

# Indagini idrologico-idrauliche

## Relazione idrologico-idraulica

# COMUNE DI POGGIBONSI

## PIANO STRUTTURALE

APPROVAZIONE

**Lucia Coccheri** - Sindaco  
**Giampiero Signorini** - Assessore  
all'Urbanistica

**Fabio Galli** - Dirigente  
Settore Edilizia e Urbanistica

**Pietro Bucciarelli** - Progettista  
**Roberto Gori** - Cartografia e SIT

**Paolo Rinaldi,**  
**Sabrina Santi, Duccio Del Matto** -  
Collaboratori

**Paola Todaro** - Responsabile del  
procedimento

**Carla Bimbi, Fabiola Conforti,**  
**Stefania Polidori, Tiziana Viti** -  
Collaboratori al procedimento

**Tatiana Marsili** - Garante della  
comunicazione

**Idp progetti gis** - Sistema informativo  
e schedatura edifici

**Studio Aleph** - Mobilità

**Elisabetta Norci** - V.A.S.

**Monica Coletta** - Studi  
Agronomici e Paesaggistici

**Michele Sani** - Ind. geologiche

**Alessio Gabbrielli** - Studi idraulici

**Sociolab** - Partecipazione

## INDICE

<b>1. Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Articolazione dello studio .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Quadro conoscitivo della normativa vigente .....</b>	<b>5</b>
3.1 R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 .....	5
3.2 D.C.R. n. 72 del 27 Luglio 2007 “Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale” .....	5
3.3 D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n. 53/R “Regolamento di Attuazione dell’articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche” .....	6
3.4 D.P.C.M. del 06.05.2005 “Piano assetto idrogeologico” dell’Autorità di Bacino del F. Arno ...	7
<b>4. Classificazione idraulica del territorio comunale .....</b>	<b>11</b>
4.1 Piano Strutturale vigente .....	11
4.2 Piano di Assetto Idrogeologico .....	15
<b>5. Caratteri geologici e geomorfologici.....</b>	<b>20</b>
5.1 Cenni di geologia regionale e di tettonica .....	20
5.2 Stratigrafia locale .....	21
5.3 Note geomorfologiche .....	21
<b>6. Modellistica idrologica .....</b>	<b>23</b>
6.1 Approccio metodologico .....	23
6.1.1 Introduzione .....	23
6.1.2 Schema di calcolo .....	24
6.2 Modello idrologico Fiume Elsa – tratto di valle .....	26
6.3 Modelli idrologici altri corsi d’acqua .....	33
6.3.1 Fiume Elsa – tratto di monte .....	33
6.3.2 Torrente Staggia .....	36
6.3.3 Torrente Foci .....	40
6.3.4 Torrente Drove .....	42
6.3.5 Botro di Bacchereto .....	45
6.3.6 Borro di Melachecca .....	46
6.3.7 Borro di Papaiano .....	47
6.3.8 Torrente Carfini .....	48
<b>7. Modellistica idraulica .....</b>	<b>49</b>
7.1 Il moto vario .....	49
7.1.1 Approccio metodologico .....	49
7.1.2 Caratterizzazione geometrica del modello .....	51
7.1.3 Gli input idrologici, condizioni iniziali e opzioni di calcolo .....	54
7.2 Modello idraulico Fiume Elsa – tratto di valle .....	55
7.2.1 Introduzione .....	55
7.2.2 Caratterizzazione geometrica del modello .....	55
7.2.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	56
7.2.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	58
7.3 Modello idraulico Fiume Elsa – tratto di monte .....	58
7.3.1 Introduzione .....	58
7.3.2 Caratterizzazione geometrica del modello .....	59
7.3.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	61
7.3.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	62
7.4 Modello idraulico Torrente Staggia .....	63
7.4.1 Introduzione .....	63
7.4.2 Caratterizzazione geometrica del modello .....	63
7.4.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	70
7.4.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	71
7.5 Modello idraulico Torrente Foci .....	72
7.5.1 Introduzione .....	72

---

7.5.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	72
7.5.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	73
7.5.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	74
<b>7.6</b>	<b>Modello idraulico Torrente Drove .....</b>	<b>75</b>
7.6.1	Introduzione.....	75
7.6.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	75
7.6.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	76
7.6.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	77
<b>7.7</b>	<b>Modello idraulico Botro di Bacchereto .....</b>	<b>78</b>
7.7.1	Introduzione.....	78
7.7.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	78
7.7.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	79
7.7.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	79
<b>7.8</b>	<b>Modello idraulico Borro di Melachecca.....</b>	<b>81</b>
7.8.1	Introduzione.....	82
7.8.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	82
7.8.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	83
7.8.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	83
<b>7.9</b>	<b>Modello idraulico Borro di Papaiano.....</b>	<b>84</b>
7.9.1	Introduzione.....	84
7.9.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	84
7.9.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	85
7.9.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	85
<b>7.10</b>	<b>Modello idraulico Torrente Carfini .....</b>	<b>86</b>
7.10.1	Introduzione.....	86
7.10.2	Caratterizzazione geometrica del modello.....	87
7.10.3	Input idrologici e condizioni al contorno.....	88
7.10.4	Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche.....	88
<b>8.</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>90</b>

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro è stato redatto a supporto della pianificazione urbanistica del Comune di Poggibonsi.

Anticipando la redazione del nuovo Piano Strutturale e del successivo Regolamento Urbanistico, esso si propone innanzitutto di aggiornare la classificazione della pericolosità idraulica in ambito comunale e di adeguarla al Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, e allo stesso tempo di fornire in via preliminare una base conoscitiva in funzione della quale avviare il percorso di revisione dello strumento urbanistico.

Gli studi idrologico-idraulici, non essendo ancora disponibile una definizione delle U.T.O.E. comunali, sono stati condotti sui principali corsi d'acqua insistenti sul territorio comunale, in particolare lungo i tratti urbani, prendendo quindi in esame il reticolo di interesse per la difesa del suolo come individuato nel P.A.I.

La modalità di esecuzione degli studi idraulici e di definizione della pericolosità idraulica del Piano Strutturale segue le direttive del D.P.G.R. n. 53/R del 25 Ottobre 2011, in particolare dell'Allegato A, "*Direttive per le indagini geologico-tecniche*"; per l'adeguamento della pericolosità idraulica ai sensi del P.A.I. si è fatto invece riferimento alle Norme di Attuazione del P.A.I. medesimo.

Dal momento che l'Amministrazione Comunale di Poggibonsi, con nota n. 29559 del 27 Novembre 2012, ha chiesto all'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Siena di esprimersi preliminarmente rispetto alle indagini idrologico-idrauliche redatte a supporto del Piano Strutturale comunale nella versione consegnata al Comune nel mese di Aprile 2012 ed integrata nel mese di Novembre 2012, nella presente relazione e negli elaborati grafici allegati ad essa sono inseriti anche i chiarimenti e le integrazioni richieste dal suddetto Ufficio con risposta n. 369 del 7 Gennaio 2013,

Si sottolinea inoltre che la versione precedente del lavoro era stata già istruita dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, a cui ha fatto seguito il parere favorevole del Comitato Tecnico comunicato al Comune di Poggibonsi con nota n. 4118 del 9 Ottobre 2012.

## 2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Il presente studio, come detto, si prefigge l'obiettivo di classificare, sulla base di verifiche idrologico-idrauliche, il territorio comunale in termini di pericolosità idraulica e di adeguare tali perimetrazioni ai criteri del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Sostanzialmente l'obiettivo di questa fase del lavoro che anticipa l'Adozione del Piano Strutturale è la redazione della Carta della Pericolosità Idraulica e della Carta di Adeguamento al P.A.I.

Per far ciò sono stati realizzati modelli idrologico-idraulici dei principali corsi d'acqua lungo le aree abitate e/o potenzialmente oggetto di future previsioni.

I modelli idraulici sono stati redatti per eventi di piena con tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

Le aree allagabili risultanti dalle modellazioni sono state elaborate per assegnare le classi di pericolosità idraulica secondo i criteri del Regolamento n. 53/R e del P.A.I.

Il presente lavoro si articola in una preliminare trattazione della normativa di riferimento, dell'attuale classificazione idraulica del territorio comunale secondo gli strumenti di pianificazione vigenti, e della caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio e dei bacini studiati.

Successivamente è illustrata la composizione del modello idrologico-idraulico.

Sia dal punto di vista della modellistica idrologica che della modellistica idraulica, è descritto lo svolgimento del lavoro in termini generali (approccio metodologico) e in termini specifici (caratterizzazione idrologica e stima degli idrogrammi dei singoli bacini e caratterizzazione geometrica dei singoli tratti fluviali studiati).

A completamento della descrizione di ciascun modello idraulico sono esposti i risultati delle simulazioni idrauliche, interpretate e descritte le dinamiche idrauliche in atto e restituiti i perimetri delle aree allagabili allo stato attuale, da cui la conseguente redazione della Carta della Pericolosità Idraulica e della Carta di Adeguamento al P.A.I.

Costituiscono parte integrante di questo lavoro l'**Allegato** Idrologico, l'**Allegato** Idraulico e le **Tavole** grafiche.

Si specifica che la scelta di partenza nell'affrontare il presente lavoro è stata quella di voler rendere più omogenei possibili i risultati delle verifiche pertanto si è provveduto ad eseguire nuovi studi idraulici aggiornati per tutti i corsi d'acqua in esame, senza tener conto di eventuali precedenti verifiche idrauliche disponibili.

Fa eccezione il solo studio idraulico del tratto del Fiume Elsa a valle del centro abitato di Poggibonsi, il quale è stato integralmente ripreso dallo studio "Sviluppo del modello idraulico e verifiche del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo, a supporto della progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza idraulica previste dal Piano di Bacino" (Provincia di Siena, Ottobre 2011), approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e già adottato anche da altri Comuni come studio di supporto per i propri atti di pianificazione.

### 3. QUADRO CONOSCITIVO DELLA NORMATIVA VIGENTE

Lo studio eseguito ha preso in considerazione la normativa vigente, inerente le salvaguardie del territorio, il rischio idraulico e l'assetto idrogeologico.

In particolare, si è tenuto conto del "Regolamento di Attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011, n. 53/R, pubblicato nel BURT n. 51 del 02 Novembre 2011.

#### 3.1 R.D. 25 Luglio 1904, n. 523

Capo VII - Polizia delle acque pubbliche - Art. 96 comma f.

*"Sono lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:*

*f) le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi".*

Il Fiume Elsa, il Torrente Staggia, il Torrente Foci, i Torrenti Drove, Drove di Tattera e Drove di Cinciano, il Botro del Bacchereto, il Borro di Papaiano ed il Borro di Melachecca risultano inseriti nell'elenco delle acque pubbliche fin dalla prima stesura (1899) [FIUME ELSA cod. SI718 ambiti AB; TORRENTE STAGGIA cod. SI2867 ambiti AB; TORRENTE FOCI E I FOSCI cos. SI2611 ambiti AB; TORRENTE DROVE DI TATTERA E BORRO GLI AMAIONI cod. SI2576 ambiti AB; TORRENTE DROVE DI CINCIANO E BORRO MIGLIORINI cod. SI697 ambiti AB; BOTRO DEL BACCHERETO cod. SI244 ambiti AB; BORRO PAPAIANO cod. SI131 ambiti AB; BORRO DI MELACHECCA cod. SI121 ambiti AB].

#### 3.2 D.C.R. n. 72 del 27 Luglio 2007 "Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale"

Art. 36 della D.C.R. 72/2007, "Lo Statuto del territorio toscano. Misure generali di salvaguardia" del Titolo 2 "Lo statuto del territorio toscano", commi 3, 4 e 5.

3. Gli strumenti della pianificazione territoriale e gli atti di governo del territorio a far data dalla pubblicazione sul BURT dell'avviso di adozione del piano, non devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di metri 10 dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del presente piano come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute.

4. La prescrizione di cui al comma 3 non si riferisce alle opere idrauliche, alle opere di attraversamento del corso d'acqua, agli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché agli adeguamenti di infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico relativamente alla natura dell'intervento ed al contesto territoriale e si consenta comunque il miglioramento dell'accessibilità al corso d'acqua stesso.

5. Sono fatte salve dalla prescrizione di cui al comma 3 le opere infrastrutturali che non prevedano l'attraversamento del corso d'acqua e che soddisfino le seguenti condizioni: a) non siano diversamente localizzabili; b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, di ampliamento e di manutenzione del corso d'acqua; c) non costituiscano ostacolo al deflusso delle acque in caso di esondazione per tempi di ritorno duecentennali; d) non siano in contrasto con le disposizioni di cui all'articolo 96 del Regio Decreto 523/1904.

### **3.3 D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n. 53/R "Regolamento di Attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche"**

Con riferimento al "Regolamento di Attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", questo è composto dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 Ottobre 2011, n. 53/R e dai relativi Allegati, tra cui l'Allegato A "Direttive per le indagini geologico-tecniche".

Tale allegato prevede le disposizioni relative alla pericolosità indicate per i piani strutturali e le disposizioni relative alla fattibilità indicate per i regolamenti urbanistici di cui alle citate direttive.

Le indicazioni di riferimento sono riconducibili agli Artt. B.4 e C.2; di seguito se ne riportano alcuni estratti:

#### **B.4 Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici**

Vanno considerati gli elementi idrologico-idraulici necessari per caratterizzare la probabilità di esondazione dei corsi d'acqua in riferimento al reticolo d'interesse della difesa del suolo come definito nei piani di assetto idrogeologico (PAI) approvati, oppure come definito nel PIT e ad ogni altro corso d'acqua potenzialmente rilevante, nonché le probabilità di allagamento per insufficienza di drenaggio in zone depresse.

Tenuto conto degli indirizzi tecnici dettati dagli atti di pianificazione di bacino, ed in coerenza con quanto dagli stessi previsto, sono da analizzare gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di:

- inondazione da corsi d'acqua;
- insufficienza di drenaggio.

Con riferimento alle esigenze di sicurezza idraulica e agli obiettivi posti in tal senso, poiché la propensione alla allagabilità comporta diverse condizioni d'uso del territorio sia per le nuove previsioni sia per l'attuazione di quelle esistenti, è necessario definire, almeno per le UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, gli ambiti territoriali interessati da allagamenti in generale riferiti rispettivamente a TR 30 anni,  $30 < TR < 200$  anni. In presenza di specifiche indicazioni dei PAI o in relazione ad esigenze di protezione civile, possono essere definiti ambiti territoriali interessati da  $200 < TR < 500$  anni.

Al di fuori delle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, sono comunque definiti gli ambiti territoriali di fondovalle per i quali ricorrano notizie storiche di inondazione e gli ambiti di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

In caso di varianti generali ai piani strutturali, fatta comunque eccezione per i casi elencati all'articolo 3 comma 4 del regolamento, lo studio idrologico e idraulico deve essere redatto in modo unitario lungo una stessa asta fluviale.

#### **C.2 Aree a pericolosità idraulica**

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr > 30$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a)vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b)sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < TR < 200$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di

pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < TR < 500$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

### **3.4 D.P.C.M. del 06.05.2005 "Piano assetto idrogeologico" dell'Autorità di Bacino del F. Arno**

Con riferimento alle Norme di Piano (Titolo II – Aree A Pericolosità Idrogeologica, Capo I – Pericolosità Idraulica), sono da considerarsi l'**Articolo 6** "Aree a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4)", l'**Articolo 7** "Aree a pericolosità idraulica elevata (P.I.3)" e l'**Articolo 8** "Aree a pericolosità idraulica media e moderata (P.I.2 e P.I.1) ed aree di ristagno".

Le perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica sono individuate nelle 2 cartografie di Piano, ovvero la "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000" e la "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000", di cui all'**Articolo 5** delle Norme di Piano.

Di seguito se ne riportano gli estratti relativi:

#### **Art. 6 Aree a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4)**

Nelle aree P.I. 4, per le finalità di cui al presente PAI, sono consentiti:

- a. interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;
- b. interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati esistenti, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;
- c. interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
- d. interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali e non delocalizzabili, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale, non concorrano ad incrementare il carico urbanistico, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino coerenti con gli interventi di protezione civile. Per tali interventi è necessario acquisire il preventivo parere favorevole dell'Autorità di Bacino;
- e. interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
- f. interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b)

- e c) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia;
- g. adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;
  - h. ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale per gli edifici produttivi senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
  - i. interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia, che non comportino aumento della superficie coperta. Qualora gli interventi comportino aumento di carico urbanistico, gli stessi sono ammessi, purché realizzati in condizioni di sicurezza idraulica. La verifica dell'esistenza di tali condizioni dovrà essere accertata dall'autorità preposta al rilascio del provvedimento autorizzativo;
  - j. realizzazione, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità, di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata;
  - k. nuovi interventi e interventi di ristrutturazione urbanistica, a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base di studi idrologici ed idraulici, previo parere favorevole dell'autorità idraulica competente e dell'Autorità di Bacino sulla coerenza degli interventi di messa in sicurezza anche per ciò che concerne le aree adiacenti. In caso di contestualità, nei provvedimenti autorizzativi ovvero in atti unilaterali d'obbligo, ovvero in appositi accordi laddove le Amministrazioni competenti lo ritengano necessario, dovranno essere indicate le prescrizioni necessarie (procedure di adempimento, tempi, modalità, ecc.) per la realizzazione degli interventi nonché le condizioni che possano pregiudicare l'abitabilità o l'agibilità. Nelle more del completamento delle opere di mitigazione, dovrà essere comunque garantito il non aggravio della pericolosità in altre aree.

Salvo che non siano possibili localizzazioni alternative, i nuovi strumenti di governo del territorio non dovranno prevedere interventi di nuova edificazione nelle aree P.I.4.

### **Art. 7 Aree a pericolosità idraulica elevata (P.I.3)**

Nelle aree P.I. 3 sono consentiti i seguenti interventi:

- a. interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità degli interventi stessi con il PAI;
- b. interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati esistenti, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;
- c. interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
- d. interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale, non concorrano ad incrementare il carico urbanistico, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino coerenti con gli interventi di protezione civile. Per tali interventi è necessario acquisire il preventivo parere favorevole dell'Autorità di Bacino;
- e. interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
- f. interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b)

- e c) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia;
- g. adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico - sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;
- h. realizzazione di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata;
- i. ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale per gli edifici produttivi senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
- j. interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lett. d) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
- k. interventi di ristrutturazione urbanistica, così come definite alla lettera f) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia che non comportino aumento di superficie o di volume complessivo, fatta eccezione per i volumi ricostruiti a seguito di eventi bellici e sismici, purché realizzati nel rispetto della sicurezza idraulica senza aumento di pericolosità per le aree adiacenti;
- l. interventi nelle zone territoriali classificate negli strumenti urbanistici, ai sensi del Decreto interministeriale n. 1444 del 1968, come zone A, B, D, limitatamente a quelli che non necessitano di piano attuativo, e F, destinate a parco, purché realizzati nel rispetto della sicurezza idraulica, risultante da idonei studi idrologici e idraulici e a condizione che non aumentino il livello di pericolosità;
- m. le ulteriori tipologie di intervento comprese quelle che necessitano di piano attuativo, a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base di studi idrologici ed idraulici, previo parere favorevole dell'autorità idraulica competente e dell'Autorità di Bacino sulla coerenza degli interventi di messa in sicurezza anche per ciò che concerne le aree adiacenti.

#### **Art. 8 Aree a pericolosità idraulica media e moderata (P.I.2 e P.I.1) ed aree di ristagno**

Nelle aree P.I.2 e P.I.1 e nelle aree di ristagno sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.

Nelle aree P.I.2 e P.I.1 e nelle aree di ristagno il PAI, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 di programmi di previsione e prevenzione.

#### **Art. 5 Elaborati del PAI**

(...)

a) "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - Livello di sintesi in scala 1:25.000".

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4), così come definita nel Piano Straordinario approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 137/1999;
- pericolosità idraulica elevata (P.I.3), corrispondente alla classe B.I. così come definita nel Piano Straordinario di cui sopra;
- pericolosità idraulica media (P.I.2) relativa alle aree inondate durante l'evento del 1966 come da "Carta guida delle aree inondate" di cui al Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del "Rischio Idraulico";
- pericolosità idraulica moderata (P.I.1): rappresentata dall'involuppo delle alluvioni storiche sulla base di criteri geologici e morfologici.

b) *“Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica - Livello di dettaglio in scala 1:10.000”*.

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;
- pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni.

(...)

## 4. CLASSIFICAZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Nei successivi paragrafi si riportano alcuni estratti della "Carta della Pericolosità" (geologica e idraulica) del Piano Strutturale vigente e della carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica" del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Il Piano Strutturale del Comune di Poggibonsi risale al 1999; la "Carta della Pericolosità", originariamente prodotta in formato cartaceo è stata digitalizzata nel 2007 ed è composta da n. 16 fogli.

Di seguito sono mostrati soltanto i fogli n. 4, 6, 7 e 10 che sostanzialmente coprono i tratti dei corsi d'acqua e le aree studiate nel presente lavoro.

Per quanto riguarda la carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica" del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, si fa riferimento al livello di sintesi, in scala 1:25.000.

Il territorio comunale è rappresentato sui fogli n. 109, 122, 123, 124 e 136; di seguito è mostrato soltanto l'estratto n. 123 che copre tutta l'area oggetto di studio.

### 4.1 Piano Strutturale vigente

Legenda	
<b>2</b>	<b>CLASSE 2: PERICOLOSITA' BASSA</b> Terreni pianeggianti (fondovalle terrazzati) o a bassa pendenza (pianali), stabili e in condizioni morfologiche favorevoli rispetto al rischio idraulico.
<b>2a</b>	<b>CLASSE 2a: PERICOLOSITA' BASSA</b> Terreni collinari pendenza medio bassa ed in situazione geologica tecnica apparentemente stabile.
<b>3</b>	<b>CLASSE 3: PERICOLOSITA' MEDIA</b> Terreni collinari con condizioni geomorfologiche al limite di equilibrio, versanti con pendenze elevate ma con buona copertura boschiva o con pratiche agricole efficienti su substrato litologico non argilloso.
<b>3a</b>	<b>CLASSE 3a: PERICOLOSITA' MEDIO-BASSA</b> Terreni collinari con pendenze mai elevate entro il limite di equilibrio dei materiali, attualmente stabili per funzionalità dei sistemi agricoli di presidio territoriale (microregimazioni idrauliche, terrazzamenti).
<b>4</b>	<b>CLASSE 4: PERICOLOSITA' ELEVATA</b> Terreni caratterizzati da fenomeni di dissesto in atto o potenziali, di elevata erosione, nelle forme carsiche possibile subsidenza.
<b>3i</b>	<b>CLASSE 3i: PERICOLOSITA' MEDIO-BASSA</b> Terreni di fondovalle con altimetria sfavorevole soggetti a potenziale esondazione o ristagno in caso di malfunzionamento delle opere idrauliche di difesa.
<b>4i</b>	<b>CLASSE 4i: PERICOLOSITA' ELEVATA</b> Terreni di fondovalle non protetti da argini, soggetti a esondazione.

Fig. 1 – Legenda della "Carta della pericolosità" – Piano Strutturale Comune di Poggibonsi

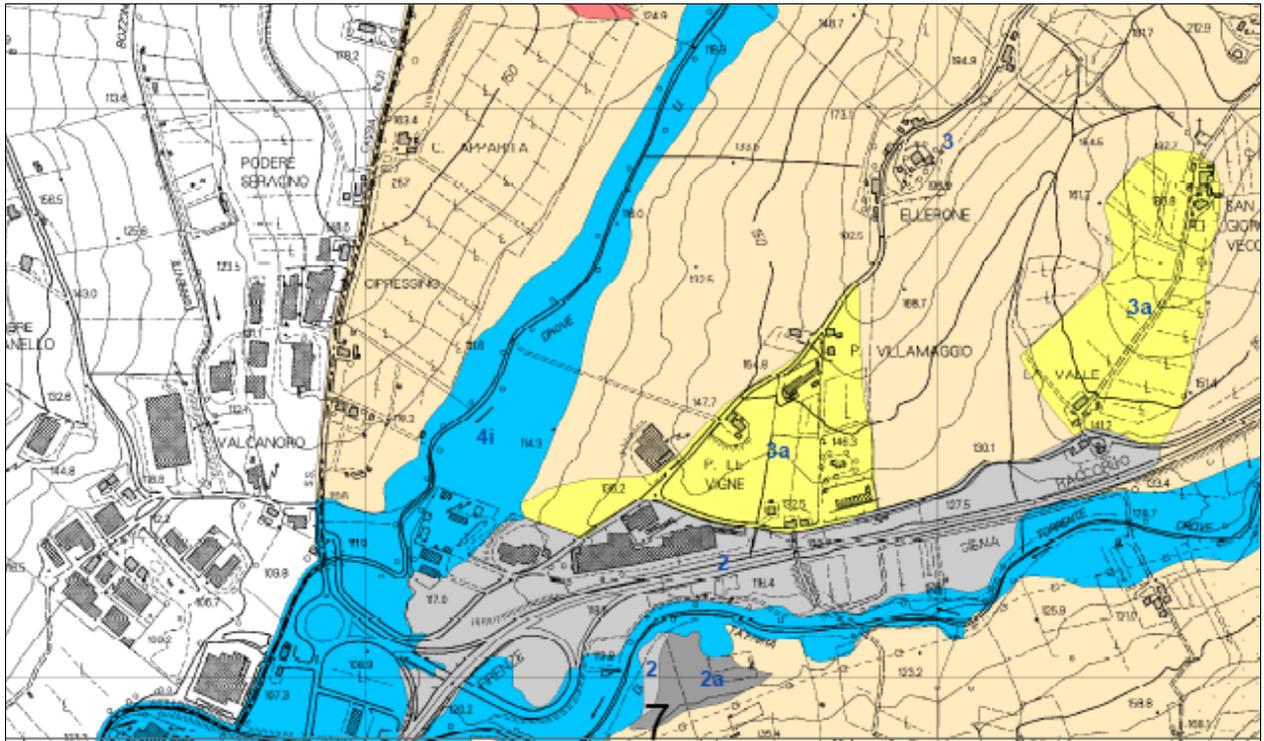


Fig. 2 – Estratto della “Carta della pericolosità” – foglio n. 4 (zona uscita FI-SI Poggibonsi Nord)

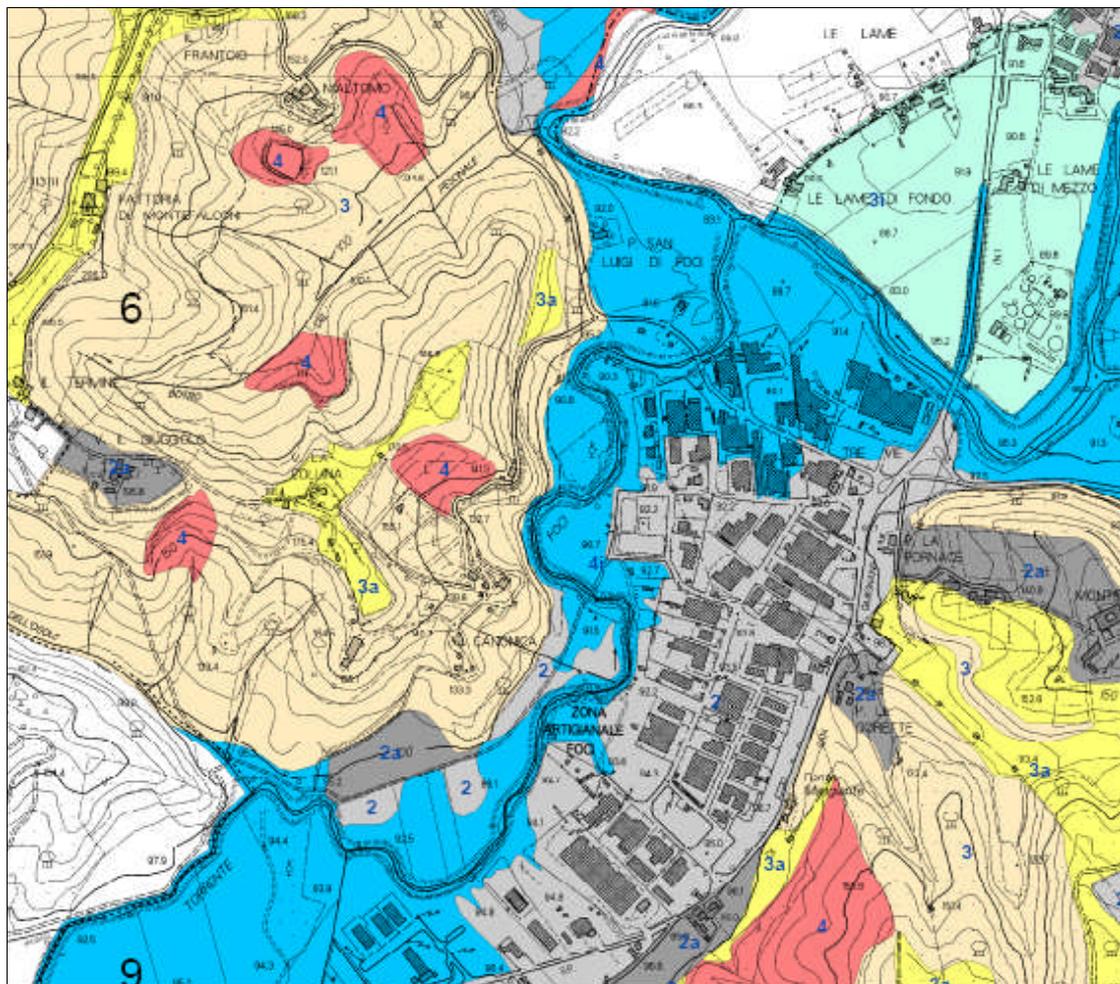


Fig. 3 – Estratto della “Carta della pericolosità” – foglio n. 6 (zona industriale Foci)

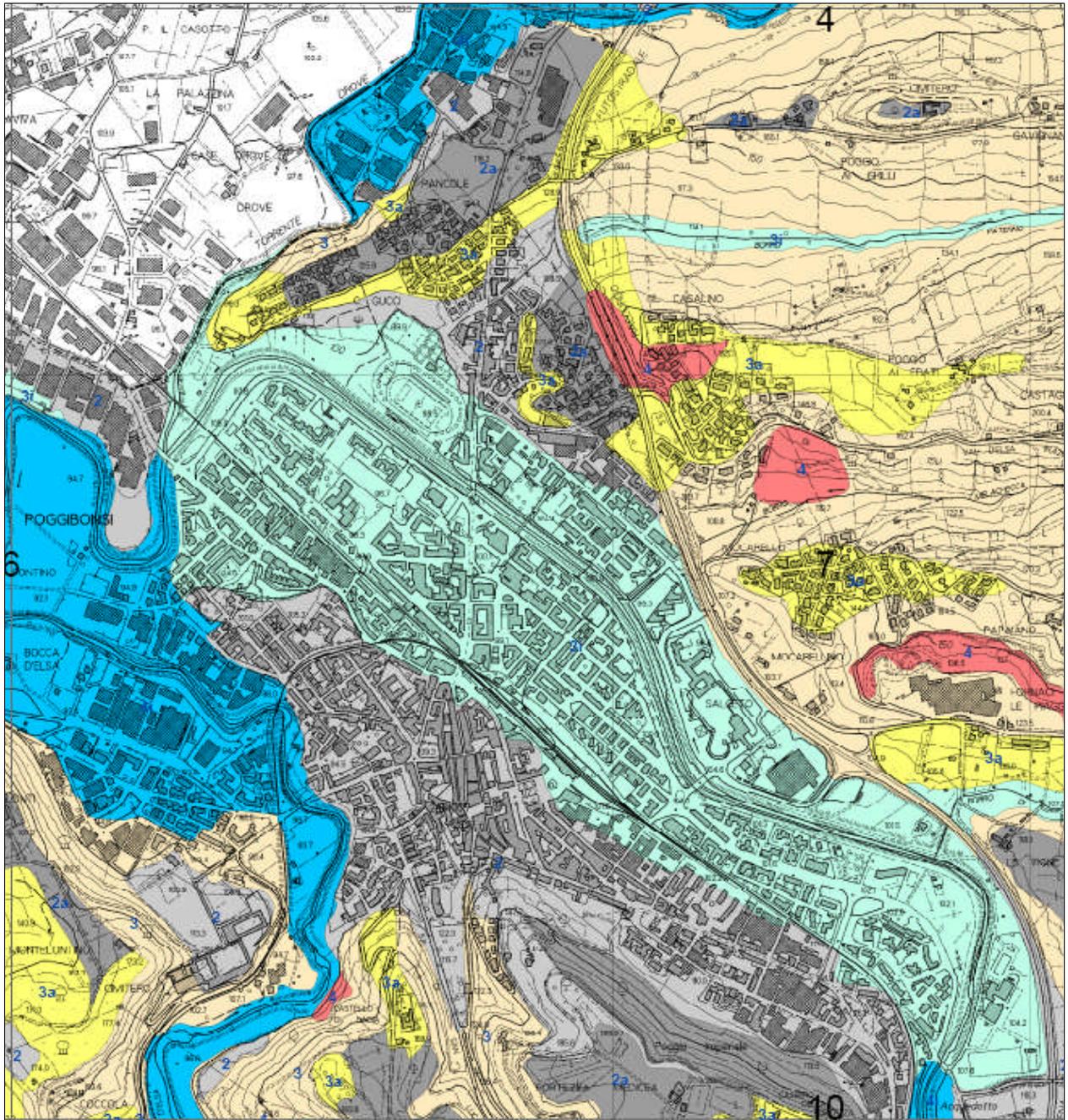


Fig. 4 – Estratto della “Carta della pericolosità” – foglio n. 7 (Capoluogo)

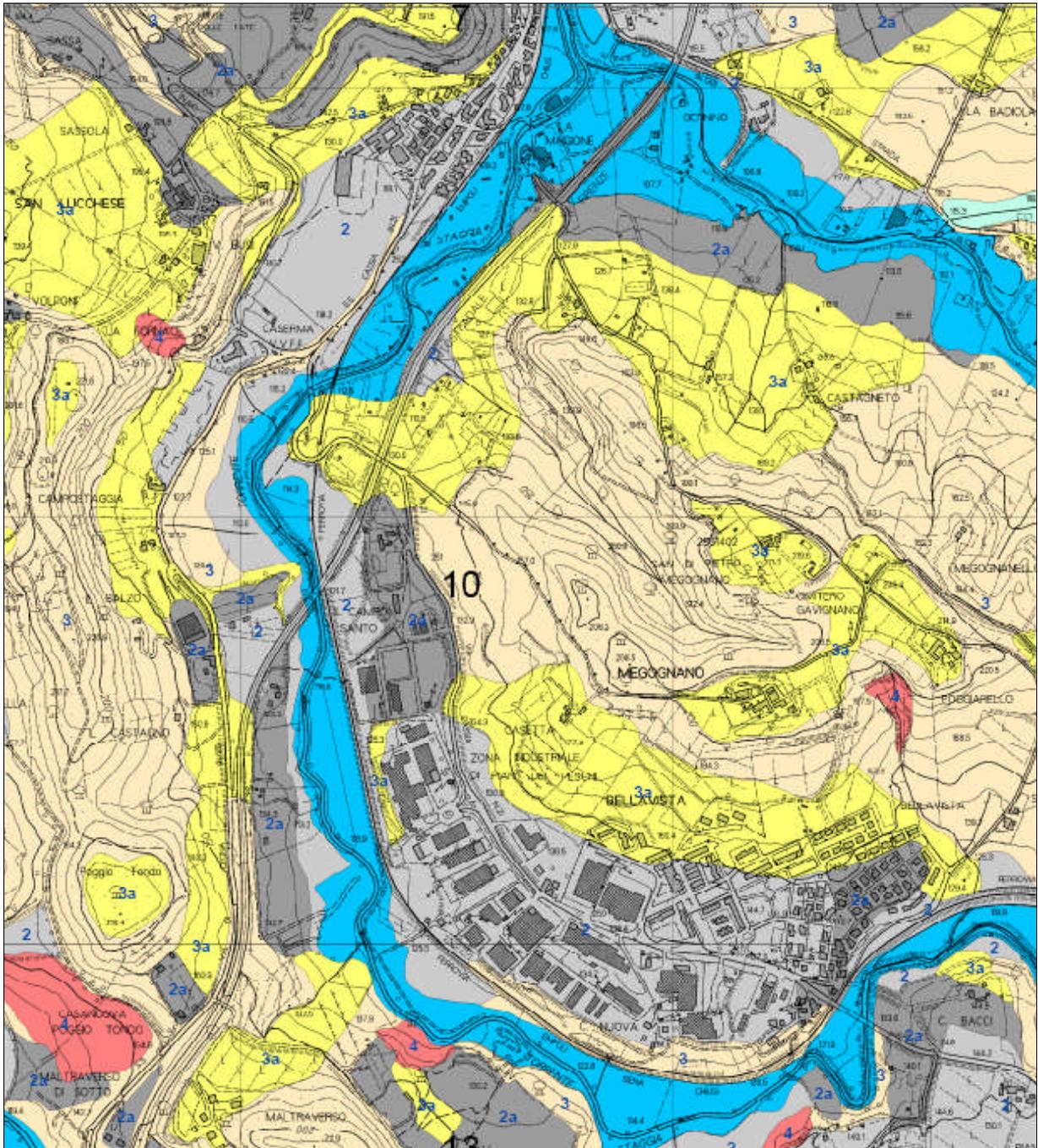


Fig. 5 – Estratto della “Carta della pericolosità” – foglio n. 10 (La Magione – Bellavista - Carfini)

## 4.2 Piano di Assetto Idrogeologico

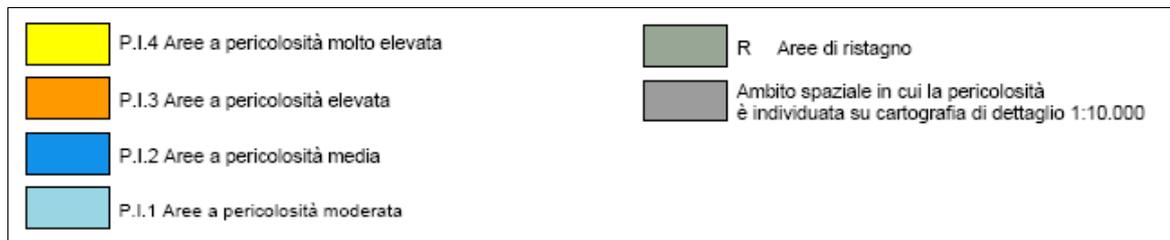


Fig. 6 – Legenda della carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000", del P.A.I.

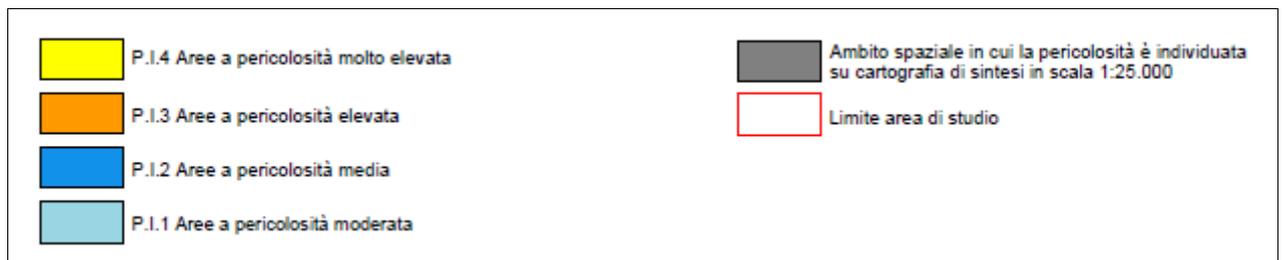


Fig. 7 – Legenda della carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000", del P.A.I.

**SITUAZIONE ANTECEDENTE LE MODIFICHE APPROVATE CON DECRETO DEL SEGRETARIO  
GENERALE N. 3 DEL 28/01/2013 PREVIO PARERE FAVOREVOLE DEL COMITATO TECNICO DEL  
03/10/2012**

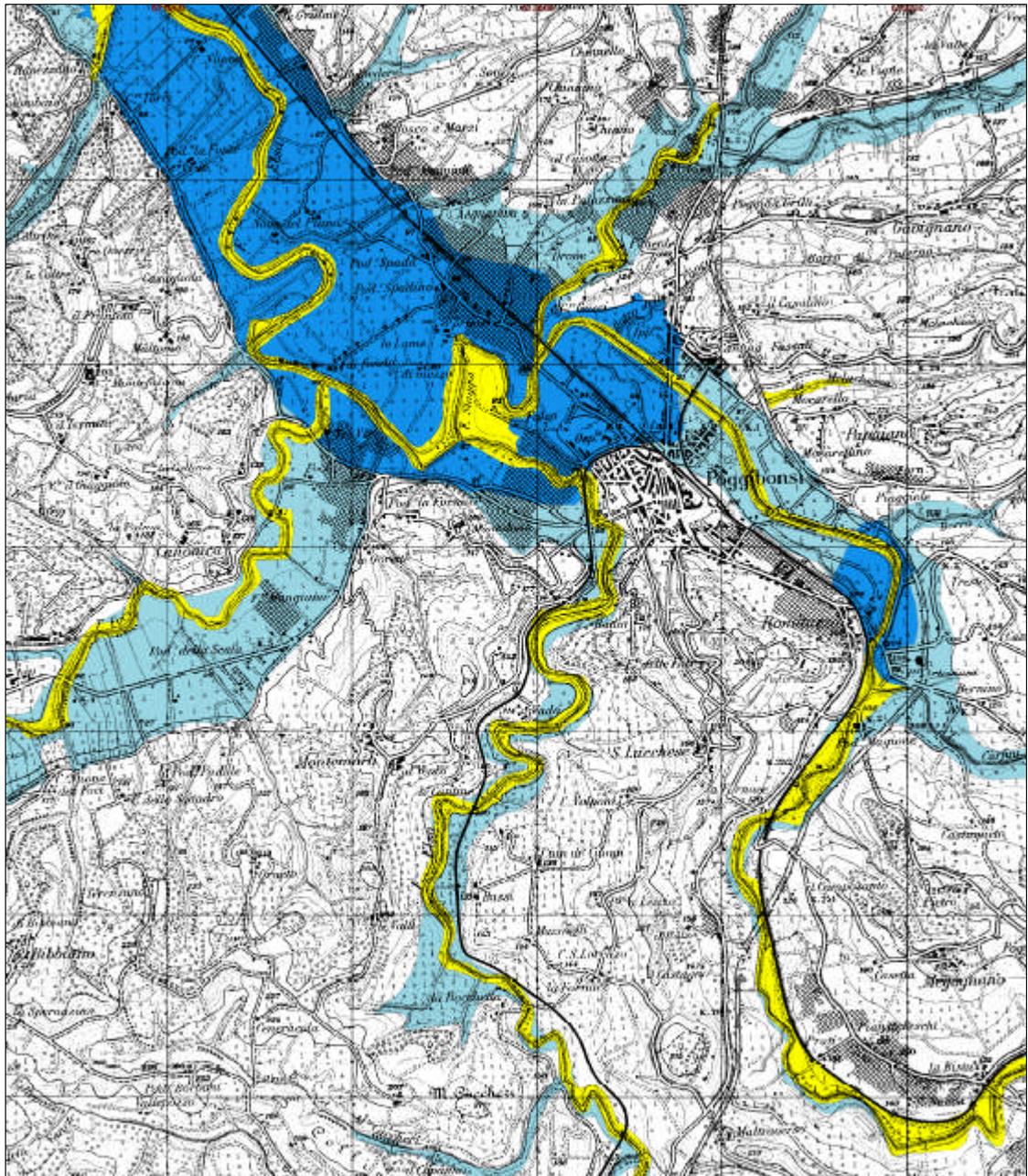


Fig. 8 – Estratto della carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000", stralcio n. 123, del P.A.I.

**SITUAZIONE SUCCESSIVA ALLE MODIFICHE APPROVATE CON DECRETO DEL SEGRETARIO  
GENERALE N. 3 DEL 28/01/2013 PREVIO PARERE FAVOREVOLE DEL COMITATO TECNICO DEL  
03/10/2012 (SITUAZIONE VIGENTE)**

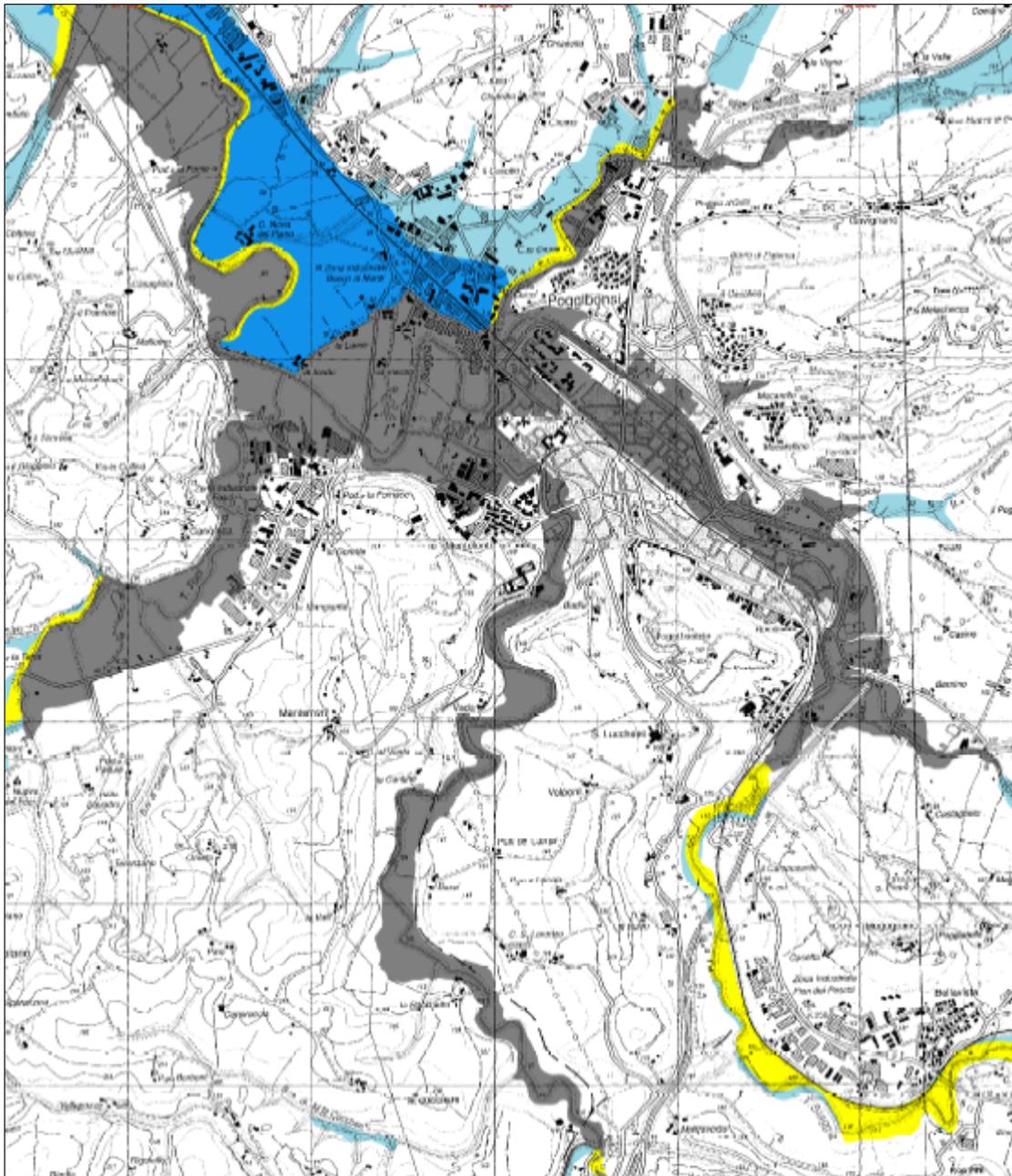


Fig. 9 – Estratto della carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000", stralcio n. 123, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

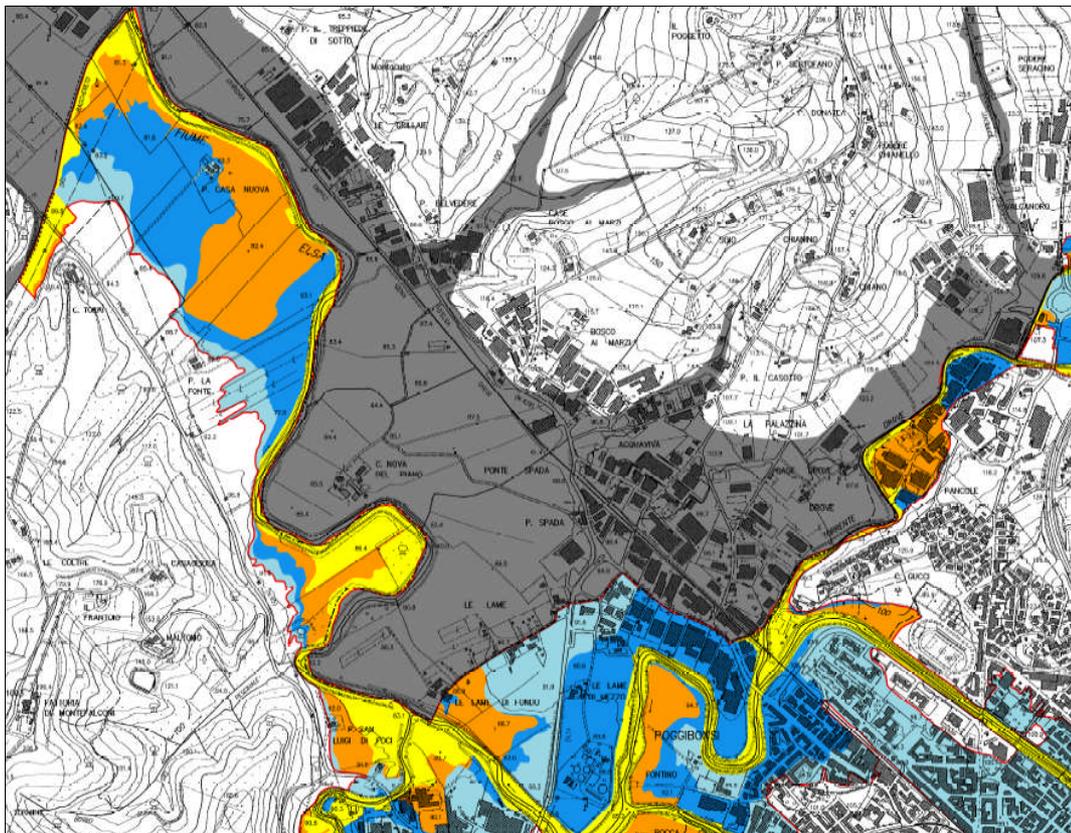


Fig. 10 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”, stralcio n. 669, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

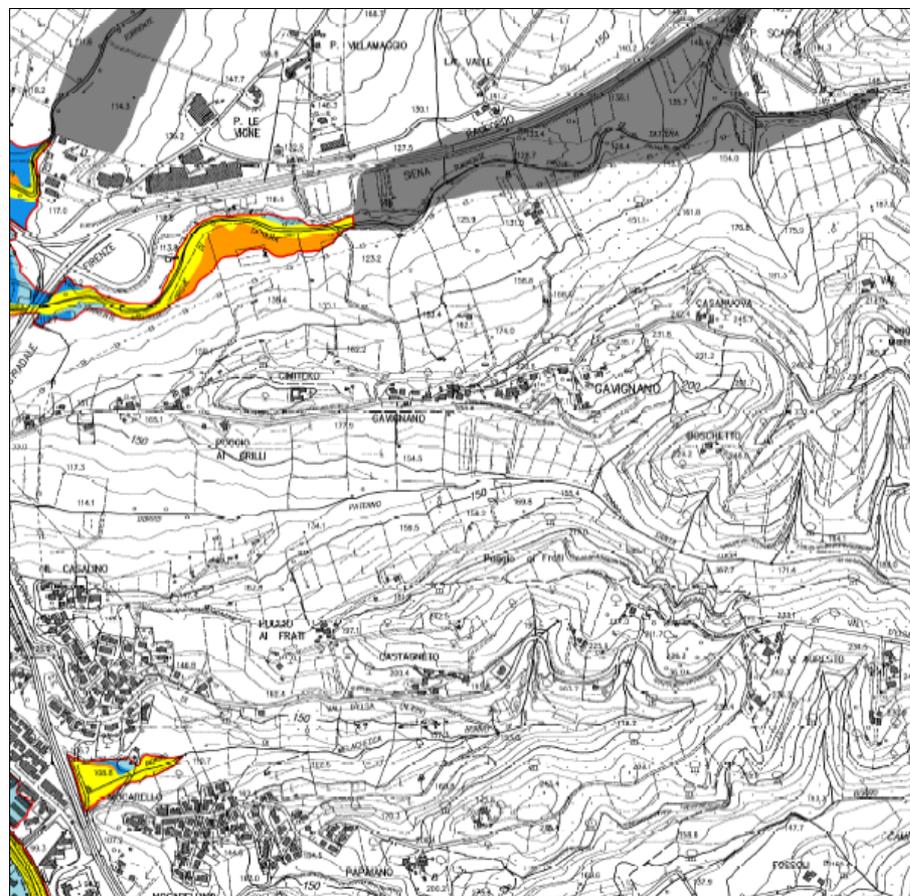


Fig. 11 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”, stralcio n. 670, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

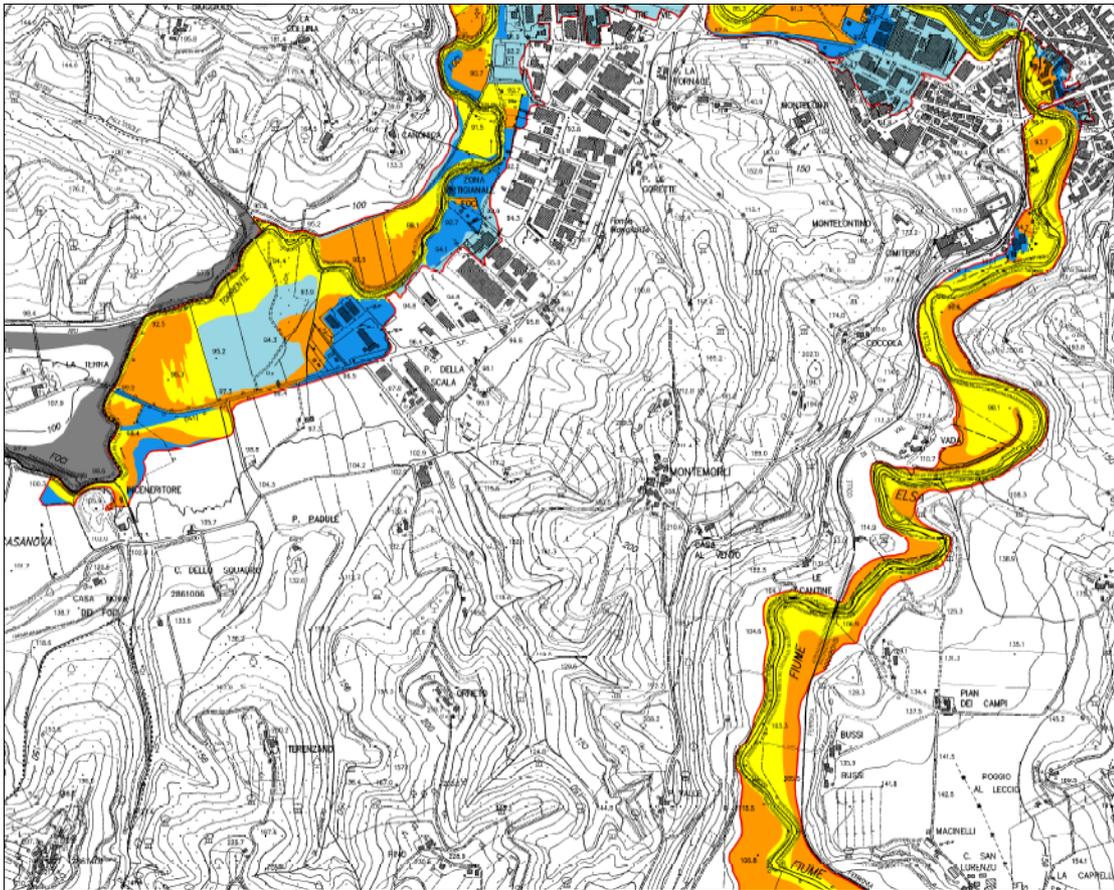


Fig. 12 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”, stralcio n. 698, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

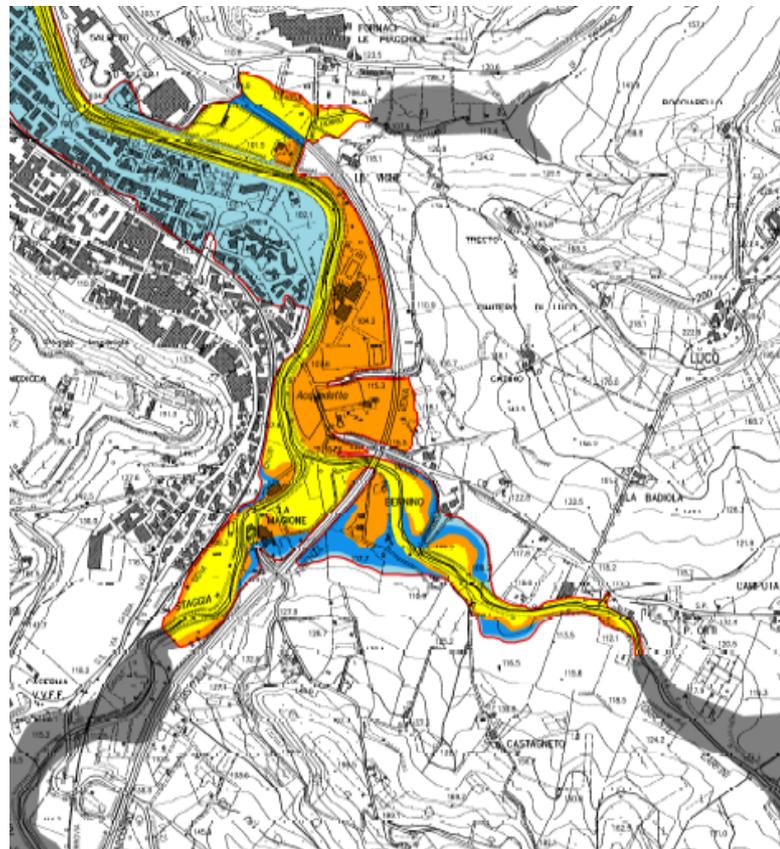


Fig. 13 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”, stralcio n. 699, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

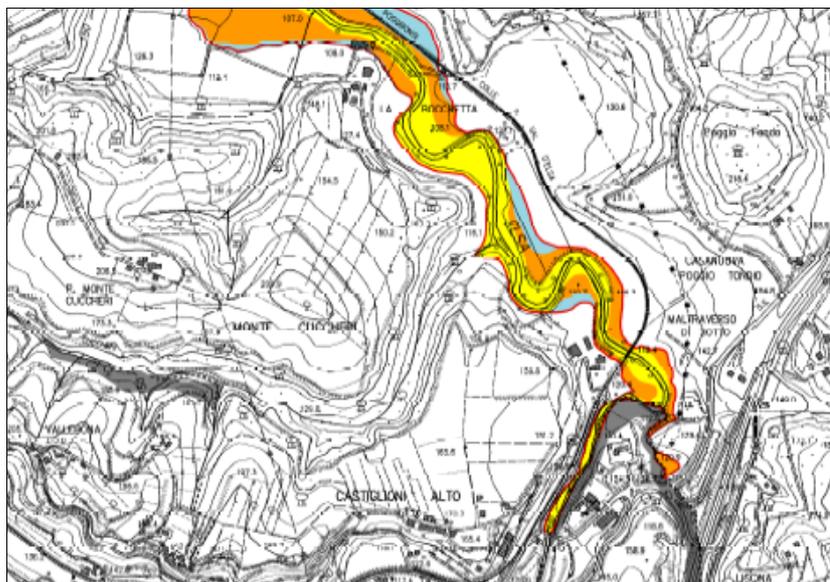


Fig. 14 – Estratto della carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000", stralcio n. 724, del P.A.I. (mod. con Decr.S.G. n. 3/13)

## 5. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

I corsi d'acqua in studio si trovano all'interno del Comune di Poggibonsi e sono posti all'intorno del capoluogo, nella porzione settentrionale del territorio comunale, del quale costituiscono il confine con i Comuni adiacenti (San Gimignano e Barberino Val d'Elsa). Tutti i corsi d'acqua si trovano all'interno del bacino del F. Arno. Per un inquadramento cartografico la zona è compresa nel F° 286 della Carta d'Italia, Sezione III "Poggibonsi" alla scala 1:25000.

### 5.1 Cenni di geologia regionale e di tettonica

Il Bacino della Valdelsa è compreso tra la Dorsale Medio-Toscana a W, la Montagnola Senese a S e i Monti del Chianti a E. Dal punto di vista stratigrafico le formazioni affioranti appartengono ai seguenti complessi, in ordine di sovrapposizione:

- Serie Toscana Metamorfica
- Serie Toscana ridotta
- Serie Toscana non metamorfica
- Liguridi alloctone s.l. (Ofioliti, Supergruppo della Calvana, etc)
- Complesso Neautoctono ed alluvioni

I rapporti geometrici tra le unità tettoniche presenti nell'area in esame sono la risultante di movimenti verificatisi in regimi tettonici diversi, che hanno portato, in fasi successive, all'attuale assetto strutturale. In quest'area sono infatti riconoscibili due stili tettonici principali. Il primo stile, legato alle fasi tectogenetiche del corrugamento appenninico, è caratterizzato da movimenti orizzontali in regime di compressione, mentre durante il secondo si verificano dislocazioni prevalentemente verticali in regime di distensione. Per i primi tre complessi elencati (*Serie Toscana Metamorfica*, *Serie Toscana Ridotta* e *Serie Toscana non metamorfica*), la posizione geometrica relativa viene attribuita a fenomeni di tettonica faldista. Tali fenomeni si erano già impostati nel Cretaceo superiore, ma è stato nel Miocene inferiore che alcune unità "liguri", depositate in un bacino compreso tra l'attuale Corsica e la Liguria, a basamento oceanico, sono state abbinate su bacini a basamento continentale (*Serie Toscana*), interrompendone la sedimentazione e provocando un infaldamento di parte dei terreni di quest'ultimi (*Falda Toscana*). Questi grandi fenomeni tettonici hanno comportato intense deformazioni plastiche nei terreni coinvolti, che si sono manifestate in pieghe di varia dimensione vergenti verso NE e in numerose faglie e fratture, anche di notevole sviluppo, disposte generalmente in senso normale (NW-SE) e in senso parallelo (SW-NE) alla vergenza. La *Serie Toscana Metamorfica* (calcari

cristallini, calcari stratificati, scisti silicei, diaspri, calcescisti) della Montagnola Senese si può considerare praticamente immutata di posizione rispetto alla zona di sedimentazione (autoctona). Sopra di essa è sovrascorsa la *Falda Toscana* formata dagli stessi terreni (dal Calcare Cavernoso alle sequenze torbiditiche del Macigno). Sopra la *Falda Toscana* stessa (o *Serie Toscana non metamorfica*) erano già state impilate, in una fase di poco precedente, le unità liguri del *Supergruppo della Calvana e le Ofioliti*.

Al secondo stile tettonico citato è riferibile la formazione dei bacini neoautoctoni (come quelli della Valdelsa e della Val di Pesa); il quadro tettonico è caratterizzato da dislocazioni a carattere rigido distensivo a componente verticale, attribuibili alle fasi tardo-orogenetiche, successive al corrugamento della Catena Appenninica. E' in questa fase distensiva che si ha la formazione di alti e bassi strutturali (bacini), separati da faglie dirette ad andamento appenninico NNW-SSE, spesso interrotte da altre faglie ad andamento antiappenninico WSW-ENE. Nelle aree strutturalmente più depresse si formano, in un primo momento (Miocene superiore), bacini lacustri e, successivamente, con l'accentuarsi degli sprofondamenti a partire dalla trasgressione del Pliocene, bacini lagunari e marini nei quali si accumulano sedimenti prevalentemente clastici del *Complesso Neoautoctono*. Il generale sollevamento si ha nel Pleistocene, con movimenti verticali di alcune centinaia di metri. Le *alluvioni* recenti ed attuali si sono disposte indifferentemente al di sopra di tutti i terreni precedenti.

Il bacino Neoautoctono della Val d'Elsa, dunque, fa parte di un sistema di fosse tettoniche allungate in direzione appenninica, formatesi a partire dal Tortoniano superiore con l'instaurarsi della tettonica prevalentemente distensiva. Tale bacino è divisibile in due parti: una settentrionale ed una meridionale (poste rispettivamente a Nord e a Sud dell'abitato di Poggibonsi). La porzione settentrionale ha maggior larghezza e profondità, potendo raggiungere i 25 km di larghezza e i 2 km di profondità (GHELARDONI et Alii, 1968); mentre la parte meridionale è più stretta e meno profonda, raggiungendo al massimo 15 Km di larghezza e 1 Km di profondità (CENSINI, 1988). I due tratti del bacino sono separati tra loro da una delle più importanti lineazioni tettoniche dell'appennino: la linea "Piombino-Faenza" (COSTANTINI et Alii, 1988).

## 5.2 Stratigrafia locale

Dal punto di vista stratigrafico, i terreni in oggetto, posti sul fondovalle dei corsi d'acqua esaminati, nel tratto di interesse, sono costituiti dai **Depositi alluvionali recenti**, di età Quaternaria.

Tali depositi rappresentano i termini più alti della sequenza sedimentaria presente nell'area, posti geometricamente e stratigraficamente sopra le restanti Formazioni. Essi occupano prevalentemente i fondovalle e le aree pianeggianti e sono da mettere in relazione con le esondazioni dei corsi d'acqua. Si tratta di depositi articolati in lenti e strati di vario spessore di materiali prevalentemente incoerenti o pseudocoerenti, quali sabbie, ciottoli e ghiaie, intercalati con livelli pelitici (argillo-limosi, argillo-sabbiosi e/o limo-sabbiosi), testimonianza dei vari cicli di piena (materiali più grossolani) e dei periodi deposizionali di fine piena (materiali più fini).

## 5.3 Note geomorfologiche

Come accennato in precedenza, i corsi d'acqua in studio si trovano all'interno del Comune di Poggibonsi e sono posti all'intorno del capoluogo, nella porzione settentrionale del territorio comunale, ed alcuni di essi costituiscono il confine con i Comuni adiacenti (San Gimignano e Barberino Val d'Elsa).

Più in particolare, il Fiume Elsa è stato studiato nel tratto dal confine con il Comune di Colle Val d'Elsa al centro abitato di Certaldo, per una lunghezza complessiva di circa 25.000 metri (n. 140 sezioni circa). Alla sezione n. 268 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 690 Km<sup>2</sup>.

Il Torrente Staggia, affluente di destra del Fiume Elsa che confluisce in questo presso la Loc. Fontino - Bocca d'Elsa (Poggibonsi), è stato considerato nel suo tratto terminale fino alla

confluenza con il Fiume Elsa per una lunghezza complessiva di circa 5.300 metri (n. 41 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 200 Km<sup>2</sup>.

Il Torrente Foci, affluente di sinistra del Fiume Elsa che confluisce in questo presso l'area industriale Foci - Loc. Tre Vie, è stato studiato nel suo tratto terminale fino alla confluenza con il Fiume Elsa per una lunghezza complessiva di circa 3.900 metri (n. 29 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 106 Km<sup>2</sup>.

Il Torrente Drove, affluente di sinistra del Torrente Staggia che confluisce in questo presso Via Pisana, è stato verificato nel suo tratto terminale lungo il confine con il Comune di Barberino Val d'Elsa; sono stati studiati anche i tratti terminali dei due principali tronchi che lo compongono ovvero il Drove di Tattera e il Drove di Cinciano.

Il Torrente Drove è stato studiato per tutta la lunghezza dell'asta dalla confluenza dei due tronchi suddetti fino al Torrente Staggia, per una lunghezza complessiva di circa 1.700 metri (n. 18 sezioni), il Drove di Tattera per una lunghezza di circa 1.300 metri (n. 16 sezioni) e il Drove di Cinciano per una lunghezza di circa 500 metri (n. 16 sezioni). Alla sezione n. 1 il Torrente Drove sottende un bacino idrografico di circa 60 Km<sup>2</sup>.

Il Botro di Bacchereto, affluente di sinistra del Fiume Elsa che confluisce in questo presso la Zona Industriale di Cusona, è stato verificato nel suo tratto terminale lungo il confine con il Comune di San Gimignano, per una lunghezza complessiva di circa 700 metri (n. 16 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 6 Km<sup>2</sup>.

Il Borro di Melachecca, affluente di destra del Torrente Staggia che confluisce in questo in Loc. Cimamori, è stato studiato nel suo tratto terminale per una lunghezza complessiva di circa 400 metri (n. 11 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 1.5 Km<sup>2</sup>.

Il Borro di Papaiano, affluente di destra del Torrente Staggia che confluisce in questo in Loc. Bernino, è stato studiato nel suo tratto terminale per una lunghezza complessiva di circa 230 metri (n. 16 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 3 Km<sup>2</sup>.

Il Torrente Carfini, principale affluente del Torrente Staggia che confluisce in questo a monte della Loc. Bernino, è studiato nel suo tratto terminale per una lunghezza complessiva di circa 1.200 metri (n. 17 sezioni). Alla sezione n. 1 il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 41 km<sup>2</sup>.

Da punto di vista morfologico generale, si tratta, nel complesso, di una tipica area delle colline plioceniche, con versanti acclivi di raccordo, di cui quelli minori sono spesso stretti ed incisi e percorsi da piccoli borri.

Il Fiume Elsa, il Torrente Drove, il Torrente Drove di Cinciano ed il Botro di Bacchereto limitano a Nord il territorio comunale, formando con i loro depositi alluvionali e dei vari affluenti le valli maggiori.

I restanti corsi d'acqua maggiori, a carattere torrentizio, che confluiscono in quelli sopra citati, risultano essere prevalentemente in fase erosiva, costituendo solo raramente delle strette valli alluvionali.

La litologia affiorante influenza fortemente il rilievo del territorio e conseguentemente il paesaggio nel suo insieme. Laddove affiorano le rocce coerenti delle formazioni mesozoiche Liguri e Toscane il paesaggio ha forme prevalentemente dolci dove si rileva una stabilità generalmente maggiore, localmente tendente a diminuire in corrispondenza dei versanti incisi dai torrenti maggiori, mentre dove sono presenti le rocce semicoerenti e pseudocoerenti neogeniche il paesaggio è generalmente ondulato con una serie di incisioni tuttora in corso di approfondimento, che mettono talvolta in crisi la stabilità dei versanti.

Raramente la acclività del territorio è praticamente piatta (con pendenze inferiori al 5%), trattandosi in questi casi delle pianure alluvionali dei principali corsi d'acqua citati e delle aree sommitali dei rilievi.

Le aree pianeggianti coincidenti con le alluvioni fluviali sono state distinte in due classi: quelle attuali, topograficamente più basse e maggiormente prossime agli alvei, e quelle terrazzate, poste a quote più elevate.

L'idrografia del territorio comunale di Poggibonsi è costituita da numerosi corsi d'acqua, a carattere torrentizio e di modeste dimensioni ma molto articolati, che convogliano le acque (attraverso i tributari maggiori) nel Fiume Elsa, affluente dell'Arno. Il reticolo idrografico,

generalmente inciso e con tratti d'alveo in approfondimento, si presenta ben organizzato e modella una morfologia a forte energia di rilievo, segno evidente di un attuale ringiovanimento del territorio. Di norma le sponde si presentano stabili, ben incise e con una sezione della valle generalmente a "V", in alcuni tratti particolarmente accentuata. All'interno degli alvei dei corsi d'acqua principali sono inoltre presenti numerosi tratti di sponda soggetti ad erosione laterale.

## 6. MODELLISTICA IDROLOGICA

### 6.1 Approccio metodologico

#### 6.1.1 Introduzione

La modellistica idrologica ha lo scopo di generare, per tutte le sezioni di interesse del reticolo idrografico considerato, gli idrogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno.

La modellistica idrologica, nel presente studio, si traduce essenzialmente nell'acquisizione di dati idrologici preesistenti e riconosciuti, previa rielaborazione funzionale agli scopi del lavoro e alla predisposizione dei modelli idraulici.

Per le modellazioni idrauliche dei corsi d'acqua studiati, realizzate tutte in moto vario "quasi-bidimensionale", sono stati individuati sia gli idrogrammi da fornire come input di monte, sia gli idrogrammi relativi agli apporti laterali degli affluenti e degli interbacini, laddove presenti; tutte le elaborazioni sono state condotte per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

A parte i corsi d'acqua minori (Botro di Bacchereto, Borro di Melachecca e Borro di Papaiano), in cui l'input idrologico è rappresentato dall'idrogramma valutato per la durata critica di precipitazione che massimizza la portata, per i corsi d'acqua principali (Fiume Elsa, Torrente Staggia, Torrente Foci, Torrente Drove e Torrente Carfini) sono stati valutati gli apporti idrologici in ingresso ai modelli idraulici e laterali per differenti durate di precipitazione (in genere corrispondenti alle durate critiche dei vari sottobacini), per ciascun tempo di ritorno considerato; pertanto per i suddetti corsi d'acqua sono stati elaborati molteplici scenari le cui aree allagabili risultanti sono state successivamente involuppate a dare la massima estensione del rischio idraulico.

Fa eccezione soltanto la modellazione del Fiume Elsa nel tratto di valle, ovvero tra Poggibonsi (dal ponte sulla S.P. n. 1 di San Gimignano) e Certaldo, condotta per l'evento di precipitazione con durata pari a 9 ore, cioè la durata critica per l'intero tratto.

A differenza del modello idraulico del tratto di monte del Fiume Elsa (dal confine comunale con Colle Val d'Elsa alla confluenza con il Torrente Foci) e dei modelli di tutti gli altri corsi d'acqua studiati, per il tratto di valle del Fiume Elsa è stata acquisita, come anticipato, sia la modellazione idrologica che la modellazione idraulica dello studio "Sviluppo del modello idraulico e verifiche del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo, a supporto della progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza idraulica previste dal Piano di Bacino" (Provincia di Siena, Ottobre 2011), redatto da chi scrive per conto della Provincia di Siena e la cui impostazione metodologica è stata lungamente dibattuta e condivisa da parte degli Enti coinvolti.

Alla luce di ciò lo studio sul Fiume Elsa si compone di 2 modelli distinti opportunamente raccordati e resi omogenei in termini di aree allagabili e di condizioni al contorno tra quello di monte e quello di valle.

Come detto, anche la modellistica idrologica si differenzia leggermente tra modello di monte e modello di valle; tale differenza non è in termini di approccio metodologico (in entrambi i casi gli idrogrammi sono stimati mediante il modello di piena concettuale a parametri concentrati ALTO - Regione Toscana, 2000), bensì nella stima dei parametri geomorfologici ed idrologici.

Nel caso del modello del tratto di valle del Fiume Elsa la modellistica idrologica adottata nel citato studio "Sviluppo del modello idraulico e verifiche del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo, a supporto della progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza idraulica previste dal Piano di Bacino" (Provincia di Siena, Ottobre 2011), che a sua volta si riconduce ai calcoli compiuti dall'Ufficio del Genio Civile di Firenze nell'ambito degli studi a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Certaldo (2010), ha previsto una rivalutazione dei parametri disponibili in ALTO (agg. 2007) attraverso l'aggiornamento e la rigerarchizzazione del reticolo, la revisione delle superfici dei bacini e il ricalcolo dei parametri di infiltrazione.

Conseguenza di ciò è stata la stima di idrogrammi di piena diversi rispetto a quelli derivanti dalla semplice applicazione di ALTO.

Nell'ordine di non alterare un modello idrologico-idraulico acquisito e condiviso, per di più con idrogrammi sovrastimati rispetto agli idrogrammi stimati nelle numerose precedenti valutazioni idrologiche o con i dati della "Regionalizzazione", come concordato preliminarmente con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, si è scelto di ammettere questa differenziazione relativa al modello del tratto di valle del Fiume Elsa e di procedere con la modellistica idrologica di tutti gli altri bacini e corsi d'acqua in esame adottando il modello e le parametrizzazioni della "Regionalizzazione".

Di seguito è brevemente esposto lo schema metodologico su cui ALTO si basa.

### 6.1.2 Schema di calcolo

Come introdotto in precedenza, tutti gli idrogrammi sono stati stimati mediante il modello di piena concettuale a parametri concentrati ALTO (Regione Toscana, 2000), fondato sull'idrogramma istantaneo unitario di Nash, i cui parametri vengono determinati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino attraverso una procedura di regionalizzazione ottenendo il cosiddetto Idrogramma Unitario Geomorfologico o GIUH.

L'input meteorico è schematizzato mediante uno "ietogramma sintetico" la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate con l'adattamento della distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value).

Il modello di trasferimento adottato è, come detto, quello dell'idrogramma unitario di Nash del tipo  $\Gamma(n,k)$ , dove  $n$  e  $k$  rappresentano rispettivamente i parametri di forma e di scala, e che ha la seguente espressione:

$$U(t) = \frac{1}{k\Gamma(n)} \left(\frac{t}{k}\right)^{(n-1)} e^{-\left(\frac{t}{k}\right)}$$

in cui i parametri  $n$  e  $k$ , i quali hanno le seguenti formulazioni:

$$n = 3.29 \left(\frac{R_b}{R_a}\right)^{0.78} R_l^{0.07}$$

$$k = 0.7 \left[\frac{R_a}{R_b R_l}\right]^{0.48} \frac{L_c}{v}$$

dipendono a loro volta da  $R_b$ , rapporto di biforcazione,  $R_a$ , rapporto di area,  $R_l$ , rapporto di lunghezza,  $L_c$ , lunghezza del canale principale, e  $v$ , fattore cinematico legato alla velocità della piena; questi ultimi parametri geomorfologici sono stati calcolati sulla base della gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il metodo di Horton-Strahler.

Il reticolo considerato si differenzia tra l'idrologia alla base del modello del tratto di valle del Fiume Elsa e tutti gli altri modelli.

Nel primo caso risulta dalla composizione del reticolo delle acque superficiali in scala 1:10.000 come individuato dalla Regione Toscana integrato col reticolo della cartografia IGM

1:25.000; nel secondo caso il reticolo è quello di ALTO (*bac\_arno*), basato sulle cartografie IGM e Regione Toscana in scala 1:25.000.

La valutazione del contributo netto di pioggia alla formazione del deflusso sul reticolo necessita della stima di ulteriori due parametri che tengano conto delle perdite di infiltrazione; si tratta dell'assorbimento completo della precipitazione durante le prime fasi dell'evento meteorico,  $I_a$  [mm], correlato alla percentuale di superficie boscata del bacino, e dell'infiltrazione costante a saturazione,  $K_s$  [mm/h], dipendente dalle caratteristiche litologiche.

Il legame tra questi due parametri è il seguente:

$$I_a(t) = I_a(0) + \int_0^{t_a} (P(\tau) - K_s) d\tau$$

in cui, per

$$t < t_a, P_n(t) = 0$$

$$I_a(t) = I_a$$

e per

$$t \geq t_a$$

$$P_n(t) = P(t) - K_s$$

Su questa procedura poggiano le elaborazioni del codice ALTO, e grazie ad essa è possibile stimare preliminarmente gli idrogrammi di un dato corso d'acqua, sia in condizioni di durata critica di precipitazione, sia per durate di precipitazione assegnate.

## 6.2 Modello idrologico Fiume Elsa – tratto di valle

Secondo lo schema metodologico precedentemente descritto, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi al bacino del Fiume Elsa insistente sul tratto analizzato (Poggibonsi-Certaldo, tratto di valle) e ai vari sottobacini degli affluenti.

La Fig. 8 mostra l'estensione di questi bacini e sottobacini, lungo l'asta analizzata del Fiume Elsa, mentre la successiva Tab. 1 individua il file \*.idr di ciascuno di essi.

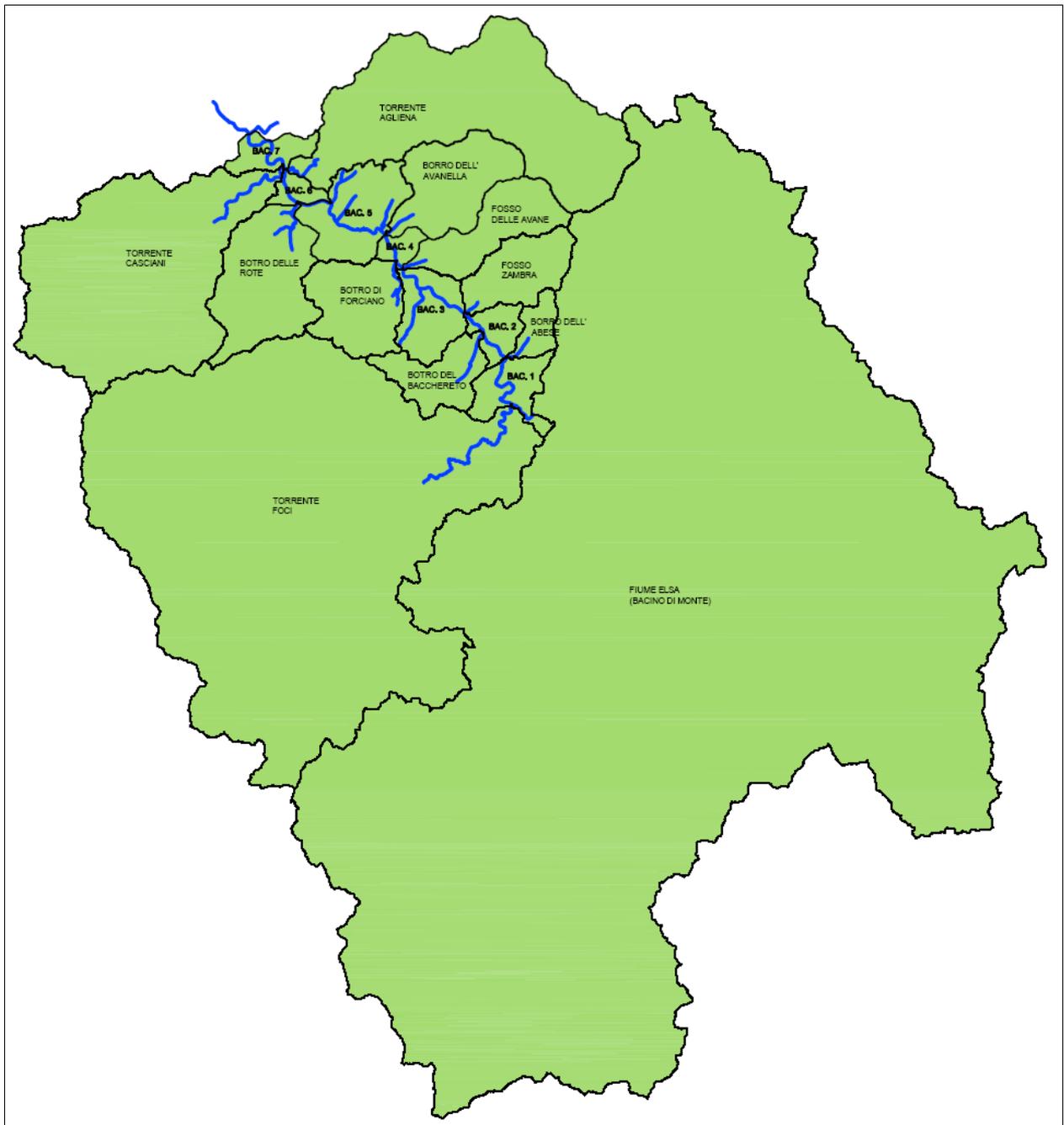


Fig. 15 – Bacino di monte del Fiume Elsa e sottobacini ad esso afferenti nel tratto Poggibonsi – Certaldo

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
F. ELSA	403.206	11.987	2.750	3.022	1.923	22.185	0.278	0.17	21.932	0.288	0.194
T. FOCI	131.806	13.057	3.095	3.137	1.493	23.160	0.353	0.16	22.515	0.257	0.186
BAC. 1	4.171	9.416	2.792	3.071	0.277	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198
B. DELL'ABESE	2.232	8.834	2.120	4.078	0.178	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198
BAC. 2	2.511	8.334	2.749	3.071	0.226	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198
B. DEL BACCHERETO	5.591	14.164	2.231	3.409	0.335	23.346	0.333	0.16	22.607	0.258	0.191
F. ZAMBRA	6.573	9.811	2.269	2.366	0.369	22.963	0.29	0.18	22.389	0.268	0.198
BAC. 3	5.524	9.179	2.548	3.071	0.31	23.201	0.347	0.16	22.575	0.247	0.186
F. DELLE AVANE	7.750	11.110	2.085	2.770	0.371	22.450	0.325	0.16	22.248	0.237	0.184
B. DI FORCIANO	8.475	9.089	2.101	3.231	0.39	23.100	0.351	0.16	22.541	0.243	0.184
BAC. 4	1.321	4.904	2.592	3.071	0.175	22.338	0.333	0.15	22.217	0.23	0.181
B. DELL'AVANELLA	9.649	9.116	1.893	3.050	0.38	22.338	0.333	0.15	22.217	0.23	0.181
BAC. 5	8.000	5.851	2.304	3.071	0.359	22.338	0.333	0.15	22.217	0.23	0.181
B. DELLE ROTE	12.701	7.383	2.205	2.787	0.478	22.850	0.345	0.16	22.435	0.239	0.183
BAC. 6	1.361	3.505	2.900	3.071	0.178	22.338	0.333	0.15	22.217	0.23	0.181
T. AGLIENA	35.968	9.615	1.906	3.213	0.908	21.464	0.351	0.16	21.771	0.242	0.179
T. CASCIANI	40.559	14.968	1.650	3.241	0.956	21.692	0.323	0.15	21.791	0.255	0.182
BAC. 7	2.670	10.433	2.298	3.071	0.232	22.338	0.333	0.15	22.217	0.23	0.181

Tab. 1 – File \*.idr dei parametri dei vari sottobacini considerati

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino, o corso d'acqua, per la durata critica di precipitazione nel tratto Poggibonsi-Certaldo, ovvero **9 ore**, per i 4 tempi di ritorno considerati.

Sono stati valutati anche gli eventi per durate di precipitazione inferiori (3, 4, 5, 6 e 7 ore) in funzione di predisporre modelli idraulici che servissero per calcolare gli idrogrammi dei livelli in alveo in corrispondenza delle sezioni di immissione degli affluenti studiati (Torrente Staggia, Torrente Foci, Botro di Bacchereto), quali condizioni al contorno per i modelli degli affluenti stessi.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per D=9 ore, mentre le successive Figg. 16-26 riportano l'idrogramma in ingresso al modello del Fiume Elsa (tratto di valle) e tutti gli idrogrammi relativi ai principali affluenti per i 4 tempi di ritorno e D=9 ore.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
F. ELSA	400.548	575.139	694.955	879.320
T. FOCI	111.000	166.894	204.448	297.919
BAC. 1	4.700	6.626	7.896	13.980
B. DELL'ABESE	2.876	3.907	4.586	7.883
BAC. 2	2.838	3.998	4.763	8.465
B. DEL BACCHERETO	6.774	9.331	11.093	19.121
F. ZAMBRA	8.306	11.401	13.410	22.862
BAC. 3	5.847	8.197	9.809	17.247
F. DELLE AVANE	8.498	11.598	13.720	23.588
B. DI FORCIANO	9.723	13.224	15.621	26.527
BAC. 4	1.192	1.697	2.041	3.728
B. DELL'AVANELLA	10.652	14.340	16.858	28.504
BAC. 5	8.002	11.061	13.149	22.905
B. DELLE ROTE	13.950	19.074	22.578	38.169
BAC. 6	1.122	1.643	1.999	3.733
T. AGLIENA	39.034	52.577	61.766	98.505
T. CASCIANI	47.680	64.022	73.092	110.834
BAC. 7	2.644	3.667	4.366	7.726

Tab. 2 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s)

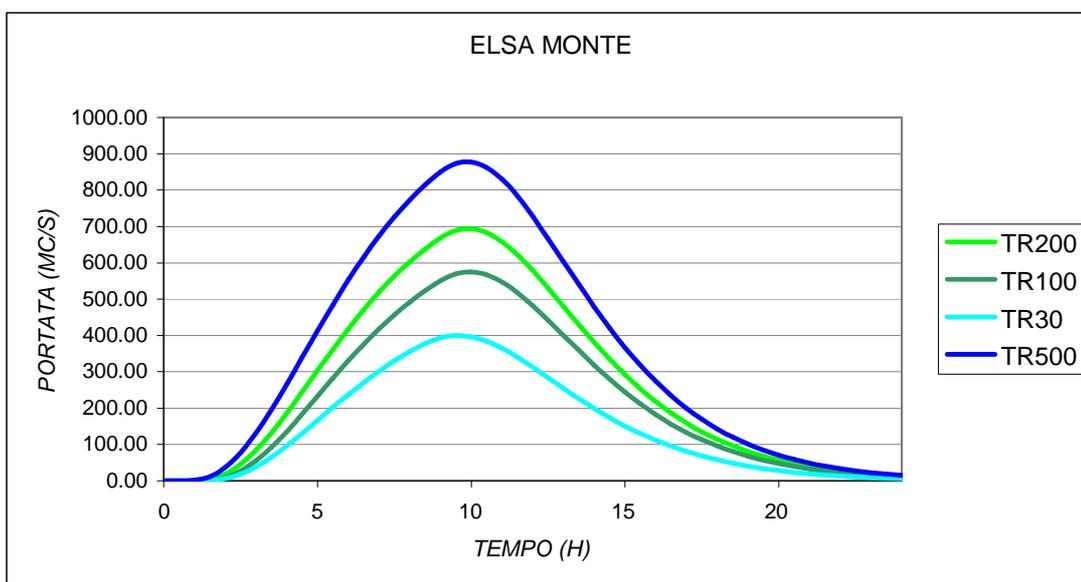


Fig. 16 – Idrogrammi Fiume Elsa in ingresso al modello idraulico per i tempi di ritorno considerati

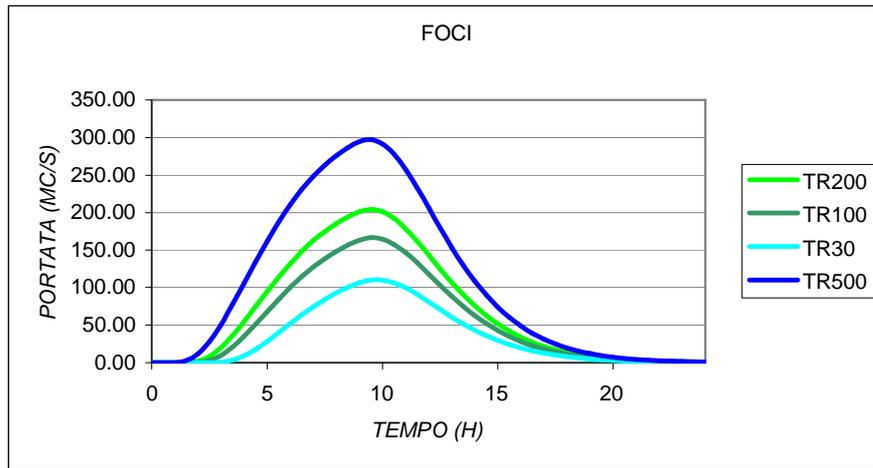


Fig. 17 – Idrogrammi Torrente Foci per i tempi di ritorno considerati

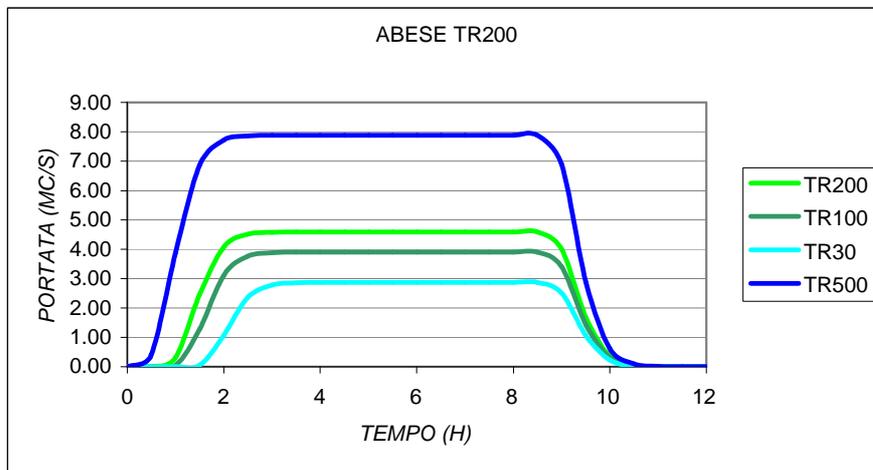


Fig. 18 – Idrogrammi Botro dell'Abese per i tempi di ritorno considerati

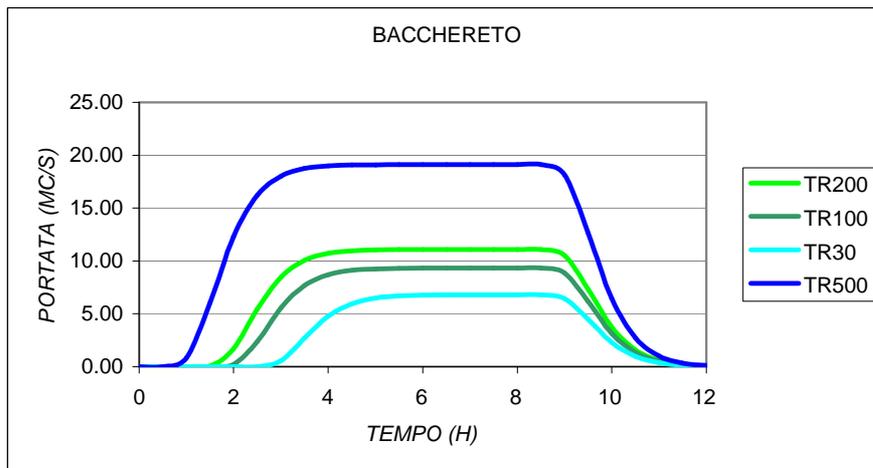


Fig. 19 – Idrogrammi Botro di Bacchereto per i tempi di ritorno considerati

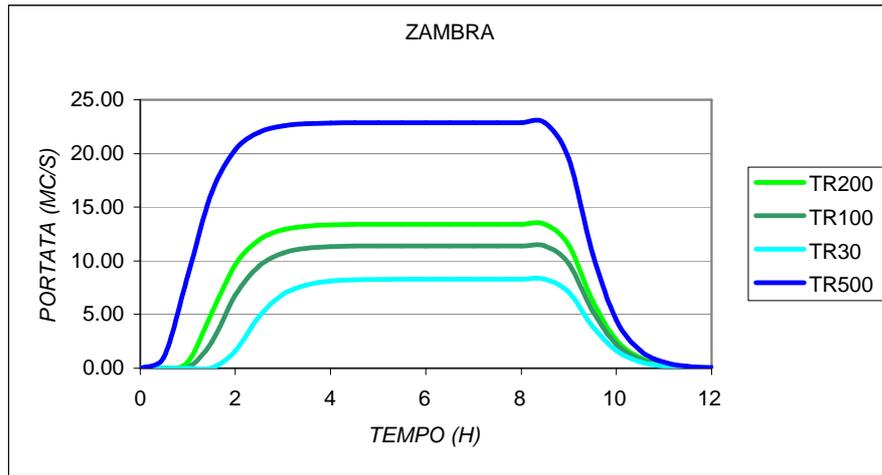


Fig. 20 – Idrogrammi Fosso Zambra per i tempi di ritorno considerati

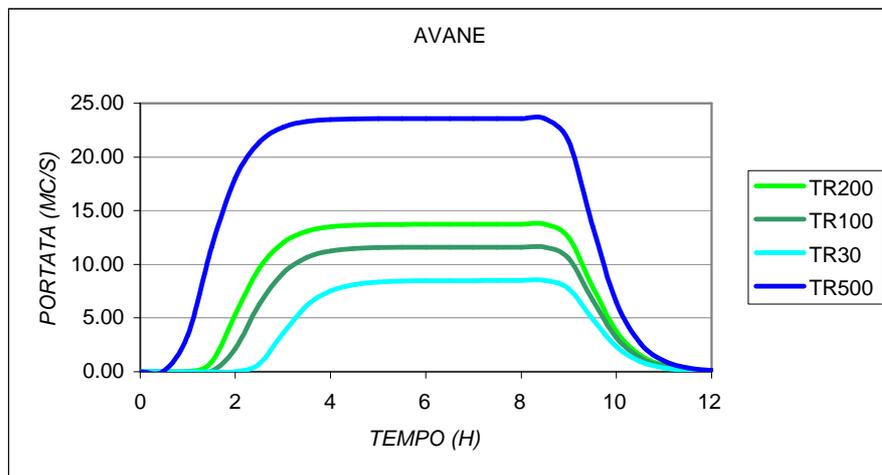


Fig. 21 – Idrogrammi Fosso delle Avane per i tempi di ritorno considerati

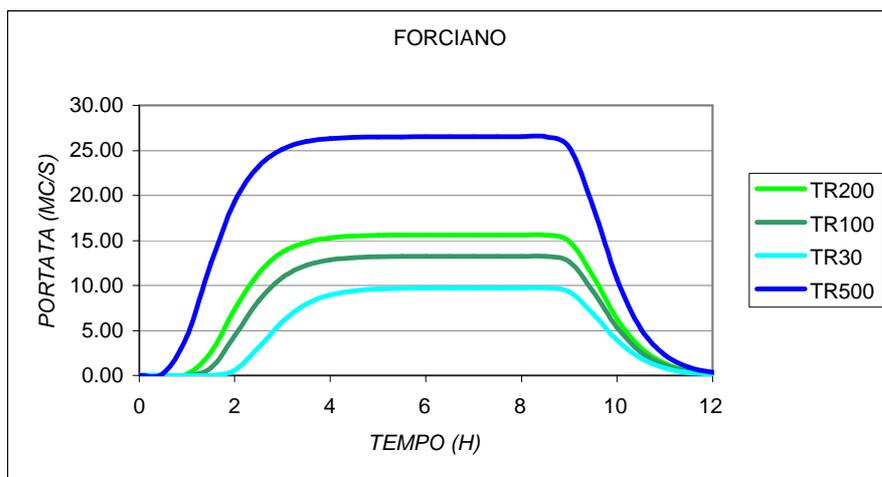


Fig. 22 – Idrogrammi Botro di Forciano per i tempi di ritorno considerati

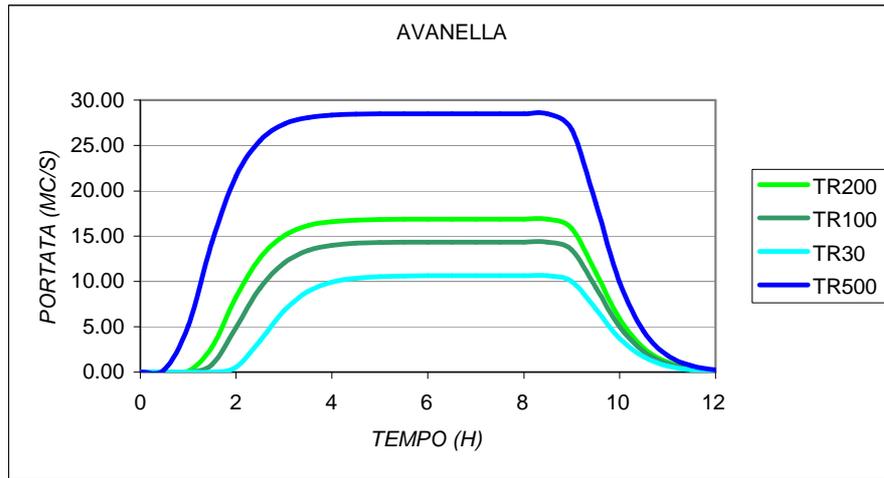


Fig. 23 – Idrogrammi Borro dell'Avanella per i tempi di ritorno considerati

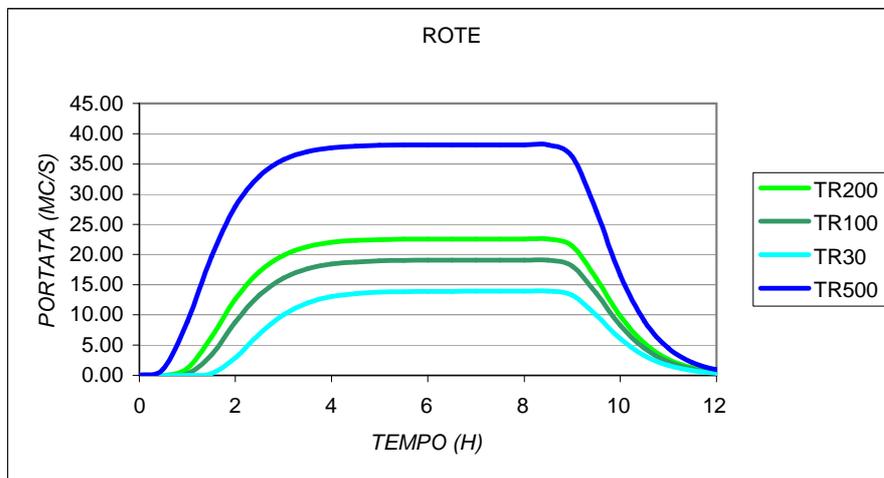


Fig. 24 – Idrogrammi Botro delle Rote per i tempi di ritorno considerati

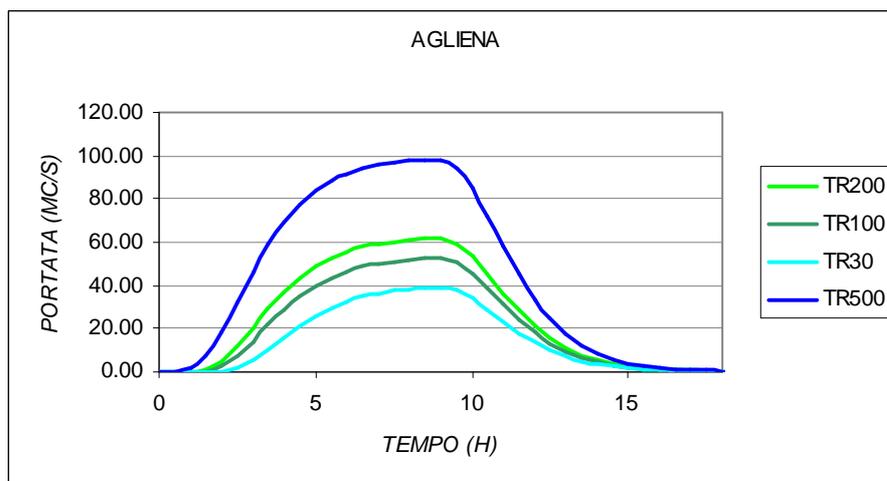


Fig. 25 – Idrogrammi Torrente Agliena per i tempi di ritorno considerati

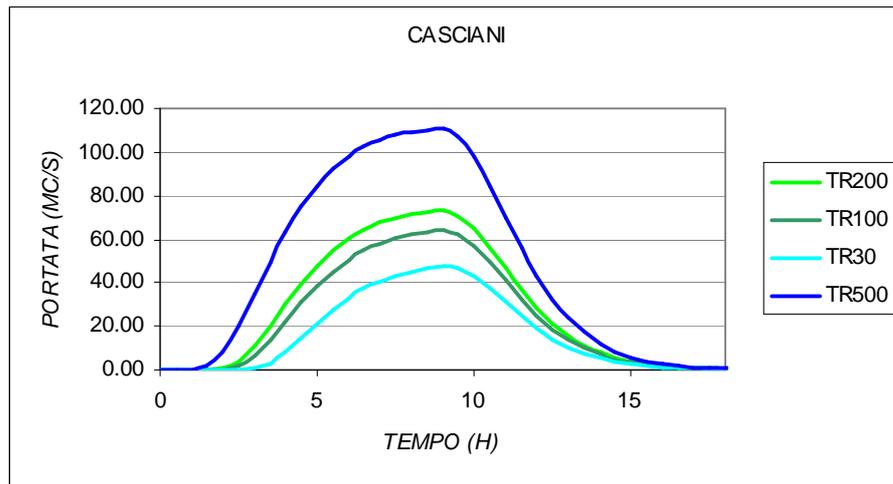


Fig. 26 – Idrogrammi Torrente Casciani per i tempi di ritorno considerati

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), compresi quelli relativi agli interbacini ed ai corsi d'acqua del reticolo minore.

## 6.3 Modelli idrologici altri corsi d'acqua

### 6.3.1 Fiume Elsa – tratto di monte

Secondo lo schema metodologico precedentemente descritto, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi al bacino del Fiume Elsa insistente sul tratto analizzato (da confine comunale con Colle Val d'Elsa a confluenza con Torrente Foci, tratto di valle) e ai vari sottobacini degli affluenti, così come disponibili dalla "Regionalizzazione".

La Fig. 27 mostra l'estensione del bacino del Fiume Elsa e del sottobacino principale (Torrente Staggia), mentre la successiva Tab. 3 individua il file \*.idr di ciascuno sottobacino afferente all'Elsa lungo il tratto di asta analizzato.

I sottobacini che compongono il bacino del Fiume Elsa alla confluenza con il Torrente Staggia sono mostrati anche nella **TAV. 13** allegata la presente lavoro.

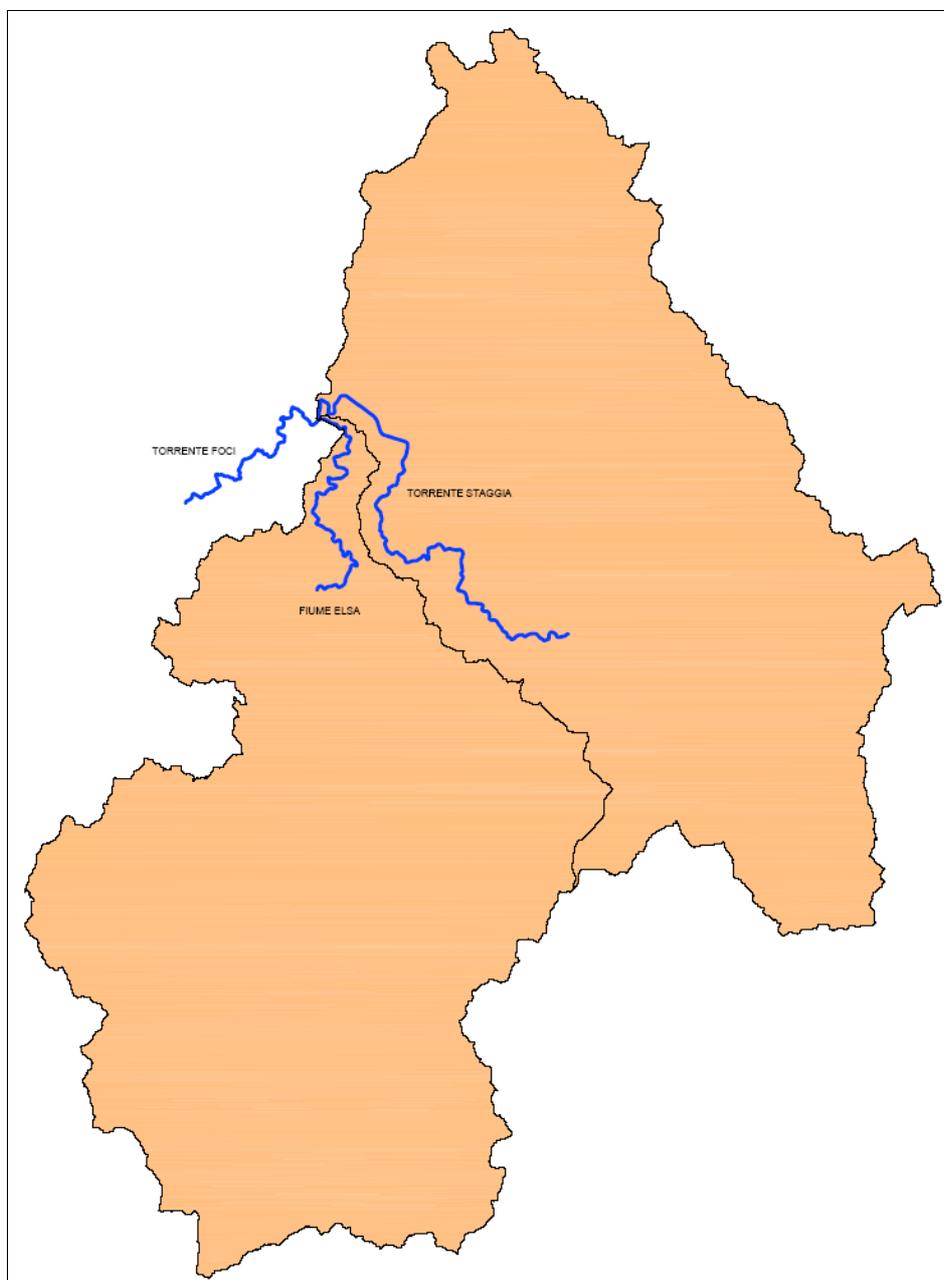


Fig. 27 – Bacino del Fiume Elsa e sottobacino Torrente Staggia alla sezione di confluenza con T. Foci

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
ELSA MONTE	145.550	12.318	2.249	3.126	1.250	21.454	0.268	0.17	21.557	0.317	0.208
PATERNA	4.400	7.700	6.882	2.456	0.32	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
M.CUCCHERI	2.288	6.685	3.160	3.875	0.192	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
ELSA 2	1.885	7.700	6.665	1.425	0.254	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
ELSA 1	1.770	3.300	0	2.120	0.129	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
STAGGIA	198.704	11.462	2.752	2.242	2.179	24.548	0.361	0.17	22.118	0.313	0.219

Tab. 3 – File \*.idr dei parametri dei vari sottobacini considerati

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino per le seguenti durate di precipitazione: **3, 4, 5, 6 e 7 ore**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per **D=6 ore** che corrisponde alla durata critica di precipitazione per il tratto di asta che attraversa il centro abitato di Poggibonsi.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
F. ELSA	258.948	360.613	431.414	541.634
PATERNA	7.448	10.870	13.183	16.669
M.CUCCHERI	6.026	7.813	9.021	10.854
ELSA 2	3.340	4.843	5.859	7.315
ELSA 1	6.269	7.692	8.654	9.902
STAGGIA	287.932	395.947	462.012	561.900

Tab. 4 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con D= 6 ore

Le successive Figg. 28 e 29 riportano l'idrogramma in ingresso al modello del Fiume Elsa (tratto di monte) e quello del Torrente Staggia per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 6 ore.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out) compresi quelli relativi agli affluenti/interbacini minori, per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

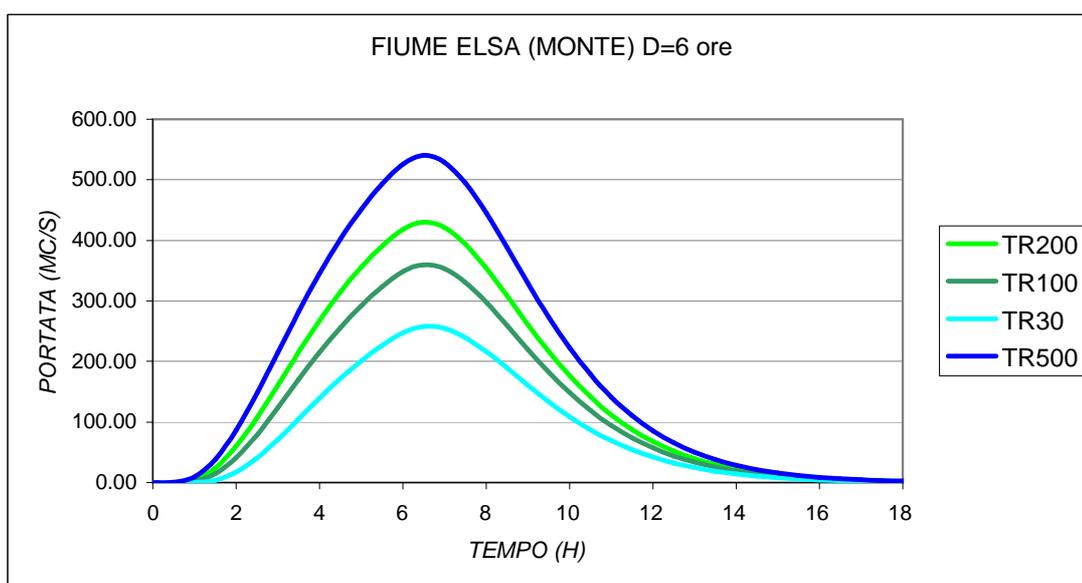


Fig. 28 – Idrogrammi Fiume Elsa in ingresso al modello idraulico di monte per i tempi di ritorno considerati

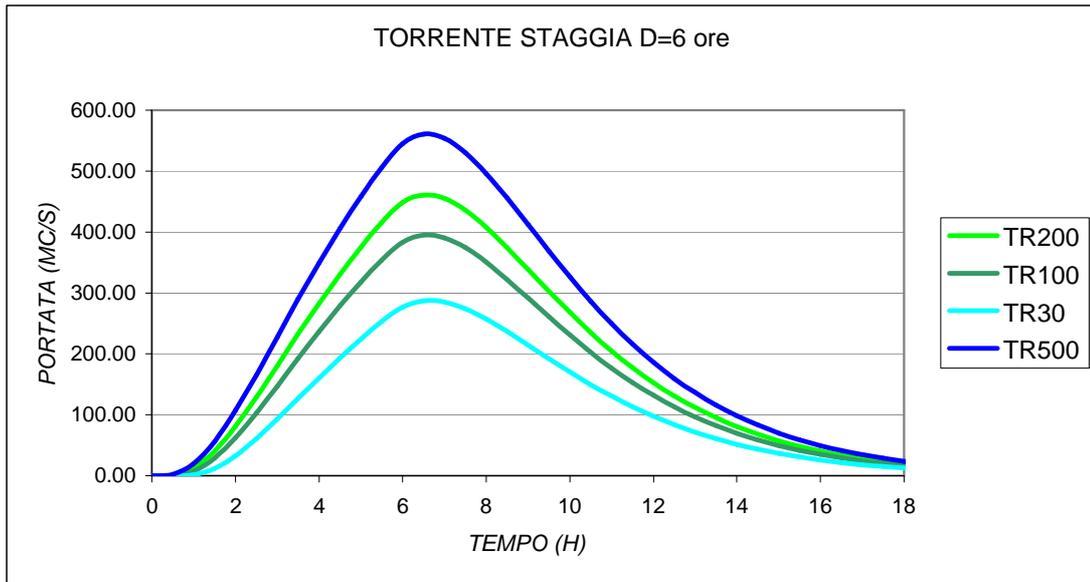


Fig. 29 – Idrogrammi Torrente Staggia introdotti nel modello idraulico per i tempi di ritorno considerati

### 6.3.2 Torrente Staggia

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Torrente Staggia e ai vari sottobacini degli affluenti.

La Fig. 30 mostra l'estensione del bacino e dei principali sottobacini, lungo l'asta analizzata del Torrente Staggia, mentre la successiva Tab. 5 individua il file \*.idr di ciascuno di essi.

I sottobacini che compongono il bacino del Torrente Staggia alla confluenza con il Fiume Elsa sono mostrati anche nella **TAV. 13** allegata la presente lavoro.

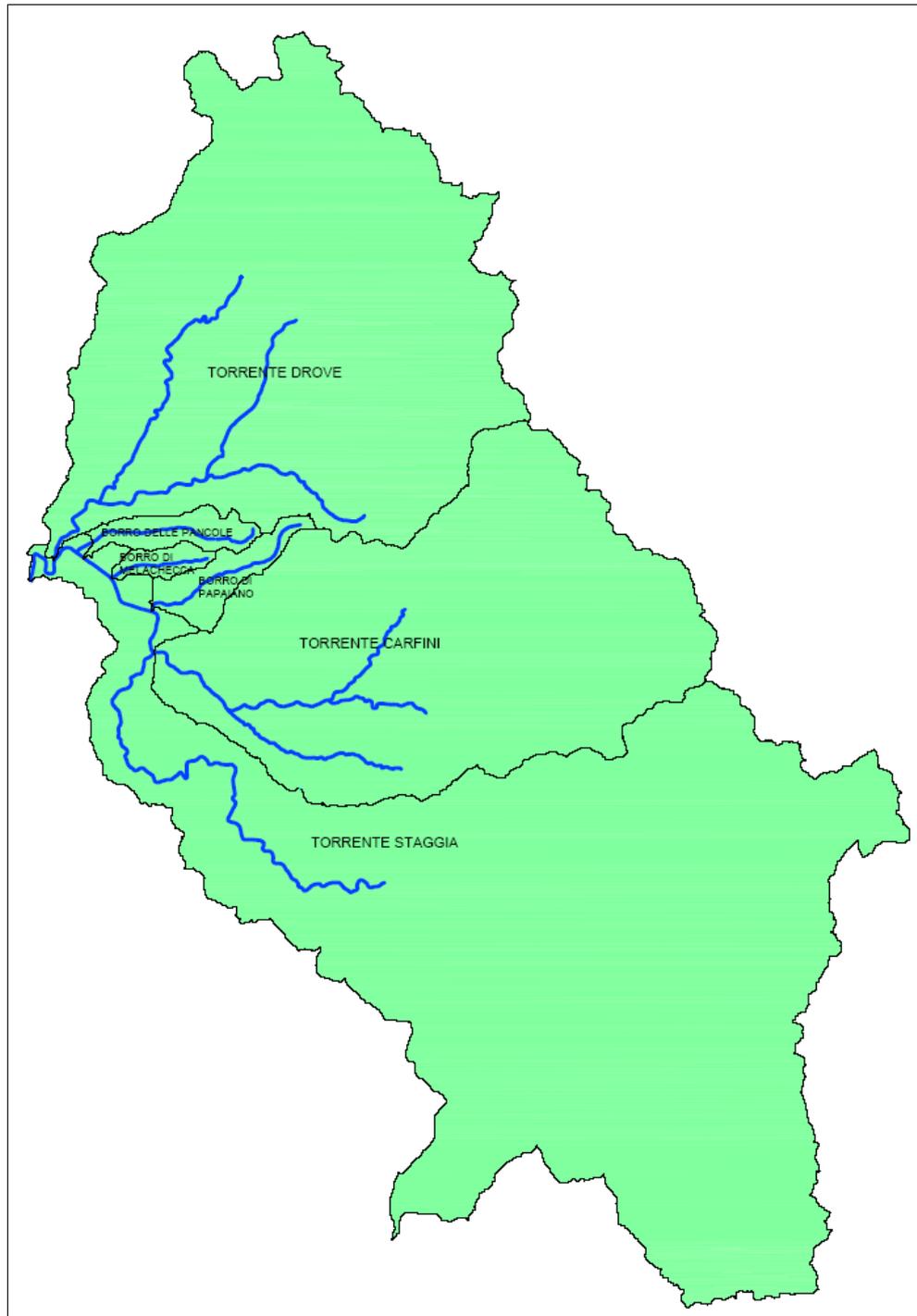


Fig. 30 – Bacino del Torrente Staggia e principali sottobacini alla sezione di confluenza con il Fiume Elsa

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
STAGGIA MONTE	91.344	10.718	2.728	2.079	1.936	26.244	0.402	0.18	23.335	0.304	0.222
CARFINI	40.832	12.188	2.656	2.735	0.816	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
STAGGIA 1	0.447	3.300	0	2.031	0.105	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
PAPAIANO	2.992	9.790	2.188	2.468	0.245	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
STAGGIA 2	1.018	3.300	0	2.031	0.159	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
MELACHECCA	1.584	5.742	2.067	2.237	0.169	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
STAGGIA 3	0.6	3.300	0	2.071	0.12	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
PANCOLE	2.640	7.722	2.169	2.243	0.316	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
DROVE	58.160	12.452	2.977	2.361	1.225	22.551	0.335	0.17	20.302	0.333	0.213

Tab. 5 – File \*.idr dei parametri dei vari sottobacini considerati

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino per le seguenti durate di precipitazione: **3, 4, 5, 6 e 7 ore**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per **D=4** ore che corrisponde alla durata critica di precipitazione per il tratto di asta che attraversa il centro abitato di Poggibonsi fino alla confluenza con il Torrente Drove, a valle del quale il fenomeno si massimizza per durate di precipitazione maggiori.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
STAGGIA MONTE	184.940	261.613	315.779	398.314
CARFINI	116.339	151.449	174.999	210.771
STAGGIA 1	2.136	2.621	2.949	3.332
PAPAIANO	11.918	15.003	17.087	20.202
STAGGIA 2	4.737	5.813	6.540	7.523
MELACHECCA	6.443	8.100	9.219	10.809
STAGGIA 3	2.832	3.476	3.911	4.454
PANCOLE	10.538	13.264	15.106	17.856
DROVE	119.901	160.173	187.130	228.444

Tab. 6 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con D= 4 ore

Le successive Figg. 31-36 riportano l'idrogramma in ingresso al modello del Torrente Staggia e quelli relativi ai principali affluenti lungo il tratto studiato, ovvero, da monte verso valle, il Torrente Carfini, il Borro di Papaiano, il Borro di Melachecca, il Borro delle Pancole e il Torrente Drove per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 4 ore.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out) compresi quelli relativi agli affluenti/interbacini minori, per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

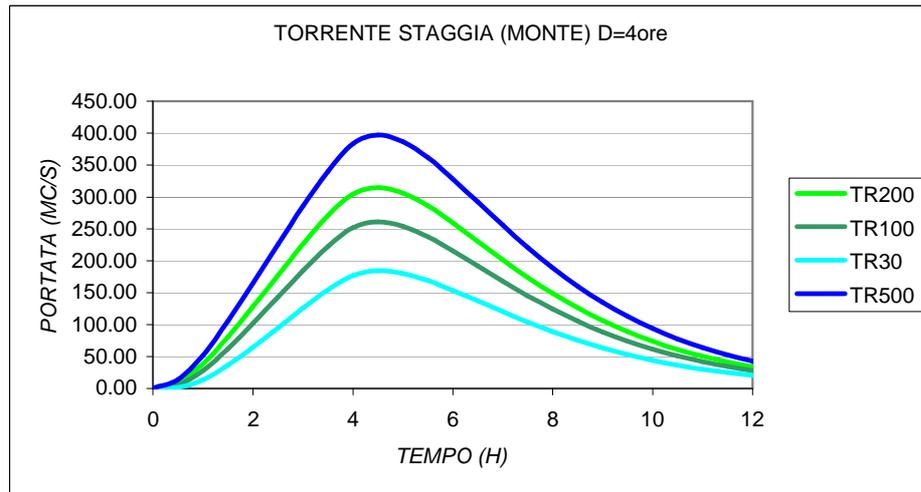


Fig. 31 – Idrogrammi Torrente Staggia in ingresso al modello idraulico di monte per i 4 tempi di ritorno

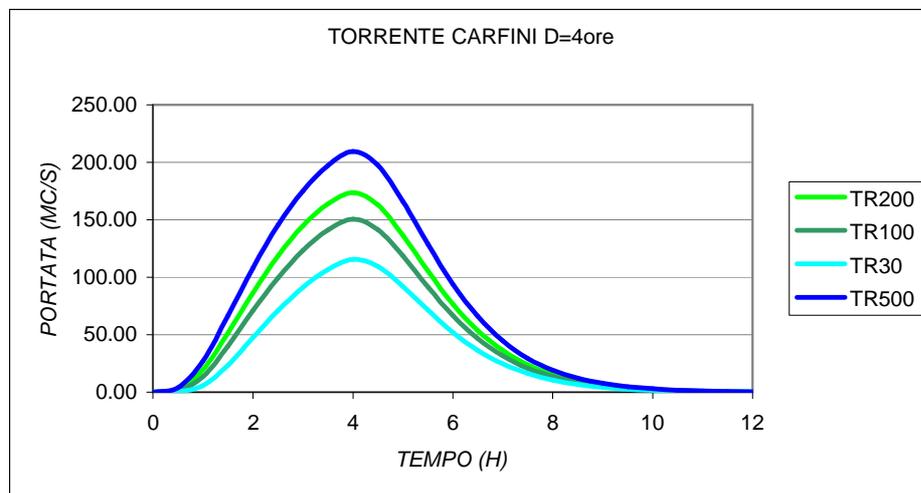


Fig. 32 – Idrogrammi Torrente Carfini introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

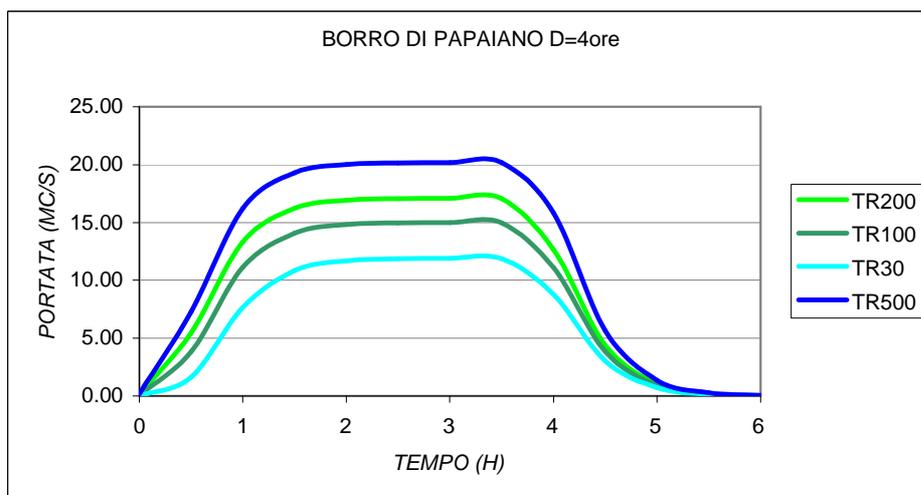


Fig. 33 – Idrogrammi Borro di Papaiano introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

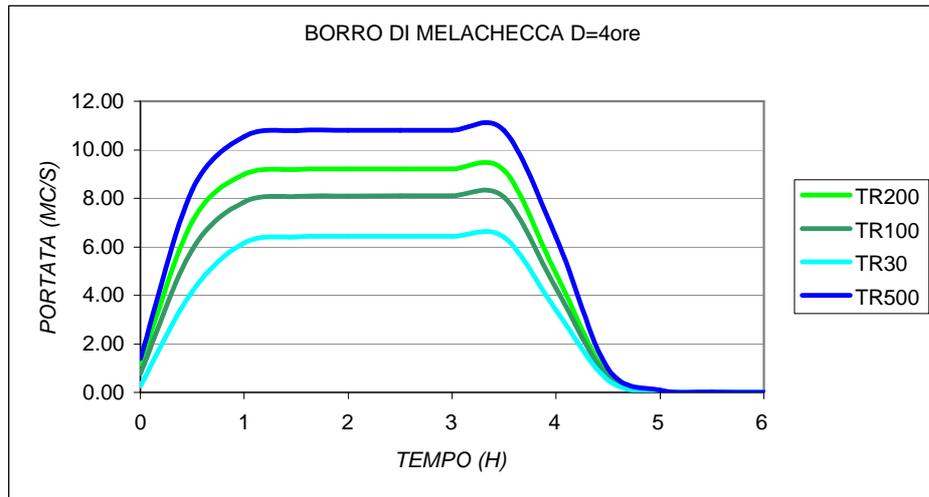


Fig. 34 – Idrogrammi Borro di Melachecca introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

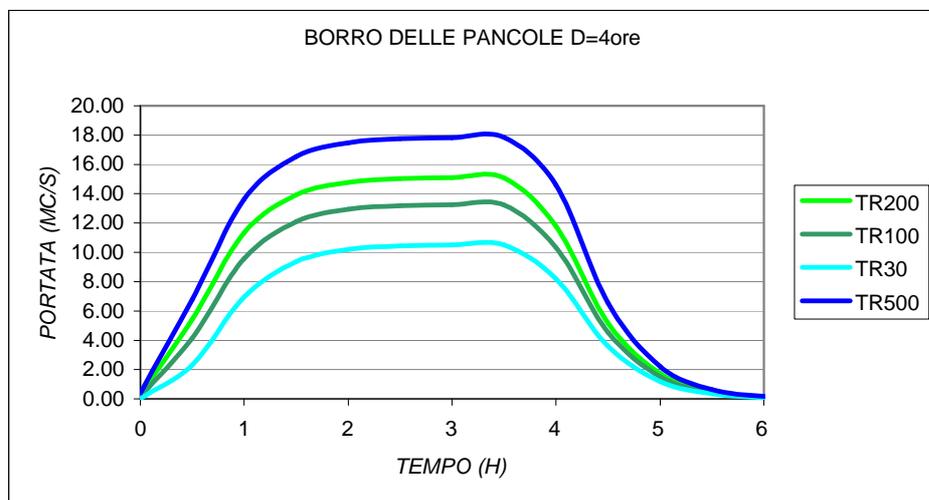


Fig. 35 – Idrogrammi Borro delle Pancole introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

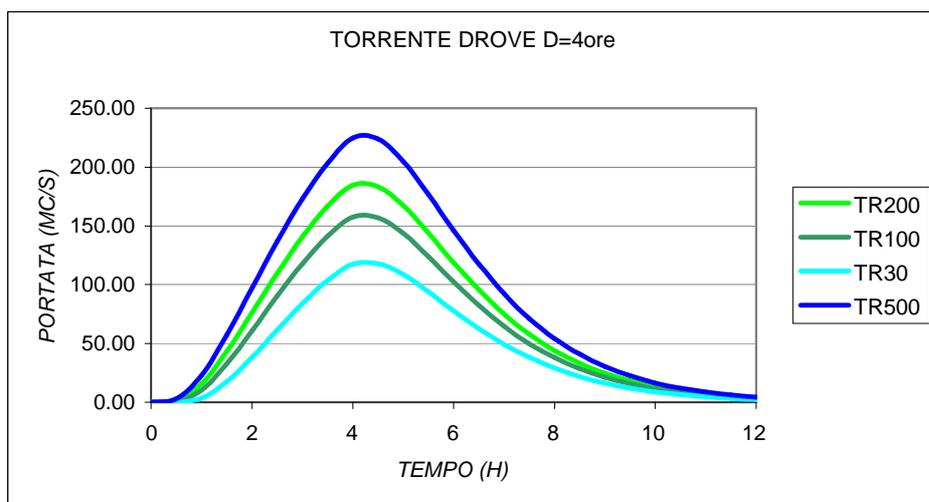


Fig. 36 – Idrogrammi Torrente Drove introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

### 6.3.3 Torrente Foci

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Torrente Foci e ai vari sottobacini degli affluenti.

La Fig. 37 mostra l'estensione del bacino del Torrente Foci e del principale sottobacino di valle Fosso del Rio, mentre la successiva Tab. 7 individua il file \*.idr di tutti i sottobacini di cui sono stati stimati gli idrogrammi.

Il bacino del Torrente Foci alla confluenza con il Fiume Elsa è mostrato anche nella **TAV. 13** allegata la presente lavoro.

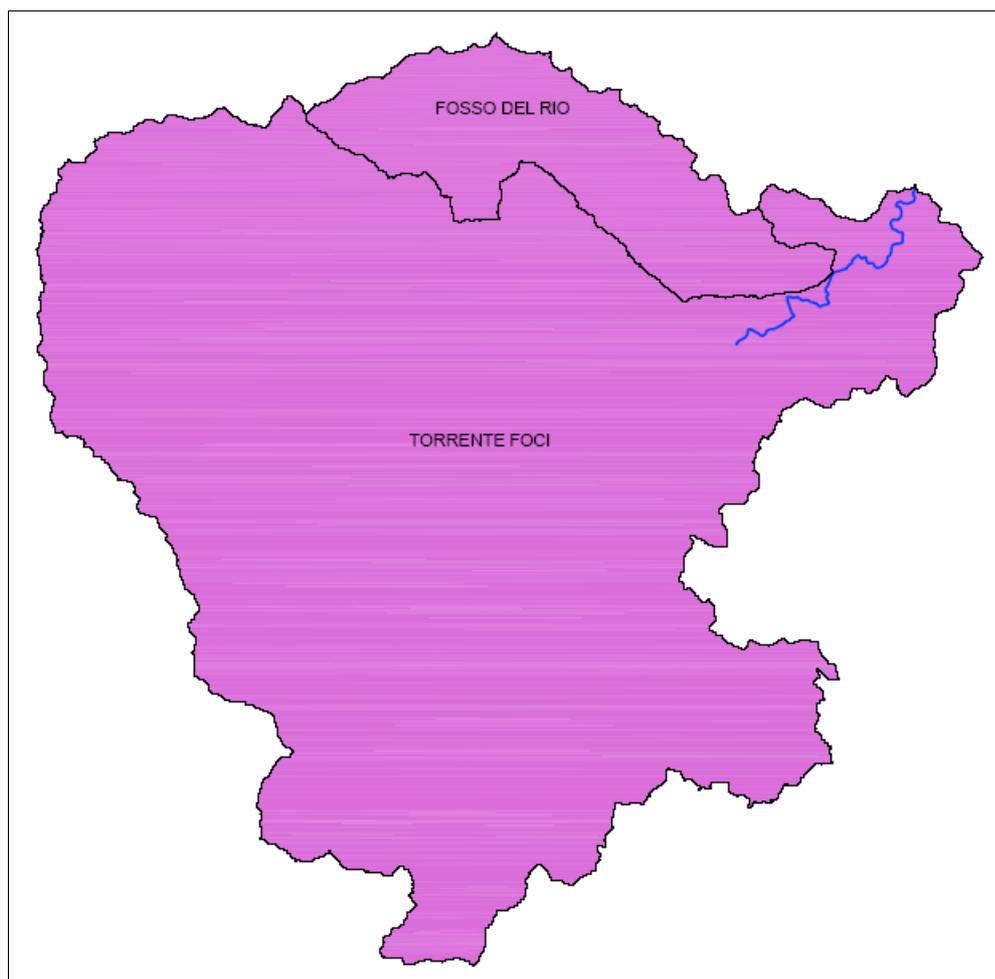


Fig. 37 – Bacino del Torrente Foci e sottobacino Fosso del Rio

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
FOCI MONTE	88.528	15.109	2.712	2.515	1.710	23.596	0.391	0.17	22.649	0.268	0.207
DEL RIO	12.496	6.688	2.260	2.529	0.812	23.657	0.373	0.18	23.161	0.261	0.207
OSOLE	1.280	11.550	2.325	3.857	0.096	23.804	0.33	0.17	22.404	0.293	0.218
ORNETO	2.640	7.700	2.015	2.209	0.251	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222
FOSSO NON CLASS.	1.120	9.568	2.104	3.218	0.146	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222

Tab. 7 – File \*.idr dei parametri dei vari sottobacini considerati

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino per le seguenti durate di precipitazione: **3, 4 e 5 ore**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per **D=5 ore** che corrisponde alla durata critica di precipitazione per il tratto di asta studiato, lungo l'area industriale Foci.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
FOCI MONTE	136.405	196.718	238.588	303.805
DEL RIO	38.896	52.036	61.214	75.652
OSOLE	4.338	5.497	6.280	7.481
ORNETO	8.972	11.319	12.905	15.242
FOSSO NON CLASS.	3.771	4.766	5.438	6.455

Tab. 8 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con D= 5 ore

Le successive Figg. 38 e 39 riportano l'idrogramma in ingresso al modello del Torrente Foci e quello del principale affluente lungo il tratto studiato, il Fosso del Rio, per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 5 ore.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out) compresi quelli relativi agli affluenti/interbacini minori, per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

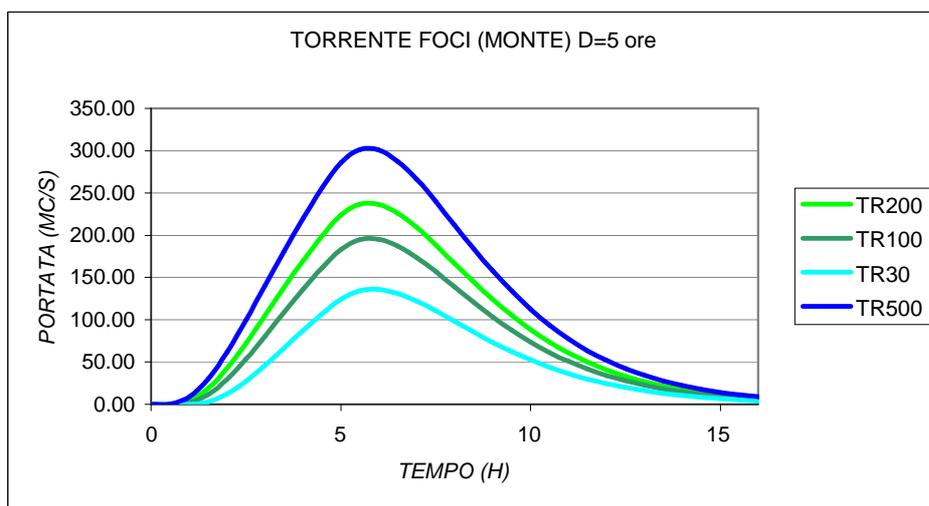


Fig. 38 – Idrogrammi Torrente Foci in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

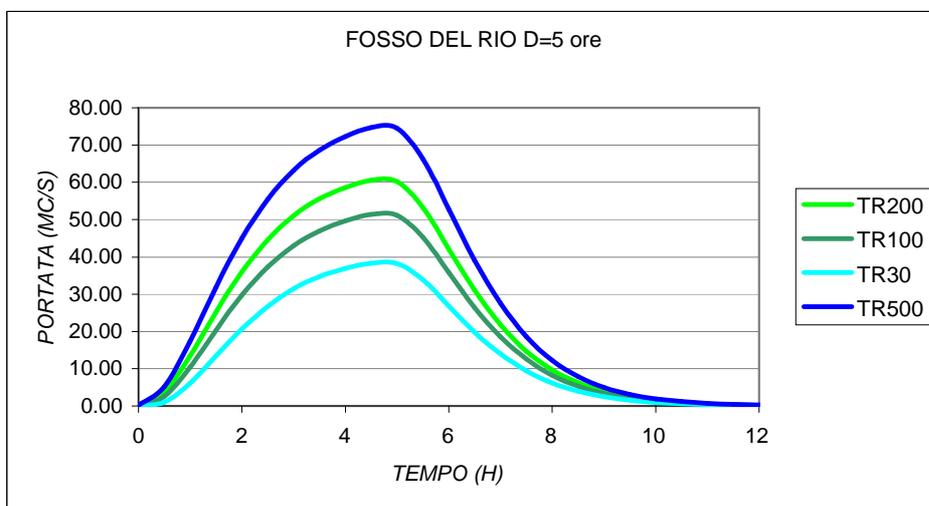


Fig. 39 – Idrogrammi Fosso del Rio introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

6.3.4 Torrente Drove

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Torrente Drove, dei due principali rami che lo compongono (Drove di Cinciano e Drove di Tattera) e dell'ulteriore affluente Torrente Bozzone.

La Fig. 40 mostra l'estensione del bacino del Torrente Drove e dei suoi principali sottobacini, mentre la successiva Tab. 9 individua il file \*.idr di tutti i sottobacini di cui sono stati stimati gli idrogrammi.

Il bacino del Torrente Drove alla confluenza con il Torrente Staggia è mostrato anche nella **TAV. 13** allegata la presente lavoro.

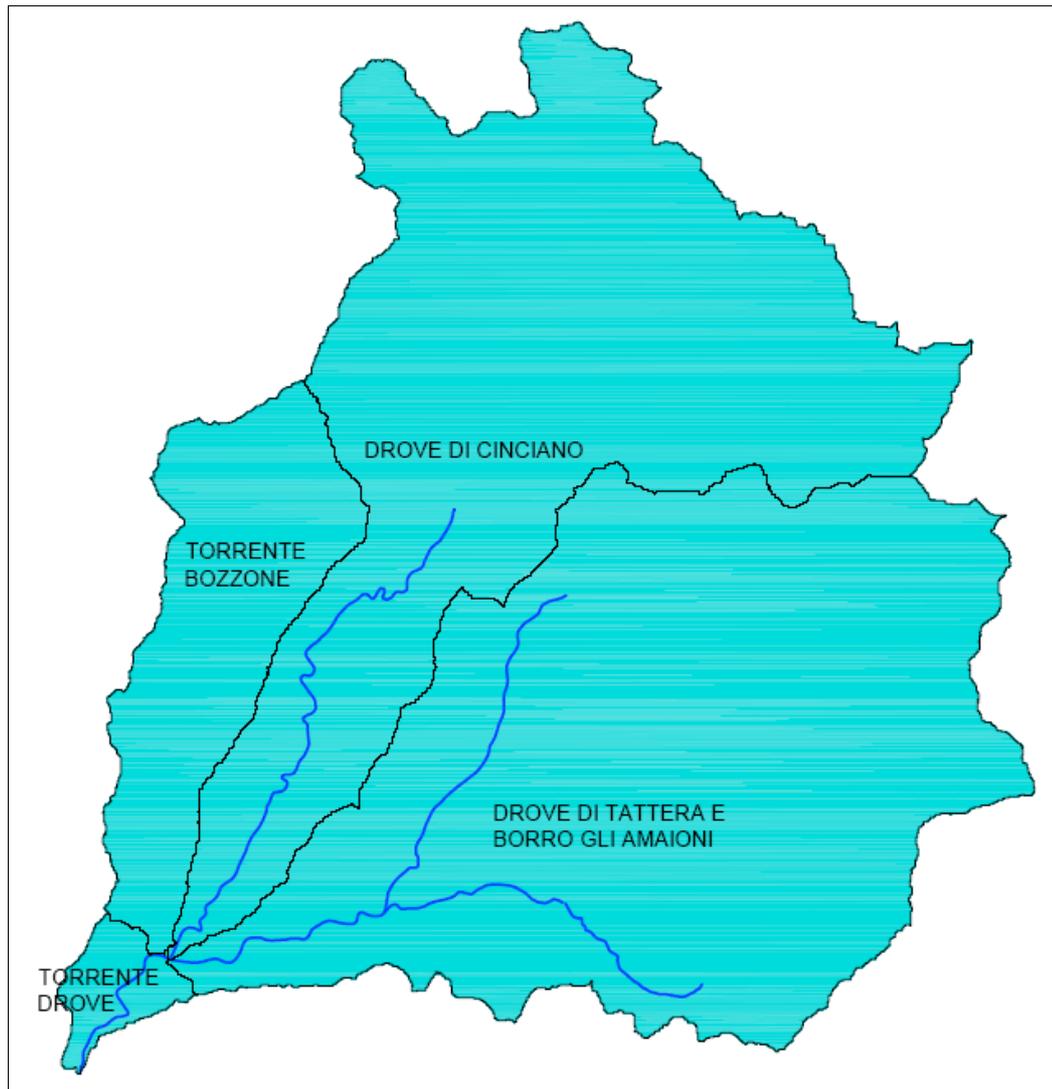


Fig. 40 – Bacino del Torrente Drove e principali sottobacini

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
TATTERA	26.928	16.522	3.276	2.616	0.791	23.427	0.321	0.17	21.534	0.314	0.219
CINCIANO	25.520	10.164	2.943	2.251	1.019	21.141	0.356	0.16	18.322	0.366	0.204
BOZZONE	7.568	6.380	1.946	2.580	0.438	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222

Tab. 9 – File \*.idr dei parametri dei vari sottobacini considerati

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino per le seguenti durate di precipitazione: **3 e 4 ore**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per **D=4 ore** che corrisponde alla durata di precipitazione che massimizza l'evento di piena lungo tutto il tratto di asta posto a valle della confluenza Drove di Cinciano-Drove di Tattera.

Risulta in ogni caso scarsamente rilevante la differenza tra l'evento di durata 4 ore e quello di durata 3 ore.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
TATTERA	73.404	98.020	114.362	139.304
CINCIANO	64.030	88.540	105.534	132.055
BOZZONE	29.929	37.587	42.759	50.589

Tab. 10 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con D= 4 ore

Le successive Figg. 41-43 riportano gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Torrente Drove (sono stati congiuntamente modellati i tratti terminali del Drove di Cinciano e del Drove di Tattera e l'asta principale del Torrente Drove a valle della loro confluenza) e quello del principale affluente lungo il tratto studiato, il Torrente Bozzone, per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 4 ore.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

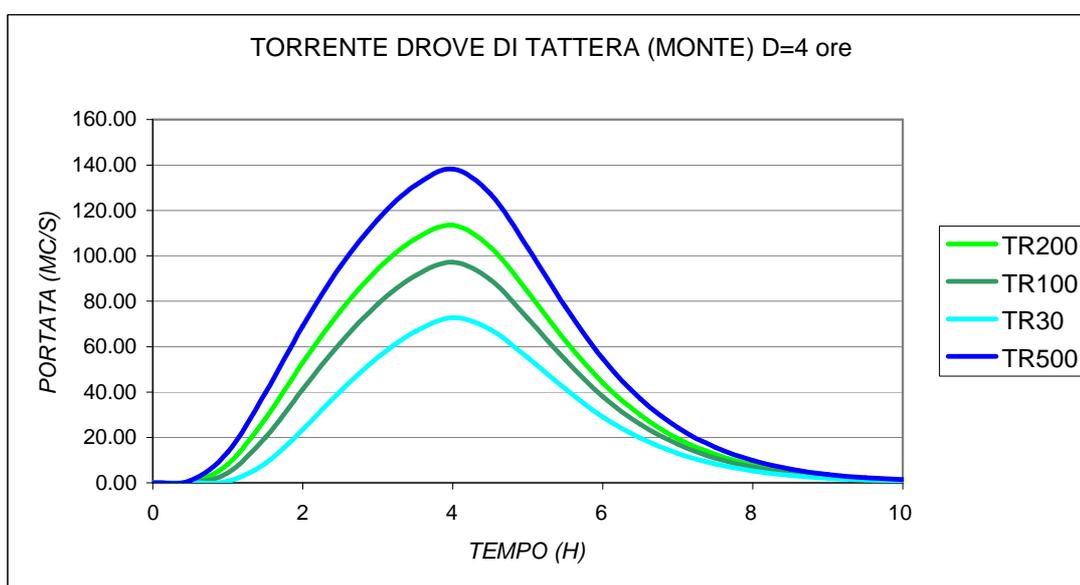


Fig. 41 – Idrogrammi Torrente Drove di Tattera in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

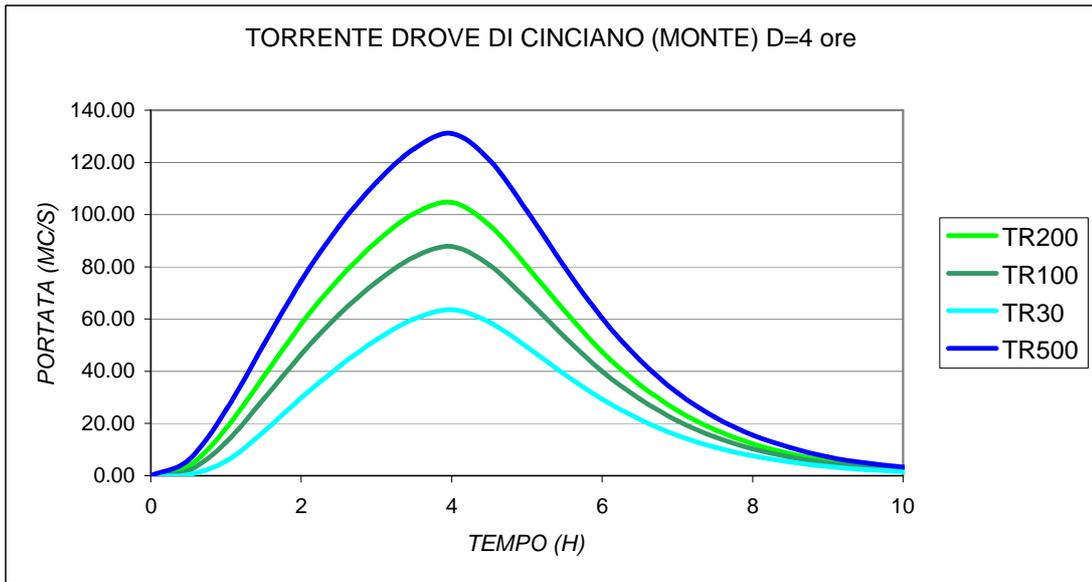


Fig. 42 – Idrogrammi Torrente Drove di Cinciano in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

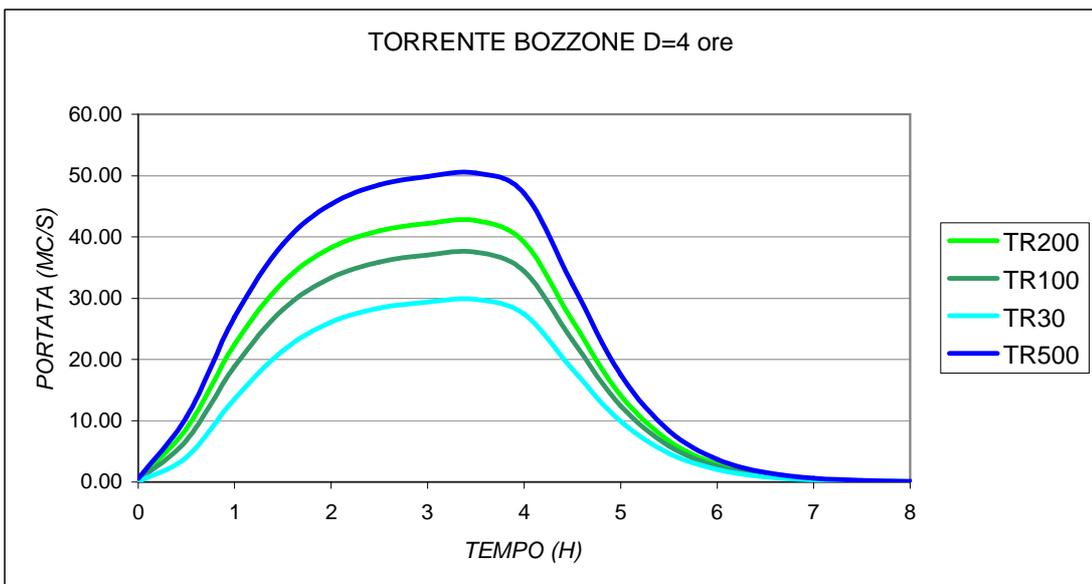


Fig. 43 – Idrogrammi Torrente Bozzone introdotti nel modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

### 6.3.5 Botro di Bacchereto

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Botro del Bacchereto.

A differenza dei corsi d'acqua trattati in precedenza, data la ridotta estensione dell'asta studiata, per il Botro di Bacchereto gli idrogrammi di piena sono stati stimati in corrispondenza della sezione di confluenza con il Fiume Elsa per la durata critica di precipitazione.

Il bacino idrografico del Botro di Bacchereto è individuato nella **TAV. 13** allegata al presente lavoro.

Nella seguente Tab. 11 è mostrato il file \*.idr dei parametri del bacino del Botro di Bacchereto.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
BACCHERETO	5.808	13.288	2.044	2.390	0.391	23.724	0.354	0.17	22.817	0.276	0.213

Tab. 11 – File \*.idr dei parametri del bacino del Botro di Bacchereto

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **1.5 ore**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i relativi valori della portata al colmo.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
BACCHERETO	34.983	45.227	52.103	62.750

Tab. 12 – Portata al colmo per il bacino del Botro di Bacchereto alla confluenza con il Fiume Elsa, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr= 1.5 ore

La successiva Fig. 44 riporta gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Botro di Bacchereto per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 1.5 ore.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

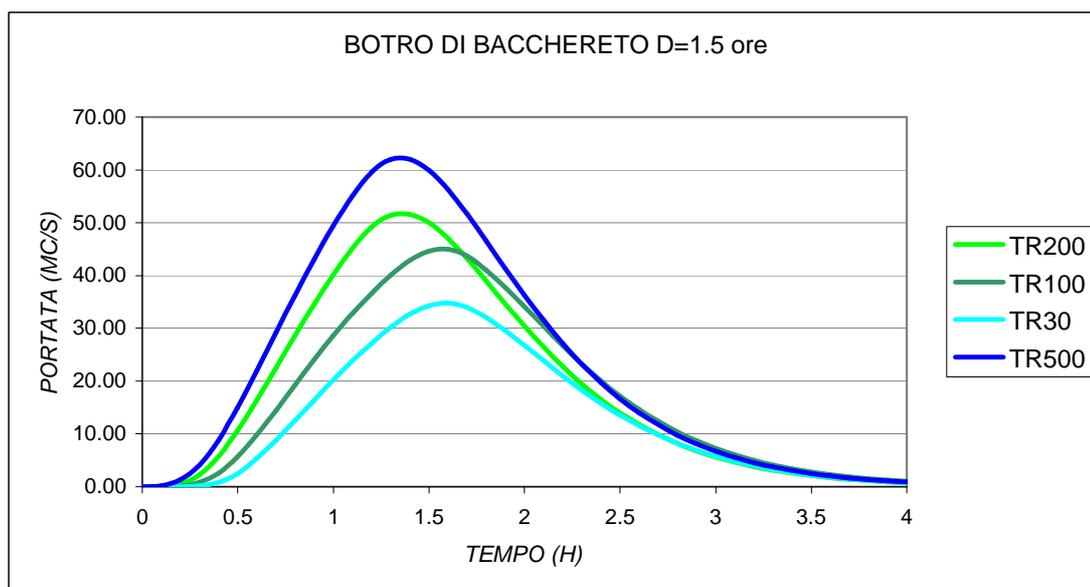


Fig. 44 – Idrogrammi Botro di Bacchereto in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

### 6.3.6 Borro di Melachecca

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Borro di Melachecca.

Come per il Botro di Bacchereto, data la ridotta estensione dell'asta studiata, per il Borro di Melachecca gli idrogrammi di piena sono stati stimati in corrispondenza della sezione di confluenza con il Torrente Staggia per la durata critica di precipitazione.

Il bacino idrografico del Borro di Melachecca è individuato nella **TAV. 13** allegata al presente lavoro.

Nella seguente Tab. 13 è mostrato il file \*.idr dei parametri del bacino del Borro di Melachecca.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
MELACHECCA	1.584	5.742	2.067	2.237	0.169	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222

Tab. 13 – File \*.idr dei parametri del bacino del Borro di Melachecca

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **30 minuti**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i relativi valori della portata al colmo.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
MELACHECCA	18.980	24.149	27.642	32.938

Tab. 14 – Portata al colmo per il bacino del Borro di Melachecca alla confluenza con il Torrente Staggia, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr=30 minuti

La successiva Fig. 45 riporta gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Borro di Melachecca per i 4 tempi di ritorno e durata pari a 30 minuti.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

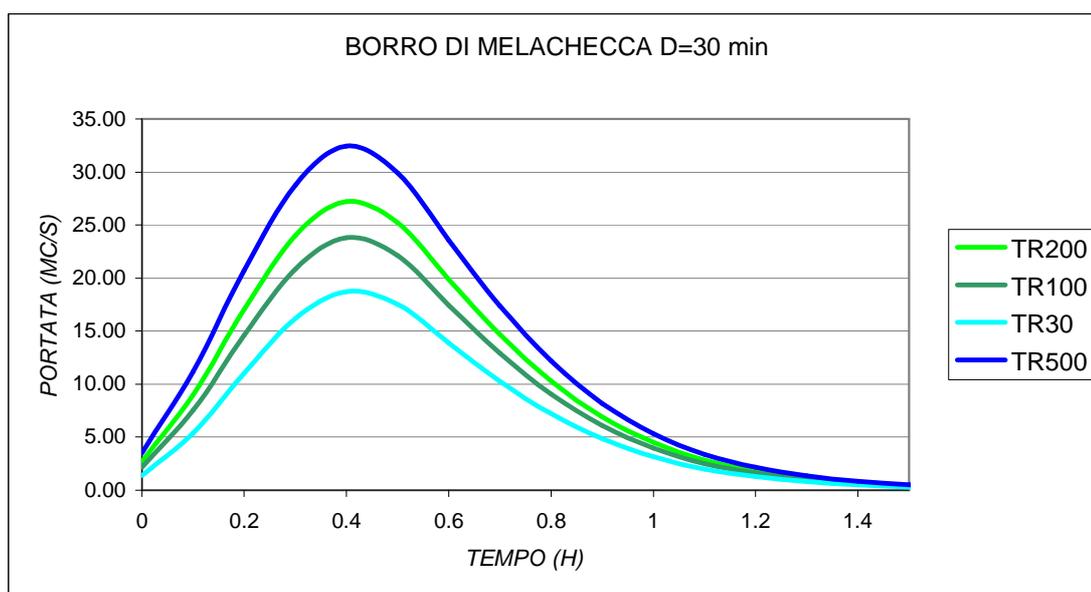


Fig. 45 – Idrogrammi Borro di Melachecca in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

### 6.3.7 Borro di Papaiano

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Borro di Papaiano.

Come per il Botro di Bacchereto e il Borro di Melachecca, data la ridotta estensione dell'asta studiata, per il Borro di Papaiano gli idrogrammi di piena sono stati stimati in corrispondenza della sezione di confluenza con il Torrente Staggia per la durata critica di precipitazione.

Il bacino idrografico del Borro di Papaiano è individuato nella **TAV. 13** allegata al presente lavoro.

Nella seguente Tab. 15 è mostrato il file \*.idr dei parametri del bacino del Borro di Papaiano.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
PAPAIANO	2.992	9.790	2.188	2.468	0.245	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222

Tab. 15 – File \*.idr dei parametri del bacino del Borro di Papaiano

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **45 minuti**.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i relativi valori della portata al colmo.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
PAPAIANO	25.080	32.229	37.261	44.640

Tab. 16 – Portata al colmo per il bacino del Borro di Papaiano alla confluenza con il Torrente Staggia, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr=45 minuti

La successiva Fig. 46 riporta gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Borro di Papaiano per i 4 tempi di ritorno e durata pari a circa 45 minuti.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

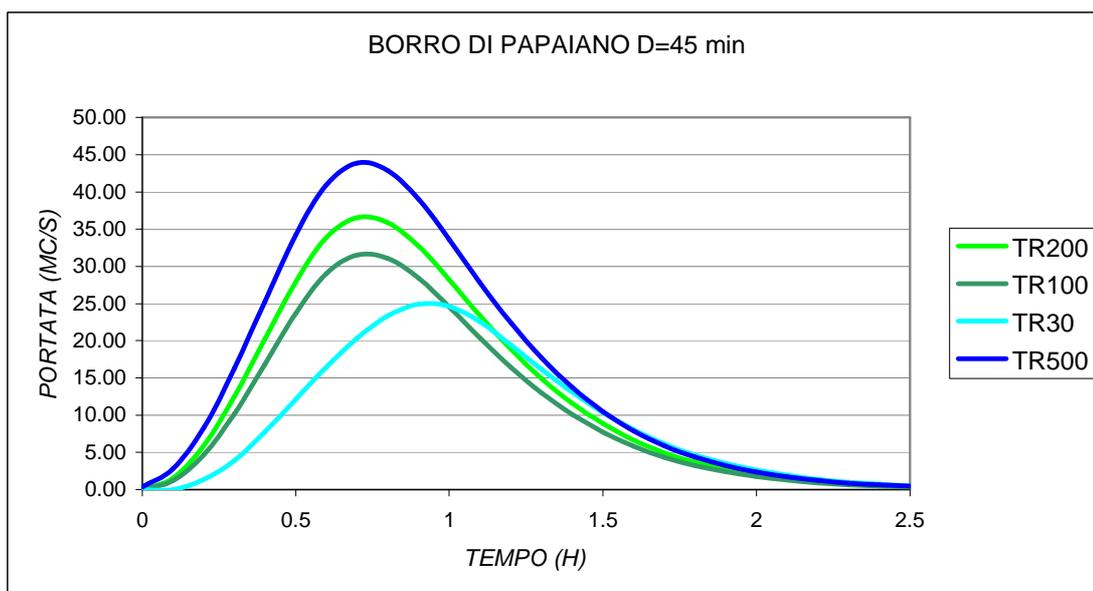


Fig. 46 – Idrogrammi Borro di Papaiano in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

### 6.3.8 Torrente Carfini

Secondo lo schema metodologico descritto nel Par. 6.1, sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino del Torrente Carfini.

Non essendoci nel tratto del terminale del corso d'acqua fino alla confluenza con il Torrente Staggia affluenti significativi, gli idrogrammi di piena sono stati stimati in corrispondenza della sezione di confluenza con il Torrente Staggia stesso per la durata critica di precipitazione.

Il bacino idrografico del Torrente Carfini è individuato nella **TAV. 13** allegata al presente lavoro.

Nella seguente Tab. 17 è mostrato il file \*.idr dei parametri del bacino del Torrente Carfini.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
CARFINI	40.832	12.188	2.656	2.735	0.816	23.856	0.315	0.17	22.136	0.304	0.222

Tab. 17 – File \*.idr dei parametri del bacino del Torrente Carfini

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **2.5 ore** per eventi duecentennali e cinquecentennali e circa 3 ore per eventi minori.

Ovviamente gli idrogrammi sono stati calcolati per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

La seguente tabella mostra i relativi valori della portata al colmo.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200	TR 500
CARFINI	120.722	158.186	183.396	221.751

Tab. 18 – Portata al colmo per il bacino del Torrente Carfini alla confluenza con il Torrente Staggia, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr

La successiva Fig. 47 riporta gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Torrente Carfini per i 4 tempi di ritorno e durata di precipitazione critica.

Nell'**Allegato Idrologico** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

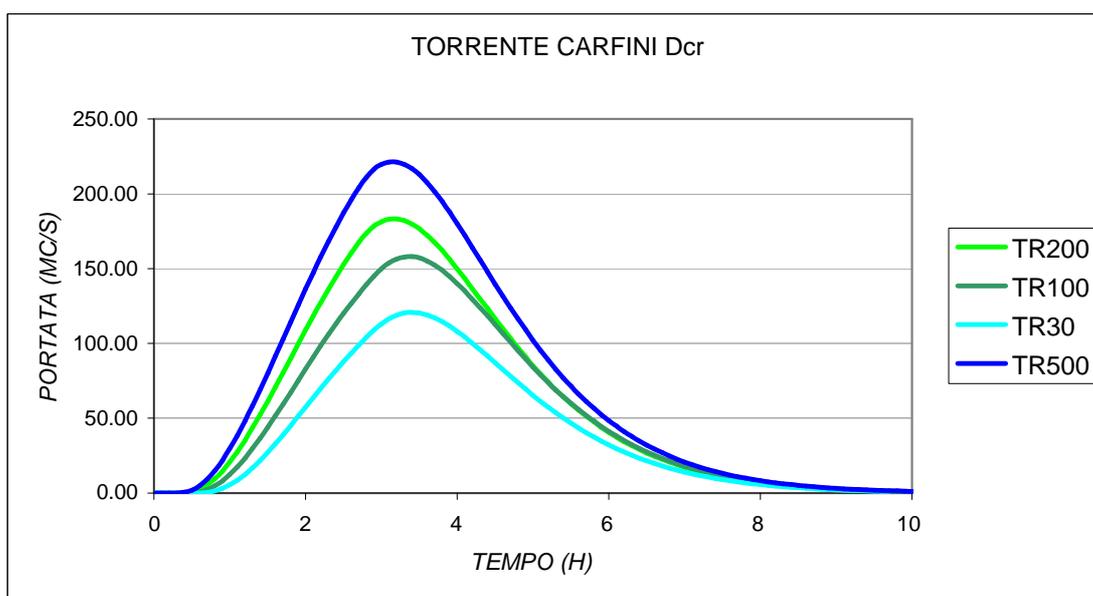


Fig. 47 – Idrogrammi Torrente Carfini in ingresso al modello idraulico per i 4 tempi di ritorno

## 7. MODELLISTICA IDRAULICA

Il presente lavoro si basa su un approccio metodologico condiviso e di diffuso impiego.

Tutti i modelli idraulici, come anticipato, sono stati realizzati in moto vario, secondo lo schema metodologico di seguito descritto.

Nel seguente Par. 7.1 vengono approfondite le tematiche legate al moto, affrontate nell'ottica della struttura operativa del codice di calcolo HEC-RAS versione 4.1.0, utilizzato per la modellazione.

Nei successivi Par. 7.2 – 7.10 sono invece descritti singolarmente i modelli idraulici dei corsi d'acqua studiati.

### 7.1 Il moto vario

#### 7.1.1 Approccio metodologico

La modellazione comunemente definita in moto vario si esprime attraverso l'utilizzo di modelli indipendenti nella descrizione della dinamica d'alveo e delle aree contigue inondate, opportunamente connessi da un sistema analitico in grado di descrivere lo spostamento dei volumi straripati; questo schema permette di rappresentare in ambito spazio-temporale la dinamica di propagazione e laminazione delle onde di piena quantificando gli effettivi scambi di massa tra alveo ed aree inondate.

Si tratta di una schematizzazione del moto alveato di tipo monodimensionale vario e una schematizzazione delle aree laterali non direttamente connesse al corso d'acqua con un classico sistema a celle; le celle laterali definite in funzione della morfologia del territorio e caratterizzate ciascuna da una propria legge di invaso, vengono connesse tra loro e con l'alveo mediante elementi idraulici, quali luci a stramazzo o a battente.

La soluzione delle equazioni che governano il moto monodimensionale vario è ottenuta attraverso un metodo numerico alle differenze finite per la discretizzazione spaziale ed un metodo implicito per l'avanzamento temporale tramite successive iterazioni di calcolo (discretizzazione temporale).

La discretizzazione spaziale del modello è determinata dal numero di sezioni geometriche rilevate e dalla densità ed ampiezza delle celle laterali introdotte, mentre la scansione temporale è quella scelta nella descrizione dei fenomeni tempo-varianti, come gli idrogrammi, e dal passo temporale adottato nelle simulazioni.

Il grado di accuratezza ottenuto dipende, dunque, dal livello di dettaglio nella riproduzione geometrica (densità delle sezioni fluviali rilevate e delle celle), e dalla scansione temporale utilizzata.

La modellazione delle aree adiacenti al corso d'acqua potenzialmente allagabili, e la descrizione delle dinamiche che all'interno di esse si sviluppano, rappresenta il punto nodale di una modellazione idraulica indirizzata a valutare l'entità del fenomeno esondativo in termini di battenti idrici e di estensione.

La schematizzazione a celle interconnesse, che in seguito verranno chiamate "Aree di Potenziale Esondazione", individuate con l'acronimo APE, o, in alternativa, "Storage Area", secondo la dicitura del codice di calcolo HEC-RAS, è comunemente definita come "quasi-bidimensionale" perché consente di studiare il deflusso in alveo mediante la risoluzione delle equazioni del moto e di continuità e la propagazione dei livelli idrici nelle celle utilizzando la sola equazione di continuità; pertanto l'allagamento di ciascuna cella, ogni qualvolta venga superata la capacità di contenimento degli argini fluviali, avviene in modo istantaneo, e l'aumento del battente sul territorio segue la legge di invaso caratteristica della cella stessa.

Anche il trasferimento dei volumi di esondazione tra cella e cella avviene in modo sincrono, regolato da appositi sfioratori o sottopassi (tombini), disposti in base alle caratteristiche del territorio.

L'approssimazione che inevitabilmente porta a trascurare gli effetti della non stazionarietà e bidimensionalità connessi al fenomeno di propagazione dei volumi d'acqua esondati,

principalmente legati all'irregolarità e all'intensa antropizzazione del territorio, può essere ridotta attraverso la realizzazione di un modello fortemente discretizzato, con un alto numero di celle laterali di ridotte dimensioni.

Le leggi fisiche che governano il moto di una corrente in un canale in condizioni non stazionarie sono rappresentate dal principio di conservazione della massa (legge di continuità) e dal principio di conservazione del momento della quantità di moto.

Il codice di calcolo Hec-Ras risolve le due equazioni così espresse:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f + S_h \right) = 0$$

in cui:

$t$  = tempo, [s]

$x$  = distanza lungo il canale, [m]

$Q$  = portata, [m<sup>3</sup>/s]

$A$  = superficie della sezione che contribuisce al deflusso, [m<sup>2</sup>]

$q_l$  = portata uscente lateralmente, per unità di lunghezza, [m<sup>2</sup>/s]

$V$  = velocità, [m/s].

$g$  = accelerazione di gravità, [m/s<sup>2</sup>]

$z$  = carico totale della corrente [m]

$S_f$  = tasso di perdita di carico per attrito

$S_h$  = tasso di perdita di carico per contrazione/espansione tra sezioni idrauliche successive.

Si osserva come le perdite di carico vengano conteggiate all'interno dell'equazione del moto nei termini che includono  $S_f$  e  $S_h$ .

Il primo è definito secondo l'equazione di Manning, come:

$$S_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2$$

dove

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{\frac{2}{3}} \text{ [m}^3\text{/s]},$$

in cui  $n$  = coefficiente di attrito di Manning, [s/m<sup>1/3</sup>]

$A$  = superficie bagnata, [m<sup>2</sup>]

$R$  = raggio idraulico, [m].

e il secondo come:

$$S_h = \frac{\partial \left( \frac{CV^2}{2g} \right)}{\partial x}$$

in cui  $C$  rappresenta il coefficiente di contrazione/espansione, al quale sono stati assegnati i valori di 0.1 e 0.3, rispettivamente.

Le equazioni appena mostrate vengono risolte attraverso un metodo numerico alle differenze finite, e, in quanto non lineari, per la loro soluzione viene adottata una tecnica di linearizzazione.

Nell'ottica della descrizione mediante differenze finite, ad ogni passo temporale è risolto un sistema di equazioni lineari del tipo  $Ax=b$ , che necessita dell'assegnazione delle opportune condizioni al contorno.

La scelta delle condizioni al contorno costituisce un elemento determinante nella realizzazione di un modello in moto vario; generalmente come condizione di monte è utilizzato l'input idrologico ricavato mediante la modellistica idrologica descritta nel precedente capitolo, ovvero un'idrogramma di piena.

A valle, tra le varie opportunità, si predilige adottare un idrogramma dei livelli, *Stage Hydrograph*, o una relazione livelli-portata, detta scala di deflusso o *Rating Curve*, o ancora un semplice *Normal Depth*, ovvero la pendenza di moto uniforme.

È importante che la scelta della condizione di valle, e il relativo effetto, non si ripercuotano a monte attraverso fenomeni di rigurgito; se l'imposizione di determinate condizioni a valle tende a "forzare" in qualche modo la propagazione del deflusso in alveo nel tratto terminale, è generalmente consigliato ampliare, ove possibile, verso valle il tratto fluviale modellato in modo da garantire una buona indipendenza dei risultati dalla condizione di valle prescelta; nel caso del presente lavoro tutti i tratti dei corsi d'acqua studiati corrispondono ai tratti terminali, e quindi confluiscono nel corso d'acqua ricevente (a parte il Fiume Elsa, tratto di valle).

Lo scambio di massa tra il fiume e le aree adiacenti è conteggiato aggiungendo un termine all'equazione di continuità per un canale in condizioni di moto monodimensionale vario, precedentemente riportata.

Adesso l'equazione di continuità si scrive come:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

in cui  $S$  [m<sup>2</sup>] rappresenta la superficie della sezione che contribuisce all'accumulo nelle aree inondabili adiacenti.

Grazie a questa relazione è possibile quantificare la portata in uscita verso le aree laterali.

L'accumulo di volume all'interno di ciascuna APE è governato dalla sola legge di invaso, che lega il livello idrico con il volume contenuto, in relazione agli scambi di portata con il fiume o con le celle contigue.

Tali scambi sono regolati da elementi idraulici come gli sfioratori, i quali funzionano secondo la legge di stramazzo in parete grossa e simulano la tracimazione al di sopra di argini, rilevati etc., o da tombini e sottopassi, regolati dalla caratteristica legge delle luci a battente.

Lo stramazzo in parete grossa è espresso secondo la seguente relazione:

$$Q = C_d L H^{\frac{3}{2}}$$

dove con  $L$  [m] è indicata la larghezza della soglia, con  $H$  [m] l'altezza della vena stramazzone e con  $C_d$  il coefficiente dimensionale di stramazzone [m<sup>1/2</sup>/s] che corrisponde al termine:  $\mu\sqrt{2g}$  [m<sup>1/2</sup>/s] di uso comune.

### 7.1.2 Caratterizzazione geometrica del modello

La ricostruzione geometrica dell'asta fluviale e delle aree di potenziale esondazione modellate viene effettuata avvalendosi delle informazioni topografiche a disposizione, ricavate da rilievi aerei, piani quotati o dati di cartografia ufficiale.

Lo sviluppo longitudinale del corso d'acqua è riprodotto attraverso opportune sezioni fluviali rilevate ("*River Station*", secondo la dicitura di HEC-RAS), poste a distanza variabile l'una dall'altra, comunque sufficientemente vicine da poter rappresentare compiutamente il percorso fluviale; laddove si riscontri un'eccessiva distanza tra due sezioni, è consigliabile provvedere ad un infittimento mediante un criterio di interpolazione.

Ciascuna sezione è caratterizzata, nel modello, da una propria scabrezza, espressa tramite il coefficiente  $n$  di Manning [ $s/m^{1/3}$ ], riferita alle condizioni e allo stato di manutenzione del corso d'acqua.

Lungo il corso d'acqua possono essere presenti manufatti quali ponti o viadotti; la schematizzazione adottata è funzionale agli obiettivi della simulazione, ovvero si incentra su una riproduzione sommaria dei manufatti che definisca principalmente la quota dell'intradosso, la larghezza delle pile e la larghezza dell'intera opera d'arte. In pratica viene rappresentata l'ampiezza delle luci e la loro profondità, comprese le caratteristiche costruttive che determinano le perdite concentrate e distribuite della corrente.

Un'analogia schematizzazione può essere adottata per la rappresentazione delle opere che garantiscono la trasparenza idraulica di rilevati stradali o ferroviari, come i tombini.

Il codice di calcolo HEC-RAS definisce "Bridge" i ponti e gli attraversamenti fluviali, e "Culvert" i tombini.

Possono essere presenti, lungo un corso d'acqua, anche briglie o traverse, che nella modellazione vengono identificate con le "Inline Structure".

Le aree di potenziale esondazione sono definite come quelle porzioni di territorio adiacenti al corso d'acqua coinvolte, eventualmente, dal fenomeno esondativo, e il cui comportamento è sia quello di invadere volumi d'acqua, sia quello di essere interessate dal trasporto dei volumi stessi.

La stazionarietà delle dinamiche fuori alveo fa sì che il fenomeno del trasferimento di volumi esondati sul piano campagna debba essere correttamente interpretato, in quanto ciò rappresenta il punto nodale e il maggior limite della modellazione "quasi bidimensionale".

Le strutture che permettono la quantificazione dei volumi esondati sono definite "Lateral Structure", e corrispondono agli argini fluviali, o alle "teste" di sponda.

Esse sono modellate come veri e propri sfioratori di superficie, che seguono la legge dello stramazzo in parete grossa.

Il fenomeno del trasferimento di volumi all'interno delle "Storage Area" e soprattutto verso le aree contigue è simulato soltanto attraverso l'individuazione dei tratti di confine che, per proprie caratteristiche morfologiche, contribuiscono a suddetto trasferimento, in entrambi i sensi.

Queste connessioni tra "Storage Area", come le suddette connessioni tra "Storage Area" ed il corso d'acqua ("Lateral Structure"), sono, come detto, modellate mediante sfioratori di superficie o luci a battente, ricostruiti in base al reale andamento plano-altimetrico di rilevati, argini e di ogni altro elemento morfologico, ivi compresi archi viari e ferroviari, che, pur non essendo propriamente barriere idrauliche, consentono il contenimento e la delimitazione di ciascuna cella e della fascia fluviale; il codice di calcolo assegna a questi elementi idraulici il nome di "S.A. Connection".

E' dunque comprensibile l'esigenza di conoscere attentamente le caratteristiche geometriche del territorio in esame, anche al fine di operare una corretta suddivisione in celle elementari, in particolar modo laddove, come nel presente caso, debba essere modellata una porzione di territorio in alcuni punti fortemente urbanizzata.

Sul territorio posto sotto esame è stato costruito un modello digitale del terreno a partire dai dati topografici a disposizione.

In particolare è stato utilizzato il rilievo del volo aereo LIDAR (Regione Toscana – Autorità di Bacino del Fiume Arno, 2008), che copre buona parte delle aree studiate. Per le aree non coperte dal LIDAR il modello digitale è stato realizzato sulla base della cartografia C.T.R. in scala 1:2.000.

Nella successiva tabella è sintetizzata la copertura topografica lungo i corsi d'acqua studiati.

Corso d'acqua	Base topografica
ELSA – Tratto di valle	LIDAR
ELSA – Tratto di monte	LIDAR + C.T.R. 1:2.000
STAGGIA	LIDAR + C.T.R. 1:2.000
FOCI	LIDAR + C.T.R. 1:2.000
DROVE	LIDAR
BACCHERETO	LIDAR
MELACHECCA	C.T.R. 1:2.000
PAPAIANO	C.T.R. 1:2.000

Tab. 19 – Base topografica delle aree adiacenti ai corsi d'acqua studiati

Dai modelli digitali del terreno sono state calcolate, attraverso un'apposita routine di calcolo, le curve di invaso di ciascuna APE, valutate per incrementi di battente di 30 centimetri.

Per la rappresentazione dei corsi d'acqua in esame sono state utilizzate sezioni fluviali disponibili e sezioni fluviali appositamente rilevate.

Per quanto riguarda le sezioni idrauliche disponibili da precedenti lavori, sono stati utilizzati i dati dei rilievi esistenti secondo il seguente ordine di priorità, previa verifica di compatibilità con la base cartografica adottata (LIDAR e/o C.T.R. 1:2.000):

- rilievi topografici completi per interi tratti studiati;
- rilievi topografici realizzati per conto di Pubbliche Amministrazioni;
- rilievi topografici realizzati ad hoc per il presente lavoro;
- rilievi topografici esistenti realizzati per conto di privati o di Pubbliche Amministrazioni ma disponibili per brevi tratti.

Tutti i rilievi topografici, ad eccezione di quello esistente sul Torrente Foci, sono stati eseguiti mediante strumentazione GPS e restituiti in coordinate assolute.

Il riutilizzo "critico" di dati geometrici esistenti è risultato necessario data la notevole lunghezza complessiva dei tratti fluviali in esame.

Nel rispetto dei criteri di priorità appena espressi, i rilievi di riferimento per i tratti fluviali studiati risultano essere i seguenti (con "Comune di Poggibonsi 2011 o 2012" si intendono i rilievi realizzati ad hoc per il presente lavoro):

Corso d'acqua	Rilievi di riferimento delle sezioni idrauliche	Note
ELSA – Tratto di valle	R.F.I. (2003) PROVINCIA DI SIENA (2003) COMUNE DI CERTALDO (2010)	Il modello idraulico del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo è costituito prevalentemente dalle sezioni R.F.I., con integrazioni locali di alcune sezioni rilevate da Provincia di Siena e Comune di Certaldo
ELSA – Tratto di monte	PROVINCIA DI SIENA (2003) COMUNE DI POGGIBONSI (2007)	Le sezioni della Provincia di Siena rappresentano quelle degli attraversamenti, quelle del Comune di Poggibonsi di riferiscono al tratto urbano
STAGGIA	R.F.I. (2003) COMUNE DI POGGIBONSI (2011)	Le sezioni di R.F.I. sono quelle dalla sezione S1 alla S22 del modello, dalla S22 alla S41 sono state rilevate ex novo
FOCI	PRIVATO (2002), verificate mediante LIDAR + COMUNE DI POGGIBONSI (2012)	Le sezioni del 2002 sono state utilizzate nello studio di fattibilità delle casse di espansione sul Torrente Foci, ma data la loro "anzianità" e schematicità sono state corrette attraverso il LIDAR ed integrate a monte con alcune sezioni rilevate ex novo
DROVE	PROVINCIA DI SIENA (2003)	Sezioni integralmente rilevate dalla Provincia di Siena
BACCHERETO	PROVINCIA DI SIENA (2005) COMUNE DI SAN GIMIGNANO (2008)	Sezioni in parte rilevate dalla Provincia di Siena (a supporto del prog.def. della SR429) ed integrate dal Comune di San Gimignano nell'ambito del R.U.
MELACHECCA	COMUNE DI POGGIBONSI (2011)	Sezioni rilevate ex novo
PAPAIANO	COMUNE DI POGGIBONSI (2011)	Sezioni rilevate ex novo
CARFINI	COMUNE DI POGGIBONSI (2012)	Sezioni rilevate ex novo

Tab. 20 – Fonti di provenienza delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione

In aggiunta ai dati topografici relativi alle sezioni idrauliche, per il Fiume Elsa e il Torrente Staggia (nel tratto urbano di Poggibonsi) sono state anche identificate e rilevate tutte le tubazioni di scarico (dotate di valvola a clapet o non) situate lungo i tratti arginati.

Soprattutto lungo il Torrente Staggia, che nel tratto urbano è dotato di strutture arginali sia in destra che in sinistra idraulica, sono infatti presenti numerosi scarichi, molti dei quali aperti e quindi potenziale veicolo di esondazione indiretta a causa di rigurgito.

Tali scarichi sono stati inseriti nella modellazione dei due corsi d'acqua.

Nei relativi paragrafi dedicati alla geometria del modello idraulico è dato conto dell'inserimento di dette tubazioni di scarico.

### 7.1.3 Gli input idrologici, condizioni iniziali e opzioni di calcolo

Le sollecitazioni idrologiche al sistema, intese come gli eventi meteorici di intensità e durata variabili che intervengono sul bacino, sono costituiti dagli idrogrammi di piena, relativi agli eventi desiderati, secondo quanto descritto nel precedente capitolo sulla modellistica idrologica.

Il codice di calcolo Hec-Ras richiede l'immissione di un "Flow Hydrograph", e di tutti i "Lateral Inflow Hydrograph" o "Uniform Lateral Inflow" relativi ai vari affluenti o sottobacini intermedi.

Nei modelli idraulici del Fiume Elsa, del Torrente Staggia, del Torrente Foci e del Torrente Drove sia gli idrogrammi principali, sia quelli degli affluenti presentano una scansione temporale di 30 minuti.

Per gli altri corsi d'acqua (Botro di Bacchereto, Borro di Melachecca, Borro di Papaiano e Torrente Carfini) si è adottato una scansione temporale di 6 minuti.

Generalmente viene assegnata, all'istante zero della simulazione idraulica, una portata minima ai corsi d'acqua, affluenti compresi.

Anche le "Storage Area" necessitano di un livello iniziale minimo, che coincide con la quota minima dell'area stessa.

Dal momento che la gran parte degli spostamenti di volumi idrici sono definiti dalle "Lateral Structure" o dalle "S.A. Connection", e pertanto avvengono attraverso sfioratori di superficie, un altro parametro geometrico di rilevante influenza è rappresentato dal coefficiente di stramazzo  $\mu$  che, nella formulazione del codice di calcolo Hec-Ras, è inglobato nel termine  $C_d$ .

In questo lavoro  $C_d$  assume un valore variabile tra 0.5 e 1.11, in genere più elevato per le connessioni fiume-APE con presenza di argini.

In precedenza è stato sottolineato come la discretizzazione temporale incida sul livello di accuratezza complessivo di un modello di questo tipo.

Le simulazioni idrauliche in moto vario sono state effettuate con una scansione temporale di 2 secondi, e la restituzione dei risultati con scansione di 10 o 30 minuti.

Tra le altre opzioni di calcolo, è stato deciso di assegnare a  $\theta$ , *implicit weighting factor*, parametro che determina la modalità di avanzamento temporale della procedura alle differenze finite, il valore di 1; le tolleranze ammesse sui livelli idrici risultanti sul corso d'acqua e nelle aree adiacenti sono state, rispettivamente, pari a 0.08 m e 0.05 m; infine il numero massimo di iterazioni oltre il quale il sistema sarebbe divenuto instabile è stato fissato a 20.

## 7.2 Modello idraulico Fiume Elsa – tratto di valle

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Fiume Elsa, nel tratto di valle, ovvero tra il ponte sulla S.P. n. 1 di San Gimignano e la confluenza con il Botro di Bacchereto.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.2.1 Introduzione

Il modello idraulico del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo (tratto di valle), come anticipato, è stato acquisito dallo studio "Sviluppo del modello idraulico e verifiche del Fiume Elsa tra Poggibonsi e Certaldo, a supporto della progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza idraulica previste dal Piano di Bacino" (Provincia di Siena, Ottobre 2011).

Tale modello si estende fino al ponte di Certaldo, ovvero ben oltre il confine amministrativo del Comune di Poggibonsi.

Lo scenario studiato è quello relativo allo stato attuale in cui è già presente, seppur in fase di ultimazione, il tracciato della variante alla S.R. n. 429 di Val d'Elsa per il collegamento dei centri abitati di Poggibonsi e Certaldo.

La geometria del Fiume Elsa è stata ricostruita attraverso l'utilizzo delle sezioni fluviali rilevate da R.F.I. nell'anno 2003 ed alcune sezioni integrative provenienti da fonti diverse (Provincia di Siena, Comune di Certaldo etc), e modellato l'andamento plano-altimetrico del territorio circostante mediante l'acquisizione del rilievo LIDAR (Regione Toscana – Autorità di Bacino del Fiume Arno, 2008).

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Fiume Elsa, ma sono stati computati anche tutti i contributi laterali degli affluenti, sia in sinistra che in destra idraulica, compresi i contributi degli interbacini.

L'elenco degli affluenti con i relativi contributi è già stato mostrato nella precedente Tab. 2.

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.2.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2a**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 3b** e **TAV. 4**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni dell'asta fluviale analizzata sul territorio di Poggibonsi con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	FIUME ELSA – Tratto di valle	
<b>Modellazione</b>	MOTO VARIO	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	16.964,17
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	89 (da R.S. 357 a R.S. 268) + altre sezioni integrative intermedie
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	5
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	2
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica</i>	[n°]	39
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica</i>	[n°]	31
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica</i>	[n°]	36
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica</i>	[n°]	34
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	102
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	0.04-0.037-0.04

Tab. 21 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fiume Elsa – tratto di valle

### 7.2.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e la durata di precipitazioni pari a 9 ore.

Nella successiva Tab. 22 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

<b>Nome</b>	<b>SEZIONE</b>	<b>TIPOLOGIA DI IMMISSIONE</b>
F. ELSA	357.3	FLOW HYDROGRAPH
T. FOCI	350	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 1	349-341	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. DELL'ABESE	340	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 2	339-336	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. DEL BACCHERETO	335	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
F. ZAMBRA	328	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 3	327-313	UNIFORM LATERAL INFLOW
F. DELLE AVANE	312	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
B. DI FORCIANO	310	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 4	309-308	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. DELL'AVANELLA	307	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 5	306-295	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. DELLE ROTE	294	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 6	293-281	UNIFORM LATERAL INFLOW
T. AGLIENA	279	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
T. CASCIANI	277	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 7	276-269	UNIFORM LATERAL INFLOW

Tab. 22 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Fiume Elsa (tratto di valle)

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

<b>SCENARIO MODELLO</b>	<b>TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE</b>	<b>MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SCENARIO MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA</b>
TR500, TR200, TR100 e TR30 D=9 ore	Stage / Flow Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle) precedente modellazione estesa	TR500, TR200, TR100 e TR30 D=9 ore	Sez. 268

Tab. 23 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Fiume Elsa (tratto di valle)

#### 7.2.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai livelli idrometrici raggiunti APE per APE, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 3b** (scala 1:5.000), mostra le aree allagate del Fiume Elsa (tratto di valle) nei 4 scenari di studio (TR30, TR100, TR200 e TR500), mentre la **TAV. 4** (scala 1:10.000) mostra le aree allagate complete del Fiume Elsa.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

Lungo tutta l'asta studiata tra Poggibonsi e Certaldo solo una piccola porzione di territorio, nel tratto di monte in sinistra idraulica, ricade sul Comune di Poggibonsi.

Si tratta di un territorio prevalentemente agricolo, che risulta ampiamente alluvionabile, senza peraltro interessare zone abitate se non lambire alcuni poderi isolati.

Fa però eccezione la fascia in corrispondenza della confluenza con il Torrente Foci, dove si sviluppa l'area industriale "Foci".

In questo punto il Fiume Elsa tende a rigurgitare lungo l'affluente e quindi a generare esondazioni che coinvolgono alcuni edifici produttivi circostanti.

Anche in destra idraulica, nella zona de "Le Lame", si osservano fenomeni esodantivi, anche se di minor entità.

### 7.3 Modello idraulico Fiume Elsa – tratto di monte

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Fiume Elsa, nel tratto di monte, ovvero tra il confine comunale con Colle Val d'Elsa e la confluenza con il Torrente Foci.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

#### 7.3.1 Introduzione

Il modello idraulico del Fiume Elsa nel tratto di monte, interamente all'interno del territorio comunale di Poggibonsi, è stato realizzato ad hoc in questo lavoro e si sovrappone parzialmente con il modello di valle precedentemente descritto per un tratto di circa 1.1 km.

La scelta di sovrapporre i due modelli nasce dall'esigenza di contenere gli eventuali effetti distorsivi dovuti alla discontinuità di modellazione e alla condizione al contorno.

La geometria del Fiume Elsa è stata ricostruita attraverso l'utilizzo delle sezioni fluviali rilevate dalla Provincia di Siena nell'anno 2003 integrate con quelle rilevate negli studi a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico del Comune di Poggibonsi (2007).

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Fiume Elsa, ma sono stati computati anche tutti i contributi laterali degli affluenti, sia in sinistra che in destra idraulica, compresi i contributi degli interbacini.

L'elenco degli affluenti con i relativi contributi è già stato mostrato nella precedente Tab. 4.

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.3.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2b**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 3a** e **TAV. 4**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	FIUME ELSA – Tratto di monte	
<b>Modellazione</b>	MOTO VARIO	
Lunghezza totale tratto studiato	[m]	8.537,38
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	51 (da R.S. 398 a R.S. 350) + altre sezioni integrative intermedie
Ponti ("Bridge")	[n°]	9
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	1
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica	[n°]	2
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica	[n°]	3
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica	[n°]	4
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica	[n°]	8
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	1
Scabrezza (coefficiente <i>n</i> di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.035 a 0.045

Tab. 24 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fiume Elsa – tratto di monte

Come precedentemente anticipato, nella modellazione, lungo tutte le "Lateral Structure" del modello, sono stati inseriti anche gli scarichi aperti rilevati nel tratto urbano del corso d'acqua.

Nel tratto urbano il Fiume Elsa, a differenza del Torrente Staggia (vedi Par. 7.4) completamente arginato, risulta arginato solo nella parte di valle (dalla Sez. 371 in poi), quindi sono stati rilevati, laddove ciò è risultato possibile, soltanto gli scarichi nel tratto terminale del modello.

Con riferimento alla Fig. 48, sono stati inseriti nel modello soltanto gli scarichi aperti analoghi al "Caso 2", in cui effettivamente, grazie al rigurgito di questi tombini, potrebbero indirettamente allagarsi aree altrimenti protette dagli argini, a differenza del "Caso 1" in cui il livello idrometrico, per raggiungere il punto B dovrebbe comunque innalzarsi alla quota del punto B stesso, indipendentemente dalla presenza di uno scarico aperto.

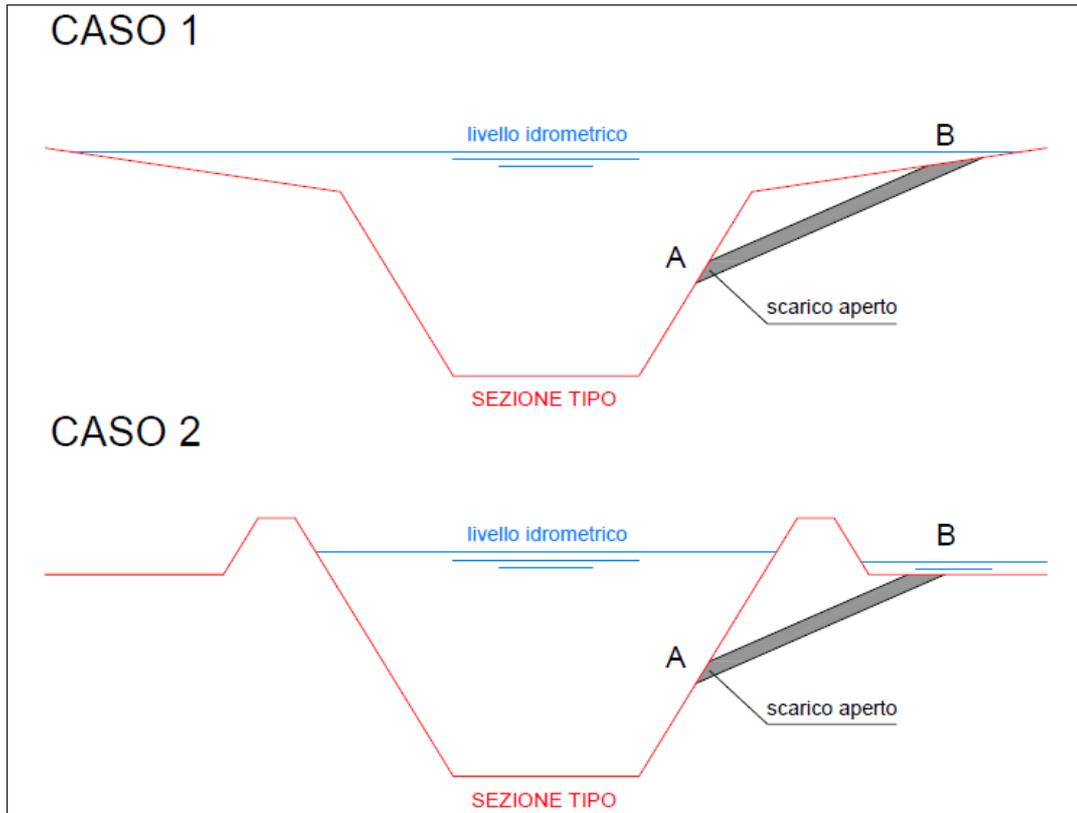


Fig. 48 – Tipologie di scarico lungo i tratti urbani

Nella Fig. 49 è mostrata l'ubicazione degli scarichi rilevati lungo il Fiume Elsa e nella successiva Fig. 50 sono mostrate le fotografie degli scarichi aventi le caratteristiche del "Caso 2" e quindi inseriti nella modellazione.



Fig. 49 – Scarichi rilevati lungo il tratto urbano del Fiume Elsa

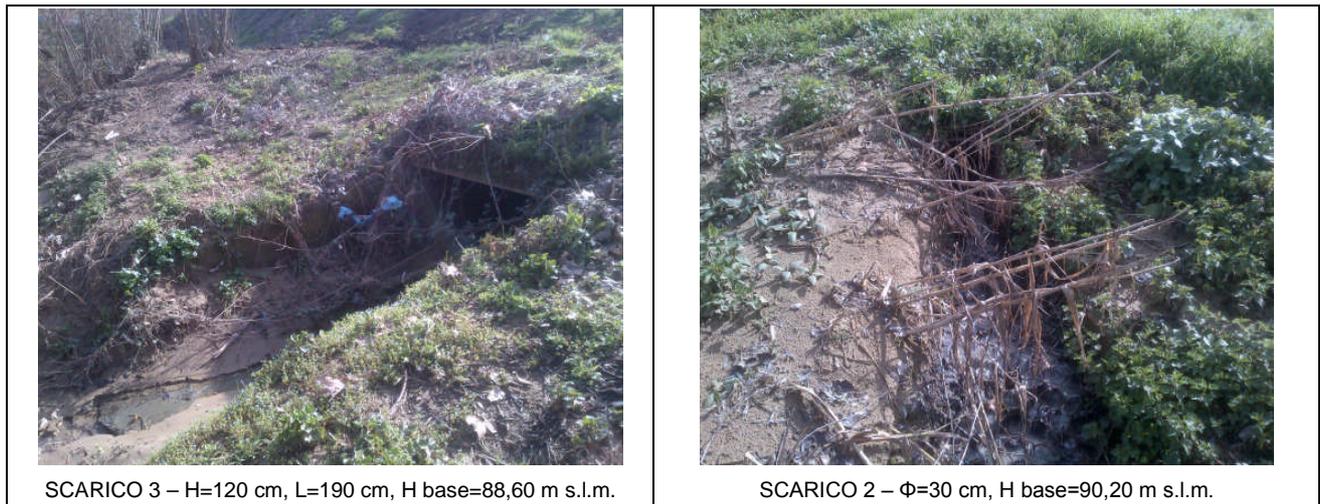


Fig. 50 – Fotografie degli scarichi aperti lungo il tratto urbano arginato del Fiume Elsa

### 7.3.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durate di precipitazione pari a 3, 4, 5, 6 e 7 ore.

Nella Tab. 25 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

Nome	SEZIONE	TIPOLOGIA DI IMMISSIONE
F. ELSA	398	FLOW HYDROGRAPH
B. PATERNA	395	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
B. MONTE CUCCHERI	392	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 1	387-383	UNIFORM LATERAL INFLOW
BAC. 2	382-358	UNIFORM LATERAL INFLOW
T. STAGGIA	357	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH

Tab. 25 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Fiume Elsa (tratto di monte)

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

SCENARI MODELLO	TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE	MODELLO DI PROVENIENZA	SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA	SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA
TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Sez. 350
TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Sez. 350
TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Sez. 350
TR500, TR200, TR100, TR30 D=6 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=6 ore	Sez. 350
TR500, TR200, TR100, TR30 D=7 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=7 ore	Sez. 350

Tab. 26 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Fiume Elsa (tratto di valle)

#### 7.3.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai massimi livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla “quasi bidimensionalità” del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 3a** (scala 1:5.000), mostra le aree allagate del Fiume Elsa (tratto di valle) nei 4 scenari di studio (TR30, TR100, TR200 e TR500), mentre la **TAV. 4** (scala 1:10.000) mostra le aree allagate complete del Fiume Elsa.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Fiume Elsa tra Colle Val d'Elsa e la confluenza con il Torrente Foci si presenta piuttosto incassata fino al centro abitato di Poggibonsi, con la portata sostanzialmente contenuta in alveo e nelle aree di golena.

A partire dal centro abitato il corso d'acqua risulta invece arginato in modo non regolare, generando esondazioni anche per il tempo di ritorno trentennale nelle zone abitate di “Molino d'Elsa” e del campo sportivo (sinistra idraulica) e del “Masso” e della “Gora” (destra idraulica).

Proseguendo verso valle il corso d'acqua torna ad essere contenuto entro gli argini, anche se con franchi di sicurezza di pochi centimetri, per poi tornare ad esondare, per eventi con tempi di ritorno pari a 100 e 200 anni, in prossimità della confluenza con il Torrente Staggia, nella zona di “Bocca d'Elsa” e di “Palagetto” (sinistra idraulica) e del “Fontino” (destra idraulica), interessando anche alcune aree abitate.

La causa prevalente dell'esondazione in sinistra idraulica in zona “Bocca d'Elsa” e “Palagetto” è la “risalita” di volumi idrici esondati a valle, tra la Sez. 358 e la Sez. 355, nonché, sebbene meno influente, il rigurgito dello scarico indicato con il n. 3 nella precedente Fig. 49.

## 7.4 Modello idraulico Torrente Staggia

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Torrente Staggia, nel tratto che parte appena a monte de "La Magione" fino alla confluenza con il Fiume Elsa.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.4.1 Introduzione

La modellazione idraulica del Torrente Staggia si è limitata al tratto posto in prossimità del centro abitato di Poggibonsi.

Il Torrente Staggia, il cui reticolo ricade quasi interamente all'interno del territorio comunale di Poggibonsi, lambisce anche altre frazioni del territorio comunale come l'area di Bellavista e la frazione di Staggia Senese, ma in entrambi i casi i perimetri edificati sono posti in "alto morfologico" rispetto al corso d'acqua, su terrazzi in travertino, pertanto, anche alla luce delle attuali classificazioni di pericolosità del P.A.I., non si è ritenuto necessario approfondire questi tratti fluviali posti più a monte.

La geometria del Torrente Staggia, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso l'utilizzo delle sezioni fluviali rilevate da R.F.I. nell'anno 2003, nel tratto più a valle, integrate con quelle rilevate ad hoc per il presente lavoro.

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Torrente Staggia, ma sono stati computati anche tutti i contributi laterali degli affluenti, sia in sinistra che in destra idraulica, compresi i contributi degli interbacini.

L'elenco degli affluenti con i relativi contributi è già stato mostrato nella precedente Tab. 6.

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.4.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2c**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 5**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>TORRENTE STAGGIA</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	5.318.28
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	41 (da R.S. 41 a R.S. 1) + altre sezioni integrative intermedie
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	9
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	1
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica</i>	[n°]	9
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica</i>	[n°]	9
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica</i>	[n°]	8
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica</i>	[n°]	7
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	14
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>2/3</sup> ]	Variabile da 0.035 a 0.04

Tab. 27 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Torrente Staggia

Come per il Fiume Elsa, nella modellazione, lungo tutte le "Lateral Structure" del modello, sono stati inseriti anche gli scarichi aperti rilevati nel tratto urbano del corso d'acqua.

Rispetto al Fiume Elsa, in questo caso sono stati rilevati numerose tubazioni di scarico sprovviste di valvole di ritenuta, pertanto la modellazione del corso d'acqua è stata notevolmente modificata rispetto alla precedente versione, anche con introduzione di nuove "Storage Area" lungo tratti precedentemente non soggetti ad esondazione per sormonto arginale.

Tutto il tratto urbano del Torrente Staggia, infatti, presenta strutture arginali continue sia in destra che in sinistra idraulica, pertanto tutti gli scarichi presenti sono del tipo analogo al "Caso 2" di cui alla precedente Fig. 48.

Nonostante la notevole lunghezza del tratto urbano del Torrente Staggia, è stato possibile rilevare tutti gli scarichi presenti, vista la relativa facilità con la quale è consentito percorrere gli argini.

Nelle successive Figg. 51-53 sono mostrati estratti planimetrici con evidenziata l'ubicazione di tutti gli scarichi rilevati, nelle figure seguenti sono mostrate alcune fotografie solo degli scarichi aperti, quindi inseriti nella modellazione.



Fig. 51 – Scarichi rilevati lungo il tratto urbano del Torrente Staggia (1)



Fig. 52 – Scarichi rilevati lungo il tratto urbano del Torrente Staggia (2)



Fig. 53 – Scarichi rilevati lungo il tratto urbano del Torrente Staggia (3)



SCARICO 1 –  $\Phi=60$  cm, H base=98,49 m s.l.m.



SCARICO 3 –  $\Phi$  arco=100 cm, H tratto vert.=70 cm, H base=100,99 m s.l.m.



SCARICO 4 –  $\Phi$  arco=90 cm, H tratto vert.=60 cm, H base=101,46 m s.l.m.



SCARICO 5 –  $\Phi=60$  cm, H base=98,92 m s.l.m.



SCARICO 8 –  $\Phi$  arco=70 cm, H tratto vert.=15 cm, H base=97,06 m s.l.m.



SCARICO 12 –  $\Phi=90$  cm, H base=94,64 m s.l.m.

Fig. 54 – Fotografie degli scarichi aperti lungo il tratto urbano arginato del Torrente Staggia



Fig. 55 – Fotografie degli scarichi aperti lungo il tratto urbano arginato del Torrente Staggia

## 7.4.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durate di precipitazione pari a 3, 4, 5, 6 e 7 ore.

Nella Tab. 28 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

Nome	SEZIONE	TIPOLOGIA DI IMMISSIONE
T. STAGGIA	41	FLOW HYDROGRAPH
T. CARFINI	36	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 1	34-32	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. PAPAIANO	31	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 2	29-28	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. MELACHECCA	26	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 3	24-18	UNIFORM LATERAL INFLOW
B. PANCOLE	18.1	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
T. DROVE	11	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
BAC. 4	9-2	UNIFORM LATERAL INFLOW

Tab. 28 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Torrente Staggia

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

SCENARI MODELLO	TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE	MODELLO DI PROVENIENZA	SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA	SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA
TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Sez. 358
TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Sez. 358
TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Sez. 358
TR500, TR200, TR100, TR30 D=6 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=6 ore	Sez. 358
TR500, TR200, TR100, TR30 D=7 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=7 ore	Sez. 358

Tab. 29 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Torrente Staggia

Non sono state assegnate particolari condizioni al contorno o iniziali relativamente alle aree di potenziale esondazione che il modello del Torrente Staggia ha in comune con il modello del Fiume Elsa (tratto di monte) o il modello del Torrente Drove.

La motivazione di questa scelta è dettata dal fatto che le durate di precipitazione che massimizzano l'evento per il Fiume Elsa e per il Torrente Staggia, ad esempio, sono diverse lungo

il tratto urbano, e queste aree comuni (APE "Poggi5", "Poggi6" e "Poggi7", vedi **TAV. 2b** e **TAV. 2c**) si allagano per tempi di ritorno diversi.

Per quanto riguarda invece le aree comuni denominate APE "Fontino" (con l'Elsa) e APE "Case Gucci" (con il Drove), poste sulle confluenze reciproche, si è ritenuto adeguato non considerare i volumi provenienti (o già provenuti) dagli altri corsi d'acqua in quanto trattasi di aree di espansione ma non di accumulo e quindi di per sé la condizione di valle scelta garantisce abbondantemente di simulare il rigurgito che si può determinare in queste aree dall'esatta sovrapposizione temporale degli eventi di piena per entrambi i corsi, peraltro assai improbabile.

#### 7.4.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai massimi livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 5** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Torrente Staggia nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Torrente Staggia, in analogia con quella del Fiume Elsa, presenta un alveo naturale e piuttosto incassato fino all'ingresso nel centro abitato di Poggibonsi, in prossimità del castello de "La Magione", oltre il quale le sponde iniziano ad essere modellate artificialmente e successivamente arginate.

E' proprio in corrispondenza di questa zona che il corso d'acqua non riesce, neanche per l'evento trentennale, ad essere contenuto in alveo generando un intenso fenomeno esondativo sia in destra che in sinistra idraulica, interessando l'area de "La Magione" e dell'antistante parco.

Incontrando poi le acque del Torrente Carfini, le portate di piena tendono a sormontare anche l'argine di protezione del parcheggio del "Bernino", andando ad allagare con battenti importanti tutta l'area dell'acquedotto e degli impianti sportivi, assai depressa.

Questo ingente fenomeno esondativo finisce per laminare la portata del corso d'acqua a tal punto da consentire il suo contenimento lungo il tratto arginato a valle del ponte del "Bernino".

Da qui in poi l'arginatura si mostra maggiormente efficace, nonostante i franchi di sicurezza che essa garantisce siano assai ridotti.

Proseguendo verso valle e incontrando il corso d'acqua numerosi attraversamenti che determinano rigurgito, il Torrente Staggia riduce rapidamente il proprio margine di sicurezza rispetto alle sommità arginali finendo così per esondare, per eventi con tempo di ritorno centennale e duecentennale, in destra ed in sinistra idraulica in prossimità della confluenza con il Torrente Drove, anche per effetto del notevole restringimento dovuto al ponte della linea ferroviaria.

In particolare in destra idraulica i volumi esondati tendono ad insinuarsi nell'area urbana per defluire poi in direzione del Fiume Elsa.

Il corso d'acqua non è invece in grado di contenere la propria portata di piena, lungo praticamente tutto il tratto analizzato, per quanto riguarda l'evento cinquecentennale.

Rispetto alla prima versione del presente lavoro, l'introduzione degli scarichi aperti lungo l'asta ha effettivamente generato una serie di fenomeni di esondazioni indirette nelle aree più depresse, in particolare in destra idraulica dalla Loc. Salceto fino allo Stadio.

Lungo tutto questo tratto, pur riuscendo come detto gli argini a contenere la portata in alveo con piccolissimi franchi di sicurezza, sono gli scarichi aperti a determinare rigurgito e quindi allagamento delle aree circostanti.

Questo fenomeno appare più intenso in Loc. Salceto (anche per TR100), zona in cui sono peraltro note frequenti situazioni di ristagno in caso di piogge intense, e in zona Stadio (per TR200).

## 7.5 Modello idraulico Torrente Foci

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Torrente Foci, nel tratto terminale che costeggia l'area industriale Foci, a partire dall'inceneritore fino alla confluenza con il Fiume Elsa.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.5.1 Introduzione

La modellazione idraulica del Torrente Foci è stata condotta a partire da una sezione posta appena a monte dell'inceneritore, nell'ipotesi, a favore di sicurezza, che tutta la portata di piena idrologica calcolata poco più a valle (in corrispondenza dell'attraversamento sulla S.P. n. 1 di San Gimignano, sia effettivamente disponibile senza che abbia subito alcuna laminazione a monte.

L'intero tratto studiato ricade all'interno del territorio comunale di Poggibonsi, definendone il confine con San Gimignano nella parte più a monte.

La geometria del Torrente Foci, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso l'acquisizione delle sezioni fluviali rilevate a supporto di uno studio idraulico per un privato (2002) opportunamente verificate, riadattate ed integrate mediante il LIDAR; è stato inoltre eseguito un apposito rilievo nel tratto di monte, compresi i 2 attraversamenti sulla vecchia e la nuova S.P. n. 1 di San Gimignano.

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Torrente Foci, ma sono stati computati anche tutti i contributi laterali degli affluenti, sia in sinistra che in destra idraulica.

L'elenco degli affluenti con i relativi contributi è già stato mostrato nella precedente Tab. 8.

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.5.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2b**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 6**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegare al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>TORRENTE FOCI</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	3.942.11
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	29 (da R.S. 27 a R.S. 1 + altre sezioni intermedie)
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	3
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	1
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica</i>	[n°]	10
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica</i>	[n°]	8
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica</i>	[n°]	9
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica</i>	[n°]	8
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	12
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.037 a 0.04

Tab. 30 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Torrente Foci

### 7.5.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durate di precipitazione pari a 3, 4 e 5 ore.

Nella Tab. 31 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

<b>Nome</b>	<b>SEZIONE</b>	<b>TIPOLOGIA DI IMMISSIONE</b>
T. FOCI	27	FLOW HYDROGRAPH
F. DEL RIO	17	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
B. DELLE OSOLE	13	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
F. ORNETO	11	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH
F. NON CLASS.	2	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH

Tab. 31 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Torrente Foci

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

SCENARI MODELLO	TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE	MODELLO DI PROVENIENZA	SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA	SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA
TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Sez. 349
TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Sez. 349
TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di monte)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=5 ore	Sez. 349

Tab. 32 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Torrente Foci

#### 7.5.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai massimi livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla “quasi bidimensionalità” del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 6** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Torrente Foci nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Torrente Foci, nel tratto studiato presenta un alveo naturale di dimensioni abbastanza ridotte in rapporto alle portate di piena che il bacino è in grado di produrre; non sono presenti argini regolari, pertanto il corso d'acqua tende ampiamente ad esondare sia in destra che in sinistra idraulica andando ad occupare tutte le aree adiacenti ad esso e maggiormente depresse.

L'area industriale dei Foci si sviluppa prevalentemente tra il corso d'acqua e la S.P. n. 1 di San Gimignano, in una fascia pianeggiante leggermente degradante verso il fiume.

L'area industriale si estende fino all'inceneritore, a monte del tracciato nella Provinciale.

Dalla modellazione risulta che tutta l'area edificata è stata sostanzialmente in sicurezza idraulica anche rispetto all'evento duecentennale, essendo i vari edifici e capannoni produttivi stati realizzati su piano di posa rialzati, soltanto lambiti, nella parte più prossima al corso d'acqua, dal fronte di esondazione, benché con franchi di sicurezza minimi.

Si osserva però un fenomeno di allagamento “indiretto” della porzione di area industriale posta a valle della S.P. n. 1 per effetto dell'esondazione del Torrente Foci in destra idraulica a monte della strada stessa; infatti il rilevato stradale e i recenti comparti produttivi realizzati in prossimità dell'inceneritore costringono le acque esondate a trovare sfogo verso la rotatoria sulla Provinciale, sormontando la strada e defluendo tra i fabbricati esistenti ritrovando il corso d'acqua molto più a valle.

Un altro punto critico è rappresentato dalla parte terminale del Torrente, in prossimità della confluenza col Fiume Elsa, in cui il fronte di allagamento risulta più ampio rispetto alle sezioni più a monte e va ad interessare anche alcuni edifici esistenti a causa dell'effetto di rigurgito generato dal Fiume Elsa.

In considerazione del fatto che lungo il Torrente Foci sono previsti interventi di Piano di Bacino (Stralcio Rischio Idraulico), si ritiene che le criticità appena descritte possano essere ridotte o eliminate mediante la realizzazione di opere di laminazione.

## 7.6 Modello idraulico Torrente Drove

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Torrente Drove. E' stato predisposto un modello congiunto dei due rami principali del Torrente Drove (Tattera e Cinciano), a partire da monte dello svincolo di Drove (uscita raccordo FI-SI) fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.6.1 Introduzione

La modellazione idraulica del Torrente Drove si estende per un tratto sufficiente da abbracciare tutto lo sviluppo delle aree urbanizzate lungo di esso fino al territorio aperto fuori dal capoluogo.

Il Torrente Drove, la cui asta principale, a valle della confluenza tra Tattera e Cinciano, ma ancor prima lungo il Drove di Cinciano, determina il confine tra i territori comunali di Poggibonsi e Barberino Val d'Elsa, attraversa un territorio intensamente urbanizzato, costituito in particolare di zone industriali-artigianili sia in destra idraulica (Poggibonsi), che in sinistra idraulica (Barberino Val d'Elsa).

La geometria del Torrente Drove, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso l'utilizzo delle sezioni fluviali rilevate dalla Provincia di Siena nell'anno 2003 sia lungo l'asta principale che lungo i due rami di monte (Tattera e Cinciano); tali sezioni sono state integrate in prossimità della confluenza tra i due rami suddetti con alcune sezioni derivanti da uno studio idraulico per un privato supporto di una recente edificazione e dal LIDAR.

Nella modellazione, come anticipato, sono state studiate le aste del Drove di Tattera e del Drove di Cinciano a partire da monte dello svincolo di Drove e tutta l'asta del Torrente Drove a valle della confluenza dei due rami suddetti fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

Nella modellazione è stato anche computato il contributo laterale Torrente Bozzone.

L'elenco degli affluenti con i relativi contributi è già stato mostrato nella precedente Tab. 10.

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.6.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2d**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 7**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa, in cui si differenziano le informazioni legate al singolo ramo; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegare al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	TORRENTE DROVE (tratto di valle) DROVE DI TATTERA (affluente) DROVE DI CINCIANO (affluente)	
<b>Modellazione</b>	MOTO VARIO	
Lunghezza totale tratti studiati	[m]	DROVE – 1.725,87 CINCIANO – 556,04 TATTERA - 1.294,82
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	DROVE – 18 CINCIANO – 16 TATTERA - 16
Ponti ("Bridge")	[n°]	DROVE – 1 CINCIANO – 5 TATTERA - 5
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	0
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")	[n°]	25
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")	[n°]	22
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	28
Scabrezza (coefficiente n di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.035 a 0.04

Tab. 33 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Torrente Drove

### 7.6.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durate di precipitazione pari a 3 e 4 ore.

Nella Tab. 34 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

Nome	SEZIONE	TIPOLOGIA DI IMMISSIONE
T. DROVE DI TATTERA	16	FLOW HYDROGRAPH
T. DROVE DI CINCIANO	15	FLOW HYDROGRAPH
T. BOZZONE	16 (tratto Drove valle)	LATERAL INFLOW HYDROGRAPH

Tab. 34 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Torrente Staggia

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

SCENARI MODELLO	TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE	MODELLO DI PROVENIENZA	SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA	SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA
TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Sez. 10
TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR500, TR200, TR100, TR30 D=4 ore	Sez. 10

Tab. 35 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Torrente Drove

#### 7.6.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai massimi livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 7** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Torrente Drove nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

Le aste dei Torrenti Drove di Tattera e Drove di Cinciano, nel territorio aperto a monte del raccordo FI-SI risultano piuttosto incassate e gli allagamenti che si generano, nonostante la presenza di numerosi piccoli ponti e/o guadi, sono generalmente contenuti in alveo e nelle aree di golena.

All'altezza dello svincolo di Drove (uscita FI-SI) l'estrema complessità del reticolo (confluenza Tattera-Cinciano, confluenza Drove-Bozzone poco più a valle) unitamente alla particolare articolazione della viabilità e alla presenza di numerosi attraversamenti anche sottodimensionati (soprattutto lungo il Cinciano) determinano lo sviluppo di esondazioni diffuse all'altezza dello svincolo, soprattutto in destra idraulica del Cinciano ed in destra del Tattera.

In particolare l'esondazione in destra del Cinciano fa sì che si generi un trasferimento di volumi verso valle al di là dello svincolo di Drove, su Barberino Val d'Elsa, interessando anche la stessa viabilità.

Per quanto riguarda il territorio entro in confine comunale di Poggibonsi, le aree maggiormente interessate da esondazione sono quelle poste a valle della confluenza Tattera-Cinciano, ovvero l'area industriale di Drove.

Essa risulta attraversata dal trasferimento di volumi esondati a monte che tendono a rientrare nel corso d'acqua a valle dell'area industriale stessa; inoltre non essendo presente una struttura arginale regolare, si verifica anche esondazione diretta lungo tutto il tratto fluviale adiacente all'area industriale.

Nel proseguire verso valle il Torrente Drove trova il proprio sfogo in destra idraulica (Barberino Val d'Elsa).

Tali esondazioni risultano talmente ingenti che determinano (solo per TR>100) addirittura il superamento della linea ferroviaria e di Via Pisana, seppur con battenti minimi, tornando così ad interessare il territorio di Poggibonsi in destra idraulica del Torrente Staggia, fino al depuratore.

## 7.7 Modello idraulico Botro di Bacchereto

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Botro di Bacchereto, nel tratto terminale che costituisce il confine tra Poggibonsi (destra idraulica) e San Gimignano (sinistra idraulica) fino alla confluenza con il Fiume Elsa.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.7.1 Introduzione

Il territorio comunale attraversato dal Botro di Bacchereto è prevalentemente boschivo e agricolo, invece sul lato di San Gimignano è presente l'area industriale di Cusona.

L'interferenza principale di questo corso d'acqua non è tanto con zona abitate ma con le infrastrutture, ovvero la S.P. di Uignano (o di "Sottobosco") e il nuovo tracciato della S.R. n. 429.

La geometria del Botro di Bacchereto, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso l'acquisizione delle sezioni fluviali rilevate dalla Provincia di Siena nel 2005 a supporto del progetto della S.R. n. 429 e dal Comune di San Gimignano in occasione degli studi idraulici a supporto del Regolamento Urbanistico (2008).

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Botro di Bacchereto; lungo il tratto studiato non sono presenti affluenti significativi, pertanto l'idrogramma immesso nel modello è quello calcolato in corrispondenza della sezione di chiusura (confluenza con il Fiume Elsa).

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo e sono mostrati nella precedente Fig. 37.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.7.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2d**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 8**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>BOTRO DI BACCHERETO</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
Lunghezza totale tratto studiato	[m]	682,02
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	16 (da R.S. 17 a R.S. 1)
Ponti ("Bridge")	[n°]	2
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	0
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica	[n°]	5
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica	[n°]	7
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica	[n°]	5
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica	[n°]	4
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	12
Scabrezza (coefficiente n di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.035 a 0.04

Tab. 36 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Botro di Bacchereto

### 7.7.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durata critica di precipitazione pari a circa 1,5 ore.

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

<b>SCENARI MODELLO</b>	<b>TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE</b>	<b>MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA</b>
TR500, TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (tratto di valle)	TR500, TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Sez. 335

Tab. 37 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Botro di Bacchereto

### 7.7.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 8** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Botro di Bacchereto nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Botro di Bacchereto, nel tratto studiato, presenta un alveo naturale del tutto insufficiente a garantire il contenimento delle portate di piena.

L'esondazione si sviluppa, prevalentemente in destra idraulica, già a monte della Strada di "Sottobosco"; l'attraversamento della strada è del tutto sottodimensionato pertanto si crea un effetto di "bocca tarata" che determina un aumento dei livelli a monte fino al sormonto, anche per il tempo di ritorno trentennale, della strada.

I volumi così esondati si riversano sul piano campagna al di là della strada, trovando poco più a valle l'ulteriore sbarramento del rilevato stradale della nuova S.R. n. 429, il cui attraversamento sul corso d'acqua presenta una luce di dimensioni adeguate.

A valle della 429 nuovamente si sviluppano esondazione sia in destra che in sinistra idraulica fino alla confluenza con l'Elsa.

L'area complessivamente allagabile sul territorio di Poggibonsi ha un'estensione inferiore rispetto a quella in sinistra, su San Gimignano; infatti i volumi esondati in destra tendono a rientrare in alveo per le pendenze del piano campagna, mentre i volumi esondati in sinistra tendono ad allentarsi dal corso d'acqua ed estendersi su tutta l'area industriale di Cusona.

Dall'analisi dei risultati del modello idraulico del Botro di Bacchereto emergono, nelle tabelle relative alle sezioni idrauliche (vedi **Allegato Idraulico**) alcune portate di valore negativo in corrispondenza delle sezioni terminali prima della confluenza con il Fiume Elsa.

Questo fenomeno è dovuto alla condizione di valle adottata.

Infatti l'idrogramma in ingresso del Botro di Bacchereto, che si sviluppa per una durata di precipitazione pari a circa 1.5 ore, presenta il suo picco, in corrispondenza della Sez. 17 di ingresso al modello, circa 1.5 ore dopo l'inizio dell'evento, mentre il Fiume Elsa, sempre per l'evento di 1.5 ore, presenta il suo picco, in corrispondenza della Sez. 335 di confluenza con lo Staggia, circa 5 ore dopo l'inizio dell'evento.

Di questa discrepanza temporale è dato conto, solo per lo scenario duecentennale (ma situazione è analoga anche per gli altri scenari), nella successiva tabella (con estensione temporale fino a 4 ore dall'inizio dell'evento).

T (min)	Q200 Bacchereto (Sez. 17)	T (min)	Q200 Elsa Sez. 335
10	0.00		5.40
20	0.35		
30	3.46	30	22.75
40	10.63		
50	20.54		
60	30.62	60	48.68
70	40.07		
80	47.83		
90	51.45	90	120.81
100	49.96		
110	44.48		
120	37.50	120	225.00
130	30.42		
140	23.99		
150	18.47	150	330.43
160	13.99		
170	10.48		
180	7.42	180	434.32
190	4.10		
200	2.95		
210	2.09	210	479.91
220	1.50		
230	1.06		
240	0.74	240	504.10
330	0.028	330	542.78

Tab. 38 – Confronto temporale portata Bacchereto Sez. 17 e portata Elsa Sez. 335 per Tr200 e D=1.5 ore

Per quanto riportato nella precedente tabella, tenuto conto che il massimo livello idrometrico per TR200 del Fiume Elsa alla sezione di confluenza con il Bacchereto è pari a 82.85 m s.l.m., ovvero molto più elevato dell'alveo del Bacchereto, come mostra il successivo profilo idraulico relativo alla modellazione duecentennale, e considerato che la modellazione è stata condotta per una durata complessiva di 6 ore, in modo da includere anche il picco della condizione di valle, risulta che superato il picco della portata in ingresso del Bacchereto (1.5 ore) sia il Fiume Elsa a rigurgitare lungo il Bacchereto stesso a tal punto da generare, nella fase di passaggio del picco alla sezione di confluenza (5 ore), anche ingenti portate "a ritroso" lungo l'asta; da qui le portate negative risultanti dalle tabelle di output, che si sottolineano riferirsi al "WS Max", ovvero il massimo livello idrometrico raggiunto nella modellazione, che evidentemente si produce dopo circa 5 ore dell'inizio dell'evento.

Questa dinamica vale per tutti i 4 tempi di ritorno studiati.

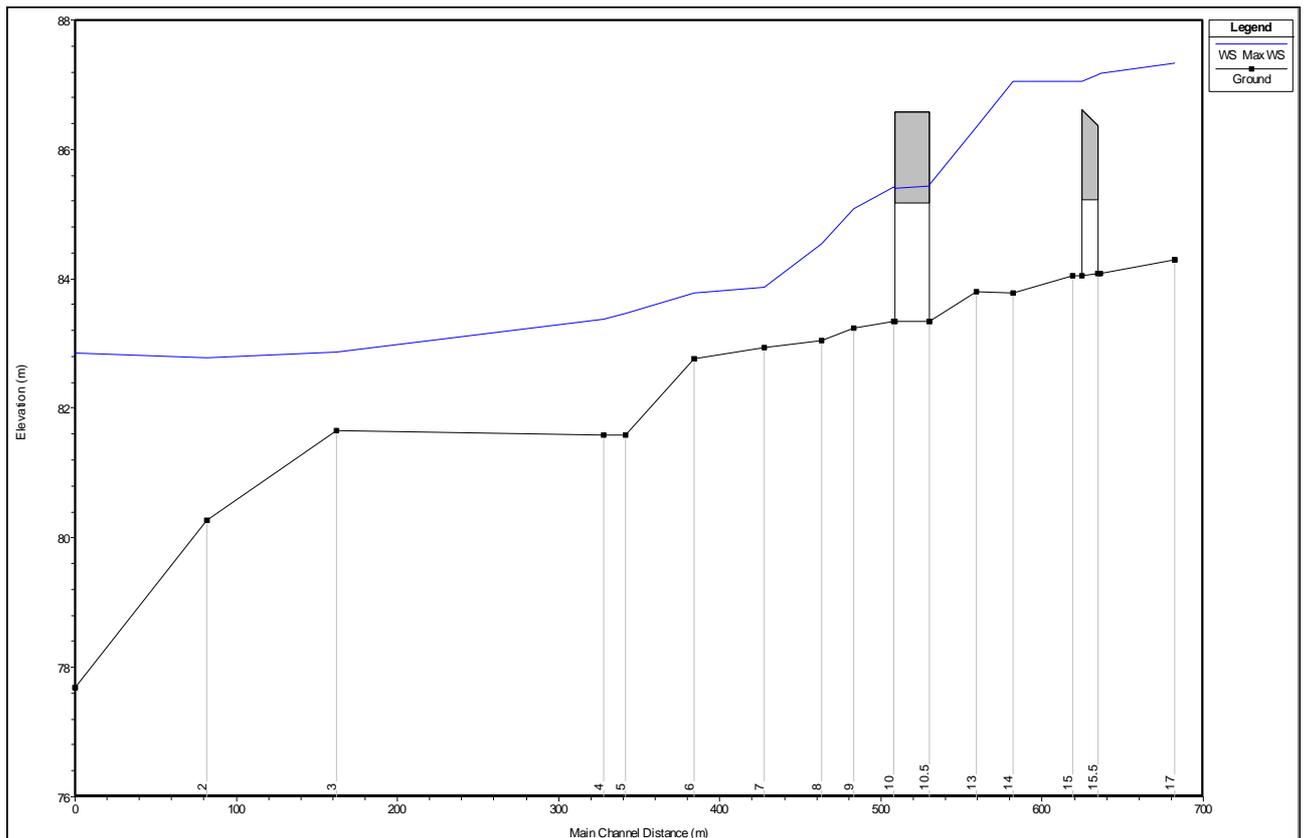


Fig. 56 – Profilo idraulico Botro di Bacchereto nello scenario duecentennale

## 7.8 Modello idraulico Borro di Melachecca

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Borro di Melachecca.

E' stato studiato il tratto a cielo aperto a partire dalla stazione di rifornimento del gas fino all'imbocco del tratto intubato, in corrispondenza del rilevato del raccordo FI-SI, e da quest'ultimo fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.8.1 Introduzione

Il Borro di Melachecca ricade interamente sul territorio comunale di Poggibonsi; esso scorre in territorio aperto fino al rilevato del raccordo FI-SI e poi risulta intubato fino alla confluenza con lo Staggia.

Lungo il tratto terminale a cielo aperto sono presenti alcune interferenze con elementi antropici, ovvero la stazione di rifornimento del gas e la stazione di sollevamento dell'acquedotto, posta proprio in prossimità dell'imbocco dell'intubamento.

La geometria del Borro di Melachecca, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso la realizzazione di un apposito rilievo topografico.

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Borro di Melachecca; lungo il tratto studiato non sono presenti affluenti significativi, pertanto l'idrogramma immesso nel modello è quello calcolato in corrispondenza della sezione di chiusura (confluenza con il Torrente Staggia).

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo e sono mostrati nella precedente Fig. 38.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.8.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2d**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 8**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>BORRO DI MELACHECCA</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
Lunghezza totale tratto studiato	[m]	396,97
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	11 (da R.S. 11 a R.S. 1)
Ponti ("Bridge") o Tombini ("Culvert")	[n°]	2
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	0
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica	[n°]	3
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica	[n°]	2
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica	[n°]	3
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica	[n°]	2
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	1
Scabrezza (coefficiente n di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.025 a 0.035

Tab. 39 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Borro di Melachecca

### 7.8.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e la durata critica di precipitazione pari a circa 30 minuti.

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

SCENARI MODELLO	TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE	MODELLO DI PROVENIENZA	SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA	SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA
TR500, TR200, TR100, TR30 D=30 minuti	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR500, TR200, TR100, TR30 D=1 ora	Sez. 27

Tab. 40 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Borro di Melachecca

### 7.8.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 8** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Borro di Melachecca nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Borro di Melachecca, a monte del tratto studiato, presenta un alveo piuttosto incassato, perciò la portata è contenuta in alveo e nelle aree golenali.

Lungo il tratto studiato, soprattutto in destra idraulica, il fondovalle si presenta più ampio e pianeggiante, e viene interessato dall'esonazione di ingenti volumi poiché le sezioni idrauliche risultano insufficienti.

In corrispondenza del sottopasso della FI-SI il corso d'acqua entra nell'intubamento che lo porta fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

L'intubamento, all'imbocco, è costituito da una tubazione di diametro pari a 1.5 metri, del tutto insufficiente a far defluire le portate di piena, anche trentennali.

L'effetto che si genera è un forte rigurgito che determina l'accumulo della quasi totalità del volume idrico prodotto dall'evento nell'area a monte dell'intubamento.

Sostanzialmente l'intubamento comporta da bocca tarata, ed i livelli a monte di esso raggiungono addirittura altezze di oltre 5 metri rispetto al piano campagna, andando a sommergere interamente la stazione di sollevamento dell'acquedotto; la stazione di rifornimento del gas, posta più a monte, risulta invece soltanto lambita dall'esonazione, in quanto realizzata su un rilevato molto più alto del corso d'acqua, nonostante l'attraversamento in corrispondenza di essa risulti sormontato dalla corrente.

Si sottolinea però che il fenomeno si sviluppa e si risolve nell'arco di un tempo assai breve, di poco superiore ad 1 ora.

## 7.9 Modello idraulico Borro di Papaiano

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Borro di Papaiano.

E' stato studiato il tratto terminale a partire da monte del raccordo autostradale FI-SI fino fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.9.1 Introduzione

Il Borro di Papaiano ricade interamente sul territorio comunale di Poggibonsi; esso scorre in territorio aperto fino al rilevato del raccordo FI-SI e poi risulta convogliato in un tratto artificiale a cielo aperto fino alla confluenza con lo Staggia, attraversando prima dell'immissione la pista ciclabile.

Non si segnalano particolari interferenze con elementi antropici, se non il tracciato della FI-SI e alcuni capanni agricoli o case isolate (quest'ultime più distanti dal corso d'acqua).

La geometria del Borro di Papaiano, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso la realizzazione di un apposito rilievo topografico.

Nella modellazione è stata studiata solo l'asta del Borro di Papaiano; lungo il tratto studiato non sono presenti affluenti significativi, pertanto l'idrogramma immesso nel modello è quello calcolato in corrispondenza della sezione di chiusura (confluenza con il Torrente Staggia).

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo e sono mostrati nella precedente Fig. 39.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.9.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella **TAV. 2d**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 8**.

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegata al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>BORRO PAPAIANO</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
Lunghezza totale tratto studiato	[m]	237.,39
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	16 (da R.S. 16 a R.S. 1)
Ponti ("Bridge") o Tombini ("Culvert")	[n°]	3
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	0
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica	[n°]	3
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica	[n°]	3
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica	[n°]	3
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica	[n°]	3
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	2
Scabrezza (coefficiente n di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.025 a 0.04

Tab. 41 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Borro di Papaiano

### 7.9.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e le durata critica di precipitazione pari a circa 45 minuti.

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

<b>SCENARI MODELLO</b>	<b>TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE</b>	<b>MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA</b>
TR500, TR200, TR100, TR30 D=45 minuti	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR500, TR200, TR100, TR30 D=1 ora	Sez. 31

Tab. 42 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Borro di Papaiano

### 7.9.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 8** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Borro di Papaiano nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

L'asta del Borro di Papaiano, a monte del tratto studiato, presenta un alveo piuttosto incassato, perciò la portata è contenuta nelle fasce più adiacenti al corso d'acqua.

Nell'ipotesi, a favore di sicurezza, che l'intera portata raggiunga la sezione di ingresso del modello senza subire laminazione per esondazione a monte, si verifica che lungo il tratto studiato l'alveo non è in grado di contenere le portate di piena pertanto si sviluppano esondazioni sia in destra che in sinistra idraulica.

I volumi esondati in sinistra tendono a scorrere verso valle fino a trovare lo sbarramento del rilevato della FI-SI e quindi essere reindirizzati al corso d'acqua.

I volumi esondati in destra tendono invece ad andare ad accumularsi nell'ampia zona agricola posta tra il Papaiano e la rampa dell'uscita Poggibonsi della FI-SI.

Si verifica pertanto una divisione dei percorsi di deflusso. Una parte della portata transita in alveo, supera il sottopasso del raccordo autostradale e prosegue lungo il tratto artificiale fino al Torrente Staggia. L'altra parte finisce invece per esondare in destra, accumularsi nell'area agricola a ridosso del rilevato autostradale e defluire lentamente attraverso un ulteriore tombino sotto la FI-SI verso l'area posta tra la FI-SI stessa e il Torrente Staggia, allagandola completamente anche per l'evento trentennale. Per di più, in occasione dell'evento duecentennale, l'accumulo nell'area a monte del raccordo autostradale è tale da provocare il parziale sormonto dello stesso, finendo quindi per interessare la carreggiata.

Ciò avviene perché proprio in questo tratto il profilo del rilevato autostradale presenta quote decrescenti fino e poco oltre l'uscita di Poggibonsi (tratto leggermente avvallato).

Il tratto della FI-SI potenzialmente sormontabile è quindi quello che va da poco più a valle dell'attraversamento del Borro di Papaiano fino alla rampa di decelerazione dell'uscita di Poggibonsi.

## 7.10 Modello idraulico Torrente Carfini

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Torrente Carfini nel tratto terminale fino alla confluenza con il Torrente Staggia.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico è sinteticamente descritto mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.10.1 Introduzione

La modellazione idraulica del Torrente Carfini è stata condotta a partire da monte della confluenza con il Fosso di Bacio fino al Torrente Staggia.

L'intero tratto studiato ricade all'interno del territorio comunale di Poggibonsi.

Questo tratto di asta attraversa un fondovalle piuttosto ampio ed è caratterizzato dalla presenza di 3 manufatti trasversali, ovvero il vecchio guado e il nuovo guado posti alle sezioni n. 12 e n. 10 e il sottopasso del raccordo autostradale Firenze-Siena (sezione n. 6).

Il corso d'acqua si presenta parzialmente arginato e in adiacenza ad esso, ad una certa distanza, si trovano soltanto alcuni fabbricati sparsi, a destinazione produttiva e residenziale.

E' inoltre in procinto di essere realizzato da parte della Provincia di Siena (opera già appaltata) un intervento di adeguamento del tratto arginale sinistro a valle del nuovo guado fino al sottopasso autostradale, comprendente anche la sistemazione del sottopasso stesso.

La geometria del Torrente Carfini, lungo il tratto in esame, è stata ricostruita attraverso l'esecuzione di apposito rilievo topografico, integrato con un ulteriore rilievo messo a disposizione da parte della Provincia di Siena; la morfologia delle aree esondabili adiacenti il corso d'acqua è basata sull'acquisizione dei dati della cartografia C.T.R. in scala 1:2.000.

Nella modellazione, in via cautelativa, sono stati introdotti esclusivamente, nella sezione di apertura, gli idrogrammi di piena relativi alla sezione di chiusura (confluenza con lo Staggia), ovvero gli idrogrammi complessivi generati su tutto il bacino idrografico.

Tali idrogrammi di ingresso sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo.

L'elaborazione eseguita ha permesso di ottenere i dati necessari al tracciamento delle aree allagabili allo stato attuale per i tempi di ritorno considerati (30, 100, 200 e 500 anni).

### 7.10.2 Caratterizzazione geometrica del modello

Il modello idraulico ricostruito attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fonda su un'accurata descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella successiva Fig. 57; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella **TAV. 10**.

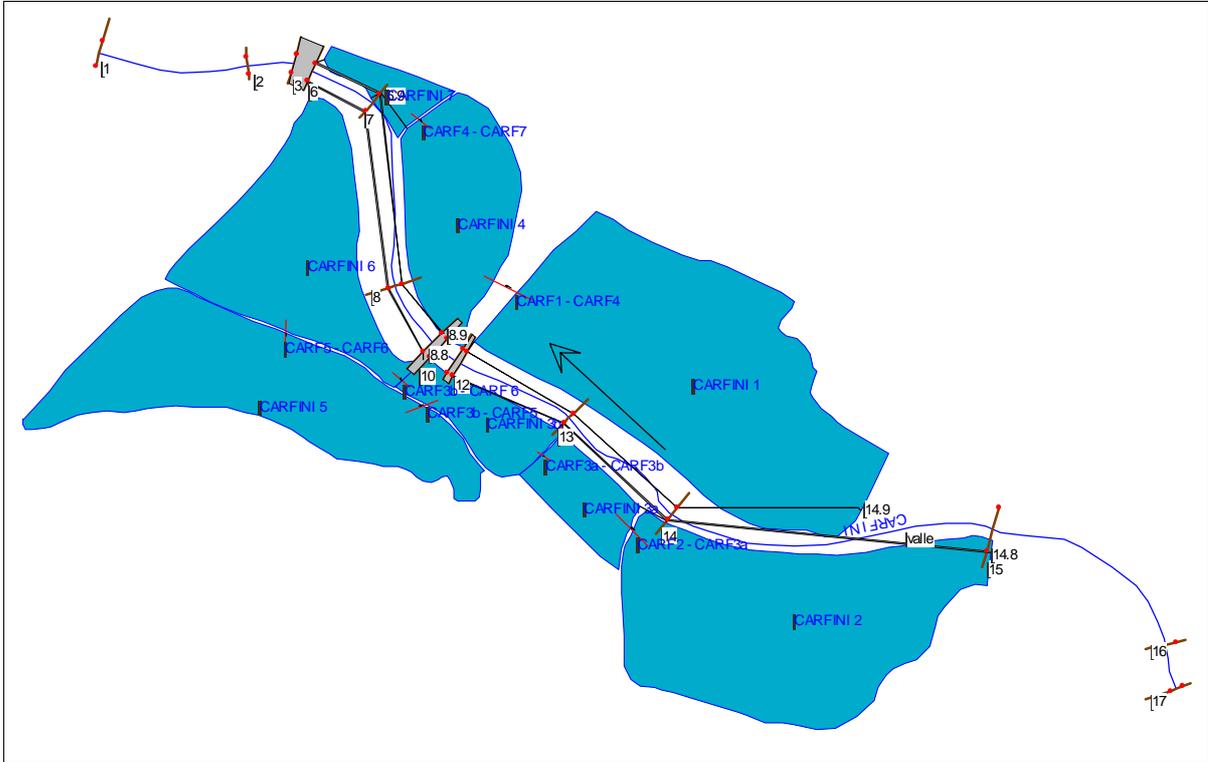


Fig. 57 – Sintesi del modello geometrico del Torrente Carfini

Nell'**Allegato Idraulico** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 4 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio modellati è affidata alla seguente tabella riepilogativa; i dati riportati trovano esatto riscontro nelle tavole allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>TORRENTE CARFINI</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
Lunghezza totale tratto studiato	[m]	1.205,17
Sezioni idrauliche "River Station"	[n°]	17 (da R.S. 17 a R.S. 1)
Ponti ("Bridge")	[n°]	3
Traverse ("Inline Structure")	[n°]	0
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – destra idraulica	[n°]	3
Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area") – sinistra idraulica	[n°]	4
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – destra idraulica	[n°]	3
Sfioratori / Argini ("Lateral Structure") – sinistra idraulica	[n°]	4
Connessioni tra APE ("S.A. Connection")	[n°]	7
Scabrezza (coefficiente n di Manning)	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Variabile da 0.03 a 0.035

Tab. 43 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Torrente Carfini

#### 7.10.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto sono stati applicati gli idrogrammi, in ingresso e laterali, precedentemente calcolati, per i 4 tempi di ritorno considerati e la durata di precipitazione critica che corrisponde a circa 2.5 ore per le portate TR500 e TR200 e circa 3 ore per eventi minori.

Nella seguente tabella è evidenziata la scelta delle condizioni al contorno.

<b>SCENARI MODELLO</b>	<b>TIPOLOGIA CONDIZIONE DI VALLE</b>	<b>MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SCENARI MODELLO DI PROVENIENZA</b>	<b>SEZIONE MODELLO DI PROVENIENZA</b>
TR500, TR200, TR100, TR30 D=Dcr	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR500, TR200, TR100, TR30 D=3 ore	Sez. 36

Tab. 44 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Torrente Carfini

#### 7.10.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta tracciando tutte le curve di livello riferite ai massimi livelli idrometrici raggiunti APE per APE e/o in alveo nei diversi scenari di studio, opportunamente involuppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla "quasi bidimensionalità" del modello.

L'elaborato grafico **TAV. 10** (scala 1:5.000) mostra le aree allagate del Torrente Carfini nei 4 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'**Allegato Idraulico** anche mediante la rappresentazione delle singole sezioni idrauliche con relativi livelli idrometrici, le tabelle numeriche di output delle simulazioni ed i profili idraulici del corso d'acqua.

Come tutti i corsi d'acqua con carattere prevalentemente torrentizio, il Torrente Carfini presenta i maggiori problemi di esondazione nel tratto terminale in cui la pendenza dell'alveo si riduce e la corrente inizia a scorrere in regime lento.

Si osserva infatti che nelle prime sezioni il corso d'acqua riesce a contenere la propria portata di piena per poi esondare sia in destra che in sinistra idraulica, anche per effetto della presenza dei manufatti di attraversamento e del rigurgito del ricevente Torrente Staggia.

Le aree allagabili a monte della Firenze-Siena risultano piuttosto ampie sia in destra che in sinistra, senza peraltro interessare fabbricati se non in sinistra, punto in cui però è previsto l'intervento della Provincia per la messa in sicurezza proprio di questa di zona.

E' inoltre importante rilevare che il sottopasso del raccordo autostradale, pur risultando adeguato, non vede garantito un idoneo franco di sicurezza.

## 8. CONCLUSIONI

Attraverso le verifiche idrauliche descritte nella presente relazione, ed in particolare attraverso il tracciamento delle aree allagate per i tempi di ritorno considerati, sono state redatte le cartografie di Piano, ovvero la Carta di Adeguamento al P.A.I. e la Carta della Pericolosità Idraulica, secondo i criteri generali esposti nel Cap. 3.

Per l'adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico dell'autorità di Bacino del Fiume Arno le classi di pericolosità sono state assegnate secondo i criteri riservati alla cartografia "*Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica - Livello di dettaglio in scala 1:10.000*".

Per quanto riguarda invece la redazione della carta della Pericolosità Idraulica del nuovo Piano Strutturale, le classi di pericolosità sono state ricostruite nel seguente modo:

- 1) Per i tratti dei corsi d'acqua modellati nel presente lavoro, la pericolosità idraulica deriva dalle perimetrazioni delle aree allagate degli studi.  
In particolare alle aree con TR=30 anni è stata attribuita la classe di pericolosità I.4 (pericolosità idraulica molto elevata), mentre alle aree con TR=100 anni e TR=200 anni è stata attribuita la classe di pericolosità I.3 (pericolosità idraulica elevata).  
Alle aree con TR=500 anni è stata data pericolosità I.2 (pericolosità media).
- 2) Per i tratti dei corsi d'acqua non compresi negli studi idraulici sono state considerate le perimetrazioni di pericolosità idraulica del Piano Strutturale vigente, raccordando queste perimetrazioni a quelle derivanti dagli studi idraulici.
- 3) Per i corsi d'acqua principali (quelli con toponimo) esclusi dagli studi idraulici ed ai quali il Piano Strutturale non aveva attribuito aree a pericolosità idraulica, è stata ricostruita una fascia di pericolosità idraulica elevata (I.3) seguendo criteri geomorfologici (zone comprese entro la quota di 2 ml a partire dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua considerati).
- 4) Alle aree esterne alle perimetrazioni di cui sopra e poste sui fondovalle alluvionali (in genere corrispondenti ai depositi alluvionali recenti o non terrazzati della carta geologica) è stata attribuita una pericolosità idraulica media (I.2).
- 5) A tutte le altre aree del territorio comunale (zone collinari in posizione morfologica favorevole rispetto ai corsi d'acqua) è stata attribuita una pericolosità idraulica bassa (I.1). Non è stata comunque data pericolosità idraulica ai fossi minori (quelli privi di toponimo).

Dalle perimetrazioni di pericolosità idraulica così ottenute sono state eliminate, accorpiandole, le aree di dimensioni estremamente ridotte (generalmente inferiori ai 100 mq) che si erano generate dalle varie sovrapposizioni (mantenendo però le perimetrazioni degli studi idraulici).

Nella tabella degli attributi del file \*.shp che sta alla base della Carta della Pericolosità Idraulica sono state indicate: perimetro (in metri) e superficie (in mq) di ogni area, la classe di pericolosità, l'origine delle varie perimetrazioni (studio idraulico, piano strutturale, carta geologica, criterio geomorfologico), il tempo di ritorno (per le sole aree derivanti dagli studi).

In conclusione del lavoro si intende fornire anche una sintetica elencazione delle principali criticità che emergono dalle verifiche idrauliche per ciascun corso d'acqua studiato, con riferimento alle singole aree o località del territorio comunale o a specifici tratti fluviali.

#### *Fiume Elsa*

- Allagamento in sinistra idraulica in Loc. Molino d'Elsa per eventi con TR=100 anni o maggiori e battenti di TR200 superiori ad 1.5 metri;
- Allagamento in sinistra idraulica presso l'area sportiva per eventi con TR=30 o maggiori e battenti di TR200 superiori ad 1.5 metri;
- Allagamento in destra idraulica in Loc. La Gora per eventi con TR=100 anni o maggiori con interessamento dei fabbricati più prossimi al corso d'acqua;
- Allagamento in sinistra idraulica in Loc. Bocca d'Elsa per eventi con TR=100 anni o maggiori con battenti di TR200 pari a circa 1.5 metri ed interessamento di diversi fabbricati industriali in Loc. Palagetto;
- Allagamento in sinistra idraulica in Loc. Lame di Fondo per eventi con TR=100 anni o maggiori con battenti di TR200 pari a circa 1.5 metri.

#### *Torrente Staggia*

- Allagamento in destra idraulica in Loc. La Magione per eventi con TR=30 anni o maggiori e battenti di TR200 pari a circa 2 metri;
- Allagamento in destra idraulica in Loc. Bernino per eventi con TR=100 o maggiori e battenti di TR200 superiori compresi tra 2 e 3 metri, con interessamento degli impianti sportivi e dell'acquedotto;
- Allagamento per rigurgito delle tubazione di scarico aperte lungo il tratto urbano, anche per eventi con TR=100, soprattutto in Loc. Salceto e in zona Stadio;
- Allagamento in sinistra idraulica in prossimità della confluenza con il Torrente Drove per eventi con TR=200 anni o maggiori con battenti esigui ma con interessamento di una rilevante porzione del centro abitato;
- Presenza di franchi di sicurezza minimi (anche pochi centimetri) sugli argini di contenimento lungo il tratto urbano e su alcuni attraversamenti, anche per eventi con tempo di ritorno pari a 30 anni.

#### *Torrente Foci*

- Allagamento nella parte edificata posta più a monte, a cavallo della S.P. n. 1 di San Gimignano, per effetto dell'esondazione del corso d'acqua a monte dell'attraversamento, sormonto della strada e trasferimento dei volumi verso valle, anche per eventi con TR=30 anni;
- Allagamento in destra idraulica in prossimità della confluenza con il Fiume Elsa per eventi con TR=100 anni o maggiori, con interessamento di alcuni fabbricati industriali in adiacenti al corso d'acqua;
- Presenza di franchi di sicurezza esigui (inferiori a 50 centimetri) rispetto ai piazzali dei fabbricati industriali e alla viabilità più prossimi al corso d'acqua.

#### *Torrente Drove*

- Allagamento in sinistra idraulica in corrispondenza dell'area industriale Drove per eventi con TR=30 anni o maggiori e battenti di TR200 pari a circa 1.5 metri, con interessamento di numerosi fabbricati industriali;
- Allagamento a valle della confluenza con il Torrente Staggia per effetto di esondazione da monte in prossimità dell'area artigianale-commerciale di Via Pisana per eventi con TR=100 anni o maggiori, con interessamento di numerosi fabbricati.

#### *Botro di Bacchereto*

- Sormonto da parte del corso d'acqua della S.P. di Ugnano in corrispondenza dell'attraversamento per eventi con TR=30 o maggiori.

*Borro di Melachecca*

- Allagamento in destra e sinistra idraulica in corrispondenza dell'imbocco del tratto intubato, con effetto "bocca tarata" per eventi con TR<30 anni e maggiori e battenti di TR30 superiori a 4 metri, con totale sommersione della stazione di pompaggio dell'acquedotto.

*Borro di Papaiano*

- Sormonto da parte delle aree esondate dal corso d'acqua del raccordo autostradale Firenze-Siena in prossimità dell'uscita di Poggibonsi per eventi con TR200 o maggiori.

*Torrente Carfini*

- Assenza di adeguato franco di sicurezza in corrispondenza del sottopasso del raccordo autostradale Firenze-Siena;
- Allagamento in sinistra idraulica che coinvolge alcuni fabbricati (risolvibile con la messa in opera degli interventi previsti dalla Provincia di Siena).

Tali criticità saranno oggetto di valutazioni più approfondite nell'ambito degli studi a supporto del futuro Regolamento Urbanistico comunale, come richiesto dalla normativa vigente.

All'interno del presente lavoro è stata comunque redatta una carta in cui sono individuati alcuni interventi da ritenersi necessari per la messa in sicurezza in particolare di aree urbanizzate e/o soggette ad intensi fenomeni esondativi (**TAV. 12**).

Alcuni di questi interventi sono già previsti dal Piano di Bacino del Fiume Arno, altri sono suggeriti nel presente lavoro sulla base dell'osservazione delle dinamiche di esondazione e delle criticità puntuali precedentemente elencate.

## INDICE DELLE TAVOLE

<b>TAVOLA 1 :</b>	Inquadramento territoriale e corsi d'acqua studiati	(Scala 1:10.000)
<b>TAVOLA 2a :</b>	Sintesi del modello idraulico del Fiume Elsa (tratto di valle)	(Scala 1:20.000)
<b>TAVOLA 2b :</b>	Sintesi dei modelli idraulici del Fiume Elsa (tratto di monte) e del Torrente Foci	(Scala 1:10.000)
<b>TAVOLA 2c :</b>	Sintesi del modello idraulico del Torrente Staggia	(Scala 1:10.000)
<b>TAVOLA 2d :</b>	Sintesi dei modelli idraulici del Torrente Drove, del Botro di Bacchereto, del Borro di Melachecca e del Borro di Papaiano	(Scala 1:10.000)
<b>TAVOLA 3a :</b>	Aree allagate Fiume Elsa per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto da Loc. Pian dei Campi a Zona Industriale	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 3b :</b>	Aree allagate Fiume Elsa per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto da ponte su S.P. n. 1 di San Gimignano a confluenza con Botro di Bacchereto	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 4 :</b>	Aree allagate Fiume Elsa per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto ricadente all'interno del confine comunale	(Scala 1:10.000)
<b>TAVOLA 5 :</b>	Aree allagate Torrente Staggia per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto studiato da Loc. La Magione a confluenza con Fiume Elsa	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 6 :</b>	Aree allagate Torrente Foci per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto studiato lungo Zona Industriale Foci fino a confluenza con Fiume Elsa	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 7 :</b>	Aree allagate Torrente Drove per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratti studiati da uscita raccordo autostradale FI-SI a confluenza con Torrente Staggia	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 8 :</b>	Aree allagate Botro di Bacchereto, Borro di Melachecca e Borro di Papaiano per TR30, TR100, TR200 e TR500 – Tratti studiati	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 9a :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone poste lungo l'asta del Torrente Foci e del Fiume Elsa Area industriale Foci, tratto di valle – Tre Vie – Lame di Fondo	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 9b :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone poste lungo l'asta del Torrente Foci Area industriale Foci, tratto di monte	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 9c :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone nell'intorno delle confluenze Elsa-Staggia e Staggia-Drove Loc. Bocca d'Elsa – Palagetto – Fontino – Via Pisana	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 9d :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone poste lungo l'asta del Torrente Drove Loc. Drove - Pancole	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 9e :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone poste lungo l'asta del Torrente Staggia Loc. La Magione - Bernino	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 9f :</b>	Aree allagate complessive per TR30, TR100, TR200 e TR500 Particolare delle zone poste lungo l'asta del Fiume Elsa Loc. Molino d'Elsa – Palagetto – Il Masso – La Gora	(Scala 1:2.000)
<b>TAVOLA 10 :</b>	Aree allagate Torrente Carfini per TR30, TR100, TR200 e TR500 Tratto studiato fino a confluenza con Torrente Staggia	(Scala 1:5.000)
<b>TAVOLA 11 :</b>	Tavola di adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno	(Scala 1:10.000)

**TAVOLA 12 :** Individuazione dei principali interventi per la messa in sicurezza idraulica del territorio comunale

(Scala 1:10.000)

**TAVOLA 13 :** Bacini idrografici dei corsi d'acqua studiati

(Scala 1:50.000)

## **INDICE DEGLI ALLEGATI**

- **ALLEGATO IDROLOGICO**

- **ALLEGATO IDRAULICO**