

Piano Strutturale Intercomunale CASENTINO



ASPETTO IDRAULICO

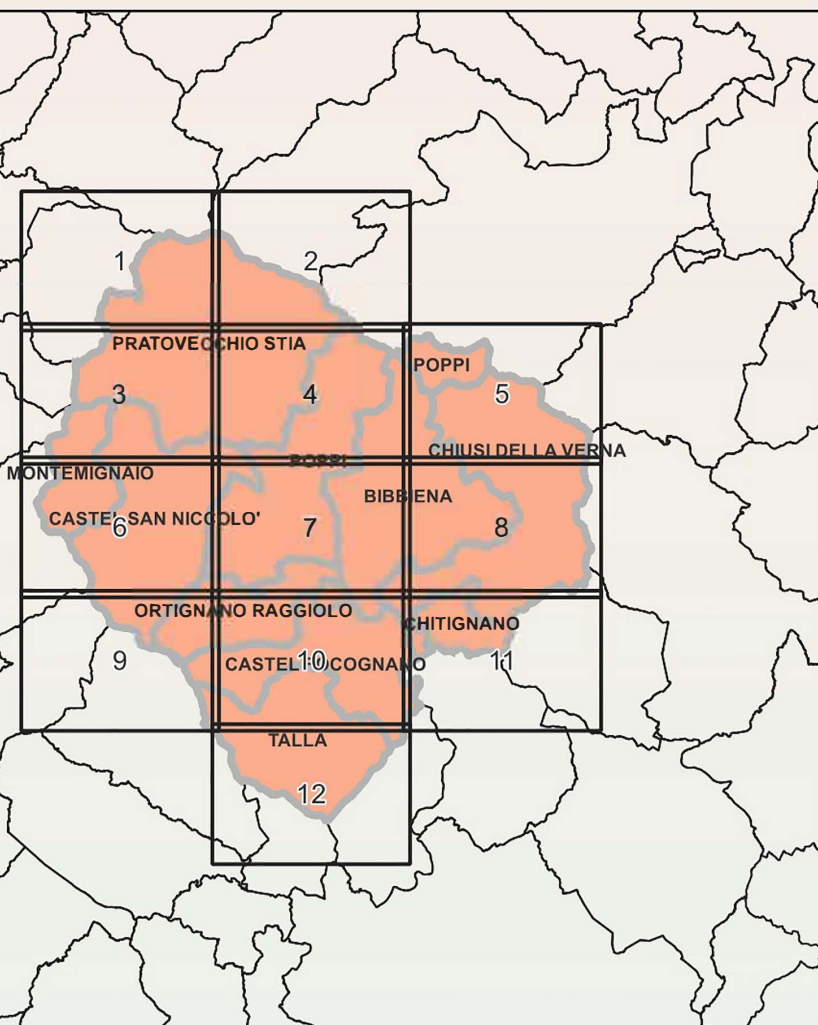
Elaborato

Scala

REL_04

Data Marzo 2025

Integrazioni della relazione idrologico idraulica



Data di adozione

Data di approvazione

Elaborato modificato a seguito delle controdeduzioni

Ente responsabile

Unione dei Comuni Montani del Casentino
(presidente Federico Lorenzoni)

Comuni associati

Bibbiena (sindaco Filippo Vagnoli)
Castel Focognano (sindaco Lorenzo Ricci)
Castel San Niccolò (sindaco Antonio Fani)
Chitignano (sindaco Valentina Calbi)
Chiusi della Verna (sindaco Giampaolo Tellini)
Montemignao (sindaco Roberto Pertichini)
Ortignano Raggiolo (sindaco Emanuele Ceccherini)
Poppi (sindaco Federico Lorenzoni)
Pratovecchio Stia (sindaco Luca Santini)
Talla (sindaco Eleonora Ducci)

Responsabile del Procedimento

Samuela Ristori

Ufficio di Piano

Alessia Lanzini
Beba Fornaciari
Jody Alessandrini
Lorenzo Angiolini
Patrizio Bigoni
Rosaria Coppi
Roberto Fiorini
Carla Giuliani
Gianluca Ricci
Filippo Rialti
Nora Banchi
Angiolo Tellini

Garante dell'informazione e della partecipazione

Enrico Naldini

Autorità Competente in materia di VAS

Vinicio Dini

Professionisti incaricati per la pianificazione

Gianfranco Gorelli coordinatore

Aspetti urbanistici

Gianfranco Gorelli
Alessio Tanganelli
Silvia Alberi Alberti
Sarah Melchiorre
Rachele Agostini
Aspetti geologici
PROGEO ENGINEERING
Massimiliano Rossi
Fabio Poggi
Gabriele Menchetti
Andrea Martini
STUDIO GEOGAMMA
Lucia Brocchi
Daniela Lari
GEO ECO PROGETTI
Eros Aiello
Gabriele Grandini

Aspetti idraulici

PROGEO ENGINEERING
Davide Giovannuzzi
Mirko Frascioni
Matteo Frascioni
Elisa Baldini
STP Soc. coop.
Luca Moretti

Aspetti agro-forestali

Ilaria Scatarzi

Valutazione Ambientale Strategica

SINERGIA Progettazione e Consulenza Ambientale
Luca Gardone
Ilaria Scatarzi
Emanuele Montini

Aspetti archeologici

A.T.S. SRL
Francesco Pericci
Cristina Felici

Aspetti paesaggistici

Luciano Piazza

Aspetti legali

Agostino Zanelli Quarantini

Processo di partecipazione

CRED-ECOMUSEO
Andrea Rossi (gestione del subprocedimento)
SOCIOLAB
Margherita Mugnai
Giulia Maraviglia

Studio sulla mobilità

URBAN LIFE SPIN-OFF
Francesco Alberti (coordinatore)
Sabine Di Silvo
Lorenzo Nofroni
Sara Naldoni
Francesca Casini

Sistema informativo territoriale (SIT)

LDP progetti Gis

INDICE

INDICE	1
1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2 CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO	8
2.1 Inquadramento Generale	8
2.2 Inquadramento geomorfologico	9
2.3 Inquadramento idrografico	11
2.4 Definizione del reticolo di studio e individuazione dei Bacini Idrografici.....	12
2.4.1 Comune di Bibbiena	13
2.4.2 Comune di Castel Focognano e Talla	15
2.4.3 Comune di Castel San Niccolò	17
2.4.4 Comune di Chiusi della Verna	19
2.4.5 Comune di Ortignano Raggiolo	21
2.4.6 Comune di Poppi	23
2.4.7 Comune di Pratovecchio Stia	25
2.4.8 Comune di Chitignano	27
3 RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO	28
4 ANALISI IDROLOGICA	34
4.1 Il modello idrologico	34
4.2 Stima della pioggia di progetto: Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica.....	35
4.3 Ragguaglio delle aree	39
4.4 Ietogramma di progetto	39
4.5 Metodo dell'infiltrazione a soglia	48
4.6 Idrogramma unitario istantaneo (IUH) di Nash	53
4.7 Risultati della modellazione idrologica.....	58
5 ANALISI IDRAULICA	62
5.1 Descrizione della modellazione idraulica	62
5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.7.....	63
5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.7 e HEC-RAS 6.3.1.....	64
5.4 Modelli idraulici	66
6 RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE.....	69
6.1 Comune di Bibbiena	69

6.1.1.1	Modello “Archiano App”	69
6.1.1.2	Modello “Fosso delle Goline”	75
6.1.1.3	Modello “Fosso del Ristagno”	79
6.1.1.4	Modello “Fosso delle Sopa”	83
6.1.1.5	Modello “Fosso delle Vigne”	86
6.1.1.6	Modello “Rignano Singolo”	89
6.2	Comune di Castel Focognano e Talla	94
6.2.1	Modello “Aff a Begliano”	94
6.2.2	Modello “Aff a Rassina”	95
6.2.3	Modello “Salutio”	99
6.2.4	Modello “Talla_App”	101
6.2.5	Modello “Talla app”	105
6.2.6	Modello “Fosso Maesta”	110
6.2.7	Modello “Fonte Antica”	113
6.2.8	Modello “Pelata_Bagnacci”	116
6.3	Comune di Castel San Niccolò	118
6.3.1	Modello “Pagliericcio”	118
6.3.2	Modello “Rio Solano”	121
6.3.3	Modello “Solano_App”	124
6.3.4	Modello “Strada”	128
6.3.5	Modello “Vignamaggiore”	131
6.4	Comune di Chiusi della Verna	135
6.4.1	Modello “Fosso del Molino”	135
6.5	Comune di Ortignano Raggiolo	139
6.5.1	Modello “Teggina_app”	139
6.5.2	Modello “Fosso delle Motte”	142
6.6	Comune di Poppi	145
6.6.1	Modello “AV4130”	145
6.6.2	Modello “Fosso del Buio”	148
6.6.3	Modello “Poppi_ap631”	150
6.6.4	Modello “Fosso Righellato”	154

6.7	Comune di Pratovecchio Stia	158
6.7.1	Modello “AV851”	158
6.7.2	Modello “Fosso del Molino”	161
6.7.3	Modello “Fosso di Mezzo AV1163”	164
6.7.4	Modello “Rigaggiolo”	167
6.7.5	Modello “Staggia_Cerreta_App”	170
6.8	Comune di Chitignano.....	174
6.8.1	Modello “Doccio”	174
7	CONSIDERAZIONI IDRAULICHE CON CRITERI MORFOLOGICI.....	177
7.1	Comune di Bibbiena	177
7.1.1	Fosso del Pesce	177
7.2	Comune di Poppi	179
7.2.1	Fosso del Loto (AV1538).....	179
7.2.2	Fosso della Fonte Bertaccia (AV890).....	181
7.2.3	Fosso d’Isola (AV1115) e Affluente (AV1059)	184
7.3	Comune di Pratovecchio Stia	187
7.3.1	AV807.....	187
7.3.2	Fosso del Catero (AV959)	192
7.4	Comune di Chitignano	194
7.4.1	Affluente Fosso del Doccio (AV7124).....	194
7.5	Comune di Montemignaio	196
7.5.1	Torrente Scheggia	196
8	MAPPA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ D’ALLUVIONE.....	200
9	MAPPA DEI BATTENTI, DELLE VELOCITÀ E DELLE MAGNITUDO IDRAULICA.....	201
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	202

1 PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente studio idrologico ed idraulico integrativo è redatto in risposta alla richiesta di integrazione emersa dal Genio Civile Valdarno Superiore a seguito del deposito delle indagini geologiche di supporto al “Piano Strutturale Intercomunale del Casentino” n. 3943 del 18/01/2023.

A seguito del suddetto deposito è stato consegnato un approfondimento specifico riguardante il T. Archiano nel comune di Bibbiena introducendo aggiornamenti di natura esclusivamente geometrica e basate su rilievi di dettaglio eseguiti sul territorio, non apportando modifiche alle modellazioni idrologiche rispetto a quanto precedentemente depositato.

Il Piano Strutturale Intercomunale è stato adottato tramite i seguenti atti:

- Delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni montani del Casentino n. 51 del 17/05/2023;
- Delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni montani del Casentino n. 89 dello 06/10/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Bibbiena n. 27 del 20/06/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Castel Focognano, n. 28 del 31/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Castel San Niccolò, n. 36 del 20/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Chitignano, n. 18 del 31/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Chiusi della Verna, n. 20 del 26/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Montemignaio, n. 14 del 27/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Ortignano Raggiolo, n. 18 del 25/07/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Poppi, n. 44 del 28/09/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Pratovecchio Stia n. 16 del 28/09/2023;
- Delibera di Consiglio del Comune di Talla, n. 26 del 31/07/2023.

La presente relazione descrive le modellazioni idrologico idrauliche aggiuntive e quelle modificate rispetto a quanto descritto nelle documentazioni depositate presso il Genio Civile e oggetto di adozione. Per tutto quanto non oggetto di modifica, restano valide le considerazioni espresse nelle suddette documentazioni.

Le aste considerate oggetto di modellazione idrologico idraulica descritte nel presente studio corrispondono alle aste appartenenti al Reticolo Idrografico Regionale di cui alla LR 79/2012 agg. con DCRT 25/2024 interferenti con il Territorio Urbanizzato.

Alcuni corsi d'acqua, indicati nel proseguo, per le loro caratteristiche geometriche ne è stata valutata la propensione alla pericolosità idraulica tramite considerazioni morfologiche, non svolgendo apposita modellazione idrologico idraulica.

La presente relazione è redatta su incarico dell'Unione dei comuni Montani del Casentino a supporto dell'approvazione del Piano Strutturale Intercomunale secondo quanto previsto dal regolamento d'attuazione di cui all'art. 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, sismiche e idrauliche, approvato con DPGR del 30 gennaio 2020 n.5/R.

L'Unione dei Comuni Montani del Casentino è l'ente responsabile della gestione in forma associata del Piano Strutturale Intercomunale del Casentino per i comuni di Bibbiena, Castel Focognano, Castel San Niccolò, Chitignano, Chiusi della Verna, Montemignaio, Ortignano Raggiolo, Poppi, Pratovecchio Stia e Talla, ai sensi dell'art. 23 della Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65.

Nello specifico, dal punto di vista idraulico, gli studi sono stati predisposti secondo quanto disposto dalla LR 41/2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvione e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione al D.Lgs. 49/2010. Modifiche alla LR 80/2015 e LR 60/2014", che ha abrogato la LR 21/2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dai corsi d'acqua".

Gli studi sono conformi anche all'Allegato 3 delle norme di PGRA 2021-2027 adottato in data 20.12.2021 e pubblicato in GURI il 04.01.2022 potranno quindi essere utilizzati ai fini della modifica delle relative cartografie all'interno dell'area studio.

Tale studio intende caratterizzare gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento per fenomeni di esondazione dai corsi d'acqua compresi nel reticolo d'interesse della difesa del suolo di cui alla L.R. 79/2012 aggiornato con DCRT 25/2024.

La probabilità di allagamento analizzata è quella indotta dal superamento della capacità di deflusso dei corsi d'acqua oggetto di modellazione, causa dei fenomeni esondativi. Non sono inclusi gli aspetti di pericolosità prodotti da collassi strutturali (argini, ponti...).

Al fine di definire le perimetrazioni delle aree allagabili per eventi con $Tr \leq 30$ anni (aree a pericolosità per alluvioni frequenti) ed eventi con $30 < Tr \leq 200$ anni (aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti) sono state implementate le modellazioni idrologiche tramite modello semidistribuito con il codice di calcolo HEC-HMS 4.8 e idrauliche tramite modelli monodimensionali e bidimensionali in moto vario con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.7 e 6.3.1.

Per quanto riguarda invece la perimetrazione delle aree a pericolosità d'alluvione per eventi con $200 < T_r \leq 500$ anni (aree a pericolosità per alluvioni rare) si è mantenuto lo stato informativo del PGRA (P1) AdBDAS, qualora presente, integrato, con le aree dei depositi alluvionali del DataBase geomorfologico della Regione Toscana o da considerazioni geomorfologiche.

Il presente studio è stato redatto in accordo con le linee guida dettate dalla Regione Toscana per la redazione degli studi idraulici di supporto agli Strumenti Urbanistici e si articola nelle seguenti fasi:

- **Rilievi topografici;**
- **Analisi idrologica** contenente la metodologia adottata per la stima delle portate di progetto per vari tempi di ritorno;
- **Analisi idraulica** contenente la descrizione delle modellazioni svolte (bidimensionale, moto vario...) ed i risultati conseguiti in termini di stima e localizzazione delle volumetrie di esondazione per i vari tempi di ritorno e la relativa perimetrazione delle aree allagate.

Infine, con l'entrata in vigore della L.R. 41/2018 e del Regolamento 5/R e relativo allegato vale quanto segue:

Definizione e correlazione delle classi di pericolosità in funzione della frequenza degli eventi alluvionali (reg. attuazione 5/R, disciplina di PGRA e LR 41/2018):

PGRA	LR 41/2018	Reg. attuazione 5/R
pericolosità d'alluvione bassa (P1)	-	aree a pericolosità per alluvioni rare o di estrema intensità (P1)
pericolosità d'alluvione media (P2)	aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti	aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2)
pericolosità d'alluvione elevata (P3)	aree a pericolosità per alluvioni frequenti	aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3)

In data 19/11/2020 sono state richieste all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale le condizioni al contorno ai sensi del comma 6 dell'art. 14 della disciplina del Piano Gestione Rischio Alluvioni, approvato con DPCM 27/10/2016, ai fini di assicurare la coerenza tra le mappe delle aree con pericolosità da alluvione.

In data 25/11/2020 Prot. 8886/2020 l'Autorità ha risposto: *"In particolare, per quanto attiene al reticolo secondario, le condizioni al contorno di monte sono costituite dagli idrogrammi di input al modello idraulico delle aste da studiare e quelle di valle sono rappresentate dai livelli idrici dei corsi*

d'acqua principali a cui affluisce il reticolo secondario. Nello specifico, sia per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle che per quelle di monte, si dovrà far riferimento a quanto già indicato e consegnato con la ns. precedente nota prot. n. 7390 del 5 ottobre 2020, ... omissis ... Si ricorda che in tale occasione erano stati consegnati tutti i file DSS e della geometria del modello Hec-Ras messo a questo da questa Autorità per il fiume Arno nell'area del Casentino, per tutti gli scenari disponibili (eventi con Tr 30 e 200 anni e durate di pioggia di 6, 9 e 12 ore), necessari anche a definire le problematiche riguardanti gli studi connessi con la richiesta in oggetto. Si ricorda inoltre, che per quanto attiene agli aspetti idrologici, in analogia al modello sviluppato sull'Arno da questa Autorità di Bacino, si dovrà fare riferimento agli schemi della "Regionalizzazione della portate di piena in Toscana" (ALTO), aggiornando sia gli input pluviometrici sulla base delle più recenti linee segnalatrici di possibilità pluviometrica disponibili a livello regionale, che i parametri geopedologici e geomorfologici, ponendo particolare attenzione all'utilizzo dei coefficienti di ragguaglio, scegliendo quelli più idonei a descrivere le aree di studio."

A seguito dell'espressione dell'Autorità, l'analisi idrologica, come descritto nel proseguo, è stata impostata a partire in riferimento agli schemi della "Regionalizzazione della portate di piena in Toscana" (ALTO), adottando quindi un modello semidistribuito con metodo di infiltrazione a soglia e trasformazione afflussi-deflussi tramite idrogramma unitario di Nash.

Da una ricognizione degli Strumenti Urbanistici vigenti dei comuni interessati è emersa la presenza di alcuni corsi d'acqua le cui modellazioni idrologico-idrauliche, e quindi gli scenari di pericolosità idraulica, risultano conformi ed aggiornati al vigente quadro normativo, per cui fanno parte sono stati compresi nel presente lavoro. Nello specifico si tratta dei corsi d'acqua nel Comune di Castel Focognano relativi alla Variante al Regolamento Urbanistico n. 9, approvata definitivamente con D.C.C. n. 54 del 27/11/2020, le cui indagini idrauliche sono state redatte dalla scrivente Società.

2 CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AREA DI STUDIO

2.1 Inquadramento Generale

Lo studio in oggetto riguarda le aste fluviali dell'Unione dei Comuni del Casentino, nello specifico quelle che sono ubicate nei comuni di Bibbiena, Castel Focognano, Castel San Niccolò, Chitignano, Chiusi della Verna, Ortignano Raggiolo, Poppi, Pratovecchio Stia e Talla, nella provincia di Arezzo, nella parte centro-nord-orientale della regione Toscana al confine con la regione Emilia-Romagna (Figura 2.1).

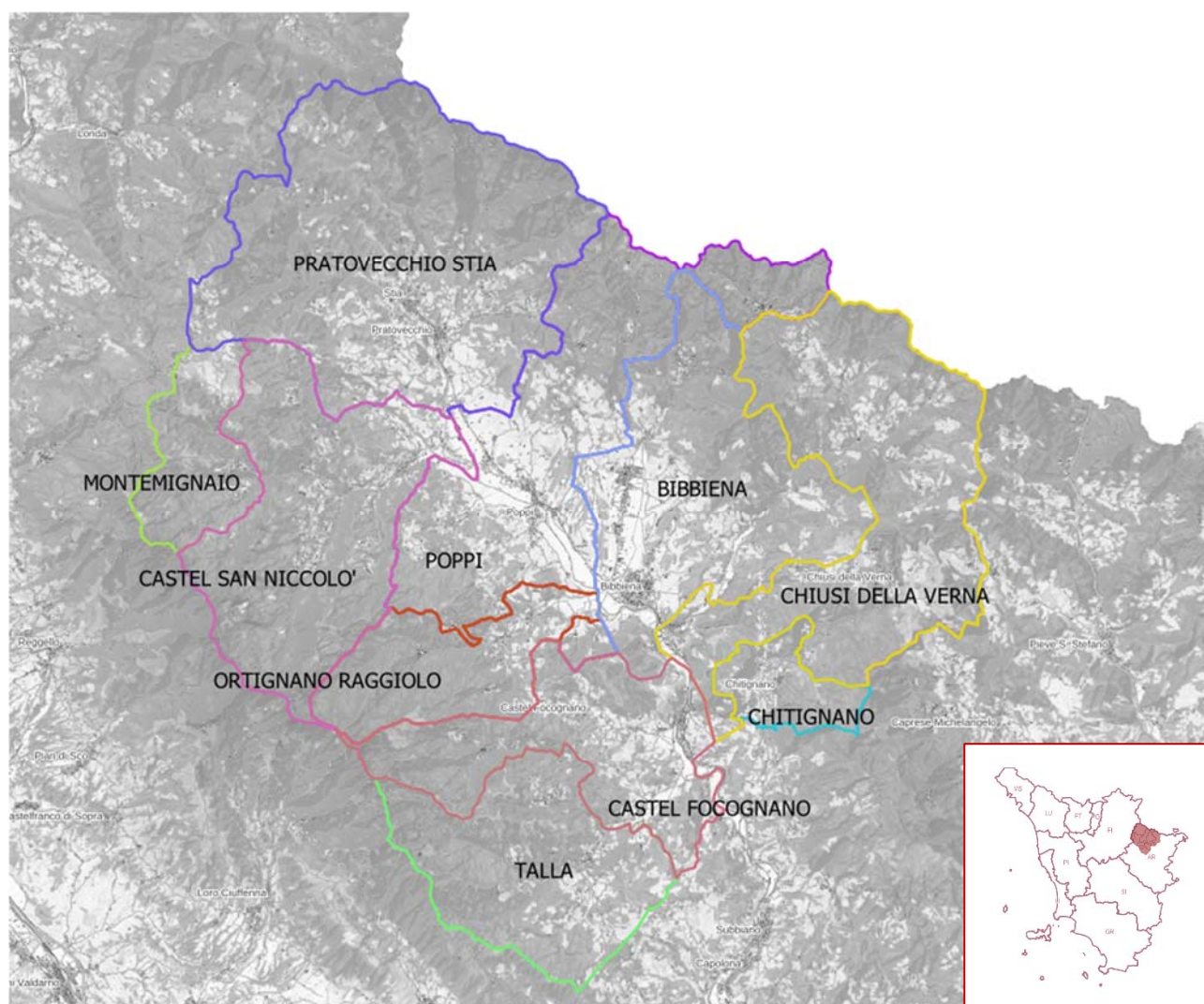


Figura 2.1 - Individuazione dei comuni nella provincia di Arezzo facenti parte del procedimento di Piano Strutturale Intercomunale del Casentino (cartografia 50k della Regione Toscana).

Il territorio del Casentino si estende nella parte centro-nord-orientale della Toscana, in Provincia di Arezzo: confina a Nord con la regione Emilia-Romagna e con i comuni di San Godenzo e Londa (FI), ad ovest con i comuni della Rufina, Pelago, Reggello (FI) e Castel Franco Pian di Scò (AR), a Sud con i comuni di Loro Ciuffenna, Castiglion Fibocchi, Capolona e Subbiano (AR), ad est con i comuni di Caprese Michelangelo e Pieve Santo Stefano (AR).

Il territorio comunale risulta inquadrato come segue nei fogli della Cartografia Tecnica Regionale Toscana scala 1:10.000:

- Bibbiena, 265150, 277020, 277030, 277060, 277070, 277080, 277100, 277110;
- Castel Focognano, 277090, 277100, 277110, 277132, 277140, 277150, 288020;
- Castel San Niccolò, 276040, 277010, 276080, 277050, 276120, 277090;
- Chiusi della Verna, 277030, 277040, 277070, 277080, 277100, 277110, 277120, 277150;
- Ortignano Raggiolo, 276120, 277090, 277100, 277130, 277060;
- Poppi, 265140, 265150, 277010, 277020, 277030, 277050, 277060, 277090, 277100;
- Pratovecchio Stia, 264120, 265090, 265100, 264160, 265130, 265140, 276040, 277010, 277020;
- Talla, 277130, 277140, 288010, 288020.

2.2 Inquadramento geomorfologico

Il territorio è compreso tra le quote di 278.4 e 1650 m s.l.m.

Morfologicamente il territorio si sviluppa lungo il tratto iniziale del Fiume Arno, che nasce dal monte Falterona, il paesaggio varia dalle grandi foreste nelle zone montuose fino alle zone pianeggianti e collinari del fondovalle.

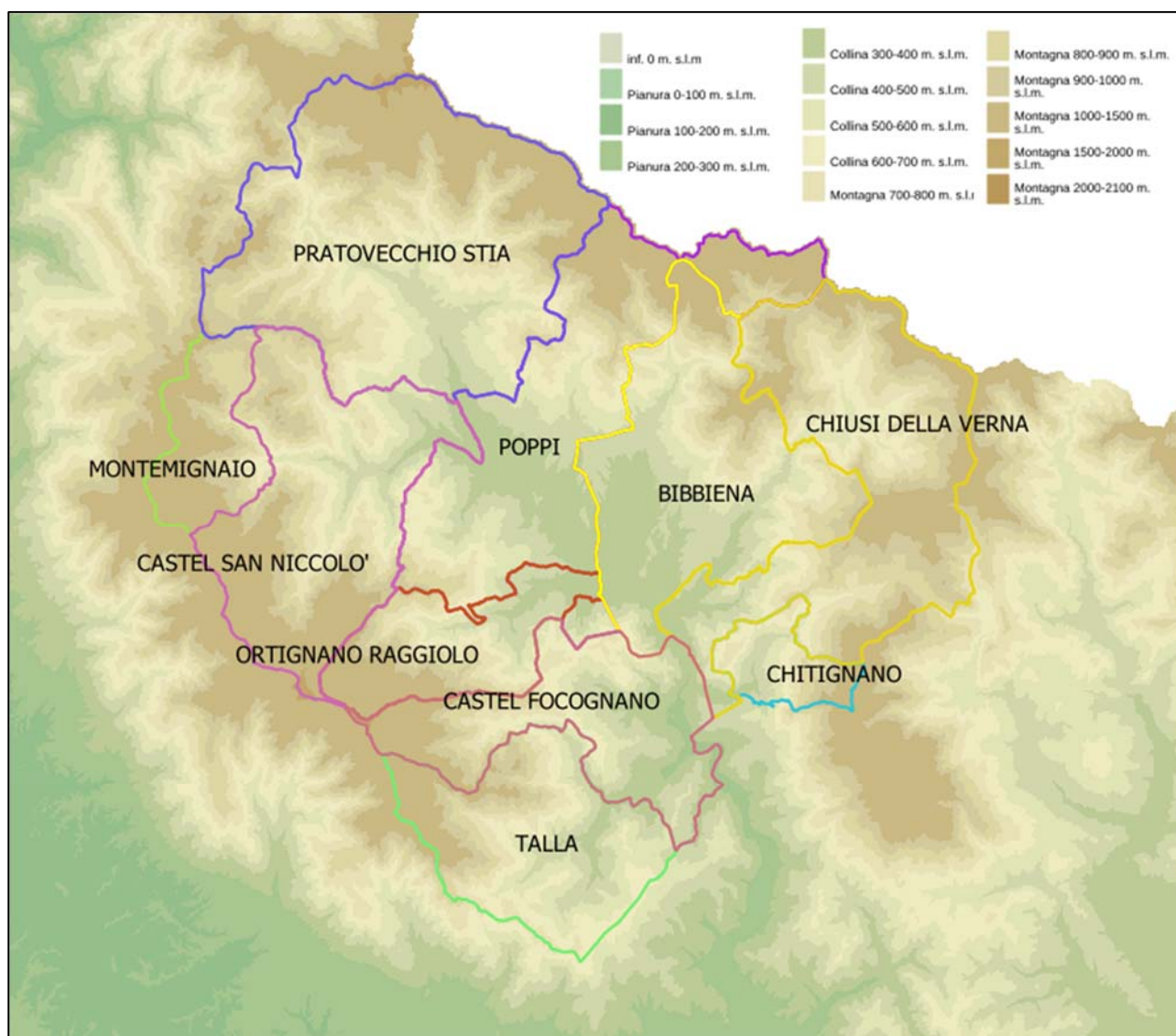


Figura 2.2 – Vista morfologica dell'area del Casentino (AR), (Dati: DTM morfologico 10 m Regione Toscana), in evidenza i confini comunali

L'area di studio non coincide esattamente con il confine comunale, ma con la superficie drenante dei corsi d'acqua oggetto di studio e presenta un'orografia eterogenea, composto da una vallata, lungo la quale scorre il fiume Arno con direzione di deflusso da Nord verso Sud, circondata da rilievi montuosi; ad ovest si trova il massiccio del Pratomagno e ad est l'Appennino.

2.3 Inquadramento idrografico

Nella figura seguente è mostrato l'inquadramento del reticolo idrografico di cui alla L.R. 79/2012 così come definito dalla DCRT 24/2025 (Figura 2.3).

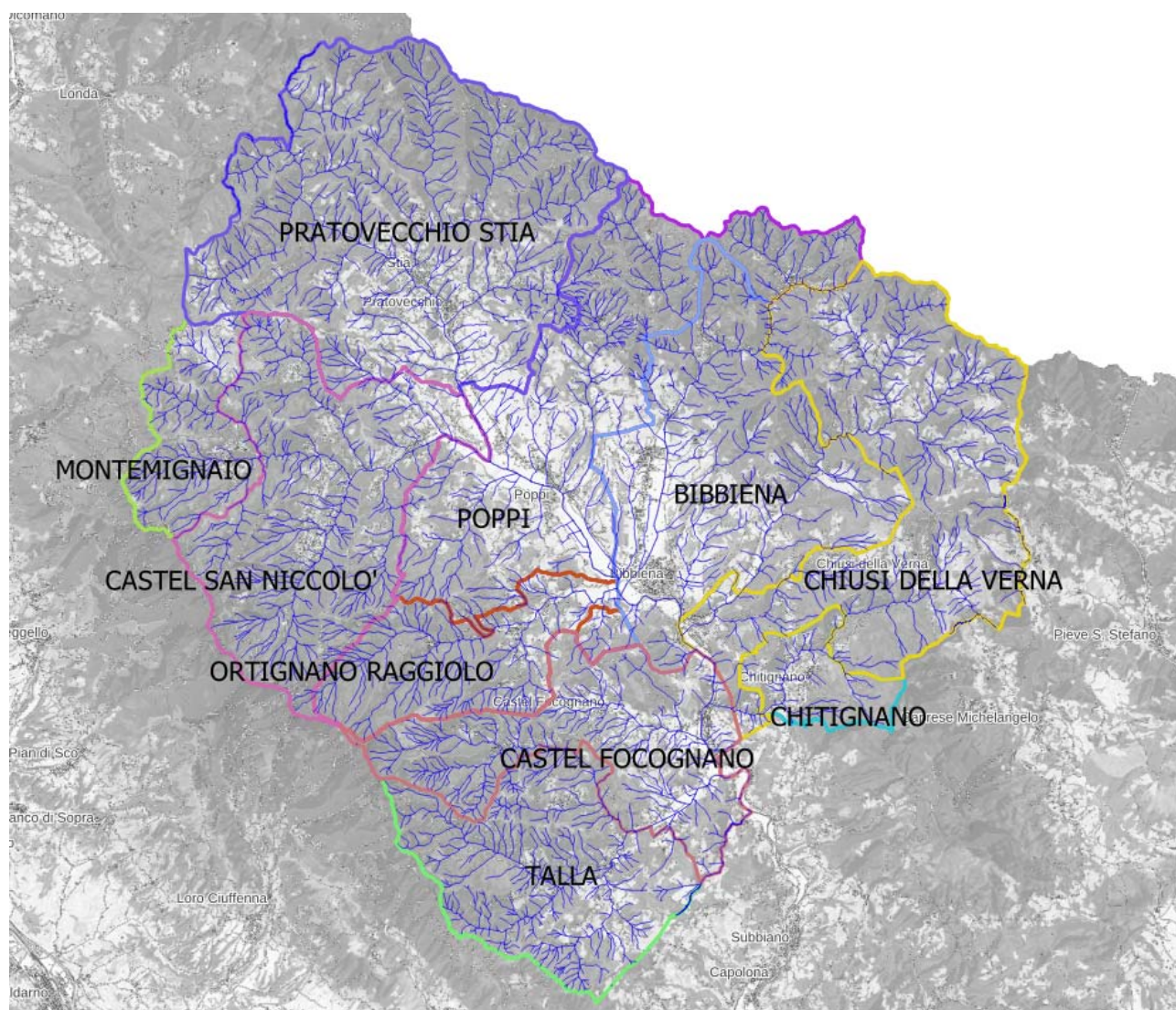


Figura 2.3 – Inquadramento idrografico del Casentino (AR) di cui alla L.R. 79/2012 così come aggiornato con DCRT n. 81/2021

I comuni di Bibbiena, Castel Focognano, Castel San Niccolò, Chitignano, Chiusi della Verna, Montemignaio, Ortignano Raggiolo, Poppi, Pratovecchio Stia e Talla fanno parte del territorio di riferimento dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e del Genio Civile Valdarno Superiore. Il solo Comune di Chiusi della Verna presenta una limitata e periferica porzione di territorio afferente al Bacino Idrografico del Fiume Tevere.

In Figura 2.3 è mostrato il reticolo idrografico compreso nei territori comunali, e attraverso i corsi d'acqua scelti saranno elaborate le mappe delle aree a pericolosità d'alluvione, tramite apposite modellazioni idrauliche mono e bidimensionale in moto vario.

Nel territorio del Casentino è presente il Fiume Arno, definito come reticolo principale, quindi non oggetto di modellazione idrologico idraulica nel presente studio, dal Ponte di Via Fiorentina a Stia verso valle. Il restante tratto di Fiume Arno a monte del ponte di Via Fiorentina risulta essere reticolo secondario.

2.4 Definizione del reticolo di studio e individuazione dei Bacini Idrografici

Per la definizione di bacini oggetto di studio è stato fatto riferimento alla cartografia tecnica regionale e al modello digitale del terreno da Cartografia Lidar Regione Toscana a disposizione per le aree in esame. Nei seguenti paragrafi, organizzati per comuni, si mostrano le aste idrauliche oggetto di studio e le suddivisioni in sottobacini determinati dalle sezioni di chiusura dei tratti d'interesse e le loro caratteristiche idrologiche di cui è stata sviluppata apposita modellazione idrologica.

Sulla base dei bacini idrografici così definiti, è stato possibile individuare gli idrogrammi di piena per Tr30 e Tr200 anni e, quindi, le condizioni al contorno di monte secondo le indicazioni fornite dall'AdBDAS e riportate in premessa.

Per quel che riguarda invece le condizioni al contorno di valle, queste saranno la pendenza dell'asta fluviale nel tratto finale, fatti i salvi i casi delle aste confluenti nel Fiume Arno, dove saranno adottati i livelli idrici.

Per quanto riguarda la cartografia Lidar è stata fatta richiesta alla Regione Toscana di messa a disposizione dei Modelli Digitali del Terreno e della Superficie (DTM e DSM) in formato raster con risoluzione spaziale 1x1 m relativi a rilievi LiDAR eseguiti negli anni 2019, 2020 e 2021. Il dato è di proprietà di Italian Remote Sensing S.r.l. ed è concesso in uso a Regione Toscana ai fini della distribuzione ad altri enti pubblici nel rispetto dei termini della licenza d'uso con la quale è rilasciato. La Società Scrivente ha ricevuto dalla committenza il suddetto materiale e ne ha fatto uso nel solo ed esclusivo ambito del presente procedimento verificando puntualmente i dati ricevuti.

2.4.1 Comune di Bibbiena

Per quanto riguarda il Comune di Bibbiena, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

BIBBIENA

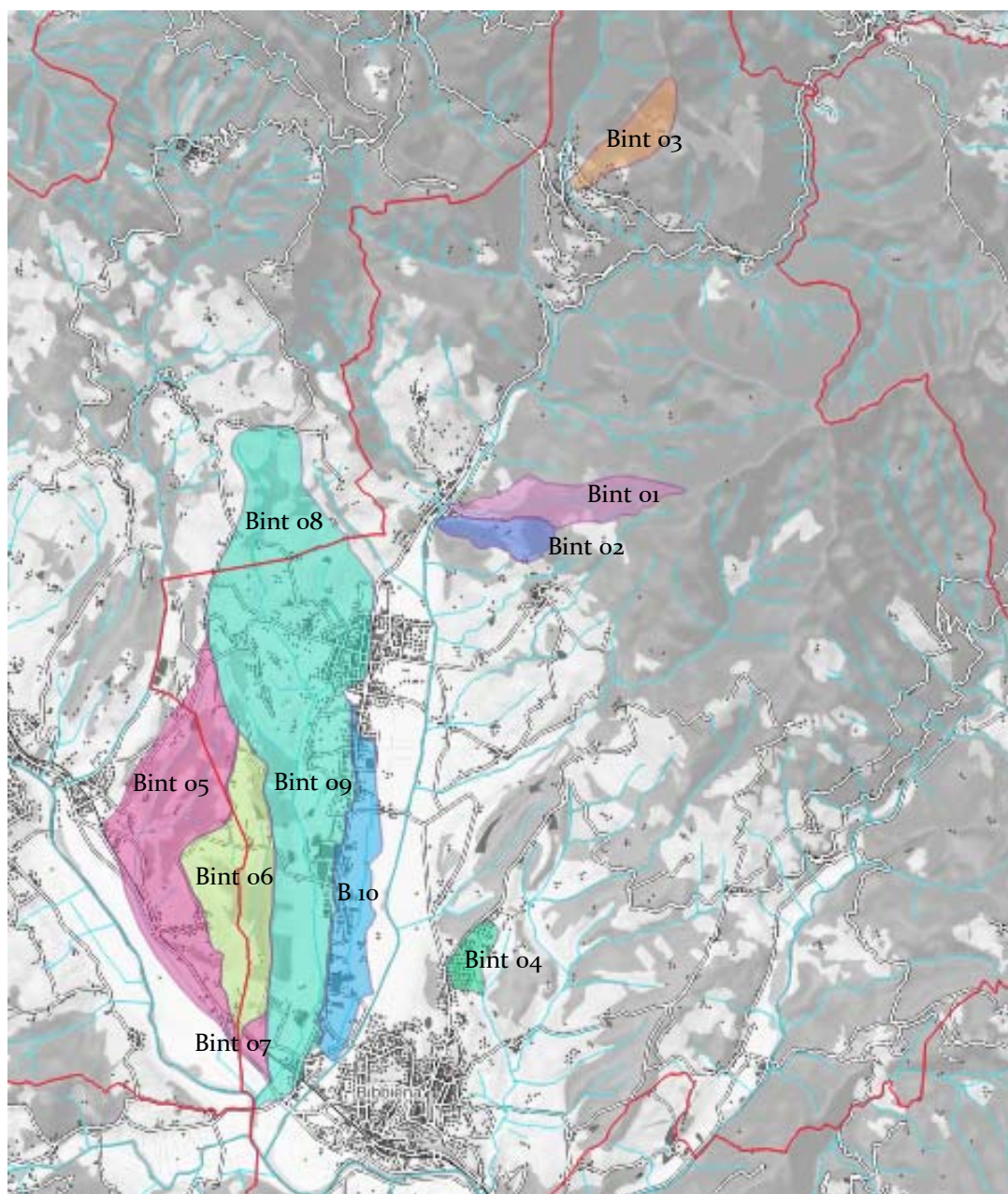


Figura 2.4 - Definizione dei bacini idrografici nel comune di Bibbiena

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso della Sopa	Bint 01	0.20
Fosso delle Vigne	Bint 02	0.21
Fosso del Pesce	Bint 03	0.00
Fosso delle Goline	Bint 04	0.50
Ristagno	Bint 06, Bint 07	1.17
Affluente del Ristagno	Bint 05	0.59
Rignano	Bint 08, Bint 09	5.31
Sorrassa*	B10*	2.86

Tabella 2.1 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del Comune di Bibbiena, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 01	Fosso della Sopa	0.71
Bint 02	Fosso delle Vigne	0.34
Bint 03	Fosso del Pesce	0.44
Bint 04	Fosso delle Goline	0.23
Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	2.48
Bint 06	Fosso del Ristagno	1.57
Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	0.12
Bint 08	Fosso Rignano monte	0.91
Bint 09	Fosso Rignano valle	5.13
B10*	Fosso Sorrassa	1.09

Tabella 2.2 – Bacini idrografici del comune di Bibbiena, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

2.4.2 Comune di Castel Focognano e Talla

Per quanto riguarda i Comuni di Castel Focognano e Talla, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

CASTEL FOCOGLANO e TALLA

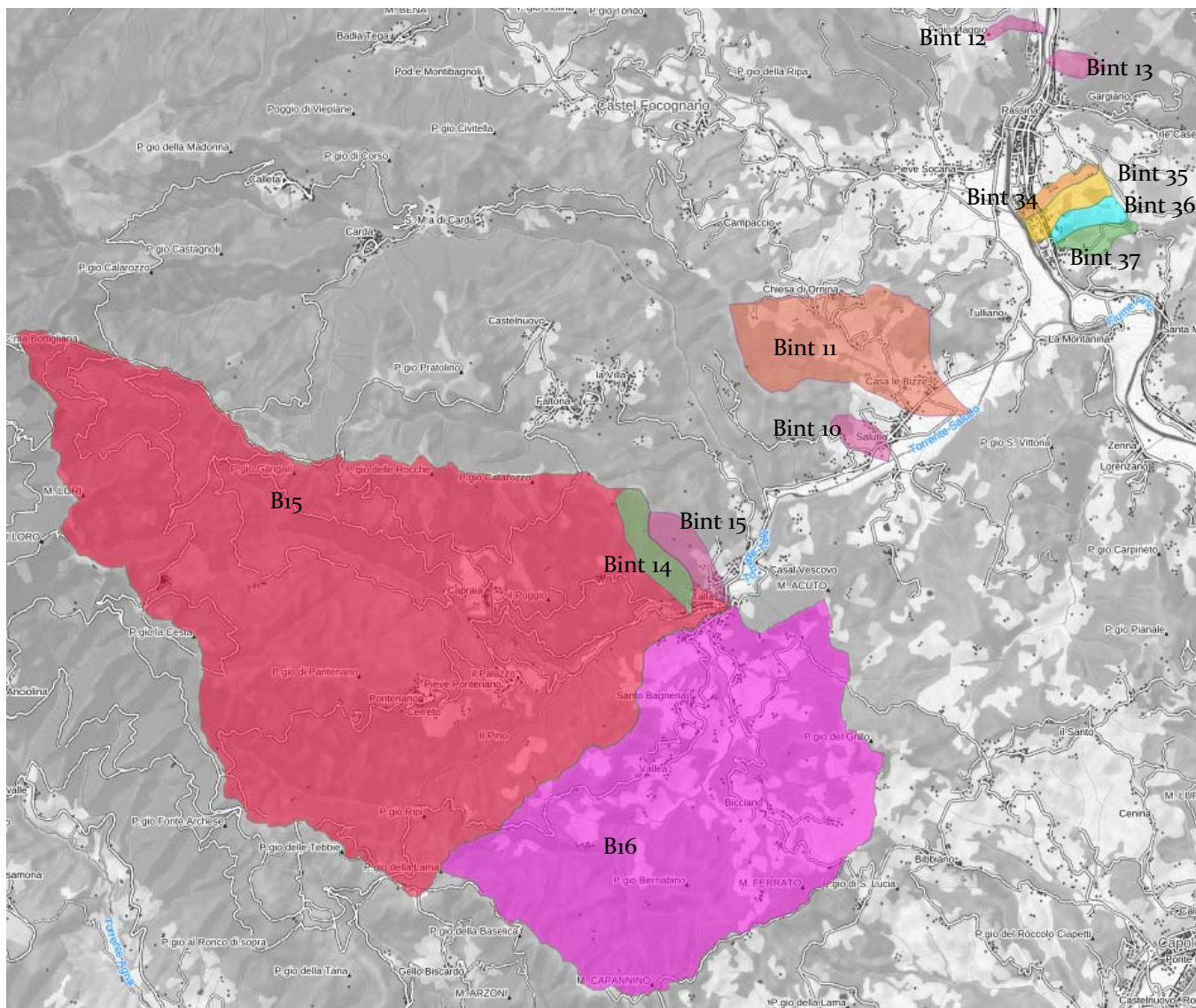


Figura 2.5 - Definizione dei bacini idrografici nei comuni di Castel Focognano e Talla

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Affluente a Salutio	Bint 10	0.34
Fosso Burale	Bint 11	0.94
Affluente a Begliano	Bint 12	0.58
Affluente a Rassina	Bint 13	0.23
Fosso Fonte Bocchetti	Bint 14	0.21
Affluente a Talla	Bint 15	0.38
Fosso della Maestà	Bint 34	0.32
Fosso della Fonte Antica	Bint 35	0.42
Fosso Pelata	Bint 36	0.56
Fosso dei Bagnacci	Bint 37	0.15
Torrente Salutio/Talla*	B15*	6.6
Torrente Lavanzone*	B16*	0.7

Tabella 2.3 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica dei Comuni di Castel Focognano e Talla, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, modificato il modello digitale del terreno)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 10	Affluente a Salutio	0.22
Bint 11	Fosso Burale	2.67
Bint 12	Affluente a Begliano	0.1
Bint 13	Affluente a Rassina	0.15
Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	0.5
Bint 15	Affluente a Talla	0.41
Bint 34	Fosso della Maestà	0.17
Bint 35	Fosso della Fonte Antica	0.31
Bint 36	Fosso Pelata	0.23
Bint 37	Fosso dei Bagnacci	0.22
B15*	Torrente Salutio/Talla*	27.49
B16*	Torrente Lavanzone*	13.63

Tabella 2.4 - Bacini idrografici dei comuni di Castel Focognano e Talla

Per quanto riguarda il Comune di Castel san Niccolò, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.



Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso Pagliericcio	Bint_16	0.17
Fosso Vignamaggiore	Bint_17	0.18
Rio Affrico	Bint_18	0.76
Fosso Scopicci	Bint_19	0.50
Fosso Cavallena	Bint_20	0.49
Rio Solano	Bint_21	0.70
Torrente Solano*	B17_M*, B17_V*	6.37

Tabella 2.5 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del Comune di Castel san Niccolò, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint_16	Fosso Pagliericcio	0.34
Bint_17	Fosso Vignamaggiore	0.38
Bint_18	Rio Affrico	1.04
Bint_19	Fosso Scopicci	0.29
Bint_20	Fosso Cavallena	0.23
Bint_21	Rio Solano	9.89
B17_M*	Torrente Solano Monte*	69.91
B17_V*	Torrente Solano Valle*	30.00

Tabella 2.6 - Bacini idrografici del comune di Castel San Niccolò, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

2.4.4 Comune di Chiusi della Verna

Per quanto riguarda il Comune di Chiusi della Verna, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

CHIUSI DELLA VERNA

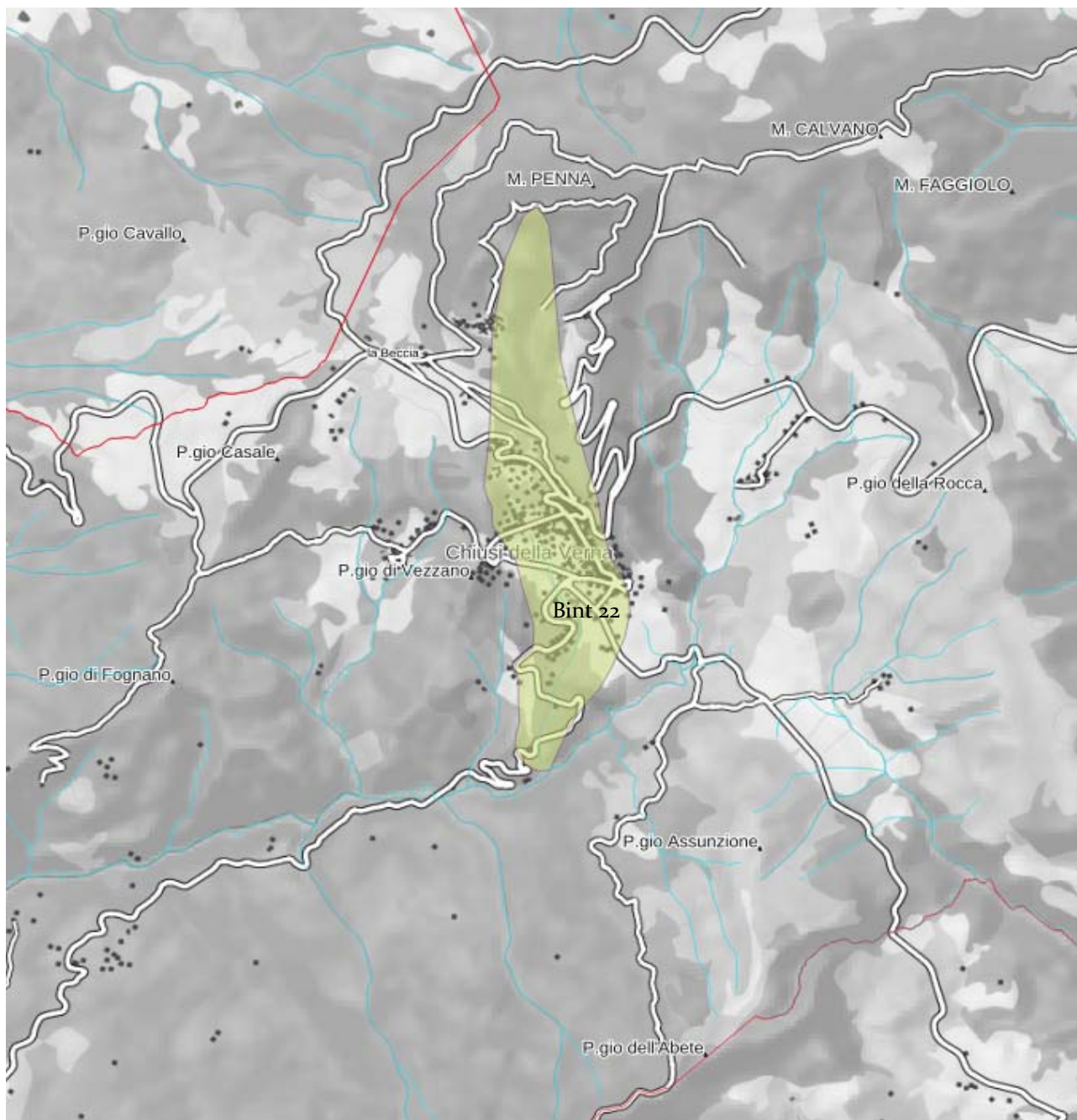


Figura 2.7 - Definizione dei bacini idrografici nel comune di Chiusi della Verna

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso del Molino	Bint 22	0.68

Tabella 2.7 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del comune di Chiusi della Verna

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 22	Fosso del Molino	1.12

Tabella 2.8 - Bacini idrografici del comune di Chiusi della Verna

Per quanto riguarda il Comune di Ortignano Raggiolo, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.



ProGeo
Engineering

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso delle Motte	Bint 23	0.29
Torrente Teggina*	B11, B13*	4.8
Torrente TegginaII*	B12*	0.7

Tabella 2.9 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del Comune di Ortignano Raggiolo,
 (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, modificato il modello digitale del terreno)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 23	Fosso delle Motte	0.54
B11*	Torrente Teggina Monte	28.22
B12*	Torrente Teggina Monte II	8.52
B13*	Torrente Teggina Interbacino	12.72

Tabella 2.10 - Bacini idrografici del comune di Ortignano Raggiolo

2.4.6 Comune di Poppi

Per quanto riguarda il Comune di Poppi, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

POPPI

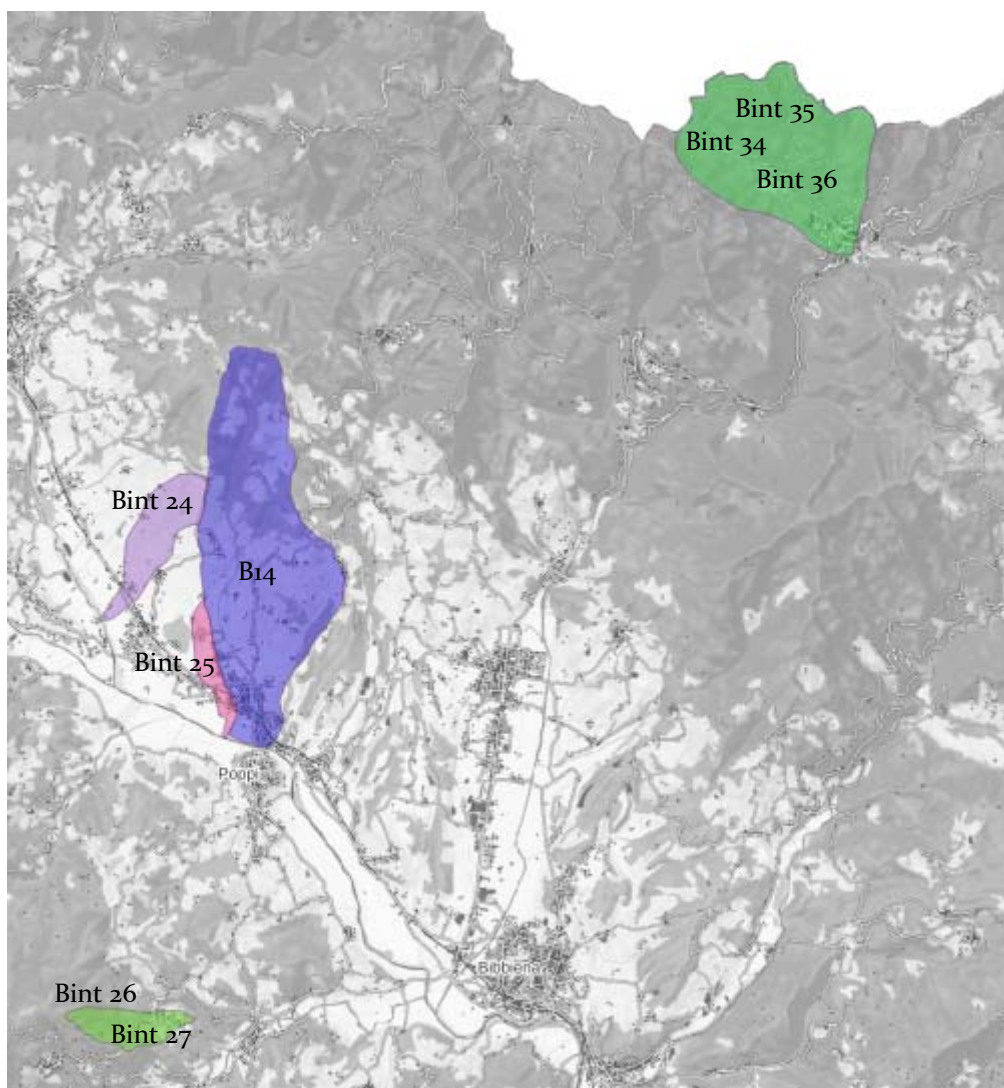


Figura 2.9 - Definizione dei bacini idrografici nel comune di Poppi

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso Righellato	Bint 24	0.67
Affluente a Ponte a Poppi	Bint 25	1.64
Torrente Roiesine*	B14*	1.83
Fosso del Buio	Bint 26	0.49
Affluente Fosso del Buio	Bint 27	0.19
Fosso Fonte Bertaccia	Bint 34	0.00
Fosso d'Isola	Bint 35	0.00
Affluente Fosso d'Isola	Bint 36	0.00

Tabella 2.11 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del Comune di Poppi, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 24	Fosso Righellato	1.31
Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	0.51
B14*	Torrente Roiesine*	7.77
Bint 26	Fosso del Buio	0.53
Bint 27	Affluente Fosso del Buio	0.19
Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	0.92
Bint 35	Fosso d'Isola	5.15
Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	0.28

Tabella 2.12 – Bacini idrografici del comune di Poppi, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

2.4.7 Comune di Pratovecchio Stia

Per quanto riguarda il Comune di Pratovecchio Stia, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

PRATOVECCHIO STIA

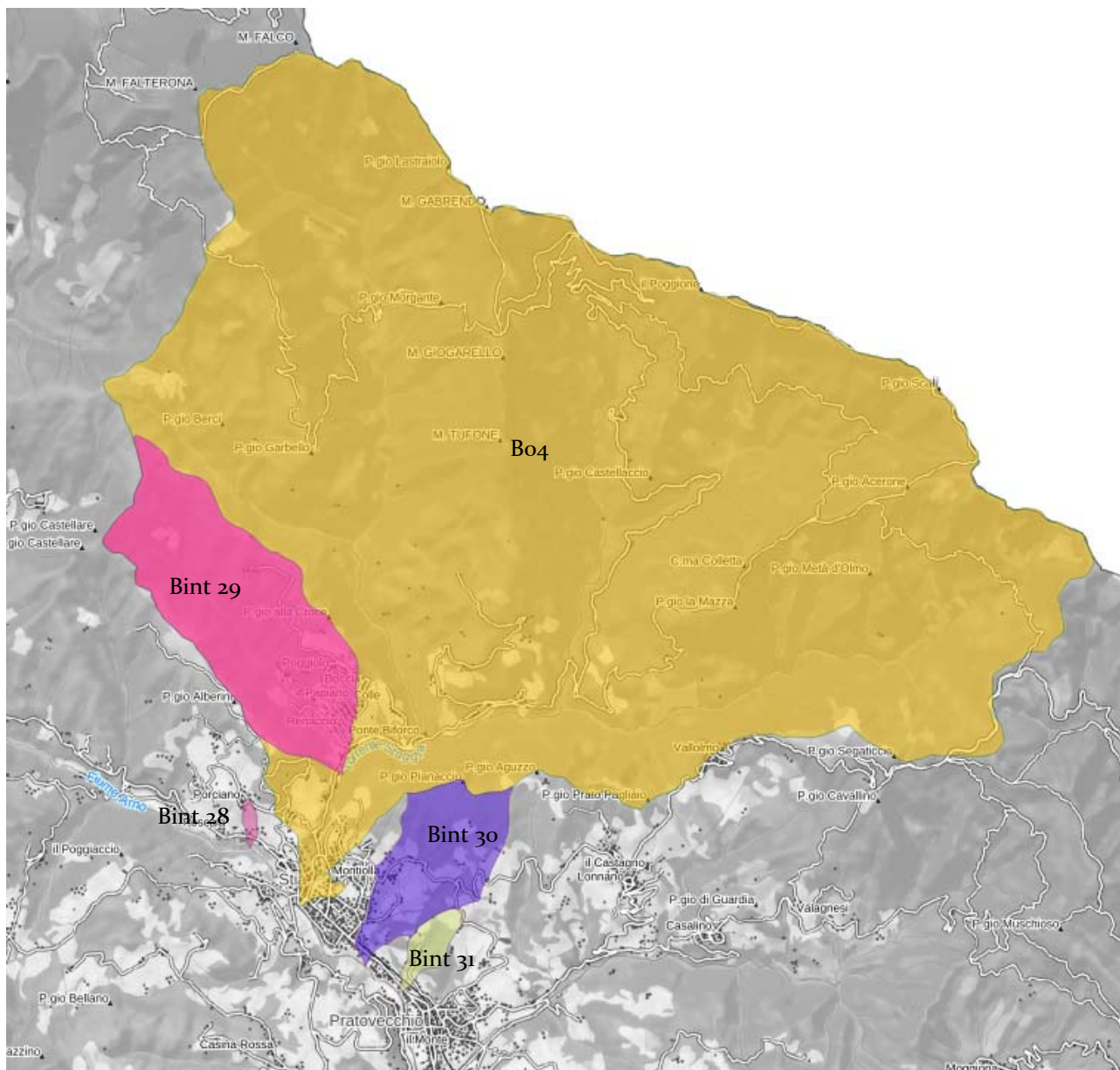


Figura 2.10 - Definizione dei bacini idrografici nel comune di Pratovecchio Stia

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Affluente Pescaia	Bint_28	0.19
Rigaggiolo	Bint_29	0.47
Torrente Staggia*	Bo4*	2.07
Fosso di Mezzo	Bint_30	0.90
Fosso del Molino a Farneta	Bint_31	0.28

Tabella 2.13 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del Comune di Pratovecchio Stia, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint_28	Affluente Pescaia	0.05
Bint_29	Rigaggiolo	3.86
Bo4*	Torrente Staggia*	47.67
Bint_30	Fosso di Mezzo	1.56
Bint_31	Fosso del Molino a Farneta	0.26

Tabella 2.14 – Bacini idrografici del comune di Pratovecchio Stia, (* Bacino idrografico invariato rispetto all'adozione, risulta aumentata la lunghezza del tratto modellato)

Gli idrogrammi di piena in ingresso al F. Arno nel tratto di reticolo secondario, a monte dell'abitato di Stia, sono stati assunti pari agli idrogrammi di piena in ingresso al modello idraulico del F. Arno di reticolo principale fornito dall'AdBDAS, relativamente ai tempi di ritorno 30 e 200 anni e durata di pioggia 6 ore.

2.4.8 Comune di Chitignano

Per quanto riguarda il Comune di Chitignano, le aste studiate e i relativi bacini idrografici in aggiunta o oggetto di modifica sono riportati nelle seguenti tabelle.

CHITIGNANO

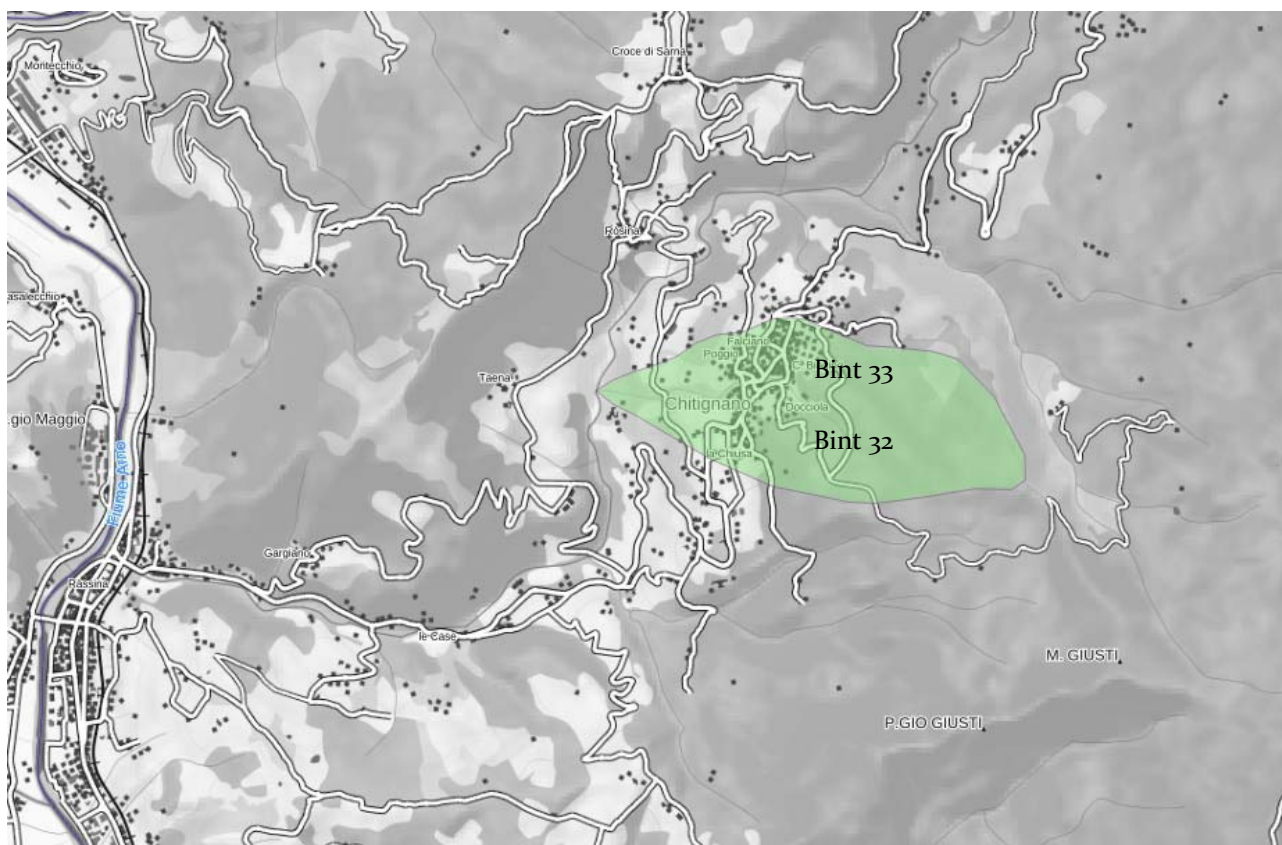


Figura 2.11 - Definizione dei bacini idrografici nel comune di Chitignano

Asta idraulica	Bacino idrografico affidente	Lunghezza tratto modellato (km)
Fosso del Doccio	Bint 32	0.45
Affluente Fosso del Doccio	Bint 33	0.00

Tabella 2.15 – Aste idrauliche oggetto di modellazione idrologico-idraulica del comune di Chitignano

Codice	Bacino idrografico	Area (km ²)
Bint 32	Fosso del Doccio	0.32
Bint 33	Affluente Fosso del Doccio	0.67

Tabella 2.16 - Bacini idrografici del comune di Chitignano

3 RILIEVO DELLE SEZIONI D'ALVEO E CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione geometrica dei corsi d'acqua indagati (modello idraulico monodimensionale) è stato fatto riferimento:

- ai rilievi topografici disponibili negli Strumenti Urbanistici Generali dei comuni del Casentino, svolti a supporto della modellazione idraulica (dopo opportuna verifica di coerenza tramite confronto LIDAR e campagna di rilievo topografico);
- ai rilievi da cartografia LIDAR disponibile per il territorio;
- ai rilievi da cartografia LIDAR non di proprietà della Regione Toscana ma ad uso degli Enti pubblici disponibile per il territorio;
- a successiva campagna di rilievo da parte della società ProGeo Engineering Srl.

Ai fini delle modellazioni idrauliche sono state definite le geometrie delle opere idrauliche esistenti nel territorio:

- infrastrutture attraversanti i corsi d'acqua (ponti) con rilievi in sito;
- rilievo di tombinamenti esistenti;
- rilievo di arginature.

Per la caratterizzazione geometrica delle aree potenzialmente inondabili è stato inoltre fatto riferimento:

- modello digitale del terreno su base cartografica Lidar della Regione Toscana (lidar non di proprietà della Regione Toscana ma uso disponibile per gli Enti Pubblici);
- Rilievi areali a campione per verificare e validare il modello 2D del lidar impiegato.

Per quanto riguarda le aste oggetto di studio, la geometria d'alveo è stata definita sulla base dei rilievi condotti dagli scriventi. In generale si è concentrato l'impiego topografico nelle aree urbanizzate, al di fuori del territorio urbanizzato si è utilizzato le sezioni estratte da lidar. Ad ulteriore implementazione del modello digitale del terreno, sono stati aggiunti i volumi occupati dai cassoni edilizi (ad esclusione di tettoie o aree coperte ma che permettono il deflusso libero delle acque). Lo stato finale del modello digitale del terreno risulta così aggiornato con le più recenti modifiche morfologiche e con la presenza dei volumi dati dagli edifici che creano ostacolo al deflusso libero delle acque.

Ad ogni modo, l'adeguatezza delle sezioni d'alveo estratte da Lidar, prima del loro utilizzo, è stata verificata mediante rilievi a campione condotti dagli scriventi.

Come già indicato, per quanto riguarda la cartografia Lidar è stata fatta richiesta alla Regione Toscana di messa a disposizione dei Modelli Digitali del Terreno e della Superficie (DTM e DSM) in formato raster con risoluzione spaziale 1x1 m relativi a rilievi LiDAR eseguiti negli anni 2019, 2020 e 2021. Il dato è di proprietà di Italian Remote Sensing S.r.l. ed è concesso in uso a Regione Toscana ai fini della distribuzione ad altri enti pubblici nel rispetto dei termini della licenza d'uso con la quale è rilasciato. La Società Scrivente ha ricevuto dalla committenza il suddetto materiale e ne ha fatto uso nel solo ed esclusivo ambito del presente procedimento verificando puntualmente i dati ricevuti.

In particolare, i rilievi condotti dagli scriventi sono riportati nella tabella seguente.

Comune	Asta idraulica	Origine dei dati
Bibbiena	Fosso delle Sopa	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso delle Vigne	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso del Pesce	Campagna di rilievi ProGeo Engineering
	Fosso delle Goline	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente Fosso del Ristagno	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso del Ristagno	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Rignano	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Sorrasa	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
Castel Focognano/ Talla	Affluente a Salutio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Burale	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente a Begliano	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente a Rassina	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Fonte Boccetti	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente a Talla	Campagna di rilievi ProGeo Engineering

Comune	Asta idraulica	Origine dei dati
		Morfologia Lidar
Castel San Niccolò	Torrente Solano	Campagna di rilievi ProGeo Engineering, Morfologia Lidar
	Fosso Pagliericcio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Vignamaggiore	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Rio Affrico	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Scopicci	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Cavallena	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Rio Solano	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
Chiusi della Verna	Fosso del Molino	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
Ortignano Raggiolo	Fosso delle Motte	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
Poppi	Fosso Righellato	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente Ponte a Poppi	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Torrente Roiesine	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso del Buio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente Fosso del Buio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso Fonte Bertaccia	Campagna di rilievi ProGeo Engineering
	Fosso d'Isola	Campagna di rilievi ProGeo Engineering
	Affluente Fosso d'Isola	Campagna di rilievi ProGeo Engineering
Pratovecchio Stia	Affluente a Pescaia	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Rigaggiolo	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Torrente Staggia	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Fosso di Mezzo	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar

Comune	Asta idraulica	Origine dei dati
	Fosso del Molino a Farneta	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
Chitignano	Fosso del Doccio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar
	Affluente Fosso del Doccio	Campagna di rilievi ProGeo Engineering Morfologia Lidar

Tabella 3.1 – Sezioni idrauliche e dati di origine

Si riporta, a titolo di esempio, documentazione fotografica sviluppata durante le varie campagne di rilievo compiute dagli scriventi:

**Figura 3.1** – Fine tratto tombato fosso della Pelata e confluenza con il fosso Bagnacci , Comune di Castel Focognano



Figura 3.2 - Fosso della Sopa, attraversamento su viabilità privata, Comune di Bibbiena



Figura 3.3- Fosso delle Vigne, ingresso tratto tombato prima della confluenza in Arno, Comune di Bibbiena



Figura 3.4- Fosso Rignano, tratto di monte, Comune di Bibbiena



Figura 3.5 - Fosso Righellato, ingresso tratto tombato, Comune di Poppi



Figura 3.6 - Fosso Pagliericcio, uscita tratto tombato, Comune di Castel San Niccolò

4 ANALISI IDROLOGICA

Lo scopo dell'analisi idrologica è la determinazione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno da impiegare come dati di ingresso per la successiva analisi idraulica delle aste fluviali oggetto di studio.

In particolare, verranno valutate le condizioni di funzionamento idraulico per portate di progetto caratterizzate da tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni (rispettivamente alluvioni frequenti e poco frequenti ai sensi della LR 41/2018) per verificare il grado di pericolosità idraulica a cui sono soggette le aree urbane limitrofe ai corsi d'acqua in seguito a fenomeni di tracimazione delle sommità spondali.

4.1 Il modello idrologico

L'analisi idrologica è stata svolta attraverso il modello afflussi e deflussi con stima delle perdite tramite il metodo di infiltrazione a soglia e trasformazione dell'onda di piena tramite idrogramma unitario istantaneo (IUH) di Nash (tale impostazione si rifà alla "Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana" applicato tramite piattaforma Al.To., come riportato e richiesto dalla nota di Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale). La stima delle portate è eseguita con il metodo indiretto, ipotizzando cioè che il tempo di ritorno dei deflussi di piena sia lo stesso degli eventi meteorici utilizzati in ingresso al modello.

Il modello idrologico consente l'individuazione delle distribuzioni di probabilità degli eventi di piena (modello stocastico deterministico), tramite procedure implementate tramite le seguenti operazioni:

- stima della relazione tra altezze e durata di pioggia di assegnato tempo di ritorno per i bacini idrografici in esame (linee segnalatrici di possibilità pluviometrica - LSPP) e operazioni di ragguaglio all'area;
- determinazione dello ietogramma di progetto: scelta della durata critica dell'evento e della distribuzione temporale delle precipitazioni;
- stima delle perdite e della pioggia effettiva, che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;
- schematizzazione della risposta del singolo bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle proprie caratteristiche fisiografiche e combinazione di tale risposta con la pioggia netta per stimare le portate di progetto.

I modelli sono stati simulati per vari tempi di ritorno (30, 200 anni) con ietogrammi sintetici di varia durata a intensità costante. L'input meteorico è rappresentato da uno ietogramma sintetico la cui

frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica, ricavate con l'adattamento della distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value).

I modelli sono strutturati in modo tale da ricercare, per un determinato tempo di ritorno, i valori critici delle durate di pioggia che massimizzano le portate di piena. Le principali elaborazioni pluviometriche hanno riguardato:

- il reticolo idrografico costituisce la base informativa della procedura di regionalizzazione che prevede, per ciascuna asta del reticolo, la caratterizzazione del bacino a monte. A tal fine il reticolo è stato gerarchizzato secondo Strahler e sono stati ricavati i principali parametri geomorfologici. Il modello di trasferimento adottato è quello dell'idrogramma unitario di tipo $I(n, k)$ introdotto da Nash (1959) e caratterizzato dal parametro di forma n e da quello di scala k .
- I parametri di taratura geomorfologici e geopedologici necessari all'applicazione del metodo di infiltrazione a soglia e della trasformata di Nash utilizzati per ciascun evento risultano i seguenti:
 - I_a , volume unitario di perdita iniziale [mm];
 - K_s , velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h];
 - n , parametro di forma dell'idrogramma di Nash [-];
 - k , parametro di scala dell'idrogramma di Nash [h].

Per svolgere le analisi idrologiche sul bacino oggetto di studio, si è fatto uso del software HEC-HMS ver. 4.8 che, note le piogge, consente di procedere alla definizione del modello di infiltrazione basato sul noto metodo I_a - K_s e il modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo di Nash.

4.2 Stima della pioggia di progetto: Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica

Il primo elemento fondamentale nella creazione di un modello idrologico è costituito dalla stima degli afflussi meteorici: lo studio statistico delle piogge intense in un punto della superficie terrestre si sintetizza nella formulazione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP), ottenute a partire dall'elaborazione delle serie storiche dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche.

Le LSPP descrivono le proprietà statistiche degli eventi di pioggia intensa a scala puntuale ed esprimono un legame tra altezza di pioggia, durata e frequenza. In particolare, per un prefissato tempo di ritorno, la corrispondente LSPP fornisce la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione.

Per la stima delle LSPP per l'area in esame è stato fatto riferimento ai risultati dello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", realizzato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, con l'obiettivo di aggiornare le analisi di frequenza delle precipitazioni estreme sul territorio toscano fino all'anno 2012 compreso.

I risultati di tale studio sono consultabili sul sito del Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico alla pagina <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19>.

Il primo passo in una procedura di regionalizzazione è l'individuazione di regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni.

Nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" per la stima della variabile casuale $h(t)$, massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t , è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV Two-Component Extreme Value secondo un approccio gerarchico a tre livelli.

Al primo livello di regionalizzazione sono state individuate una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico. Al secondo livello di regionalizzazione sono state individuate delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria teorico, anche il coefficiente di variazione teorico e al terzo livello di regionalizzazione sono state infine individuate delle aree omogenee all'interno delle quali si ricercano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area di studio indagata comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi della costa tirrenica e i bacini attigui dei Fiumi Magra e Fiora. Una volta validato il set dei dati (aggiornati all'anno 2012) è stata ottenuta la consistenza definitiva delle serie temporali di valori annui di pioggia massima.

Tra le varie ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio è stata scelta, dopo opportune verifiche, quella in 4 regioni: NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD coincidenti con le 4 sub-regioni (Figura 4.1).

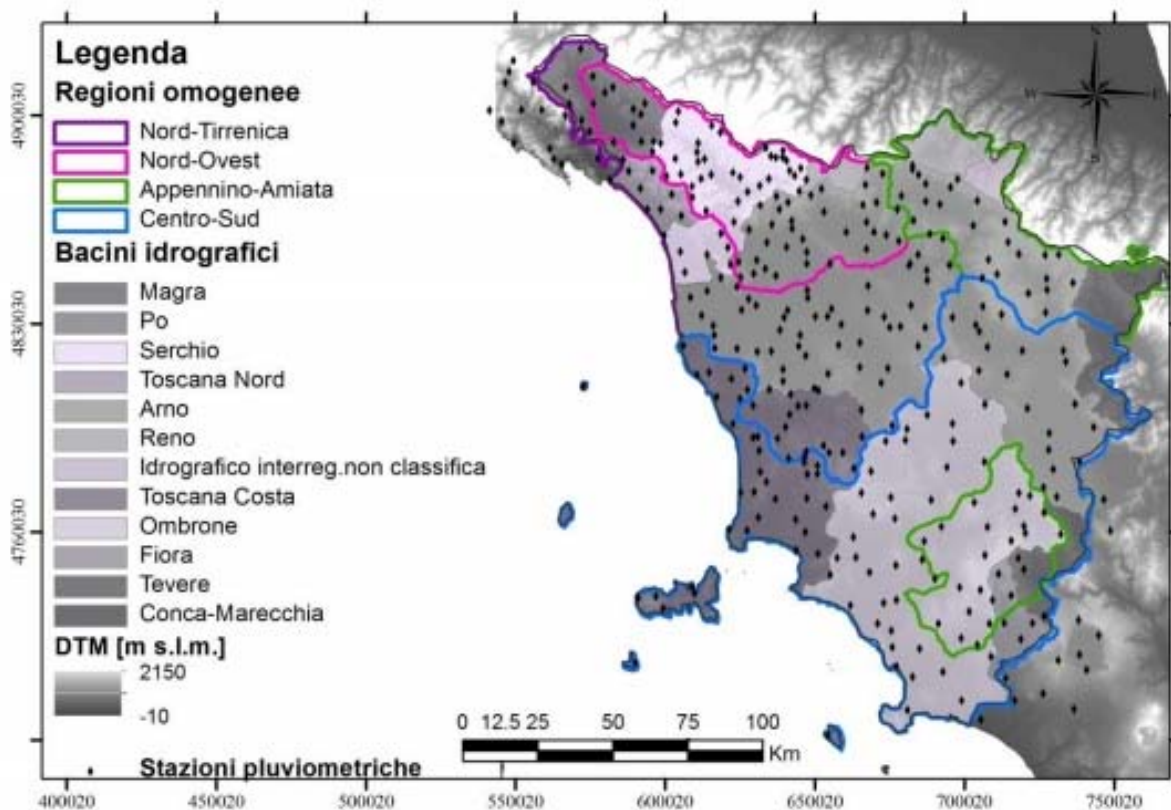


Figura 4.1 - Suddivisione dell'area di studio in regioni omogenee - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"

Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite.

Le stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della pioggia indice μ per le diverse durate ed il fattore di crescita adimensionale K_T per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni individuate nello studio in oggetto. Per quanto qui di interesse, nello studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012" la previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP può essere comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

con:

h = altezza di pioggia [mm]

t = durata [ore]

a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n .

Tra i risultati dello studio, disponibili sul sito Servizio Idrologico Regionale - Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio Meteo - Idrologico, sono riportati i valori delle coppie di ASCII Grid di a e di n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno fissati (30 e 200 nel caso in esame, Figura 4.2).

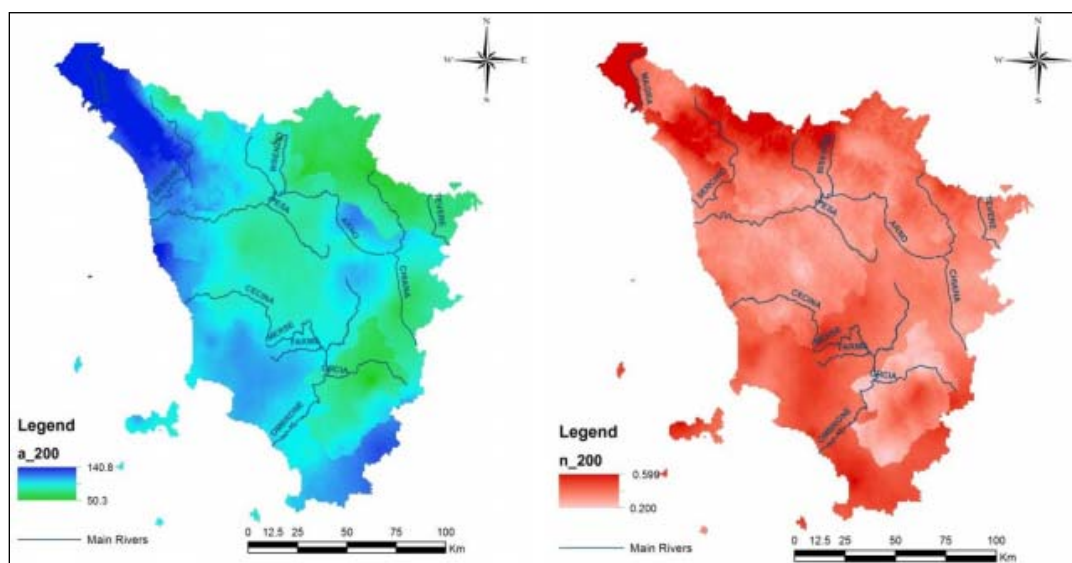


Figura 4.2 - Spazializzazione sull'intera regione dei parametri "a" (sinistra) e "n" (destra) della LSPP per Tr 200 anni. - "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012"

Nel presente studio idrologico-idraulico i parametri a e n , così come riportati dallo studio "Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP - Aggiornamento al 2012", ed utilizzati per il calcolo degli afflussi meteorici, sono stati determinati mediante la procedura sintetizzata di seguito e ripetuta per tutti i bacini considerati:

1. sono state scaricate le mappe in formato ASCII Grid dei valori a e n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno disponibili dal sito della Regione Toscana http://www.sir.toscana.it/supports/download/lsp_2012.pdf;
2. sono stati individuati, sulla cartografia a disposizione, i bacini imbriferi di interesse e ne è stato creato un file apposito;
3. è stata estratta la parte di *raster* dei coefficienti a e n associata ai bacini oggetto di studio, da cui a questo punto è stato possibile ottenerne i valori medi.

Il valore medio dei parametri α ed n è stato calcolato come valore mediato sull'area dell'insieme dei bacini che afferiscono ad una stessa macroarea.

4.3 Raguaglio delle aree

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ottenute mediante il metodo precedentemente descritto, hanno validità locale e non possono quindi essere adottate per un intero bacino.

È noto che le piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole e che, a parità di durata e di tempo di ritorno, l'altezza di pioggia decresce con l'area. Su tali basi l'altezza di pioggia media su un bacino si determina moltiplicando l'altezza di pioggia puntuale relativa al bacino stesso per un opportuno coefficiente di riduzione (o coefficiente di raguaglio all'area) che dipende principalmente dall'area del bacino, dal tempo di ritorno e dalla durata. L'uso di tale coefficiente di riduzione implica che il regime delle precipitazioni sia alquanto uniforme per l'intero bacino. Tale condizione è sicuramente soddisfatta quando le aree considerate non sono troppo grandi e quando lo sviluppo orografico non è molto accentuato (come nel presente studio).

Al fine di tenere conto della variabilità spaziale delle piogge l'input pluviometrico è pertanto stato raguagliato al bacino per mezzo di un coefficiente K_r di tipo "globale" secondo la:

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

dove $\alpha = 1.1$, $\beta = 0.25$ e $\gamma = 0.01$ sono i parametri della formula, t [h] è la durata della precipitazione e A [km²] è l'area del bacino.

Il valore della durata critica e, quindi, del coefficiente di raguaglio delle piogge è incognito e viene determinato indagandone diversi valori, corrispondenti a 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 ore.

4.4 Ietogramma di progetto

Le LSPP forniscono, per una prefissata durata della pioggia ed un tempo di ritorno, l'intensità media dell'evento, senza però dare indicazioni sulla distribuzione temporale della precipitazione stessa nell'intervallo di tempo considerato. Tale aspetto risulta essere non secondario, poiché la portata defluente in una data sezione di un corso d'acqua dipende (oltre che dalle caratteristiche del bacino idrografico) dalla distribuzione spaziale e dall'andamento temporale della precipitazione, ed in particolare da:

- intensità massima di pioggia all'interno dell'intervallo di tempo t ;
- posizione del punto di intensità massima;
- volume di precipitazione caduto precedentemente all'istante di intensità massima.

A parità di tempo di ritorno, T_r , e di durata di pioggia, d , possono aversi infinite realizzazioni dello ietogramma a ciascuna delle quali sono associate differenti idrogrammi di piena $Q(t)$. La sensibilità della risposta del bacino alla forma dello ietogramma è maggiore in bacini piccoli (generalmente di area inferiore a circa 50 Km²) o, in generale, in bacini con ridotta capacità di invaso.

La distribuzione nel tempo dello spessore di pioggia fornito dalla LSPP può essere effettuata utilizzando diversi criteri, tra cui i più comunemente utilizzati sono:

- ietogrammi con intensità costante;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP;
- ietogrammi con sequenza di spessori parziali di pioggia su intervalli costanti disposti in analogia alla LSPP capovolta e ribaltata;
- ietogrammi a blocchi alterni (Alternating Block Method), in cui gli spessori di pioggia su intervalli costanti ricavati dalle LSPP sono ordinati con il valore massimo al centro dello ietogramma e i rimanenti valori disposti in maniera alternata a destra e sinistra dello stesso.

La risposta di un generico bacino al variare della distribuzione temporale della pioggia, in termini relativi, è pressoché indipendente dal tempo di ritorno e lo ietogramma uniforme, insieme a quello a blocchi alterni, rappresenta una condizione intermedia di criticità.

Ai fini del presente studio, la distribuzione nel tempo dello spessore di pioggia fornito dalla LSPP si basa sul criterio dello ietogramma costante caratterizzato da un'intensità costante $i(t)$.

Le durate di pioggia indagate corrispondono ad una serie di valori che caratterizzano i bacini idrografici e comprendono le durate critiche per le singole aste e per l'intero sistema idraulico.

Nel complesso le durate di pioggia indagate sono 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 ore; a seconda delle dimensioni del bacino idrografico e del regime torrentizio o meno dell'asta idraulica sono state privilegiate alcune durate di pioggia.

La proposta di perimetrazione delle pericolosità è l'involuppo sul territorio dei risultati ottenuti dalle simulazioni con le varie durate sopra citate.

I dati idrologici sin qui esposti sono riassunti nelle seguenti tabelle.

Comune	Codice	Bacino idrografico	Tr30		Tr200	
			a30	n30	a200	n200
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	44.84	0.326	56.36	0.358
	Bint 02	Fosso delle Vigne	45.64	0.326	57.37	0.347
	Bint 03	Fosso del Pesce	44.84	0.344	56.36	0.376
	Bint 04	Fosso delle Goline	45.41	0.294	57.09	0.325
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	47.82	0.286	60.11	0.317
	Bint 06	Fosso del Ristagno				
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)				
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	46.64	0.302	58.63	0.333
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	46.92	0.289	58.98	0.321
	B10 *	Fosso Sorrasa	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	58.18	0.249	73.14	0.280
	Bint 11	Fosso Burale	57.06	0.257	71.73	0.288
	Bint 12	Affluente a Begliano	50.41	0.277	63.37	0.309
	Bint 13	Affluente a Rassina	49.58	0.281	62.32	0.313
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	58.02	0.248	72.93	0.279
	Bint 15	Affluente a Talla	58.33	0.243	73.33	0.275
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B16*	Lavanzone				
	Bint 34	Fosso della Maestà	52.68	0.268	66.22	0.299
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	52.71	0.270	66.26	0.301
	Bint 36	Fosso della Pelata	52.82	0.269	66.40	0.301
	Bint 37	Fosso Bagnacci	52.82	0.269	66.40	0.301
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	54.95	0.292	69.08	0.323
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	52.73	0.294	66.28	0.325
	Bint 18	Rio Affrico	52.04	0.286	65.42	0.318
	Bint 19	Fosso Scopicci				
	Bint 20	Fosso Cavallena	51.75	0.276	65.06	0.308
	Bint 21	Rio Solano	50.49	0.287	63.46	0.319
	B17_M *	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B17_V *	Torrente Solano Valle				
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	46.07	0.307	57.91	0.339

Comune	Codice	Bacino idrografico	Tr30		Tr200	
			a30	n30	a200	n200
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	51.97	0.278	65.33	0.309
	B11*	Torrente Teggina	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B12*	Torrente Teggina II				
	B13*	Torrente Teggina interbacino				
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	48.31	0.288	60.73	0.320
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	48.95	0.289	61.53	0.320
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	Bint 26	Fosso del Buio				
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	53.63	0.281	67.41	0.312
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	44.66	0.347	56.15	0.379
	Bint 35	Fosso d'Isola				
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola				
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	49.24	0.285	61.90	0.317
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio				
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	46.16	0.259	58.03	0.290
	Bint 29	Rigaggiolo	44.4	0.279	55.8	0.311
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	Bint 30	Fosso di Mezzo				
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	45.2	0.270	56.8	0.302

Tabella 4.1 – LSPP: valori “a” ed “n” per tempi di ritorno 30 e 200 anni

Comune	Codice	Bacino idrografico	Kr					
			0.5	1	2	3	4	6
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	0.997	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999
	Bint 02	Fosso delle Vigne	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 03	Fosso del Pesce	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 04	Fosso delle Goline	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	0.990	0.992	0.993	0.994	0.995	0.996
	Bint 06	Fosso del Ristagno	0.994	0.995	0.996	0.996	0.997	0.997
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	0.996	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	0.980	0.983	0.986	0.988	0.989	0.991
	B10 *	Fosso Sorrasa	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000
	Bint 11	Fosso Burale	0.990	0.991	0.993	0.994	0.994	0.995
	Bint 12	Affluente a Begliano	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 13	Affluente a Rassina	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 14	Fosso Fonte Boccetti	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 15	Affluente a Talla	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B16*	Lavanzone	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 34	Fosso della Maestà	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 36	Fosso della Pelata	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 37	Fosso Bagnacci	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 18	Rio Affrico	0.996	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998
	Bint 19	Fosso Scopicci	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 20	Fosso Cavallena	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000
	Bint 21	Rio Solano	0.963	0.969	0.975	0.978	0.980	0.983
	B17_M *	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B17_V *	Torrente Solano Valle						
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	0.996	0.996	0.997	0.997	0.998	0.998
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B12*	Torrente Teggina Monte II						
	B13*	Torrente Teggina Interbacino						

Comune	Codice	Bacino idrografico	Kr					
			0.5	1	2	3	4	6
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	0.995	0.996	0.996	0.997	0.997	0.998
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 26	Fosso del Buio	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	0.996	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998
	Bint 35	Fosso d'Isola	0.980	0.983	0.986	0.988	0.989	0.991
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio						
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Bint 29	Rigaggiolo	0.985	0.987	0.990	0.991	0.992	0.993
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 30	Fosso di Mezzo	0.994	0.995	0.996	0.996	0.997	0.997
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000

Tabella 4.2 – Coefficienti di ragguaglio areale Kr

Comune	Codice	Bacino idrografico	H ₃₀ (mm)					
			0.5	1	2	3	4	6
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	35.7	44.7	56.1	64.1	70.4	80.4
	Bint 02	Fosso delle Vigne	36.3	45.6	57.2	65.3	71.7	81.8
	Bint 03	Fosso del Pesce	35.3	44.8	56.8	65.4	72.2	83.0
	Bint 04	Fosso delle Goline	37.0	45.4	55.6	62.7	68.2	76.8
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	38.8	47.4	57.9	65.1	70.7	79.5
	Bint 06	Fosso del Ristagno	39.0	47.6	58.1	65.2	70.9	79.6
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	39.2	47.8	58.3	65.5	71.1	79.8
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	37.7	46.5	57.4	64.8	70.7	80.0
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	37.6	46.1	56.6	63.7	69.3	78.1
	B10 *	Fosso Sorrassa	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
Castel Focognano/Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	48.9	58.1	69.1	76.4	82.1	90.8
	Bint 11	Fosso Burale	47.3	56.6	67.7	75.2	81.0	90.0
	Bint 12	Affluente a Begliano	41.6	50.4	61.1	68.3	74.0	82.8
	Bint 13	Affluente a Rassina	40.8	49.6	60.2	67.5	73.2	82.1

Comune	Codice	Bacino idrografico	H ₃₀ (mm)					
			0.5	1	2	3	4	6
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	48.8	57.9	68.8	76.1	81.7	90.3
	Bint 15	Affluente a Talla	49.2	58.3	69.0	76.1	81.6	90.1
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B16*	Lavanzone						
	Bint 34	Fosso della Maestà	43.7	52.7	63.4	70.7	76.3	85.1
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	43.7	52.7	63.5	70.8	76.5	85.4
	Bint 36	Fosso della Pelata	43.8	52.7	63.6	70.9	76.6	85.5
	Bint 37	Fosso Bagnacci	43.8	52.7	63.6	70.9	76.6	85.5
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	44.8	54.9	67.2	75.7	82.3	92.6
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	43.0	52.7	64.6	72.7	79.2	89.2
	Bint 18	Rio Affrico	42.5	51.9	63.3	71.1	77.2	86.8
	Bint 19	Fosso Scopicci	42.6	52.0	63.4	71.2	77.4	86.9
	Bint 20	Fosso Cavallena	42.7	51.7	62.6	70.1	75.8	84.8
	Bint 21	Rio Solano	39.8	48.9	60.0	67.7	73.7	83.1
	B17_M*	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B17_V*	Torrente Solano Valle						
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	37.1	45.9	56.8	64.4	70.4	79.8
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	42.8	51.9	62.9	70.4	76.3	85.4
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B12*	Torrente Teggina Monte II						
	B13*	Torrente Teggina Interbacino						
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	39.4	48.1	58.8	66.1	71.8	80.8
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	40.0	48.9	59.7	67.1	73.0	82.0
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 26	Fosso del Buio	44.1	53.5	65.0	72.9	79.0	88.6
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	44.1	53.6	65.1	73.0	79.1	88.6
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	35.0	44.5	56.7	65.3	72.1	83.1
	Bint 35	Fosso d'Isola	34.4	43.9	56.0	64.6	71.5	82.4
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	35.1	44.6	56.8	65.4	72.2	83.2
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	40.4	49.2	60.0	67.3	73.1	82.1
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio						

Comune	Codice	Bacino idrografico	H ₃₀ (mm)					
			0.5	1	2	3	4	6
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	38.6	46.2	55.2	61.3	66.1	73.4
	Bint 29	Rigaggiolo	36.0	43.8	53.3	59.8	64.8	72.7
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 30	Fosso di Mezzo	37.0	44.7	53.9	60.2	65.1	72.6
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	37.5	45.2	54.5	60.8	65.7	73.3

Tabella 4.3 – Altezza di pioggia per Tempo di Ritorno 30 anni

Comune	Codice	Bacino idrografico	H ₂₀₀ (mm)					
			0.5	1	2	3	4	6
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	43.9	56.2	72.1	83.4	92.4	106.9
	Bint 02	Fosso delle Vigne	45.0	57.3	72.9	83.9	92.8	106.8
	Bint 03	Fosso del Pesce	43.4	56.3	73.0	85.1	94.8	110.4
	Bint 04	Fosso delle Goline	45.5	57.0	71.5	81.5	89.5	102.2
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	47.8	59.6	74.4	84.7	92.8	105.6
	Bint 06	Fosso del Ristagno	48.0	59.8	74.6	84.8	93.0	105.8
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	48.2	60.1	74.9	85.1	93.3	106.1
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	46.4	58.5	73.7	84.4	92.9	106.3
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	46.3	58.0	72.7	82.9	91.0	103.8
	B10 *	Fosso Sorrassa	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	60.2	73.1	88.8	99.5	107.8	120.8
	Bint 11	Fosso Burale	58.1	71.1	87.0	97.8	106.4	119.7
	Bint 12	Affluente a Begliano	51.1	63.3	78.5	88.9	97.2	110.2
	Bint 13	Affluente a Rassina	50.1	62.3	77.4	87.9	96.1	109.2
	Bint 14	Fosso Fonte Boccetti	60.0	72.8	88.4	99.0	107.3	120.2
	Bint 15	Affluente a Talla	60.5	73.2	88.6	99.1	107.2	119.8
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B16*	Lavanzone						
	Bint 34	Fosso della Maestà	53.8	66.2	81.5	92.0	100.2	113.2
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	53.7	66.2	81.6	92.2	100.5	113.6
	Bint 36	Fosso della Pelata	53.8	66.3	81.7	92.3	100.6	113.7
	Bint 37	Fosso Bagnacci	53.8	66.3	81.7	92.3	100.6	113.7
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	55.1	69.0	86.3	98.4	108.1	123.2
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	52.8	66.2	83.0	94.7	103.9	118.6
	Bint 18	Rio Affrico	52.3	65.2	81.3	92.5	101.4	115.4
	Bint 19	Fosso Scopicci	52.4	65.4	81.5	92.7	101.6	115.6
	Bint 20	Fosso Cavallena	52.5	65.0	80.5	91.2	99.6	112.8
	Bint 21	Rio Solano	49.0	61.5	77.1	88.1	96.8	110.5

Comune	Codice	Bacino idrografico	H ₂₀₀ (mm)					
			0.5	1	2	3	4	6
	B17_M*	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B17_V*	Torrente Solano Valle						
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	45.6	57.7	73.0	83.8	92.4	106.1
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	52.6	65.2	80.8	91.6	100.2	113.6
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	B12*	Torrente Teggina Monte II						
	B13*	Torrente Teggina Interbacino						
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	48.4	60.5	75.5	86.0	94.4	107.5
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	49.2	61.4	76.7	87.4	95.8	109.1
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 26	Fosso del Buio	54.2	67.3	83.6	94.9	103.8	117.8
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	54.3	67.4	83.7	94.9	103.9	117.9
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	43.0	56.0	72.8	84.9	94.7	110.5
	Bint 35	Fosso d'Isola	42.3	55.2	72.0	84.1	93.9	109.7
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	43.1	56.1	72.9	85.1	94.9	110.6
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	49.6	61.8	77.0	87.6	96.0	109.2
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio						
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	47.4	58.0	71.0	79.8	86.8	97.6
	Bint 29	Rigaggiolo	44.3	55.1	68.5	77.8	85.1	96.6
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione					
	Bint 30	Fosso di Mezzo	45.6	56.2	69.3	78.3	85.5	96.6
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	46.1	56.8	70.0	79.1	86.3	97.5

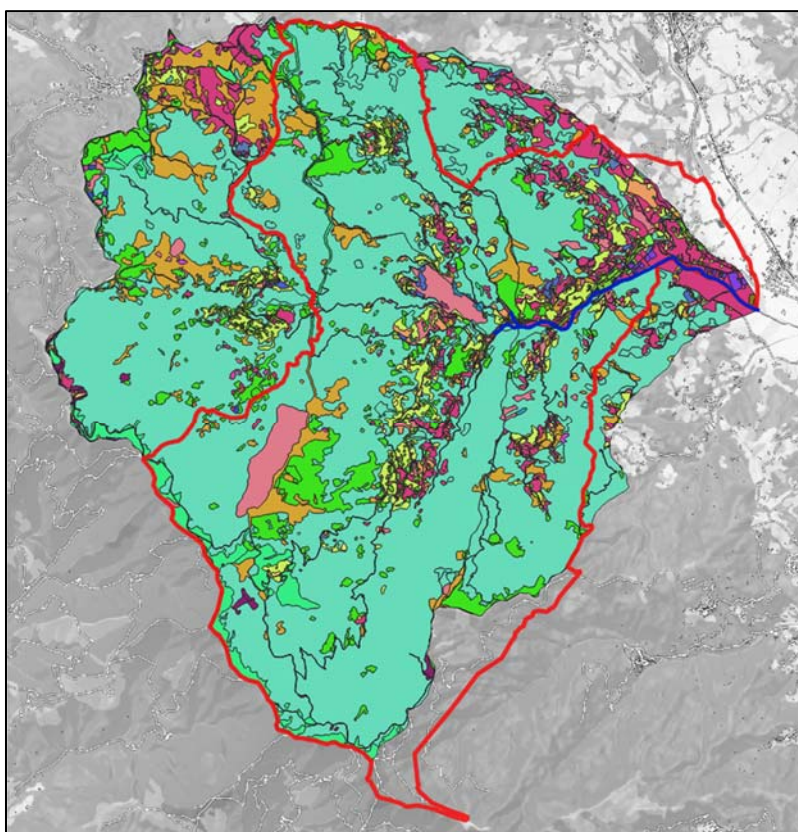
Tabella 4.4 – Altezza di pioggia per Tempo di Ritorno 200 anni

4.5 Metodo dell'infiltrazione a soglia

Nota la pioggia areale, per la determinazione del deflusso diretto è necessario valutare la pioggia effettiva e, quindi, la quantità di pioggia che viene assorbita dal suolo e quella intercettata dalla vegetazione, mentre la quantità di pioggia persa per evapotraspirazione è trascurabile per eventi meteorici particolarmente intensi.

Il valore della pioggia efficace è determinato con la definizione dei parametri I_a e K_s .

Per l'aggiornamento del valore di I_a è stato fatto affidamento all'elaborazione della carta dell'uso suolo aggiornata al 2016 in scala 1:10.000 della Regione Toscana, ottenendo una carta di per i bacini oggetti di studio. A titolo d'esempio nell'immagine di seguito è mostrata la carta del parametro I_a per i bacini afferenti al T. Solano (Comune di Castel San Niccolò).



112	324	100	Territori modellati artificialmente	2102	Vivai	332	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti
1121	333	111	Zone residenziali a tessuto continuo	213	Risaie	333	Aree con vegetazione rada
121	511	112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	221	Vigneti	3331	Cesse parafulco
122	512	1121	Pertinenza abitativa, edificato sparso	222	Frutteti e frutti minori	334	Aree percorse da incendio
1221	111	121	Aree industriali e commerciali	2221	Arboricoltura	400	Zone umide
1411	133	1211	Depuratori	223	Oliveti	410	Zone umide interne
210	141	1212	Impianti fotovoltaici	231	Prati stabili	411	Paludi interne
2221	142	122	Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche	241	Colture temporanee associate a colture permanenti	420	Zone umide marittime
231	221	1221	Strade in aree boscate	242	Sistemi colturali e particellari complessi	421	Paludi salmastre
241	222	123	Aree portuali	243	Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	423	Zone intertidali
242	223	124	Aeroporti	244	Aree agroforestali	500	Corpi idrici
243	322	131	Aree estrattive	300	Territori boscati e ambienti semi-naturali	511	Corsi di acqua, canali e idrovie
311	332	132	Discariche, depositi di rottami	311	Boschi di latifoglie	512	Specchi di acqua
312	131	133	Cantieri, edifici in costruzione	312	Boschi di conifere	521	Lagune
313	132	141	Aree verdi urbane	313	Boschi misti di conifere e latifoglie	523	Mare
321	331	1411	Cimiteri	321	Aree a pascolo naturale e praterie	422	Saline
		142	Aree ricreative e sportive	322	Brughiere e cespuglieti	5124	Acquacoltura
		200	Superfici agricole utilizzate	323	Aree a vegetazione sclerofilla	215	Seminativo
		210	Seminativi irrigui e non irrigui	324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione		
		2101	Serre stabili	331	Spiagge, dune e sabbie		

Figura 4.3 – Carta dell'uso del suolo relativo ai bacini del T. Solano

Il parametro I_a è stato quindi calcolato in funzione della superficie boscata presente nel bacino secondo la relazione:

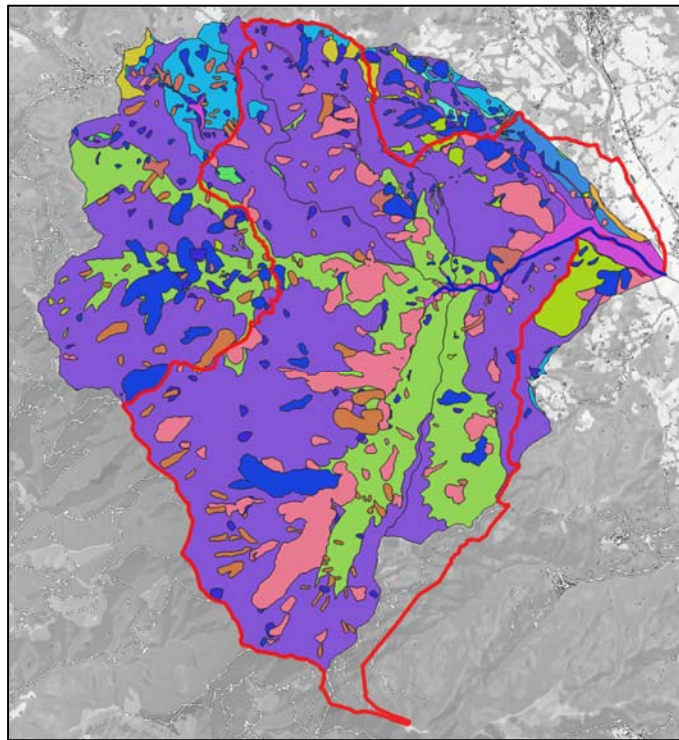
$$I_a = 3.3 + 25.3P_{sb}$$

Dove P_{sb} corrisponde alle zone boscate/agricole/ambienti naturali in accordo con la legenda riportata nella tabella seguente.

Codice	Definizione	la
11	Tessuto urbano	3.3
12	Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	3.3
13	Aree estrattive, discariche e cantieri	3.3
14	Aree verdi urbane non agricole	3.3
20	Superfici agricole	25.3
21	Seminativi	25.3
30	Ambienti naturali	25.3
31	Zone boscate	25.3
32	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	25.3
33	Aree con vegetazione rada	3.3
51	Acque continentali	3.3

Tabella 4.5 – Assegnazione valori del parametro la

Analogamente per l'aggiornamento del valore di k_s è stato fatto riferimento all'elaborazione del CARG in scala 1:10.000 della Regione Toscana, disponibile al link <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>, tramite selezione di opportuni strati di dati, sovrapposti con il database geomorfologico. A titolo d'esempio nell'immagine di seguito è mostrata la carta del parametro K_s per i bacini afferenti al T. Solano (Comune di Castel San Niccolò).



CODICE	Ks
a1	2.32
a1a	2.32
a1q	2.32
a1s	2.32
Aa	2.32
ACC	0.77
ACCa	0.77
b	2.32
b2a	2.32
FAL2	1.55
FAL3	1.55
FAL3a	0.77
FAL3c	0.77
FAL4	1.55
FAL5	1.55
FALa	0.77
h5	2.32
SEN	1.55
SIL	0.13
VILb	2.32

Figura 4.4 – Carta della permeabilità relativo ai bacini del T. Solano

Di seguito sono mostrati i risultati mostrati per i bacini oggetti di studio.

Comune	Codice	Bacino idrografico	Ks [mm/h]	la [mm]
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	2.22	19.93
	Bint 02	Fosso delle Vigne	2.31	16.70
	Bint 03	Fosso del Pesce	2.00	22.19
	Bint 04	Fosso delle Goline	2.32	4.99
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	2.01	9.40
	Bint 06	Fosso del Ristagno	2.08	10.04
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	1.37	5.85
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	1.78	5.70
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	2.06	6.58
	B10 *	Fosso Sorrasa	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	1.85	8.41
	Bint 11	Fosso Burale	1.50	14.31
	Bint 12	Affluente a Begliano	4.28	17.97
	Bint 13	Affluente a Rassina	3.64	22.06
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	1.67	23.23
	Bint 15	Affluente a Talla	1.64	19.55
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
	B16*	Lavanzone		
	Bint 34	Fosso della Maestà	2.35	4.89
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	2.29	8.73
	Bint 36	Fosso della Pelata	9.86	16.06
	Bint 37	Fosso Bagnacci	3.23	11.74
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	1.80	16.08
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	1.66	15.77
	Bint 18	Rio Affrico	1.76	19.39
	Bint 19	Fosso Scopicci	1.83	14.07
	Bint 20	Fosso Cavallena	2.12	13.60
	Bint 21	Rio Solano	1.74	18.48
	B17_M *	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
	B17_V *	Torrente Solano Valle		
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	4.08	16.03

Comune	Codice	Bacino idrografico	Ks [mm/h]	la [mm]
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	2.60	18.83
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
	B12*	Torrente Teggina Monte II		
	B13*	Torrente Teggina Interbacino		
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	1.74	18.48
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	2.32	4.82
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
	Bint 26	Fosso del Buio	1.78	22.94
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	1.95	19.99
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	1.01	25.15
	Bint 35	Fosso d'Isola	1.25	24.06
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	1.56	21.26
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	2.27	21.97
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio		
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	1.90	7.49
	Bint 29	Rigaggiolo	1.74	22.11
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione	
	Bint 30	Fosso di Mezzo	1.69	16.09
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	1.55	16.06

Tabella 4.6 – Parametri la e Ks

4.6 Idrogramma unitario istantaneo (IUH) di Nash

L'Idrogramma Istantaneo Unitario (IUH) rappresenta l'idrogramma di piena causato da un evento impulsivo di pioggia di volume unitario e durata tendente a zero. Ipotizzando un comportamento del sistema bacino idrografico lineare e stazionario, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$, supposta costante su tutti i punti del bacino (approccio di tipo integrato), è data dall'integrale di convoluzione fra idrogramma di pioggia efficace e IUH:

$$Q(t) = \int_0^t U(\tau)p(t-\tau)d\tau$$

Dove:

$Q(t)$ è la portata defluente;

$p(t) = A i(t)$ con A area del bacino e $i(t)$ intensità di pioggia netta ragguagliata sul bacino;

$U(t)$ è l'idrogramma unitario.

La caratterizzazione di un modello di formazione della piena basato su tale principio consiste quindi essenzialmente nella determinazione della forma della funzione $U(t)$, che può essere stimata fissandone la struttura sulla base di considerazioni teoriche, e stimandone i parametri o per taratura, utilizzando dati sperimentali contemporanei di afflussi sul bacino e deflussi nella sezione di chiusura, o sulla base di caratteristiche geomorfologiche del bacino. Uno dei più diffusi modelli concettuali utilizzati per determinare la forma della funzione $U(t)$ è quello basato sull'ipotesi che il bacino idrografico si comporti come un insieme di n serbatoi lineari disposti in serie. L'espressione dell'idrogramma istantaneo unitario che ne deriva per un singolo serbatoio lineare è:

$$U(t) = \frac{1}{k} e^{\frac{t}{k}}$$

Dove k è la costante del serbatoio che rappresenta il tempo caratteristico di svuotamento del serbatoio.

Supponendo che il bacino si comporti come una serie di n serbatoi, ciascuno con uguale tempo caratteristico k , la portata in uscita dall'intero bacino come risposta ad un input impulsivo distribuito sul bacino rappresenterà l'idrogramma istantaneo unitario del bacino alla sua chiusura, nota come Idrogramma Istantaneo Unitario di Nash:

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

Dove la funzione $\Gamma(n) = (n - 1)!$

Il momento di primo ordine dell'IUH rispetto all'origine viene detto tempo di ritardo (lag) Tl ed è dato da:

$$Tl = \int_0^{\infty} U(t)t dt$$

In questo schema il tempo di ritardo è dato dal prodotto nk (pari proprio alla media dell'idrogramma unitario). Il parametro n dell'IUH di Nash è stato ricavato sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del reticolo idrografico, mediante la seguente espressione:

$$n = 3.29 + \left(\frac{Rb}{Ra}\right)^{0.78} Rl^{0.07}$$

In unità congruenti, dove:

Rb, rapporto di biforcazione;

Rl, rapporto di lunghezza;

Ra, rapporto di area.

I parametri geomorfologici sopra elencati, calcolati tramite regressione lineare, permettono di rappresentare lo sviluppo della rete idrografica mediante una descrizione gerarchica e possono quindi essere calcolati, una volta ordinato il reticolo idrografico secondo il metodo di gerarchizzazione e classificazione geomorfologica di Horton e Strahler.

La gerarchizzazione di una rete idrografica si esegue attribuendo un ordine a ciascun segmento fluviale; un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine; un'asta di ordine n e un'asta di ordine n-1 congiungendosi danno origine a un'asta di ordine n; due aste di ordine n congiungendosi danno origine a un'asta di ordine n+1. Per ogni bacino idrografico esiste una relazione fra il numero dei rami fluviali aventi un certo ordine e l'ordine stesso: in genere, il valore del primo diminuisce all'aumentare del secondo.

L'organizzazione della rete idrografica e quindi il suo grado di gerarchizzazione possono essere espressi mediante parametri quantitativi che definiscono la geometria del reticolo idrografico e il suo grado di organizzazione gerarchica. Il parametro di base è il rapporto di biforcazione Rb, che esprime il rapporto fra il numero di segmenti fluviali di un certo ordine ed il numero dei segmenti dell'ordine immediatamente successivo. Considerando invece la lunghezza media delle aste di un certo ordine si ottiene il rapporto fra le lunghezze, Rl. Analogamente, si definisce anche il rapporto fra le aree, Ra. I tre parametri appena descritti vengono determinati sulla base delle seguenti relazioni:

$$Nu = Rb^{\omega-u}$$

$$Lu = L1 Rl^{u-1}$$

$$Au = A1 Ra^{u-1}$$

Dove:

ω è l'ordine massimo del reticolo;

Nu il numero delle aste di ordine u, con $u=1,2,\dots$;

Lu la lunghezza media delle aste di ordine u, con $u=1,2,\dots$;

Au l'area media sottesa da aste di ordine u, con $u=1,2,\dots$

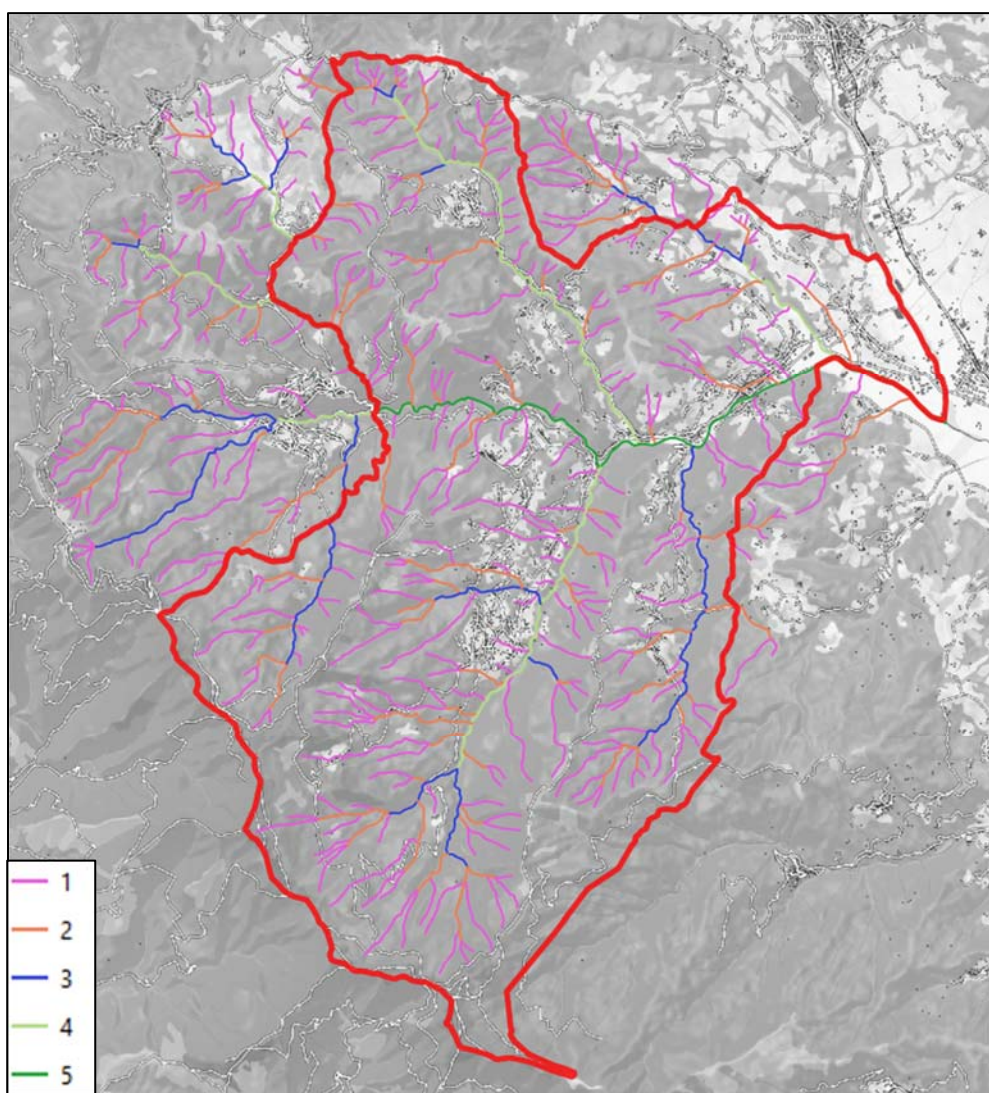


Figura 4.5 – classificazione delle aste idrauliche secondo Strahler del T. Solano

Sulla base della classificazione di Strahler (in Figura 4.5 è indicato a titolo d'esempio la classificazione di Strahler relativamente al T. Solano) sono stati determinati i parametri idrografici prima descritti, sulla base dei quali è stato possibile stimare il valore del parametro n . Il valore del parametro k è stato invece determinato sulla base del Lag-time, ricordando che $n \cdot k = \text{LAG}$. Per i bacini idrografici le cui aste idrauliche sono di ordine 1 è stato assegnato un valore di n pari a 2.5.

Il lag time (o tempo di ritardo) è normalmente stimato per mezzo di relazioni empiriche. Nel caso in esame sono state prese in esame 15 diverse formulazioni da letteratura del Lag Time, ovvero le formule di Kirpich, Kerby-Hataway, Papadakis-Kazan, Horton, Kinematic wave, Watt & Chow, Chow, Melone, Snyder, Carter, Fiorentino, McEnroe & Zhao, SCS, con l'aggiunta di ulteriori 10 formule per il calcolo del tempo di corrivazione: Giandotti, Pasini, Ventura, Pezzoli, Puglisi, Aronica

& Paltrinieri, Fattorelli & Marchi, NCRS, Tournon, U.S. Navy & Texas Highway departments. La correlazione tra il Tempo di Corrivazione (t_c) e il Lag-Time (T_{lag}) è dato da $T_{lag} = 0.6 \cdot t_c$.

In generale le formule adottate si basano su dati morfologici come l'area del bacino, la lunghezza dell'asta principale, le quote del bacino idrografico, coefficienti che valutano la permeabilità del suolo e la velocità di ruscellamento dell'acqua.

Avere a disposizione una così ampia serie di dati permette di eliminare i valori estremi dovuti al non adattamento della formula per quel dato bacino (dovuto principalmente alle dimensioni e alla morfologia), dai valori validati ne è stata estratta la media.

Comune	Codice	Bacino idrografico	n [-]	k [h]	T_{lag} [h]
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	2.33	0.14	0.33
	Bint 02	Fosso delle Vigne	2.50	0.10	0.26
	Bint 03	Fosso del Pesce	2.50	0.10	0.25
	Bint 04	Fosso delle Goline	2.50	0.15	0.38
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	2.01	9.40	2.01
	Bint 06	Fosso del Ristagno	2.33	0.30	0.69
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	-	-	-
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	2.50	0.14	0.35
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	-	-	-
	B10 *	Fosso Sorrasa	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	2.50	0.09	0.24
	Bint 11	Fosso Burale	2.33	0.23	0.55
	Bint 12	Affluente a Begliano	2.50	0.09	0.23
	Bint 13	Affluente a Rassina	2.50	0.08	0.21
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	2.50	0.12	0.31
	Bint 15	Affluente a Talla	2.50	0.10	0.25
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
	B16*	Lavanzone			
	Bint 34	Fosso della Maestà	2.50	0.11	0.28
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	2.50	0.11	0.28
	Bint 36	Fosso della Pelata	2.50	0.11	0.27
	Bint 37	Fosso Bagnacci	2.33	0.10	0.24
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	2.50	0.10	0.25
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	2.50	0.10	0.24
	Bint 18	Rio Affrico	2.33	0.10	0.40
	Bint 19	Fosso Scopicci	2.50	0.09	0.23
	Bint 20	Fosso Cavallena	2.50	0.10	0.26

Comune	Codice	Bacino idrografico	n [-]	k [h]	T _{lag} [h]
	Bint 21	Rio Solano	2.33	0.45	1.05
	B17_M *	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
	B17_V *	Torrente Solano Valle			
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	2.50	0.17	0.43
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	2.50	0.11	0.28
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
	B12*	Torrente Teggina Monte II			
	B13*	Torrente Teggina Interbacino			
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	2.33	0.27	0.64
	Bint 25	Afluente a Ponte a Poppi	2.50	0.23	0.57
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
	Bint 26	Fosso del Buio	2.50	0.15	0.37
	Bint 27	Afluente Fosso del Buio	2.50	0.11	0.28
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	2.33	0.10	0.28
	Bint 35	Fosso d'Isola	2.33	0.27	0.63
	Bint 36	Afluente Fosso d'Isola	2.50	0.10	0.25
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	2.50	0.09	0.22
	Bint 33	Afluente Fosso del Doccio			
Pratovecchio Stia	Bint 28	Afluente a Pescaia	2.50	0.07	0.18
	Bint 29	Rigaggiolo	2.33	0.29	0.67
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione		
	Bint 30	Fosso di Mezzo	2.33	0.18	0.41
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	2.33	0.11	0.26

Tabella 4.7 – parametri geomorfologici per la definizione dell'idrogramma unitario istantaneo di trasformazione afflussi-deflussi

4.7 Risultati della modellazione idrologica

Il software HEC-HMS ver. 4.12 è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Engineering Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. È stato progettato per

simulare i processi di precipitazione e di deflussi di bacini idrografici e ne consente, quindi, la modellazione idrologica.

Per eseguire una simulazione idrologica il software richiede la specificazione di tre insiemi di dati:

- Basin Model: rappresentazione fisica delle caratteristiche del bacino idrografico
- Meteorologic Model: dati meteorologici relativi alle precipitazioni e all'evapotraspirazione
- Control Specifications, Time-Series Data: informazioni temporali necessarie per la simulazione

Il componente *Basin Model* permette di definire i bacini idrografici, le relative caratteristiche, i metodi di calcolo delle perdite di bacino e i metodi di calcolo della trasformazione afflussi-deflussi.

Il *meteorological model* definisce l'evento pluviometrico di progetto (*rainfall simulation*). L'evento pluviometrico assegnato, è inserito, nel caso in esame, utilizzando il metodo dello *specified hyetograph*, inserendo cioè uno ietogramma di pioggia costante per tutta la durata dell'evento. Per le simulazioni idrologiche si è scelto, quindi, di distribuire i valori dello spessore di pioggia in 30 minuti, ipotizzando, come già detto, lo ietogramma costante.

Ogni bacino è stato quindi definito a partire delle seguenti caratteristiche: Area del bacino, Initial and Costant come Loss Method, User-specified Unit Hydrograph come Transformation Method e definizione della idrogramma unitario come Paired data.

I risultati della analisi idrologiche in termini di valore dei picchi degli idrogrammi sono riportati a seguire.

Comune	Codice	Bacino idrografico	Durata Critica Dc	Durate Studiate	Q _{p-Dc} Tr200 [m³/s]	Q _{p-Dc} Tr30 [m³/s]
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	0.5	0.5/1/2/3/6	7.90	5.60
	Bint 02	Fosso delle Vigne	0.5	0.5/1/3/6	6.80	4.80
	Bint 03	Fosso del Pesce	0.5	-	9.60	7.70
	Bint 04	Fosso delle Goline	0.5	0.5/1/2	4.30	3.40
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	1	1/2/3/6	23.50	17.80
	Bint 06	Fosso del Ristagno	1	1/2/3/6	18.70	14.10
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)	1	1/2/3/6	1.60	1.20
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	0.5	1/3/6	18.10	14.30
	Bint 09	Fosso Rignano Valle	2	1/3/6	33.80	22.30
	B10 *	Fosso Sorrasa	* Dati consultabili nella relazione di adozione			

Comune	Codice	Bacino idrografico	Durata Critica Dc	Durate Studiate	Q _{p-Dc} Tr200 [m³/s]	Q _{p-Dc} Tr30 [m³/s]
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	0.5	0.5/1/2	6.70	5.40
	Bint 11	Fosso Burale	0.5	0.5/1/2	31.50	23.90
	Bint 12	Affluente a Begliano	0.5	0.5/1	2.40	1.80
	Bint 13	Affluente a Rassina	0.5	0.5/1	3.40	2.50
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	0.5	0.5/1/2	11.70	8.30
	Bint 15	Affluente a Talla	0.5	0.5/1/2	11.70	8.80
	B15*	Salutio/Talla	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B16*	Lavanzone				
	Bint 34	Fosso della Maestà	0.5	0.5/1/2	4.60	3.70
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	0.5	0.5/1/2	8.00	6.40
	Bint 36	Fosso della Pelata	0.5	0.5/1/2	5.10	3.90
	Bint 37	Fosso Bagnacci	0.5	0.5/1/2	5.70	4.50
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	0.5	0.5/1/2	8.80	6.80
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	0.5	0.5/1/2/3	9.60	7.40
	Bint 18	Rio Affrico	0.5	0.5/1/2	24.40	18.00
	Bint 19	Fosso Scopicci	0.5	0.5/1/2	7.40	5.90
	Bint 20	Fosso Cavallena	0.5	0.5/1/2	5.80	4.60
	Bint 21	Rio Solano	2	0.5/1/2/3/4/6	82.80	60.10
	B17_M *	Torrente Solano Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B17_V *	Torrente Solano Valle				
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	1	0.5/1/2	15.00	11.20
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	0.5	0.5/1/2	12.10	8.90
	B11*	Torrente Teggina Monte	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	B12*	Torrente Teggina Monte II				
	B13*	Torrente Teggina Interbacino				
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	1		14.80	10.60
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	0.5	0.5/1/2	7.40	5.80
	B14 *	Torrente Roiesine	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	Bint 26	Fosso del Buio	1	0.5/1/2	9.00	6.70
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio	0.5	0.5/1/2	4.40	3.20
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	1	-	13.60	10.20
	Bint 35	Fosso d'Isola	2	-	47.20	35.20
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	0.5	-	4.80	3.30

Comune	Codice	Bacino idrografico	Durata Critica Dc	Durate Studiate	Q _{p-Dc} Tr200 [m ³ /s]	Q _{p-Dc} Tr30 [m ³ /s]
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	0.5	0.5/1/2	7.00	5.20
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio				
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	0.5	0.5/1/2	1.30	1.10
	Bint 29	Rigaggiolo	1	0.5/1/2/3/4/6	33.80	23.20
	B04 *	Torrente Staggia	* Dati consultabili nella relazione di adozione			
	Bint 30	Fosso di Mezzo	0.5	0.5/1/2	21.90	15.40
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	0.5	0.5/1/2/6	5.30	3.90

Tabella 4.8 - Risultati della modellazione idrologica

5 ANALISI IDRAULICA

5.1 Descrizione della modellazione idraulica

Le modellazioni idrauliche sono state condotte per mezzo del codice di calcolo HEC-RAS 5.0.7, sviluppato dall'US Army Corps of Engineer, per le aste fluviali nei tratti naturali sia nelle modellazioni 1D e 2D.

Le modellazioni idrauliche sono state condotte secondo uno schema monodimensionale in moto vario (*unsteady flow*), simulando il deflusso delle portate di piena all'interno degli alvei fluviali oggetto del presente studio.

Nei casi di superamento del livello dell'acqua dei limiti arginali (laddove presenti) o topografici delle sezioni rilevate e utilizzate per le modellazioni monodimensionali, si sono svolte delle modellazioni bidimensionali sempre con HEC-RAS.

Laddove i fenomeni esondativi hanno interessato aree non confinate, tali da non poter immagazzinare i volumi idrici provenienti dal corso d'acqua, sono state inserite delle *storage area* all'interno delle quali il problema del flusso è schematizzato come bidimensionale, in modo da simulare le dinamiche di allagamento di tali aree.

I dati di input che sono stati richiesti per la simulazione idraulica sono:

- dati geometrici: forma delle sezioni trasversali d'alveo con relativa progressiva, eventuali sistemi di arginatura e manufatti idraulici;
- caratterizzazione idraulica: indici di scabrezza;
- dati di flusso: idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 30 e 200 anni e condizioni al contorno.

La perimetrazione delle aree allagate, per le aree ed i modelli sopra descritti, è stata effettuata, dove possibile, sulla base del rilievo LIDAR realizzato dalla Regione Toscana con maglia 1m x 1m o 2m x 2m, altrimenti è stata utilizzata la Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:2.000 o in scala 1:10.000, a seconda della copertura disponibile per i vari strati informativi, integrata con rilievi in loco, quando necessari.

La perimetrazione delle aree allagate per Tr 30 anni e Tr 200 anni è stata eseguita come involucro dei risultati delle modellazioni per le varie durate indagate indicate nel paragrafo precedente.

5.2 Modellazioni idrauliche monodimensionali con Hec-Ras 5.0.7

Per ciascun corso d'acqua oggetto di studio è stato sviluppato anzitutto un modello idraulico monodimensionale con il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.7 e per ciascun tempo di ritorno di interesse (30 e 200 anni) è stata effettuata una simulazione in moto vario.

In questa sede, si preferisce omettere l'illustrazione teorica dei principi di base sui quali si fonda la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto permanente e di moto vario, in quanto una esaustiva trattazione degli stessi argomenti è liberamente disponibile in rete all'indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil> e si rimanda due pubblicazioni *Hydraulic Reference Manual* e *User's Manual* messe a disposizione direttamente dall'US Army Corps of Engineering.

Il codice HEC-RAS, al fine di seguire il calcolo, necessita, oltre della geometria dell'alveo tramite l'inserimento delle sezioni rilevate (*cross section*), di definire il valore del coefficiente di Manning.

Per i dettagli relativi a ciascun corso d'acqua si rimanda agli allegati delle sezioni dei modelli, mentre, in generale, si sono assunti valori medi del *Manning*, desunti dal Manuale di Hec-Ras e dal *Manuale dell'Ingegnere civile e ambientale* (Hoepli, 2015); nello specifico sono state utilizzati valori diversi in funzione del tratto fluviale studiato:

- $0.10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per “fiumi con fondo molto irregolare o con ostacoli significativi”;
- $0.08 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per “torrenti con fondo irregolare, fiumi con fondo ghiaioso, canali con vegetazione moderata e corsi d'acqua con meandri e sponde irregolari”;
- $0.060 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per “golene con sottobosco” nel caso di aree golenali in tratti non arginati, quali sono quelli oggetto di studio;
- $0.050 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a “tratti lenti con erbacce e stagni profondi”;
- $0.040 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a “fiumi di montagna con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi, lati ripidi”, “fiumi di montagna con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi” e “piccoli corsi di pianura, puliti, sinuosi con stagni e secche”;
- $0.035 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per “fiumi di montagna con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi, lati ripidi” e “canali in terra sinuosi e lenti con folta vegetazione”;

- $0.030 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a “piccoli corsi di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d’acqua” e “fiumi di montagna con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi, lati ripidi”;
- $0.02 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ corrispondente a un valore intermedio per “fiumi con letto sabbioso, canali artificiali in terra battuta, corsi d’acqua naturali con poche irregolarità, canali con leggere ondulazioni nel fondo”.

Al fine di rendere eseguibili le simulazioni, occorre definire le *boundary conditions* a monte e a valle del tratto studiato nel caso di simulazioni in moto vario. Com’è noto tali condizioni possono essere impostate in vari modi: livello idrico noto, altezza critica, altezza di moto uniforme o scala di deflusso. Nel caso in esame, quali condizioni al contorno di monte sono stati assunti gli idrogrammi di piena; per la condizione di valle, invece, sono stati utilizzati gli andamenti dei tiranti idrici del Fiume Arno per i corsi d’acqua studiati, oppure, in assenza di quest’ultimo, la pendenza del tratto finale dell’asta fluviale.

5.3 Modellazioni idrauliche bidimensionali - HEC-RAS 5.0.7 e HEC-RAS 6.3.1

Il software HEC-RAS ha la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Nel presente studio, per i tratti in cui fosse necessario l'impiego di modelli 2D per la determinazione delle aree allagate, si è infatti svolto una modellazione in moto vario con schema monodimensionale (1D) combinato anche con uno schema bidimensionale (2D) con l'aggiunta di aree 2D (*2D-flow area*) nel modello. Tale area 2D viene aggiunta nel modello 1D disegnando un poligono connesso al *river* attraverso l'uso di uno sfioratore laterale (*lateral structure*).

Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è "*ai volumi finiti*" ed è "accoppiato" a quello di risoluzione del problema monodimensionale nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra le componenti monodimensionali e quelli bidimensionali. L'equazione dello stramazzo è utilizzata per calcolare il deflusso tra le sezioni del corso d'acqua modellato e la *2D-flow area*.

HEC-RAS funziona per celle, che però possono essere sia strutturate che non strutturate. Ciò significa che le celle computazionali possono essere triangoli, quadrate, rettangolari o anche elementi a cinque e sei facce (ma non più di 8). La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle (Figura 5.1). Il contorno esterno della maglia computazionale è definito, invece, con un poligono. Generalmente, come si nota in Figura 5.1, il software crea delle celle di forma quadrata nella zona centrale, mentre in prossimità del contorno esterno la mesh si adatta al profilo dell'area.

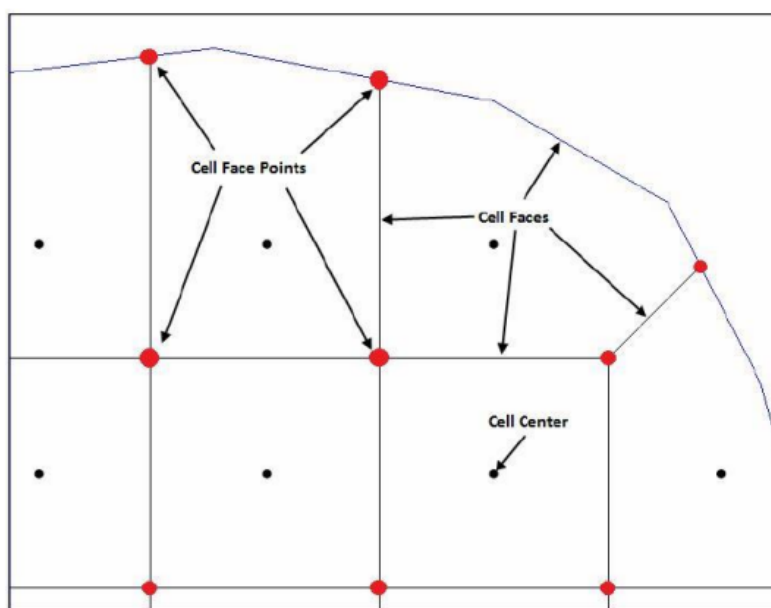


Figura 5.1 - Esempio mesh computazionale HEC-RAS 5.0.7

Si noti inoltre come ogni *cell center*, *cell face* e *cell face point* è identificato da un numero, in modo da facilitare l'operazione di analisi e visualizzazione dei risultati.

Il più grande vantaggio della modellazione bidimensionale in HEC-RAS riguarda comunque la dimensione della mesh computazionale. Ogni cella viene infatti pre-processata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste curve permettono di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D, con evidente diminuzione dei tempi computazionali.

Ad ogni modo, in una simulazione di moto vario bidimensionale, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale ΔT , che deve essere scelto con accuratezza in modo da non

influenzare negativamente l'esito delle analisi. Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile, nel caso di impiego del set di equazioni *diffusive wave*, nella maniera seguente:

$$C = \frac{V \Delta T}{\Delta X} \leq 2$$

essendo C il numero di Courant, V la velocità massima dell'acqua, ΔT il tempo di calcolo e ΔX la dimensione media delle celle.

Infine, occorre sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel *cell center* della griglia stessa.

Nei modelli oggetto di studio, a seconda dell'area modellata bidimensionale, sono state utilizzate celle di dimensione variabile, dovuto alla possibilità di utilizzare dei rilievi LIDAR o su modelli realizzati su base cartografica.

Quando è richiesta una particolare precisione sulle celle, come ad esempio arginature o manufatti idraulici che costituiscono un impedimento al normale deflusso dell'acqua, per valutare con attenzione questi punti, sono state inserite delle break lines, cioè linee di interruzione per le celle esistenti, permettendo così al software di generare celle di dimensioni più piccole e, di conseguenza, più accurate.

5.4 Modelli idraulici

I modelli idraulici utilizzati sono riportati nella tabella a seguire. Si rimanda ai modelli HEC-RAS per le specifiche tecniche.

Per le aste idrauliche di reticolo secondario la cui condizione al contorno di valle è rappresentata dal tirante idraulico del F. Arno, è stato riprodotto nel modello idraulico un breve tratto dello stesso, concordemente con i risultati estratti dal modello fornito dall'AdBDAS.

La ricostruzione di brevi tratti del modello idraulico del F. Arno si è resa necessaria per simulare correttamente il tirante idraulico in moto vario per tratti estesi di corso d'acqua. Per i modelli non estesi è stato sufficiente la sola definizione del valore del triante idraulico.

Comune	Codice	Bacino idrografico	Modello HEC-RAS	Versione HEC-RAS
Bibbiena	Bint 01	Fosso delle Sopa	Fosso delle Sopa	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 02	Fosso delle Vigne	Fosso delle Vigne	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 03	Fosso del Pesce	-	-
	Bint 04	Fosso delle Goline	Fosso delle Goline	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 05	Affluente Fosso del Ristagno	Fosso del Ristagno	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 06	Fosso del Ristagno		
	Bint 07	Fosso del Ristagno (interbacino)		
	Bint 08	Fosso Rignano Monte	Rignano Singolo	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 09	Fosso Rignano Valle		
	B10 *	Fosso Sorrasa	Archiano App	HEC-RAS 6.3.1
Castel Focognano/ Talla	Bint 10	Affluente a Salutio	Salutio	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 11	Fosso Burale		
	Bint 12	Affluente a Begliano	Aff Begliano	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 13	Affluente a Rassina	Aff a Rassina	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 14	Fosso Fonte Bocchetti	Talla_App	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 15	Affluente a Talla		
	B15*	Salutio/Talla	Talla app	HEC-RAS 5.0.7
	B16*	Lavanzone		
	Bint 34	Fosso della Maestà	Fosso Maesta	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 35	Fosso della Fonte antica	Fonte Antica	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 36	Fosso della Pelata	Pelata_Bagnacci	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 37	Fosso Bagnacci		
Castel San Niccolò	Bint 16	Fosso Pagliericcio	Pagliericcio	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 17	Fosso Vignamaggiore	Vignamaggiore	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 18	Rio Affrico	Strada	HEC-RAS 6.3.1
	Bint 19	Fosso Scopicci		
	Bint 20	Fosso Cavallena		
	Bint 21	Rio Solano	Rio Solano	HEC-RAS 5.0.7
	B17_M *	Torrente Solano Monte	Solano_App	HEC-RAS 5.0.7
	B17_V *	Torrente Solano Valle		
Chiusi della Verna	Bint 22	Fosso del Molino	Fosso del Molino	HEC-RAS 5.0.7
Ortignano Raggiolo	Bint 23	Fosso delle Motte	Fosso delle Motte	HEC-RAS 5.0.7
	B11*	Torrente Teggina Monte	Teggina_APP	HEC-RAS 6.3.1
	B12*	Torrente Teggina Monte II		
	B13*	Torrente Teggina Interbacino		

Comune	Codice	Bacino idrografico	Modello HEC-RAS	Versione HEC-RAS
Poppi	Bint 24	Fosso Righellato	Fosso Righellato	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 25	Affluente a Ponte a Poppi	AV4130	HEC-RAS 5.0.7
	B14 *	Torrente Roiesine	Poppi_ap631	HEC-RAS 6.3.1
	Bint 26	Fosso del Buio	Fosso del Buio	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 27	Affluente Fosso del Buio		
	Bint 34	Fosso Fonte Bertaccia	-	-
	Bint 35	Fosso d'Isola	-	-
	Bint 36	Affluente Fosso d'Isola	-	-
Chitignano	Bint 32	Fosso del Doccio	Chitignano	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 33	Affluente Fosso del Doccio	-	-
Pratovecchio Stia	Bint 28	Affluente a Pescaia	AV851	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 29	Rigaggiolo	Rigaggiolo	HEC-RAS 5.0.7
	B04 *	Torrente Staggia	Staggia_Cerreta_App	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 30	Fosso di Mezzo	Fosso di Mezzo AV1163	HEC-RAS 5.0.7
	Bint 31	Fosso del Molino a Farneta	Fosso del Molino	HEC-RAS 5.0.7

Tabella 5.1 – Modelli idraulici realizzati

6 RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE

La descrizione qui riportata delle varie modellazioni idrauliche, è articolata secondo lo schema seguente, rimandando agli allegati di HEC-RAS per le informazioni di dettaglio:

- Descrizione generale dell'area e dei tratti del corso d'acqua oggetto di studio;
- Tipo di modellazione effettuata (mono-dimensionale in moto vario oppure mono-dimensionale in moto vario con sfioratori laterali e settori di allagamento bidimensionali con HEC-RAS 5.0.7.).
- Descrizione delle condizioni al contorno imposte e peculiarità del modello.
- Descrizione sintetica dei risultati più significativi.

Nei modelli HEC-RAS sono stati utilizzati gli input idrologici calcolati nei precedenti capitoli.

6.1 Comune di Bibbiena

6.1.1.1 Modello “Archiano App”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- l'asta del T. Archiano da monte dell'abitato di Partina fino alla confluenza in Arno,
- il F. di Rimaggio affluente di destra del T. Archiano a Partina,
- il Sorrasa dall'imbocco dell'abitato di Soci fino alla confluenza in destra del T. Archiano,
- il F. Rignano dalla loc. “La Ferrantina” fino alla confluenza in sinistra del F. Arno.

Il T. Archiano, nel tratto modellato, attraversa l'abitato di Partina dove presenta sponde geometricamente definite per le opere antropiche presenti in adiacenza al corso d'acqua. A valle dell'abitato il corso d'acqua scorre in maniera naturale attraverso la pianura alluvionale, le uniche opere antropiche presenti sono rappresentate da attraversamenti stradali, briglie per la definizione della pendenza di fondo alveo e opere di presa/restituzione di centraline idroelettriche.

Il T. Archiano lambisce l'abitato di Soci a traversa l'abitato di Bibbiena prima di confluire in sinistra del F. Arno. In quest'ultimo tratto presenta arginature o rilevati di diversa fattura in destra e sinistra idraulica. Inoltre sono presenti attraversamenti di importanti infrastrutture quali la SR71 Umbro Casentinese Romagnola, la SR70 della Consuma e la ferrovia Arezzo – Stia.

Il F. di Rimaggio proviene dalle alture prospicienti l'abitato di Partina, attraversa quest'ultimo e la SR71 Umbro Casentinese Romagnola, fino a confluire in sinistra del T. Archiano.

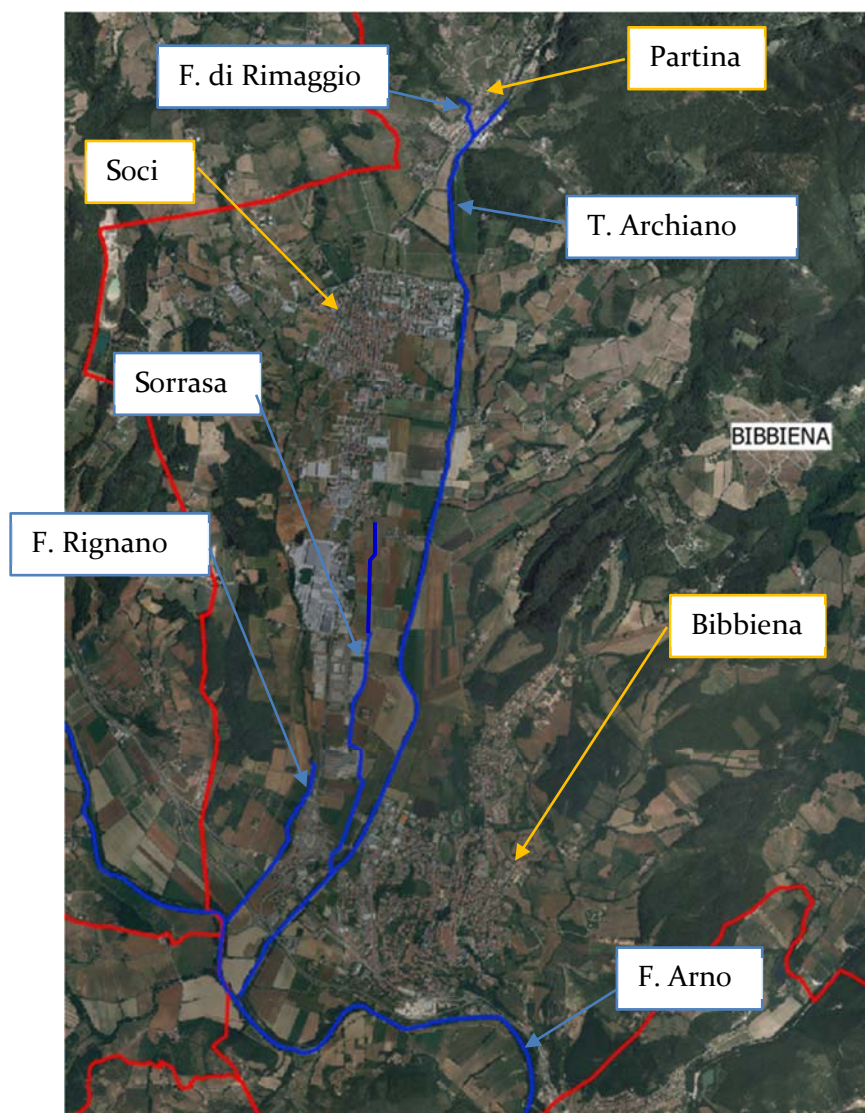


Figura 6.1 – inquadramento del modello “Archiano”, in rosso i confini comunali

La Sorrasa, nel tratto modellato, lambisce a monte l'area industriale de “La Ferrantina” a valle dell'abitato di Soci e prima di confluire nel T. Archiano attraversa aree verdi (agricole/giardino) e la Variante alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola.

Il F. Rignano, nel tratto modellato scorre parallelamente alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola a valle dell'area industriale de “La Ferrantina”. Attraversa principalmente aree agricole e una porzione

dell'abitato di Bibbiena. Prima di confluire nel F. Arno attraversa importanti infrastrutture: la Variante alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola e la ferrovia Arezzo-Stia.

I corsi d'acqua attraversano principalmente aree agricole con alvei naturali costituiti da sponde erbose e fondo alveo ghiaioso/ciottoloso, l'attraversamento dei centri abitati avviene con sponde definite (verticalizzate con sponde in calcestruzzo armato o gabbionate) oppure con argini o rilevati a protezione, anche in questi tratti il fondo alveo risulta essere naturale ghiaioso/ciottoloso e erboso.



Figura 6.2 – a sinistra T. Archiano nel tratto di monte; a destra T. Archiano nel tratto centrale

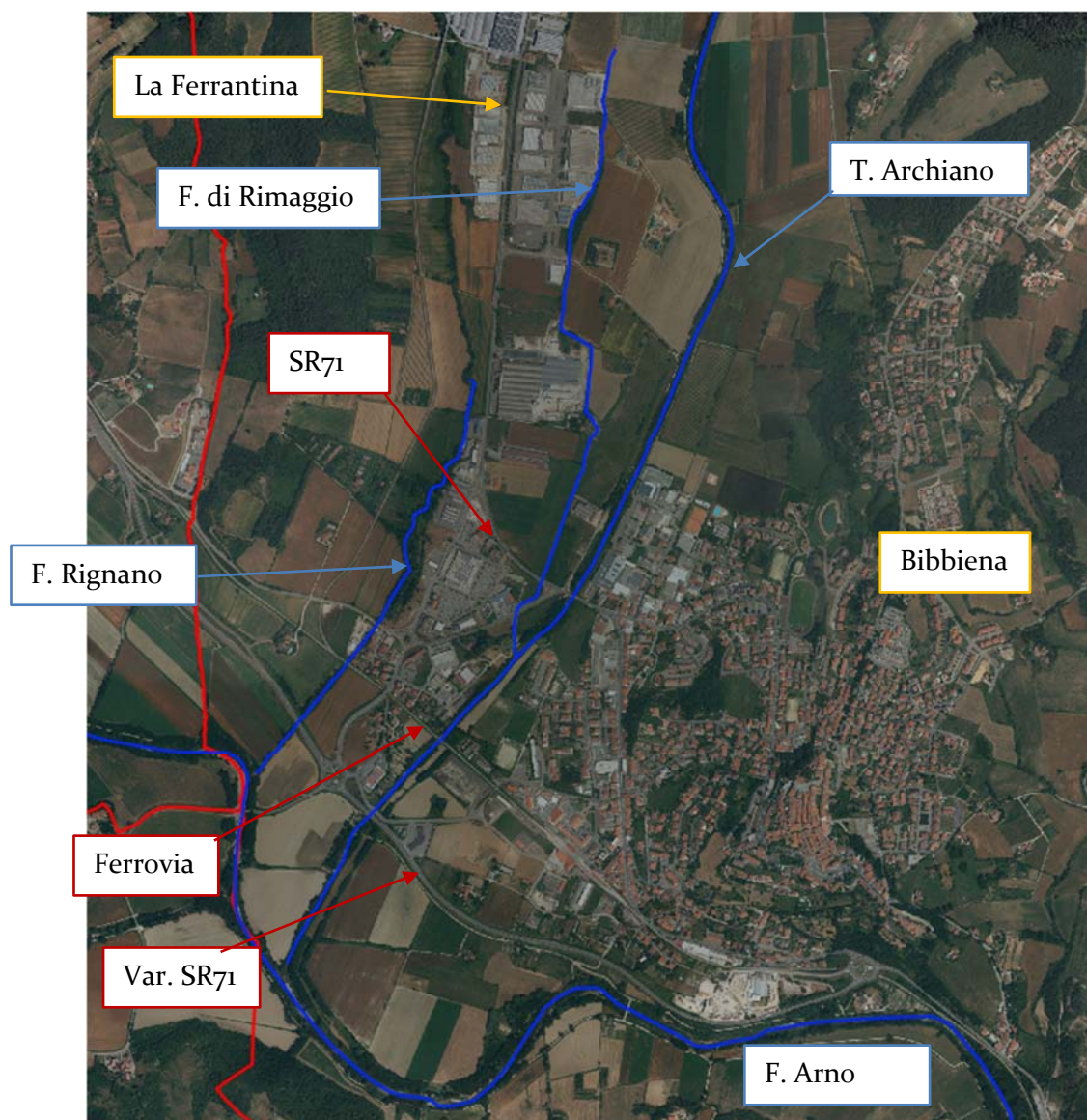


Figura 6.3 – T. Archiano, F. Rignano, Sorrasa e Fiume Arno nel tratto di valle

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo *cross sections*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale. All'interno di queste sono presenti *2D connection* per simulare la presenza di condotte di sottoattraversamento degli ostacoli al deflusso (ad es. Var. SR71) così come rilevati durante le campagne di rilievo. Il fiume Arno è modellato per riprodurre le stesse condizioni di pericolosità idraulica e tirante idraulico del modello fornito dall'AdBDAS.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Rignano	18		4	6
Torrente Archiano	113	10	6	
Sorrassa (Aff. Archiano)	60		13	
Fosso di Rimaggio	13		1	

Tabella 6.1 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Archiano”

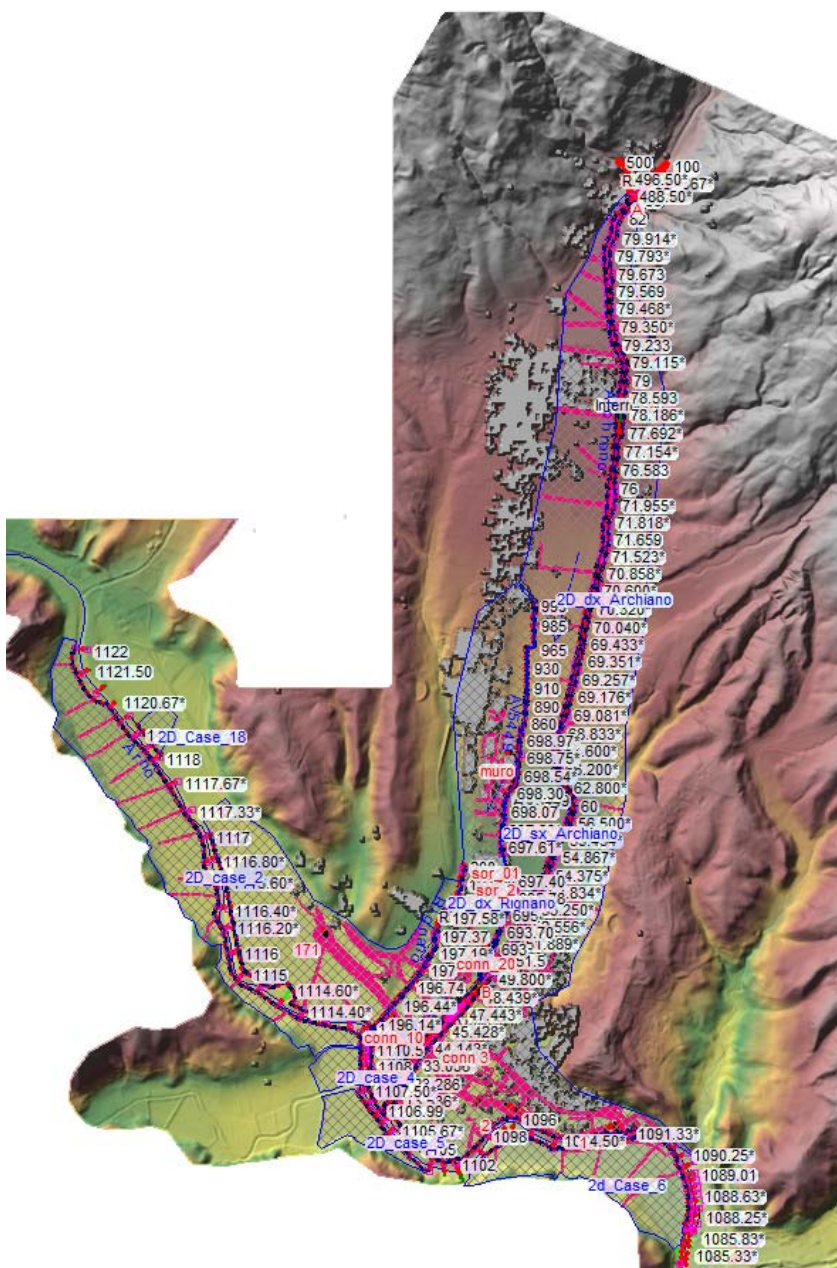


Figura 6.4 – Geometria Hec-Ras del modello “Archiano”

Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *flow area*, collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati *lateral structures*.

È stato realizzato un unico modello idraulico, nel quale sono stati inseriti, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle delle aste è stato utilizzato il tirante del F. Arno.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.035 e 0.030 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 e 0.035 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale.

Valori minori di Manning sono stati assegnati alle aste fluviali nei tratti terminali, dove la scabrezza risulta minore in quanto sono presenti tratti lineari, prevalentemente ciottolosi, ghiaiosi, con scarsa presenza di vegetazione arborea e con sponde erbose.

Sintesi dei risultati

L'attraversamento dell'abitato di Partina, sia per quanto riguarda il F. di Rimaggio che il T. Archiano, avviene senza particolari criticità idrauliche. L'area a valle del nucleo abitato (campo sportivo) è invece coinvolta da eventi di piena per Tr200 anni e parzialmente per eventi con Tr 30 anni.

Nel tratto centrale, il T. Archiano divaga occasionalmente nella pianura alluvionale coinvolgendo la viabilità locale presente.

La Sorrasa, nel tratto iniziale, esonda interessando prevalentemente aree agricole ed è causa di criticità idrauliche per alcuni edifici industriali della Loc. "La Ferrantina".

Nei pressi dell'abitato di Bibbiena, le esondazioni della Sorrasa e del T. Archiano sono fonte di aree allagate sia per eventi con Tr30 che Tr200 anni, coinvolgendo le aree commerciali. La SR71 Umbro Casentinese Romagnola non risulta sormontata, ma il suo rilevato crea uno sbarramento che favorisce l'accumulo di acqua.

Nel tratto compreso tra la SR71 Umbro Casentinese Romagnola-e la ferrovia Stia-Arezzo, sono evidenti importanti criticità in destra idraulica che coinvolgono anche il tessuto residenziale fino al sormonto del piano rotabile della ferrovia, mentre in sinistra idraulica il rilevato arginale presente

lungo il T. Archiano, è in grado di contenere parzialmente i volumi di acqua, con esondazione nei pressi dell'attraversamento ferroviario e conseguente divagazione dei volumi verso il campo sportivo, e da qui, attraverso un sottopassaggio, prosegue l'allagamento nelle aree comprese tra la ferrovia e la Variante alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola, ricongiungendosi verso sud-est alle aree allagate derivanti dagli eventi di piena del F. Arno sottoattraversando il rilevato stradale in vari punti dislocati lungo il suo percorso.

In destra idraulica del T. Archiano nel tratto compreso tra la ferrovia e la variante alla SR 70 della Consuma, le aree allagate si propagano a ridosso del rilevato stradale ricongiungendosi alle aree allagate derivanti da esondazioni del F. Rignano.

Quest'ultimo nel suo tratto iniziale crea criticità idrauliche per alcune aree industriali/commerciali, le esondazioni verso valle si ricongiungono alle aree allagate provenienti dal T. Archiano a cui si somma il rigurgito dovuto alle condizioni al contorno del F. Arno che impediscono un veloce deflusso verso valle.

Gli attraversamenti delle principali infrastrutture (Var. SR70 della Consuma, Var. SR71 Umbro Casentinese Romagnola, ferrovia Arezzo-Stia) risultano sufficienti al deflusso anche di eventi con Tr 200 anni, tuttavia in alcuni punti queste infrastrutture sono coinvolte dal transito dei volumi allaganti che divagano e si accumulano nel territorio.

Le strutture arginali presenti, se non degradate, risultano solo parzialmente efficaci al contenimento degli eventi di piena.

6.1.1.2 Modello "Fosso delle Goline"

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso delle Goline censito con la sigla Av5136 che confluisce nel Torrente Vessa nei pressi del toponimo "Villanella"; in particolare, il tratto studiato termina in prossimità del cimitero comunale di Bibbiena.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto a minor pendenza, in una zona prevalentemente urbanizzata, mentre il tratto più a valle aumenta la propria pendenza in aree prevalentemente boscate e ad uso agricolo. Nel tratto centrale studiato il fosso sottoattraversa la viabilità comunale di Via Fratelli Rosselli con due tombamenti ravvicinati.



Figura 6.5 Planimetria modello Fosso delle Goline

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso delle Goline è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D* nella sola parte iniziale del modello, in sponda destra. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato una *normal depth* valutata come pendenza dell'ultimo tratto del Fosso delle Goline.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso delle Goline	18	-	2	1

Tabella 6.2 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Rigaggiolo”

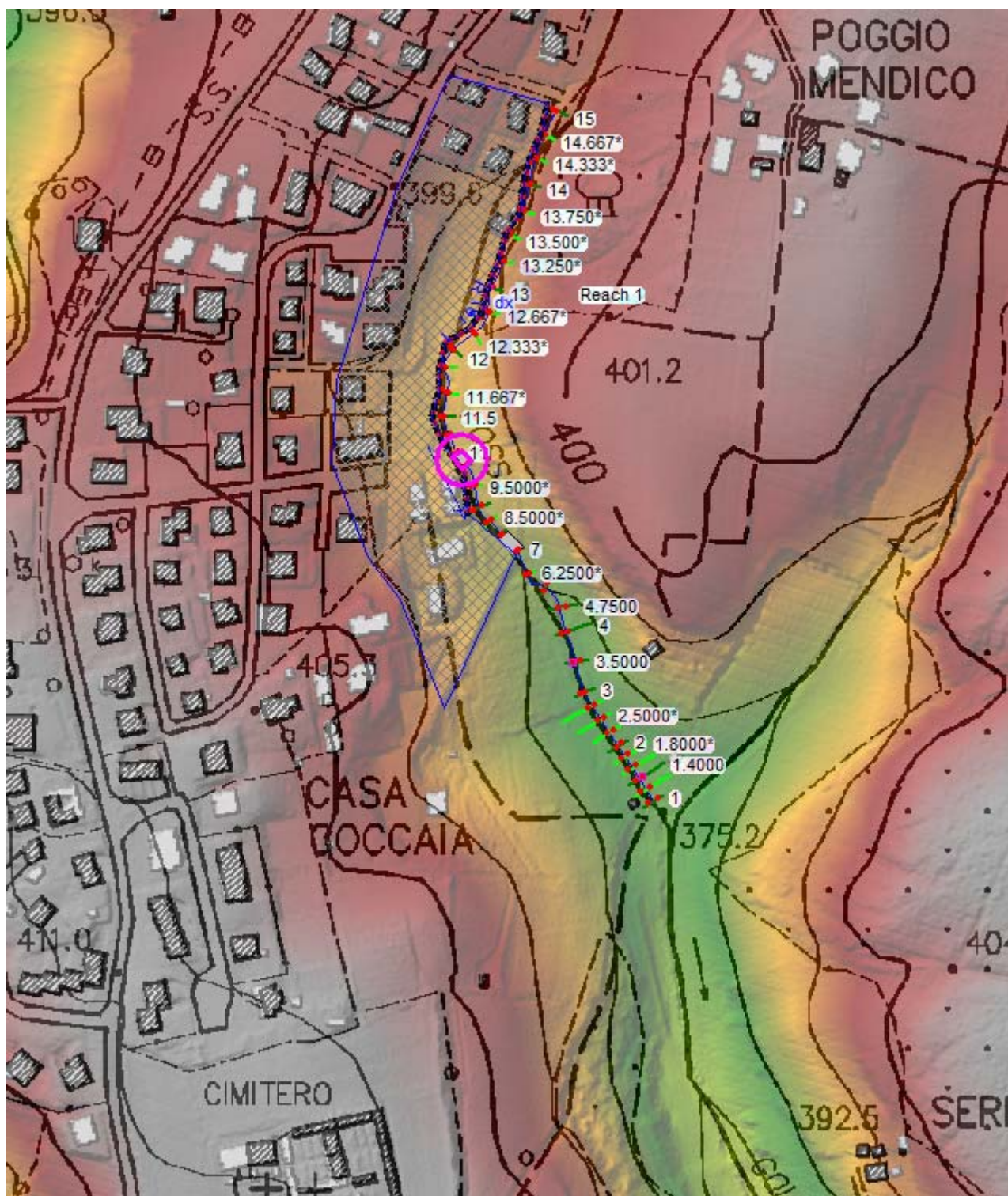


Figura 6.6 – Modello idraulico del Fosso delle Goline

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua non presenta elevate criticità idraulica né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni. Solo nel tratto a monte dei due tombamenti, in cui la sezione idraulica del Fosso delle Goline risulta non adeguata, si hanno esondazioni in destra e sinistra idraulica che però interessano solo aree ad esclusivo uso agricolo che non creano criticità al tessuto urbano di Bibbiena.

6.1.1.3 Modello “Fosso del Ristagno”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- il Fosso del Ristagno, censito con la sigla Av5356, da valle del toponimo Ristagno fino alla confluenza nel Fosso Rignano,
- L'affluente destro del Fosso della Ristagno da monte del toponimo “Le Tombe” fino alla confluenza nel Ristagno.

Il tratto studiato si estende per circa 1200 metri per il corso d'acqua principale e per 600 metri per l'affluente destro, nei tratti di monte e nell'area compresa tra il rilevato della Strada Regionale 71 e la linea ferroviaria Arezzo-Stia. Nel tratto di monte, il fosso del Ristagno, scorre in aree a prevalente uso agricolo, fino a sottoattraversare con 3 tratti tombati la viabilità di Via Aretina e la linea ferroviaria. Nel tratto a valle, poi, scorre parallelamente alla SR71 fino alla confluenza con il Fosso Rignano. L'affluente destro, similmente al F.Ristagno, scorre in aree a prevalente uso agricolo, fino alla confluenza e sottoattraversa la sia la viabilità comunale che la Strada Regionale.



Figura 6.7 – Planimetria del modello Fosso del Ristagno

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il Fosso del Ristagno è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*.

Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fosso Rignano. La quota massima imposta è di 325.22 m s.l.m. per la Tr30 e di 326.06 m s.l.m. per la Tr200.

È stata poi inserita una condizione al contorno, *boundary condition lines*, in uscita dalla *storage area* di valle, per simulare il deflusso di allontanamento.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso del Ristagno	30	-	4	1
Aff del Ristagno	19	-	2	

Tabella 6.3 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso Ristagno”

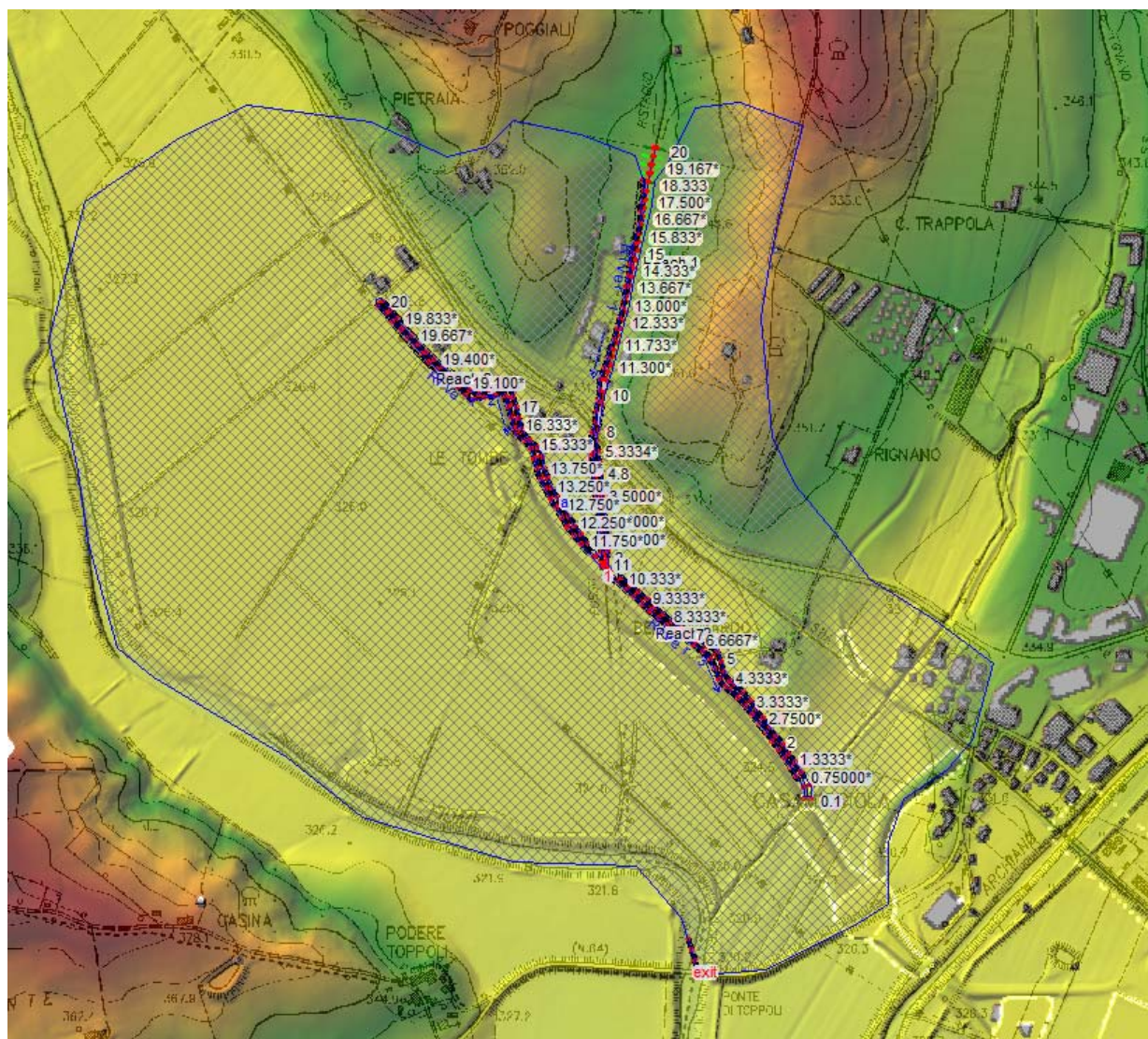


Figura 6.8 – Modello idraulico Fosso del Ristagno

Sintesi dei risultati

Il Fosso del Ristagno e il suo affluente destro presentano evidenti criticità idrauliche sia per Tr30 anni che per Tr200 anni. Queste nella quasi totalità sono dovute all'insufficienza della sezione idraulica a seguito dell'interazione con il Fosso Rignano e di conseguenza con il Fiume Arno in cui si immette poco più a valle. Il tratto di monte dell'affluente ed il tratto subito dopo la confluenza dei corsi d'acqua indagati sono interessati da fenomeni alluvionali che coinvolgono esclusivamente aree ad uso agricolo, senza interessare la viabilità. Il tratto di monte del Fosso del Ristagno, invece, a monte dei tre attraversamenti, ha delle criticità per Tr200 anni, in destra idraulica, nel tratto in cui il corso d'acqua costeggia il Centro Operativo Sei Toscana, interessandone il piazzale.

6.1.1.4 Modello “Fosso delle Sopa”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso delle Sopa censito con la sigla Av3309 che confluisce nel Torrente Archiano nei pressi dell’abitato di Partina, nel comune di Bibbiena.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata, fino a circa 250m dall’immissione nel suo naturale recettore. Nel tratto di valle poi, nei pressi delle abitazioni di Partina in sponda sinistra del Torrente Archiano, il fosso attraversa, con i primi due attraversamenti indagati, gli accessi a delle civili abitazioni, mentre, per immettersi sul T.Archiano, sottoattraversa Via San Francesco con il terzo ed ultimo tombamento presente nel tratto studiato.

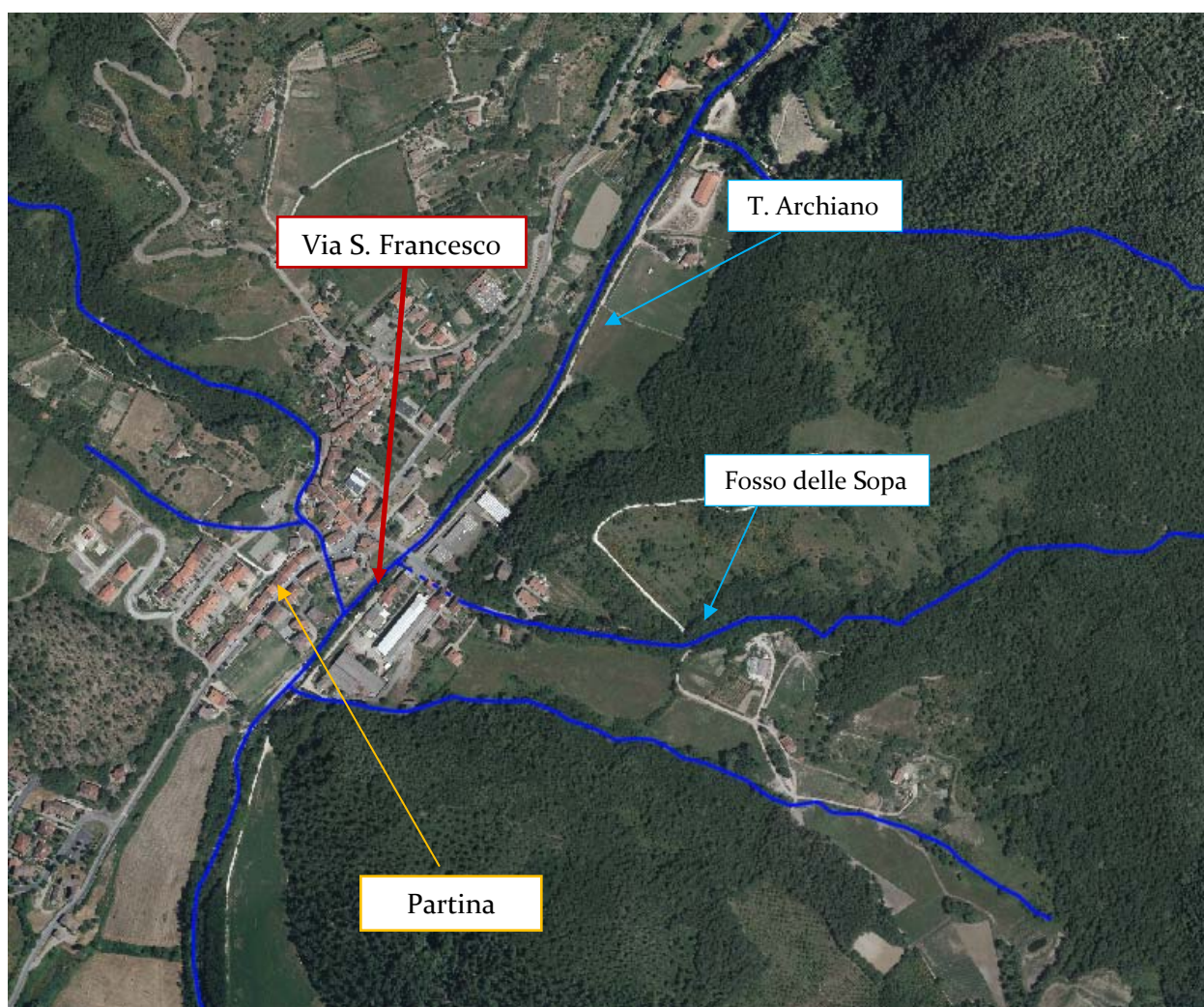


Figura 6.9 Planimetria modello Fosso delle Sopa

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso delle Sopa è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Archiano. La quota massima imposta è di 428.51 m s.l.m. per la Tr30 e di 428.91 m s.l.m. per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.035 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso delle Sopa	14	-	3	-

Tabella 6.4 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso delle sopa”



Figura 6.10 – Modello idraulico del Fosso delle Sopa

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua non presenta criticità idraulica né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni.

6.1.1.5 Modello “Fosso delle Vigne”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso delle Vigne censito con la sigla Av3429 che confluisce nel Torrente Archiano nei pressi dell’abitato di Partina, nel comune di Bibbiena.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata, fino a circa 150m dall’immissione nel suo naturale recettore. Nel tratto di valle poi, il fosso incontra l’area produttiva che si sviluppa lungo via San Francesco, che sottoattraversa con un tombamento che si immette direttamente sul Torrente Archiano.

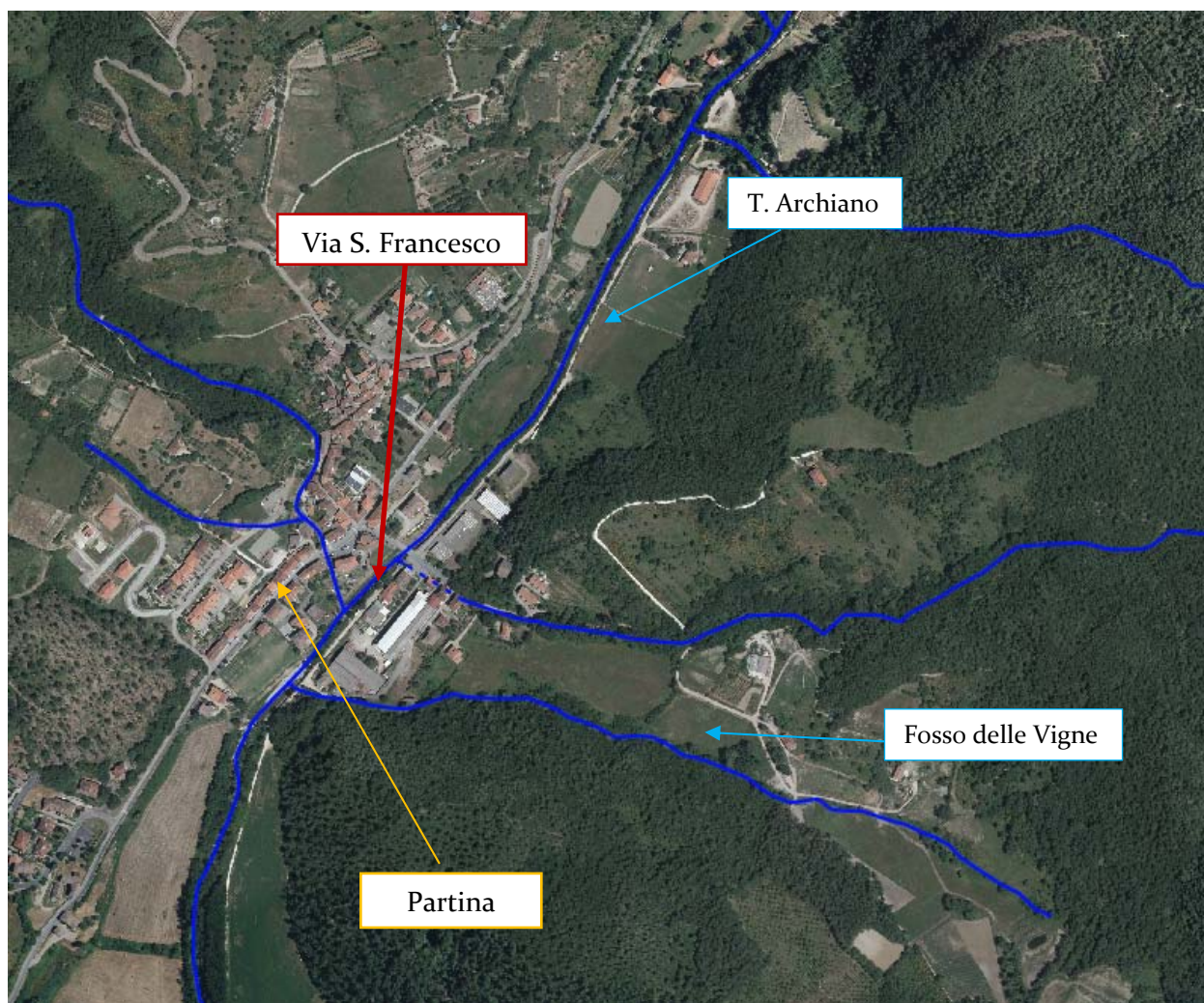


Figura 6.11 Planimetria modello Fosso delle Vigne

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso delle Vigne è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Archiano. La quota massima imposta è di 425.07 m s.l.m. per la Tr30 e di 425.46 m s.l.m. per la Tr200.

È stata poi inserita una condizione al contorno, *boundary condition lines*, in uscita dalla *storage area* di valle, per simulare il deflusso di allontanamento.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso delle Sopa	10	-	1	1

Tabella 6.5 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso delle vigne”

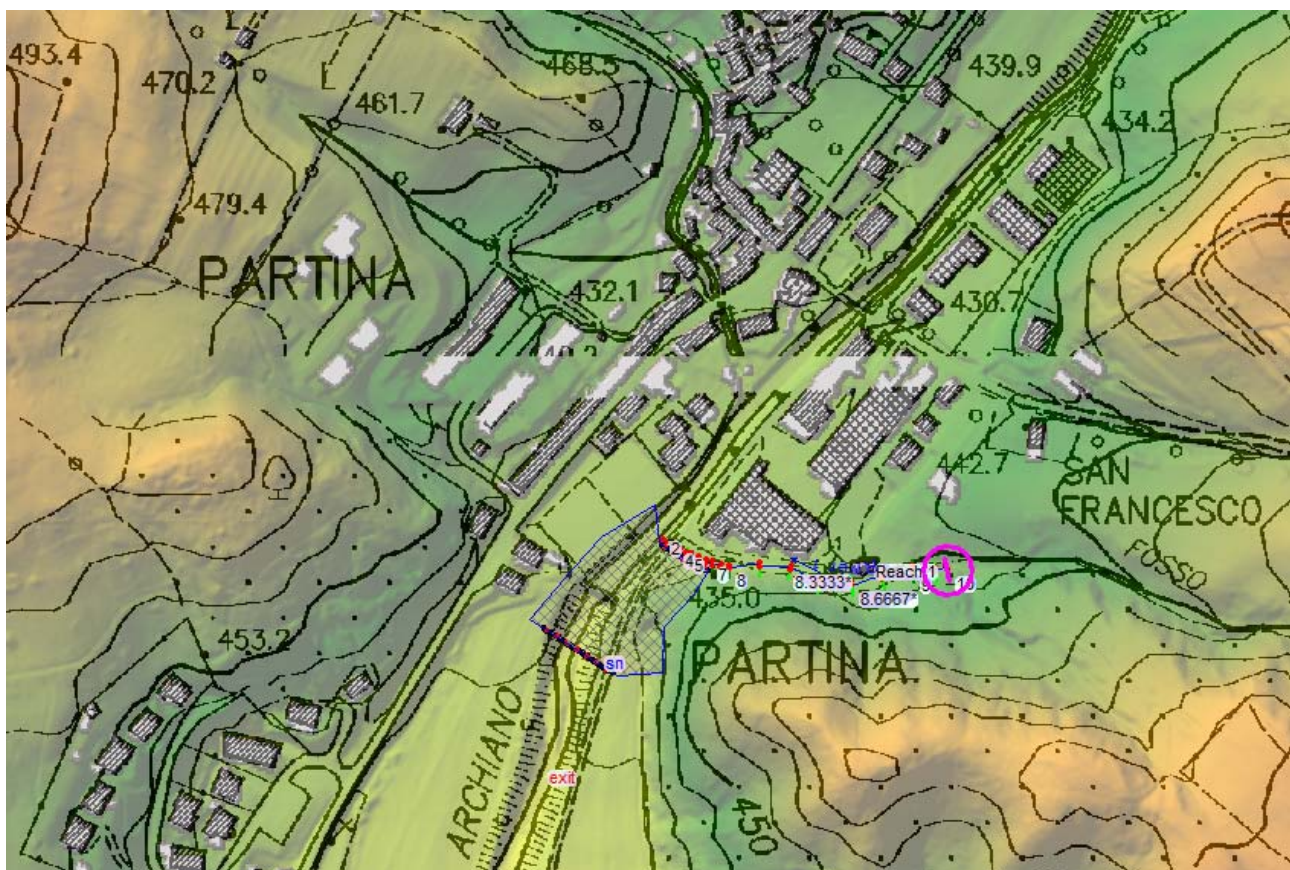


Figura 6.12 – Modello idraulico del Fosso delle Sopa

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua non presenta criticità idraulica né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni.

Il corso d'acqua non presenta elevate criticità idrauliche né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni. Solo nel tratto a monte del tombamento che immette direttamente sul Torrente Archiano, la sezione idraulica del Fosso delle vigne risulta non adeguata che provoca esondazioni in sinistra idraulica che interessano limitatamente la sola viabilità di Via Sn Francesco.

6.1.1.6 Modello “Rignano Singolo”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso Rignano, che confluisce nel Fiume Arno, a valle della Strada regionale 71, nei pressi del toponimo “*Ponte di toppoli*”, nel comune di Bibbiena.

L’asta studiata del Fosso Rignano ha una lunghezza di circa 5310m. Il tratto risulta essere a cielo aperto per gran parte del suo sviluppo, fatto salvo un lungo tratto tombato di circa 630m in corrispondenza dell’abitato di Soci; rispetto al modello studiato nell’ambito degli studi idrologici idraulici consegnati per l’adozione del Piano Strutturale Intercomunale del Casentino, sono state utilizzate 57 nuove sezioni idrauliche per implementare il modello. Sono inoltre stati rilevati e inseriti nel modello 7 nuovi attraversamenti sul Fosso Rignano e 2 guadi a ruota bagnata.

Il F. Rignano, nel tratto modellato scorre inizialmente attraverso l’abitato di Soci, poi per gran parte parallelamente alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola lungo l’area industriale de “La Ferrantina” in aree a prevalente uso agricolo. A valle, invece attraversa principalmente aree agricole e una porzione dell’abitato di Bibbiena. Prima di confluire nel F. Arno attraversa importanti infrastrutture: la Variante alla SR71 Umbro Casentinese Romagnola e la ferrovia Arezzo-Stia.

Il corso d’acqua attraversa principalmente aree agricole con alvei naturali costituiti da sponde erbose e fondo alveo ghiaioso/ciottoloso, l’attraversamento del centro abitato di Soci avviene, invece, per mezzo di un lungo tratto tombato (oltre 600m).

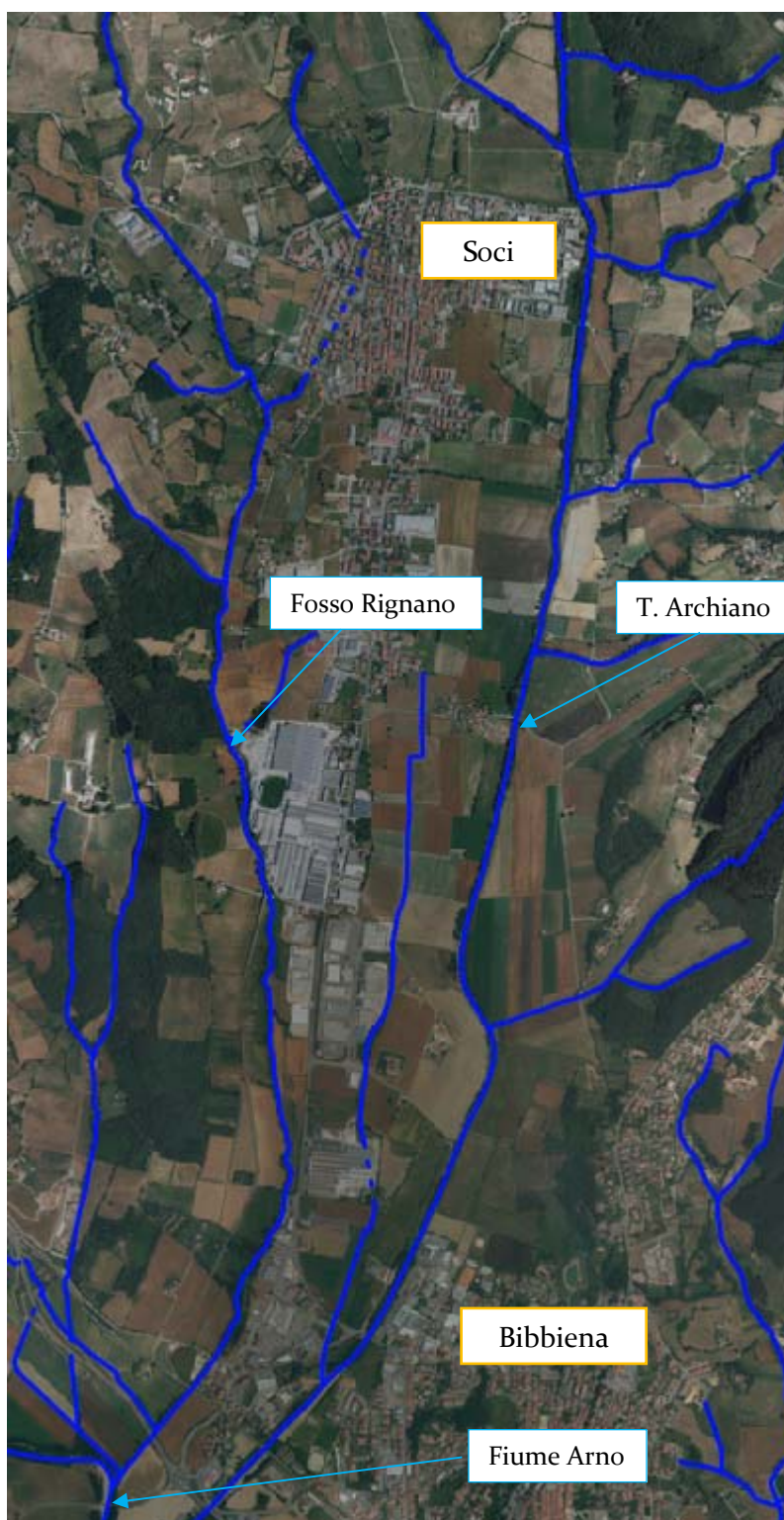


Figura 6.13 Planimetria modello Rignano singolo

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso Rignano è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzata l'altezza del tirante idraulico massimo per eventi di piena del F.Rignano nella sezione 196.34 ripresa dal modello adottato del Fosso Rignano studiato nell'ambito del Piano Strutturale Intercomunale del Casentino. Tali altezze d'acqua, variabili nel tempo, corrispondono agli eventi di piena del Fiume Arno, poiché tale sezione corrisponde ad un tratto molto prossimo alla confluenza con il recettore principale e risente nella sua totalità delle portate di piena del Fiume Arno stesso.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso delle Sopa	72	-	10	4

Tabella 6.6 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Rignano Singolo”

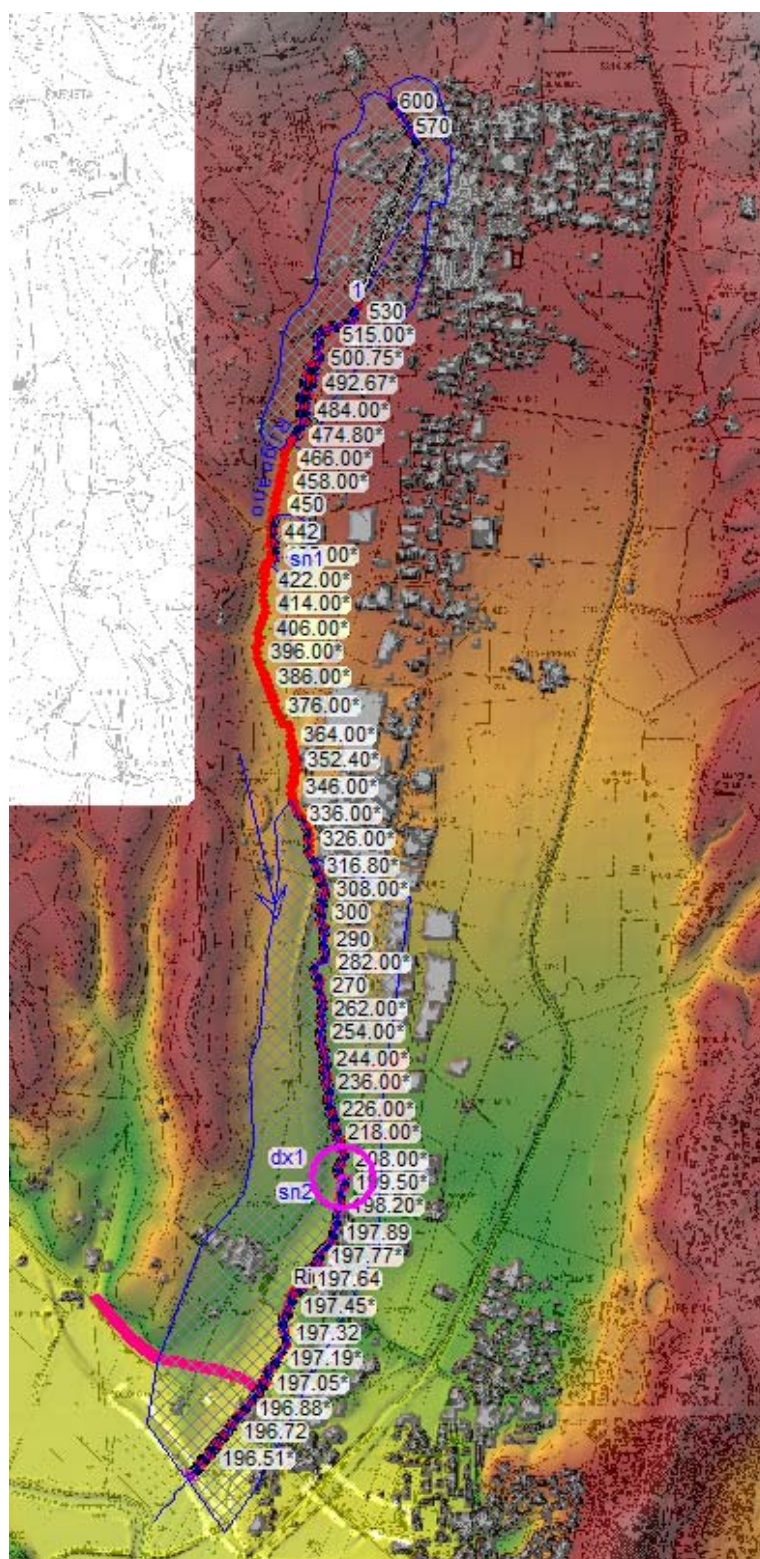


Figura 6.14 – Modello idraulico del Rignano Signolo

Sintesi dei risultati

Le maggiori criticità del modello del Fosso Rignano si presentano nel tratto di monte. Il lungo tratto tombato, infatti, e i due attraversamenti a monte di questo, non risultano in grado di smaltire le portate per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni. I volumi divaganti, infatti, vanno ad interessare gran parte della porzione Ovest dell'abitato di Soci andando a compromettere sia le principali viabilità come Via Togliatti, Via del Cedro e Via V. Veneto, che gran parte delle abitazioni che si trovano nell'area.

Il tratto centrale del F. Rignano, invece, non presenta evidenti criticità in quanto il sedime del corso d'acqua è sito in aree a prevalente uso agricolo e rimangono contenuti in prossimità del Fosso. I limitati fenomeni di allagamento per portate con T_{r30} e T_{r200} anni che si hanno in prossimità dei tre attraversamenti presenti, non creano quindi alcuna problematica.

A valle dei complessi industriali della Loc. "La Ferrantina" ed in prossimità dell'abitato di Bibbiena, invece si evidenziano diverse criticità dovute soprattutto all'attraversamento della S.R.71, della linea ferroviaria ed ai fenomeni di interazione che si hanno con il Fiume Arno.

Si rimanda comunque alla relazione idrologico idraulica ed alle tavole allegate redatte nell'ambito degli studi del Piano Strutturale Intercomunale del Casentino per maggiori dettagli sulle criticità dell'area in quanto questo modello ha ripreso a pieno, così come già esposto, lo studio del tratto di valle del F. Rignano.

6.2 Comune di Castel Focognano e Talla

6.2.1 Modello “Aff a Begliano”

Descrizione generale

Il modello comprende il corso d’acqua censito con la sigla AV7188 che confluisce nel Fiume Arno a monte della cementeria COLACEM sito a Rassina.

Il tratto in esame scorre prevalentemente in aree boscate, solo nel tratto prossimo al Fiume Arno costeggia lo stabilimento industriale.



Figura 6.15 –Planimetria del modello “Aff a Begliano”

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso d’acqua AV7188 è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l’asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare l’immissione nel Fiume Arno. La quota imposta è di 305.27 m s.l.m. per la Tr30 e di 306.40 m s.l.m. per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.08 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.10 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Av7188	21	3	5	-

Tabella 6.7 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Aff a Begliano”

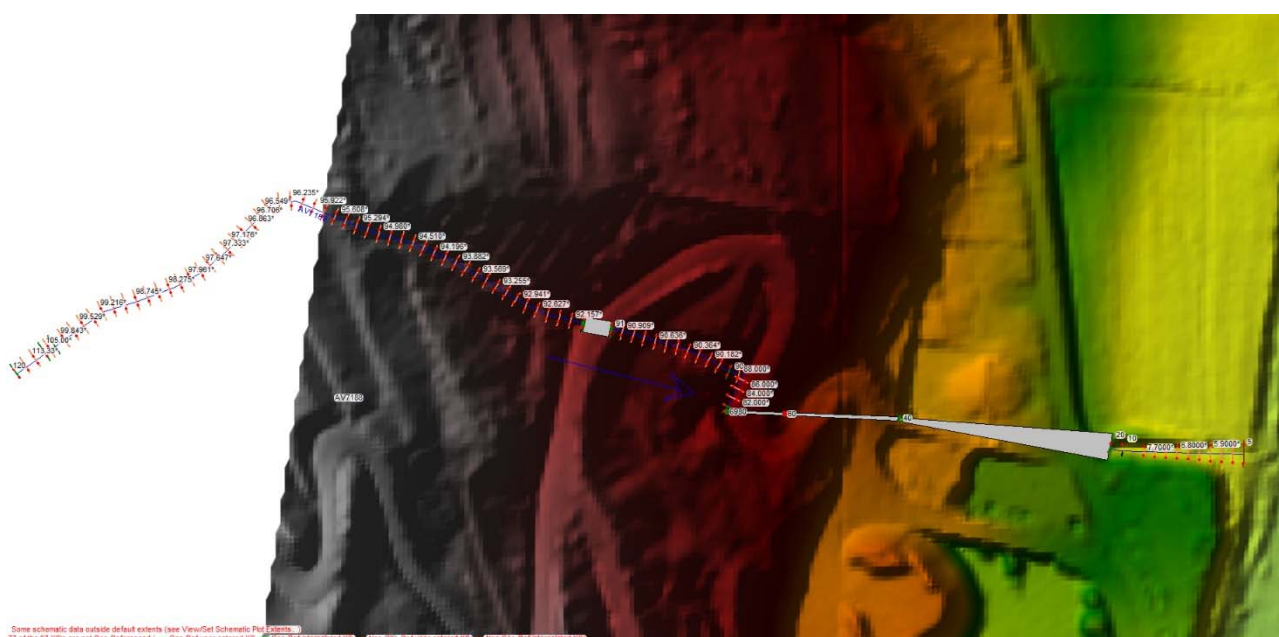


Figura 6.16 – Modello idraulico AV7188

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua non presenta criticità idraulica né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni.

6.2.2 Modello “Aff a Rassina”

Descrizione generale

Il modello comprende il corso d'acqua censito con la sigla AV7349 che confluisce nel Fiume Arno in sinistra idraulica all'altezza dello stabilimento della cementeria COLACEM sito a Rassina.

Il tratto in esame scorre prevalentemente in aree verdi, fino ad incontrare la linea ferroviaria, la strada regionale SR71 e un piccolo nucleo di edifici.

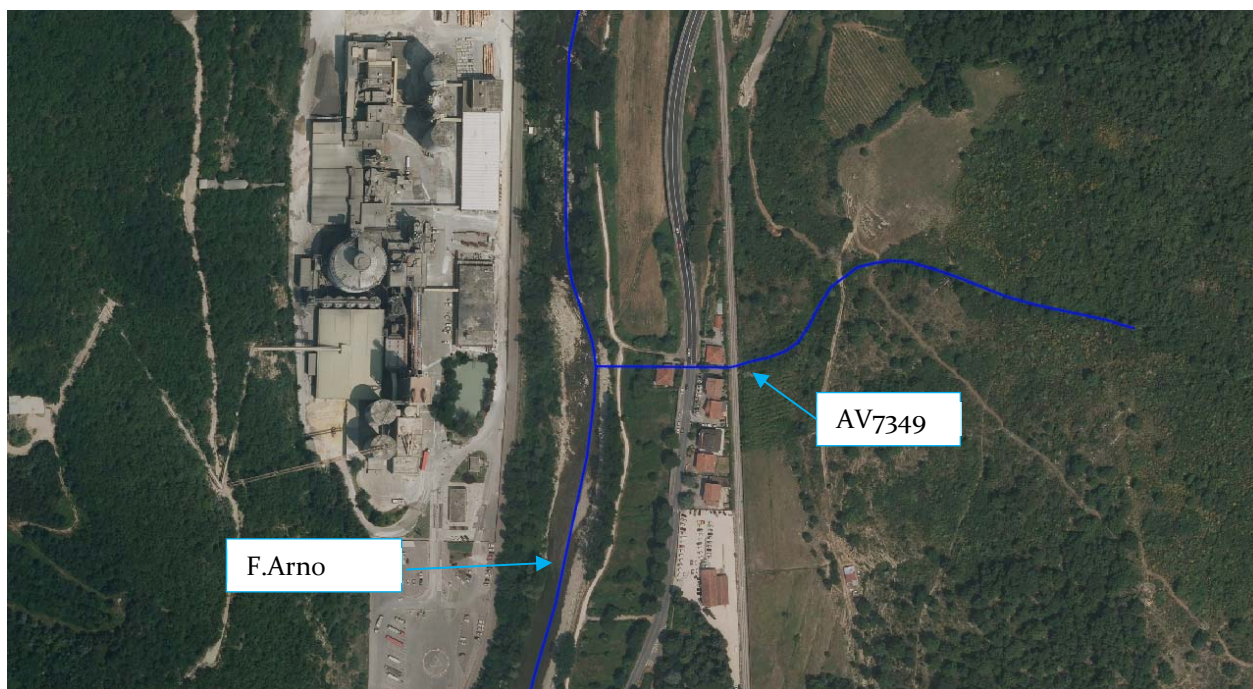


Figura 6.17 –Planimetria del modello “Aff a Rassina”

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del AV7349 è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota massima imposta è di 304.67 m s.l.m. per la Tr30 e di 305.75 per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
AV7349	11	1	2	1

Tabella 6.8 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “AV7349”

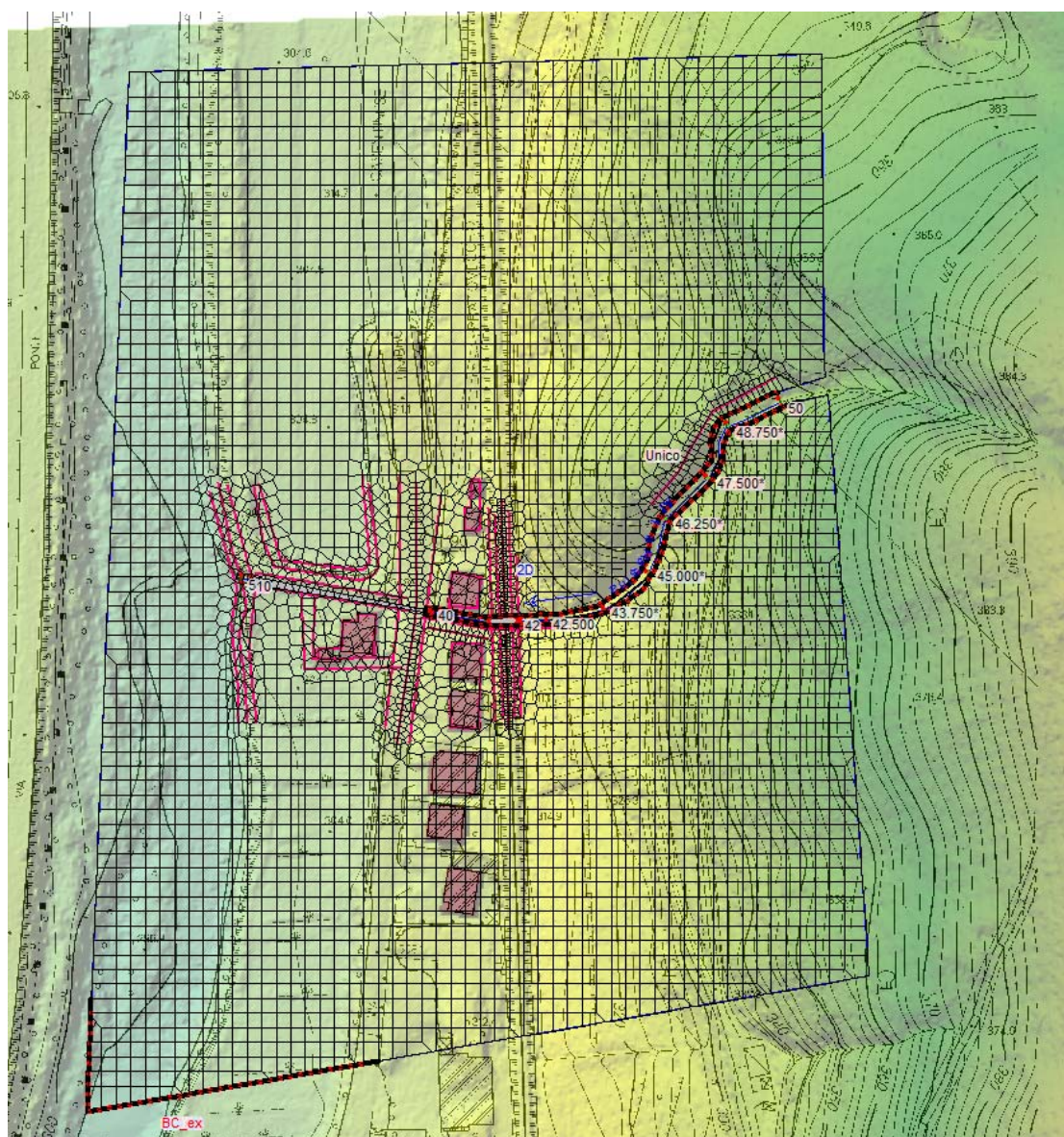


Figura 6.18 – Modello idraulico AV7349

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua presenta criticità in corrispondenza degli attraversamenti, il primo lungo la ferrovia ed il secondo lungo la strada regionale SR71. I volumi esondati vanno ad interessare gli edifici compresi fra la linea ferroviaria e la strada regionale, per poi defluire verso il Fiume Arno.

6.2.3 Modello “Salutio”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- il Fosso Burale nel tratto compreso dal toponimo C. Le Bizze fino alla confluenza con il T.Salutio a valle del centro abitato Salutio,
- il corso d’acqua AV9406 per un tratto di circa 340 metri, da monte della strada SP69 fino alla confluenza con il T.Salutio.

Fosso Burale nella prima metà del tratto analizzata, posta a monte dell’attraversamento lungo la strada SR69 scorre limitrofo a zone edificate, a valle di quest’ultima scorre in aree agricole.

Il corso d’acqua AV9406 scorre in aree prevalentemente agricole, solamente nel punto di incontro con la strada SP69 costeggia una piccola zona edificata.

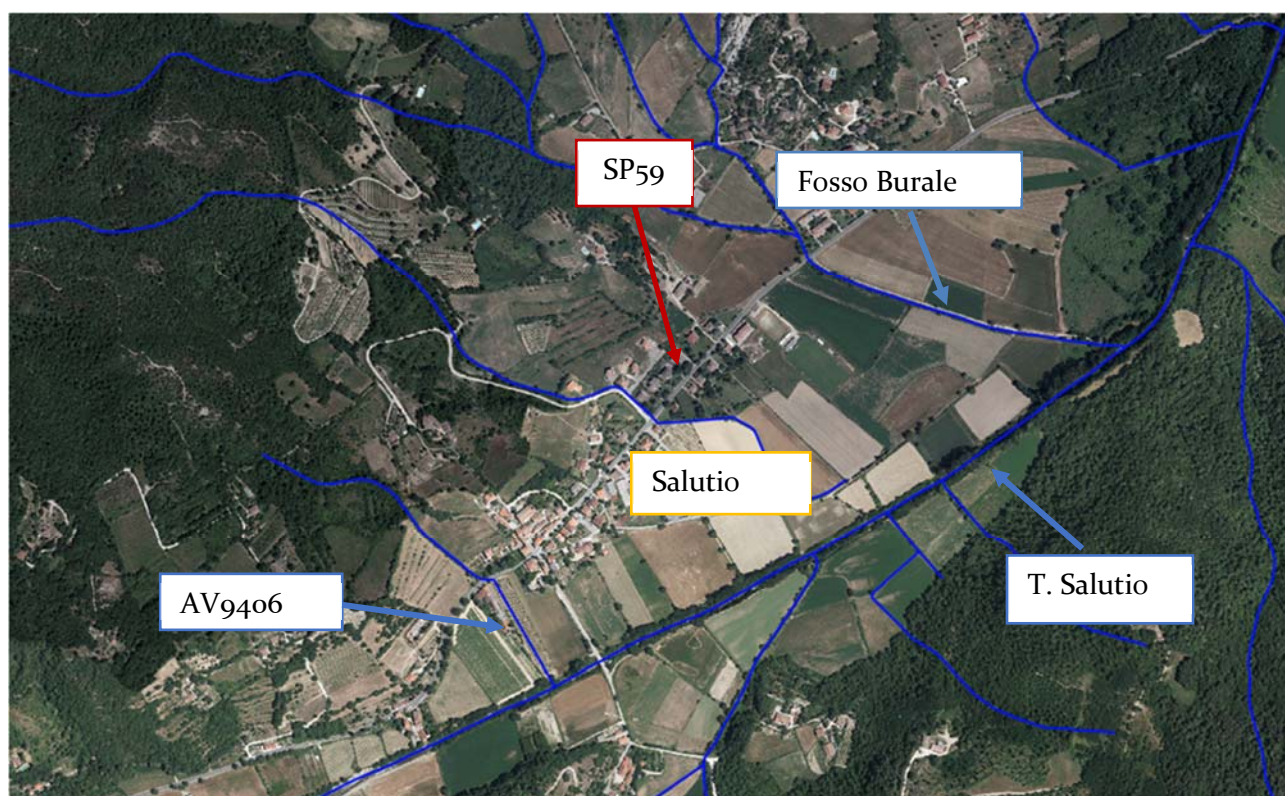


Figura 6.19 –Planimetria del modello “Salutio”

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste dei due corsi d'acqua studiati sono modellate come elementi *river* monodimensionali definiti per mezzo di *cross section*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale.

Lungo il percorso sono state inserite 2 *flow areas 2D*; nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua, modellate con gli elementi storage, sono collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati *lateral structures*.

Come condizione al contorno di monte è stato impiegato l'idrogramma di piena, definito come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante per simulare l'immissione nel Torrente Salutio. La quota imposta per il Fosso Burale è di 301.85 m s.l.m. per eventi con Tr200 e di 301.63 m s.l.m. per eventi con TR30, per quanto riguarda il corso d'acqua AV9406 si è utilizzata una quota di 309.48 m s.l.m. per eventi con Tr30 e di 311.22 m s.l.m. per eventi con TR200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.04/0.08 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06/0.12 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Burale	10	-	3	2
AV9406	7	-	2	1

Tabella 6.9 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Salutio”

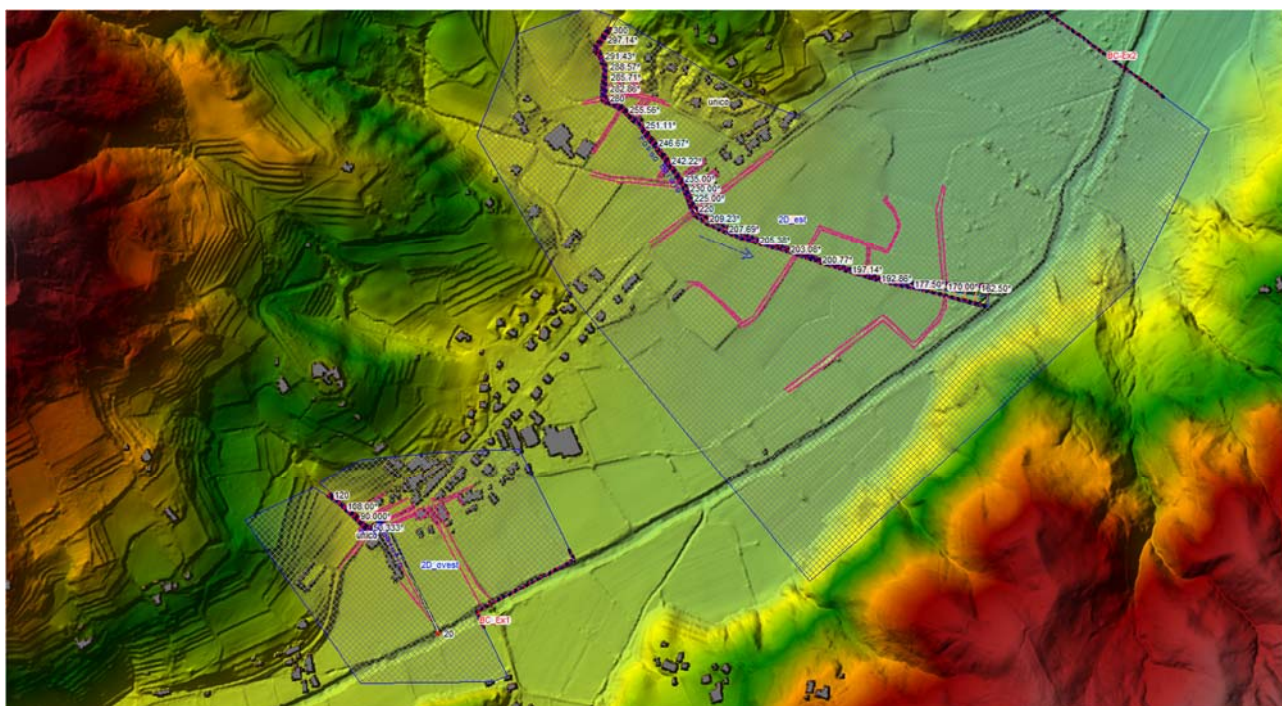


Figura 6.20 – Modello idraulico Salutio

Sintesi dei risultati

Il Fosso Burale presenta criticità fin dalle prime sezioni, in quanto la sezione idraulica risulta insufficiente al deflusso delle portate analizzate. Gli attraversamenti presenti lungo il corso d'acqua risultano idraulicamente insufficienti provocando rigurgiti nelle sezioni di monte. I volumi in eccesso vanno ad interessare le strade locali, come la strada SP59, a valle di quest'ultima i volumi divaganti vanno ad interessare aree agricole.

Per il corso d'acqua AV9406 si hanno criticità fin dalle prime sezioni, in corrispondenza dell'attraversamento della SP59 si riscontrano le maggiori criticità, a valle di quest'ultimo i volumi esondati interessano aree agricole e qualche edificio.

6.2.4 Modello "Talla_App"

Descrizione generale

Il modello comprende:

- il Fosso di Fonte Boccetti, nel tratto compreso fra il toponimo Fonte Bocelli fino alla confluenza con il Torrente Talla;
- il corso d'acqua AV10097, nel tratto compreso fra Via Casa Cecco fino alla confluenza con il Torrente Talla.

Entrambi i corsi d'acqua scorrono in aree boscate o verdi, ma in prossimità del centro abitato di Talla entrano in tratti tombati fino alla loro confluenza con il Torrente Talla.

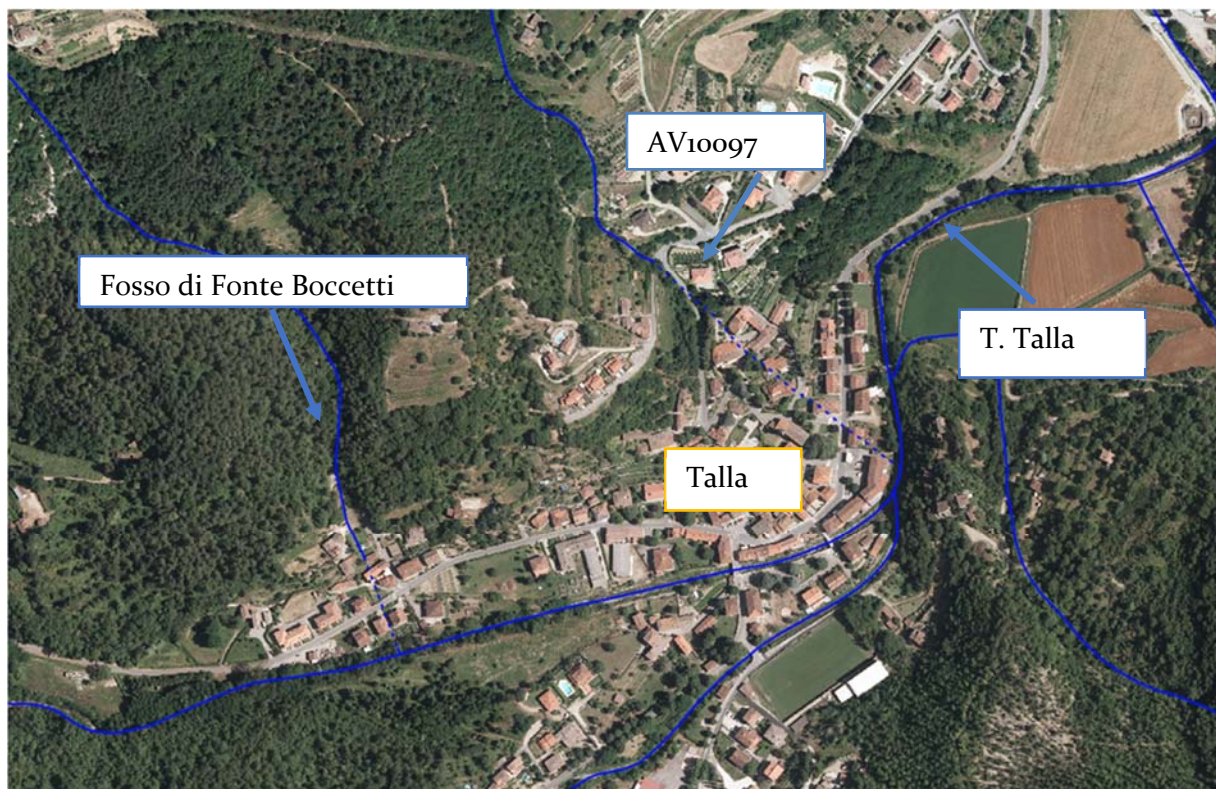


Figura 6.21 – Inquadramento del modello “Talla_App”

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo i due corsi d'acqua studiati, Fosso di Fonte Boccetti e l'asta AV10097, è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elementi *river* monodimensionali definiti per mezzo di *cross sections* e di due *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Talla.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Fonte Bocchetti	9	-	3	1
AV10097	4	-	1	1

Tabella 6.10 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello "Talla_App"

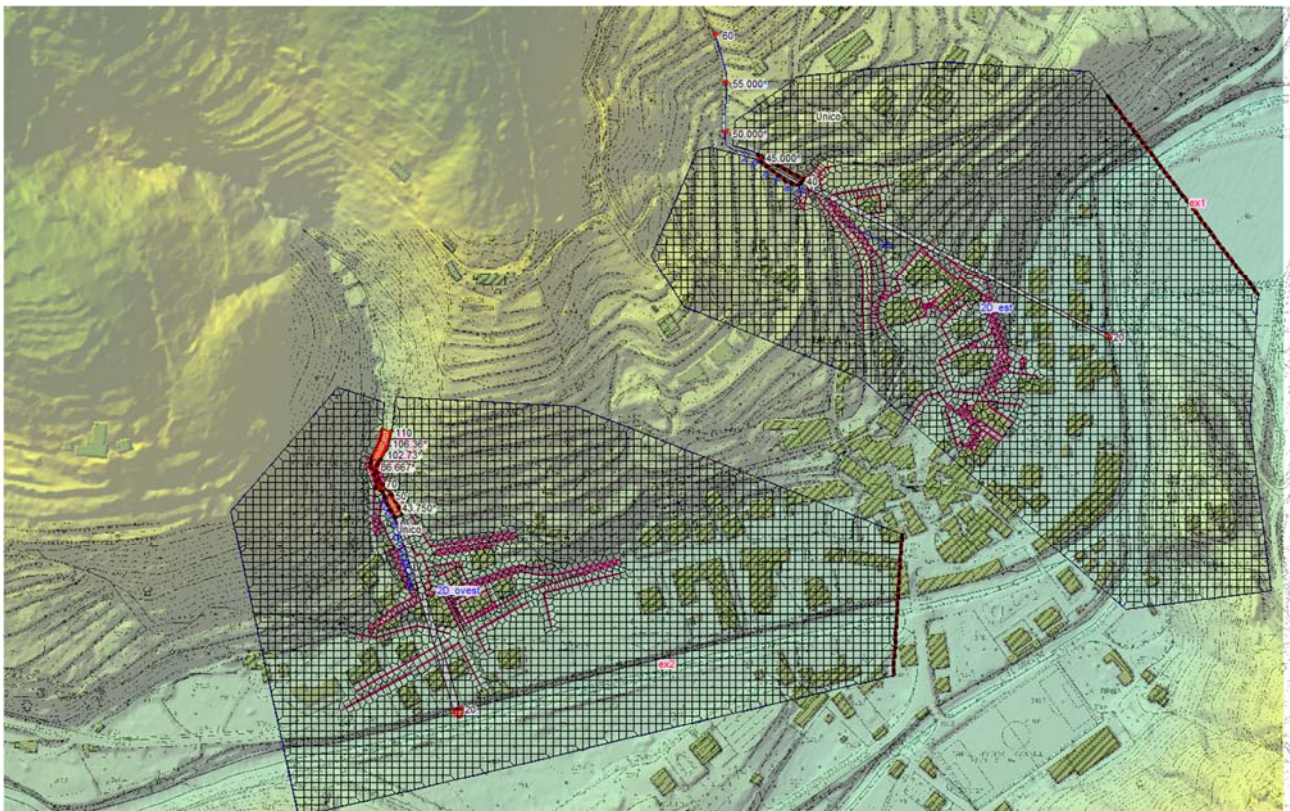


Figura 6.22 – Modello idraulico Talla_App

Sintesi dei risultati

Il Fosso Fonte Bocchetti presenta criticità fin dalle prime sezioni studiate, poco più a valle si ha la presenza del primo attraversamento sulla via di Fonte Bocchetti, il quale risulta essere insufficiente sia per eventi con Tr_{30} che Tr_{200} , creando un rigurgito tale da far uscire volumi di acqua in eccesso.

Proseguendo verso valle si hanno altri due tombamenti che presentano criticità e vengono sormontati sia per eventi con Tr_{30} che Tr_{200} .

I volumi in eccesso scorrono in direzione Sud-Est in direzione del centro abitato di Talla, andando ad interessare via Fonte Fonte Bocchetti, Via Roma, degli edifici lungo la viabilità comunale e una vasta area compresa fra via Roma e il torrente Talla.

L'affluente a Talla, censito con la sigla AV10097, ha delle criticità in corrispondenza dell'attraversamento posto lungo via Casa Cecco sia per eventi con Tr_{30} che per eventi con Tr_{200} . I volumi in eccesso vanno ad interessare la viabilità comunale, e proseguendo in direzione Sud-Est vanno ad interessare buona parte delle abitazioni del centro abitato di Talla.

6.2.5 Modello “Talla app”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- l’asta del T. Talla per poi prendere il toponimo di T. Salutio,
- il T. Lavanzone affluente di destra del T. Talla presso l’abitato di Talla.
- il Fosso censito con la sigla AV9245 che attraversa il centro abitato di Salutio, fino alla confluenza con il Torrente Salutio.

Il T. Talla, nel tratto modellato, attraversa l’abitato di Talla dove presenta sponde geometricamente definite per le opere antropiche presenti in adiacenza al corso d’acqua. A valle dell’abitato il corso d’acqua cambia toponimo in T. Salutio e scorre in maniera naturale attraverso la pianura alluvionale, le uniche opere antropiche presenti sono rappresentate da attraversamenti stradali e di viabilità locali fino alla confluenza nel F. Arno.

Il T. Lavanzone proviene dalle alture prospicienti l’abitato di Talla, attraversa quest’ultimo fino a confluire in sinistra del T. Talla.

il Fosso censito con la sigla AV9245, presso l’abitato di Salutio, presenta due tratti tombati, il primo con uno sviluppo lineare di circa 185 m per l’attraversamento della SP59 e il secondo con sviluppo lineare di circa 70 m per il superamento di una strada bianca e l’immissione nel Torrente Salutio.

I corsi d’acqua sono caratterizzati, a monte, da un alveo incassato con pendii a forte acclività, subito dopo l’abitato di Talla, invece, si sviluppano in aree a carattere prevalentemente agricolo, costeggiando per un tratto la strada provinciale, prima di immettersi nel Fiume Arno.

In Figura 6.25 è riportato il tracciato dell’affluente del T. Salutio come rilevato durante la campagna di rilievo topografica. Tale tracciato non corrisponde nella parte terminale con quanto osservabile dal reticolo idrografico regionale di cui alla LR 79/2012 agg. con DCRT 81/2021.

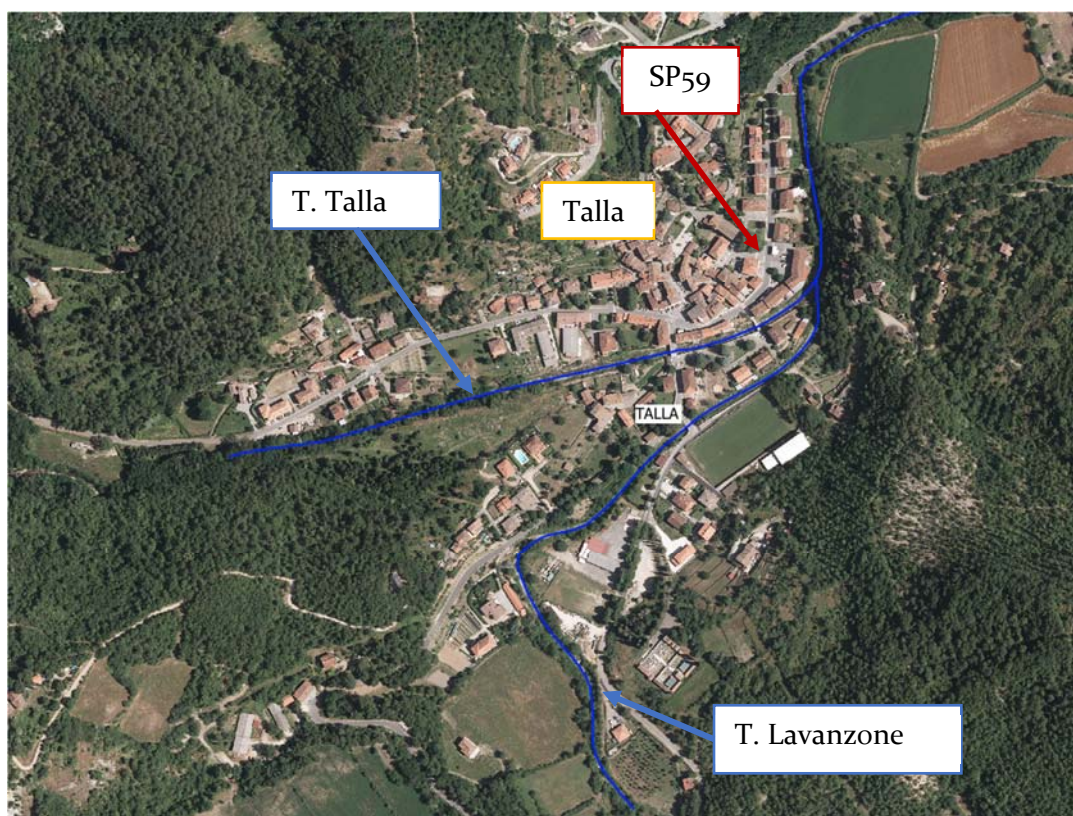


Figura 6.23 – T. Talla e T. Lavanzone presso l'abitato di Talla

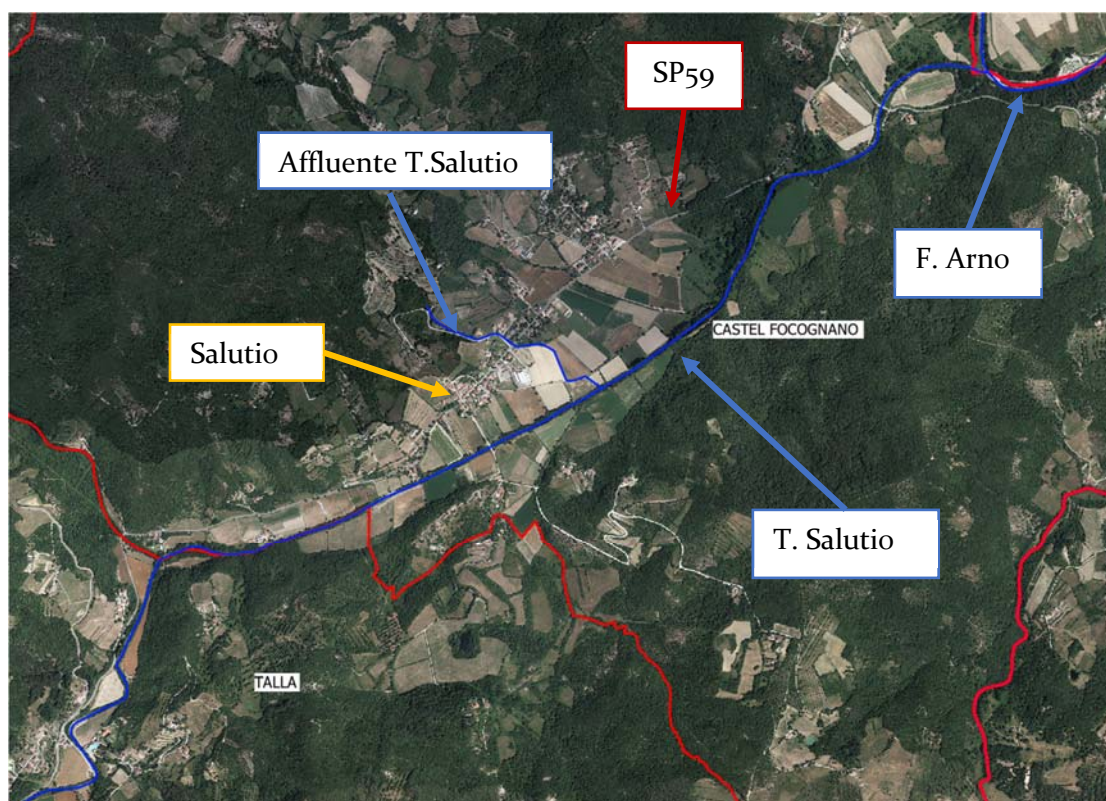


Figura 6.24 – T. Talla/T. Salutio fino alla confluenza nel F. Arno



Figura 6.25 – Inquadramento dell'affluente del T. Salutio

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections*, *inline structure*, *bridge* e di *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *flow*, collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati *lateral structures*.

Sono state poi inserite delle condizioni al contorno, *boundary condition lines*, in uscita dalle *flow area*, per simulare il reingresso nel corso d'acqua principale.

È stato realizzato un unico modello idraulico, nel quale sono stati inseriti, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come

condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* vario nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota imposta massima è di 291.67 m s.l.m. per Tr30 e 292.51 m s.l.m. per Tr200, quote corrispondenti al tirante idraulico dell'area allagata del Fiume Arno alla confluenza con il Torrente Salutio.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.030 e 0.035 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 e 0.035 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla lateral structure in questione.

I valori di riferimento sono riportati nella seguente tabella:

What is being modeled with the Lateral Structure	Description	Range of Weir Coefficients
Levee/Roadway – 3ft or higher above natural ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow	1.5 to 2.6 (2.0 default) SI Units: 0.83 to 1.43
Levee/Roadway – 1 to 3 ft elevated above ground	Broad crested weir shape, flow over levee/road acts like weir flow, but becomes submerged easily.	1.0 to 2.0 SI Units: 0.55 to 1.1
Natural high ground barrier – 1 to 3 ft high	Does not really act like a weir, but water must flow over high ground to get into 2D flow area.	0.5 to 1.0 SI Units: 0.28 to 0.55
Non elevated overbank terrain. Lat Structure not elevated above ground	Overland flow escaping the main river.	0.2 to 0.5 SI Units: 0.11 to 0.28

Tabella 6.11 – Combined 1D and 2D Modeling with HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center

In particolare per argini e rilevati è stato adottato un coefficiente pari a 1.1 (valore di default) in caso di dislivelli maggiori al metro, mentre in caso di altezze inferiori è stato utilizzato un valore centrale al range di riferimento pari a 0.75.

In corrispondenza di barriere naturali è stato utilizzato un valore interno al range (0.28-0.55) in base all'altezza del terreno rialzato, in particolare in corrispondenza di arginelli naturali appena accennati è stato adottato il valore 0.28.

Infine in caso di assenza di rilevati laterali è stato adottato un coefficiente pari a 0.2.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Torrente Salutio/Talla	38	2	6	8
Torrente Lavanzone	6		1	
AV9245 (Aff. Salutio)	18		2	

Tabella 6.12 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Talla”

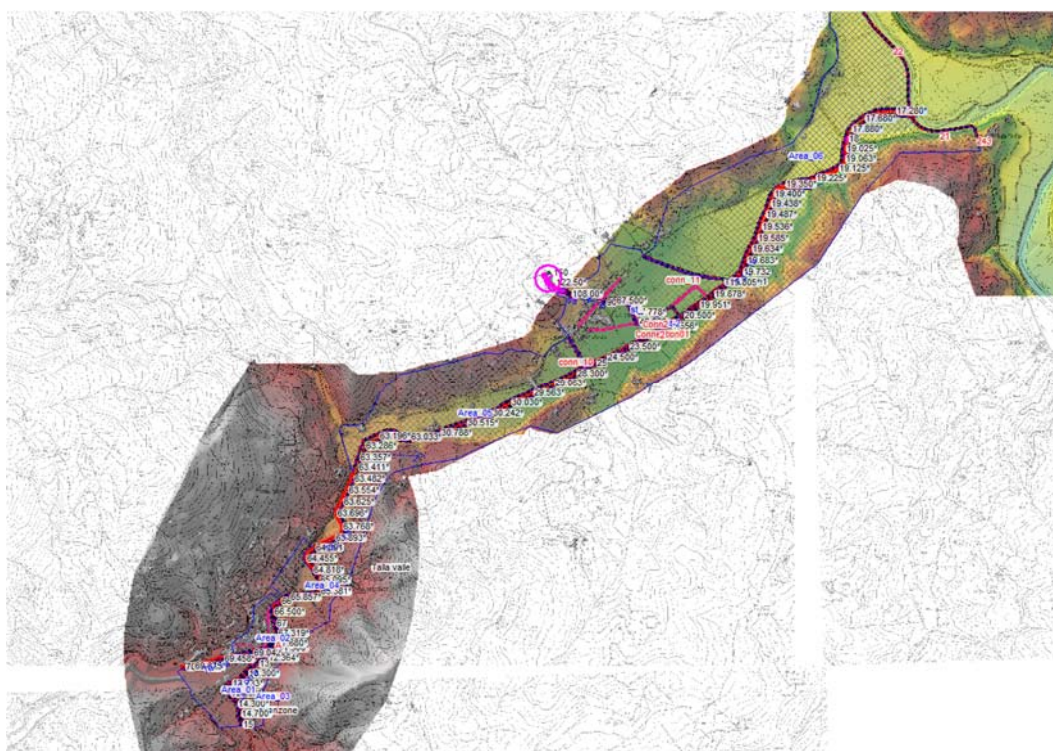


Figura 6.26 - Geometria Hec-Ras del modello “Talla”

Sintesi dei risultati

Gli alvei del T. Talla e del T. Lavanzone non sono sufficienti al contenimento delle portate per eventi di piena con T_{r30} e 200 anni, ne derivano esondazioni diffuse che coinvolgono gran parte dell’abitato di Talla e della SP59. A valle dell’abitato di Talla, il T. Talla/T. Salutio divaga nella pianura alluvionale coinvolgendo la viabilità locale presente.

L'affluente del Torrente Salutio (AV9245) genera criticità idrauliche per l'abitato di Salutio e per la SP59. Il rigurgito causato dal primo tratto tombato, a monte del centro abitato, causa allagamenti sia per tempi di ritorno di 30 anni che per tempi di ritorno di 200 anni, seppur con battenti minimali. Sono presenti esondazioni anche a valle di Salutio, sia in destra che in sinistra idraulica, nelle aree ad uso agricolo, prima che queste vadano a confluire sul torrente Salutio.

6.2.6 Modello “Fosso Maesta”

Descrizione generale

Il Fosso della Maestà ha origine dalla collina che sovrasta la porzione più a Sud dell'abitato di Rassina; la porzione di monte dell'asta fluviale costeggia aree agricole, fino a raggiungere la linea ferroviaria, dopo la quale attraversa l'abitato fino a confluire nel Fiume Arno. Il Fosso della Maestà è interrato per circa 60/80 mt da monte della linea ferroviaria fino a valle della Sr71, dopodiché costeggia a cielo aperto edifici di civile abitazione fino a raggiungere, poco prima della confluenza, il sotto attraversamento di Via Giuseppe di Vittorio.



Figura 6.27 Inquadramento geografico del Fosso della Maestà

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta del corso d'acqua studiato è modellato come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross section*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale.

Lungo il percorso è stata inserita un'unica *flow areas 2D*; nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua, sono state modellate con gli elementi *flow areas 2D* e sono collegate all'alveo *lateral structures*.

Come condizione al contorno di monte è stato impiegato l'idrogramma di piena, definito come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante pari a 269.09 m slm corrispondente alla massima quota del Fiume Arno in quel punto per evento con Tr 200 anni .

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ per le aree golenali

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* secondo le indicazioni fornite dal manuale di HEC-RAS.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Maestà	12	-	3	1

Tabella 6.13 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso della Maestà”



Figura 6.28 – Vista del modello HEC-RAS del Fosso della Maestà

Sintesi dei risultati

Sono individuate criticità idrauliche sia per alluvioni frequenti che per alluvioni poco frequenti, da ricondurre sia all'inadeguatezza degli attraversamenti e dei tratti tombati che all'inadeguatezza delle sezioni idrauliche nel tratto a cielo aperto a valle della SR71.

Per quanto riguarda la ferrovia, questa è esterna alle aree a pericolosità idraulica sia per alluvioni frequenti che poco frequenti, in quanto si trova in posizione di alto morfologico, diversamente, la SR71 ricade in aree a pericolosità per alluvioni sia frequenti che poco frequenti con battenti duecentennali dell'ordine dei 10/12 cm. A valle della SR71, le aree interessate da pericolosità idraulica per alluvioni frequenti e poco frequenti riguardano sia edifici civili che industriali, oltre ad aree a verde.

Risulta inoltre interessata da pericolosità per alluvioni sia frequenti che poco frequenti Via Giuseppe di Vittorio, con battenti fino a 20/25 cm.

6.2.7 Modello “Fonte Antica”

Descrizione generale

Il Fosso Antica ha origine dalla collina che sovrasta la porzione più a Sud dell’abitato di Rassina. Come il Fosso della Maestà, la porzione di monte costeggia aree agricole, fino a raggiungere la linea ferroviaria, dopo la quale si tomba fino a confluire nel Fiume Arno, oltre Via Giuseppe di Vittorio. Fa eccezione un breve tratto a cielo aperto a valle della linea ferroviaria di lunghezza 5.0 mt circa, oltre il quale il Fosso Antica è tombato, fino al recettore finale.



Figura 6.29 Inquadramento geografico del Fosso Fonte Antica

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta del corso d'acqua studiato è modellato come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross section*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale.

Lungo il percorso sono state inserite due *flow areas 2D* collegate tra loro attraverso un elemento *connection* in corrispondenza del rilevato ferroviario a monte della SR71; nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua, sono state modellate con gli elementi *flow areas 2D* e sono collegate all'alveo *lateral structures*.

Come condizione al contorno di monte è stato impiegato l'idrogramma di piena, definito come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante pari a 296.8 m slm per Tr200 anni e 295.03 per Tr30 anni.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ per le aree golenali

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* secondo le indicazioni fornite dal manuale di HEC-RAS.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Maestà	6	-	3	2

Tabella 6.14 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso Fonte Antica”



Figura 6.30 Vista del modello HEC-RAS del Fosso Fonte Antica

Sintesi dei risultati

Le criticità idrauliche più significative sono individuate per alluvioni poco frequenti, da ricondurre all'inadeguatezza degli attraversamenti e dei tratti tombati che interessano l'asta fluviale dalla linea ferroviaria fino alla confluenza del Fiume Arno, cioè attraversando l'abitato di Rassina.

Per quanto riguarda la ferrovia, questa è esterna alle aree a pericolosità idraulica sia per alluvioni frequenti che poco frequenti, in quanto si trova in posizione di alto morfologico, diversamente, la SR71 ricade in aree a pericolosità per alluvioni sia frequenti che poco frequenti con battenti duecentennali dell'ordine dei 10/15 cm. A valle della SR71, le aree interessate da pericolosità idraulica per alluvioni frequenti e poco frequenti riguardano sia edifici civili che industriali, che i piazzali.

6.2.8 Modello “Pelata_Bagnacci”

Descrizione generale

Il Fosso Pelata e il Fosso Bagnacci hanno origine dalla collina che sovrasta la porzione più a Sud dell’abitato di Rassina. Come le aste fluviali precedenti, i tratti più a monte costeggiano aree agricole o boschive, fino a raggiungere la linea ferroviaria.

Il Fosso Pelata (censito al reticolo come AV8263) è a cielo aperto, attraversa la strada comunale di loc. Bagnacci e confluisce, torna a cielo aperto per un brevissimo tratto fino a tombarsi sotto l’asse ferroviario per un tratto di circa 50 mt per poi confluire a cielo aperto sul Fosso dei Bagnacci prima della SR71. Quest’ultimo è invece per lo più a cielo aperto fino all’attraversamento della SR71 (fanno eccezione dei brevi attraversamenti della strada comunale di loc. Bagnacci e della linea ferroviaria). il tratto tombato al di sotto della viabilità regionale è lungo circa 25 mt; da lì il Fosso Bagnacci costeggia la SR71 procedendo verso Sud per poi virare verso il Fiume Arno dopo circa 400 mt.



Figura 6.31 Inquadramento geografico dei Fossi Pelata e Bagnacci

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le due aste del corso d'acqua studiate sono modellate come elementi *river* monodimensionali definiti per mezzo di *cross section*, *inline structure*, *bridge*.

Non sono stati utilizzati elementi bidimensionali *flow areas 2D*, dato che le portate sono contenute in alveo per i tempi di ritorno considerati.

Come condizione al contorno di monte è stato impiegato l'idrogramma di piena, definito come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante pari a 294.64 m slm per Tr200 anni e 293.93 per Tr30 anni.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.04/0.07 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 s m^{-1/3} per le aree golenali

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* secondo le indicazioni fornite dal manuale di HEC-RAS.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Pelata	10	-	3	-
Fosso dei bagnacci	21	1	5	-

Tabella 6.15 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso Pelata-Bagnacci”

Sintesi dei risultati

Dall'esecuzione dei modelli di calcolo, non risultano criticità idrauliche per eventi con Tr30 anni e con Tr 200 anni. Le portate liquide sono sempre contenute nelle geometrie d'alveo, fatto salvo il tratto finale prima della confluenza, dove tuttavia le esondazioni sono trascurabili in termini di effetti rispetto a quelle definite dal PGRA per il reticolo principale del Fiume Arno. Per quanto riguarda gli attraversamenti sulla viabilità comunale, sulla ferrovia e sulla SR71, il deflusso idraulico è garantito, ma senza il rispetto dei franchi di sicurezza minimi previsti dalle NTC2018.

6.3 Comune di Castel San Niccolò

6.3.1 Modello “Pagliericcio”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso di Pagliericcio censito con la sigla Av4125 che confluisce nel Torrente Solano nei pressi della località Pagliericcio, attraversando interamente tombato il centro abitato di Pagliericcio.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata, fino ad incontrare le prime abitazioni, dove inizia un tratto tombato il quale finisce poco più a valle di via di Pagliericcio, nel tratto finale scorre a cielo aperto fino a confluire nel Torrente Solano.

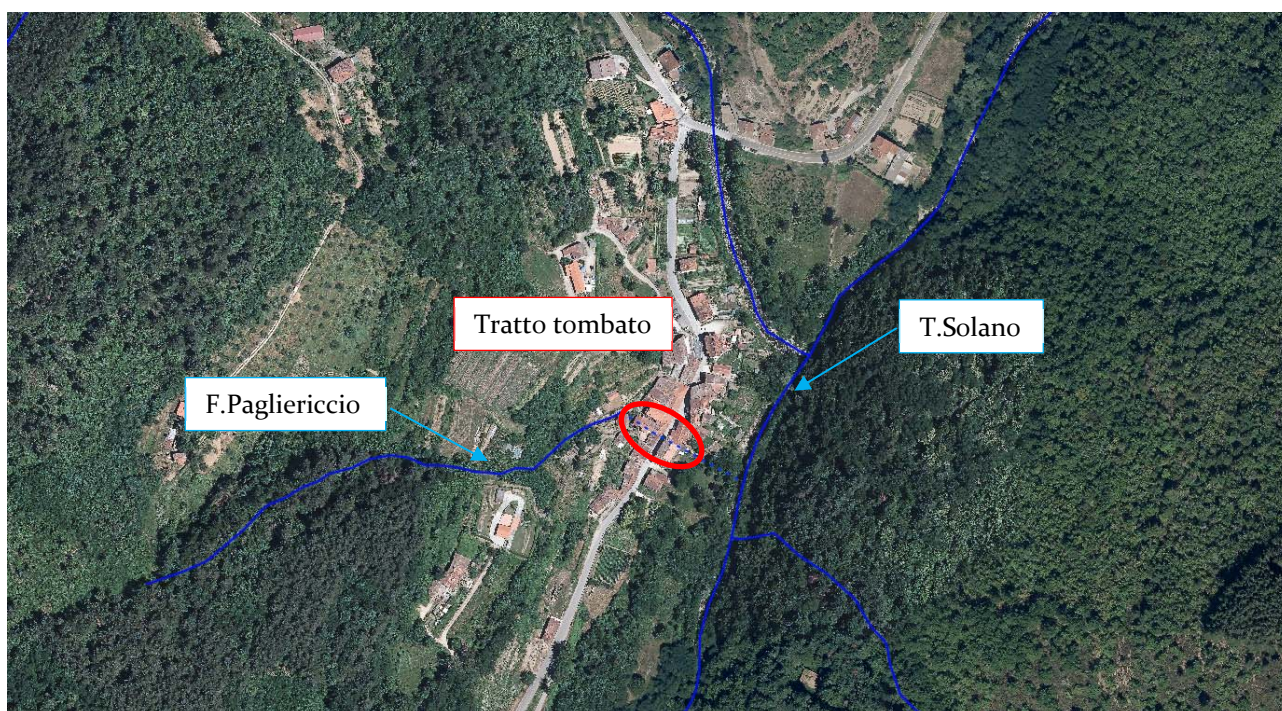


Figura 6.32 –Planimetria del modello Pagliericcio

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso di Pagliericcio è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate

sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Solano. La quota imposta è di 425,66 m s.l.m. sia per la Tr30 che per la Tr200, quote corrispondenti al tirante idraulico minimo in corrispondenza della confluenza fra il Fosso di Pagliericcio e il Torrente Solano.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso di Pagliericcio	13		2	1

Tabella 6.16 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Pagliericcio”

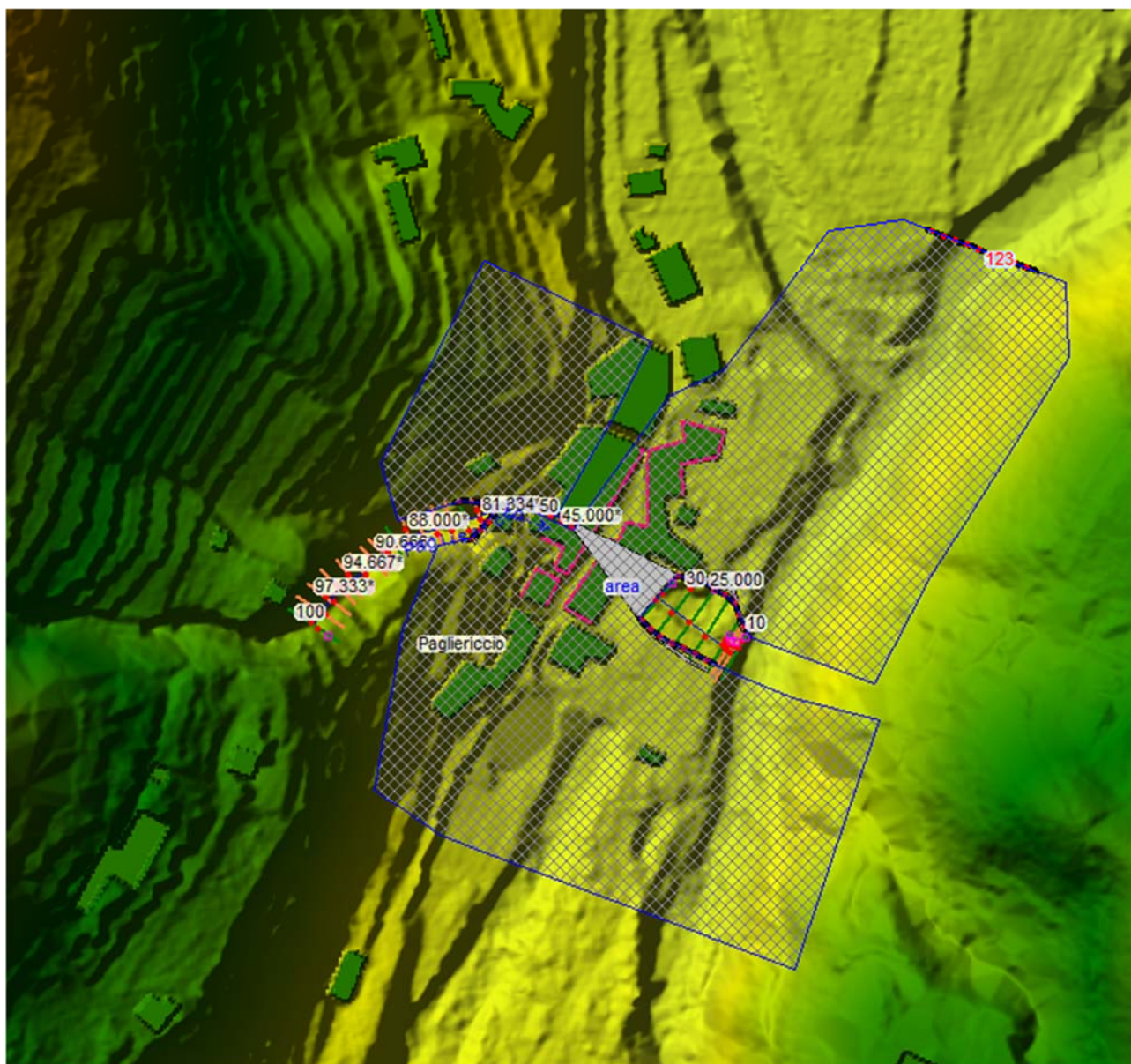


Figura 6.33 – Modello idraulico del Fosso di Pagliericcio

Sintesi dei risultati

Le principali criticità, sia per tempi di ritorno di 200 anni che per tempi di ritorno di 30 anni, si hanno in corrispondenza del primo attraversamento, posto a monte del nucleo abitato, la cui sezione idraulica risulta insufficiente causando il rigurgito e conseguentemente l'allagamento delle aree limitrofe a quest'ultimo.

6.3.2 Modello “Rio Solano”

Descrizione generale

Il modello comprende l’asta del Rio Solano censito con la sigla AV3507 che confluisce nel Torrente Solano nei pressi del toponimo Casa Nuova.

Il tratto studiato si estende per circa 700 metri, costeggiando il campo sportivo di Strada in Casentino fino alla confluenza con il T. Solano, attraversando prevalentemente aree agricole e verdi.

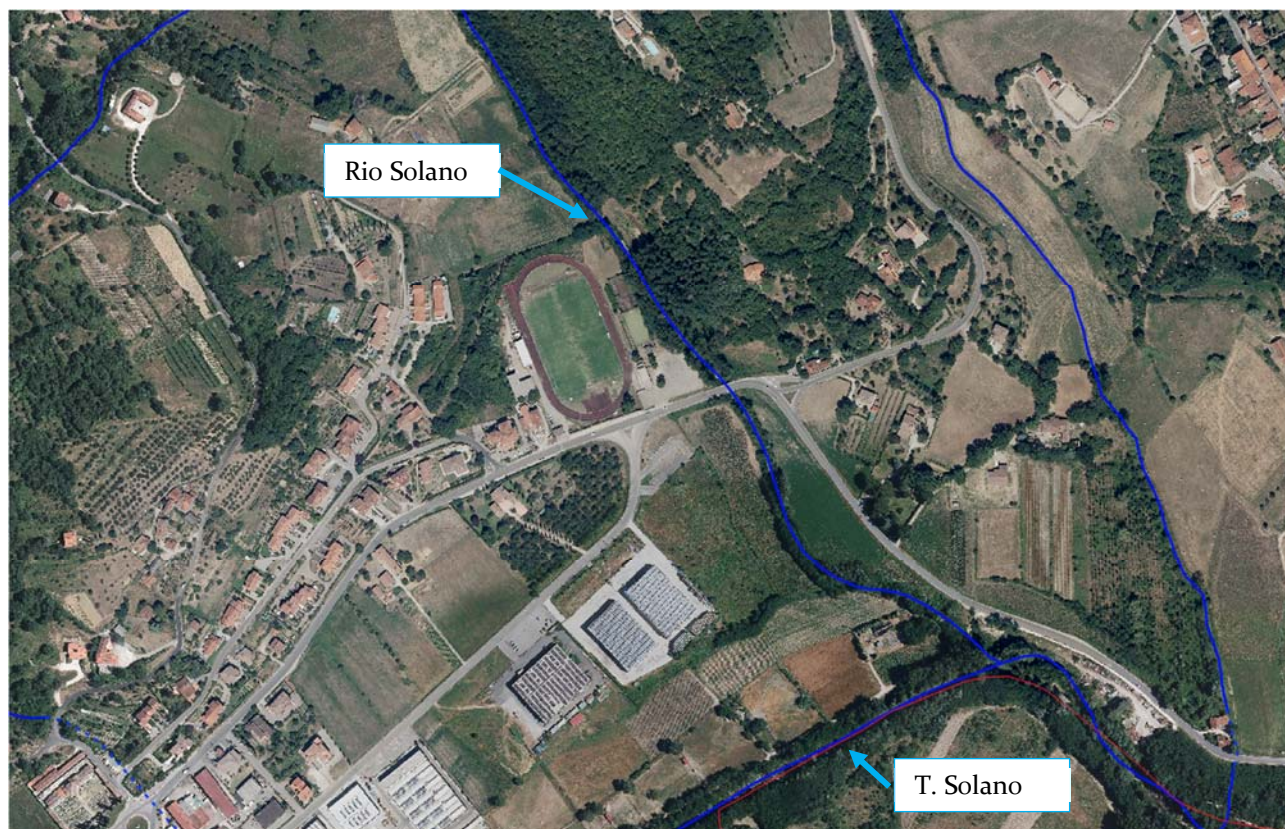


Figura 6.34 – Inquadramento del modello “Rio Solano”

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui l’asta del Rio Solano è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross section*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale

Lungo il percorso sono state inserite 2 *flow areas 2D*; nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d’acqua, modellate con

gli elementi storage, sono collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati lateral structures.

Come condizione al contorno di monte è stato impiegato l'idrogramma di piena, definito come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante per simulare l'immissione nel Torrente Solano. La quota imposta è di 362.56 m s.l.m. per Tr30 e 363.03 m s.l.m. per Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.03 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Rio Solano	12	1	1	2

Tabella 6.17 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Rio Solano”

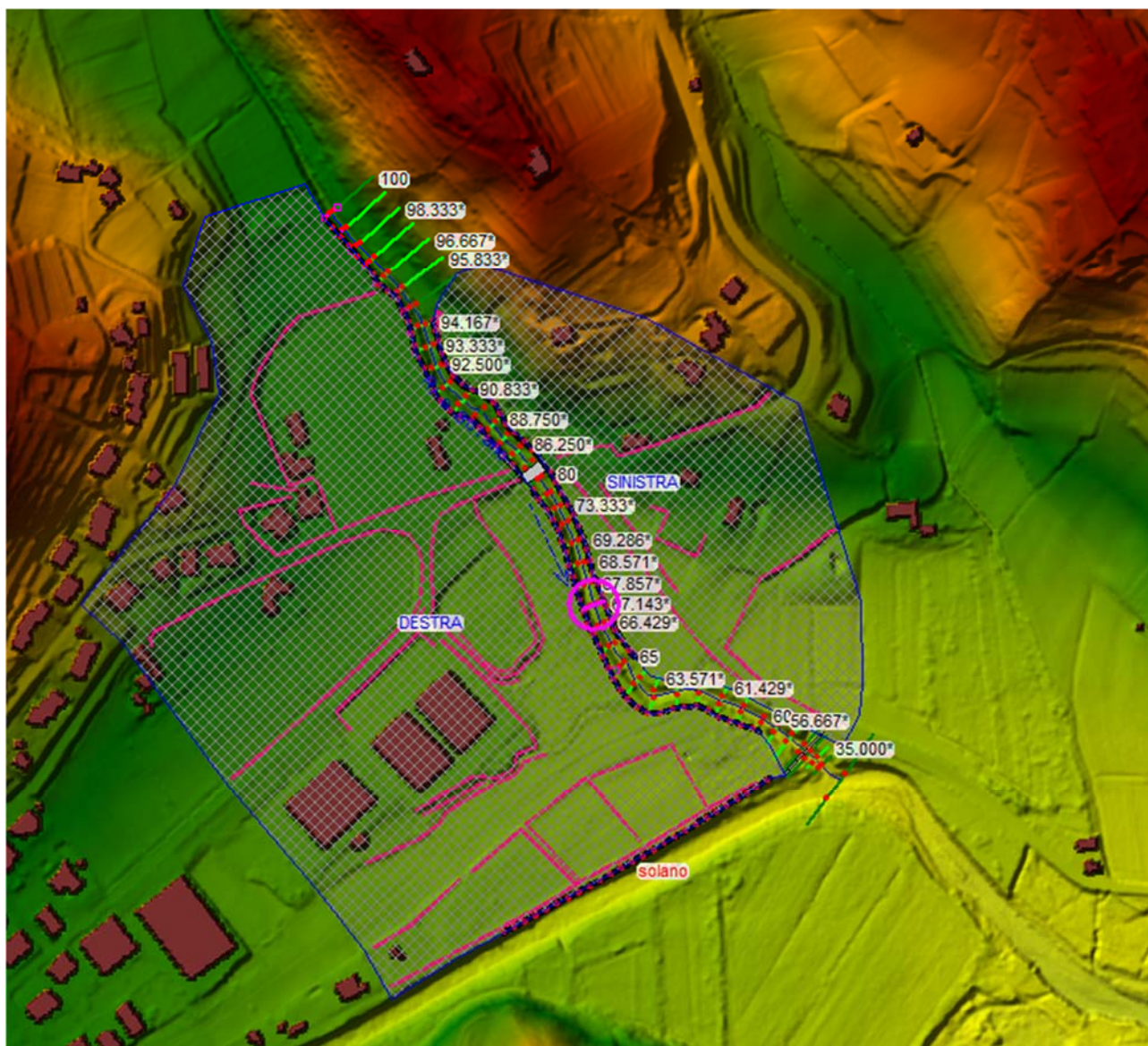


Figura 6.35 - Geometria Hec-Ras del modello “Rio Solano”

Sintesi dei risultati

Le principali criticità idrauliche, sia per eventi con tempo di ritorno di 30 anni che per tempi di ritorno di 200 anni, sono imputabili all'insufficienza idraulica delle sezioni comprese fra il campo sportivo e il ponte lungo la strada SP70.

Il fenomeno alluvionale, per eventi con tempi di ritorno 200 anni, si propaga in destra idraulica interessando le aree limitrofe al campo sportivo e una porzione di quest'ultimo con direzione Nord-Sud, interessando la viabilità e le aree agricole comprese fra la strada SP70 e il Torrente Solano. In sinistra idraulica sono interessate le aree verdi poste a monte dell'attraversamento lungo la SP70.

Per quanto riguarda eventi alluvionali con tempi di ritorno di 30 anni, le aree interessate sono limitate ad aree verdi poste in sinistra idraulica a monte del ponte lungo la SP70.

6.3.3 Modello “Solano_App”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- il T. Solano dal tratto a monte della confluenza con il F. di Pagliericcio fino alla confluenza nel Fiume Arno,
- il T. Rifiglio nel tratto che attraversa la località Rifiglio fino a confluire con il Torrente Solano.

Il T. Solano, nel tratto iniziale, percorre aree prevalentemente boscate, con presenza di aree golenali o anse in cui sono presenti isolati edifici. Il primo nucleo abitato lambito dal T.Solano è il centro abitato di Pagliericcio, successivamente incontra il nucleo di Prato di Strada in sinistra idraulica e successivamente il capoluogo comunale Strada. In questo tratto nel T. Solano sono presenti opere trasversali quali briglie o soglie che fissano la quota di fondo alveo, inoltre sono presenti per tratti prolungati sponde verticalizzate a sostegno di strutture antropiche quali edifici o viabilità.

A valle dell’abitato di Strada il T. Solano percorre tratti pianeggianti prevalentemente agricoli fino alla confluenza nel F. Arno. In questo tratto sono presenti arginature in destra e sinistra idraulica.

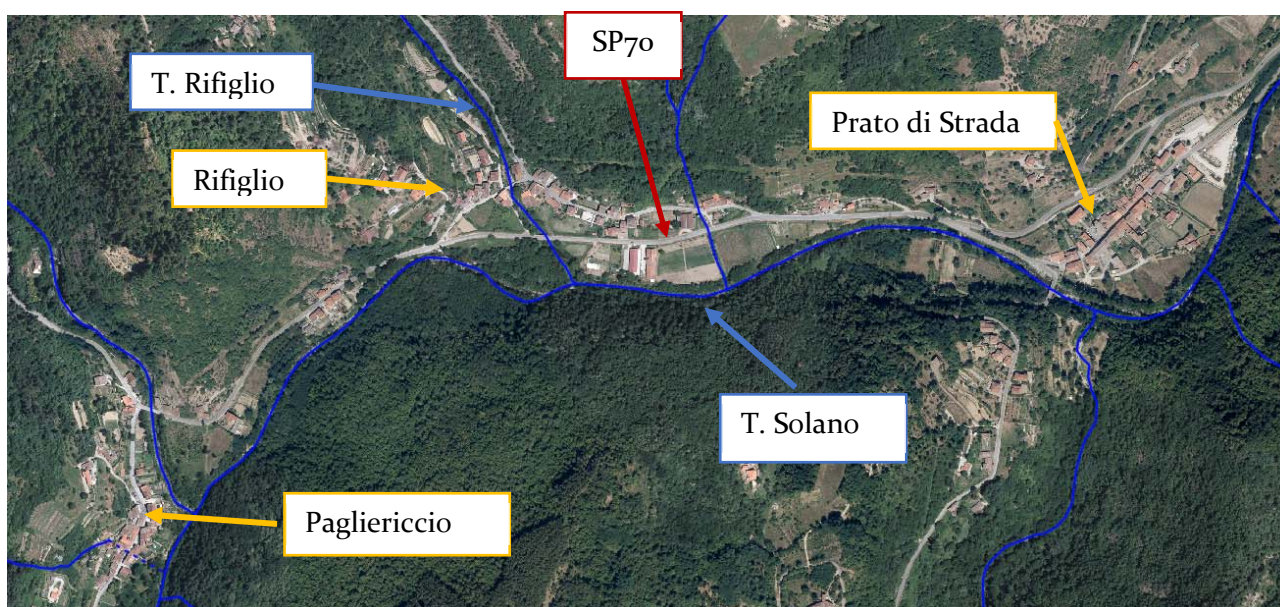


Figura 6.36 - inquadramento di monte del modello “Solano”, in rosso i confini comunali



Figura 6.37 - inquadramento presso l'abitato di Strada del modello "Solano", in rosso i confini comunali

Il T. Rifiglio attraversa l'omonima località ed ha prevalente carattere torrentizio fino alla confluenza nel T. Solano, in questo tratto sono presenti opere antropiche quali briglie, attraversamenti di viabilità e sponde verticalizzate a sostegno di infrastrutture ed edifici.

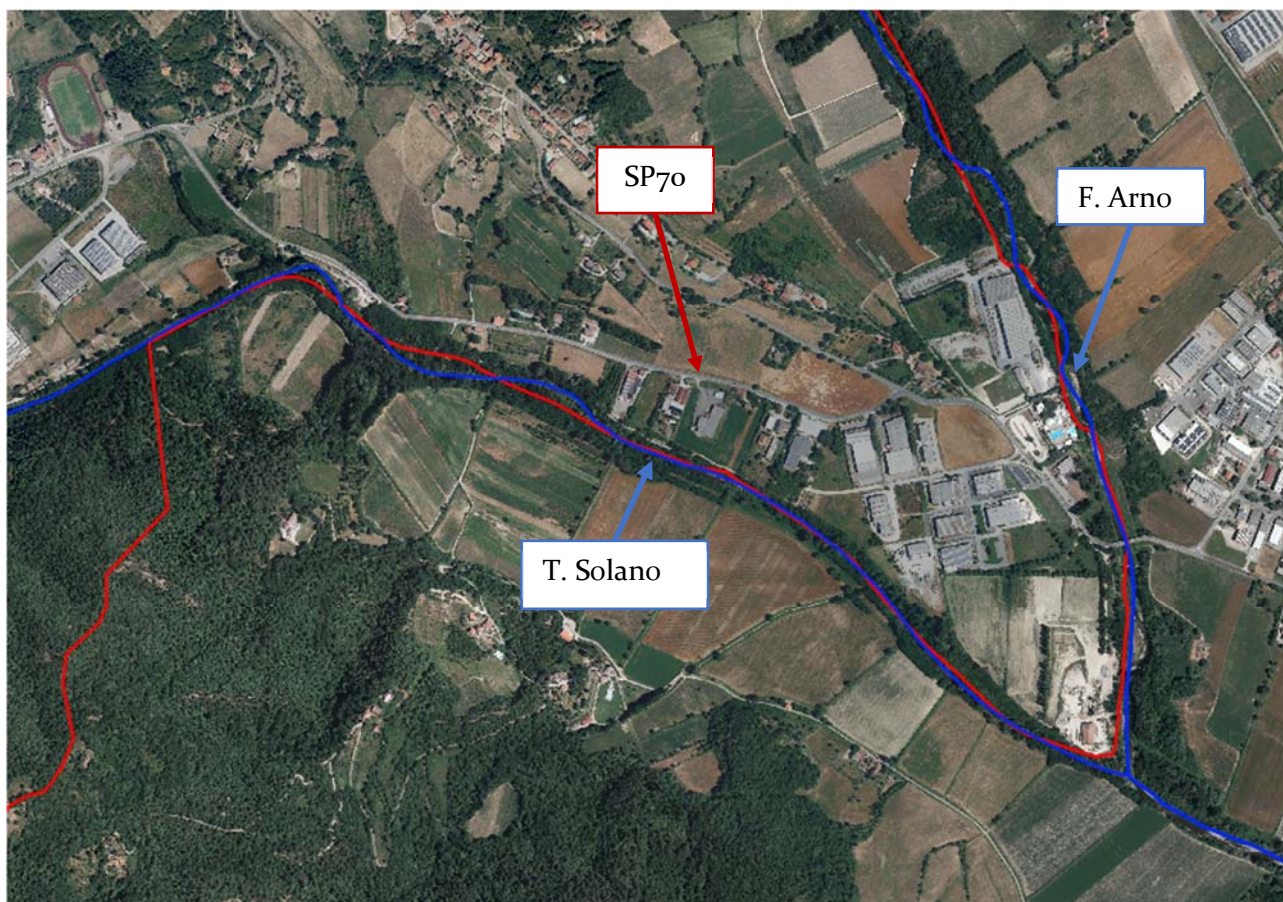


Figura 6.38 - inquadramento di valle del modello “Solano” fino alla confluenza nel F. Arno, in rosso i confini comunali

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali dei T. Solano e T. Rifiglio sono modellate come elementi *river* monodimensionali definito per mezzo *cross sections*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D*.

Lungo il percorso, principalmente sono presenti anse, golene, aree urbanizzate o aree potenzialmente inondabili, sono state inserite 6 flow areas 2D. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua modellate con gli elementi storage sono collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati lateral structures.

È stata poi inserita una condizione al contorno, boundary condition lines, in uscita dalla storage area di valle, per simulare il deflusso di allontanamento lungo l'alveo del F. Arno.

È stato realizzato un unico modello idraulico, nel quale sono stati inseriti, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stato utilizzato l'andamento del tirante idrico per gli eventi di piena del fiume Arno.

Per le scabrezze dei corsi d'acqua sono stati assunti i seguenti valori di Manning, definiti come descritto nei precedenti capitoli:

- Tratto di monte, fino alla prossimità del centro abitato di Strada:
 - $0.06 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, fuori dall'alveo principale;
 - $0.035 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, per l'alveo principale.
- Tratto di valle, dal centro abitato di Strada fino alla confluenza con il fiume Arno:
 - o $0.035 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, fuori dall'alveo principale;
 - o $0.03 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, per l'alveo principale.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Torrente Solano	82	3	2	6
Torrente Rifiglio	12		2	

Tabella 6.18 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Solano”

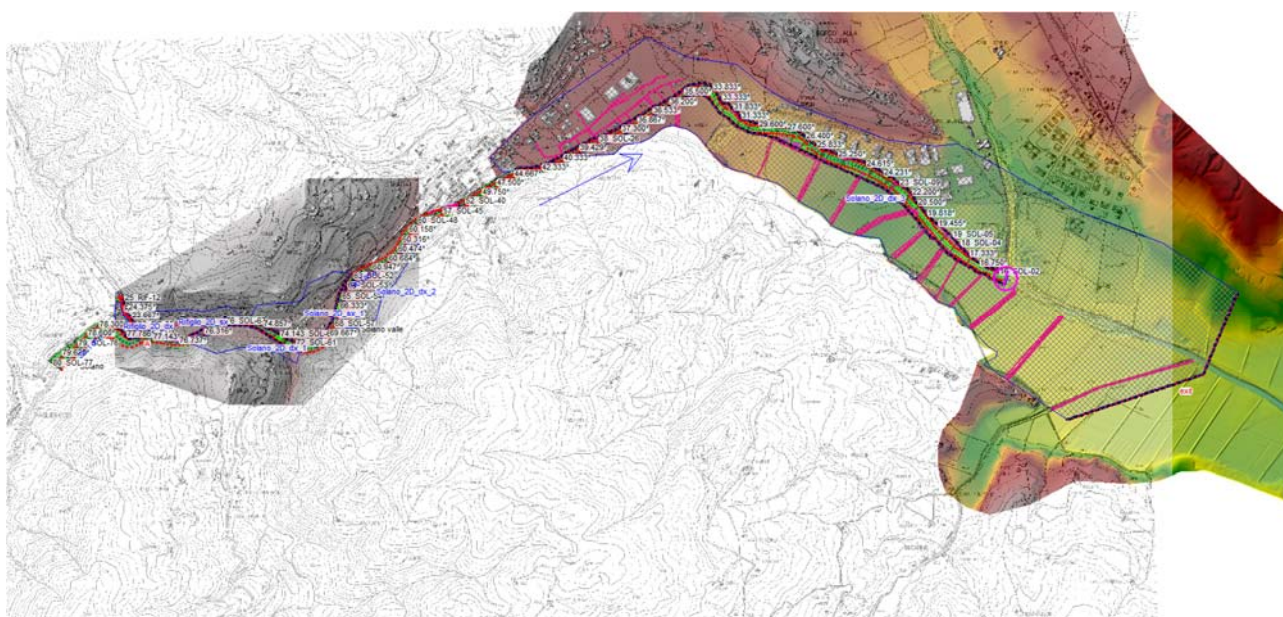


Figura 6.39 - Modello “Solano”

Sintesi dei risultati

Nel tratto di monte, presso la confluenza nel T. Solano, il T. Rifiglio non contiene le portate per eventi con Tr 200 anni, andando ad interessare la strada SP71 e le zone in prossimità della confluenza con il T. Solano.

Il deflusso lungo il T. Solano, durante eventi di piena, comprende le aree golenali e le anse, coinvolgendo anche l’abitato di Prato di Strada con esondazioni in sinistra idraulica che si propagano all’interno del centro abitato per eventi con Tr200 anni e solo parzialmente per eventi con Tr30 anni.

L’attraversamento dell’abitato di Strada avviene senza particolari criticità idrauliche.

Nel tratto di valle il T. Solano tende a occupare la pianura alluvionale conterminando oltrepassando le difese arginali lungo il suo percorso.

6.3.4 Modello “Strada”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- il Fosso di Scopicci nel tratto compreso fra il toponimo Ontaneta fino a confluire con il Rio Affrico nei pressi del toponimo Pieve di Martino a Vado,
- il Rio Affrico nel tratto compreso fra il toponimo di Capezzi fino alla confluenza con il T. Solano,
- il Fosso di Cavallena per un tratto di circa 400 metri fino alla confluenza con il T. Solano.

Tutti e tre i corsi d’acqua scorrono tombati al di sotto del centro abitato di Strada in Casentino.

Il Fosso di Cavallena nel tratto iniziale percorre aree prevalentemente in aree agricole fino alla via della Torre e Tartiglia, punto in cui scorre sotterraneo fino alla confluenza con il T. Solano.

Il fosso Scopicci scorre inizialmente a cielo aperto in aree verdi e agricole fino ad incontrare Via Aldo Moro, punto in cui inizia a scorrere sotterraneo fino alla sua immissione nel Rio Affrico, posta poco più a valle della strada SP70.

Il Rio Affrico scorre inizialmente a cielo aperto fino all'incrocio fra Via Ponente e Via Doccia, punto in cui scorre tombato fino a poco più a valle della strada SP70, punto in cui scorre a cielo aperto fino all'immissione con il T. Solano.

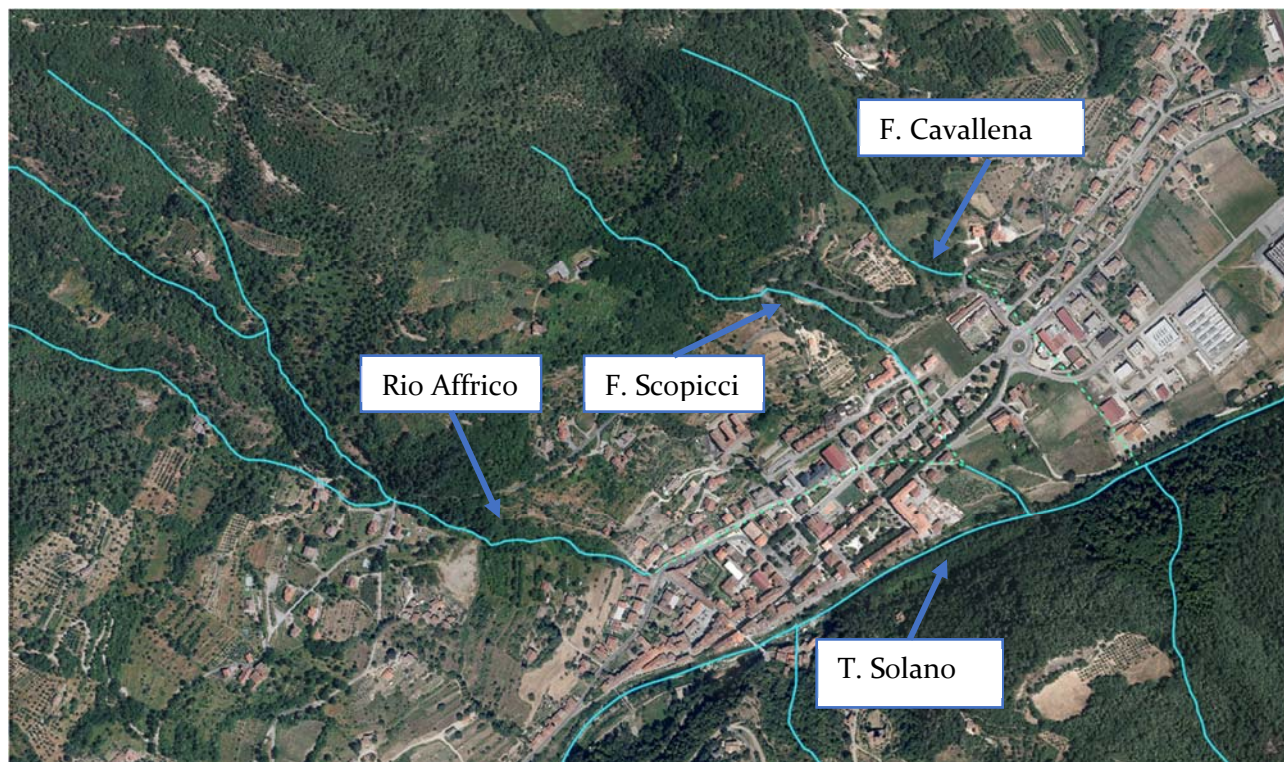


Figura 6.40 - inquadramento del modello "Strada"

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso di Scopicci, il Rio Affrico e il Fosso di Cavallena è realizzata con il software HEC-RAS 6.3.1 in cui le aste fluviale sono modellata come elementi *rivers* monodimensionali definiti per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Solano. La quota imposta per il Fosso di

Cavallena è pari a 371.76 m s.l.m. per eventi con Tr200 e di 371.02 m s.l.m. per eventi con Tr30; per il Rio Affrico è pari a 373.41 m s.l.m. per eventi con Tr200 e di 371.02 m s.l.m. per eventi con TR30.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.035 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Rio Affrico	10	-	2	1
Fosso Scopicci	6	-	2	
Fosso di Cavallena	6	-	1	

Tabella 6.19 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Strada”

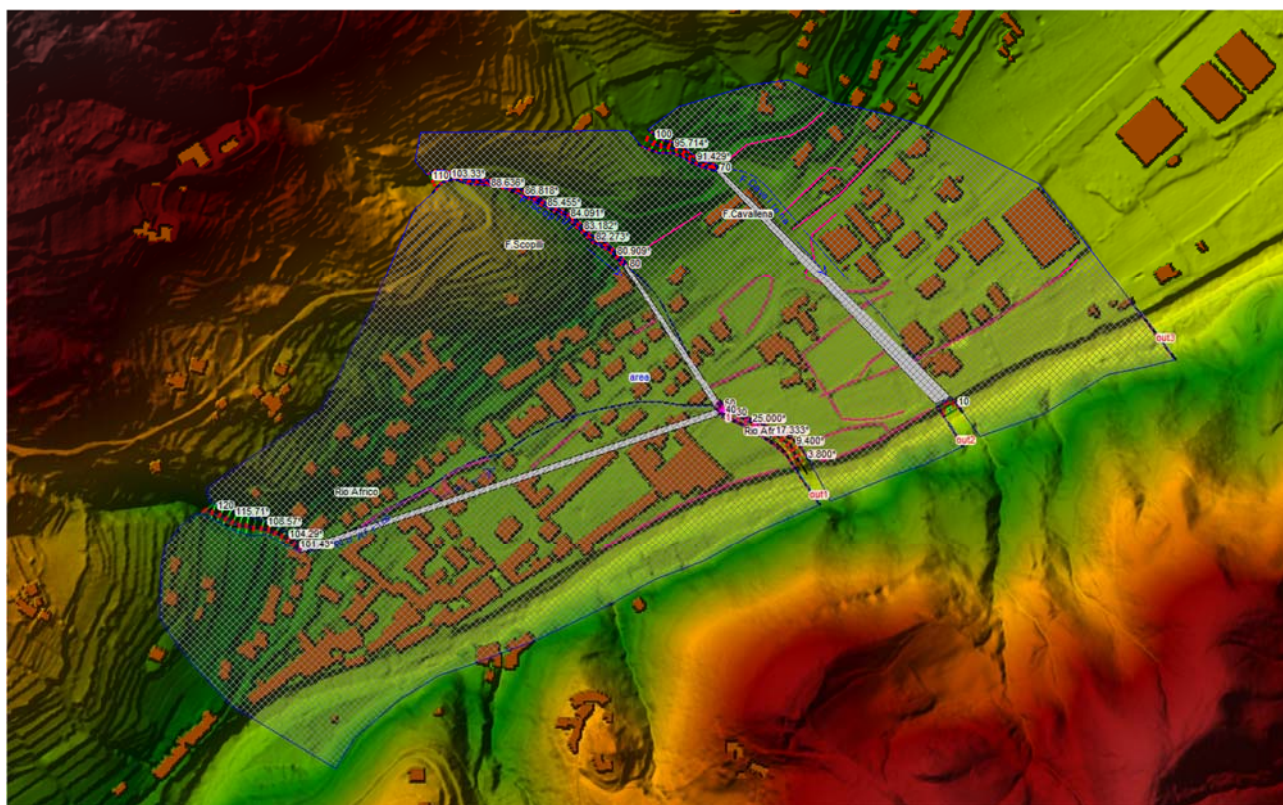


Figura 6.41 - Modello “Strada”

Sintesi dei risultati

Le principali criticità del Rio Affrico, sia per eventi con tempo di ritorno di 30 anni che per tempi di ritorno di 200 anni, sono imputabili al rigurgito provocato dalla struttura presente nel tratto finale del tratto studiato, andando ad interessare limitrofe destinate prevalentemente ad aree agricole.

Le criticità riguardanti il Fosso Scopicci sono dovute al rigurgito provocato dalla presenza dell'attraversamento lungo via Cavolini e il tombamento presente lungo via Aldo Moro. In particolar modo il fenomeno alluvionale per eventi con TR200 si propaga verso il T. Solano andando ad interessare una porzione dell'abitato di Strada in Casentino prossimo all'incrocio fra Via Aldo Moro e Viale Italia, la zona sottostante a Viale Italia fino al T.Solano è completamente interessata dal fenomeno. Per quanto riguarda eventi con Tr30 la dinamica di alluvione è la stessa di quella con Tr200, solo andando ad interessare aree ridotte.

Il Fosso di Cavallena non presenta particolari criticità se non il rigurgito provocato dall'immissione nel T.Solano.

6.3.5 Modello "Vignamaggiore"

Descrizione generale

Il modello comprende l'asta del Fosso di Vignamaggiore censito con la sigla AV4008 che confluisce nel Torrente Solano poco più a valle della confluenza con il Torrente Rifiglio con il T.Solano, nei pressi della località Rifiglio.

Il tratto studiato si estende per circa 500 metri, scorre prevalentemente in aree verdi e agricole, solo nel tratto centrale si ha interferenza con la viabilità locale, il primo attraversamento è sulla SP71 di Caiano e il secondo sulla SP70, e degli edifici.

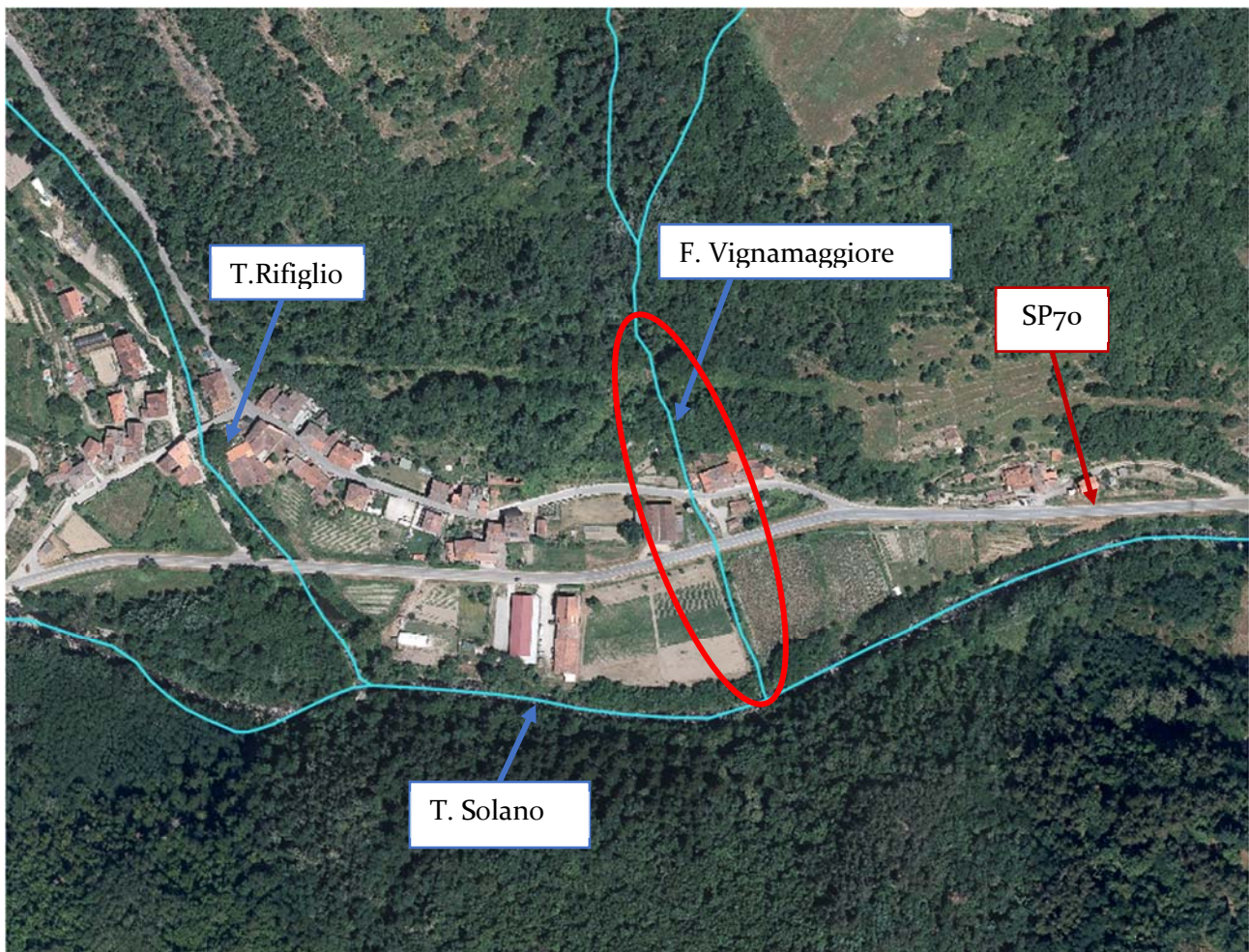


Figura 6.42 - inquadramento del modello “Vignamaggiore”

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso di Vignamaggiore è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l’asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un’unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d’acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* costante nel tempo per simulare l’immissione nel Torrente Solano. La quota imposta è di 403.67 m

s.l.m. per la Tr30 e di 404.17 m s.l.m. per la Tr200, quote corrispondenti al tirante idraulico massimo in corrispondenza della confluenza fra il Fosso di Vignamaggiore e il Torrente Solano.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.035 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso di Pagliericcio	11		2	2

Tabella 6.20 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Vignamaggiore”

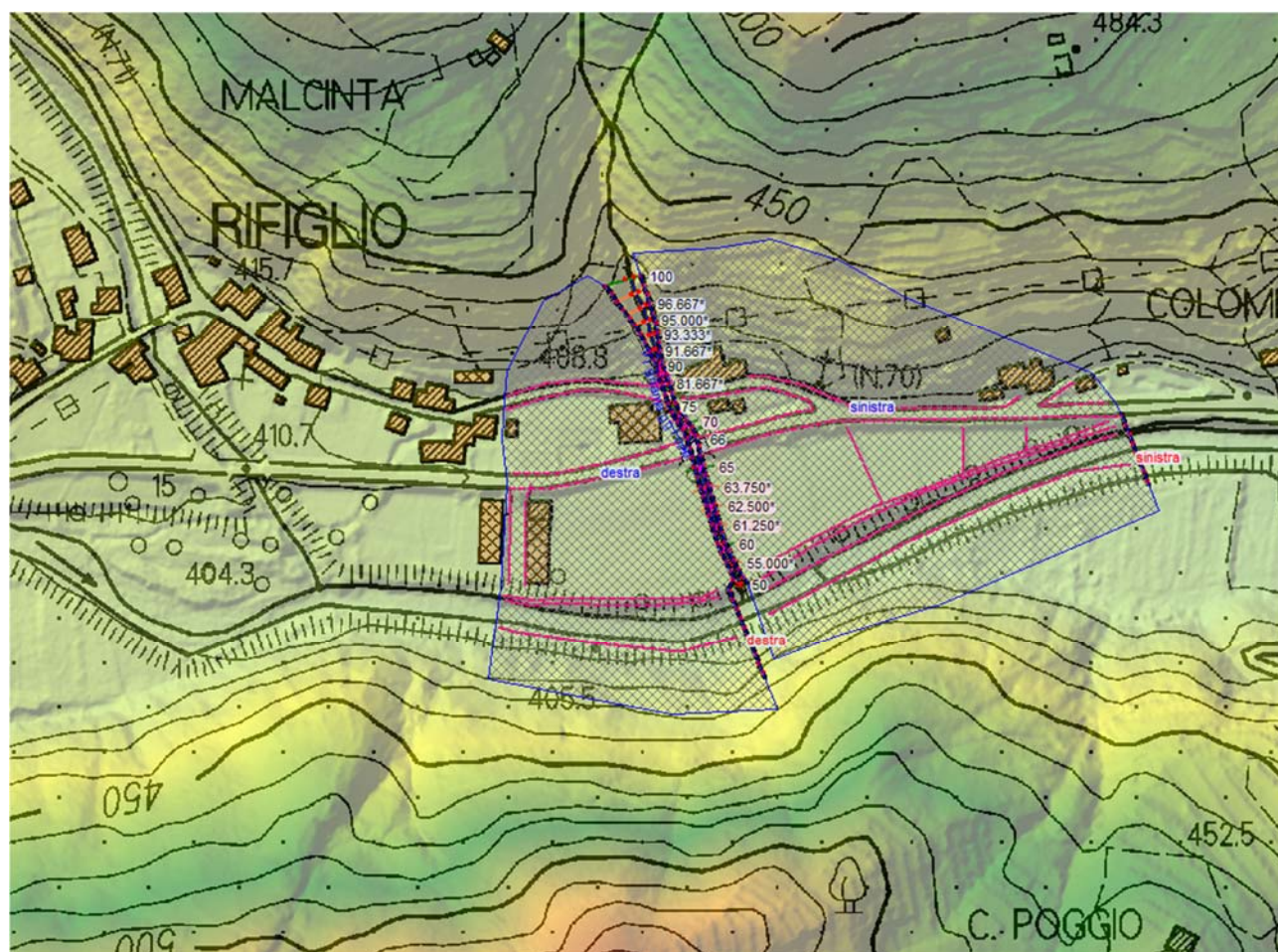


Figura 6.43 - Modello “Vignamaggiore”

Sintesi dei risultati

Le principali criticità idrauliche, sia per eventi con tempo di ritorno di 30 anni che per tempi di ritorno di 200 anni, sono imputabili al rigurgito provato dalla presenza dei due attraversamenti, il primo posto lungo la SP71 di Caiano e il secondo lungo la SP70.

Il fenomeno alluvionale, sia per eventi con tempo di ritorno di 200 anni che per eventi con tempo di ritorno 30 anni, si propaga dall'attraversamento lungo la SP71 in direzione sud verso il Torrente Solano. I volumi esondati, propagandosi verso sud, vanno ad interessare la strada SP70, gli edifici compresi fra le due viabilità presenti e le aree agricole a valle dell'attraversamento della SP70.

6.4 Comune di Chiusi della Verna

6.4.1 Modello “Fosso del Molino”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso del Molino censito con la sigla AV5946 che confluisce nel Torrente Rassina nei pressi del toponimo Molino di Chiusi.

Il corso d'acqua scorre per il primo tratto iniziale in zone urbanizzate fino a circa il toponimo Località Ciliegini, successivamente fino alla confluenza con T. Rassina scorre in aree boscate.

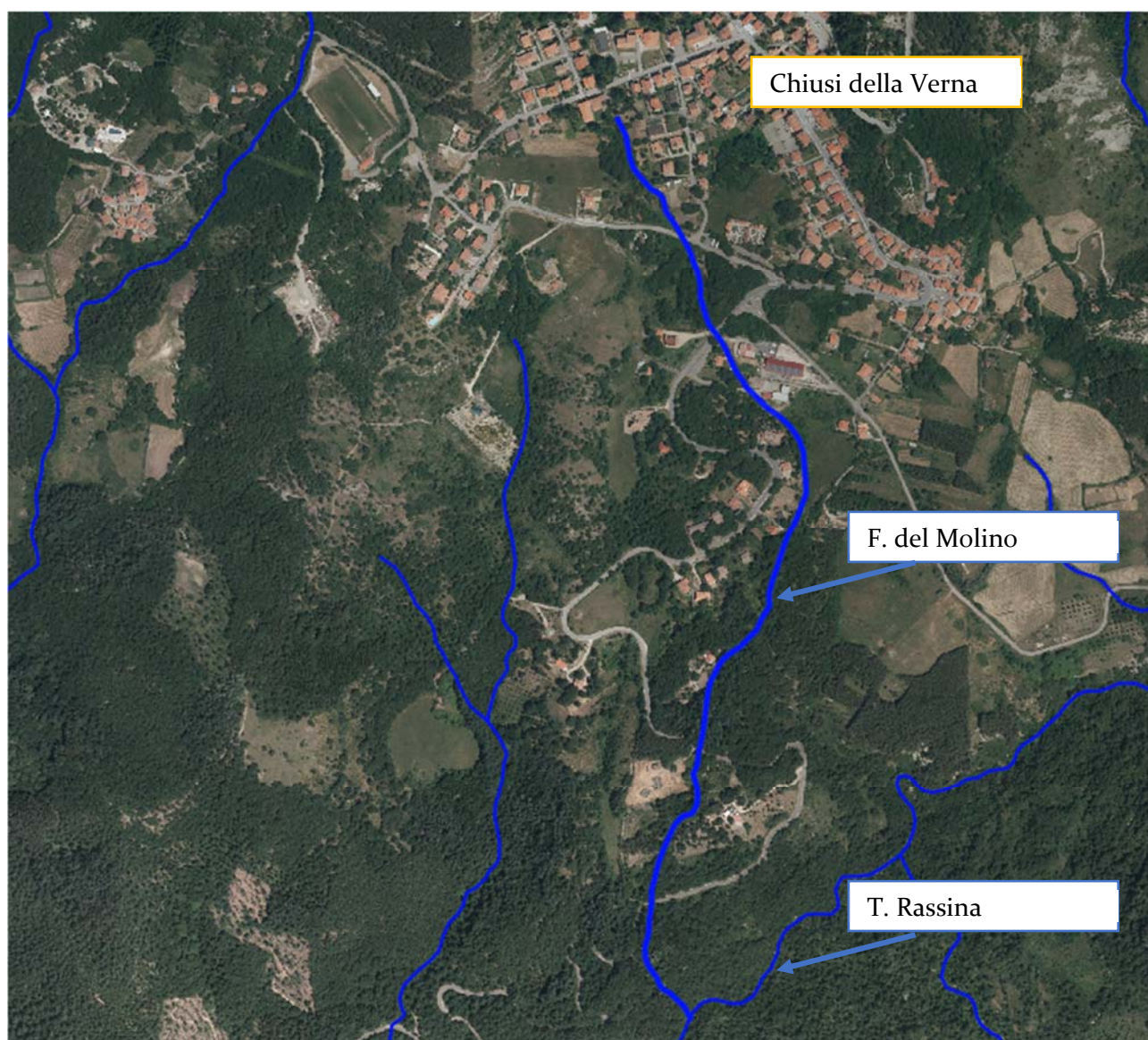


Figura 6.44 – Inquadramento del modello “Fosso del Molino”

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso del Molino è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *normal depth*, definita come pendenza media del tratto di valle.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.05 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso del Molino	21	2	4	1

Tabella 6.21 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso del Molino”

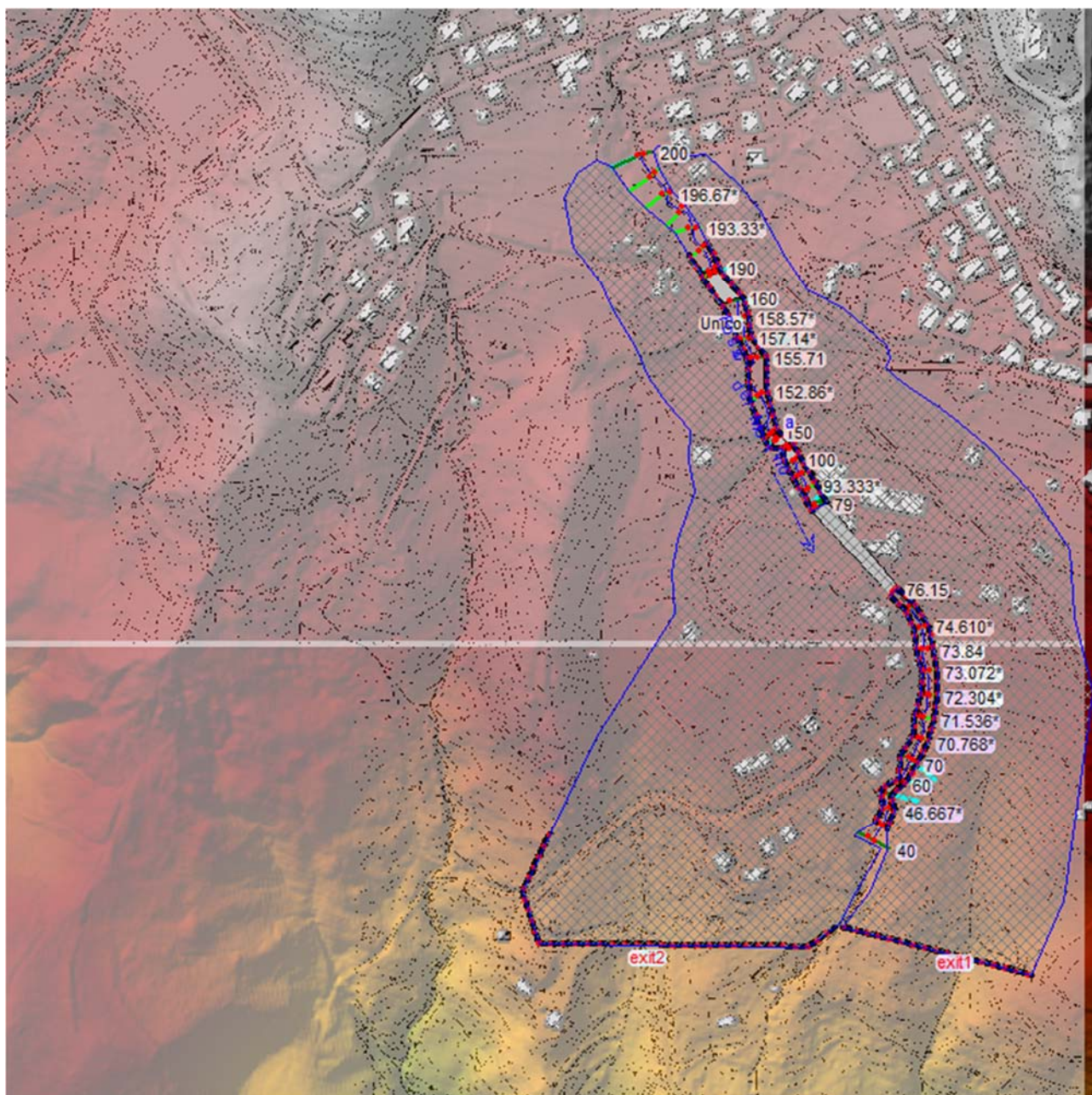


Figura 6.45 - Modello “Fosso del Molino”

Sintesi dei risultati

Le principali criticità che si riscontrano nelle modellazioni fatte per il Fosso del Molino di Chiusi della Verna sono imputabili per i 4 attraversamenti presenti, i quali generano un rigurgito tale da provocare il sormonto e l'allagamento delle aree limitrofe sia per eventi con Tr_{30} che per eventi con Tr_{200} anni.

Le aree allagate vanno ad interessare via del Fusato e la strada provinciale SP60, quest'ultima in particolare è interessata da volumi divaganti fino all'altezza di località Ciliegini, interessando anche degli edifici posti lungo la strada SP60. A valle dell'incrocio fra la strada SP54 e la strada SP60 si ha un allagamento diffuso che interessa una serie di edifici industriali.

6.5 Comune di Ortignano Raggiolo

6.5.1 Modello “Teggina_app”

Descrizione generale

Il modello comprende:

- Il Torrente Teggina dal centro abitato di Ortignano fino alla confluenza con il Fiume Arno,
- Il Torrente Teggina II, compreso fra la confluenza con il fosso di Giogatoio e la confluenza con il T. Teggina.

Nel tratto iniziale il corso d’acqua lambisce due centri urbani, il primo è Ortignano e proseguendo verso valle incontra la frazione di San Piero, infine attraversa zone destinate ad uso agricolo prima di confluire nel fiume Arno.

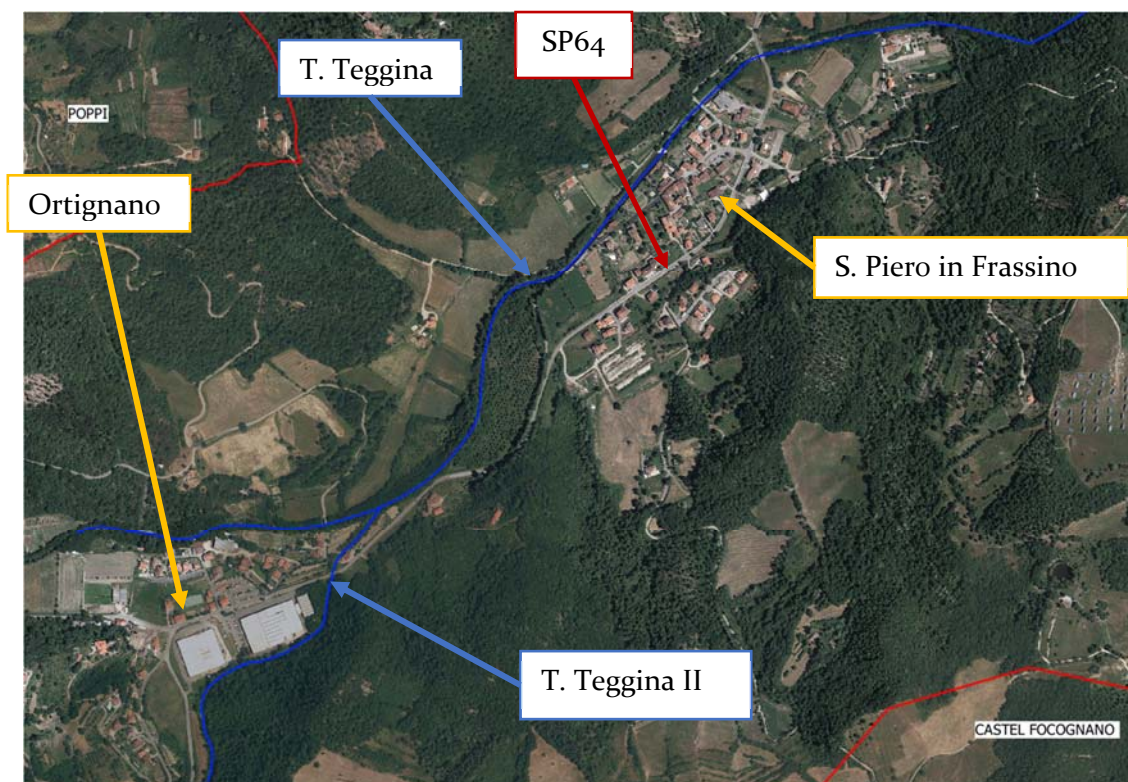


Figura 6.46 – inquadramento di monte del modello “Teggina”, in rosso i confini comunali

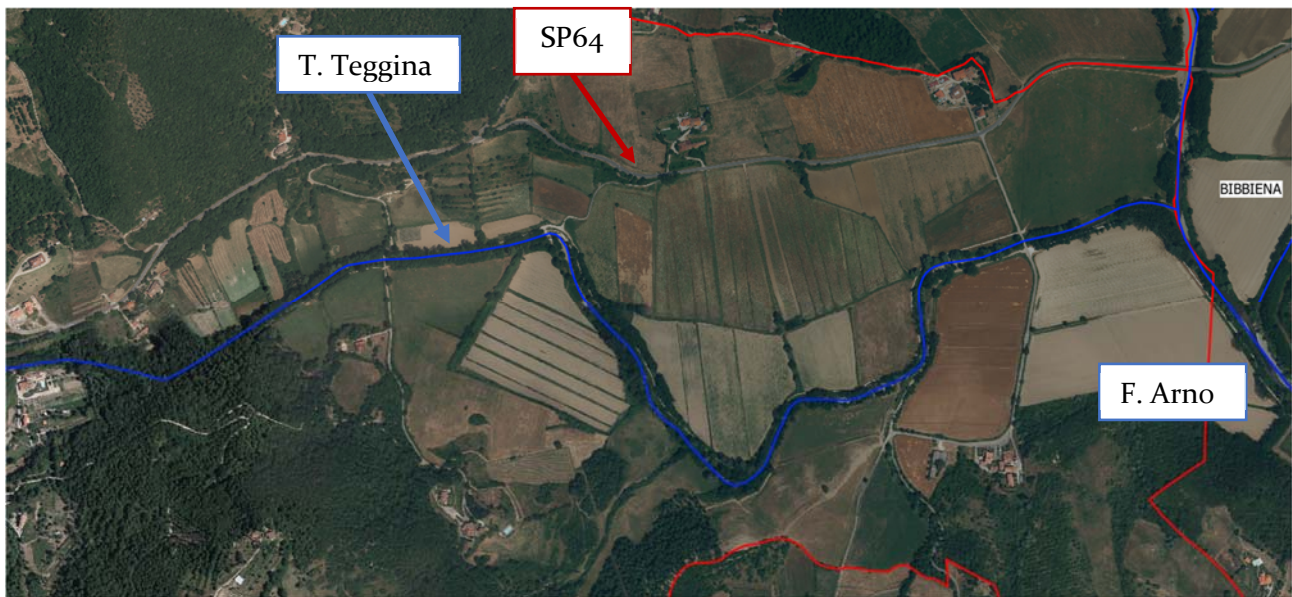


Figura 6.47 – inquadramento di valle del modello “Teggina”, in rosso i confini comunali

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste idrauliche sono modellate come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo *cross sections*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale.

Lungo il percorso sono state inserite 8 flow areas 2D; nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo main channel, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua, modellate con gli elementi storage, sono collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati lateral structures.

Come condizione al contorno di monte sono stati impiegati gli idrogrammi di piena, definiti come descritto nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stato utilizzato l'andamento del tirante idrico per gli eventi di piena del fiume Arno. Al fine di ottenere dei risultati ancora più accurati e simulare l'interazione che si ha fra i due corsi d'acqua, T. Teggina e F. Arno, nel modello è stata inserita l'asta fluviale di quest'ultimo. Il fiume Arno è modellato per riprodurre le stesse condizioni di pericolosità idraulica e tirante idraulico del modello fornito dall'AdBDAS.

Per le scabrezze dei corsi d'acqua sono stati assunti i seguenti valori di Manning, definiti come descritto nei precedenti capitoli:

- Tratto di monte, fino al centro abitato di San Piero:
 - $0.06 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, fuori dall'alveo principale,
 - $0.035 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, per l'alveo principale.
- Tratto di valle, dal centro abitato di San Piero fino alla confluenza con il fiume Arno:
 - $0.035 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, fuori dall'alveo principale,
 - $0.03 \text{ m}^{-1/3} / \text{s}$, per l'alveo principale.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Torrente Teggina	58	2	5	8
Torrente Teggina II	9		2	

Tabella 6.22 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Teggina”

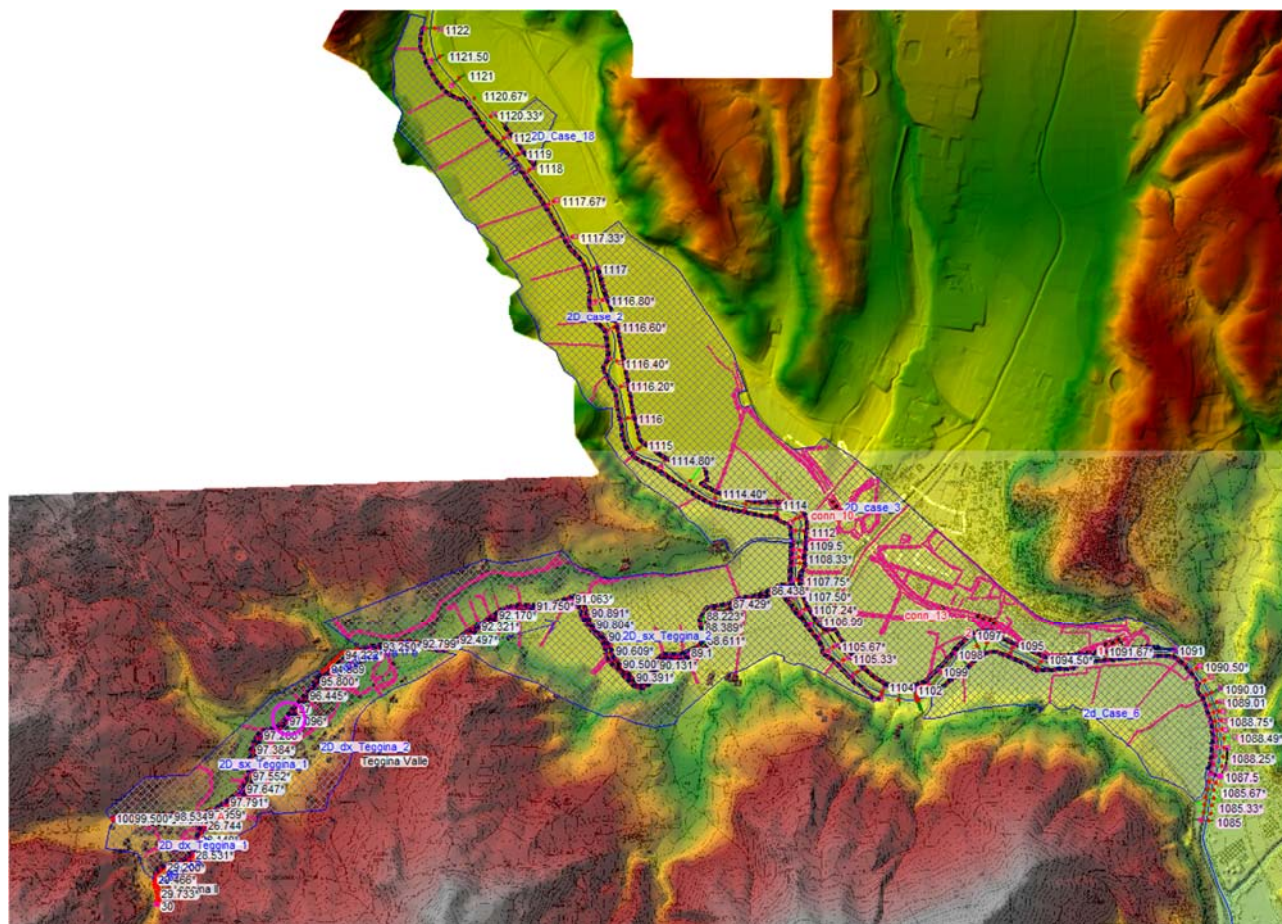


Figura 6.48 – Geometria Hec-Ras del modello “Teggina”

Sintesi dei risultati

Il T. Teggina II contiene le portate sia per eventi con tempi di ritorno di 30 anni e per tempi di ritorno di 200 anni.

Il T. Teggina presenta criticità idrauliche lungo l'abitato di Ortignano, soprattutto in prossimità della confluenza con il Teggina II, in questa area sono coinvolte dal rischio idraulico la viabilità locale e aree residenziali.

Il T. Teggina non contiene le portate ed in particolar modo coinvolge il centro abitato di San Piero in Frassino sia per eventi con Tr 30 anni che Tr 200 anni. Le esondazioni provocano allagamenti che coinvolgono il tessuto urbano, prevalentemente residenziale, e la SP64. Gli allagamenti si propagano in destra idraulica fino a che non rientrano nell'alveo del T. Teggina.

Proseguendo verso valle il T. Teggina divaga nella pianura alluvionale coinvolgendo la viabilità locale presente.

6.5.2 Modello "Fosso delle Motte"

Descrizione generale

Il modello comprende il Fosso delle Motte censito con la sigla AV6476 che confluisce con il Torrente Teggina a valle del nucleo abitato di San Piero.

Il tratto studiato si estende per circa 290 metri, scorre prevalentemente in aree agricole, a valle dell'attraversamento lungo la viabilità comunale scorre in un tratto arginato.

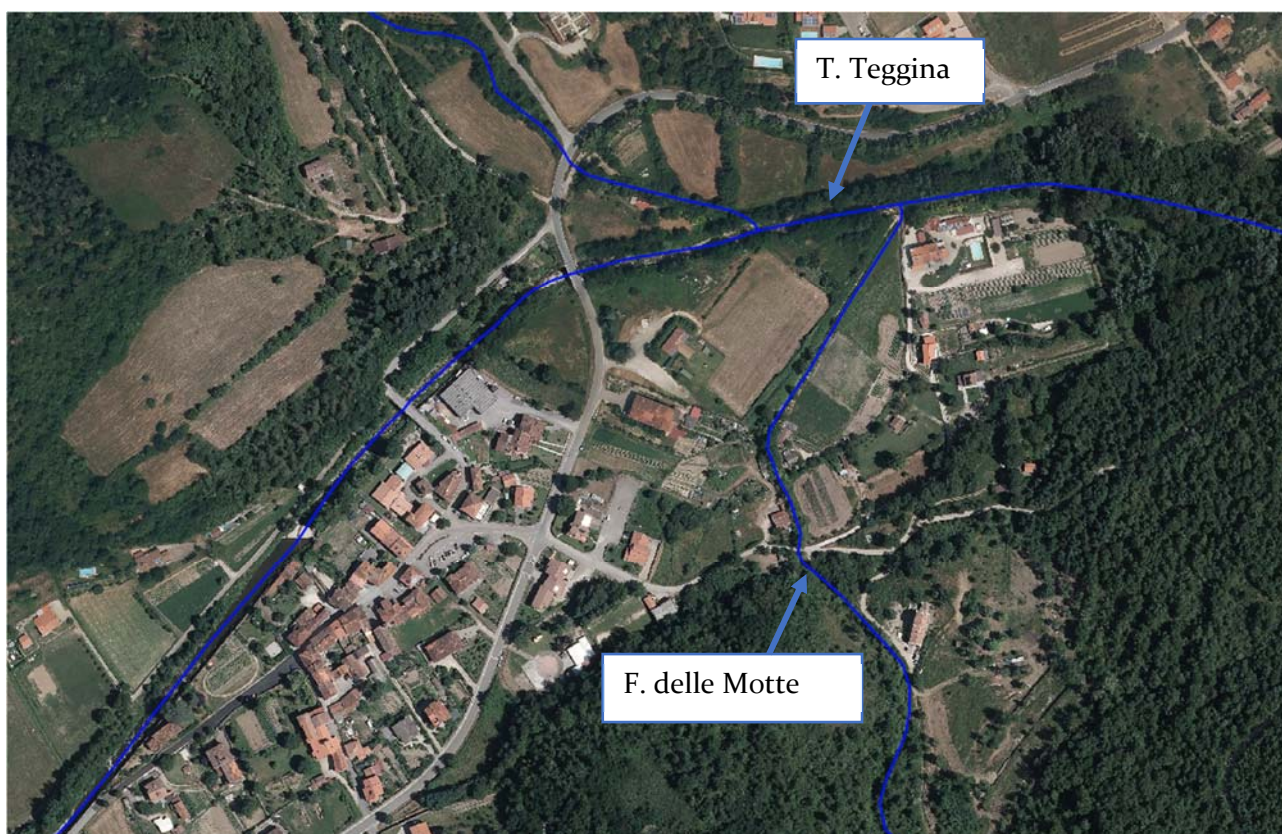


Figura 6.49 –Planimetria del modello Fosso delle Motte

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso delle Motte è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Teggina. La quota massima imposta è di 343.84 m s.l.m. per la Tr30 e di 344.29 che per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso delle Motte	11		2	1

Tabella 6.23 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso delle Motte”

Sintesi dei risultati

Le prime criticità idrauliche che si riscontrano lungo il Fosso delle Motte, sia per eventi con tempo di ritorno di 30 anni che per tempi di ritorno di 200 anni, sono dovute al rigurgito provocato lungo la viabilità comunale, tale rigurgito fa sì che i volumi in eccesso escano dall'alveo e si propaghino verso nord in direzione del T. Teggina, lungo le aree poste in sinistra idraulica.

A valle dell'attraversamento si hanno allagamenti diffusi in destra idraulica, dovuti all'insufficienza della sezione idraulica del corso d'acqua. In sinistra idraulica è presente un argine, il quale viene sormontato solo nel tratto finale in quanto risente delle altezze d'acqua presenti all'interno del T. Teggina.

6.6 Comune di Poppi

6.6.1 Modello “AV4130”

Descrizione generale

Il modello comprende l'asta del reticolo idrografico censito con la sigla AV4130 che confluisce nel Fiume Arno in prossimità del campo sportivo di Ponte a Poppi.

Il tratto studiato si estende per circa 1600 metri, scorre prevalentemente in aree agricole, solo nel tratto posto a valle della linea ferroviaria lambisce un piccolo nucleo di edifici residenziali, a valle della strada SR70 della Cosuma scorre in aree agricole.

A seguito di rilievi in sito, si è riscontrato un andamento planimetrico diverso da quello riportato nel reticolo idrografico regionale, in particolar modo nel tratto finale prossimo all'Arno, il tracciato effettivo del corso d'acqua è quello indicato in rosso nella seguente immagine.

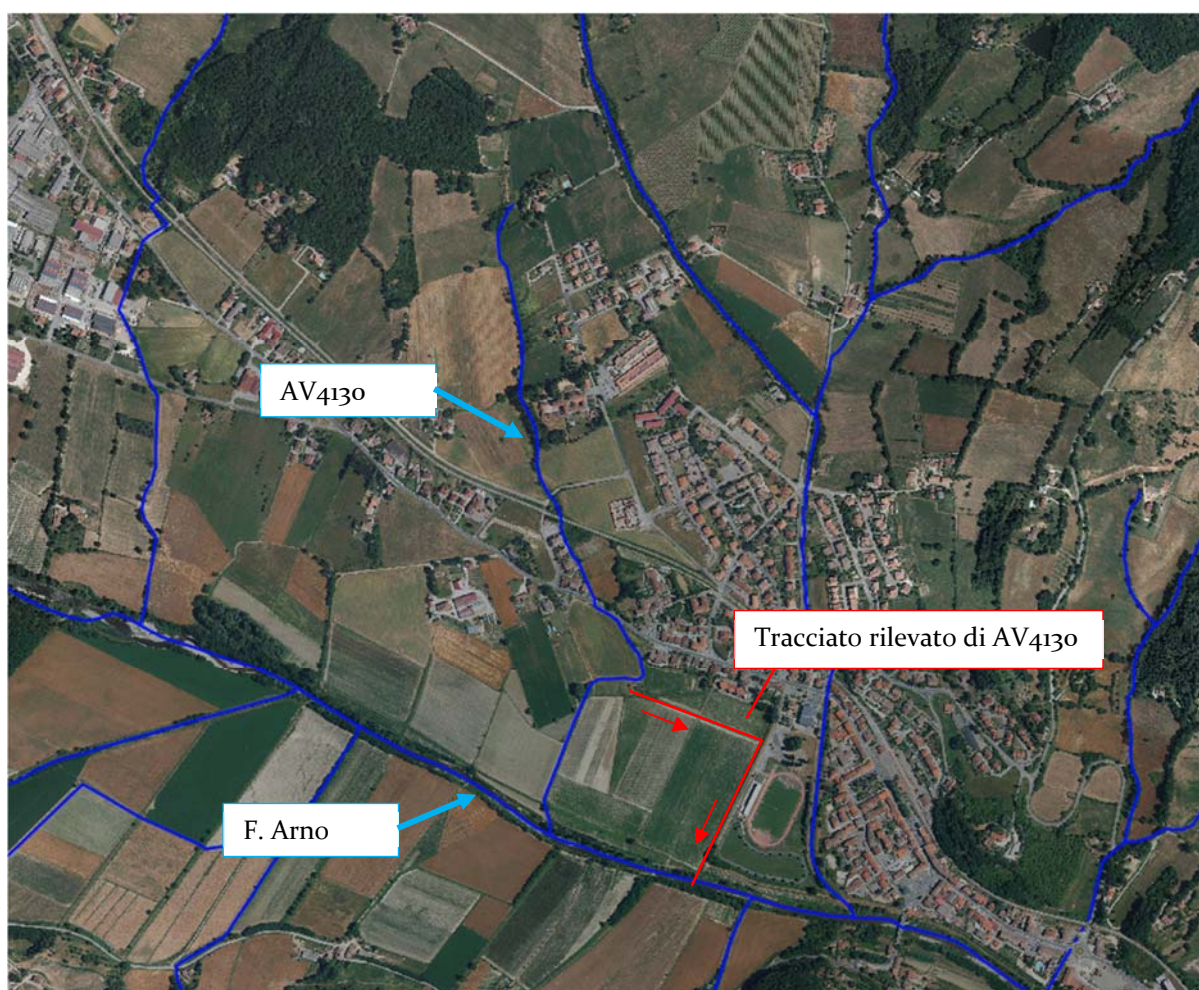


Figura 6.50 –Planimetria del modello AV4130

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso d'acqua AV₄₁₃₀ è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di due *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota massima imposta è di 341.25 m s.l.m. per la Tr₃₀ e di 342.13 m s.l.m. per la Tr₂₀₀.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.03 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
AV ₄₁₃₀	30		6	2

Tabella 6.24 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “AV₄₁₃₀”

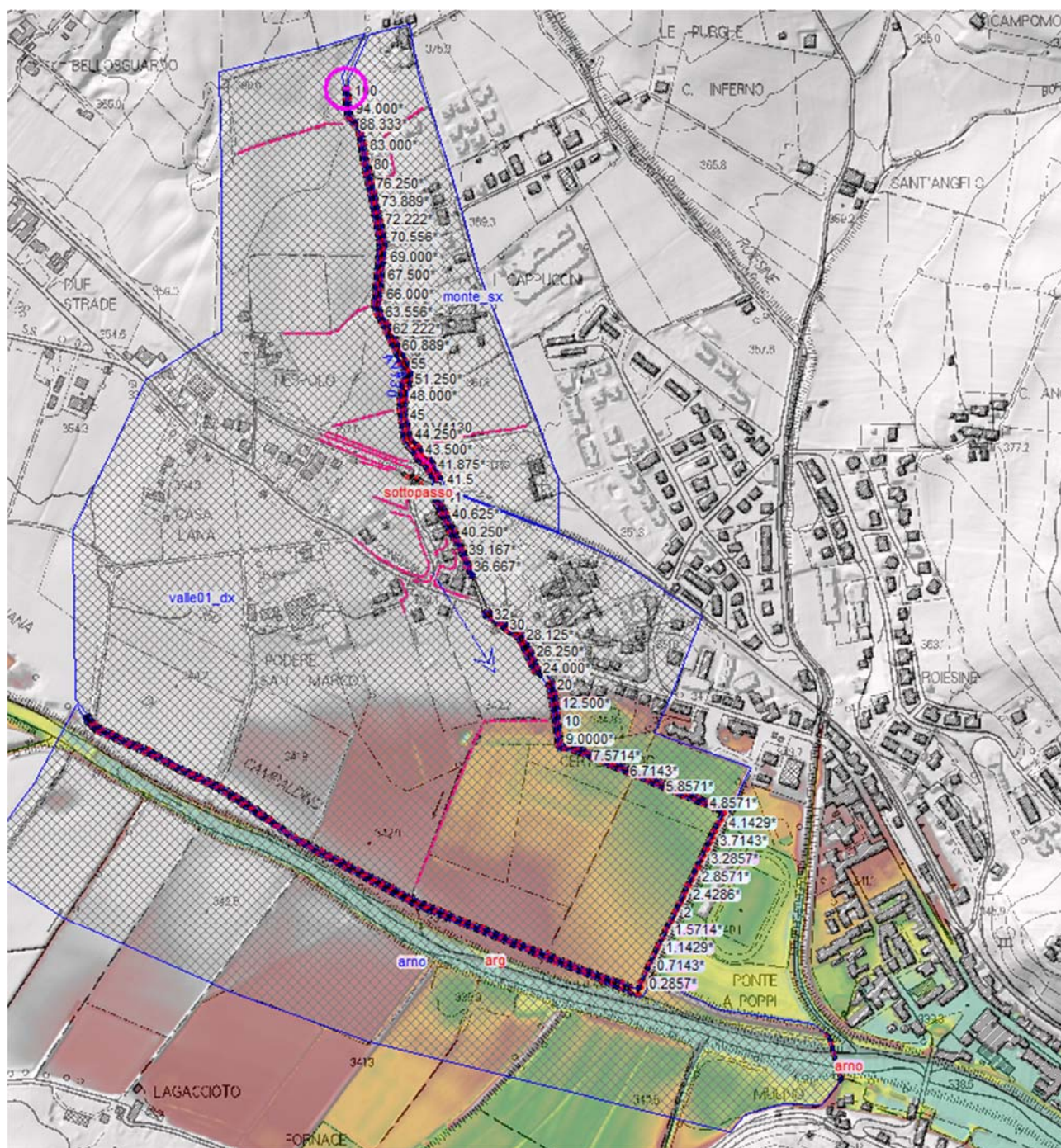


Figura 6.51 – Modello idraulico AV4130

Sintesi dei risultati

Le prime criticità che si riscontrano sono imputabili al rigurgito causato dall'attraversamento lungo Via del Nespolo, immediatamente a monte del sottopassaggio della linea ferroviaria nei pressi del Cimitero di Certomondo. La sezione in corrispondenza dell'attraversamento, a seguito di rilievi

eseguiti dalla società scrivente, risulta per buona parte interrata riducendo notevolmente la sezione di deflusso del corso d'acqua, conseguentemente le aree limitrofe all'attraversamento sono interessate da fenomeni alluvionali sia per eventi con Tr_{30} che per eventi con Tr_{200} .

Ulteriori criticità, sia per eventi con Tr_{30} che per eventi con Tr_{200} , si hanno in corrispondenza del tratto tombato in corrispondenza della strada SR70 della Consuma, il cui rigurgito va ad interessare anche quest'ultima. Infine nel tratto a valle della SR70 la sezione idraulica risulta insufficiente, creando degli allagamenti diffusi, nel caso di eventi con Tr_{200} le aree allagate vanno ad unirsi a quelle imputabili al Fiume Arno, nel caso di eventi con Tr_{30} si hanno allagamenti di estensione minore.

6.6.2 Modello “Fosso del Buio”

Descrizione generale

Il modello comprende l'asta del Fosso del Buio e del suo affluente censito con la sigla AV6107, i due corsi d'acqua attraversano il nucleo abitato di San Martino in Tremoleto.

Il tratto del Fosso del Buio si estende per circa 500 metri, il tratto dell'affluente si estende per circa 190 metri, entrambi scorrono in aree prevalentemente verdi e agricole, solo nel tratto centrale attraversano la strada provinciale 64 e costeggiano degli edifici a valle di quest'ultima.

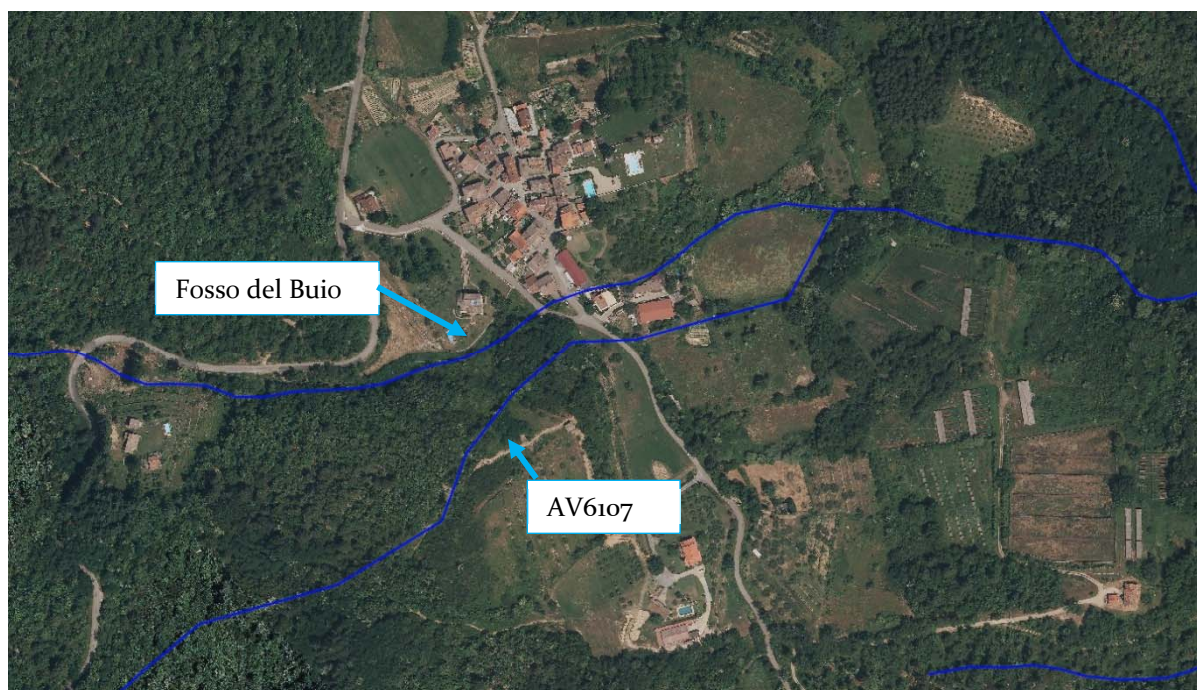


Figura 6.52 –Planimetria del modello Fosso del Buio

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo i corsi d'acqua del Fosso del Buio e AV6107 è stata realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elementi *rivers* monodimensionale definite per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle sono stata utilizzate delle *normal depth*.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.03 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso del Buio	14	3	1	1
AV6107	6	-	2	

Tabella 6.25 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso del Buio”

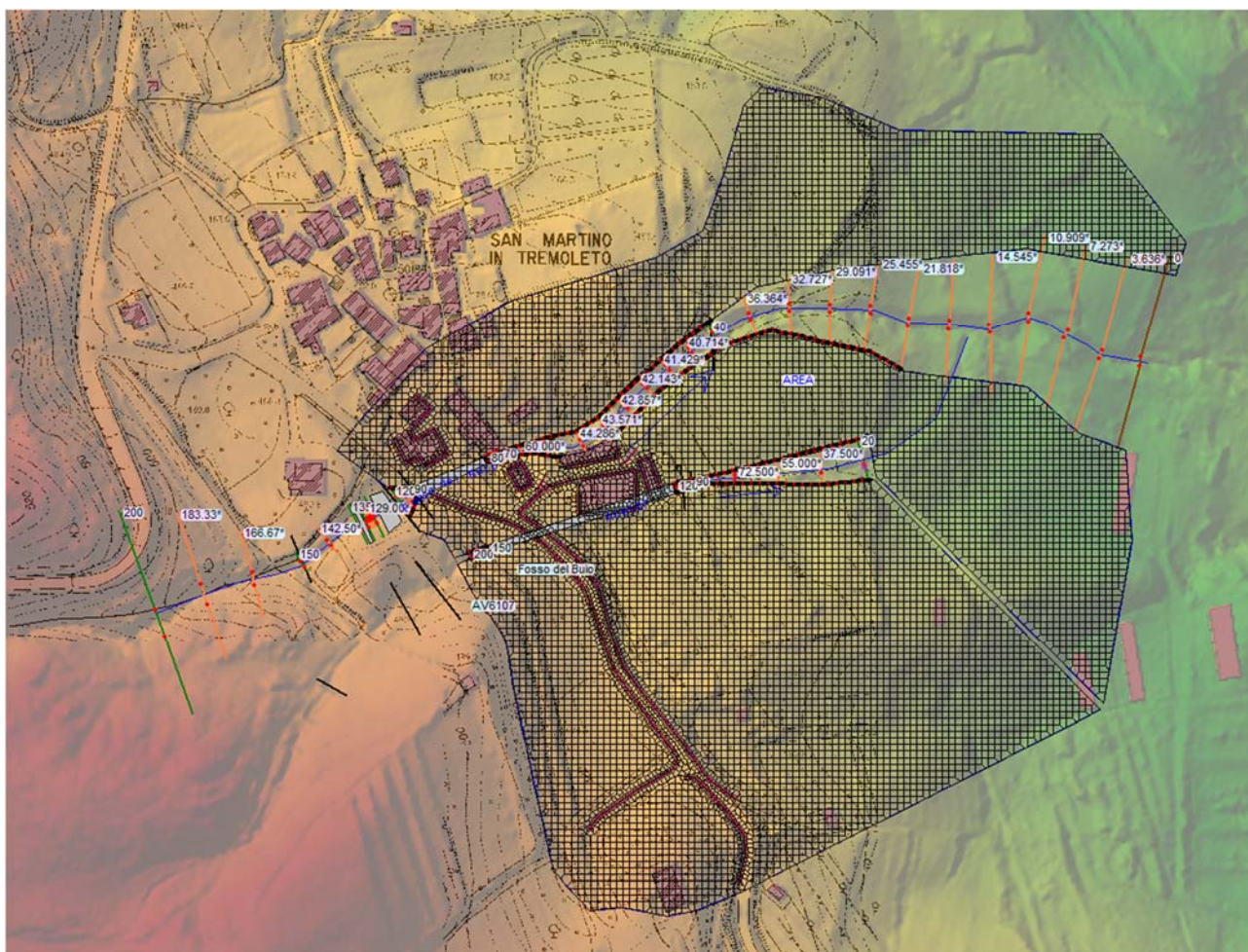


Figura 6.53 – Modello idraulico Fosso del Buio

Sintesi dei risultati

Le principali criticità per entrambi i corsi d'acqua, sia per eventi con tempo di ritorno Tr_{30} che Tr_{200} , sono imputabili al rigurgito provocato dai due attraversamenti posti lungo la strada SP64. Il fenomeno esondativo va ad interessare la viabilità SP64 e le aree poste a valle di quest'ultima.

6.6.3 Modello "Poppi_ap631"

Il modello comprende:

- il T. Roiesine, dal toponimo C.Nuova fino alla confluenza nel F. Arno,
- Il Fosso della Selva dal tratto parallelo a Via Camaldolese fino alla confluenza nel F. Arno,
- Il T. Sova, da monte dell'abitato di Ponte a Poppi fino alla confluenza in Arno
- il F. la Bora fino alla confluenza in destra del F. Arno.

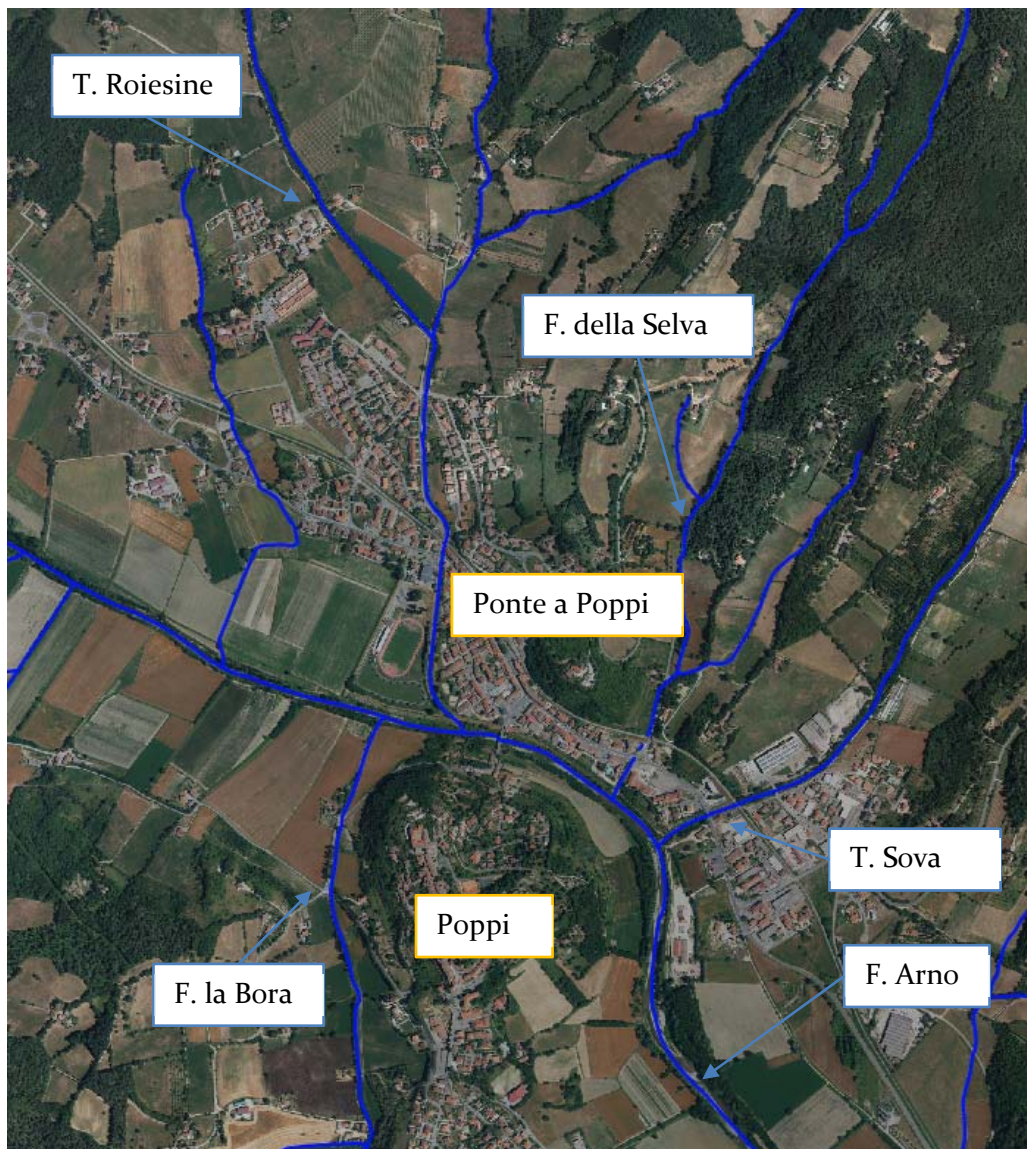


Figura 6.54 – inquadramento del modello “Poppi”, in rosso i confini comunali

Il T. Roiesine presenta nel tratto a monte della SR71 sponde verticalizzate a geometria definita con arginature in terra o in calcestruzzo armato. Oltre la SR 71 il T. Roiesine presenta argini in terra fino alla confluenza nel F. Arno. La pendenza del fondo alveo è definita da briglie/soglie sul fondo, costituito da ghiaie, ciottoli e tratti in calcestruzzo.

Il Fosso della Selva scorre nel primo tratto a pendenze acclivi in ambiente boscato/agricolo, fino a sottoattraversare la SR71 e la ferrovia Arezzo-Stia tramite un lungo tombamento. L'ultimo tratto prima della confluenza nel F. Arno avviene con parziali arginature a protezione dell'area urbana di Ponte a Poppi.

Il T. Sova attraversa l'area commerciale/industriale di Ponte a Poppi, la ferrovia Arezzo-Stia e la SR71, principalmente con sponde e fondo naturale se non per brevi tratti definiti tra le due infrastrutture.

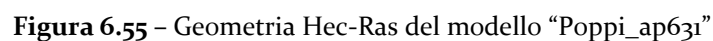
Il Fosso della Bora è affluente di sinistra del F. Arno, scorre in ambiente agricolo per poi attraversare la viabilità e defluire all'interno di sponde geometricamente definite.

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo *cross sections*, *inline structure*, *bridge* e *flow areas 2D* per la parte di modellazione bidimensionale. Il fiume Arno è modellato per riprodurre le stesse condizioni di pericolosità idraulica e tirante idraulico del modello fornito dall'AdBDAS.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso la Bora	13		2	8
Torrente Roiesine	51	7	6	
Fosso della Selva	10		3	
Torrente Sova	18	1	3	

Tabella 6.26 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Poppi”



Il T.Roiesine nel tratto iniziale scorre lungo aree prevalentemente agricole, si hanno le prime criticità nei pressi del toponimo C.Inferno, i volumi esondati, sia per eventi con tempo di ritorno Tr₃₀ che Tr₂₀₀, vanno ad interessare le aree poste in destra idraulica, propagandosi verso il nucleo abitato di Ponte a Poppi. Una parte di tali volumi rientra subito a valle del ponte lungo Via Panoramica, i restanti proseguono verso la linea ferroviaria fino al raggiungimento del sottopasso.



Lungo Via Roiesine il T. Roiesine scorre parallelo e contenuto all'interno delle sponde. Esondazioni per eventi di piena con Tr₃₀ e 200 anni in destra e sinistra idraulica avvengono a monte dell'attraversamento ferroviario, con sormonto di questo e divagazione estesa nel centro abitato di Ponte a Poppi e della SR71 fino alla confluenza del Fosso della Selva. A valle della SR71 il T. Roiesine esonda in destra idraulica coinvolgendo la restante area urbanizzata e il campo sportivo.

Il fosso della Selva crea criticità idraulica lungo la viabilità locale di via Camaldolese dovuta agli attraversamenti/culvert presenti. A valle della SR71 il F. della Selva risente del rigurgito del tirante idraulico del F. Arno e delle aree allagate provenienti dalle esondazioni del T. Roiesine.

Il deflusso idraulico per eventi con Tr₃₀ anni scorre all'interno delle sponde del T. Sova, gli eventi di piena per Tr₂₀₀ anni fuoriescono in sinistra idraulica nel tratto compreso tra la ferrovia Arezzo-Stia e la SR71, divagando nel tessuto urbano e lungo la stessa arteria stradale.

Gli allagamenti dovuti al F. la Bora coinvolgono principalmente aree agricole, mentre risulta coinvolta da sormonto la viabilità di Via Pratomagno sia per eventi con Tr₃₀ che 200 anni.

6.6.4 Modello "Fosso Righellato"

Descrizione generale

Il modello comprende il Fosso Righellato censito con la sigla AV3514.

Il tratto studiato si estende per circa 670 metri, è compreso fra il toponimo Casa Magenta e la confluenza con il Fiume Arno in corrispondenza del toponimo Case d'Arno. Inizialmente, per un breve tratto scorre a cielo aperto fino al raggiungimento di un edificio industriale, il quale viene attraversato per mezzo di un tombamento fino al superamento della linea ferroviaria, a valle di quest'ultima attraversa via Falterona per poi scorrere in aree agricole fino alla confluenza con il Fiume Arno.

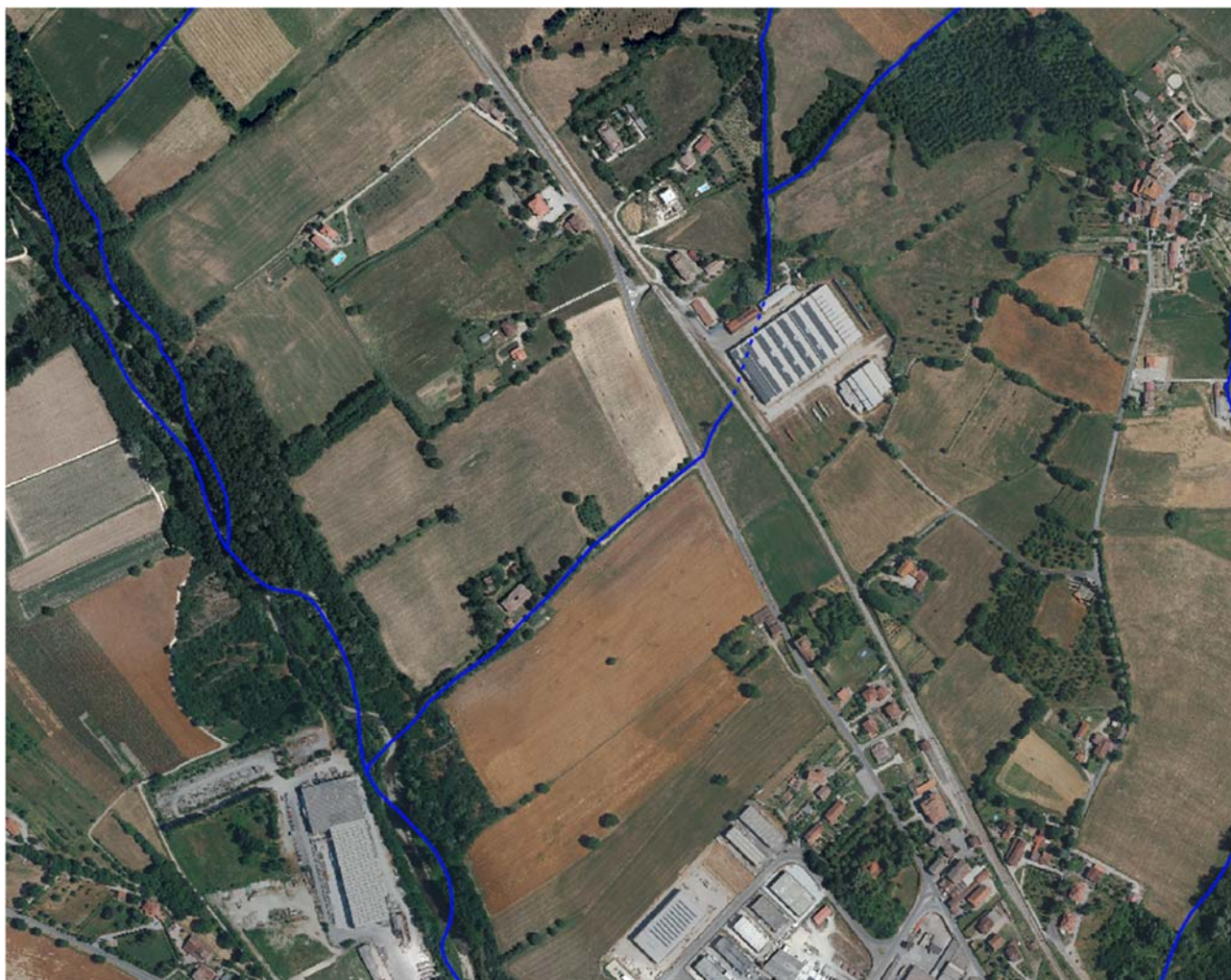


Figura 6.56 –Planimetria del modello Fosso Righellato

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il Fosso Righellato è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota massima imposta è di 355.71 m s.l.m. per la Tr30 e di 356.10 m s.l.m. per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.03 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Righellato	19	1	4	1

Tabella 6.27 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso Righellato”



Figura 6.57 – Modello idraulico Fosso del Righellato

Sintesi dei risultati

Il Fosso Righellato presenta da subito delle criticità idrauliche in quanto la sezione in corrispondenza del tombamento crea un rigurgito tale da provare fenomeni esondativi, sia per eventi con Tr_{30} che per Tr_{200} . I volumi esondati si propagano in direzione Sud-Ovest verso il Fiume Arno, interessando la linea ferroviaria e via Falterona fino a raggiungere il Fiume Arno occupando aree prevalentemente agricole.

6.7 Comune di Pratovecchio Stia

6.7.1 Modello “AV851”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso nei pressi del toponimo Pescaia censito con la sigla Av851 che confluisce nel Fiume Arno a valle dell'attraversamento della Strada Statale Stia – Londa.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente agricola, fino ad incontrare il resede di una civile abitazione che sotto attraversa fino a valle della Strada Statale. Dopo un breve tratto a cielo aperto in prossimità di un'area industriale, si tomba nuovamente fino alla confluenza in Arno.



Figura 6.58 –Planimetria del modello AV851

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso del Doccio è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota massima imposta è di 448.58 m s.l.m. per la Tr30 e di 449.14 m s.l.m. per la Tr200.

È stata poi inserita una condizione al contorno, *boundary condition lines*, in uscita dalla *storage area* di valle, per simulare il deflusso di allontanamento.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
AV851	14	1	2	1

Tabella 6.28 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso AV851”

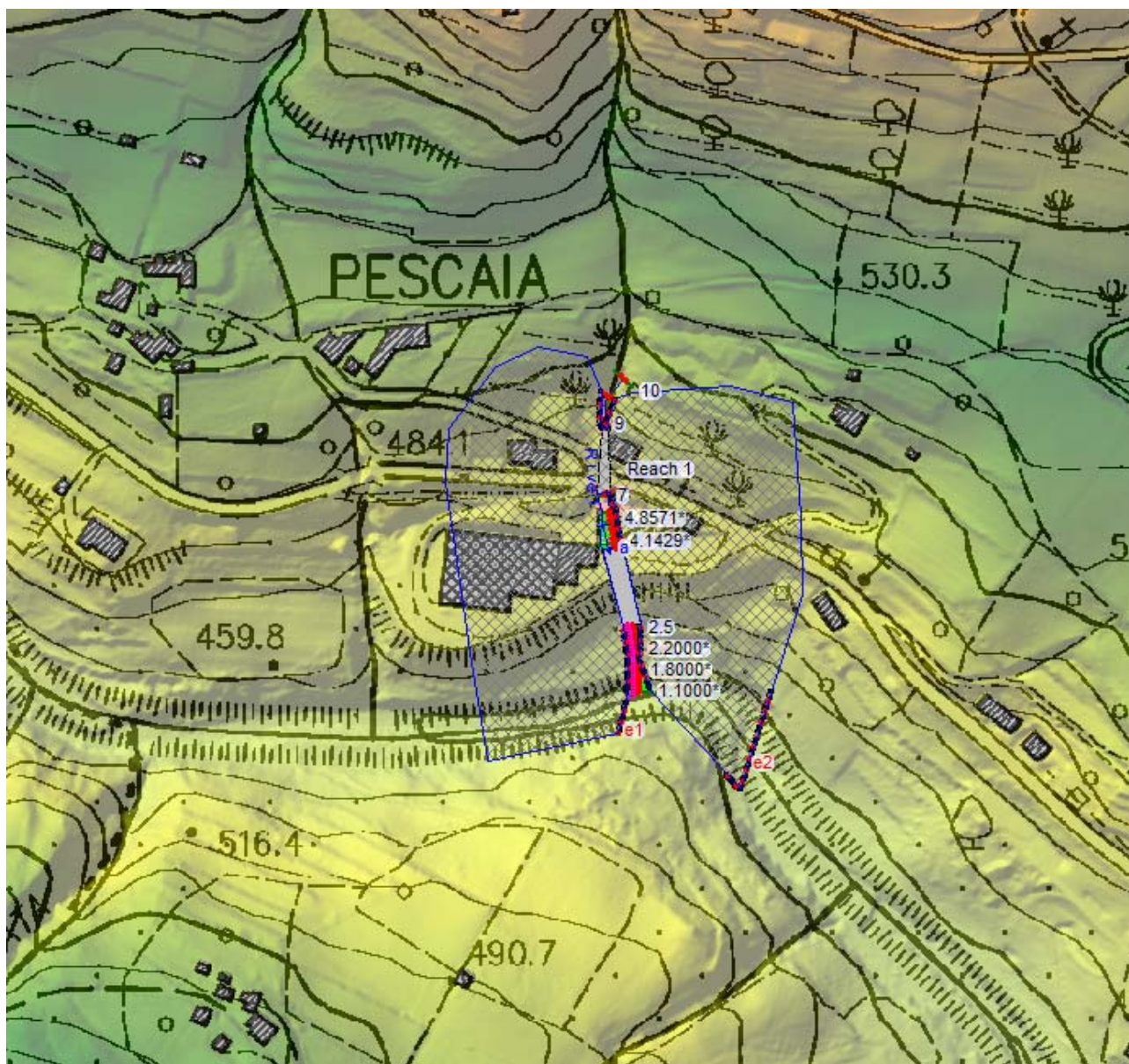


Figura 6.59 – Modello idraulico del fosso AV851

Sintesi dei risultati

La sola criticità del presente modello si riscontra sia per tempi di ritorno pari a 200 anni che per tempi di ritorno pari a 30 anni nel primo dei due tratti tombati. La sezione idraulica, infatti, risulta insufficiente al deflusso delle piene e ne causa il rigurgito che conseguentemente provoca l'allagamento delle aree prospicienti alla civile abitazione. Tali volumi poi divagano su Via della Pescaia e sulla Strada Statale Stia – Londa nell'intorno del fosso stesso senza comunque creare ulteriori criticità.

6.7.2 Modello “Fosso del Molino”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso del Molino, censito con la sigla AV1112 che va dai pressi del toponimo Farneta di Sotto fino alla confluenza con il Fiume Arno a valle della SS310.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata costeggiando una strada locale, fino ad attraversare la linea ferroviaria Arezzo-Stia e la Strada Statale 310 con un lungo tratto tombato che finisce poche decine di metri prima della confluenza con il Fiume Arno.

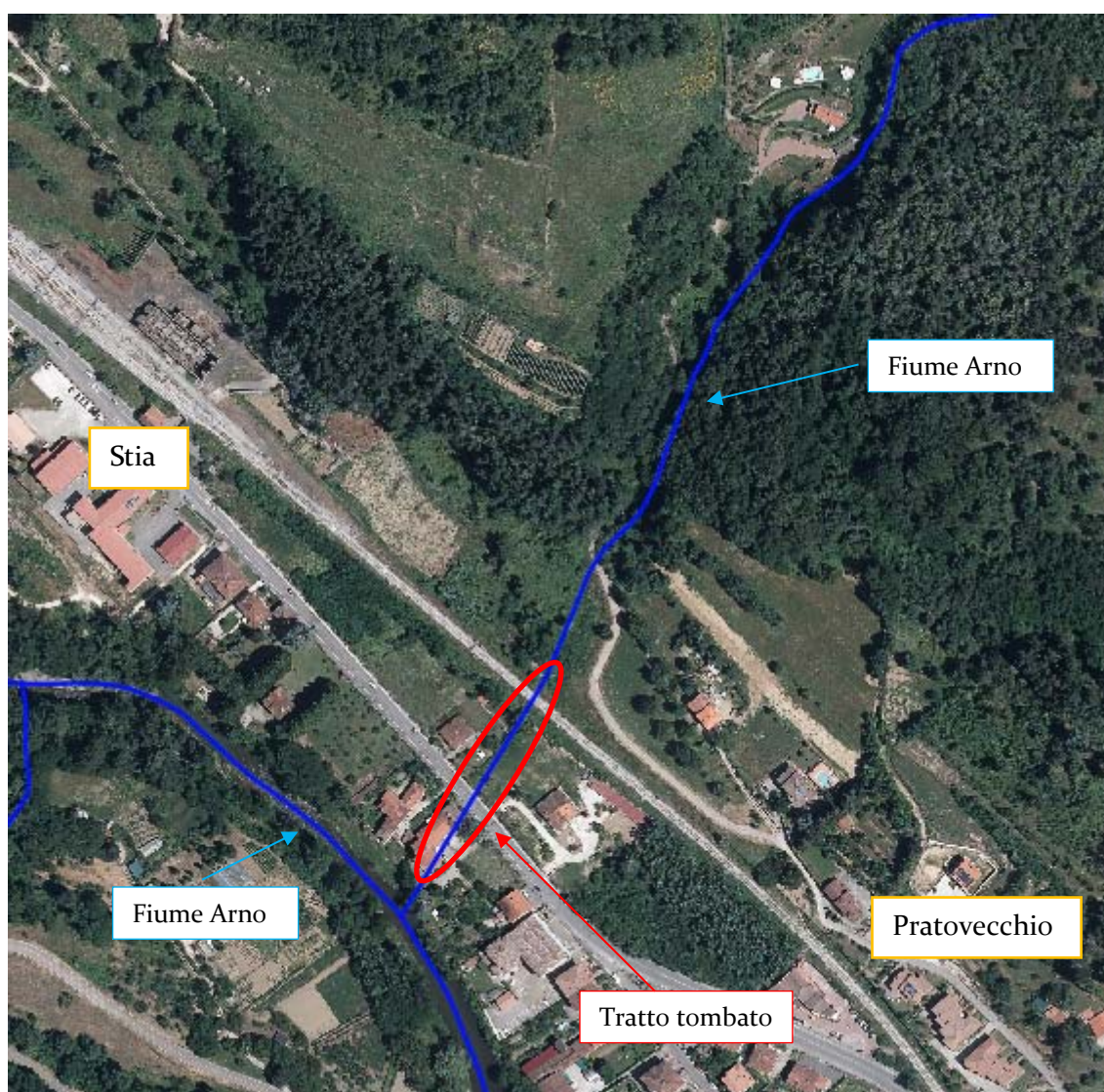


Figura 6.6o –Planimetria del modello Fosso del Molino

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso del Molino è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota massima imposta è di 416.39 m s.l.m. per la Tr30 e di 415.73 m s.l.m. per la Tr200.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso del Molino	10	-	1	1

Tabella 6.29 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso del Molino”

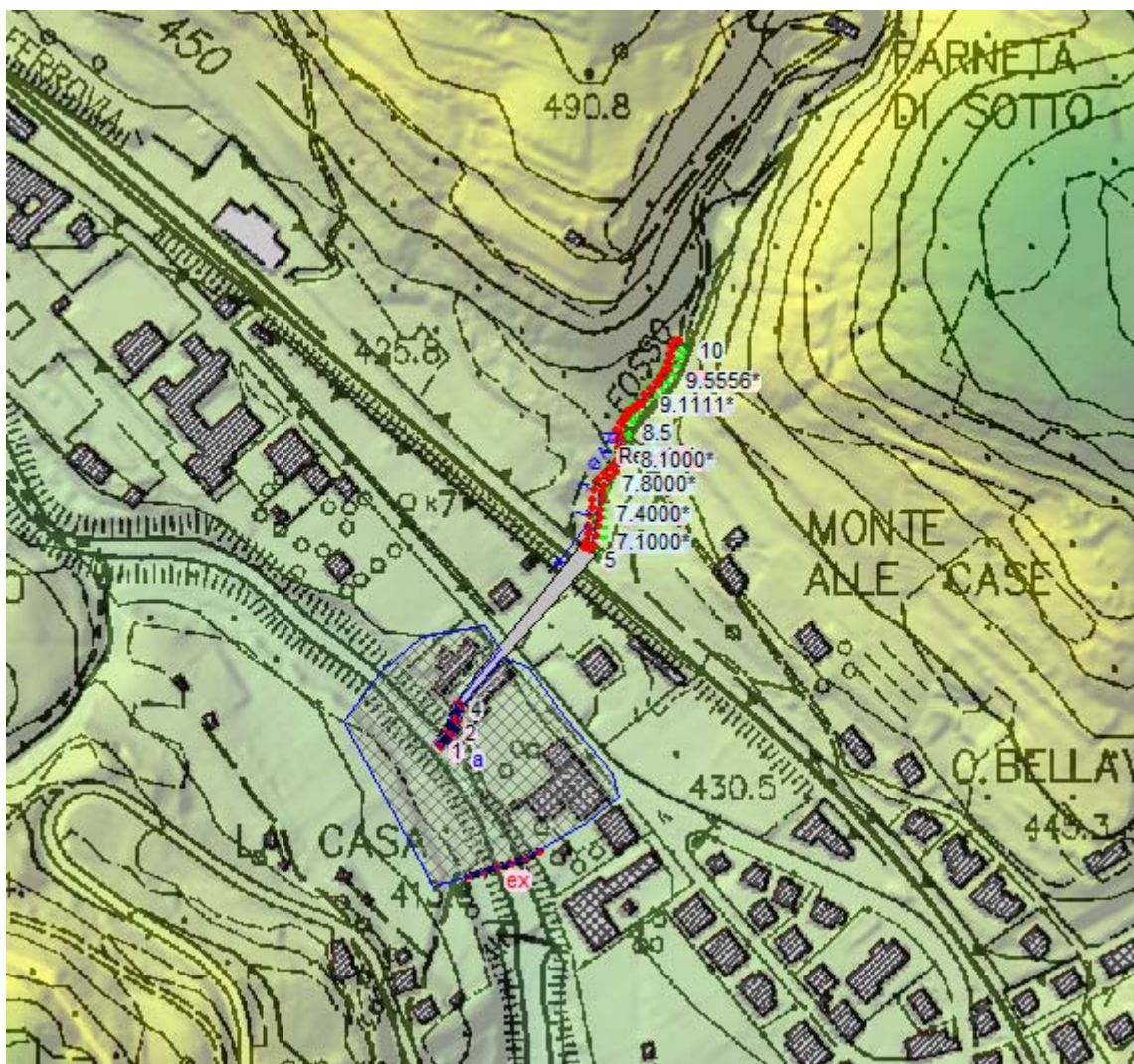


Figura 6.61 – Modello idraulico del fosso del molino

Sintesi dei risultati

Il fosso del molino non presenta elevate criticità per il tessuto urbano di Pratovecchio Stia. Il corso d'acqua, nel tratto di monte non incontra civili abitazioni e la sola criticità si presenta in corrispondenza della strada comunale in sinistra idraulica del fosso che viene interessata dai volumi d'acqua divaganti per un breve tratto. Il lungo tratto tombato non causa allagamenti nelle aree contermini, mentre gli allagamenti nel tratto finale sono dovuti in maniera quasi esclusiva ai volumi d'acqua transitanti nel Fiume Arno.

6.7.3 Modello “Fosso di Mezzo AV1163”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso di Mezzo censito con la sigla AV1163 che confluisce nel Fiume Arno nei pressi della stazione ferroviaria di Stia.

Il tratto in esame scorre in aree prevalentemente boscate, in corrispondenza di via San Leo incontra le prime abitazioni, proseguendo verso valle sotto attraversa la linea ferroviaria e la strada statale SS310 ed infine confluire nel Fiume Arno dopo un piccolo tratto a cielo aperto.



Figura 6.62 Inquadramento del modello Fosso di Mezzo AV1163

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso di Mezzo è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D* nella sola parte terminale del modello. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzata una *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.035 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso di Mezzo	26	4	3	2

Tabella 6.30 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso di Mezzo”

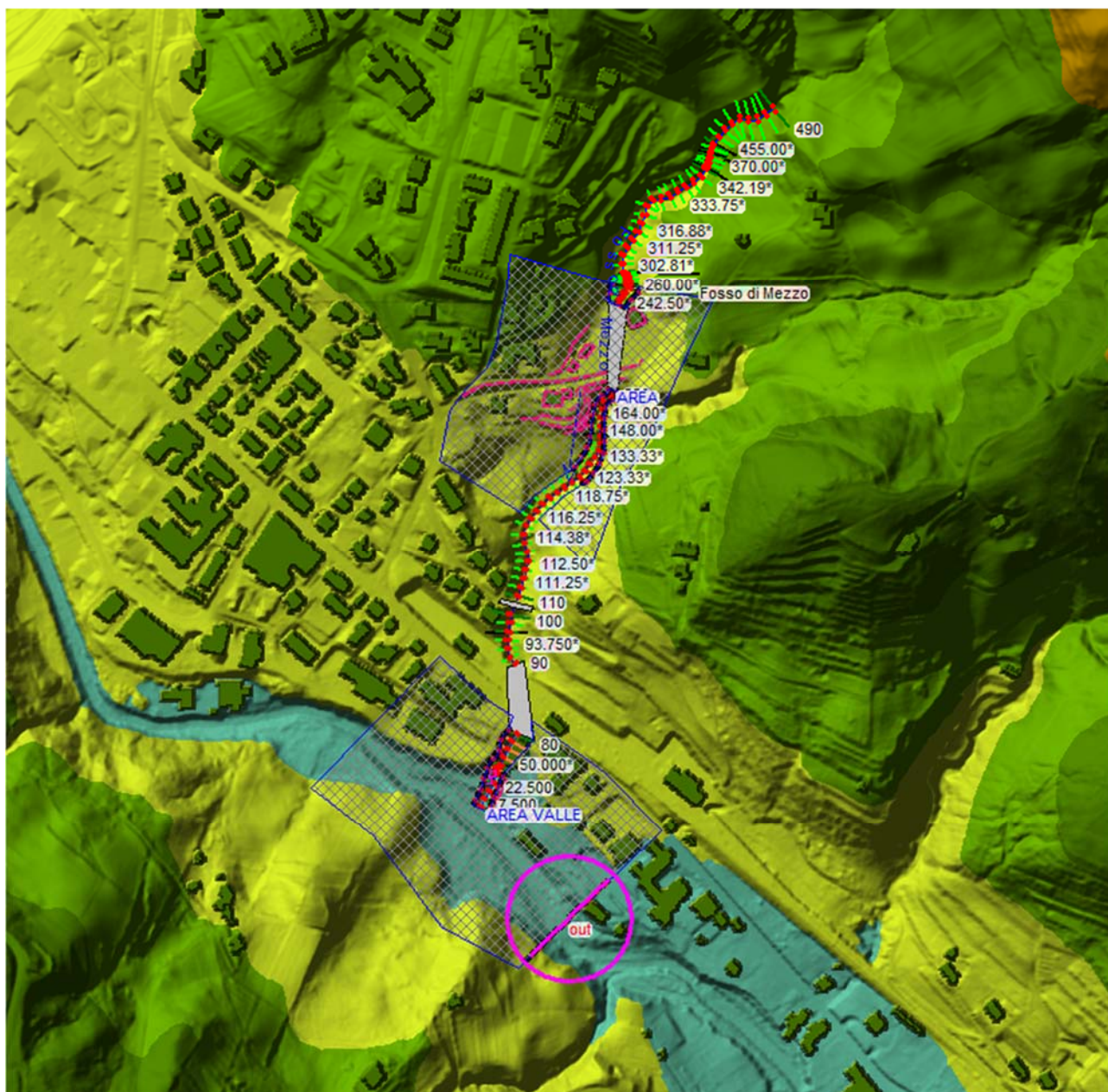


Figura 6.63 – Modello idraulico del Fosso di Mezzo AV1163

Sintesi dei risultati

Il Fosso di Mezzo presenta criticità, sia per eventi con Tr_{30} che Tr_{200} , in corrispondenza dell'attraversamento posto in corrispondenza di Via San Leo il quale crea un rigurgito tale da creare allagamenti che vanno ad interessare le aree limitrofe e la strada comunale. Proseguendo verso valle i volumi di piena sono contenuti all'interno dell'alveo sia per eventi con Tr_{30} che Tr_{200} fino alla confluenza con il Fiume Arno.

6.7.4 Modello “Rigaggiolo”

Descrizione generale

Il modello comprende il tratto del Fosso Rigaggiolo censito con la sigla Av694 che confluisce nel Torrente Staggia nei pressi di Papiano, in località Santo Stefano.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata, fino ad incontrare le prime abitazioni di Santo Stefano, che attraversa con due attraversamenti ravvicinati, uno di viabilità privata e uno della SS310. Il tratto a valle invece, subito prima dell'immissione nel Torrente Staggia, risulta fortemente antropizzato, con le due sponde, sia destra che sinistra, costituite da muri di sponda verticali.



Figura 6.64 Planimetria modello Rigaggiolo

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso Rigaggiolo è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l'asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un'unica *flow areas 2D* nella sola parte terminale del modello. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzata una *stage hydrograph* variabile nel tempo per simulare l'immissione nel Torrente Staggia. Tale tirante idraulico imposto nell'ultima sezione del modello è stato desunto dal modello del T.Staggia sia per la Tr 200 anni che per la Tr 30 anni per le rispettive durate di pioggia indagate.

È stata poi inserita una condizione al contorno, *boundary condition lines*, in uscita dalla *storage area* di valle, per simulare il deflusso di allontanamento.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a $0.04 \text{ s m}^{-1/3}$ per l'alveo principale;
- n pari a $0.06 \text{ s m}^{-1/3}$ fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso Rigaggiolo	21	2	2	1

Tabella 6.31 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Rigaggiolo”



Figura 6.65 – Modello idraulico del Fosso Rigaggiolo

Sintesi dei risultati

Il corso d'acqua non presenta elevate criticità idraulica né per eventi con tempi di ritorno di 30 anni né per eventi con tempo di ritorno 200 anni. Solo nel tratto in cui il Fosso Rigaggiolo si immette nel Torrente Staggia si hanno delle esondazioni in destra e sinistra idraulica, che però interessano aree di pertinenza dei due corsi d'acqua sopra citati.

6.7.5 Modello “Staggia_Cerreta_App”

Descrizione generale

Il modello comprende

- Il T. Staggia a monte dell’abitato di Stia;
- il Fosso di Cerreta a monte dell’abitato di Stia.

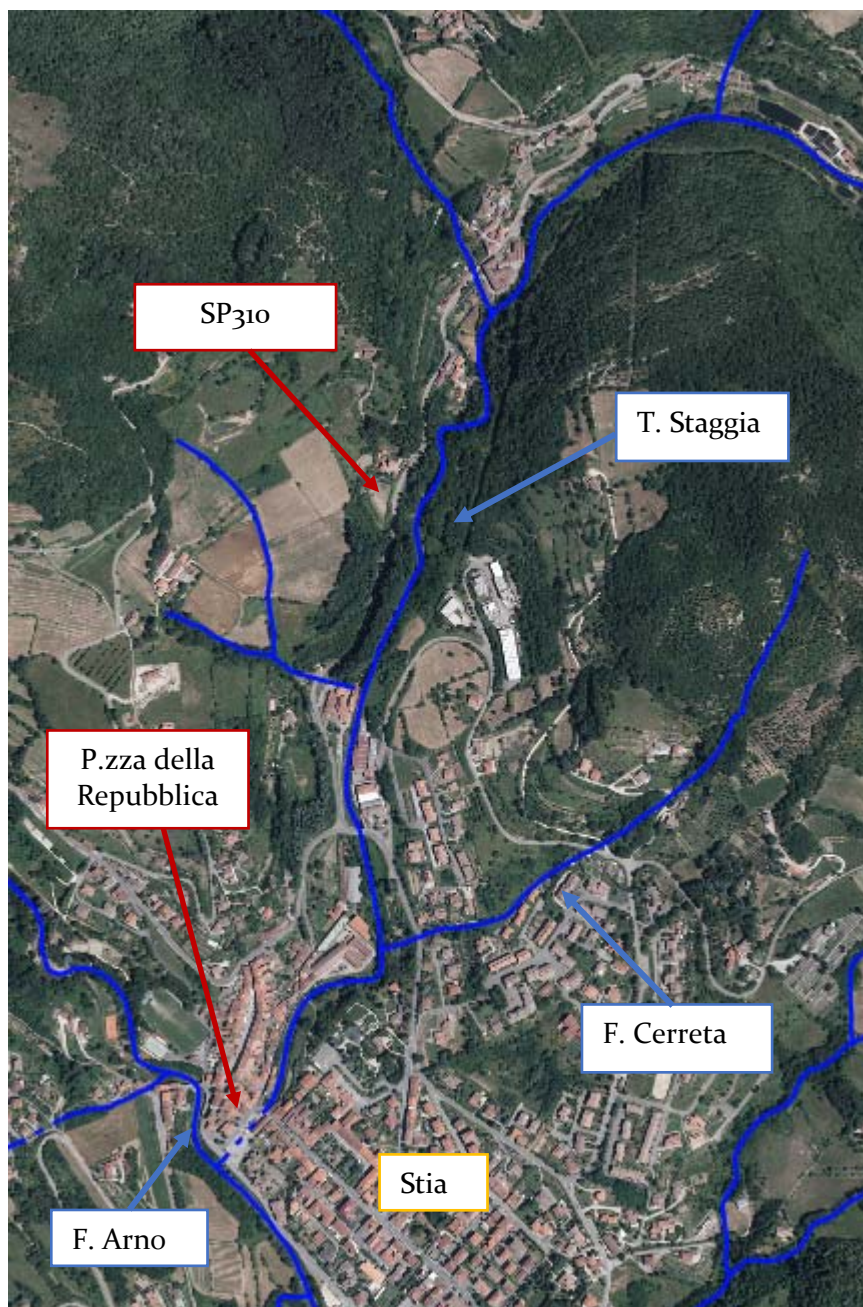


Figura 6.66 - Inquadramento del Modello “Staggia Cerreta App”

I due corsi d'acqua scorrono da aree prevalentemente agricolo/boscate con versanti acclivi e alveo naturale. L'attraversamento dell'abitato di Stia avviene sempre in condizioni di alveo naturale per il fosso Cerreta, mentre il Torrente staggia risulta antropizzato con definizione geometrica delle sezioni, sponde verticalizzate, edifici contigui al corso d'acqua, soglie per il convogliamento a centrali idroelettriche e, prima della confluenza nel F. Arno, il sottoattraversamento di Piazza della Repubblica a Stia per circa 110 m.

Caratteristiche del Modello

Il modello è realizzato con HEC-RAS 5.0.7 in cui le aste fluviali sono modellate come elementi *river* monodimensionali definiti per mezzo di *cross section*, uniti tra loro tramite una *junction*.

Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria, le sezioni rilevate sono state impiegate in modo che la modellazione 1D riguardi solo il main channel, mentre le aree interessate da fenomeni esondativi, modellate con gli elementi storage sono collegate all'alveo tramite degli sfioratori laterali chiamati lateral structures.

È stata poi inserita una condizione al contorno, boundary condition lines, in uscita dalla storage area di valle, per simulare il deflusso di allontanamento.

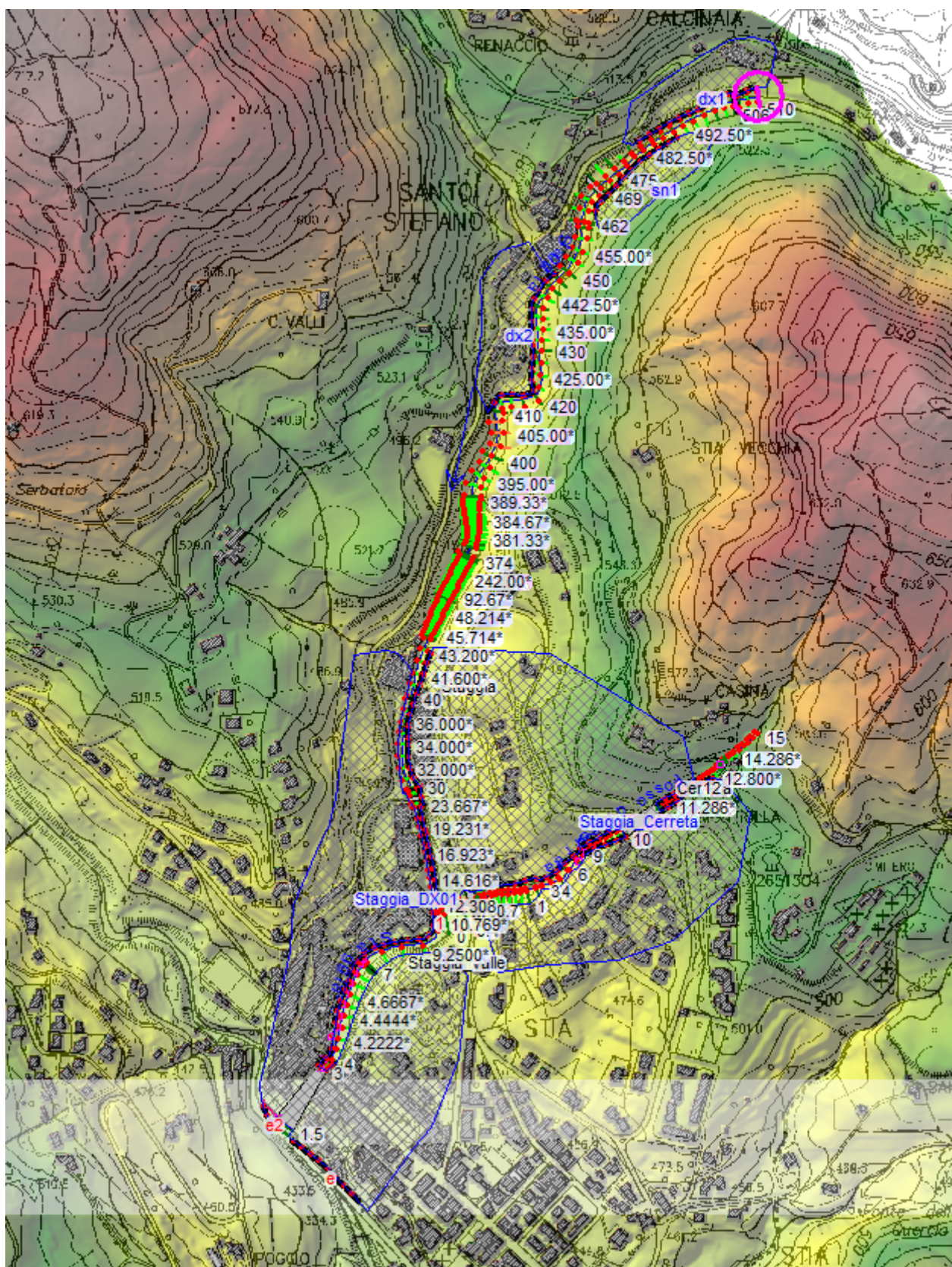
È stato realizzato un unico modello idraulico, nel quale sono stati inseriti, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato uno *stage hydrograph* vario nel tempo per simulare l'immissione nel Fiume Arno. La quota imposta massima è di 433.47 m s.l.m. per Tr30 e 434.26 m s.l.m. per Tr200, quote corrispondenti al tirante idraulico dell'area allagata del Fiume Arno alla confluenza con il T. Staggia.

Per le scabrezze dei corsi d'acqua sono stati assunti i seguenti valori di Manning, definiti come descritto nei precedenti capitoli:

- 0.06 m^{-1/3} /s, fuori dall'alveo principale;
- 0.040 m^{-1/3} /s, per l'alveo principale.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
T. Staggia	48	6	3	4
F. Cerreta	21		3	

Tabella 6.32 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello "Staggia_Cerreta_App"



ProGeo
Engineering

Sintesi dei risultati

Il fosso Cerreta presenta sponde molto alte adeguate al contenimento delle portate per eventi di piena con Tr 30 e 200 anni.

Il T. Staggia nel tratto di monte scorre parallelamente alla SP310 in aree ad uso prevalentemente agricolo e boscato. Le esondazioni sia in destra che in sinistra idraulica sono contenute nelle aree contermini al torrente e non creano criticità né per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni. Nelle zone poco a monte dell'abitato di Soci, invece il T. Staggia, è fonte di esondazioni in sinistra idraulica che coinvolgono aree industriali e la stessa viabilità. Anche l'attraversamento di Stia avviene con criticità idrauliche e sormonto della spalletta in destra idraulica a protezione del plesso del Museo dell'Arte della lana e via De Amicis per eventi con Tr 200 anni. Tali volumi, nonostante il tombamento di Piazza della Repubblica risulti adeguato allo smaltimento delle portate di piena, divagano lungo la viabilità comunale e vanno ad interessare il tratto finale di via De Amicis, Via G. Garibaldi e la stessa Piazza della Repubblica.

Eventi di piena con Tr 30 anni, invece, attraversano l'abitato di Soci senza criticità idrauliche.

6.8 Comune di Chitignano

6.8.1 Modello “Doccia”

Il modello comprende il tratto del Fosso del Doccia censito con la sigla Av7268 che confluisce nel Torrente Rassina più a valle dell’abitato di Chitignano, attraversandolo interamente con un lungo tratto tombato.

Il tratto in esame, scendendo verso valle, presenta un primo tratto ad elevata pendenza, in zona prevalentemente boscata, fino ad incontrare le prime abitazioni, dove inizia un tratto tombato il quale finisce a valle del centro abitato, all’interno di una valle incisa diversi metri al di sotto delle abitazioni. Il fosso affluente destro, denominato “Aff del Doccia”, verrà esaminato nel capitolo seguente con adeguate considerazioni morfologiche in quanto non presenta scorrimento a cielo aperto, ma è da considerarsi afferente al solo reticolo fognario che attraversa l’abitato di Chitignano.



Figura 6.68–Planimetria del modello Doccia

Caratteristiche del Modello

La modellazione idraulica, finalizzata alla definizione delle condizioni di pericolosità idraulica lungo il corso del Fosso del Doccia è realizzata con il software HEC-RAS 5.0.7 in cui l’asta fluviale è modellata come elemento *river* monodimensionale definito per mezzo di *cross sections* e di un’unica *flow areas 2D*. Nei tratti in cui la modellazione bidimensionale è stata necessaria le sezioni rilevate

sono state considerate in modo che la modellazione 1D riguardi il solo *main channel*, mentre le aree golenali e di espansione naturale del corso d'acqua sono state modellate con gli elementi *storage*, collegate tramite una *lateral structures*.

Sono state inserite, come condizioni di monte, gli idrogrammi di piena, calcolati così come descritti nei capitoli precedenti, mentre come condizione di valle è stata utilizzato una *normal depth* valutata come pendenza dell'ultimo tratto del Fosso del Doccio.

Per le scabrezze nel corso d'acqua sono stati assunti i seguenti valori del coefficiente di Manning:

- n pari a 0.035 s m^{-1/3} per l'alveo principale;
- n pari a 0.06 s m^{-1/3} fuori dall'alveo principale

Per le *lateral structure*, invece, sono stati utilizzati diversi coefficienti di sbarramento (*Weir Coefficients*). I coefficienti da adottare sono stati valutati sulla base dell'andamento del terreno trasversalmente alla *lateral structure* in questione.

Asta idraulica	N. Sezioni idrauliche	N. briglie o soglie	N. ponti	n. 2D flow areas
Fosso del Doccio	13	1	1	1

Tabella 6.33 – elementi geometrici per la caratterizzazione delle aste idrauliche del modello “Fosso del Doccio”

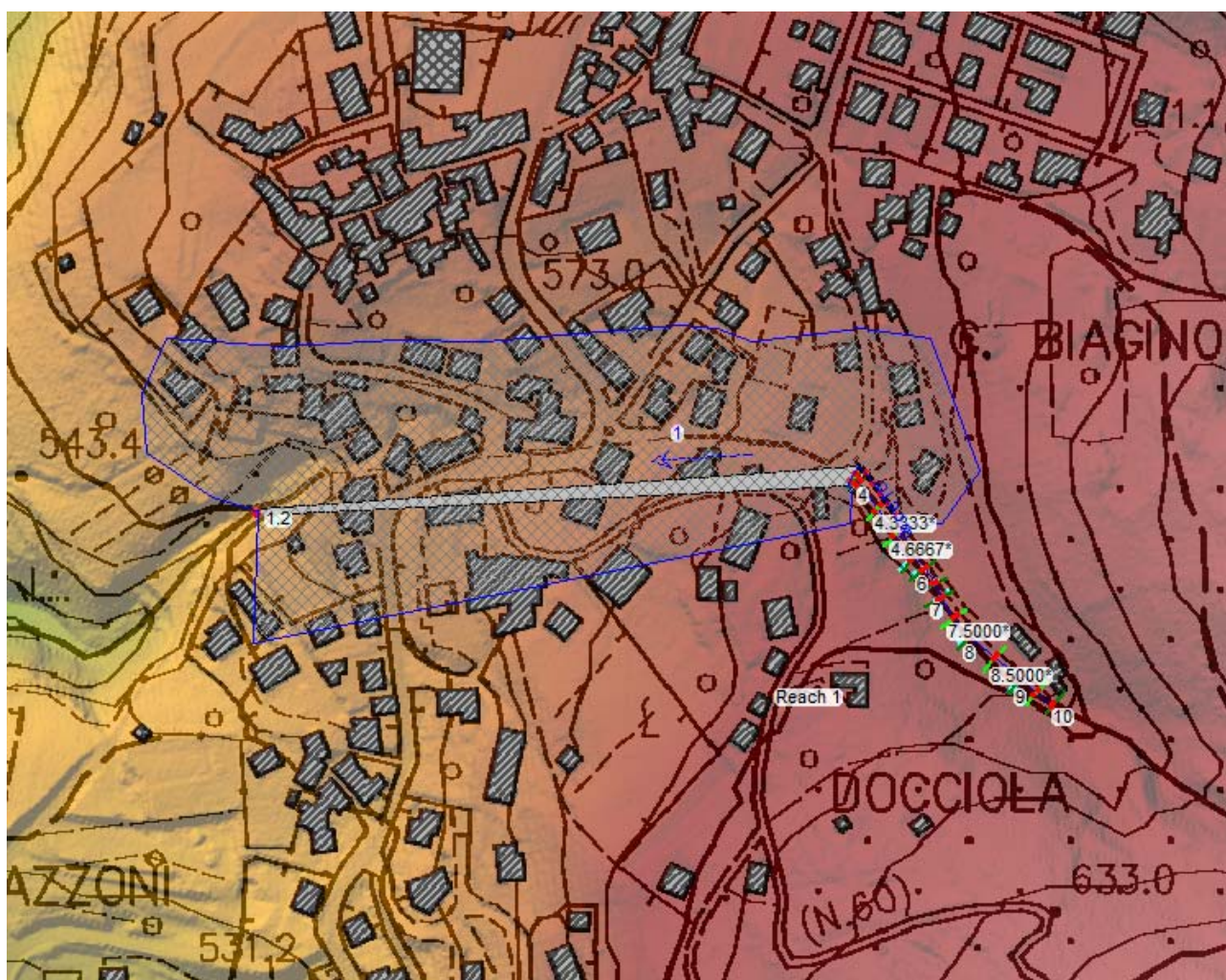


Figura 6.69 – Modello idraulico del Fosso del Doccia

Sintesi dei risultati

Le principali criticità, si riscontrano per tempi di ritorno pari a 200 anni, mentre le portate generate da eventi con tempi di ritorno pari a 30 anni non provocano allagamenti nell'abitato di Chitignano. In corrispondenza dell'attraversamento, posto a monte del nucleo abitato, si hanno le principali criticità del corso d'acqua in esame, infatti la sezione idraulica risulta insufficiente al deflusso delle piene e ne causa il rigurgito che conseguentemente provoca l'allagamento delle aree limitrofe a quest'ultimo e della viabilità comunale di Via Belardi, Via Verna e parte di Via Europa.

7 CONSIDERAZIONI IDRAULICHE CON CRITERI MORFOLOGICI

Di seguito, si riportano, per ogni territorio comunale i corsi d'acqua di cui non si è ritenuta necessaria una modellazione idraulica, sia a seguito di considerazioni morfologiche che dei rilievi in sito.

7.1 Comune di Bibbiena

7.1.1 Fosso del Pesce

L'asta fluviale del Fosso del Pesce, censita con la sigla AV1628, interessa il territorio urbanizzato dell'abitato di Serravalle, nel comune di Bibbiena, lungo il suo corso verso il corso d'acqua principale, il Fosso di Serravalle.

A seguito di apposita campagna di rilievi e di considerazioni topografiche e morfologiche si è scelto di non svolgere uno studio idrologico-idraulico del corso d'acqua, in quanto la topografia della zona presenta un alveo fortemente inciso ad alta pendenza, mentre le abitazioni risultano in posizione di alto morfologico di almeno 4 metri (si veda Figura 7.3) rispetto al fondo alveo del Fosso del Pesce.

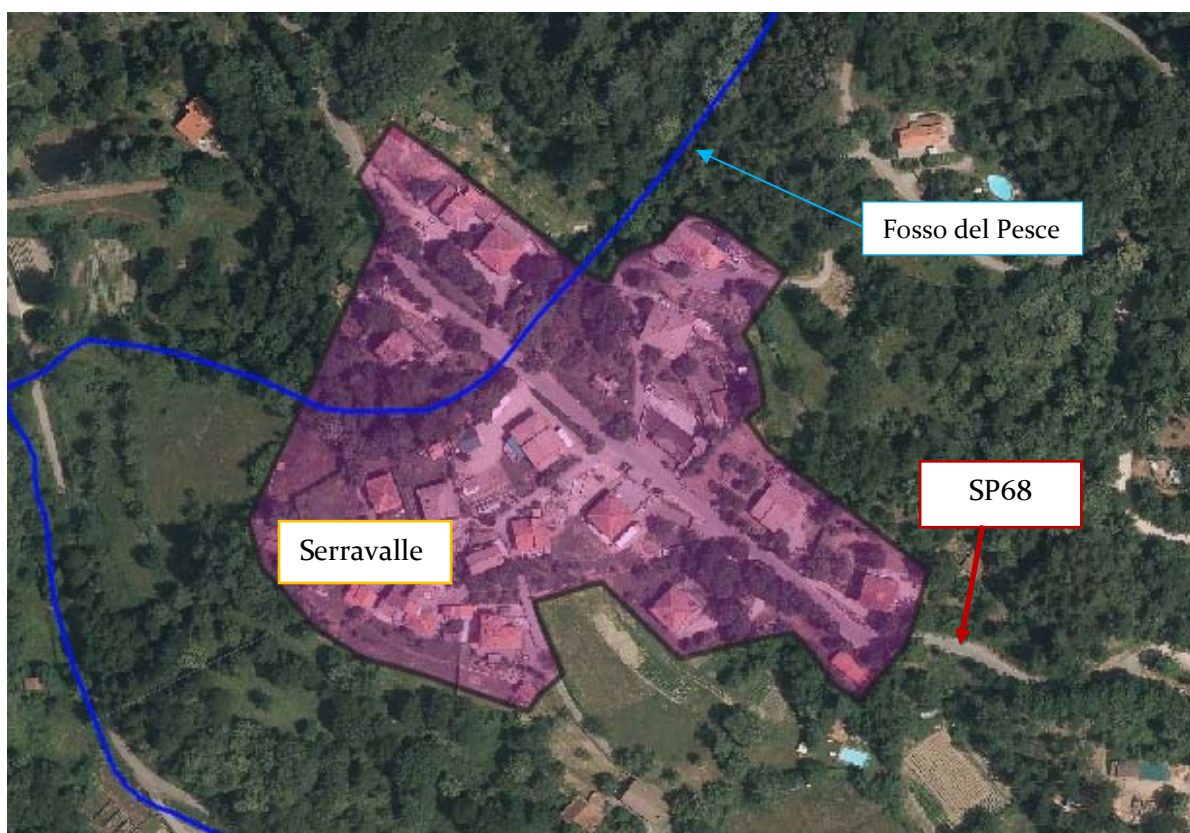


Figura 7.1 Inquadramento su base ortofoto dell'asta fluviale del Fosso del Pesce (AV1628)

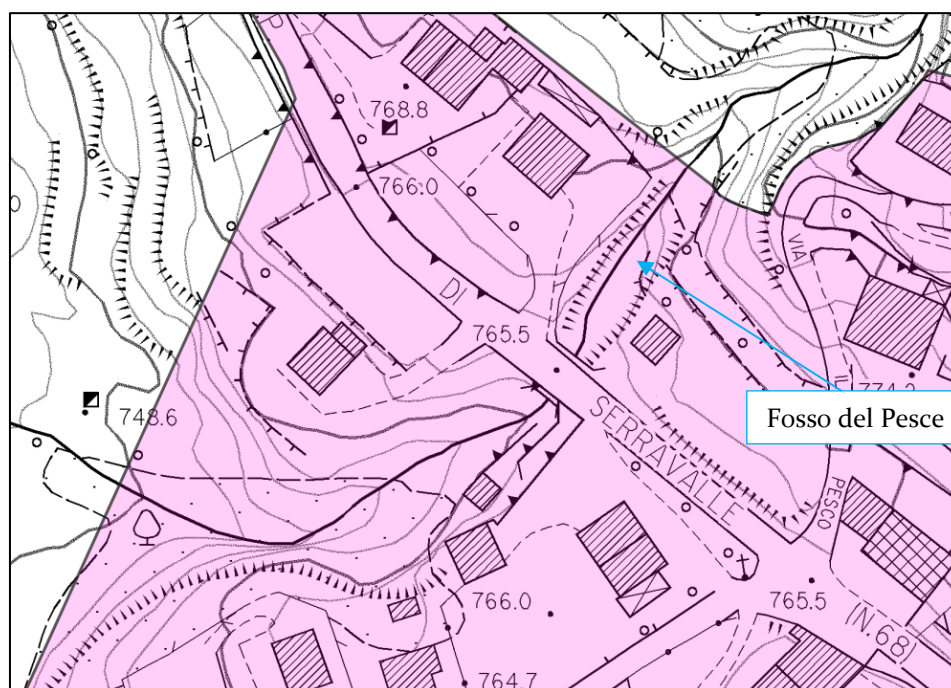


Figura 7.2 Inquadramento su base CTR 2K dell'asta fluviale del Fosso del Pesce (Av1628)



Figura 7.3 Rilievo sul Fosso del Pesce

7.2 Comune di Poppi

7.2.1 Fosso del Loto (AV1538)

Il Fosso del Loto attraversa l'abitato di Moggiona da Nord-Est a Sud-Ovest. Attraversa aree principalmente boscate prima di raggiungere l'abitato.

Si riporta in Figura 7.4 la documentazione fotografica da cui si evince che il Fosso del Loto presenta un alveo fortemente inciso ad alta pendenza, rendendo improbabile l'esondazione.

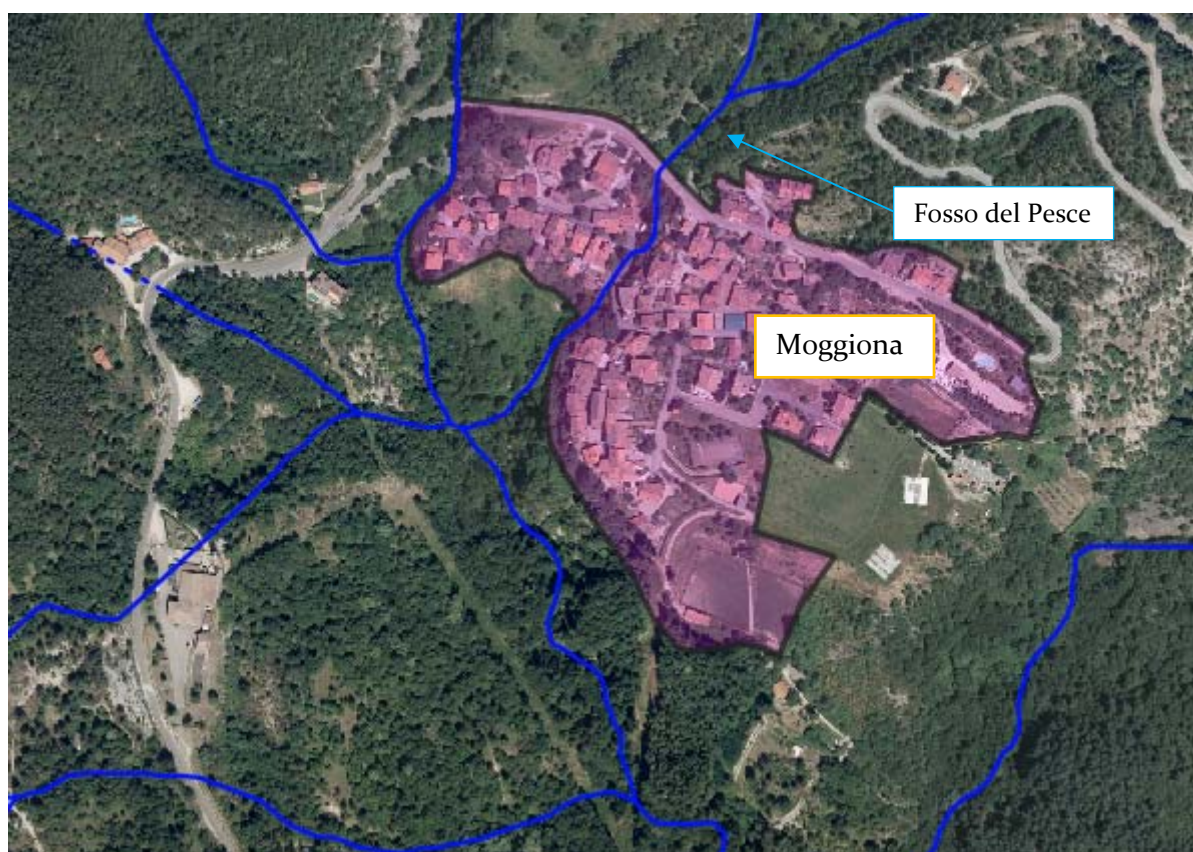


Figura 7.4 Inquadramento su base ortofoto dell'asta fluviale del Fosso del Loto (Av538)

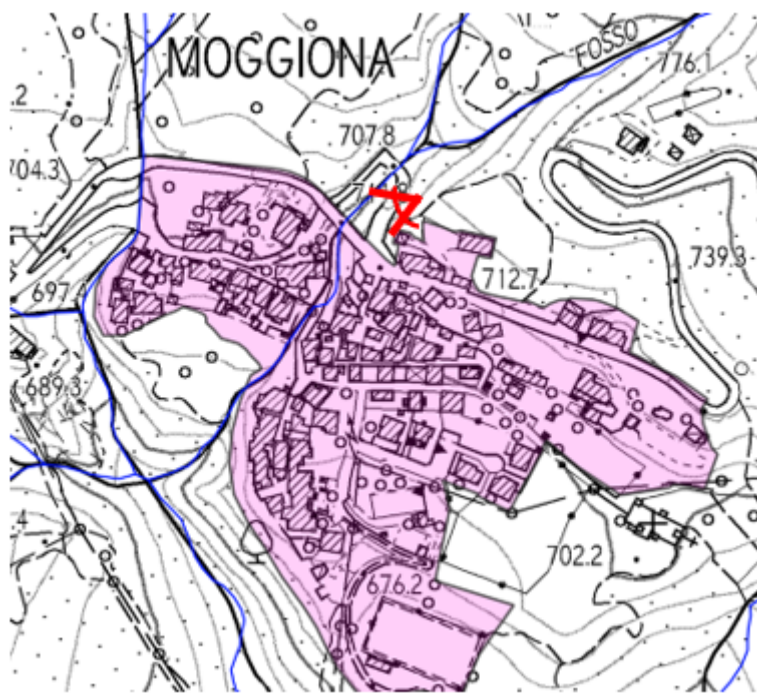


Figura 7.5 Inquadramento su base CTR 10k dell'asta fluviale del Fosso del Loto (Av538), in rosso cono ottico



Figura 7.6 vista del Fosso del Loto a monte dell'abitato di Moggiona

7.2.2 Fosso della Fonte Bertaccia (AV890)

Il Fosso della Fonte Bertaccia attraversa l'abitato di Fiume d'Isola da Nord-Est a Sud-Ovest. Attraversa aree principalmente boscate prima di raggiungere l'abitato.

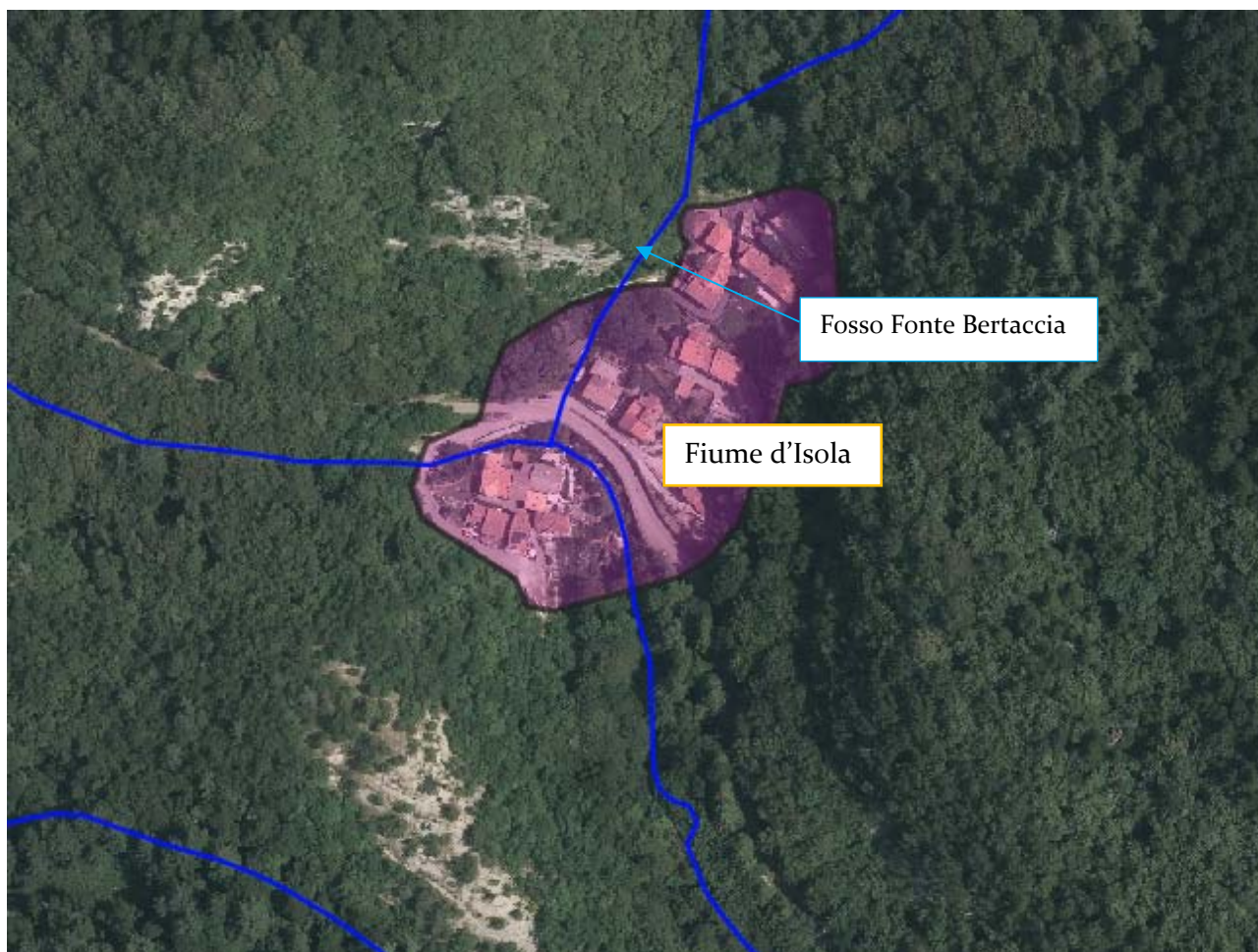


Figura 7.7 Inquadramento su base ortofoto dell'asta fluviale del Fosso della Fonte Bertaccia (Av890)

Come si vede dalla seguente Figura 7.8 il bacino che interessa il fosso della Fonte Bertaccia corrisponde ad un'area di circa 0.67kmq. Utilizzando il metodo razionale, secondo cui:

$$Q=A*h*\phi/d$$

(Dove A è l'area del bacino, h è l'altezza di pioggia per la durata indagata (56.96mm), pari ad un ora, per eventi con Tempi di ritorno pari a 200anni, ϕ è il coefficiente di deflusso assunto pari a 0.4)

Si ottiene una portata per T_{r200} anni pari a $Q=4.20\text{mc/sec}$

A seguito della campagna di rilievi svolta dalla scrivente società è stato possibile rilevare una sezione del Fosso della Fonte Bertaccia riportata in Figura 7.9 che può essere considerata rappresentativa del tratto di corso d'acqua che interessa il Territorio Urbanizzato.

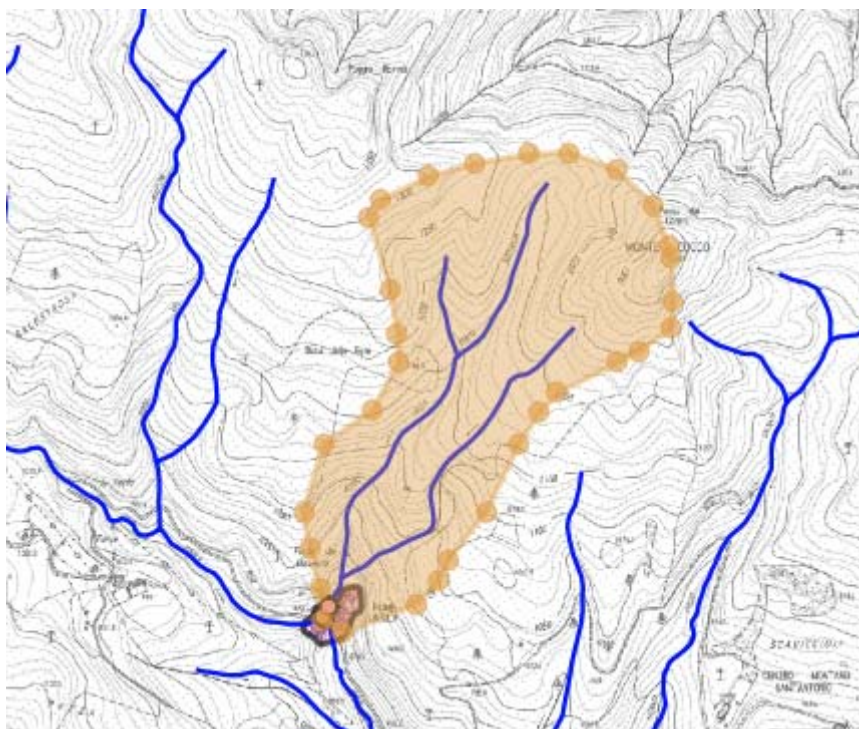


Figura 7.8 Inquadramento su base CTR 1:10k dell'asta fluviale del Fosso della Fonte Bertaccia

Approssimando quindi la sezione ad un canale a sezione trapezia con base pari a 2 metri ed elevata pendenza delle sponde e imponendo una portata per T_{r200} anni, calcolata come sopra, facendo riferimento al sito "Vlab Online Calculator" (http://uon.sdsu.edu/online_calc.php), dove è possibile utilizzare tra le tante formule, anche quella per il calcolo della "portata in un canale sotterraneo parzialmente pieno", si è ottenuto un battente idraulico nella sezione inferiore a 0.80m.

A seguito di tali considerazioni da cui risulta improbabile l'esondazione, si è ritenuto non necessario compiere uno studio idrologico-idraulico dell'asta in oggetto in quanto non critica per il Territorio Urbanizzato.

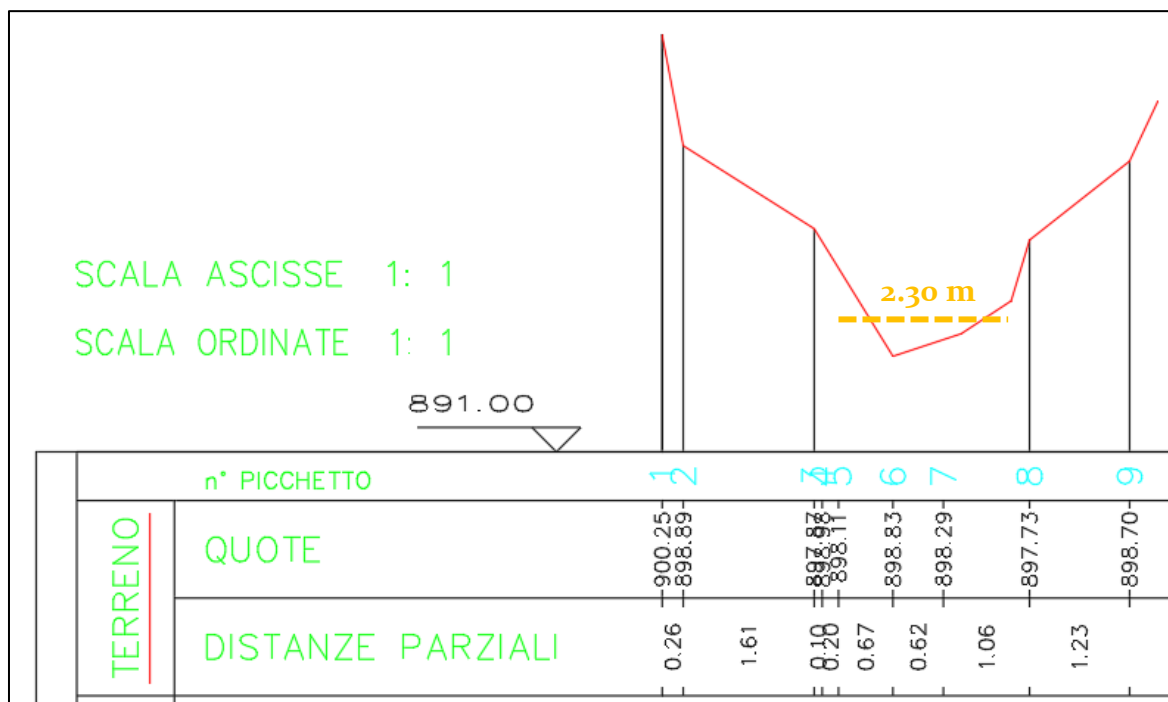


Figura 7.9 Sezione rilevata sul Fosso della Fonte Bertaccia

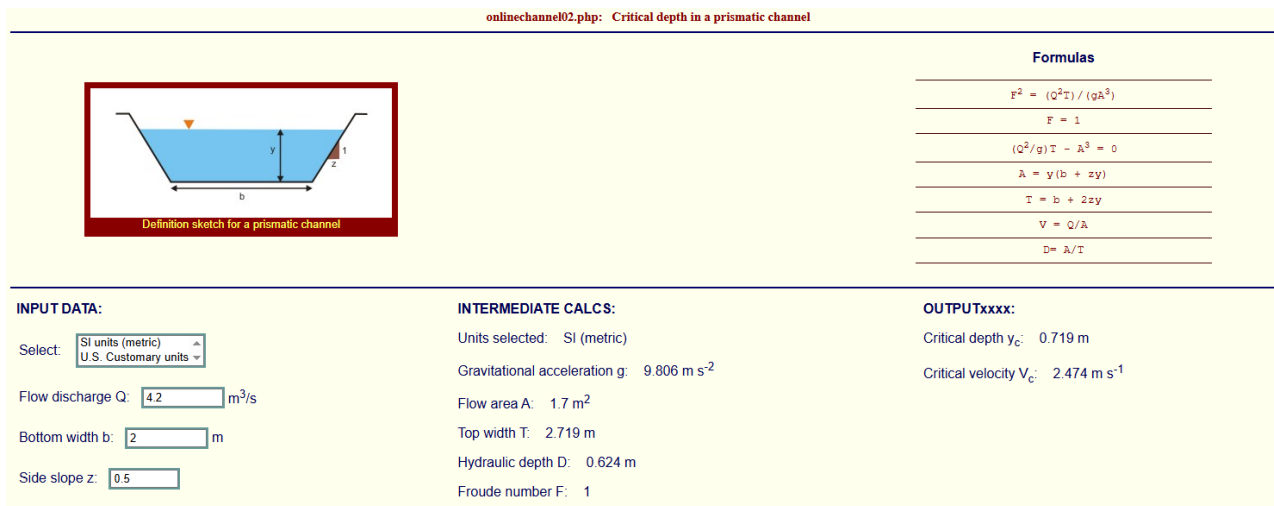


Figura 7.10 Risultati dell'analisi idraulica ottenuta

7.2.3 Fosso d'Isola (AV₁₁₁₅) e Affluente (AV₁₀₅₉)

Il Fosso d'Isola attraversa l'abitato di Badia Prataglia da Nord-Ovest a Sud-Est. Attraversa aree principalmente boscate prima di raggiungere l'abitato. Il suo affluente, invece, censito con la sigla AV₁₀₅₉, secondo il Reticolo Idrografico della Regione Toscana di cui alla LR 79/2012 e successivi aggiornamenti, scorre perpendicolare al recettore principale.

Secondo quanto riportato nell'ultima versione del Reticolo idrografico della Regione Toscana (Aprile 2024) l'affluente del Fosso d'Isola interessa il Territorio Urbanizzato, indicato in magenta nella figura seguente con un tratto a cielo, fino alla confluenza con il fosso principale sempre all'interno del Territorio Urbanizzato.

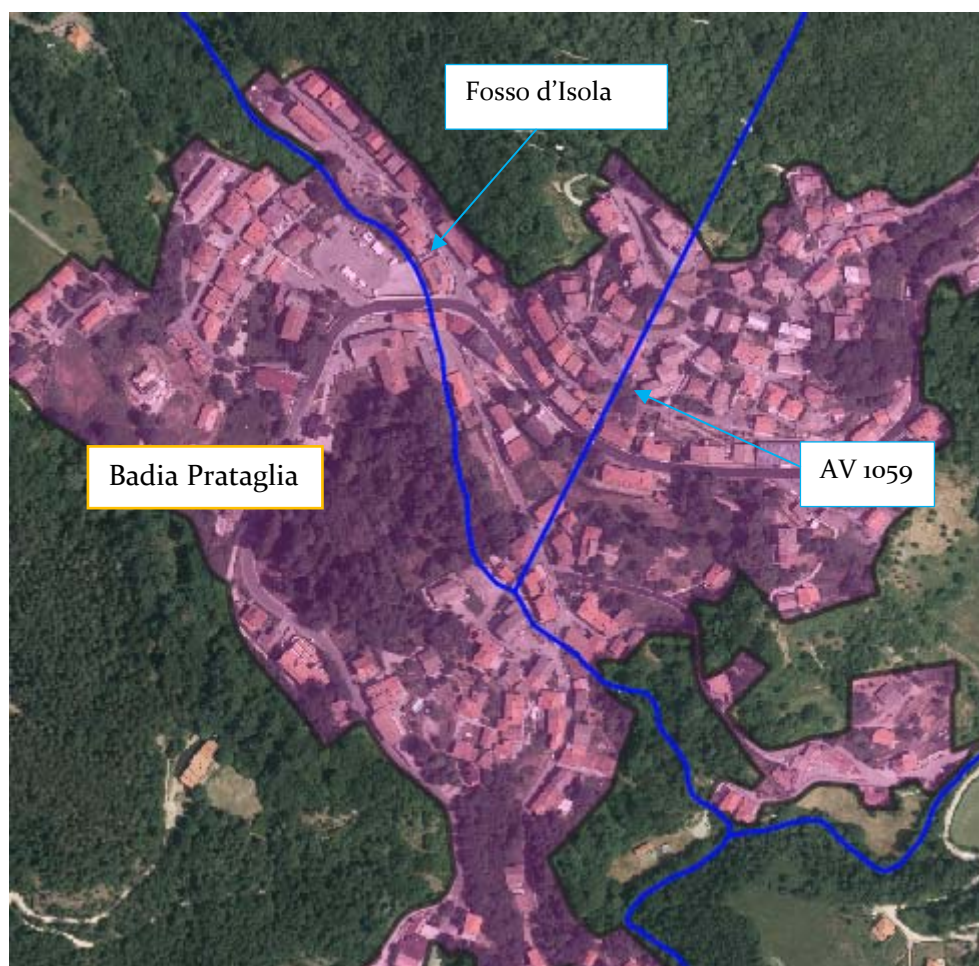


Figura 7.11 Inquadramento su base ortofoto dell'asta fluviale del Fosso d'Isola e del suo affluente AV₁₀₅₉

A seguito di sopralluoghi svolti da questa società, si è constatato che nella parte all'interno del territorio urbanizzato in cui dovrebbe trovarsi il Fosso AV1059 non risulta presente alcun corso d'acqua affluente di quello principale, come si vede nella documentazione fotografica riportata in seguito (Figura 7.13). Non sono presenti quindi canalizzazioni o corsi d'acqua, ma aree altamente antropizzate in cui non è stata rilevata una regimazione superficiale.

Per quanto riguarda il corso d'acqua principale, invece, come si nota dalla cartografia 2k a seguito e come riscontrato durante i sopralluoghi risulta molto inciso e confinato tra alte sponde in muratura. Considerando quindi improbabile l'esondazione non si è ritenuto necessario compiere uno studio idrologico-idraulico dell'asta del Fosso d'Isola in quanto non critico per il Territorio Urbanizzato.

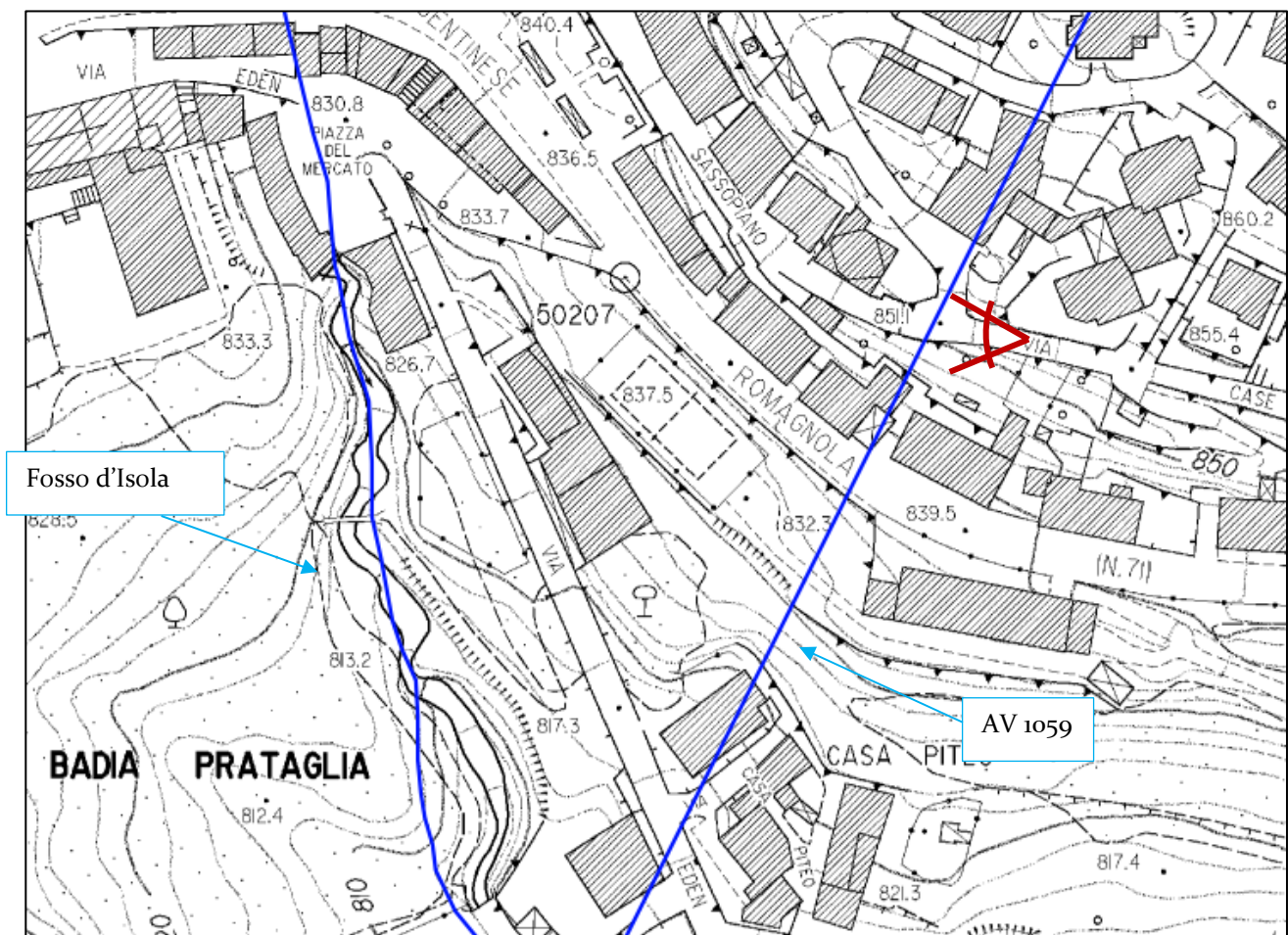


Figura 7.12 Inquadramento su base CTR 2k dell'asta fluviale del Fosso AV1059, in rosso cono ottico



Figura 7.13 Tratto del Fosso AV1059 non rilevato

7.3 Comune di Pratovecchio Stia

7.3.1 AV807

L'asta fluviale AV807, a nord dell'abitato di Stia, nel comune di Pratovecchio Stia, secondo il Reticolo Idrografico della Regione Toscana di cui alla LR 79/2012 e successivi aggiornamenti risulta scorrere lungo la direttrice Ovest-Est, perpendicolare alla SP310, che sottoattraversa per poi attraversare il territorio comunale fino a confluire nel Torrente Staggia poco più a valle.

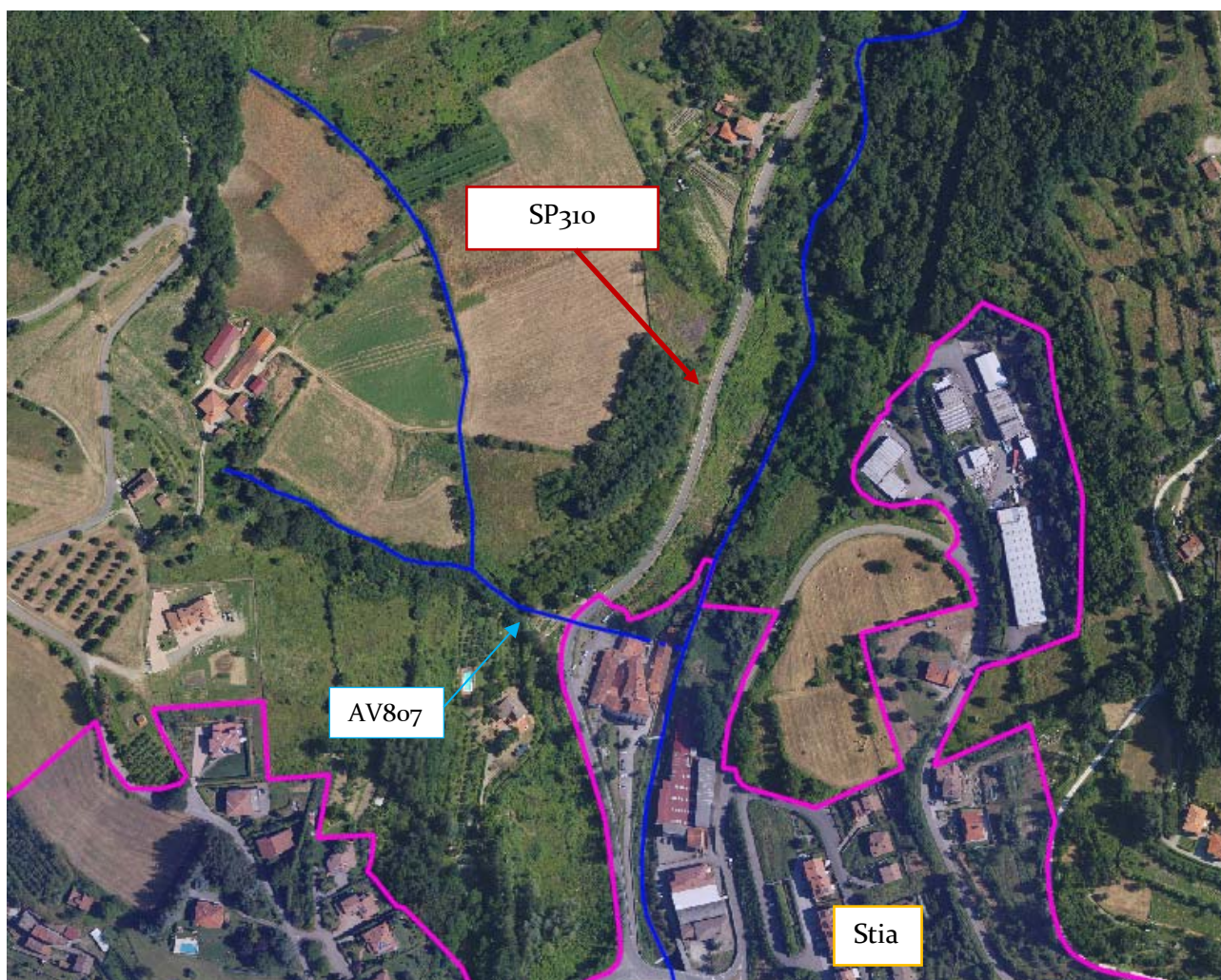


Figura 7.14 Inquadramento su base ortofoto dell'area del Territorio Urbanizzato in esame

Secondo quanto riportato nell'ultima versione del Reticolo idrografico della Regione Toscana (Aprile 2024) l'affluente del Torrente Staggia interessa il Territorio Urbanizzato, indicato in magenta nella

figura precedente (Figura 7.14), nella zona più a Nord di Stia, sottoattraversando la viabilità e confluendo nel T.Staggia con un tratto tombato che passa sotto gli edifici al toponimo “Tintoria”.

A seguito di sopralluoghi svolti da questa società, si è constatato che il corso d’acqua che interessa il tessuto urbano risulta essere un canale antropico in derivazione dal Torrente Staggia regolato da paratie mobili (si vedano Figura 7.17 e Figura 7.18) sul corso d’acqua principale. Tale canalizzazione, che prosegue poi fino all’abitato di Stia, segue il percorso evidenziato in rosso nella seguente Figura 7.15, fino a reimmettersi verso il T.Staggia con un lungo canale rettilineo sia tombato che a cielo aperto (si veda Figura 7.20).

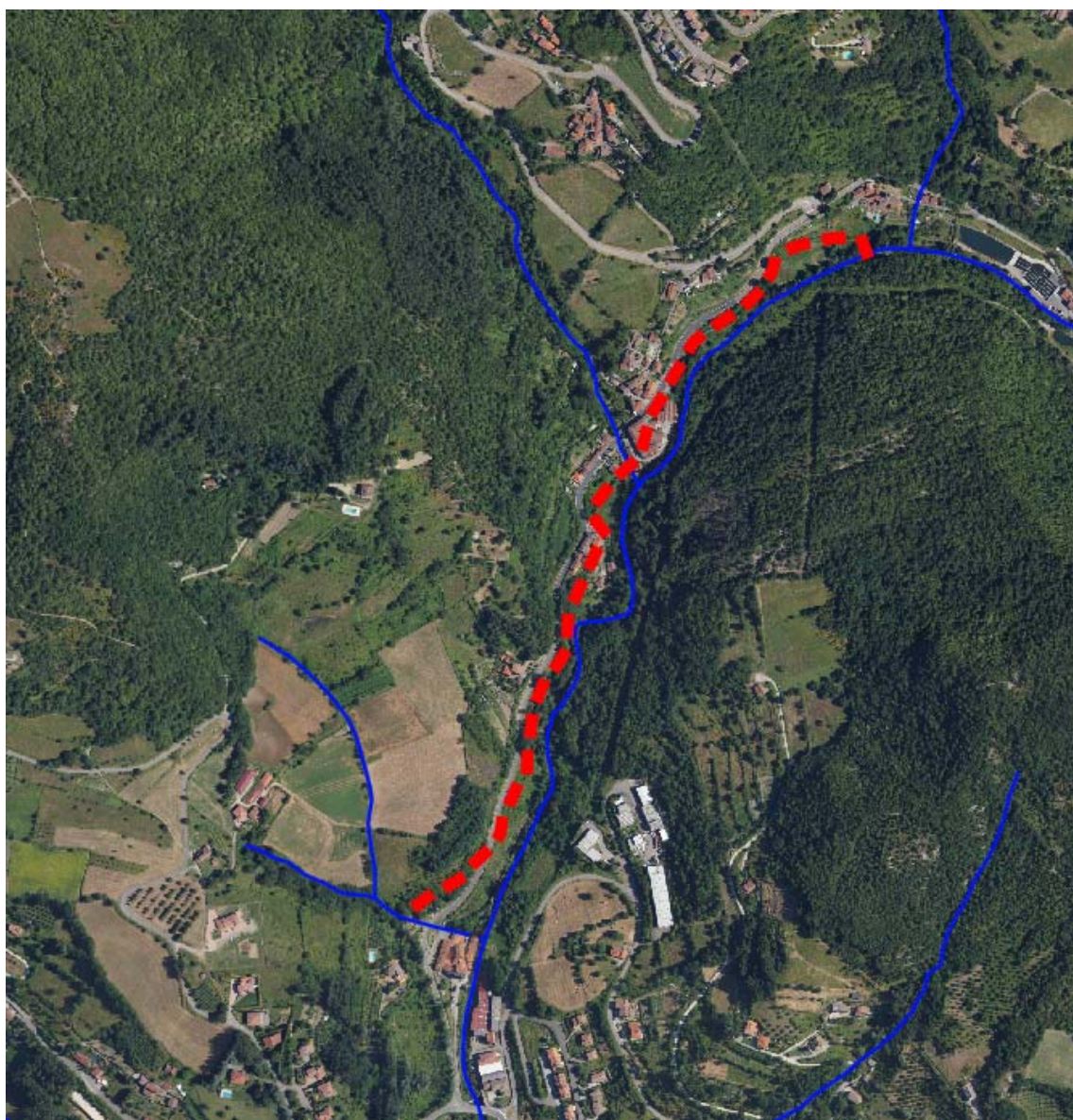


Figura 7.15 Inquadramento su base orto foto del canale di derivazione del Torrente Staggia

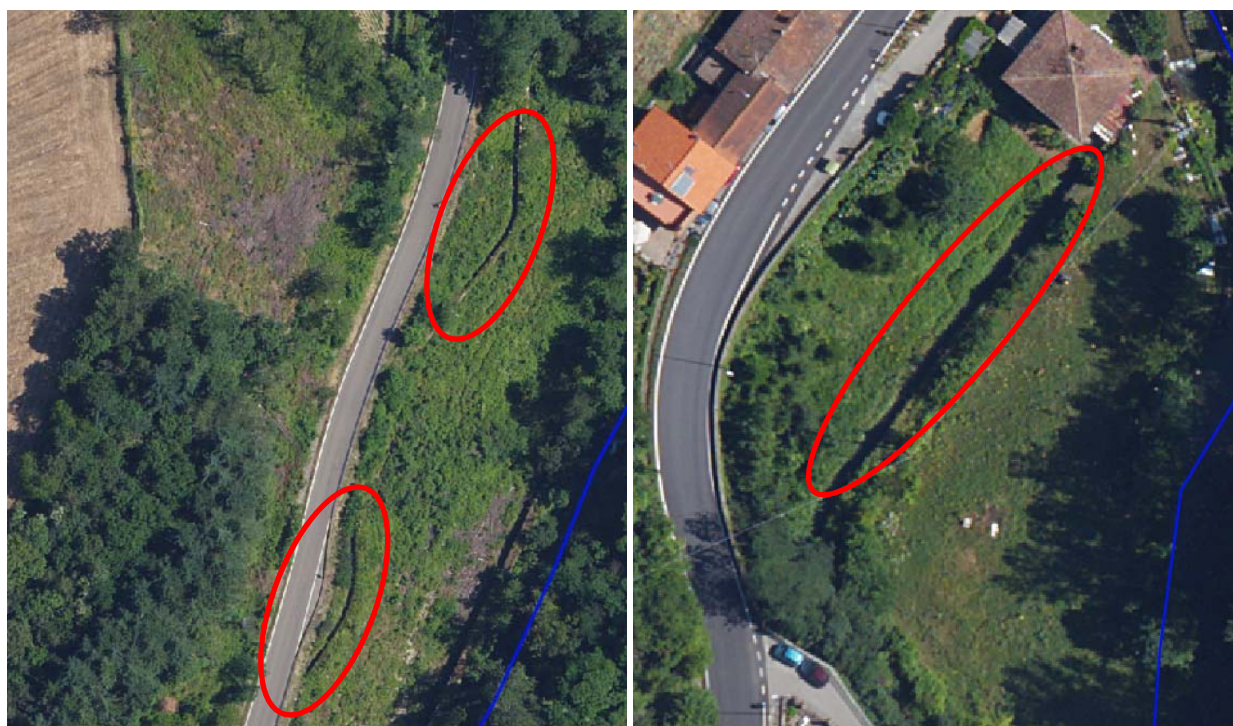


Figura 7.16 Inquadramento di dettaglio su base orto foto del canale di derivazione del Torrente Staggia



Figura 7.17 Opera di presa sul T.Staggia - paratoia mobile



Figura 7.18 Opera di presa sul T. Staggia - paratoia mobile



Figura 7.19 Percorso del canale in derivazione dal T. Staggia



Figura 7.20 Tratto interferente con il Territorio Urbanizzato, canale di derivazione dal T.Staggia

Si è quindi ritenuto non necessario compiere uno studio idrologico-idraulico dell'asta in oggetto in quanto non fa riferimento ad un vero e proprio bacino idrografico, ma risulta essere una canalizzazione regolata da manufatti e opere di presa derivante direttamente dal Torrente Staggia.

7.3.2 Fosso del Catero (AV959)

L'asta fluviale del Fosso del Catero censita con la sigla AV959 che costeggia il territorio urbanizzato in corrispondenza del cimitero di Stia fino alla confluenza con il Fosso di Madonna Lunga.

A seguito di considerazioni topografiche e morfologiche si è scelto di non svolgere uno studio idrologico-idraulico del corso d'acqua, in quanto la topografia della zona presenta un profilo crescente verso il territorio urbanizzato, come si può vedere dalla Figura 7.22, il territorio urbanizzato è posto ad una quota superiore di circa 15 metri rispetto al fondo alveo e di circa 10 metri rispetto all'area posta in sinistra idraulica.

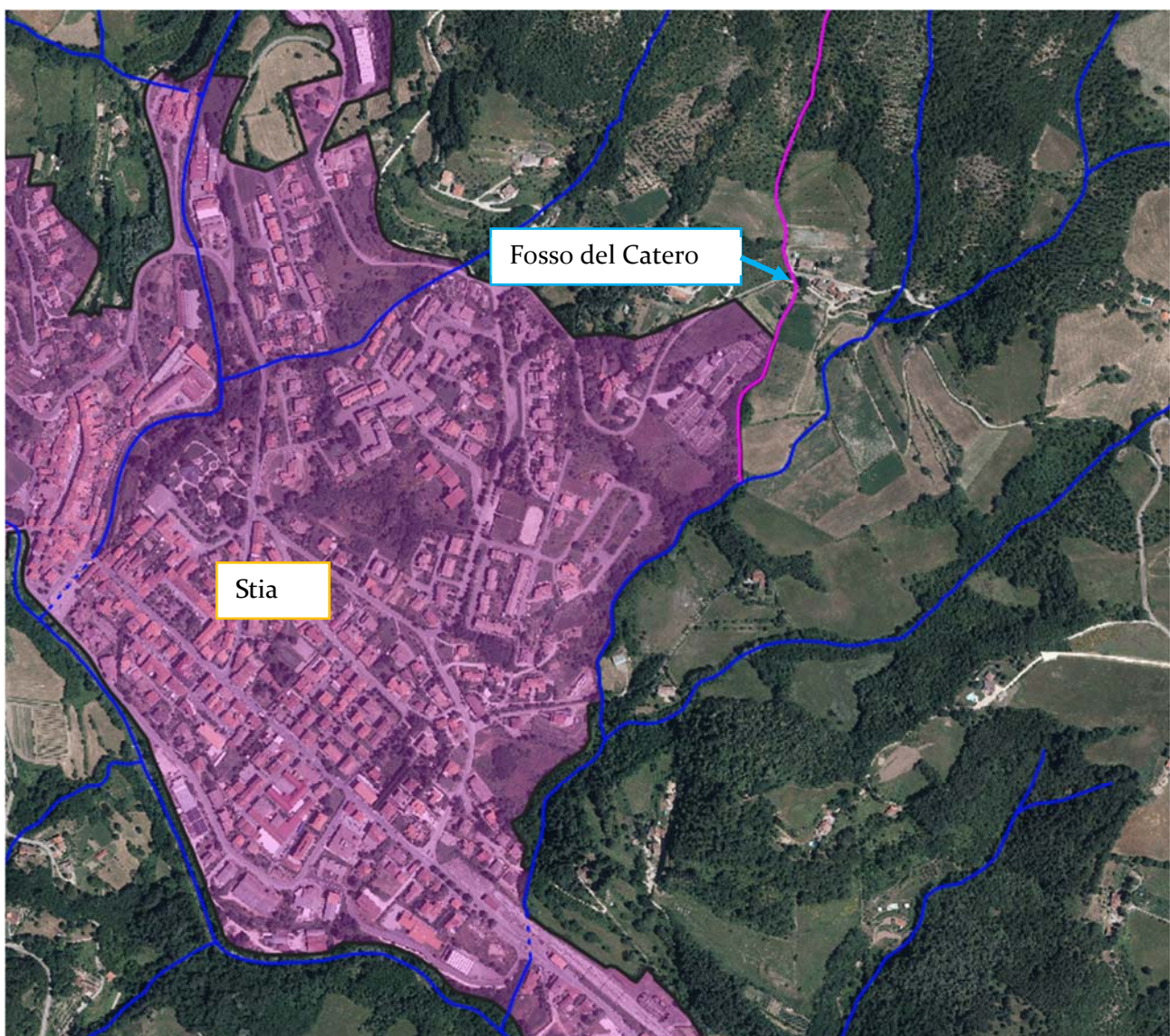


Figura 7.21–Inquadramento su base ortofoto dell'asta fluviale del Fosso del Catero (Av959)

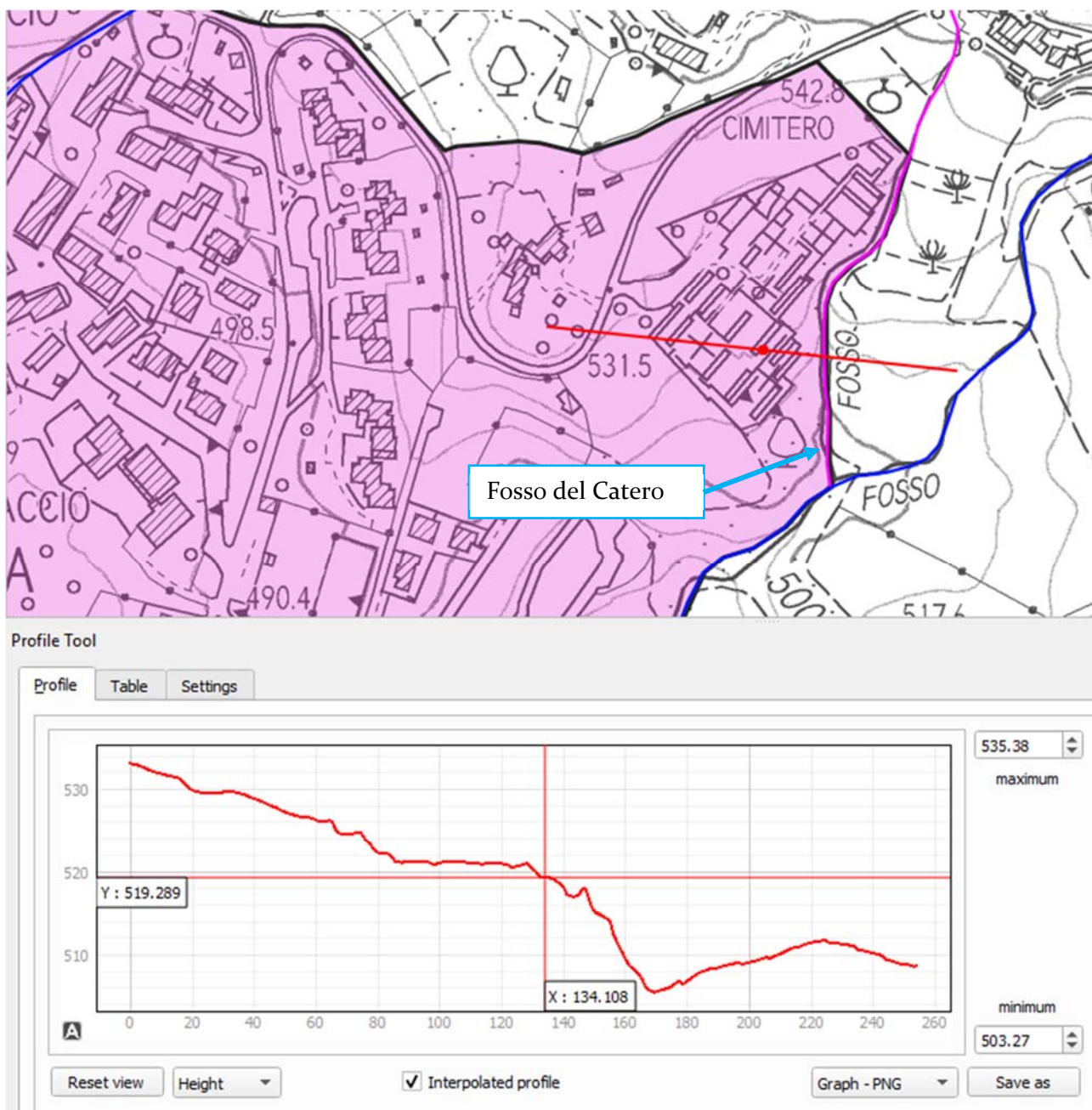


Figura 7.22 – Sezione di controllo su base Lidar

7.4 Comune di Chitignano

7.4.1 Affluente Fosso del Doccio (AV7124)

L'asta fluviale AV7124, a nord del Fosso del Doccio, nel comune di Chitignano, nei pressi del toponimo "C. Biagino", secondo il Reticolo Idrografico della Regione Toscana di cui alla LR 79/2012 e successivi aggiornamenti risulta scorrere lungo la direttrice NordEst - SudOvest, attraversando il territorio comunale prima a cielo aperto e poi con un tratto tombato che confluisce nel Fosso del Doccio.

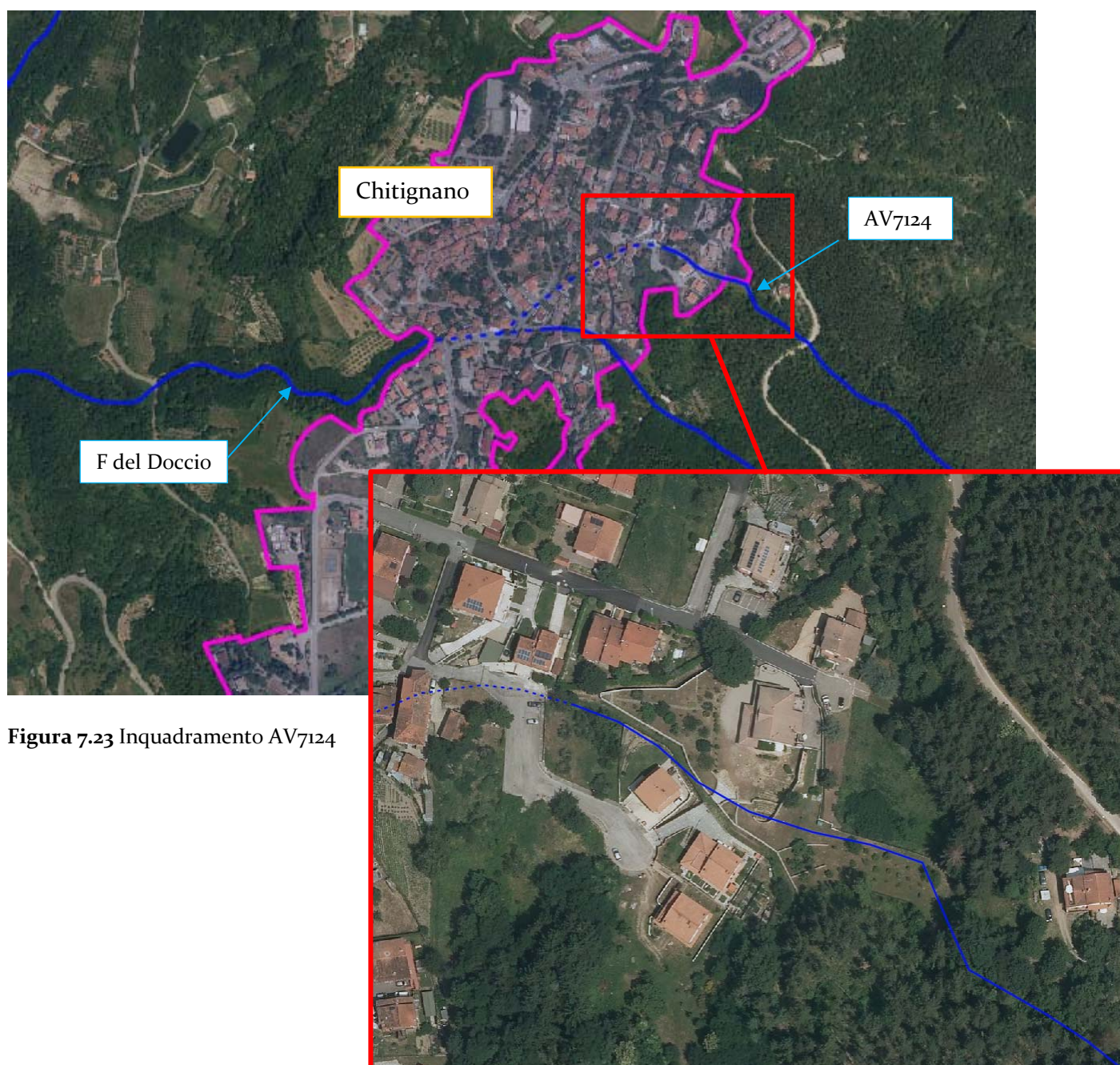


Figura 7.23 Inquadramento AV7124

Secondo quanto riportato nell'ultima versione del Reticolo idrografico della Regione Toscana (Aprile 2024) l'affluente del Fosso del Doccio interessa il Territorio Urbanizzato, indicato in magenta nella figura precedente (Figura 7.23) prima con un tratto a cielo aperto e in seguito con un tratto tombato, fino alla confluenza con il fosso principale sempre all'interno del tratto tombato.

A seguito di sopralluoghi svolti da questa società, in cui è stata definita la geometria del Fosso del Doccio e la morfologia delle zone limitrofe, si è constatato che nella parte all'interno del territorio urbanizzato non risulta presente alcun corso d'acqua a Nord di quello principale, come si vede nella documentazione fotografica riportata in seguito. Non sono presenti quindi canalizzazioni, tombamenti o corsi d'acqua, ma aree altamente antropizzate e sole aree boscate in cui non è stata rilevata una regimazione superficiale ben definita.

Si è quindi ritenuto non necessario compiere uno studio idrologico-idraulico dell'asta in oggetto in quanto non esistente all'interno del Territorio Urbanizzato.



Figura 7.24 Tratto del Fosso AV7124 non rilevato

7.5 Comune di Montemignaio

7.5.1 Torrente Scheggia

Il paese di Montemignaio risulta attraversato dal Torrente Scheggia, che risulta essere il corso d'acqua principale, in particolare modo, oltre ad attraversare alcune viabilità, sottoattraversa tramite un tratto tombato di circa 65 m, la Piazza Loc. Molino lungo la SP70.

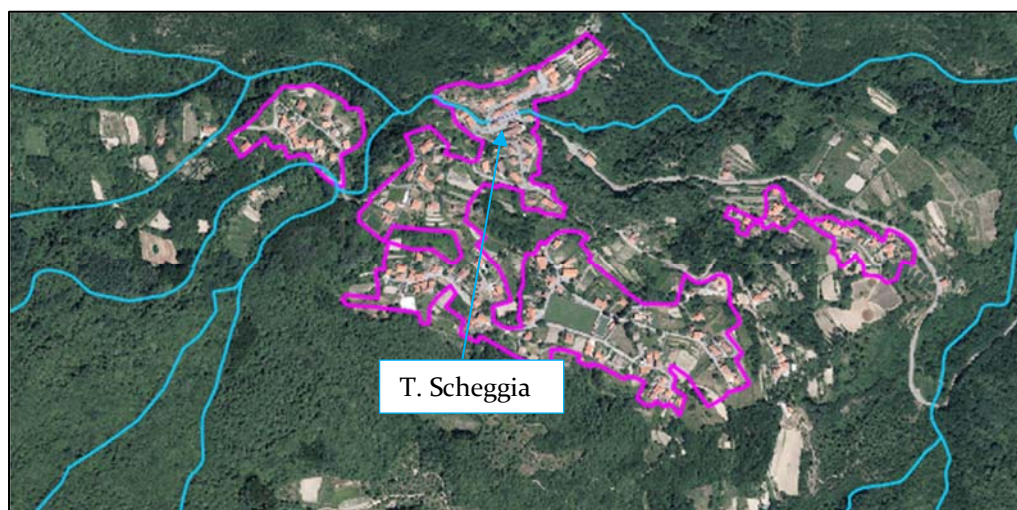


Figura 7.25 – Inquadramento idrografico presso Montemignaio, in magenta il territorio urbanizzato



Figura 7.26 – Inquadramento di dettaglio dell'attraversamento del T. Scheggia, su Ortofoto Regione Toscana

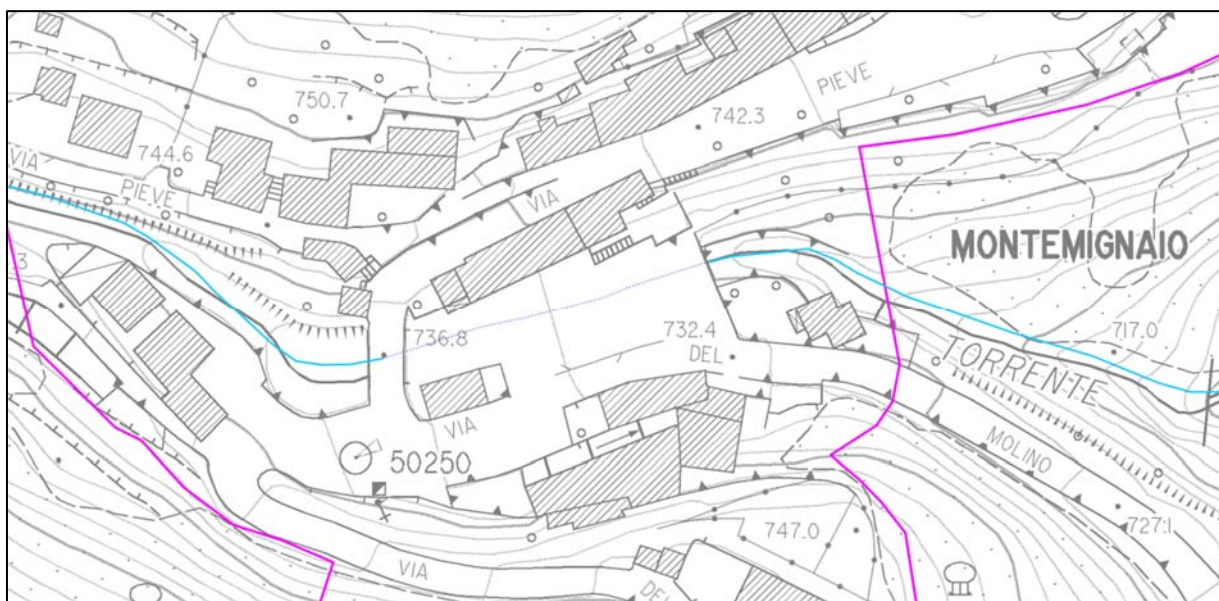


Figura 7.27 – Inquadramento di dettaglio su Carta Tecnica Regionale scala 1:2000

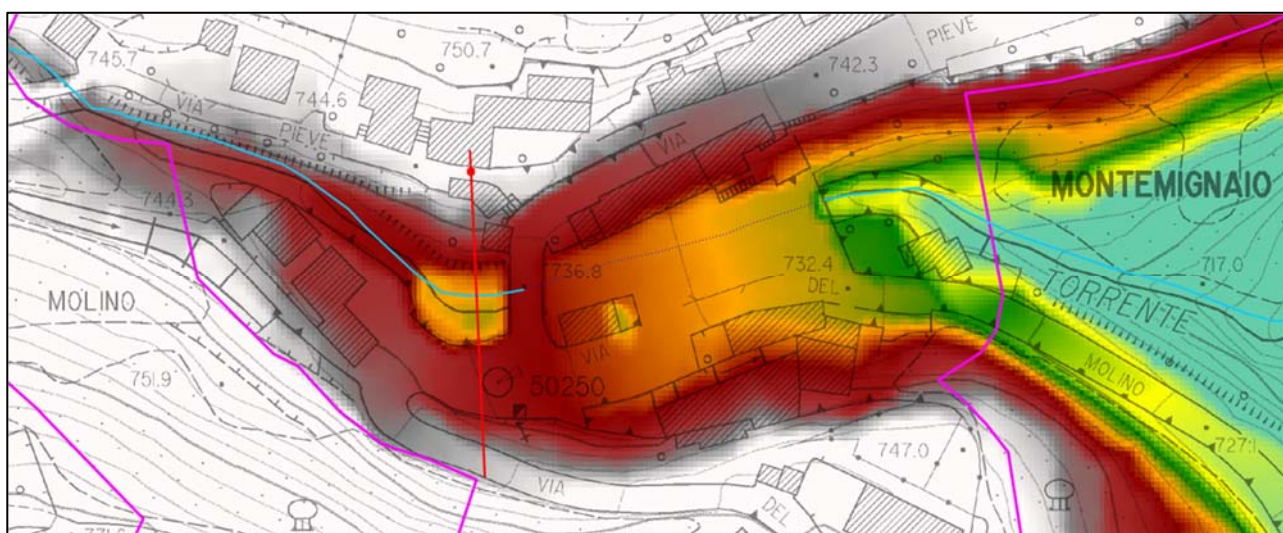


Figura 7.28 – Inquadramento di dettaglio su Lidar con sezione di controllo, scala altimetrica tra 725 e 745 m

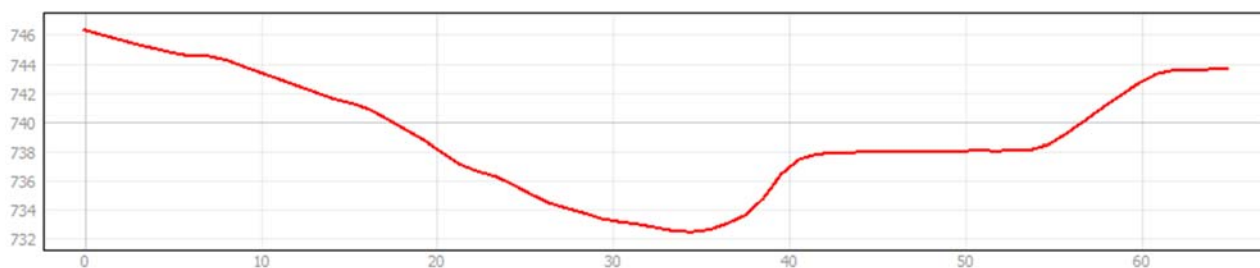


Figura 7.29 – Sezione idrografica del T. Scheggia



Figura 7.30 – T. Scheggia dall'ingresso del tombamento verso monte

A seguito di considerazioni topografiche e morfologiche si è scelto di non svolgere uno studio idrologico-idraulico del corso d'acqua. Come è possibile vedere dagli inquadramenti di dettaglio, sia su base Carta Tecnica Regionale scala 1:2000, sia dalla Cartografia Lidar messa a disposizione, il T. Scheggia nell'attraversare l'abitato di Montemignaio risulta avere elevate pendenze (circa 4%) ed alveo inciso. In particolare all'ingresso del tombamento l'alveo è posto ad una quota oltre 6 m rispetto alla sede stradale adiacente.

Di seguito è calcolato tramite il metodo razionale l'adeguatezza della sezione presa in esame.

Il bacino idrografico che interessa il T. Scheggia corrisponde ad un'area di circa 8.7 kmq. Utilizzando il metodo razionale, secondo cui:

$$Q = A * h * \phi / d$$

(Dove A è l'area del bacino, h è l'altezza di pioggia per la durata indagata (76.5 mm), pari a 2 ore, per eventi con Tempi di ritorno pari a 200anni, ϕ è il coefficiente di deflusso assunto pari a 0.4)

Si ottiene una portata per Tr200anni pari a $Q = 40$ mc/sec

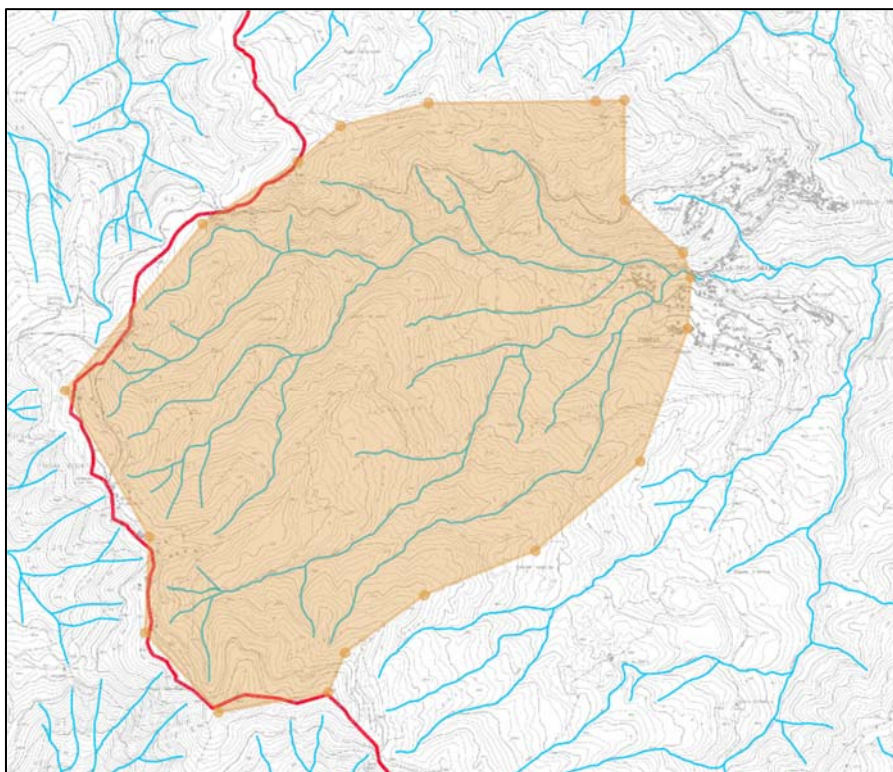


Figura 7.31 – Bacino Idrografico del T. Scheggia presso Montemignaio

Approssimando quindi la sezione ad un canale a sezione trapezia con base pari a 4 metri ed elevata pendenza delle sponde e imponendo una portata per T_{r200} anni, calcolata come sopra, facendo riferimento al sito “Vlab Online Calculator” (http://uon.sdsu.edu/online_calc.php), dove è possibile utilizzare tra le tante formule, anche quella per il calcolo della “portata in un canale sotterraneo parzialmente pieno”, si è ottenuto un battente idraulico nella sezione di circa 2.1 m, ampiamente inferiore rispetto all’altezza delle sponde.

A seguito di tali considerazioni da cui risulta improbabile l’esondazione, si è ritenuto non necessario compiere uno studio idrologico-idraulico dell’asta in oggetto in quanto non critica per il Territorio Urbanizzato.

8 MAPPA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ D'ALLUVIONE

Le perimetrazioni delle aree a pericolosità d'alluvione sono state eseguite sulla base dei risultati delle modellazioni precedentemente descritte, nel seguente modo (art. 2 LR 41/2018):

- Aree a pericolosità d'alluvione frequente (per $Tr \leq 30$ anni) – P₃;
- Aree a pericolosità d'alluvione poco frequente ($30 < Tr \leq 200$ anni) – P₂;
- Aree a pericolosità d'alluvione rara o di estrema intensità ($200 < Tr \leq 500$ anni) – P₁;

Le perimetrazioni delle classi di pericolosità P₂ e P₃ sono state eseguite sulla base dei risultati delle modellazioni idrologiche e idrauliche per le durate critiche individuate e disegnate sul dettaglio della CTR in scala 1:10.000. Le mappe di pericolosità, battente, velocità e magnitudo sono state restituite in scala 1:10.000 su Cartografia Tecnica Regionale 10k.

Per la definizione delle aree a pericolosità d'alluvione rara, si è mantenuto in generale la P₁ di PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. Nell'area di Pratovecchio, a monte del punto in cui il Fiume Arno è reticolo principale di gestione dell'AdBDAS e in corrispondenza del toponimo Case Triboli (a monte della ferrovia) e Salutio le aree interessate da P₁ sono state definite su base morfologica, mentre nell'area prossima al toponimo C. Bellavista e a Porrena sulla base dello strato informativo dei depositi alluvionali messi a disposizione dal CARG.

Per la definizione delle aree allagate derivanti da modellazione idraulica è stato realizzato un inviluppo del perimetro massimo di allagamento con taglio del battente a 5 cm (ad esclusione delle zone di transito). L'inviluppo ha riguardato tutte le durate di pioggia per ogni tempo di ritorno considerato.

9 MAPPA DEI BATTENTI, DELLE VELOCITÀ E DELLE MAGNITUDO IDRAULICA

Al fine di implementare le mappe di pericolosità da alluvione e rischio alluvione, comprensive di battenti e velocità necessari per l'applicazione della L.R. 41/2018, nel rispetto del Regolamento 1/R/2020 della Toscana, sono redatte le carte dei battenti e quella delle velocità della corrente sulla base dei risultati raster messi a disposizione dai software di calcolo HEC-RAS 5.0.7.

Secondo le definizioni dell'Art.2 della L.R. 41/2018 è definito "battente" l'altezza della lama d'acqua in una determinata area associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti.

Si definisce "magnitudo idraulica": la combinazione del battente e della velocità della corrente in una determinata area, associata allo scenario relativo alle alluvioni poco frequenti:

- **magnitudo idraulica moderata:** valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- **magnitudo idraulica severa:** valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- **magnitudo idraulica molto severa:** battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. nei casi in cui la velocità non sia determinata a battente superiore a 0,5 metri;

Le modellazioni bidimensionali eseguite HEC-RAS 5.0.7 hanno permesso di definire la magnitudo idraulica sulla base dei valori dei battenti e delle velocità ricavata dall'esecuzione del codice di calcolo e restituiti in formato raster su cartografia.

I raster dei battenti idraulici e delle velocità relativi alle aree a pericolosità da alluvione poco frequente, sono stati realizzati mediante inviluppo dei valori massimi per tutte le durate di pioggia considerate. Per quanto riguarda le aree interessate dall'esondazione del Fiume Arno, il valore dei battenti e delle velocità sono quelle messe a disposizione dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in quanto reticolo principale.

Il raster della magnitudo idraulica è stato realizzato combinando il raster dei battenti idraulici massimi con il raster della velocità massime.

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per la realizzazione degli studi idraulici finalizzati all'implementazione delle mappe di pericolosità da alluvione e rischio di alluvioni, comprensive di carte dei battenti, velocità e magnitudo idraulica, si sono svolte le seguenti attività:

- attività sul campo, consistenti in sopralluoghi delle aree oggetto dello studio;
- modellazione idrologica, con metodo "tipo AlTo" (Ia e Ks per la stima delle perdite e trasformata di Nash)
- modellazione idraulica 1D e 2D con HEC-RAS 5.0.7;
- redazione degli elaborati grafici delle mappe di pericolosità, battenti, velocità e magnitudo.

La definizione delle aree a pericolosità d'alluvione deriva da valutazioni ed elaborazioni sviluppate tramite modelli informatici basati su dati, conoscenze e parametri vigenti allo stato attuale.

Qualsiasi modifica di tali condizioni, su cui sono state elaborate le valutazioni di carattere idrologico idraulico, pregiudicano la validità di quanto esposto e potrebbero rendere necessaria una rivalutazione del quadro conoscitivo.

Occorre osservare che i risultati del presente studio sono vincolati al mantenimento delle attuali condizioni e assetti del reticolo idrografico; eventuali modifiche di tali assetti impongono la necessità di una revisione dei presenti risultati.

Inoltre, si ritiene doveroso osservare che tali risultati dovranno essere aggiornati anche in conseguenza di una possibile futura espansione edilizia, dell'eventuale approvazione di varianti allo Strumento Urbanistico Generale, delle variazioni significative dell'assetto dell'uso del suolo o delle reti idrauliche naturali e artificiali interferenti con le aree investigate. Non sono inclusi gli aspetti di pericolosità prodotti da collassi strutturali (argini, ponti...).

Arezzo, Marzo 2025

I professionisti incaricati

ProGeo Engineering Srl

Dir. Tecnico Geol. Massimiliano Rossi

Ing. Mirko Frasconi

Ing. Davide Giovannuzzi

Ing. Matteo Frasconi

Ing. Elisa Baldini

Cooperativa Civile STP Soc. Coop

Ing. Luca Moretti