

## Indice generale

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Caratteristiche del territorio.....</b>	<b>4</b>
2.1 Descrizione dei corsi d'acqua oggetto di studio.....	4
2.2 Descrizione della zona denominata "Redolone".....	5
2.3 Descrizione della zona denominata "Pratone".....	6
<b>3. Descrizione della modellazione effettuata.....</b>	<b>7</b>
3.1 Descrizione generale degli elementi .....	7
3.2 Descrizione degli elementi presenti nella modellazione.....	8
3.3 Descrizione della modellazione idrologica ed idraulica.....	9
<b>4. Modellazione idrologica ed idraulica del torrente Stella.....</b>	<b>11</b>
4.1 Modellazione idrologica.....	11
4.2 Modellazione idraulica.....	15
4.3 Risultati della modellazione idraulica.....	16
<b>5. Modellazione idrologica e idraulica del sistema "Pratone-Redolone".....</b>	<b>18</b>
5.1 Modellazione idrologica.....	18
5.2 Modello idraulico.....	28
<b>6. Elaborazione dei risultati.....</b>	<b>31</b>
6.1 Individuazione delle zone allagate.....	31
6.2 Individuazione delle zone interessate dai transiti.....	31
6.3 Rappresentazione grafica degli allagamenti e dei transiti.....	32
<b>7. Conclusioni.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Allegati.....</b>	<b>34</b>
8.1 Allegati della modellazione idrologica.....	34
8.2 Allegati della modellazione idraulica.....	35

## 1. PREMESSA

Il presente studio viene redatto su incarico del Comune di Serravalle Pistoiese a corredo del Regolamento Urbanistico comunale.

Lo studio è limitato ad una parte del territorio comunale di Serravalle Pistoiese ed ha preso in considerazione la zona est, a confine con il Comune di Pistoia e di Quarrata, interessata dai seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Stella con i suoi affluenti
- Rio Castelnuovo e rio Forra di Baco
- Rio dei Forti
- Rio Casale

Lo scopo dello studio è la individuazione delle condizioni di rischio idraulico in alcune zone dove l'Amministrazione Comunale ha previsto, nel Regolamento Urbanistico in corso di approvazione, alcuni interventi edificatori a carattere industriale, abitativo e di edilizia scolastica.

I suddetti interventi sono localizzati nella località denominata "Redolone" per quanto concerne quelli a carattere industriale; nella località denominata "Pratone" invece sono localizzati due interventi a carattere abitativo su cui il Comune intende eseguire due "piani di zona" ex legge 167 per una edilizia economica e popolare, ed un intervento di edilizia scolastica nel polo scolastico ivi esistente.

Le zone suddette sono contigue una all'altra ed entrambe sono ubicate in sponda destra del torrente Stella, affluente di destra del Fiume Ombrone Pistoiese e principale colatore della zona; esso ha il problema di essere un corso di acque alte per cui le zone in esame sono da considerarsi a deflusso ostacolato. Gli altri corsi d'acqua presenti in zona (tutti affluenti dello Stella) sono: il rio Cassero-Vinacciano, il Rio Castelnuovo con l'affluente Forra di baco, il Rio dei Forti ed il Rio Casale.

Per ciascuno di essi abbiamo effettuato una modellazione idrologica (per l'individuazione degli idrogrammi di piena) ed una modellazione idraulica di tipo quasi bidimensionale andando a prendere in considerazione le possibili interazioni tra i corsi d'acqua ed il territorio del quale dobbiamo stimare la pericolosità.

Lo studio consta, oltre che della presente relazione con i relativi allegati idrologici ed idraulici, anche di una serie di elaborati grafici come descritto di seguito:

- TAVOLA 1: Planimetria del torrente Stella
- TAVOLA 2: Planimetria con indicazione dei sottobacini
- TAVOLA 3: Planimetria con indicazione dei settori di allagamento
- TAVOLA 4: Allagamenti in località "Pratone e Redolone" per TR020
- TAVOLA 5: Allagamenti in località "Pratone e Redolone" per TR200
- TAVOLA 6: Allagamenti in destra al torrente Stella per TR200

## 2. Caratteristiche del territorio

Il territorio oggetto del presente studio è situato sulle pendici orientali di Monte Albano e degrada verso la pianura pistoiese, solcata da vari corsi d'acqua, tutti di acque alte, pertanto la caratteristica principale, dal punto di vista idraulico, consiste nel fatto che la parte collinare vera e propria sgronda la proprie acque entro i corsi d'acque alte che confluiscono nel Torrente Stella e da questo nell'Ombrone e nell'Arno, mentre i bacini pianeggianti ai piedi delle colline scaricano nel suddetti corsi di acque alte solo quando l'altezza d'acqua lo consente. Inoltre, poiché non tutti i suddetti corsi d'acqua hanno alvei adeguati a contenere la piena con tempo di ritorno di duecento anni, si possono avere dei sormonti arginali con versamenti di acqua direttamente nei bacini pianeggianti suddetti.

La zona in esame, facente parte dei bacini pianeggianti a sgrondo ostacolato, si presenta con una quota media che si aggira attorno ai 48 m s.l.m.; man mano che ci si allontana dal Torrente Stella e si sale verso monte del suddetto Torrente, la quota del terreno tende a salire.

### 2.1 Descrizione dei corsi d'acqua oggetto di studio

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei corsi d'acqua oggetto di studio:

1. *Torrente Stella*: il torrente Stella è un corso d'acque alte affluente dell'Ombrone con un sottobacino di riferimento, a monte della zona di interesse, di oltre 25 Km<sup>2</sup> ubicato in destra idrografica del corso d'acqua; allo stato attuale, il torrente risulta inadeguato anche per modesti tempi di ritorno e dà luogo ad una serie di esondazioni sia in destra che in sinistra idrografica;
2. *Rio Castelnuovo*: il Rio Castelnuovo è un corso d'acque alte avente un sottobacino di riferimento di 6.15 Km<sup>2</sup>; nella parte finale del suo corso si trova a costeggiare la zona denominata "Redolone" e, poco più a valle, a seguito della realizzazione di un progetto di sistemazione idraulica dello stesso, si trova ad attraversare l'area denominata "Pratone"; all'interno di questa area è prevista la realizzazione di una cassa di espansione a servizio del corso d'acqua; essendo tale progetto in fase di appalto, si è ritenuto opportuno, al fine di delineare le condizioni di rischio idraulico della zona suddetta, prendere in considerazione lo stato di progetto e considerare cioè il Rio Castelnuovo adeguato per eventi di pioggia aventi tempo di ritorno pari a 200 anni; ai nostri fini pertanto si è ritenuto corretto non considerare il Rio Castelnuovo tra i corsi

d'acqua che possano contribuire all'aumento del rischio idraulico nelle zone oggetto di indagine, "Redolone" e "Pratone";

3. *Rio Casale*: il Rio Casale è un corso d'acque alte avente un sottobacino di riferimento di 3.47 Km<sup>2</sup> ed è anch'esso un affluente di destra del torrente Stella; esso delimita la nostra zona di interesse denominata "Pratone" e vi interagisce nel momento in cui si verificano delle esondazioni in sponda sinistra;
4. *Rio dei Forti*: il Rio dei Forti è, attualmente, un corso d'acque basse che raccoglie le piogge di un piccolo sottobacino di 0,434 Km<sup>2</sup> a monte dell'abitato della frazione di Cantagrillo; nella sua parte terminale il Rio transita all'interno del Pratone fino a confluire nel torrente Stella attraversando la zona destinata alla realizzazione della cassa di espansione di competenza del Rio Castelnuovo; questa cassa è stata dimensionata in modo tale da poter raccogliere, sia le acque del Rio Castelnuovo, sia quelle del Rio dei Forti; affinché il rio dei Forti sia però in grado di scaricare le proprie acque nella cassa di espansione sarà necessario elevare le sue arginature alla quota delle arginature della cassa trasformandolo di fatto da un corso di acque basse, qual'è attualmente, in un corso di acque alte. In questo scenario di progetto quindi, anche il Rio dei Forti diverrebbe un sistema idraulico indipendente dal Pratone e le sue acque non andrebbero a gravare sul sistema stesso. Ai fini del nostro studio, non essendo ancora finanziato quest'ultimo intervento, si è scelto di considerare lo stato attuale del Rio dei Forti secondo il quale le acque del suo sottobacino sono convogliate a valle nel Pratone e contribuiscono all'aumento del rischio idraulico, specialmente nel caso in cui il torrente Stella non sia in grado di riceverne le acque.

## 2.2 Descrizione della zona denominata "Redolone"

La prima zona di interesse per noi è situata in destra idrografica del torrente Stella ed è delimitata dai seguenti elementi:

- a) a nord-est dall'argine destro del torrente Stella;
- b) a nord-ovest dall'argine destro del rio Vinacciano;
- c) a sud dall'argine sinistro del rio Castelnuovo;
- d) ad ovest dal rilevato della Via Provinciale di Montalbano;

La sua superficie si aggira attorno a 0.8 Km<sup>2</sup> e risulta essere prevalentemente pianeggiante con quote che oscillano tra i 48 ed i 52 m s.l.m.

Le zone limitrofe confinanti sono le seguenti:

- 1) Dall'altro lato del rio Vinacciano è presente un'altra zona pianeggiante, inserita nel modello del torrente Stella (vedere in seguito) come "settore 6";
- 2) Al di là del rilevato stradale di Via Montalbano è ubicata una zona denominata "Pratone" che è la nostra seconda zona di interesse, la cui descrizione è riportata di seguito.

### **2.3 Descrizione della zona denominata "Pratone"**

La seconda zona di interesse è situata in destra idrografica del torrente Stella ed è delimitata dai seguenti elementi:

- a) a nord-est dal rilevato stradale di Via Rinascita;
- b) a sud-est dal Rio Casale;
- c) sud-ovest dal rilevato stradale della Via provinciale di Montalbano;

La sua superficie si aggira attorno ad 1Km<sup>2</sup> ed è prevalentemente pianeggiante con una leggera inclinazione verso il torrente Stella; come abbiamo già accennato, all'interno della zona scorre il Rio dei Forti che raccoglie le acque di un sottobacino situato a monte.

Per quanto riguarda invece le zone limitrofe con le quali la nostra zona può interagire da un punto di vista idraulico, si sono individuati i seguenti elementi:

- 1) al di là del rilevato stradale di Via Rinascita è presente una fascia di territorio che è limitata dalla sponda destra del torrente Stella; questa zona è collegata mediante una tubazione sia al Pratone, sia, mediante una ventola di non ritorno, al torrente Stella;
- 2) al di là del rilevato stradale della Via provinciale di Montalbano è ubicata, come abbiamo già avuto modo di dire, la zona denominata "Redolone".

Nota: nell'elenco delle zone interagenti da un punto di vista idraulico non si è fatto cenno alle parti di territorio confinanti con le nostre 2 zone di interesse a nord in quanto, essendo queste ultime situate a quote più alte, non potranno essere interessate da allagamenti provenienti dal "Pratone" o dal "Redolone"; non sarà possibile nemmeno il percorso idraulico inverso, in quanto tali zone poste a nord fanno parte dei sottobacini del rio Castelnuovo e della Fora di Baco.

### 3. Descrizione della modellazione effettuata

Per la simulazione della situazione sopra descritta, si è scelto di effettuare una modellazione del tipo “quasi bidimensionale”, vale a dire utilizzando un software di calcolo monodimensionale parallelamente ad un'accurata modellazione tridimensionale del territorio.

Come software di calcolo idraulico si è utilizzato HEC-RAS, del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America, mentre per la modellazione del terreno si è utilizzata la cartografia digitale (dxf) in scala 1:2000 ed il software ARC-VIEW.

Gli elementi caratteristici della modellazione sono descritti nel seguente paragrafo:

#### 3.1 Descrizione generale degli elementi

- 1) Corsi d'acque alte, rappresentati tramite dei *Reach* nel modello idraulico;
- 2) Settori di allagamento, cioè porzioni di territorio all'interno delle quali, grazie alla presenza di rilevati di vario tipo, è possibile ipotizzare l'accumulo di volumi d'acqua; questi elementi sono rappresentati nel modello idraulico mediante delle *Storage Areas*: per ciascuna di esse, mediante un modello digitale del terreno creato col software Arc-View, è stata ricavata la legge dell'invaso, cioè la legge che lega il volume invasato in un determinato settore, con la quota corrispondente raggiunta dall'acqua;
- 3) Rilevati di vario genere (prevalentemente rilevati stradali) che fanno da confine ai vari settori di allagamento, rappresentati mediante *Storage Area Connection*, cioè delle interconnessioni idrauliche tra le varie *Storage Area*: queste connessioni saranno costituite da soglie sfioranti il cui profilo rappresenta l'andamento altimetrico dei rilevati suddetti;
- 4) Sponde arginali dei corsi d'acque alte, rappresentate da *Lateral Structures*, cioè delle soglie sfioranti che ricalcano l'andamento altimetrico delle sponde del corso d'acqua mettendo in comunicazione il corso d'acqua con il settore di allagamento adiacente in caso di sormonto arginale;
- 5) Tubazioni sottostrada e tubazioni in ingresso in un corso d'acque alte, generalmente mediante ventole di non ritorno: nel primo caso la tubazione è rappresentata da un *Culvert* inserito, alla quota di fondo tubo, nella *Storage Area Connection* che collega i 2 settori separati dal rilevato; nel secondo caso si utilizza ancora un *Culvert* (generalmente con la condizione *No positive flow*, che simula la presenza della ventola

di non ritorno), questa volta posto sotto la *Lateral structure* all'altezza del punto di ingresso della tubazione nel corso d'acqua;

- 6) Corsi d'acque basse: i corsi d'acque basse non vengono rappresentati da alcun elemento nella nostra modellazione in quanto gli idrogrammi di riferimento vengono fatti piovere direttamente nei settori di allagamento di competenza.

### 3.2 Descrizione degli elementi presenti nella modellazione

All'interno della presente modellazione sono stati inseriti gli elementi necessari a simulare la presenza di tutto ciò che può essere ritenuto rilevante ai fini della determinazione del rischio idraulico nella zona oggetto di studio; nella tabella sottostante sono riportati i vari elementi territoriali (descritti in precedenza) e la relativa rappresentazione all'interno del modello idraulico:

<b>ELEMENTO</b>	<b>RAPPRESENTAZIONE</b>
Zona denominata "Pratone"	<b>Storage Area "Cantagrillo monte"</b>
Porzione di territorio tra il Pratone ed il torrente Stella	<b>Storage Area "Cantagrillo valle"</b>
Zona denominata "Redolone"	<b>Storage Area "Settore 7"</b>
Porzione di territorio situata in sponda destra del Rio Casale	<b>Storage Area "Area in dx"</b>
Rio Casale	<b>Reach "Rio Casale"</b>
Torrente Stella	<b>Reach "Stella"</b>
Via provinciale di Montalbano	<b>Storage Area Connection "7-cm"</b> <b>Storage Area Connection "7-cv"</b>
Via Rinascita	<b>Storage Area Connection "cm-cv"</b>
Sponda sinistra Rio Casale	<b>Lateral structures: 38.7; 37.9; 37.29; 35.84; 30.5; 21.8, 18.5</b>
Sponda destra Rio Casale	<b>Lateral structures: 38.6; 38; 37.3; 35.85; 30.6; 21.9; 18.6</b>
Sponda destra torrente Stella	<b>Lateral structure 8.9</b>
Tubazione di raccolta delle acque basse del settore 7	<b>Storage Area Connection "7-cm"</b>
Tubazione di collegamento tra il Pratone e la zona a ridosso del torrente Stella	<b>Storage Area Connection "cm-cv"</b>
Tubazione di collegamento tra il la zona a ridosso del torrente Stella ed il torrente stesso	<b>Lateral structure 8.9</b>

### **3.3 Descrizione della modellazione idrologica ed idraulica**

Le modellazioni idrologica ed idraulica sono state effettuate prendendo in considerazione i tempi di ritorno di 200 e 20 anni; tale scelta è stata dettata dalle prescrizioni presenti nel P.I.T. nel quale vengono presi in considerazione i suddetti tempi di ritorno: in particolare la presenza di un allagamento di qualsiasi entità in corrispondenza di un evento ventennale vincola inderogabilmente una certa zona, impedendo ogni qualsivoglia modifica dello stato attuale; per le zone interessate da un allagamento duecentennale invece, si impone il rispetto di particolari accorgimenti per limitare il rischio idraulico.

Obiettivo del presente studio è quello di andare ad individuare quali siano le zone interessate dagli allagamenti per suddetti tempi di ritorno: per fare ciò è stata effettuata una modellazione idrologica per la determinazione degli idrogrammi di piena, per i due tempi di ritorno suddetti e per vari tempi di pioggia, di pertinenza degli elementi idraulici individuati in precedenza; in particolare gli idrogrammi che si sono andati ad inserire nel modello idraulico sono i seguenti:

- 1) Idrogramma di piena del Rio dei Forti: questo idrogramma prende in considerazione le piogge di competenza del sottobacino del Rio stesso e le piogge del settore “*Cantagrillo monte*” e, trattandosi allo stato attuale di un corso d'acque basse, viene inserito direttamente nella “*Storage Area*” Cantagrillo monte;
- 2) Idrogramma di piena del Rio Casale: questo idrogramma è in realtà suddiviso in 2 idrogrammi, uno da inserire in testa al corso d'acqua e l'altro come ingresso laterale alla sezione 31 in quanto le sezioni inserite nel modello comprendono anche una parte di corso d'acqua interna al sottobacino;
- 3) Idrogrammi di piena relativi al settore di allagamento adiacente al torrente Stella (Storage Area Cantagrillo valle) ed al settore “Redolone” (settore 7): gli idrogrammi relativi a questi settori sono stati determinati riproporzionando sulle aree gli idrogrammi determinati per il sottobacino del Rio dei Forti e del Pratone; per quanto riguarda il settore 7 si sottolinea come, anche in corrispondenza di eventi con TR 200 anni, non si registrano né esondazioni del torrente Stella (di qui la mancanza della Lateral Structure) né afflussi di volumi d'acqua provenienti da porzioni territoriali adiacenti al torrente Stella e situati a monte in zone dove il torrente stesso esonda; i risultati appena descritti sono il frutto di una modellazione effettuata sul torrente Stella la quale viene descritta nel successivo Capitolo 4;

- 4) Idrogramma di piena del torrente Stella: l'idrogramma di piena inserito in testa al torrente Stella non è quello determinato dalla modellazione idrologica dello stesso in quanto, così facendo, non si terrebbe conto delle esondazioni che si verificano a monte del tratto di interesse, bensì, a seguito della modellazione suddetta del torrente Stella, si sono andati a considerare gli idrogrammi in uscita dall'ultima sezione la quale corrisponde alla sezione di monte inserita nel presente modello.

Nei due successivi capitoli forniremo una descrizione dettagliata della modellazione idrologica effettuata per il torrente Stella e per i corsi d'acqua suoi affluenti che interessano le zone "Pratone" e "Redolone".

Nota: il rio Vinacciano non è stato preso in considerazione in quanto, come già accennato in precedenza, il suo contributo è stato inserito nell'idrogramma in testa al torrente Stella.

## 4. Modellazione idrologica ed idraulica del torrente Stella

### 4.1 Modellazione idrologica

Lo studio idrologico dei bacini idrografici del sistema Stella è stato effettuato utilizzando il codice di calcolo HEC–HMS (Hydrologic Modeling System), sviluppato dall’Hydrologic Engineering Center dell’U.S. Army Corps of Engineers. Il deflusso superficiale risultante dalle precipitazioni sul bacino idrografico viene determinato rappresentando il bacino come un sistema interconnesso di componenti idrologici, ognuno dei quali modella un determinato aspetto della trasformazione afflussi–deflussi.

La procedura seguita per il calcolo degli idrogrammi di piena è il seguente:

- determinazione della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 20 e 200 anni;
- calcolo degli idrogrammi di progetto;
- determinazione delle caratteristiche idrologiche degli elementi componenti il sistema idraulico in esame;
- implementazione del modello nel codice di calcolo HEC-HMS;
- calcolo degli idrogrammi di piena nei vari tratti di interesse;

#### Curva di possibilità pluviometrica

La pioggia massima sul bacino è quella fornita dalla “curva di possibilità climatica” ricavata dai dati pluviometrici delle stazioni più prossime al bacino in esame.

Le stazioni idrometriche più vicine all’area dell’intervento sono quelle di Pistoia e di Monsummano: considerando le caratteristiche pluviometriche ed orografiche della zona si è ritenuto più corretto adottare la curva pluviometrica relativa alla stazione idrometrica di Pistoia.

Dal volume edito dalla *PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI-DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI* – Ufficio idrografico e mareografico di Pisa - “*Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica*” collaborazione scientifica con PIN-CENTRO STUDI DI INGEGNERIA (UNIVERSITA' DI FIRENZE) E REGIONE TOSCANA sono stati ricavati i parametri che definiscono le suddette curve per tempi di ritorno di interesse. In particolare si trova

- $h = 43.01 t_p^{0.36}$  **TR020 anni,  $t_p > 1h$**
- $h = 66.73 t_p^{0.405}$  **TR200 anni,  $t_p > 1h$**
  
- con h altezza della pioggia in mm. e  $T_p$  durata di pioggia in ore.

I tempi di pioggia per cui è stato implementato il modello sono di 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 24, 48 e 72 ore, questo al fine di conoscere la risposta idraulica del canale per tempi di pioggia brevi e lunghi.

#### Ietogrammi di progetto:

Data l'area ridotta del bacino in esame non si sono applicati coefficienti di ragguaglio all'area, in accordo alle indicazioni in materia della World Meteorological Organization e dell'Autorità di Bacino dell'Arno.

Poiché le curve di possibilità pluviometrica non descrivono il modo di variare dell'altezza di pioggia nel corso della precipitazione è necessario definire (in aggiunta all'altezza di pioggia di assegnata durata e di assegnato tempo di ritorno) anche la forma dello ietogramma di progetto. Per il bacino in esame si è fatta l'ipotesi di ietogramma di pioggia di forma costante, considerando diverse durate di pioggia al fine di determinare la situazione più critica.

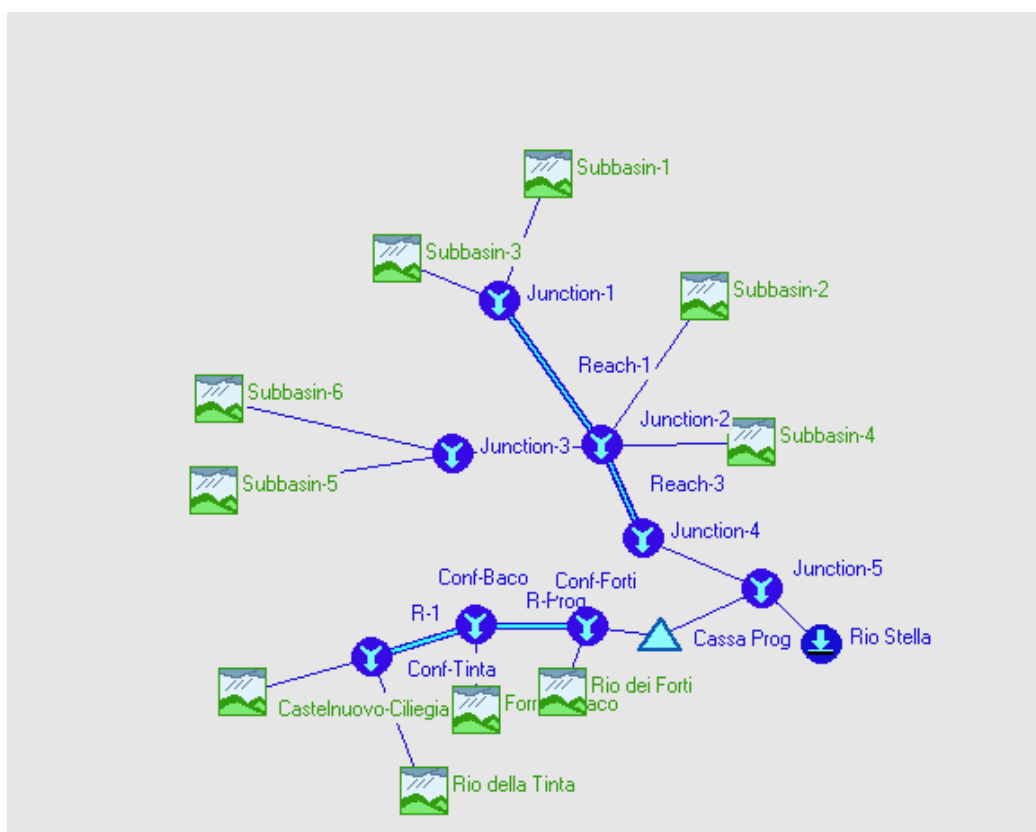
#### Elementi subbasin del modello:

Alcuni dei dati utilizzati nello studio idrologico del bacino del Torrente Stella sono tratti da uno studio commissionato dalla Provincia di Prato ed eseguito dal Raggruppamento Temporaneo di Imprese (RTI) composto da Hydea srl di Firenze (capofila), Geoplan srl di Pistoia e BRL ingénierie (Nimes, Francia): <<Progettazione preliminare degli interventi previsti nei Bacini Idrografici dei torrenti Ombrone Pistoiese e Bisenzio e verifica del progetto di Piano di Bacino per la riduzione del rischio idraulico del Bacino del Fiume Arno, della compatibilità delle previsioni di programmazione territoriale con le norme di salvaguardia ed eventuali proposte di direttive di cui alla DCR 230/94 e verifica degli interventi proposti con strumenti di programmazione territoriale in essere o in corso di elaborazione nei territori provinciali di Prato e Pistoia>>.

Per quel che riguarda il calcolo delle perdite di bacino con il metodo CN e le trasformazioni afflussi-deflussi con il metodo dell'idrogramma unitario vedasi la trattazione a proposito del Rio dei Forti e Rio Casale.

La tabella riassume le caratteristiche relative ad ogni sottobacino utilizzato nella modellazione mentre più sotto lo schema implementato in HMS.

Elemento subbasin	Area [kmq]	CNII	la [mm]	SCS Lag [min]
Subbasin-1	12,31	80	12,7	24
Subbasin-2	6,15	85,3	8,8	39
Subbasin-3	1,57	81,6	11,5	14
Subbasin-4	3,03	83,8	9,8	12
Subbasin-5	3,74	79,4	13,2	17
Subbasin-6	0,88	81,8	11,3	16

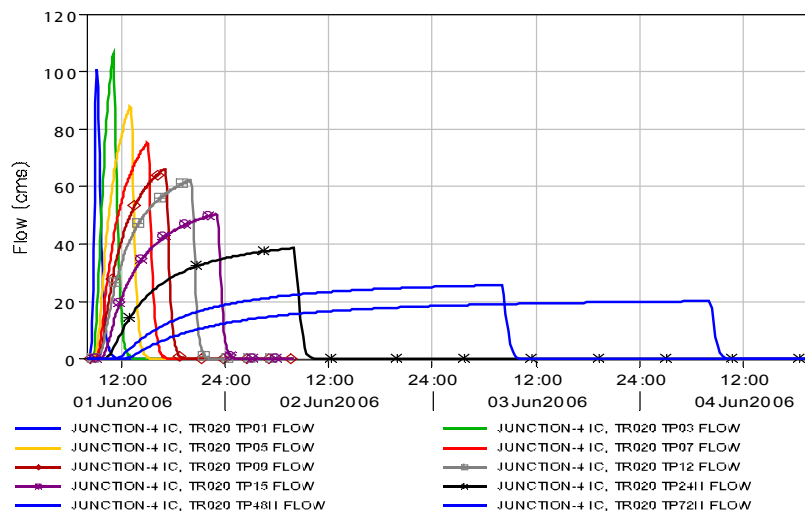


### Risultati della modellazione idrologica

L'elemento idrologico del quale ci interessa conoscere i vari idrogrammi di piena è la Junction 4, la quale rappresenta il tratto di torrente Stella a monte delle immissioni dei rii Castelnovo e Casale.

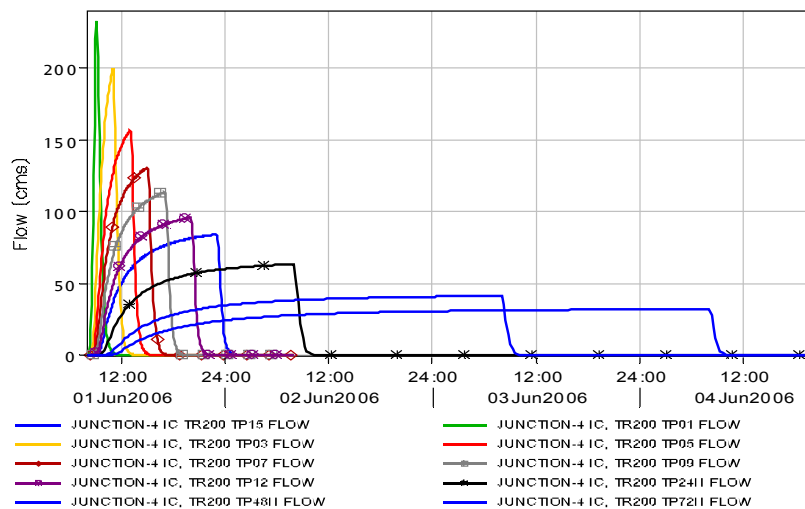
Qui di seguito l'involuppo degli idrogrammi ottenuti dalla modellazione idrologica per tempi di ritorno ventennale e duecentennale.

//JUNCTION-4/FLOW/01JUN2006/5MIN/IC, TR020 TP01/



- Involuppo degli idrogrammi di piena del torrente Stella per TR020

//JUNCTION-4/FLOW/01JUN2006/5MIN/IC TR200 TP15/



- Involuppo degli idrogrammi di piena del torrente Stella per TR200

## **4.2 Modellazione idraulica**

I calcoli idraulici per la valutazione del rischio idraulico per la zona sita in destra idrografica, a monte del ponte denominato "Stella" del torrente omonimo, sono stati effettuati mediante il codice di calcolo HEC-RAS: all'interno del modello idraulico sono state inserite le sezioni rilevate del torrente Stella a partire dalla N°72, nelle vicinanze del depuratore, fino alla sezione N°51, circa 300 m a valle del Ponte alla Stella; in destra ed in sinistra idrografica sono state inserite una serie di Lateral Structures e, di pari passo, sono state inserite una serie di Storage areas (ognuna opportunamente descritta mediante la propria legge dell'invaso) a rappresentare il territorio in destra ed in sinistra idrografica (per quanto riguarda la sinistra si è utilizzata una cassa di capacità pressoché infinita in quanto il nostro unico interesse è quello di considerare le portate che sormontano l'arginatura sinistra); si è poi provveduto a collegare ciascun settore con le relative Lateral Structures ed i settori tra di loro mediante delle Storage Area Connection, il tutto secondo la metodologia descritta nei capitoli precedenti. Il settore più a valle è il settore 7 che non è altro che il settore a monte per quanto riguarda il modello idraulico descritto nei capitoli precedenti. Nella parte bassa del settore 6, in corrispondenza della lateral structure che collega tale settore con il torrente Stella, è stato inserito un culvert per simulare la presenza di un piccolo corso d'acque basse, il fosso Ramello, il quale, quando i livelli idrici presenti nel torrente Stella lo permettono, scarica una parte dei volumi d'acqua accumulati nel settore 6.

In testa al modello sono stati inseriti gli idrogrammi di piena per i vari tempi di pioggia e di ritorno ottenuti mediante la modellazione idrologica descritta e si sono ricavati i valori di portata in uscita dalla sezione di valle ed i livelli idrici massimi raggiunti nei vari settori di allagamento ubicati in destra idrografica. E' importante sottolineare che, come idrogramma di piena in ingresso al torrente Stella si è inserito quello relativo all'elemento idrologico Junction 4 che rappresenta il corso d'acqua a monte della confluenza con i rii Castelnuovo e Casale; ciò significa che le piogge di competenza dei vari settori d'allagamento ubicati in destra idrografica, sono state inserite in testa al corso d'acqua stesso anziché direttamente nei settori in modo tale da massimizzare le portate massime transitanti nel torrente. Dall'altro lato, essendo tutti i settori di allagamento (escluso il settore 7) interessati da esondazioni del torrente, non v'è pericolo di sottostimarne gli allagamenti; per quanto riguarda infine il settore 7 si rimanda alla modellazione riguardante il "Pratone" nel quale, come si vedrà, si sono considerate le piogge ricadenti direttamente nel settore.

### **4.3 Risultati della modellazione idraulica**

I risultati della modellazione idraulica descritta sopra hanno evidenziato principalmente i seguenti risultati:

- 1) il torrente Stella risulta inadeguato in corrispondenza di eventi di piena sia duecentennali che ventennali, specialmente per tempi di pioggia dell'ordine di poche ore; ne derivano fenomeni di esondazione sia in destra che in sinistra idrografica e, di conseguenza, laminazione delle portate di picco transitanti a valle;
- 2) gli allagamenti massimi in destra idrografica si verificano, per la TR200, in corrispondenza di un tempo di pioggia pari a 15 ore e vanno ad interessare tutti i settori di allagamento tranne che il settore 7 il quale è interessato esclusivamente dalle piogge che ricadono sul settore stesso.

Come accennato in precedenza, i risultati di questa modellazione rappresentano un dato di ingresso importante per la modellazione del "sistema Pratone-Redolone": in particolare, essendo la sezione 51 la sezione di valle del presente modello e contemporaneamente la sezione di monte del tratto di torrente Stella inserito nella modellazione del "sistema Pratone-Redolone", l'idrogramma di piena da inserire in testa a quest'ultimo non sarà altro che l'idrogramma in uscita dal presente modello; inoltre, essendo chiaro che il settore 7 non riceve acque né dallo Stella a causa di una possibile esondazione, né dai settori confinanti a monte (i quali sono sì interessati da allagamenti ma la quota massima raggiunta è sempre inferiore alla quota dei rilevati che li separa dal settore 7), possiamo concludere che l'unica acqua che confluisce nel settore 7 è quella che vi piove direttamente, condizione questa che viene ripresa nella modellazione del "sistema Pratone-Redolone".

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei valori dei tiranti d'acqua nei vari settori in destra idrografica dello Stella per tutti i tempi di pioggia e di ritorno analizzati:

## TR20

	<b>TP1</b>	<b>TP3</b>	<b>TP5</b>	<b>TP7</b>	<b>TP9</b>	<b>TP12</b>	<b>TP15</b>	<b>TP24</b>	<b>TP48</b>	<b>TP72</b>
Set.0A	56.51	56.69	56.66	56.65	56.63	56.62	56.28	0	0	0
Set.0B	53.36	54.13	54.22	54.22	54.21	54.2	53.51	0	0	0
Set.0C	0	53.61	53.84	53.88	53.85	53.9	0	0	0	0
Set.1	0	0	52.17	52.24	52.18	52.3	0	0	0	0
Set.2	50.72	51.02	51.73	51.37	51.28	51.63	51.16	50.51	0	0
Set.3	50.34	50.54	50.58	50.61	50.62	50.78	50.58	0	0	0
Set.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Set.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## TR200

	<b>TP1</b>	<b>TP3</b>	<b>TP5</b>	<b>TP7</b>	<b>TP9</b>	<b>TP12</b>	<b>TP15</b>	<b>TP24</b>	<b>TP48</b>	<b>TP72</b>
Set.0A	56.89	56.86	56.79	56.74	56.71	56.68	56.66	56.93	0	0
Set.0B	54.34	54.4	54.34	54.3	54.27	54.25	54.24	54.2	0	0
Set.0C	54.05	54.27	54.17	54.1	54.05	54.01	53.98	53.92	0	0
Set.1	52.41	52.82	52.72	52.64	52.59	52.54	52.51	52.45	0	0
Set.2	51.7	52.13	52.04	51.96	51.92	51.87	51.85	51.79	51.22	0
Set.3	50.86	51.19	51.43	51.53	51.61	51.67	51.69	51.43	50.04	0
Set.4	49.72	51.19	51.43	51.53	51.61	51.67	51.69	51.43	0	0
Set.5	0	51.18	51.43	51.53	51.61	51.67	51.69	51.43	0	0
Set.6	0	51.18	51.43	51.53	51.61	51.67	51.69	51.43	0	0
Set.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 5. Modellazione idrologica e idraulica del sistema “Pratone-Redolone”

Nel capitolo 3 abbiamo descritto il modello idraulico scelto per simulare gli allagamenti nelle zone denominate “Pratone” e “Redolone”; vediamo adesso la modellazione idrologica ed idraulica che ci hanno fornito i dati di ingresso per il modello stesso.

### 5.1 Modellazione idrologica

Come abbiamo già avuto modo di accennare in precedenza, la modellazione idrologica è stata effettuata per ciascuno dei corsi d'acqua che si è ritenuto potessero interessare il territorio in studio. In particolare i modelli idrologici di riferimento sono stati quello relativo al Rio Casale, Rio dei forti e torrente Stella, quest'ultimo esposto nel precedente capitolo.

Lo studio idrologico dei bacini idrografici del sistema è stato effettuato utilizzando il codice di calcolo HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il deflusso superficiale risultante dalle precipitazioni sul bacino idrografico viene simulato rappresentando il bacino come un sistema interconnesso di componenti idrologici, ognuno dei quali modella un determinato aspetto della trasformazione afflussi-deflussi.

La procedura seguita per le computazioni è la seguente:

- determinazione della curva di possibilità pluviometrica con tempi di ritorno pari a 20 e 200 anni;
- calcolo degli ietogrammi di progetto;
- determinazione delle caratteristiche idrologiche degli elementi componenti il sistema idraulico in esame;
- implementazione del modello nel codice di calcolo HEC-HMS;

#### 5.1.1 Curva di possibilità pluviometrica

La pioggia massima sul bacino è quella fornita dalla “curva di possibilità pluviometrica” ricavata dai dati pluviometrici delle stazioni più prossime al bacino in esame.

Considerando le caratteristiche pluviometriche ed orografiche della zona si è ritenuto più corretto adottare la curva pluviometrica relativa alla stazione idrometrica di Pistoia.

Dal volume edito dalla *PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI-DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI* – Ufficio idrografico e mareografico di Pisa - “*Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica*” collaborazione scientifica con PIN-

CENTRO STUDI DI INGEGNERIA (UNIVERSITA' DI FIRENZE) E REGIONE TOSCANA sono stati ricavati i parametri che definiscono le suddette curve per tempi di ritorno di interesse. In particolare si trova

–  $h = 43.01 t_p^{0.36}$  **TR020 anni,  $t_p > 1h$**

–  $h = 66.73 t_p^{0.405}$  **TR200 anni,  $t_p > 1h$**

con h altezza della pioggia in mm. e  $T_p$  durata di pioggia in ore.

I tempi di pioggia per i quali sono stati implementati i modelli idrologici si possono suddividere in due categorie. Tempi di pioggia brevi 60, 80 e 120 minuti necessari al fine di stabilire le portate di picco, tempi di pioggia lunghi di 24, 48 e 72 ore al fine di stabilire i massimi volumi di pioggia caduta.

#### 5.1.2 Ietogrammi di progetto

Poiché le curve di possibilità pluviometrica non descrivono il modo di variare dell'altezza di pioggia nel corso della precipitazione è necessario definire (in aggiunta all'altezza di pioggia di assegnata durata e di assegnato tempo di ritorno) anche la forma dello ietogramma di progetto; andando a vantaggio di sicurezza si è scelto di utilizzare lo ietogramma triangolare per eventi aventi tempo di pioggia breve in modo da massimizzare le portate mentre per eventi di pioggia lunghi si è utilizzato lo ietogramma costante in modo da massimizzare i volumi; in particolare:

- Per il modello idrologico di riferimento del Rio Casale e del Rio dei Forti per tempi di pioggia pari a 60min, 80min e 120min sono stati utilizzati ietogrammi triangolari. Per i tempi di pioggia superiori sono stati utilizzati ietogrammi costanti

#### 5.1.3 Elementi subbasin dei modelli idrologici

Come già accennato sopra, i modelli idrologici di riferimento sono stati tre distinti. Ognuno di essi schematizza le caratteristiche geometriche e geomorfologiche dei bacini di pertinenza dei singoli reticoli idrografici tutti confluenti nel torrente Stella.

La determinazione delle caratteristiche idrologiche degli elementi componenti i sistemi idraulici in esame è stata effettuata come segue.

PERDITE IDROLOGICHE - Le perdite di bacino sono state valutate con il metodo CN, per cui la pioggia efficace  $P_e$  al generico istante  $t$  è data da:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

in cui:

P = altezza di pioggia cumulata all'istante t

S = ritenzione massima potenziale, funzione attraverso il parametro CN dell'uso del suolo, del tipo di gruppo del terreno e delle condizioni di umidità iniziale del suolo.

I<sub>a</sub> = perdite iniziali dovute all'intercezione da parte della copertura vegetale, all'immagazzinamento nelle depressioni superficiali ed al volume di acqua infiltratosi prima che di raggiungere il "ponding time". Tali perdite, che si hanno prima che inizi il deflusso superficiale, sono stimate secondo la relazione:

$$I_a = (0,1 \div 0,4)S$$

in cui si assumeranno i valori maggiori o minori di I<sub>a</sub> a seconda delle caratteristiche del sottobacino in esame, ed in particolare della sua copertura vegetale.

IDROGRAMMA UNITARIO - per effettuare la trasformazione afflussi- deflussi si è adottato il metodo dell'idrogramma unitario, definito come l'idrogramma generato da una pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul sottobacino, e caduta in un dato periodo di tempo assunto come unitario. Eliminati i fenomeni non lineari nel passaggio dalla pioggia totale alla pioggia efficace, nell'ipotesi di linearità ed invarianza nel tempo dei fenomeni di scorrimento superficiale, è possibile ricostruire per convoluzione l'idrogramma di risposta del bacino per qualsiasi idrogramma di pioggia efficace.

Nel caso in esame si è adottato l'idrogramma unitario adimensionale del SCS per la cui definizione è necessario specificare il tempo di ritardo T<sub>I</sub> del bacino idrografico. Seguendo le indicazioni del SCS si ritiene che il tempo di ritardo sia una caratteristica del bacino: esso può essere valutato a partire dal tempo di corrivazione T<sub>c</sub> secondo la relazione:

$$T_I \approx \frac{3}{5} T_c$$

Il tempo di corrivazione  $T_c$  per i vari sottobacini è stato valutato dalle loro stesse caratteristiche morfologiche mediando i valori stimati dalle seguenti formule. Esse necessitano di alcuni valori relativi alle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche del bacino.

- Formula di Ventura

$$T_c = 0.127\sqrt{A/i}$$

- Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$

- Formula di Kirpich

$$T_c = 0.066L^{0.77} \left[ \frac{1000L}{0.8(H_{\max} - H_0)} \right]^{0.385}$$

- Formula di Pasini

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{1/3}}{\sqrt{i}}$$

- Formula di Pezzoli

$$T_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

- Formula di Puglisi

$$T_c = 6L^{2/3}(H_{\max} - H_0)^{-1/3}$$

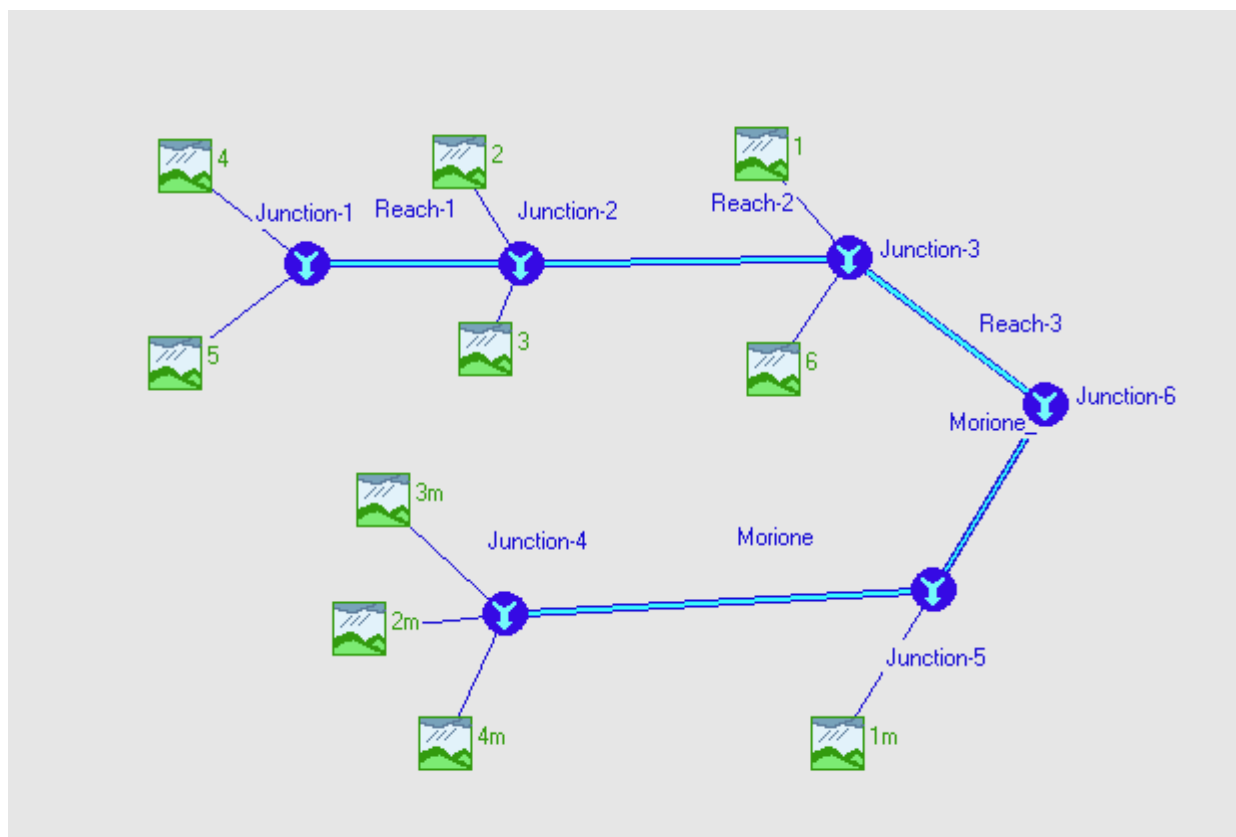
$A$ ,  $i$ ,  $L$ ,  $H_m$ ,  $H_{\max}$  e  $H_0$ ,  $v$  e  $i_v$  indicano rispettivamente l'area del bacino (Km<sup>2</sup>), la pendenza media dell'alveo, la lunghezza dell'asta principale (Km), l'altitudine media del bacino (m) rispetto alla sezione di interesse, l'altitudine massima del bacino (m s.l.m.), la quota della

sezione di interesse (m s.l.m.), la velocità media di scorrimento (m/s) e la pendenza media dei versanti.

Le tabelle di seguito riassumono le caratteristiche relative ad ogni sottobacino utilizzato nella modellazione idrologica del Rio dei Forti e del Rio Casale. ancora una volta per ciò che riguarda il torrente Stella si rimanda alla trattazione specifica.

### ***Modello idrologico di Rio Casale***

<b><i>Elemento subbasin</i></b>	<b><i>Area [kmq]</i></b>	<b><i>CNII</i></b>	<b><i>Ia [mm]</i></b>	<b><i>SCS Lag [min]</i></b>
Subbasin-1	0,24	90	5,64	24,6
Subbasin-2	0,16	81	11,91	13,2
Subbasin-3	0,85	79	13,5	12,6
Subbasin-4	0,81	79	13,5	11,4
Subbasin-5	0,44	79	13,5	4,8
Subbasin-6	0,97	79	13,5	11,4



### ***Modello idrologico del Rio dei Forti***

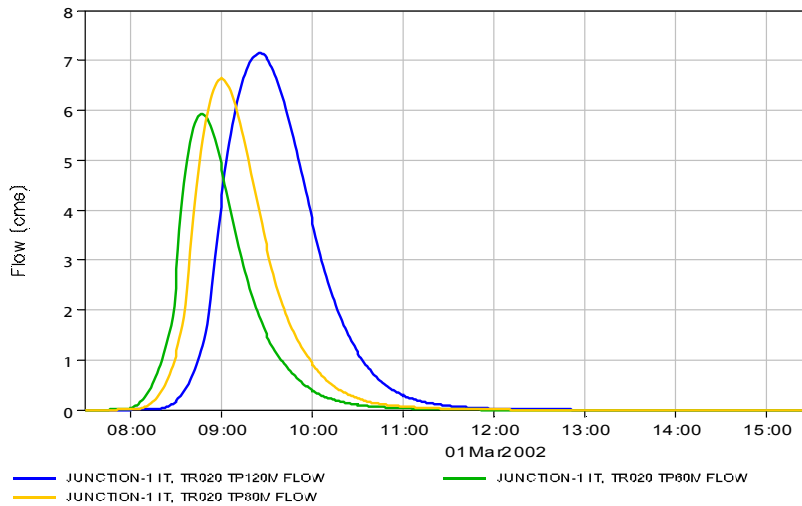
<b><i>Elemento subbasin</i></b>	<b><i>Area [kmq]</i></b>	<b><i>CNIII</i></b>	<b><i>la [mm]</i></b>	<b><i>SCS Lag [min]</i></b>
Subbasin-M	0,43	85,6	8,54	22
Subbasin-V	0,99	82	11,15	41

#### ***5.1.4 Risultati della modellazione idrologica***

Di seguito l'involuppo degli idrogrammi di piena per tempi di ritorno ventennali e duecentennali ricavati implementando i modelli idrologici descritti precedentemente.

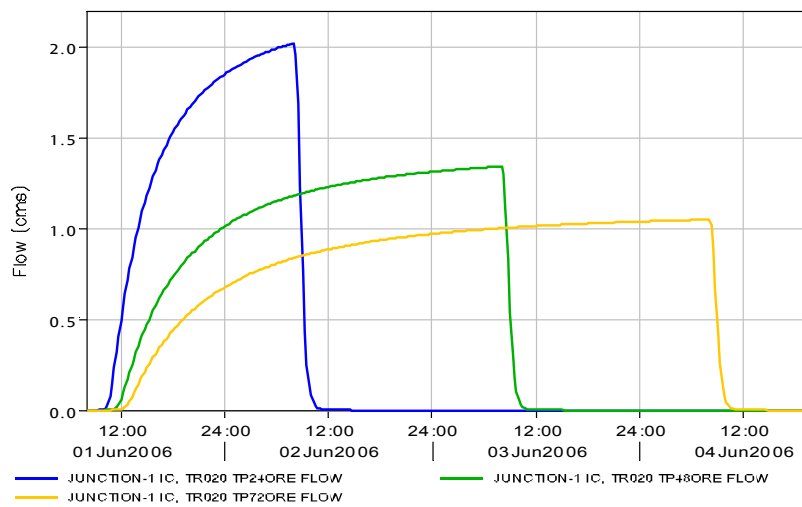
#### ***Tempi di ritorno ventennali***

//JUNCTION-1/FLOW/01MAR2002/1MIN/IT, TR020 TP120M/



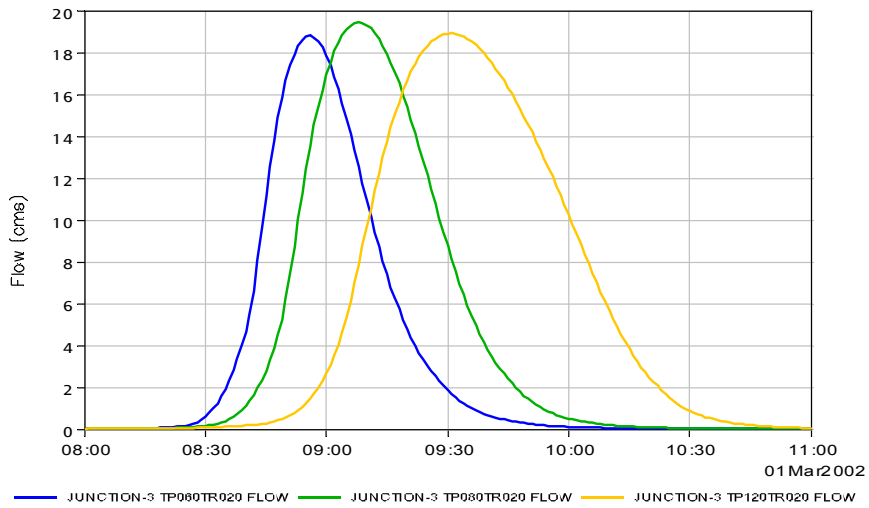
Rio dei Forti, TP 60, 80 e 120 minuti

//JUNCTION-1/FLOW/01JUN2006/15MIN/IC, TR020 TP24 ORE/



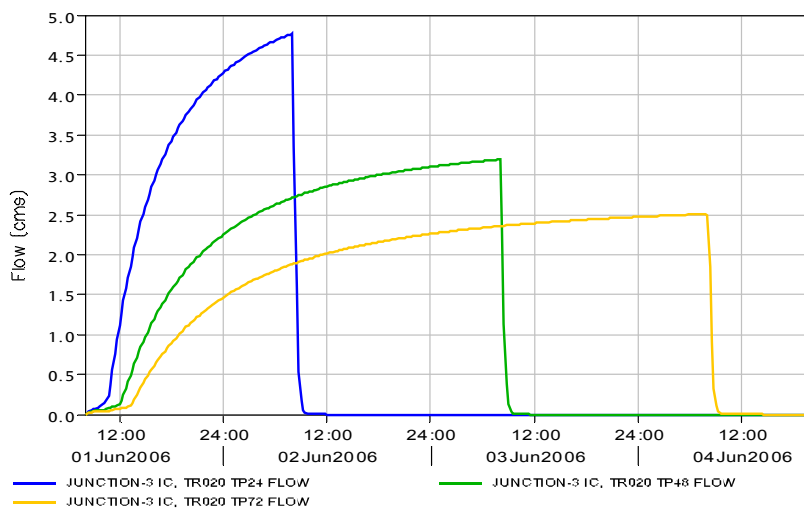
Rio dei Forti, TP 24, 48 e 72 ore

//JUNCTION-3/FLOW/01MAR2002/1MIN/TP060TR020/



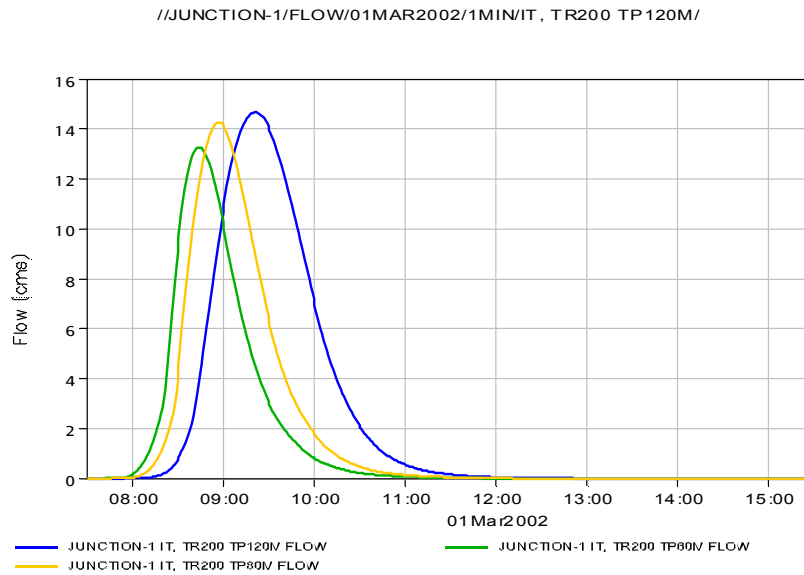
**Rio Casale, TP 60, 80 e 120 minuti**

//JUNCTION-3/FLOW/01JUN2006/15MIN/IC, TR020 TP24/

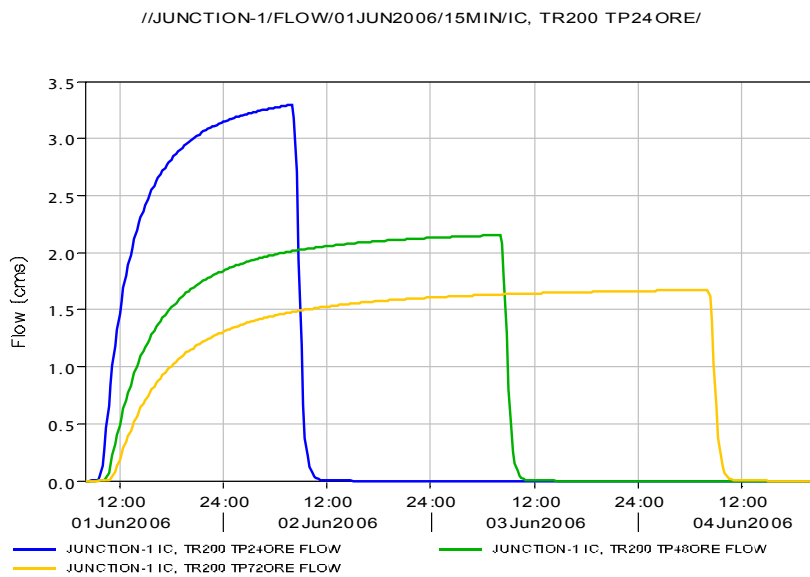


**Rio Casale, TP 24, 48 e 72 ore**

### Tempi di ritorno duecentennali

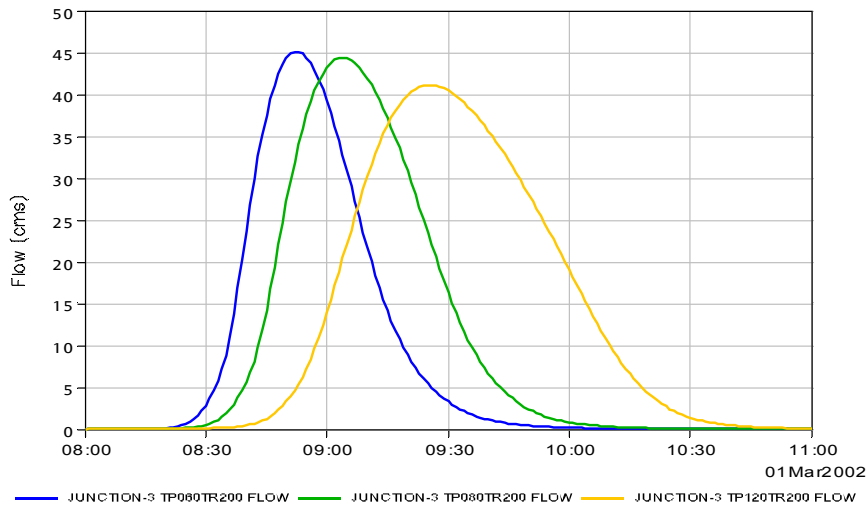


### Rio dei Forti, TP 60, 80 e 120 minuti



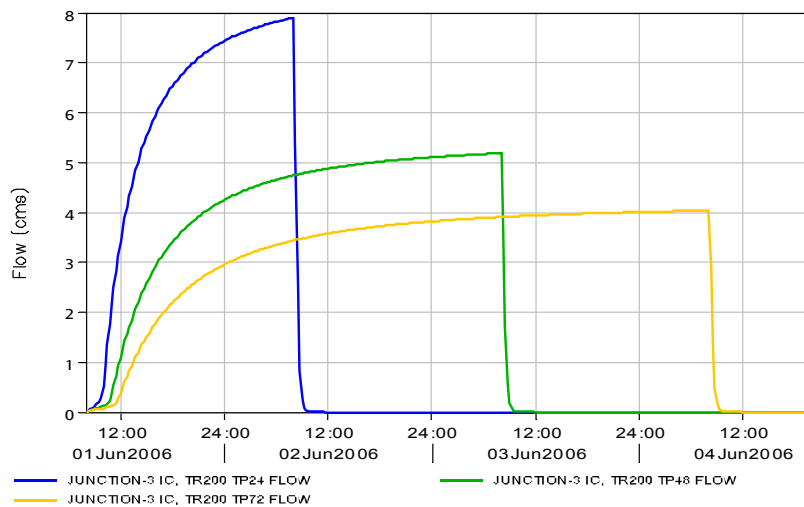
### Rio dei Forti, TP 24, 48 e 72 ore

//JUNCTION-3/FLOW/01MAR2002/1MIN/TP060TR200/



Rio Casale, TP 60, 80 e 120 minuti

//JUNCTION-3/FLOW/01JUN2006/15MIN/IC, TR200 TP24/



Rio Casale, TP 24, 48 e 72 ore

## 5.2 Modello idraulico

Il modello idraulico realizzato utilizza gli idrogrammi appena descritti come dati in ingresso ed ha come dato di uscita il livello raggiunto dall'acqua nei vari settori di allagamento per i vari tempi di pioggia e di ritorno ed i transiti di portate esondate dai corsi d'acque alte sul territorio di interesse; in particolare le simulazioni con tempi di pioggia bassi mettono in evidenza le portate esondate dai corsi d'acque alte e quindi massimizzano i transiti sul territorio mentre i tempi di pioggia alti massimizzano gli allagamenti.

Ricapitoliamo brevemente gli elementi costituenti il modello idraulico ed i dati di portata in ingresso utilizzati:

- 1) Rio Casale: in testa al corso d'acqua è stato inserito l'idrogramma di piena corrispondente ai 4 sottobacini più a monte mentre alla sezione 31 è stato inserito l'idrogramma relativo ai 2 sottobacini di valle sotto forma di ingresso laterale (sopra, per brevità, si è rappresentato il solo idrogramma complessivo relativo al corso d'acqua);
- 2) Rio dei Forti: l'idrogramma di piena relativo al Rio dei Forti ed al settore di allagamento Pratone è stato inserito direttamente nel settore di allagamento Cantagrillo monte simulando così il fatto che, durante un evento di piena, la cassa di espansione di competenza del Rio Castelnuovo, non è in grado di ricevere le acque provenienti dal Rio dei Forti le quali si distribuiscono sulla campagna unitamente alle piogge che piovono direttamente sul settore;
- 3) Torrente Stella: come abbiamo già avuto modo di accennare, l'idrogramma di piena inserito in testa al torrente Stella in questo modello non è altro che l'idrogramma in uscita dallo stesso torrente nel modello idraulico relativo, descritto nei capitoli precedenti; si sottolinea come l'importanza di questo idrogramma è dovuta, non tanto alle esondazioni che si possono produrre verso il settore Cantagrillo valle, quanto alla condizione a contorno che il torrente esercita sullo sbocco di una condotta che raccoglie le acque basse dei settori Cantagrillo monte e valle: al passare dell'onda di piena dello Stella la suddetta tubazione non sarà in grado scaricare contribuendo a creare un allagamento nelle zone basse dei due settori;
- 4) Settore 7 ("Redolone") e settore Cantagrillo valle: gli idrogrammi che sono stati fatti piovere direttamente in questi settori non sono stati desunti da una modellazione idrologica specifica in quanto le caratteristiche geometriche morfologiche sono del

tutto simili a quelle determinate per il settore di allagamento Cantagrillo monte; per questo motivo gli idrogrammi utilizzati sono stati ricavati riproporzionando sull'area gli idrogrammi già determinati per il settore Cantagrillo monte.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva nella quale si riportano, per i vari tempi di ritorno e di pioggia, i massimi valori raggiunti dagli allagamenti:

		<b>Cantagrillo monte</b> (m s.l.m.)	<b>Cantagrillo valle</b> (m s.l.m.)	<b>Settore 7</b> (m s.l.m.)
<b>TR20</b>	TP60 min	47,01	47,01	48,04
	TP80 min	47,07	47,06	48,39
	TP120 min	47,17	47,17	48,45
	TP24 ore	47,71	47,67	48,51
	TP48 ore	47,79	47,75	48,39
	TP72 ore	47,6	47,57	48,32
<b>TR200</b>	TP60 min	47,32	47,31	58,55
	TP80 min	47,39	47,35	48,61
	TP120 min	47,47	47,43	48,67
	TP24 ore	48,02	47,97	48,72
	TP48 ore	48,15	48,08	48,57
	TP72 ore	48,12	48,05	48,47

I dettagli delle varie simulazioni effettuate sono riportati in allegato.

Per quanto riguarda invece l'entità dei transiti e la loro dislocazione, si è evidenziato come questi riguardino esclusivamente il Rio Casale in quanto il torrente Stella esonda a monte del tratto considerato; nella seguente tabella sono riportate le massime portate e le *lateral structures* dalle quali fuoriesce la portata, prendendo in considerazione la sola sponda sinistra che è quella contigua al settore Cantagrillo monte:

		Lateral structure N°38.7 (mc/s)	Lateral structure N°35.84 (mc/s)	Lateral structure N°30.5 (mc/s)
<b>TR20</b>	TP60 min	1,17	0	0
	TP80 min	0	0	0
	TP120 min	0	0	0
	TP24 ore	0	0	0
	TP48 ore	0	0	0
	TP72 ore	0	0	0
<b>TR200</b>	TP60 min	4,97	1,5	2,47
	TP80 min	4,51	1,18	1,84
	TP120 min	4,48	1,31	2,1
	TP24 ore	0	0	0
	TP48 ore	0	0	0
	TP72 ore	0	0	0

## **6. Elaborazione dei risultati**

Una volta individuati i valori massimi dei tiranti d'acqua nei vari settori d'allagamento e le massime portate transitanti sul territorio di interesse (il transito viene considerato a partire dal punto esatto della sponda arginale in cui si verifica l'esondazione fino al raggiungimento dell'allagamento nella parte più bassa del settore dove si accumulano i volumi d'acqua), si utilizza il software ArcView per la determinazione delle porzioni di territorio interessate sia dagli allagamenti che dai transiti.

### **6.1 Individuazione delle zone allagate**

Abbiamo accennato in precedenza che, facendo uso della cartografia digitale in scala 1:2000 si riesce a creare un modello digitale del terreno (TIN) che costituisce un elemento di uso comune all'interno del software ArcView; a questo punto inserendo il valore della quota raggiunta dall'acqua in un determinato settore, il software restituisce una perimetrazione delle zone interessate dall'allagamento distinguendo tra i vari tiranti d'acqua presenti; nel nostro caso si è scelto di distinguere i tiranti d'acqua inferiori a 30 cm e superiori a questo valore secondo le indicazioni fornite dal PAI dell'Arno. Gli elaborati prodotti sono allegati alla presente relazione sotto forma di tavole in scala 1: 5000 e riguardano esclusivamente le situazioni più gravose per quanto riguarda gli allagamenti nei vari settori.

### **6.2 Individuazione delle zone interessate dai transiti**

Una volta individuati i punti dei corsi d'acqua in cui si verificano le esondazioni, si ricostruisce il percorso idraulico seguito dall'acqua andando a creare delle sezioni territoriali (sempre desunte dal modello digitale del terreno) le quali vanno a costituire un reach all'interno del quale si vanno ad immettere le portate esondate ricavate dalla modellazione idraulica i cui valori sono riportati nel cap.5; per la determinazione delle aree interessate dal transito, andando a vantaggio di sicurezza, si sono considerate le portate massime in uscita; tali valori sono stati poi immessi a moto permanente nei reach rappresentanti il percorso del transito e, sempre tramite l'ausilio di ArcView si è ricavata la porzione di territorio interessata dal transito.

Si sottolinea come, in questo caso, non si siano andati ad individuare diversi tiranti d'acqua in quanto, sempre seguendo le norme del PAI dell'Arno, la pericolosità idraulica dovuta al transito viene ritenuta indipendente dal tirante d'acqua che lo caratterizza.

Anche i transiti sono stati riportati in cartografia prendendo in considerazione soltanto i più pericolosi.

### **6.3 Rappresentazione grafica degli allagamenti e dei transiti**

Il presente studio è stato redatto al fine di individuare la pericolosità idraulica di una porzione di territorio nel comune di Serravalle Pistoiese, schematicamente denominata "Pratone"; sarà quindi utile ai nostri fini, non tanto riportare gli scenari corrispondenti ad un singolo evento, quanto l'involuppo degli eventi più gravosi per ciascun elemento idraulico individuato: è facile verificare infatti come, a parità di tempo di ritorno, in corrispondenza di un tempo di pioggia basso si verifichi la massima portata esondata e quindi il transito più rilevante, mentre l'allagamento risulterà essere modesto; viceversa dicasi per un tempo di pioggia elevato, in corrispondenza del quale non si verificherà alcun transito ma saremo in presenza di un notevole allagamento.

In definitiva si è scelto di rappresentare 2 scenari, uno per la TR20 ed uno per la TR200, in ciascuno dei quali si sono andati a prendere i valori massimi (per quel tempo di ritorno) ottenuti per il singolo elemento idraulico in tutte le simulazioni effettuate.

In definitiva, nelle tavole grafiche, per i settori Cantagrillo monte e valle verranno riportati gli allagamenti in corrispondenza di un tempo di pioggia di 48h, per il settore 7 di 24h mentre il transito sarà quello dovuto ad una pioggia di 60 minuti, il tutto per i 2 tempi di ritorno considerati (TR20 e TR200).

## 7. Conclusioni

Il presente studio ha messo in evidenza come, nelle zone di interesse denominate "Pratone" e "Redolone", siano presenti degli allagamenti, anche con tiranti superiori ai 30 cm, sia in corrispondenza di eventi con tempo di ritorno 200 anni che per eventi ventennali; tuttavia, tali allagamenti si verificano per tempi di pioggia molto lunghi raggiungendo il loro massimo in corrispondenza delle 24 e 48 ore e vanno a decrescere per ulteriori aumenti della durata della pioggia; tutto questo è giustificato dal fatto che, all'aumentare del tempo di pioggia, aumentano i volumi d'acqua invasati nel settore di allagamento che schematizza la nostra zona di interesse ma, allo stesso, tempo, l'altezza liquida presente nel corso d'acqua recettore (torrente Stella) diminuisce in quanto diminuisce la sua portata massima; è comprensibile pertanto attendersi in principio un incremento dei tiranti d'acqua nel settore all'aumentare dei tempi di pioggia e poi una diminuzione degli stessi superato un determinato tempo di pioggia (che per il nostro caso è 24 e 48 ore). Questa considerazione ci permette anche di poter affermare che i livelli raggiunti per i tempi di pioggia 48 ore (24 ore per il settore 7) sono i massimi raggiungibili per quel determinato tempo di ritorno.

Le esondazioni in sponda sinistra del Rio Casale generano invece un transito che attraversa tutto il settore fino a confluire nella zona di ristagno delle acque; esso ha origine principalmente per l'ostacolo offerto dal ponte a valle della sezione 39, sia per il tempo di ritorno ventennale che ducentennale anche se in quest'ultimo caso la portata massima esondata è decisamente superiore.

Nel tratto a valle il transito interessa anche alcuni centri abitati per i quali, nonostante siano posti a quote tali da non poter essere soggetti ad allagamenti dovuti al ristagno delle acque, si segnala una situazione di pericolo dovuta appunto al transito delle acque esondanti dalla sponda sinistra del Rio Casale.

Il Progettista

Ing. Renzo Bessi

## **8. Allegati**

### **8.1 Allegati della modellazione idrologica**

**STUDIO:**  
**COMMITTENTE:**  
**DATA:**

*Studio idrologico-idraulico di parte del territorio comunale di Serravalle Pistoiese a corredo del Regolamento Urbanistico  
Comune di Serravalle Pistoiese  
Luglio 2006*

---

## **8.2 Allegati della modellazione idraulica**

---

**Progetto:**

*Studio Ing. Renzo Bessi Via Don Aldo Mei 64k, 55012 Capannori (LU) Tel. Fax. 0583/429514 e-mail: hssrl@tin.it*