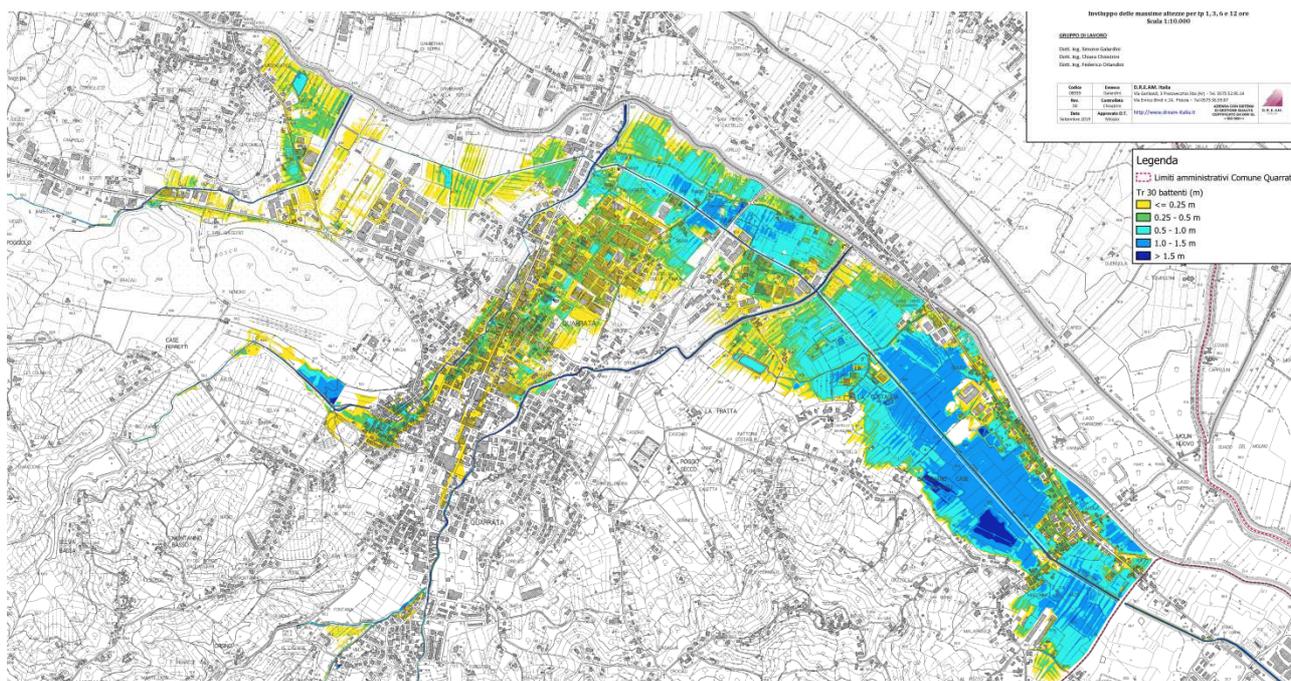


Figura 16 – Estratto carta Tr 30 anni, involucro esondazioni

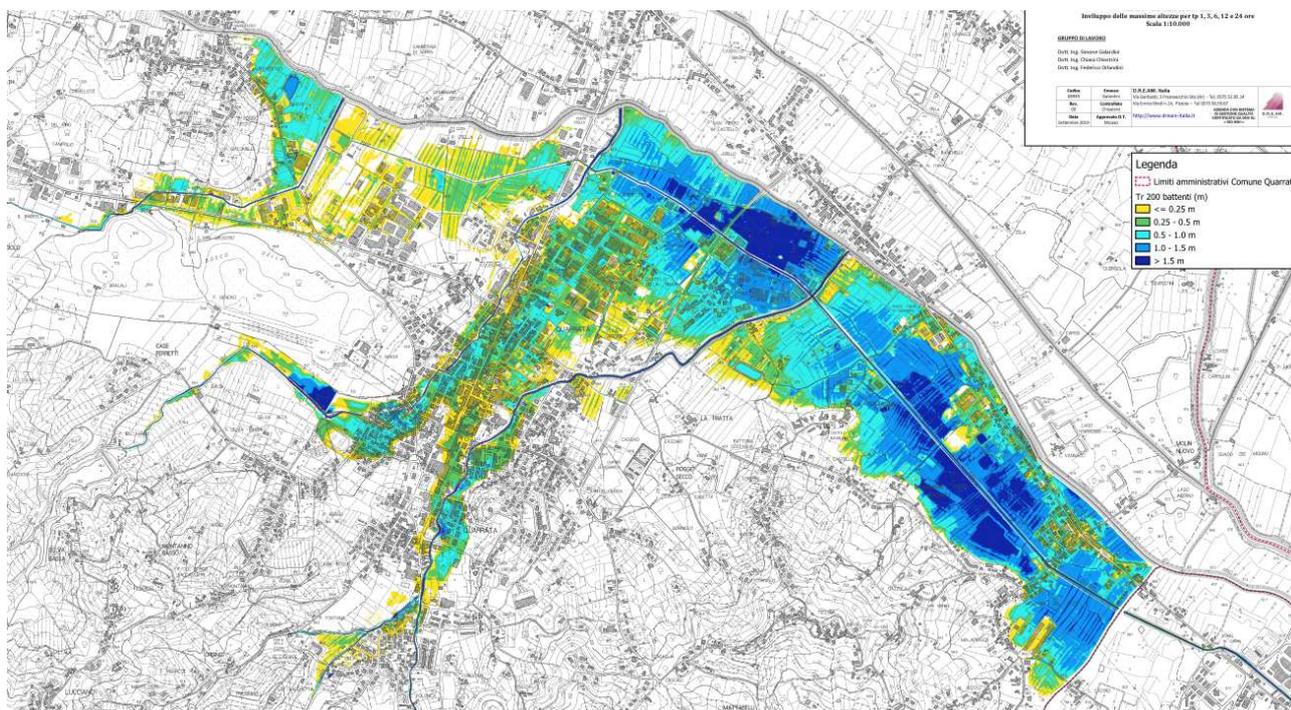


Figura 17 – Estratto carta Tr 200 anni, involucro esondazioni

Per una miglior comprensione di lettura nella cartografia dei battenti sono state inserite delle frecce per indicare le sezioni di tracimazione e le direzioni di propagazione dei volumi esondati sul piano campagna.

## 5. Aggiornamento della pericolosità idraulica

Sulla base dei battenti per veri tempi di ritorno e per le varie durate di pioggia ricavati dalle verifiche idrauliche è stata aggiornata la mappa di pericolosità idraulica, relativamente esclusivamente all'ambito di validità dello studio.

La pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. è stata definita sulla base dei seguenti criteri:

- P1 aree inondabili con tempi di ritorno maggiori di Tr 200 anni;
- P2 aree inondabili con tempo di ritorno superiore Tr 30 anni e minore o uguale a Tr 200 anni;
- P3 aree inondabili con tempo di ritorno inferiore o uguale a Tr 30 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.

**N.B.:** Per come è costruito, il modello idraulico, che è basato su LIDAR con maglia 1 x 1 m, restituisce nelle zone di frangia delle aree allagabili una sorta di "sfrangiatura di pixel" con valori di battente molto bassi, dovuto alla tolleranza di calcolo del modello. Per completezza nelle carte dei battenti sono riportati integralmente i risultati dell'output idraulico sotto forma di grid, compresa questa sfrangiatura. Nel passaggio da battenti a pericolosità è stato effettuato un processo di "smoothing" del dato, in modo da eliminare pixel distaccati dal corpo delle esondazioni o pixel isolati. Allo stesso modo si è cercato di eliminare "l'effetto isola" all'interno delle aree inondate, salvo veri alti morfologici, al fine di dare un continuum alla forma dell'esondazione, attribuendo pertanto a queste aree la classe di pericolosità dell'area limitrofa. In questo caso, ad un'area a pericolosità idraulica cui non corrisponde un battente

*reale, si attribuisce un battente convenzionale di 10 cm, per tenere conto dell'eventuale incertezza del modello idraulico utilizzato.*

## **6. Interventi di messa in sicurezza**

Per la definizione della fattibilità di alcune previsioni urbanistiche sono state ipotizzate delle opere idrauliche, inquadrabili come tipologia b) dell'articolo 8 comma 1 della L.R. 41/2018 *“opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”.*

Occorre precisare che a livello di studi idraulici a livello urbanistico le opere sono state dimensionate in via preliminare, non essendo a disposizione rilievi topografici ed elementi di dettaglio che dovranno essere sviluppati nelle fasi di progettazione definitiva/esecutiva dell'opere, che dovranno essere comunque sottoposte ad approvazione da parte degli Uffici Regionali del Genio Civile.

In quest'ottica si è provveduto a verificare e rappresentare che gli interventi potessero consentire una sostanziale riduzione delle aree allagabili, senza aggravio in aree circostanti, consentendo l'attuazione delle previsioni. Il dimensionamento finale delle opere e la definizione delle sopraelevazioni e delle opere di compensazione dovranno comunque essere affrontati dal progettista incaricato dell'attuazione dell'intervento.

Come rappresentato a suo tempo nel documento *“Verifiche idrologiche-idrauliche sulla fattibilità della realizzazione della cassa d'espansione sul Rio di Lucciano e di altre opere sul territorio comunale, al fine della riduzione del rischio idraulico”* le opere di messa in sicurezza consistono sostanzialmente in:

- Realizzazione di area di laminazione in linea sul Rio Lucciano, finalizzata alla riduzione degli afflussi verso il Torrente Fermulla;
- Adeguamento ed ottimizzazione della briglia a bocca tarata esistente sul Torrente Falchereto.

### *Cassa d'espansione in linea sul Rio Lucciano*

Vista la topografia e la morfologia dell'area destinata a cassa di laminazione lo schema progettuale prevede una tipologia di cassa in linea, dove il volume viene invasato grazie alle condizioni di rigurgito provocato da una strozzatura realizzata in alveo da una briglia dotata di luce di fondo e stramazzo sommitale d'emergenza. Viste le condizioni locali per realizzare l'opera è necessario deviare leggermente il corso d'acqua per portarlo a scorrere all'interno della cassa dopo l'avvenuta confluenza fra il Rio di Lucciano ed il Rio delle Mulina.

A valle viene realizzato uno sbarramento munito di luce a battente rettangolare di dimensioni, che costituisce allo stesso tempo l'opera di regolazione e l'arginatura di contenimento perimetrale della cassa di laminazione; per motivi di sicurezza è opportuno dotare la briglia a bocca tarata di una gaveta sommitale di sfioro, che entrerà in funzione in caso di portate eccedenti a quelle di progetto.

Con lo schema geometrico precedentemente descritto, come rappresentato nella cartografia di riferimento, le verifiche idrauliche dimostrano un'ottima efficienza della cassa di laminazione, che riesce ad eliminare le esondazioni Tr 30 anni sul Fosso Fermulla a valle dell'opera, e ridurre drasticamente anche quelle per eventi con Tr 200 anni.

### *Adeguamento briglia a bocca tarata Fosso Falchereto*

Negli anni passati, per cercare di ridurre i fenomeni di allagamento in corrispondenza dell'abitato di Quarrata è stata realizzata una briglia a bocca tarata sul Rio Falchereto in prossimità di Villa La Magia che ha consentito una certa regolazione dei deflussi verso valle. L'intervento è consistito nella realizzazione di una briglia a bocca tarata posta trasversalmente al Rio Falchereto, al fine di operare una riduzione della portata al colmo dell'onda di piena per mezzo di un processo di laminazione, favorendo l'allagamento dell'area a monte della briglia stessa.

L'opera di sbarramento è costituita da rilevato in terra, costituito da una tubazione in lamiera ondulata con sovrastante sfioratore e rivestito in "materassi Reno", posto in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua, collegato a due argini in terra battuta, uno in sinistra ed uno in destra idrografica, che si raccordano alle pendici collinari vicine.

Il serbatoio di laminazione è dotato anche di uno scarico di superficie (gaveta), collocato nel manufatto di regolazione ad una quota superiore rispetto alla “bocca tarata”, avente la funzione di troppo pieno. L'estensione dell'area che si prevede venga allagata temporaneamente in conseguenza dell'evento di massima piena temibile è di circa 3 ha.

Al fine di migliorare l'efficienza dell'opera è stato ipotizzato l'ampliamento dell'area utilizzabile come invaso a monte della bocca tarata, con diminuzione della luce libera, al fine di garantire il transito di un picco più basso verso valle. In questa fase si è ipotizzato inoltre di regolarizzare le quote spondali, che allo stato attuale risultano non omogenee. Nella fattispecie si è ipotizzato di aumentare la volumetria invasabile di circa 30.000 mc fra scavo e ampliamento della sezione allagabile, e sostituzione della tubazione finsider Ø 180 cm con tubazione in cls Ø 120 cm.

Con lo schema geometrico precedentemente descritto, come rappresentato nella cartografia di riferimento, le verifiche idrauliche dimostrano una sostanziale riduzione delle aree allagate per Tr 30 anni ed una riduzione di battenti ed aree allagabili per Tr 200 anni.

Relativamente alle opere in esame si è riscontrato, in via preliminare, è evidente che le stesse non producono peggioramento del rischio a valle, in quanto entrambe lasciano transitare verso valle una portata inferiore rispetto a quello attuale; entrambe le opere si comportano da bocca tarata, rilasciando una portata parzializzata verso valle ed accumulando il volume tagliato nell'area a monte dell'opera di regolazione. Sarà comunque cura dei progettisti verificare in fase esecutiva l'effettivo non aggravio delle opere nel contesto territoriale, tramite simulazioni e modelli più evoluti rispetto a questa fase preliminare.