

**PROVINCIA DI FIRENZE
COMUNE DI LASTRA A SIGNA**



PROGETTO:

**INDAGINI IDRAULICHE DI SUPPORTO ALLE VARIANTI
AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO
DEL COMUNE DI LASTRA A SIGNA**

OGGETTO:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

ELABORATO:

R01

REV:

02

DATA:

Ottobre 2013

SCALA:

varie

NUMERO COMMESSA:

L618

NOME FILE:

Relazione_01.pdf



Via Bonifacio Lupi, 1
50129 - FIRENZE

PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Settesoldi

COLLABORATORE:

Dott. Geol. Silvia Angelini
Dott. Ing. Martina Alderighi
Geom. Daniele Natali

COMMITTENTE:

Comune di Lastra a Signa
Piazza del Comune, 17
50055 Lastra a Signa

| REV. | DATA | DESCRIZIONE MODIFICHE |
|------|----------|-----------------------|
| 02 | 21/10/13 | TERZA EMISSIONE |
| 01 | 05/11/12 | SECONDA EMISSIONE |
| 00 | 31/07/12 | PRIMA EMISSIONE |

PROVINCIA DI FIRENZE
Comune di Lastra a Signa

**INDAGINI IDRAULICHE DI SUPPORTO ALLE VARIANTI AL PIANO
STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI
LASTRA A SIGNA**

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Physis s.r.l.
Ingegneria per l'Ambiente

Ing. David Settesoldi

Firenze

Ottobre 2013

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 6 |
| 2 | IL QUADRO CONOSCITIVO..... | 22 |
| 2.1 | DATI TERRITORIALI | 22 |
| 2.2 | MODELLO DIGITALE DEL TERRENO | 22 |
| 2.3 | LE SEZIONI FLUVIALI..... | 22 |
| 3 | L'ANALISI IDROLOGICA | 25 |
| 3.1 | CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DEL FIUME ARNO | 26 |
| 3.2 | CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DEGLI AFFLUENTI | 28 |
| 4 | IL MODELLO IDRAULICO..... | 45 |
| 4.1 | IL MODELLO IN MOTO VARIO | 45 |
| 4.2 | IL MODELLO DI INONDAZIONE QUASI - BIDIMENSIONALE | 49 |
| 4.3 | IL MODELLO DI INONDAZIONE BIDIMENSIONALE | 50 |
| 5 | SCHEMATIZZAZIONE DELL'AREA ALLO STATO ATTUALE..... | 57 |
| 5.1 | IL MODELLO DIGITALE DELLE AREE INONDABILI..... | 57 |
| 5.2 | LE CONDIZIONI AL CONTORNO..... | 59 |
| 5.3 | L'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DI SAN COLOMBANO | 59 |
| 6 | ANALISI IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE | 60 |
| 6.1 | ANALISI DEI RISULTATI | 60 |
| 6.1.1 | <i>Area Capoluogo (Arno).....</i> | <i>60</i> |
| 6.1.2 | <i>Area Ginestra (Pesa).....</i> | <i>61</i> |
| 7 | PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ALLO STATO ATTUALE.. | 63 |
| 7.1 | CONFRONTO CON GLI STUDI PRECEDENTI | 63 |
| 7.1.1 | <i>Area capoluogo</i> | <i>63</i> |
| 7.1.2 | <i>Area Ginestra.....</i> | <i>66</i> |
| 8 | INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA..... | 67 |
| 9 | SCHEMATIZZAZIONE DELL'AREA ALLO STATO DI PROGETTO | 70 |
| 9.1 | IL MODELLO DIGITALE DELLE AREE INONDABILI..... | 70 |
| 10 | ANALISI IDRAULICA DELLO STATO DI PROGETTO | 71 |
| 10.1 | ANALISI DEI RISULTATI | 71 |
| 11 | PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ALLO STATO DI PROGETTO | 74 |

ELENCO FIGURE

| | |
|--|----|
| Figura 1-1 – Aree di studio Arno | 7 |
| Figura 1-2 – Aree di studio Pesa..... | 7 |
| Figura 1-3 – Carta degli ambiti fluviali del PS zona Nord..... | 8 |
| Figura 1-4 – Carta degli ambiti fluviali del PS zona Sud..... | 8 |
| Figura 1-5 – Legenda carta degli ambiti fluviali del PS | 9 |
| Figura 1-6 – Pericolosità idraulica del PTC zona Nord | 10 |
| Figura 1-7 – Pericolosità idraulica del PTC zona Sud valle | 10 |
| Figura 1-8 – Pericolosità idraulica del PTC zona Sud monte..... | 11 |
| Figura 1-9 – Legenda pericolosità idraulica del PTC | 11 |
| Figura 1-10 – Aree inondate del Piano Rischio Idraulico zona Nord | 12 |
| Figura 1-11 – Aree inondate del Piano Rischio Idraulico zona Sud..... | 12 |
| Figura 1-12 – Legenda aree inondate del Piano Rischio Idraulico | 12 |
| Figura 1-13 –Aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico zona Nord | 13 |
| Figura 1-14 –Aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico zona Sud..... | 13 |
| Figura 1-15 –Legenda aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico | 14 |
| Figura 1-16 –Pericolosità idraulica del PAI zona Nord..... | 14 |
| Figura 1-17 –Pericolosità idraulica del PAI zona Sud | 14 |
| Figura 1-18 –Legenda pericolosità idraulica del PAI..... | 15 |
| Figura 1-19 –Interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico zona Nord..... | 16 |
| Figura 1-20 –Interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico zona Sud | 16 |
| Figura 1-21 – Legenda interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico..... | 16 |
| Figura 1-22 – Carta della pericolosità idraulica del PS zona Nord..... | 17 |
| Figura 1-23 – Carta della pericolosità idraulica del PS zona Sud..... | 17 |
| Figura 1-24 – Legenda carta della pericolosità idraulica del PS | 18 |
| Figura 1-25 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 30 anni (Studio Università di Pisa) | 19 |
| Figura 1-26 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 100 anni (Studio Università di Pisa) ... | 19 |
| Figura 1-27 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 200 anni (Studio Università di Pisa) ... | 20 |
| Figura 1-28 – Legenda carta dei battenti di esondazione (Studio Università di Pisa) | 20 |
| Figura 2-1 – Tratti di studio e sezioni fluviali area Capoluogo | 23 |
| Figura 2-2 – Tratti di studio e sezioni fluviali area Ginestra | 24 |
| Figura 3-1 – Bacini idrografici affluenti | 25 |
| Figura 3-2 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 529 per la durata di 24 ore..... | 26 |
| Figura 3-3 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 512 per la durata di 24 ore..... | 27 |
| Figura 3-4 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 529 per la durata di 3 ore..... | 27 |
| Figura 3-5 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 512 per la durata di 3 ore..... | 28 |
| Figura 3-6 – Regressione area – TI per la zona del capoluogo | 29 |
| Figura 3-7 – Regressione area – TI per la zona della Ginestra | 30 |
| Figura 3-8 – Uso del suolo | 32 |
| Figura 3-9 – Geolitologia | 33 |
| Figura 3-10 – Topoietti | 35 |
| Figura 3-11 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 20 anni | 43 |
| Figura 3-12 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 100 anni | 43 |
| Figura 3-13 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 200 anni | 44 |
| Figura 4-1 – Scala di deflusso a valle del ponte Signa - Lastra a Signa..... | 48 |
| Figura 4-2 – Scala di deflusso fiume Pesa alla confluenza nel fiume Arno | 48 |
| Figura 4-3 – Griglia di calcolo equazione di continuità..... | 52 |
| Figura 4-4 – Griglia di calcolo equazione di moto lungo X..... | 54 |
| Figura 4-5 – Griglia di calcolo equazione di moto lungo Y..... | 55 |
| Figura 5-1 – Schema del sistema oggetto di studio allo stato attuale area capoluogo..... | 58 |
| Figura 5-2 – Schema del sistema oggetto di studio allo stato attuale area Ginestra..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Figura 7-1 – Idrogrammi sul fiume Arno a valle della confluenza della Greve..... | 64 |
| Figura 7-2 – Idrogrammi sul fiume Arno a valle del ponte Signa-Lastra a Signa..... | 65 |
| Figura 7-3 – Idrogramma del torrente Vingone alla confluenza..... | 65 |
| Figura 10-1 – Confronto portata del torrente Vingone nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni..... | 72 |
| Figura 10-2 – Confronto portata nel fiume Arno al ponte di Signa nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni..... | 72 |
| Figura 10-3 – Confronto portata nel fiume Pesa alla confluenza nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni..... | 73 |

ELENCO TABELLE

| | |
|---|----|
| Tabella 3-1 – Calcolo del tempo di ritardo per gli affluenti..... | 29 |
| Tabella 3-2 – Valori di l_a per i diversi usi del suolo..... | 30 |
| Tabella 3-3 – Valori del K_s per le diverse formazioni..... | 31 |
| Tabella 3-4 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica..... | 34 |
| Tabella 3-5 – Parametri del modello ALTO..... | 36 |
| Tabella 3-6 – Parametri del modello ALTO alle confluenze..... | 37 |
| Tabella 3-7- Parametri nelle sezioni di controllo..... | 37 |
| Tabella 3-8- Parametri nelle sezioni di controllo forniti dal modello Alto..... | 37 |
| Tabella 3-9 – Risultati del modello ALTO alla confluenza degli affluenti..... | 39 |
| Tabella 3-10 – Durate e area per le diverse simulazioni nell’area Capoluogo..... | 40 |
| Tabella 3-11 – Durate e area per le diverse simulazioni nell’area della Ginestra..... | 40 |
| Tabella 3-12 – Portate nelle sezioni di controllo..... | 41 |
| Tabella 3-13 – Portate nelle sezioni di controllo con parametri RT..... | 42 |
| Tabella 10-1 – Confronto livelli di esondazione destra Vingone area Capoluogo..... | 71 |
| Tabella 11-1 – Aree inondate area Capoluogo..... | 74 |
| Tabella 11-2 – Aree inondate area Ginestra..... | 74 |
| Tabella 11-3 – Aree a diversa pericolosità 53/R area Capoluogo..... | 74 |
| Tabella 11-4 – Aree a diversa pericolosità 53/R area Ginestra..... | 74 |
| Tabella 11-5 – Aree a diversa pericolosità PAI area Capoluogo..... | 75 |
| Tabella 11-6 – Aree a diversa pericolosità PAI area Ginestra..... | 75 |

ELENCO ELABORATI

R01 — Relazione idrologica e idraulica

A01 — Libretti di campagna - Rilievi

A02 — Tabulati verifiche - Stato Attuale

A03 — Sezioni fluviali - Stato Attuale

A04 — Tabulati verifiche - Stato Progetto

A05 — Sezioni fluviali - Stato Progetto

T01 — Bacini idrografici, Uso del Suolo, Geolitologia e Topoietti (1:100.000)

T02.1 — Planimetria rilievo e punti battuti (1:2000)

T02.2 — Planimetria rilievo e punti battuti (1:5000)

T02.3 — Planimetria rilievo e punti battuti (1:2000)

T03.1 — Planimetria sistema idraulico Lastra a Signa (1:10.000)

T03.2 — Planimetria sistema idraulico Ginestra Fiorentina (1:10.000)

T04.1 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T04.2 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T04.3 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T04.4 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T04.5 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T04.6 — Profili longitudinali - Stato Attuale (Varie)

T05.1 — Planimetria battenti idrici e velocità Lastra a Signa– Stato Attuale (1:10.000)

T05.2 — Planimetria battenti idrici e velocità Ginestra Fiorentina – Stato Attuale (1:10.000)

T06.1 — Aree inondabili Lastra a Signa – Stato Attuale (1:5.000)

T06.2 — Aree inondabili Ginestra Fiorentina – Stato Attuale (1:5.000)

T07.1 — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R Lastra a Signa – Stato Attuale (1:5.000)

T07.2 — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R Ginestra Fiorentina – Stato Attuale (1:5.000)

T08.1 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Lastra a Signa – Stato Attuale (1:5.000)

T08.2 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Ginestra Fiorentina – Stato Attuale (1:5.000)

T08.3 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Lastra a Signa – PAI Vigente (1:5.000)

T08.4 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Ginestra Fiorentina – PAI Vigente (1:5.000)

T09.1 — Planimetria interventi di messa in sicurezza Lastra a Signa – Stato Attuale (1:2.000)

T09.2 — Planimetria interventi di messa in sicurezza Ginestra Fiorentina – Stato Attuale (1:2.000)

T10.1 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T10.2 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T10.3 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T10.4 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T10.5 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T10.6 — Profili longitudinali - Stato di Progetto (Varie)

T11.1 — Planimetria battenti idrici e velocità Lastra a Signa– Stato Progetto (1:10.000)

T11.2 — Planimetria battenti idrici e velocità Ginestra Fiorentina – Stato progetto (1:10.000)

T12.1 — Aree inondabili Lastra a Signa – Stato Progetto (1:5.000)

T12.2 — Aree inondabili Ginestra Fiorentina – Stato Progetto (1:5.000)

T13.1 — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R Lastra a Signa – Stato Progetto (1:5.000)

T13.2 — Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R Ginestra Fiorentina – Stato Progetto (1:5.000)

T14.1 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Lastra a Signa – Stato Progetto (1:5.000)

T14.2 — Pericolosità idraulica ai sensi del PAI ARNO Ginestra Fiorentina – Stato Progetto (1:5.000)

1 PREMESSA

La società Physis è stata incaricata con contratto n. 364 del 03/11/2011 della redazione delle indagini a supporto del delle varianti al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico.

Con determina n. 453 del 26/07/2012 sono state affidate le seguenti attività integrative:

- rilievo speditivo del torrente Ritortolo;
- rilievo strumentale degli argini del torrente Vingone;
- relativo aggiornamento delle verifiche idrauliche.

Nel novembre 2012 è stata prodotta una prima versione dello studio.

A seguito dell'esame degli elaborati da parte della Autorità di Bacino del fiume Arno e del Genio Civile di Firenze degli elaborati dello studio idrologico e idraulico sono state formulate da parte degli Enti le seguenti richieste di integrazione:

- studio dei corsi d'acqua fosso Garibaldi e Ringuillo nel bacino della Pesa;
- studio del torrente Pesa a valle dell'area della Ginestra fino al confine comunale;
- revisione delle simulazioni nell'area Capoluogo adottando le condizioni al contorno del SIMI in luogo di quelle del precedente studio condotto dal Comune di Lastra a Signa e dalla Università di Pisa.

La presente versione dello studio recepisce le suddette richieste, pertanto la valutazione della pericolosità idraulica e la definizione degli interventi di messa in sicurezza di supporto alle varianti al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Lastra a Signa sono state condotte per i centri urbani e le aree e/o UTOE di potenziale sviluppo e trasformazione in riferimento ai seguenti corsi d'acqua:

- Zona Lastra a Signa: Fiume Arno, Torrente Vingone, Borro Bacino, Borro La Guardianiana, Borro di Rimaggio, Fosso Stagno, Fosso Stagnolo.
- Zona Ginestra: Fiume Pesa, Borro del Grillaio, Borro della Fornace (Borro del Vallone), Borro di Ripalta (Borro delle Case Nuove), Borro Ritortolo, fosso Garibaldi fosso Ringuillo e fosso della Ginestra.

Lo studio nella zona di Lastra a Signa ha inoltre considerato anche in fosso Rigone, il fosso Dogaia e il fosso Dogaione i cui rilievi si sono resi disponibili nell'ambito di un analogo studio condotto per il Comune di Scandicci.

Le indagini sono state condotte ai sensi del regolamento 53/R e secondo quanto stabilito all'Allegato 2 del PAI della Autorità di Bacino del fiume Arno.

Le verifiche idrauliche sono state condotte per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni con modellazione monodimensionale in moto vario delle aste fluviali e bidimensionale delle aree di esondazione. Per ciascun tempo di ritorno saranno fornite le aree inondabili, i battenti di esondazione e le velocità di propagazione.

Sulla base delle risultanze dello studio si è provveduto alla definizione e alla verifica degli interventi di messa in sicurezza di tipo strutturale.

Le aree oggetto di studio sono riportate Figura 1-1 e Figura 1-2.

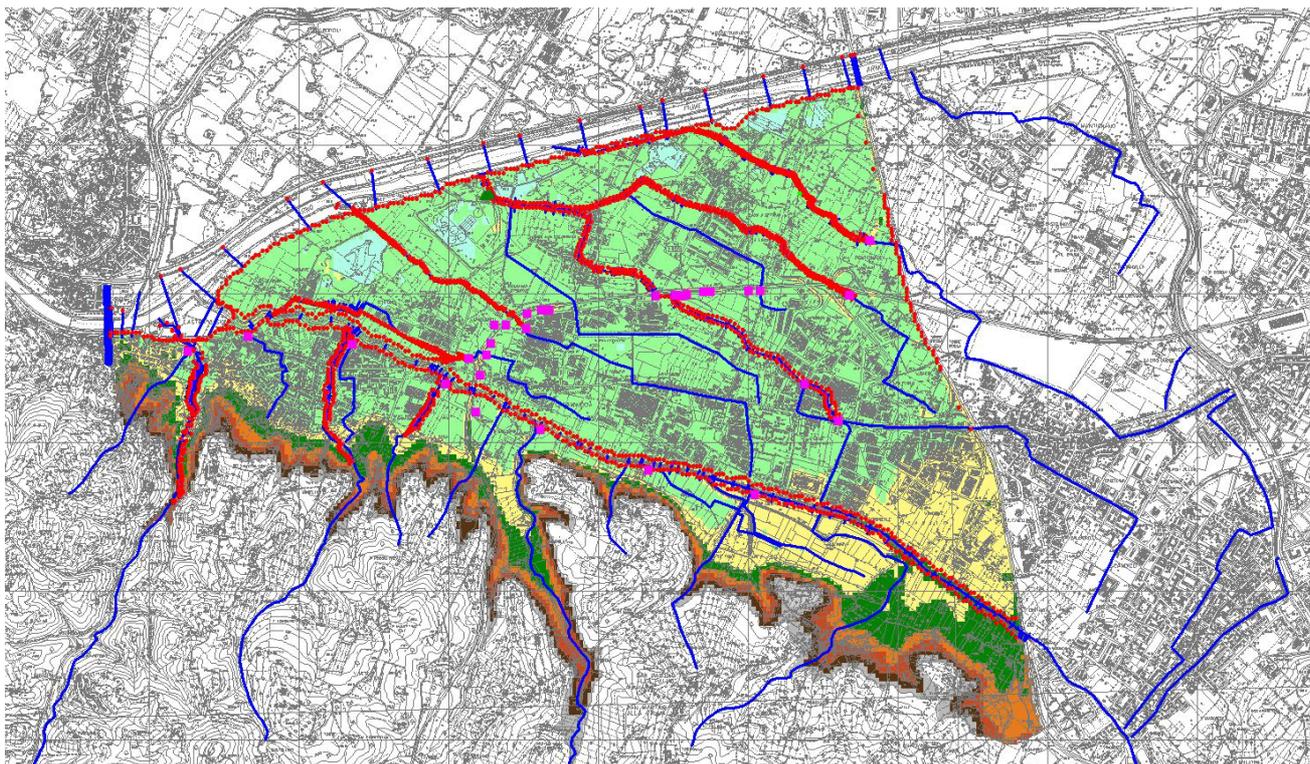


Figura 1-1 – Aree di studio Arno

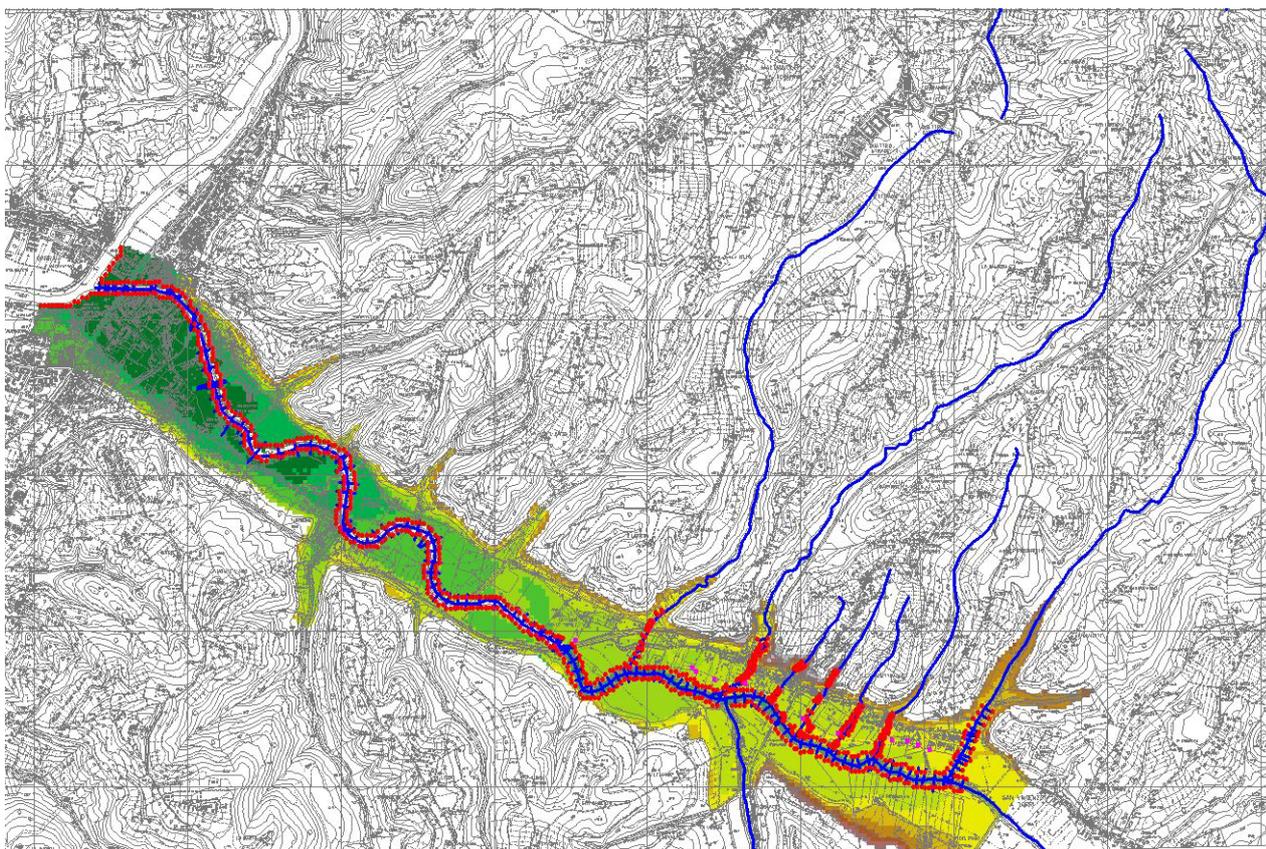


Figura 1-2 – Aree di studio Pesa

Nella Figura 1-3, Figura 1-4 e Figura 1-5 si riporta la carta degli ambiti fluviali del Piano Strutturale. Le aree risultano perimetrate nelle aree inondabili soggette a fenomeni di esondazione eccezionali.

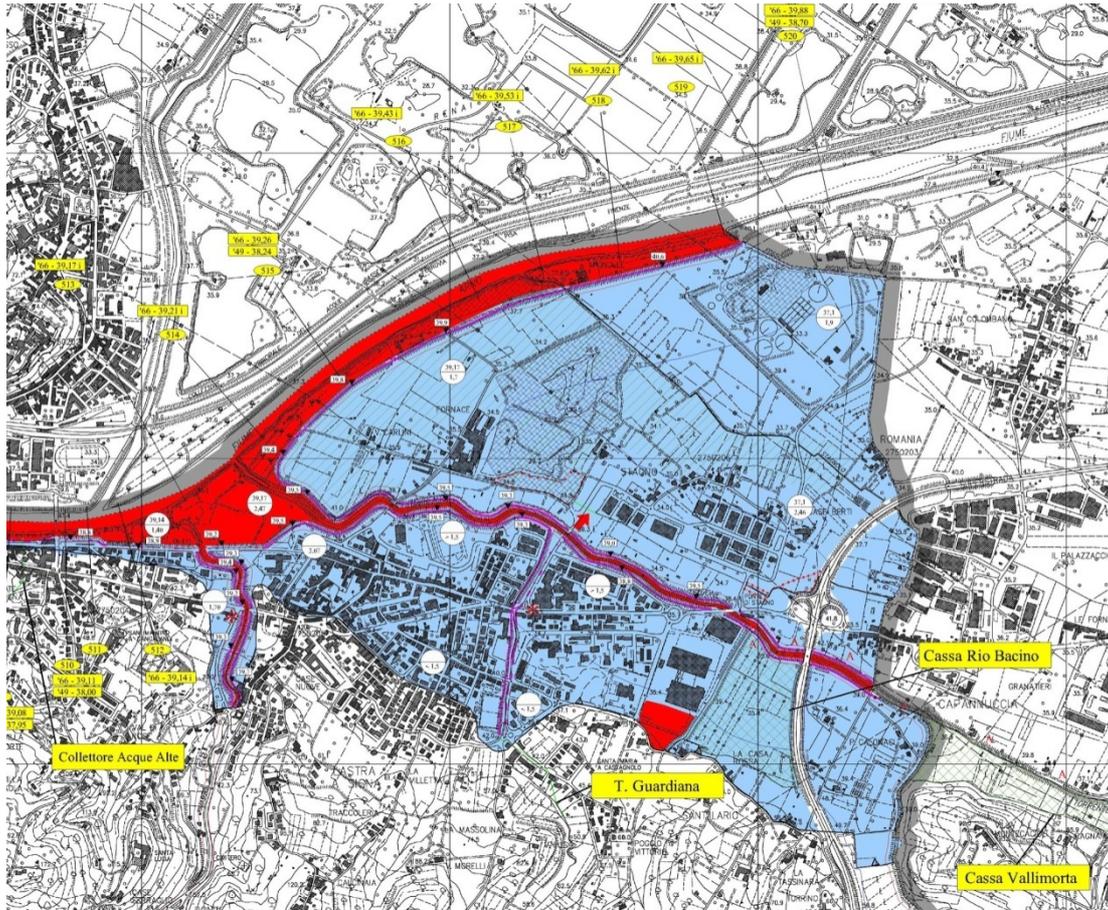


Figura 1-3 – Carta degli ambiti fluviali del PS zona Nord

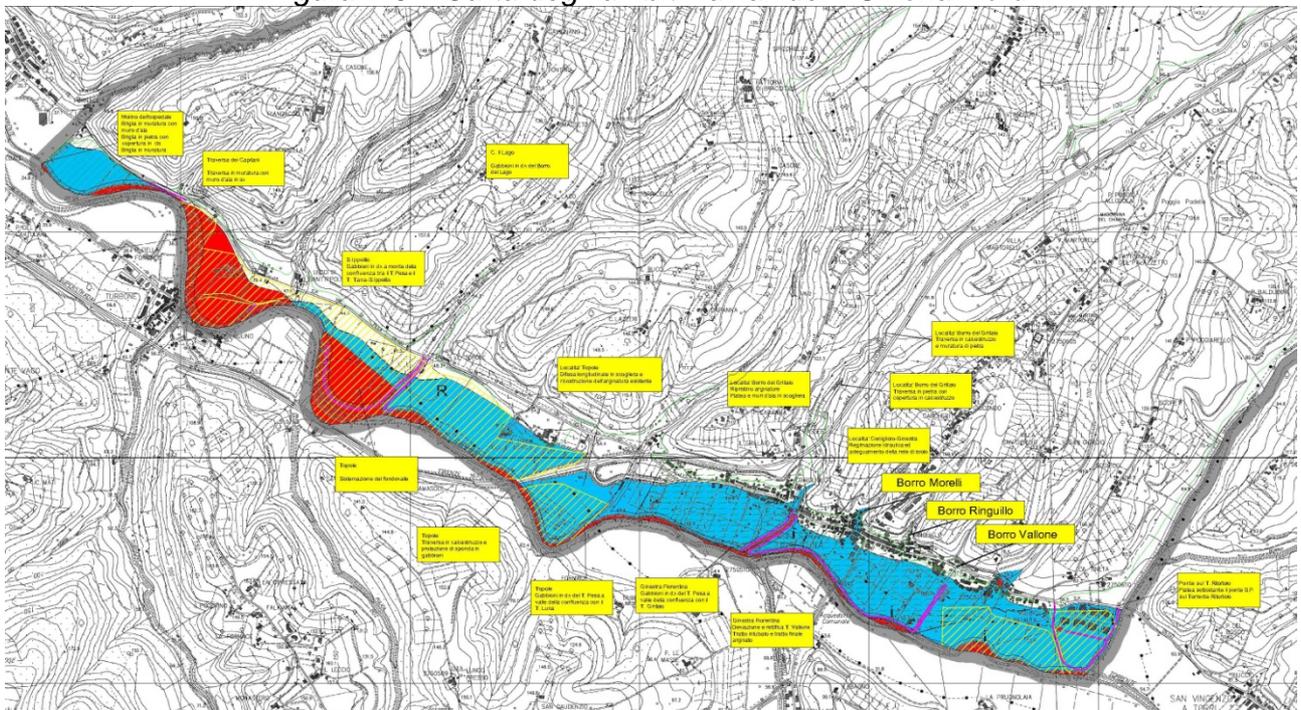


Figura 1-4 – Carta degli ambiti fluviali del PS zona Sud

LEGENDA



Figura 1-5 – Legenda carta degli ambiti fluviali del PS

Nella Figura 1-6, Figura 1-7, Figura 1-8 e Figura 1-9 si riporta la pericolosità idraulica del PTC. L'area oggetto di studio ricade in massima parte nelle "Aree sensibili già vulnerate da fenomeni di esondazione e soggette a rischio idraulico".

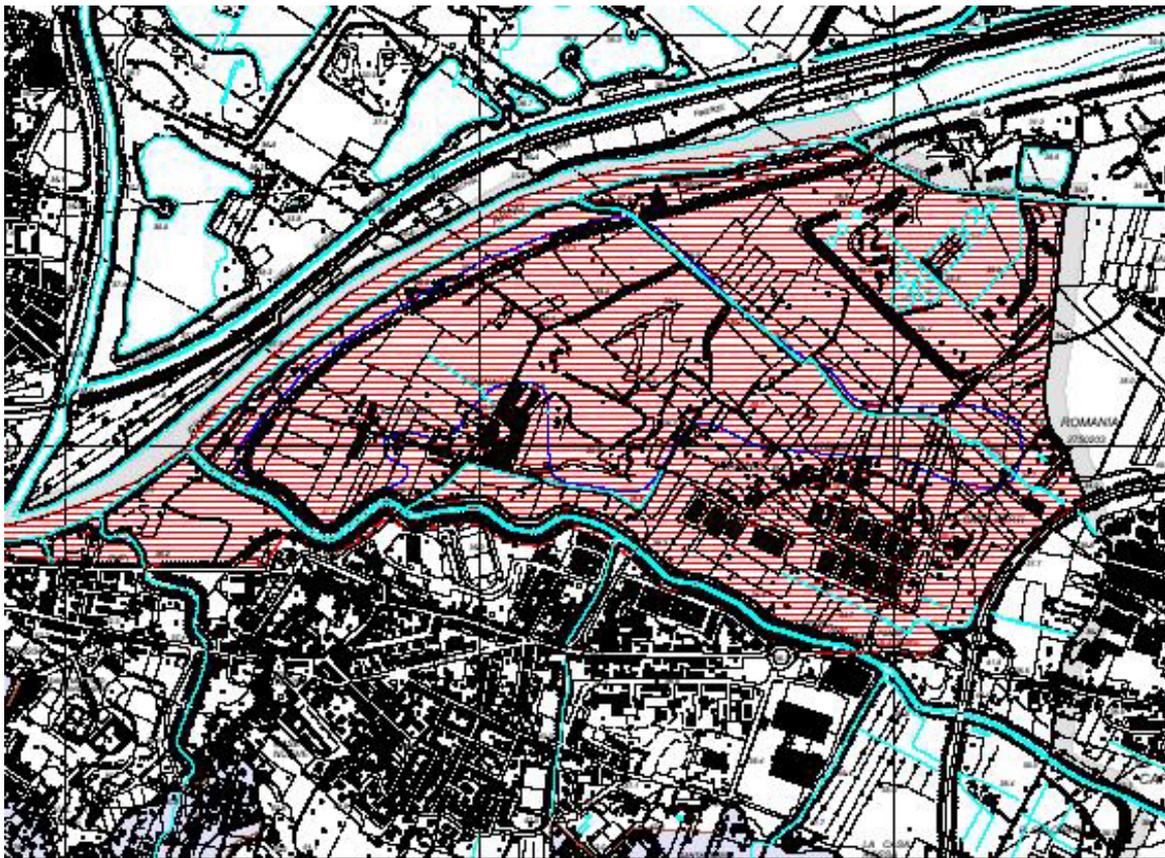


Figura 1-6 – Pericolosità idraulica del PTC zona Nord

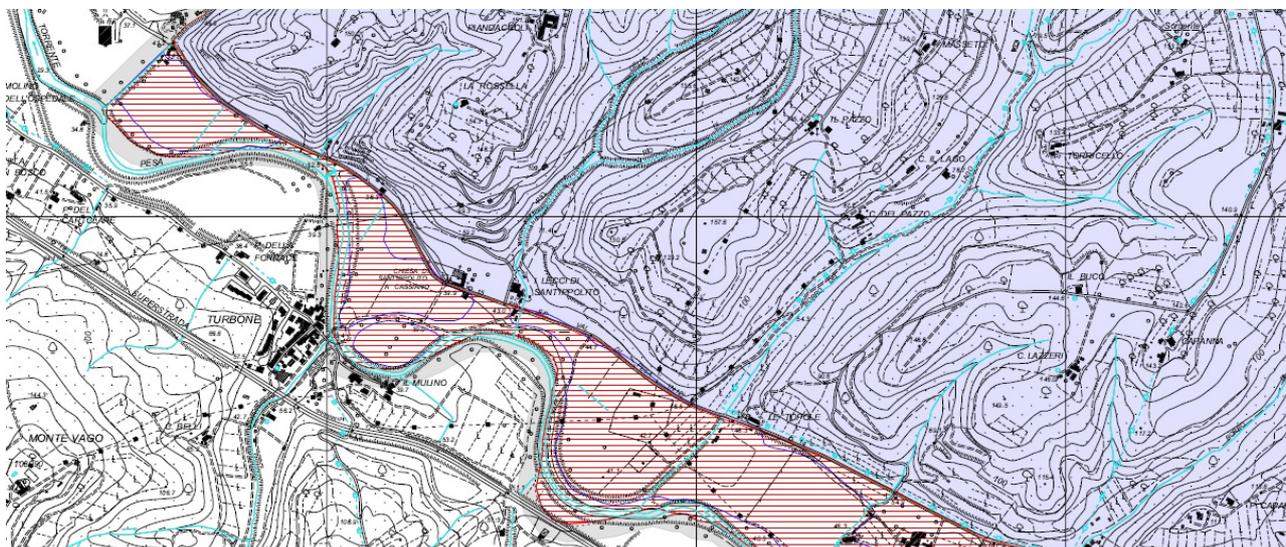


Figura 1-7 – Pericolosità idraulica del PTC zona Sud valle

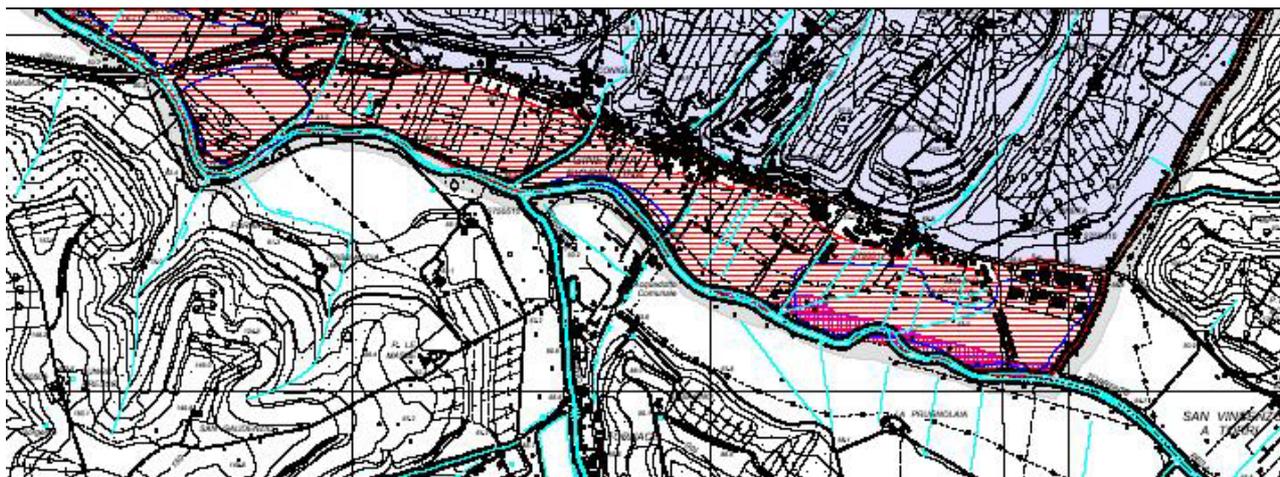


Figura 1-8 – Pericolosità idraulica del PTC zona Sud monte

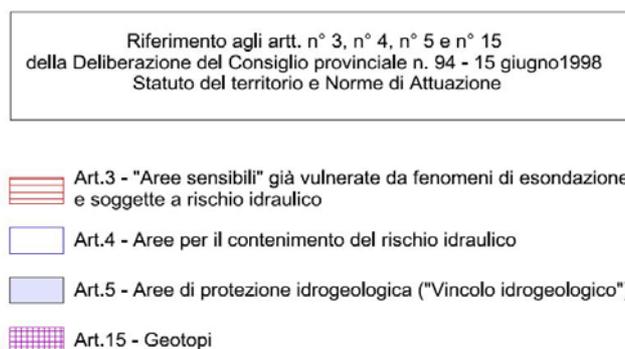


Figura 1-9 – Legenda pericolosità idraulica del PTC

Nella Figura 1-10, Figura 1-11 e Figura 1-12 si riportano le aree inondate del Piano Stralcio Rischio Idraulico. Il comune di Lastra a Signa ricade prevalentemente in aree interessate da esondazioni eccezionali.

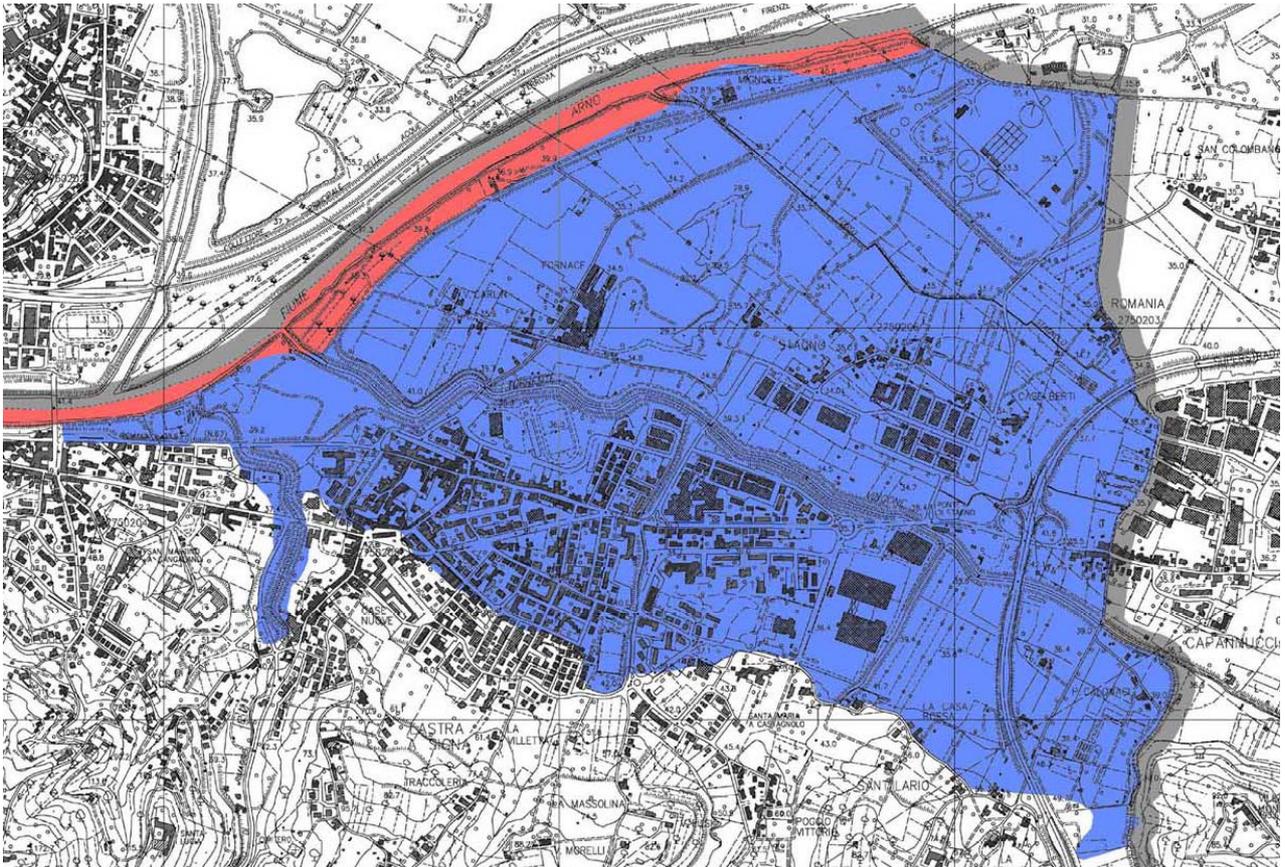


Figura 1-10 – Aree inondate del Piano Rischio Idraulico zona Nord

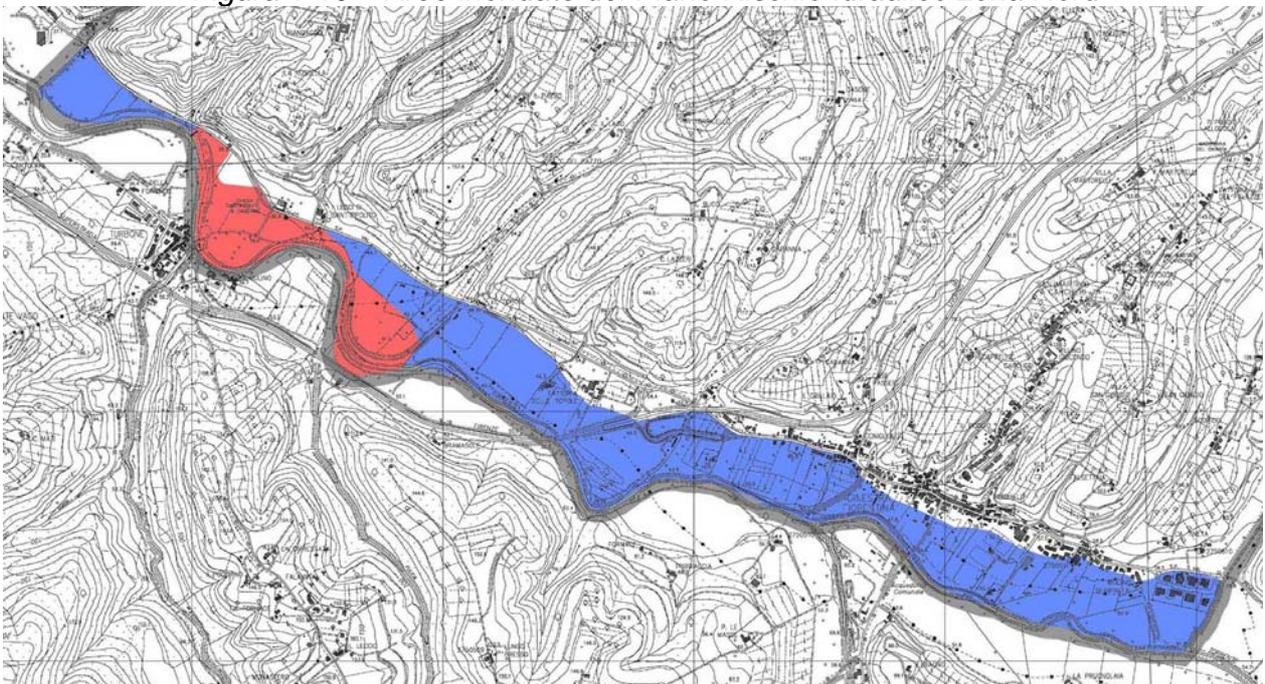


Figura 1-11 – Aree inondate del Piano Rischio Idraulico zona Sud

LEGENDA

-  Aree interessate da inondazioni ricorrenti
-  Aree interessate da inondazioni eccezionali
-  Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991 - 1992 - 1993

Figura 1-12 – Legenda aree inondate del Piano Rischio Idraulico

Nella Figura 1-13, Figura 1-14 e Figura 1-15 si riportano le aree di pertinenza fluviale del Piano Stralcio Rischio Idraulico.

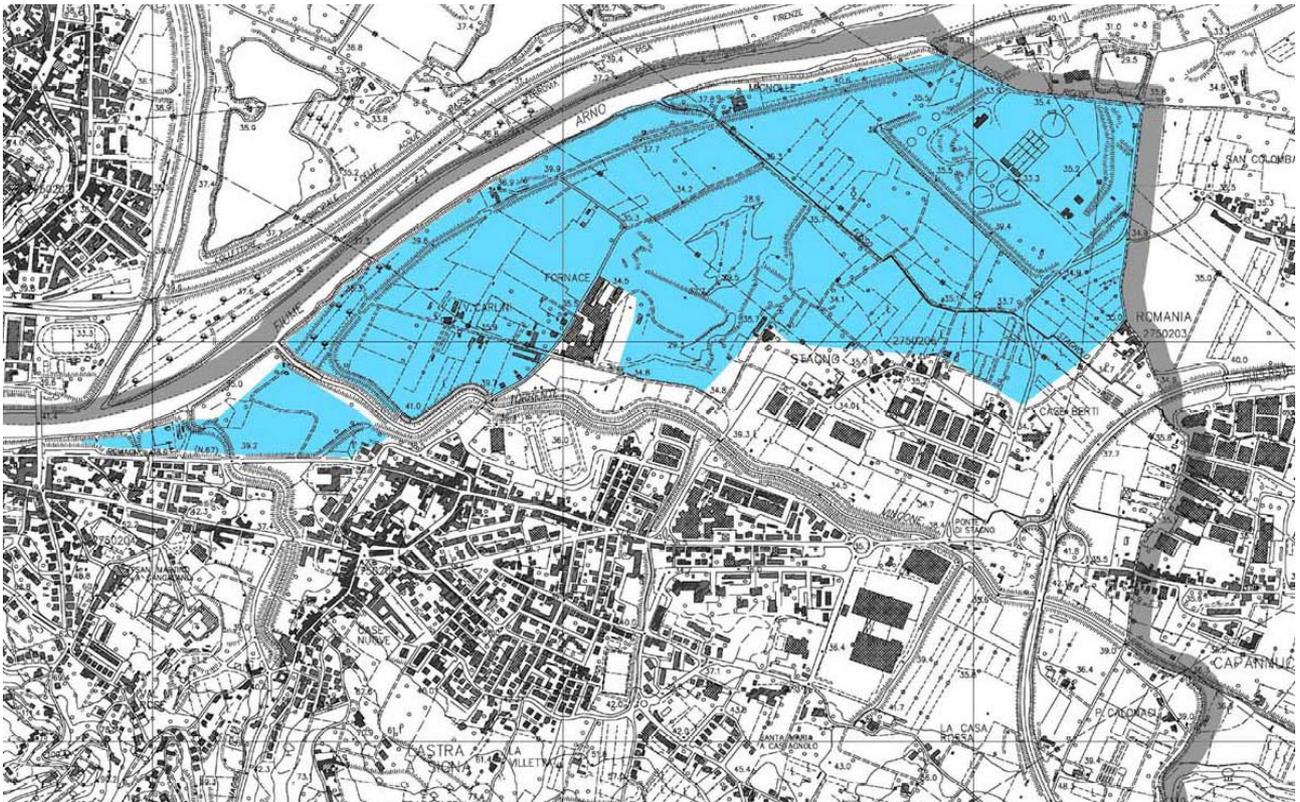


Figura 1-13 –Aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico zona Nord

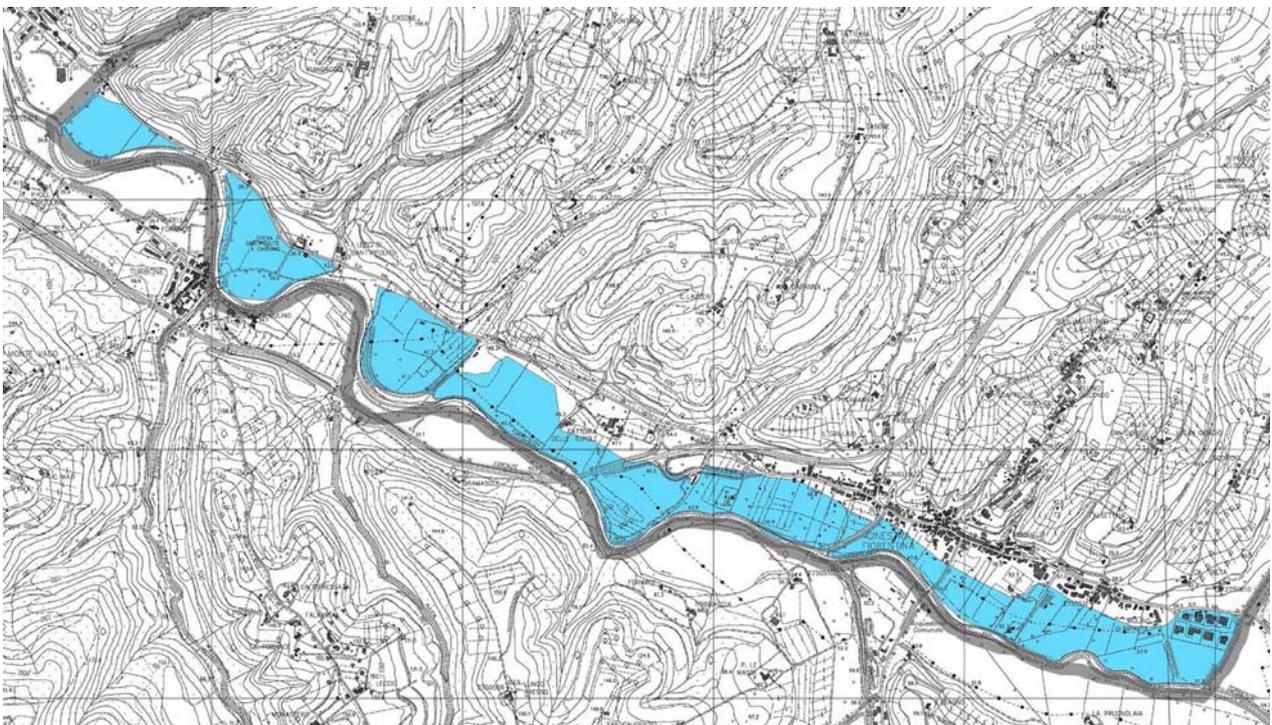


Figura 1-14 –Aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico zona Sud



Figura 1-15 –Legenda aree di pertinenza fluviale del Piano Rischio Idraulico

Nella Figura 1-16, Figura 1-17 e Figura 1-18 si riporta la pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico. L'area intorno al Capoluogo ricade prevalentemente in ambito PI3, l'area della Ginestra ricade in prevalenza in ambito PI3 nell'intorno del fiume Pesa.

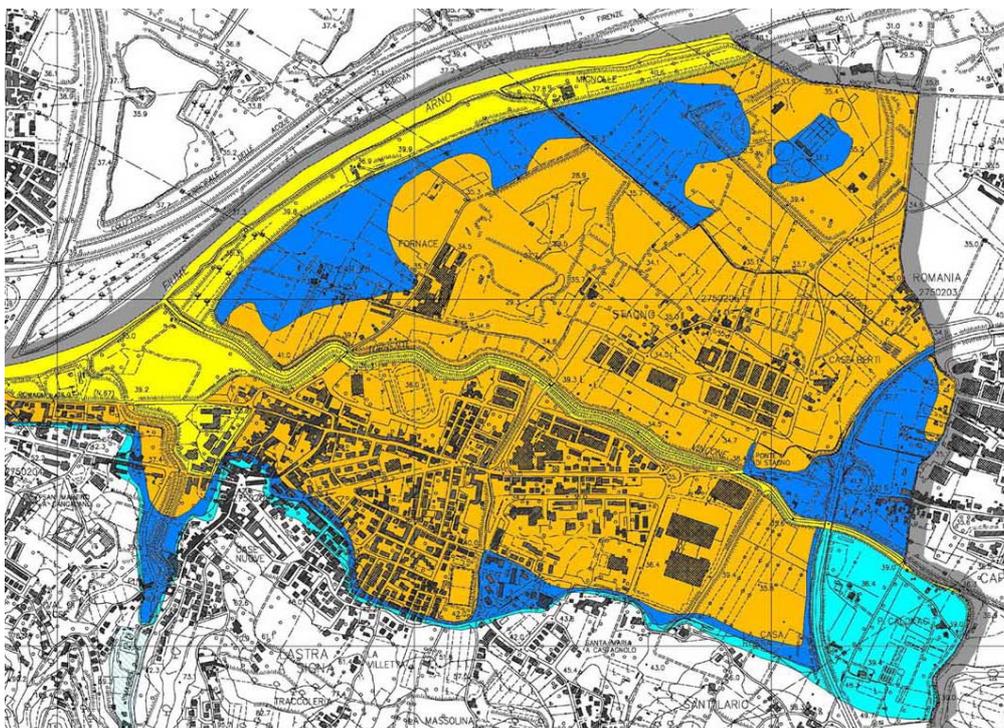


Figura 1-16 –Pericolosità idraulica del PAI zona Nord

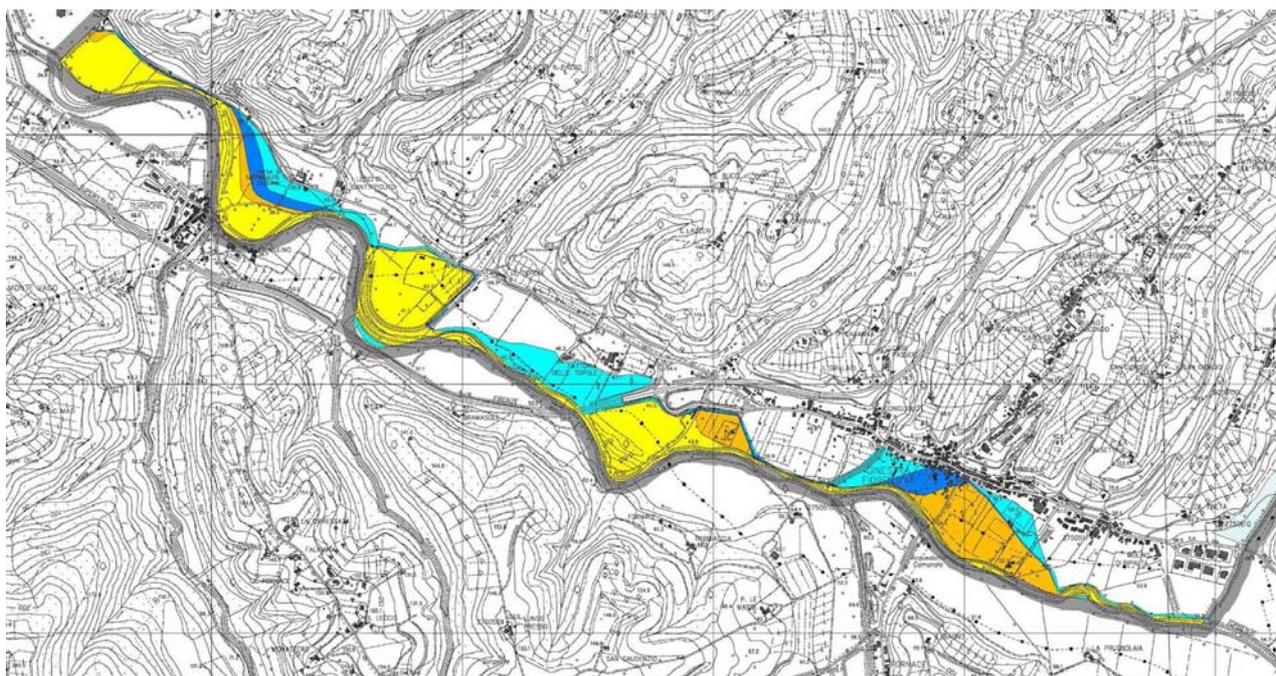


Figura 1-17 –Pericolosità idraulica del PAI zona Sud



Figura 1-18 –Legenda pericolosità idraulica del PAI

Nella Figura 1-19, Figura 1-20 e Figura 1-21 si riporta la carta degli interventi strutturali del Piano di Assetto Idrogeologico. Nell'area del capoluogo è previsto un intervento di tipo B nell'area prospiciente al fiume Arno. Nell'area della Ginestra sono previsti due interventi di tipo A. Il primo in sponda destra a valle della confluenza del borro Ritortolo il secondo tra il fiume Pesa e la superstrada Firenze - Pisa sempre in sponda destra. Il primo intervento ricade in parte in aree già oggi urbanizzate.

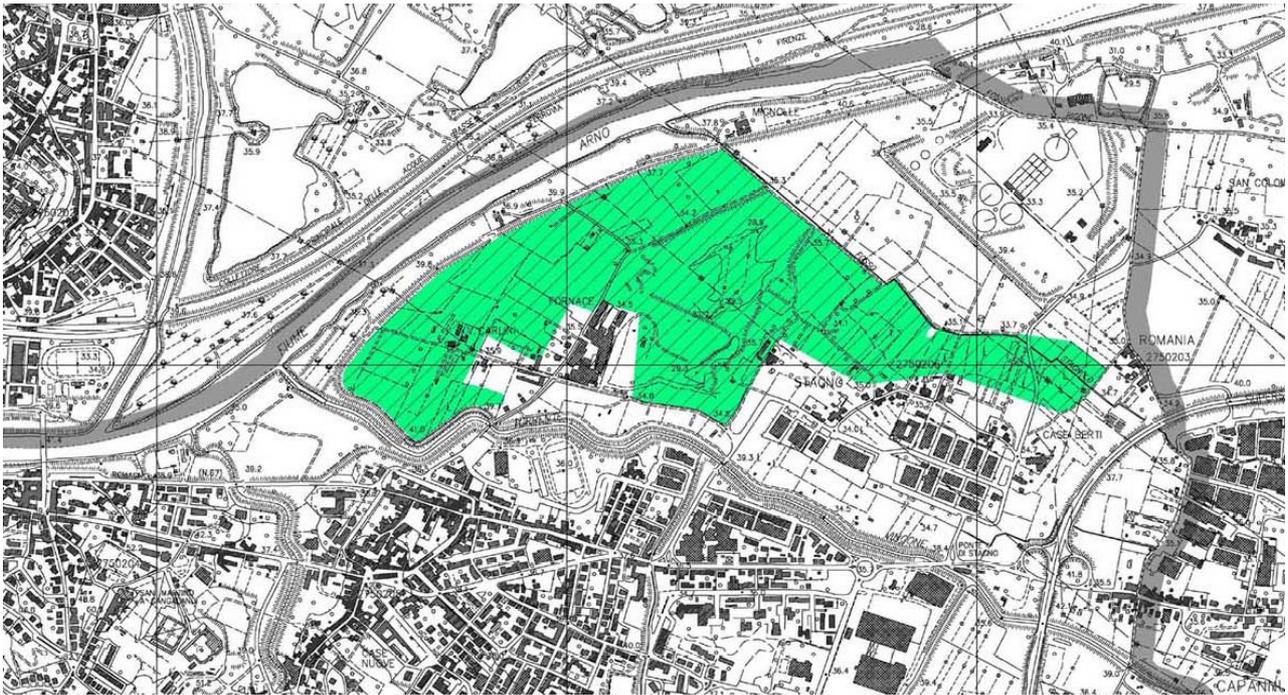


Figura 1-19 –Interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico zona Nord

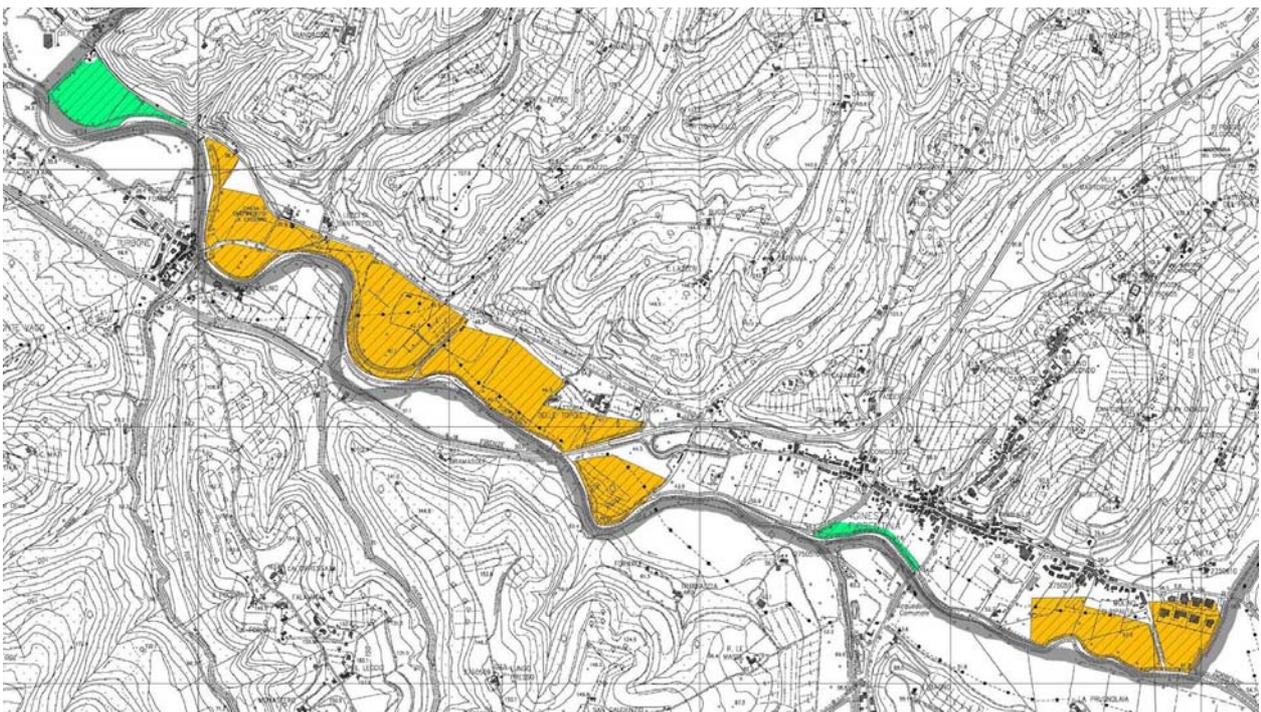


Figura 1-20 –Interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico zona Sud



Figura 1-21 – Legenda interventi del Piano Stralcio Rischio Idraulico

Nella Figura 1-22, Figura 1-23 e Figura 1-24 si riporta la pericolosità idraulica del Piano Strutturale. Le aree urbanizzate prossime al capoluogo sono in prevalenza perimetrare in abito P13b. L'area della Ginestra nell'intorno del fiume Pesa ricade in aree 3b e 4. La pericolosità del Piano Strutturale è assegnata su base storico inventariale tenendo conto degli interventi previsti dal Piano Stralcio Rischio Idraulico.

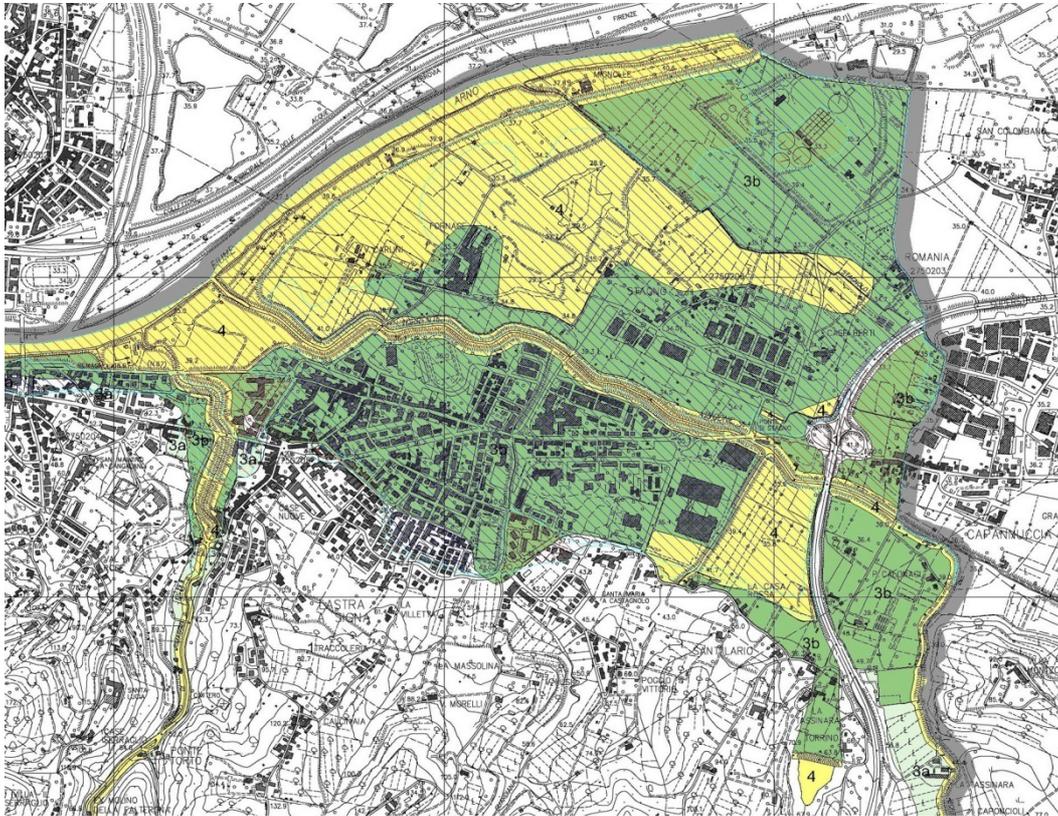


Figura 1-22 – Carta della pericolosità idraulica del PS zona Nord

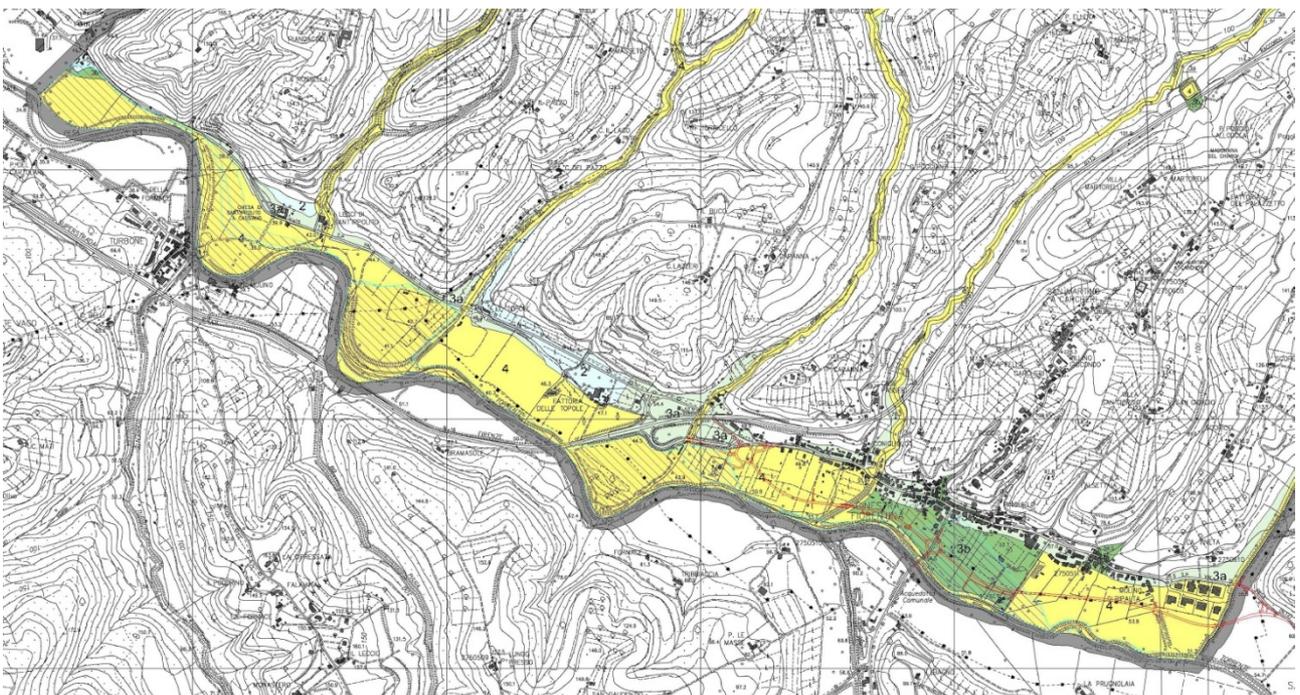


Figura 1-23 – Carta della pericolosità idraulica del PS zona Sud

LEGENDA

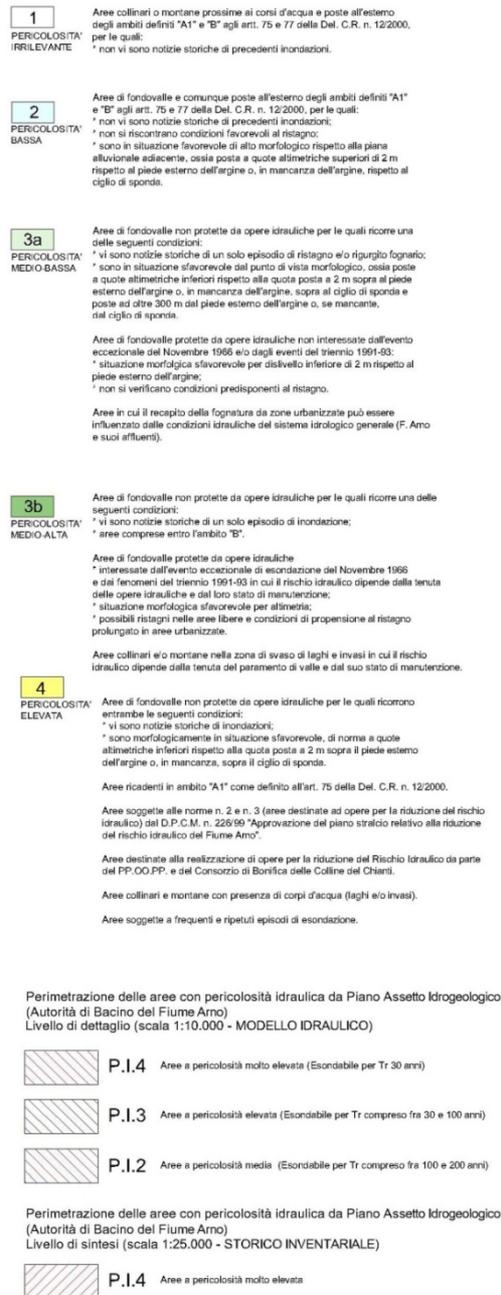


Figura 1-24 – Legenda carta della pericolosità idraulica del PS

Nella Figura 1-25, Figura 1-26, Figura 1-27 e Figura 1-28 si riportano le aree inondabili con i battenti di esondazione per i tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni per l'area del Capoluogo, ricavate nello studio della Università di Pisa "Pericolosità idraulica di aree poste in sinistra del fiume Arno nei comuni di Scandicci e Lastra a Signa".

Lo studio prende in esame le esondazioni del fiume Arno, del fiume Greve e del torrente Vingone. Si osserva che non vi sono esondazioni significative per il tempo di ritorno di 30 anni mentre le esondazioni interessano le aree in sinistra e in destra idraulica del torrente Vingone a partire dal tempo di ritorno di 100 anni.

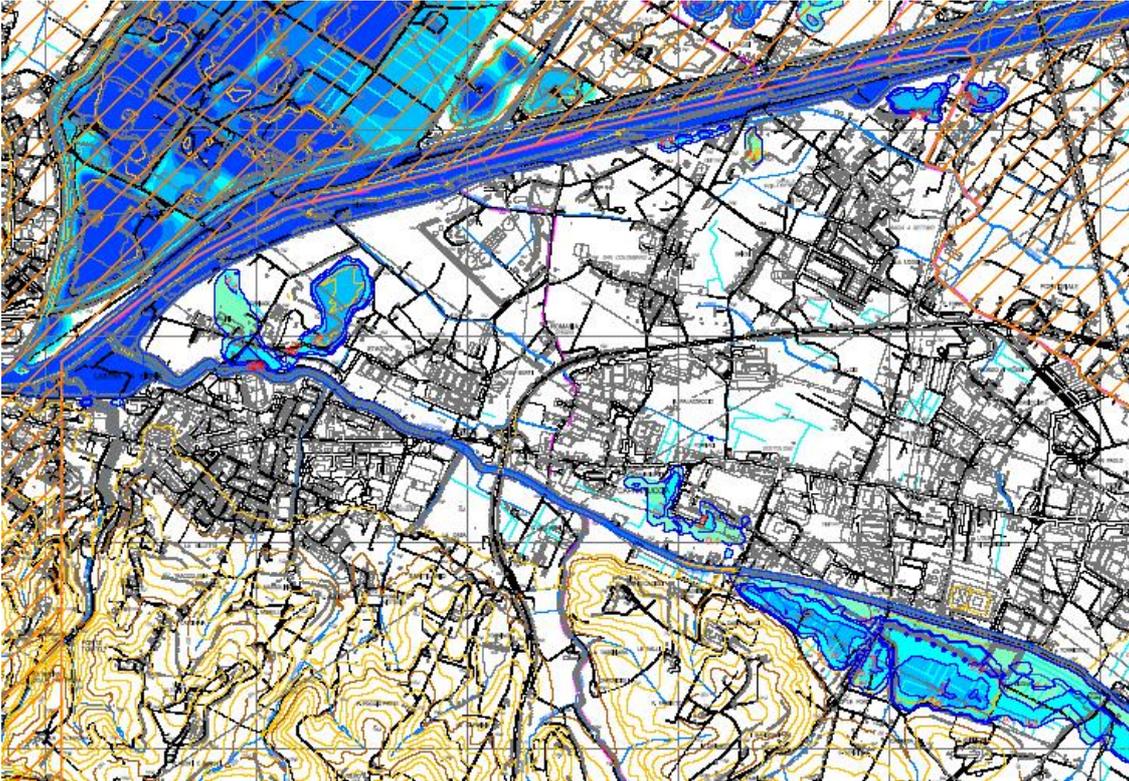


Figura 1-25 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 30 anni (Studio Università di Pisa)

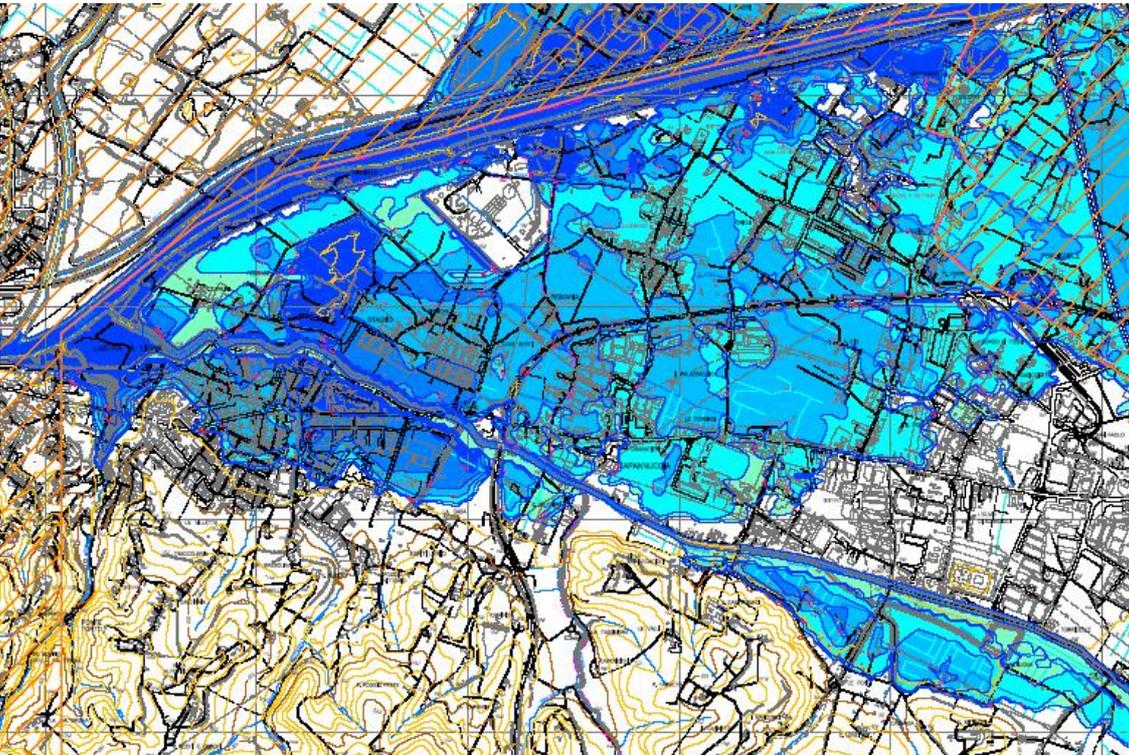


Figura 1-26 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 100 anni (Studio Università di Pisa)

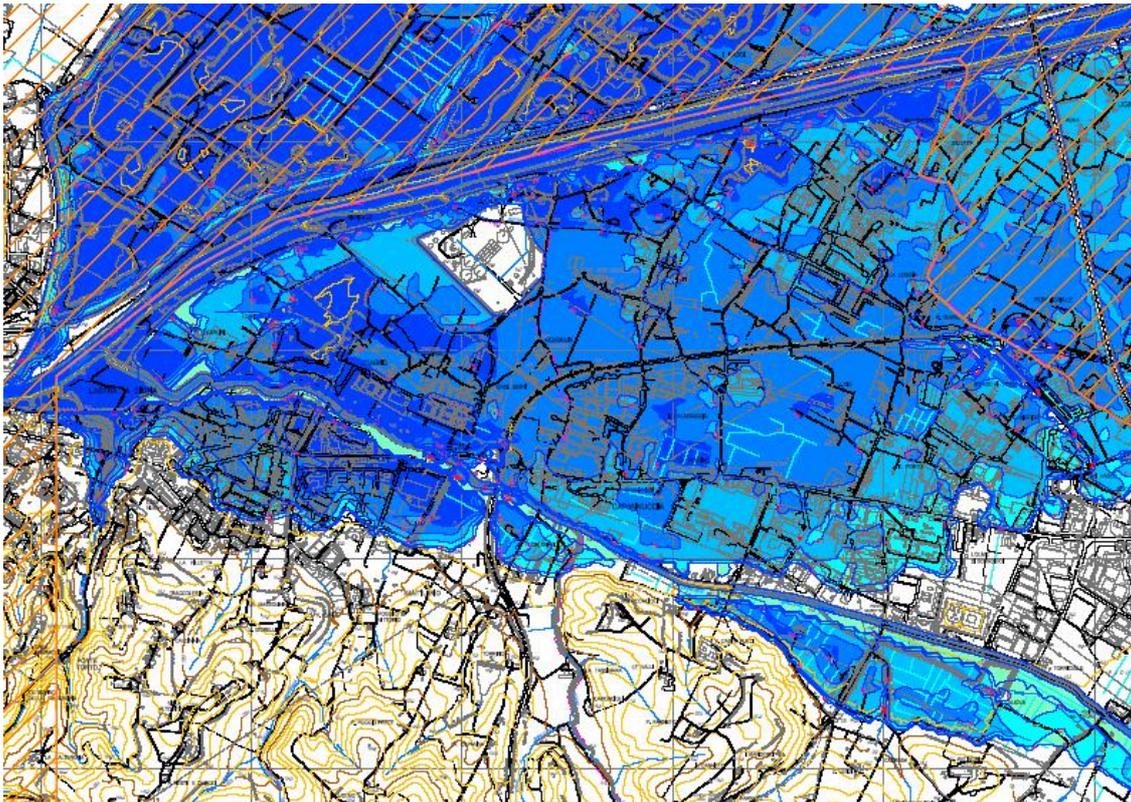
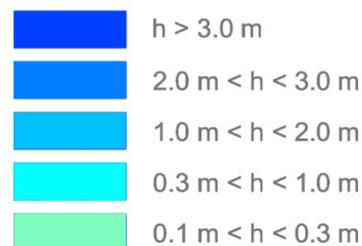


Figura 1-27 – Carta dei battenti di esondazione per Tr 200 anni (Studio Università di Pisa)

LEGENDA:

Altezza d'acqua di esondazione per
tempi di ritorno di 200 anni



limite comunale



Figura 1-28 – Legenda carta dei battenti di esondazione (Studio Università di Pisa)

Per quanto riguarda l'idrologia del fiume Arno sono stati utilizzati gli idrogrammi del PAI a monte dell'abitato di Firenze. Per l'idrologia del fiume Greve e del torrente Vingone è stato utilizzato il programma Idrarno. Preme osservare che per il fiume Greve e per il torrente Vingone è stata assunta la condizione al contorno di valle in Arno relativa al tempo di ritorno di 30 anni per tutti i tempi di ritorno analizzati.

Il calcolo idraulico del fiume Arno è stato realizzato con il software Mike 11 con le sezioni rilevate dal Provveditorato alle Opere Pubbliche nel 2002.

I rilievi per il fiume Greve e per il torrente Vingone sono stati messi a disposizione dal Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina e dal Consorzio di Bonifica delle Colline del Chianti.

Il calcolo idraulico del fiume Greve e del torrente Vingone è stato condotto con il software Hec-Ras. Per il fiume Greve sono state utilizzate le sezioni fornite dal consorzio di Bonifica Colline del Chianti relative al rilievo del 2008.

La propagazione nelle aree inondabili è stata condotta con il modello FIM2D.

Il presente studio è stato condotto ai sensi del regolamento 53/R della Regione Toscana e in riferimento all'Allegato 2 del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Arno.

In particolare sono state condotte verifiche idrauliche per i tempi di ritorno di 20, 30, 100, 200 e 500 anni con modellazione in moto vario dei canali e bidimensionale delle aree di esondazione.

Le attività previste per la redazione dello studio sono le seguenti:

- acquisizione del quadro conoscitivo;
- analisi idrologica;
- analisi idraulica;
- perimetrazione delle aree inondabili e della pericolosità e valutazione dei battenti;
- definizione e verifica degli interventi di messa in sicurezza.

2 IL QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Dati territoriali

Le basi cartografiche utilizzate sono costituite dalla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e scala 1:2000. La cartografia 1:10.000 è stata utilizzata per l'inquadramento a livello di bacino mentre la cartografia CRT 1:2000 per l'inquadramento a livello locale.

2.2 Modello digitale del terreno

La modellazione idraulica bidimensionale è stata condotta sul modello digitale del Terreno Lidar fornito dalla Regione Toscana.

Il passo del modello digitale Lidar è 1 m x 1 m.

Il modello digitale copre quasi completamente l'area di studio fatta eccezione per alcune parti marginali dove è stato costruito un modello digitale a partire dalla cartografia scala 1:2000.

2.3 Le sezioni fluviali

Le sezioni fluviali sono state ricavate dalle seguenti fonti:

1. Rilievo del Provveditorato alle OO.PP. della Toscana del 2002 per il fiume Arno;
2. Rilievi Consorzio di Bonifica Toscana Centrale per il torrente Vingone (rilievo dal Valimorta all'Arno dello studio Marcucci 2003 e rilievo Provveditorato alle OO.PP. della Toscana integrate con le modifiche relative alla PERIZIA 205/USI "Lavori di regimazione del t. Vingone e consolidamento difese arginali dall'abitato di Vingone al ponte di Stagno");
3. Rilievo condotto per uno studio condotto dagli scriventi a supporto di un Piano Attuativo in località Le Fonti in corrispondenza del Ponte del Muretto per il torrente Vingone;
4. Rilievo del Consorzio di Bonifica Toscana Centrale relativo al fiume Pesa.

Per i corsi d'acqua Bacino, La Guardiania; Rimaggio, Stagno, Stagnolo, Case Nuove, Grillaio, Vallone, Garibaldi, Ringuillo e Ginestra è stato condotto un rilievo topografico specifico.

Per il rilievo è stata utilizzata un GPS per il posizionamento dei capisaldi e il programma VERTO per la conversione da WGS84 a Gauss-Boaga. Il rilievo delle sezioni è stato condotto con una stazione totale.

Per il borro Ritortolo è stato condotto un rilievo speditivo sul campo integrato con i dati Lidar.

E' stato inoltre condotto un rilievo delle arginature del torrente Vingone dalla confluenza in Arno al ponte del Ristoro. Sulla base di tale rilievo sono state corrette alcune sezioni in corrispondenza dei contenimenti ed è stata adeguata la quota di riferimento del rilievo fornito dal Consorzio di Bonifica della Toscana Centrale per il tratto dal Valimorta alla confluenza in Arno alzando la quota delle sezioni di 72 cm.

Sono stati inoltre utilizzati i rilievi topografici del fosso Rigone, del fosso Dogaia e del fosso Dogaione utilizzati nell'ambito di un analogo studio condotto per il comune di Scandicci.

Nell'Allegato A1 si riporta il libretto di campagna dei rilievi eseguiti. Nella Tavola T02 la posizione dei punti battuti

Complessivamente sono state acquisite 974 sezioni come riportate nella Figura 2-1 e nella Figura 2-2.

La posizione delle sezioni è riportata nella Tavola T03 e i profili nella Tavola T04 e le sezioni fluviali nell'allegato A03 per lo stato attuale.

La posizione delle sezioni è riportata nella Tavola T09 e i profili nella Tavola T10 e le sezioni fluviali nell'allegato A05 per lo stato di progetto.

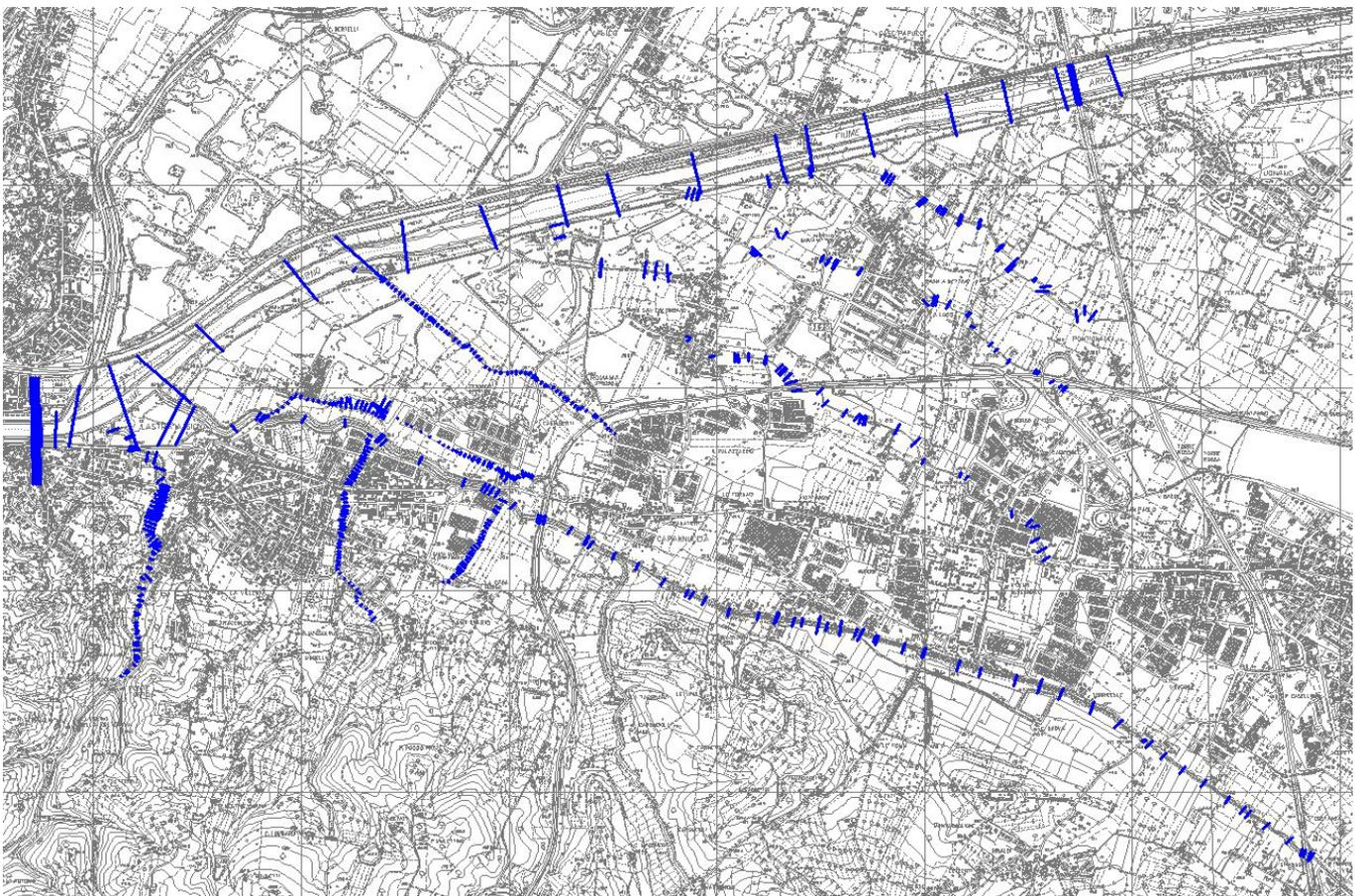


Figura 2-1 – Tratti di studio e sezioni fluviali area Capoluogo

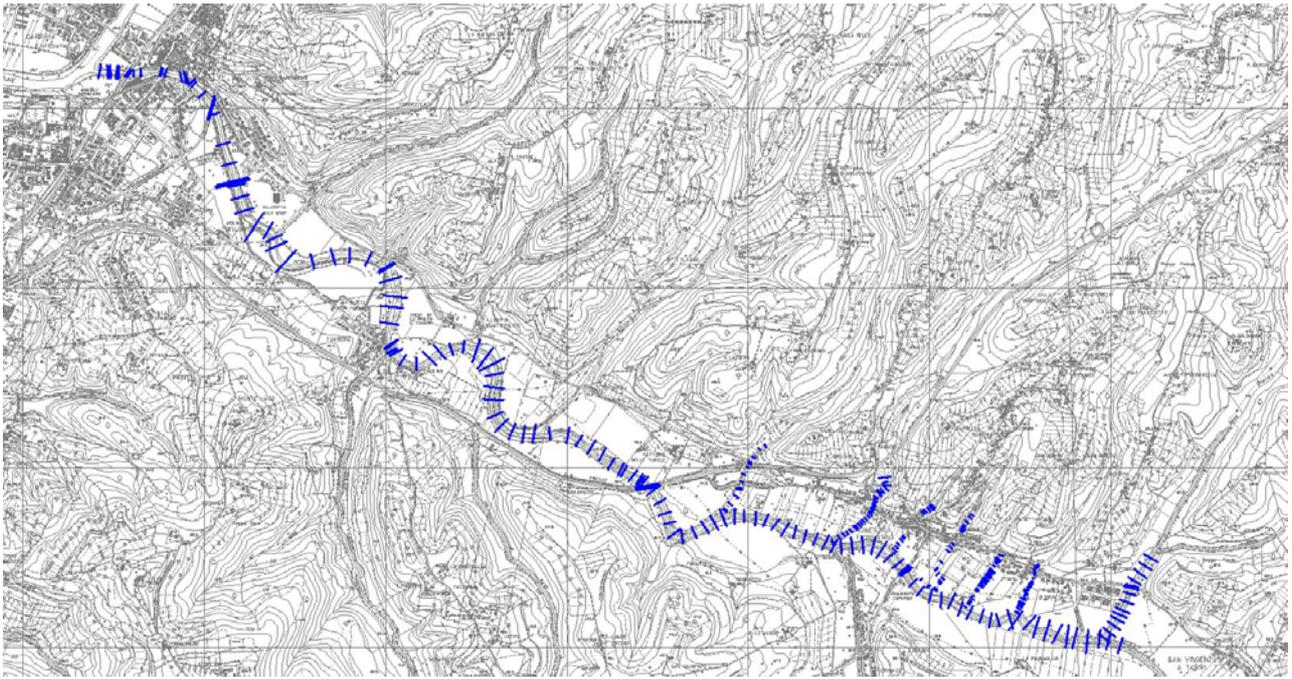


Figura 2-2 – Tratti di studio e sezioni fluviali area Ginestra

3 L'ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata condotta con due diversi approcci per il fiume Arno e per gli affluenti.

Nel primo caso si è fatto riferimento agli studi condotti dalla Autorità di Bacino del fiume Arno a supporto del Piano di Assetto Idrogeologico.

Nel secondo caso è stato utilizzato il modello ALTO messo a punto dalla regione Toscana per la regionalizzazione delle portate di piena.

L'analisi idrologica è finalizzata alla determinazione degli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Nella Figura 3-1 e nella Tavola T01 si riportano i bacini degli affluenti.

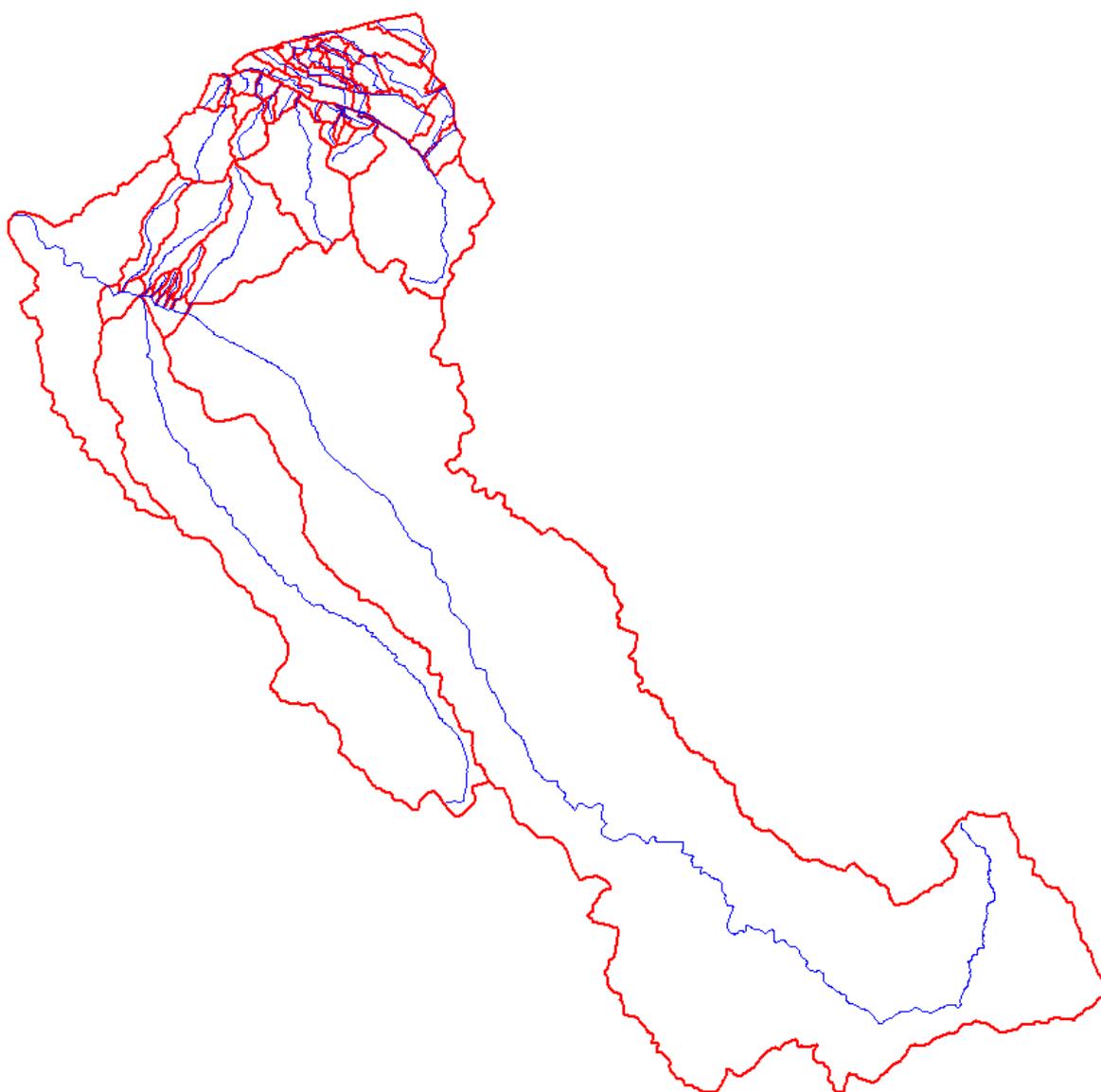


Figura 3-1 – Bacini idrografici affluenti

3.1 Calcolo degli idrogrammi di piena del fiume Arno

Gli idrogrammi di piena del fiume Arno sono stati calcolati a partire dagli studi condotti dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno a supporto del Piano di Assetto Idrogeologico.

Sono state considerate le durate di 24 ore e di 3 ore. La prima è la portata critica dell'Arno nel tratto di interesse. La seconda è la durata di evento assunta in concomitanza degli eventi critici sugli affluenti.

Sono state calcolati gli idrogrammi per la sezione 529 e per la sezione 512. La sezione 329 si trova immediatamente a monte del ponte della Autostrada A1, la sezione 512 in corrispondenza della confluenza del fiume Bisenzio.

Gli idrogrammi sono riportati nella Figura 3-2, Figura 3-3, Figura 3-4 e Figura 3-5.

Si osserva che in corrispondenza delle durate maggiori il fiume Bisenzio viene rigurgitato e le portate risultano negative.

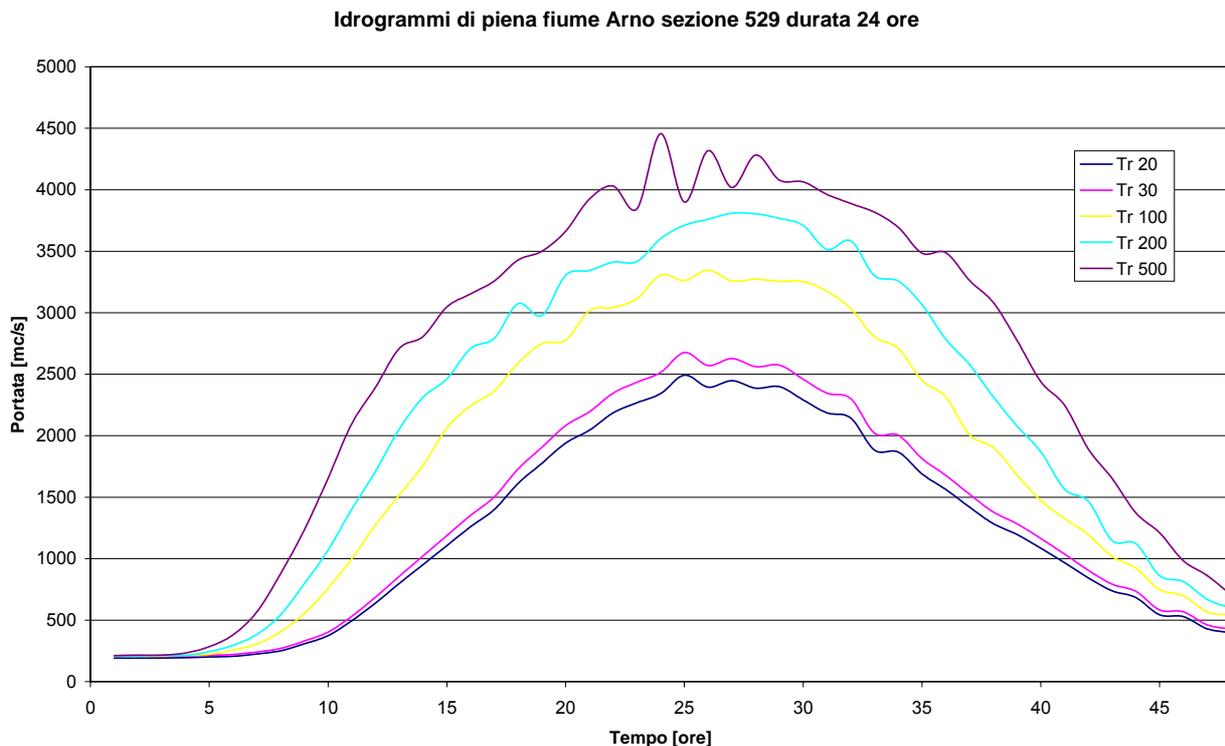


Figura 3-2 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 529 per la durata di 24 ore

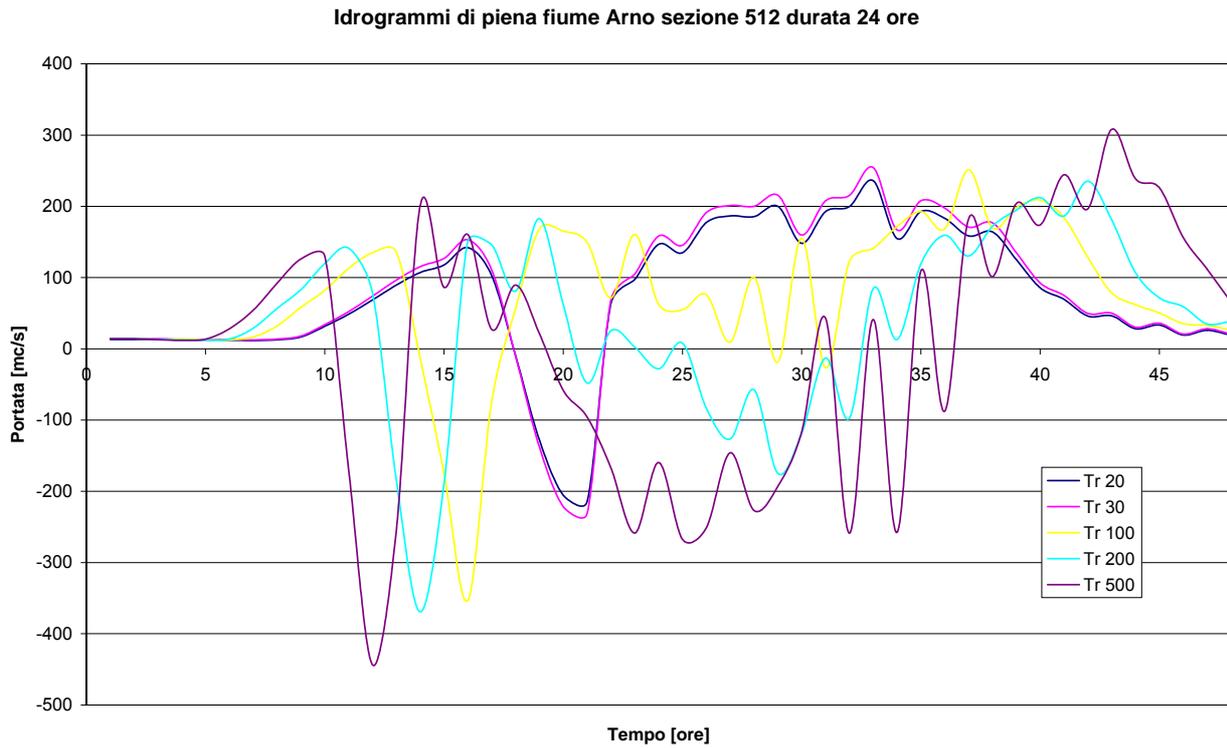


Figura 3-3 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 512 per la durata di 24 ore

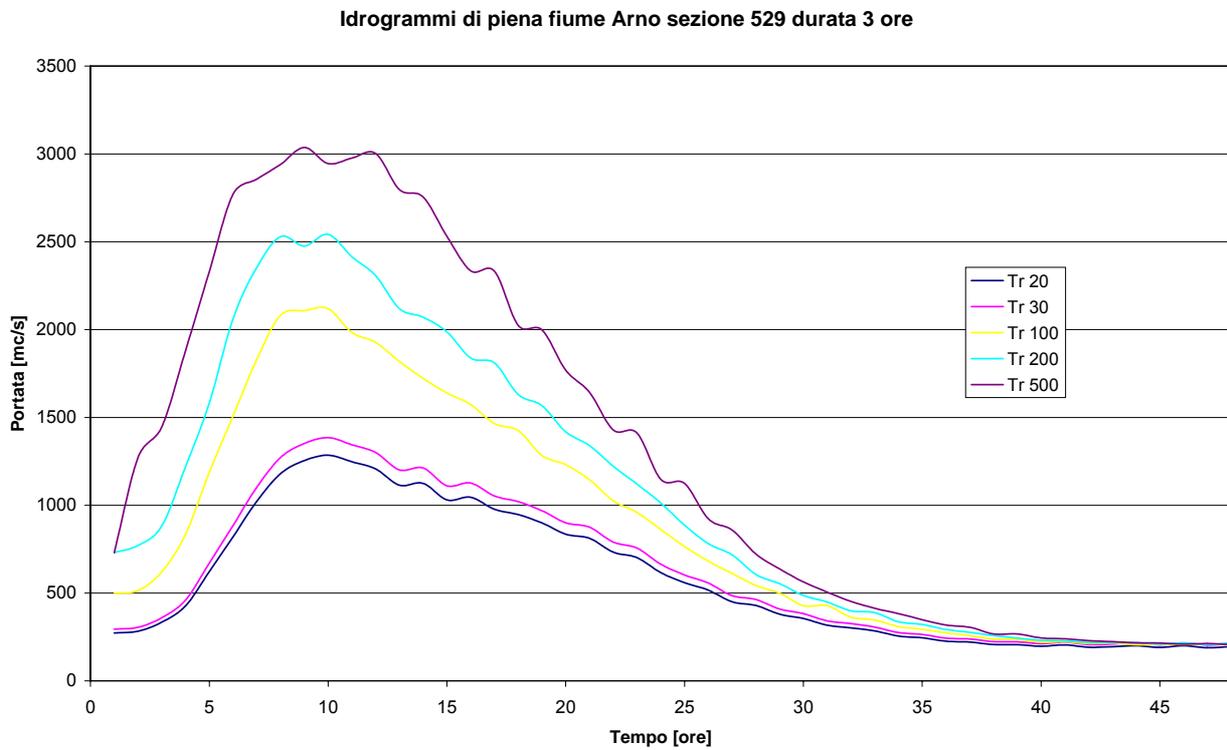


Figura 3-4 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 529 per la durata di 3 ore

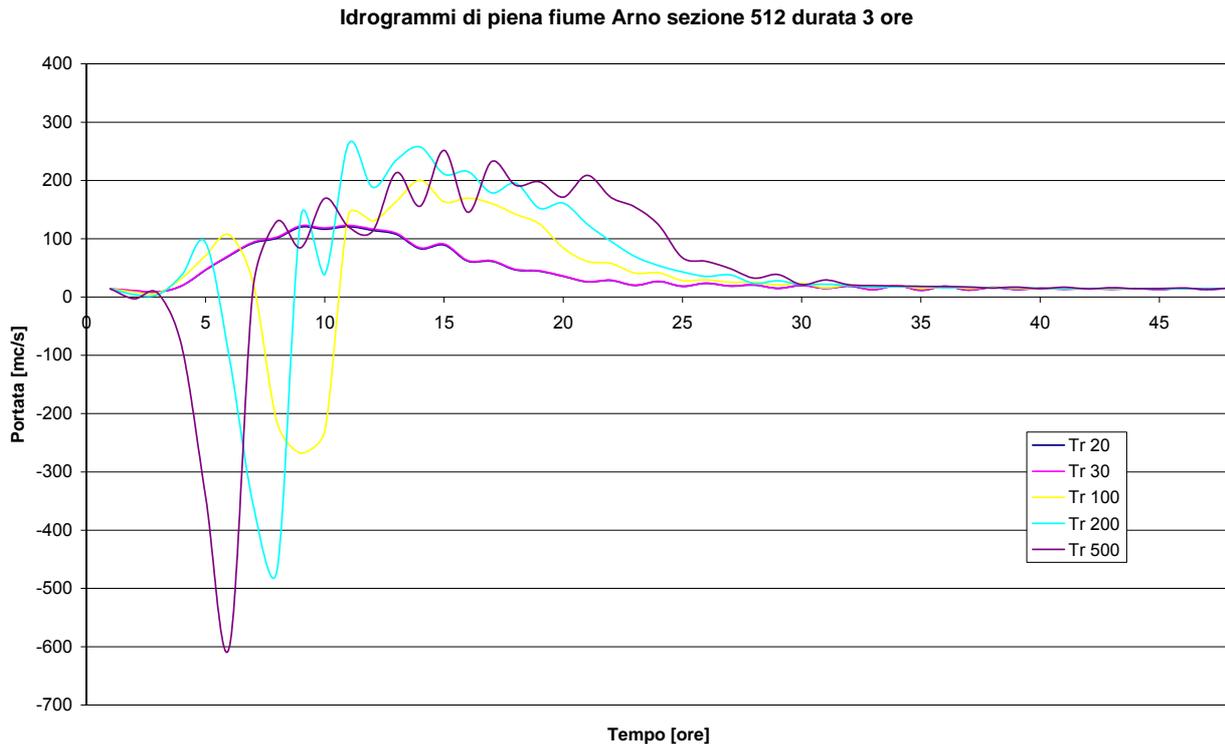


Figura 3-5 – Idrogrammi fiume Arno alla sezione 512 per la durata di 3 ore

3.2 Calcolo degli idrogrammi di piena degli affluenti

La valutazione delle portate di piena per gli affluenti è stata condotta con il modello Alto.

I parametri del modello sono n e k di Nash I_a e K_s e curve di possibilità pluviometrica.

In primo luogo si è proceduto a calcolare dell'area di ogni singolo sottobacino.

Il parametro n per le sezioni non presenti tra quelle elaborate dal sistema Alto è stato assunto pari alla media pesata sull'area dei valori relativi ai corsi d'acqua della zona.

Il valore di k è stato calcolato a partire dal tempo di ritardo (si ricorda che nel modello di Nash $K=TI/n$). Il tempo di ritardo è stato calcolato con le seguenti modalità:

- pari a quello fornito dal modello Alto in caso di sezioni già elaborate;
- con una regressione sull'area per le sezioni non elaborate per le acque alte;
- a partire dal tempo di corrivazione valutato come media pesata tra la formula di Giandotti e quella di Ogrosky-Mockus e assumendo che $TI = 0.6Tc$ per le sezioni relative alle acque basse.

Nella Figura 3-6 e nella Figura 3-7 si riportano le rette di regressione per i bacini dell'area capoluogo e per i bacini nell'area della Ginestra.

Nel primo caso $TI = 0.314 \cdot A^{0.612}$ e nel secondo $TI = 0.324 \cdot A^{0.566}$.

Nella Tabella 3-1 si riporta il calcolo del tempo di ritardo per le acque basse.

| COD | DENOMINAZI | AREA | Hm | Hmin | Hmax | Hm-Hmin | Hmax-Hmin | L | TL Giandotti | TL Ogrosky Mockus | TL pesato |
|--------|-------------------------|-------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------|--------------|-------------------|-----------|
| A000 | Uignano | 1.456 | 37.712 | 32.450 | 40.560 | 5.262 | 8.111 | 2.763 | 2.933 | 0.797 | 2.185 |
| A00101 | Dogaione_monte | 1.900 | 38.689 | 35.267 | 45.095 | 3.422 | 9.828 | 3.127 | 4.138 | 0.854 | 2.988 |
| A00102 | Dogaione_valle | 2.009 | 35.822 | 19.729 | 41.356 | 16.094 | 21.627 | 2.677 | 1.811 | 0.529 | 1.362 |
| A00201 | Dogaia_monte | 0.943 | 36.827 | 34.740 | 41.333 | 2.088 | 6.593 | 1.574 | 3.242 | 0.451 | 2.265 |
| A00202 | Dogaia_media | 0.224 | 35.472 | 33.749 | 36.863 | 1.724 | 3.115 | 0.503 | 1.513 | 0.162 | 1.040 |
| A00203 | Dogaia_Badia_a_Settimo | 0.310 | 34.839 | 30.068 | 36.126 | 4.771 | 6.059 | 0.987 | 1.273 | 0.272 | 0.923 |
| A00204 | Collettore_Nord | 0.462 | 35.728 | 30.803 | 40.000 | 4.925 | 9.197 | 1.465 | 1.662 | 0.366 | 1.208 |
| A00205 | Dogaia_valle | 0.139 | 33.962 | 30.002 | 38.075 | 3.960 | 8.073 | 0.438 | 0.809 | 0.096 | 0.560 |
| A00206 | Rigone_Monte | 2.193 | 42.158 | 36.679 | 50.000 | 5.479 | 13.321 | 3.000 | 3.340 | 0.725 | 2.425 |
| A00207 | Rigone_Olmo | 0.340 | 38.453 | 36.442 | 42.776 | 2.011 | 6.333 | 1.362 | 2.315 | 0.388 | 1.640 |
| A00208 | Rigone_medio | 0.368 | 35.937 | 31.792 | 41.867 | 4.145 | 10.075 | 1.819 | 1.900 | 0.454 | 1.394 |
| A00209 | Rigone_San_Colombano | 0.340 | 34.613 | 30.041 | 39.022 | 4.572 | 8.981 | 0.867 | 1.275 | 0.202 | 0.899 |
| A00210 | Collettore_Sud | 0.667 | 35.262 | 30.066 | 40.000 | 5.196 | 9.934 | 2.575 | 2.346 | 0.680 | 1.763 |
| A00211 | Rigone_valle | 0.429 | 33.076 | 29.511 | 40.157 | 3.565 | 10.646 | 0.667 | 1.438 | 0.140 | 0.984 |
| A0031 | Stagnolo_monte | 1.149 | 36.358 | 32.886 | 42.279 | 3.473 | 9.393 | 2.691 | 3.350 | 0.731 | 2.433 |
| A0032 | Stagnolo_valle | 0.492 | 34.328 | 30.000 | 41.370 | 4.328 | 11.370 | 0.967 | 1.534 | 0.209 | 1.070 |
| A0042 | Rimaggio_valle | 0.210 | 60.045 | 31.064 | 120.000 | 28.981 | 88.936 | 1.333 | 0.534 | 0.139 | 0.396 |
| G001 | Greve_monte | 1.087 | 58.371 | 40.148 | 103.421 | 18.223 | 63.273 | 1.698 | 1.180 | 0.208 | 0.840 |
| G002 | Greve_Valle | 1.374 | 44.629 | 39.705 | 50.000 | 4.924 | 10.295 | 3.044 | 3.128 | 0.813 | 2.318 |
| G003 | Padiglione | 0.166 | 40.360 | 38.071 | 44.948 | 2.290 | 6.877 | 0.461 | 1.152 | 0.108 | 0.786 |
| V0031 | Acque Basse Rialdoli m | 0.356 | 43.616 | 38.657 | 76.203 | 4.959 | 37.546 | 1.112 | 1.366 | 0.156 | 0.942 |
| V008 | Acque Basse Bacino | 0.420 | 37.444 | 33.379 | 50.000 | 4.065 | 16.621 | 1.008 | 1.527 | 0.190 | 1.059 |
| V010 | Acque Basse Lastra a S. | 0.625 | 39.022 | 31.168 | 63.878 | 7.854 | 32.711 | 0.928 | 1.219 | 0.134 | 0.839 |
| V0111 | Stagno monte | 0.485 | 35.776 | 33.204 | 40.000 | 2.572 | 6.797 | 1.703 | 2.497 | 0.488 | 1.794 |
| V0112 | Stagno valle | 0.495 | 34.899 | 29.420 | 40.000 | 5.479 | 10.580 | 0.986 | 1.376 | 0.220 | 0.971 |

Tabella 3-1 – Calcolo del tempo di ritardo per gli affluenti
Area capoluogo - regressione area-TI

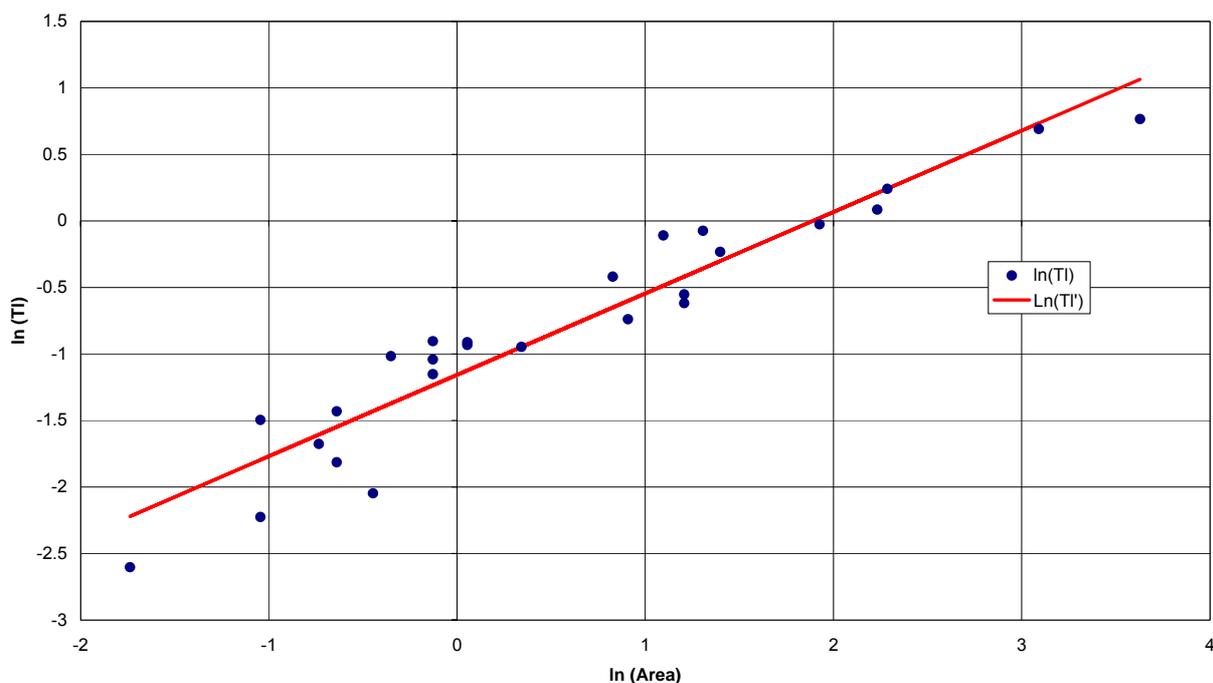


Figura 3-6 – Regressione area – TI per la zona del capoluogo

Area Ginestra - regressione area-TI

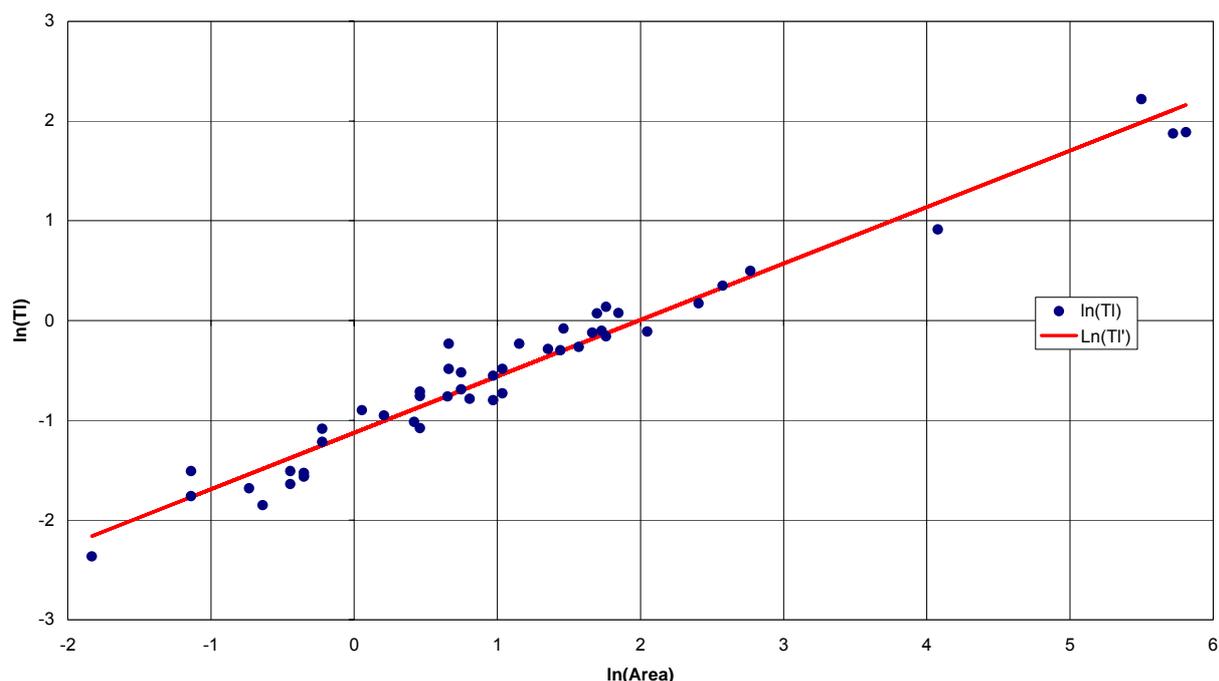


Figura 3-7 – Regressione area – TI per la zona della Ginestra

Il parametro la e Ks è stato valutato secondo la metodologia proposta nel modello ALTO.

Il parametro la è stato calcolato in funzione della superficie boscata presente nel bacino secondo la relazione $la = 3.3 + 22 P_{sb}$ secondo la legenda riportata nella Tabella 3-2 relativa alla cartografia della Autorità di Bacino del fiume Arno.

Il parametro Ks è stato calcolato a partire dalla geolitologia del bacino secondo la legenda riportata nella Tabella 3-3 relativa alla cartografia della Autorità di Bacino del fiume Arno.

| CODICE | DESCRIZIONE | IA |
|--------|--|------|
| 11 | Zone urbanizzate | 3.3 |
| 12 | Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione | 3.3 |
| 14 | Zone verdi artificiali non agricole | 3.3 |
| 21 | Seminativi | 3.3 |
| 22 | Colture permanenti | 3.3 |
| 23 | Prati stabili | 3.3 |
| 24 | Zone agricole eterogenee | 3.3 |
| 31 | Zone boscate | 25.3 |
| 32 | Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea | 3.3 |
| 33 | Zone aperte con vegetazione rada o assente | 3.3 |
| 51 | Acque continentali | 3.3 |

Tabella 3-2 – Valori di la per i diversi usi del suolo

| CODICE | DESCRIZIONE | KS [mm/h] |
|--------|--|-----------|
| aC | ("arenarie di Monte Cervarola"); arenarie turbiditiche quarzoso-feldspatiche a grana fine, in strati sottili; talora lenti di selci (sel) Aquitaniano-Langhiano superiore | 1.55 |
| alb | ("alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio | 4.65 |
| all | alluvioni recenti e attuali Olocene | 0 |
| aS | ("arenaria di Monte Senario") arenarie quarzoso-feldspatiche tipo "macigno", ma in generale più grossolane e contenenti ciottoli di quarzo, micascisti, filladi, calcari Paleogene | 1.55 |
| at | alluvioni terrazzate; ove distinte at ₁ , at ₂ , at ₃ Pleist. sup. | 0 |
| bn | (brecciole nummulitiche) brecciole poligeniche e calcareniti da torbide Paleogene | 4.65 |
| bw | conglomerati e arenarie di materiale ofiolitico alla base di cb.Paleocene-Eocene medio | 0.775 |
| cb | argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora brecce sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici | 1.55 |
| dt | detriti | 2.325 |
| fh | ("formazione marno-siltose = flysch ad Elmintoidi"):calcari marnosi scuri, marne e arenarie calcaree Cretaceo superiore | 4.65 |
| fP1 | ("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori,siltiti e marne grigie Oligocene superiore | 0 |
| fPaC | intervalli frequenti o potenti di marne siltose e siltiti in aC Aquitaniano-Langhiano superiore | 0 |
| fVc | (formazione di Vallina formazione di Sillano) argilloscisti variegati,alcari marnosi verdastri o grigi, calcareniti minute e arenarie calcarifere Cret. sup.-Eocene inf. | 4.65 |
| fVR | (formazione di Villa a Radda) argilloscisti talora siltosi,prevalentemente rossi, con pochi strati calcari marnosi verdastri o arenarie calcarifere, intercalati nella parte alta di pf o al tetto di questa Cretaceo sup.-Eocene inf. | 0 |
| mg | argille con lenti di gesso e di salgemma Messiniano sup. | 0 |
| Nu | calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene | 4.65 |
| ol | a luoghi intercalazioni di materiale ligure in aC (olistostromi) Aquitaniano-Langhiano superiore | 1.55 |
| Pag | argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio | 0 |
| pb | ("argille a palombini") argilliti e marne fogliettate con intercalazioni di calcari a palombini Cretaceo inf. | 0 |
| Pcg | conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio | 0.775 |
| pf | ("pietraforte") arenarie calcaree alternate ad argilliti subordinatamente livelli di marne varieta' ofiolitifera Cretaceo superiore-Eocene inf. | 1.55 |
| Ps | sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio | 1.55 |
| sc | ("scaglia toscana") argilliti rosse e varicolori con intercalazioni di calcari silicei grigi, marne rosse e calcareniti; al tetto marne siltose grigie, subordinatamente varicolori; Cretaceo inf. p.p.-Oligocene | 0 |
| Vs | ("sabbie del Tasso") sabbie con lenti di ciottoli e sabbie argillose Pleist. inf. | 2.325 |
| VVB | ("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf. | 2.325 |
| cC | bianchi o debolmente colorati a Calpionelle, con rare liste e noduli di selce Titon. sup.-Valanginiano-Neocomiano | 7.75 |

Tabella 3-3 – Valori del Ks per le diverse formazioni

L'uso del suolo e la geolitologia dei bacini sono riportate nella Figura 3-8 e nella Figura 3-9 e nella Tavola T01.

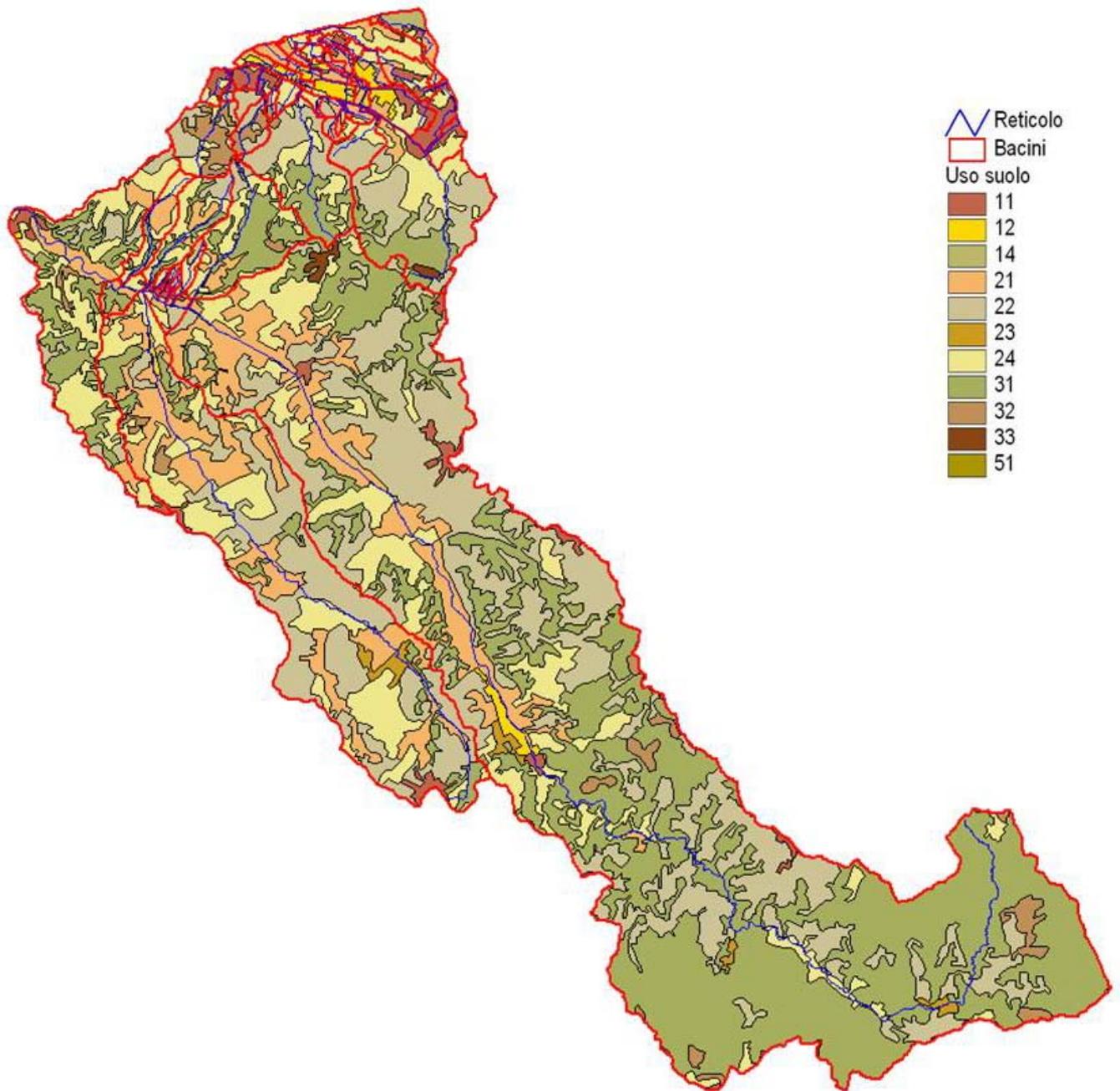


Figura 3-8 – Uso del suolo

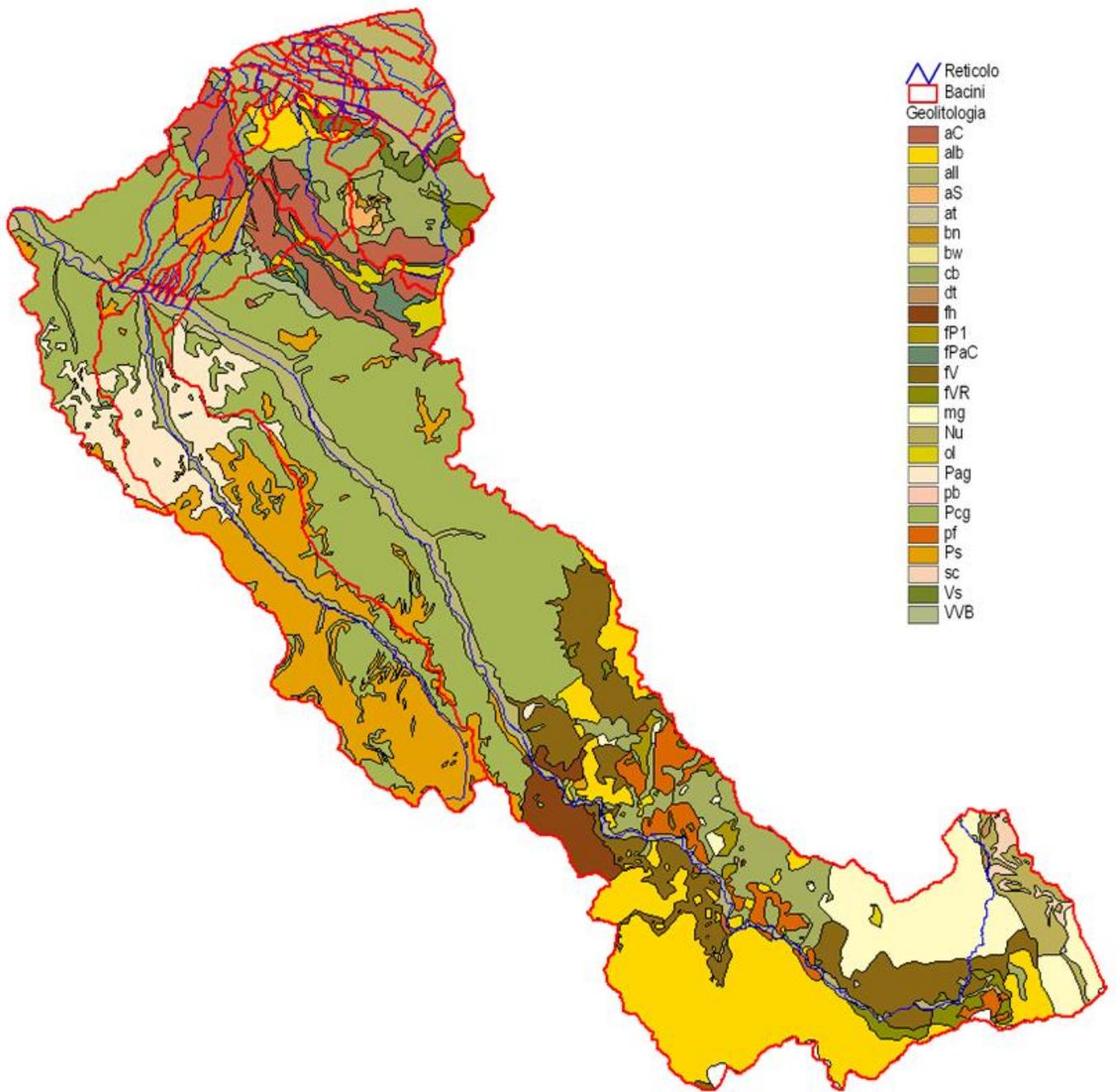


Figura 3-9 – Geolitologia

Le curve di possibilità pluviometrica sono state calcolate come media pesata sul bacino a partire dai valori del modello ALTO aggiornati al 2002. Sono state utilizzate le stazioni e i parametri a, n e m riportati nella Tabella 3-4.

| CODICE | stazione | x | y | a | n | m | a' | n' | m' |
|--------|---------------------------|--------|---------|-------|------|------|-------|------|------|
| 850 | S.GIOVANNI VALDARNO | 704950 | 4827320 | 21.88 | 0.25 | 0.19 | 22.89 | 0.42 | 0.14 |
| 870 | RENACCI (FATTORIA) | 703885 | 4829580 | 21.33 | 0.30 | 0.21 | 21.37 | 0.27 | 0.17 |
| 1090 | FIRENZE (OSS.XIMENIANO) | 681580 | 4849500 | 24.83 | 0.23 | 0.20 | 24.71 | 0.37 | 0.17 |
| 1130 | FERRONE | 682240 | 4836080 | 19.50 | 0.27 | 0.22 | 17.87 | 0.35 | 0.21 |
| 1200 | CALENZANO | 673970 | 4859720 | 19.62 | 0.33 | 0.21 | 19.99 | 0.30 | 0.17 |
| 1300 | S.ANDREA IN FABBRICA | 678625 | 4828945 | 20.97 | 0.26 | 0.17 | 19.87 | 0.38 | 0.18 |
| 1350 | EMPOLI (PRUNECCHIO) | 660370 | 4841740 | 21.69 | 0.25 | 0.22 | 24.30 | 0.49 | 0.19 |
| 1410 | POGGIBONSI (STROZZAVOLPE) | 674350 | 4814900 | 22.39 | 0.27 | 0.20 | 22.98 | 0.29 | 0.18 |
| 1430 | CERTALDO | 665165 | 4823660 | 22.22 | 0.23 | 0.18 | 22.34 | 0.33 | 0.15 |
| 1450 | CASTELFIORENTINO | 658870 | 4829665 | 22.01 | 0.27 | 0.23 | 24.08 | 0.36 | 0.19 |
| 2634 | MADONNA A BROLIO | 698880 | 4810000 | 25.19 | 0.28 | 0.20 | 26.41 | 0.33 | 0.15 |

Tabella 3-4 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Nella Figura 3-10 e nella Tavola T01 si riportano i topoi. L'ietogramma è stato assunto di intensità costante. La variabilità spazio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso lo stesso coefficiente di riduzione K_r già adottato nella stima di tipo regionale, basato sulla formula dell'USWB:

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

Il valore di K_r dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia.

I parametri di default sono i seguenti:

- $\alpha = 0.036 a$, dove a è il parametro della CPP;
- $\beta = 0.25$;
- $\gamma = 0.01$.

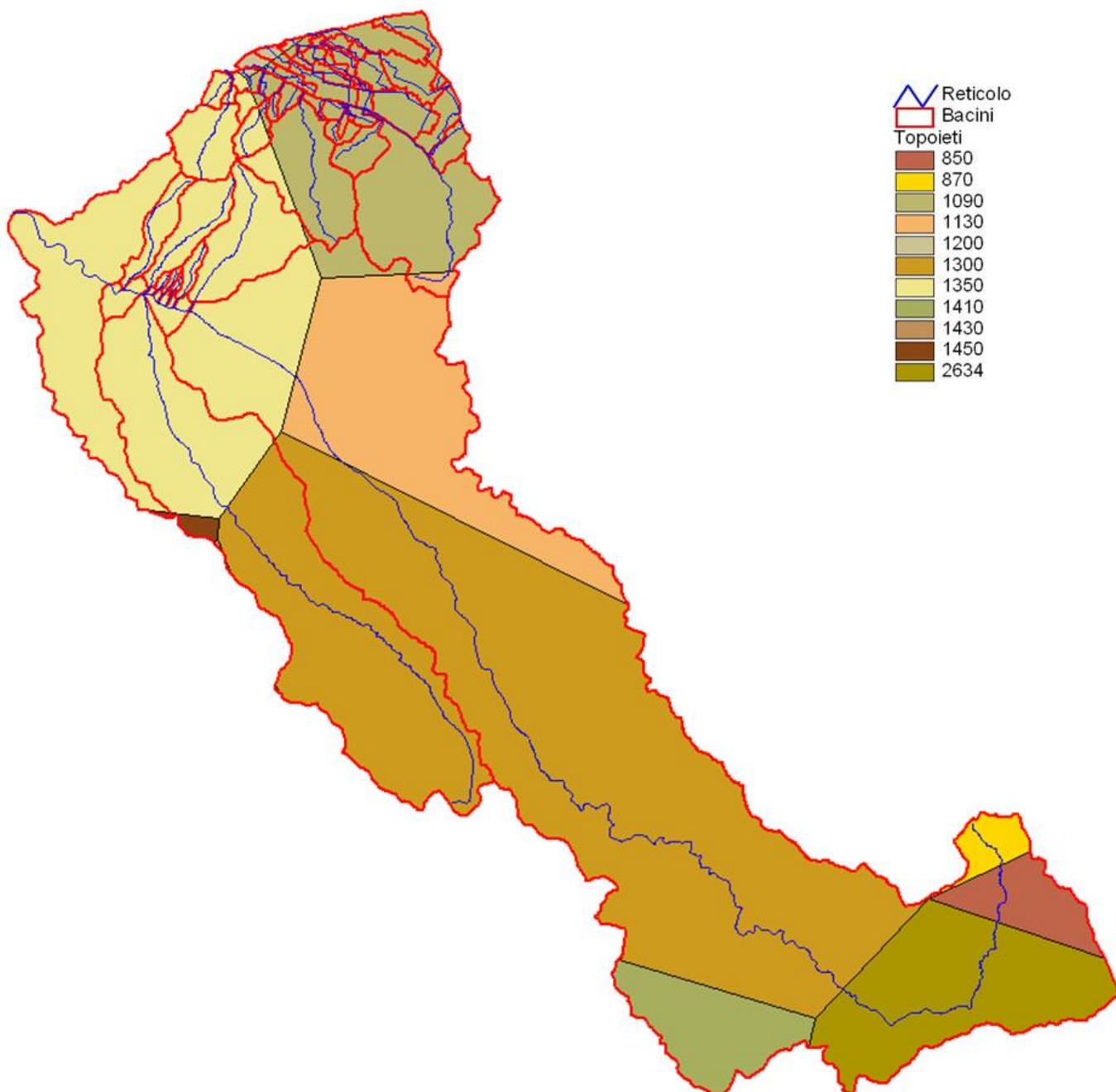


Figura 3-10 – Topoiet

Nella Tabella 3-5 si riportano i parametri del modello ALTO per ciascun sottobacino.

Nella Tabella 3-6 si riportano i parametri per le sezioni alle confluenze di ciascun affluente utilizzati per il calcolo dei tempi critici.

Nella Tabella 3-7 si riportano i valori dei parametri nelle sezioni di controllo ove sono disponibili anche i parametri del modello Alto forniti dalla Regione Toscana riportati nella Tabella 3-8.

Nella Tabella 3-9 i valori delle portate per i vari tempi di ritorno nelle sezioni alle confluenze.

| CODICE | DENOMINAZI | AREA | IA | KS | N | K | A1 | N1 | M1 | A | N | M | QB | SEZIONE |
|--------|---------------------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 1000 | Ulgignano | 1.456 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.885 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | A000 |
| 100101 | Dogaione monte | 1.900 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 1.210 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.300 | DG1002_B |
| 100102 | Dogaione valle | 2.009 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.551 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DG0008 |
| 100201 | Dogaia monte | 0.943 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.917 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.300 | DO1013_B |
| 100202 | Dogaia media | 0.224 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.421 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DO0021 |
| 100203 | Dogaia Badia a Settimo | 0.310 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.374 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DO0022_D |
| 100204 | Collettore Nord | 0.462 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.489 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DO0027_D |
| 100205 | Dogaia valle | 0.139 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.227 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DO0032_C |
| 100206 | Rigone Monte | 2.193 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.982 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.300 | RI0001_B |
| 100207 | Rigone Olmo | 0.340 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.664 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | RI0005_C |
| 100208 | Rigone medio | 0.368 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.564 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | RI0010 |
| 100209 | Rigone San Colombano | 0.340 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.364 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | RI0022_B |
| 100210 | Collettore Sud | 0.667 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.714 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | DO1034_B |
| 100211 | Rigone valle | 0.429 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.398 | 23.206 | 0.349 | 0.167 | 23.169 | 0.258 | 0.198 | 0.050 | DO1034_C |
| 10031 | Stagnolo monte | 1.149 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.985 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.200 | ST0001_B |
| 10032 | Stagnolo valle | 0.492 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.433 | 21.776 | 0.328 | 0.167 | 21.590 | 0.289 | 0.201 | 0.050 | ST0022 |
| 10041 | Rimaggio monte | 4.258 | 3.319 | 1.429 | 2.470 | 0.298 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.100 | RM0001_B |
| 10042 | Rimaggio valle | 0.210 | 3.300 | 1.446 | 2.470 | 0.160 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | RM0020 |
| 1005 | Acque Basse Rimaggio | 0.711 | 3.308 | 1.264 | 2.470 | 0.108 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | CS003 |
| 4001 | Greve monte | 1.087 | 3.300 | 1.404 | 2.470 | 0.340 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | G001 |
| 4002 | Greve Valle | 1.374 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.939 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | G002 |
| 4003 | Padiglione | 0.166 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.318 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | G003 |
| 2001 | Pesa a monte La Ginestra | 233.909 | 13.570 | 2.053 | 2.866 | 3.094 | 21.089 | 0.371 | 0.180 | 21.498 | 0.265 | 0.191 | 0.050 | PE1116 |
| 2008 | Ritortolo | 8.680 | 14.257 | 1.307 | 2.454 | 0.483 | 24.306 | 0.487 | 0.187 | 21.728 | 0.245 | 0.217 | 0.100 | RT0001 |
| 2002 | Case Nuove | 0.750 | 3.300 | 0.931 | 2.866 | 0.092 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.200 | RI0001 |
| 2003 | Vallone | 0.171 | 3.300 | 0.694 | 2.866 | 0.037 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 | FO0001_B |
| 2009 | Ringuillo | 0.199 | 3.300 | 0.698 | 2.866 | 0.041 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 | RN0001 |
| 2010 | La Ginestra | 0.188 | 3.300 | 0.687 | 2.866 | 0.039 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 | GI0001 |
| 2005 | Interbacino La Ginestra | 1.309 | 3.302 | 0.221 | 2.866 | 0.129 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | PE1096 |
| 2006 | Virginio | 60.329 | 5.006 | 0.981 | 2.235 | 1.114 | 21.390 | 0.418 | 0.182 | 21.221 | 0.256 | 0.189 | 0.050 | PE1085 |
| 2004 | Grillao | 4.150 | 8.530 | 1.254 | 2.496 | 0.432 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | GR0001 |
| 2011 | Garibaldi | 2.579 | 7.072 | 0.751 | 2.304 | 0.326 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.500 | GA0001 |
| 2007 | Interbacino Garibaldi | 1.240 | 11.032 | 0.632 | 2.866 | 0.125 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | PE1074 |
| 2012 | Interbacino Turbone | 22.644 | 9.493 | 0.584 | 2.866 | 0.741 | 24.300 | 0.488 | 0.187 | 21.693 | 0.245 | 0.217 | 0.050 | PE1035_A |
| 3001 | Vingone monte Ponte del Ristoro | 15.119 | 8.998 | 1.470 | 2.470 | 0.610 | 24.281 | 0.368 | 0.171 | 24.496 | 0.229 | 0.197 | 0.200 | S_VIN0052 |
| 30021 | Rialdoli monte | 1.940 | 3.300 | 1.576 | 2.470 | 0.191 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | R_VIN0013 |
| 30022 | Rialdoli valle | 0.581 | 3.300 | 3.007 | 2.470 | 0.097 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | R_VIN0005 |
| 30031 | Acque Basse Rialdoli monte | 0.356 | 3.300 | 0.313 | 2.470 | 0.382 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | CS009 |
| 30032 | Acque Basse Rialdoli valle | 0.589 | 3.300 | 1.987 | 2.470 | 0.097 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | CS004 |
| 3004 | Acque Basse Valimorta | 0.289 | 3.300 | 3.244 | 2.470 | 0.065 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | CS005 |
| 3005 | Valimorta | 9.090 | 10.890 | 2.124 | 2.823 | 0.451 | 24.645 | 0.387 | 0.171 | 24.363 | 0.229 | 0.198 | 0.050 | C_VIN0016 |
| 3006 | Acque Basse Santilaro | 0.532 | 3.300 | 1.607 | 2.470 | 0.092 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | CS006 |
| 3007 | Bacino | 0.290 | 3.300 | 3.292 | 2.470 | 0.065 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.500 | BA0001_B |
| 3008 | Acque Basse Bacino | 0.420 | 3.300 | 0.298 | 2.470 | 0.429 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 | CS007 |
| 30091 | Guardiana monte | 1.438 | 3.300 | 2.947 | 2.470 | 0.161 | 24.372 | 0.467 | 0.184 | 22.240 | 0.242 | 0.213 | 0.300 | GU0001 |
| 30092 | Guardiana valle | 0.590 | 3.300 | 1.609 | 2.470 | 0.097 | 24.395 | 0.460 | 0.183 | 22.424 | 0.241 | 0.212 | 0.050 | GU0004 |
| 3010 | Acque Basse Lastra a Signa | 0.625 | 3.300 | 0.036 | 2.470 | 0.340 | 23.528 | 0.407 | 0.176 | 22.367 | 0.256 | 0.207 | 0.050 | CS008 |
| 30111 | Stagno monte | 0.485 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.726 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.300 | SG0001 |
| 30112 | Stagno valle | 0.495 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.393 | 21.049 | 0.318 | 0.166 | 20.786 | 0.304 | 0.203 | 0.050 | SG0025 |

Tabella 3-5 – Parametri del modello ALTO

| CODICE | DENOMINAZI | AREA | IA | KS | N | K | A1 | N1 | M1 | A | N | M | QB |
|--------|---------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 1001 | Dogaione | 3.909 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 1.343 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.172 |
| 1002 | Rigone | 6.417 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 1.425 | 24.605 | 0.369 | 0.168 | 24.715 | 0.228 | 0.195 | 0.172 |
| 1003 | Stagnolo | 1.640 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 1.095 | 23.827 | 0.358 | 0.168 | 23.856 | 0.245 | 0.197 | 0.155 |
| 1004 | Rimaggio | 4.469 | 3.318 | 1.430 | 2.735 | 0.357 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.098 |
| 3007 | Bacino | 0.290 | 3.300 | 3.292 | 2.470 | 0.065 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.500 |
| 3009 | Guardiana | 2.028 | 3.300 | 2.558 | 2.470 | 0.196 | 24.379 | 0.465 | 0.183 | 22.293 | 0.241 | 0.213 | 0.227 |
| 3011 | Stagno | 0.980 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.814 | 22.857 | 0.344 | 0.167 | 22.784 | 0.266 | 0.199 | 0.174 |
| 3000 | Vingone confluenza | 32.839 | 8.024 | 1.696 | 2.243 | 0.959 | 24.396 | 0.380 | 0.171 | 24.281 | 0.231 | 0.198 | 0.138 |
| 2008 | Ritortolo | 8.680 | 14.257 | 1.307 | 2.454 | 0.483 | 24.306 | 0.487 | 0.187 | 21.728 | 0.245 | 0.217 | 0.100 |
| 2002 | Case Nuove | 0.750 | 3.300 | 0.931 | 2.866 | 0.092 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.200 |
| 2003 | Vallone | 0.171 | 3.300 | 0.694 | 2.866 | 0.037 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 |
| 2009 | Ringuillo | 0.199 | 3.300 | 0.698 | 2.866 | 0.041 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 |
| 2010 | La Ginestra | 0.188 | 3.300 | 0.687 | 2.866 | 0.039 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 1.000 |
| 2004 | Grillaio | 4.150 | 8.530 | 1.254 | 2.496 | 0.432 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 |
| 2011 | Garibaldi | 2.579 | 7.072 | 0.751 | 2.304 | 0.326 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.500 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 309.686 | 11.766 | 1.800 | 2.581 | 2.526 | 21.308 | 0.386 | 0.181 | 21.455 | 0.262 | 0.192 | 0.052 |
| 20000 | Pesa | 336.149 | 11.574 | 1.705 | 2.660 | 2.483 | 21.543 | 0.394 | 0.181 | 21.473 | 0.261 | 0.194 | 0.052 |

Tabella 3-6 – Parametri del modello ALTO alle confluenze

| CODICE | DENOMINAZI | AREA | IA | KS | N | K | A1 | N1 | M1 | A | N | M | QB |
|--------|---------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 1004 | Rimaggio | 4.469 | 3.318 | 1.430 | 2.735 | 0.357 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.098 |
| 2004 | Grillaio | 4.150 | 8.530 | 1.254 | 2.496 | 0.432 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.050 |
| 2006 | Virginio | 60.329 | 5.006 | 0.981 | 2.235 | 1.114 | 21.390 | 0.418 | 0.182 | 21.221 | 0.256 | 0.189 | 0.050 |
| 2008 | Ritortolo | 8.680 | 14.257 | 1.307 | 2.454 | 0.483 | 24.306 | 0.487 | 0.187 | 21.728 | 0.245 | 0.217 | 0.100 |
| 2011 | Garibaldi | 2.579 | 7.072 | 0.751 | 2.304 | 0.326 | 24.301 | 0.488 | 0.187 | 21.692 | 0.245 | 0.217 | 0.500 |
| 3000 | Vingone confluenza | 32.839 | 8.024 | 1.696 | 2.243 | 0.959 | 24.396 | 0.380 | 0.171 | 24.281 | 0.231 | 0.198 | 0.138 |
| 3002 | Rialdoli | 2.521 | 3.300 | 1.906 | 2.470 | 0.363 | 24.705 | 0.370 | 0.168 | 24.826 | 0.226 | 0.195 | 0.050 |
| 3005 | Valimorta | 9.090 | 10.890 | 2.124 | 2.823 | 0.451 | 24.645 | 0.387 | 0.171 | 24.363 | 0.229 | 0.198 | 0.050 |
| 20000 | Pesa | 336.149 | 11.574 | 1.705 | 2.660 | 2.483 | 21.543 | 0.394 | 0.181 | 21.473 | 0.261 | 0.194 | 0.052 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 309.686 | 11.766 | 1.800 | 2.581 | 2.526 | 21.308 | 0.386 | 0.181 | 21.455 | 0.262 | 0.192 | 0.052 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 245.206 | 13.484 | 2.010 | 3.798 | 2.421 | 21.237 | 0.377 | 0.180 | 21.508 | 0.264 | 0.192 | 0.053 |

Tabella 3-7- Parametri nelle sezioni di controllo

| CODICE | DENOMINAZIONE | AREA | IA | KS | N | K | A1 | N1 | M1 | A | N | M | QB |
|--------|---------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 1004 | Rimaggio | 6.864 | 12.914 | 0.975 | 2.735 | 0.357 | 20.352 | 0.260 | 0.173 | 20.649 | 0.258 | 0.182 | 0.050 |
| 2004 | Grillaio | 6.336 | 6.380 | 1.485 | 2.496 | 0.432 | 20.352 | 0.260 | 0.173 | 20.649 | 0.258 | 0.182 | 0.050 |
| 2006 | Virginio | 58.960 | 7.194 | 1.410 | 2.235 | 1.114 | 20.184 | 0.333 | 0.163 | 18.166 | 0.343 | 0.191 | 0.050 |
| 2008 | Ritortolo | 11.088 | 13.420 | 1.527 | 2.454 | 0.483 | 20.352 | 0.260 | 0.173 | 20.649 | 0.258 | 0.182 | 0.050 |
| 2011 | Garibaldi | 3.872 | 6.270 | 0.809 | 2.304 | 0.326 | 20.352 | 0.260 | 0.173 | 20.649 | 0.258 | 0.182 | 0.050 |
| 3000 | Vingone confluenza | 37.664 | 8.470 | 0.682 | 2.243 | 0.959 | 25.004 | 0.385 | 0.172 | 23.156 | 0.251 | 0.205 | 0.050 |
| 3002 | Rialdoli | 2.992 | 3.300 | 0.000 | 2.470 | 0.363 | 25.978 | 0.409 | 0.172 | 23.736 | 0.246 | 0.208 | 0.050 |
| 3005 | Valimorta | 9.840 | 10.384 | 1.480 | 2.823 | 0.451 | 24.937 | 0.381 | 0.172 | 23.165 | 0.248 | 0.204 | 0.050 |
| 20000 | Pesa | 333.600 | 11.704 | 1.834 | 2.660 | 2.483 | 21.188 | 0.332 | 0.163 | 19.399 | 0.330 | 0.195 | 0.050 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 304.800 | 11.757 | 1.949 | 2.581 | 2.526 | 21.242 | 0.338 | 0.163 | 19.256 | 0.337 | 0.197 | 0.050 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 244.320 | 12.870 | 2.090 | 3.798 | 2.421 | 21.482 | 0.341 | 0.162 | 19.443 | 0.337 | 0.197 | 0.050 |

Tabella 3-8- Parametri nelle sezioni di controllo forniti dal modello Alto

| Codice | Nome | Tr [anni] | Durata [h] | Afflusso [mm] | Kr | Afflusso Ridotto [mm] | Suolo Libero Medio [mm] | Infiltrazione [mm] | Deflusso [mm] | Portata al Colmo [mc/s] |
|--------|--------------------|-----------|------------|---------------|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| 1001 | Dogaione | 30 | 3.169 | 62.539 | 0.988 | 61.812 | 0.006 | 0 | 58.818 | 12.957 |
| 1001 | Dogaione | 100 | 3.049 | 78.401 | 0.988 | 77.479 | 0.004 | 0 | 74.485 | 16.522 |
| 1001 | Dogaione | 200 | 3.049 | 89.748 | 0.988 | 88.692 | 0.003 | 0 | 85.698 | 18.986 |
| 1001 | Dogaione | 500 | 3.289 | 109.024 | 0.988 | 107.77 | 0.003 | 0 | 104.776 | 22.734 |
| 1002 | Rigone | 30 | 3.392 | 63.378 | 0.981 | 62.2 | 0.007 | 0 | 59.243 | 20.143 |
| 1002 | Rigone | 100 | 3.272 | 79.493 | 0.981 | 78 | 0.004 | 0 | 75.043 | 25.676 |
| 1002 | Rigone | 200 | 3.272 | 90.998 | 0.981 | 89.288 | 0.003 | 0 | 86.332 | 29.502 |
| 1002 | Rigone | 500 | 3.392 | 109.692 | 0.981 | 107.654 | 0.003 | 0 | 104.697 | 35.409 |
| 1003 | Stagnolo | 30 | 2.615 | 59.003 | 0.995 | 58.681 | 0.005 | 0 | 55.632 | 6.293 |
| 1003 | Stagnolo | 100 | 3.215 | 78.46 | 0.995 | 78.055 | 0.004 | 0 | 75.007 | 7.938 |
| 1003 | Stagnolo | 200 | 3.335 | 89.313 | 0.995 | 88.858 | 0.004 | 0 | 85.809 | 8.944 |
| 1003 | Stagnolo | 500 | 3.215 | 102.819 | 0.995 | 102.289 | 0.003 | 0 | 99.24 | 10.467 |
| 1004 | Rimaggio | 30 | 0.954 | 44.857 | 0.98 | 43.951 | 2.74 | 4.241 | 39.709 | 34.698 |
| 1004 | Rimaggio | 100 | 1.074 | 59.533 | 0.98 | 58.358 | 2.724 | 4.397 | 53.962 | 45.401 |
| 1004 | Rimaggio | 200 | 1.194 | 71.368 | 0.981 | 69.989 | 2.709 | 4.552 | 65.437 | 52.778 |
| 1004 | Rimaggio | 500 | 1.314 | 88.759 | 0.981 | 87.078 | 2.694 | 4.707 | 82.371 | 63.683 |
| 2002 | Case Nuove | 30 | 0.41 | 29.71 | 0.996 | 29.591 | 2.812 | 3.457 | 26.135 | 12.091 |
| 2002 | Case Nuove | 100 | 0.41 | 37.212 | 0.996 | 37.063 | 2.812 | 3.457 | 33.607 | 15.328 |
| 2002 | Case Nuove | 200 | 0.41 | 42.362 | 0.996 | 42.192 | 2.812 | 3.457 | 38.736 | 17.551 |
| 2002 | Case Nuove | 500 | 0.41 | 50.279 | 0.996 | 50.078 | 2.812 | 3.457 | 46.622 | 20.968 |
| 2003 | Vallone | 30 | 0.416 | 29.932 | 0.999 | 29.905 | 2.788 | 3.43 | 26.475 | 2.772 |
| 2003 | Vallone | 100 | 0.416 | 37.49 | 0.999 | 37.456 | 2.788 | 3.43 | 34.026 | 3.513 |
| 2003 | Vallone | 200 | 0.42 | 42.679 | 0.999 | 42.64 | 2.788 | 3.43 | 39.21 | 4.023 |
| 2003 | Vallone | 500 | 0.416 | 50.655 | 0.999 | 50.609 | 2.788 | 3.43 | 47.179 | 4.806 |
| 2004 | Grillao | 30 | 1.186 | 47.315 | 0.982 | 46.463 | 6.279 | 9.09 | 37.373 | 26.898 |
| 2004 | Grillao | 100 | 1.186 | 61.441 | 0.982 | 60.336 | 6.271 | 9.09 | 51.246 | 36.454 |
| 2004 | Grillao | 200 | 1.19 | 71.136 | 0.982 | 69.856 | 6.268 | 9.09 | 60.766 | 42.99 |
| 2004 | Grillao | 500 | 1.306 | 88.497 | 0.982 | 86.936 | 6.226 | 9.226 | 77.71 | 52.902 |
| 2008 | Ritortolo | 30 | 1.664 | 51.49 | 0.966 | 49.729 | 9.02 | 14.62 | 35.109 | 46.348 |
| 2008 | Ritortolo | 100 | 1.544 | 65.649 | 0.965 | 63.366 | 9.051 | 14.481 | 48.885 | 64.479 |
| 2008 | Ritortolo | 200 | 1.42 | 74.806 | 0.965 | 72.16 | 9.098 | 14.341 | 57.818 | 77.327 |
| 2008 | Ritortolo | 500 | 1.424 | 91.262 | 0.965 | 88.034 | 9.086 | 14.341 | 73.692 | 97.458 |
| 2009 | Ringuillo | 30 | 0.432 | 30.48 | 0.999 | 30.448 | 2.777 | 3.466 | 26.982 | 3.132 |
| 2009 | Ringuillo | 100 | 0.432 | 38.176 | 0.999 | 38.136 | 2.777 | 3.466 | 34.67 | 3.976 |
| 2009 | Ringuillo | 200 | 0.43 | 43.46 | 0.999 | 43.414 | 2.777 | 3.466 | 39.948 | 4.556 |
| 2009 | Ringuillo | 500 | 0.432 | 51.582 | 0.999 | 51.528 | 2.777 | 3.466 | 48.062 | 5.446 |
| 2010 | La Ginestra | 30 | 0.243 | 23.013 | 0.999 | 22.988 | 2.798 | 3.345 | 19.643 | 4.547 |
| 2010 | La Ginestra | 100 | 0.243 | 28.824 | 0.999 | 28.793 | 2.798 | 3.345 | 25.448 | 5.767 |
| 2010 | La Ginestra | 200 | 0.24 | 32.813 | 0.999 | 32.778 | 2.798 | 3.345 | 29.433 | 6.605 |
| 2010 | La Ginestra | 500 | 0.243 | 38.946 | 0.999 | 38.904 | 2.798 | 3.345 | 35.559 | 7.893 |
| 2011 | Garibaldi | 30 | 0.946 | 44.682 | 0.988 | 44.155 | 4.965 | 7.135 | 37.02 | 22.353 |
| 2011 | Garibaldi | 100 | 1.066 | 59.322 | 0.988 | 58.638 | 4.929 | 7.217 | 51.421 | 29.273 |
| 2011 | Garibaldi | 200 | 1.19 | 71.139 | 0.989 | 70.337 | 4.896 | 7.3 | 63.038 | 33.884 |
| 2011 | Garibaldi | 500 | 1.186 | 84.435 | 0.989 | 83.484 | 4.895 | 7.3 | 76.184 | 40.628 |
| 3000 | Vingone confluenza | 30 | 2.246 | 57.401 | 0.904 | 51.89 | 5.545 | 10.107 | 41.783 | 117.344 |
| 3000 | Vingone confluenza | 100 | 2.246 | 72.853 | 0.904 | 65.859 | 5.535 | 10.107 | 55.752 | 155.252 |
| 3000 | Vingone confluenza | 200 | 2.49 | 85.329 | 0.907 | 77.359 | 5.465 | 10.453 | 66.906 | 180.242 |
| 3000 | Vingone confluenza | 500 | 2.846 | 105.065 | 0.91 | 95.616 | 5.36 | 10.972 | 84.644 | 216.16 |
| 3007 | Bacino | 30 | 0.297 | 27.903 | 0.999 | 27.861 | 3.031 | 4.069 | 23.792 | 6.278 |
| 3007 | Bacino | 100 | 0.297 | 34.158 | 0.999 | 34.107 | 3.031 | 4.069 | 30.037 | 7.822 |

| Codice | Nome | Tr [anni] | Durata [h] | Afflusso [mm] | Kr | Afflusso Ridotto [mm] | Suolo Libero Medio [mm] | Infiltrazione [mm] | Deflusso [mm] | Portata al Colmo [mc/s] |
|--------|---------------------|-----------|------------|---------------|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| 3007 | Bacino | 200 | 0.297 | 38.376 | 0.999 | 38.319 | 3.031 | 4.069 | 34.25 | 8.864 |
| 3007 | Bacino | 500 | 0.297 | 44.763 | 0.999 | 44.696 | 3.031 | 4.069 | 40.626 | 10.44 |
| 3009 | Guardiana | 30 | 0.773 | 40.291 | 0.991 | 39.91 | 2.86 | 4.872 | 35.038 | 22.974 |
| 3009 | Guardiana | 100 | 0.773 | 50.222 | 0.991 | 49.747 | 2.86 | 4.872 | 44.875 | 29.139 |
| 3009 | Guardiana | 200 | 0.77 | 57.015 | 0.991 | 56.475 | 2.86 | 4.872 | 51.603 | 33.352 |
| 3009 | Guardiana | 500 | 0.653 | 62.333 | 0.99 | 61.725 | 2.875 | 4.59 | 57.135 | 39.859 |
| 3011 | Stagno | 30 | 2.452 | 54.913 | 0.997 | 54.721 | 0.005 | 0 | 51.644 | 4.382 |
| 3011 | Stagno | 100 | 2.452 | 67.142 | 0.997 | 66.907 | 0.004 | 0 | 63.83 | 5.395 |
| 3011 | Stagno | 200 | 2.33 | 74.091 | 0.996 | 73.829 | 0.003 | 0 | 70.752 | 6.077 |
| 3011 | Stagno | 500 | 2.332 | 86.342 | 0.996 | 86.037 | 0.002 | 0 | 82.959 | 7.111 |
| 20000 | Pesa | 30 | 7.919 | 71.287 | 0.736 | 52.472 | 6.607 | 18.923 | 33.549 | 320.532 |
| 20000 | Pesa | 100 | 7.919 | 90.043 | 0.736 | 66.278 | 6.567 | 18.923 | 47.355 | 444.402 |
| 20000 | Pesa | 200 | 7.92 | 103.002 | 0.736 | 75.817 | 6.549 | 18.923 | 56.894 | 529.555 |
| 20000 | Pesa | 500 | 7.919 | 123.04 | 0.736 | 90.566 | 6.53 | 18.923 | 71.643 | 660.896 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 30 | 7.817 | 70.65 | 0.738 | 52.109 | 6.778 | 19.606 | 32.503 | 288.827 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 100 | 7.817 | 89.024 | 0.738 | 65.66 | 6.735 | 19.606 | 46.055 | 401.796 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 200 | 7.82 | 101.696 | 0.738 | 75.007 | 6.716 | 19.606 | 55.401 | 479.305 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 500 | 7.602 | 120.374 | 0.735 | 88.498 | 6.739 | 19.313 | 69.185 | 598.523 |

Tabella 3-9 – Risultati del modello ALTO alla confluenza degli affluenti

Le verifiche sono state condotte per tutte le durate critiche riportate nella Tabella 3-9. I valori del Kr sono stati calcolati in funzione delle suddette durate e dell'area dei bacini secondo come riportato in Tabella 3-10 per l'area Capoluogo e in Tabella 3-11 per l'area della Ginestra.

| Scenario | | 10000 | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 3007 | 3009 | 3011 | 3000 | |
|----------|--------------------------|--------|----------|---------|----------|----------|---------|-----------|---------|--------------------|-------|
| | | Arno | Dogaione | Rigone | Stagnolo | Rimaggio | Bacino | Guardiana | Stagno | Vingone confluenza | |
| | | Durata | 24.00 | 3.15 | 3.34 | 3.00 | 1.10 | 0.30 | 0.75 | 2.40 | 2.44 |
| | | Area | 4250.00 | 3.91 | 6.42 | 1.64 | 4.47 | 0.29 | 2.03 | 0.98 | 32.84 |
| Arno | | | SIMI 24h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | |
| 10010 | 1 Dogaione_monte | | 4250 | 3.91 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10010 | 2 Dogaione_valle | | 4250 | 3.91 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 1 Dogaia_monte | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 2 Dogaia_media | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 3 Dogaia_Badia_a_Settimo | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 4 Collettore_Nord | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 5 Dogaia_valle | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 6 Rigone_Monte | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 7 Rigone_Olmo | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 8 Rigone_medio | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10020 | 9 Rigone_San_Colombano | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10021 | 0 Collettore_Sud | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10021 | 1 Rigone_valle | | 4250 | 4250 | 6.42 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10031 | Stagnolo_monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 1.64 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |

| Scenario | | 10000 | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 3007 | 3009 | 3011 | 3000 | |
|----------|----------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|-----------|---------|--------------------|-------|
| | | Arno | Dogaione | Rigone | Stagnolo | Rimaggio | Bacino | Guardiana | Stagno | Vingone confluenza | |
| | | Durata | 24.00 | 3.15 | 3.34 | 3.00 | 1.10 | 0.30 | 0.75 | 2.40 | 2.44 |
| | | Area | 4250.00 | 3.91 | 6.42 | 1.64 | 4.47 | 0.29 | 2.03 | 0.98 | 32.84 |
| Arno | | SIMI 24h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | SIMI 3h | |
| 10032 | Stagnolo valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 1.64 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10041 | Rimaggio monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4.47 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 10042 | Rimaggio valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4.47 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 1005 | Acque Basse Rimaggio | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 |
| 3001 | Vingone monte Ponte Rist. | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30021 | Rialdoli monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30022 | Rialdoli valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30031 | Acque Basse Rialdoli monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30032 | Acque Basse Rialdoli valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 3004 | Acque Basse Valimorta | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 3005 | Valimorta | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 3006 | Acque Basse Santilario | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 3007 | Bacino | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 0.29 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 3008 | Acque Basse Bacino | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30091 | Guardiana monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 2.03 | 32.84 | 32.84 |
| 30092 | Guardiana valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 2.03 | 32.84 | 32.84 |
| 3010 | Acque Basse Lastra a Signa | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 32.84 | 32.84 |
| 30111 | Stagno monte | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 0.98 | 32.84 |
| 30112 | Stagno valle | | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 4250 | 32.84 | 32.84 | 0.98 | 32.84 |

Tabella 3-10 – Durate e area per le diverse simulazioni nell'area Capoluogo

| Scenario | | 2008 | 2002 | 2003 | 2009 | 2010 | 2004 | 2011 | 20001 | 20000 | |
|--------------------------|--|-----------|------------|---------|-----------|-------------|----------|-----------|---------------------|---------|---------|
| | | Ritortolo | Case Nuove | Vallone | Ringuillo | La Ginestra | Grillaio | Garibaldi | Pesa valle Virginio | Pesa | |
| | | Durata | 1.544 | 0.41 | 0.416 | 0.432 | 0.243 | 1.234 | 1.066 | 7.774 | 7.919 |
| | | Area | 8.680 | 0.750 | 0.171 | 0.199 | 0.188 | 4.150 | 2.579 | 309.686 | 336.149 |
| Pesa a monte La Ginestra | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Ritortolo | | | 8.68 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Case Nuove | | | 336.15 | 0.75 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Vallone | | | 336.15 | 336.15 | 0.17 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Ringuillo | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 0.2 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| La Ginestra | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 0.19 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Interbacino La Ginestra | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Virginio | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Grillaio | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 4.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Garibaldi | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 2.58 | 336.15 | 336.15 |
| Interbacino Garibaldi | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |
| Interbacino Turbone | | | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 | 336.15 |

Tabella 3-11 – Durate e area per le diverse simulazioni nell'area della Ginestra

Le portate per le sezioni di controllo sono riportate nella Tabella 3-12. Nella Tabella 3-13 si riportano le portate per le sezioni di controllo con i parametri forniti dalla Regione Toscana.

Nella Figura 3-11, nella Figura 3-12 e nella Figura 3-13 si riporta il confronto tra le portate calcolate con i parametri ricavati nel presente studio (RU 2012) con le portate ricavate con i parametri forniti dalla RT.

| Codice | Nome | Tr [anni] | Durata [h] | Afflusso [mm] | Kr | Afflusso ridotto [mm] | Suolo libero medio [mm] | Infiltrazione [mm] | Deflusso [mm] | Portata al colmo [mc/s] |
|--------|---------------------|-----------|------------|---------------|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| 1004 | Rimaggio | 20 | 0.954 | 41.079 | 0.98 | 40.249 | 2.74 | 4.241 | 36.007 | 31.522 |
| 1004 | Rimaggio | 100 | 1.074 | 59.533 | 0.98 | 58.358 | 2.724 | 4.397 | 53.962 | 45.401 |
| 1004 | Rimaggio | 200 | 1.194 | 71.368 | 0.981 | 69.989 | 2.709 | 4.552 | 65.437 | 52.778 |
| 2004 | Grillaio | 20 | 1.306 | 44.365 | 0.982 | 43.582 | 6.245 | 9.226 | 34.356 | 24.223 |
| 2004 | Grillaio | 100 | 1.186 | 61.441 | 0.982 | 60.336 | 6.271 | 9.09 | 51.246 | 36.454 |
| 2004 | Grillaio | 200 | 1.186 | 71.136 | 0.982 | 69.856 | 6.268 | 9.09 | 60.766 | 42.99 |
| 2006 | Virginio | 20 | 2.859 | 48.915 | 0.832 | 40.709 | 3.236 | 6.489 | 34.221 | 147.241 |
| 2006 | Virginio | 100 | 2.739 | 65.581 | 0.83 | 54.463 | 3.249 | 6.391 | 48.071 | 207.519 |
| 2006 | Virginio | 200 | 2.739 | 74.761 | 0.83 | 62.086 | 3.246 | 6.391 | 55.695 | 239.65 |
| 2008 | Ritortolo | 20 | 1.664 | 47.153 | 0.966 | 45.541 | 9.031 | 14.62 | 30.921 | 41.245 |
| 2008 | Ritortolo | 100 | 1.544 | 65.649 | 0.965 | 63.366 | 9.051 | 14.481 | 48.885 | 64.479 |
| 2008 | Ritortolo | 200 | 1.424 | 74.806 | 0.965 | 72.16 | 9.098 | 14.341 | 57.818 | 77.327 |
| 2011 | Garibaldi | 20 | 0.946 | 40.996 | 0.988 | 40.513 | 4.967 | 7.135 | 33.378 | 20.251 |
| 2011 | Garibaldi | 100 | 1.066 | 59.322 | 0.988 | 58.638 | 4.929 | 7.217 | 51.421 | 29.273 |
| 2011 | Garibaldi | 200 | 1.186 | 71.139 | 0.989 | 70.337 | 4.896 | 7.3 | 63.038 | 33.884 |
| 3000 | Vingone confluenza | 20 | 2.366 | 53.613 | 0.905 | 48.538 | 5.517 | 10.28 | 38.258 | 106.456 |
| 3000 | Vingone confluenza | 100 | 2.246 | 72.853 | 0.904 | 65.859 | 5.535 | 10.107 | 55.752 | 155.252 |
| 3000 | Vingone confluenza | 200 | 2.486 | 85.329 | 0.907 | 77.359 | 5.465 | 10.453 | 66.906 | 180.242 |
| 3002 | Rialdoli | 20 | 1.106 | 42.422 | 0.99 | 41.999 | 2.776 | 5.013 | 36.986 | 18.132 |
| 3002 | Rialdoli | 100 | 1.106 | 55.592 | 0.99 | 55.039 | 2.774 | 5.013 | 50.026 | 24.362 |
| 3002 | Rialdoli | 200 | 1.106 | 62.458 | 0.99 | 61.836 | 2.774 | 5.013 | 56.823 | 27.603 |
| 3005 | Valimorta | 20 | 1.64 | 49.381 | 0.968 | 47.791 | 8.027 | 12.831 | 34.96 | 46.665 |
| 3005 | Valimorta | 100 | 1.76 | 67.42 | 0.968 | 65.287 | 7.963 | 13.057 | 52.23 | 66.268 |
| 3005 | Valimorta | 200 | 1.76 | 75.904 | 0.968 | 73.503 | 7.956 | 13.057 | 60.445 | 76.063 |
| 20000 | Pesa | 20 | 7.919 | 65.894 | 0.736 | 48.503 | 6.624 | 18.923 | 29.58 | 284.691 |
| 20000 | Pesa | 100 | 7.919 | 90.043 | 0.736 | 66.278 | 6.567 | 18.923 | 47.355 | 444.402 |
| 20000 | Pesa | 200 | 7.919 | 103.002 | 0.736 | 75.817 | 6.549 | 18.923 | 56.894 | 529.555 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 20 | 7.817 | 65.359 | 0.738 | 48.206 | 6.796 | 19.606 | 28.6 | 256.056 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 100 | 7.817 | 89.024 | 0.738 | 65.66 | 6.735 | 19.606 | 46.055 | 401.796 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 200 | 7.817 | 101.696 | 0.738 | 75.007 | 6.716 | 19.606 | 55.401 | 479.305 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 20 | 8.901 | 68.084 | 0.76 | 51.749 | 8.469 | 24.19 | 27.559 | 162.294 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 100 | 9.204 | 93.56 | 0.763 | 71.364 | 8.352 | 24.659 | 46.706 | 265.932 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 200 | 9.204 | 106.878 | 0.763 | 81.523 | 8.331 | 24.659 | 56.864 | 320.959 |

Tabella 3-12 – Portate nelle sezioni di controllo

| Codice | Nome | Tr [anni] | Durata [h] | Afflusso [mm] | Kr | Afflusso ridotto [mm] | Suolo libero medio [mm] | Infiltrazione [mm] | Deflusso [mm] | Portata al colmo [mc/s] |
|--------|---------------------|-----------|------------|---------------|-------|-----------------------|-------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|
| 1004 | Rimaggio | 20 | 1.554 | 38.323 | 0.971 | 37.215 | 7.733 | 12.91 | 24.304 | 31.033 |
| 1004 | Rimaggio | 100 | 1.314 | 48.467 | 0.97 | 47.016 | 7.808 | 12.701 | 34.315 | 44.802 |
| 1004 | Rimaggio | 200 | 1.314 | 54.642 | 0.97 | 53.006 | 7.798 | 12.701 | 40.305 | 52.014 |
| 2004 | Grillaio | 20 | 1.306 | 36.63 | 0.972 | 35.614 | 4.919 | 7.475 | 28.139 | 30.125 |
| 2004 | Grillaio | 100 | 1.186 | 47.193 | 0.972 | 45.859 | 4.939 | 7.315 | 38.544 | 41.839 |
| 2004 | Grillaio | 200 | 1.186 | 53.206 | 0.972 | 51.702 | 4.937 | 7.315 | 44.386 | 47.963 |
| 2006 | Virginio | 20 | 3.579 | 49.852 | 0.819 | 40.819 | 4.51 | 10.177 | 30.642 | 122.151 |
| 2006 | Virginio | 100 | 3.339 | 66.199 | 0.816 | 54.016 | 4.547 | 9.896 | 44.12 | 177.063 |
| 2006 | Virginio | 200 | 3.339 | 75.569 | 0.816 | 61.663 | 4.54 | 9.896 | 51.766 | 206.387 |
| 2008 | Ritortolo | 20 | 1.784 | 39.722 | 0.956 | 37.957 | 8.931 | 14.265 | 23.691 | 40.282 |
| 2008 | Ritortolo | 100 | 1.664 | 51.534 | 0.955 | 49.209 | 8.947 | 14.104 | 35.105 | 58.898 |
| 2008 | Ritortolo | 200 | 1.544 | 56.98 | 0.954 | 54.368 | 8.989 | 13.942 | 40.426 | 68.652 |
| 2011 | Garibaldi | 20 | 0.946 | 33.685 | 0.982 | 33.071 | 4.563 | 6.393 | 26.677 | 24.418 |
| 2011 | Garibaldi | 100 | 0.946 | 44.5 | 0.982 | 43.689 | 4.558 | 6.393 | 37.295 | 33.619 |
| 2011 | Garibaldi | 200 | 0.826 | 48.432 | 0.981 | 47.526 | 4.584 | 6.305 | 41.221 | 38.427 |
| 3000 | Vingone confluenza | 20 | 2.606 | 54.424 | 0.891 | 48.501 | 4.58 | 8.683 | 39.819 | 123.787 |
| 3000 | Vingone confluenza | 100 | 2.486 | 74.807 | 0.89 | 66.565 | 4.597 | 8.613 | 57.951 | 180.059 |
| 3000 | Vingone confluenza | 200 | 2.486 | 86.229 | 0.89 | 76.728 | 4.591 | 8.613 | 68.115 | 210.621 |
| 3002 | Rialdoli | 20 | 1.106 | 45.323 | 0.988 | 44.767 | 0.001 | 0 | 41.756 | 24.207 |
| 3002 | Rialdoli | 100 | 1.226 | 62.35 | 0.988 | 61.602 | 0 | 0 | 58.591 | 32.39 |
| 3002 | Rialdoli | 200 | 1.226 | 70.245 | 0.988 | 69.402 | 0 | 0 | 66.391 | 36.603 |
| 3005 | Valimorta | 20 | 1.52 | 47.356 | 0.963 | 45.598 | 7.315 | 11.238 | 34.36 | 50.608 |
| 3005 | Valimorta | 100 | 1.76 | 68.195 | 0.964 | 65.749 | 7.21 | 11.553 | 54.196 | 74.053 |
| 3005 | Valimorta | 200 | 1.76 | 76.95 | 0.964 | 74.19 | 7.204 | 11.553 | 62.637 | 84.912 |
| 20000 | Pesa | 20 | 9.227 | 71.557 | 0.714 | 51.125 | 6.511 | 21.61 | 29.515 | 269.693 |
| 20000 | Pesa | 100 | 9.009 | 91.842 | 0.712 | 65.427 | 6.492 | 21.309 | 44.118 | 395.393 |
| 20000 | Pesa | 200 | 9.009 | 102.614 | 0.712 | 73.1 | 6.473 | 21.309 | 51.792 | 459.816 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 20 | 9.108 | 73.146 | 0.714 | 52.25 | 6.608 | 22.413 | 29.837 | 250.826 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 100 | 8.893 | 99.63 | 0.712 | 70.963 | 6.578 | 22.095 | 48.868 | 400.844 |
| 20001 | Pesa valle Virginio | 200 | 8.893 | 114.207 | 0.712 | 81.346 | 6.556 | 22.095 | 59.251 | 480.984 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 20 | 10.418 | 77.278 | 0.74 | 57.213 | 7.892 | 26.711 | 30.501 | 171.113 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 100 | 10.721 | 101.716 | 0.743 | 75.543 | 7.783 | 27.199 | 48.344 | 261.28 |
| 20002 | Pesa alla Ginestra | 200 | 10.721 | 113.804 | 0.743 | 84.52 | 7.764 | 27.199 | 57.322 | 306.925 |

Tabella 3-13 – Portate nelle sezioni di controllo con parametri RT

Confronto modello Alto parametri RT - parametri studio RU 2012 per Tr 20 anni

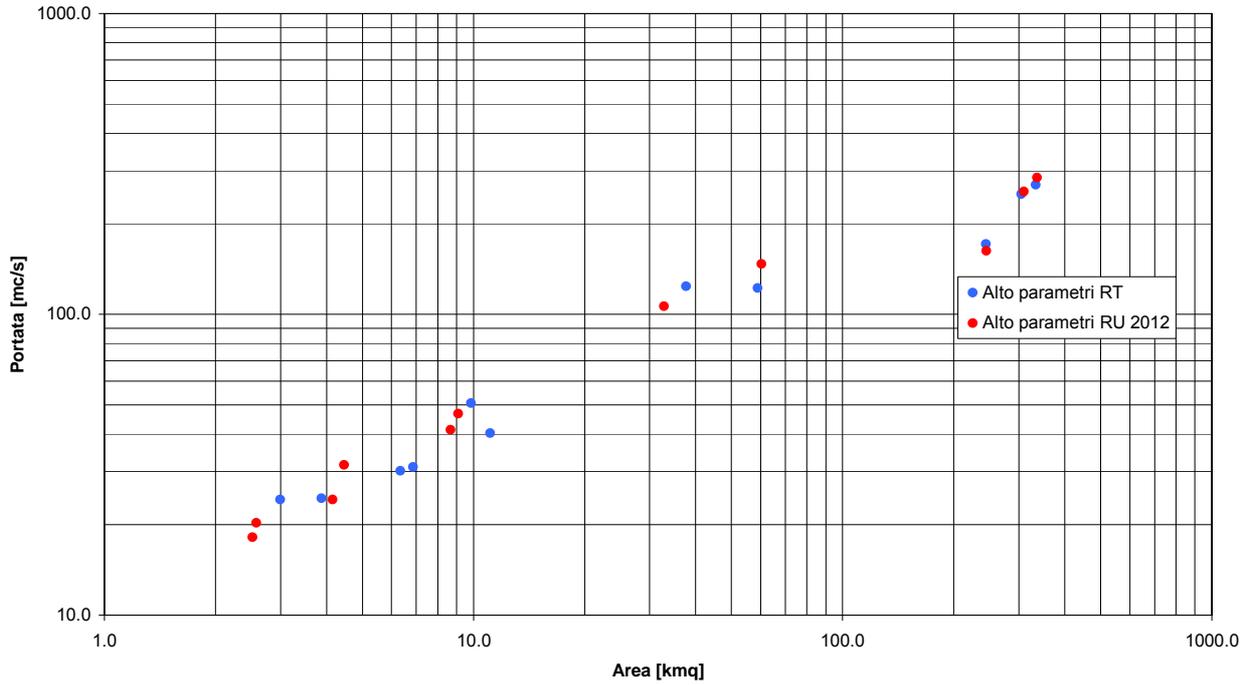


Figura 3-11 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 20 anni

Confronto modello Alto parametri RT - parametri studio RU 2012 per Tr 100 anni

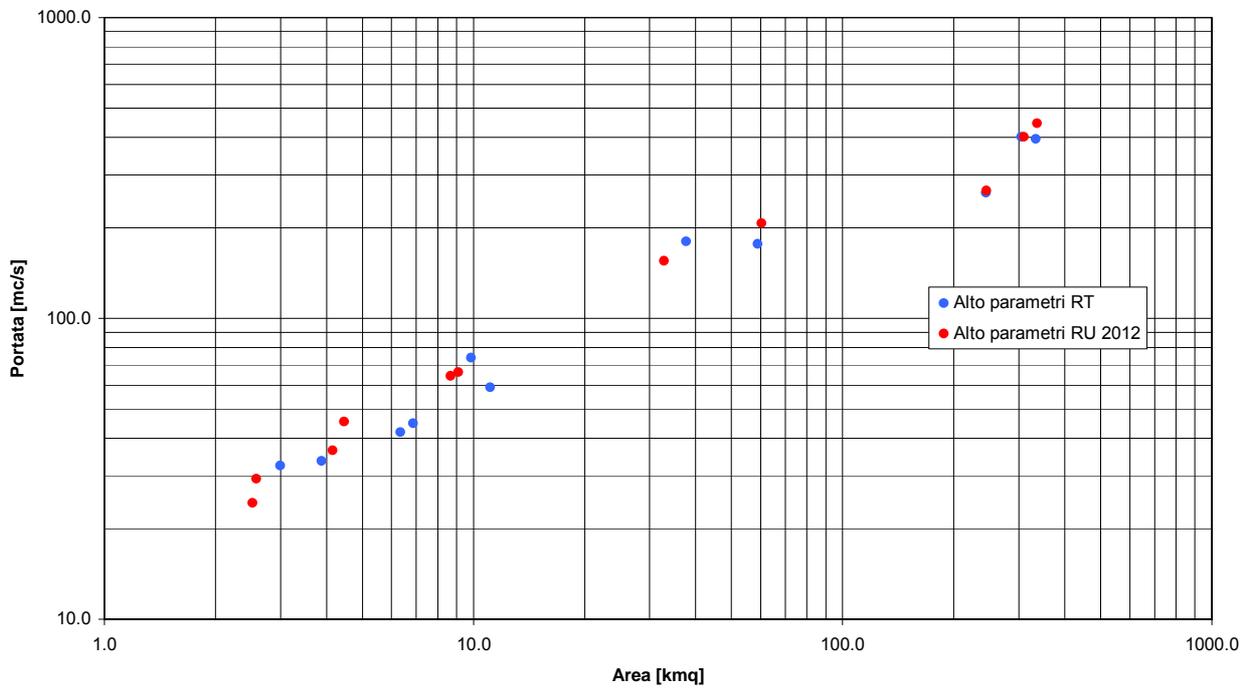


Figura 3-12 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 100 anni

Confronto modello Alto parametri RT - parametri studio RU 2012 per Tr 200 anni

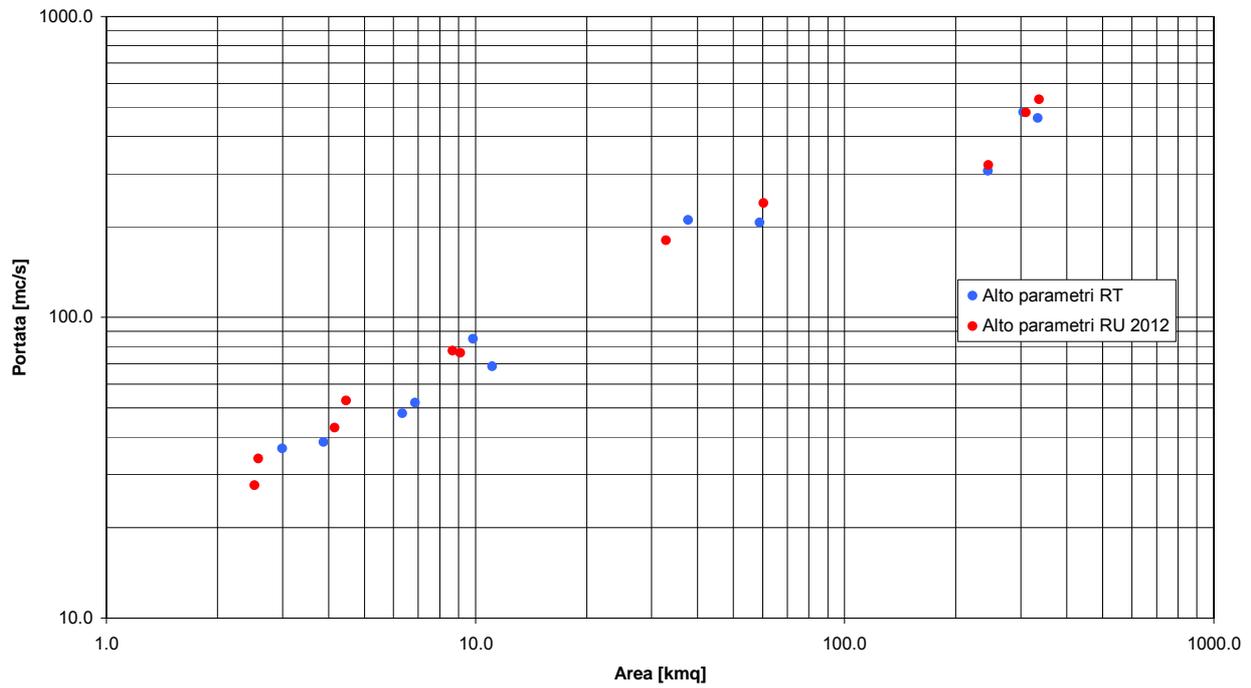


Figura 3-13 – Confronto portate Alto RT e Alto studio RU 2012 per Tr 200 anni

4 IL MODELLO IDRAULICO

Il modello idraulico adottato si basa sulle classiche equazioni del moto e di continuità per una corrente unidimensionale, associate a una opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito. Le equazioni, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua, velocità) in funzione del tempo e dello spazio.

In generale, la risoluzione dello schema di moto vario viene ottenuta per via numerica, discretizzando le equazioni nel dominio spazio-temporale mediante opportuni schemi numerici. La soluzione viene pertanto ottenuta solo nei punti di discretizzazione (e non con continuità su tutto il dominio). Tali punti sono rappresentati dalle sezioni geometriche rilevate (*discretizzazione spaziale*) e dalla scansione temporale utilizzata nella rappresentazione dei fenomeni (*discretizzazione temporale*).

Il grado di risoluzione che si ottiene deriva quindi dalla densità delle sezioni rilevate e, per lo schema di moto vario, anche dal passo temporale adottato. Nel presente caso il passo temporale adottato è stato di 10 minuti.

Gli elementi che compongono il modello idraulico sono riportati nella Tavola T03.

4.1 Il modello in moto vario

In particolare, le equazioni di moto vario sono state applicate per lo studio della propagazione delle onde di piena, ovvero per la stima delle condizioni idrometriche dei presenti corsi d'acqua interessati da onde di piena.

Il modello di moto vario si basa sulle equazioni di continuità e di moto per una corrente liquida incomprimibile e unidirezionale in condizioni non stazionarie; tali equazioni risultano, rispettivamente:

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - J \quad [4.1]$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + q(x) = 0 \quad [4.2]$$

in cui:

- A = area della sezione liquida [m²];
- Q = portata [m³/s];
- $q(x)$ = portata laterale (positiva se entrante) [m²/s];
- H = carico totale della corrente [m];
- g = accelerazione di gravità [m/s²];
- U = velocità media della corrente [m/s];
- J = perdite di carico effettivo per unità di lunghezza;
- x = ascissa corrente lungo l'alveo [m];
- t = tempo [s].

La perdita di carico effettivo può essere stimata con un'equazione analoga a quella adottata per il moto uniforme:

$$J = \frac{U|U|}{gC^2R} \quad [4.3]$$

ove, oltre ai simboli già noti, R è il raggio idraulico e C il coefficiente di resistenza esprimibile nella forma:

$$C = \frac{K_s R^{1/6}}{\sqrt{g}} \quad [4.4]$$

ove K_s [$m^{1/3}s^{-1}$] è il coefficiente dimensionale di Gauckler-Strickler.

Nel caso specifico sono stati adottati i seguenti parametri di scabrezza di G.S.

- Pesa 21 [$m^{1/3}s^{-1}$] caratteristico di alvei naturale molto vegetati e con trasporto solido;
- Arno 26 [$m^{1/3}s^{-1}$] caratteristico di alvei naturale vegetati e con trasporto solido;
- Vingone, Bacino, Guardiania, Stagnolo, Stagno, Rimaggio, Case Nuove, Grillaio, Vallone e Ritortolo 30 [$m^{1/3}s^{-1}$] caratteristico di alvei naturali con scarsa o nulla vegetazione e con ridotto trasporto solido;

Il coefficiente C (e i valori α e β coefficienti di ragguglio dell'energia e della quantità di moto) sono calcolati con il metodo di Engelund (1964) che suddivide la sezione in strisce verticali fornendo le seguenti espressioni:

$$C^2 = \frac{1}{\Omega^2 R} \left(\int cr^2 d\Omega \right)^2$$

$$\beta = \Omega \frac{\int c^2 r d\Omega}{\left(\int cr^2 d\Omega \right)^2}$$

$$\alpha = \Omega^2 \frac{\int c^3 r^2 d\Omega}{\left(\int cr^2 d\Omega \right)^3}$$

dove:

C = coefficiente di Chezy adimensionale;
 α = coefficiente di ragguglio dell'energia;
 β = coefficiente di ragguglio della quantità di moto;
 Ω = area della sezione;
 R = raggio idraulico;
 c = coefficiente di Chezy adimensionale della singola striscia;
 r = raggio idraulico della singola striscia;
 $d\Omega$ = area della singola striscia.

Per includere nel modello gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti, si sono valutate le perdite di carico effettivo addizionali, ΔH , mediante la formula:

$$\Delta H = \xi \Delta \left(\alpha \frac{Q^2}{2gA^2} \right) \quad [4.5]$$

ove α è il coefficiente di ragguglio della energia cinetica e ξ può assumere valori compresi tra 0.1 e 0.9 maggiori nel caso di allargamento della sezione e minori nel caso di restringimento. Tali coefficienti sono stati assunti in generale pari a 0.1 (contrazione) e 0.2 (espansione), in corrispondenza dei ponti sono stati di norma utilizzati i coefficienti 0.3 (contrazione) e 0.5 (espansione).

La risoluzione delle equazioni sopra descritte viene svolta per via numerica, discretizzandole opportunamente alle differenze finite, e associandovi appropriate condizioni al contorno.

Le equazioni ridotte in forma numerica sono in generale risolte in forma implicita approssimando alle differenze finite le derivate e operando una media pesata per gli altri termini. In particolare sono utilizzate le seguenti formulazioni:

$$A = p_s p_t A_i^k + p_s (1 - p_t) A_i^{k+1} + (1 - p_s) p_t A_{i+1}^k + (1 - p_s) (1 - p_t) A_{i+1}^{k+1}$$

$$\frac{\partial A}{\partial s} = p_t \frac{A_{i+1}^k - A_i^k}{\Delta s} + (1 - p_t) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_i^{k+1}}{\Delta s} \quad [4.6]$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = p_s \frac{A_i^{k+1} - A_i^k}{\Delta t} + (1 - p_s) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_{i+1}^k}{\Delta s}$$

dove p_s è il peso della media spaziale e p_t il peso della media temporale (l'indice k è riferito al tempo e l'indice i allo spazio). I valori utilizzati in genere per p_s e p_t sono rispettivamente di 0.5 e 0.45.

Il modello fornisce la risoluzione delle equazioni in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale ove, in corrispondenza delle sezioni fluviali predefinite, al variare del tempo si ricavano i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc). A ciascun passo il programma bilancia le equazioni di moto e di continuità in modo iterativo fino al raggiungimento di una correzione su portate e livelli inferiore a una soglia prefissata.

Nell'ipotesi di corrente lenta, le condizioni al contorno da imporre al sistema prima definito possono consistere nella attribuzione di una scala di deflusso nella sezione di chiusura di valle, del tipo:

$$Q = a(h - h_0)^c + q_0 \quad [4.7]$$

dove a , b , c e q_0 sono i parametri della scala di deflusso, mentre nella sezione di monte si assegna un idrogramma di portata.

Come condizione di valle può essere assunto, inoltre, un livello idrometrico o una portata variabili nel tempo. E' inoltre possibile inserire una portella nella simulazione che impedisce il rigurgito verso monte annullando la portata.

Nelle presenti simulazioni è stata calcolata una scala di deflusso nella sezione di valle. La scala di deflusso a valle è stata calcolata per il fiume Arno in funzione delle simulazioni condotte in moto vario nello studio a supporto del PAI dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno (SIMI) e per il fiume Pesa in moto uniforme.

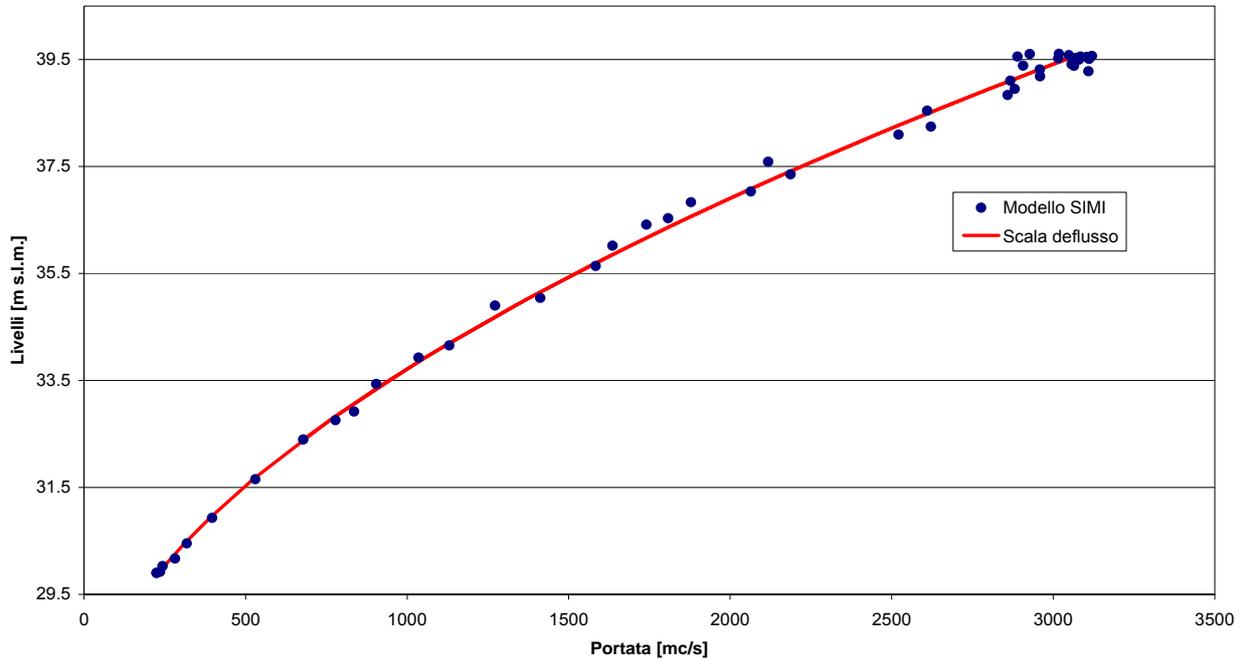


Figura 4-1 – Scala di deflusso a valle del ponte Signa - Lastra a Signa.

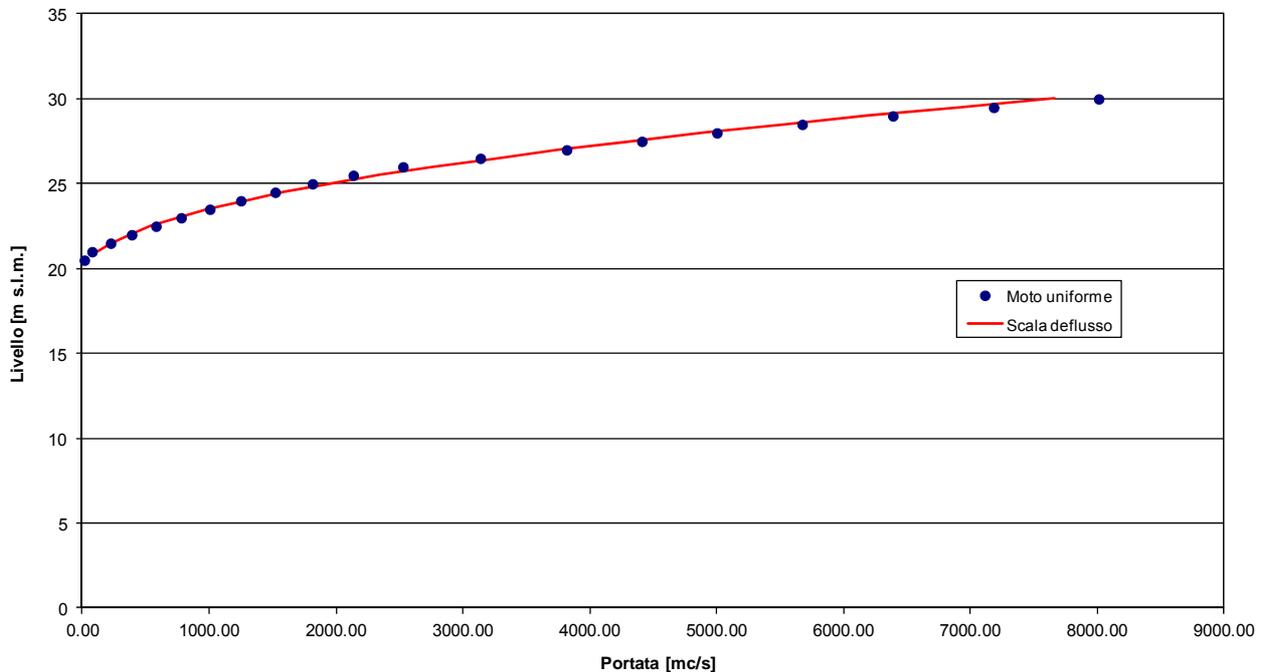


Figura 4-2 – Scala di deflusso fiume Pesa alla confluenza nel fiume Arno

Nel caso di condizioni locali di corrente veloce, la profondità viene fissata sul valore critico. In particolare l'equazione di moto a valle della sezione viene sostituita dalla condizione di corrente critica nella sezione in esame.

La simulazione di eventuali fenomeni di esondazione è stata condotta associando al modello idraulico non stazionario appena descritto un modello quasi-bidimensionale o bidimensionale, definiti mediante la rappresentazione “a celle di accumulo” o distribuita delle aree inondabili adiacenti il corso d’acqua.

4.2 Il modello di inondazione quasi - bidimensionale

La modellazione *quasi-bidimensionale tipo Cunge*, integra il modello mono-dimensionale con quello a macro-aree interconnesse.

Nel modello tipo Cunge l’area potenzialmente inondabile viene immaginata composta da aree elementari connesse idraulicamente tra loro e con l’asta fluviale da soglie sfioranti. La definizione delle aree elementari che compongono le aree di potenziale inondazione deve avvenire con criteri di massima verosimiglianza del modello alla realtà: pertanto ad ogni struttura di contenimento identificabile sul territorio (quali i rilevati stradali e ferroviari, muri e argini) deve corrispondere il bordo di una o più aree.

La delimitazione e la modellazione di tali aree, dette *aree di laminazione*, per le quali risulta prevalente il fenomeno di invaso rispetto a quello di trasporto, avviene secondo le seguenti fasi:

- *individuazione e acquisizione delle strutture di contenimento*
le aree elementari di potenziale esondazione sono delimitate da elementi di contorno rappresentati da argini, rilevati stradali e ferroviari, contenimenti naturali. L’individuazione di tali elementi è stata condotta sulla base cartografica della C.T.R. 1:2000 acquisita in forma digitale vettoriale;
- *caratterizzazione morfologica delle aree di potenziale inondazione*
in tale fase si è proceduto alla definizione delle caratteristiche plano-altimetriche delle aree elementari sulla base della cartografia con l’obiettivo di ricavare la legge di riempimento quota-volume di inondazione in funzione dei livelli di piena nella forma:

$$V = A(y - y_0)^B \quad [4.8]$$

in cui y_0 è la quota minima del terreno all’interno dell’area.

- *definizione delle connessioni idrauliche*
sulla base dell’analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche, infrastrutturali ed idrauliche del territorio sono definite le caratteristiche delle connessioni idrauliche tra l’alveo principale e le aree di potenziale esondazione, e tra le aree stesse.

La simulazione del fenomeno esondativo si basa inoltre sulle seguenti ipotesi:

- i volumi idrici di inondazione si generano esclusivamente *per tracimazione* delle sommità arginali del corso d’acqua. Non sono considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi da quelli già considerati nel presente studio. Anche gli elementi infrastrutturali, delimitanti le aree di potenziale inondazione (i.e. rilevati stradali, ferroviari, etc.), si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso;
- il fenomeno dell’allagamento di ciascuna area potenzialmente inondabile avviene seguendo la legge di riempimento quota-volume (4.8);
- il trasferimento dei volumi di esondazione, sia alveo/area sia area/area avviene con la legge degli stramazzi in parete grossa, con possibilità di funzionamento bidirezionale, in condizioni di deflusso libero oppure rigurgitato in funzione dei livelli a monte e a valle dello stramazzo. La legge di deflusso adottata è la seguente:

$$Q_{sf} = l(\mu_1 h_2 - \mu_2 h_1) \sqrt{2gh_1} \quad [4.9]$$

dove l è la lunghezza della soglia, μ_1 e μ_2 sono pari rispettivamente a 0.65 e 0.4, h_1 e h_2 sono rispettivamente i livelli del pelo libero a monte e a valle, riferiti alla quota della soglia. Mentre la quota di sfioro delle connessioni alveo/area o area/area è in generale ben definibile come la quota inferiore dell'elemento di contenimento che separa le aree stesse, invece la lunghezza del fronte di sfioro ha un valore dipendente in linea di massima dalla densità spaziale delle sezioni fluviali o dalla lunghezza dei lati delle aree.

Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati.

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene pertanto attraverso la sola legge di continuità dei volumi. A tale scopo è necessario considerare il volume accumulato nella singola cella e le sue variazioni dovute agli scambi di portata con le celle circostanti.

Ad ogni passo temporale l'equazione di continuità impone il bilancio tra i volumi netti transitati attraverso la cella e la variazione di volume locale, sotto le ipotesi che il volume accumulato in ciascuna cella sia univocamente correlato all'altezza idrica nella cella stessa, e che le portate scambiate siano funzione dei livelli a monte e a valle delle connessioni idrauliche.

In particolare, l'equazione di continuità per la generica area k -esima risulta la seguente:

$$A_{ck} \frac{\partial h_k}{\partial t} = \sum_i Q_{ki}(h_k, h_i) \quad [4.10]$$

ove A_{ck} rappresenta la superficie allagata nell'area k -esima, h_k è l'altezza d'acqua relativa, Q_{ki} è la portata scambiata con l'area i -esima adiacente in funzione delle relative altezze idriche e la sommatoria è estesa a tutte le aree in comunicazione diretta con l'area k -esima.

4.3 Il modello di inondazione bidimensionale

Le aree di potenziale esondazione possono essere modellate anche come oggetto bidimensionale a patto di fornire un modello digitale del terreno rappresentativo della loro altimetria.

La risoluzione dello schema di inondazione bidimensionale è ottenuta mediante la risoluzione di un sistema alle derivate parziali, di tipo iperbolico, non lineare, costituito dalle equazioni complete di De Saint Venant scritte in forma bidimensionale.

Le equazioni di continuità e del moto nelle due direzioni possono essere scritte come segue:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad [4.8]$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \tau_x = 0 \quad [4.9]$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \tau_y = 0 \quad [4.10]$$

in cui:

- x = coordinata longitudinale;
- y = coordinata trasversale;
- t = coordinata temporale;
- h = altezza d'acqua;
- u = componente di velocità nella direzione x;
- v = componente di velocità nella direzione y;
- M = uh = flusso della corrente in direzione x;
- N = vh = flusso della corrente in direzione y;
- h = altezza d'acqua;
- H = quota della superficie libera;
- ρ = densità dell'acqua;
- τ_x = sforzo tangenziale al fondo nella direzione x;
- τ_y = sforzo tangenziale al fondo nella direzione y.

In particolare, gli sforzi tangenziali lungo x e y sono stati valutati nel modo seguente:

$$\tau_x = \frac{\rho g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad [4.11a]$$

$$\tau_y = \frac{\rho g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad [4.11b]$$

avendo indicato con n il coefficiente di scabrezza di Manning assunto nel caso specifico pari a 0.01 [m^{-1/3}s] (10 [m^{1/3}s⁻¹] di G.S.).

La risoluzione delle equazioni sopra scritte viene svolta numericamente mediante uno schema alle differenze finite di tipo implicito accoppiato ad appropriate condizioni al contorno.

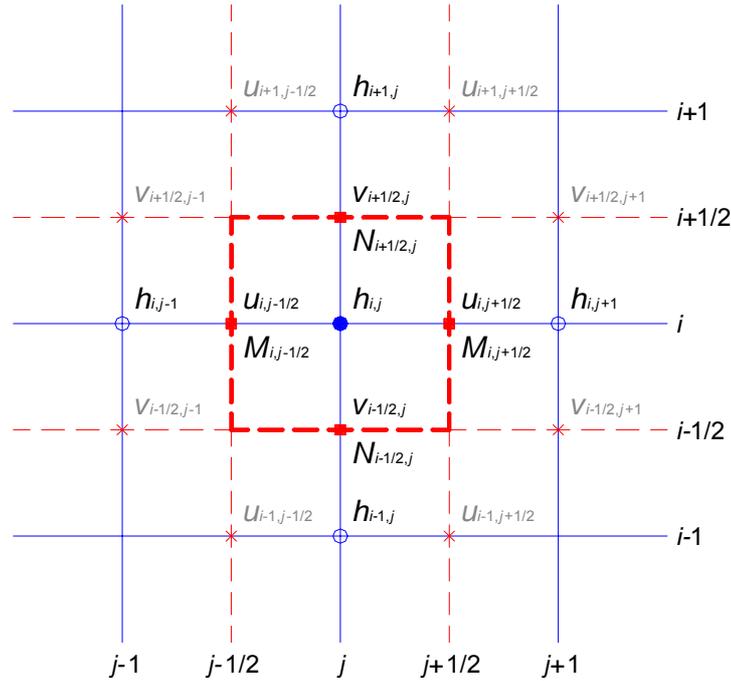


Figura 4-3 – Griglia di calcolo equazione di continuità

In particolare, facendo riferimento allo schema di Figura 4-3, sono state utilizzate le seguenti formulazioni nell'equazione di continuità:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{h_{i,j}^{k+1} - h_{i,j}^k}{\Delta t} \\ \frac{\partial M}{\partial x} = p_t \left(\frac{M_{i,j+1/2}^k - M_{i,j-1/2}^k}{\Delta x} \right) + (1-p_t) \left(\frac{M_{i,j+1/2}^{k+1} - M_{i,j-1/2}^{k+1}}{\Delta x} \right) \\ \frac{\partial N}{\partial y} = p_t \left(\frac{N_{i+1/2,j}^k - N_{i-1/2,j}^k}{\Delta y} \right) + (1-p_t) \left(\frac{N_{i+1/2,j}^{k+1} - N_{i-1/2,j}^{k+1}}{\Delta y} \right) \end{array} \right. \quad [4.12]$$

in cui:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{i,j-1/2}^k = u_{i,j-1/2}^k [\rho_s h_{i,j}^k + (1-\rho_s) h_{i,j-1}^k]; \quad N_{i-1/2,j}^k = v_{i-1/2,j}^k [\rho_s h_{i,j}^k + (1-\rho_s) h_{i-1,j}^k]; \\ M_{i,j+1/2}^k = u_{i,j+1/2}^k [\rho_s h_{i,j+1}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k]; \quad N_{i+1/2,j}^k = v_{i+1/2,j}^k [\rho_s h_{i+1,j}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k]; \\ M_{i,j-1/2}^{k+1} = u_{i,j-1/2}^{k+1} [\rho_s h_{i,j}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j-1}^{k+1}]; \quad N_{i-1/2,j}^{k+1} = v_{i-1/2,j}^{k+1} [\rho_s h_{i,j}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i-1,j}^{k+1}]; \\ M_{i,j+1/2}^{k+1} = u_{i,j+1/2}^{k+1} [\rho_s h_{i,j+1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}]; \quad N_{i+1/2,j}^{k+1} = v_{i+1/2,j}^{k+1} [\rho_s h_{i+1,j}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}]. \end{array} \right. \quad [4.13a,b]$$

Mentre, facendo riferimento allo schema di Figura 4-4, sono state utilizzate le seguenti formulazioni nell'equazione del moto nella direzione x:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{M_{i,j}^{k+1} - M_{i,j}^k}{\Delta t} = \frac{(uh)_{i,j}^{k+1} - (uh)_{i,j}^k}{\Delta t} \\
 \frac{\partial(uM)}{\partial x} &= \rho_t \left(\frac{(uM)_{i,j}^k - (uM)_{i,j-1}^k}{\Delta x} \right) + (1 - \rho_t) \left(\frac{(uM)_{i,j}^{k+1} - (uM)_{i,j-1}^{k+1}}{\Delta x} \right) \\
 \frac{\partial(vM)}{\partial y} &= \rho_t \left(\frac{(vM)_{i+1/2,j-1/2}^k - (vM)_{i-1/2,j-1/2}^k}{\Delta y} \right) + (1 - \rho_t) \left(\frac{(vM)_{i+1/2,j-1/2}^{k+1} - (vM)_{i-1/2,j-1/2}^{k+1}}{\Delta y} \right) \\
 gh \frac{\partial H}{\partial x} &= g \left[\rho_t (\rho_s h_{i,j-1}^k + (1 - \rho_s) h_{i,j}^k) + (1 - \rho_t) (\rho_s h_{i,j-1}^{k+1} + (1 - \rho_s) h_{i,j}^{k+1}) \right] \cdot \\
 &\quad \cdot \left[\rho_t \left(\frac{H_{i,j}^k - H_{i,j-1}^k}{\Delta x} \right) + (1 - \rho_t) \left(\frac{H_{i,j}^{k+1} - H_{i,j-1}^{k+1}}{\Delta x} \right) \right] \\
 \frac{1}{\rho} \tau_x &= gn^2 (\rho_t u_{i,j-1/2}^{k+1} + (1 - \rho_t) u_{i,j-1/2}^k) \cdot \left[\rho_t (\rho_s h_{i,j-1}^k + (1 - \rho_s) h_{i,j}^k) + (1 - \rho_t) (\rho_s h_{i,j-1}^{k+1} + (1 - \rho_s) h_{i,j}^{k+1}) \right]^{-1/3} \cdot \\
 &\quad \cdot \left\langle (\rho_t u_{i,j-1/2}^k + (1 - \rho_t) u_{i,j-1/2}^{k+1})^2 + \left\{ \rho_t [\rho_s (\rho_s v_{i-1/2,j-1}^k + (1 - \rho_s) v_{i-1/2,j}^k) + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + (1 - \rho_t) (\rho_s v_{i+1/2,j-1}^k + (1 - \rho_s) v_{i+1/2,j}^k) \right] + (1 - \rho_t) [\rho_s (\rho_s v_{i-1/2,j-1}^{k+1} + (1 - \rho_s) v_{i-1/2,j}^{k+1}) + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + (1 - \rho_t) (\rho_s v_{i+1/2,j-1}^{k+1} + (1 - \rho_s) v_{i+1/2,j}^{k+1}) \right] \right\rangle^{1/2}
 \end{aligned} \right. \tag{4.14}$$

in cui:

$$\begin{aligned}
 (uM)_{i,j-1}^k &= [\rho_s u_{i,j-3/2}^k \cdot u_{i,j-3/2}^k + (1 - \rho_s) u_{i,j-1/2}^k \cdot u_{i,j-1/2}^k] h_{i,j-1}^k ; \\
 (uM)_{i,j}^k &= [\rho_s u_{i,j-1/2}^k \cdot u_{i,j-1/2}^k + (1 - \rho_s) u_{i,j+1/2}^k \cdot u_{i,j+1/2}^k] h_{i,j}^k ; \\
 (uM)_{i,j-1}^{k+1} &= [\rho_s u_{i,j-3/2}^{k+1} \cdot u_{i,j-3/2}^{k+1} + (1 - \rho_s) u_{i,j-1/2}^{k+1} \cdot u_{i,j-1/2}^{k+1}] h_{i,j-1}^{k+1} ; \\
 (uM)_{i,j}^{k+1} &= [\rho_s u_{i,j-1/2}^{k+1} \cdot u_{i,j-1/2}^{k+1} + (1 - \rho_s) u_{i,j+1/2}^{k+1} \cdot u_{i,j+1/2}^{k+1}] h_{i,j}^{k+1} ;
 \end{aligned} \tag{4.15a}$$

$$\begin{aligned}
 (vM)_{i-1/2,j-1/2}^k &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j-1}^k + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^k) \cdot (\rho_s u_{i-1,j-1/2}^k + (1-\rho_s) u_{i,j-1/2}^k) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j-1}^k + (1-\rho_s) h_{i-1,j}^k) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i,j-1}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k) \right]; \\
 (vM)_{i+1/2,j-1/2}^k &= \left[(\rho_s v_{i+1/2,j-1}^k + (1-\rho_s) v_{i+1/2,j}^k) \cdot (\rho_s u_{i,j-1/2}^k + (1-\rho_s) u_{i+1,j-1/2}^k) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i,j-1}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i+1,j-1}^k + (1-\rho_s) h_{i+1,j}^k) \right]; \\
 (vM)_{i-1/2,j-1/2}^{k+1} &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^{k+1}) \cdot (\rho_s u_{i-1,j-1/2}^{k+1} + (1-\rho_s) u_{i,j-1/2}^{k+1}) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i-1,j}^{k+1}) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}) \right]; \\
 (vM)_{i+1/2,j-1/2}^{k+1} &= \left[(\rho_s v_{i+1/2,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i+1/2,j}^{k+1}) \cdot (\rho_s u_{i,j-1/2}^{k+1} + (1-\rho_s) u_{i+1,j-1/2}^{k+1}) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i+1,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i+1,j}^{k+1}) \right].
 \end{aligned}$$

[4.15b]

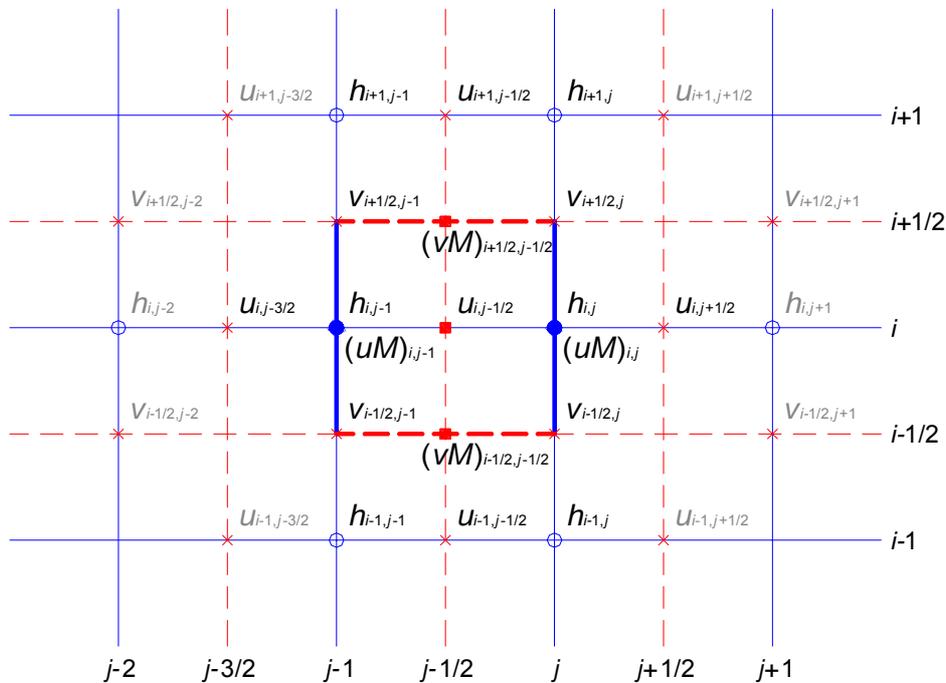


Figura 4-4 – Griglia di calcolo equazione di moto lungo X

Infine, facendo riferimento allo schema di Figura 4-5, sono state utilizzate le seguenti formulazioni nell'equazione del moto nella direzione y:

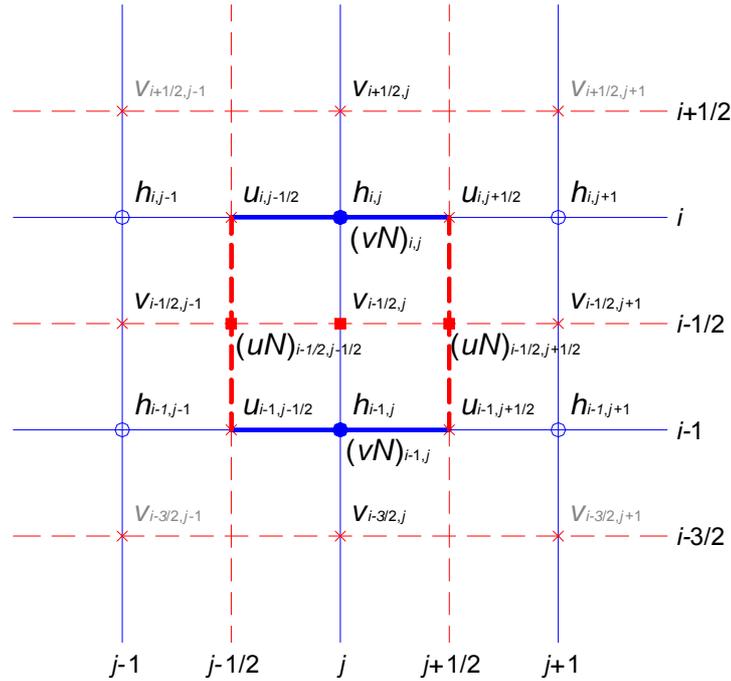


Figura 4-5 – Griglia di calcolo equazione di moto lungo Y

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{N_{i,j}^{k+1} - N_{i,j}^k}{\Delta t} = \frac{(vh)_{i,j}^{k+1} - (vh)_{i,j}^k}{\Delta t} \\
 \frac{\partial (uN)}{\partial x} &= p_t \left(\frac{(uN)_{i-1/2,j+1/2}^k - (uN)_{i-1/2,j-1/2}^k}{\Delta x} \right) + (1-p_t) \left(\frac{(uN)_{i-1/2,j+1/2}^{k+1} - (uN)_{i-1/2,j-1/2}^{k+1}}{\Delta x} \right) \\
 \frac{\partial (vN)}{\partial y} &= p_t \left(\frac{(vN)_{i,j}^k - (vN)_{i-1,j}^k}{\Delta y} \right) + (1-p_t) \left(\frac{(vN)_{i,j}^{k+1} - (vN)_{i-1,j}^{k+1}}{\Delta y} \right) \\
 gh \frac{\partial H}{\partial y} &= g \left[p_t (p_s h_{i-1,j}^k + (1-p_s) h_{i,j}^k) + (1-p_t) (p_s h_{i-1,j}^{k+1} + (1-p_s) h_{i,j}^{k+1}) \right] \cdot \\
 &\quad \cdot \left[p_t \left(\frac{H_{i,j}^k - H_{i-1,j}^k}{\Delta y} \right) + (1-p_t) \left(\frac{H_{i,j}^{k+1} - H_{i-1,j}^{k+1}}{\Delta y} \right) \right] \\
 \frac{1}{\rho} \tau_y &= gn^2 (p_t v_{i-1/2,j}^{k+1} + (1-p_t) v_{i-1/2,j}^k) \cdot \left[p_t (p_s h_{i-1,j}^k + (1-p_s) h_{i,j}^k) + (1-p_t) (p_s h_{i-1,j}^{k+1} + (1-p_s) h_{i,j}^{k+1}) \right]^{-1/3} \cdot \\
 &\quad \cdot \left\{ p_t [p_s (p_s u_{i-1,j-1/2}^k + (1-p_s) u_{i,j-1/2}^k) + (1-p_s) (p_s u_{i-1,j+1/2}^k + (1-p_s) u_{i,j+1/2}^k)] + \right. \\
 &\quad \left. + (1-p_t) [p_s (p_s u_{i-1,j-1/2}^{k+1} + (1-p_s) u_{i,j-1/2}^{k+1}) + (1-p_s) (p_s u_{i-1,j+1/2}^{k+1} + (1-p_s) u_{i,j+1/2}^{k+1})] \right\}^2 + \\
 &\quad \left. + (p_t v_{i-1/2,j}^k + (1-p_t) v_{i-1/2,j}^{k+1})^2 \right\}^{1/2}
 \end{aligned} \right\} \quad [4.16]$$

in cui:

$$\begin{aligned}
 (uN)_{i-1/2,j-1/2}^k &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j-1}^k + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^k) \cdot (\rho_s u_{i-1,j-1/2}^k + (1-\rho_s) u_{i,j-1/2}^k) \right] \cdot \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j-1}^k + (1-\rho_s) h_{i,j-1}^k) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i-1,j}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k) \right]; \\
 (uN)_{i-1/2,j+1/2}^k &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j}^k + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j+1}^k) \cdot (\rho_s u_{i-1,j+1/2}^k + (1-\rho_s) u_{i,j+1/2}^k) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j}^k + (1-\rho_s) h_{i,j}^k) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i-1,j+1}^k + (1-\rho_s) h_{i,j+1}^k) \right]; \\
 (uN)_{i-1/2,j-1/2}^{k+1} &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^{k+1}) \cdot (\rho_s u_{i-1,j-1/2}^{k+1} + (1-\rho_s) u_{i,j-1/2}^{k+1}) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j-1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j-1}^{k+1}) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i-1,j}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}) \right]; \\
 (uN)_{i-1/2,j+1/2}^{k+1} &= \left[(\rho_s v_{i-1/2,j}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j+1}^{k+1}) \cdot (\rho_s u_{i-1,j+1/2}^{k+1} + (1-\rho_s) u_{i,j+1/2}^{k+1}) \right] \\
 &\quad \cdot \left[\rho_s (\rho_s h_{i-1,j}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j}^{k+1}) + (1-\rho_s) (\rho_s h_{i-1,j+1}^{k+1} + (1-\rho_s) h_{i,j+1}^{k+1}) \right].
 \end{aligned}$$

[4.17a]

$$\begin{aligned}
 (vN)_{i,j-1}^k &= \left[\rho_s v_{i-3/2,j}^k \cdot v_{i-3/2,j}^k + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^k \cdot v_{i-1/2,j}^k \right] h_{i,j-1}^k ; \\
 (vN)_{i,j}^k &= \left[\rho_s v_{i-1/2,j}^k \cdot v_{i-1/2,j}^k + (1-\rho_s) v_{i+1/2,j}^k \cdot v_{i+1/2,j}^k \right] h_{i,j}^k ; \\
 (vN)_{i,j-1}^{k+1} &= \left[\rho_s v_{i-3/2,j}^{k+1} \cdot v_{i-3/2,j}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i-1/2,j}^{k+1} \cdot v_{i-1/2,j}^{k+1} \right] h_{i,j-1}^{k+1} ; \\
 (vN)_{i,j}^{k+1} &= \left[\rho_s v_{i-1/2,j}^{k+1} \cdot v_{i-1/2,j}^{k+1} + (1-\rho_s) v_{i+1/2,j}^{k+1} \cdot v_{i+1/2,j}^{k+1} \right] h_{i,j}^{k+1} ;
 \end{aligned}$$

[4.17b]

dove ρ_s è il peso della media spaziale e ρ_t il peso della media temporale (l'indice k è riferito al tempo, mentre gli indici i e j sono riferiti rispettivamente alle coordinate lungo x e y). I valori utilizzati per ρ_s e ρ_t sono rispettivamente di 0.5 e 0.45 che dalle prove effettuate risultano essere i più affidabili per la risoluzione del sistema.

Il modello fornisce la risoluzione delle equazioni in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale ove, al variare del tempo, si ricavano i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc). A ciascun passo il programma bilancia le equazioni di moto e di continuità in modo iterativo fino al raggiungimento di una correzione su portate e livelli inferiore a una soglia prefissata. La propagazione delle esondazioni avviene in condizioni di corrente lenta.

Il modello digitale del terreno, riportato nelle Tavole T03, ha una maglia di 25 m.

5 SCHEMATIZZAZIONE DELL'AREA ALLO STATO ATTUALE

Il sistema idraulico dello stato attuale è stato così schematizzato:

Area Capoluogo (Arno)

- 19 tronchi;
- 35 immissioni di portata;
- 1 area di esondazione bidimensionale;
- 1 aree di espansione quasi-bidimensionale;
- 1997 connessioni idrauliche;
- 31 paratoie
- 1 idrovora.

Area Ginestra (Pesa)

- 15 tronchi;
- 12 immissioni di portata;
- 1 area di esondazione bidimensionale;
- 1 aree di espansione quasi-bidimensionale;
- 878 connessioni idrauliche;
- 11 paratoie.

Nella Figura 5-1 si riporta lo schema del sistema oggetto di studio per l'area del Capoluogo e nella Figura 5-2 per l'area della Ginestra.

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica allo stato attuale sono complessivamente in numero pari a 659 per l'area Capoluogo e 319 per l'area della Ginestra.

La geometria viene considerata "fissa nel tempo", prescindendo quindi da evoluzioni del letto sul breve e lungo periodo e ignorando di conseguenza i fenomeni di erosione e deposito di tipo generalizzato e localizzato.

L'ubicazione delle sezioni topografiche è riportata nelle Tavole T03.

I profili longitudinali sono riportati nella Tavola T04.

5.1 Il modello digitale delle aree inondabili

Il modello digitale del terreno con passo 25 m x 25 m è stato ricavato per aggregazione del rilievo Lidar 1 m x 1 m.

Nella fase di aggregazione in corrispondenza dei rilevati è stata attribuita alla cella 25 m x 25 m la massima quota del modello 1 m x 1 m, nei restanti casi è stata assegnata la quota media.

Il modello digitale del terreno è collegato alle sezioni fluviali attraverso una serie di soglie sfioranti la cui quota è ricavata dalle sezioni fluviali come riportato nelle Appendici A e B.

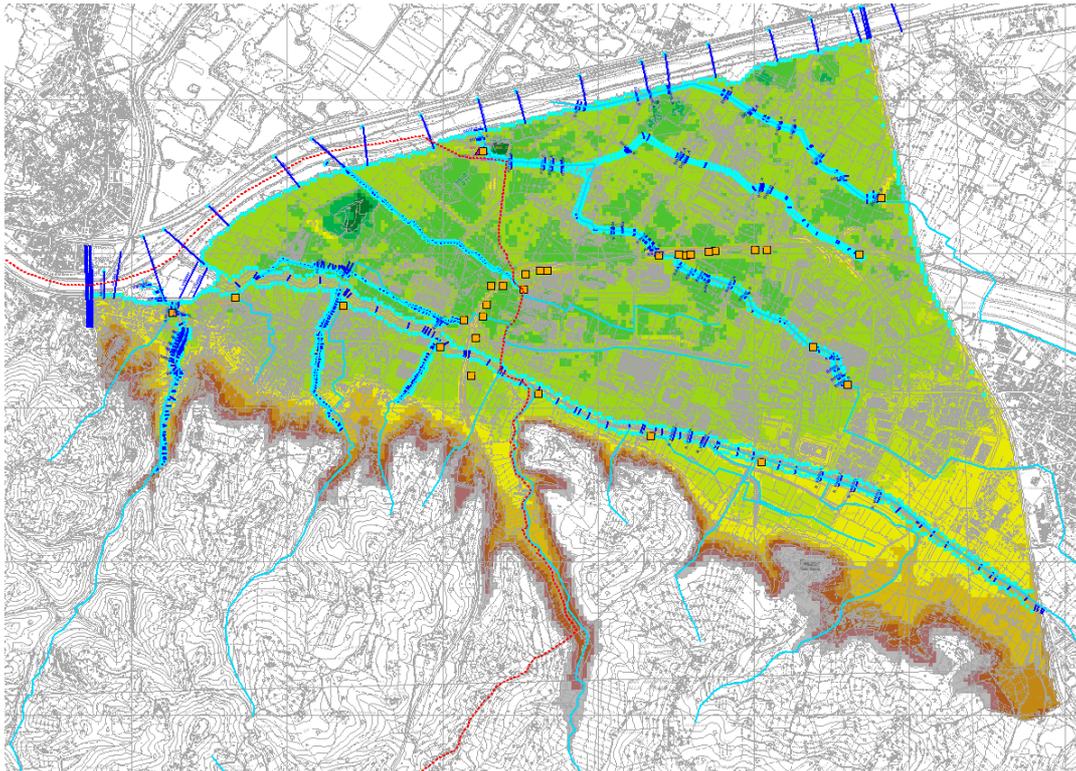


Figura 5-1 – Schema del sistema oggetto di studio allo stato attuale area capoluogo.

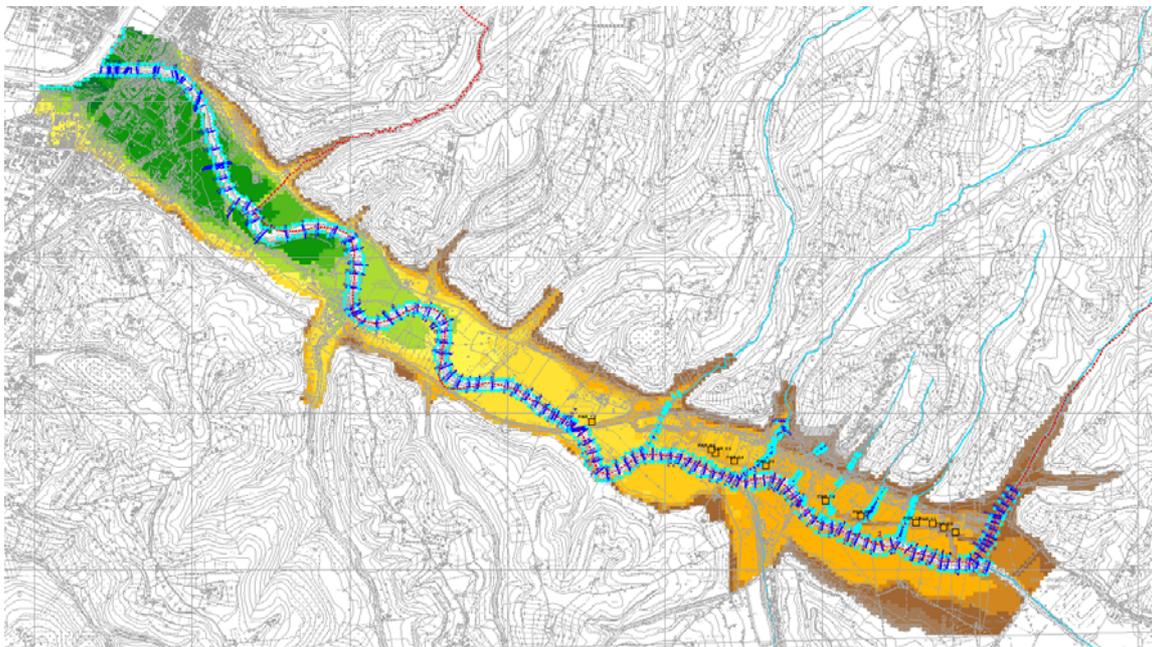


Figura 5-2 – Schema del sistema oggetto di studio allo stato attuale area Ginestra.

5.2 Le condizioni al contorno

Per l'area capoluogo le condizioni al contorno al sistema oltre alle portate in ingresso e alla scala di deflusso in corrispondenza del ponte di Lastra a Signa sono i livelli nelle aree di potenziale esondazioni limitrofe al modello bidimensionale.

Le aree di potenziale esondazione e i rispettivi livelli sono stati acquisiti dal modello SIMI della Autorità di Bacino del fiume Arno.

Le aree di potenziale esondazione sono le seguenti:

- VM-014
- VM-070
- VM-004
- VM-002
- VM-011
- VM-019
- VM-023

Per l'area della Ginestra oltre alle portate in ingresso e alla scala di deflusso alla confluenza in condizioni non rigurgitate è stata posta una condizione di deflusso libero in Arno dal modello bidimensionale.

5.3 L'impianto di sollevamento di San Colombano

Nell'area del Capoluogo è stato modellato anche il sollevamento presente nell'impianto di San Colombano.

Il fosso Rigone assieme ai collettori fognari Nord e Sud della rete fognaria di Scandicci confluiscono all'impianto di depurazione di San Colombano. All'impianto afferiscono inoltre il collettore in riva destra e sinistra del fiume Arno (quest'ultimo in fase di realizzazione) e il collettore proveniente da Lastra a Signa.

Presso l'impianto di depurazione è installato una stazione di sollevamento dotata complessivamente di 9 pompe:

- 3 pompe da 1.1 mc/s;
- 6 pompe da 3.6 mc/s.

Le prime sollevano le acque provenienti dal depuratore, le seconde sollevano le acque in occasione degli eventi meteorici.

Nel presente studio si è previsto che le pompe impegnate al sollevamento delle acque del fosso Rigone e dei collettori nord e sud siano 4 per un totale di 14.4 mc/s.

Il protocollo di funzionamento di caso di piena concordato con il Provveditorato alle Opere Pubbliche della Toscana prevede che il sollevamento si debba interrompere al raggiungimento del livello di 8.0 m all'idrometro di Ponte a Signa.

Lo zero idrometrico dell'idrometro di Ponte a Signa è di 28.06 m s.l.m., a cui corrisponde una quota a cui si deve interrompere il pompaggio di 36.06 m s.l.m.. Tale quota, riportata allo scarico dell'impianto di sollevamento, diventa 37.47 m s.l.m.

6 ANALISI IDRAULICA DELLO STATO ATTUALE

L'analisi idraulica è stata condotta per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

I tabulati delle verifiche idrauliche per ciascun tempo di ritorno sono riportati nell'Allegato A02. Nell'Allegato A03 sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici.

Nella Tavola T04 è riportato il profilo longitudinale con i livelli idrometrici.

Per ciascun tempo di ritorno è stata prodotta una mappa dei battenti e delle velocità nelle aree inondabili riportata nelle Tavole T05.

Nelle tavole T06, T07 e T08 si riportano le planimetrie delle aree inondate, della pericolosità idraulica ai sensi del 53/R e del PAI.

6.1 Analisi dei risultati

6.1.1 Area Capoluogo (Arno)

Il fiume Arno esonda in sponda destra in corrispondenza dei Renai già per il tempo di ritorno di 30 anni in corrispondenza delle sezioni 516, 517 e 518.

Il torrente Vingone esonda anch'esso a partire dal tempo di ritorno di 30 anni a valle del ponte del Ristoro. A monte del ponte del Muretto si registra lo sfioro in sinistra in corrispondenza della cassa di Villa Antinori. Tra il ponte del Muretto e il ponte Riccardi non si registrano criticità. Nel tratto tra il ponte Riccardi e il ponte di Granatieri si registrano alcune criticità in sponda sinistra a partire dal tempo di ritorno di 30 anni (in modo particolare immediatamente a monte del ponte Granatieri). Tra il ponte di Granatieri e il ponte della Tosco-Romagnola si registrano delle esondazioni in sinistra a partire dal tempo di ritorno di 100 anni. A valle del ponte della statale Tosco-Romagnola si entra nel tratto di rigurgito del fiume Arno. Le esondazioni diventano diffuse a partire dal tempo di ritorno di 100 anni anche se con modesti battenti sugli argini, l'unica criticità per il tempo di ritorno di 30 anni si registra a valle del ponte di Stagno in sponda sinistra.

Il borro Bacino presenta un tombamento fortemente insufficiente su via Antonio Gramsci (diametro 800 mm) che risulta sormontato già per il tempo di ritorno di 30 anni. Nel tratto a valle, che ricade nel rigurgito del torrente Vingone, si registrano esondazioni già per il tempo di ritorno di 30 anni sia in destra che in sinistra idraulica data la quota insufficiente delle arginature.

Il borro La Guardiania presenta una forte insufficienza nel tratto iniziale dove è presente un tombamento di circa 300 m di lunghezza che presenta una sezione iniziale di forma rettangolare (1.8 m x 1.6 m) e una sezione terminale di forma circolare (1.5 m di diametro). Il tombamento risulta insufficiente già per il tempo di ritorno di 30 anni. A valle risulta particolarmente critico il ponte di via Antonio Gramsci che provoca estese inondazioni a monte. Tra la via Antonio Gramsci e la Tosco-Romagnola la criticità è relativa alle quote degli argini che non sono in grado contenere il rigurgito del torrente Vingone a partire dal tempo di ritorno di 30 anni in modo particolare sulla sponda sinistra. A valle della Tosco-Romagnola non vi sono particolari criticità.

Il borro di Rimaggio presenta varie criticità. A monte il tombamento in corrispondenza della via Vecchia Pisana si presenta critico a partire dal tempo di ritorno di 100 anni. Procedendo verso

valle sono presenti altri due attraversamenti per l'accesso ad abitazioni private anch'essi fortemente insufficienti. Il ponticello a monte dell'incrocio tra via Vecchia Pisana e via di Santa Lucia risulta sormontato già per 30 anni. Il ponte all'incrocio tra via Vecchia Pisana e via di Santa Lucia risulta sormontato a partire dal tempo di ritorno di 30 anni anche a causa dell'insufficienza del ponte ad arco posto a valle che restringe fortemente la sezione utile. Il tratto tra il suddetto ponte e la Via di Sotto presenta alcune criticità a partire dal tempo di ritorno di 30 anni per insufficienza delle quote delle sommità arginali a seguito del rigurgito del fiume Arno.

Il fosso Stagno, in quanto acqua bassa, risulta completamente rigurgitato dal torrente Vingone. In condizioni non rigurgitate il fosso Stagno inizia a esondare a partire dai tempi di ritorno di 30 anni.

Il fosso Stagnolo, come il fosso Stagno risulta completamente rigurgitato dal fiume Arno. In condizioni non rigurgitate riesce a contenere la portata con tempo di ritorno di 30 anni a meno di alcune criticità locali.

6.1.2 Area Ginestra (Pesa)

Il fiume Pesa esonda in sponda destra in corrispondenza della confluenza del borro di Ripalta a partire dal tempo di ritorno di 200 anni mentre esonda in sponda sinistra a partire dal tempo di ritorno di 100 anni tra il borro di Ripalta e il borro della Fornace. Esondazioni per il tempo di ritorno di 30 anni si registrano a monte della confluenza del borro Grillaio in destra e in sinistra idraulica. Criticità a partire dal tempo di ritorno di 30 anni si registrano anche tra la confluenza del borro Grillaio e la confluenza del borro Garibaldi. A valle della confluenza del borro Garibaldi, con eccezione di alcune sezioni insufficienti per il tempo di ritorno di 30 anni, le criticità più significative si registrano a partire dal tempo di ritorno di 100 anni, tali criticità sono legate all'insufficienza delle quote delle sommità arginali.

Il borro Ritortolo esonda a monte della via Chiantigiana a partire dal tempo di ritorno di 30 anni a causa del ponte sulla stessa via Chiantigiana e della briglia posta a valle dello stesso.

Il borro Ripalta (borro Case Nuove) esonda già per il tempo di ritorno di 30 anni in corrispondenza della via Chiantigiana per le ridotte dimensioni del proprio ponte e di quello posto più a valle di accesso a una abitazione posta in fregio al borro. Tra la via Chiantigiana e la variante la sezione non è in grado di contenere neppure la portata trentennale.

Il borro Vallone (borro della Fornace) presenta una sola criticità a valle della via Chiantigiana per la presenza di un attraversamento particolarmente ristretto. Si segnala che l'attraversamento della variante risulta in pressione a partire dal tempo di ritorno di 30 anni.

Il borro Ringuillo presenta una forte insufficienza nel tratto iniziale dove sono presenti due attraversamenti di servizio fortemente insufficienti e un tombamento di circa 90 m di lunghezza che presenta una sezione iniziale di forma rettangolare (1.2 m x 0.5 m) e una sezione terminale di forma rettangolare (1.2 m x 0.6 m). Il tratto risulta insufficiente già per il tempo di ritorno di 30 anni. Anche il tratto a valle del tombamento, fino alla sezione RN0016_A, risulta insufficiente a partire dal tempo di ritorno di 30 anni.

Il borro La Ginestra non presenta criticità, si segnala che il tombamento presente risulta in pressione a partire dal tempo di ritorno di 30 anni.

Il borro Grillaio risulta critico a monte della via Chiantigiana a partire dal tempo di ritorno di 100 anni. Il ponte della via Chiantigiana risulta in pressione a partire dal tempo di ritorno di 100 anni.

Il borro Garibaldi presenta criticità a partire dal Tr 30 anni a monte del ponte della via Chiantigiana, in corrispondenza di un attraversamento di accesso ad abitazioni private. L'area interna allo svincolo della variante risulta allagabile per il Tr 30 anni. A valle della variante, tutto il tratto in sponda sinistra risulta insufficiente per un tempo di ritorno di 30 anni.

7 PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ALLO STATO ATTUALE

Le aree inondabili sono state tracciate a partire dalle mappe dei battenti.

Le aree inondabili sono state tracciate per i tempi di ritorno di 30, 100, 200, 500 anni (Tavola T06).

A partire dalla mappa delle aree allagabili è stata ricavata al carta della pericolosità idraulica come definita dal Regolamento 53/R (14 eventi con tempo di ritorno inferiore a 30 anni, 13 eventi con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni, e 12 eventi con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni) (Tavola T07).

Analogamente è stata ricavata la carta della pericolosità idraulica come definita dalla Autorità di Bacino del fiume Arno secondo il seguente criterio (Tavola T08):

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

Nelle aree ricadenti nel Comune di Lastra a Signa ove non è stato condotto il presente studio sono state riportate le perimetrazioni del PAI vigente.

7.1 Confronto con gli studi precedenti

7.1.1 Area capoluogo

Per l'area del capoluogo il confronto è stato condotto con lo studio della Università di Pisa "Pericolosità idraulica di aree poste in sinistra del fiume Arno nei comuni di Scandicci e Lastra a Signa".

In primo luogo sono stati confrontati i risultati del modello di simulazione dell'Arno. Nella Figura 7-1 si riporta a titolo di esempio l'idrogramma in ingresso a valle della confluenza del torrente Greve, si osservi che gli idrogrammi sono di fatto coincidenti.

Nella Figura 7-2 si riporta il confronto tra le portate a valle del ponte tra Signa e Lastra a Signa. Si osserva che gli idrogrammi di fatto coincidono.

Si osserva che il modello della Università di Pisa prevedeva verifiche separate per i corsi d'acqua Arno, Vingone e Greve pertanto senza tener conto di eventuali fenomeni di rigurgito dall'Arno verso i due affluenti. Nel caso specifico è stato verificato che il fiume Vingone e i suoi affluenti non sono in grado di contenere il rigurgito del fiume Arno come è possibile osservare nella Figura 7-3 dove la portata del torrente Vingone risulta negativa pari a circa 120 mc/s.

Si osserva inoltre che gli affluenti del fiume Arno quali Vingone e Greve sono stati verificati assumendo come condizione di valle sempre quella relativa a un tempo di ritorno di 30 anni mentre nel presente studio si è assunto un uguale tempo di ritorno.

Dal confronto tra le Figura 1-25, Figura 1-26 e Figura 1-27 e le Tavole T05 si osserva quanto segue:

- per il tempo di ritorno di 30 anni nello studio attuale vi sono maggiori aree inondate sia in destra che in sinistra idraulica del torrente Vingone dovute alle esondazioni degli affluenti non modellati nello studio della Università di Pisa;
- per il tempo di ritorno di 100 anni le esondazioni risultano simili, il livello medio in destra Vingone risulta di circa 36.20 m s.l.m. contro un livello di 36.01 m s.l.m. dello studio della Università di Pisa e un livello di 35.73 m s.l.m. del SIMI;
- per il tempo di ritorno di 200 anni le esondazioni hanno estensione confrontabile mentre si registra un diminuzione dei livelli, il livello in destra Vingone risulta di circa 37.40 m s.l.m. contro un livello di 37.43 m s.l.m. dello studio della Università di Pisa e un livello di 37.57 m s.l.m. del SIMI;
- per il tempo di ritorno di 500 anni le esondazioni hanno sempre estensione confrontabile ma permane un minore livello, il livello in destra Vingone risulta di circa 39.70 m s.l.m. contro un livello di 38.34 m s.l.m. dello studio della Università di Pisa e un livello di 39.99 m s.l.m. del SIMI.

Idrogramma fiume Arno Tr200 durata 24 ore- valle confluenza Greve - sezione 529

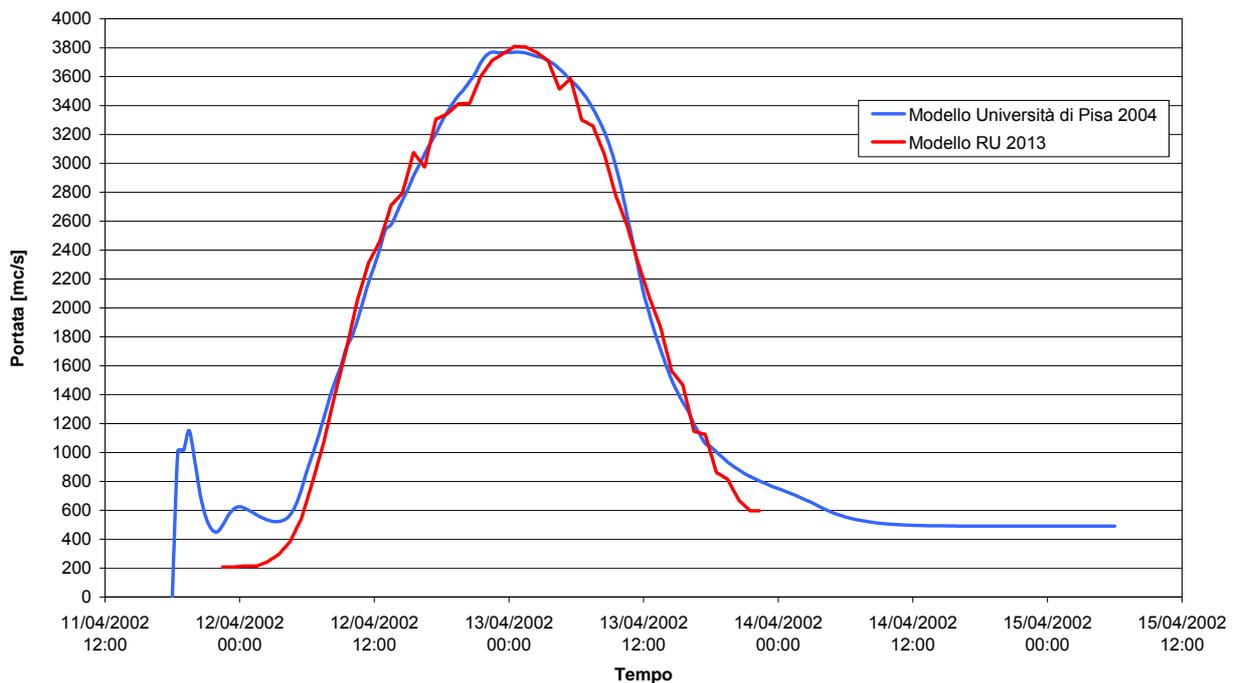


Figura 7-1 – Idrogrammi sul fiume Arno a valle della confluenza della Greve.

Idrogramma fiume Arno Tr200 durata 24 ore- valle ponte Signa - sezione 507

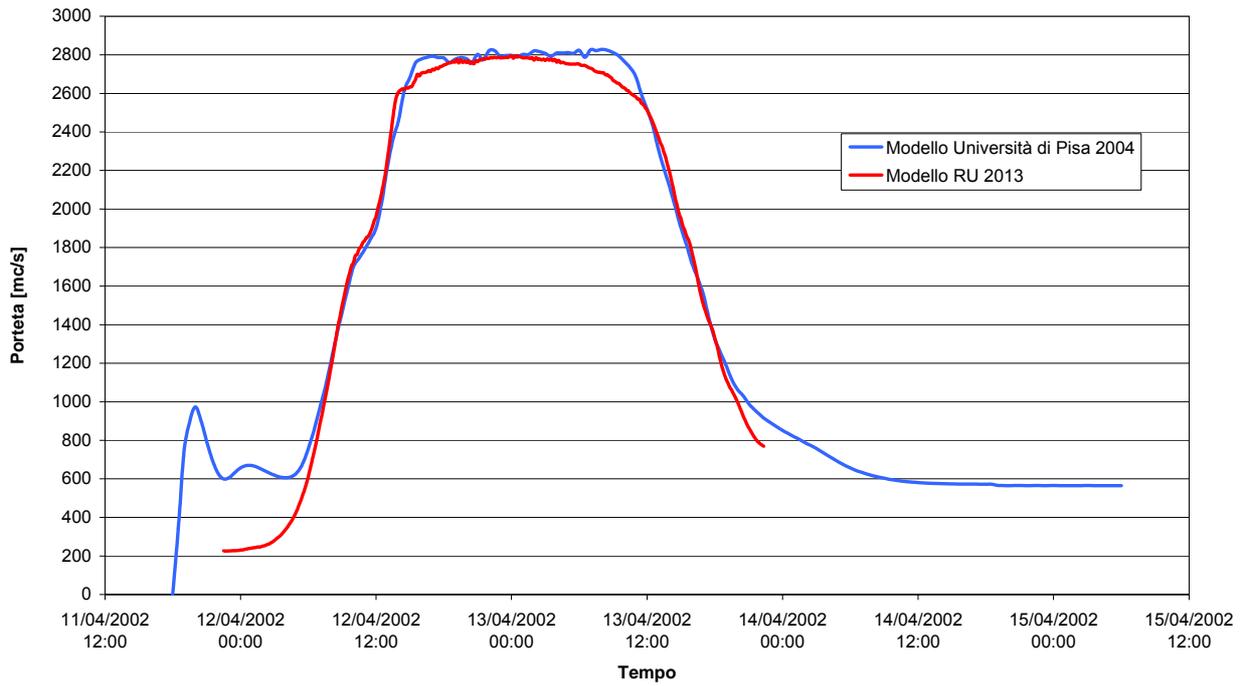


Figura 7-2 – Idrogrammi sul fiume Arno a valle del ponte Signa-Lastra a Signa.

Idrogramma torrente Vingone Tr 200 durata 24 ore - alla confluenza

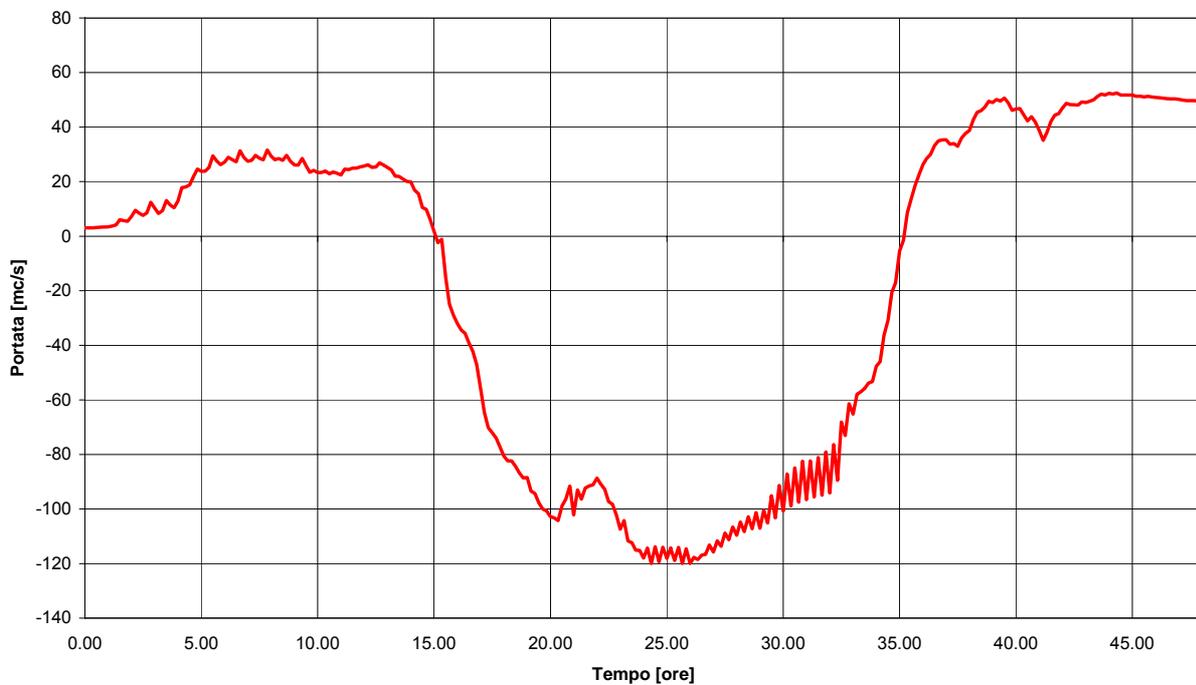


Figura 7-3 – Idrogramma del torrente Vingone alla confluenza.

7.1.2 Area Ginestra

Per l'area della Ginestra il confronto è stato condotto con il PAI. Nella Figura 1-17 si riporta il PAI attuale. Si osserva che le pericolosità indotte dagli affluenti non sono presenti della perimetrazione del PAI in quanto gli stessi non erano stati oggetto di studio.

Si rileva inoltre una diminuzione della pericolosità in sponda destra in corrispondenza della confluenza del torrente Virginio.

Da osservare inoltre la presenza della variante alla Chiantigiana che di fatto costituisce una barriera tra il fiume Pesa e l'abitato della Ginestra Fiorentina e che non era presente negli studi a supporto del PAI.

Anche a valle della superstrada FI-PI-LI, fino al confine comunale, in sponda destra del torrente Pesa si registra una diminuzione della pericolosità rispetto a quanto riportato nel PAI.

8 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Gli interventi di messa in sicurezza sono riportati nella Tavola T09. Gli interventi sono finalizzati alla messa in sicurezza degli affluenti del fiume Arno e del fiume Pesa.

Nell'area del Capoluogo sono previsti i seguenti interventi:

Torrente Vingone

- Intervento di adeguamento delle sommità arginali in sponda destra e in sponda sinistra a monte del ponte di Granatieri per altezze variabili da 50 cm a 1.0 m.
- Demolizione e ricostruzione del ponte di Granatieri con una luce di 12.0 m di larghezza;
- Rialzamento argine destro e sinistro tra il ponte di Granatieri e il ponte della FI-PI-LI;
- Riprofilatura del ponte della FI-PI-LI con larghezza al fondo di 15.0 m;
- Riprofilatura della sezione tra il ponte della FI-PI-LI e la confluenza del borro del Bacino con una larghezza al fondo di 6.0 m;
- Rialzamento delle sommità arginali dal ponte della FI-PI-LI alla confluenza in Arno.

Borro Bacino

- Demolizione e ricostruzione del ponte sulla via Antonio Gramsci con una larghezza di 2.75 m;
- Riprofilatura della sezione e adeguamento delle sommità arginali tra il nuovo ponte e la confluenza nel torrente Vingone con una sezione trapezia di larghezza la fondo variabile da 1.0 m a 2.0 m;

Borro La Guardiania

- Adeguamento della sezione a monte del tombamento, sezione trapezia di 4.0 m di larghezza al fondo;
- Adeguamento del tombamento con una sezione rettangolare larga 5.0 m e di altezza 2.0 m;
- Adeguamento della sezione e delle sommità arginali tra il tombamento e la confluenza nel torrente Vingone con una sezione trapezia di larghezza al fondo 4.5 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponte su via Antonio Gramsci con una sezione di larghezza 6.0 m;
- Riprofilatura ponticello tra via Antonio Gramsci e via Livornese con una sezione trapezia di larghezza al fondo 4.5 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponte su via Livornese con una sezione rettangolare di 6.0 m di larghezza.

Borro Rimaggio

- Demolizione e ricostruzione del ponte sulla via Vecchia Pisana, sezione rettangolare di 5.0 m e abbassamento del salto a valle;
- Riprofilatura della sezione a valle del ponte sulla via Vecchia Pisana con una sezione trapezia di larghezza al fondo 3.5 m;
- Demolizione e ricostruzione dei due ponticelli posti a valle il primo con una sezione di larghezza 4.0 m e il secondo con una sezione di larghezza 5.25 m e adeguamento delle sezioni a monte e a valle;

- Demolizione e ricostruzione del ponte per via Santa Lucia con una sezione di larghezza 7.0 m;
- Riprofilatura della sezione tra il ponte per via Santa Lucia e la via Vecchia Pisana con una sezione prima trapezia di 3.0 m di larghezza al fondo e poi rettangolare con larghezza 6.0 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponticello a monte dell'incrocio tra via Vecchia Pisana e via Santa Lucia con una sezione di larghezza 7.0 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponte su via Vecchia Pisana con una sezione rettangolare di larghezza 7.0 m.
- Vari tratti di adeguamento delle sommità arginali dal ponte della via Vecchia Pisana al ponte della Via di Sotto;
- Demolizione e ricostruzione del ponte ad arco posto a valle dell'incrocio di via Vecchia Pisana con via Santa Lucia con una sezione rettangolare di larghezza 7.0 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponte su Via Livornese con una sezione rettangolare di larghezza 7.0 m.

Fosso Stagno

- Non è stato previsto nessun intervento.

Fosso Stagnolo

- Non è stato previsto nessun intervento.

Sono stati inoltre previsti 3 impianti idrovori:

- area tra il borro del Bacino e il borro Guardiania (V008-CS007) costituito da 5 pompe da 0.5 mc/s ciascuna per un totale di 2.5 mc/s;
- area tra il borro Guardiania e il borro Rimaggio (V010-CS008) costituito da 5 pompe da 0.5 mc/s ciascuna per un totale di 2.5 mc/s;
- area in sinistra del borro Rimaggio (A005-CS003) costituito da 4 pompe da 0.25 mc/s ciascuna per un totale di 1 mc/s.

Nell'area della Ginestra sono previsti i seguenti interventi:

Borro Ritortolo

- Riprofilatura della sezione e adeguamento delle sommità arginali e monte del ponte sulla via Chiantigiana con sezione trapezia di larghezza al fondo 2.0 m;
- Demolizione e ricostruzione del ponte sulla via Chiantigiana con una sezione rettangolare di larghezza 6.5 m;
- Riprofilatura e adeguamento delle sommità arginali a valle della via Chiantigiana con sezioni trapezie di larghezza al fondo variabile da 2.0 m a 3.0 m;

Borro di Ripalta (Borro Case Nuove)

- Demolizione e ricostruzione del ponte della via Chiantigiana e del ponte a valle con una sezione rettangolare di larghezza 3.0 m;
- Riprofilatura della sezione tra la via Chiantigiana e la variante con una sezione trapezia di larghezza al fondo 0.5 m;

Borro Vallone (Borro della Fornace)

- Demolizione e ricostruzione del ponte a valle della via Chiantigiana con una sezione di larghezza 2.0 m e riprofilatura della sezione a monte e a valle con una sezione trapezia di larghezza al fondo 0.5 m;

Borro Ringuillo

- Riprofilatura del tratto a monte del tombamento di via di Carcheri con una sezione trapezia di larghezza al fondo 1 m;
- Demolizione senza ricostruzione di due attraversamenti di servizio a monte del tombamento di via di Carcheri;
- Realizzazione by-pass del tombamento esistente con rifacimento di nuovo tombamento rettangolare di dimensioni 2 m x 1.5 m lungo via di Carcheri.
- Riprofilatura del tratto a valle del tombamento di via di Carcheri con una sezione trapezia di larghezza al fondo 1 m;
- Demolizione senza ricostruzione di un attraversamento di servizio a valle del tombamento di via di Carcheri.

Borro Grillaio

- Demolizione e ricostruzione del ponte della via Chiantigiana con una sezione rettangolare di larghezza 6.0 m e riprofilatura della sezione a monte, rettangolare di larghezza 6.0 m.

Borro Garibaldi

- Riprofilatura del tratto a monte dell'attraversamento della variante con una sezione trapezia di larghezza al fondo 2 m;
- Riprofilatura della sezione del ponte a monte di via Chiantigiana con il ripristino della sezione al fondo con larghezza 5 m;
- Riprofilatura della sezione del ponte sulla via Chiantigiana con il ripristino della sezione rettangolare con larghezza 5 m.

9 SCHEMATIZZAZIONE DELL'AREA ALLO STATO DI PROGETTO

Il sistema idraulico dello stato di progetto è stato schematizzato in modo analogo allo stato attuale:

Area Capoluogo (Arno)

- 19 tronchi;
- 35 immissioni di portata;
- 1 area di esondazione bidimensionale;
- 1 aree di espansione quasi-bidimensionale;
- 1997 connessioni idrauliche;
- 31 paratoie;
- 4 idrovore.

Area Ginestra (Pesa)

- 15 tronchi;
- 12 immissioni di portata;
- 1 area di esondazione bidimensionale;
- 1 aree di espansione quasi-bidimensionale;
- 878 connessioni idrauliche;
- 11 paratoie.

Nella Figura 5-1 si riporta lo schema del sistema oggetto di studio per l'area del Capoluogo e nella Figura 5-2 per l'area della Ginestra nello stato attuale che coincide con quello dello stato di progetto.

Le sezioni utilizzate per la modellazione idraulica allo stato di progetto sono complessivamente in numero pari a 659 per l'area Capoluogo e 319 per l'area della Ginestra.

La geometria viene considerata "fissa nel tempo", prescindendo quindi da evoluzioni del letto sul breve e lungo periodo e ignorando di conseguenza i fenomeni di erosione e deposito di tipo generalizzato e localizzato.

L'ubicazione delle sezioni topografiche è riportata nella Tavola T09.

I profili longitudinali sono riportati nella Tavola T10.

9.1 Il modello digitale delle aree inondabili

Il modello digitale del terreno con passo 25 m x 25 m è stato ricavato per aggregazione del rilievo Lidar 1 m x 1 m.

Nella fase di aggregazione in corrispondenza dei rilevati è stata attribuita alla cella 25 m x 25 m la massima quota del modello 1 m x 1 m, nei restanti casi è stata assegnata la quota media. Il modello digitale del terreno è collegato alle sezioni fluviali attraverso una serie di soglie sfioranti la cui quota è ricavata dalle sezioni fluviali e la lunghezza è pari alla dimensione del modello digitale del terreno ovvero 25 m.

In corrispondenza dell'argine remoto e del presidio idraulico di progetto la quota delle celle è stata elevata fino alla sommità delle strutture per simulare correttamente il contenimento.

10 ANALISI IDRAULICA DELLO STATO DI PROGETTO

L'analisi idraulica è stata condotta per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

I tabulati delle verifiche idrauliche per ciascun tempo di ritorno sono riportati nell'Allegato A04. Nell'Allegato A05 sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici.

Nella Tavola T10 è riportato il profilo longitudinale con i livelli idrometrici.

Per ciascun tempo di ritorno è stata prodotta una mappa dei battenti e delle velocità nelle aree inondabili riportata nelle Tavola T11.

Nelle Tavola T12, T13 e T14 si riportano le planimetrie delle aree inondate, della pericolosità idraulica ai sensi del 53/R e del PAI.

10.1 Analisi dei risultati

Le verifiche sullo stato di progetto indicano che gli interventi previsti sono in grado di mettere in sicurezza l'area del Capoluogo in sponda sinistra del torrente Vingone e l'area della Ginestra Fiorentina, posta a monte della variante, per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

Gli interventi non comportano aggravii significativi nelle aree circostanti.

Nella Figura 10-1 si riportano gli idrogrammi allo stato attuale e di progetto del torrente Vingone, si osservi che le portate, che nello stato attuale erano anche negative per il rigurgito dell'Arno, ora sono sempre positive. Nella Figura 10-2 si riportano gli idrogrammi allo stato attuale e di progetto nel fiume Arno. Gli idrogrammi si discostano di soli 10 mc/s al colmo.

Nella Tabella 10-1 si riporta il confronto tra i livelli di esondazione in destra Vingone allo stato attuale e nello stato di progetto. Si osservi la riduzione dei battenti di esondazione anche in sponda destra del torrente Vingone.

| <i>Tr</i> | <i>Attuale</i> | <i>Progetto</i> |
|-----------|----------------|-----------------|
| 30 | 34.9 | 34.9 |
| 100 | 36.2 | 36.04 |
| 200 | 37.4 | 36.9 |
| 500 | 39.7 | 39.7 |

Tabella 10-1 – Confronto livelli di esondazione destra Vingone area Capoluogo

Nella Figura 10-3 si riportano gli idrogrammi del fiume Pesa a valle del ponte della FI-PI-LI nello stato attuale e nello stato di progetto. Si osserva che i due idrogrammi sono identici.

Confronto idrogrammi torrente Vingone stato attuale e di progetto Tr 200 anni durata 24 ore

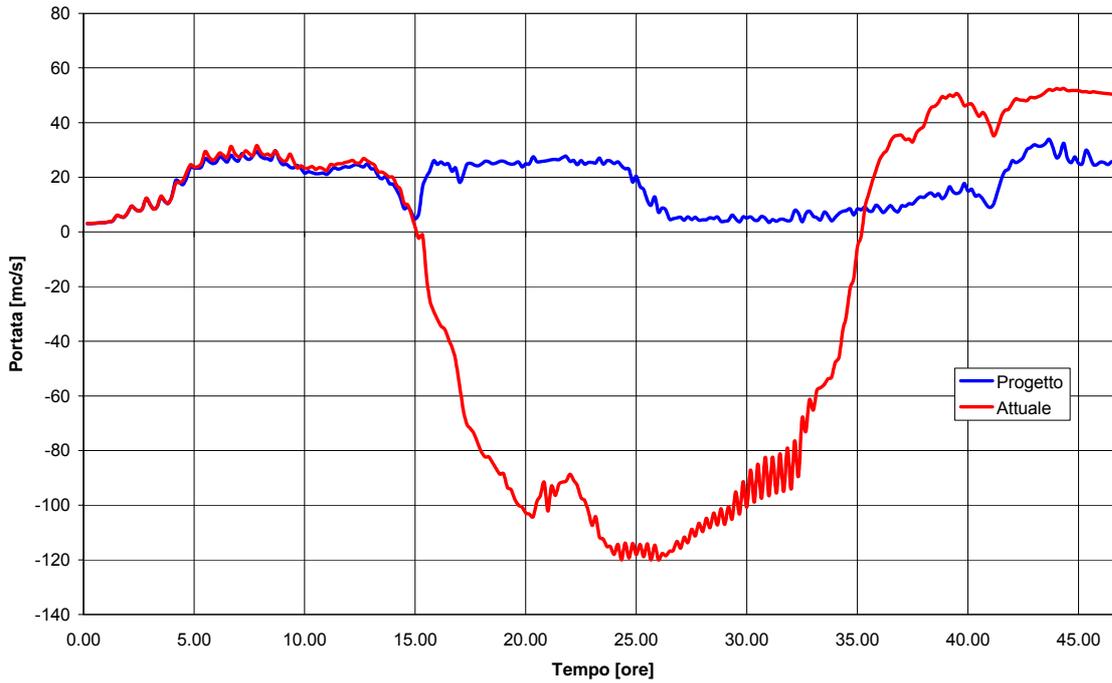


Figura 10-1 – Confronto portata del torrente Vingone nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni

Confronto idrogrammi fiume Arno stato attuale e di progetto Tr 200 anni durata 24 ore

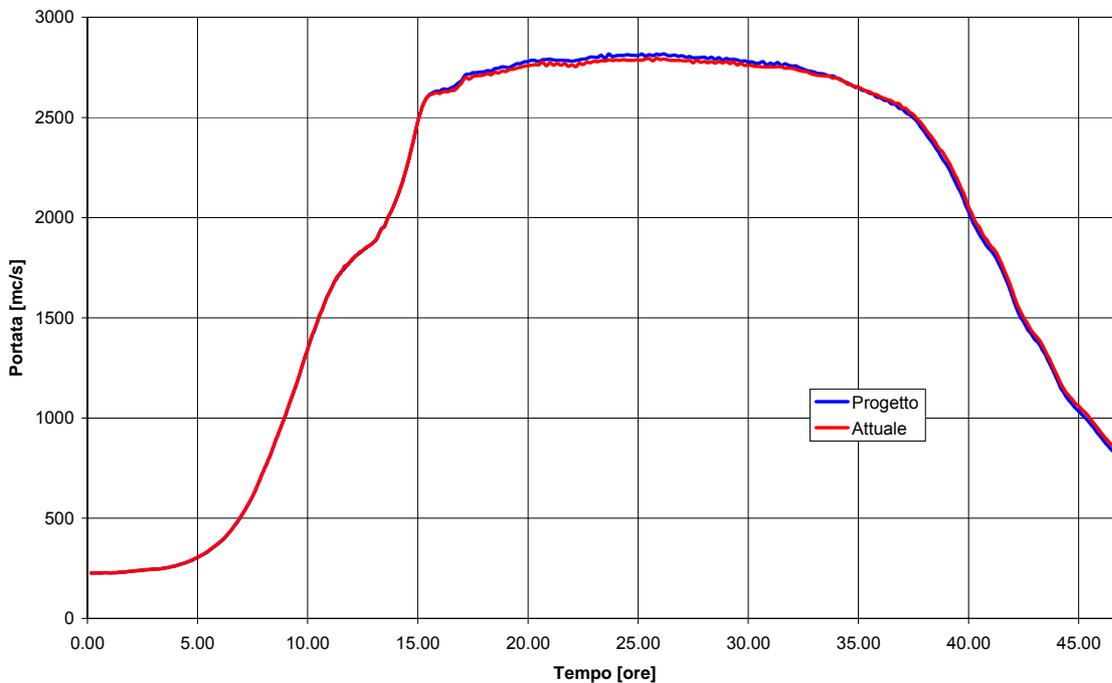


Figura 10-2 – Confronto portata nel fiume Arno al ponte di Signa nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni

Confronto idrogrammi fiume Pesa alla confluenza stato attuale e di progetto Tr 200 anni

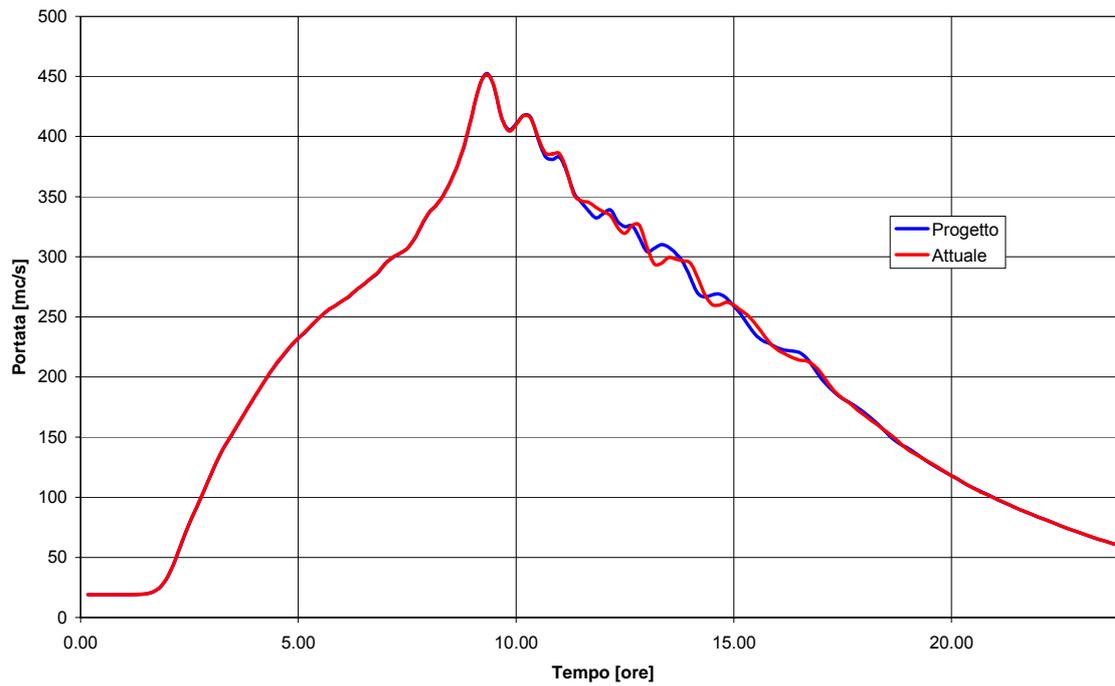


Figura 10-3 – Confronto portata nel fiume Pesa alla confluenza nello stato attuale e di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni

11 PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ALLO STATO DI PROGETTO

Le aree inondabili sono state tracciate a partire dalle mappe dei battenti.

Le aree inondabili sono state tracciate per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

I criteri adottati sono gli stessi dello stato attuale.

Nelle Tavola T12, T13 e T14 si riportano le planimetrie delle aree inondate, della pericolosità idraulica ai sensi del 53/R e del PAI.

Nella Tabella 11-1 e nella Tabella 11-2 si riportano le superfici inondate per i diversi tempi di ritorno nello stato attuale e in quello di progetto rispettivamente per l'area del Capoluogo e per l'area della Ginestra.

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| TR030 | 1409667 | 554375 |
| TR100 | 2722677 | 1751714 |
| TR200 | 2770918 | 1820076 |
| TR500 | 2849888 | 2002129 |

Tabella 11-1 – Aree inondate area Capoluogo

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| TR030 | 508479 | 339164 |
| TR100 | 671678 | 443884 |
| TR200 | 833675 | 538800 |
| TR500 | 1013311 | 836718 |

Tabella 11-2 – Aree inondate area Ginestra

Nella Tabella 11-3 e nella Tabella 11-4 si riportano le superfici a diversa pericolosità 53/R nello stato attuale e in quello di progetto rispettivamente per l'area del Capoluogo e per l'area della Ginestra.

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| I.2 | 3262943 | 2415183 |
| I.3 | 3183973 | 2233130 |
| I.4 | 1822721 | 967429 |

Tabella 11-3 – Aree a diversa pericolosità 53/R area Capoluogo

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| I.2 | 1149830 | 973237 |
| I.3 | 970194 | 675319 |
| I.4 | 644998 | 475683 |

Tabella 11-4 – Aree a diversa pericolosità 53/R area Ginestra

Nella Tabella 11-5 e nella Tabella 11-6 si riportano le superfici a diversa pericolosità PAI nello stato attuale e in quello di progetto rispettivamente per l'area del Capoluogo e per l'area della Ginestra.

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| PI1 | 3262943 | 2415183 |
| PI2 | 3183973 | 2233130 |
| PI3 | 3093168 | 2023036 |
| PI4 | 1483700 | 656049 |

Tabella 11-5 – Aree a diversa pericolosità PAI area Capoluogo

| Area [mq] | Attuale | Progetto |
|-----------|---------|----------|
| PI1 | 1149830 | 973237 |
| PI2 | 970194 | 675319 |
| PI3 | 738780 | 550544 |
| PI4 | 369467 | 312881 |

Tabella 11-6 – Aree a diversa pericolosità PAI area Ginestra