



PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

DOC.QI.001

Relazione idrologica idraulica

Luglio 2023

Brenda Barnini

Sindaco Comune di Empoli

Paolo Masetti

Sindaco Comune di Montelupo Fiorentino

Giuseppe Torchia

Sindaco Comune di Vinci

Simona Rosetti

Sindaco Comune di Cerreto Guidi

Alessandro Giunti

Sindaco Comune di Capraia e Limite

UFFICIO DI PIANO

Riccardo Manetti

Responsabile del Procedimento

Romina Falaschi

Garante dell'informazione e della partecipazione

COMUNE DI EMPOLI

Alessandro Annunziati

Valentina Acquasana

Martina Gracci

Monica Salvadori

COMUNE DI MONTELUPO FIORENTINO

Elena Corsinovi

COMUNE DI VINCI

Claudia Peruzzi

Rosanna Spinelli

COMUNE DI CERRETO GUIDI

Lorenzo Ricciarelli

Viola Fabbrizzi

COMUNE DI CAPRAIA E LIMITE

Roberto Montagni

Alessio Sabatini

GRUPPO DI LAVORO

Giovanni Parlanti

Capogruppo Progettista

Gabriele Banchetti

Responsabile VAS

Carlo Santacroce

Collaborazione al Progetto

Geo Eco Progetti

Geoprogetti Studio Associato

Studi Geologici

H.S. Ingegneria s.r.l.

Studi Idraulici

PFM srl società tra professionisti

NEMO Nature and Environment Management Operators s.r.l.

Studi Ambientali, Agronomici e Forestali

Alessandro Daraio

Studi Economici e Demografici

Emanuele Bechelli

Giulia Mancini

Chiara Balducci

Collaborazione e Elaborazione grafica e GIS

SOCIOLAB

Percorso Partecipativo

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

INDICE GENERALE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. STUDI PREGRESSI SULLE AREE DI INTERESSE..... | 3 |
| 3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO..... | 5 |
| 3.1. Reticolo idrografico secondario LR 79/2012..... | 5 |
| 3.2. Reticolo idrografico principale PGRA Appennino Settentrionale..... | 8 |
| 4. RELAZIONE IDROLOGICA..... | 10 |
| 4.1. Caratteristiche geomorfologiche dei bacini di interesse..... | 10 |
| 4.2. Definizione degli afflussi..... | 15 |
| 4.2.1. Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica..... | 15 |
| 4.2.2. Ietogramma di progetto e fattore di ragguaglio..... | 21 |
| 4.3. Determinazione delle perdite di bacino..... | 24 |
| 4.3.1. Bacini collinari: metodo initial/costant..... | 24 |
| 4.3.2. Bacini di pianura: coefficienti di deflusso..... | 32 |
| 4.4. Trasformazione afflussi netti – deflussi..... | 34 |
| 4.4.1. Tempo di corrivazione..... | 34 |
| 4.4.2. Bacini collinari: idrogramma unitario di Nash..... | 38 |
| 4.4.3. Bacini di pianura: idrogramma della corrivazione..... | 41 |
| 4.5. Propagazione dei deflussi..... | 41 |
| 4.6. Risultati della modellazione idrologica..... | 42 |
| 5. RELAZIONE IDRAULICA..... | 54 |
| 5.1. Modelli di calcolo RAS..... | 54 |
| 5.1.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale..... | 54 |
| 5.1.1. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale..... | 55 |
| 5.2. Modelli idraulici dell'area di studio: reticolo secondario di PGRA..... | 57 |
| 5.2.1. Dati topografici di base..... | 58 |
| 5.2.2. Caratteristiche geometriche..... | 59 |
| 5.2.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata..... | 60 |
| 5.2.4. Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena..... | 62 |
| 5.2.5. Impostazioni generali di calcolo..... | 79 |
| 5.2.6. Scenari simulati..... | 79 |
| 5.3. Modelli idraulici dell'area di studio: torrente Pesa (reticolo principale PGRA)..... | 91 |
| 6. ANALISI DEI RISULTATI..... | 93 |
| 7. ALLEGATI..... | 94 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

1. PREMESSA

La presente indagine è redatta a supporto del Piano Strutturale Intercomunale (PSI) dei comuni delle città e territori delle due rive: Capraia e Limite, Cerreto Guidi, Empoli, Montelupo Fiorentino, Vinci (FI).

L'indagine è redatta ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 5/R/2020 "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche." e della L.R. 41/2018 "Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni)", oltre che della vigente Disciplina di Piano del Piano Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale.

I corsi d'acqua presi in esame in questa sede sono quelli le cui esondazioni possono potenzialmente interessare gli ambiti del territorio urbanizzato e le aree potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, sulla base delle indicazioni delle amministrazioni comunali.

Nel seguito, dopo un inquadramento generale relativo al territorio ed ai corsi d'acqua oggetto di analisi, si procede dapprima con l'analisi idrologica dei corsi d'acqua di interesse, successivamente viene descritta la modellazione idraulica implementata per la definizione delle aree di esondazione trentennali e duecentennali e delle relativi classi di magnitudo.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

2. STUDI PREGRESSI SULLE AREE DI INTERESSE

Il quadro conoscitivo della pericolosità idraulica disponibile per i comuni in esame deriva da più studi, con diversi gradi di dettaglio ed aggiornamento. In particolare:

- per il territorio di Limite e Capraia sono stati redatti gli studi idraulici a supporto del nuovo Piano Operativo, da parte della società Physis-West Systems, su incarico dell'Amministrazione Comunale. Nel presente Piano Strutturale vengono recepiti i risultati di tali studi, per opportuna coerenza tra le pericolosità di Piano Strutturale e di Piano Operativo. Gli studi redatti da Physis-West Systems verranno presentati unitamente al presente studio;
- il Comune di Cerreto Guidi ha recentemente redatto il proprio Piano Operativo (avviso relativo all'approvazione è pubblicato sul BURT n. 8 del 23.02.2022). Per la definizione della pericolosità idraulica relativa al territorio comunale si sono ripresi direttamente i dati derivati dagli studi condotti in sede di P.O.;
- per il Comune di Montelupo Fiorentino non sono disponibili studi idraulici recenti volti a valutazioni di pericolosità idraulica, per cui si è proceduto in questa sede con lo studio del reticolo idrografico di interesse per il territorio comunale;
- per il Comune di Empoli il quadro di pericolosità idraulica vigente è basato sullo "*Studio idrologico idraulico di supporto al nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli*", redatto nel Novembre 2012 dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile di area vasta di Firenze Prato Pistoia Arezzo. Successivamente a tale studio sono state redatte due varianti urbanistiche aventi carattere puntuale, ma interessanti praticamente tutto il territorio comunale: la "*Variante al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico relativa alle aree produttive*", approvata con Delibera del C.C. n. 90 del 19/11/2018 e la "*Variante al Regolamento Urbanistico per interventi puntuali all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della L.R. 65/2014*", approvata con Delibera del C.C. n. 122 del 25/11/2019. Gli studi idraulici a supporto di tali varianti, approvati dagli Enti competenti e redatti da H.S. Ingegneria, sono stati utilizzati come basi di partenza (opportunamente integrate) per le valutazioni idrauliche effettuate in questa sede;
- per il Comune di Vinci il quadro di pericolosità idraulica vigente è basato sugli studi condotti a supporto della "*Variante di minima entità al Piano Strutturale, ai sensi dell'art. 17 della l.r. 1/2005, per l'aggiornamento delle carte della pericolosità idraulica, geologica e sismica e piccole precisazioni alle N.T.A.*", approvata con Delibera del C.C. n. 10 del 27/03/2014. Gli studi idraulici condotti da A4 Ingegneria a supporto di detta variante, opportunamente aggiornati ed integrati, sono stati assunti come base per le valutazioni condotte in questa sede.

Per quel che riguarda in particolare il reticolo principale del Piano Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale, sulla base di quanto indicato dalla competente Autorità di Distretto (anche in sede di riunioni di coordinamento ai fini della redazione del presente studio), la situazione è la seguente:

- per il fiume Elsa ed il fiume Arno si fa riferimento al vigente PGRA. Per il fiume Arno per i Comuni di Capraia e Limite, Cerreto Guidi, Vinci e Montelupo Fiorentino si fa riferimento alle

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

quote di esondazione derivanti da modello SIMI. Per il Comune di Empoli si fa riferimento al modello dell'Arno redatto dal Genio Civile per il Regolamento Urbanistico di Empoli;

- per il torrente Pesa si è proceduto con l'aggiornamento della pericolosità indotta sul territorio comunale di Montelupo Fiorentino, sulla base degli idrogrammi e del modello idraulico direttamente forniti dalla competente Autorità di Distretto, sviluppati a partire dal modello già redatto per l'aggiornamento degli strumenti comunali del Comune di Montespertoli. L'aggiornamento del PGRA per tale corso d'acqua sarà fatto direttamente dal Distretto per i diversi comuni posti lungo l'asta della Pesa.

Sulla base di quanto sopra sono state impostate le indagini idrauliche descritte a seguire.

Nella scelta degli approcci di calcolo seguiti (in particolare per la modellazione idrologica) si è cercato di mantenere un approccio coerente con gli studi precedentemente redatti sull'area di studio.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Nell'area di studio in esame il corso d'acqua di dimensioni maggiori è il fiume Arno, arginato in sinistra idraulica e privo di arginature in destra. Gli affluenti principali (facenti parti del reticolo principale di PGRA) sono il fiume Elsa ed il torrente Pesa, affluenti di sinistra. Sono poi presenti ulteriori aste a carattere torrentizio, tra cui i principali sono in sinistra il torrente Orme ed in destra i Rii di S. Ansano e dei Morticini, oltre al torrente Streda.

Ai fini della presente analisi si distingue tra corsi d'acqua del reticolo principale di PGRA e corsi d'acqua del reticolo secondario, facenti parti del reticolo idrografico di riferimento della Regione Toscana di cui alla LR 79/2012.

Per l'inquadramento cartografico del reticolo oggetto di studio si rimanda alla tavola della corografia.

3.1. Reticolo idrografico secondario LR 79/2012

Il reticolo idraulico considerato comprende i seguenti corsi d'acqua, ordinati per comuni, da Ovest ad Est e da Nord a Sud:

- Comune di Empoli
 - Rio di Friano
 - Deviatore Rio di Friano
 - Rio di Pagnana
 - Rio Stella
 - Diversivo Rio Stella
 - Rio di Vitiana
 - Rio di Riottoli
 - Rio di Santa Maria
 - Rio Sant'Anna
 - Diversivo Rio di Sant'Anna
 - Rio delle Volpi
 - MV35771
 - MV36011
 - MV36429
 - MV36580
 - MV36456
 - Rio dei Cappuccini

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

- Rio Terraio
- MV36789
- MV36652
- Torrente Orme
- Torrente Piovola
- MV35780
- Rio della Pratella
- Rio di Cammimmi
- Rio Tombaluna
- Rio di Ribartoli
- Rio Mori (MV38052)
- MV38677
- MV38887
- MV38858

- Comune di Vinci
 - Fossetta Casa Nuova
 - Rio S.Ansano
 - Rio Marcarro
 - Rio Morticini
 - Torrente Streda
 - BV5587
 - BV4334
 - Borro delle Quercetelle
 - BV4895
 - BV5056
 - BV5405
 - Torrente Vincio
 - Fosso Borgano

- Comune di Vinci
 - Fossetta Casa Nuova
 - Rio S.Ansano

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

- Rio Marcarro
 - Rio Morticini
 - Torrente Streda
 - BV5587
 - BV4334
 - Borro delle Quercetelle
 - BV4895
 - BV5056
 - BV5405
 - Torrente Vincio
 - Fosso Borgano
-
- Comune di Montelupo Fiorentino
 - Rio di Camaioni
 - Fosso di Brugnano
 - Rio della Cava
 - Rio della Chiusura
 - Rio di San Miniato
 - Rio Schifanoia
 - Torrente Turbone
 - Rio del Bosco
 - Rio dei Bottini
 - Corso MV35475 (codici MV35475, MV35498 ai sensi della L.R. 79/2012)
 - Borro di Montecuccoli
 - Corso d'acqua MV35568 (codici MV35568, MV50175, MV50187, MV35759 nel tratto terminale del corso d'acqua ai sensi della L.R. 79/2012)
 - Rio di Sammontana
 - Rio della Pratella, affluente in sinistra idraulica del Rio Grande
 - Rio Grande
 - Fibbiana
 - Corso d'acqua MV35666, affluente in sinistra idraulica del Rio Grande (codici MV35666, MV50277, MV35685, MV35725 tratto terminale del corso d'acqua ai sensi della L.R. 79/2012)
 - Fosso di Fibbiana

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

- Rio di Cortenuova
- Rio delle Caselle
- Corso d'acqua MV50194, affluente in destra idraulica del Rio delle Caselle (codici MV50194, MV50193 nel tratto terminale del corso d'acqua ai sensi della L.R. 79/2012)
- Corso d'acqua MV50195, affluente in sinistra idraulica del Rio delle Caselle (codici MV50195, MV35792 nel tratto terminale del corso d'acqua ai sensi della L.R. 79/2012)
- Corso d'acqua MV35177

3.2. Reticolo idrografico principale PGRA Appennino Settentrionale

Sotto il coordinamento dell'Autorità di Bacino Appennino Settentrionale sono state valutate anche le condizioni di pericolosità indotte dal Torrente Pesa, con riferimento al tratto di interesse per il Comune di Montelupo Fiorentino, riportato nella seguente figura, che si estende dallo sbocco in Arno alla confluenza con il Borro del Lago, affluente di destra, per una lunghezza di 5.5 km.

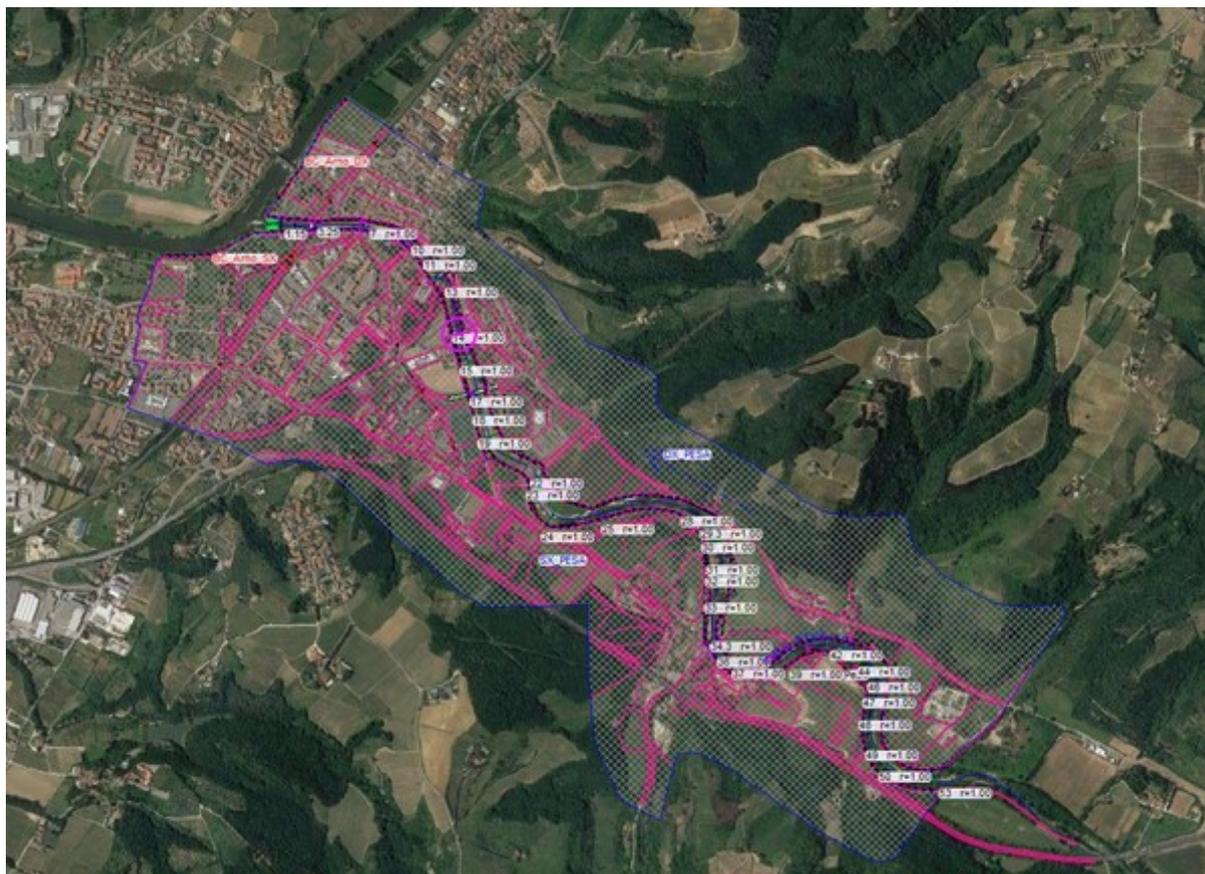


Figura 1 - Tratto di modellazione del Torrente Pesa.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

Le valutazioni condotte sulla Pesa hanno interessato in particolare la valutazione della pericolosità indotta dal torrente nel caso di contemporanea presenza di condizioni di piena in Arno, condizione associata tipicamente a piogge di lunga durata (18-24-36 ore).

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

4. RELAZIONE IDROLOGICA

Scopo della presente relazione idrologica è quello di determinare le massime portate e gli idrogrammi di massima piena attesi nei tratti dei corsi d'acqua da analizzare per la definizione delle condizioni di pericolosità idraulica nelle aree di interesse ai fini urbanistici.

I tempi di ritorno assunti nell'analisi idrologica sono pari a 30 e 200 anni.

L'approccio seguito nella definizione degli idrogrammi di verifica è analogo a quello seguito nella maggior parte degli studi pregressi che hanno interessato il territorio in esame, al fine di mantenere un approccio coerente.

4.1. Caratteristiche geomorfologiche dei bacini di interesse

Le principali caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrologici sono state individuate sulla base delle seguenti fonti: studi pregressi, Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10000 ed 1:2000, dove disponibile, modello digitale del terreno (DTM) della Regione Toscana con risoluzione 10m x 10m integrato, laddove disponibili, con i dati dei rilievi LIDAR del terreno con risoluzione 1m x 1m, strato informativo del reticolo idrografico della Regione Toscana.

Nelle successive tabelle vengono riportate le caratteristiche morfologiche di ciascun bacino, suddivisi comune per comune.

In Figura 2, invece, è riportato l'inquadramento dei bacini oggetto di studio su base DTM 10mx10m.

| Bacino | Comune | Area [km ²] | Pendenza media [-] | z _{max} [m s.l.m.] | z _{min} [m s.l.m.] |
|----------------|--------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Rio Cappuccini | Empoli | 1.51 | 0.18 | 137.71 | 31.63 |
| Rio Terraio | Empoli | 1.31 | 0.1 | 133.75 | 26.23 |
| Corniola | Empoli | 0.77 | 0.03 | 62.11 | 24.81 |
| MV36652 | Empoli | 0.26 | 0.07 | 90 | 26.72 |
| MV36789 | Empoli | 0.7 | 0.01 | 35.67 | 26.56 |
| Friano 1 | Empoli | 0.74 | 0.08 | 87.78 | 27.35 |
| S. Maria | Empoli | 0.94 | 0.12 | 112.7 | 29.54 |
| Stella 1 | Empoli | 0.56 | 0.09 | 88.87 | 28.55 |
| Volpi 4 | Empoli | 0.33 | 0.02 | 44.68 | 25.9 |
| Volpi 5 | Empoli | 0.96 | 0.02 | 50.17 | 25.91 |
| Cinotti Est | Empoli | 0.4 | 0.03 | 60.58 | 24.98 |
| Cinotti ovest | Empoli | 0.51 | 0.03 | 56.56 | 22.65 |
| Friano 2 | Empoli | 1.44 | 0.01 | 30 | 20.31 |
| Lucchese Est | Empoli | 0.04 | 0 | 23.97 | 23.38 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | Comune | Area [km²] | Pendenza media [-] | z_{max} [m s.l.m.] | z_{min} [m s.l.m.] |
|---------------------------|---|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Lucchese Ovest | Empoli | 0.06 | 0.01 | 23.52 | 20.72 |
| Lucchese Sud | Empoli | 0.13 | 0 | 24.28 | 22.6 |
| MV35771 | Empoli | 1.07 | 0.01 | 28.65 | 22.07 |
| MV36072 | Empoli | 0.54 | 0.01 | 26.81 | 21.44 |
| Pagnana 1 | Empoli | 0.37 | 0.05 | 50 | 24.31 |
| Pagnana 2 | Empoli | 0.71 | 0.01 | 28.42 | 24.32 |
| Pagnana 3 | Empoli | 1.64 | 0.01 | 28.33 | 20.02 |
| Riottoli | Empoli | 0.25 | 0.01 | 26.84 | 23.06 |
| Stella 2 | Empoli | 0.39 | 0 | 24.42 | 21.84 |
| Vitiana 0 | Empoli | 0.58 | 0.05 | 60 | 23.83 |
| Vitiana 1 | Empoli | 0.48 | 0.02 | 30.91 | 22.64 |
| Vitiana 2 Monte | Empoli | 1.35 | 0.01 | 29.35 | 21.99 |
| Vitiana 2 valle | Empoli | 1.31 | 0.01 | 26.78 | 20.21 |
| Volpi 1 | Empoli | 0.53 | 0.02 | 45.05 | 22.31 |
| Volpi 2 | Empoli | 0.39 | 0.01 | 40 | 23.74 |
| Volpi 3 | Empoli | 0.32 | 0.01 | 28.5 | 24.62 |
| MV32807 | Empoli | 1.21 | 0.15 | 146.32 | 35.29 |
| Rio Cammimmi monte | Empoli | 1.03 | 0.15 | 143.31 | 35.22 |
| Rio_Mori | Empoli | 0.28 | 0.07 | 123.45 | 35.16 |
| Tombaluna_Monte | Empoli | 0.39 | 0.12 | 114.98 | 34.78 |
| Rio di Ribartoli | Empoli | 1.41 | 0.04 | 110 | 33.96 |
| Rio Cammimmi Valle | Empoli | 0.08 | 0.02 | 38.51 | 30.58 |
| Tombaluna_Valle | Empoli | 0.14 | 0.01 | 36.87 | 32.09 |
| Montemagnoli | Empoli/ Castelfiorentino/ Montespertoli | 13.79 | 0.16 | 173.68 | 38.51 |
| Orme_1 | Empoli | 2.54 | 0.16 | 200 | 35.24 |
| Orme_2 | Empoli | 2.69 | 0.12 | 160 | 35.64 |
| Orme_Monte | Empoli/Montespertoli | 21.96 | 0.19 | 263.27 | 55.45 |
| Piovola 2 | Empoli/Montespertoli/ Montelupo Fiorentino | 3.91 | 0.2 | 260 | 35.36 |
| MV35780 | Empoli | 0.74 | 0.02 | 30 | 21.72 |
| Piovola 1 | Empoli | 2.53 | 0.04 | 106.2 | 21.82 |
| Pratella | Empoli | 0.71 | 0.01 | 46.22 | 26.99 |
| Pratella Area Industriale | Empoli | 0.21 | 0.01 | 37.32 | 27.6 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | Comune | Area [km²] | Pendenza media [-] | z_{max} [m s.l.m.] | z_{min} [m s.l.m.] |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| MV38598 | Empoli | 0.59 | 0.13 | 130.59 | 38.9 |
| MV38859 | Empoli/Castelfiorentino | 0.27 | 0.13 | 122.05 | 39.44 |
| MV38887 | Empoli | 0.47 | 0.14 | 130.83 | 38.73 |
| Bacino 3 | Empoli | 2.06 | 0.04 | 34.22 | 16.61 |
| MV50194 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.23 | 0.01 | 34.35 | 27.5 |
| Rio delle Caselle_2 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.13 | 0.03 | 30 | 17.71 |
| Rio delle Caselle_1 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.95 | 0.05 | 148.3 | 28.21 |
| MV35666 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.68 | 0.02 | 59.33 | 26.84 |
| MV50195 | Empoli | 0.93 | 0.01 | 51 | 25.42 |

Tabella 1: Principali caratteristiche geomorfologiche dei bacini oggetto di studio nel comune di Empoli

| Bacino | Comune | Area [km²] | Pendenza media [-] | z_{max} [m s.l.m.] | z_{min} [m s.l.m.] |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| MV50194 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.23 | 0.01 | 34.35 | 27.5 |
| Rio delle Caselle_2 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.13 | 0.03 | 30 | 17.71 |
| Rio delle Caselle_1 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.95 | 0.05 | 148.3 | 28.21 |
| MV35666 | Empoli/Montelupo Fiorentino | 0.68 | 0.02 | 59.33 | 26.84 |
| Rio del Bosco_Monte | Montelupo Fiorentino | 0.1 | 0.2 | 158.84 | 42.36 |
| Rio di Camaioni | Montelupo Fiorentino/Lastra a Signa | 0.23 | 0.18 | 169.36 | 24.75 |
| Rio Grande 0 | Montelupo Fiorentino/Montespertoli | 2.49 | 0.22 | 245.26 | 32.92 |
| Rio Grande 1 | Montelupo Fiorentino | 0.33 | 0.02 | 59.81 | 28.92 |
| Rio Grande 2 | Montelupo Fiorentino | 0.23 | 0.01 | 30.93 | 17.62 |
| Rio San Miniato_1 | Montelupo Fiorentino/Lastra a Signa | 1.14 | 0.21 | 184.19 | 70.54 |
| Rio San Miniato_2 | Montelupo Fiorentino/Lastra a Signa | 0.9 | 0.21 | 182.68 | 68.74 |
| Rio San Miniato_3 | Montelupo Fiorentino | 0.51 | 0.31 | 160 | 32.41 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | Comune | Area [km²] | Pendenza media [-] | z_{max} [m s.l.m.] | z_{min} [m s.l.m.] |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Rio Schifanoia | Montelupo Fiorentino | 0.5 | 0.23 | 174.3 | 48.5 |
| Sammontana 1 | Montelupo Fiorentino | 1 | 0.21 | 230.94 | 41.77 |
| Sammontana 2 | Montelupo Fiorentino | 0.14 | 0.01 | 30.85 | 26.69 |
| Sammontana 3 | Montelupo Fiorentino | 0.77 | 0.01 | 39.29 | 17.24 |
| Torrente turbone | Montelupo Fiorentino/Montespertoli | 11.02 | 0.22 | 262.38 | 35.03 |
| Rio del Bosco_Valle | Montelupo Fiorentino | 0.06 | 0.09 | 62.89 | 37.79 |
| Rio Bottini_1 | Montelupo Fiorentino | 0.17 | 0.16 | 120 | 54.66 |
| Rio Bottini_2 | Montelupo Fiorentino | 0.12 | 0.06 | 65.21 | 30.75 |
| Rio della Cava | Montelupo Fiorentino | 0.72 | 0.25 | 208.4 | 35.48 |
| Rio della Chiusura_1 | Montelupo Fiorentino | 0.05 | 0.18 | 211.88 | 34.05 |
| Rio della Chiusura_2 | Montelupo Fiorentino | 0.06 | 0.27 | 160 | 35.41 |
| Rio della Chiusura_3 | Montelupo Fiorentino | 0.18 | 0.25 | 169.77 | 34.53 |
| Roi della Pratella | Montelupo Fiorentino | 0.52 | 0.18 | 151.22 | 35.48 |
| Borro Montecuccoli | Montelupo Fiorentino | 0.31 | 0.14 | 34.22 | 16.61 |
| Castellucci Ovest | Montelupo Fiorentino | 0.11 | 0.02 | 41.78 | 29.9 |
| Citerna | Montelupo Fiorentino | 0.32 | 0.03 | 41.89 | 27.06 |
| Fibbiana | Montelupo Fiorentino | 0.8 | 0.02 | 38.16 | 16.63 |
| Fosso di Brugnano_1 | Montelupo Fiorentino | 0.1 | 0.26 | 117.31 | 38.47 |
| Fosso di Brugnano_2 | Montelupo Fiorentino | 0.13 | 0.11 | 79.34 | 24.88 |
| Fosso Fibbiana | Montelupo Fiorentino | 0.16 | 0.02 | 30.27 | 16.67 |
| MV35177 | Montelupo Fiorentino | 0.09 | 0.01 | 28.49 | 24.72 |
| MV35475 | Montelupo Fiorentino | 0.08 | 0.06 | 52.51 | 29.36 |
| MV35568 | Montelupo Fiorentino | 0.29 | 0.1 | 111.39 | 10.5 |

Tabella 2: Principali caratteristiche geomorfologiche dei bacini oggetto di studio nel comune di Montelupo

| Bacino | Comune | Area [km²] | Pendenza media [-] | z_{max} [m s.l.m.] | z_{min} [m s.l.m.] |
|---------------|---------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| BV4334 | Vinci | 1.56 | 0.12 | 210 | 36.07 |
| BV4895 | Vinci | 1.79 | 0.12 | 101.59 | 27.53 |
| BV5056 | Vinci | 0.14 | 0.14 | 92.78 | 30.38 |
| BV5405 | Vinci | 0.32 | 0.12 | 87.93 | 22.43 |
| BV5576 | Vinci | 0.66 | 0.16 | 101.79 | 27.53 |
| BV5587 | Vinci | 0.09 | 0.17 | 92.1 | 28.18 |
| Marcarro | Vinci | 2.03 | 0.14 | 110.28 | 19.82 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | Comune | Area [km ²] | Pendenza media [-] | z _{max} [m s.l.m.] | z _{min} [m s.l.m.] |
|------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Morticini 1 | Vinci/Limite e Capraia | 6.17 | 0.22 | 482.59 | 32.96 |
| Morticini 2 | Vinci/Limite e Capraia | 3.81 | 0.14 | 117.12 | 21.78 |
| S.Ansano 1 | Vinci | 4.87 | 0.14 | 112.44 | 22.66 |
| S.Ansano 2 | Vinci | 1.53 | 0.1 | 110.83 | 16.36 |
| S.Ansano Monte 1 | Vinci | 1.26 | 0.15 | 148.79 | 37.54 |
| S.Ansano Monte 2 | Vinci | 3.22 | 0.28 | 610 | 37.47 |
| Streda_1 | Vinci | 2.45 | 0.1 | 98.37 | 28.85 |
| Streda_2 | Vinci | 0.15 | 0.08 | 64.52 | 36.02 |
| Streda_3 | Vinci | 5.27 | 0.3 | 640.23 | 38.43 |
| Streda_4 | Vinci | 4.98 | 0.26 | 635.13 | 38.41 |
| Morticini 3 | Vinci | 0.69 | 0.03 | 29.73 | 20.07 |
| Vincio 1 | Vinci/Lamporecchio | 7.06 | 0.2 | 524.43 | 30.66 |
| Vincio 2 | Vinci | 5.11 | 0.28 | 633.1 | 30.57 |
| Vincio 3 | Vinci/Lamporecchio | 9.71 | 0.26 | 532.55 | 29.53 |
| Vincio 4 | Vinci/Cerreto Guidi | 4.11 | 0.09 | 527.37 | 26.06 |

Tabella 3: Principali caratteristiche geomorfologiche dei bacini oggetto di studio nel comune di Vinci

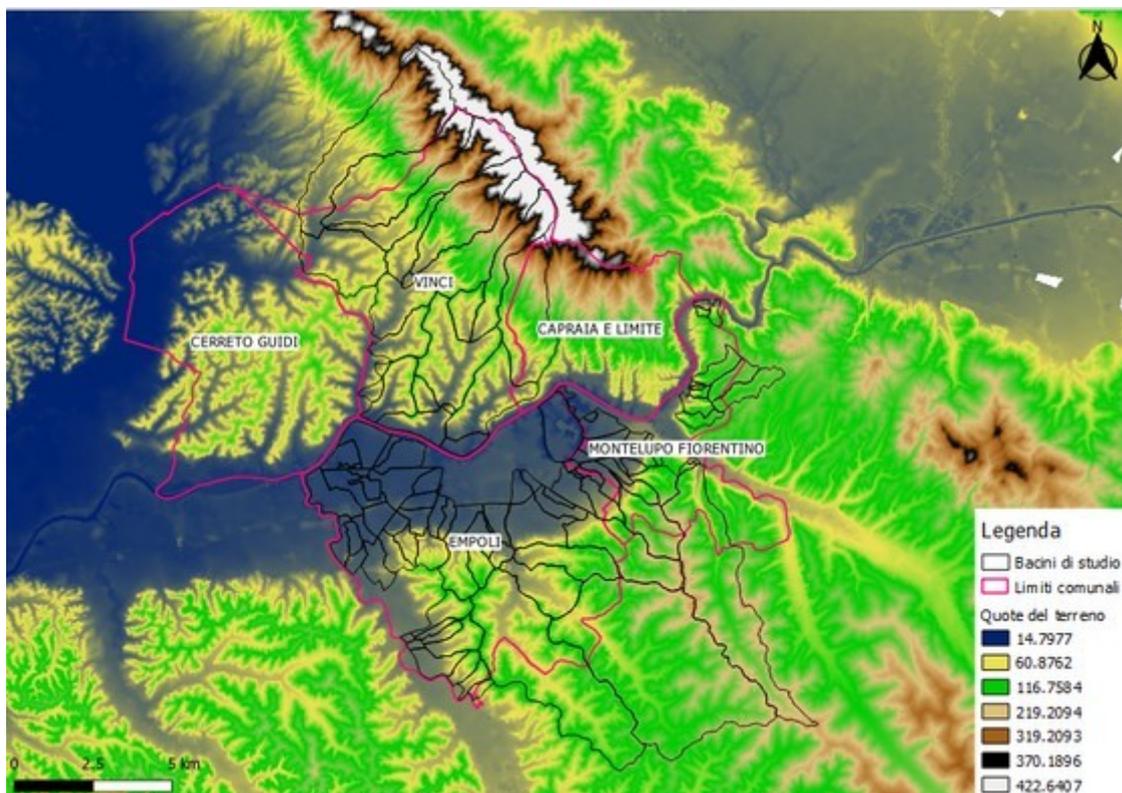


Figura 2: Altimetria del terreno sulla base del DTM Regione Toscana 10mx10m.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

4.2. Definizione degli afflussi

4.2.1. Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica

Per la stima delle piogge intense è stato utilizzato il modello TCEV (*Two Component Extreme Value*), facendo riferimento alle Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) dedotte nell'ambito dell' "Accordo di Collaborazione Scientifica RT-UNIFI - Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme", di cui alla D.G.R.T. 1133/2012 e basate sulle elaborazioni dei dati di pioggia aggiornati fino al 2012.

Il modello a doppia componente TCEV interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda relativa agli eventi massimi straordinari, meno frequenti e spesso catastrofici. La distribuzione TCEV ha espressione:

$$P(x) = \exp[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)],$$

dove $P(x)$ indica la probabilità di non superamento del valore x della generica variabile casuale X mentre λ_i e θ_i ($i=1,2$) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La forma canonica della distribuzione (1) è:

$$P(z) = \exp[-\exp(-z) - \lambda \exp(-z/\theta)] \quad z = (x - \varepsilon_1)/\theta_1;$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta};$$

Per la stima dei parametri della distribuzione è stato seguito un approccio gerarchico di regionalizzazione (Figura 3).

Attraverso l'analisi di frequenza regionale sono state stimate su tutto il territorio regionale le altezze di pioggia per le durate 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i tempi di ritorno 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200, 500 anni. Attraverso una regressione lineare sono stati calcolati i parametri delle linee segnatrici di possibilità pluviometrica \bar{a} ed n , grazie ai quali è possibile calcolare, per qualsiasi durata, in qualsiasi punto del territorio regionale l'altezza di pioggia per i tempi di ritorno suddetti.

I parametri \bar{a} ed n sono forniti in formato raster, con celle aventi risoluzione 1kmx1km.

PROGETTO:

Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive

ELABORATO:

Relazione idrologica idraulica

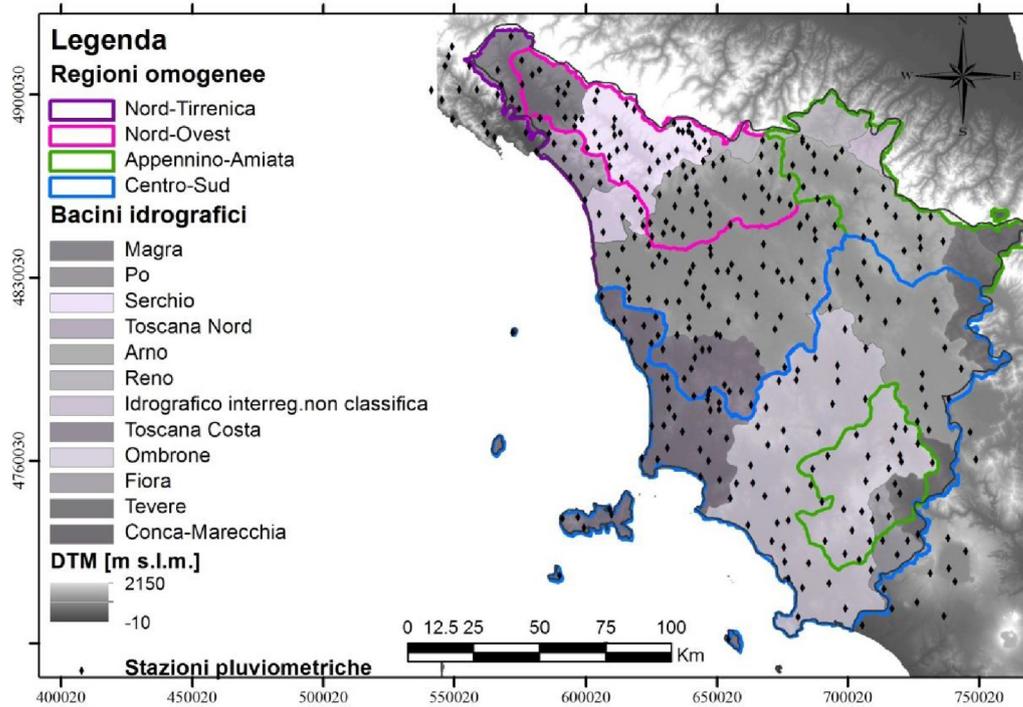


Figura 3: Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee.

La distribuzione dei parametri a e n per le aree di interesse e per i tempi di ritorno considerati, ovvero 30 e 200 anni è riportata nelle seguenti figure.

PROGETTO:

Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive

ELABORATO:

Relazione idrologica idraulica

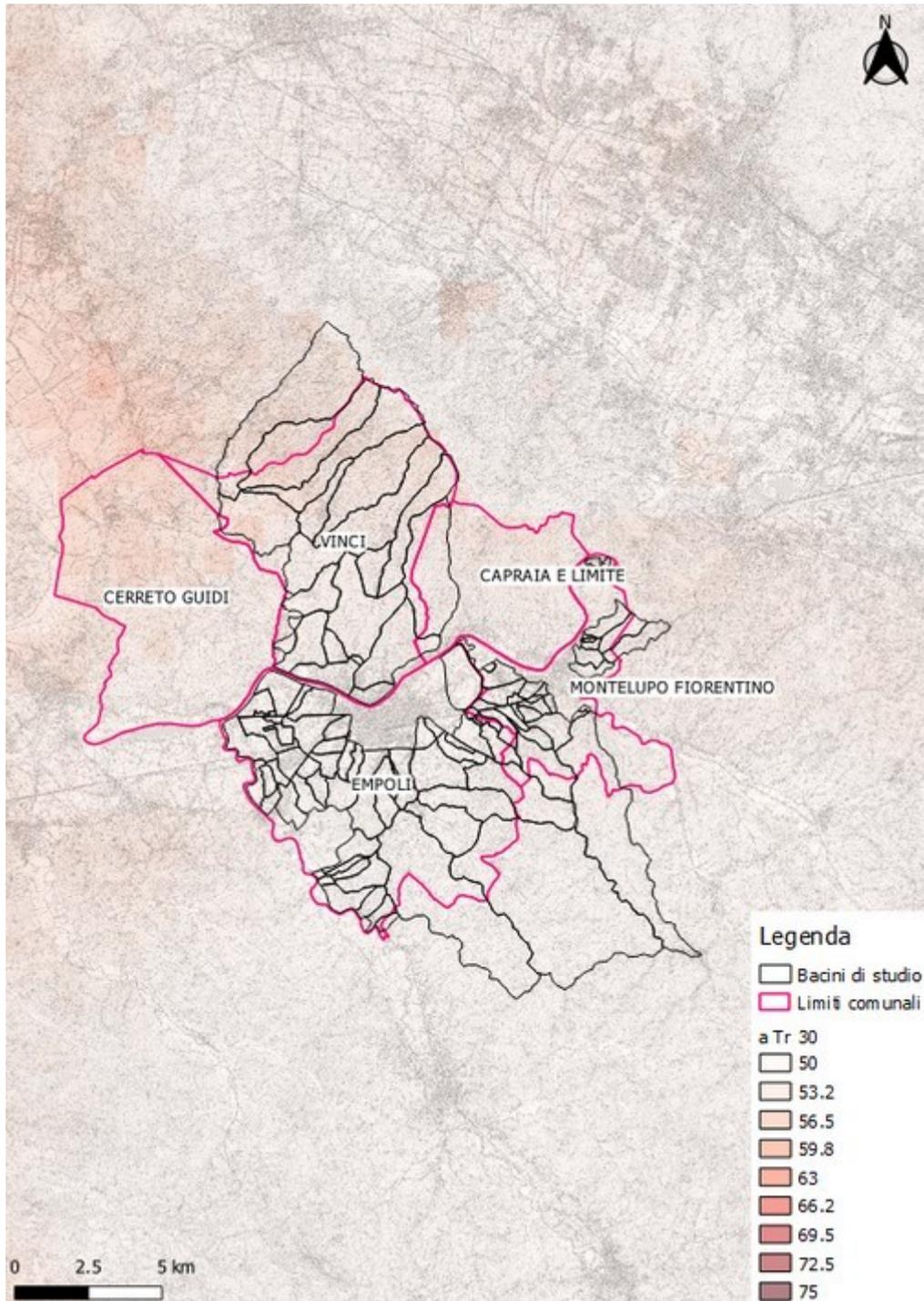


Figura 4: Variabilità spaziale del parametro a per $Tr=30$.

PROGETTO:

Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive

ELABORATO:

Relazione idrologica idraulica

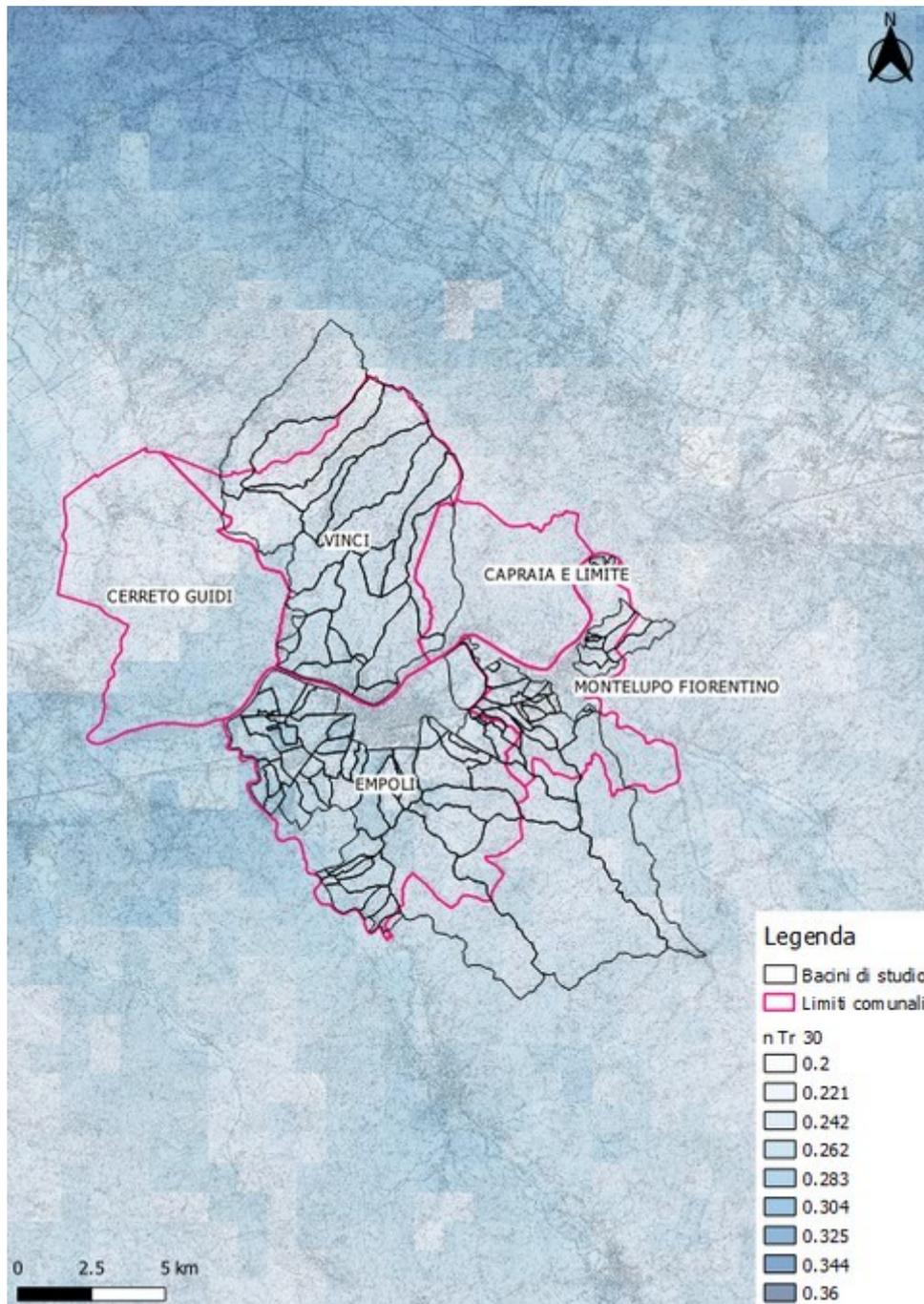


Figura 5: Variabilità spaziale del parametro n per Tr_{30} .

PROGETTO:

Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive

ELABORATO:

Relazione idrologica idraulica

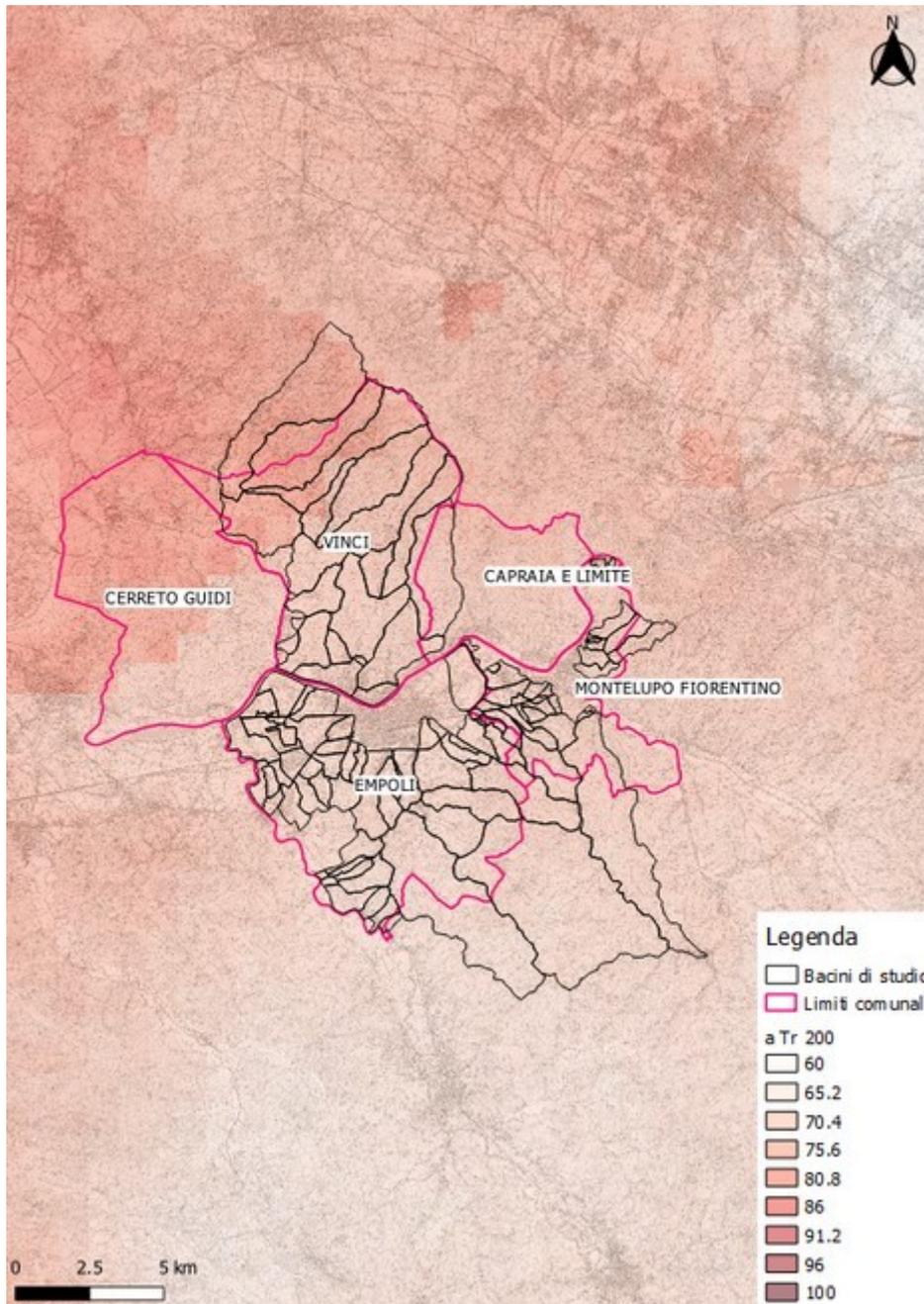


Figura 6: Variabilità spaziale del parametro a per $Tr200$.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

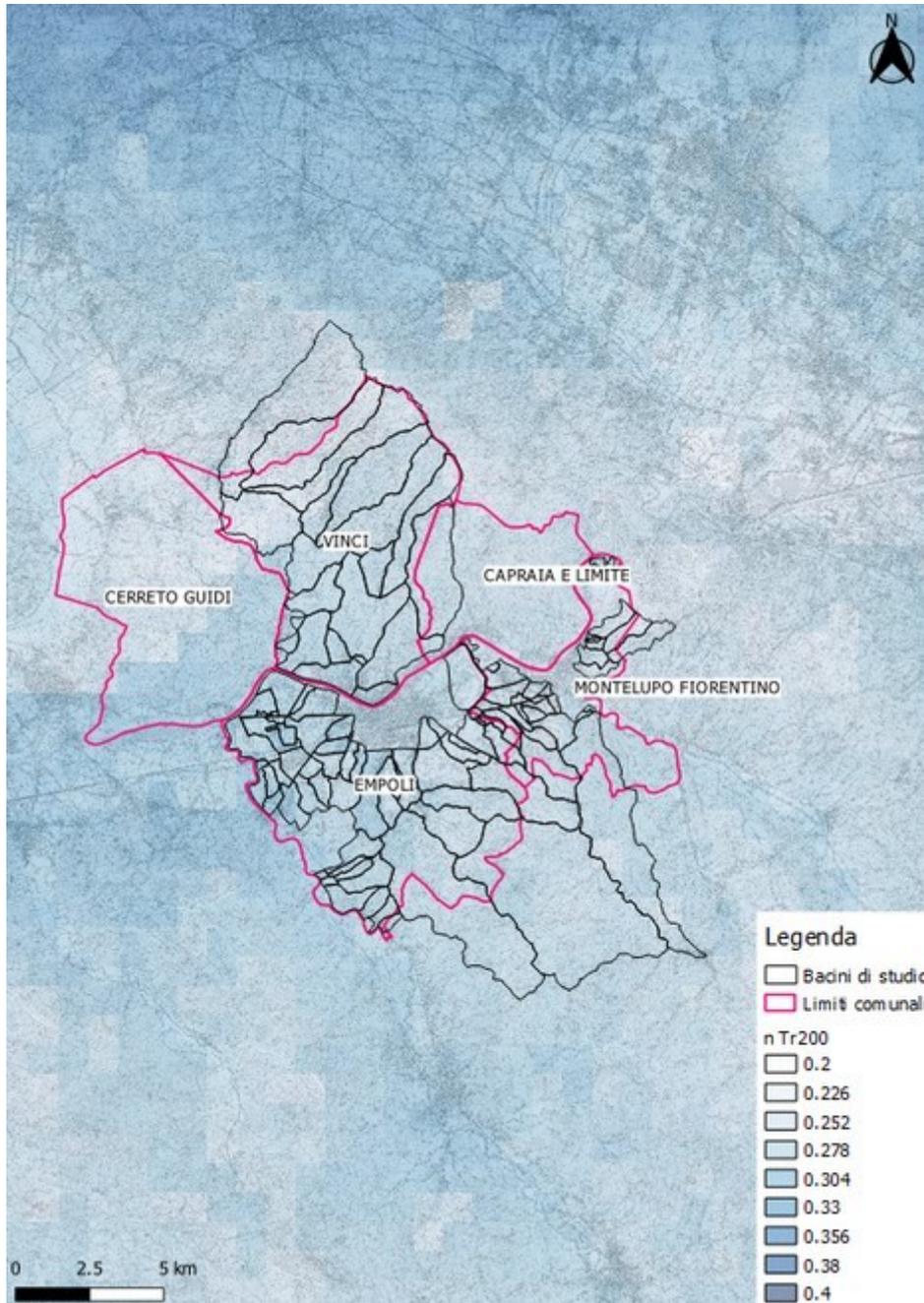


Figura 7: Variabilità spaziale del parametro n per Tr200.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

4.2.2. Ietogramma di progetto e fattore di ragguglio

Nelle simulazioni effettuate si è fatto riferimento all'ipotesi classica di ietogrammi caratterizzati da una intensità di pioggia costante.

Le altezze di pioggia sono state raggugliate con il metodo del coefficiente di ragguglio areale K_r ricavato con la seguente formula:

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

dove

$$\alpha = 0.036 \text{ a}$$

a = parametro della curva di possibilità pluviometria nella forma trinomia $h = a \cdot t^n \cdot Tr^m$

$$\beta = 0.25$$

$$\gamma = 0.01$$

A = area [kmq]

Il coefficiente di ragguglio è stato calcolato considerando l'area totale del sistema idraulico di appartenenza come area pluviometricamente omogenea, in analogia con gli studi pregressi condotti sull'area (ed in particolare con gli studi già condotti sul territorio del Comune di Empoli).

In generale si è considerata una distribuzione spaziale uniforme delle piogge di progetto sulle singole aree, date le dimensioni dei bacini in esame. Solo per il torrente Orme, che presenta area drenata maggiore, si è ipotizzata una distribuzione di pioggia con scroscio in un caso (scenario 2) concentrato sul bacino della Piovola (principale affluente dell'Orme) ed in un caso (scenario 1) concentrato sul bacino Orme monte. Si è quindi calcolato un coefficiente di ragguglio di tipo "globale", vale a dire considerando che i deflussi del bacino in oggetto si sommino a quelli di un bacino principale di monte. Il coefficiente di ragguglio K_r è calcolato affinché il coefficiente del bacino di valle (somma di quello principale e del sottobacino) sia uguale a quello stimabile con la formula sopra presentata. Ciò equivale ad imporre che l'altezza di pioggia calcolata sul bacino complessivo coincida con quella ricavabile dalla sommatoria delle altezze calcolate singolarmente per il bacino di monte ed il sottobacino.

$$K_v = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{A_v - A_m}$$

Dove K_v è il coefficiente di ragguglio areale per il bacino di valle, A_v è l'area del bacino di valle, K_m è il coefficiente di ragguglio areale per il bacino di monte e A_m è l'area del bacino di monte.

Il parametro a della forma trinomia della curva di possibilità pluviometria è stato ricavato prendendo in esame per ogni sistema i valori medi del coefficiente a per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni forniti dalla Regione Toscana. Eseguendo una regressione a potenza della loro distribuzione in funzione del tempo di ritorno si ricavano i corrispondenti valori

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

di a ea m.

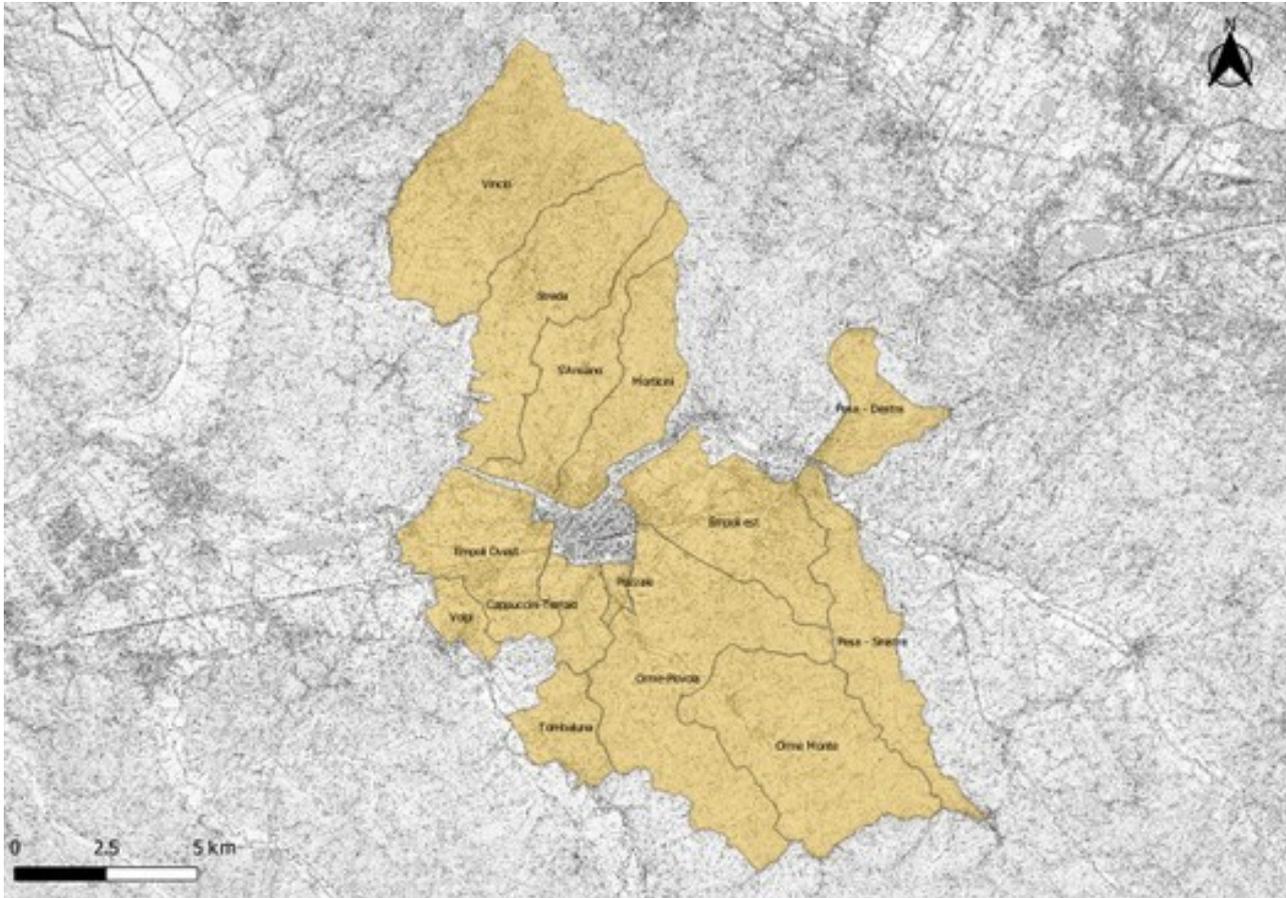


Figura 8: Inquadramento aree di calcolo del coefficiente di ragguglio (scenario Orme 1)

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

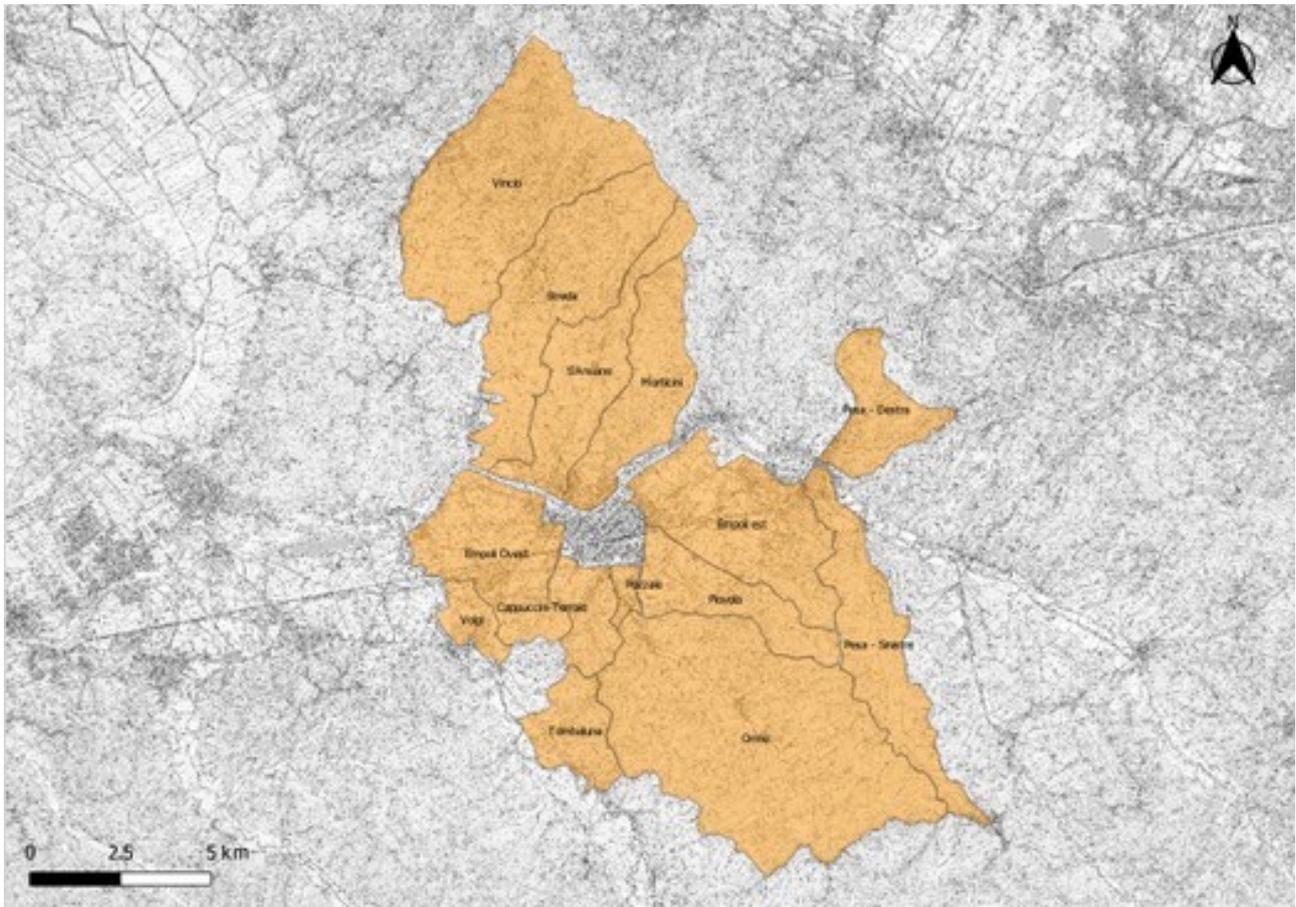


Figura 9: Inquadramento aree di calcolo del coefficiente di ragguglio (scenario Orme 2)

Per quel che riguarda le piogge di lunga durata (18, 24 e 36 h, di interesse per l'Arno e 9 e 14h, di interesse per l'Elsa), il coefficiente di ragguglio è stato valutato in riferimento ai bacini dei corsi d'acqua principali (Fiume Elsa e Fiume Arno) che recepiscono le acque drenate dal reticolo minore, in analogia con lo studio idrologico del 2012 a supporto del II RU di Empoli, di cui si sono ripresi direttamente i coefficienti.

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori dei parametri di calcolo del coefficiente di ragguglio areale.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Area di ragguglio | a | A [km²] | α | β | γ |
|---------------------------|----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Orme-Piovola (Scenario 1) | 22.27 | 27.48 | 0.802 | 0.25 | 0.01 |
| Orme monte (Scenario 1) | 22.29 | 21.96 | 0.802 | 0.25 | 0.01 |
| Orme (Scenario 2) | 22.23 | 41.4 | 0.800 | 0.25 | 0.01 |
| Piovola (Scenario 2) | 22.59 | 8.04 | 0.813 | 0.25 | 0.01 |
| Pozzale | 22.24 | 0.96 | 0.801 | 0.25 | 0.01 |
| Cappuccini-Terraio | 22.64 | 4.47 | 0.815 | 0.25 | 0.01 |
| Empoli Ovest | 22.61 | 12.6 | 0.814 | 0.25 | 0.01 |
| Tombaluna | 22.07 | 5.44 | 0.795 | 0.25 | 0.01 |
| S'Ansano | 23.08 | 11.63 | 0.831 | 0.25 | 0.01 |
| Streda | 23.53 | 18.67 | 0.847 | 0.25 | 0.01 |
| Morticini | 23.07 | 10.66 | 0.831 | 0.25 | 0.01 |
| Vincio | 23.75 | 25.96 | 0.855 | 0.25 | 0.01 |
| Volpi | 22.72 | 2.53 | 0.818 | 0.25 | 0.01 |
| Empoli Est | 22.7 | 15.7 | 0.817 | 0.25 | 0.01 |
| Pesa Sinistra | 22.75 | 12.38 | 0.819 | 0.25 | 0.01 |
| Pesa destra | 23.02 | 6.82 | 0.829 | 0.25 | 0.01 |

Tabella 4: parametri di calcolo fattori di ragguglio

4.3. Determinazione delle perdite di bacino

Le perdite di bacino sono costituite dalla frazione di pioggia che viene trattenuta dal bacino a causa di vari processi idrologici e sono stimate al fine di determinare, per differenza, la frazione di pioggia che andrà a trasformarsi in deflusso entro il reticolo idrografico (detta pioggia netta).

Nella definizione dei metodi di calcolo delle perdite si distingue tra bacini collinari e bacini di acque basse, in analogia gli studi pregressi sull'area.

4.3.1. Bacini collinari: metodo initial/costant

Il metodo initial/constant rappresenta le perdite per immagazzinamento nelle depressioni

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

superficiali e per intercettazione tramite una perdita iniziale (*initial loss*). Tutte le altre perdite vengono modellate con un tasso di infiltrazione costante (*constant rate*), che può essere correlato con la capacità d'infiltrazione del suolo a saturazione. Il metodo prevede inoltre che non si abbia precipitazione efficace finché non sono state soddisfatte le perdite iniziali.

Il metodo risulta pertanto caratterizzato da due parametri: il valore delle perdite iniziali I_a ed il valore del tasso di infiltrazione K_s . Per la stima di tali parametri si è seguito l'approccio codificato nel modello AI.To 2000:

- le perdite iniziali, definite in mm, sono stimate in funzione della frazione di area boscata del bacino, secondo la seguente relazione:

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

- il tasso di infiltrazione, definito in mm/h, è stimato sulla base delle caratteristiche litologiche del terreno.

La percentuale di area boscata di ciascun bacino è stata dedotta dalla cartografia dell'uso del suolo della Regione Toscana facendo riferimento ai codici CLC (Corine Land Cover) 311, 312 e 313. Nella Figura 10 seguente si riporta la copertura delle aree boscate per l'intero territorio di studio.

PROGETTO:

Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive

ELABORATO:

Relazione idrologica idraulica

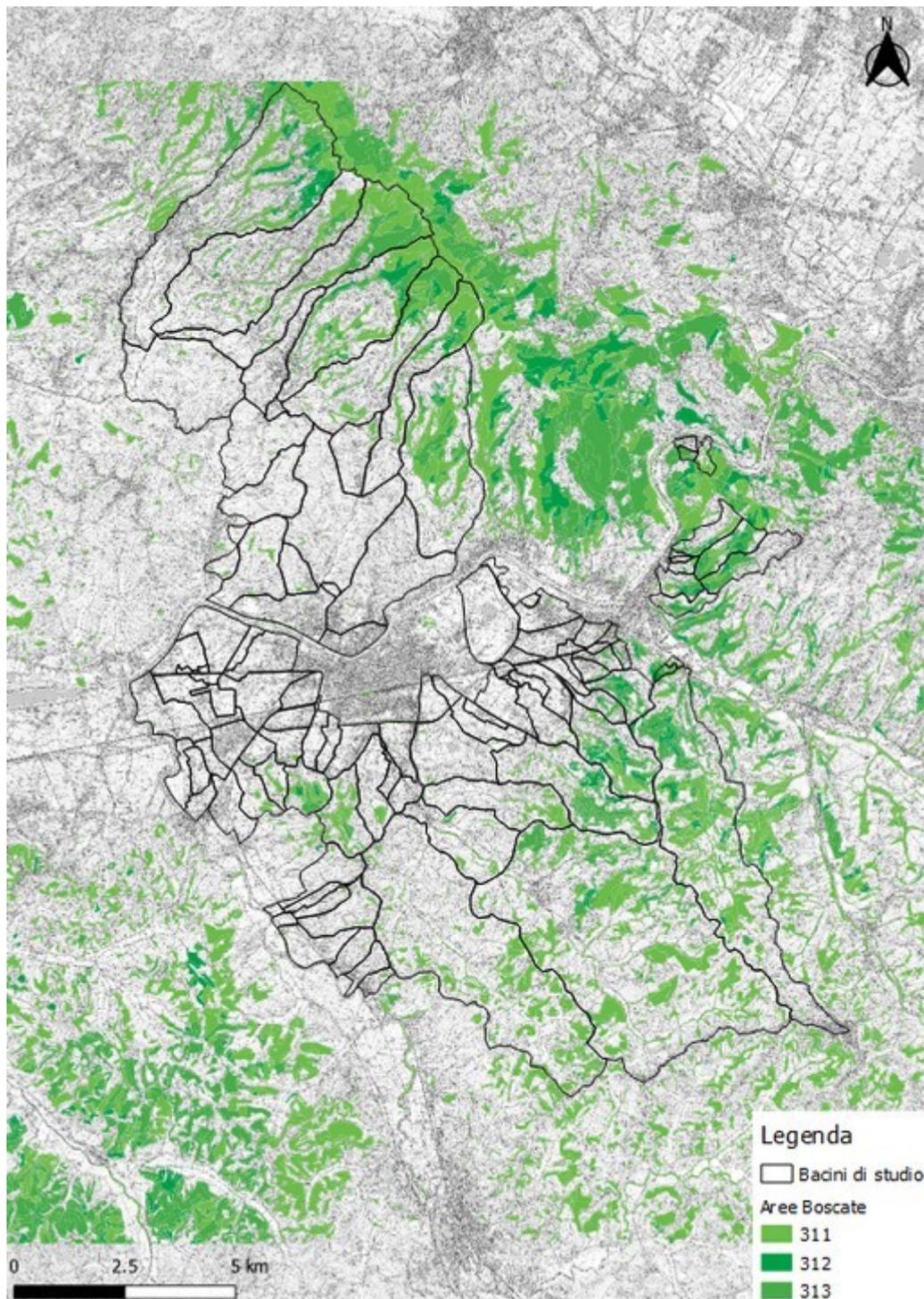


Figura 10: Individuazione delle aree boscate per i bacini di interesse secondo la cartografia dell'uso del suolo elaborata dalla Regione Toscana.

Per la determinazione del tasso di infiltrazione è stata considerata la carta del continuum geologico elaborata dalla Regione Toscana; ad ogni formazione litologica è stato associato un

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

corrispondente valore di K_s . Di seguito si riporta in Figura 11 l'estratto della carta litologica relativamente all'area di interesse.

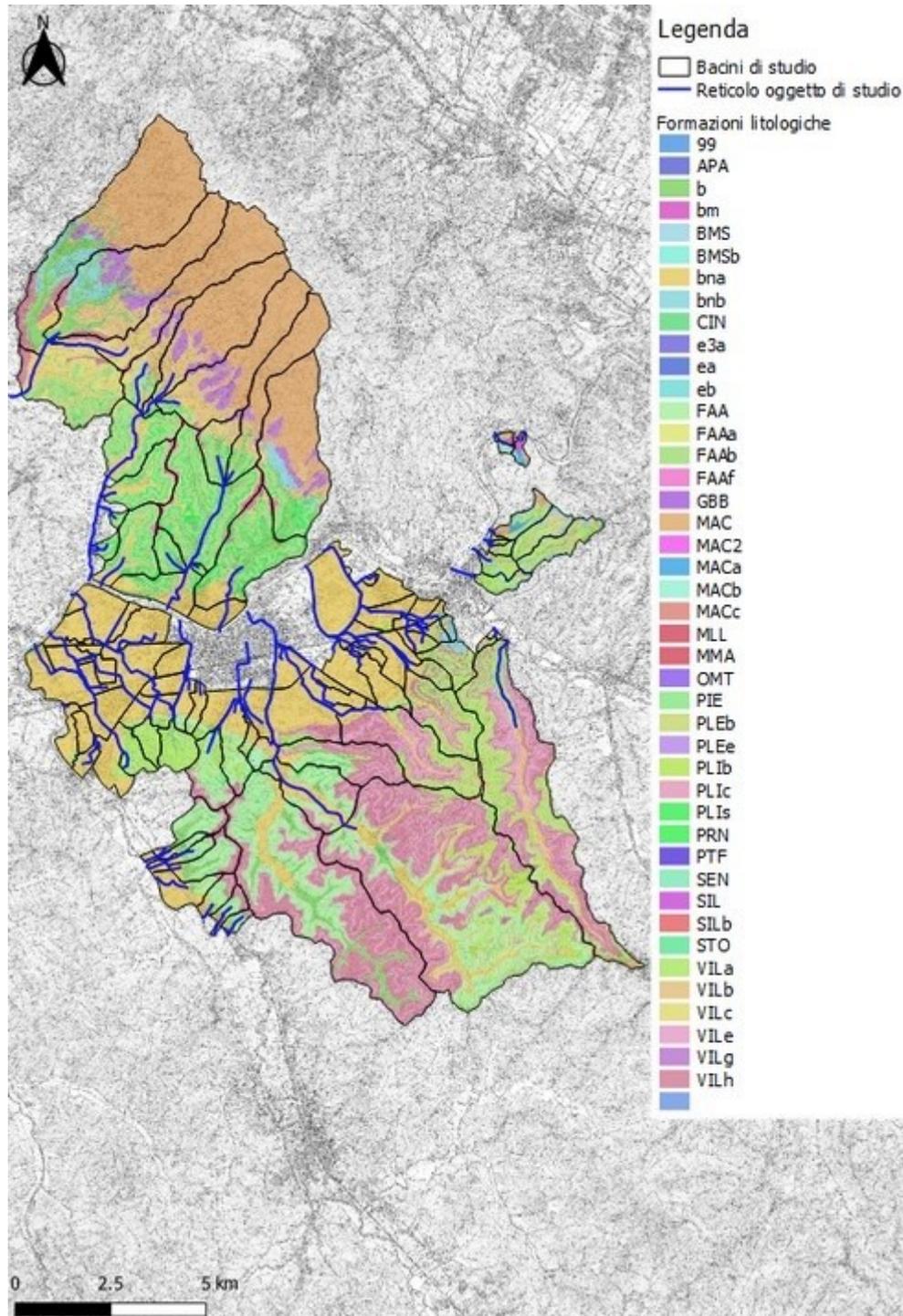


Figura 11: Estratto della carta del continuum geologico elaborato dalla Regione Toscana relativo all'area di interesse.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

I valori del coefficiente K_s (Tabella 5 e in Figura 12) sono stati ripresi dagli studi pregressi condotti sull'area e da dati di letteratura.

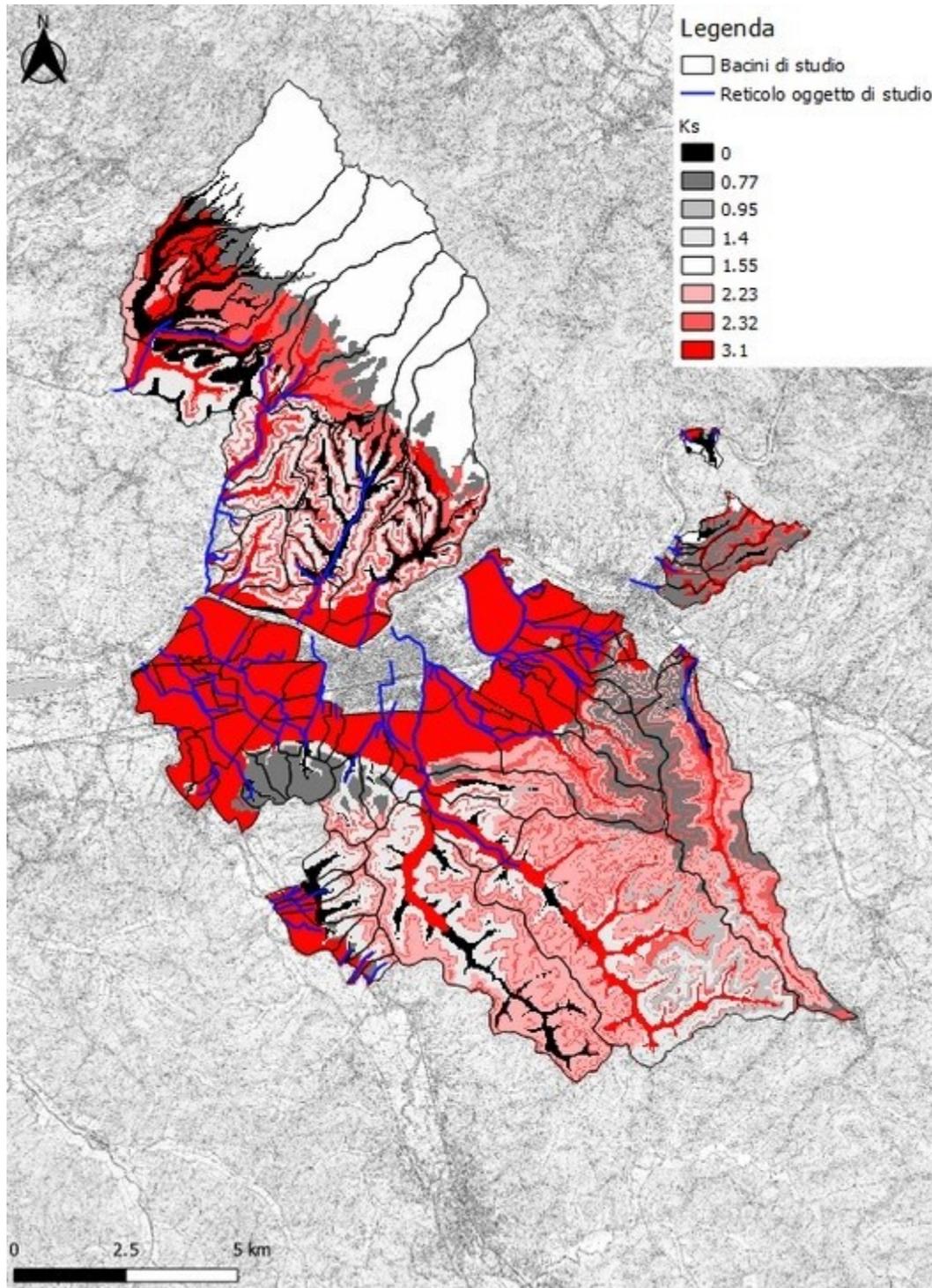


Figura 12: Rappresentazione grafica dei valori di K_s .

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Sigla cartografica | Nome ULF | K_s [mm/h] |
|---------------------------|---|-----------------------------|
| b | Depositi alluvionali attuali | 0.00000 |
| bnA | Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati | 0.00000 |
| bnB | Depositi alluvionali terrazzati | 0.00000 |
| FAA | Argille azzurre | 0.00000 |
| FAAb | Argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose con fossili marini | 1.40979 |
| MAC | Macigno | 1.55000 |
| MACa | Olistostromi di materiale ligure e subligure | 0.00000 |
| MACb | Arenarie zonate | 1.55000 |
| MAcc | Marne di S.Polo | 0.00000 |
| PLIb | Conglomerati marini poligenici | 0.95551 |
| PLIs | Sabbie e arenarie gialle | 2.32500 |
| SIL | Formazione di Sillano | 0.00000 |
| VILa | Conglomerati e ciottolami poligenici | 0.77500 |
| VILb | Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi | 2.32500 |
| VILc | Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri | 0.00000 |
| VILe | Sabbie e conglomerati | 2.32500 |
| VILg | Conglomerati e ciottolami ad elementi arenacei | 0.77500 |
| VILh | Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose | 0.00000 |

Tabella 5: Valori del coefficiente K_s in base alle formazioni litologiche.

Nella Tabella 6 sono riportati i valori della percentuale di area boscata per ciascun bacino e i valori dei parametri I_a e K_s.

| Bacino | % area boscata [%] | I_a [mm] | K_s [mm/h] |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Rio Cappuccini | 36.76 | 11.59 | 0.99 |
| Rio Terraio | 6.8 | 4.73 | 0.99 |
| Friano 1 | 10.95 | 5.72 | 1 |
| S. Maria | 44.17 | 13.57 | 1 |
| Stella 1 | 17.42 | 7.15 | 1 |
| Volpi 4 | 0.3 | 3.3 | 3.05 |
| Volpi 5 | 0 | 3.3 | 3.05 |
| MV32807 | 3.72 | 4.12 | 1.6 |
| Rio Cammimmi monte | 2.14 | 3.77 | 1.42 |
| Rio_Mori | 1.09 | 3.54 | 1.54 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | % area boscata [%] | I_a [mm] | K_s [mm/h] |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Tombaluna_Monte | 2.34 | 3.78 | 2.22 |
| Montemagnoli | 18.06 | 5.76 | 0.73 |
| Orme_1 | 16.92 | 7.21 | 0.8 |
| Orme_2 | 7.24 | 8.62 | 0.8 |
| Orme_Monte | 27.85 | 8.62 | 0.8 |
| Piovola 2 | 35.47 | 11.26 | 1.05 |
| MV38598 | 1.52 | 3.63 | 1.86 |
| MV38859 | 5.95 | 4.61 | 1.79 |
| MV38887 | 0 | 3.3 | 2.22 |
| BV4334 | 0.26 | 3.36 | 1.66 |
| BV4895 | 0.17 | 3.34 | 1.9 |
| BV5056 | 1.45 | 3.62 | 1.71 |
| BV5405 | 6.01 | 4.62 | 2.03 |
| BV5576 | 3.77 | 4.13 | 1.59 |
| BV5587 | 0 | 3.3 | 1.54 |
| Marcarro | 4 | 4.18 | 2 |
| Morticini 1 | 33.93 | 10.76 | 1.56 |
| Morticini 2 | 0.21 | 3.35 | 1.78 |
| S.Ansano 1 | 0.45 | 3.4 | 1.38 |
| S.Ansano 2 | 1.37 | 3.6 | 2.28 |
| S.Ansano Monte 1 | 4.91 | 4.38 | 1.27 |
| S.Ansano Monte 2 | 36.52 | 11.33 | 1.44 |
| Streda_1 | 0.69 | 3.45 | 1.97 |
| Streda_2 | 0 | 3.3 | 2.46 |
| Streda_3 | 41.84 | 12.51 | 1.63 |
| Streda_4 | 34.07 | 10.8 | 1.62 |
| Vincio 1 | 17.65 | 7.2 | 1.43 |
| Vincio 2 | 43.45 | 12.9 | 1.68 |
| Vincio 3 | 32.17 | 10.4 | 1.49 |
| Vincio 4 | 0.85 | 3.5 | 1.49 |
| Borro di Montecuccoli | 19,00 | 7.45 | 2.417 |
| Castellucci Ovest | 0,00 | 3.30 | 3.100 |
| Citerna | 2,00 | 3.73 | 3.100 |
| Fosso di Brugnano_1 | 74,00 | 19.62 | 1.244 |
| Fosso di Brugnano_2 | 4,00 | 4.21 | 1.921 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | % area boscata [%] | I_a [mm] | K_s [mm/h] |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| MV35475 | 3,00 | 3.98 | 3.100 |
| MV35568 | 11,00 | 5.73 | 2.493 |
| Rio Bottini_1 | 19,00 | 7.42 | 2.093 |
| Rio Bottini_2 | 9,00 | 5.73 | 3.589 |
| Rio del Bosco_Monte | 98,00 | 25.86 | 1.370 |
| Rio del Bosco_Valle | 48,00 | 11.93 | 2.630 |
| Rio della Cava | 36,00 | 11.28 | 1.428 |
| Rio della Chiusura_1 | 15,00 | 6.55 | 1.580 |
| Rio della Chiusura_2 | 16,00 | 6.87 | 1.336 |
| Rio della Chiusura_3 | 27,00 | 9.20 | 1.488 |
| Rio della Pratella | 22,00 | 8.13 | 1.657 |
| Rio di Camaioni | 54,00 | 15.12 | 0.741 |
| Rio Grande 0 | 48,00 | 13.80 | 1.650 |
| Rio Grande 1 | 0,00 | 3.30 | 3.018 |
| Rio Grande 2 | 0,00 | 3.30 | 3.100 |
| Rio San Miniato_1 | 37,00 | 11.41 | 1.596 |
| Rio San Miniato_2 | 70,00 | 18.63 | 1.842 |
| Rio San Miniato_3 | 44,00 | 13.00 | 1.744 |
| Rio Schifanoia | 34,00 | 10.68 | 1.541 |
| Sammontana 1 | 41,00 | 12.25 | 0.824 |
| Sammontana 2 | 0,00 | 3.30 | 3.100 |
| Sammontana 3 | 0,00 | 3.30 | 3.019 |
| Torrente Turbone | 41,00 | 12.34 | 4.100 |

Tabella 6: Parametri per la stima delle perdite per i bacini collinari.

Per il torrente Vincio i dati relativi al modello di perdita sono stati valutati in modo da risultare coerenti con il modello idrologico già sviluppato nell'ambito della redazione degli studi a supporto del PO di Cerreto Guidi.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

4.3.2. Bacini di pianura: coefficienti di deflusso

I bacini di pianura sono quelli relativi al reticolo di acque basse; nella fattispecie sono: MV36652, MV36246, Carraia, Vitiana 3, vitiana 2, Terrafino, Pratovecchio, Pianezzoli, Pagnana, MV36429, MV36072, MV36011, MV35771, Cerbaiola, Castelluccio, Capanne, Volpi 5, Volpi 4, Volpi 3, Volpi 2, Volpi 1, Tombaluna_Valle, Rio di Ribartoli, Rio Cammimmi Valle, MV35780, Pratella, Pratella area industriale, Morticini 3, Bacino 3, Fibbiana, Fosso di Fibbiana, MV35177, MV35666, MV50194, MV50195, Rio delle Caselle_1, Rio delle Caselle_2.

Per questi bacini la stima delle perdite è stata eseguita valutando il coefficiente di deflusso, inteso come il rapporto tra il volume della pioggia netta e quello della pioggia totale affluita ed indica pertanto la frazione di pioggia meteorica che non viene trattenuta dal bacino e che si trasforma in deflusso idrico.

$$C_d = \frac{P_{net}}{P}$$

con P_{net} volume specifico (mm) di pioggia netta, P volume specifico affluito, C_d coefficiente di deflusso del bacino.

La stima del coefficiente di deflusso è stato stimato adottando la stessa metodologia seguita nello studio 2012 del Genio Civile ($C_d = 0.5$ per terreni agricoli di pianura, $C_d = 0.8$ per piccole aree urbane residenziali con aree a verde, $C_d = 0.9$ per aree urbane impermeabili).

| Bacino | C_d |
|----------------|-------------------------|
| Corniola | 0.55 |
| MV36652 | 0.61 |
| MV36789 | 0.61 |
| Cinotti Est | 0.5 |
| Cinotti ovest | 0.5 |
| Friano 2 | 0.52 |
| Lucchese Est | 0.52 |
| Lucchese Ovest | 0.52 |
| Lucchese Sud | 0.52 |
| MV35771 | 0.63 |
| MV36072 | 0.67 |
| Pagnana 1 | 0.5 |
| Pagnana 2 | 0.69 |
| Pagnana 3 | 0.52 |
| Riottoli | 0.55 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | C_d |
|---------------------------|----------------------|
| Stella 2 | 0.5 |
| Vitiana 0 | 0.5 |
| Vitiana 1 | 0.5 |
| Vitiana 2 Monte | 0.55 |
| Vitiana 2 valle | 0.55 |
| Volpi 1 | 0.5 |
| Volpi 2 | 0.5 |
| Volpi 3 | 0.5 |
| Rio di Ribartoli | 0.5 |
| Rio Cammimmi Valle | 0.58 |
| Tombaluna_Valle | 0.57 |
| MV35780 | 0.5 |
| Piovola 1 | 0.5 |
| Pratella | 0.5 |
| Pratella Area Industriale | 0.5 |
| Morticini 3 | 0.61 |
| Bacino 3 | 0.54 |
| Fibbiana | 0.66 |
| Fosso Fibbiana | 0.50 |
| MV35177 | 0.55 |
| MV35666 | 0.57 |
| MV50194 | 0.60 |
| MV50195 | 0.54 |
| Rio delle Caselle_1 | 0.56 |
| Rio delle Caselle_2 | 0.67 |

Tabella 7 Valori del coefficiente di deflusso per i bacini di pianura.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

4.4. Trasformazione afflussi netti – deflussi

Per la trasformazione afflussi netti deflussi sono stati impiegati due metodi differenti: per i bacini collinari è stato impiegato il metodo dell'idrogramma unitario di Nash, mentre per i bacini di pianura si è ricorso al metodo razionale.

In entrambi i casi è necessario conoscere il valore del tempo di corrivazione. Per i bacini collinari è inoltre richiesta anche la conoscenza dei parametri n e k di Nash, calcolabili in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino.

4.4.1. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione corrisponde al tempo necessario ad una goccia di pioggia, caduta nel punto del bacino caratterizzato dal percorso idraulico più lungo, per raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso.

La definizione del tempo di corrivazione per i bacini di pianura è stata condotta con lo stesso approccio seguito negli studi pregressi sul territorio del Comune di Empoli.

Per i bacini di pianura il tempo di corrivazione T_c è valutato dalla relazione di Ongaro:

$$T_c = 0.18 \cdot (A \cdot L)^{(1/3)}$$

con A area del bacino [kmq] e L lunghezza asta principale [km]. Dato che per alcuni bacini quest'ultimo dato non è disponibile, nello studio idrologico del Genio Civile 2012 è stata applicata una regressione sui risultati dei bacini per i quali sono disponibili sia L che A per rendere la formula esclusivamente dipendente da A nella seguente forma:

$$T_c = a \cdot A^b$$

dove a e b sono i parametri stimati attraverso la regressione lineare e valutati rispettivamente 4.449 e 0.736. Di seguito sono riepilogati i valori del tempo di corrivazione per ciascun bacino di pianura .

| Bacino | T_c [h] |
|----------------|-----------------------------|
| Corniola | 3.66 |
| MV36652 | 1.63 |
| MV36789 | 3.44 |
| Cinotti Est | 2.05 |
| Cinotti ovest | 2.1 |
| Friano 2 | 5.93 |
| Lucchese Est | 0.37 |
| Lucchese Ovest | 0.57 |
| Lucchese Sud | 0.97 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | T_c [h] |
|---------------------------|--------------------------|
| MV35771 | 4.67 |
| MV36072 | 2.82 |
| Pagnana 1 | 2.14 |
| Pagnana 2 | 3.5 |
| Pagnana 3 | 6.46 |
| Riottoli | 1.61 |
| Stella 2 | 2.22 |
| Vitiana 0 | 2.99 |
| Vitiana 1 | 2.62 |
| Vitiana 2 Monte | 9.87 |
| Vitiana 2 valle | 5.43 |
| Volpi 1 | 2.96 |
| Volpi 2 | 1.97 |
| Volpi 3 | 2.03 |
| Rio di Ribartoli | 5.73 |
| Rio Cammimmi Valle | 0.72 |
| Tombaluna_Valle | 1.04 |
| MV35780 | 3.56 |
| Piovola 1 | 10.64 |
| Pratella | 3.46 |
| Pratella Area Industriale | 1.37 |
| Morticini 3 | 3.37 |
| Bacino 3 | 7.39 |
| Fibbiana | 3.29 |
| Fosso Fibbiana | 1.71 |
| MV35177 | 1.41 |
| MV35666 | 5.4 |
| MV50194 | 2.85 |
| MV50195 | 5.09 |
| Rio delle Caselle_1 | 6.85 |
| Rio delle Caselle_2 | 1.78 |

Tabella 8: tempo di corrivazione per i bacini di pianura

Di seguito sono riportati i valori del tempo di corrivazione per i bacini collinari, ripresi direttamente ove disponibili dagli studi pregressi ed integrati ove necessario prendendo in esame le seguenti relazioni:

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

$$T_c = \frac{L m^{0.8} \cdot \left(\left(\frac{1000}{(C N 2)} - 10 \right) + 1 \right)^{0.7}}{(1140 \cdot S w^{0.5})} \quad \text{US SCS}$$

$$T_c = \frac{0.26}{0.6} \cdot \left(\frac{L^{0.82} \cdot (1 + S 02)^{0.13}}{S w^{0.2}} \right) \quad \text{Bocchiola, De Michele, Pecora, Rosso}$$

con L lunghezza dell'asta principale in m, A area del bacino in km², Sw pendenza media del bacino, T_c espresso in ore, CN2 valore del Curve Number, S02 valore della ritenzione idrica associata al CN2 espresso in mm.

Per i bacini collinari è stato scelto un valore medio tra i valori forniti dalle formule di Bocchiola et al. e US SCS, mentre per i bacini di valle pianeggianti è stato scelto il valore fornito dalla formula di Ongaro.

Il valore ottenuto con i diversi metodi è stato anche confrontato con i tempi di scorrimento sui versanti e nel canale lungo il massimo percorso idraulico, effettuando il calcolo del tempo di percorrenza attraverso il percorso idraulico più lungo dei diversi bacini (suddiviso in tratti omogenei di lunghezza L_i), valutando per ogni tratto la velocità V_i della corrente in condizioni di piena utilizzando la formula di Manning per il deflusso in canali e corsi d'acqua e la formula dell'*overland flow* per il moto delle particelle d'acqua sui versanti, secondo la relazione:

$$T_c = \sum \frac{l_i}{V_i}$$

I tempi di corrvazione assunti nell'analisi sono riportati nella seguente tabella.

| Bacino | T_c [h] |
|--------------------|--------------------------|
| Rio Cappuccini | 1.08 |
| Rio Terraio | 1.33 |
| Friano 1 | 1.08 |
| S. Maria | 1.08 |
| Stella 1 | 1.08 |
| Volpi 4 | 0.52 |
| Volpi 5 | 0.3 |
| MV32807 | 0.67 |
| Rio Cammimmi monte | 0.74 |
| Rio_Mori | 0.73 |
| Tombaluna_Monte | 0.35 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | T_c [h] |
|-----------------------|--------------------------|
| Montemagnoli | 3.81 |
| Orme_1 | 1.17 |
| Orme_2 | 3.64 |
| Orme_Monte | 3.64 |
| Piovola 2 | 1.23 |
| MV38598 | 0.48 |
| MV38859 | 0.35 |
| MV38887 | 0.48 |
| BV4334 | 0.88 |
| BV4895 | 0.83 |
| BV5056 | 0.19 |
| BV5405 | 0.34 |
| BV5576 | 0.48 |
| BV5587 | 0.16 |
| Marcarro | 0.78 |
| Morticini 1 | 1.71 |
| Morticini 2 | 0.73 |
| S.Ansano 1 | 0.74 |
| S.Ansano 2 | 0.52 |
| S.Ansano Monte 1 | 0.68 |
| S.Ansano Monte 2 | 1.68 |
| Streda_1 | 0.77 |
| Streda_2 | 0.28 |
| Streda_3 | 1.64 |
| Streda_4 | 1.73 |
| Vincio 1 | 1.87 |
| Vincio 2 | 2.09 |
| Vincio 3 | 2.09 |
| Vincio 4 | 0.61 |
| Borri di Montecuccoli | 0.36 |
| Castellucci Ovest | 1.41 |
| Citerna | 0.38 |
| Fosso di Brugnano_1 | 0.21 |
| Fosso di Brugnano_2 | 0.10 |
| MV35475 | 0.33 |
| MV35568 | 0.35 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | T_c [h] |
|----------------------|--------------------------|
| Rio Bottini_1 | 0.19 |
| Rio Bottini_2 | 0.34 |
| Rio del Bosco_Monte | 0.37 |
| Rio del Bosco_Valle | 0.08 |
| Rio della Cava | 0.65 |
| Rio della Chiusura_1 | 0.19 |
| Rio della Chiusura_2 | 0.19 |
| Rio della Chiusura_3 | 0.30 |
| Rio della Pratella | 0.73 |
| Rio di Camaioni | 0.38 |
| Rio Grande 0 | 1.23 |
| Rio Grande 1 | 1.77 |
| Rio Grande 2 | 1.77 |
| Rio San Miniato_1 | 0.85 |
| Rio San Miniato_2 | 0.66 |
| Rio San Miniato_3 | 0.40 |
| Rio Schifanoia | 0.61 |
| Sammontana 1 | 1.41 |
| Sammontana 2 | 1.41 |
| Sammontana 3 | 1.41 |
| Torrente Turbone | 2.39 |

Tabella 9 tempo di corrivazione per i bacini collinari

4.4.2. Bacini collinari: idrogramma unitario di Nash

Per la trasformazione afflussi-deflussi dei bacini collinari è stato utilizzato l'idrogramma unitario di Nash. Il modello di Nash schematizza il bacino come un insieme di n serbatoi lineari in serie tutti caratterizzati dalla medesima costante di tempo k; è perciò caratterizzato dai due parametri n (parametro di forma) e k (parametro di scala). L'IUH relativo al modello di Nash ha la seguente espressione:

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

dove $\Gamma(n)$ è la funzione di Eulero così determinata:

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} x^{(n-1)} \cdot e^{-x} \cdot dx$$

Le costanti n e k relative all'idrogramma di Nash possono essere determinate in base all'analisi geomorfologica dei bacini idrografici. Si può inoltre dimostrare che il prodotto n·k rappresenta il tempo di ritardo del bacino T_L (pari a 0.6·T_c, con T_c=tempo di corrivazione del bacino). Nella presente analisi sono impiegati gli stessi valori dei parametri n e k usati negli studi pregressi, laddove presenti. Per i bacini di nuova definizione si è ripetuta l'analisi geomorfologica per la stima di n, mentre il parametro k è stato stimato a partire dal tempo di ritardo del sottobacino.

| Bacino | n | k |
|--------------------|----------|----------|
| Rio Cappuccini | 2.96 | 0.22 |
| Rio Terraio | 2.96 | 0.27 |
| Friano 1 | 2.96 | 0.22 |
| S. Maria | 2.96 | 0.22 |
| Stella 1 | 2.96 | 0.22 |
| Volpi 4 | 3.07 | 0.1 |
| Volpi 5 | 3.07 | 0.06 |
| MV32807 | 2.4 | 0.17 |
| Rio Cammimmi monte | 2.42 | 0.18 |
| Rio_Mori | 2.47 | 0.18 |
| Tombaluna_Monte | 0.2 | 1.08 |
| Montemagnoli | 3.39 | 0.67 |
| Orme_1 | 2.59 | 0.27 |
| Orme_2 | 3.19 | 0.69 |
| Orme_Monte | 3.19 | 0.69 |
| Piovola 2 | 2.48 | 0.3 |
| MV38598 | 2.36 | 0.12 |
| MV38859 | 2.37 | 0.09 |
| MV38887 | 2.35 | 0.12 |
| BV4334 | 1.82 | 0.29 |
| BV4895 | 2.48 | 0.2 |
| BV5056 | 1.87 | 0.06 |
| BV5405 | 2.4 | 0.09 |
| BV5576 | 2.42 | 0.12 |
| BV5587 | 2.02 | 0.05 |
| Marcarro | 2.51 | 0.19 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | n | k |
|-----------------------|----------|----------|
| Morticini 1 | 2.54 | 0.4 |
| Morticini 2 | 2.53 | 0.17 |
| S.Ansano 1 | 2.58 | 0.17 |
| S.Ansano 2 | 2.38 | 0.13 |
| S.Ansano Monte 1 | 2.03 | 0.2 |
| S.Ansano Monte 2 | 2.52 | 0.4 |
| Streda_1 | 2.51 | 0.18 |
| Streda_2 | 2.16 | 0.08 |
| Streda_3 | 2.39 | 0.41 |
| Streda_4 | 2.14 | 0.48 |
| Vincio 1 | 2.6 | 0.43 |
| Vincio 2 | 2.77 | 0.45 |
| Vincio 3 | 2.58 | 0.49 |
| Vincio 4 | 2.62 | 0.14 |
| Borri di Montecuccoli | 3.40 | 0.064 |
| Castellucci Ovest | 2.49 | 0.340 |
| Citerna | 4.01 | 0.060 |
| Fosso di Brugnano_1 | 2.97 | 0.043 |
| Fosso di Brugnano_1 | 2.51 | 0.025 |
| MV35475 | 2.59 | 0.077 |
| MV35568 | 3.72 | 0.057 |
| Rio Bottini_1 | 3.41 | 0.033 |
| Rio Bottini_2 | 3.74 | 0.055 |
| Rio del Bosco_Monte | 0.36 | 1.376 |
| Rio del Bosco_Valle | 0.23 | 2.634 |
| Rio della Cava | 3.11 | 0.126 |
| Rio della Chiusura_1 | 2.59 | 0.045 |
| Rio della Chiusura_2 | 2.25 | 0.051 |
| Rio della Chiusura_3 | 2.71 | 0.066 |
| Rio della Pratella | 2.81 | 0.155 |
| Rio di Camaioni | 2.89 | 0.080 |
| Rio Grande 0 | 3.22 | 0.230 |
| Rio Grande 1 | 2.85 | 0.373 |
| Rio Grande 2 | 2.85 | 0.373 |
| Rio San Miniato_1 | 3.40 | 0.150 |
| Rio San Miniato_2 | 3.13 | 0.126 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Bacino | n | k |
|----------------------|----------|----------|
| Rio San Miniatello_3 | 2.97 | 0.082 |
| Rio Schifanoia | 2.91 | 0.125 |
| Sammontana 1 | 2.49 | 0.340 |
| Sammontana 2 | 2.49 | 0.340 |
| Sammontana 3 | 2.49 | 0.340 |
| Torrente Turbone | 3.25 | 0.440 |

Tabella 10 parametri n e k dell'idrogramma di Nash per i bacini collinari

4.4.3. Bacini di pianura: idrogramma della corrivazione

Per la trasformazione afflussi netti-deflussi per i bacini di pianura si è ricorsi all'idrogramma unitario della corrivazione, in analogia agli studi pregressi sull'area, per cui la portata di picco è data da:

$$Q = \frac{C_d \cdot h \cdot A}{T_c}$$

Con C_d coefficiente di deflusso, h altezza di pioggia, A area del bacino e T_c tempo di corrivazione. L'idrogramma di piena può essere ricavato considerando la seguente espressione dell'idrogramma unitario istantaneo:

$$u(t) = \frac{1}{A} \cdot \frac{dA(t)}{dt}$$

dove con $A(t)$ si indica la legge di variazione dell'area scolante nel tempo, ipotizzata lineare nel caso in esame. Gli idrogrammi unitari sono stati inseriti su HMS come *Unit Hydrograph Curves*.

4.5. Propagazione dei deflussi

Per la propagazione dei deflussi negli elementi reach si è adottato il metodo di Muskingum Cunge, che si basa sull'equazione di continuità e sull'approssimazione parabolica delle equazioni complete di De Saint Venant. I coefficienti del metodo di Muskingum vengono calcolati in base alle relazioni:

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

$$k = \frac{\Delta x}{c} \quad X = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{BS_0 c \Delta x}\right) \quad c = \frac{dQ}{dA}$$

in cui Δx è l'intervallo di discretizzazione spaziale, Δt il passo temporale di calcolo, c la celerità di traslazione dell'onda, S_0 la pendenza di fondo ed A l'area liquida. Con tale metodo i valori dei coefficienti K ed X del metodo di Muskingum vengono calcolati in base alle caratteristiche del corso d'acqua.

| Reach | Lenght [m] | Slope [m/m] | Manning's n | Shape | L.B Manning's n | R.B Manning's n |
|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| RSM1 | 1150 | 0.031 | 0.035 | Eight Point | 0.04 | 0.04 |
| RRB1 | 400 | 0.063 | 0.035 | Eight Point | 0.04 | 0.04 |
| RFC1 | 73 | 0.021 | 0.035 | Eight Point | 0.04 | 0.04 |
| RFB1 | 201.83 | 0.004 | 0.035 | Eight Point | 0.04 | 0.04 |

Tabella 11: Parametri elementi "reach".

4.6. Risultati della modellazione idrologica

Sulla base di quanto sopra esposto sono stati implementati i modelli idrologici suddivisi per sistema dell'intera area di studio. Sono state eseguite simulazioni per tempi di ritorno 30 e 200 anni. Per ogni bacino sono state considerate le durate di pioggia significative per la successiva definizione delle aree di esondazione.

Le simulazioni idrologiche sono individuate da un codice nella forma TRxxxTPyy.yyh, dove "xxx" indica il tempo di ritorno espresso in anni e "yy.yy" la durata di pioggia espressa in ore.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di picco degli idrogrammi di piena per i bacini considerati nell'analisi.

Gli idrogrammi, invece, sono riportati direttamente nel file DSS allegato alla presente relazione.

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP06H |
|------------------|------------|------------|------------|
| BV4334 | 17.6 | 8.6 | 4.9 |
| BV4895 | 20.9 | 9.7 | 5.5 |
| BV5056 | 1.7 | 0.7 | 0.4 |
| BV5405 | 4 | 1.7 | 1 |
| BV5576 | 8.6 | 3.7 | 2.1 |
| BV5587 | 1.1 | 0.5 | 0.3 |
| Marcarro | 23.7 | 10.9 | 6.2 |
| Morticini 1 | 44.1 | 33.5 | 19.5 |
| Morticini 2 | 47.1 | 21 | 11.8 |
| S.Ansano 1 | 60.6 | 27.4 | 15.7 |
| S.Ansano 2 | 19.3 | 8.2 | 4.5 |
| S.Ansano Monte 1 | 15.8 | 7.2 | 4.1 |
| S.Ansano Monte 2 | 23.2 | 17.6 | 10.3 |
| Streda_1 | 29.2 | 13.2 | 7.4 |
| Streda_2 | 1.9 | 0.8 | 0.4 |
| Streda_3 | 36.5 | 28.6 | 16.7 |
| Streda_4 | 33.5 | 26.6 | 15.7 |
| Morticini 3 | 1.7 | 2.2 | 1.5 |
| Vincio 1 | - | - | 16.2 |
| Vincio 2 | - | - | 11.4 |
| Vincio 3 | - | - | 22.5 |
| Vincio 4 | - | - | 9.5 |

Tabella 12: Portate massime [m^3/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Vinci (T_r 30 anni)

| Bacino | TR200TP01H | TR200TP03H | TR200TP06H |
|------------------|------------|------------|------------|
| BV4334 | 25.4 | 12.9 | 7.5 |
| BV4895 | 29.6 | 14.3 | 8.4 |
| BV5056 | 2.4 | 1.1 | 0.7 |
| BV5405 | 5.6 | 2.5 | 1.5 |
| BV5576 | 12.1 | 5.4 | 3.2 |
| BV5587 | 1.6 | 0.7 | 0.4 |
| Marcarro | 33.6 | 16.1 | 9.5 |
| Morticini 1 | 65.8 | 49.5 | 29.6 |
| Morticini 2 | 66.6 | 30.8 | 18 |
| S.Ansano 1 | 85.5 | 40.1 | 23.7 |
| S.Ansano 2 | 27.3 | 12.2 | 7.1 |
| S.Ansano Monte 1 | 22.3 | 10.5 | 6.2 |
| S.Ansano Monte 2 | 35.1 | 26.2 | 15.7 |
| Streda_1 | 41.3 | 19.6 | 11.4 |
| Streda_2 | 2.6 | 1.2 | 0.7 |
| Streda_3 | 55.5 | 42.4 | 25.5 |
| Streda_4 | 50.1 | 39.4 | 23.9 |
| Morticini 3 | 2.3 | 3.2 | 2.2 |
| Vincio 1 | - | 42.2 | - |
| Vincio 2 | - | 28.8 | - |
| Vincio 3 | - | 56.6 | - |
| Vincio 4 | - | 25.2 | - |

Tabella 13: Portate massime [m³/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Vinci (T_r 200 anni)

| Bacino | TR030TP01 H | TR030TP02 H | TR030TP03 H | TR030TP04 H | TR030TP06 H | TR030TP07 H | TR030TP09 H | TR030TP14 H | TR030TP18 H | TR030TP24 H | TR030TP36 H |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Rio Cappuccini | 15.35 | - | 8.86 | - | 5.19 | - | - | - | 1.62 | 1.27 | 0.89 |
| Rio Terraio | 12.84 | - | 7.47 | - | 4.34 | - | - | - | 1.32 | 1.03 | 0.7 |
| Corniola | 1.6 | - | 2.16 | - | 1.58 | - | - | - | 0.57 | 0.47 | 0.37 |
| MV36652 | 1.32 | - | 0.94 | - | 0.56 | - | - | - | 0.2 | 0.16 | 0.12 |
| MV36789 | 1.72 | - | 2.26 | - | 1.54 | - | - | - | 0.54 | 0.45 | 0.34 |
| Friano 1 | 7.82 | 5.61 | 4.16 | - | - | 2.15 | - | 1.21 | 0.76 | 0.59 | 0.41 |
| S. Maria | 8.78 | 6.94 | 5.2 | - | - | 2.65 | - | 1.48 | 0.92 | 0.71 | 0.48 |
| Stella 1 | 5.75 | 4.18 | 3.1 | - | - | 1.59 | - | 0.89 | 0.56 | 0.43 | 0.3 |
| Volpi 4 | 4.32 | 2.52 | 1.81 | - | - | 0.86 | - | 0.41 | 0.2 | 0.12 | 0.03 |
| Volpi 5 | 12.45 | 7.4 | 5.35 | - | - | 2.53 | - | 1.2 | 0.57 | 0.33 | 0.06 |
| Cinotti Est | 1.33 | 1.6 | 1.22 | - | - | 0.65 | - | 0.39 | 0.26 | 0.22 | 0.17 |
| Cinotti ovest | 1.66 | 1.99 | 1.54 | - | - | 0.82 | - | 0.49 | 0.33 | 0.27 | 0.21 |
| Friano 2 | 1.69 | 2.05 | 2.29 | - | - | 2.45 | - | 1.48 | 1.01 | 0.84 | 0.64 |
| Lucchese Est | 0.25 | 0.15 | 0.11 | - | - | 0.06 | - | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| Lucchese Ovest | 0.43 | 0.26 | 0.19 | - | - | 0.1 | - | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.03 |
| Lucchese Sud | 0.87 | 0.53 | 0.39 | - | - | 0.21 | - | 0.13 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| MV35771 | 1.93 | 2.32 | 2.59 | - | - | 2.17 | - | 1.3 | 0.89 | 0.74 | 0.56 |
| MV36072 | 1.71 | 2.07 | 2.17 | - | - | 1.18 | - | 0.71 | 0.49 | 0.4 | 0.31 |
| Pagnana 1 | 1.13 | 1.36 | 1.08 | - | - | 0.58 | - | 0.35 | 0.24 | 0.2 | 0.15 |
| Pagnana 2 | 1.86 | 2.23 | 2.49 | - | - | 1.56 | - | 0.93 | 0.63 | 0.52 | 0.4 |
| Pagnana 3 | 1.78 | 2.15 | 2.41 | - | - | 2.82 | - | 1.7 | 1.16 | 0.96 | 0.74 |
| Riottoli | 1.13 | 1.1 | 0.82 | - | - | 0.44 | - | 0.27 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |

| Bacino | TR030TP01 H | TR030TP02 H | TR030TP03 H | TR030TP04 H | TR030TP06 H | TR030TP07 H | TR030TP09 H | TR030TP14 H | TR030TP18 H | TR030TP24 H | TR030TP36 H |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Stella 2 | 1.18 | 1.44 | 1.2 | - | - | 0.66 | - | 0.4 | 0.27 | 0.23 | 0.18 |
| Vitiana 0 | 1.25 | 1.49 | 1.65 | - | - | 0.88 | - | 0.53 | 0.36 | 0.29 | 0.23 |
| Vitiana 1 | 1.22 | 1.48 | 1.45 | - | - | 0.79 | - | 0.48 | 0.32 | 0.27 | 0.21 |
| Vitiana 2 Monte | 1 | 1.2 | 1.34 | - | - | 1.69 | - | 1.44 | 0.98 | 0.81 | 0.62 |
| Vitiana 2 valle | 1.78 | 2.15 | 2.4 | - | - | 2.36 | - | 1.42 | 0.97 | 0.81 | 0.62 |
| Volpi 1 | 1.26 | 1.53 | 1.7 | - | - | 0.92 | - | 0.56 | 0.39 | 0.33 | 0.25 |
| Volpi 2 | 1.37 | 1.62 | 1.21 | - | - | 0.65 | - | 0.39 | 0.27 | 0.22 | 0.17 |
| Volpi 3 | 1.06 | 1.26 | 0.95 | - | - | 0.51 | - | 0.3 | 0.21 | 0.17 | 0.13 |
| MV32807 | 14.8 | - | 6.58 | - | 3.73 | - | - | - | 1.05 | 0.77 | 0.47 |
| Rio Cammimmi monte | 12.57 | - | 5.77 | - | 3.31 | - | - | - | 0.99 | 0.75 | 0.48 |
| Rio_Mori | 3.38 | - | 1.53 | - | 0.87 | - | - | - | 0.25 | 0.19 | 0.12 |
| Tombaluna_Monte | 2.5 | - | 1.16 | - | 0.64 | - | - | - | 0.15 | 0.1 | 0.05 |
| Rio di Ribartoli | 1.15 | - | 1.54 | - | 1.78 | - | - | - | 0.67 | 0.55 | 0.42 |
| Rio Cammimmi Valle | 0.64 | - | 0.29 | - | 0.18 | - | - | - | 0.07 | 0.06 | 0.04 |
| Tombaluna_Valle | 1.01 | - | 0.47 | - | 0.28 | - | - | - | 0.1 | 0.09 | 0.07 |
| Montemagnoli | 46.21 | 53.05 | - | 49.11 | - | - | - | - | 14.38 | 11.38 | 8.05 |
| Orme_1 | 20.84 | 16.6 | - | 10.26 | - | - | - | - | 2.65 | 2.09 | 1.47 |
| Orme_2 | 8.61 | 10.05 | - | 9.45 | - | - | - | - | 2.73 | 2.15 | 1.5 |
| Orme_Monte | 80.86 | 91.93 | - | 84.26 | - | - | - | - | 22.52 | 17.72 | 12.39 |
| Piovola 2 | 32.1 | 25.69 | - | 15.58 | - | - | - | - | 3.3 | 2.39 | 1.39 |
| MV35780 | 1.18 | 1.44 | - | 1.17 | - | - | - | - | 0.35 | 0.29 | 0.22 |
| Piovola 1 | 1.34 | 1.63 | - | 2 | - | - | - | - | 1.56 | 1.29 | 0.98 |
| Pratella | 1.16 | 1.42 | - | 1.48 | - | - | - | - | 0.44 | 0.36 | 0.27 |
| Pratella Area Industriale | 0.88 | 0.73 | - | 0.44 | - | - | - | - | 0.13 | 0.11 | 0.08 |
| MV38598 | 7.43 | - | 3.14 | - | 1.76 | - | - | - | 0.46 | 0.32 | 0.17 |

| Bacino | TR030TP01 H | TR030TP02 H | TR030TP03 H | TR030TP04 H | TR030TP06 H | TR030TP07 H | TR030TP09 H | TR030TP14 H | TR030TP18 H | TR030TP24 H | TR030TP36 H |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| MV38859 | 3.41 | - | 1.43 | - | 0.8 | - | - | - | 0.21 | 0.15 | 0.08 |
| MV38887 | 5.77 | - | 2.41 | - | 1.33 | - | - | - | 0.32 | 0.21 | 0.09 |
| Bacino 3 | 2.56 | - | 3.41 | - | 4.1 | - | 3.73 | - | 1.8 | 1.49 | 1.13 |
| MV50194 | 0.65 | - | 0.82 | - | 0.49 | - | 0.36 | - | 0.17 | 0.14 | 0.11 |
| Rio delle Caselle_2 | 1.01 | - | 1.33 | - | 1.6 | - | 1.35 | - | 0.65 | 0.54 | 0.41 |
| Rio delle Caselle_1 | 0.63 | - | 0.5 | - | 0.3 | - | 0.22 | - | 0.11 | 0.09 | 0.07 |
| MV35666 | 0.94 | - | 1.24 | - | 1.34 | - | 0.99 | - | 0.47 | 0.39 | 0.3 |
| MV50195 | 1.3 | - | 1.71 | - | 1.74 | - | 1.29 | - | 0.64 | 0.52 | 0.4 |

Tabella 14: Portate massime [m³/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Empoli (T_r 30 anni)

| Bacino | TR200TP01 H | TR200TP02 H | TR030TP03 H | TR200TP04 H | TR200TP06 H | TR200TP07 H | TR200TP09 H | TR200TP14 H | TR200TP18 H | TR200TP24 H | TR200TP36 H |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Rio Cappuccini | 22.52 | - | 12.87 | - | 7.75 | - | - | - | 2.98 | 2.13 | 1.57 |
| Rio Terraio | 18.31 | - | 10.85 | - | 6.48 | - | - | - | 2.44 | 1.74 | 1.26 |
| Corniola | 2.23 | - | 3.09 | - | 2.31 | - | - | - | 0.96 | 0.72 | 0.56 |
| MV36652 | 1.83 | - | 1.34 | - | 0.81 | - | - | - | 0.32 | 0.24 | 0.19 |
| MV36789 | 2.39 | - | 3.24 | - | 2.24 | - | - | - | 0.9 | 0.68 | 0.52 |
| Friano 1 | 11.15 | 8.05 | 6.04 | - | - | 3.24 | - | 1.9 | 1.4 | 1 | 0.73 |
| S. Maria | 13.13 | 10.03 | 7.56 | - | - | 4 | - | 2.33 | 1.7 | 1.21 | 0.87 |
| Stella 1 | 8.26 | 6 | 4.5 | - | - | 2.4 | - | 1.4 | 1.03 | 0.73 | 0.53 |
| Volpi 4 | 6.12 | 3.69 | 2.72 | - | - | 1.38 | - | 0.75 | 0.52 | 0.32 | 0.19 |
| Volpi 5 | 17.66 | 10.83 | 8.02 | - | - | 4.1 | - | 2.2 | 1.52 | 0.93 | 0.54 |
| Cinotti Est | 1.85 | 2.26 | 1.74 | - | - | 0.96 | - | 0.58 | 0.44 | 0.33 | 0.26 |
| Cinotti ovest | 2.31 | 2.81 | 2.21 | - | - | 1.2 | - | 0.73 | 0.55 | 0.41 | 0.32 |

| Bacino | TR200TP01 H | TR200TP02 H | TR030TP03 H | TR200TP04 H | TR200TP06 H | TR200TP07 H | TR200TP09 H | TR200TP14 H | TR200TP18 H | TR200TP24 H | TR200TP36 H |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Friano 2 | 2.36 | 2.9 | 3.28 | - | - | 3.59 | - | 2.2 | 1.69 | 1.26 | 0.98 |
| Lucchese Est | 0.35 | 0.21 | 0.16 | - | - | 0.09 | - | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 |
| Lucchese Ovest | 0.59 | 0.37 | 0.28 | - | - | 0.15 | - | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| Lucchese Sud | 1.21 | 0.75 | 0.56 | - | - | 0.31 | - | 0.19 | 0.15 | 0.11 | 0.09 |
| MV35771 | 2.69 | 3.29 | 3.71 | - | - | 3.17 | - | 1.94 | 1.48 | 1.11 | 0.86 |
| MV36072 | 2.37 | 2.93 | 3.11 | - | - | 1.72 | - | 1.06 | 0.81 | 0.61 | 0.47 |
| Pagnana 1 | 1.58 | 1.92 | 1.55 | - | - | 0.85 | - | 0.52 | 0.39 | 0.29 | 0.23 |
| Pagnana 2 | 2.59 | 3.16 | 3.56 | - | - | 2.28 | - | 1.39 | 1.06 | 0.79 | 0.61 |
| Pagnana 3 | 2.47 | 3.05 | 3.45 | - | - | 4.12 | - | 2.54 | 1.94 | 1.46 | 1.13 |
| Riottoli | 1.58 | 1.56 | 1.17 | - | - | 0.65 | - | 0.4 | 0.3 | 0.23 | 0.18 |
| Stella 2 | 1.65 | 2.05 | 1.71 | - | - | 0.96 | - | 0.59 | 0.46 | 0.34 | 0.27 |
| Vitiana 0 | 1.74 | 2.12 | 2.36 | - | - | 1.29 | - | 0.78 | 0.59 | 0.45 | 0.34 |
| Vitiana 1 | 1.7 | 2.1 | 2.07 | - | - | 1.15 | - | 0.71 | 0.54 | 0.41 | 0.32 |
| Vitiana 2 Monte | 1.39 | 1.71 | 1.92 | - | - | 2.47 | - | 2.14 | 1.63 | 1.22 | 0.95 |
| Vitiana 2 valle | 2.47 | 3.05 | 3.44 | - | - | 3.45 | - | 2.12 | 1.63 | 1.22 | 0.95 |
| Volpi 1 | 1.75 | 2.17 | 2.43 | - | - | 1.35 | - | 0.84 | 0.65 | 0.49 | 0.38 |
| Volpi 2 | 1.91 | 2.3 | 1.72 | - | - | 0.95 | - | 0.58 | 0.45 | 0.34 | 0.26 |
| Volpi 3 | 1.47 | 1.79 | 1.36 | - | - | 0.74 | - | 0.45 | 0.35 | 0.26 | 0.2 |
| MV32807 | 20.9 | - | 9.65 | - | 5.68 | - | - | - | 2.1 | 1.44 | 0.99 |
| Rio Cammimmi monte | 17.74 | - | 8.42 | - | 5 | - | - | - | 1.91 | 1.33 | 0.94 |
| Rio_Mori | 4.76 | - | 2.24 | - | 1.32 | - | - | - | 0.5 | 0.35 | 0.24 |
| Tombaluna_Monte | 3.54 | - | 1.72 | - | 1 | - | - | - | 0.35 | 0.23 | 0.14 |
| Rio di Ribartoli | 1.6 | - | 2.2 | - | 2.59 | - | - | - | 1.11 | 0.83 | 0.64 |
| Rio Cammimmi Valle | 0.9 | - | 0.42 | - | 0.26 | - | - | - | 0.11 | 0.08 | 0.06 |
| Tombaluna_Valle | 1.41 | - | 0.67 | - | 0.41 | - | - | - | 0.17 | 0.13 | 0.1 |
| Montemagnoli | 67.53 | 78.14 | - | 72.74 | - | - | - | - | 25.78 | 18.62 | 13.76 |

| Bacino | TR200TP01 H | TR200TP02 H | TR030TP03 H | TR200TP04 H | TR200TP06 H | TR200TP07 H | TR200TP09 H | TR200TP14 H | TR200TP18 H | TR200TP24 H | TR200TP36 H |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Orme_1 | 30.2 | 23.9 | - | 15.05 | - | - | - | - | 4.78 | 3.44 | 2.53 |
| Orme_2 | 12.92 | 15.08 | - | 14.12 | - | - | - | - | 4.93 | 3.54 | 2.6 |
| Orme_Monte | 120.17 | 137.07 | - | 125.46 | - | - | - | - | 40.63 | 29.23 | 21.46 |
| Piovola 2 | 46.74 | 37.4 | - | 23.28 | - | - | - | - | 6.68 | 4.55 | 3.09 |
| MV35780 | 1.64 | 2.04 | - | 1.69 | - | - | - | - | 0.58 | 0.44 | 0.34 |
| Piovola 1 | 1.87 | 2.32 | - | 2.88 | - | - | - | - | 2.59 | 1.94 | 1.5 |
| Pratella | 1.62 | 2.01 | - | 2.14 | - | - | - | - | 0.72 | 0.54 | 0.42 |
| Pratella Area Industriale | 1.22 | 1.03 | - | 0.64 | - | - | - | - | 0.22 | 0.16 | 0.12 |
| MV38598 | 10.48 | - | 4.63 | - | 2.7 | - | - | - | 0.97 | 0.65 | 0.43 |
| MV38859 | 4.8 | - | 2.11 | - | 1.23 | - | - | - | 0.44 | 0.3 | 0.2 |
| MV38887 | 8.14 | - | 3.57 | - | 2.07 | - | - | - | 0.71 | 0.46 | 0.29 |
| Bacino 3 | 3.57 | - | 4.89 | - | 5.97 | - | 5.5 | - | 2.7 | 2.25 | 1.73 |
| MV50194 | 0.91 | - | 1.18 | - | 0.72 | - | 0.54 | - | 0.26 | 0.22 | 0.17 |
| Rio delle Caselle_2 | 0.88 | - | 0.72 | - | 0.44 | - | 0.33 | - | 0.16 | 0.14 | 0.1 |
| Rio delle Caselle_1 | 1.4 | - | 1.91 | - | 2.33 | - | 1.99 | - | 0.98 | 0.81 | 0.62 |
| MV35666 | 1.31 | - | 1.78 | - | 1.95 | - | 1.46 | - | 0.71 | 0.59 | 0.45 |
| MV50195 | 1.81 | - | 2.46 | - | 2.54 | - | 1.89 | - | 0.95 | 0.79 | 0.61 |

Tabella 15: Portate massime [m^3/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Empoli (T_r 200 anni)

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP04H | TR030TP06H | TR030TP09H | TR030TP18H | TR030TP24H | TR030TP36H |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Fosso di Brugnano_2 | 1.70 | 0.69 | - | 0.39 | - | - | - | - |
| Fosso di Brugnano_1 | 1.38 | 0.57 | - | 0.33 | - | - | - | - |
| Rio di Camaioni | 3.21 | 1.37 | - | 0.79 | - | - | - | - |
| Rio della Cava | 9.31 | 4.06 | - | 2.27 | - | - | - | - |
| Rio della Chiusura_3 | 2.40 | 0.99 | - | 0.56 | - | - | - | - |
| Rio della Chiusura_2 | 0.75 | 0.31 | - | 0.18 | - | - | - | - |
| Rio della Chiusura_1 | 0.60 | 0.25 | - | 0.14 | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_3 | 6.86 | 2.85 | - | 1.59 | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_2 | 10.68 | 4.90 | - | 2.69 | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_1 | 13.72 | 6.43 | - | 3.58 | - | - | - | - |
| Rio Schifanoia | 6.43 | 2.77 | - | 1.55 | - | - | - | - |
| Rio del Bosco_Valle | 0.75 | 0.31 | - | 0.17 | - | - | - | - |
| Rio del Bosco_Monte | 1.27 | 0.55 | - | 0.31 | - | - | - | - |
| Torrente Turbone | 54.85 | 47.80 | 39 | 26.42 | - | - | - | - |
| Rio Grande 2 | 1.73 | 1.12 | - | 0.60 | 0.39 | 0.09 | 0.04 | 0.00 |
| Rio Grande 1 | 2.53 | 1.63 | - | 0.87 | 0.57 | 0.13 | 0.05 | 0.00 |
| Rio Grande 0 | 17.37 | 13.08 | - | 7.52 | 5.26 | 2.03 | 1.48 | 0.86 |
| Rio delle Caselle_2 | 0.63 | 0.50 | - | 0.30 | 0.22 | 0.11 | 0.09 | 0.07 |
| Rio delle Caselle_1 | 1.01 | 1.33 | - | 1.60 | 1.35 | 0.65 | 0.54 | 0.41 |
| Rio della Pratella | 6.23 | 2.73 | - | 1.52 | 1.06 | 0.42 | 0.30 | 0.17 |
| Rio Bottini_2 | 1.41 | 0.55 | - | 0.28 | 0.18 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| Rio Bottini_1 | 2.15 | 0.87 | - | 0.48 | 0.33 | 0.12 | 0.08 | 0.04 |

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP04H | TR030TP06H | TR030TP09H | TR030TP18H | TR030TP24H | TR030TP36H |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| MV50195 | 1.30 | 1.71 | - | 1.74 | 1.29 | 0.64 | 0.52 | 0.40 |
| MV50194 | 0.65 | 0.82 | - | 0.49 | 0.36 | 0.17 | 0.14 | 0.11 |
| MV35666 | 0.94 | 1.24 | - | 1.34 | 0.99 | 0.47 | 0.39 | 0.30 |
| MV35568 | 3.63 | 1.47 | - | 0.79 | 0.53 | 0.15 | 0.09 | 0.02 |
| MV35475 | 1.00 | 0.39 | - | 0.21 | 0.13 | 0.03 | 0.01 | 0.00 |
| MV35177 | 0.47 | 0.26 | - | 0.16 | 0.12 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| Fosso Fibbiana | 0.62 | 0.47 | - | 0.28 | 0.21 | 0.10 | 0.08 | 0.06 |
| Sammontana 3 | 6.74 | 3.86 | - | 2.06 | 1.35 | 0.33 | 0.16 | 0.00 |
| Sammontana 2 | 1.20 | 0.67 | - | 0.36 | 0.23 | 0.05 | 0.02 | 0.00 |
| Sammontana 1 | 7.64 | 5.43 | - | 3.19 | 2.29 | 1.06 | 0.83 | 0.58 |
| Fibbiana | 1.93 | 2.55 | - | 1.83 | 1.35 | 0.67 | 0.55 | 0.42 |
| Citerna | 3.86 | 1.54 | - | 0.81 | 0.53 | 0.12 | 0.05 | 0.00 |
| Castellucci Ovest | 1.02 | 0.58 | - | 0.31 | 0.20 | 0.04 | 0.02 | 0.00 |
| Borro Montecuccoli | 3.80 | 1.54 | - | 0.83 | 0.56 | 0.18 | 0.11 | 0.04 |
| Bacino 3 | 2.56 | 3.41 | - | 4.10 | 3.73 | 1.80 | 1.49 | 1.13 |

Tabella 16: Portate massime [m³/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Montelupo Fiorentino (T_r 30 anni)

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP04H | TR030TP06H | TR030TP09H | TR030TP18H | TR030TP24H | TR030TP36H |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Fosso di Brugnano_2 | 2.39 | 1.03 | 0.59 | - | - | - | - | - |
| Fosso di Brugnano_1 | 1.93 | 0.84 | 0.49 | - | - | - | - | - |
| Rio di Camaioni | 4.50 | 1.99 | 1.18 | - | - | - | - | - |
| Rio della Cava | 13.26 | 5.94 | 3.43 | - | - | - | - | - |
| Rio della Chiusura_3 | 3.37 | 1.46 | 0.85 | - | - | - | - | - |

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP04H | TR030TP06H | TR030TP09H | TR030TP18H | TR030TP24H | TR030TP36H |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Rio della Chiusura_2 | 1.06 | 0.46 | 0.27 | - | - | - | - | - |
| Rio della Chiusura_1 | 0.85 | 0.37 | 0.21 | - | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_3 | 9.66 | 4.19 | 2.42 | - | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_2 | 15.79 | 7.21 | 4.12 | - | - | - | - | - |
| Rio San Miniatello_1 | 19.83 | 9.43 | 5.45 | - | - | - | - | - |
| Rio Schifanoia | 9.15 | 4.07 | 2.35 | - | - | - | - | - |
| Rio del Bosco_Valle | 1.06 | 0.46 | 0.26 | - | - | - | - | - |
| Rio del Bosco_Monte | 1.80 | 0.80 | 0.48 | - | - | - | - | - |
| Torrente Turbone | 85.14 | 74.90 | 44.25 | 33.60 | - | - | - | - |
| Rio Grande 2 | 2.50 | 1.69 | 0.97 | - | 0.67 | 0.23 | 0.16 | 0.08 |
| Rio Grande 1 | 3.65 | 2.46 | 1.40 | - | 0.97 | 0.33 | 0.23 | 0.11 |
| Rio Grande 0 | 26.63 | 19.36 | 11.48 | - | 8.29 | 3.62 | 2.81 | 1.91 |
| Rio delle Caselle_2 | 0.88 | 0.72 | 0.44 | - | 0.33 | 0.16 | 0.14 | 0.10 |
| Rio delle Caselle_1 | 1.40 | 1.91 | 2.33 | - | 1.99 | 0.98 | 0.81 | 0.62 |
| Rio della Pratella | 8.87 | 4.02 | 2.33 | - | 1.67 | 0.74 | 0.58 | 0.39 |
| Rio Bottini_2 | 2.01 | 0.84 | 0.46 | - | 0.31 | 0.10 | 0.06 | 0.02 |
| Rio Bottini_1 | 3.03 | 1.30 | 0.75 | - | 0.53 | 0.22 | 0.17 | 0.11 |
| MV50195 | 1.81 | 2.46 | 2.54 | - | 1.89 | 0.95 | 0.79 | 0.61 |
| MV50194 | 0.91 | 1.18 | 0.72 | - | 0.54 | 0.26 | 0.22 | 0.17 |
| MV35666 | 1.31 | 1.78 | 1.95 | - | 1.46 | 0.71 | 0.59 | 0.45 |
| MV35568 | 5.13 | 2.19 | 1.25 | - | 0.88 | 0.33 | 0.24 | 0.14 |
| MV35475 | 1.42 | 0.60 | 0.33 | - | 0.23 | 0.08 | 0.05 | 0.03 |
| MV35177 | 0.65 | 0.38 | 0.23 | - | 0.17 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Fosso Fibbiana | 0.86 | 0.68 | 0.41 | - | 0.31 | 0.15 | 0.13 | 0.10 |
| Sammontana 3 | 9.69 | 5.81 | 3.30 | - | 2.30 | 0.82 | 0.57 | 0.29 |
| Sammontana 2 | 1.72 | 1.02 | 0.57 | - | 0.40 | 0.14 | 0.09 | 0.04 |

| Bacino | TR030TP01H | TR030TP03H | TR030TP04H | TR030TP06H | TR030TP09H | TR030TP18H | TR030TP24H | TR030TP36H |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Sammontana 1 | 11.46 | 7.91 | 4.75 | - | 3.49 | 1.70 | 1.37 | 1.01 |
| Fibbiana | 2.69 | 3.66 | 2.67 | - | 1.99 | 1.00 | 0.83 | 0.64 |
| Citerna | 5.48 | 2.33 | 1.30 | - | 0.90 | 0.31 | 0.21 | 0.10 |
| Castellucci Ovest | 1.47 | 0.88 | 0.49 | - | 0.34 | 0.11 | 0.08 | 0.03 |
| Borro Montecuccoli | 5.37 | 2.30 | 1.30 | - | 0.92 | 0.37 | 0.27 | 0.16 |
| Bacino 3 | 3.57 | 4.89 | 5.97 | - | 5.50 | 2.70 | 2.25 | 1.73 |

Tabella 17: Portate massime [m³/s] per i diversi scenari considerati. Bacini del Comune di Montelupo Fiorentino (T_r 200 anni)

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

5. RELAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica dei corsi d'acqua di interesse per la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica è stata condotta mediante il software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) prodotto anch'esso dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano (USACE).

Le simulazioni sono state eseguite in regime di moto vario mono e bidimensionale e sono descritte in dettaglio nel seguito. Per i corsi d'acqua dotati di alveo inciso di dimensioni apprezzabili si è proceduto ad implementare un'analisi monodimensionale in alveo e bidimensionale al di fuori dell'alveo inciso. Per gli altri corsi d'acqua riportati nel reticolo idrografico di cui alla L.R. 79/2012, ma con dimensioni della sezione trasversale trascurabile ai fini delle analisi di rischio idraulico (dell'ordine di 0.3x0.3 m od inferiore) si è effettuata un'analisi puramente bidimensionale.

Per la definizione delle condizioni di pericolosità dell'area sono state effettuate più simulazioni, corrispondenti alle durate di pioggia critiche per i corsi d'acqua in esame.

I tratti oggetto di studio si estendono ben oltre le aree di interesse urbanistico, sia per quel che riguarda la modellazione monodimensionale che per quel che riguarda la modellazione bidimensionale, al fine di evitare effetti al contorno e sono quindi da ritenersi idraulicamente significativi.

Nel seguito, dopo una succinta esposizione delle caratteristiche dei modelli matematici implementati su RAS, si procede con la descrizione dei parametri di modellazione adottati per i corsi d'acqua indagati.

5.1. Modelli di calcolo RAS

5.1.1. Modello di calcolo a moto vario monodimensionale

La forma delle equazioni del moto vario (o equazioni di De Saint Venant) utilizzate in HEC-RAS è la seguente:

Equazione di continuità:

$$\frac{(\partial A)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi \cdot Q))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi) \cdot Q))}{(\partial x_f)} = 0$$

Equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{(\partial Q)}{(\partial t)} + \frac{(\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c))}{(\partial x_c)} + \frac{(\partial((1-\Phi^2) Q^2 / A_f))}{(\partial x_f)} + g A_c \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_c)} + S_{fc} \right] + g A_f \left[\frac{(\partial Z)}{(\partial x_f)} + S_{ff} \right] = 0$$

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

con:

$$Q_c = \Phi \cdot Q ; \quad \Phi = (K_c) / (K_c + K_f)$$

I pedici c ed f si riferiscono rispettivamente al *main channel* (alveo centrale) ed alle *floodplain* (aree golenali), Q rappresenta la portata, g l'accelerazione di gravità, x l'ascissa, t il tempo, K la *conveyance* (o fattore di trasporto) della sezione, Z la quota del pelo libero (somma della quota di fondo z e dell'altezza liquida γ), A l'area liquida, S_f la pendenza della linea dell'energia.

HEC-RAS utilizza generalmente il modello completo delle equazioni di De Saint Venant. Nelle analisi in moto vario le tecniche di soluzione numerica delle equazioni del moto assumono un'importanza maggiore rispetto alle analisi a moto permanente. La soluzione numerica di tali equazioni in regime di corrente lenta è basata su un metodo alle differenze finite di tipo implicito a quattro punti, noto in letteratura come *box scheme*. Dalla discretizzazione alle differenze finite delle equazioni del moto applicate ad un tratto di corso d'acqua, e dall'applicazione delle condizioni al contorno, risulta un sistema lineare di N equazioni in N incognite, con N pari a 2 volte il numero di sezioni in cui è stato suddiviso il corso d'acqua meno le sezioni in cui sono state assegnate le condizioni al contorno. Tale sistema deve essere risolto ad ogni successivo istante di calcolo. Il sistema di equazioni lineari viene risolto con metodo iterativo, utilizzando l'algoritmo *skyline*, specificatamente pensato per la soluzione dei problemi di moto vario nelle reti a pelo libero.

Nel caso di corrente mista lenta o veloce HEC-RAS utilizza la tecnica LPI "*Local Partial Inertia*", mediante la quale si passa gradualmente dalla soluzione delle equazioni complete del moto alla soluzione del modello parabolico delle equazioni del moto vario. Il modello parabolico viene applicato dal programma soltanto nei tratti di corso d'acqua in cui si ha un numero di Froude maggiore di un valore soglia definibile dall'utente (generalmente si assume $Fr=1$, corrispondente al passaggio della corrente attraverso lo stato critico). Il modello matematico riesce così a garantire una buona stabilità di calcolo anche nei tratti interessati da corrente veloce o mista, pur mantenendo un'adeguata accuratezza di calcolo.

5.1.1. Modello di calcolo a moto vario bidimensionale

Il modello matematico bidimensionale utilizza le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, che vengono risolte con uno schema ai volumi finiti.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

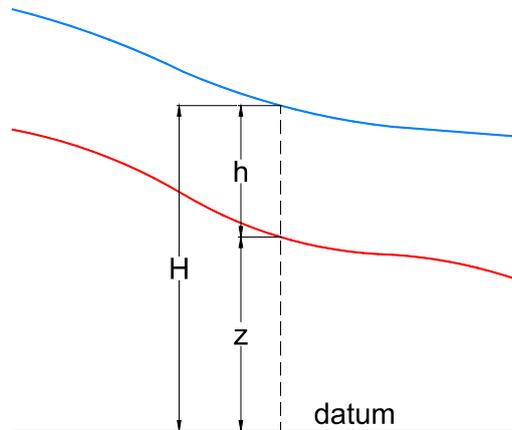


Figura 13: sistema di riferimento di Hec-Ras 2D: la quota del terreno è indicata con $z(x,y)$ l'altezza idrica con $h(x,y,t)$; la quota del pelo libero con $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$

Conservazione della massa: assumendo il fluido incomprimibile, l'equazione differenziale della conservazione della massa (continuità) in moto vario è:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(h \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(h \cdot v)}{\partial y} + q = 0$$

in cui t è il tempo, u e v sono rispettivamente le componenti di velocità lungo le direzioni x ed y e q è la portata in ingresso ed in uscita dovuta a immissioni od uscite di acqua.

Conservazione della quantità di moto: quando la dimensione orizzontale caratteristica dell'area di studio è molto maggiore della dimensione verticale, gli effetti legati alla componente verticale della velocità possono essere trascurati e si può assumere una distribuzione idrostatica delle pressioni, a partire dalle equazioni di Navier-Stokes. In tali ipotesi e nell'ipotesi di densità del fluido costante, l'equazione di conservazione della quantità di moto assume la seguente forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial u}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot u + f \cdot v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} = -g \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f \cdot v - f \cdot u$$

in cui oltre ai simboli già illustrati, g è l'accelerazione di gravità, ν_t è il coefficiente di viscosità turbolenta, c_f è il coefficiente di attrito al fondo, ed f è il coefficiente di Coriolis.

Utilizzando la formula di Chézy il coefficiente di scabrezza sul fondo è dato da:

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

$$c_f = \frac{g \cdot |V|}{C^2 \cdot R}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, $|V|$ è il modulo del vettore velocità, C è il coefficiente di Chézy ed R è il raggio idraulico. Utilizzando la formula di Manning $C = R^{1/6} / n$, in cui n è il coefficiente di scabrezza di Manning, pertanto si ha:

$$c_f = \frac{n^2 \cdot g \cdot |V|}{R^{4/3}}$$

Per la modellazione del campo di moto HEC-RAS utilizza l'approccio batimetrico sub-grid sviluppato da Casulli. Con tale approccio si riesce a sfruttare informazioni topografiche ad alta risoluzione (ad esempio dati Lidar con passo della griglia pari ad 1m) pur utilizzando celle di calcolo a dimensione caratteristica maggiore rispetto alla risoluzione dei dati in ingresso. Per ogni singola cella di calcolo infatti in fase di preprocessione viene ricavata la legge di variazione con la quota del pelo libero delle grandezze idrauliche caratteristiche, basandosi sui dati topografici ad alta risoluzione relativi alla cella stessa. Vengono così determinate: curva di invaso della cella, area, contorno bagnato e raggio idraulico su ogni bordo della cella. Tale schema di risoluzione consente di sfruttare al massimo il dettaglio dei dati in ingresso.

5.2. Modelli idraulici dell'area di studio: reticolo secondario di PGRA

I corsi d'acqua oggetto di studio sono stati suddivisi in più modelli RAS, come di seguito riportato.

Per quanto riguarda il comune di Empoli, i modelli Ras studiati sono:

- RAS_Empoli_Ovest
- RAS_Molin_Nuovo
- RAS_Sant'Andrea-Fontanelle
- RAS_Cappuccini-Terraio
- RAS_Orme-Piovola

In merito al comune di Vinci, i modelli RAS studiati sono:

- RAS_Morticini
- RAS_Marcarro
- RAS_S Ansano

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

- RAS_BV5480
- RAS_BV5587
- RAS_Streda_monte
- RAS_BV4895
- RAS_BV5405
- RAS_BV5056
- RAS_Vincio

Per il Comune di Montelupo Fiorentino sono stati definiti i seguenti modelli:

- RAS_Camaioni
- RAS_Brugnano
- RAS_Cava
- RAS_Chiusura_Miniatello
- RAS_Schifanoia
- RAS_Bosco
- RAS_Turbone
- RAS_Canale Maestro di Cortenuova

Le planimetrie di modellazione dei diversi modelli implementati sono riportate in allegato.

5.2.1. Dati topografici di base

La documentazione disponibile deriva dai dati di base già adottati negli studi pregressi, resi disponibili dai Comuni di Vinci ed Empoli. Tali dati sono stati integrati con:

- per il Fosso di Brugnano, Rio Camaioni, Rio La Cava, Rio del Bosco, Rio Caselle, Rio Pratella, MV35475, MV35568, MV35177, MV35666, MV50194, MV50195, Rio Montecuccoli e Rio Grande si sono adottati i rilievi topografici condotti da H.S. Ingegneria direttamente per il presente studio;
- per il Rio Chiusura-S.Miniatello, il Rio di Schifanoia si sono adottati i rilievi topografici forniti dal Comune di Montelupo Fiorentino ed integrati con ulteriori rilievi condotti da H.S. Ingegneria direttamente per il presente studio.
- rilievi topografici realizzati dal geometra A. Righi per i seguenti corsi d'acqua principali e del reticolo idrografico minore:
 Torrente Vincio, Rio di Cammimmi, Rio di Ribartoli, BV4094, BV4133, BV4242, BV4286, BV4334, BV4648, BV4895, BV5405, BV5407, BV5480, BV5494, MV38052, MV38207, MV38317, MV38367, MV38596, MV38887, MV38859, MV38858, MV35771, MV35693, MV35639, MV35651, MV36011, MV36227, MV36429, MV36789, MV36603, MV36581, MV36652, MV36386, MV36246, MV35780, MV37007 e MV36848.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

Tutti i rilievi topografici utilizzati sono stati riferiti al piano quotato del Lidar della Regione Toscana .

Sono inoltre state effettuate sia verifiche di coerenza tra i diversi rilievi topografici disponibili, che verifiche di coerenza con i dati Lidar della Regione Toscana, tramite il rilievo di punti topograficamente significativi.

5.2.2. Caratteristiche geometriche

La geometria dei modelli idraulici è stata implementata utilizzando rilievi topografici diretti dell'alveo uniti ad i dati Lidar della Regione Toscana per quel che riguarda le aree golenali.

Per la definizione della geometria dei modelli si è operato nel seguente modo:

- per la modellazione dell'alveo inciso si è fatto riferimento alle sezioni di rilievo topografico. L'ubicazione planimetrica delle sezioni di calcolo è riportata in allegato. Per una più corretta definizione della geometria di progetto sono state utilizzate anche delle sezioni interpolate, generate da HEC-RAS a partire dalle sezioni rilevate e ricostruite anche sulla base dei dati LIDAR disponibili;
- Le caratteristiche topografiche della rete di calcolo 2D sono state desunte dal DTM generato dai dati LIDAR della Regione Toscana disponibili per l'area di studio, verificando la congruenza tra i rilievi disponibili ed i dati LIDAR. Laddove i dati Lidar non siano disponibili, come per la parte di monte dello Streda e del S.Ansano, i dati DTM sono stati desunti dalla CTR 2K integrata da punti di rilievo topografico diretto. La rete di calcolo bidimensionale interessa le aree esterne all'alveo inciso ed è stata definita utilizzando le opzioni di discretizzazione automatica del dominio di calcolo presenti in RAS, definendo opportune break lines in corrispondenza di elementi morfologicamente ed idraulicamente significativi, quali strade, corsi d'acqua, rilevati, etc.

La rete bidimensionale è collegata al modello monodimensionale tramite delle *lateral structure* da cui si ha lo scambio di acqua (bidirezionale) tra modello monodimensionale e modello bidimensionale. La geometria delle *lateral structure* è ripresa dai dati dei rilievi topografici eseguiti, integrata ove necessario dai dati LIDAR. Le strutture laterali sono state modellate come weir o con l'opzione 2D equation a seconda delle loro caratteristiche geometriche e della stabilità del modello.

In presenza di tratti tombati di sezione ridotta si sono cautelativamente ipotizzate condizioni di occlusione dell'imbocco, condizione più che probabile nel caso di eventi estremi ¹. Tale ipotesi è stata effettuata per il corso d'acqua MV36652 nel comune di Empoli e MV35475 nel comune di Montelupo Fiorentino.

Per alcuni bacini minori (privi di reticolo idrografico significativo e con alveo di dimensione trascurabile) gli idrogrammi di piena sono stati assegnati, attraverso una condizione al contorno interna, direttamente alle aree 2D presenti nel modello idraulico. Rientrano in questa casistica il BV5056 nel comune di Vinci, i corsi d'acqua MV35780, Corniola ed il corso d'acqua relativo all'area

¹ Si veda ad esempio Australian Rainfall e Runoff (ARR), Project 11, Blockage of Hydraulic Structures

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

di Cinotti nel comune di Empoli e il Rio della Chiusura in Montelupo Fiorentino.

5.2.3. Parametri di scabrezza e coefficienti di perdita concentrata

I coefficienti di scabrezza n di Manning sono stati fissati sia in funzione dei valori adottati negli studi pregressi, che avvalendosi del confronto tra le caratteristiche dei tratti in esame ed altri corsi d'acqua di caratteristiche di scabrezza simili per cui si hanno a disposizione misure di taratura di n , considerando anche la possibilità che la piena possa avvenire in condizioni di non perfetta manutenzione del corso d'acqua.

Ai corsi d'acqua sono stati assegnati dei valori del coefficiente di manning, distinguendo tra alveo naturale 1D, aree golenali e tratti rivestiti o culvert. Per gli alvei naturali, tenendo conto del tipo di vegetazione e del grado di intromissione della vegetazione in alveo, sono stati assegnati valori variabili tra 0.022 e 0.05. Per le aree golenali, tenendo presenti i criteri già elencati per gli alvei naturali, sono stati assegnati valori compresi tra 0.025 e 0.04. Infine, per quanto riguarda i culvert o i tratti rivestiti sono stati assegnati valori compresi tra 0.014 e 0.02.

Per un'analisi più dettagliata sull'attribuzione dei coefficienti di manning ai differenti corsi d'acqua si rimanda al dettaglio delle sezioni negli allegati di RAS.

In merito ai coefficienti di perdita concentrata sono stati assegnati valori per contrazione/espansione pari a 0.1/0.3 per le sezioni correnti e variabili tra 0.3/0.5 e 0.5/0.7 in presenza di discontinuità (tipicamente attraversamenti), a seconda delle caratteristiche di variazione della sezione.

Il coefficiente di scabrezza delle celle bidimensionali è stato assegnato a partire dall'uso del suolo derivato dal progetto Corine, secondo la seguente tabella di corrispondenza ripresa da R. Pestana et al., 2013, *Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river*, ESA Living Planet Symposium 2013.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Code | Designation | n |
|------|---|-------|
| 111 | Continuous urban fabric | 0.230 |
| 112 | Discontinuous urban fabric | 0.115 |
| 121 | Industrial or commercial units | 0.230 |
| 122 | Roads and rail networks and associated land | 0.038 |
| 124 | Airports | 0.230 |
| 131 | Mineral extraction sites | 0.104 |
| 132 | Dump sites | 0.115 |
| 133 | Construction sites | 0.115 |
| 142 | Sport and leisure facilities | 0.023 |
| 211 | Non-irrigated arable land | 0.043 |
| 212 | Permanently irrigated land | 0.043 |
| 213 | Rice fields | 0.023 |
| 221 | Vineyards | 0.043 |
| 222 | Fruit trees and berry plantations | 0.043 |
| 223 | Olive groves | 0.043 |
| 231 | Pastures | 0.298 |
| 241 | Annual crops associated w/permanent crops | 0.043 |
| 242 | Complex cultivation patterns | 0.023 |
| 243 | Agriculture, w/significant natural vegetation | 0.058 |
| 244 | Agro-forestry areas | 0.058 |
| 311 | Broad-leaved forest | 0.230 |
| 312 | Coniferous forest | 0.127 |
| 313 | Mixed forest | 0.230 |
| 321 | Natural grasslands | 0.039 |
| 322 | Moors and heathland | 0.058 |
| 323 | Sclerophyllous vegetation | 0.058 |
| 324 | Transitional woodland-shrub | 0.058 |
| 331 | Beaches, dunes, sands | 0.138 |
| 332 | Bare rocks | 0.104 |
| 333 | Sparsely vegetated areas | 0.104 |
| 334 | Burnt areas | 0.104 |
| 411 | Inland marshes | 0.115 |
| 511 | Water courses | 0.035 |
| 512 | Water bodies | 0.035 |

Tabella 18: valori del coefficiente di scabrezza sulle aree 2D (R. Pestana et al., 2014).

Per quanto riguarda la distribuzione planimetrica delle scabrezze sulle aree 2D per i diversi modelli implementati si rimanda alla tavola 002.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

5.2.4. Condizioni al contorno ed idrogrammi di piena

Le condizioni al contorno di monte sono date dagli idrogrammi determinati in sede di analisi idrologica e precedentemente riportati. Il deflusso proveniente dagli interbacini è stato considerato come deflusso uniformemente distribuito sul tratto di studio.

Per gli affluenti dell'Arno e dell'Elsa le condizioni al contorno di valle, in analogia agli studi pregressi condotti sull'area in esame, sono state assegnate secondo i seguenti criteri:

- per scenari associati a durate di pioggia brevi (non critiche per i corsi d'acqua del reticolo principale di PGRA) si sono considerate condizioni di valle con sbocco a moto uniforme (scala di deflusso Normal Depth) o in alcuni casi i livelli idrici (Stage Hydrograph) del corso d'acqua ricettore ;
- per scenari associati a durate di pioggia lunghe (critiche per l'asta dell'Arno) si è proceduto con la modellazione idraulica del reticolo minore per i corsi d'acqua muniti di paratoia/valvola a clapet allo sbocco, in modo da simulare le condizioni di pericolosità indotte dal reticolo minore nel caso di impossibilità di libero sbocco in Arno. Tale analisi è stata effettuata per i corsi d'acqua Canale Maestro di Cortenuova, Fosso di Fibbiana, Torrente Orme, Rio dei Cappuccini, Rio Sant'Anna, Rio di Vitiana, Rio di Pagnana e Rio di Friano
- per scenari associati a durate di pioggia lunghe (critiche per l'asta dell'Elsa) si è proceduto con la modellazione idraulica del reticolo minore per i corsi d'acqua muniti di paratoia/valvola a clapet allo sbocco, in modo da simulare le condizioni di pericolosità indotte dal reticolo minore nel caso di impossibilità di libero sbocco in Elsa. Tale analisi è stata effettuata per i corsi d'acqua: Rio delle Volpi, Rio di Tombaluna, Rio di Cammimmi, i corsi d'acqua MV38598, MV38887 e MV38858.
- per il torrente Turbone si sono considerate sia condizioni di sbocco a moto uniforme per durate brevi, sia condizioni di contemporanea piena della Pesa, considerando l'idrogramma della Pesa nella sezione di confluenza con il Turbone associato alla durata critica della Pesa stessa (durate di pioggia di 4 h per Tr30 e di 8 h per Tr200).

I dati relativi agli idrogrammi dei corsi d'acqua del reticolo principale sono stati trasmessi dalla competente Autorità di Bacino.

Le seguenti tabelle riportano il dettaglio delle condizioni al contorno considerate per i diversi modelli realizzati.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River Station/BC line | Condizione al contorno |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1.19 | Flow Hydrograph |
| 1.10 | Normal Depth |
| BC_Line_Sx | Normal Depth |
| BC_Line_Dx | Normal Depth |

Tabella 19: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Camaioni.

| River Station/BC line | Condizione al contorno |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 106 | Flow Hydrograph |
| 104 - 103.9 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| 99 | Normal Depth |
| BCLine: Out_DX | Normal Depth |
| BCLine: Out_SX | Normal Depth |

Tabella 20: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Brugnano.

| River Station/BC line | Condizione al contorno |
|------------------------------|-------------------------------|
| 30 | Flow Hydrograph |
| 3 | Normal Depth |
| BC_in_C2 | Flow Hydrograph |
| BC_in_VC | Flow Hydrograph |
| BC_in_C1 | Flow Hydrograph |
| BC_out_dx | Normal Depth |
| BC_out_sx | Normal Depth |
| BC_out_arno_sx | Normal Depth |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| | |
|----------------|--------------|
| BC_out_arno_dx | Normal Depth |
|----------------|--------------|

Tabella 21: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Chiusura_Miniatello.

| River Station | Condizione al contorno |
|----------------------|-----------------------------------|
| 10.4 | Flow Hydrograph |
| 6 - 3.9697 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| 0.1 | Normal Depth |
| BC Line 1 | Normal Depth |
| BC Line 2 | Normal Depth |

Tabella 22: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Schifanoia.

| River Station | Condizione al contorno |
|----------------------|-------------------------------|
| 6 | Flow Hydrograph |
| 0.5 | Normal Depth |
| BC Line inflow monte | Flow Hydrograph |
| BC_DX | Normal Depth |
| BC_SX | Normal Depth |

Tabella 23: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Bosco.

| River Station | Condizione al contorno |
|----------------------|-------------------------------|
| 989.20 | Flow Hydrograph |
| 5 | Normal Depth |

Tabella 24: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Cava.

| River Station | Condizione al contorno |
|----------------------|--|
| 30 | Flow Hydrograph |
| 0.5 | Normal Depth / Stage Hydrograph (per la durata critica della Pesa) |
| BC Line dx | Normal Depth |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| | |
|------------|--------------|
| BC Line sx | Normal Depth |
|------------|--------------|

Tabella 25: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Turbone.

| Reach | River Station/BC line | Condizione al contorno |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Cortenuova 2 | 0.950 | T.S. Gate Openings |
| Cortenuova 2 | 0.7 | Normal Depth |
| Fibbiana 1 | 0.26 | Flow Hydrograph |
| Fibbiana 2 | 0.17 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Fibbiana 2 | 0.0125 | T.S. Gate Openings |
| Fibbiana 2 | 0.011 | Normal Depth |
| Montecuccoli 1 | 71.305 | Flow Hydrograph |
| MV35177 | 51.2 | Flow Hydrograph |
| MV35475 | 157 | Flow Hydrograph |
| MV35475 | 151 | Normal Depth |
| MV35568 | 70.5 | Flow Hydrograph |
| MV35666 | 56.25 | Flow Hydrograph |
| MV35666 | 56.116 | Elevation Controlled Gates |
| MV50194 | 39.39 | Flow Hydrograph |
| MV50195 | 95.19 | Flow Hydrograph |
| Bottini | 71 | Flow Hydrograph |
| Bottini | 63 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Caselle 1.1 | 44.31 | Flow Hydrograph |
| Caselle 1.2 | 39.115 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Grande 0 | 45 | Flow Hydrograph |
| Grande 2 | 9 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Pratella | 41.47 | Flow Hydrograph |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Reach | River Station/BC line | Condizione al contorno |
|--------------|---|-----------------------------------|
| | | |
| Sammontana 3 | 133 | Flow Hydrograph |
| Sammontana 2 | 111.9 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Sammontana 2 | 106 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Sammontana 1 | 54 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Sammontana 1 | 32 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Sammontana 1 | 28 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Sammontana 1 | 21 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| 2D1 | BC Line: Immissione Interbacino 3 | Flow Hydrograph |
| 2D2 | BC Line: Immissione Castellucci Ovest | Flow Hydrograph |
| 2D2 | BC Line: Immissione Rio Grande | Flow Hydrograph |

Tabella 26: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Canale Maestro di Cortenuova.

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|--------------|----------------------|-------------------------------|
| Friano | Friano | 68 | Flow Hydrograph |
| Friano | Friano | 67 | Uniform Lateral Inflow |
| Friano | Deviatore | 4 | Flow Hydrograph |
| Friano | valle | 35.8 | T.S.Gate Openings |
| Friano | valle | 33 | Uniform Lateral Inflow |
| Friano | valle | 0.95 | T.S.Gate Openings |
| Friano | valle | 0.8 | Normal Depth |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|
| MV35351 | MV35351 | 25 | Flow Hydrograph |
| MV36011 | MV36011 | 734 | Flow Hydrograph |
| MV36011 | MV36011 | 17.5 | Elevation Controlled Gates |
| MV36429 | MV36429 | 269 | Flow Hydrograph |
| MV36429 | MV36429 | 32 | Rating Curve |
| Pagnana | unico | 134 | Flow Hydrograph |
| Pagnana | unico | 133 | Uniform Lateral Inflow |
| Pagnana | valle | 10.8 | Uniform Lateral Inflow |
| Pagnana | valle | 10.8 | Uniform Lateral Inflow |
| Pagnana | valle | 0.6 | T.S.Gate Openings |
| Pagnana | valle | 0.2 | Normal Depth |
| Rio Stella | unico | 49 | Flow Hydrograph |
| Rio Stella | unico | 36 | Uniform Lateral Inflow |
| Rio Stella_diver | diversivo | 5 | Flow Hydrograph |
| Riottoli | Riottoli | 5.40 | Flow Hydrograph |
| Sant'Anna | unico | 30 | Flow Hydrograph |
| Sant'Anna | unico | 27.48 | T.S.Gate Openings |
| Sant'Anna | valle | 0.9 | T.S.Gate Openings |
| Sant'Anna | valle | 0.8 | Normal Depth |
| Sant'Anna_diver | diversivo | 6 | Flow Hydrograph |
| Vitiana | Monte | 42 | Flow Hydrograph |
| Vitiana | Monte | 41.8 | Uniform Lateral Inflow |
| Vitiana | Monte | 37 | Uniform Lateral Inflow |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|
| Vitiana | Monte | 34 | Uniform Lateral Inflow |
| Vitiana | Valle | 16 | Uniform Lateral Inflow |
| Vitiana | Valle | 13.2 | Lateral Inflow Hydrograph |
| Vitiana | Valle | 0.5 | T.S.Gate Openings |
| Vitiana | Valle | 0.2 | Normal Depth |
| Volpi | Volpi | 75 | Flow Hydrograph |
| Volpi | Volpi-Trattoest | 65 | Flow Hydrograph |
| Volpi | VALLE | 7.5 | Elevation Controlled Gates |
| Volpi | VALLE | 6 | Stage Hydrograph |

Tabella 27: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Empoli_Ovest;

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| 2D Flow Area | Condizione al contorno |
|----------------------------|-------------------------------|
| BC Line Pagnana2 | Flow Hydrograph |
| BC Line Pagnana1 | Flow Hydrograph |
| VOLPI-1ASX | Lateral Inflow Hydrograph |
| VOLPI-1DX | Lateral Inflow Hydrograph |
| VOLPI-2DX | Lateral Inflow Hydrograph |
| VOLPI-2SX | Lateral Inflow Hydrograph |
| VOLPI-3DX | Lateral Inflow Hydrograph |
| VOLPI-CASSAOVEST | Lateral Inflow Hydrograph |
| 2D Area Connections | Condizione al contorno |
| Volpi-Briglia1-d | T.S.Gate Openings |
| Volpi-Briglia1-s | T.S.Gate Openings |
| Volpi-Briglia2-d | T.S.Gate Openings |
| Volpi-Briglia2-s | T.S.Gate Openings |
| Volpi-Idroforo | T.S.Gate Openings |

Tabella 28: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Empoli_Ovest;

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|--------------|----------------------|--|
| Orme | Monte | 53 | Flow Hydrograph |
| Orme | Monte | 52 | Uniform Lateral Inflow |
| Orme | Monte | 39.5 | Lateral Inflow Hydrograph |
| Orme | Monte | 33.5 | Lateral Inflow Hydrograph |
| Orme | Valle | 0.5 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| Piovola | Monte | 1005 | Flow Hydrograph |
| Piovola | Valle | 0.22 | Elevation Controlled Gates |
| Pratella | unico | 40 | Flow Hydrograph |
| Pratella | unico | 15 | Uniform Lateral Inflow |

Tabella 29: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Orme-Piovola;

| BC Line | Condizione al contorno |
|----------------|-------------------------------|
| MV35780 | Flow Hydrograph |
| Piovola 1 | Flow Hydrograph |

Tabella 30: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Orme-Piovola;

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|
| MV36789 | MV36789 | 1386 | Flow Hydrograph |
| MV36789 | MV36789 | 16.4 | Rating curve |
| Rio dei Cappuccini | Rio dei Cappuccini | 23.4 | Flow Hydrograph |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------------|------------------|----------------------|--|
| Rio dei Cappuccini | Terraio | 6 | Flow Hydrograph |
| Rio dei Cappuccini | Cappuccini Valle | 0.01 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |

Tabella 31: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Cappuccini-Terraio;

| BC Line | Condizione al contorno |
|----------------|-------------------------------|
| Corniola | Flow Hydrograph |
| MV36652 | Flow Hydrograph |

Tabella 32: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Cappuccini-Terraio;

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|------------------|------------------|----------------------|---|
| MV38052 | MV38052 | 400.4227 | Flow Hydrograph |
| MV38207 | MV38207 | 512 | Flow Hydrograph |
| Rio di Cammimmi | Rio di Cammimmi | 662.7919 | Flow Hydrograph |
| Rio di Cammimmi | Rio di Cammimmi1 | 332 | Uniform Lateral Inflow |
| Rio di Cammimmi | Rio di Cammimmi1 | 39 | T.S.Gate Openings/Elevation Controlled Gates (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| Rio di Cammimmi | Rio di Cammimmi1 | 10 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| Rio di Ribartoli | Rio di Ribartoli | 1180.999 | Flow Hydrograph |
| Rio di Ribartoli | Rio di Ribartoli | 173.99 | Normal Depth |
| Tombaluna | Pogni | 26 | Flow Hydrograph |
| Tombaluna | Tombaluna_Valle | 11.75 | Uniform Lateral Inflow |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|-----------------|----------------------|---|
| Tombaluna | Tombaluna_Valle | 2.5 | T.S.Gate Openings/Elevation Controlled Gates (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| Tombaluna | Tombaluna_Valle | 1 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |

Tabella 33: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Molin_Nuovo;

| BC Line | Condizione al contorno |
|----------------------------|--|
| Elsa | Normal Depth |
| 2D Area Connections | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Gate 3 | T.S.Gate Openings |
| Gate Grassellino | T.S.Gate Openings |

Tabella 34: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Molin_Nuovo;

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|--------------|----------------------|---|
| MV38598 | MV38598 | 398 | Flow Hydrograph |
| MV38598 | MV38598 | 20 | T.S.Gate Openings/Elevation Controlled Gates (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| MV38598 | MV38598 | 10 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| MV38858 | MV38858 | 348 | Flow Hydrograph |
| MV38858 | MV38858 | 10 | T.S.Gate Openings/Elevation Controlled Gates (Per tp di 18h, 24h e 36h) |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| River | Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|--------------|----------------------|---|
| MV38858 | MV38858 | 7.705953 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| MV38887 | MV38887 | 522 | Flow Hydrograph |
| MV38887 | MV38887 | 30 | T.S.Gate Openings/Elevation Controlled Gates (Per tp di 18h, 24h e 36h) |
| MV38887 | MV38887 | 10 | Normal Depth/Stage Hydrograph (Per tp di 18h, 24h e 36h) |

Tabella 35: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Sant'Andrea-Fontanelle;

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-----------------------------------|
| Morticini | 2586.746 | Flow Hydrograph |
| Morticini | 2536.990-2462.098 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 1798 | T.S. Gate Openings |
| Morticini | 0.00000 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 1753.251-1283.842 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 1252.108-875.336 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 827.114-450.26 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 434.44-22 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 12.2-10.5 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 8.5-8 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 6.9328-6.0168 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-----------------------------------|
| Morticini | 4.5-4 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 2.8-2 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Morticini | 1.20000 | Normal Depth |
| Morticini | BCLine: bc1 | Normal Depth |
| Morticini | BCLine: bc2 | Normal Depth |

Tabella 36: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_Morticini, Vinci

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| Sx_Idr | bc1 | Normal Depth |
| Dx_Idr | bc2 | Normal Depth |

Tabella 37: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Morticini, Vinci

| Reach | River Station/BC line | Condizione al contorno |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Marcarro | 90.857 | Flow Hydrograph |
| Marcarro | 90.714-90 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| Marcarro | 82 | Normal Depth |

Tabella 38: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_Marcarro, Vinci

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| Sx_Idr | bc1 | Normal Depth |
| Dx_Idr | bc2 | Normal Depth |

Tabella 39: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Marcarro, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| A2D | outline | Normal Depth |
| A2D_2 | BC Line BV5056 | Flow Hydrograph |

Tabella 40: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_BV5056, Vinci

| Reach | River Station/BC line | Condizione al contorno |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Casa Nuova | 140 | Flow Hydrograph |
| Casa Nuova | 138.33-130 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 3647.203 | Flow Hydrograph |
| S_Ansano | 3627.763-3585.854 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 3170.302-2326.463 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 2309.621-1399.701 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 1379.264-919.702 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 793.71-691.66 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 662.80-628.38 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 530.899-462.400 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 443.79-44.167 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 40.667-15 | Uniform Lateral Inflow Hydrograph |
| S_Ansano | 11 | Normal Depth |

Tabella 41: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_S Ansano, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| Dx_Idr | bc1 | Normal Depth |
| Sx_Idr | bc2 | Normal Depth |

Tabella 42: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RRAS_S Ansano, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| BV5480 | 5 | Flow Hydrograph |
| BV5480 | 0.5 | Stage Hydrograph |

Tabella 43: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_BV5480, Vinci

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|-----------------|----------------|-------------------------------|
| S_Ansano_Dx_idr | BC Line 2 | Normal Depth |
| S_Ansano_Sx_idr | BC Line 1 | Normal Depth |

Tabella 44: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_BV5480, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| Vincio | 3000 | Flow Hydrograph |
| Vincio | 2670-1680 | Uniform Lateral Inflow |
| Vincio | 6000 | Flow Hydrograph |
| Vincio | 11248.53 | Lateral Inflow Hydr. |
| Vincio | 1165-150 | Uniform Lateral Inflow |
| Vincio | 113 | Normal Depth |

Tabella 45: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_Vincio, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| 2D_dx | BC_dx | Normal Depth |

Tabella 46: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Vincio, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| BV5587 | 5 | Flow Hydrograph |
| BV5587 | 0.5 | Stage Hydrograph |

Tabella 47: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_BV5587, Vinci

| Area 2D | BC line | Condizione al contorno |
|----------------|----------------|-------------------------------|
| Sx_Idr | bc2 | Normal Depth |
| Sx_Idr2 | bc1 | Normal Depth |

Tabella 48: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_BV5587, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| quercetelle | 870.4736 | Flow Hydrograph |
| rondinella | 1064.06 | Flow Hydrograph |
| streda | 5261 - 4820.168 | Uniform Lateral Inflow |
| 4334 | 3725 | Flow Hydrograph |
| streda-valle | 4642.662 - 2339.89 | Uniform Lateral Inflow |
| Streda valle | 1665.432 | Stage Hydrograph |

Tabella 49: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_Streda_monte, Vinci

| BC line | Condizione al contorno |
|----------------|-------------------------------|
|----------------|-------------------------------|

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| | |
|-------------|--------------|
| BC_valle_dx | Normal Depth |
| BC_valle_dx | Normal Depth |

Tabella 50: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_Streda_monte, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| BV4895 | 409 | Flow Hydrograph |
| BV4895 | 400.98* | Uniform Lateral Inflow |
| BV4895 | 16 | Normal Depth |

Tabella 51: Condizioni al contorno 1D per il modello idraulico RAS_BV4895, Vinci

| BC line | Condizione al contorno |
|----------------|-------------------------------|
| BC_dx | Normal Depth |
| BC_sx | Normal Depth |

Tabella 52: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_BV4895, Vinci

| Reach | River Station | Condizione al contorno |
|--------------|----------------------|-------------------------------|
| BV5405 | 245 | Flow Hydrograph |
| BV5405_dx | 2 | Normal Depth |
| BV5405_sx | 1 | Normal Depth |

Tabella 53: Condizioni al contorno per il modello idraulico RAS_BV5405, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| BC line | Condizione al contorno |
|----------------|-------------------------------|
| BC_centro | Normal Depth |
| BC_dx | Normal Depth |
| BC_sx | Normal Depth |

Tabella 54: Condizioni al contorno 2D per il modello idraulico RAS_BV5405, Vinci

5.2.5. Impostazioni generali di calcolo

Le simulazioni sono state effettuate adottando il modello completo di calcolo (Full Momentum) basato sulle equazioni di De Saint Venant sia per la parte 1D che per la parte 2D del dominio di calcolo.

Per la definizione dell'intervallo temporale di calcolo si sono adottate sia le opzioni di Fixed Time Step che di Adaptive Time Step di RAS, con variazione dell'intervallo di calcolo in modo da mantenere un valore del numero di Courant compreso tra limiti preimpostati. Nella fattispecie si è adottato un intervallo del numero di Courant variabile tra 0.45 e 1.7 e intervalli di calcolo di base variabili nei diversi modelli tra 0.5 e 30 secondi.

5.2.6. Scenari simulati

Per ogni scenario di simulazione è stato implementato un diverso plan su RAS. Si sono simulati eventi con tempi di ritorno 30 e 200 anni; le durate di pioggia prese in esame sono quelle critiche per ciascun corso d'acqua oggetto di studio.

L'elenco di seguito riporta prima i plan relativi ai modelli dei corsi d'acqua per i diversi comuni.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 55: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Camaioni.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 56: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Brugnano.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 57: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Chiusura_Miniatello.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 58: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Schifanoia.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|--------|-----------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 59: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Bosco.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|--------|-----------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 60: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Cava.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|--------|-----------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP04H | 4 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|--------|-----------|
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |
| IC_TR200_TP08H | 8 | 200 |

Tabella 61: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Turbone.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|--------|-----------|
| IC_TR30_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR30_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR30_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR30_TP09H | 9 | 30 |
| IC_TR30_TP18H | 18 | 30 |
| IC_TR30_TP24H | 24 | 30 |
| IC_TR30_TP36H | 36 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |
| IC_TR200_TP09H | 9 | 200 |
| IC_TR200_TP18H | 18 | 200 |
| IC_TR200_TP24H | 24 | 200 |
| IC_TR200_TP36H | 36 | 200 |

Tabella 62: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Canale Maestro di Cortenuova.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP02H | 2 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP07H | 7 | 30 |
| TR030_TP14H | 14 | 30 |
| TR030_TP18H | 18 | 30 |
| TR030_TP24H | 24 | 30 |
| TR030_TP36H | 36 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP02H | 2 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP07H | 7 | 200 |
| TR200_TP14H | 14 | 200 |
| TR200_TP18H | 18 | 200 |
| TR200_TP24H | 24 | 200 |
| TR200_TP36H | 36 | 200 |

Tabella 63: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Empoli_Ovest.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP02H | 2 | 30 |
| IC_TR030_TP04H | 4 | 30 |
| IC_TR030_TP18H | 18 | 30 |
| IC_TR030_TP24H | 24 | 30 |
| IC_TR030_TP36H | 36 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP02H | 2 | 200 |
| IC_TR200_TP04H | 4 | 200 |
| IC_TR200_TP18H | 18 | 200 |
| IC_TR200_TP24H | 24 | 200 |
| IC_TR200_TP36H | 36 | 200 |

Tabella 64: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Orme-Piovola.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|------------------------|---------------|------------------|
| Cappuccini-Tr030-tp01h | 1 | 30 |
| Cappuccini-Tr030-tp03h | 3 | 30 |
| Cappuccini-Tr030-tp06h | 6 | 30 |
| Cappuccini-Tr030-tp18h | 18 | 30 |
| Cappuccini-Tr030-tp24h | 24 | 30 |
| Cappuccini-Tr030-tp36h | 36 | 30 |
| Cappuccini-Tr200-tp01h | 1 | 200 |
| Cappuccini-Tr200-tp03h | 3 | 200 |
| Cappuccini-Tr200-tp06h | 6 | 200 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|------------------------|---------------|------------------|
| Cappuccini-Tr200-tp18h | 18 | 200 |
| Cappuccini-Tr200-tp24h | 24 | 200 |
| Cappuccini-Tr200-tp36h | 36 | 200 |

Tabella 65: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Cappuccini-Terraio.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR030_TP18H | 18 | 30 |
| IC_TR030_TP24H | 24 | 30 |
| IC_TR030_TP36H | 36 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |
| IC_TR200_TP18H | 18 | 200 |
| IC_TR200_TP24H | 24 | 200 |
| IC_TR200_TP36H | 36 | 200 |

Tabella 66: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Molin_Nuovo.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| IC_TR030_TP01H | 1 | 30 |
| IC_TR030_TP03H | 3 | 30 |
| IC_TR030_TP06H | 6 | 30 |
| IC_TR030_TP18H | 18 | 30 |
| IC_TR030_TP24H | 24 | 30 |
| IC_TR030_TP36H | 36 | 30 |
| IC_TR200_TP01H | 1 | 200 |
| IC_TR200_TP03H | 3 | 200 |
| IC_TR200_TP06H | 6 | 200 |
| IC_TR200_TP18H | 18 | 200 |
| IC_TR200_TP24H | 24 | 200 |
| IC_TR200_TP36H | 36 | 200 |

Tabella 67: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Sant'Andrea-Fontanelle.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 68: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Morticini, Vinci.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H_2D | 1 | 30 |
| TR030_TP03H_2D | 3 | 30 |
| TR030_TP06H_2D | 6 | 30 |
| TR200_TP01H_2D | 1 | 200 |
| TR200_TP03H_2D | 3 | 200 |
| TR200_TP06H_2D | 6 | 200 |

Tabella 69: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_BV5056, Vinci.

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 70: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Marcarro, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 71: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_S Ansano, Vinci

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 72: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_BV5480, Vinci

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 73: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_BV5587, Vinci

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
|----------------|---------------|------------------|

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| | | |
|-------------|---|-----|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 74: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Streda_monte, Vinci

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 75: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_BV4895, Vinci

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP01H | 1 | 30 |
| TR030_TP03H | 3 | 30 |
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP01H | 1 | 200 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |
| TR200_TP06H | 6 | 200 |

Tabella 76: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_BV5405, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

| ID Plan | Tp (h) | Tr [anni] |
|----------------|---------------|------------------|
| TR030_TP06H | 6 | 30 |
| TR200_TP03H | 3 | 200 |

Tabella 77: Quadro riassuntivo simulazioni RAS_Vincio, Vinci

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

5.3. Modelli idraulici dell'area di studio: torrente Pesa (reticolo principale PGRA)

La geometria del modello idraulico dell'area di studio è stata fornita direttamente dalla competente Autorità di Distretto, sulla base degli studi già condotti da West Systems per il tratto di monte ricadente nel Comune di Montespertoli. Il tratto in esame si estende dalla confluenza della Pesa in Arno all'immissione del Borro del Lago, affluente di destra.

Tale geometria è stata oggetto di modifiche minori, relative essenzialmente all'inserimento delle porte vinciane presenti in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria Firenze-Pisa su viale Umberto I, che hanno lo scopo di impedire il propagarsi delle esondazioni dell'Arno verso il centro abitato di Montelupo Fiorentino. Sono stati lasciati invariati i valori dei parametri di scabrezza, variabile tra 0.035 e 0.04 per la modellazione 1D in alveo inciso e tra 0.025 e 0.5, in base all'uso del suolo, per le aree golenali 2D esterne. La seguente figura riporta la geometria dell'area di studio, ripresa direttamente da RAS.

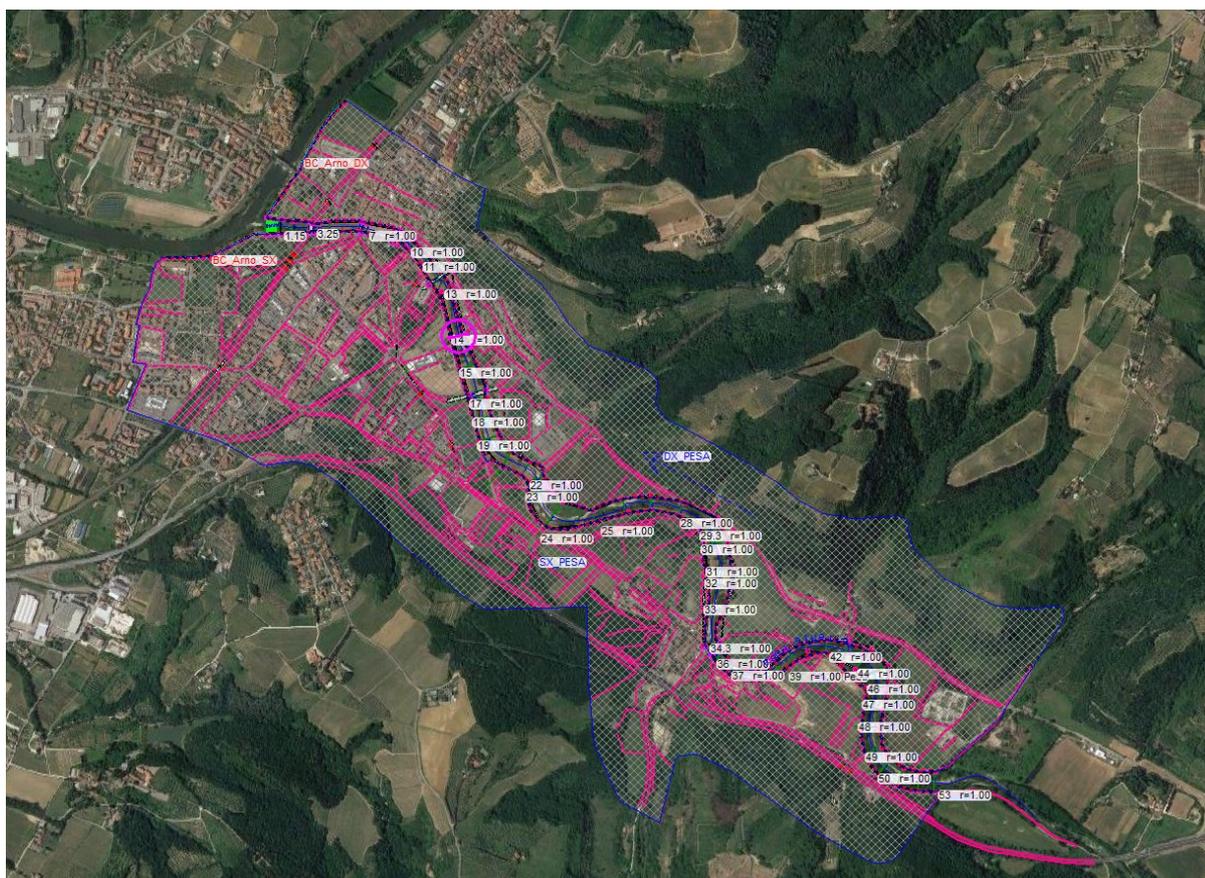


Figura 14 - Geometria di modellazione RAS dell'area di studio su base foto aerea.

Le simulazioni sono state condotte in particolare al fine di valutare le condizioni di pericolosità indotte dalla Pesa a fronte di eventi associati alla presenza di livelli elevati in Arno,

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

generati da piogge di durata 18-24-36 ore.

La seguente figura riporta gli idrogrammi delle portate assunte come condizioni al contorno di monte del modello, nella sezione 53.

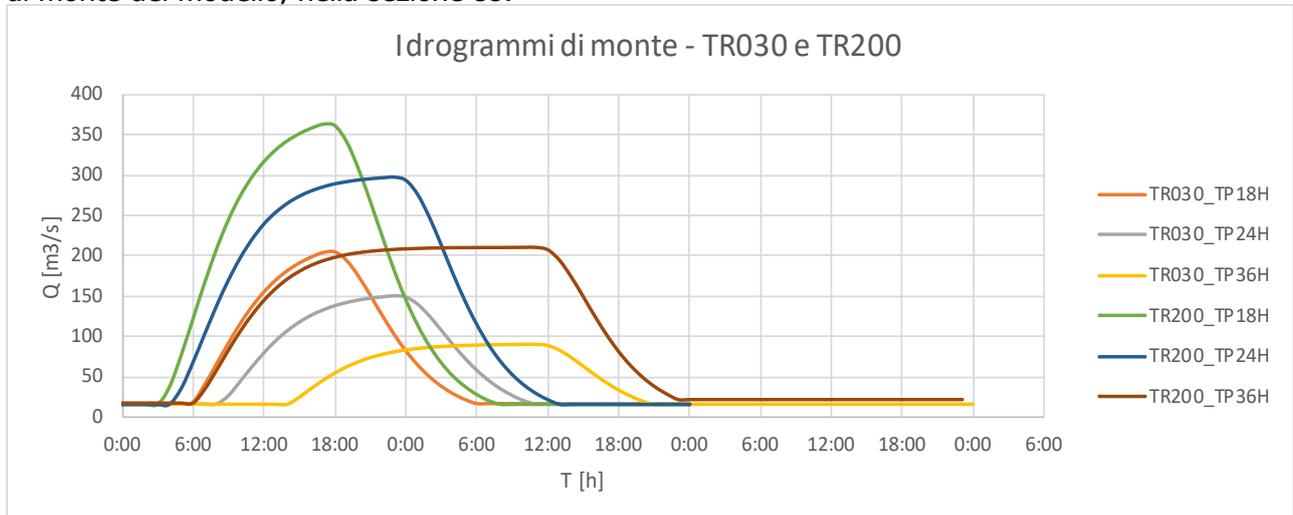


Figura 15 - Idrogrammi di monte per TR030 e TR200

La seguente figura riporta invece gli idrogrammi dei livelli in Arno assunti come condizioni al contorno di valle del modello.

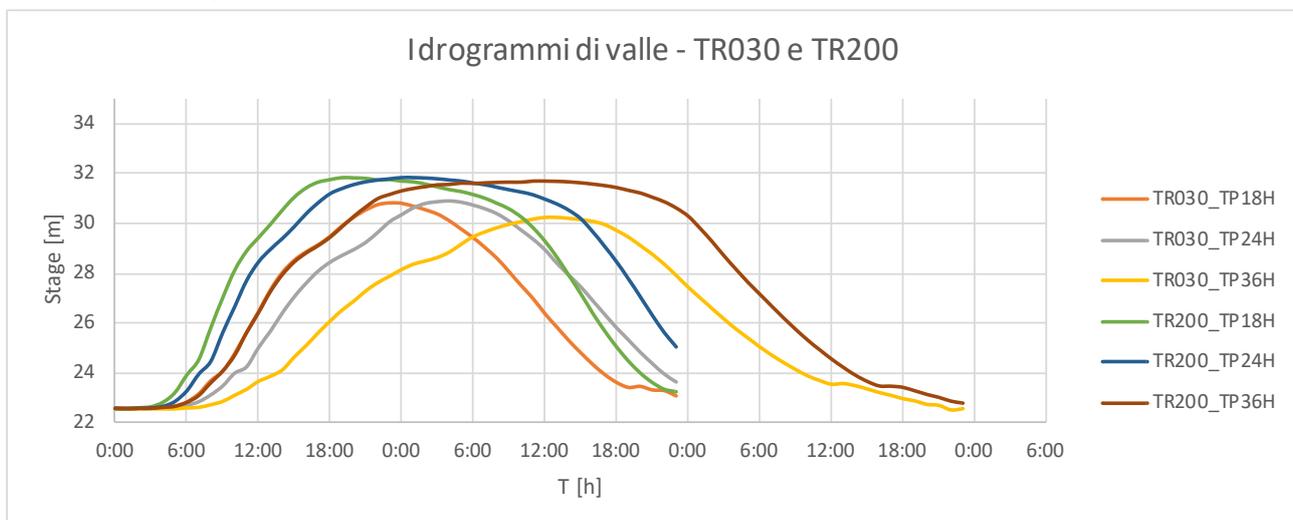


Figura 16 - Idrogrammi di valle per TR030 e TR200

La pericolosità idraulica legata al torrente Pesa nel territorio comunale di Montelupo Fiorentino è stata comunque definita come involuppo tra le esondazioni generate dalle piogge di durata 18-24-36 ore e le esondazioni generate da piogge di durata 4-8 ore, già indagate nell'ambito dei modelli redatti dal Comune di Montespertoli, ed a cui sono associate le massime portate della Pesa.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

6. ANALISI DEI RISULTATI

I risultati dettagliati delle simulazioni RAS effettuate sono riportati in allegato alla presente relazione.

Le simulazioni condotte sono servite come base per la redazione delle cartografie di pericolosità per l'area di studio.

Le classi di pericolosità idraulica sono state assegnate in funzione delle planimetrie di allagamento atteso per i vari tempi di ritorno considerati nell'analisi idraulica, tramite operazioni di regolarizzazione delle aree di esondazione trovate da modellazione, con l'utilizzo di appositi algoritmi gis e con finiture manuali.

Per gli eventi duecentennali sono inoltre state elaborate tavole grafiche con le altezze e le velocità di esondazione nelle aree di interesse, e con le conseguenti combinazioni di magnitudo idrauliche così come determinate ai sensi L.R. 41/2018. La magnitudo è stata definita con riferimento ad i valori massimi di altezza e velocità risultanti in ogni cella di calcolo per i diversi scenari di simulazione considerati.

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>PROGETTO:</i> | <i>ELABORATO:</i> |
| <i>Studi idrologico idraulici a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei comuni delle città e territori delle due rive</i> | <i>Relazione idrologica idraulica</i> |

7. ALLEGATI

Si riportano con allegato a parte i risultati delle simulazioni eseguite. Per ogni modello idraulico si ha:

1. Planimetrie di modellazione;
2. Profili 1D Tr30 e Tr200;
3. Sezioni di calcolo RAS;
4. Tabelle numeriche.