

COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA  
PROVINCIA DI FIRENZE



# PIANO STRUTTURALE Variante generale

Variante n.3 al Piano Strutturale approvato con D.C.C. n° 54 del 01/06/2005

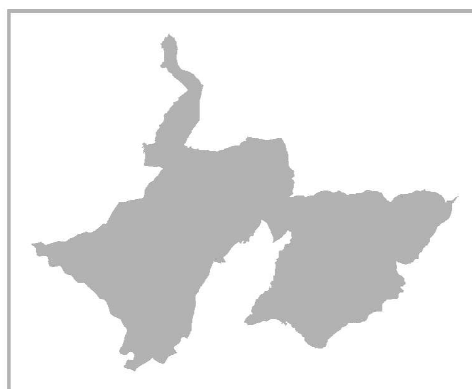
Adozione: D.C.C. n. del / /  
Approvazione: D.C.C. n. del / /  
Pubblicazione: B.U.R.T. n. del / /

SINDACO  
Maurizio Semplici

CONSIGLIERE COMUNALE DELEGATO  
Giacomo Trentanovi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Arch. Alberto Masoni

GARANTE DELLA COMUNICAZIONE  
P.E. Simone Biagini



PROGETTO URBANISTICO  
Arch. Riccardo Luca Breschi

Collaboratori:  
Arch. Luisa Baldi  
Arch. Andrea Giraldi

STUDI GEOLOGICI  
Geol. Simone Raspollini

STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI  
Geol. Simone Raspollini  
Ing. Alessio Gabbrielli

## 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>6</b>
3.1 R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 .....	6
3.2 D.C.R. n. 72 del 27 Luglio 2007 “Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale” .....	6
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” .....	7
3.4 Legge Regionale 21 maggio 2012, n. 21 “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d’acqua” .....	8
3.5 D.P.C.M. del 06.05.2005 “Piano assetto idrogeologico” dell’Autorità di Bacino del F. Arno .....	9
<b>4. Classificazione idraulica del territorio comunale .....</b>	<b>12</b>
4.1 Piano Strutturale vigente .....	12
4.2 Piano di Assetto Idrogeologico .....	17
<b>5. Caratteri geomorfologici dei bacini studiati.....</b>	<b>20</b>
5.1 Note geomorfologiche.....	20
<b>6. Modellistica idrologica .....</b>	<b>22</b>
6.1 Approccio metodologico .....	22
6.1.1 Introduzione .....	22
6.1.2 Schema di calcolo .....	23
6.2 Modello idrologico Fiume Elsa .....	25
6.3 Modelli idrologici altri corsi d’acqua.....	31
6.3.1 Torrente Drove e Torrente Bozzone .....	31
6.3.2 Botro dell’Abese .....	36
6.3.3 Fosso Zambra .....	38
6.3.4 Fosso Avane.....	39
6.3.5 Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle”.....	40
6.3.6 Borro gli Amaioni .....	43
<b>7. Modellistica idraulica .....</b>	<b>46</b>
7.1 Il moto vario .....	46
7.1.1 Approccio metodologico .....	46
7.1.2 Caratterizzazione geometrica del modello.....	48
7.1.3 Gli input idrologici, condizioni iniziali e opzioni di calcolo .....	50
7.2 Modello idraulico Fiume Elsa .....	51
7.2.1 Introduzione .....	51
7.2.2 Caratterizzazione geometrica del modello.....	51
7.2.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	52
7.2.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	54
7.3 Modello idraulico Torrente Drove e Torrente Bozzone .....	54
7.3.1 Introduzione .....	55
7.3.2 Caratterizzazione geometrica del modello.....	56
7.3.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	56
7.3.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	57
7.4 Modello idraulico Botro dell’Abese .....	58
7.4.1 Introduzione .....	58
7.4.2 Caratterizzazione geometrica del modello.....	59
7.4.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	59
7.4.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	60
7.5 Modello idraulico Fosso Zambra .....	60
7.5.1 Introduzione .....	60
7.5.2 Caratterizzazione geometrica del modello.....	61
7.5.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	62
7.5.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	62
7.6 Modello idraulico Fosso Avane .....	62
7.7 Modelli idraulici Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle” .....	64
7.7.1 Introduzione .....	64
7.7.2 Caratterizzazione geometrica dei modelli .....	65
7.7.3 Input idrologici e condizioni al contorno .....	66
7.7.4 Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....	66

---

<b>7.8</b>	<b>Modello idraulico Borro gli Amaioni.....</b>	<b>67</b>
7.8.1	<i>Introduzione .....</i>	<i>67</i>
7.8.2	<i>Caratterizzazione geometrica del modello.....</i>	<i>68</i>
7.8.3	<i>Input idrologici e condizioni al contorno .....</i>	<i>68</i>
7.8.4	<i>Restituzione dei risultati della modellazione e considerazioni sulle dinamiche idrauliche .....</i>	<i>69</i>
<b>8.</b>	<b>Individuazione dei principali interventi per la messa in sicurezza idrauliche delle aree a maggior rischio .....</b>	<b>70</b>
8.1	Interventi di messa in sicurezza sul Torrente Bozzone.....	70
8.2	Interventi di messa in sicurezza sul Botro dell'Abese .....	71
8.3	Interventi di messa in sicurezza sul Fosso "P. Treppiede di Sotto" .....	72
<b>9.</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>73</b>

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro è redatto a supporto della pianificazione urbanistica del Comune di Barberino Val d'Elsa.

In particolare costituisce parte delle indagini geologico-tecniche (aspetti idraulici) a supporto della Variante n. 3 al Piano Strutturale Comunale, approvato con D.C.C. n. 54 del 01/06/2005.

Esso si propone innanzitutto di aggiornare la classificazione della pericolosità idraulica in ambito comunale e di adeguarla ai criteri del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno; allo stesso tempo, dal momento che l'Amministrazione Comunale ha contestualmente avviato anche il percorso di revisione del Regolamento Urbanistico attraverso una Variante Generale, ha l'obiettivo di definire in via preliminare gli interventi di messa in sicurezza idraulica da realizzarsi sul territorio comunale per le aree oggetto di previsioni urbanistiche e/o che presentano maggiori criticità dal punto di vista del rischio idraulico.

Gli studi idrologico-idraulici sono stati condotti sui principali corsi d'acqua insistenti sul territorio comunale, classificati e non, in particolare lungo i tratti urbani, e quindi di maggiore interesse ai fini della difesa del suolo.

In data 17/04/2013 si è tenuta la prima seduta della Conferenza dei Servizi convocata dall'Amministrazione Comunale al fine di promuovere opportune forme di collaborazione con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno e l'Ufficio Regionale del Genio Civile competente al controllo delle indagini geologiche; in detta seduta, e nelle successive, sono state concordate le modalità di esecuzione dei presenti studi idrologico-idraulici e definiti i corsi d'acqua oggetto di studio.

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 Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno si è fatto invece riferimento alle Norme di Attuazione del P.A.I. medesimo.

Nello sviluppo delle verifiche idrauliche di alcuni corsi d'acqua è stato anche tenuto conto degli effetti del recente evento alluvionale del giorno 21 Ottobre 2013, pertanto alcune perimetrazioni delle aree allagate sono state “tarate” sulla base di quanto osservato sul territorio in occasione di detto evento.



## **2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO**

Il presente studio ha, come detto, principalmente l'obiettivo di aggiornare il Quadro Conoscitivo di Piano Strutturale per quanto riguarda gli aspetti idraulici.

Questa fase del lavoro, che anticipa e accompagna l'Adozione della Variante Generale al Piano Strutturale, consente di fornire, attraverso la redazione di appositi studi idrologico-idraulici, l'aggiornamento delle perimetrazioni delle aree allagate mediante le quali poter redigere la nuova Carta della Pericolosità Idraulica di Piano Strutturale e al contempo contribuire all'adeguamento del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume, come previsto dalla vigente normativa.

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 e 200 anni.

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

I corsi d'acqua oggetto di studio, come concordato in sede di Conferenza dei Servizi, risultano i seguenti:

- Fiume Elsa
- Torrente Drove, compresi gli affluenti di monte Drove di Tattera e Drove di Cinciano
- Torrente Bozzone
- Botro dell'Abese
- Fosso Zambra
- Fosso Avane
- Fosso "P. Treppiede di Sotto" (fosso non classificato a cui è stata assegnata una denominazione riferita alla località a cui il corso d'acqua è prossimo)
- Fosso "P. Le Mortelle" (altro fosso non classificato a cui è stata assegnata apposita denominazione)
- Borro gli Amaioni.

Gran parte di questi corsi d'acqua, tutti afferenti al bacino idrografico del Fiume Elsa, è stato oggetto, negli ultimi anni, di verifiche idrauliche condotte da Amministrazioni Pubbliche come Provincia di Siena, Comune di Poggibonsi, Comune di Certaldo e Comune di Barberino Val d'Elsa stesso, ma anche da privati.

L'obiettivo del presente lavoro è stato raggiunto attraverso l'acquisizione, la revisione e l'armonizzazione di questi studi precedenti, laddove presenti, e la loro integrazione con nuove verifiche realizzate ad hoc, come per i due fossi minori non classificati.

Le modalità di utilizzazione dei dati disponibili e di adeguamento degli studi preesistenti sono state condivise a livello di Conferenza dei Servizi con gli Enti interessati.

Di seguito si mostra un riepilogo delle fonti di provenienza delle verifiche idrauliche originali, ad alcune delle quali sono state apportate variazioni e modifiche anche sostanziali, sia per la parte idrologica che per quella idraulica, che sono illustrate singolarmente, per ciascun corso d'acqua, nei capitoli successivi.

Corsi d'acqua	Fonti di provenienza	Committente	Anno
Fiume Elsa	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	2011 2012
Torrente Drove	Indagini idrologico-idrauliche di supporto al Piano Strutturale	Comune di Poggibonsi	2012 2013
Torrente Bozzone	Studio per la riduzione del rischio idraulico sul Torrente Bozzone – progetto di una cassa di espansione	Comune di Barberino Val d'Elsa	2007
Botro dell'Abese	Studio di Area Vasta del Bacino del Fiume Elsa	Ex Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio di Firenze – Circondario Empolese Valdelsa – Provincia di Siena	2004
	Verifiche idrauliche a supporto della richiesta di Autorizzazione Unica ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per la realizzazione e gestione di un impianto di trattamento di veicoli fuori uso	F.lli Mori s.n.c.	2010
Fosso Zambra	Studio di Area Vasta del Bacino del Fiume Elsa	Ex Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio di Firenze – Circondario Empolese Valdelsa – Provincia di Siena	2004
Fosso Avane	Studio idrologico idraulico di supporto al Regolamento Urbanistico	Comune di Certaldo	2010
Borro gli Amaioni	Studio idrologico-idraulico del Borro gli Amaioni a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico	Comune di Barberino Val d'Elsa	2007

Tab. 1 – Sintesi dei modelli idraulici disponibili per i corsi d'acqua in esame ai quali sono state apportate modifiche ed integrazioni allo scopo di renderli omogenei e confrontabili

La presente relazione si articola come segue: una preliminare trattazione della normativa di riferimento, dell'attuale classificazione idraulica del territorio comunale secondo gli strumenti di pianificazione vigenti, e alcuni sintetici cenni geomorfologici del territorio e dei bacini studiati.

Successivamente è illustrata la composizione dei modelli idrologici e idraulici.

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), ponendo particolare attenzione agli elementi di modifica introdotti negli studi preesistenti utilizzati.

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 il conseguente aggiornamento della Carta della Pericolosità Idraulica e della Carta di Adeguamento al P.A.I.

Infine vengono illustrati sinteticamente gli interventi di messa in sicurezza idraulica, laddove previsti.

Costituiscono parte integrante di questo lavoro l'Allegato Idrologico **IR 02**, gli Allegati Idraulici **IR 03** e **IR 04** riferiti rispettivamente allo scenario di stato attuale ed a quello di progetto per i corsi d'acqua interessati da interventi di messa in sicurezza, e le Tavole grafiche da **I 01** ad **I 06**.

### **3. QUADRO CONOSCITIVO DELLA NORMATIVA VIGENTE**

Il presente lavoro ha tenuto conto della 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.

Di seguito si riportano alcuni estratti delle principali norme idrauliche nazionali e regionali di riferimento.

#### **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 Drove, Drove di Tattera e Drove di Cinciano, il Torrente Bozzone, il Botro dell'Abese, il Fosso Zambra, il Fosso Avane e il Borro gli Amaioni risultano inseriti nell'elenco delle acque pubbliche fin dalla prima stesura (1899) [FIUME ELSA cod. SI718 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; TORRENTE BOZZONE cod. SI36 ambiti AB; BOTRO DELL'ABESE cod. SI3027 ambiti AB; FOSSO ZAMBRA cod. SI229 ambiti AB; FOSSO DI AVANE cod. SI18 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 e 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 Tr30 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 Legge Regionale 21 maggio 2012, n. 21 “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d’acqua”**

#### ***Art.2 Interventi nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata***

1. Nelle aree classificate dai piani strutturali, dai piani regolatori generali (PRG) o dai PAI, come aree a pericolosità idraulica molto elevata, è consentita la realizzazione dei seguenti interventi:

- a) opere di difesa e regimazione idraulica;
- b) infrastrutture di tipo lineare non diversamente localizzabili, a condizione che siano preventivamente o contestualmente realizzate le opere per la loro messa in sicurezza idraulica per tempo di ritorno duecentennale, senza aggravare la pericolosità idraulica al contorno.

2. Nelle aree di cui al comma 1, è consentita, altresì, la realizzazione degli interventi di seguito indicati, a condizione che siano preventivamente realizzate, ove necessarie, le opere per la loro messa in sicurezza per tempo di ritorno duecentennale, comprensive degli interventi necessari per non aggravare la pericolosità idraulica al contorno:

- a) ampliamento e adeguamento di opere pubbliche;
- b) nuovi impianti e relative opere per la raccolta e la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento e la depurazione degli scarichi idrici, lo stoccaggio, il trattamento, lo smaltimento ed il recupero dei rifiuti, la produzione ed il trasporto di energia da fonti rinnovabili o, comunque, al servizio di aziende e insediamenti produttivi previsti dagli strumenti e atti di pianificazione e programmazione regionali, provinciali e comunali vigenti al momento di entrata in vigore della presente legge, non diversamente localizzabili, oppure ampliamento o adeguamento di quelli esistenti;
- c) nuovi edifici rurali ubicati nelle zone con esclusiva o prevalente funzione agricola, oppure ampliamento o modificazione di quelli esistenti, salvo quanto previsto al comma 9, lettera g);
- d) interventi di cui all'articolo 78, comma 1, lettere g) ed h) e all'articolo 79 della l.r. 1/2005, se previsti dal PRG o dal regolamento urbanistico, salvo quanto previsto al comma 3 e al comma 9, lettera a).

3. Nel rispetto delle prescrizioni e delle limitazioni di cui ai commi 4 e 5, sugli immobili esistenti ricadenti nelle aree di cui al comma 1, sono consentiti:

- a) gli interventi necessari al superamento delle barriere architettoniche di cui all'articolo 79, comma 2, lettera a), della l.r. 1/2005;
- b) gli interventi di restauro e risanamento conservativo di cui all'articolo 79, comma 2, lettera c), della l.r. 1/2005;
- c) i mutamenti di destinazione d'uso degli immobili, edifici ed aree anche in assenza di opere edilizie, nei casi individuati dalla disciplina della distribuzione e localizzazione delle funzioni di cui all'articolo 58 della l.r. 1/2005;
- d) gli interventi di ristrutturazione edilizia di cui all'articolo 79, comma 2, lettera d) della l.r. 1/2005, se previsti dal PRG o dal regolamento urbanistico.

4. Gli interventi di cui al comma 3, sono realizzati a condizione che:
  - a) sia assicurata l'assenza o l'eliminazione di pericolo per le persone e i beni, anche tramite sistemi di riduzione della vulnerabilità;
  - b) non si determini l'aumento dei rischi e della pericolosità idraulica al contorno.
5. Gli interventi di cui al comma 3, lettere b), c), e d) sono realizzati a condizione che non determinino:
  - a) creazione di nuove unità immobiliari con destinazione d'uso residenziale o che comunque consenta il pernottamento;
  - b) aumento della superficie coperta dell'edificio oggetto di intervento.
6. Nelle aree di cui al comma 1, gli interventi comportanti rimodellazioni del terreno non rientranti nell'articolo 80, comma 1, lettera d), della l.r. 1/2005, oppure la realizzazione di recinzioni o muri di cinta, sono consentiti solo nel caso in cui non determinano aumento del livello di pericolosità in altre aree.
7. Le opere di messa in sicurezza di cui al comma 1, lettera b) e al comma 2, comprensive di quelle necessarie per non aggravare la pericolosità idraulica al contorno, sono definite in uno specifico progetto allegato alla segnalazione certificata di inizio attività (SCIA), oppure presentato e valutato nel procedimento di rilascio del titolo abilitativo; la realizzazione di tali opere costituisce presupposto per la regolarità degli interventi assentiti dai titoli abilitativi.
8. Il progettista produce l'asseverazione attestante il rispetto delle condizioni di cui ai commi 2, 4, 5, 6 e comma 9, lettera g).
9. Il presente articolo non si applica ... omissis ...

### **3.5 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 ≤ 30 anni e con battente h ≥ 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 sono evidenziate le attuali classificazioni di Quadro Conoscitivo del vigente Piano Strutturale Comunale e delle carte 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 Barberino Val d'Elsa è stato approvato con D.C.C. n. 54 del 01/06/2005; esso contiene diversi elaborati di Quadro Conoscitivo inerenti aspetti idraulici e geologici.

Di seguito si riportano, a titolo non esaustivo, alcuni estratti delle seguenti carte tematiche:

- “Carta della pericolosità geologica ed idraulica”, fogli “S08 – Vico” e “S08 - Zona industriale”;
- “Carta dei contenuti idraulici”, fogli “B05 – Vico” e “B05 - Zona industriale”;
- “Carta dei vincoli idraulici”, fogli “B06 – Vico” e “B06 - Zona industriale”.

Questi estratti rappresentano quasi integralmente i corsi d’acqua e le aree oggetto del presente lavoro; per un inquadramento completo dell’attuale Quadro Conoscitivo si rimanda alla consultazione degli elaborati del vigente Piano Strutturale.

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. 96, 108, 109, 110, 123 e 124; di seguito sono mostrati soltanto gli estratti n. 108, n. 109 e n. 123 che riguardano l’area oggetto di studio.

##### 4.1 Piano Strutturale vigente

*Carta della pericolosità geologica ed idraulica*

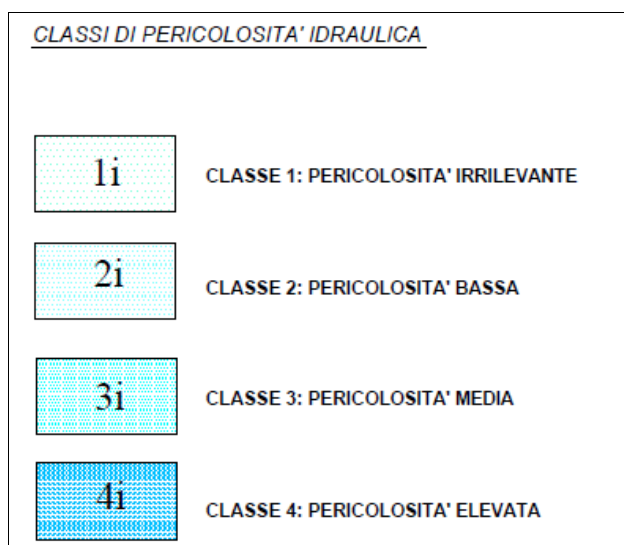


Fig. 1 – Legenda della “Carta della pericolosità geologica e idraulica” (solo classi di pericolosità idraulica) – Piano Strutturale Comune di Barberino Val d'Elsa

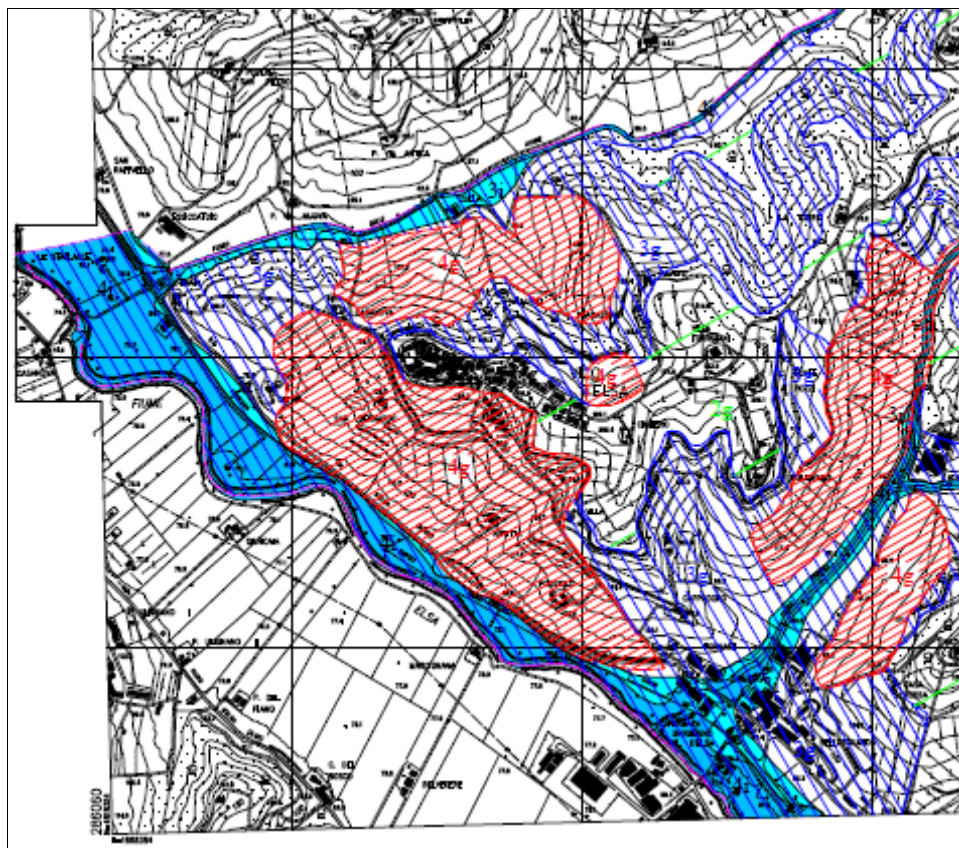


Fig. 2 – Estratto della “Carta della pericolosità geologica e idraulica” – foglio S08 Vico

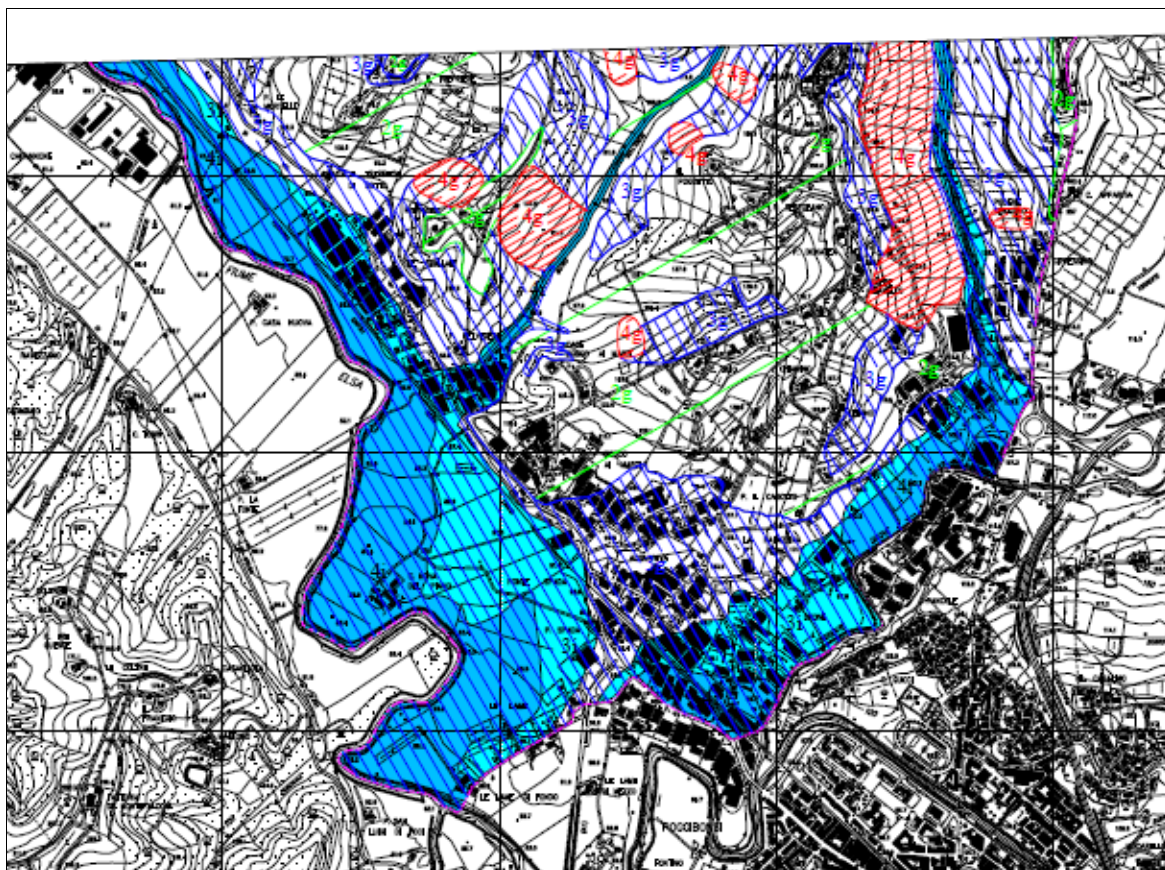


Fig. 3 – Estratto della “Carta della pericolosità geologica e idraulica” – foglio S08 Zona industriale



*Carta dei contenuti idraulici*



Fig. 4 – Legenda della “Carta dei contenuti idraulici” – Piano Strutturale Comune di Barberino Val d'Elsa

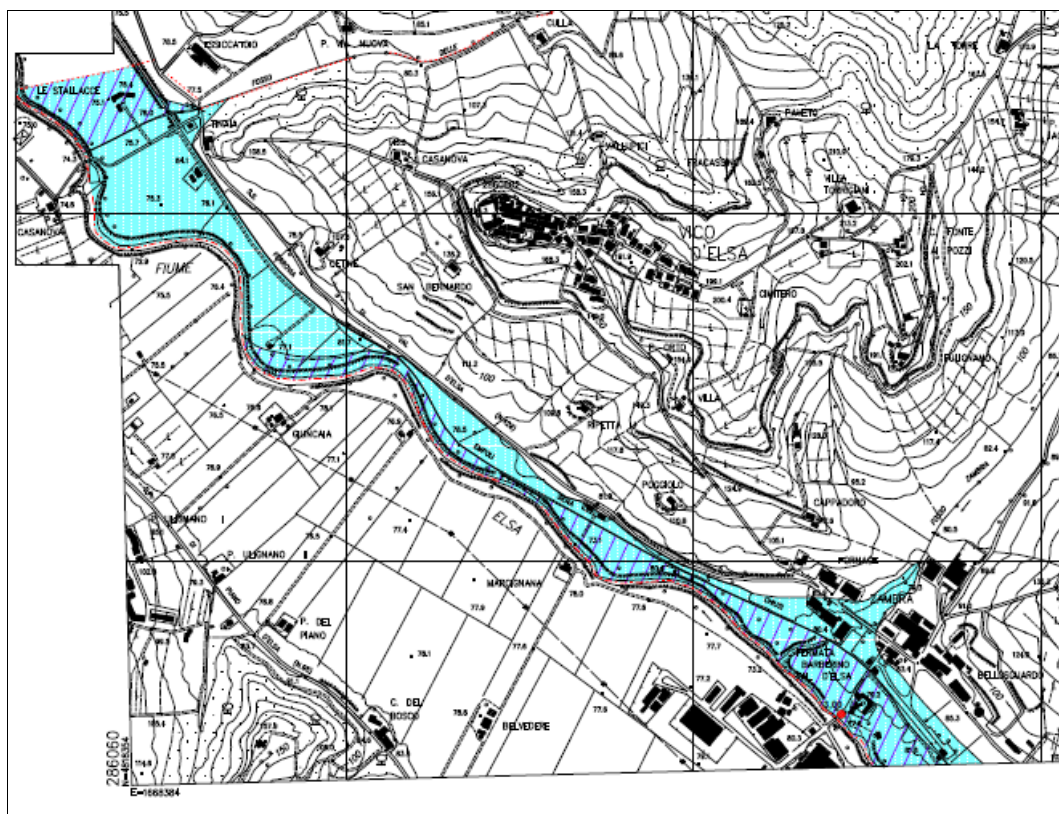


Fig. 5 – Estratto della “Carta dei contenuti idraulici” – foglio B05 Vico

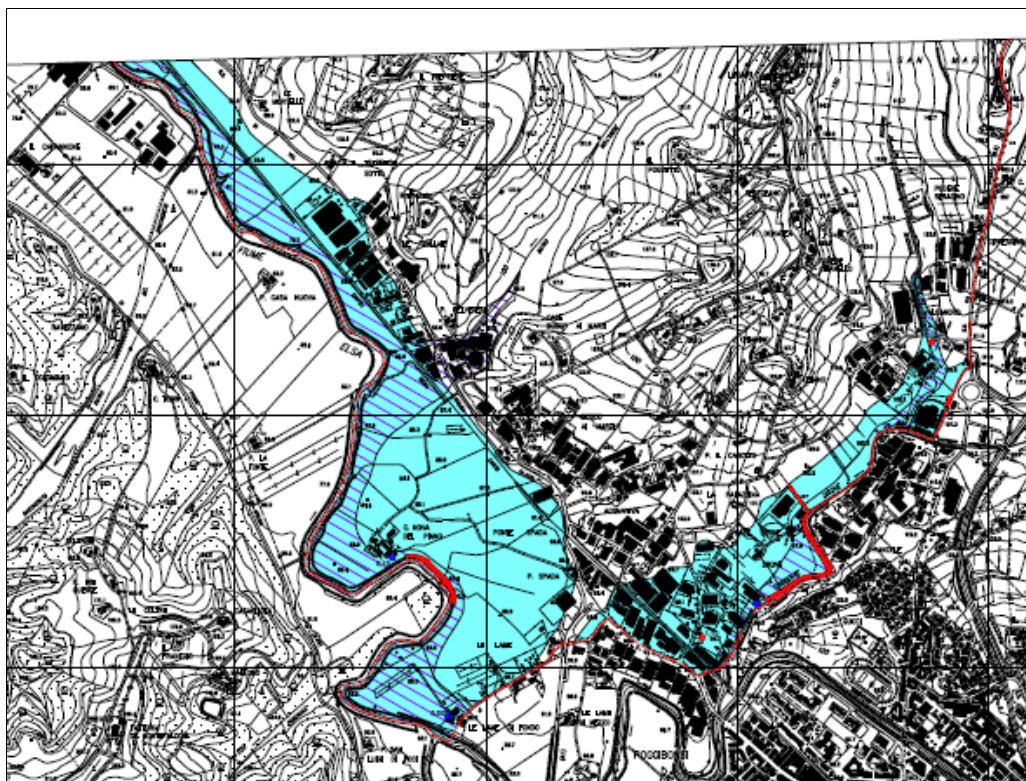


Fig. 6 – Estratto della “Carta dei contenuti idraulici” – foglio B05 Zona industriale

#### *Carta dei vincoli idraulici*

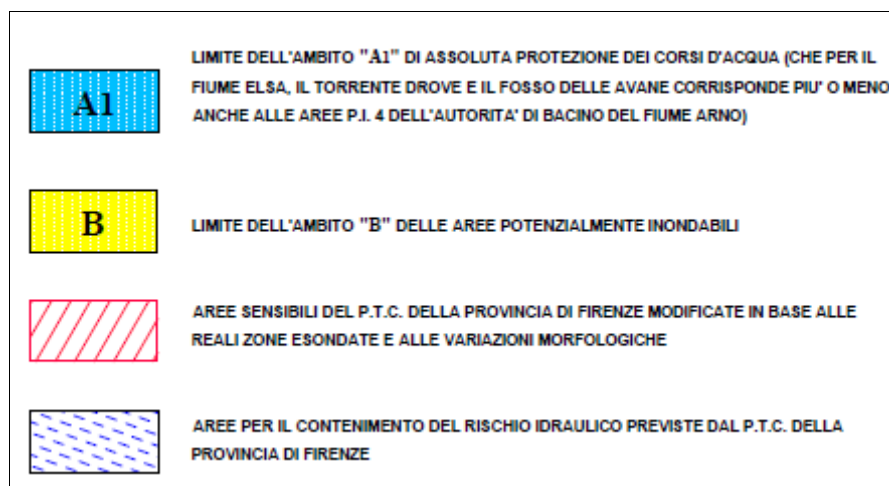
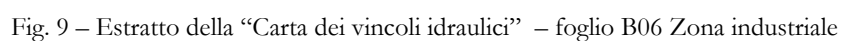
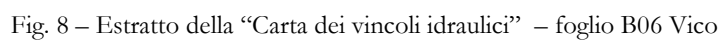


Fig. 7 – Legenda della “Carta dei vincoli idraulici” – Piano Strutturale Comune di Barberino Val d'Elsa





## 4.2 Piano di Assetto Idrogeologico

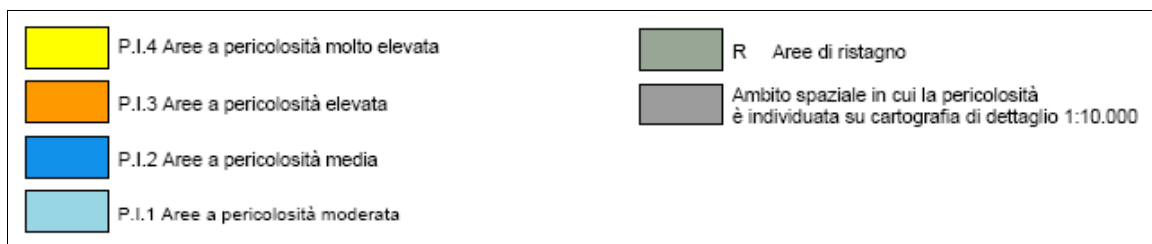


Fig. 10 – Legenda della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000”, del P.A.I.



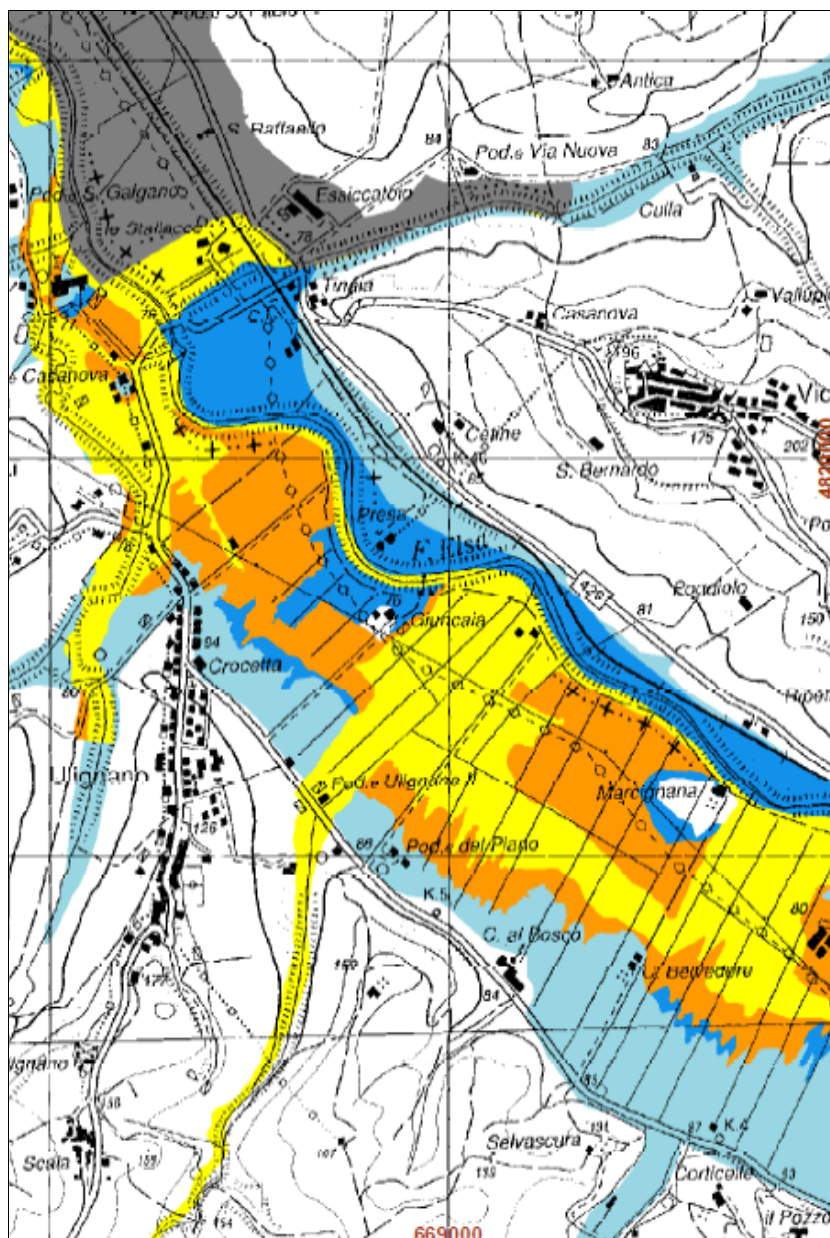


Fig. 11 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000”, stralcio n. 108, del P.A.I.

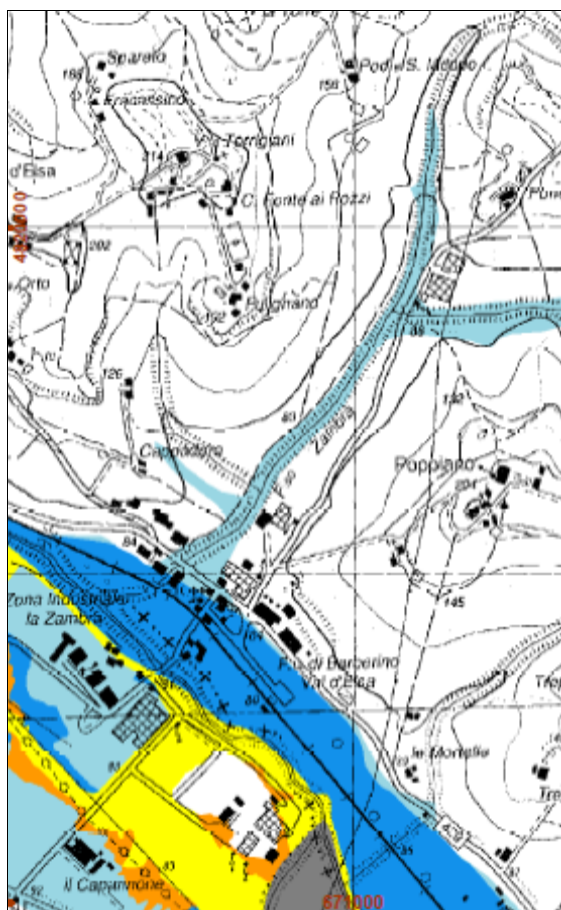


Fig. 12 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000”, stralcio n. 109, del P.A.I.

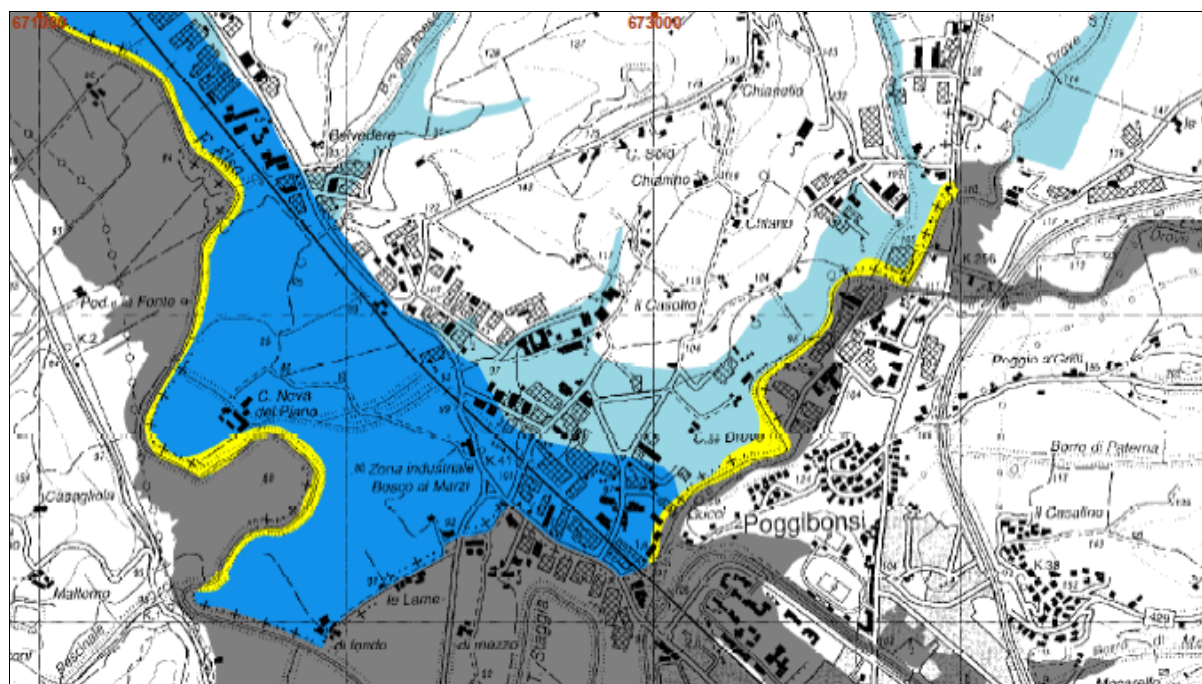


Fig. 13 – Estratto della carta “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000”, stralcio n. 123, del P.A.I.



## 5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEI BACINI STUDIATI

Alcuni dei corsi d'acqua di cui sono fornite le perimetrazioni delle aree allagate sulla base delle quali è stata poi redatta la "Carta della Pericolosità Idraulica" di Piano Strutturale ricadono interamente sul territorio comunale di Barberino Val d'Elsa (Torrente Bozzone, Botro dell'Abese, Fosso Zambra e fossi minori), altri invece hanno bacini più ampi ed aste che attraversano anche territori di comuni limitrofi.

Fra questi ultimi ovviamente il Fiume Elsa, ma anche il Torrente Drove, il Fosso Avane ed il Borro gli Amaioni; in tutti questi casi i corsi d'acqua, lungo i tratti esaminati, definiscono il confine amministrativo tra Barberino Val d'Elsa, Poggibonsi, San Gimignano e Certaldo.

I modelli idraulici dei corsi d'acqua che ricadono su più comuni si estendono quindi anche oltre il territorio comunale di Barberino Val d'Elsa.

Tutti i corsi d'acqua studiati interessano il fondovalle del Fiume Elsa, nella parte sud-orientale del Comune.

Di seguito si forniscono alcune indicazioni di carattere geomorfologici relativamente alle aste fluviali ed ai bacini idrografici studiati.

Per eventuali approfondimenti di natura geolitologica e geomorfologica si rimanda alla consultazione della Relazione Geologica.

### 5.1 Note geomorfologiche

Come anticipato, la porzione di territorio oggetto di verifiche idrauliche è rappresentata dal fondovalle del Fiume Elsa e del Torrente Drove, che costituiscono le zone maggiormente urbanizzate del territorio comunale, a parte il Capoluogo, lungo le quali si sviluppano le aree industriali de "Le Drove", di "Bosco ai Marzi", de "Le Grillaie", de "La Zambra".

Tutto il reticolo idrografico comunale è costituito da affluenti più o meno rilevanti del Fiume Elsa e del Torrente Drove, che si immettono nei medesimi proprio in corrispondenza di detti insediamenti.

Il reticolo di monte, rappresentato prevalentemente da rami soprattutto del 1° e del 2° ordine di questi affluenti, del Fiume Elsa e del Torrente Drove stessi, è caratterizzato da pendenze d'alveo piuttosto pronunciate e da sottobacini di modeste dimensioni, tanto da non suscitare interesse dal punto di vista idraulico.

Scendendo invece verso il fondovalle, diminuendo le pendenze di questi corsi d'acqua e considerando le crescenti interferenze con le aree urbanizzate, il reticolo necessita di approfondimento e verifica anche in relazione alle problematiche che localmente si sono presentate sul territorio.

Il Fiume Elsa è stato studiato nell'intero tratto compreso tra il Comune di Poggibonsi ed il Comune di Certaldo, per una lunghezza complessiva di circa 17.000 metri; la lunghezza del tratto ricadente sul territorio di Barberino Val d'Elsa è pari a circa 7.800 metri, tra la Sez. 350 e la Sez. 311.

Alla di chiusura del modello idraulico (Sez. 268) il corso d'acqua sottende un bacino idrografico di circa 690 Km<sup>2</sup>.

Lungo il tratto studiato, il Fiume Elsa riceve le acque di numerosi affluenti, di cui i principali sono il Torrente Staggia (nel quale a suo volta confluiscono le acque del Torrente Drove), confluyente in Elsa nel Comune di Poggibonsi, il Torrente Foci, affluente di sinistra con sbocco in Elsa sempre nel Comune di Poggibonsi e il Torrente Casciani ed il Torrente Agliena confluenti in Elsa presso Certaldo.

Nel tratto compreso tra Poggibonsi e Certaldo arrivano in Elsa tutta una serie di affluenti minori, compresi gli affluenti destri Botro dell'Abese, Fosso Zambra, Fosso Avane, Fosso "P.Treppiede di Sotto" e Fosso "P. Le Mortelle" esaminati nel presente lavoro.

Il Torrente Drove, affluente di sinistra del Torrente Staggia che confluisce in questo all'altezza di Via Pisana, traccia il confine tra Barberino Val d'Elsa e Poggibonsi; esso è stato verificato nel suo tratto terminale, assieme ai suoi due principali tronchi di monte, il Drove di Tattera (il cui bacino non interessa il Comune di Barberino Val d'Elsa) ed il Drove di Cinciano (che invece si sviluppa principalmente sul territorio comunale barberinese).

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, il Drove di Tattera per una lunghezza di circa 1.300 metri e il Drove di Cinciano per una lunghezza di circa 500 metri.

Alla Sez. DR 11l Torrente Drove sottende un bacino idrografico di circa 60 Km<sup>2</sup>; il sottobacino del Drove di Tattera ha invece una superficie pari a circa 27 km<sup>2</sup>, quello del Drove di Cinciano pari a circa 24 km<sup>2</sup>.

Nella medesima modellazione è stato verificato anche il Torrente Bozzone, ulteriore affluente destro del Torrente Drove, che sfocia in esso in prossimità dello svincolo di Drove, appena a valle della confluenza tra Tattera e Cinciano.

Tale corso d'acqua si sviluppa interamente sul territorio comunale di Barberino Val d'Elsa, e presenta un bacino idrografico di circa 6.3 km<sup>2</sup>; l'asta è stata studiata per una lunghezza pari a circa 1.900 metri.

Il Botro dell'Abese è un affluente destro dell'Elsa il cui bacino idrografico, di superficie pari a circa 2.2 km<sup>2</sup>, ricade interamente sul Comune di Barberino Val d'Elsa; ne è stata studiata un'asta di lunghezza pari a circa 70 metri, fino alla confluenza con il Fiume Elsa.

Anche il Fosso Zambra riguarda interamente il territorio comunale di Barberino; esso possiede un bacino di superficie pari a circa 6.5 km<sup>2</sup> ed è stato studiato per una lunghezza pari a circa 480 metri, fino al Fiume Elsa.

Allo stesso modo anche i due fossi minori "P. Treppiede di Sotto" e "P. Le Mortelle" si trovano completamente su Barberino, con bacini piuttosto piccoli, di superficie rispettiva pari a circa 0.4 km<sup>2</sup> e 0.65 km<sup>2</sup>. Essi sono stati studiati fino alle confluenze in Elsa per una lunghezza rispettiva pari a circa 410 metri e 470 metri.

L'altro affluente di destra del Fiume Elsa studiato è il Fosso Avane, che traccia per buona parte il confine tra Barberino Val d'Elsa e Certaldo.

Esso presenta un bacino idrografico di superficie pari a circa 7.7 km<sup>2</sup>, ed è stato valutato nel suo tratto terminale per una lunghezza pari a circa 870 metri.

L'ultimo corso d'acqua esaminato, per un breve tratto, è il Borro gli Amaioni, non connesso direttamente con i precedenti tratti studiati.

Esso, tracciando lungo la zona di interesse il confine tra Barberino e Poggibonsi, costituisce un affluente del Drove di Cepparello, a sua volta affluente del Drove di Tattera.

Il bacino idrografico del Borro gli Amaioni ha superficie pari a circa 12.8 km<sup>2</sup>; ne è stato studiato il tratto di asta adiacente all'ex "Salumificio Monsanto", posto lungo la strada per la frazione di Monsanto, per una lunghezza pari a circa 700 metri fino al Borro di Cepparello.

## 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.

Nel presente studio la modellistica idrologica, come del resto anche quella idraulica di cui al successivo Capitolo 7, si traduce essenzialmente nell'acquisizione di dati idrologici derivanti da modelli preesistenti e riconosciuti, previa rielaborazione funzionale e armonizzazione agli scopi del lavoro; sono state eseguite “ex novo”, ma con criteri conformi, soltanto le valutazioni idrologiche alla base delle verifiche idrauliche dei 2 piccoli corsi d'acqua Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle”, di cui non si è reso disponibile alcun dato.

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 e 200 anni.

Per i corsi d'acqua minori (Botro dell'Abese, Fosso Zambra, Fosso Avane, Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle”) l'input idrologico è rappresentato dall'idrogramma valutato per la durata critica di precipitazione che massimizza la portata, invece per i corsi d'acqua principali (Fiume Elsa, Torrente Drove e Torrente Bozzone) 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 corsi d'acqua principali sono stati elaborati più scenari le cui aree allagabili risultanti sono state successivamente involupate a dare la massima estensione del rischio idraulico.

La modellazione del Fiume Elsa, estesa per tutto il tratto tra Poggibonsi e Certaldo, è stata acquisita, come anticipato, 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), 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 interessati; una completa analisi idrologica rispetto a varie durate di precipitazione è stata condotta nell'ambito del suddetto lavoro, quindi nel presente ci si è limitati alla predisposizione del modello per il solo evento di precipitazione risultato critico per l'intero tratto, ovvero quello con durata pari a 9 ore.

Per l'idrologia di tutti i corsi d'acqua in oggetto l'approccio metodologico risulta il medesimo: gli idrogrammi sono stimati mediante il modello di piena concettuale a parametri concentrati ALTO (Regione Toscana, 2000).

Sono in alcuni casi diversificati i criteri adottati nella stima dei parametri geomorfologici e pluviometrici, e di ciò è dato conto nel seguito del presente Capitolo.

Nel caso del modello del Fiume Elsa, del Fosso Zambra e del Fosso Avane, la modellistica idrologica adottata è, come detto, ripresa dal 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); questa modellistica 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.

Nel caso del modello del Torrente Bozzone sia la modellistica idrologica che quella idraulica fanno riferimento al progetto preliminare contenuto nello “Studio degli interventi per la riduzione del rischio sul Torrente Bozzone – progetto di una cassa di espansione” (Ufficio del Genio Civile di Firenze, ex U.R.T.A.T. di Firenze, 2007).

In questo lavoro sono stati messi a punto diversi scenari idrologici per differenti durate di precipitazione e tempi di ritorno, avendo come finalità non soltanto la definizione del rischio idraulico allo stato attuale ma anche la progettazione preliminare di un’opera di messa in sicurezza idraulica.

In ogni caso i criteri adottati sono gli stessi successivamente implementati per gli studi idraulici per il Regolamento Urbanistico di Certaldo, poi acquisiti nello studio della Provincia sul Fiume Elsa ed infine, come detto, riutilizzati nell’ambito del presente lavoro; sono stati infatti ricalcolati tutti i parametri geomorfologici e pluviometrici forniti dalla “Regionalizzazione” e implementati i calcoli idrologici mediante ALTO.

Anche nel caso del Torrente Drove la modellistica idrologica rimanda all’utilizzo di ALTO.

Per questo corso d’acqua era disponibile la recente modellazione idrologica e idraulica del corso d’acqua, compresi affluenti di monte Drove di Tattera e Drove di Cinciano, eseguita a supporto del Piano Strutturale dell’adiacente Comune di Poggibonsi.

I risultati di queste modellazioni sono stati già valutati favorevolmente dall’Autorità di Bacino del Fiume Arno, pertanto, come concordato in Conferenza dei Servizi, si è ritenuto corretto riutilizzare dette modellazioni.

Dal punto di vista idrologico lo studio redatto per conto del Comune di Poggibonsi ha utilizzato integralmente le parametrizzazioni geomorfologiche e pluviometriche proposte dalla “Regionalizzazione”, elaborandole con ALTO.

Per rendere conforme l’analisi idrologica del bacino del Torrente Drove con il resto del lavoro, si è proceduto semplicemente ad una revisione della superficie dei bacini idrografici, utilizzando lo stesso D.T.M. a maglie 10x10 m adottato per la modellistica del Fiume Elsa e degli altri corsi d’acqua.

Allo stesso modo, per quanto riguarda il Borro gli Amaioni, si è potuto fare riferimento ad un modello idrologico e idraulico preesistente.

Trattasi dello “Studio idrologico e idraulico del Borro gli Amaioni”, redatto da chi scrive nel 2007 a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico di Barberino Val d’Elsa ed avente ad oggetto la valutazione del rischio idraulico per l’area dell’ex “Salumificio Monsanto”, destinato a Piano di Recupero.

L’intervento non è stato ancora attuato, pertanto la previsione verrà confermata nella Variante al Regolamento Urbanistico contestuale a quella al Piano Strutturale, e quindi anche gli studi idraulici di supporto riadottati.

I criteri di analisi idrologica per questo corso d’acqua sono risultati conformi a quelli dei corsi d’acqua suddetti, pertanto riproposti integralmente.

Infine sia il bacino del Botro dell’Abese (nonostante fossero già disponibili dati idrologici provenienti, come per gli altri affluenti principali del Fiume Elsa, dagli studi idrologico-idraulici eseguiti a supporto del Regolamento Urbanistico di Certaldo) sia i bacini dei due corsi d’acqua “non classificati” studiati, ovvero i così denominati Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle”, sono stati analizzati “ex novo”, ma servendosi dei medesimi criteri impiegati per gli altri bacini.

Si è proceduto nel tracciare il perimetro dei bacini sulla base della cartografia C.T.R. 1:10.000 e nel gerarchizzare il reticolo fornito dalla C.T.R. stessa (composizione di scala 1:10.000 e scala 1:2.000) per ottenere i nuovi parametri di Nash; per i restanti parametri sono stati confermati i valori della “Regionalizzazione”, ed il tutto è stato implementato nel modello concettuale ALTO.

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

Nei paragrafi successivi sono illustrati maggiormente nel dettaglio i risultati delle valutazioni idrologiche per i bacini dei corsi d’acqua studiati e rappresentati gli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno considerati.

#### 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, per il Fiume Elsa, il Torrente Bozzone ed i suoi affluenti destri (ad eccezione dei 2 fossi minori) risulta corrispondere 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; per il Torrente Drove corrisponde al reticolo di ALTO (*bac\_arno*), basato sulle cartografie IGM e Regione Toscana in scala 1:25.000, mentre per i 2 fossi anzi detti è ripreso esclusivamente dalla C.T.R.

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

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

$$I_a(t) = I_a$$

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

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) e ai vari sottobacini degli affluenti, così come proposti nello studio sull'Elsa della Provincia di Siena.

La Fig. 14 mostra l'estensione di questi bacini e sottobacini, lungo l'asta analizzata del Fiume Elsa, mentre la successiva Tab. 2 individua il file \*.idr di ciascuno di essi.

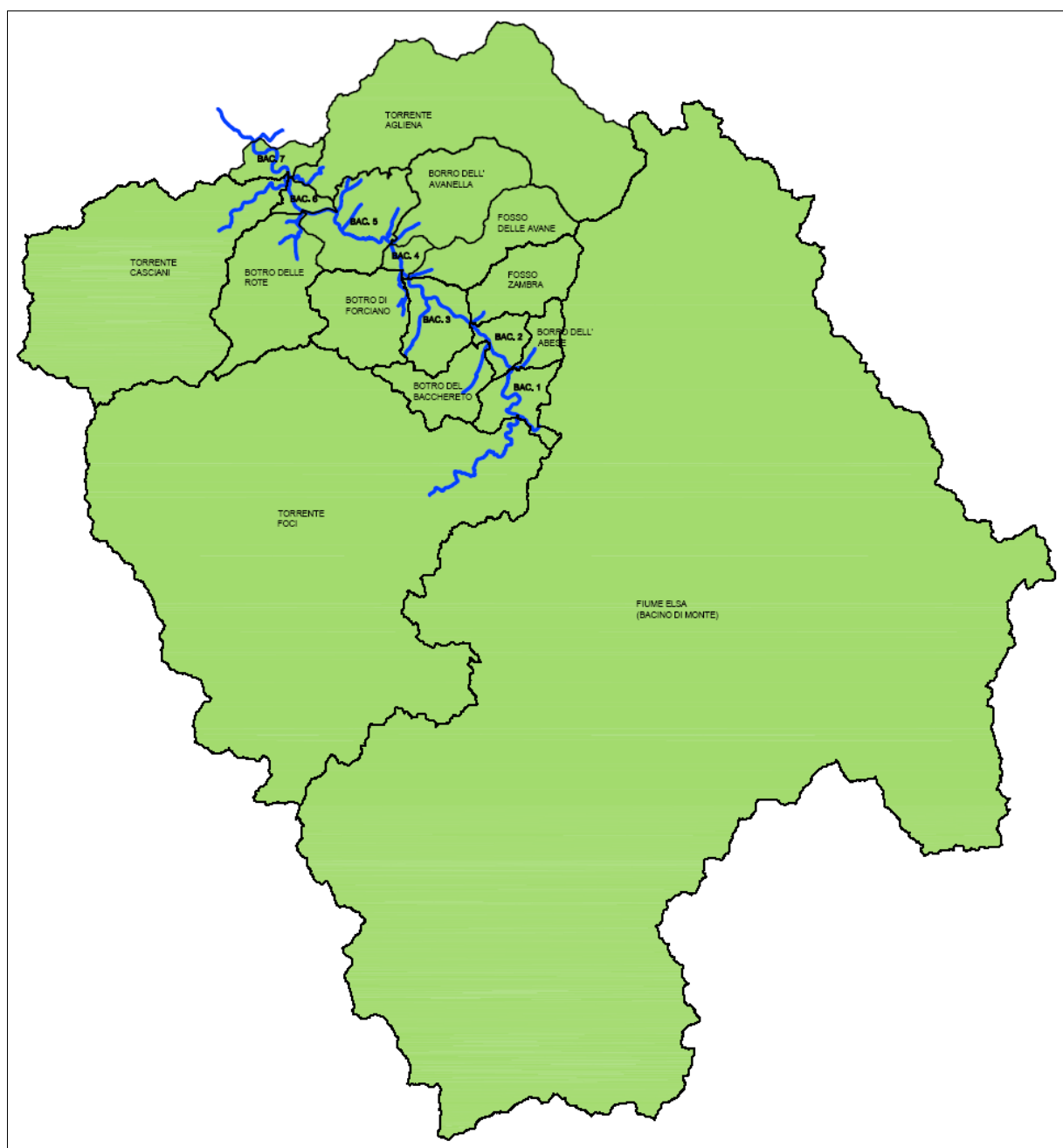


Fig. 14 – Bacino di monte del Fiume Elsa e principali sottobacini ad esso afferenti lungo il tratto Poggibonsi – Certaldo

Nome	Area	Ia	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. 2 – 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 3 tempi di ritorno considerati.

Sono stati valutati anche gli eventi per la durata di precipitazione pari ad 1 ora in modo da predisporre modelli idraulici che servissero per calcolare gli idrogrammi dei livelli in alveo in corrispondenza delle sezioni di immissione degli affluenti studiati (Botro dell'Abese, Fosso Zambra, Fosso Avane, Fosso "P. Treppiede di Sotto" e Fosso "P. Le Mortelle"), quali condizioni al contorno per i modelli degli affluenti stessi, aventi tutti durata critica di pioggia intorno ad 1 ora.

La seguente tabella mostra i valori della portata al colmo per D=9 ore, mentre le successive Figg. 15-25 riportano l'idrogramma in ingresso al modello del Fiume Elsa e tutti gli idrogrammi relativi ai principali affluenti per i 3 tempi di ritorno e D=9 ore.

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

Tab. 3 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s)

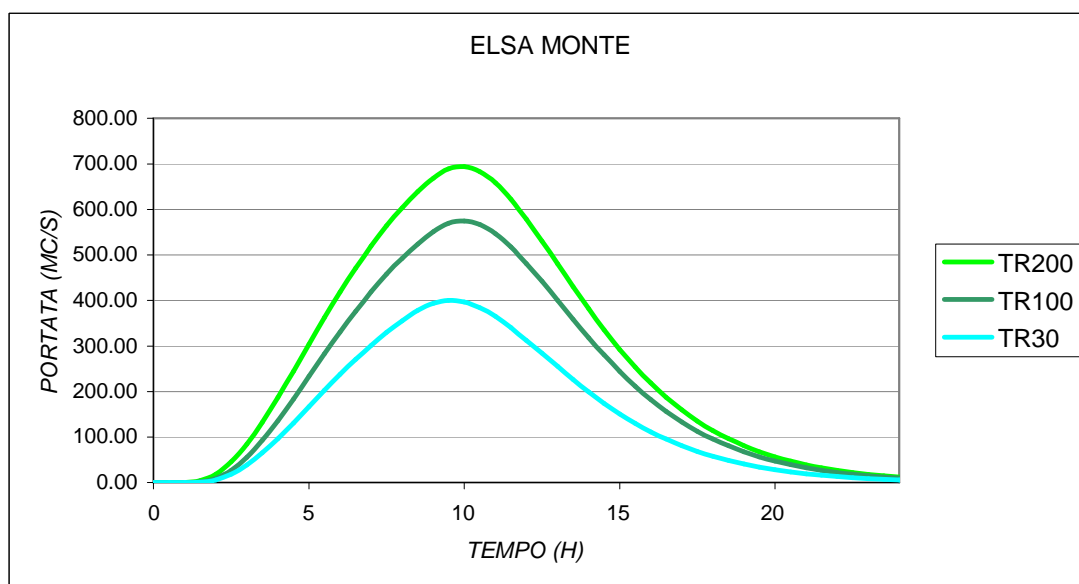


Fig. 15 – Idrogrammi Fiume Elsa in ingresso al modello idraulico per i tempi di ritorno considerati



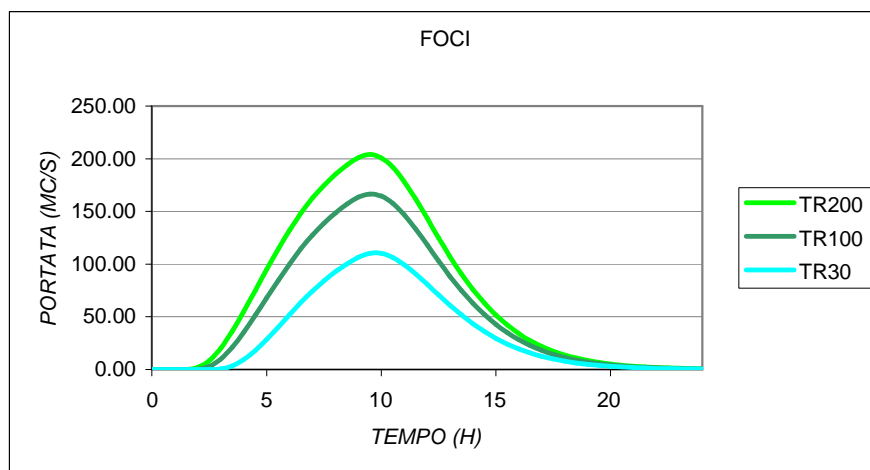


Fig. 16 – Idrogrammi Torrente Foci per i tempi di ritorno considerati

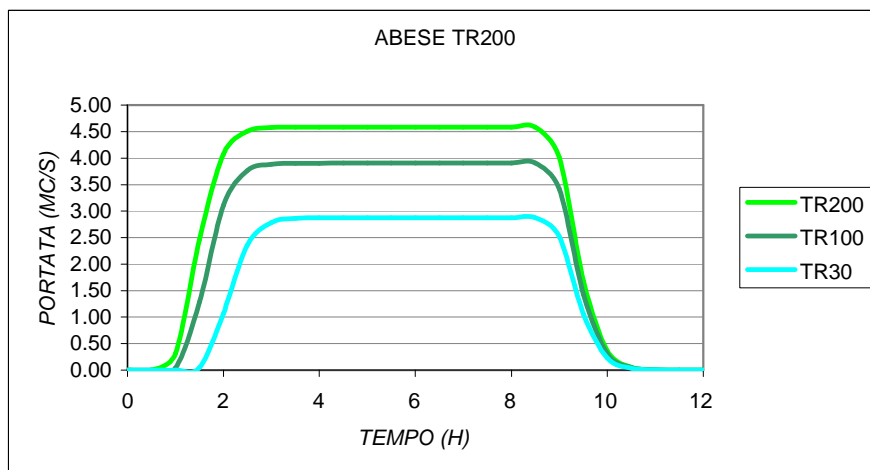


Fig. 17 – Idrogrammi Botro dell'Abese per i tempi di ritorno considerati

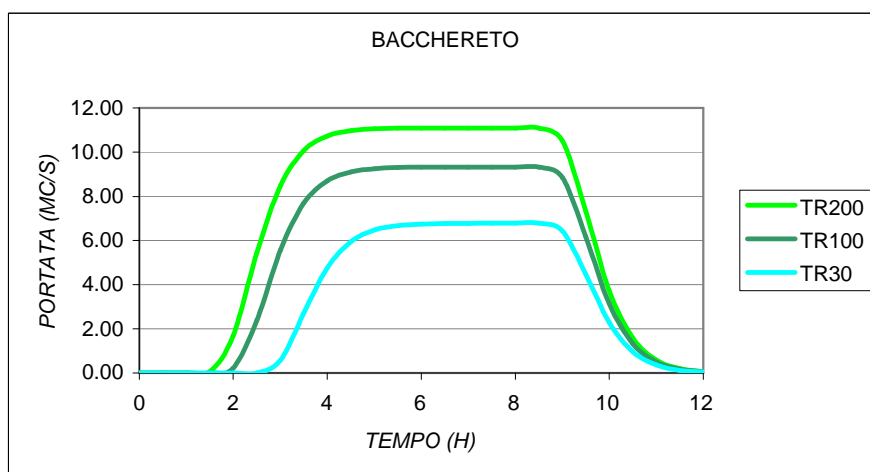


Fig. 18 – Idrogrammi Botro di Bacchereto per i tempi di ritorno considerati

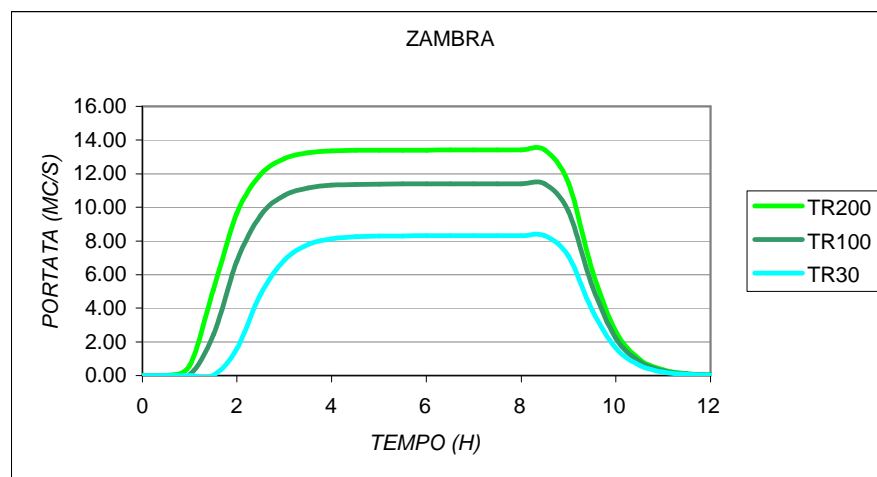


Fig. 19 – Idrogrammi Fosso Zambra per i tempi di ritorno considerati

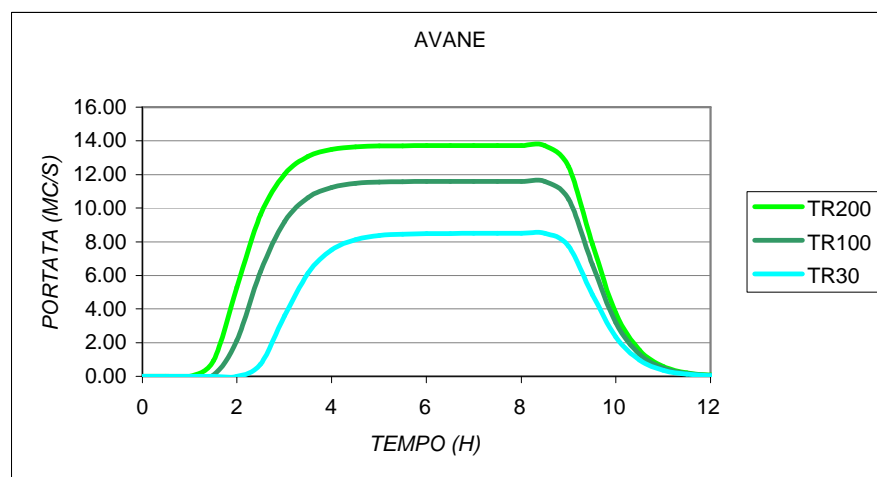


Fig. 20 – Idrogrammi Fosso delle Avane per i tempi di ritorno considerati

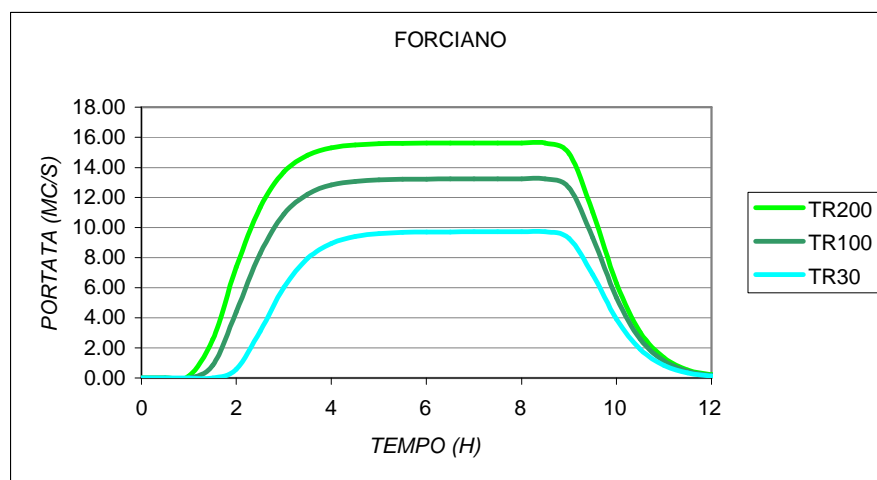


Fig. 21 – Idrogrammi Botro di Forciano per i tempi di ritorno considerati

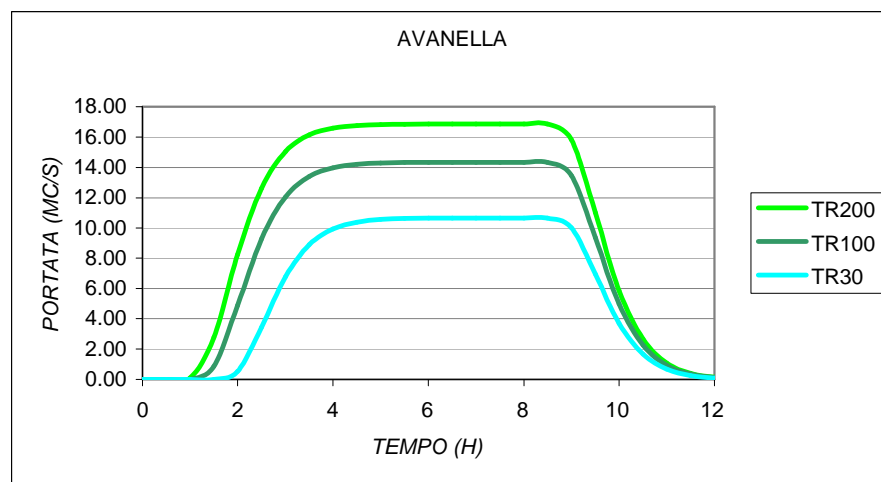


Fig. 22 – Idrogrammi Borro dell'Avanella per i tempi di ritorno considerati

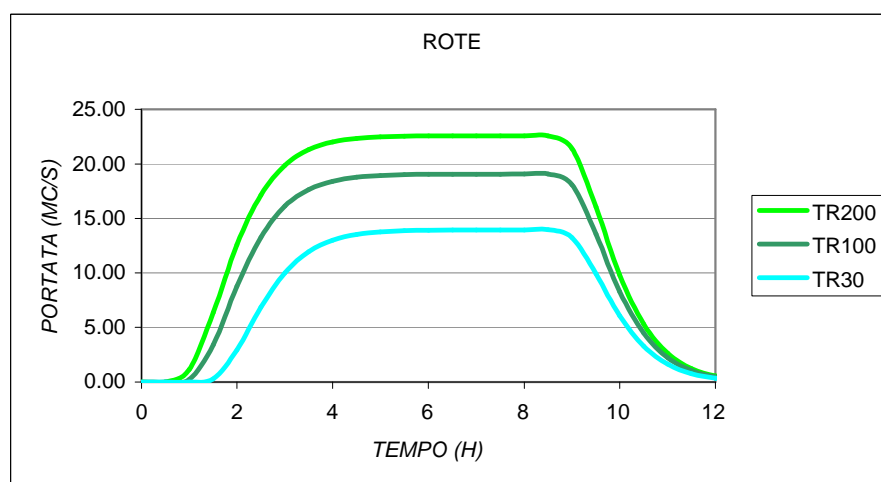


Fig. 23 – Idrogrammi Botro delle Rote per i tempi di ritorno considerati

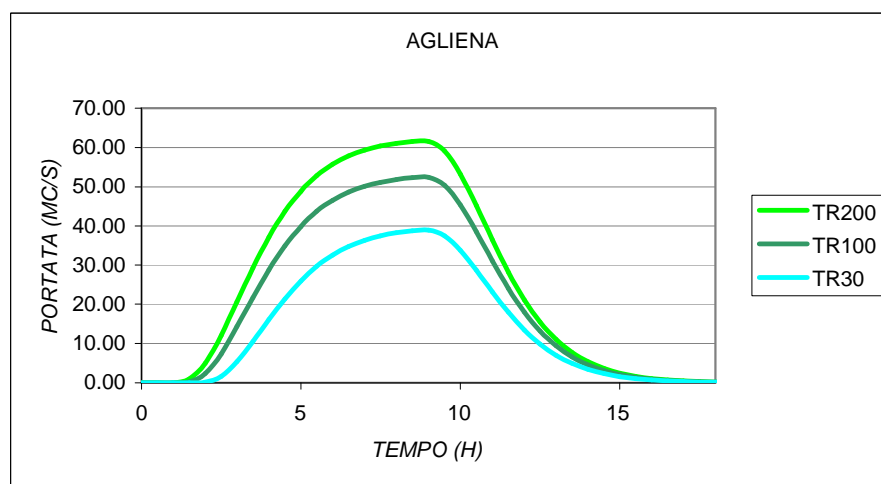


Fig. 24 – Idrogrammi Torrente Agliena per i tempi di ritorno considerati

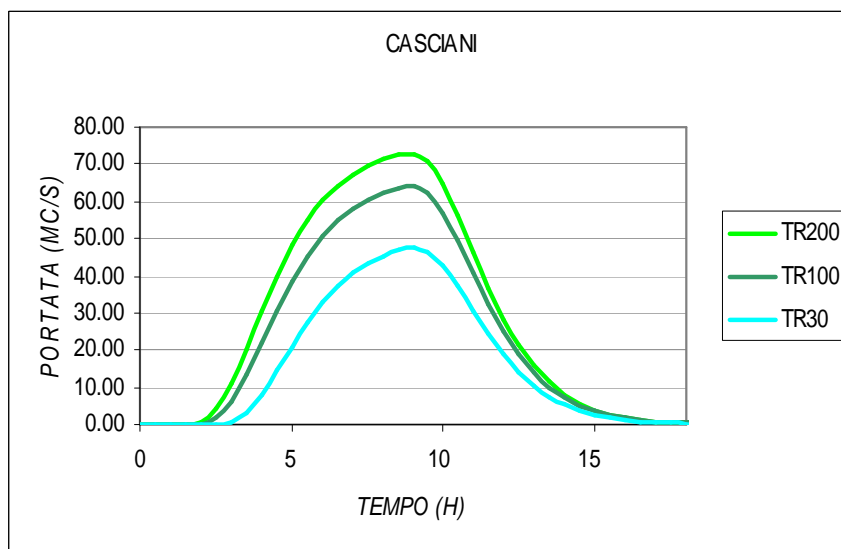


Fig. 25 – Idrogrammi Torrente Casciani per i tempi di ritorno considerati

Nell'Allegato Idrologico **IR 02** 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 Torrente Drove e Torrente Bozzone

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.

Come anticipato, la modellistica del Drove e affluenti di monte (Cinciano e Tattera) è ripresa integralmente da ALTO, soltanto sono state riviste, mediante il medesimo D.T.M. a maglie 10x10 m utilizzato per l'Elsa, i suoi affluenti riportati nella precedente Tab. 3 e il Bozzone, le superfici dei bacini, che risultano leggermente inferiori a quanto proposto dalla "Regionalizzazione".

La seguente tabella mette a confronto le superfici dei bacini del Torrente Drove, del Drove di Tattera, del Drove di Cinciano e dello stesso Torrente Bozzone indicate da ALTO e quelle ricalcolate nell'ambito del presente lavoro.

Bacino	Superficie ALTO (kmq)	Superficie stimata (kmq)
Torrente Drove complessivo	58.160	58.449
Torrente Drove di Tattera	26.928	27.328
Torrente Drove di Cinciano	25.520	23.783
Torrente Bozzone	7.568	6.375

Tab. 4 – Confronto superfici dei bacini di ALTO con superfici stimate nel presente lavoro

La successiva Fig. 26 mostra l'estensione del bacino del Torrente Drove e dei suoi principali sottobacini, mentre la successiva Tab. 5 individua il file \*.idr di tutti i sottobacini di cui sono stati stimati gli idrogrammi.

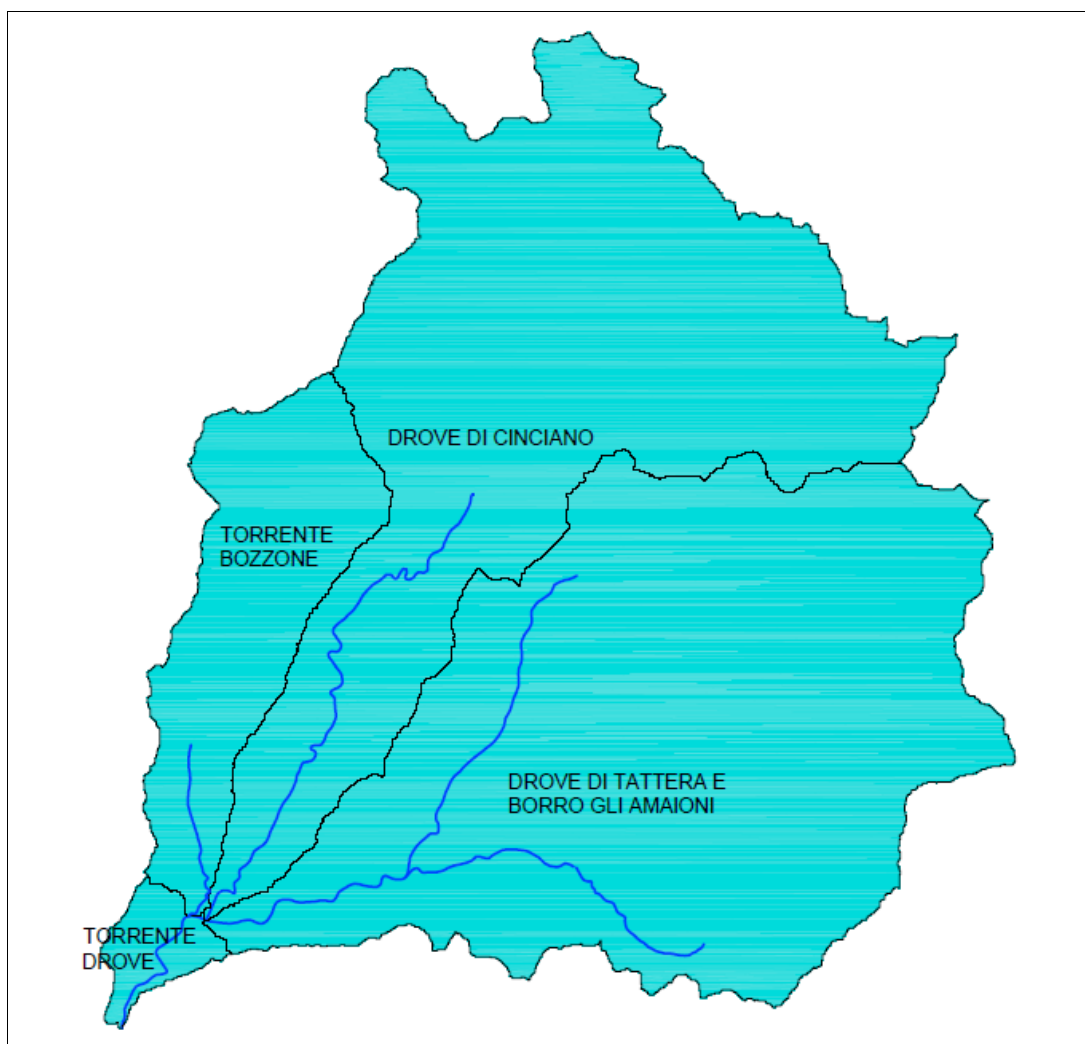


Fig. 26 – Bacino del Torrente Drove e principali sottobacini

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
TATTERA	27.328	16.522	3.276	2.616	0.791	23.427	0.321	0.17	21.534	0.314	0.219
CINCIANO	23.783	10.164	2.943	2.251	1.019	21.141	0.356	0.16	18.322	0.366	0.204
BOZZONE invaso	5.530	6.967	1.993	2.710	0.319	22.616	0.38	0.18	22.392	0.269	0.198
BOZZONE confl. Drove	6.375	6.370	1.947	2.697	0.387	22.616	0.38	0.18	22.392	0.269	0.198

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

Per quanto riguarda il Torrente Bozzone, analogamente a quanto fatto nel progetto preliminare della cassa di espansione su tale corso d'acqua (ex U.R.T.A.T. di Firenze, 2007), si è suddiviso preliminarmente il bacino in due sottobacini: quello di monte, con sezione di chiusura posta in corrispondenza del punto di realizzazione dell'opera di messa in sicurezza (briglia “a bocca tarata”), e quello di valle, tra questa sezione e la confluenza con il Torrente Drove.

Considerando che è stato ricostruito un modello idraulico “semicongiunto” dei corsi d'acqua, come meglio specificato nel successivo Capitolo, sono stati stimati, mediante l'elaborazione con ALTO 2000, gli idrogrammi di piena di ciascun sottobacino per le seguenti durate di precipitazione: **1, 2, 3 e 4 ore**.

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

La seguente tabella mostra i valori delle portate al colmo per le 4 durate di pioggia ed i 3 tempi di ritorno considerati per ciascun sottobacino.

Nella medesima tabella sono evidenziati in giallo i valori massimi di portata per ciascun tempo di ritorno.

Per gli affluenti di monte del Torrente Drove la durata critica di precipitazione si aggira intorno alle 3 ore, mentre per l'asta principale a valle della confluenza tra Tattera e Cinciano risulta pari a circa 4 ore.

Per il Torrente Bozzone, alla sezione di confluenza con il Drove, la durata critica risulta di poco superiore ad 1 ora.

Nome	D=1 ora			D=2 ore			D=3 ore			D=4 ore		
	TR 30	TR 100	TR 200	TR 30	TR 100	TR 200	TR 30	TR 100	TR 200	TR 30	TR 100	TR 200
TATTERA	56.418	79.951	95.792	72.674	99.932	118.116	76.682	103.832	121.857	74.351	99.006	115.380
CINCIANO	45.321	64.485	77.821	57.885	80.911	96.886	61.583	85.407	101.909	59.888	82.847	98.753
BOZZONE invaso	37.897	48.993	56.529	34.049	44.202	50.862	26.642	34.610	40.133	21.273	27.767	32.259
BOZZONE confl. Drove	6.737	8.658	9.953	6.535	8.494	9.758	5.369	6.970	8.080	4.362	5.676	6.587

Tab. 6 – Portata al colmo per i vari sottobacini, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con differenti durate di pioggia

Le successive Figg. 27-32 riportano gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per ciascun tempo di ritorno rispetto alle 2 principali durate critiche di precipitazione, ovvero 3 ore (per Drove di Cinciano e di Tattera) e 1 ora (per Torrente Bozzone).

Le aree allagate complessive per il Torrente Drove ed il Torrente Bozzone (elaborati **I 04a** e **I 04b**) sono state ricavate per inviluppo delle perimetrazioni di questi due scenari critici e dello scenario di durata pari a 4 ore per il tratto di valle del Drove.

Nell'Allegato Idrologico **IR 02** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno considerati.

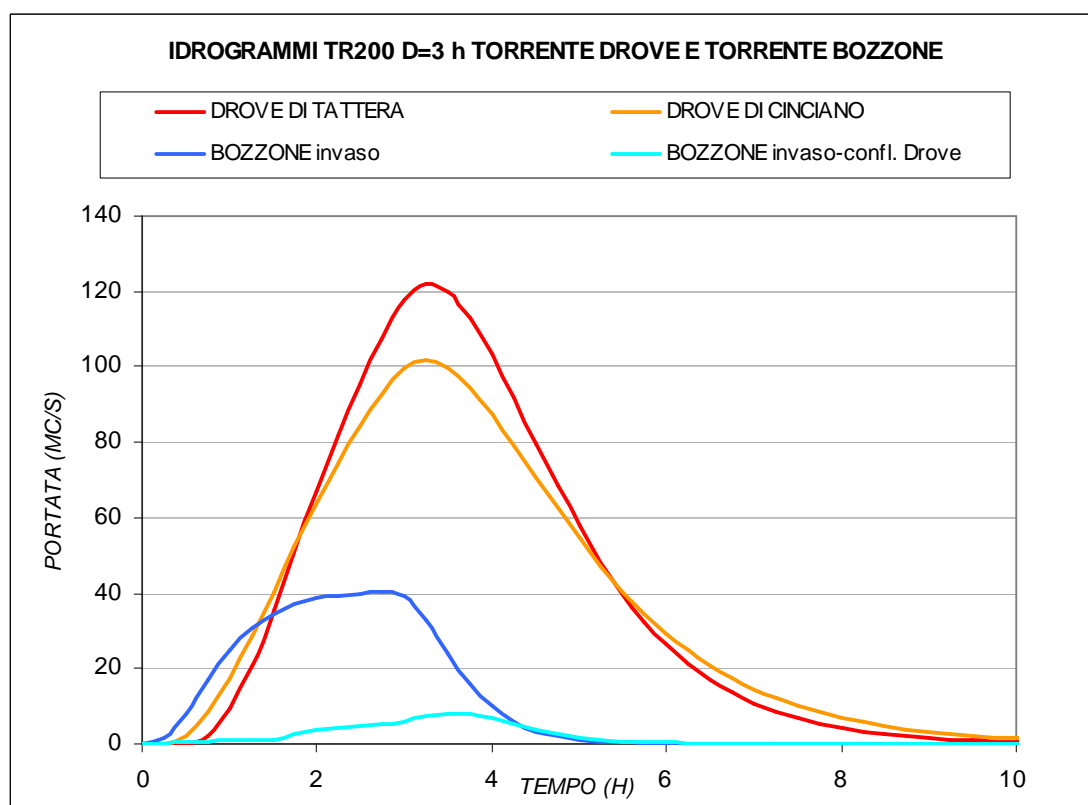


Fig. 27 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR200 e D=3 ore

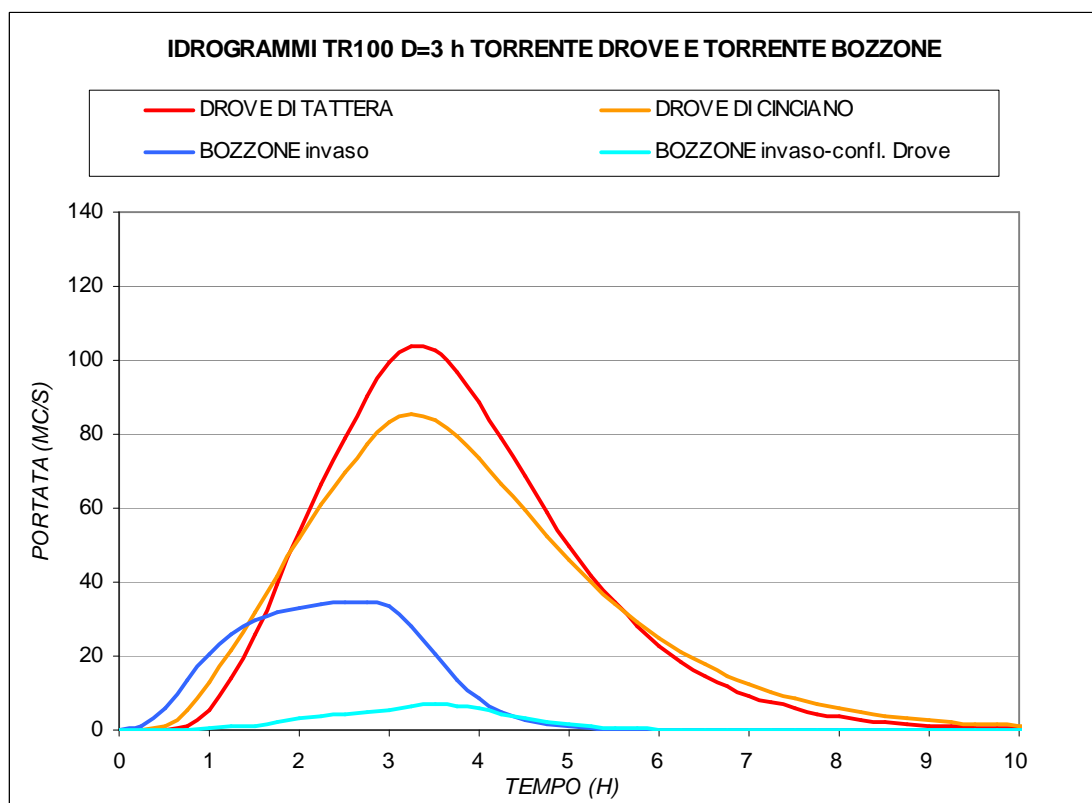


Fig. 28 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR100 e D=3 ore

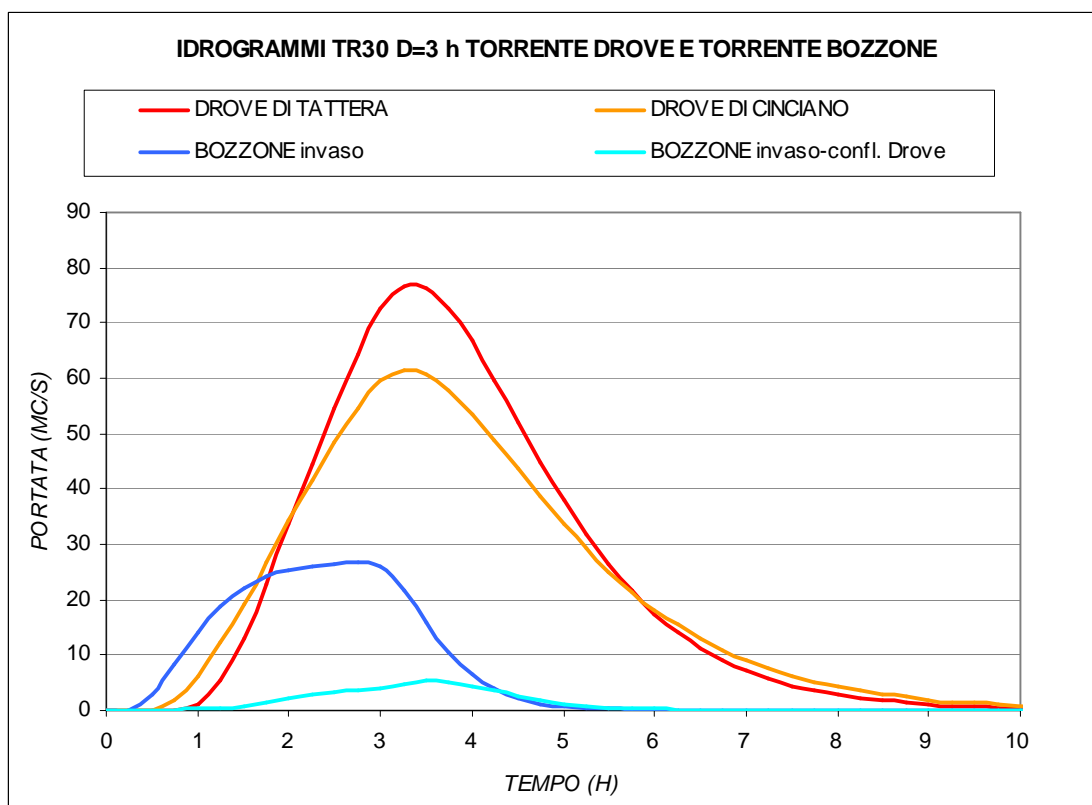


Fig. 29 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR30 e D=3 ore

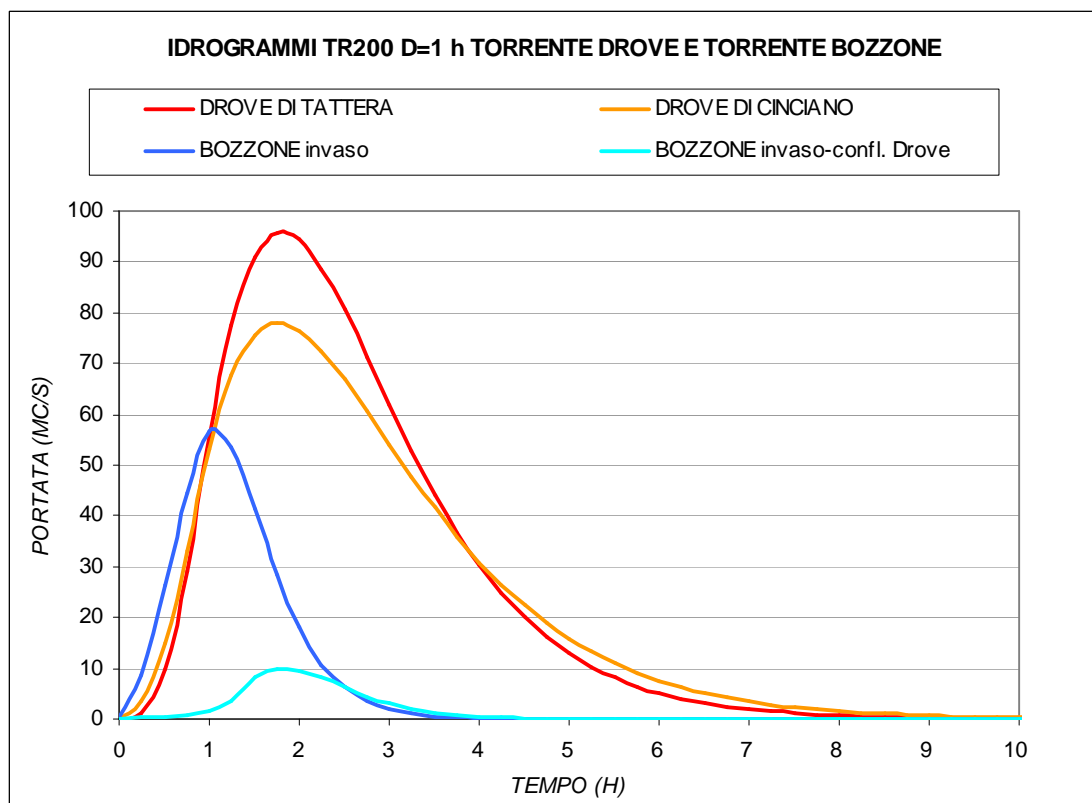


Fig. 30 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR200 e D=1 ora

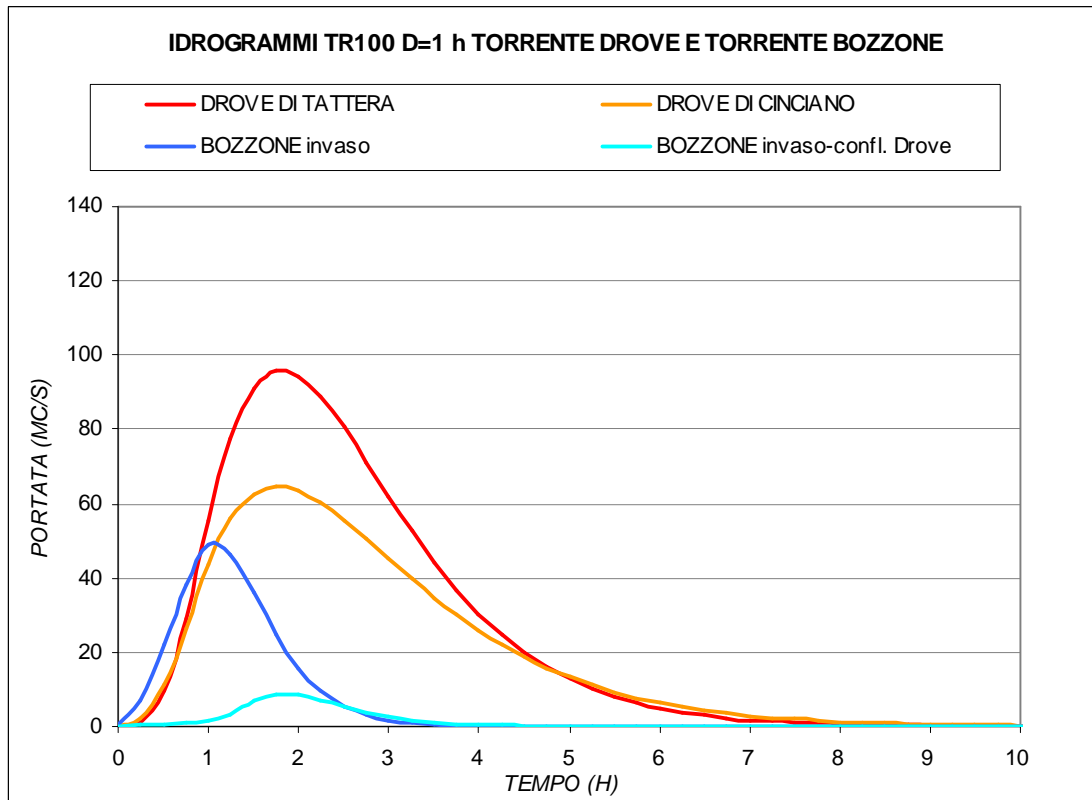


Fig. 31 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR100 e D=1 ora



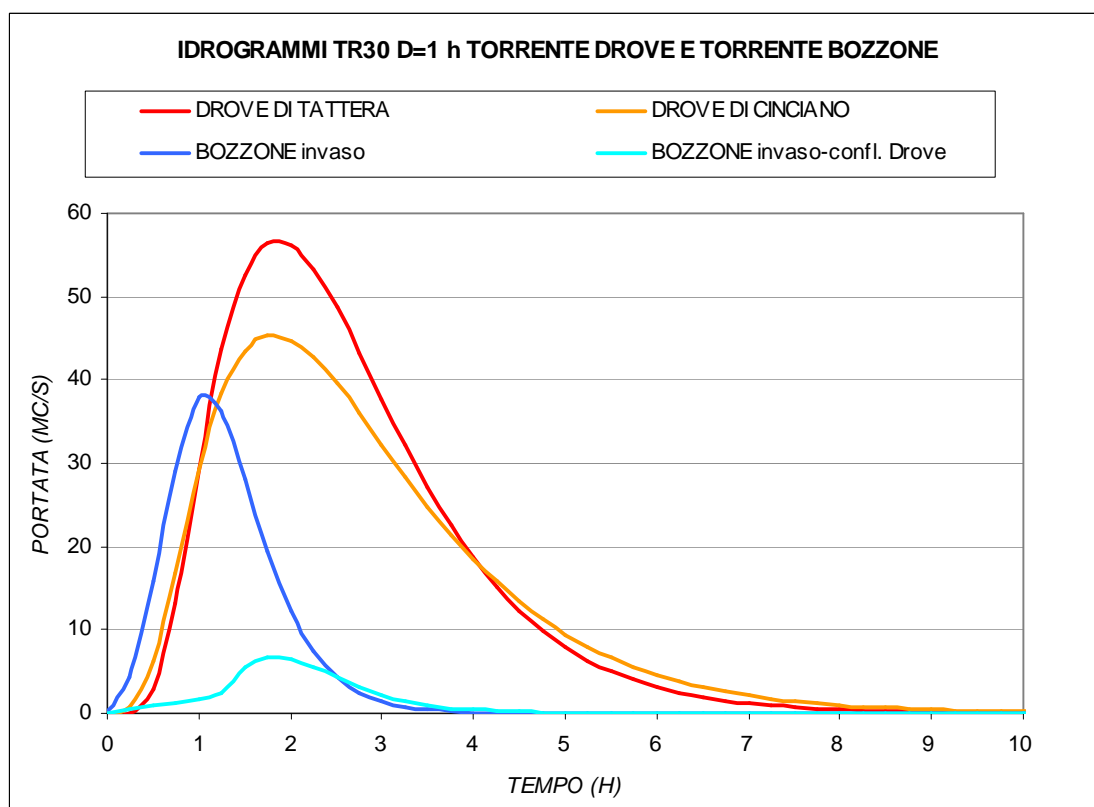


Fig. 32 – Idrogrammi dei sottobacini del Torrente Drove e del Torrente Bozzone per TR30 e D=1 ora

### 6.3.2 Botro dell'Abese

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

Alla luce dei recenti eventi alluvionali del giorno 21 Ottobre 2013 che hanno colpito questa porzione di territorio causando allagamenti anche molto estesi lungo tutti gli affluenti destri del Fiume Elsa, tra cui l'Abese, e lungo il Torrente Drove e affluenti di monte, si è però ritenuto necessario procedere ad una revisione dell'idrologia del Botro dell'Abese, risultando gli effetti della piena accaduta maggiori rispetto a quanto atteso in virtù dei precedenti dati idrologici, provenienti, come detto, dalla medesima modellazione idrologica condotta per il Fiume Elsa.

Il bacino idrografico del Botro dell'Abese è mostrato nella precedente Fig. 14.

Nella seguente Tab. 7 è mostrato il file \*.idr originario, ovvero relativo alla precedente modellistica, dei parametri del bacino del Botro dell'Abese, i cui valori coincidono con quelli già rappresentati nella precedente Tab. 2 relativa al bacino del Fiume Elsa ed ai suoi sottobacini nel tratto Poggibonsi - Certaldo.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
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

Tab. 7 – File \*.idr dei parametri del bacino del Botro dell'Abese

Come anticipato, si è proceduto con una revisione di alcuni di questi parametri, in particolare della superficie del bacino e di  $n$  e  $k$ , questi ultimi ottenuti mediante un aggiornamento della gerarchizzazione del reticolo.

Il bacino è stato ritracciato sulla base della cartografia C.T.R. 1:10.000 ed è risultato possedere superficie leggermente superiore rispetto a quella indicata nella precedente modellazione idrologica, ovvero pari a 2.488 kmq.

Inoltre il reticolo del bacino, come detto, è stato nuovamente gerarchizzato al fine di stimare i parametri di forma e di scala ( $n$  e  $k$ ) di Nash.

Di seguito è mostrata un'immagine del nuovo bacino del Botro dell'Abese e relativa gerarchizzazione del reticolo.



Fig. 33 – Bacino del Botro dell'Abese con gerarchizzazione del reticolo (rosso 1° ordine, azzurro 2° ordine, verde 3° ordine)

Grazie a queste modifiche, il nuovo file \*.idr dei parametri da elaborare con ALTO 2000 è risultato il seguente.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
B. DELL'ABESE	2.488	8.834	2.120	2.998	0.181	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198

Tab. 8 – Nuovo file \*.idr dei parametri del bacino del Botro dell'Abese (evidenziati i parametri modificati)

Il calcolo con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **0.6-0.8 ore**.

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

La seguente tabella mostra i relativi valori della portata al colmo; tra parentesi i picchi di portata calcolati nella precedente modellistica idrologica.

Nome	TR 30	TR 100	TR 200
B. DELL'ABESE	23.850 (19.336)	31.250 (25.222)	36.107 (29.236)

Tab. 8 – Portata al colmo per il bacino del Botro dell'Abese alla confluenza con il Fiume Elsa, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr=0.6 ore (TR100 e TR200) e Dcr=0.8 ore (TR30)

La successiva Fig. 34 mostra gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Botro dell'Abese per i 3 tempi di ritorno e durata critica di pioggia.

Nell'Allegato Idrologico **IR 02** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

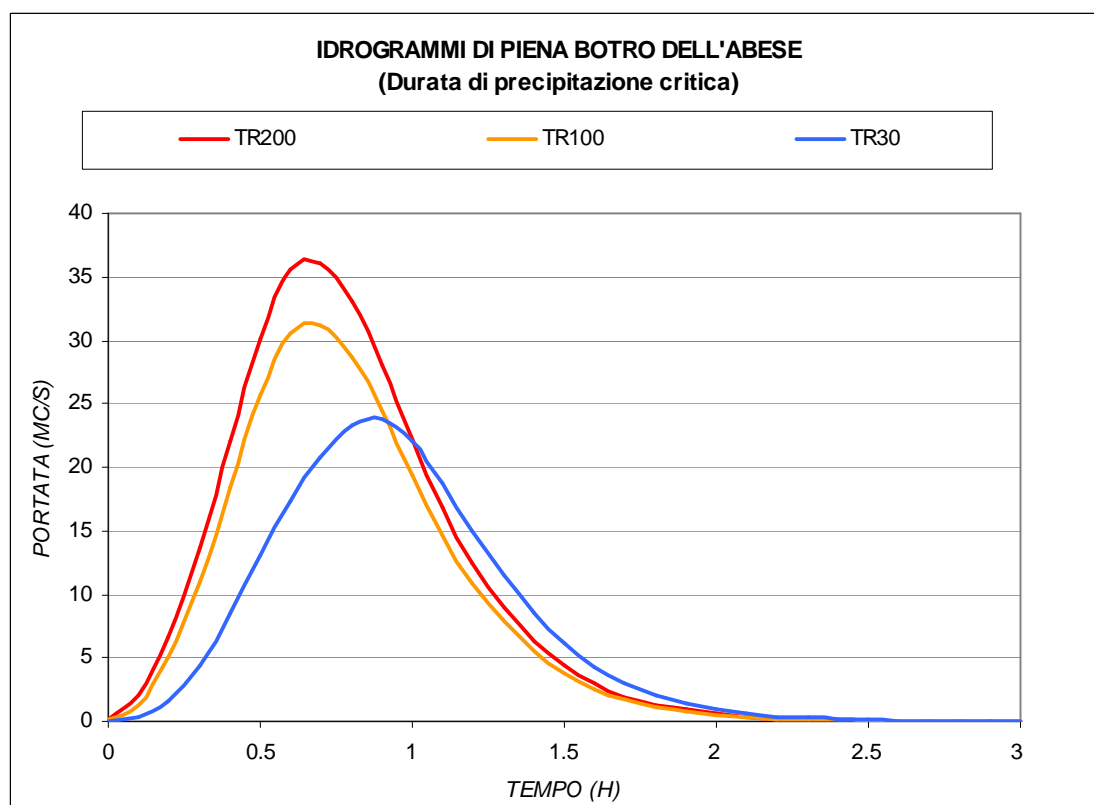


Fig. 34 – Idrogrammi Botro dell'Abese in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno

### 6.3.3 Fosso Zambra

Per quanto riguarda il Fosso Zambra sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici relativi all'intero bacino, secondo la medesima modellazione idrologica condotta per il Fiume Elsa.

Anche per il Fosso Zambra sono stati stimati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione di confluenza con il Fiume Elsa stesso per la durata critica di precipitazione.

Il bacino idrografico del Fosso Zambra è mostrato nella precedente Fig. 14.

Nella seguente Tab. 10 è mostrato il file \*.idr singolo dei parametri del bacino del Fosso Zambra, i cui valori coincidono con quelli già rappresentati nella precedente Tab. 2 relativa al bacino del Fiume Elsa ed ai suoi sottobacini nel tratto Poggibonsi - Certaldo.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
F. ZAMBRA	6.573	9.811	2.269	2.366	0.369	22.963	0.29	0.18	22.389	0.268	0.198

Tab. 10 – File \*.idr dei parametri del bacino del Fosso Zambra

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **1.2 ore**.

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

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

Nome	TR 30	TR 100	TR 200
F. ZAMBRA	42.611	55.606	64.403

Tab. 11 – Portata al colmo per il bacino del Fosso Zambra alla confluenza con il Fiume Elsa, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr=1.2 ore

La successiva Fig. 35 mostra gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Fosso Zambra per i 3 tempi di ritorno e durata critica di pioggia.

Nell'Allegato Idrologico **IR 02** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

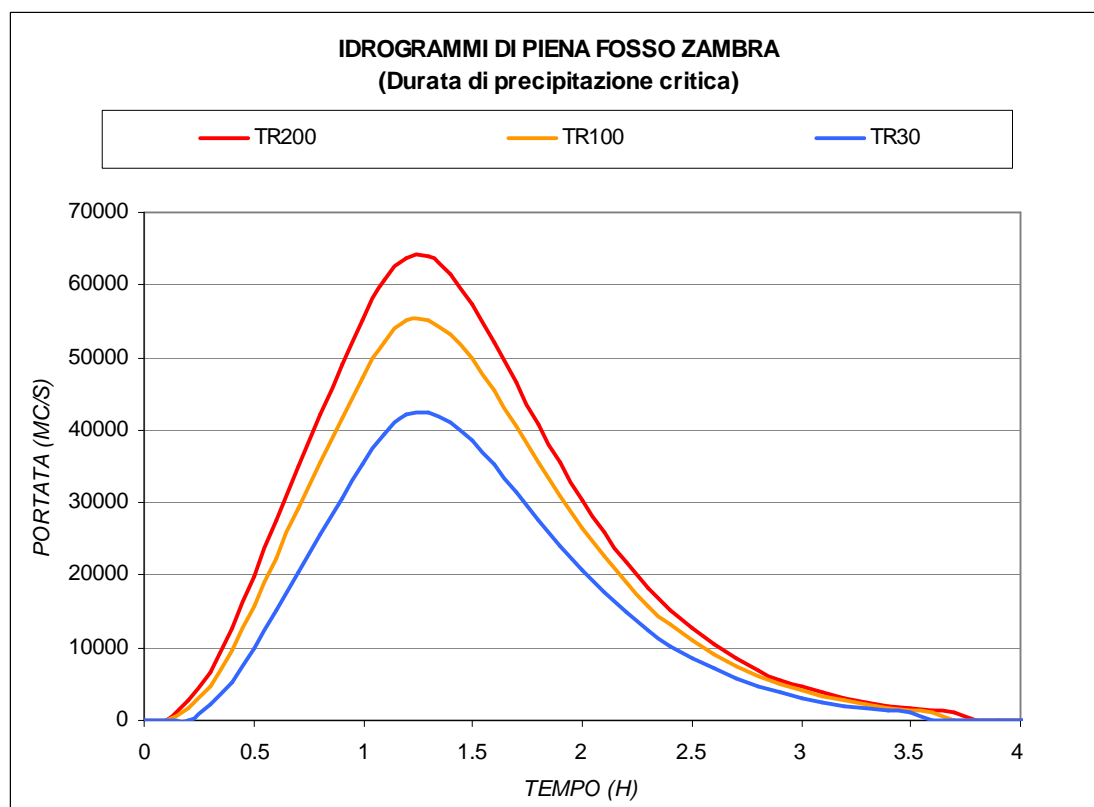


Fig. 35 – Idrogrammi Fosso Zambra in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno

#### 6.3.4 Fosso Avane

Come per il Fosso Zambra, anche per l'Avane sono stati acquisiti i parametri geomorfologici e pluviometrici sulla base della stessa modellazione idrologica condotta per il Fiume Elsa.

Anche per il Fosso Avane sono stati stimati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione di confluenza con il Fiume Elsa stesso per la durata critica di precipitazione.

Anche il bacino idrografico del Fosso Avane è mostrato nella precedente Fig. 14.

Nella seguente Tab. 12 è mostrato il file \*.idr singolo dei parametri del bacino del Fosso Avane, i cui valori coincidono con quelli già rappresentati nella precedente Tab. 2 relativa al bacino del Fiume Elsa ed ai suoi sottobacini nel tratto Poggibonsi - Certaldo.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
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

Tab. 12 – File \*.idr dei parametri del bacino del Fosso Avane

L'elaborazione con ALTO 2000 ha consentito di valutare gli idrogrammi di piena per la durata critica di precipitazione, ovvero pari a circa **1.4 – 1.6 ore**.

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

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

Nome	TR 30	TR 100	TR 200
F. DELLE AVANE	40.676	51.838	59.342

Tab. 13 – Portata al colmo per il bacino del Fosso Avane alla confluenza con il Fiume Elsa, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con Dcr=1.4 ore (TR100 e TR200) e 1.6 ore (TR30)

La successiva Fig. 36 mostra gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico del Fosso Avane per i 3 tempi di ritorno e durata critica di pioggia.

Nell'Allegato Idrologico **IR 02** sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

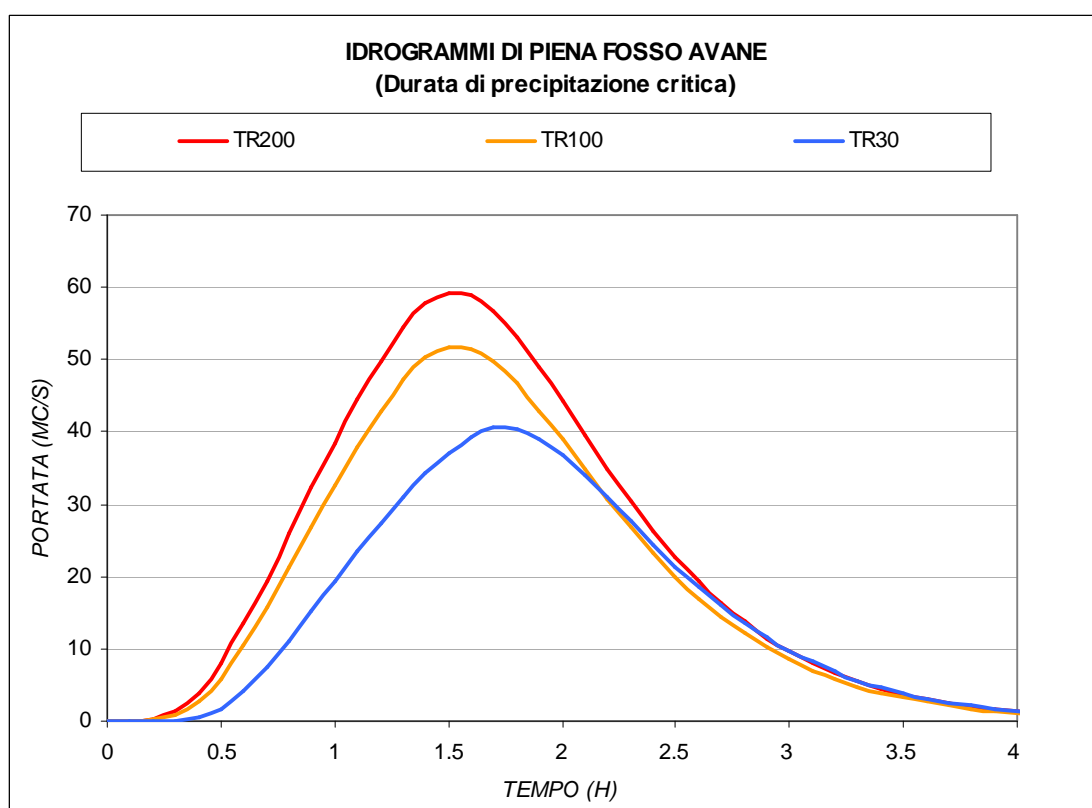


Fig. 36 – Idrogrammi Fosso Avane in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno

#### 6.3.5 Fosso “P. Treppiede di Sotto” e Fosso “P. Le Mortelle”

Come anticipato, la modellistica idrologica per questi 2 corsi d'acqua è stata eseguita “ex novo” per il presente lavoro in quanto non è risultato disponibile alcun dato, né idrologico né idraulico.

Lo schema metodologico di analisi idrologica è il medesimo adottato per il Botro dell'Abese.

Sono stati ricostruiti, sulla base della C.T.R. 1:10.000, i confini dei 2 bacini idrografici; essi hanno superfici, valutate alla confluenza dei fossi con il Fiume Elsa, assai ridotte, ovvero pari a circa 0.415 kmq per il Fosso “P. Treppiede di Sotto” e 0.654 kmq per il Fosso “P. Le Mortelle”.

Il reticolo dei due bacini, assai semplificato, è stato nuovamente gerarchizzato al fine di stimare, per entrambi i bacini, i parametri di forma e di scala ( $n$  e  $k$ ) di Nash.

Di seguito sono mostrati i due bacini idrografici con relativa gerarchizzazione.

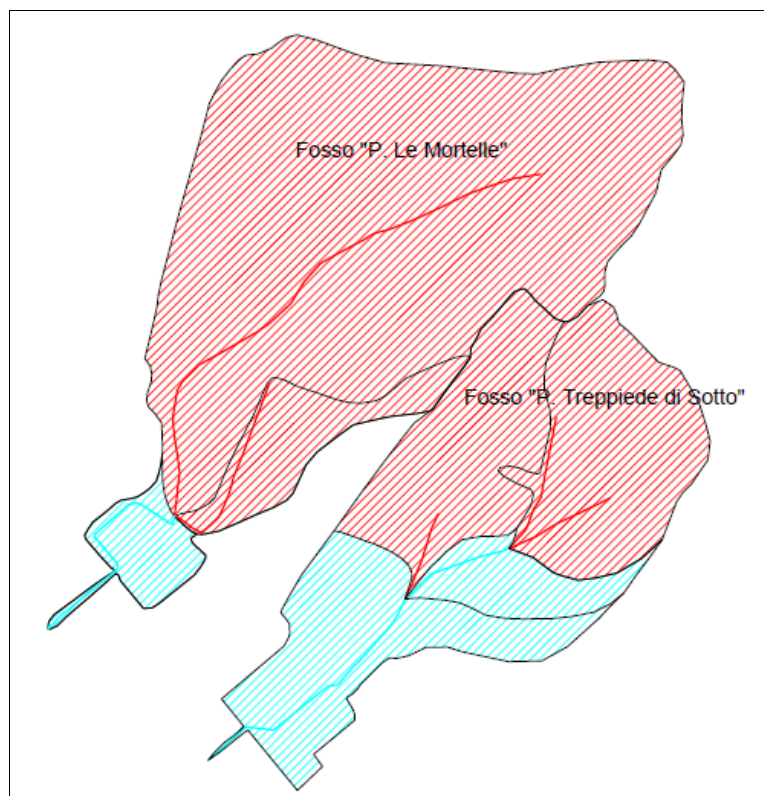


Fig. 37 – Bacini dei due fossi con gerarchizzazione del reticolo (rosso 1° ordine, azzurro 2° ordine)

Per quanto riguarda gli altri parametri geomorfologici e pluviometrici (assorbimento superficiale  $I_a$  e infiltrazione a saturazione  $K_s$ , e parametri  $a$ ,  $n$  e  $m$  delle curve di possibilità pluviometrica), sono stati ripresi i valori forniti dalla “Regionalizzazione”.

Il file \*.idr dei parametri dei due bacini è mostrato nella successiva Tab. 14, ed attraverso di esso, mediante l’elaborazione con ALTO, è stato possibile stimare gli idrogrammi di piena valutati, come detto, in corrispondenza della sezione di confluenza tra detti fossi ed il Fiume Elsa e riferiti ai rispettivi eventi di durata critica di precipitazione.

Per il Fosso “P. Treppiede di Sotto” la durata critica risulta essere pari a **0.25 ore** per TR100 e TR200, e pari a circa **0.5 ore** per TR30; per il Fosso “P. Le Mortelle” le durate critiche risultano essere pari, per tutti i tempi di ritorno, a circa **0.7 ore**.

Nome	Area	$I_a$	$K_s$	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
F. “P. TREMPIEDE DI SOTTO”	0.415	3.300	1.550	2.417	0.095	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198
F. “P. LE MORTELLE”	0.654	6.967	1.163	3.051	0.204	22.975	0.289	0.18	22.392	0.269	0.198

Tab. 14 – File \*.idr dei parametri del bacino del Fosso “P. Treppiede di Sotto” e “P. Le Mortelle”

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

Nome	TR 30	TR 100	TR 200
F. “P. TREMPIEDE DI SOTTO”	7.364	9.281	10.678
F. “P. LE MORTELLE”	6.211	7.982	9.189

Tab. 15 – Portata al colmo per i bacini del Fosso “P. Treppiede di Sotto” e del Fosso “P. Le Mortelle” alla confluenza con il Fiume Elsa, per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con durate di precipitazione critiche

Le successive Fig. 38 e Fig. 39 mostrano gli idrogrammi in ingresso ai modelli idraulici dei due fossi per i 3 tempi di ritorno e durata critica di pioggia.

Nell'Allegato Idrologico IR 02 sono mostrati tutti i risultati delle elaborazioni idrologiche (file \*.out), per tutte le durate di precipitazione e tutti i tempi di ritorno.

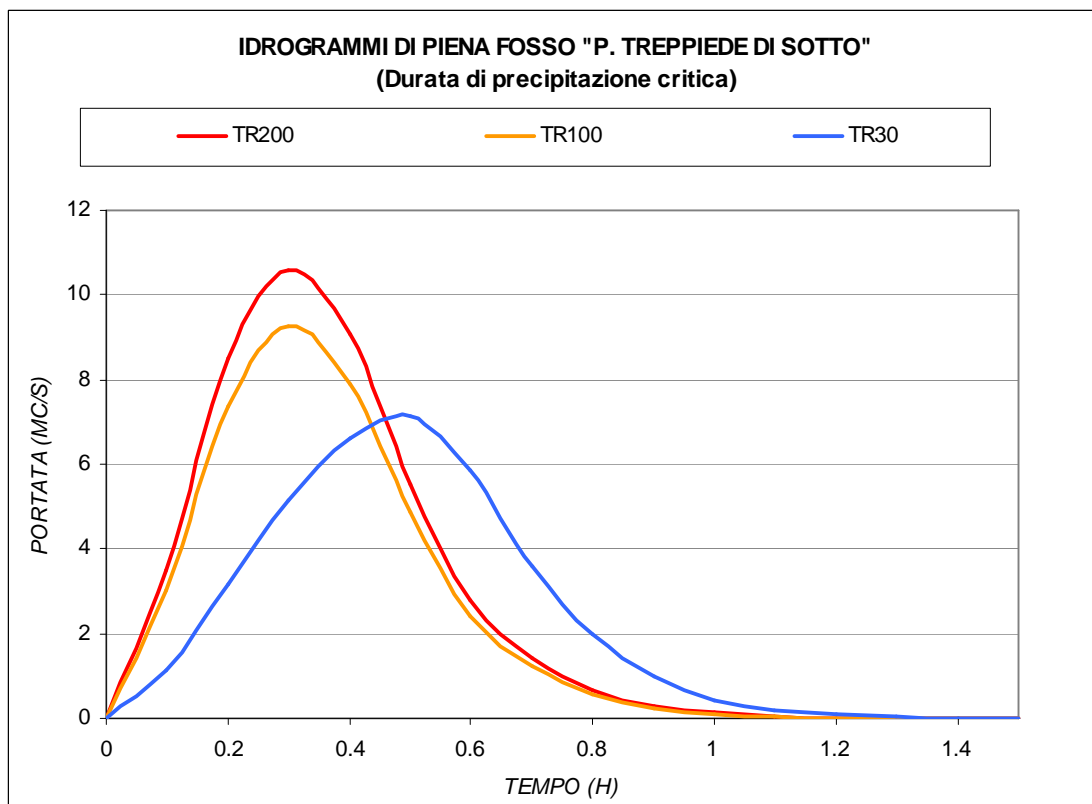


Fig. 38 – Idrogrammi Fosso “P. Treppiede di Sotto” in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno

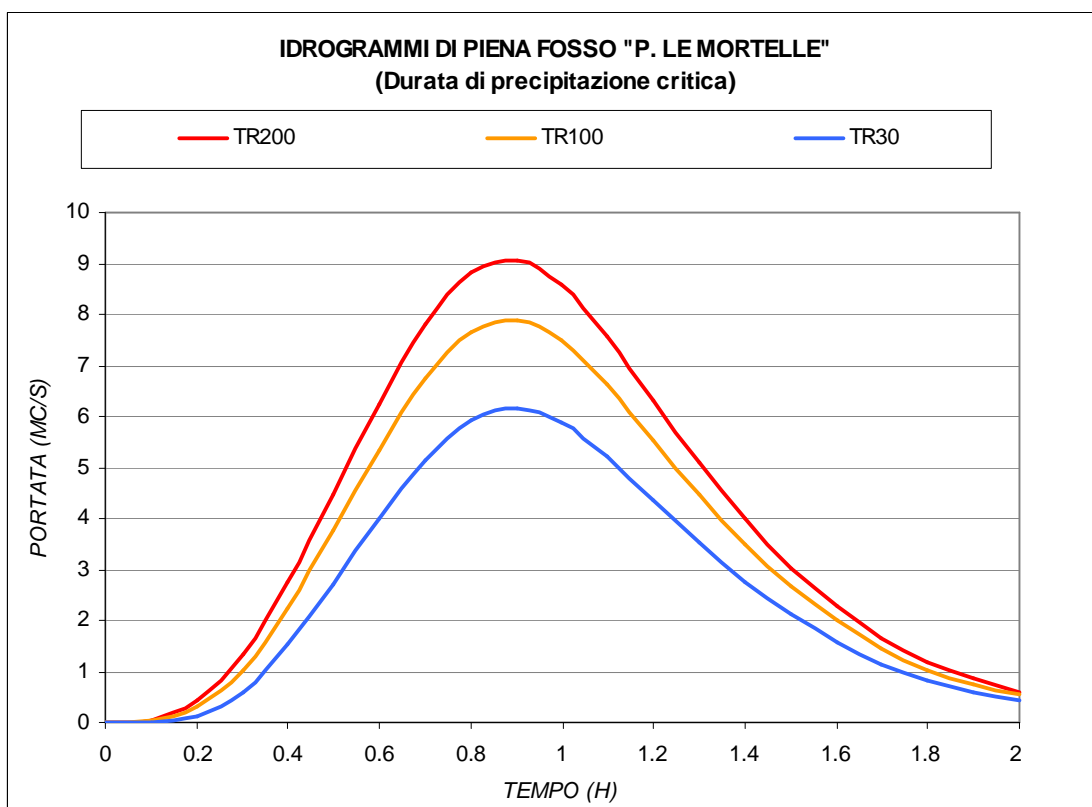


Fig. 39 – Idrogrammi Fosso “P. Le Mortelle” in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno



### 6.3.6 Borro gli Amaioni

L'idrologia del Borro gli Amaioni deriva, come anticipato, da uno studio idrologico-idraulico redatto da chi scrive per conto del Comune di Barberino Val d'Elsa in occasione della Variante al Regolamento Urbanistico del 2007.

Successivamente questo studio è stato ulteriormente perfezionato su committenza della società proprietaria dell'immobile denominato "ex Salumificio Monsanto", che sarebbe dovuto essere oggetto di Piano di Recupero.

Tale intervento non è stato ancora realizzato, ma lo studio idraulico è stato redatto con criteri conformi a quelli adottati nel presente lavoro perciò viene qui riproposto, con le opportune revisioni.

Il bacino del Borro gli Amaioni è stato ripermetrato secondo i medesimi criteri adottati per l'Elsa ed i suoi affluenti, il Drove e il Torrente Bozzone; la superficie del bacino proviene dal D.T.M. a maglie 10x10 m basato sulla cartografia regionale in scala 1:10.000.

Tutto il bacino del Borro gli Amaioni è stato nuovamente gerarchizzato per stimare valori aggiornati dei parametri di Nash rispetto a quanto proposto dalla "Regionalizzazione".

La successiva Fig. 40 mostra il bacino del corso d'acqua ed il reticolo gerarchizzato.

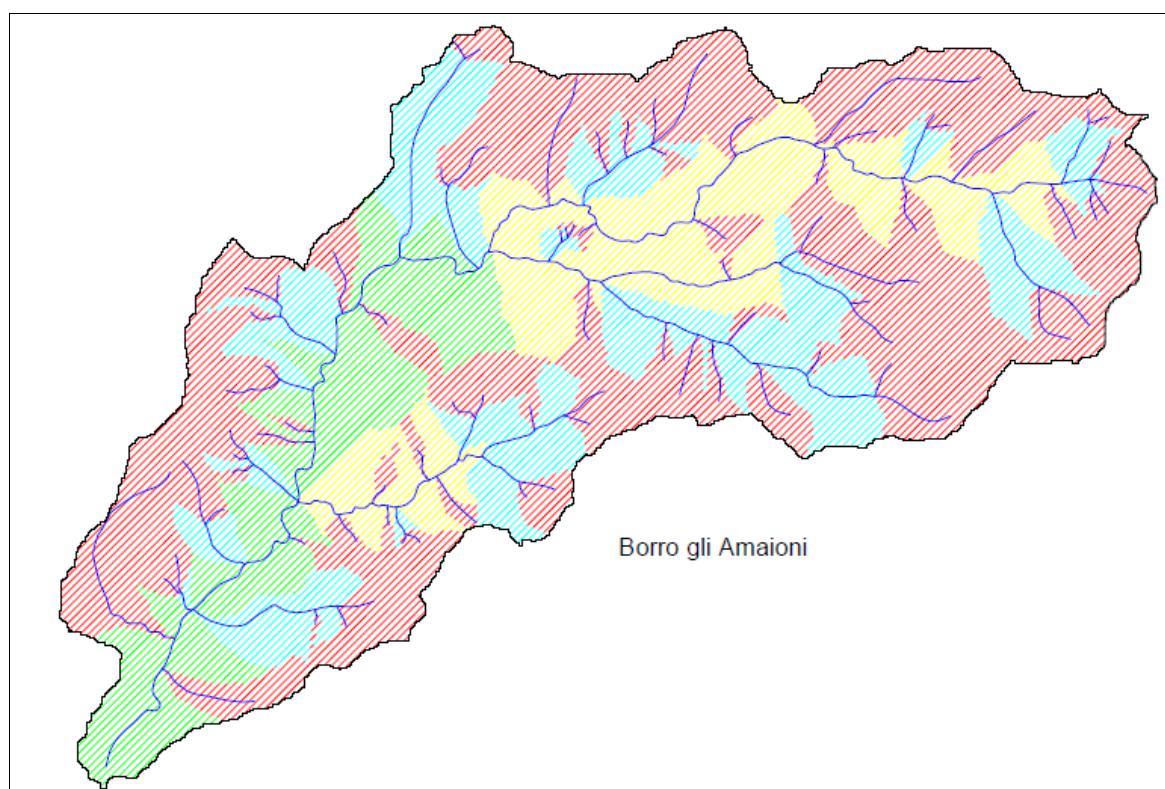


Fig. 40 – Bacini del Borro gli Amaioni con gerarchizzazione del reticolo (rosso 1° ordine, azzurro 2° ordine, giallo 3° ordine, verde 4° ordine)

A differenza della modellazione dei 2 fossi minori di cui al precedente capitolo, in questo caso è stato stimato nuovamente anche il parametro di assorbimento nelle prime fasi della precipitazione ( $I_a$ ), che, secondo la metodologia di ALTO, è valutato in funzione della percentuale di copertura boscata del bacino idrografico, secondo la seguente relazione:

$$I_a = 3.3 + 22 \cdot (\% \text{Sup.boscata})$$

La percentuale di superficie boscata è stata ricalcolata utilizzando i dati della C.T.R. 1:10.000 (layer 714I – limite di bosco), piuttosto che il raster 400x400 m di ALTO.

Ciò ha consentito di ottenere un nuovo valore del parametro di intercettazione iniziale.



Di seguito è mostrata graficamente l'incidenza della superficie boscata, risultata pari al 61.3% dei circa 12.8 kmq totali di superficie del bacino.

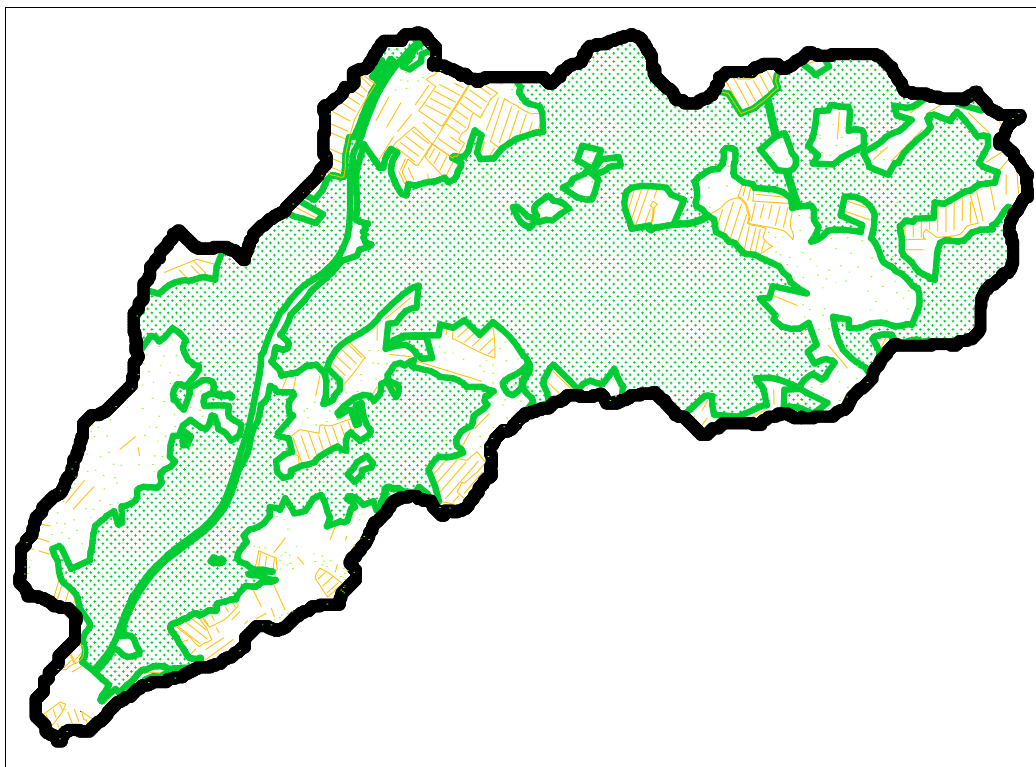


Fig. 41: Incidenza della superficie boscata sul bacino del borro gli Amaioni (61.3% - colore verde); la restante superficie si suddivide in vigneti ed oliveti (colore giallo), e aree con copertura vegetale non coltivata o alberi sparsi (aree bianche). Gli insediamenti o le opere antropiche sono trascurabili.

Il parametro  $K_s$  di infiltrazione a saturazione proposto dalla “Regionalizzazione” è stato confermato, mentre i parametri  $a$ ,  $n$  e  $m$  delle curve di possibilità pluviometrica sono stati aggiornati con quelli di ALTO agg. 2007, in quanto nella prima versione dello studio erano stati utilizzati i precedenti.

Così facendo si è potuto ricomporre il file \*.idr da implementare con ALTO, e quindi stimare gli idrogrammi di piena all'altezza della sezione di confluenza tra il Borro gli Amaioni ed il Borro di Cepparello.

La durata critica di precipitazione per questo bacino è risultata essere pari a **1.9 ore** per TR100 e TR200, e pari a circa **2.2 ore** per TR30.

Di seguito sono mostrati il file \*.idr dei parametri geomorfologici e pluviometrici, i picchi di portata per gli scenari critici di precipitazione per TR30, TR100 e TR200 ed i relativi idrogrammi completi.

Nome	Area	Ia	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
B. GLI AMAIONI	12.862	16.787	3.353	3.255	0.484	22.374	0.307	0.18	22.116	0.268	0.193

Tab. 16 – File \*.idr dei parametri del bacino del Borro gli Amaioni

Nome	TR 30	TR 100	TR 200
B. GLI AMAIONI	46.530	64.037	75.941

Tab. 17 – Portata al colmo per il bacino del Borro gli Amaioni per i tempi di ritorno considerati (mc/s) e con durate di precipitazione critiche

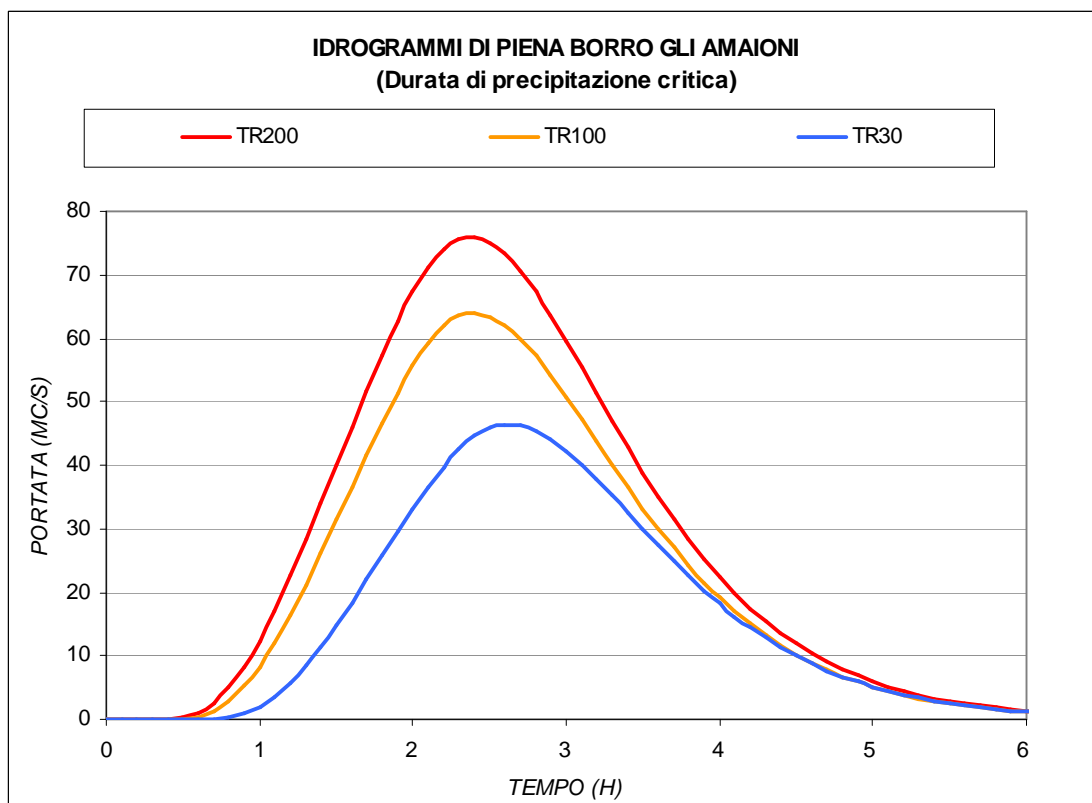


Fig. 42 – Idrogrammi Borro gli Amaioni in ingresso al modello idraulico per i 3 tempi di ritorno

## 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 paragrafi 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>]

$ql$  = 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>]

$\xi$  = 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>$\frac{1}{3}$</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.

E' 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 che è troncato alla Sez. 268 a valle di Certaldo).

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 stramazzo [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<sup>1/3</sup>], riferita alle condizioni vegetative 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'analoga 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 invasare 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 o 1:10.000 integrata con dati topografici provenienti da appositi rilievi sul piano campagna.

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

Corso d'acqua	Base topografica
FIUME ELSA	LIDAR
TORRENTE DROVE	LIDAR
TORRENTE DROVE	LIDAR C.T.R. 1:2.000 C.T.R. 1:10.000 Rilievo topografico
BOTRO DELL'ABESE	LIDAR
FOSSO ZAMBRA	LIDAR
FOSSO AVANE	LIDAR
FOSSO “P. TREMPIEDE DI SOTTO”	LIDAR
FOSSO “P. LE MORTELLE”	LIDAR
BORRO GLI AMAIONI	C.T.R. 1:10.000 Rilievo topografico

Tab. 17 – 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.

Nella seguente tabella sono riportate le fonti di provenienza dei rilievi topografici utilizzati per ricostruire la geometria dei corsi d'acqua studiati (con “Comune di Barberino Val d'Elsa 2013” si intendono i rilievi realizzati ad hoc per il presente lavoro):

Corso d'acqua	Rilievi di riferimento delle sezioni idrauliche	Note
FIUME ELSA	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
TORRENTE DROVE	PROVINCIA DI SIENA (2003)	Sezioni integralmente rilevate dalla Provincia di Siena integrate con un piccolo contributo di un rilievo a committenza privata nella zona di confluenza tra Drove di Tattera e Drove di Cinciano
TORRENTE BOZZONE	COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2007) COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2013)	Sezioni rilevate a corredo dello studio per la riduzione del rischio idraulico sul Torrente Bozzone – progetto di una cassa di espansione redatto dall'ex U.R.T.A.T.
BOTRO DELL'ABESE	R.F.I. (2003) PRIVATO (solo tombamenti, fine anni '90)	Le sezioni del modello sono frutto della composizione di quanto rilevato da R.F.I. e di un rilievo sui tombamenti preesistente, ma affidabile in quanto non risultano modificati da allora. Nella parte di monte sono state inoltre inserite alcune sezioni ricavate dal LIDAR e/o interpolate
FOSSO ZAMBRA	R.F.I. (2003) COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2013)	Le sezioni del modello sono frutto della composizione di quanto rilevato da R.F.I. integrate con un recente rilievo effettuato ad hoc a supporto del presente lavoro
FOSSO AVANE	R.F.I. (2003)	Le sezioni del modello sono frutto del rilievo R.F.I. adattato, in occasione degli studi a supporto del Regolamento Urbanistico di Certaldo, con le nuove sezioni degli attraversamenti del progetto esecutivo della Variante alla S.R. 429
FOSSO "P. TREMPIEDE DI SOTTO"	COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2013)	Sezioni rilevate ex novo
FOSSO "P. LE MORTELLE"	COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2013)	Sezioni rilevate ex novo
BORRO GLI AMAIONI	COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA (2007)	Le sezioni del modello sono frutto del rilievo eseguito per lo studio idraulico a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico di Barberino Val d'Elsa, integrato successivamente con alcune sezioni rilevate per conto della proprietà dell'area interessata al Piano di Recupero

Tab. 19 – Fonti di provenienza delle sezioni idrauliche utilizzate nella modellazione  
Per alcuni corsi d'acqua, nei tratti di confluenza con il Fiume Elsa o nei tratti di monte, le sezioni rilevate sono state integrate con sezioni idrauliche ricostruite mediante LIDAR.

### 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.

Nel modello idraulico del Fiume Elsa sia gli idrogrammi principali sia quelli degli affluenti presentano una scansione temporale di 30 minuti.

Per il Torrente Drove e il Torrente Bozzone la scansione adottata è pari a 15 minuti.

Per gli altri corsi d'acqua (Botro dell'Abese, Fosso Zambra, Fosso Avane, Fosso "P. Treppiede di Sotto", Fosso "P. Le Mortelle" e Borro gli Amaioni) 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 - 10 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 20-30.

## 7.2 Modello idraulico Fiume Elsa

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Fiume Elsa, nel tratto grosso modo compreso tra l'abitato di Poggibonsi e l'abitato di Certaldo.

Il tratto che ricade direttamente sul Comune di Barberino Val d'Elsa è di lunghezza inferiore, e va dalla confluenza (in destra) dell'Elsa con il Torrente Foci alla confluenza (in sinistra) dell'Elsa con il Fosso Avane.

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, 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 Barberino Val d'Elsa.

Lo scenario studiato è quello relativo allo stato attuale in cui è già presente 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. 3.

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 e 200 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 è riportato nella tavola **I 02a**; le sezioni fluviali sono mostrate negli estratti delle tavole da **I 04c** a **I 04e**.



Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni dell'asta fluviale analizzata sul territorio di Barberino Val d'Elsa con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 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.

Per ogni ulteriore dettaglio sulla presente modellazione si rimanda alla consultazione del citato studio della Provincia di Siena a supporto della progettazione preliminare delle casse di espansione sul Fiume Elsa.

<b>Corso d'acqua</b>	<b>FIUME ELSA</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<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. 20 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fiume Elsa

### 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 3 tempi di ritorno considerati e la durata di precipitazioni pari a 9 ore.

Nella successiva Tab. 21 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

Nome	SEZIONE	TIPOLOGIA DI IMMISSIONE
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. 21 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Fiume Elsa

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

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

Tab. 22 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Fiume Elsa

#### 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 inviluppate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla “quasi bidimensionalità” del modello.

L'elaborato grafico **I 03** (scala 1:10.000) e i vari particolari riportati nelle tavole **I 04c**, **I 04d** e **I 04e** (scala 1:2.000) mostrano integralmente o parzialmente le aree allagate del Fiume Elsa nei 3 scenari di studio (TR30, TR100 e TR200).

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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 porzione di territorio, in destra idraulica nel tratto di monte, ricade sul Comune di Barberino Val d'Elsa.

Il fondovalle destro dell'Elsa, con l'eccezione della zona delle Lame e di Pontespada più prossime a Poggibonsi, è caratterizzato per tutto il tratto ricadente su Barberino, ma anche per il tratto su Certaldo, dalla presenza di due importanti infrastrutture che si snodano quasi parallelamente al corso d'acqua, ovvero la linea ferroviaria Empoli-Siena-Chiusi, recentemente raddoppiata, e la S.R. n. 429 di Val d'Elsa, di cui è stata recentemente messa in funzione la Variante, che però non interessa Barberino se non per lo svincolo in zona Pontespada e per lo svincolo in corrispondenza della confluenza tra Elsa ed Avane.

Queste infrastrutture, in particolare la ferrovia, insistono sul fondovalle destro e ne limitano la fascia golenale, di pertinenza fluviale.

Lungo tutto l'asse della “vecchia” S.R. 429 si sviluppano insediamenti industriali, generalmente posti al livello della strada, quindi a quote superiori rispetto al piano campagna intercluso tra ferrovia ed Elsa.

Dalla modellazione idraulica risulta che il rilevato ferroviario assume la funzione di barriera idraulica rispetto agli insediamenti retrostanti, tanto da escluderli dalle aree soggette ad esondazione per eventi di piena del Fiume Elsa.

Il contenimento idraulico da parte del rilevato ferroviario viene però meno in due tratti in cui la ferrovia quasi lambisce il corso d'acqua, ovvero appena a monte della piccola stazione ferroviaria di Barberino ed a valle dell'area industriale della Zambra. In questi casi, per l'evento duecentennale, si verifica un leggero sormonto del piano ferroviario con conseguente allagamento delle aree poste al di là del rilevato.

Oltre a queste dinamiche di esondazione diretta dell'Elsa nelle zone poste oltre la ferrovia, l'effetto delle piene del corso di acqua si manifesta anche con il rigurgito attraverso i numerosi sottopassi e tombini presenti lungo la ferrovia lungo tutti gli affluenti ed i fossi minori indirizzati in Elsa.

Il rigurgito assume maggiore rilevanza come condizione al contorno abbastanza gravosa per gli affluenti destri (anche se gli eventi di piena per tutti questi corsi d'acqua si riferiscono a durate di precipitazione molto inferiori a quella critica per l'Elsa, stimata in 9 ore), piuttosto che come causa di allagamenti diretti nelle zone industriali al di là della ferrovia, in quanto esse, come detto, sono realizzate su piani di posa posti a quote più elevate e mantengono per ciò ragionevoli franchi di sicurezza.

Se il rischio idraulico determinato dal Fiume Elsa nelle aree poste oltre la linea ferroviaria non risulta particolarmente significativo (anche se è bene sottolineare come i franchi di sicurezza sulla ferrovia arrivino ad essere anche di pochissimi centimetri), sicuramente lo è per le zone golenali e perifluviali poste tra la ferrovia ed il fiume, dove i battenti di esondazione possono raggiungere anche 2-3 metri sul piano campagna.

### 7.3 Modello idraulico Torrente Drove e Torrente Bozzone

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Torrente Drove ed il Torrente Bozzone. 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 al quale è stato legato, secondo i criteri esposti nei paragrafi successivi, il modello idraulico del Torrente Bozzone.

Dopo una breve introduzione di inquadramento, il modello idraulico complessivo dei due corsi d'acqua 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

Come anticipato, per quanto riguarda il Torrente Drove si è resa disponibile la recente modellazione eseguita da chi scrive per conto del Comune di Poggibonsi nell'ambito della redazione del nuovo Piano Strutturale.

Tale modellazione prevedeva la ricostruzione geometrica dell'asta principale del Torrente Drove e di una porzione abbastanza ampia delle aste dei due principali rami di monte, ovvero il Drove di Cinciano ed il Drove di Tattera; in questo modello il Torrente Bozzone, affluente destro che confluisce nel Drove appena a valle della confluenza tra Tattera e Cinciano, era stato preso in considerazione soltanto come input idrologico al modello, in quanto non ricadente sul territorio comunale di Poggibonsi.

Per Barberino Val d'Elsa invece il Torrente Bozzone rappresenta uno dei principali corsi d'acqua dell'intero reticolo, per altro interferente, nella zona di Valcanoro – Cipressino, con insediamenti significativi.

Per questo motivo si è ritenuto indispensabile adattare il modello esistente sul Torrente Drove con il già citato modello disponibile per il solo Torrente Bozzone, legato al progetto preliminare della briglia a "bocca tarata" redatto dall'Ufficio del Genio Civile di Firenze (ex U.R.T.A.T.) per conto del Comune di Barberino Val d'Elsa nel 2007.

Come già esposto e discusso in Conferenza dei Servizi, l'intenzione originale di realizzare un unico modello idraulico congiunto del Torrente Drove e del Torrente Bozzone è stata disattesa per motivi legati alla complessità e alla stabilità della modellazione.

Si è pertanto optato per una soluzione di modello per così dire "semi-congiunto" grazie al quale, con assunzioni a favore di sicurezza, poter tener conto dell'interferenza dei 2 corsi d'acqua e della eventuale sovrapposizione degli eventi di piena.

Nella stessa geometria del modello del Torrente Drove redatto per Poggibonsi è stato dunque inserita la geometria del Torrente Bozzone, prelevata dal modello idraulico del progetto preliminare della cassa di espansione.

I due corsi d'acqua non sono stati propriamente congiunti, mediante creazione di una giunzione ("Junction") con Hec Ras, come invece fatto per la confluenza tra Tattera e Cinciano appena più a monte, ma sono stati a livello di aree di potenziale esondazione (che risultano le medesime del modello del Drove per Poggibonsi) ed inoltre sono state adottate opportune condizioni al contorno cautelative.

Grazie a questa ricostruzione, i risultati della modellazione possono ritenersi omogenei per i due corsi d'acqua, oltre che abbondantemente cautelativi; infatti al Torrente Drove è stata confermata l'introduzione dell'idrogramma laterale corrispondente all'intera portata idrologica del Bozzone, mentre alla sezione di chiusura del modello del Torrente Bozzone è stato assegnato, quale condizione al contorno, il livello idrometrico risultante dalla modellazione del solo Drove comprensivo di contributo completo del Bozzone stesso.

I due modelli, per potersi "parlare", avevano bisogno di essere implementati con input idrologici uniformi, pertanto, come anticipato nel paragrafo 6.3.1, le modellazioni idrologiche dei vari bacini sono state rimodulate su 4 diversi scenari di durate di precipitazione, ovvero piogge di durata pari ad 1, 2, 3 e 4 ore.

Dal modello idraulico del solo Torrente Drove redatto per il Piano Strutturale di Poggibonsi risultava infatti che la durata di precipitazione critica per questo corso d'acqua fosse pari a circa 3 ore per Tattera e Cinciano ed a circa 4 ore per il tratto finale dell'asta principale; dal modello redatto per il progetto preliminare della "bocca tarata" sul Torrente Bozzone risultava invece che la durata critica di precipitazione fosse pari a circa 1.1 ore per il sottobacino di monte, all'altezza della sezione idraulica presso cui era prevista la realizzazione dell'intervento di messa in sicurezza, e pari a circa 1.4 ore alla confluenza con il Drove.

Pertanto si è scelto di indagare i suddetti 4 scenari, in modo da coprire approssimativamente tutte le condizioni critiche per i vari bacini interessati.

Come detto, 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 a committenza privata redatto a supporto di una recente edificazione e dal LIDAR. La geometria del Torrente Bozzone è stata ripresa integralmente dal suddetto studio dell'Ufficio del Genio Civile, ma ad essa sono state aggiunte alcune sezioni

rilevate appositamente nel tratto di valle all'altezza dell'attraversamento dello svincolo di Drove e completate con due sezioni dal ponte alla confluenza definite tramite LIDAR.

L'elenco degli input idrologici assegnati ai corsi d'acqua in esame è già stato mostrato nella precedente Tab. 6. come valori di picco; gli idrogrammi inseriti sono quelli riportati nelle Figg. 27-32, a cui vanno ad aggiungersi quelli relativi agli scenari con durata di precipitazione pari a 4 ore e 2 ore.

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 e 200 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 dei tracciati fluviali e degli elementi geometrici caratteristici.

Lo schema idraulico con le APE e l'andamento delle sezioni fluviali è riportato nella tavola **I 02b**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nelle tavole **I 04a** e **I 04b** allegate.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti le aste analizzate con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche dei corsi 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 allegate al presente lavoro e nelle tabelle dei risultati output di Hec-Ras.

<i>Corso d'acqua</i>	TORRENTE DROVE (tratto di valle) DROVE DI TATTERA (affluente) DROVE DI CINCIANO (affluente) TORRENTE BOZZONE	
<i>Modellazione</i>	MOTO VARIO	
<i>Lunghezza totale tratti studiati</i>	[m]	DROVE – 1.725,87 CINCIANO – 556,04 TATTERA - 1.294,82 BOZZONE – 1.919,57
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	DROVE – 18 CINCIANO – 16 TATTERA – 16 BOZZONE - 49
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	DROVE – 1 CINCIANO – 5 TATTERA – 5 BOZZONE - 5
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	DROVE E BOZZONE 28
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	DROVE – 22 BOZZONE - 4
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	DROVE – 26
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Max 0.05-0.04-0.05 Min 0.03-0.033-0.03

Tab. 23 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Torrente Drove e del Torrente Bozzone

### 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 3 tempi di ritorno considerati e le durate di precipitazione pari a 1, 2, 3 e 4 ore.

Nella Tab. 24 sono individuate le sezioni di immissione degli idrogrammi e la loro tipologia.

Nome	SEZIONE	TIPOLOGIA DI IMMISSIONE
TATTERA	DT 16	FLOW HYDROGRAPH
CINCIANO	DC 15	FLOW HYDROGRAPH
BOZZONE invaso	BO 100	
BOZZONE confl. Drove	BO 60 – BO 3	UNIFORM LATERAL INFLOW

Tab. 24 – Sezioni e tipologia di immissione degli idrogrammi nel modello del Torrente Drove e del Torrente Bozzone

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
TR200, TR100, TR30 D=1, 2, 3, 4 ore DROVE	Stage Hydrograph	MODELLO STAGGIA	TR200, TR100, TR30 D=1, 2, 3, 4 ore	Sez. 10
TR200, TR100, TR30 D=1, 2, 3, 4 ore BOZZONE	Stage Hydrograph	MODELLO solo DROVE	TR200, TR100, TR30 D=1, 2, 3, 4 ore	Sez. DR 17

Tab. 25 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Torrente Drove e del Torrente Bozzone

#### 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 involupate in modo da ridurre le distorsioni dovute alla “quasi bidimensionalità” del modello.

Per quanto riguarda il modello del Torrente Bozzone, composto di sole 2 APE “in condivisione” con il modello DROVE poste nella parte di valle, le perimetrazioni sono il frutto del tracciamento planimetrico del perimetro bagnato e/o dell'estensione alle estremità laterali dei livelli idrometrici raggiunti, sezione per sezione.

Anche gli effetti del rigurgito e relativo sormonto dell'attraversamento della strada per S. Appiano – Linari è stato oggetto di ricostruzione con criteri interpretativi, vista anche la divergenza tra le quote del rilievo topografico con quelle presenti nella C.T.R. 1:2.000.

Gli elaborati grafici **I 04a** e **I 04b** (scala 1:2.000) mostrano le aree allagate del Torrente Drove e del Torrente Bozzone nei 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Il territorio adiacente al Torrente Drove ed al Torrente Bozzone risulta ampiamente soggetto ad esondazione anche per eventi con tempo di ritorno pari a 30 anni.

Il fondovalle del Torrente Drove ed il tratto terminale del Torrente Bozzone attraversano aree densamente urbanizzate e per questo motivo sono molti i punti di attraversamento della rete viaria su questi corsi d'acqua.

Il non corretto dimensionamento di molti di questi attraversamenti è la principale causa di allagamento.

In particolare si segnala la principale criticità tra quelle emerse, che riguarda il Torrente Bozzone nel suo tratto terminale posto a monte dello svincolo, in piena zona artigianale-commerciale.

Il ponticino lungo la strada per S. Appiano – Linari, principale punto di accesso anche all'area di Vulcanoro, costituisce l'elemento maggiormente critico lungo l'asta del Torrente Bozzone.

La sua luce, di superficie pari a circa 3 mq, risulta allo stato attuale assolutamente insufficiente per consentire il deflusso di una portata di piena eccezionale; anche per l'evento con tempo di ritorno pari a 30 anni la portata risulta tracimare al di sopra del ponte e della strada, per poi disperdersi verso valle seguendo le pendenze locali del terreno, e coinvolgendo ampie aree edificate.

Il battente di sormonto sul ponte anche per TR30 è tale da lasciar pensare ad un rischio di tracimazione anche per eventi ben più frequenti di 30 anni; infatti nel caso trentennale il livello idrometrico sul ponte raggiunge quote superiori alla strada anche di 80 cm, per TR200 di oltre 1 metro. Questi valori si riferiscono ad un evento con durata di precipitazione pari ad 1 ora.

La portata esondata e non rientrando in alveo si indirizzerà verso valle, in direzione Sud-Est, fino a intercettare il rilevato dello svincolo di Drove, che tende a costituire barriera idraulica; lo sbarramento dovuto al rilevato stradale produrrà un rapido e notevole innalzamento del battente lungo strada, fino al raggiungimento del livello del piano viario e conseguente tracimazione al di là della strada, sul lato Drove, all'altezza del distributore di carburante.

La dinamica appena descritta è principalmente la conseguenza dell'esondazione del Torrente Bozzone all'altezza del ponte sulla strada per S. Appiano – Linari, ma vede anche il contributo, soprattutto per TR100 e TR200, dell'esondazione in destra del Drove di Cinciano appena a monte del sottopasso dello svincolo di Drove; in questo punto risulta parzialmente interessato da allagamento anche l'edificio più prossimo alla "Cassia".

Proseguendo verso valle lungo l'asta del Torrente Drove, si rileva un'ulteriore criticità piuttosto rilevante in prossimità della area produttiva-commerciale de "Le Drove" e di Via Pisana.

In questo caso le aree allagate, piuttosto ampie in termini di superfici, meno significative in termini di battenti idrici, sono causate da esondazione in destra idraulica del Torrente Drove poco prima del ponte sulla ferrovia, in prossimità del quale vi è anche la confluenza con il Torrente Staggia.

In parte per effetto di questo ponte, e del successivo su Via Pisana, in parte per effetto della confluenza dello Staggia, queste zone si caratterizzano per una pericolosità idraulica elevata (esondatazione per TR100 e TR200), che neanche l'arginatura posta in destra idraulica tra la Sez. DR 11 e la Sez. Dr 7 è in grado di eliminare, ma solo di ridurre.

## **7.4 Modello idraulico Botro dell'Abese**

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Botro dell'Abese, nel tratto terminale che parte da monte del primo stabilimento produttivo 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**

Il Botro dell'Abese attraversa una porzione esclusivamente collinare del territorio comunale ma nel suo tratto terminale taglia l'area industriale de "Le Grillaie" mediante due tratti intubati.

L'intubamento di tratti fluviali, presente anche lungo altri affluenti destri del Fiume Elsa sul territorio comunale tende spesso a causare problematiche di tipo idraulico per effetto di sottodimensionamenti delle tubazioni, e ciò, come descritto in seguito, avviene anche per il Botro dell'Abese.

In particolare questo corso d'acqua presenta un primo tratto intubato con doppia tubazione (realizzata in epoche diverse) che raggiunge la S.R. 429, da cui si diparte un secondo tratto tombato, ma singolo, che sottopassa gli edifici posti tra strada e ferrovia e torna a cielo aperto pochi metri prima del ponte sulla ferrovia stessa; per i dati a disposizione non è stato possibile ricostruire esattamente il tracciato di questi tratti tombati.

La modellazione del Botro dell'Abese è stata ricostruita integralmente rispetto a precedenti modelli; ne sono state riutilizzate solamente le sezioni idrauliche rilevate, provenienti, come anticipato, da due fonti diverse ma compatibili.

Nella parte di monte, all'altezza del primo stabilimento produttivo posto in sinistra del corso d'acqua, sono state inserite due nuove sezioni estratte dal LIDAR per meglio rappresentare la geometria locale.



In questo modello, alla luce della particolare conformazione delle aree adiacenti al corso d'acqua, caratterizzate anche da un notevole dislivello tra monte e valle, e per la presenza dei tombamenti, è stata introdotta un'unica area di potenziale esondazione, posta all'altezza dell'ingresso al primo tratto tombato.

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. 34.

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 e 200 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 nell'elaborato **I 02c**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella tavola **I 04c**.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 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 DELL'ABESE</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	714,00
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	12
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	3
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	1
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	1
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	0
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Max 0.045-0.055-0.08 Min 0.03-0.03-0.03

Tab. 26 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Botro dell'Abese

Alla luce di quanto accaduto al corso d'acqua in occasione dell'evento alluvionale del 21 Ottobre 2013, sono state adottate scabrezze importanti per "tarare" il modello; la fitta vegetazione presente in sponda destra a monte del doppio tombamento è stata inoltre schematizzata come "ostruzione" fisica nella geometria del modello.

#### 7.4.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto è stato applicato un unico idrogramma in ingresso, come precedentemente calcolato, per ciascun tempo di ritorno e per la durata critica di precipitazione.

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
TR200, TR100, TR30 D=0.6 – 0.8 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (modellazione ad hoc)	TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Sez. 340

Tab. 27 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Botro dell'Abese

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

La graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta mediante un criterio quali-quantitativo dal momento che il modello, come anticipato, risulta volutamente sprovvisto di APE e quindi la dinamica di esondazione, che non prevede alcuna forma di accumulo statico o invaso, ma esclusivamente trasferimento o scivolamento di volumi esondati sul piano campagna verso valle, è stata oggetto di interpretazione; per determinare il percorso presunto del passaggio di volumi idrici ci si è avvalsi dell'ausilio del LIDAR, grazie al quale è stato possibile esaminare le pendenze del terreno e le quote della viabilità e dei piazzali intorno ai fabbricati.

L'elaborato grafico **I 04c** (scala 1:2.000) mostra le aree allagate del Botro dell'Abese nei 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Il Botro dell'Abese, già in corrispondenza del primo stabilimento produttivo di monte, risulta esondare in sinistra idraulica per eventi con tempi di ritorno di circa 200 anni per effetto di un livello idrometrico di monte superiore, seppur di poco, alla quota a cui si trova il piazzale di questo primo fabbricato; questi volumi esondati tenderanno a riversarsi, in modo incontrollato, verso valle, congiungendosi alle aree allagate per effetto del rigurgito che si verifica in prossimità dell'imbocco del doppio tombamento.

Infatti, come ampiamente noto, le sezioni delle tubazioni del primo tratto tombato non risultano sufficienti per permettere il transito delle portate di piena, in questo caso neanche quelle trentennali.

Questo rigurgito tende quindi a generare esondazione in sinistra idraulica a partire dall'imbocco dell'intubamento fin verso valle; in destra idraulica infatti in versante si presenta assai ripido.

Tutta la zona edificata presente nel "cono di influenza" del Botro dell'Abese risulta quindi interessata da fenomeni esondativi per TR30 e tempi di ritorno superiori.

I battenti idraulici sul piano campagna, vista la pendenza della strada che conduce al primo stabilimento di monte, presso il quale il corso d'acqua si intuba, sono comunque piuttosto esigui, almeno fino alla S.R. 429 laddove l'acqua tenderà a ristagnare e poi a defluire attraverso i piazzali degli stabilimenti posti sul lato della ferrovia, secondo dinamiche non controllate di cui, nei relativi elaborati grafici, è stata compiuta un ricostruzione assai cautelativa.

## 7.5 Modello idraulico Fosso Zambra

In questo paragrafo è descritto lo specifico modello idraulico realizzato per il Fosso Zambra, lungo il suo tratto terminale che parte da circa 250 metri a monte dell'attraversamento della "vecchia" S.R. 429 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

Il Fosso Zambra, che dà il nome all'omonima località nonché area industriale è il principale affluente destro dell'Elsa tra quelli presenti sul territorio comunale.

Esso, come detto, passa attraverso l'area industriale sottopassando la S.R. 429 attraverso un ponte a valle del quale, recentemente, è stato realizzato un nuovo stabilimento e un tratto della lunghezza di circa 60 metri è stato tombato.

A valle di questo tombamento il fosso torna a cielo aperto per attraversare, appena più a valle, il vecchio ed il nuovo ponte della ferrovia, praticamente affiancati.

Il modello idraulico del Fosso Zambra, che come per il Botro dell'Abese è stato interamente ricostruito, pur acquisendo alcune sezioni idrauliche di monte e di valle del precedente modello redatto da Regione, Circondario Empolese Valdelsa e Provincia di Siena nell'abito dello "Studio di Area Vasta del Fiume Elsa" (2004).

Le recenti variazioni lungo l'asta (intubamento a valle della S.R. 429 e raddoppio della linea ferroviaria) hanno richiesto l'esecuzione di un nuovo rilievo topografico per ricostruire le sezioni idrauliche modificate da queste opere; ciò è stato fatto, pertanto il modello adesso consta di un numero di sezioni assai maggiore rispetto alle versioni precedenti.

In questo modello, alla luce della particolare conformazione delle aree adiacenti al corso d'acqua (assenza di argini e corso d'acqua piuttosto incassato a monte, presenza del tombamento e degli altri attraversamenti a valle) non è stata introdotta alcuna area di potenziale esondazione, perciò, nonostante la modellazione sia stata eseguita in moto vario, essa è assimilabile ad una modellazione in moto permanente.

Come nel caso del Botro dell'Abese, 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. 35.

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 e 200 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, costituito in questo caso dalle sole sezioni idrauliche e non da aree di potenziale esondazione, è riportato nell'elaborato **I 02c**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella tavola **I 04d**.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 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>FOSSO ZAMBRA</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	479,73
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	14
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	2
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	0
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	0
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	0
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Max 0.04-0.045-0.035 Min 0.03-0.03-0.03

Tab. 28 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fosso Zambra

### 7.5.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto è stato applicato un unico idrogramma in ingresso, come precedentemente calcolato, per ciascun tempo di ritorno e per la durata critica di precipitazione.

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
TR200, TR100, TR30 D=1.2 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (modellazione ad hoc)	TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Sez. 328

Tab. 29 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Fosso Zambra

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

Essendo il modello idraulico strutturato in modo analogo ad un modello in moto permanente, la graficizzazione delle aree allagate è stata ottenuta estendendo, sezione per sezione, il livello idrometrico raggiunto sul piano campagna, attraverso l'ausilio dei punti topografici rilevati, dei punti quotati dalla C.T.R. 1:2.000 e soprattutto mediante il LIDAR, disponibile per quasi tutto il tratto esaminato.

L'elaborato grafico **I 04d** (scala 1:2.000) mostra le aree allagate del Fosso Zambra nei 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Nonostante la presenza, anche lungo il Fosso Zambra, di un tratto tombato, in questo caso il dimensionamento della luce è stato tale da garantire il regolare deflusso anche delle portate di piena.

Il ponte sulla S.R. 429 comunque crea rigurgito a monte di esso, ed il livello raggiunto risulta tale da lambire il fabbricato e relativi allestimenti posti in sponda destra a monte del ponte; le quote degli insediamenti in sponda sinistra sono invece ben più elevate, perciò essi non sono interessati da fenomeni di esondazione.

A valle del tratto intubato, al di sopra del quale è presente un piazzale di sosta a servizio di edifici produttivi, il corso d'acqua, in caso di piena anche trentennale, tende ad allagare quella striscia di terreno inutilizzato posto tra il terrapieno su cui poggiano gli edifici e la linea ferroviaria.

Qualche metro più a valle si trova il vecchio ponte sulla ferrovia, la cui doppia luce ad arco risulta parzialmente intasata ma è in ogni caso sufficiente per fare defluire la portata verso valle.

Parallelamente alla verifica del corso d'acqua per l'evento con precipitazione critica di 1.2 ore, è stata verificata anche la situazione con durata di precipitazione pari a 9 ore (critica per l'Elsa), in cui la portata del Fosso Zambra risulta assai ridotta ma la condizione al contorno di valle estremamente gravosa.

Da questa ulteriore verifica è emerso che gli allagamenti che si possono generare lungo tutto il tratto a valle dell'intubamento sono dovuti principalmente al rigurgito del Fiume Elsa.

Il massimo battente sul piano campagna nella striscia di terreno compresa tra la Sez. ZA 10 e la Sez. ZA 5 si osserva infatti in questo secondo scenario indagato.

## 7.6 Modello idraulico Fosso Avane

In questo paragrafo è descritto sinteticamente il modello del Fosso Avane.

Come anticipato, in questo caso è stato integralmente acquisito il modello idrologico ed idraulico del Fosso Avane realizzato dall'Ufficio del Genio Civile di Firenze per conto del Comune di Certaldo ad integrazione degli studi idraulici per il Regolamento Urbanistico (2011).

Il Fosso Avane è stato studiato congiuntamente ad altri affluenti del Fiume Elsa, ricadenti sul Comune di Certaldo, in quanto la morfologia del territorio circostante è tale che certe aree possano essere interessate da esondazione di più di uno di questi corsi d'acqua; d'altra parte il terreno, al di là della presenza di numerose infrastrutture come la “vecchia” e la “nuova” S.R. 429 e la linea ferroviaria, tende a degradare verso valle secondo il corso del Fiume Elsa, quindi risulta estremamente probabile, e la modellazione eseguita lo dimostra, che volumi esondati in destra del Fosso Avane possano trasferirsi sul piano campagna fino al Borro dell'Avanella, poco più a valle, e non necessariamente confluire in Elsa.

In ogni caso, per qualsiasi approfondimento legato al modello del Fosso Avane, si rimanda alla consultazione dello studio idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico di Certaldo.

Di seguito si riporta esclusivamente uno schema geometrico del modello e la tabella di sintesi delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del territorio circostante modellati.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono poi riportate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 scenari dello stato attuale.

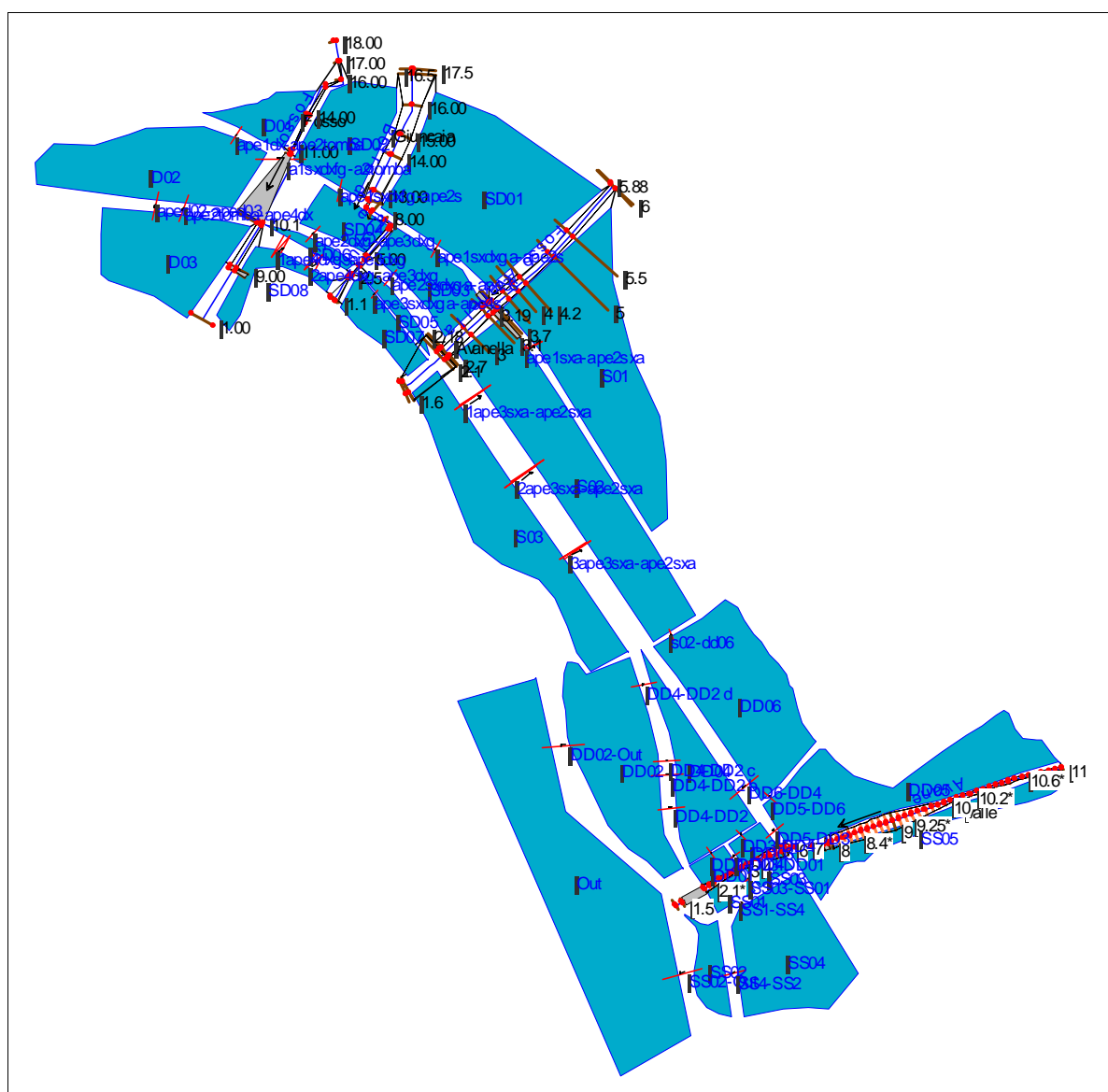


Fig. 43 – Geometria del modello idraulico congiunto del Fosso Avane, del Borro dell'Avanella e del Botro della Giuncaia

<b>Corso d'acqua</b>	<b>FOSSO AVANE</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	862,67
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	10
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	4
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	11
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	8
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	16
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	0.038-0.033-0.038

Tab. 30 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fosso Avane

I risultati della modellazione del Fosso Avane allo stato attuale sono mostrati nell'elaborato grafico **I 04e** (scala 1:2.000), per i 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti anche nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Dalla modellazione emerge che l'area pianeggiante posta tra la "vecchia" S.R. 429 ed il Fiume Elsa, area che recentemente ha subito diverse modifiche per la presenza del nuovo viadotto e svincolo della Variante alla S.R. 429, è caratterizzata da pericolosità idraulica anche molto elevata, per effetto dell'esonazione del Fosso Avane e del Fiume Elsa stesso.

Tale zona risulta però priva di insediamenti, se non di un unico podere, "Le Stallacce", posto in area soggetta ad esondazione anche per un evento di piena con tempo di ritorno pari a 30 anni.

## 7.7 Modelli idraulici Fosso "P. Treppiede di Sotto" e Fosso "P. Le Mortelle"

Analogamente a quanto fatto per la parte idrologica, anche la descrizione dei modelli idraulici dei fossi minori "P. Treppiede di Sotto" e "P. Le Mortelle" è svolta unitamente, per le forti analogie geometriche dei tratti studiati dei due corsi d'acqua.

Partendo da una breve introduzione di inquadramento, i due modelli idraulico sono sinteticamente descritti mediante tabelle riepilogative riportanti le caratteristiche geometriche dei corsi d'acqua, delle aree adiacenti, gli input idrologici e le condizioni al contorno adottate.

### 7.7.1 Introduzione

Il Fosso "P. Treppiede di Sotto" e "P. Le Mortelle" sono di piccoli affluenti destri del Fiume Elsa, non classificati e privi di toponimo.

I bacini di questi fossi hanno superficie intorno a 0.5 kmq e sono adiacenti l'un l'altro, almeno nella parte di monte.

Entrambi i fossi possiedono un alveo scarsamente incassato e giungono ad attraversare la S.R. 429 con pendenze ridotte rispetto ai tratti di asta più a monte, sottopassando la strada con tubazioni circolari di sezione piuttosto ridotta.

Entrambi inoltre attraversano, a valle della S.R. 429, area in cui si trovano insediamenti produttivi.

Il primo, il Fosso "P. Treppiede di Sotto", risulta però intubato dalla strada fino alla ferrovia, mentre il secondo, il Fosso "P. Le Mortelle", aggira a cielo aperto l'ultimo stabilimento presente prima dell'area intorno alla stazione ferroviaria di Barberino.

Per questi due corsi d'acqua sono stati realizzati "ex novo" modelli idraulici attraverso l'esecuzione di specifici rilievi topografici.

Entrambe le modellazioni sono state eseguite in moto vario ma nel primo caso, “Treppiede di Sotto”, sono state introdotte anche aree di potenziale esondazione, mentre nel secondo, “P. Le Mortelle”, ciò non si è reso necessario quindi la modellazione risulta analoga ad una verifica in moto permanente.

Come nel caso degli altri affluenti destri del Fiume Elsa, ed in questo caso a maggior ragione per le dimensioni dei bacini estremamente ridotte, lungo i tratti studiati non sono stati inseriti contributi di affluenti, ma gli idrogrammi immessi nei modelli coincidono con quelli calcolati in corrispondenza delle sezioni 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 nelle precedenti Figg. 38 e 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 e 200 anni).

#### 7.7.2 Caratterizzazione geometrica dei modelli

I due modelli idraulici ricostruiti attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Hec-Ras si fondano su una precisa descrizione geometrica del tracciato fluviale studiato e degli elementi geometrici caratteristici.

Gli schemi idraulici, costituiti dalle sezioni idrauliche e dalle aree di potenziale esondazione per il Fosso “P. Treppiede di Sotto” e dalle sole sezioni idrauliche per il Fosso “P. Le Mortelle”, sono riportati nell'elaborato **I 02c**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella tavola **I 04c**.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 scenari dello stato attuale.

La sintesi delle caratteristiche fisiche dei due corsi d'acqua e dei territori modellati è affidata alle seguenti tabelle riepilogative; 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>FOSSO “P. TREMPIEDE DI SOTTO”</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	412,29
<i>Sezioni idrauliche “River Station”</i>	[n°]	12
<i>Ponti (“Bridge”)</i>	[n°]	2
<i>Traverse (“Inline Structure”)</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione (“Storage Area”)</i>	[n°]	3
<i>Sfioratori / Argini (“Lateral Structure”)</i>	[n°]	1
<i>Connessioni tra APE (“S.A. Connection”)</i>	[n°]	2
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	0.04-0.04-0.04

Tab. 31 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fosso “P. Treppiede di Sotto”



<b>Corso d'acqua</b>	<b>FOSSO "P. LE MORTELLE"</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	470,40
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	21
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	2
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	0
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	0
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	0
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	0
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Max 0.035-0.04-0.035 Min 0.035-0.025-0.035

Tab. 32 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fosso "P. Le Mortelle"

### 7.7.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Ai modelli geometrici appena descritti sono stati applicati singoli idrogrammi in ingresso, precedentemente calcolati, per ciascun tempo di ritorno e per la rispettiva durata critica di precipitazione.

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

<b>CORSO D'ACQUA</b>	<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>
F. "P. Treppiede di Sotto"	TR200, TR100, TR30 D=0.25 – 0.5 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (modellazione ad hoc)	TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Sez. 338
F. "P. Le Mortelle"	TR200, TR100, TR30 D=0.7 ore	Stage Hydrograph	MODELLO ELSA (modellazione ad hoc)	TR200, TR100, TR30 D=1.5 ore	Sez. 335

Tab. 33 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nei modelli dei due fossi minori

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

Anche per le aree allagate del Fosso "P. Treppiede di Sotto" (nonostante in questo caso il modello sia dotato di aree di potenziale esondazione) e del Fosso "P. Le Mortelle", risulta prevalente l'effetto dinamico rispetto a quello di invaso statico di volumi esondati, pertanto la graficizzazione dei perimetri esondati è stata ottenuta mediante l'analisi delle pendenze del piano campagna favorita dall'ausilio del LIDAR e la relativa interpretazione delle possibili vie di scorrimento dei volumi esondati.

La predisposizione delle aree di potenziale esondazione nel modello del Fosso "P. Treppiede di Sotto" si è resa necessaria per calcolare il battente idrometrico lungo la S.R. 429 e valutare l'eventualità di superamento del muretto di confine degli insediamenti posti a valle della strada.

L'elaborato grafico **I 04c** (scala 1:2.000) mostra le aree allagate di entrambi i corsi d'acqua nei 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Analogamente a quanto avviene per il Botro dell'Abese, anche in questo caso i due sottopassi stradali non risultano ben dimensionati e quindi producono, in caso di piena eccezionale, un rigurgito tale da provocare la tracimazione sulla strada dei due fossi.

Per il Fosso “P. Le Mortelle” questa dinamica ha l’effetto di creare un allagamento assai esteso nell’intorno degli stabilimenti a valle della S.R. 429; quanto esondato in destra all’altezza dell’attraversamento sulla S.R. 429 tenderà sostanzialmente a rientrare nell’alveo artificiale, ma i volumi esondati in sinistra andranno a riversarsi nella zona delle fabbriche seguendo le pendenze caratteristiche dei piazzali e dei parcheggi, che tendono a degradare verso monte e verso la ferrovia; molti stabilimenti e loro parti limitrofe risultano allagarsi anche per il tempo di ritorno trentennale.

Questo fenomeno è stato riscontrato, seppur in misura minore, nel caso dell’evento alluvionale dello scorso 21 Ottobre 2013.

Per il Fosso “P. Treppiede di Sotto”, anch’esso esondato il 21 Ottobre 2013, la dinamica risulta analoga, con un flusso extra alveo generato dal sormonto del sottopasso della S.R. 429 che dapprima interessa la viabilità e successivamente tende a scorrere verso i piazzali degli stabilimenti antistanti, fino a raggiungere la ferrovia.

A ciò si accompagna l’esondazione che si verifica più a monte, sinistra idraulica, all’altezza della Sez. FT 7, dove l’alveo del corso d’acqua lambisce in sinistra un edificio industriale mentre trova in destra un argine di contenimento piuttosto alto; l’effetto di ciò è la fuoriuscita di volumi e lo scivolamento degli stessi verso valle, fino alla S.R. 429, dove si vanno a ricongiungere con quelli tracimati sulla strada in corrispondenza del sottopasso; questa dinamica, amplificata per eventi duecentennali, potrà generare allagamenti anche in corrispondenza degli stabilimenti non interessati dagli eventi con tempi di ritorno inferiori.

## **7.8 Modello idraulico Borro gli Amaioni**

In questo paragrafo è descritto il modello idraulico realizzato per il Borro gli Amaioni, lungo il suo tratto terminale che parte all’altezza del sottopasso del raccordo autostradale Firenze-Siena fino alla confluenza con il Borro di Cepparello, principale affluente del Drove di Tattera.

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*

L’esigenza di studiare il Borro gli Amaioni scaturisce, come anticipato, dalla previsione di Piano di Recupero dell’ex “Salumificio Monsanto”, situato lungo la strada per la frazione di Monsanto, nel Comune di Barberino Val d'Elsa.

Il corso d’acqua, in questo tratto, delinea il confine tra il territorio comunale di Barberino Val d'Elsa (sinistra idraulica) e di Poggibonsi (destra idraulica).

Nell’intorno dell’ex salumificio vi è un’area semipianeggiante piuttosto ampia in cui già dal 2007 era prevista la realizzazione di un nuovo complesso residenziale in sostituzione del fabbricato esistente.

Per questo motivo si è resa necessaria una verifica idraulica su questo corso d’acqua.

Per il Borro gli Amaioni è quindi integralmente acquisita la modellazione redatta da chi scrive in occasione della Variante al Regolamento Urbanistico comunale del 2007, successivamente perfezionata per il Piano Attuativo.

Le uniche modifiche alla modellazione, come specificato nel precedente capitolo, riguardano esclusivamente gli aspetti idrologici, in particolare l’aggiornamento dei parametri pluviometrici di ALTO.

Dal punto di vista della modellazione idraulica è confermata la geometria e l’impostazione del precedente lavoro.

Questo tratto del corso d’acqua si caratterizza per la presenza del piccolo ponticino in pietra lungo la strada di Monsanto, fatto ad arco ed avente luce libera piuttosto ridotta.

La modellazione eseguita prevede la rappresentazione del corso d’acqua per un tratto sufficientemente ampio lungo tutta l’area interessata dalla previsione urbanistica.

Lungo il tratto modellato non sono presenti significativi contributi idrologici di affluenti, pertanto l'idrogramma immesso nel modello è quello calcolato in corrispondenza della sezione di chiusura (confluenza con il Borro di Cepparello).

Gli idrogrammi di ingresso al modello sono stati valutati mediante la procedura descritta nel precedente capitolo e sono mostrati nella precedente Fig. 42.

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 e 200 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, costituito dalle sezioni idrauliche appositamente rilevate all'epoca del primo studio e da alcune aree di potenziale esondazione in sinistra idraulica, è riportato nell'elaborato **I 02b**; le sezioni fluviali sono mostrate anche nella tavola **I 04b**.

Nell'Allegato Idraulico **IR 03** sono inoltre mostrate tutte le sezioni costituenti l'intera asta fluviale analizzata con i livelli idrometrici raggiunti nei 3 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 GLI AMAIONI</b>	
<b>Modellazione</b>	<b>MOTO VARIO</b>	
<i>Lunghezza totale tratto studiato</i>	[m]	711,21
<i>Sezioni idrauliche "River Station"</i>	[n°]	23
<i>Ponti ("Bridge")</i>	[n°]	1
<i>Traverse ("Inline Structure")</i>	[n°]	2
<i>Aree di Potenziale Esondazione ("Storage Area")</i>	[n°]	3
<i>Sfioratori / Argini ("Lateral Structure")</i>	[n°]	3
<i>Connessioni tra APE ("S.A. Connection")</i>	[n°]	2
<i>Scabrezza (coefficiente n di Manning)</i>	[s/m <sup>1/3</sup> ]	Max 0.045-0.04-0.045 Min 0.04-0.04-0.035

Tab. 34 – Caratteristiche geometriche del modello idraulico del Fosso Zambra

#### 7.8.3 Input idrologici e condizioni al contorno

Al modello geometrico appena descritto è stato applicato un unico idrogramma in ingresso, come precedentemente calcolato, per ciascun tempo di ritorno e per la durata critica di precipitazione.

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>
TR200, TR100, TR30 D=1.9 – 2.2 ore	Stage Hydrograph	Verifica in moto uniforme sulla sezione di confluenza del Borro di Cepparello	TR200, TR100, TR30 Dcr da ALTO	Sezione a valle della confluenza appositamente rilevata

Tab. 35 – Sintesi delle condizioni di valle adottate nel modello del Borro gli Amaioni

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

Per la restituzione dei risultati del modello è stato tenuto conto sia dei volumi invasati nelle aree di potenziale esondazione (piuttosto esigui), sia dei livelli idrometrici in alveo; in corrispondenza di ogni sezione idraulica l'estensione delle aree esondate deriva dal massimo livello idrometrico risultante tra battente delle APE e livello in alveo.

Nonostante questa porzione di territorio sia rappresentata soltanto dalla C.T.R. 1:10.000, a suo tempo, e da allora niente è cambiato, è stato battuto, unitamente al rilievo sul corso d'acqua, un apposito piano quotato.

L'elaborato grafico **I 04b** (scala 1:2.000) mostra le aree allagate del Borro gli Amaioni nei 3 scenari di studio.

I risultati della modellazione sono riprodotti nell'Allegato Idraulico **IR 03** 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.

Sono sostanzialmente confermati i risultati della verifica idraulica condotta nel 2007 e successivamente aggiornata per il Piano Attuativo.

Probabilmente, con l'introduzione dei nuovi parametri delle curve di possibilità pluviometrica, per questo tratto fluviale si configura un livello di rischio inferiore rispetto alle precedenti versioni dello studio.

Il ponticino non risulta sormontabile, anche per l'alto parapetto, ma la strada per Monsanto lo è proprio in prossimità dell'ingresso allo ex stabilimento, in quanto posto a quote più basse rispetto al dosso del ponte.

Per eventi di piena duecentennali l'esondazione in sinistra idraulica generata dal rigurgito dell'attraversamento si traduce in tracimazione al di sopra della viabilità e trasferimento di volumi, benché non particolarmente ingenti, verso valle, dove il terreno maggiormente pendente garantisce una completa riconduzione delle acque verso il Borro di Cepparello.

Benché i nuovi risultati di questa modellazione siano più confortanti di quelli relativi alle precedenti modellazioni, si ritiene di dover confermare, per la previsione di recupero dell'area, gli interventi allora proposti, consistenti nella realizzazione di un contrargine di protezione tra il corso d'acqua e la porzione di area in cui erano previste le nuove edificazioni, poste più a ridosso del versante collinare.

## **8. INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI INTERVENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICHE DELLE AREE A MAGGIOR RISCHIO**

Il Regolamento di cui al D.P.G.R. 25 Ottobre 2011 n. 53/R detta i criteri per la fattibilità delle previsioni urbanistiche all'interno delle aree interessate da livelli di pericolosità idraulica molto elevata ed elevata.

In particolare prevede che per le aree a pericolosità idraulica molto elevata (I.4) le previsioni urbanistiche debbano essere anticipate dalla preliminare realizzazione di interventi di messa in sicurezza idraulica per la riduzione del rischio aventi carattere “strutturale”, quindi non limitati al singolo lotto interessato dalla previsione.

Allo stesso tempo, anche per le aree a pericolosità idraulica elevata la soluzione di tipo “strutturale” è da preferirsi, se realizzabile.

Facendo seguito a questi dettami, resi più rigidi per le aree a pericolosità idraulica molto elevata dalla L.R. 21 Maggio 2012 n. 21, sono di seguito illustrati alcuni possibili interventi di messa in sicurezza idraulica di tipo “strutturale” alla cui realizzazione potrà essere assoggettata, in sede di Regolamento Urbanistico, la fattibilità di previsioni edificatorie.

Dei corsi d'acqua studiati, sono stati individuati quelli in cui risultano realizzabili specifici interventi di messa in sicurezza idraulica volti a ridurre o eliminare situazioni di pericolosità idraulica molto elevata o elevata da essi generate.

In calce a ciascuno dei precedenti paragrafi inerenti le modellazioni idrauliche sono state illustrate le principali criticità che i corsi d'acqua studiati determinano sul territorio comunale.

I corsi d'acqua per i quali, sulla base degli strumenti conoscitivi di cui ad oggi si dispone, sono identificabili precisi interventi “strutturali” di messa in sicurezza sono i seguenti:

- Torrente Bozzone;
- Botro dell'Abese;
- Fosso “P. Treppiede di Sotto”.

Di seguito sono brevemente illustrati tali interventi suggeriti.

Essi, abbinati alle relative aree allagate allo stato di progetto, sono riportati anche nelle tavole **I 05a** e **I 05b** di Piano Strutturale.

I risultati analitici delle verifiche idrauliche di progetto sono invece racchiusi nell'Allegato Idraulico **IR 04**.

### **8.1 Interventi di messa in sicurezza sul Torrente Bozzone**

Alla luce delle problematiche idrauliche emerse dalle verifiche idrauliche allo stato attuale per il Torrente Bozzone, che individuano una pericolosità idraulica anche molto elevata in tutta l'area posta a ridosso dell'attraversamento lungo la strada per S. Appiano – Linari ed a valle dello stesso fino al rilevato stradale dello svincolo di Drove, con estensione delle aree allagate fino al distributore di carburante in prossimità del quale si manifesta anche il rischio di sormonto dello svincolo stesso, è prevista la realizzazione di interventi di messa in sicurezza lungo l'asta del corso d'acqua.

Gli interventi, già valutati in sede di redazione del progetto preliminare contenuto nello “Studio per la riduzione del rischio idraulico sul Torrente Bozzone – progetto di una cassa di espansione” (ex U.R.T.A.T. di Firenze, 2007), ha una duplice obiettivo: quello di consentire una laminazione delle portate di piena del corso d'acqua e quello di eliminare la criticità dovuta alla presenza di un attraversamento, il suddetto ponte sulla strada di S. Appiano – Linari, con una luce libera estremamente ridotta, che genera rigurgito e risulta sormontabile per eventi di piena con tempi di ritorno anche inferiori ai 30 anni.

La completa messa in sicurezza del corso d'acqua, rappresentata nello scenario di progetto riportato nell'elaborato grafico **I 05a** di Piano Strutturale, è conseguibile soltanto attraverso la realizzazione di tutti gli interventi proposti. Essi però, per propria natura, potranno anche essere realizzati per stralci funzionali.

L'obiettivo di laminare le portate di piena è ottenuto mediante la previsione di una cassa di espansione “in linea” da realizzarsi a monte delle zone edificate, come rappresentato nel suddetto elaborato; è previsto lo

sbarramento del corso d'acqua attraverso una arginatura trasversale dotata di “bocca tarata”, ovvero di una luce libera costituita da una tubazione opportunamente dimensionata attraverso cui la portata defluente dall'invaso che si va a costituire a monte dello sbarramento possa essere sensibilmente inferiore a quella idrologica di piena e quindi ridurre il rischio nel tratto di valle.

Lo sbarramento in terra, da ubicarsi presso la Sez. BO 70, sarà realizzato al posto del ponticino esistente, da demolire, e sarà dotato di un'opera di scarico rappresentata da uno scatolare di dimensioni 2x2.5 metri e avrà quota di coronamento pari a 121 m s.l.m.; la quota di massima regolazione (soglia gaveta) sarà pari a 120.40 m s.l.m.

L'altezza massima sul piano campagna dello sbarramento sarà pari a circa 4.50 metri, la larghezza in sommità pari a 3 metri e la pendenza dei paramenti arginali secondo il rapporto 1:2.

L'impronta massima dell'argine sul piano campagna sarà pari a circa 20-22 metri.

Il massimo invaso previsto da questa cassa di laminazione in linea sarà pari a circa 82.000 mc per TR200, per un totale di circa 40.000 mq di superficie di massimo invaso.

Questa briglia a “bocca tarata” consentirà di laminare la portata duecentennale, per la durata di precipitazione di 1 ora, da circa 56 mc/s a circa 35 mc/s, e la portata trentennale da circa 37 mc/s a circa 27 mc/s.

In entrambi i casi la portata defluente sarà comunque considerevole, e ad essa andrà a sommarsi il contributo idrologico del sottobacino di valle; a tale intervento di laminazione, che potrà costituire il primo stralcio dell'intervento di messa in sicurezza complessivo per il Torrente Bozzone, sarà abbinata la messa in sicurezza dell'attraversamento posto in corrispondenza della Sez. BO 9.

Come secondo stralcio, è quindi previsto il rifacimento/adeguamento del ponticino, ad oggi caratterizzato da una luce libera troppo ridotta.

Il dimensionamento del nuovo attraversamento, o del potenziamento dell'attraversamento attuale, dovrà essere oggetto di specifica valutazione e verifica idraulica mirata a ricercare la soluzione più idonea per rendere l'attraversamento “idraulicamente trasparente” ma anche compatibile con le condizioni al contorno, dettate dalla viabilità circostante e dalle zone edificate.

Le opere potranno essere poi oggetto di interventi minori ad integrazione dei due suddetti stralci principali, quali risagomature e riprofilature locali d'alveo a monte dell'attraversamento, o chiusure idrauliche.

Per ogni altro dettaglio dell'opera prevista si rimanda al progetto preliminare redatto dall'Ufficio del Genio Civile di Firenze (ex U.R.T.A.T.) del 2007.

Considerato che il modello idraulico su cui si basa il progetto preliminare dell'opera risalente al 2007 riguarda esclusivamente il Torrente Bozzone, in questo lavoro la soluzione progettuale è stata implementata anche nel modello “semi-congiunto” di Drove e Bozzone.

I risultati di tale modellazione, come anticipato, sono proposti in termini grafici nell'elaborato **I 05a** di Piano Strutturale e nell'Allegato Idraulico **IR 04**.

## **8.2 Interventi di messa in sicurezza sul Botro dell'Abese**

Alla luce delle problematiche idrauliche emerse dalle verifiche idrauliche allo stato attuale per il Botro dell'Abese, determinate in particolare dalla presenza di un doppio tratto tombato all'altezza del primo insediamento produttivo di monte che confluisce a sua volta in un secondo, e singolo, tratto tombato a partire dalla S.R. 429 verso valle, è prevista la realizzazione di un intervento che garantisca una messa in sicurezza quasi completa dell'area interessata da esondazione per eventi di piena con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

L'opera proposta consiste nella realizzazione di un'area di laminazione “in linea” a bocca tarata, del tipo analogo a quella prevista sul Torrente Bozzone.

L'area interessata dal progetto è indicata nell'elaborato grafico **I 05b** di Piano Strutturale.

Lo sbarramento sarà posto a monte dell'insediamento “Panurania”, in una zona idonea per poter invadere volumi idrici, caratterizzata in sinistra idraulica da un versante collinare che degrada piuttosto dolcemente verso il corso d'acqua e da un versante più scosceso in destra.

L'opera di sbarramento, che garantirà una laminazione delle portate di piena anche duecentennali tale da rendere idraulicamente sufficienti le luci degli ingressi del doppio tratto tombato posto a valle, sarà composta da un argine in terra, ubicato appena a monte della Sez. AB 10, dotato di una “bocca tarata” a sezione

circolare con diametro pari a 2 metri, con quota di coronamento pari a 96.50 m s.l.m. e quota di massima regolazione (soglia gaveta) pari a 96.00 m s.l.m.

L'altezza massima sul piano campagna dello sbarramento sarà pari a circa 5 metri, la larghezza in sommità pari a 3 metri e la pendenza dei paramenti arginali secondo il rapporto 1:2.

L'impronta massima dell'argine sul piano campagna sarà pari a circa 23-25 metri.

Il massimo invaso previsto da questa cassa di laminazione in linea sarà pari a circa 45.000-50.000 mc per TR200, per un totale di circa 30.000 mq di superficie di massimo invaso.

La briglia a "bocca tarata" consentirà di laminare la portata di piena da circa 29 mc/s a circa 10.50 mc/s nello scenario duecentennale, e da circa 19 mc/s a circa 9 mc/s nel caso trentennale.

Tale intervento garantirà la completa messa in sicurezza, rispetto allo stato attuale, di tutta la zona urbanizzata posta tra la sezione di imbocco del doppio tratto intubato e la S.R. 429, con netto miglioramento anche a valle della strada.

Considerato che il secondo tratto intubato, tra la S.R. 429 e la ferrovia, è unico e di luce con superficie inferiore rispetto alla somma delle superfici delle due tubazioni di monte, si mantiene una forma di rigurgito per variazione di sezione all'altezza delle Sezz. AB 5 e AB 6, con fuoriuscita di volumi idrici che possono generare ancora lievi forme di allagamento nelle vicinanze.

Questo scenario progettuale è stato modellato idraulicamente a partire dal modello del Botro dell'Abese riferito allo stato attuale; il tratto studiato è stato esteso mediante una sezione frutto di interpolazione circa 360 metri più a monte rispetto alla sez. AB 10.

Lo scenario di progetto, relative aree allagate comprese, è mostrato nell'elaborato **I 05b** e gli output della modellazione sono riportati nell'Allegato Idraulico **IR 04**.

### **8.3 Interventi di messa in sicurezza sul Fosso "P. Treppiede di Sotto"**

Il Fosso non classificato, denominato "P. Treppiede di Sotto", per quanto caratterizzato da un bacino di modeste dimensioni (di poco superiori a 0.4 kmq), determina allo stato attuale una pericolosità molto elevata ed elevata nelle aree circostanti, per effetto del sottodimensionamento dell'attraverso lungo la S.R. 429.

Attualmente il corso d'acqua sottoattraversa la strada mediante una tubazione di diametro pari a circa 1.2 m, non sufficiente a far defluire liberamente le portate di piena con tempi di ritorno uguali o superiori a 30 anni.

L'effetto principale di questo sottodimensionamento è il rigurgito a monte della tubazione e il relativo sormonto della strada, con spostamento dei volumi verso valle ed interessamento degli insediamenti industriali antistanti.

Analogamente ai casi del Torrente Bozzone e del Botro dell'Abese, l'intervento apparso più idoneo per la risoluzione di tale criticità è quello di prevedere una piccola opera di laminazione da realizzarsi appena a monte della zona edificata, ma non troppo distante da essa viste le ridotte dimensioni del bacino.

Come per il Torrente Bozzone, l'intervento di seguito descritto dovrà prevedere anche il rifacimento dell'attraversamento sulla S.R. 429, con l'inserimento di una nuova tubazione di sottopasso avente diametro pari a 1.5 m; non è possibile realizzare un attraversamento con tubazioni di diametro superiore in quanto il tratto tombato a valle, che scorre al di sotto dello stabilimento dell'azienda "Ecos", fuoriesce all'altezza della linea ferroviaria con diametro pari a 1.5 metri, quindi non risulta possibile realizzarne a monte uno di diametro superiore, onde evitare le problematiche di variazione improvvisa di sezione come nel caso del tratto di valle del tombamento lungo il Botro dell'Abese.

L'intervento previsto è rappresentato dalla realizzazione di una cassa di espansione "in linea" posta all'altezza della Sez. FT 9, come da elaborato grafico **I 05b** di Piano Strutturale.

Questa area si presenta, a differenza di quelle in cui sono previste le opere lungo il Torrente Bozzone e il Botro dell'Abese, assai meno incassata, quindi probabilmente meno adatta ad ospitare un'opera di laminazione con sbarramento trasversale. Allo stesso tempo però, date le esigue dimensioni del bacino e la biforcazione in due aste all'altezza della Sez. FT 11, non è possibile prevedere un intervento in un'area posta più a monte, in quanto agirebbe soltanto su una porzione limitata di bacino, e quindi su una modesta percentuale di portata.

Per questo motivo, oltre allo sbarramento trasversale è prevista in destra idraulica un arginatura di contenimento longitudinale, quindi parallela al corso d'acqua, accompagnata da risagomatura o sbassamento del piano campagna posto in destra idraulica tra il fosso e questo nuovo argine.



Questa area, a differenza delle precedenti, si configura maggiormente come cassa di espansione in linea, benché aperta sul lato di monte.

L'opera di sbarramento, che garantirà una laminazione delle portate di piena anche duecentennali tale da mettere in sicurezza i fabbricati posti più a valle, in sinistra idraulica, tra le Sezz. FT 7 e FT 3, ed i fabbricati posti al di là della S.R. 429 se accompagnata da un adeguamento del sottopasso stradale, sarà composta da un argine in terra, ubicato come da elaborato grafico **I 05b** e dotato di una "bocca tarata" a sezione circolare con diametro pari a 0.85 metri, con quota di coronamento pari a 94.50 m s.l.m. e quota di massima regolazione (soglia gaveta) pari a 94.10 m s.l.m.

L'altezza massima sul piano campagna dello sbarramento sarà pari a circa 4 metri, la larghezza in sommità pari a 2 metri e la pendenza dei paramenti arginali secondo il rapporto 1:2.

L'impronta massima dell'argine sul piano campagna sarà pari a circa 18 metri.

Il massimo invaso previsto da questa cassa di laminazione in linea sarà pari a circa 7.500-9.000 mc per TR200, per un totale di circa 4.000 mq di superficie di massimo invaso.

La "bocca tarata" consentirà di laminare la portata di piena da circa 8 mc/s a circa 2.70 mc/s nello scenario duecentennale, e da circa 5.30 mc/s a circa 2.50 mc/s nel caso trentennale.

In entrambi i casi la portata defluente sarà comunque tale, sommandosi con il contributo idrologico del sottobacino di valle, da non garantire il regolare deflusso al di sotto della S.R. 429, pertanto, come anticipato, dovrà essere adeguato, con nuova tubazione di diametro pari a 1.5 m, il sottoattraversamento della S.R. 429 in corrispondenza della Sez. FT 2.

L'opera di laminazione di monte potrà comunque essere realizzata come primo stralcio funzionale in quanto di per sé già garantirebbe una notevole riduzione del rischio idraulico a valle, se non una completa messa in sicurezza.

La verifica idraulica di questa ipotesi progettuale è stata compiuta ampliando il tratto studiato rispetto allo stato attuale; sono state introdotte a monte alcune sezioni (dalla FT 9 in su) ricostruite dal LIDAR, fin dove disponibile, e più a monte interpolate e adattate alle quote della C.T.R. 1:2.000.

L'Allegato Idraulico IR 04 riporta anche i risultati di questa modellazione di progetto.

## 9. CONCLUSIONI

Attraverso le verifiche idrauliche relative allo stato attuale e 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*".

Fa eccezione soltanto la perimetrazione della pericolosità del Borro gli Amaioni, la quale è stata disegnata secondo i criteri delle cartografie di P.A.I. "*Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica - Livello di sintesi in scala 1:25.000*".

Per quanto riguarda invece la redazione della carta della Pericolosità Idraulica del nuovo Piano Strutturale, le classi di pericolosità, per i tratti fluviali studiati, sono state ricostruite secondo i criteri del Regolamento 53/R.

Per gli aspetti legati alla redazione della cartografia di Piano, si rimanda agli approfondimenti contenuti nella Relazione Geologica.