



PS

COMUNE DI TERRANUOVA BRACCIOLINI

Provincia di Arezzo

PIANO STRUTTURALE

SINDACO

Dott. Mauro Amerighi

ASSESSORE ALL'URBANISTICA

Sergio Chienni

DIRIGENTE AREA SERVIZI AL TERRITORIO

Dott. Matteo Billi

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Matteo Billi

RESPONSABILE DEL SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Arch. Giancarlo Barucci

GARANTE PER L'INFORMAZIONE

Geom. Monica Brandi

PROGETTISTI

Arch. Francesca Bucci

Arch. Edi Cardì

Arch. Laura Magni

Arch. Annalisa Pontenani

STUDI GEOLOGICI

GeoEco Progetti Firenze

Dott. Geol. Prof. Eros Aiello

STUDI IDROLOGICI IDRAULICI

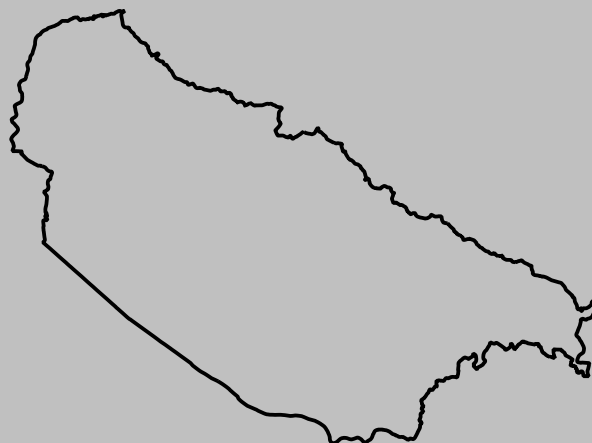
Studio Sorgente Ingegneria

Ing. Luca Rosadini - Ing. Leonardo Marini

con la collaborazione di Ing. Jr. Valentina Lavacchini

Relazione Idrologico Idraulica

EL. IDR01



SOMMARIO

PREMESSA	6
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2. METODOLOGIA DI INDAGINE	8
2.1 Inquadramento dell'area	8
2.2 Inquadramento idrologico-idraulico	9
2.2.1 Perimetrazione aree a pericolosità idraulica	9
2.2.2 Corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico - PIT	13
2.2.3 Carta guida delle aree allagate	13
2.3 Studi idrologico-idraulici esistenti	14
2.3.1 Il P.A.I.	16
2.4 Modellazione idrologica	20
2.4.1 AITo2000	20
2.4.2 Valutazioni sugli scenari di riferimento	22
2.4.3 Condizioni al contorno di monte	22
2.4.4 Condizioni al contorno di valle	22
2.5 Modellazione idraulica	24
2.5.1 Codice di calcolo Infoworks ICM	24
2.5.2 Infoworks ICM – Equazioni di base del risolutore 2D	24
2.5.3 Considerazioni sulle connessioni spondali (bank lines)	26
2.5.4 Modellazione zone 2D	27
2.6 Modellazione geometrica	29
2.7 Analisi dei risultati	31
3. SISTEMA CIUFFENNA	33
3.1 Introduzione	33
3.2 Inquadramento geografico	33
3.3 Modellazione idrologica	34
3.3.1 Parametri utilizzati	34
3.3.2 Valutazioni sugli scenari di riferimento	35
3.3.3 Condizioni al contorno di monte	35
3.3.4 Condizioni al contorno di valle	36
3.3.5 Analisi idrologica	37
3.3.5.1 Cassa di espansione Ciuffenna	41
3.3.5.2 Cassa di espansione Roviggiani	45
3.4 Modello idraulico	49

3.4.1	Modello geometrico	49
3.4.2	Modellazione zone 2D	53
3.4.3	Layout del modello idraulico	56
3.4.4	Coefficienti di resistenza al moto	57
3.4.5	Immissioni	57
3.5	Risultati delle simulazioni idrauliche	59
3.5.1	Tempo di ritorno trentennale	60
3.5.2	Tempo di ritorno duecentennale	61
3.6	Ciuffenna – Mulino delle Qualchiere.....	65
3.6.1	Analisi idrologica	66
3.6.2	Simulazioni idrauliche in moto vario (modellazione quasi 2D).....	67
3.6.2.1	Il modello Geometrico	68
3.6.2.2	Condizioni al contorno	71
3.6.3	Risultati delle simulazioni idrauliche.....	71
3.6.3.1	Analisi scenario TR200.....	71
3.6.3.2	Analisi scenari TR30	71
3.6.3.3	Perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica	71
4.	SISTEMA VALVIGNA	73
4.1	Introduzione	73
4.2	Inquadramento geografico	73
4.3	Modellazione idrologica.....	75
4.3.1	Parametri utilizzati	75
4.3.2	Valutazioni sugli scenari di riferimento	75
4.3.3	Condizioni al contorno di monte	75
4.3.4	Condizioni al contorno di valle.....	76
4.3.5	Analisi idrologica	77
4.4	Modello idraulico.....	83
4.4.1	Modello geometrico	83
4.4.2	Modellazione zone 2D	84
4.4.3	Layout del modello idraulico	87
4.4.4	Coefficienti di resistenza al moto	88
4.4.5	Immissioni	88
4.5	Risultati delle simulazioni idrauliche	90
4.5.1	Tempo di ritorno trentennale	91
4.5.2	Tempo di ritorno duecentennale	94
5.	IL SISTEMA RIOFI	97
5.1	Introduzione	97
5.2	Inquadramento geografico	97
5.3	Modellazione Idrologica	98

5.3.1	Parametri utilizzati	98
5.3.2	Valutazioni sugli scenari di riferimento	98
5.3.3	Condizioni al contorno di monte	99
5.3.4	Condizioni al contorno di valle.....	99
5.3.5	Analisi idrologica	99
5.4	Modello idraulico	102
5.4.1	Il modello Geometrico.....	102
5.4.2	Modellazione zone 2D	103
5.4.3	Layout del modello idraulico	104
5.4.4	Coefficienti di resistenza al moto	104
5.4.5	Immissioni	105
5.5	Risultati delle simulazioni idrauliche	106
5.5.1	Tempo di ritorno trentennale	106
5.5.2	Tempo di ritorno duecentennale	108
6.	SISTEMA LE VILLE	111
6.1	Introduzione	111
6.2	Inquadramento geografico	111
6.3	Modellazione Idrologica	112
6.3.1	Parametri utilizzati	112
6.3.2	Valutazioni sugli scenari di riferimento	113
6.3.3	Condizioni al contorno di monte	113
6.3.4	Condizioni al contorno di valle.....	114
6.3.5	Analisi idrologica	114
6.4	Modello idraulico.....	118
6.4.1	Il modello Geometrico.....	118
6.4.2	Modellazione zone 2D	119
6.4.3	Layout del modello idraulico	122
6.4.4	Coefficienti di resistenza al moto	123
6.4.5	Immissioni	123
6.5	Risultati delle simulazioni idrauliche	125
6.5.1	Tempo di ritorno trentennale	126
6.5.2	Tempo di ritorno duecentennale	128
6.6	Farnibona Tratto di monte.....	130
6.6.1	Analisi idrologica	131
6.6.2	Simulazioni idrauliche in moto permanente.....	131
6.6.2.1	Condizioni al contorno	132
6.6.3	Risultati delle simulazioni idrauliche.....	132
7.	BORRO RIPASESI (O DI FAGGETA)	135
7.1	Analisi idrologica.....	136

7.2	Simulazioni idrauliche in moto permanente	137
7.3	Condizioni al contorno	137
7.4	Risultati delle simulazioni idrauliche	137
8.	CONSIDERAZIONI FINALI	139

PREMESSA

La presente relazione idrologico-idraulica è redatta a supporto del Quadro conoscitivo della Variante Generale al Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini, ai sensi DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011 (regolamento di attuazione dell'art.62 della LR 1/2005).

Oltre alla presente relazione accompagnano lo studio i seguenti elaborati:

- EL-IDR02 - ALLEGATO ALLO STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Segue l'elenco delle tavole grafiche con indicati i tematismi dei vincoli idraulici.

N. Tavola	Titolo	Scala
TAV. IDR01 - OVEST	CARTA DELLE AREE ALLAGATE	1:10.000
TAV. IDR02 - EST	CARTA DELLE AREE ALLAGATE	1:10.000
TAV. IDR03 - OVEST	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA	1:10.000
TAV. IDR04 - EST	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA	1:10.000
TAV. IDR05 - CAPUOLOGO - VALVIGNA	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA	1:5.000
TAV. IDR06 - VILLE - FARNIBONA	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA	1:2.000
TAV. IDR07 - CAPUOLOGO	CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI - TORRENTE CIUFFENNA	1:2.000
TAV. IDR08 - LE COSTE	CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI - TORRENTE CIUFFENNA	1:2.000
TAV. IDR09 - CASELLO	CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI - TORRENTE CIUFFENNA	1:2.000
TAV. IDR10 - OVEST	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA PAI	1:10.000
TAV. IDR11 - EST	CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA PAI	1:10.000

Tabella 1. Elenco delle tavole grafiche allegate allo studio idrologico-idraulico.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il quadro normativo di riferimento vigente al momento è il seguente:

- R. D. 8 maggio 1904 n. 368 "Regolamento sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi";
- R.D. 25 luglio 1904 n.523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- D.L. 180/89 e successive modifiche;
- D.P.C.M. n. 226 del 5/11/99 "*Approvazione del Piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico del bacino del fiume Arno*" – Norme: 2, 3 e 6;
- L.R. n. 1 del 03/01/2005 "Norme per il governo del territorio"
- D.P.C.M. 6 maggio 2005 "*Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico*" (GU n. 230 del 3-10-2005) – articoli: 6, 7, 8, 20, 21, 26 e 27;
- Piano di Indirizzo Territoriale della Toscana approvato dal Consiglio regionale il 24 luglio 2007 con delibera n. 72;
- DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011 (regolamento di attuazione dell'art.62 della LR 1/2005).
- Legge Regionale 21 maggio 2012, n°21 – Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua.

Gli studi e le verifiche idrauliche eseguite sono conformi al suddetto quadro normativo.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

In questo capitolo si descrive la metodologia d'indagine utilizzata per rispondere alle prescrizioni normative in tema di rischio idraulico per l'approvazione del Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini.

2.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il territorio del Comune di Terranuova Bracciolini si sviluppa in direzione sud-est nord-ovest occupando principalmente l'area collinare alle pendici del Pratomagno fino alla pianura alluvionale dell'Arno, che ne delinea il confine comunale con i comuni di Pergine Valdarno, Montevarchi e San Giovanni Valdarno. A sud-est confina con il comune di Laterina e di Castiglion Fibocchi, a nord-est con il comune di Loro Ciuffenna e ad ovest con il comune di Castelfranco di Sopra.

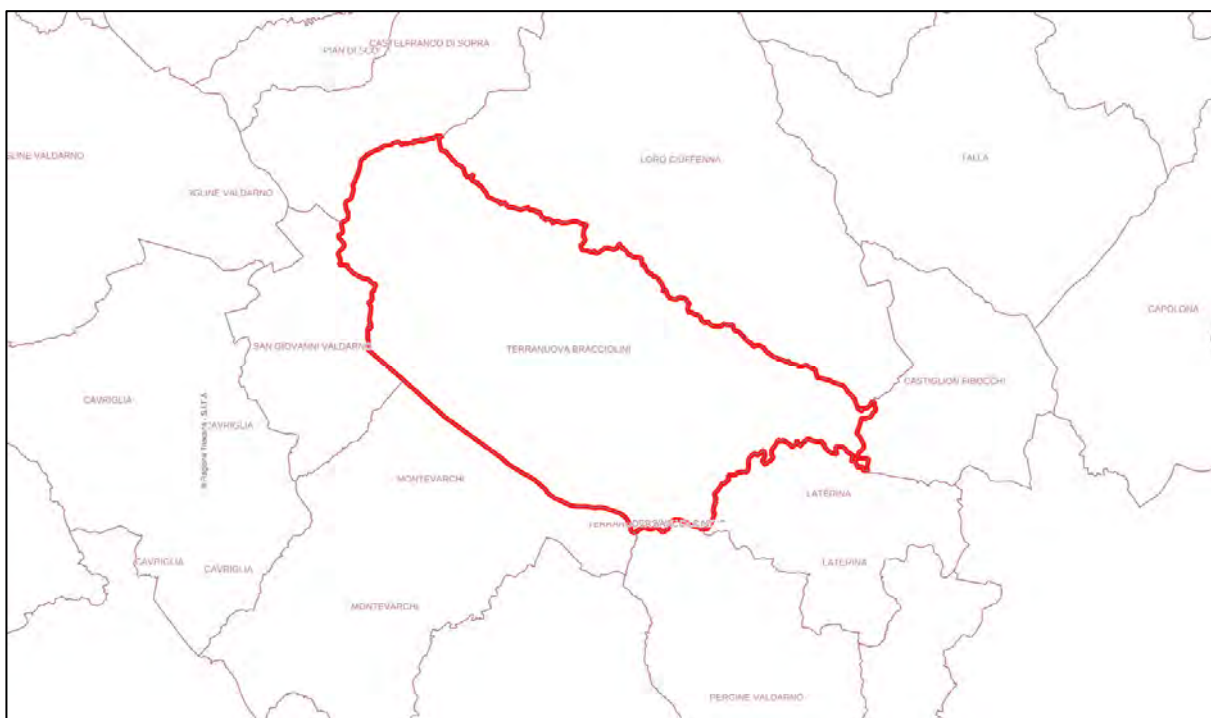


Figura 1. Inquadramento territorio comune di Terranuova Bracciolini.

La porzione di territorio comunale posta a nord-est è essenzialmente collinare mentre l'area posta a sud-ovest è caratterizzata da ambiti di fondovalle con pianure alluvionali create dai corsi d'acqua e confinate dai rilievi morfologici. Il territorio comunale è compreso tra le quote di 300 m s.l.m. in prossimità della strada provinciale n°1 Setteponti e i 130 m s.l.m. nell'area valliva alla confluenza tra il borro di Riofi e il borro della Spina.

2.2 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO

Dal punto di vista idraulico si individuano 9 bacini idrografici principali, tutti tributati dell'Arno, da nord-ovest a sud-est:

1. Bacino del Riofi;
2. Bacino delle Ville;
3. Bacino del Ciuffenna;
4. Bacino del Tasso;
5. Bacino del San Lorenzo;
6. Bacino delle Sciupate;
7. Bacino dell'Ascione;
8. Bacino dell'Agna;
9. Bacino dell'Oreno.

2.2.1 PERIMETRAZIONE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Lo studio idraulico effettuato per la perimetrazione della pericolosità idraulica secondo la normativa regionale di riferimento (DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011 Regolamento di attuazione dell'art.62 della LR 1/2005) si sviluppa su tutto il territorio comunale andando ad analizzare tutti i corsi d'acqua classificati ai sensi del PIT, oltre ad altri ritenuti idraulicamente rilevanti. I corsi d'acqua contenuti nel PIT sono i seguenti (estratto dagli elenchi allegati al PIT):

Nome del corso d'acqua		Codice
TORRENTE	AGNA	AR2464
FIUME	ARNO	AR707
TORRENTE	ASCIONE	AR2456
BORRO	BALZE DELLE E RIPAESI	AR25
BOTRO	CAPRENA DI	AR281
BOTRO	CASALE DI	AR286
TORRENTE	CIUFFENNA	AR2548
BORRO	COMUGNI DI E DELL'AVELLO	AR62
BOTRO	DOCCIO E PATERNO O RISALA	AR318
BORRO	FOSSO DI O DEL TASSO	AR88
BOTRO	MALVA DI	AR370
BORRO	MONTALTO DI O RIO BASSI	AR124
BORRO	MULINO DEL O FOSSITELLI	AR127
BOTRO	ORENACCIO E CASTAGNO	AR362
TORRENTE	ORENO E FOSSO RIMBECCHI	AR2676
BORRO	PIANTAVIGNE DI O SCARELLI	AR140
BORRO	POGGITAZZI DI O DELLE POZZE DEL LINO	AR143
BOTRO	RIMAGGIO DI E DELLE FATE	AR430
BOTRO	RIOFI DI O CAVE	AR434
BOTRO	ROVIGGIANI	AR450

BORRO	SCIUPATE DELLE	AR176
BOTRO	SPINA O FORNACE	AR465
BOTRO	VILLE DELLE	AR505

Tabella 2. Elenco dei corsi d'acqua classificati dal PIT.

A questi si aggiungono:

Nome del corso d'acqua		Bacino
BORRO	MONTEMARCIANO	Riofi
FOSSO	CAVALOSSO	Ville
BORRO	DELLO SCURAGNOLO	Ville
BORRO	DI FARNIBONA	Ville
FOSSO	MALVIGNA	Tasso

Tabella 3. Elenco dei corsi analizzati non compresi nel PIT.

Le perimetrazioni della pericolosità idraulica che interessano le UTOE previste dalla Variante al Piano Strutturale o nuclei abitati rilevanti o situazioni di particolare interesse urbanistico, sono state valutate implementando una modellazione idrologico-idraulico di dettaglio per gli eventi con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, e riguardano i seguenti sistemi fluviali:

- Sistema Ciuffenna: comprende un tratto del torrente Ciuffenna dalla cassa di espansione in loc.Steccata fino alla confluenza in Arno, il tratto di valle del borro Roviggiani e il sistema di tombini ed attraversamenti che sotto il rilevato autostradale collegano idraulicamente l'Arno alle aree a tergo del rilevato stesso.
- Sistema Valvigna: Comprende i tratti terminali di valle del Borro del Tasso con il tratto di valle del suo affluente destro fosso di Malvigna, il fosso Valvigna e il fosso San Lorenzo e il sistema di tombini e attraversamenti del rilevato autostradale che sotto il rilevato autostradale collegano idraulicamente l'Arno alle aree a tergo del rilevato stesso.
- Sistema Riofi: comprende un tratto del Riofi a monte della confluenza con il borro di Piantravigne fino alla confluenza in Arno, un tratto del borro di Piantravigne immediatamente a monte della confluenza con il Riofi e il tratto terminale del borro della Spina;
- Sistema Ville: comprende un tratto del borro delle Ville compreso tra la sezione posta a circa 170 metri a monte dell'attraversamento della strada comunale delle Ville presso la località Costa ai Mori, e quella posta a circa 410 metri a monte della confluenza in Arno a valle della linea ferroviaria direttissima Firenze-Roma, per uno sviluppo longitudinale di circa 3.950 metri, i tratti terminali di valle dei borri di Cavalosso, Scuragnolo e Farnibona;

Le perimetrazioni che riguardano i tratti esterni a quelle eseguite con la modellazione idraulica sopra descritta sono state definite secondo quanto indicato dal capitolo C.2 "Aree a pericolosità idraulica" del DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011, di cui ne riportiamo un estratto:

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

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

Pericolosità idraulica elevata (I.3): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < TR \leq 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

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

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

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

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

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

Per alcuni tratti ricadenti nelle perimetrazioni eseguite secondo il capitolo C.2 *Aree a pericolosità idraulica* del DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011, si sono analizzati e riportati i risultati, in termini di aree allagate, di studi idrologici-idraulici di dettaglio redatti negli anni passati a supporto di interventi di varia natura sul territorio comunale. In particolare, nella redazione di questo studio, sono stati consultati i seguenti lavori:

- a) Borro di Farnibona: Relazione idrologico-idraulica redatta a supporto della progettazione del Piano di Recupero in località Farnibona denominato dal Regolamento Urbanistico Er vil 04 nel Comune di Terranuova Bracciolini, in relazione al rischio idraulico indotto nell'area dal borro di Farnibona. Redazione: Ing. Leonardo Marini - Sorgente Ingegneria – anno 2009.*
- b) Torrente Ciuffenna: Studio per la definizione del livello di rischio idraulico del torrente Ciuffenna in località Mulino delle Qualchiere. Redazione: Ing. Luca Rosadini - Sorgente Ingegneria – anno 2011.*
- c) Borro Ripasesi: Studio idrologico-idraulico del borro Ripasesi a supporto dell'Indagine idrogeologica a supporto del progetto di ristrutturazione del Podere "Casa Forra III" in località Traiana nel Comune di Terranuova Bracciolini. Redazione Ing. Claudio Lombardi – anno 2011.*

Per alcuni tratti fluviali ricadenti nelle aree in cui è stato possibile ricondursi agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino, per i quali sono stati condotti specifici studi idrologico-idraulici, si è proceduto assumendo la I4 coincidente con la P.I.4 PAI, la I3 coincidente con la perimetrazione esterna della P.I.2 PAI e la I2 coincidente con la perimetrazione P.I.1 PAI. Per come sono definite le pericolosità PAI risulta che con il metodo adottato si ha la perfetta coincidenza di definizione delle classi I3 e I2 con le P.I.2 e P.I.1, in quanto la P.I.2 è definita dall'art.5 delle NTA del PAI come: *pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $30 < TR \leq 100$ anni e con battente $h < 30$ cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $100 < TR \leq 200$ anni*, mentre la P.I.1 è definita dallo stesso articolo come: *pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $200 < TR \leq 500$ anni*. La definizione della I4,

con il metodo adottato, porta in realtà a sottostimare l'estensione dell'allagamento per un tempo di ritorno di trenta anni, in quanto la P.I.4 è così definita: *pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $TR \leq 30$ anni e con battente $h \geq 30$ cm.* Si ritiene tuttavia che per le aree in cui è stato utilizzato questo metodo questa sottostima sia del tutto trascurabile. Infatti le aste analizzate sono:

- Il tratto del fiume Arno interno al rilevato arginale (alveo inciso+aree golenali), compreso tra la sezione di valle AR0857 e la sezione a monte AR0898 in prossimità della località Acquaborra, in questo caso corrispondente al rilevato dell'autostrada A1. Si precisa che in questo tratto non si ha il superamento degli argini né per Tr30 né per Tr200 e la dinamica degli allagamenti a tergo del rilevato arginale, causata dalla presenza degli attraversamenti carrabili e dei tombini, viene valutata dettagliatamente nel presente studio. Si ritiene che differenze in termini di estensione di area a pericolosità I4 non siano in questo caso significative;
- Il tratto del fiume Arno immediatamente a monte di quello sopra descritto: è quello in cui insiste lo sbarramento della diga di Levane e il relativo invaso. Vista la morfologia dell'area e la sua vocazione, non si apprezzano differenze significative in termini di estensione di area a pericolosità I4.
- un tratto del borro Roviggiani prospiciente la cassa di espansione. In questo caso vista la morfologia dell'area e la sua vocazione non si apprezzano differenze significative in termini di estensione di area a pericolosità I4.

2.2.2 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI AI FINI DEL CORRETTO ASSETTO IDRAULICO - PIT

Sulle carte di pericolosità idraulica 53/R sono stati riportati i corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel quadro conoscitivo del Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana (D.C.R. 72 del 24/07/2007) e le relative fasce di rispetto (10 m da ciglio di sponda o da piede esterno dell'argine). Per la definizione di queste fasce è stato utilizzato, dove disponibile, il rilievo LIDAR che ha permesso di identificare con estrema precisione i cigli di sponda o i piedi degli argini e di conseguenza definire le fasce di rispetto.

2.2.3 CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE

La tavola delle aree allagate denominata "*Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi*" è stata redatta confrontando le cartografie esistenti dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Piano Stralcio "Rischio Idraulico"), elaborate sulla base degli eventi alluvionali significativi posteriori e comprendenti quello del 1966, e del Piano di Coordinamento Provinciale della Provincia di Arezzo. Da tale confronto è emersa una totale corrispondenza tra le due

perimetrazioni. Si è scelto di riportare le perimetrazioni dell'AdB, poiché contenenti il dettaglio relativo agli eventi che hanno causato gli allagamenti (Aree interessate da inondazioni ricorrenti, Aree interessate da inondazioni eccezionali, Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991 – 1992 – 1993).

2.3 STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI ESISTENTI

Sul territorio di Terranuova Bracciolini sono stati eseguiti numerosi studi idrologico-idraulici per la valutazione della pericolosità idraulica e a supporto di interventi per la mitigazione del rischio, soprattutto nelle parti ad alta densità urbanistica.

E' stato svolto, dagli scriventi, un lavoro di ricerca e di sintesi degli elaborati esistenti in modo da realizzare uno stato di fatto degli interventi per la riduzione del rischio idraulico, già presenti nel territorio comunale.

Nella tabella seguente si riportano gli studi principali indicando per ognuno gli autori, il titolo, la fase di progettazione, il corso d'acqua interessato e l'anno di emissione degli elaborati.

Autori dello studio	Titolo	Tipo di progettazione	Corso d'acqua	Data
Ing. Remo Chiarini	Relazione idrologico-idraulica – Cassa di espansione in derivazione sul borro Roviggiani in località "Il Palazzetto".	Progetto esecutivo	Borro Roviggiani	Settembre 2002
Studio tecnico Malesani	Interventi di regimazione sul Torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini	Progetto definitivo	Torrente Ciuffenna	Aprile 2003
Provincia di Arezzo Servizio viabilità	Riqualficazione urbana e realizzazione nuova viabilità in loc. S. Maria e Badiola	Progetto preliminare	Borro di Riofi	Settembre 2003
Ing. Remo Chiarini	Progetto e studi idrologico-idraulici redatti a supporto della variante al P.R.G. per la variante alla S.R.69	-	Fiume Arno Torrente Ciuffenna Borro del Tasso	Settembre 2003
Studio iIDeA	Piano attuativo comparto commerciale Pernina	-	Fosso di Pernina	Marzo 2004
Studio tecnico Malesani	Interventi di regimazione sul Torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini – Legge 265/95	Progetto esecutivo Lotto 1	Torrente Ciuffenna	Maggio 2004
Provincia di Arezzo Ing. Leandro Radicchi Ing. Andrea Canali	L.R. 50/94 - INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI TERRANUOVA BRACCIOLINI MEDIANTE REALIZZAZIONE DI UNA CASSA D'ESPANSIONE	Progetto Esecutivo	Torrente Ciuffenna	Dicembre 2004
Studio Billi Dott. Geol. Tommaso Billi Dott. Geol. Francesco Menchi	Progetto di variante al P.R.G. contestuale al Piano di Recupero in loc. Il Bacio.	-	Borro delle Ville	Marzo 2005
Ing. Remo Chiarini	Studio idrologico-idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico di San Giovanni Valdarno	-	Borro delle Ville	Luglio 2005

NET-Engineering Consulente idraulico: Ing. Remo Chiarini	Studio idrologico-idraulico redatto per la progettazione esecutiva della variante alla S.R. 69	Progetto esecutivo	Fiume Arno Torrente Ciuffenna Borro del Tasso	Settembre 2005
Ing. Remo Chiarini	Studio idrologico-idraulico Variante al P.R.G. vigente ai sensi dell'art. 16 e 17 della L.R. n.1 del 03.01.2005 in loc. "Valvigna-Casello", necessaria per apportare limitate modifiche alla disciplina urbanistica conseguentemente alla approvazione del progetto esecutivo della Strada Regionale n.69 del Valdarno	-	Fiume Arno Torrente Ciuffenna Borro del Tasso	Maggio 2006
Sorgente Ingegneria Ing. Luca Rosadini – Ing. Leonardo Marini	Studio idrologico-idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Terranuova Bracciolini per rispondere alle prescrizioni dettate dalla Delibera del Consiglio Regionale della Toscana n. 12 del 25 Gennaio 2000.	-	Fiume Arno Torrente Ciuffenna Borro delle Ville Borro di Riofi Borro della Spina Borro del Tasso Torrente Agn Borro di Montale	Gennaio 2007
Ing. Remo Chiarini Ing. Luigi Bigazzi	Proposta di modifica delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica nel tratto terminale del torrente Ciuffenna – art.32 NTA del PAI	-	Torrente Ciuffenna Borro Roviggiani	Maggio 2007
Ing. Remo Chiarini Ing. Luigi Bigazzi	Variante al Regolamento Urbanistico per la modifica delle aree a pericolosità idraulica e attribuzione delle fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 27 Aprile 2007 n°26/R	-	Torrente Ciuffenna Borro Roviggiani	Febbraio 2009
Ing. Marco Sacchetti	DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI "CASA ROTA" "Interventi per la completa messa in sicurezza idraulica dell'area posta a valle dell'impianto e delle relative opere connesse e funzionali"	Progetto preliminare	Borro di Riofi	Ottobre 2012

Tabella 4. Quadro sinottico degli studi e progetti idraulici esistenti.

Si aggiungono a questi, alcuni studi di dettaglio relativamente alle aree di Valvigna, Paperina e un'area ubicata a monte del capoluogo dove è prevista una espansione residenziale importante, redatti a supporto del Regolamento Urbanistico nel Gennaio 2007 dagli scriventi.

Per le analisi idrologiche utilizzate, i metodi di verifica idraulica adottati e il dimensionamento dei manufatti progettati si rimanda agli elaborati originali.

2.3.1 IL P.A.I.

Si aggiunge agli studi descritti nel paragrafo precedente, quello relativo alla stesura delle carte di pericolosità idraulica redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Il comune di Terranuova Bracciolini rientra infatti totalmente all'interno di questo bacino. Per la stesura del Piano di Bacino del Fiume Arno, Stralcio "Assetto Idrogeologico", entrato in vigore con il D.P.C.M. del 06 Maggio 2005, e in particolare della cartografia tematica della pericolosità idraulica sono state effettuate indagini per definire le aree classificate secondo le Norme di Attuazione (art.5), come PI4, PI3, PI2, e PI1.

Le perimetrazioni di dette aree è stata effettuata secondo due modalità, come riportato nel medesimo articolo:

- a) Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di sintesi in scala 1:25.000;*
- b) Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di sintesi in scala 1:10.000;*

Nel primo caso sono stati utilizzati dati storico inventariali senza il supporto di studi idrologico-idraulici di dettaglio.

Nel secondo caso invece le aree sono state individuate tramite studi idrologico-idraulici e simulazioni in moto permanente su modelli geometrici derivati da rilievi topografici di dettaglio. In particolare le aree individuate rispondono ai seguenti criteri adottati dall'AdB e riportati all'art. 5, comma b delle Norme di Attuazione:

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

Tramite questa classificazione è quindi possibile individuare per ogni asta studiata le aree soggette a rischio idraulico con un tempo di ritorno di 200 anni, corrispondente all'unione delle aree ricadenti in P.I.4, P.I.3 e P.I.2.

Si sottolinea come questa procedura sia valida solamente per quelle aste in cui le perimetrazioni delle pericolosità sia stata effettuata tramite una modellazione geometrico-idraulica di dettaglio, e quindi, nel territorio di Terranuova Bracciolini, per le aree con livello di sintesi in scala 1:10.000.

Vengono di seguito riportati alcuni estratti a livello informativo delle perimetrazioni di pericolosità idraulica del P.A.I. attualmente in vigore nel comune di Terranuova Bracciolini.

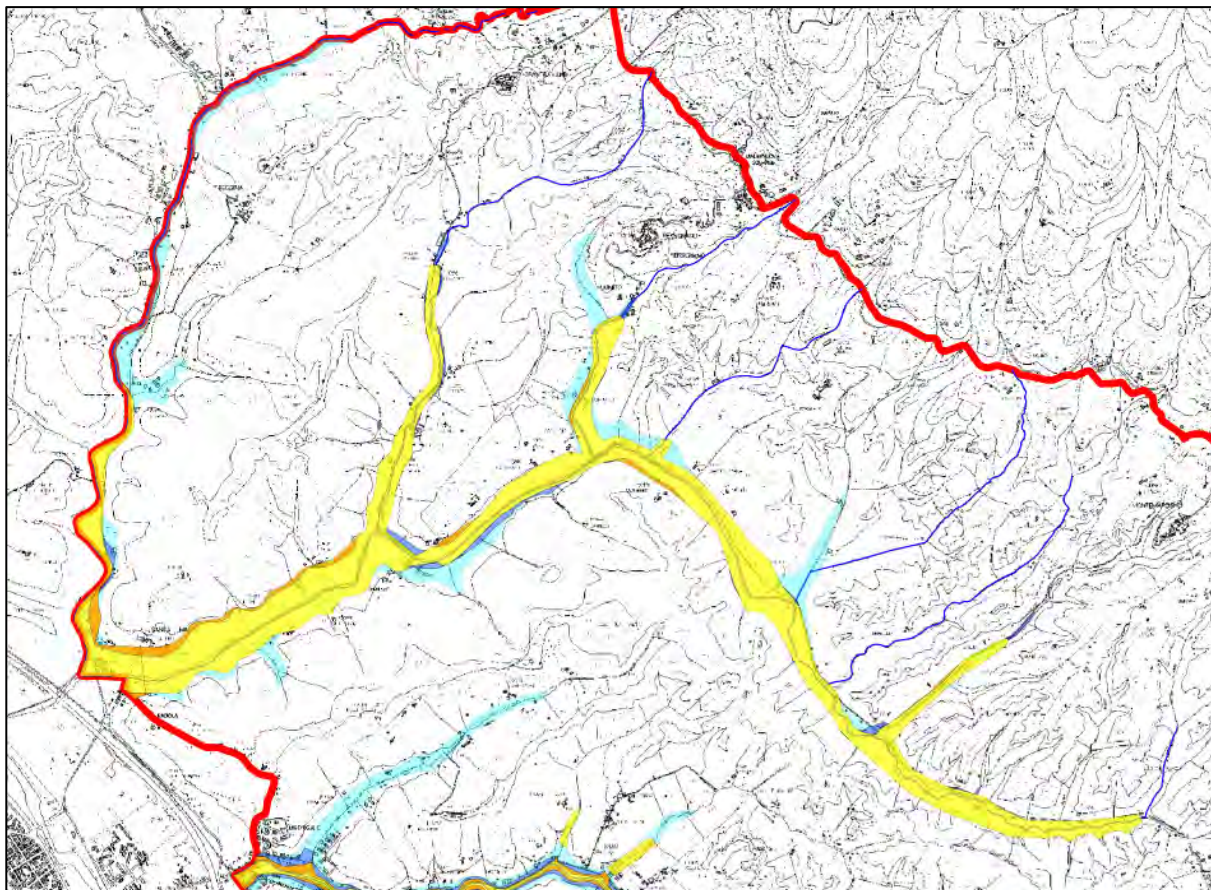


Figura 2. Sistema Riofi – Estratto PAI.

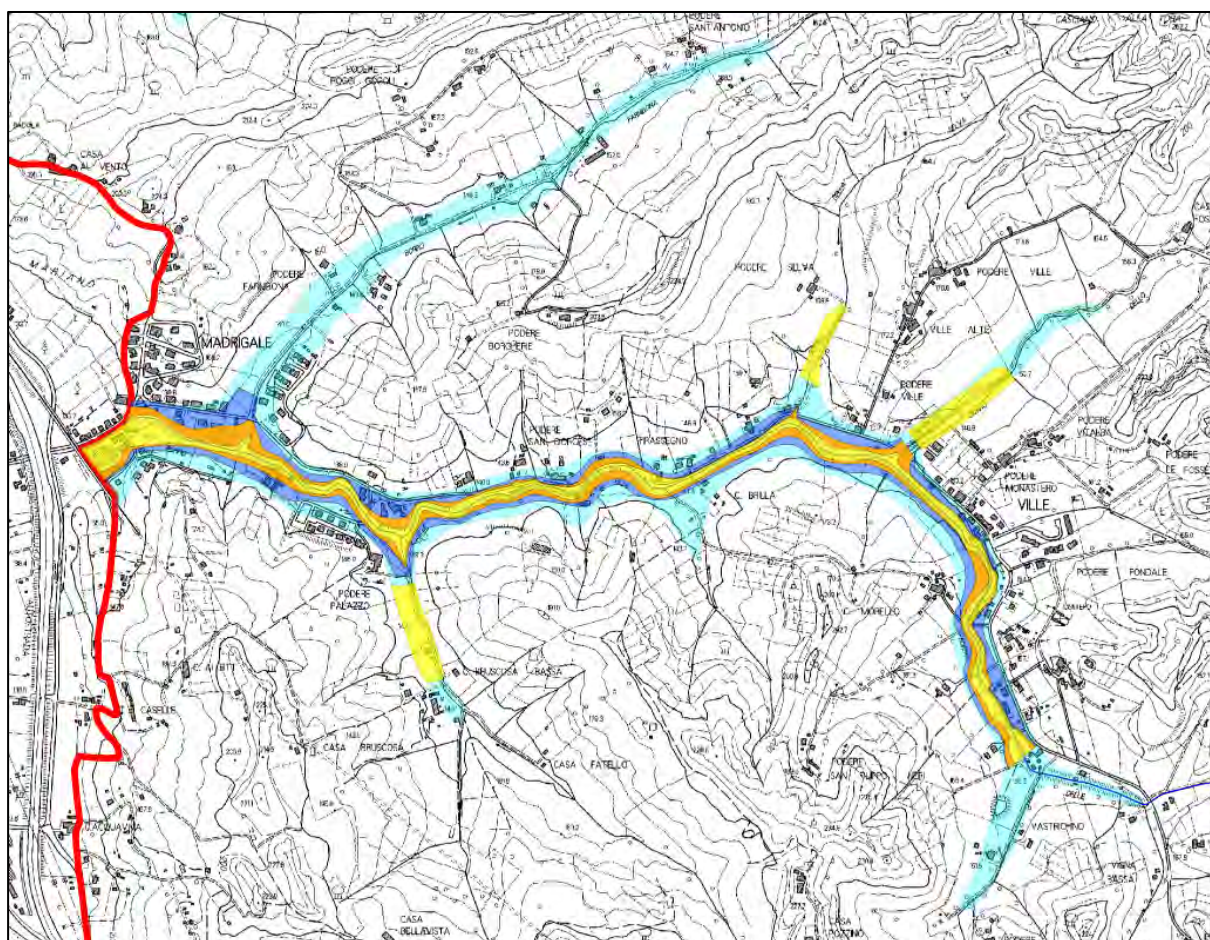


Figura 3. Sistema Ville – Estratto PAI.

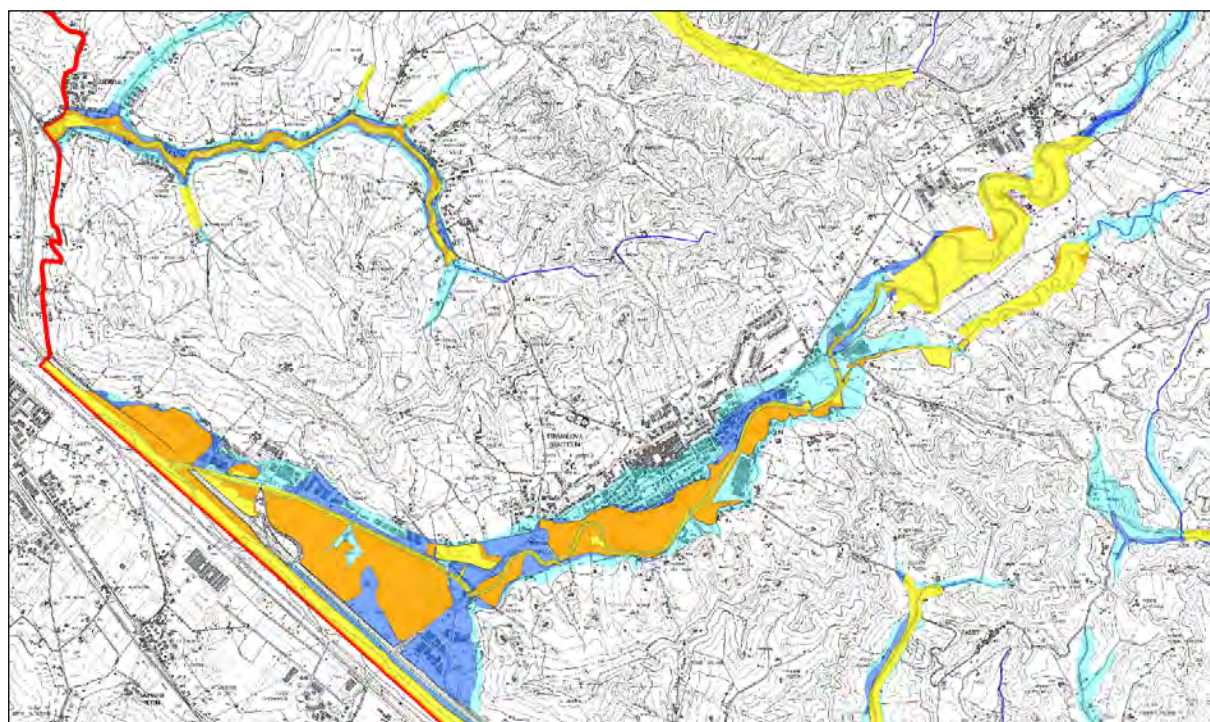


Figura 4. Sistema Ciuffenna – Estratto PAI.

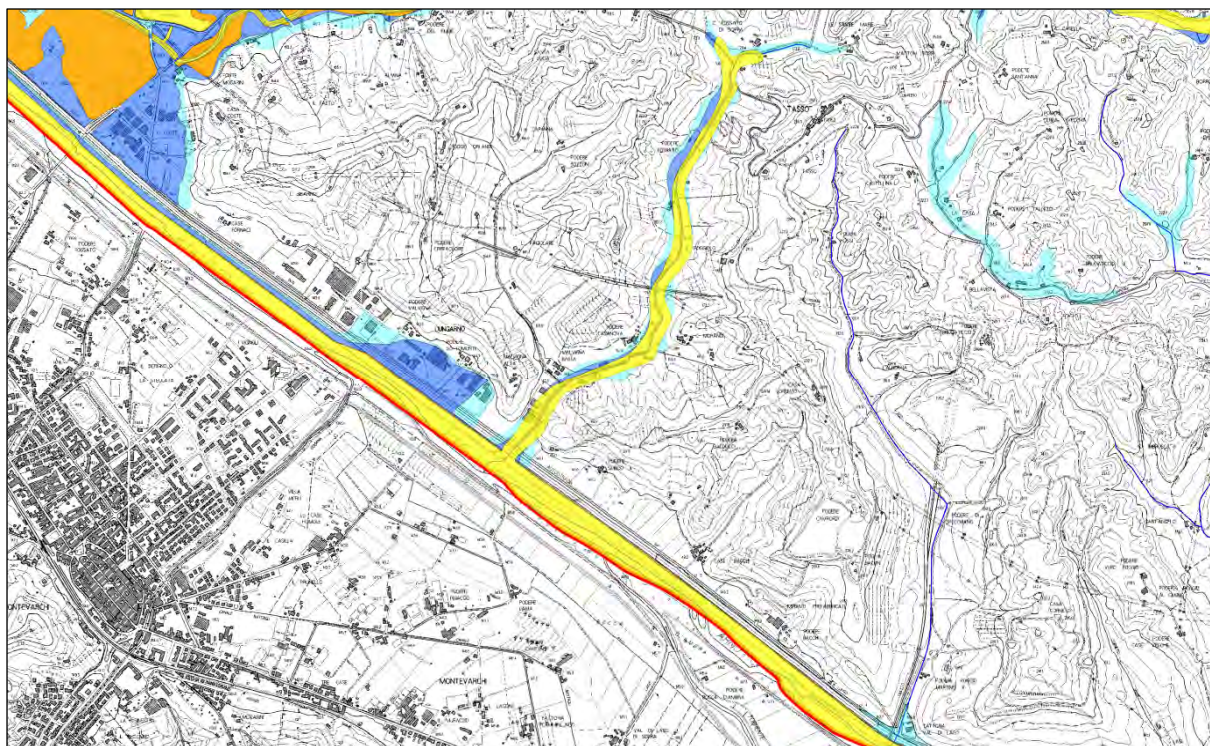


Figura 5. Sistema Valvigna – Estratto PAI.

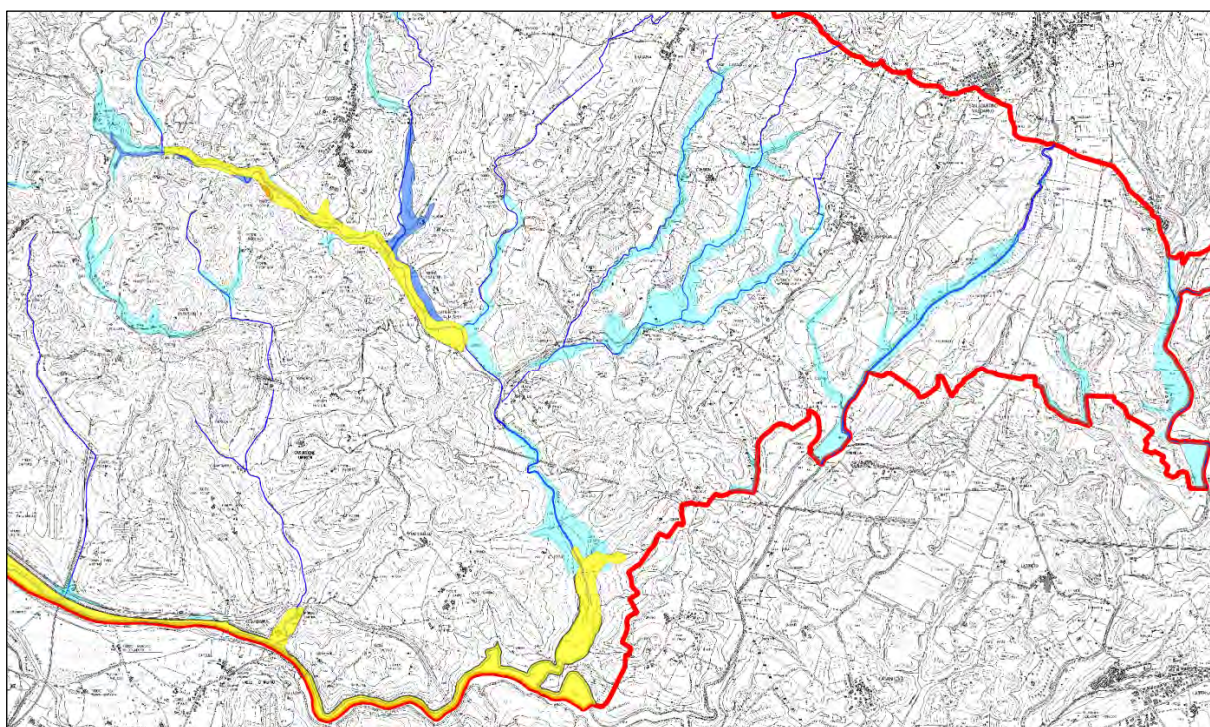


Figura 6. Bacino torrente Ascione – Agna e Oreno – Estratto PAI.

2.4 MODELLAZIONE IDROLOGICA

2.4.1 ALTO2000

La stima delle portate al colmo dei sistemi fluviali oggetto di questo studio è stata sviluppata con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana, codice ALTO 2000 (Alluvioni in Toscana) sviluppato nel 1997 dal PIN (Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze) per conto della Regione Toscana, nell'ambito di un più ampio lavoro finalizzato all'individuazione di procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano, ed aggiornato nel 2000.

Tale modello si basa sulla trasformazione afflussi-deflussi ottenuta tramite la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario o IUH. I parametri dell'IUH vengono determinati in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino (in particolare la struttura del reticolo idrografico ordinato), ottenendo un cosiddetto idrogramma unitario geomorfologico o GIUH.

In ALTO il modello di trasferimento adottato è quello dell'idrogramma unitario di tipo $\Gamma(n, k)$ introdotto da Nash (1959) e caratterizzato dal parametro di forma n e da quello di scala k .

Secondo l'approccio geomorfologico, il parametro di forma può essere valutato mediante l'espressione:

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

dove R_a (rapporto di area), R_b (rapporto di biforcazione) ed R_l (rapporto di lunghezza) sono i parametri geomorfici di Horton. Il prodotto $n \cdot k$ fornisce il tempo di ritardo del bacino idrografico T_l . Nel caso della Toscana, sulla base dei dati elaborati per 42 bacini idrografici strumentati dal S.I., è stato dimostrato che la miglior relazione tra T_l ed i parametri geomorfici di Horton è fornita dalla relazione:

$$T_l = 0.42 \left(\frac{R_b}{R_a} \right)^{0.3} \cdot R_l^{-0.41} \cdot \frac{L_{mc}}{A^{0.075}}$$

dove A è l'area del bacino espressa in Km^2 e L_{mc} è la lunghezza media del reticolo, calcolata come cumulata delle lunghezze medie dei vari ordini gerarchici. Ovviamente, noto n , quest'ultima espressione consente di calcolare anche k .

La forzante data dall'evento meteorico è schematizzata attraverso uno ietogramma sintetico la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate con l'adattamento delle serie storiche reali alla distribuzione

TCEV (Two Components Extreme Value). Il modello è strutturato in modo tale da ricercare, per un dato tempo di ritorno, il valore critico della durata di pioggia che massimizza la portata di piena.

La depurazione dall'afflusso lordo alla pioggia netta è basata sulla stima dei due parametri relativi alla perdita iniziale e alle perdite per infiltrazione. La perdita iniziale è schematizzata introducendo un volume unitario per unità di area I_a che assorbe completamente la precipitazione durante i primi momenti dell'evento che precedono la formazione dei primi piccoli invasi superficiali, mentre la perdita durante le fasi successive dell'evento viene schematizzata mediante un coefficiente di infiltrazione costante a saturazione K_s .

I dati idrologici ed i parametri n , k , I_a e K_s utilizzati sono stati derivati e calcolati tramite il sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana codice ALTO2000 (Alluvioni in Toscana).

Le serie storiche pluviometriche utilizzate in ALTO sono quelle delle precipitazioni massime annue con durata inferiore ad 1 ora; tra 1 e 24 ore, tra 1 e 5 giorni, le precipitazioni giornaliere, le precipitazioni ad alta risoluzione (serie disponibili ed eventi significativi utilizzati per le fasi di taratura del modello).

Le curve di possibilità pluviometrica sono state ricavate con l'adattamento delle serie storiche reali alla distribuzione TCEV (Two Components Extreme Value).

Dette curve sono espresse nella classica equazione di forma monomia nella quale il totale h [mm] dell'altezza di precipitazione è espresso in funzione della durata d [ore] dell'evento e del suo tempo di ritorno T [anni]:

$$h = at^n T_r^m$$

dove i parametri a , n , ed m sono quelli desunti dal database di ALTO. Poiché, come è noto essi assumono due diverse terne di valori dipendenti dalla durata d della precipitazione, si indica con a_1 , n_1 ed m_1 quelli relativi a durate $d < 1$ ora e con a , n , m quelli relativi a durate $d > 1$ ora.

Occorre effettuare un'ulteriore considerazione a proposito del fattore di ragguglio areale k_r . Il coefficiente k_r è stato calcolato facendo riferimento alla formula dell'U.S. Weather Bureau opportunamente modificata per tener conto delle caratteristiche della Regione Toscana :

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

con:

$\alpha = 0.036 \cdot a$ dove a è il parametro della CPP per durate superiori all'ora;

$\beta = 0.25$;

$$\gamma = 0.01;$$

t = durata precipitazione [ore];

A = area del bacino [km²].

Per ogni bacino individuato, è stato determinato su cartografia tecnica regionale in scala 1:2000 e/o 1:10.000 il relativo bacino idrografico. L'area così ricavata è stata inserita all'interno del data base di AlTo per il calcolo dei deflussi.

2.4.2 VALUTAZIONI SUGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Per ogni sistema idraulico si sono analizzati più scenari critici che tengono conto delle diverse risposte idrologiche dei corsi d'acqua. Questo permette in fase di modellazione idraulica di definire le perimetrazioni più critiche come inviluppo dei battenti massimi degli scenari analizzati.

La schematizzazione generale adottata è definita dai seguenti scenari di riferimento:

2.4.2.1 Scenario ALPHA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il corso d'acqua analizzato;

2.4.2.2 Scenario BETA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critico per l'affluente più rilevante del corso d'acqua analizzato;

2.4.2.3 Scenario GAMMA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche indotte da una piena in Arno;

2.4.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Per ciascuno scenario e per ogni tempo di ritorno analizzato è stata calcolata la durata di pioggia critica che massimizza l'afflusso del relativo corso d'acqua e in funzione di questa sono stati calcolati i relativi idrogrammi di piena per ciascun tributario analizzato. Per lo scenario GAMMA la durata di pioggia è stata imposta pari a 18 ore, essendo questo il tempo di pioggia che massimizza gli afflussi nel tratto di fiume che interessa il territorio di Terranuova Bracciolini.

Gli idrogrammi così ottenuti rappresentano la condizione al contorno di monte.

2.4.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Con esclusione del sistema idraulico relativo alle Ville, in cui si è utilizzata come condizione al contorno di valle l'altezza di moto uniforme (normal depth), negli altri casi la condizione al contorno di valle è rappresentata dal limnogramma del fiume Arno in prossimità dell'immissione. Questo è stato ricavato tramite interpolazione spaziale tra i limnogrammi relativi alle due sezioni immediatamente a monte e a valle

di tale immissione, per ciascun tempo di ritorno analizzato e per ciascun scenario. I limnogrammi utilizzati per la elaborazioni sopra descritte sono forniti dall'Autorità di bacino de fiume Arno e rappresentano i risultati delle simulazioni del modello SIMI (SIT - Modellazione Idraulica). Questi sono forniti per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni e per durate delle precipitazioni di 3, 6, 9 ,12,18, 24, 36 ore.

Per gli scenari ALPHA e BETA, è stato scelto il limnogramma il cui tempo di pioggia si approssima alla durata critica valutata per l'affluente.

2.5 MODELLAZIONE IDRAULICA

2.5.1 CODICE DI CALCOLO INFOWORKS ICM

Le simulazioni dei sistemi idraulici oggetto di studio sono state eseguite con il software Infoworks ICM sviluppato dall'azienda inglese HR Wallingford.

ICM è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua naturali. Il software consente di creare e risolvere, in regime di moto vario, modelli idraulici monodimensionali (1D) per lo studio della propagazione dell'onda di piena in alveo, modelli idraulici bidimensionali (2D) per lo studio della propagazione dell'esondazione in aree su cui è definita una griglia di elementi triangolari sulla base di un modello digitale del terreno (DTM), e modelli idraulici misti (1D-2D) con la modellazione ibrida monodimensionale nel canale e bidimensionale nel territorio inondabile (floodplain).

ICM è dotato di un risolutore del moto vario bidimensionale (2D) che utilizza la metodologia dei volumi finiti.

Dove non diversamente descritto, le simulazioni idrauliche del presente studio sono state eseguite con il software Infoworks ICM sviluppato dall'azienda inglese HR Wallingford.

Il modello idraulico allestito in ambiente Infoworks ICM è monodimensionale (1D) in alveo e bidimensionale nelle aree inondabili adiacenti all'alveo comprese nell'area modellata con magliatura triangolare (zona 2D).

L'interfaccia tra l'alveo e la zona 2D è costituita da connessioni spondali denominate linee di sponda (bank lines).

La modellazione della zona 2D è stata eseguita attraverso l'utilizzo di dati LIDAR forniti dalla Regione Toscana (volo anno 2008).

Di seguito si riporta una breve descrizione di alcune funzionalità del codice di calcolo utilizzato.

2.5.2 INFOWORKS ICM – EQUAZIONI DI BASE DEL RISOLUTORE 2D

Il motore di calcolo 2D utilizzato in InfoWorks ICM si basa sulle procedure descritte in Alcrudo e Mulet-Marti "Urban inundation models based upon the Shallow Water equations. Numerical and practical issues" (2005).

A partire dalle equazioni di Navier-Stokes considerando un fluido incomprimibile e una profondità bassa rispetto alle dimensioni orizzontali del dominio si può ricavare un modello semplificato, chiamato 2D-Shallow Water Equations.

Le equazioni delle acque basse (shallow water equations SWE), sono utilizzati per la rappresentazione matematica del flusso 2D. SWE assume che il flusso è prevalentemente orizzontale e che la variazione della velocità sopra la coordinata verticale può essere trascurata.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1d} \quad (2)$$

dove:

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1d} \quad (3)$$

- h è la profondità dell'acqua
- U e V sono le velocità nelle direzioni x ed y, rispettivamente
- S_{0x} e S_{0y} sono le perdite di carico per attrito nelle direzioni x ed y, rispettivamente;
- Q_{1D} è la portata di transito per unità di superficie;
- U_{1D} e V_{1D} sono le componenti di velocità della portata di transito Q_{1D} in direzioni x ed y, rispettivamente.

La formulazione conservativa della SWE è essenziale al fine di preservare le grandezze fondamentali di base come la massa e la quantità di moto. Questo tipo di formulazione permette la rappresentazione di discontinuità di flusso e cambiamenti tra portata gradualmente e rapidamente variata.

Il risolutore 2D adotta una discretizzazione utilizzando uno schema esplicito ai volumi finiti del primo ordine utilizzando volumi di controllo per rappresentare l'area di interesse. Con il metodo dei volumi finiti, il dominio di modellazione è diviso in forme geometriche su cui le SWE sono integrate per dare equazioni in termini di flussi attraverso i confini del volume di controllo. Lo schema che viene utilizzato per risolvere le SWE è basato sulla combinazione numerica Godunov, con i flussi numerici attraverso i confini dei volumi di controllo calcolati utilizzando il metodo approssimato di Roe per la soluzione al problema di Riemann.

Poiché lo schema ha una soluzione esplicita, non richiede iterazione per raggiungere la stabilità entro tolleranze definite, come il regime di 1D. Invece, per ciascun elemento, il passo temporale necessario viene calcolato utilizzando la condizione di Courant-Friedrichs-Lewy al fine di raggiungere la stabilità, in cui la condizione di Courant-Friedrichs-Lewy è:

$$C \frac{\Delta x}{\Delta t} \leq 1$$

Dove C è il numero adimensionale di Courant (il controllo di stabilità Timestep impostato nei parametri 2D default = 0.95).

InfoWorks ICM utilizza una mesh non strutturata per rappresentare la zona di 2D e questo insieme con lo schema utilizzato consente una simulazione stabile anche per flussi rapidamente variabili, così come i flussi super-critici e transizioni attraverso lo stato critico.

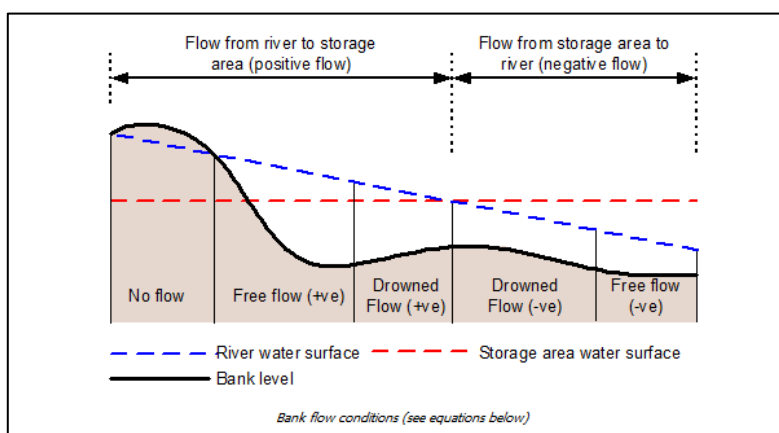
2.5.3 CONSIDERAZIONI SULLE CONNESSIONI SPONDALI (BANK LINES)

Il modello idraulico allestito in ambiente Infoworks ICM è monodimensionale (1D) in alveo e bidimensionale nelle aree inondabili adiacenti all'alveo comprese nell'area modellata con magliatura triangolare (zona 2D).

L'interfaccia tra l'alveo e la zona 2D è costituita da connessioni spondali denominate linee di sponda (bank lines).

Ciascun tratto fluviale può essere collegato lateralmente ad altri tratti fluviali, a storage areas (casce espansione) o a zone 2D ed il flusso dal corso d'acqua può essere positivo (se esce dall'alveo) o negativo (se rientra in alveo).

Il flusso sopra le sponde è modellato come deflusso su sfioratore laterale a funzionamento libero o rigurgitato in funzione dei tiranti idrici in alveo e dei battenti nella zona 2D.



L'equazione base dello stramazzo in parete grossa è:

$$Q = C_d b h^{1.5}$$

Valori tipici per il coefficiente di deflusso variano da 1.7 a 1.85 (nella formulazione anglosassone il coefficiente di deflusso è moltiplicato per $\sqrt{2g}$ quindi i valori di cui sopra nella formulazione italiana sono compresi tra 0.37 e 0.41).

Il valore di C_d deve essere ridotto se, anziché avere deflusso su strutture in calcestruzzo, abbiamo il deflusso su argini sopra sponde naturali. Indicazioni precise sulla scelta dei valori di C_d per sponde in erba di aree golenali non sono disponibili, anche se attuali buone pratiche suggeriscono valori nell'intervallo di C_d compresi tra 1,7 e 1,0. Per modellare il flusso su un terreno naturale, che è meno efficiente di un'area golenale, possono essere adottati anche valori inferiori ad 1. Adottando questi valori più bassi del C_d possiamo inoltre tenere conto delle perdite di carico per attrito sopra la linea sponale.

Per le simulazioni idrauliche in ambiente Infoworks ICM, anche attraverso una valutazione dei risultati ottenuti con altri codici di calcolo, risulta opportuno e congruente adottare un coefficiente di deflusso sulle linee spondali pari a 0.7.

2.5.4 MODELLAZIONE ZONE 2D

Infoworks ICM sull'area 2D va a creare una magliatura (mesh 2D) triangolare sulla quale vengono condotti i calcoli per la risoluzione del moto bidimensionale.

La creazione della magliatura può essere regolata da alcuni parametri: dimensione massima dei triangoli, dimensione minima, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari ad un valore determinato.

Quando è attivata la magliatura dipendente dal terreno (Terrain-sensibile meshing), ICM genera una magliatura con triangoli preliminari. Se la gamma delle altezze all'interno del triangolo supera la massima variazione dell'altezza prevista per la zona 2D, il triangolo è diviso, aumentando la risoluzione della mesh in aree in cui l'altezza del terreno varia rapidamente. Questo processo viene ripetuto finché la massima variazione di altezza non viene più superata. Viene così incrementata la precisione di calcolo per le aree in cui ci sono importanti variazioni in altezza del terreno.

Nella definizione delle aree 2D è necessario impostare la condizione al contorno per il perimetro della zona bidimensionale. Questo parametro governa il deflusso delle

acque che escono dall'area 2D attraversandone il perimetro. Generalmente, nella definizione del perimetro 2D è opportuno definire un'area di indagine con estensione superiore alla massima area allagata presunta e per la quale il passaggio dei deflussi attraverso il perimetro dell'area 2D non si verifica. Ciò nonostante, in taluni casi (come ad esempio per le aree a valle dei tratti terminali dei corsi d'acqua simulati) si può verificare la fuoriuscita dei deflussi dall'area 2D. La condizione al contorno del modello 2D può essere impostata come:

- vertical wall: in questo caso si considera la presenza di una barriera impermeabile di altezza infinita per cui le acque risultano confinate all'interno dell'area 2D (non c'è fuoriuscita di acque dalla zona 2D);
- critical condition: in questo caso si considera che sul perimetro si vadano ad instaurare condizioni di deflusso critiche su stramazzo – (le acque non possono rientrare sulla zona 2D);
- dry: il confine della Zona 2D è considerato come se fosse circondato da un pozzo senza fondo, l'acqua che arriva al bordo della zona 2D fluirà fuori della zona e verrà persa dalla simulazione.
- normal condition: in questo caso si considera che sul perimetro ci sia equilibrio tra la pendenza e le forze di attrito (normal flow), profondità e velocità sono mantenute costanti quando l'acqua raggiunge il perimetro e questa può defluire all'esterno senza perdite.

Nelle simulazione dei modelli è stata impostata sul perimetro dell'area 2D la "normal condition".

2.6 MODELLAZIONE GEOMETRICA

La modellazione geometrica monodimensionale in alveo (1D) è stata eseguita tramite l'utilizzo di sezioni trasversali topografiche fornite dall'Amministrazione comunale o rilevate dagli scriventi tramite rilievo topografico di dettaglio o ricavate attraverso l'estrazione di dati dal rilievo LIDAR fornito dalla Regione Toscana (volo anno 2008) eseguito nell'area del Comune di Terranuova Bracciolini.

Le caratteristiche geometriche dei ponti e di alcune infrastrutture arginali sono state rilevate tramite rilievo topografico di dettaglio e rilievi diretti in sito.

Il modello geometrico utilizzato per le simulazioni idrauliche con Infoworks ICM viene completato con:

- inserimento degli edifici esistenti: in ICM gli edifici sono rappresentati da poligoni chiusi dove viene raccordata la maglia (mesh 2D). Gli edifici rappresentano quindi degli ostacoli per il deflusso delle acque ed è possibile apprezzare la progressione del fronte di esondazione in funzione degli ostacoli che trova nel suo percorso. Per l'inserimento di questi sono stati utilizzati gli strati informativi contenuti negli shapes di tipo xxxxxEA della Regione Toscana. Per aggiornare la modellazione sono state analizzate le fotografie aeree (anno 2010 Regione Toscana) e aggiunti e/o eliminati alcuni edifici;
- inserimento di zone a scabrezza differenziata: in ICM si possono inserire aree a scabrezza differenziata che rappresentano ad esempio la viabilità, dove questa è asfaltata la scabrezza di manning è stata valutata con un coefficiente di manning pari a 0.015. Per l'inserimento di queste zone sono stati utilizzati gli strati informativi contenuti negli shapes di tipo xxxxxAV della Regione Toscana. Anche in questo caso si è proceduto ad una attualizzazione delle strade esistenti tramite l'analisi delle foto aeree;
- Inserimento di strutture lineari 2D: in ICM si possono inserire strutture lineari che simulano la presenza di infrastrutture come muri, recinzioni e/o arginature (polilinee 3D). Si è utilizzato questo strumento per attualizzare e aumentare il dettaglio dei rilievi e delle strutture idraulicamente rilevanti esistenti. Queste strutture rappresentano di fatto degli ostacoli per il deflusso delle acque ed è possibile apprezzare la progressione del fronte di esondazione in funzione della loro consistenza.

In allegato alla presente relazione si riportano, in forma tabellare, i dati inseriti nei modelli di simulazione idraulica relativi alla maglia della zona 2D, a ciascuna sezione e a ciascun ponte.

Di seguito se ne descrivono i contenuti:

La tabella relativa alla zona 2D riporta:

- Superficie della zona 2D;
- Massima area dei triangoli;
- Minima area dei triangoli;
- Condizioni al contorno;
- Massima variazione di altezza permessa;
- Angolo minimo (angolo minimo ammissibile tra i vertici del triangolo quando si crea una mesh 2D);
- Coefficiente di manning;
- Zona di scabrezza differenziata:
 - ✓ Superficie;
 - ✓ Coefficiente di manning.

Le tabelle relative alle sezioni riportano:

- L'identificativo della sezione;
- le coordinate x ed y (Gauss-Boaga) di ogni punto della sezione;
- le quote in valore assoluto di ogni punto della sezione;
- coefficienti di manning utilizzati.

Per le tabelle dei ponti si riportano:

- L'identificativo del ponte;
- I dati relativi alla sezione di monte, di valle e a quella in corrispondenza dell'impalcato (analogamente a quelle delle sezioni);
- I dati dell'apertura del ponte:
 - ✓ Forma;
 - ✓ Altezza;
 - ✓ Altezza spalla;
 - ✓ Larghezza;
 - ✓ Coeff. Manning.

La modellazione bidimensionale con magliatura triangolare (zona 2D) delle aree inondabili adiacenti all'alveo è stata eseguita attraverso l'utilizzo di dati LIDAR forniti dalla Regione Toscana (volo anno 2008). E' stata effettuata un analisi preliminare di congruenza tra le sezioni topografiche utilizzate per la modellazione dell'alveo e le aree modellate come zona 2D tramite l'utilizzo dei dati LIDAR. Questa verifica si è resa necessaria per garantire un adeguato grado di accuratezza della simulazione idraulica, in quanto come descritto in precedenza l'interfaccia tra la modellazione 1D e

2D viene effettuato tramite le connessioni spondali denominate linee di sponda (bank lines) che sono costruite sui punti che rappresentano i cigli di sponda interni dell'alveo. L'analisi è stata effettuata confrontando la sezione topografica con la sezione ottenuta estraendo i dati LIDAR lungo la stessa traccia planimetrica della sezione. I risultati ottenuti danno conferma di una generale congruenza ottimale per le finalità del presente studio. Nella figura seguente si riporta a titolo di esempio la sovrapposizione effettuata sulla sezione CI_064 del Ciuffenna, in grigio il rilievo topografico e in verde il rilievo da dati LIDAR.

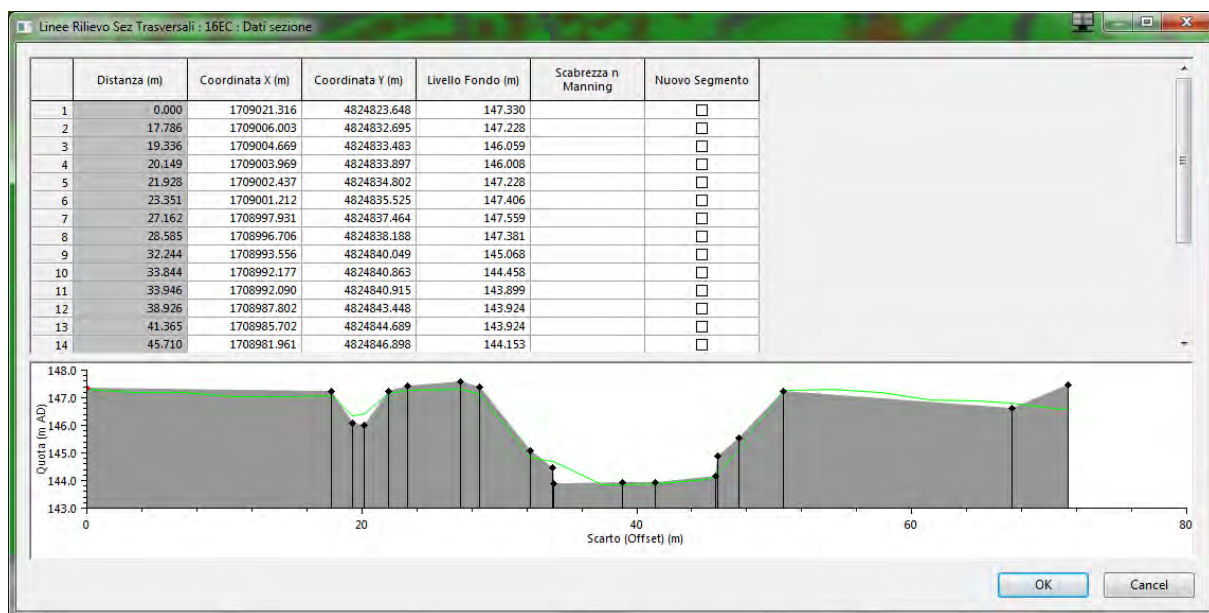


Figura 7. Sovrapposizione tra sezioni da rilievo topografico e sezioni da dati LIDAR.

2.7 ANALISI DEI RISULTATI

Le simulazioni eseguite consentono di definire la pericolosità idraulica indotta dai sistemi idraulici analizzati sulle aree indagate e permettono tramite un'elaborazione grafica (inviluppo dei massimi battenti relativi agli scenari considerati) la redazione delle cartografie della pericolosità idraulica così come richiesto dal DPGR N°53/R del 25/ottobre/2011.

In allegato alla presente relazione si riportano per ogni corso d'acqua analizzato il profilo idraulico in cui si indica l'andamento altimetrico del talweg, delle sponde sinistra e destra e il livello del pelo libero per i tempi di ritorno duecentennale e trentennale, ricavato come inviluppo dei massimi livelli degli scenari analizzati.

Si restituiscono inoltre in forma tabellare i risultati delle simulazioni idrauliche.

Le tabelle riportano per ogni scenario, per ogni tempo di ritorno, per ogni sezione in corrispondenza del massimo livello idrico raggiunto:

- La portata transitata = Q_{max} ;
- Il livello massimo raggiunto = WS elev;
- La velocità = Vel Chnl;
- Il numero di Froude = Froude;
- L'altezza del livello idrico rispetto al talweg = Depth;
- La quota del talweg = Main Chanel;
- l'involuppo dei battenti massimi derivati dagli scenari analizzati.

3. SISTEMA CIUFFENNA

3.1 INTRODUZIONE

La valutazione della pericolosità idraulica del Capoluogo è stata eseguita attraverso uno studio idrologico-idraulico del tratto terminale del torrente Ciuffenna. Lo studio oltre al citato corso d'acqua riguarda anche il borro Roviggiani ed i potenziali effetti del fiume Arno di cui il Ciuffenna è un tributario destro. In seguito, l'insieme dei corsi d'acqua analizzati viene denominato anche sistema Ciuffenna.

La ridefinizione del livello di pericolosità idraulica dell'area si è resa necessaria alla luce del completamento della cassa di espansione in linea sul Ciuffenna realizzata dalla Provincia di Arezzo e in relazione all'esecuzione di parte del primo lotto dei lavori previsti nell'ambito del progetto di *Interventi di regimazione sul Torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini* redatto da Prof. Malesani.

3.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio è ubicata in destra idraulica dell'Arno e si estende nella zona di fondovalle ove sorge il centro abitato di Terranuova Bracciolini. I corsi d'acqua studiati sono il Ciuffenna dalla sua confluenza in Arno (zona casello A1) sino alla cassa di espansione in linea realizzata dalla Provincia di Arezzo a valle della località "La Penna" ed il borro Roviggiani dalla sua confluenza sul Ciuffenna sino alla cassa di espansione in derivazione realizzata a monte del toponimo "Casa Palazzetto". La perimetrazione dell'area di studio è riportata in allegato.

Alla luce della normativa vigente, che impone di eseguire studi idrologici-idraulici unitari lungo una stessa asta fluviale, è stato necessario allestire un modello idraulico unico che comprenda i suddetti tratti fluviali al fine di definire in modo puntuale per l'intera zona il livello di pericolosità idraulica.

In allegato si riporta un estratto dalla cartografia CTR 10K con in evidenza il perimetro dei bacini imbriferi e l'asta principale dei corsi d'acqua analizzati.

Lo studio della morfologia del bacino è stato condotto utilizzando la cartografia tecnica regionale (CTR) in scala 1:2.000 e 1:10000.

Il bacino imbrifero del borro del Ciuffenna, chiuso in alla confluenza in Arno, ha un'area di 64.36 kmq e si estende sino al crinale del Pratomagno. La quota massima del bacino, in corrispondenza della Croce del Pratomagno è di 1590 m slm mentre la quota in corrispondenza della confluenza in Arno è 138 m slm. Il bacino imbrifero del borro Roviggiani si estende dalla confluenza nel Ciuffenna, posta a 154 m slm, sino ai rilievi posti da ovest di Faeto a quota di circa 750 m slm per un'area complessiva di 7.62 kmq. Il borro Roviggiani, circa 20 metri a monte della confluenza sul Ciuffenna, riceve i deflussi da un fosso di scolo ubicato in sinistra idrografica il cui bacino scolante ha un'area di 0.6 kmq (questo bacino, vista l'ubicazione del punto di confluenza, è stato computato come tributario del Ciuffenna).

Il modello idraulico del sistema Ciuffenna è stato allestito inserendo anche i tombini che sotto attraversano il rilevato autostradale e che consentono i deflussi del reticolo idrografico minore dell'area compresa tra l'autostrada e i prospicienti rilievi collinari. I tombini sono presenti nell'area compresa tra il ponte della SP59 sull'Arno sino a nord della zona del casello autostradale. Poiché in questa area di studio il rilevato autostradale assolve anche compiti di difesa idraulica in quanto costituisce l'arginatura in destra idraulica dell'Arno, la presenza dei tombini di scolo (che sotto attraversano il rilevato) costituisce un potenziale fronte di allagamento nel caso in cui i livelli di piena in Arno superino le quote di scorrimento dei tombini, generando un riflusso dalla zona golenale all'area di studio posta a tergo dell'autostrada. La modellazione dei tombini consente di valutare il rischio indotto dai fenomeni di riflusso delle piene dell'Arno attraverso questi collegamenti idraulici.

3.3 MODELLAZIONE IDROLOGICA

3.3.1 PARAMETRI UTILIZZATI

La stima delle portate al colmo è stata sviluppata con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana, codice ALTO 2000 (Alluvioni in Toscana); tale metodologia è già stata esposta nei paragrafi precedenti e vi si rimanda per ulteriori dettagli.

3.3.2 VALUTAZIONI SUGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del sistema idraulico costituito da Ciuffenna-Roviggiani-Arno sono stati analizzati più scenari critici per valutare le diverse risposte idrologiche dei corsi d'acqua. Questo permette, in fase di modellazione idraulica, di definire le perimetrazioni più critiche come inviluppo dei battenti massimi degli scenari analizzati.

Nel caso in esame è stato necessario definire tre scenari di riferimento:

- 3.3.2.1 Scenario ALPHA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il torrente Ciuffenna;
- 3.3.2.2 Scenario BETA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il torrente Roviggiani;
- 3.3.2.3 Scenario GAMMA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche indotte da una piena in Arno.

3.3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Per ciascuno scenario e per ogni tempo di ritorno analizzato sono state valutate le condizioni al contorno di monte, in termini di idrogrammi in ingresso al modello idraulico, attraverso un'analisi idrologica condotta sulla base dei dati di ALTO2000 e sulla base di due modelli idraulici utilizzati per valutare gli effetti di laminazione indotti sul Ciuffenna dalla cassa di espansione in linea "La Penna" e sul Roviggiani dalla cassa di espansione in derivazione "Case Palazzetto". Nel seguito le suddette casse sono denominate anche come "cassa Ciuffenna" e "cassa Roviggiani".

Le due opere di laminazione sono realizzate e collaudate pertanto, nell'ambito dell'aggiornamento della pericolosità idraulica dell'area di studio, devono essere debitamente valutati gli effetti di laminazione che tali opere generano sugli idrogrammi naturali dedotti da ALTO2000.

Per la valutazione degli idrogrammi di piena che costituiscono le immissioni nel modello idraulico per i tratti di monte del Ciuffenna e del Roviggiani, sono stati allestiti dei modelli idraulici in ambiente Hec-Ras che sono stati tarati sulla base dei dati di progetto delle due opere.

Nell'ambito dell'analisi idrologica riportata di seguito sono valutati gli idrogrammi per ciascun scenario e per ciascun tempo di ritorno. Viene inoltre riportata la valutazione degli effetti di laminazione delle due opere.

3.3.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Nel modello idrologico-idraulico del sistema Ciuffenna la condizione al contorno di valle è rappresentata dai limnogrammi del fiume Arno in prossimità della confluenza del Ciuffenna. Nell'area oggetto di studio compresa tra il ponte della SP59 e la zona del casello autostradale sono presenti dei tombini che sotto attraversano l'Autostrada del Sole e consentono il deflusso del reticolo idrografico minore in Arno. Per quanto riguarda la modellazione idraulica dei tombini, come condizioni di valle, sono stati utilizzati i dati dei livelli in Arno (limnogrammi).

I limnogrammi per ciascun corso d'acqua e ciascun tombino sono stati ricavati tramite interpolazione spaziale tra i limnogrammi relativi alle due sezioni del fiume Arno immediatamente a monte e a valle di ciascuna immissione, per ciascun tempo di ritorno analizzato e per ciascuna durata critica analizzata. I limnogrammi utilizzati per la elaborazioni sopra descritte sono forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e rappresentano i risultati delle simulazioni del modello SIMI (SIT - Modellazione Idraulica). Questi sono forniti per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni e per durate delle precipitazioni di 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 ore.

Per gli scenari ALPHA e BETA, sono stati inseriti i limnogrammi per la durata di pioggia più simile a quello utilizzato per i due scenari (rispettivamente una durata di 6 ore nello scenario ALPHA e di 3 ore per lo scenario BETA) mentre per lo scenario GAMMA sono stati utilizzati i dati relativi alla durata di 18 ore.

3.3.5 ANALISI IDROLOGICA

Il sistema Ciuffenna-Roviggiani è stato suddiviso nei seguenti sottobacini:

1. Bacino Roviggiani: chiuso a monte della confluenza sul Ciuffenna;
2. Bacino Ciuffenna Monte (o "bacino di monte"): chiuso a monte della confluenza del Roviggiani;
3. Interbacino 1: chiuso in corrispondenza della confluenza del fosso Pernina;
4. Interbacino 2: chiuso 200 m a valle della passerella Paperina;
5. Bacino Ciuffenna Valle (o "bacino di valle"): chiuso alla confluenza in Arno.

Per ciascuno di questi sono stati calcolati i parametri morfologici ed idrologici e sono stati ricavati gli idrogrammi di piena per ciascuno scenario analizzato.

Si riportano di seguito i parametri morfologici ed idrologici utilizzati ed i risultati numerici ottenuti attraverso il codice di calcolo ALTO2000.

Modello Ciuffenna - Parametri Morfologici e idrologici											
Nome	Area Bacino	Ia	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
						a1	n1	m1	a	n	m
-	Kmq	mm	mm/h	-	h	$\frac{1000}{(1000 + 1000 \cdot I_a)}$	-	-	$\frac{1000}{(1000 + 1000 \cdot I_a)}$	-	-
BACINO ROVIGGIANI	7.619	14.278	1.162	2.581	0.451	19.561	0.268	0.16	18.985	0.359	0.219
BACINO DI MONTE	50.303	20.404	1.43	2.13	1.416	20.787	0.273	0.17	20.177	0.342	0.224
INTERBACINO 1	1.404	19.746	1.438	2.148	1.429	20.627	0.272	0.17	20.023	0.344	0.223
INTERBACINO 2	2.244	18.358	1.304	2.171	1.757	20.573	0.274	0.17	19.944	0.345	0.222
BACINO DI VALLE	2.800	18.919	1.361	2.163	1.558	20.57	0.272	0.17	19.967	0.345	0.223

Tabella 5. Modello idrologico sistema Ciuffenna - Parametri morfologici ed idrologici.

L'individuazione delle durate di pioggia che massimizzano il valore del colmo dell'onda di piena per un assegnato tempo di ritorno è stata effettuata attraverso il codice di calcolo ALTO2000.

Con riferimento agli accordi intercorsi con l'Istruttore dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno durante la stesura degli studi idraulici a supporto della variante al Regolamento Urbanistico e della "Proposta di modifica alle perimetrazioni di pericolosità idraulica nell'asta terminale del Ciuffenna" del 2009 redatta da Ing. Remo Chiarini, a titolo conservativo si è convenuto di valutare gli idrogrammi di piena relativi al contributo di ciascun interbacino adottando la durata critica di precipitazione del Ciuffenna relativa alla sezione immediatamente a monte della confluenza del borro Roviggiani (relativa quindi al "bacino di monte").

La tabella seguente riporta l'analisi delle durate critiche del sistema Ciuffenna.

MODELLO CIUFFENNA ANALISI DURATE CRITICHE

DURATE CRITICHE PER I VARI TRATTI FLUVIALI

Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
BACINO ROVIGGIANI	2	1.76	1.76	1.52
BACINO DI MONTE	5.238	4.758	4.518	4.518
INTERBACINO 1	4.816	4.576	4.336	4.096
INTERBACINO 2	5.636	5.396	5.156	4.916
BACINO DI VALLE	5.147	4.907	4.667	4.427

SCENARIO ALPHA - DURATE CRITICHE

Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
BACINO ROVIGGIANI	5.238	4.758	4.518	4.518
BACINO DI MONTE	5.238	4.758	4.518	4.518
INTERBACINO 1	5.238	4.758	4.518	4.518
INTERBACINO 2	5.238	4.758	4.518	4.518
BACINO DI VALLE	5.238	4.758	4.518	4.518

SCENARIO BETA - DURATE CRITICHE

Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
BACINO ROVIGGIANI	2	1.76	1.76	1.52
BACINO DI MONTE	2	1.76	1.76	1.52
INTERBACINO 1	2	1.76	1.76	1.52
INTERBACINO 2	2	1.76	1.76	1.52
BACINO DI VALLE	2	1.76	1.76	1.52

SCENARIO GAMMA - DURATE CRITICHE

Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
BACINO ROVIGGIANI	18	18	18	18
BACINO DI MONTE	18	18	18	18
INTERBACINO 1	18	18	18	18
INTERBACINO 2	18	18	18	18
BACINO DI VALLE	18	18	18	18

Tabella 6. Modello idrologico sistema Ciuffenna – Analisi durate critiche.

MODELLO CIUFFENNA							
PORTATE AL COLMO PER CIASCUN SCENARIO E TEMPO DI RITORNO - RISULTATI ALTO 2000							
SCENARIO ALPHA - Dc critico CIUFFENNA MONTE							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
[anni]	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
BACINO ROVIGGIANI	500	4.518	127.236	106.331	28.162	0.973	55.59
BACINO ROVIGGIANI	200	4.518	104.103	83.824	23.042	0.973	45.04
BACINO ROVIGGIANI	100	4.758	91.118	70.974	19.151	0.973	37.12
BACINO ROVIGGIANI	30	5.238	72.457	52.361	13.833	0.974	26.25
BACINO DI MONTE	500	4.518	135.962	94.834	30.093	0.863	258.64
BACINO DI MONTE	200	4.518	110.734	73.064	24.509	0.863	202.79
BACINO DI MONTE	100	4.758	96.502	60.678	20.282	0.865	167.52
BACINO DI MONTE	30	5.238	76.153	42.772	14.539	0.868	117.71
INTERBACINO 1	500	4.518	134.493	109.466	29.768	0.995	8.22
INTERBACINO 1	200	4.518	109.638	84.732	24.267	0.995	6.47
INTERBACINO 1	100	4.758	95.623	70.472	20.097	0.995	5.34
INTERBACINO 1	30	5.238	75.565	49.88	14.426	0.995	3.76
INTERBACINO 2	500	4.518	133.334	109.979	29.512	0.992	11.42
INTERBACINO 2	200	4.518	108.792	85.629	24.08	0.992	8.99
INTERBACINO 2	100	4.758	94.956	71.623	19.957	0.992	7.47
INTERBACINO 2	30	5.238	75.136	51.395	14.344	0.993	5.33
BACINO DI VALLE	500	4.518	134.32	110.057	29.73	0.99	15.52
BACINO DI VALLE	200	4.518	109.496	85.474	24.236	0.99	12.21
BACINO DI VALLE	100	4.758	95.505	71.331	20.072	0.99	10.13
BACINO DI VALLE	30	5.238	75.478	50.918	14.41	0.991	7.18
SCENARIO BETA - Dc critico ROVIGGIANI							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
[anni]	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
BACINO ROVIGGIANI	500	1.52	86.053	68.747	56.614	0.966	80.05
BACINO ROVIGGIANI	200	1.76	74.212	57.135	42.166	0.967	63.44
BACINO ROVIGGIANI	100	1.76	63.76	47.032	36.227	0.967	53.12
BACINO ROVIGGIANI	30	2	51.283	34.766	25.641	0.967	38.34
BACINO DI MONTE	500	1.52	93.673	58.238	61.627	0.824	195.60
BACINO DI MONTE	200	1.76	80.214	47.287	45.576	0.829	157.99
BACINO DI MONTE	100	1.76	68.679	37.726	39.022	0.829	126.46
BACINO DI MONTE	30	2	54.788	26.179	27.394	0.833	87.76
INTERBACINO 1	500	1.52	92.46	71.506	60.829	0.994	6.59
INTERBACINO 1	200	1.76	79.271	58.095	45.04	0.994	5.32
INTERBACINO 1	100	1.76	67.918	46.811	38.59	0.994	4.31
INTERBACINO 1	30	2	54.26	32.925	27.13	0.994	3.03
INTERBACINO 2	500	1.52	91.563	71.923	60.239	0.99	8.62
INTERBACINO 2	200	1.76	78.586	58.812	44.651	0.99	7.02
INTERBACINO 2	100	1.76	67.377	47.712	38.283	0.99	5.71
INTERBACINO 2	30	2	53.9	34.092	26.95	0.991	4.07
BACINO DI VALLE	500	1.52	92.24	71.862	60.684	0.988	12.10
BACINO DI VALLE	200	1.76	79.094	58.61	44.94	0.988	9.82
BACINO DI VALLE	100	1.76	67.766	47.419	38.504	0.988	7.97
BACINO DI VALLE	30	2	54.146	33.682	27.073	0.988	5.65
NOTA: LE PORTATE DI ROVIGGIANI E BACINO CIUFFENNA MONTE RIPORTATE IN TABELLA COSTITUISCONO LA CONDIZIONE DI MONTE CHE E' STATA APPLICATA AI MODELLI IDRAULICI DELLE RISPETTIVE CASSE DI LAMINAZIONE ESISTENTI (CASSA LA PENNA E CASSA ROVIGGIANI)							

Tabella 7. Modello idrologico sistema Ciuffenna – Risultati modello idrologico ALTO 2000 - scenario ALPHA e BETA.

MODELLO CIUFFENNA							
PORTATE AL COLMO PER CIASCUN SCENARIO E TEMPO DI RITORNO - RISULTATI ALTO 2000							
SCENARIO GAMMA - Dc critico ARNO							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
[anni]	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
BACINO ROVIGGIANI	500	18	208.991	173.851	11.611	0.982	21.95
BACINO ROVIGGIANI	200	18	170.993	136.536	9.5	0.982	17.56
BACINO ROVIGGIANI	100	18	146.911	112.886	8.162	0.982	14.78
BACINO ROVIGGIANI	30	18	112.861	79.447	6.27	0.982	10.84
BACINO DI MONTE	500	18	218.137	160.281	12.119	0.911	137.65
BACINO DI MONTE	200	18	177.66	123.388	9.87	0.911	109.01
BACINO DI MONTE	100	18	152.111	100.101	8.451	0.911	90.93
BACINO DI MONTE	30	18	116.154	67.328	6.453	0.911	65.47
INTERBACINO 1	500	18	216.378	173.415	12.021	0.997	4.15
INTERBACINO 1	200	18	176.39	133.553	9.799	0.997	3.29
INTERBACINO 1	100	18	151.127	108.371	8.396	0.997	2.74
INTERBACINO 1	30	18	115.542	72.898	6.419	0.997	1.98
INTERBACINO 2	500	18	214.809	175.315	11.934	0.995	6.65
INTERBACINO 2	200	18	175.271	135.977	9.737	0.995	5.29
INTERBACINO 2	100	18	150.273	111.105	8.349	0.995	4.42
INTERBACINO 2	30	18	115.028	76.038	6.39	0.995	3.21
BACINO DI VALLE	500	18	216.397	175.358	12.022	0.994	8.32
BACINO DI VALLE	200	18	176.405	135.617	9.8	0.994	6.60
BACINO DI VALLE	100	18	151.141	110.511	8.397	0.994	5.52
BACINO DI VALLE	30	18	115.553	75.147	6.42	0.994	3.99

NOTA: LE PORTATE DI ROVIGGIANI E BACINO CIUFFENNA MONTE RIPORTATE IN TABELLA COSTITUISCONO LA CONDIZIONE DI MONTE CHE E' STATA APPLICATA AI MODELLI IDRAULICI DELLE RISPETTIVE CASSE DI LAMINAZIONE ESISTENTI (CASSA LA PENNA E CASSA ROVIGGIANI)

Tabella 8. Modello idrologico sistema Ciuffenna – Risultati modello idrologico ALTO2000 - scenario GAMMA.

3.3.5.1 CASSA DI ESPANSIONE CIUFFENNA

La cassa di espansione in linea sul torrente Ciuffenna ubicata a valle della località La Penna è un intervento strutturale realizzato dalla Provincia di Arezzo per la riduzione del rischio idraulico del centro abitato di Terranuova Bracciolini. Il progetto esecutivo e gli atti di collaudo sono stati acquisiti dagli scriventi al fine di poter allestire un modello idraulico capace di consentire la valutazione degli effetti di laminazione sugli idrogrammi di piena di riferimento.

Sulla base dei dati progettuali dell'opera (caratteristiche dei dispositivi di scarico di fondo e di superficie, curva di invaso e delle sezioni idrauliche relative al tratto di Ciuffenna immediatamente a valle dell'opera) è stato allestito un modello idraulico in ambiente Hec-Ras 4.1. Il modello è stato calibrato sui dati di progetto utilizzati dalla Provincia di Arezzo per poi essere utilizzato per la valutazione degli effetti di laminazione su gli idrogrammi di riferimento ricavati con ALTO 2000.

La cassa di espansione "La Penna" è stata realizzata con due diverse configurazioni della luce di fondo:

- Configurazione definitiva: luce di fondo con sezione a forma di segmento circolare con area complessiva disponibile per il deflusso pari a 29 mq;
- Configurazione provvisoria: luce di fondo con sezione a forma di segmento circolare con area complessiva disponibile per il deflusso pari a 20.36 mq, questa configurazione è realizzata attraverso l'installazione di due diaframmi;

La configurazione provvisoria è stata realizzata con lo scopo di contenere la portata in uscita dall'opera in attesa che siano realizzate le opere di sistemazione idraulica previsti nel tratto urbano del Ciuffenna nell'ambito del progetto di "Interventi di regimazione sul torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini" redatto dal Prof. Malesani.

La cassa di espansione è stata collaudata ed attualmente è presente lo scarico di fondo nella configurazione provvisoria. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali dell'opera di laminazione.

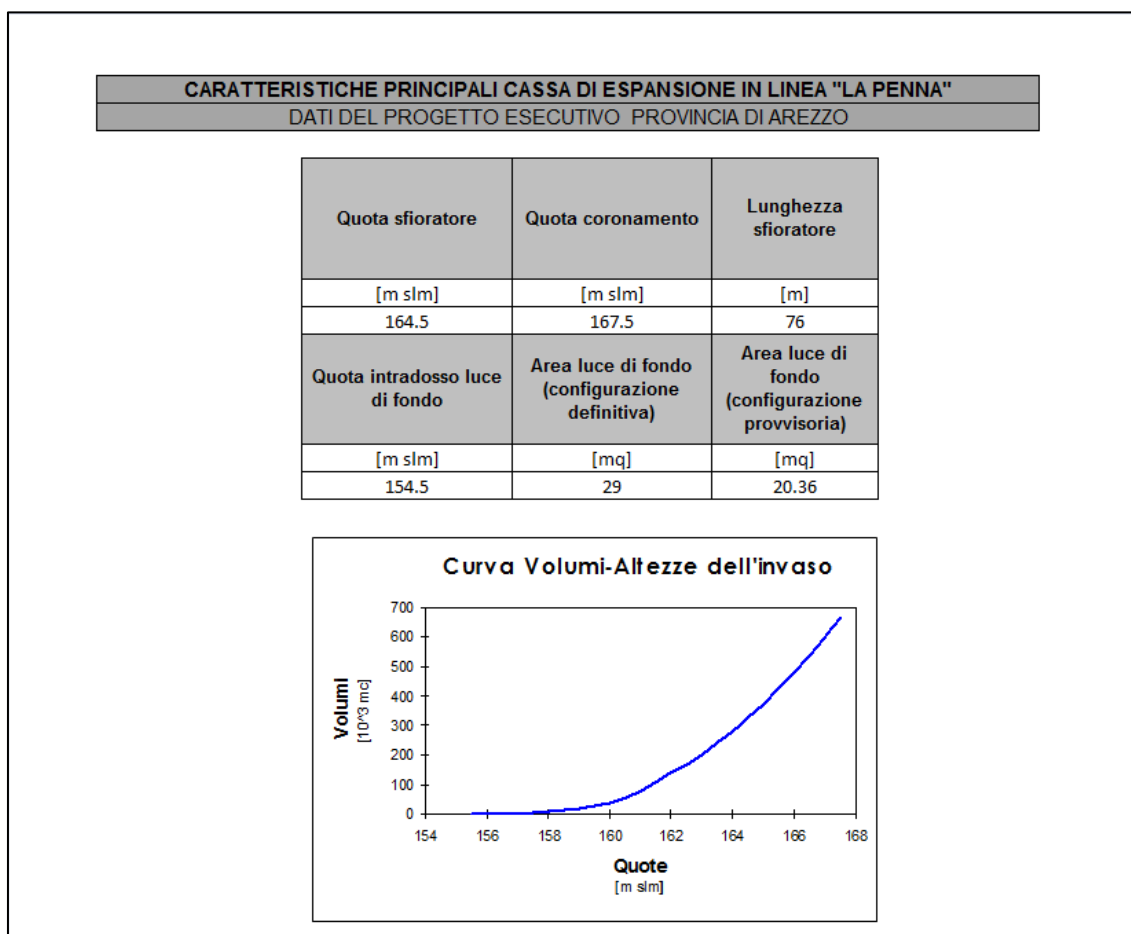


Tabella 9. Caratteristiche principali cassa espansione La Penna.

La calibrazione del modello è stata eseguita utilizzando gli idrogrammi in ingresso utilizzati dalla Provincia di Arezzo nella progettazione dell'opera. Si segnala che tali idrogrammi sono quelli ricavati dalle valutazioni di Prof. Malesani e, a parità di tempo di ritorno, differiscono da quelli ottenuti con ALTO 2000. Come già ampiamente segnalato nella relazione idraulica redatta da Ing. Chiarini nell'ambito della Variante al Regolamento Urbanistico anno 2009, gli idrogrammi di piena ottenuti con ALTO 2000 sono caratterizzati da una importante riduzione delle portate al colmo rispetto a quelli utilizzati da Prof. Malesani.

La calibrazione dei parametri del modello idraulico della cassa "La Penna" è stata effettuata utilizzando i parametri progettuali della Provincia di Arezzo per i tempi di ritorno di 200 e 1000 anni, di seguito si riporta l'idrogramma di piena in ingresso e gli idrogrammi in uscita (del progetto esecutivo della cassa e quelli ottenuti dal modello Hec-Ras). I grafici mostrano che gli idrogrammi in uscita ottenuti dal modello Hec-Ras sono sostanzialmente analoghi a quelli del progetto esecutivo; ciò dimostra l'essenziale attendibilità del modello idraulico utilizzato in questo studio.

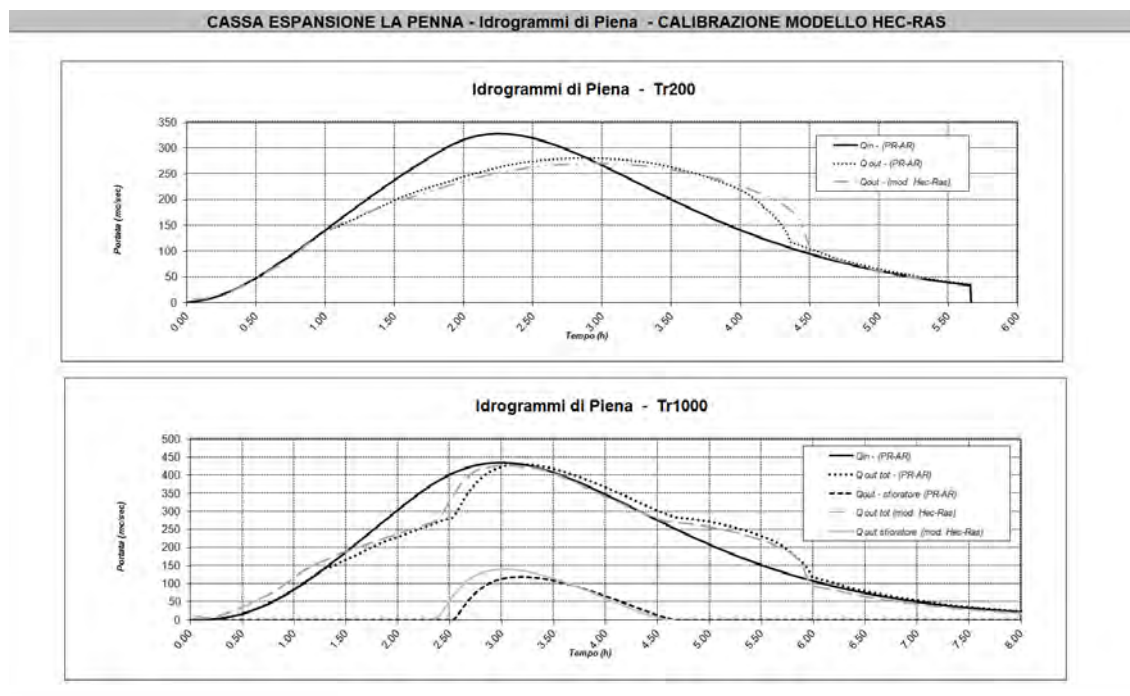


Figura 8. Cassa di espansione La Penna – Calibrazione modello idraulico.

CASSA LA PENNA				
CALIBRAZIONE MODELLO HEC-RAS - PROGETTO ESECUTIVO (PROVINCIA DI AREZZO)				
Nota: la calibrazione del modello Hec-Ras è stata eseguita adottando l'idrogramma in ingresso utilizzato dalla Provincia di Arezzo				
SCENARIO TR200				
PROGETTO ESECUTIVO PROVINCIA DI AREZZO (configurazione definitiva area luce 29mq)				
Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
328	281.27	0	324000	164.44
MODELLO HEC-RAS (AREA LUCE TARATA 29MQ)				
Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
328	271.47	0	318005	164.42
DELTA				
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
-	-9.8	-	-5995	-0.02
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
-	-3.48%	-	-1.85%	-0.01%
SCENARIO TR1000				
PROGETTO ESECUTIVO PROVINCIA DI AREZZO (configurazione definitiva area luce 29mq)				
Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
434.5	309.87	119.88	425643	165.49
MODELLO HEC-RAS (AREA LUCE TARATA 29MQ)				
Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
434.5	286.62	139.85	431730	165.55
DELTA				
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
-	-23.25	19.97	6087	0.06
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
-	-7.50%	16.66%	1.43%	0.04%

Tabella 10. Cassa di espansione La Penna – Calibrazione modello idraulico.

Eseguita la calibrazione del modello idraulico della cassa di espansione sul Ciuffenna, allestito in ambiente Hec-Ras, sono stati valutati gli effetti di laminazione dei colmi di piena su gli idrogrammi determinati con ALTO 2000. I risultati, riportati in tabella seguente, sono stati utilizzati come condizione al contorno di monte (immissioni) del torrente Ciuffenna.

CIUFFENNA - CASSA LA PENNA RISULTATI MODELLAZIONE HEC-RAS PER I VARI SCENARI DI RIFERIMENTO CASSA DI ESPANSIONE LA PENNA- AREA LUCE ATTUALE 20.36 MQ						
SCENARIO ALPHA						
TR	Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Portata max out (totale)	Volume invaso mx	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	258.54	195.59	52.71	248.30	379 690	165.05
200	202.66	177.46	-	177.46	236 610	163.45
100	167.47	154.62	-	154.62	117 200	161.69
30	117.68	116.38	-	116.38	21 630	159.21
SCENARIO BETA						
TR	Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Portata max out (totale)	Volume invaso mx	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	195.52	170.49	-	170.49	195 520	162.89
200	157.93	146.87	-	146.87	87 510	161.14
100	126.44	123.88	-	123.88	29 570	159.65
30	87.75	87.67	-	87.67	10 650	158.28
SCENARIO GAMMA						
TR	Portata max in	Portata max out (luce)	Portata max out (sfioratore)	Portata max out (totale)	Volume invaso mx	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	136.79	136.06	-	136.06	54 380	160.41
200	109.01	109.00	-	109.00	16 220	158.8
100	90.93	90.93	-	90.93	11 230	158.34
30	64.18	64.12	-	64.12	7 080	157.88

Tabella 11. Cassa di espansione La Penna –Risultati simulazioni idrauliche.

3.3.5.2 CASSA DI ESPANSIONE ROVIGGIANI

La cassa di espansione sul torrente Roviggiani è una cassa in derivazione in sinistra idraulica ubicata in località "Il Palazzetto" a circa 700 metri a monte della confluenza tra il Roviggiani e il torrente Ciuffenna. L'opera è un intervento strutturale realizzato in conformità a quanto previsto dallo studio idrologico-idraulico redatto a supporto della variante urbanistica del Comune di Terranuova Bracciolini in adempimento all'"Accordo di programma tra la Regione Toscana, la Provincia di Arezzo ed i comuni di Terranuova Bracciolini e di Montevarchi per la realizzazione della viabilità sovracomunale e l'inserimento di nuove aree produttive". I dati utilizzati nel Progetto Esecutivo redatto per conto della FAST FASHION S.r.l. dallo studio dell'Ing. Remo Chiarini (Settembre 2002) e gli atti del collaudo eseguito il 14/05/2007 sono stati utilizzati per l'allestimento in un nuovo modello idraulico capace di consentire la valutazione degli effetti di laminazione sugli idrogrammi di piena.

In analogia alla calibrazione della cassa in linea sul torrente la Ciuffenna, è stato allestito un modello idraulico in ambiente Hec-Ras 4.1 inserendo i dati progettuali dell'opera utilizzati nello studio dell'Ing. Remo Chiarini: caratteristiche dei dispositivi di sfioro superficiale, di scarico di fondo e di emergenza, la curva di invaso e la geometria delle sezioni idrauliche relative al tratto del borro Roviggiani immediatamente a monte e valle della cassa in derivazione. La calibrazione è stata necessaria per stimare la bontà del modello allestito, per poi poterlo utilizzare per la valutazione degli effetti di laminazione sugli idrogrammi di riferimento ricavati con ALTO 2000 relativamente agli scenari analizzati.

La cassa di espansione in derivazione è stata collaudata ed attualmente in funzione. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali dell'opera di laminazione.

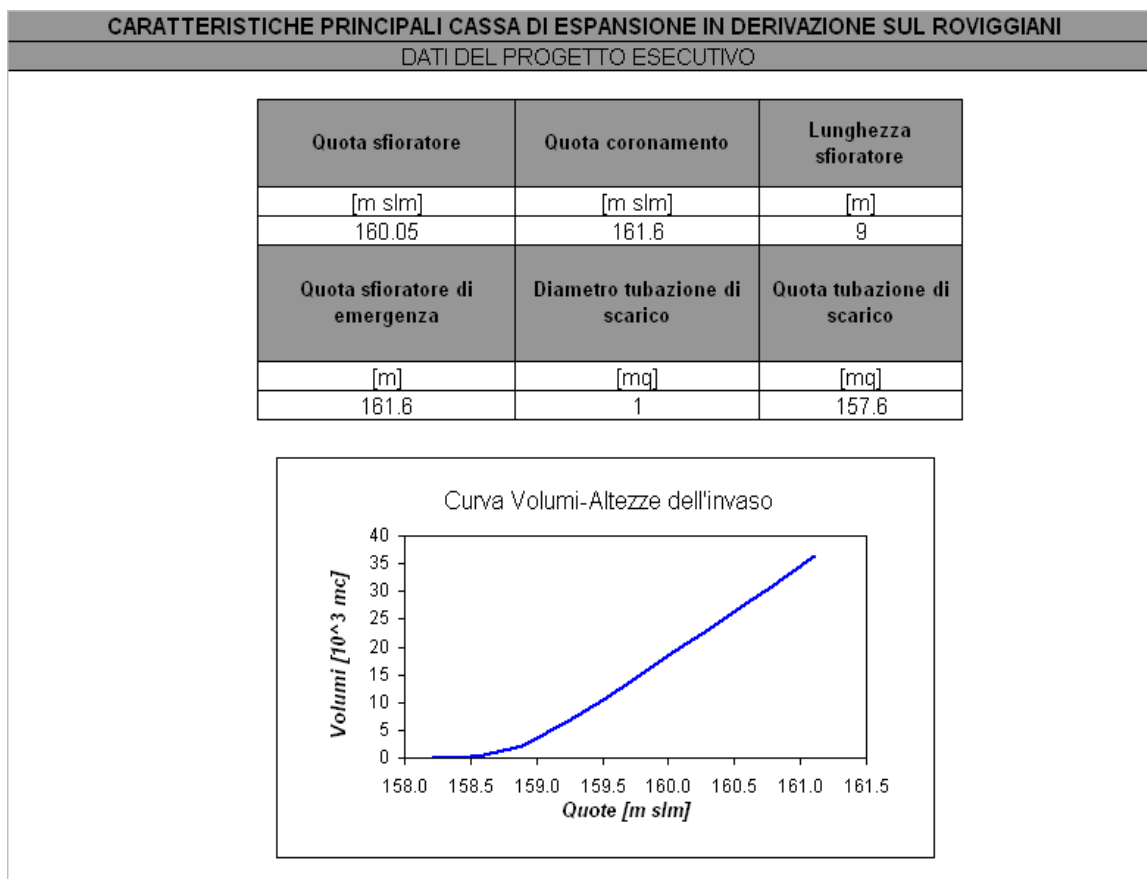


Tabella 12. Caratteristiche principali cassa espansione Roviggiani.

Per la calibrazione del modello sono stati utilizzati gli idrogrammi in ingresso calcolati con ALTO2000 considerando l'area del bacino imbrifero del Roviggiani pari a 10.21 kmq congruente con il progetto esecutivo redatto dall'Ing. Remo Chiarini.

La calibrazione dei parametri del modello idraulico della cassa è stata effettuata utilizzando i parametri progettuali desunti dal progetto esecutivo redatto dall'Ing. Chiarini per il tempo di ritorno di 200 anni, di seguito si riporta l'idrogramma di piena in ingresso e gli idrogrammi in uscita (del progetto esecutivo della cassa e quelli ottenuti dal modello Hec-Ras). I grafici mostrano che gli idrogrammi in uscita ottenuti dal modello Hec-Ras sono sostanzialmente congruenti a quelli del progetto esecutivo.

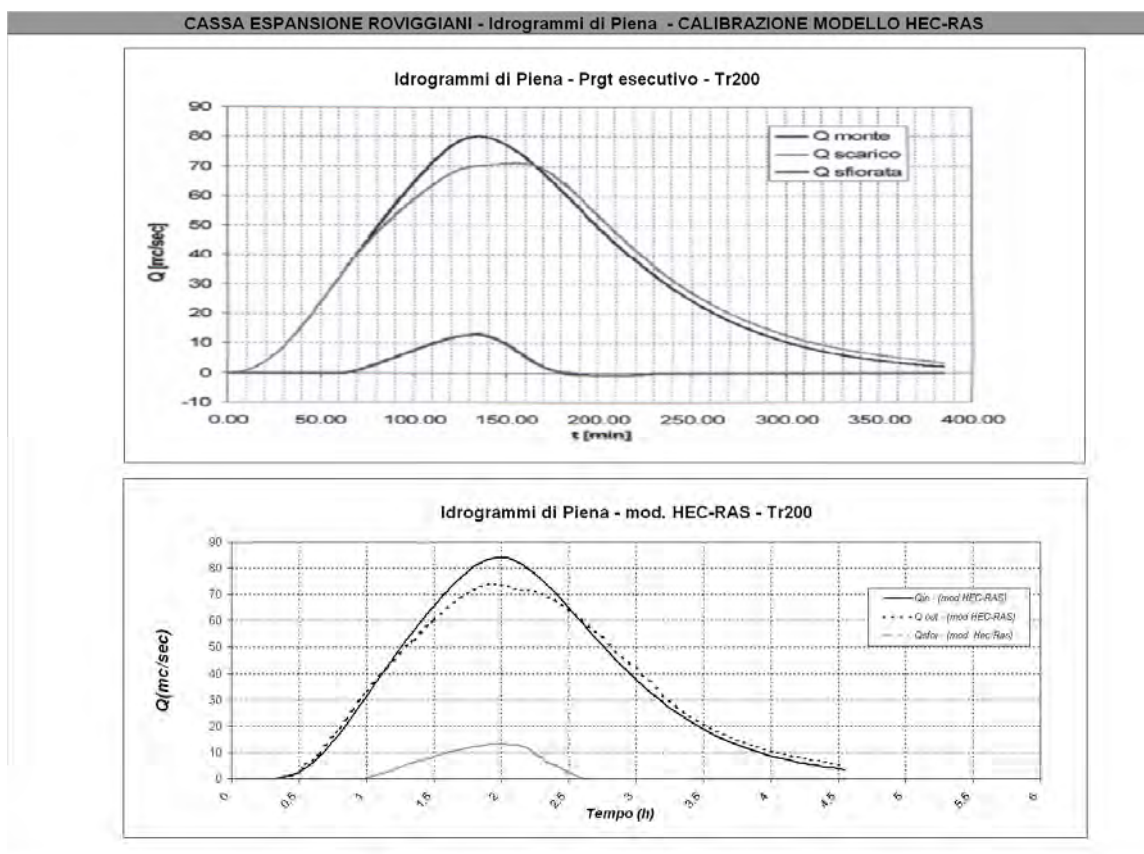


Figura 9. Cassa di espansione Roviggiani – Calibrazione modello idraulico.

Di seguito si riportano in tabella le variazioni percentuali dei dati in ingresso e in uscita dei due modelli. Come si vede i risultati sono del tutto analoghi: la portata a valle dell'opera di laminazione differisce di circa il 4% tra i due modelli e l'altezza di quota dell'invaso di 7 cm; ciò dimostra l'essenziale attendibilità del modello idraulico utilizzato in questo studio.

CASSA ROVIGGIANI				
CALIBRAZIONE MODELLO HEC-RAS - PROGETTO ESECUTIVO				
Nota: la calibrazione del modello Hec-Ras è stata eseguita adottando l'idrogramma in ingresso calcolato con ALTO2000				
SCENARIO TR200				
PROGETTO ESECUTIVO				
Portata max in	Portata max out (scarico)	Portata max out (sfioratore di emergenza)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m s.l.m.]
80	71	0	33160	160.89
MODELLO HEC-RAS				
Portata max in	Portata max out (scarico)	Portata max out (sfioratore di emergenza)	Volume invaso max	Quota max invaso
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m s.l.m.]
83.992	73.79	0	33930	160.96
DELTA				
[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m s.l.m.]
-	2.79	-	770	0.07
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
4.99%	3.93%	-	2.32%	0.04%

Tabella 13. Cassa di espansione Roviggiani – Calibrazione modello idraulico.

Verificata, attraverso la calibrazione, la bontà del modello idraulico della cassa di espansione sul Roviggiani, sono stati valutati gli effetti di laminazione sugli idrogrammi calcolati con AIto2000 dagli scriventi nei vari scenari adottati per lo studio idraulico del sistema Ciuffenna-Roviggiani.

I risultati, riportati in tabella seguente, sono stati utilizzati come condizione al contorno di monte (immissioni) del borro Roviggiani.

CIUFFENNA - CASSA ROVIGGIANI RISULTATI MODELLAZIONE HEC-RAS PER I VARI SCENARI DI RIFERIMENTO						
SCENARIO ALPHA						
TR	Portata max in	Portata max out (Sez.17)	Portata max sfioratore	Portata max out (scarico)	Volume max invaso	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	55.58	54.28	5.82	2.9	28 600	160.63
200	45.04	43.88	3.27	2.02	13 810	159.71
100	37.11	36.58	1.45	0.99	5 060	159.11
30	26.25	26.25	0	0	0	158.2
SCENARIO BETA						
TR	Portata max in	Portata max out (Sez.17)	Portata max sfioratore	Portata max out (scarico)	Volume max invaso	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	80.06	70.57	12.02	3.02	31 000	160.78
200	63.43	57.68	7.82	2.42	19 830	160.09
100	53.05	49.09	5.23	1.8	11 380	159.56
30	38.33	37.08	1.71	0.62	2 530	158.9
SCENARIO GAMMA						
TR	Portata max in	Portata max out (Sez.17)	Portata max sfioratore	Portata max out (scarico)	Volume max invaso	Quota max invaso
[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[m slm]
500	21.95	21.95	-	-	0	158.2
200	17.56	17.56	-	-	0	158.2
100	14.78	14.78	-	-	0	158.2
30	10.84	10.84	-	-	0	158.2

Tabella 14. Cassa di espansione Roviggiani –Risultati simulazioni idrauliche.

3.4 MODELLO IDRAULICO

3.4.1 MODELLO GEOMETRICO

Il modello geometrico utilizzato per la modellistica idraulica del sistema costituito dal torrente Ciuffenna e dal borro Roviggiani (denominato sistema Ciuffenna) è stato sviluppato come segue:

- Torrente Ciuffenna: la modellazione ha interessato un tratto lungo circa 5500m dalla confluenza in Arno verso monte utilizzando 147 sezioni trasversali;
- Borro Roviggiani: modellazione di un tratto di circa 480 metri dalla confluenza sul Ciuffenna sino alla cassa di espansione Roviggiani utilizzando 20 sezioni trasversali.

Per l'allestimento del modello geometrico sono state acquisite le sezioni del progetto definitivo *"Interventi di regimazione sul torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini"* (2003) e del successivo progetto esecutivo relativo al primo lotto (aprile 2004) redatti dal Prof. Malesani e dello studio idraulico a supporto della Variante al R.U.¹ del 2008 elaborato da Ing. Remo Chiarini, mentre per quanto riguarda il borro Roviggiani sono state utilizzate le sezioni del progetto esecutivo della cassa di espansione in loc. "Il Palazzetto" (anno 2002) e dello studio idraulico a supporto della Variante al R.U. del 2008 entrambi elaborati da Ing. Remo Chiarini.

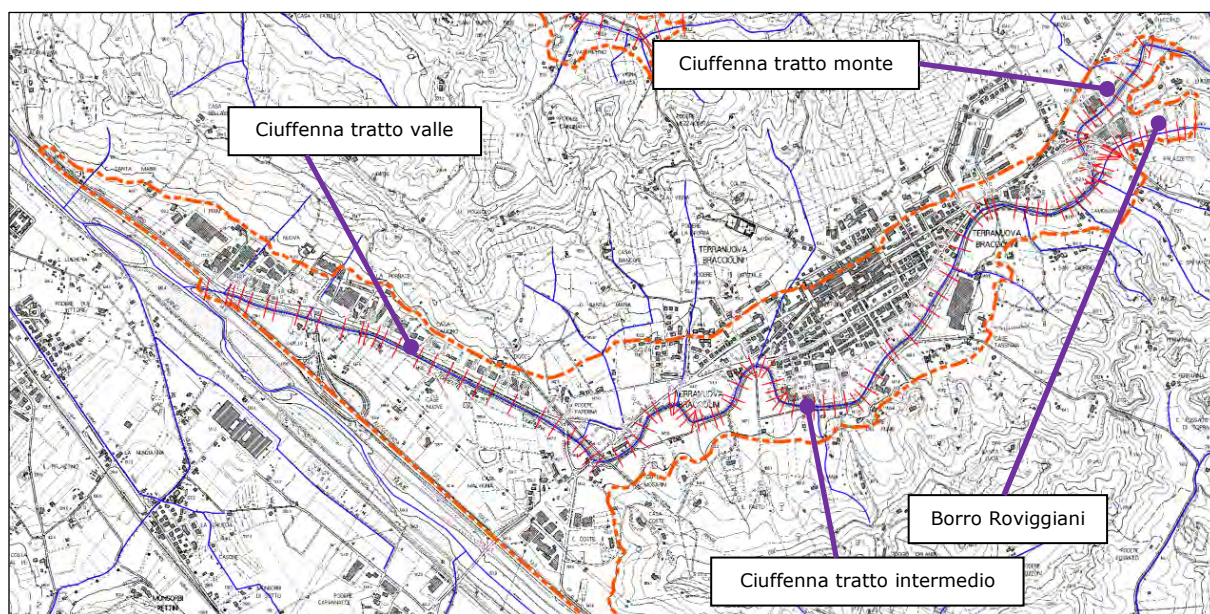


Figura 10. Estratto cartografico con individuazione dei corsi d'acqua analizzati e planimetria sezioni trasversali.

¹ Comune di Terranuova Bracciolini - Variante al Regolamento Urbanistico per la modifica delle aree a pericolosità idraulica ed attribuzione delle fattibilità ai sensi del D.P.G.R 27 Aprile 2007, n. 26/R – anno 2008.

Il modello idraulico è stato allestito con modalità di simulazione mista: monodimensionale (1D) all'interno dello sviluppo delle sezioni trasversali e (2D) nelle aree esterne sulle quali è stato definito un DTM sulla base dei dati LIDAR.

Per effettuare una modellazione idraulica corretta ed aggiornata del torrente Ciuffenna è stato necessario acquisire il quadro completo degli interventi di regimazione idraulica effettuati sul torrente e anche altri tipi di interventi che direttamente o indirettamente hanno interessato le aree a questo limitrofe condizionando di fatto la dinamica dei possibili allagamenti. Si tenga conto che lo studio di modellazione implementato nel presente lavoro, per l'analisi delle aree a pericolosità idraulica esterne all'alveo, si basa sui rilievi LIDAR (volo 2008) e quindi si dispone di un grado di dettaglio morfologico molto elevato. Si è proceduto comunque ad integrare i dati di base in funzione dei cambiamenti morfologici rilevanti successivi al volo del rilievo.

Dalle analisi dei documenti acquisiti e dai vari sopralluoghi effettuati è risultato necessario aggiornare il modello idraulico del Ciuffenna in relazione ai seguenti interventi effettuati negli ultimi anni². Nel dettaglio, da monte verso valle:

1. Cassa di espansione sul torrente Ciuffenna, realizzata e collaudata in data 21/06/2010;
2. Realizzazione di alcuni interventi previsti nel progetto esecutivo lotto 1 Malesani³:
 - a. Realizzazione della nuova passerella San Giorgio (Figura 11) ed adeguamento della sezione d'alveo che interessa un tratto di monte e di valle che si sviluppa per un totale di circa 150 metri tra le sezioni 080 e 077 (vedi tavole allegate TAV.IDR03 e IDR05);
 - b. Rialzamento di alcuni muri in destra idraulica a protezione delle aree poste a tergo nei tratti tra le sezioni 077 e 076 e 074 e 070, nel tratto compreso tra la nuova passerella e il ponte alle Monache;
 - c. Realizzazione del nuovo ponte alle Monache (Figura 12) ed adeguamento della sezione d'alveo che interessa un tratto di monte e di valle che si sviluppa per un totale di circa 210 metri tra le sezioni 068 e 065;
 - d. Realizzazione di arginature e muri per la delimitazione di due aree ad esondazione controllata ubicate in destra idraulica, una

² Per i dettagli progettuali si rimanda agli elaborati originali.

³ Il collaudo dei lavori inerenti il progetto esecutivo -lotto 1: Interventi di regimazione sul Torrente Ciuffenna per la riduzione del rischio idraulico dell'abitato di Terranuova Bracciolini - Legge 265/95 è stato approvato con Deliberazione di Giunta Comunale n.140 del 26/07/2011.

- immediatamente a monte del ponte alle Monache e l'altra immediatamente a valle;
- e. Interventi di protezione con muri in c.a. effettuati a valle del ponte delle monache sia in destra che sinistra idraulica tra le sezioni 062 e 058;
 - f. Adeguamento arginale e realizzazione di muretti in c.a. di protezione in destra e sinistra idraulica a monte del ponte Mocarini (Figura 13), tra le sezioni 029b e 028a;
3. Variante alla S.R. 69 da Levane a San Giovanni Valdarno con raccordo al casello Autosole – Progetto esecutivo: Demolizione e ricostruzione del ponte di accesso al casello dell'Autostrada A1 (Figura 14). La demolizione del ponte ha interessato un tratto di torrente compreso tra le sezioni 010 e 009. La realizzazione del nuovo attraversamento ha interessato un tratto di torrente più a valle in prossimità della sezione 007.



Figura 11. Foto Aerea – Intervento Passerella San Giorgio.



Figura 12. Foto Aerea – Intervento Ponte alle Monache.



Figura 13. Foto Aerea – Adeguamenti arginali e realizzazione muretti di protezione – ponte Mocarini.



Figura 14. Foto Aerea – Demolizione e ricostruzione ponte casello.

Per implementare in maniera corretta il modello geometrico è stato necessario effettuare una campagna di rilievi per definire la consistenza di questi interventi. In particolare sono stati realizzati rilievi topografici e di dettaglio che hanno interessato: la passerella San Giorgio e tutta la sponda destra del Ciuffenna fino al ponte delle Monache, gli interventi di protezione con muri in c.a. effettuati a valle del ponte delle Monache, gli adeguamenti arginali a monte del ponte Mocarini e il nuovo ponte del casello autostradale. La modellazione del fornace presente in sinistra idraulica in corrispondenza del ponte SP 59 è stata effettuata in zona 2D con dati LIDAR.

I dati così ricavati sono stati utilizzati per la modellazione geometrica dello stato attuale del torrente Ciuffenna.

3.4.2 MODELLAZIONE ZONE 2D

La zona di studio modellata con simulazione bidimensionale (2D), ha un estensione di 256.30 ha (vedi allegato) che si estende sull'area di fondovalle ubicata in destra del fiume Arno dalla confluenza del Ciuffenna in Arno sino alla località Le Coste per poi interessare il centro abitato di Terranuova Bracciolini e raggiungere le zone a valle della cassa di espansione La Penna e Roviggiani.

E' stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 100 mq, dimensione minima 16 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari a 0.20 m.

E' stato necessario introdurre alcune strutture lineari per simulare la presenza di strutture murarie esistenti a protezione di alcuni edifici. Con questa procedura si riesce a simulare la dinamica dell'allagamento condizionata da queste discontinuità. Dove, durante i sopralluoghi, si sia verificata la presenza di aperture e/o collegamenti idraulici, come scarichi delle acque pluviali dei piazzali o simili, non muniti di valvole antiriflusso, si è considerata la struttura come trasparente.

Le principali strutture "muri" denominate in ICM "base linear structure 2D" inserite nel modello geometrico sono:

- muri di sponda in sx e dx idraulica del Ciuffenna a monte del ponte Mocarini (tratto tra sez CI_028.4 e CI_029b – Foto CI_01 e CI_02);
- muro in dx idraulica nel tratto in adiacenza al campo sportivo (tra sez. CI_056 e CI_062) realizzato con varie modalità esecutive (foto CI_03);
- muri perimetrali delle aree ad esondazione controllata poste in destra idraulica a monte e a valle del ponte alle Monache (tra sez CI_062 e CI_066 e tra sez CI_068 e CI_070);
- muro perimetrale stabilimento produttivo posto in sinistra idraulica tra le sezioni CI_068 e CI_074;
- muri in destra idraulica nel tratto compreso tra le sezioni CI_070 (area attrezzata campino) e CI_081 (posta a monte della passerella San Giorgio) queste strutture sono state realizzate con varie tipologie esecutive e, visto il loro fondamentale ruolo contro potenziali fronti di esondazione verso il centro abitato, sono state oggetto di un rilievo di dettaglio sia della loro consistenza sia, attraverso rilievo topografico, della quota del coronamento (Foto CI_04, CI_005 e CI_06).

I dati sulle quote di coronamento dei muri inseriti nel modello ICM sono stati ricavati da rilievi topografici di dettaglio con quote assolute solidali e congruenti ai dati topografici del progetto Malesani.

Nel modello sono stati inoltre riportati i tombini che sottoattraversano il rilevato autostradale. Le caratteristiche dei tombini sono riportate nel fascicolo allegato. La loro ubicazione planolatimetrica è stata ricavata da rilievi topografici di dettaglio solidali ai caposaldi installati nell'ambito della progettazione della Variante alla SR69 (a loro volta solidali ai caposaldi IGM).

Di seguito si riportano alcune fotografie dei principali muri spondali inseriti nel modello geometrico.



Foto CI_01 Ponte Mocarini e muro in sx a monte dello stesso - vista verso valle



Foto CI_02 Ciuffenna a monte del ponte Mocarini - muro spondale in dx idraulica - vista verso monte



Foto CI_03 Strutture in dx alla sez CI_057 vista verso valle



Foto CI_04 Strutture in dx alla sez CI_072 vista verso valle



Foto CI_05 Muri di sponda in dx alla sez CI_075 - vista verso monte.



Foto CI_06 Muri di sponda a valle della passerella S. Giorgio - vista verso monte

3.4.3 LAYOUT DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito si riportano alcuni estratti da ICM nei quali viene riportato il layout del modello idraulico sovrapposto alla ortofoto dove è possibile individuare i vari corsi d'acqua analizzati.

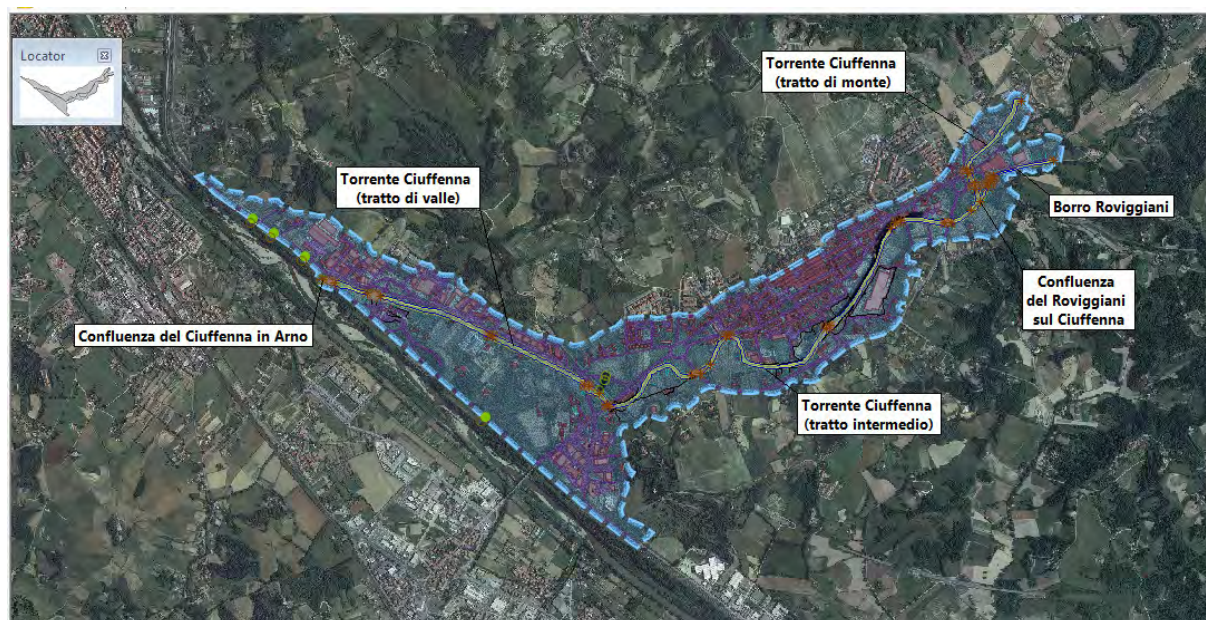


Figura 15. Estratto da ICM –Layout modello idraulico su ortofotocarta. Sistema Ciuffenna.

3.4.4 COEFFICIENTI DI RESISTENZA AL MOTO

Per quanto riguarda i coefficienti di resistenza al moto (scabrezza), sulla base delle caratteristiche dei corsi d'acqua in esame ed in analogia a quanto eseguito in precedenti studi⁴ sui corsi d'acqua in esame, abbiamo assunto per il deflusso in alveo (1D) un valore di coefficiente di Manning pari a $0.032 [s/m^{1/3}]$.

Per quanto riguarda le aree simulate in moto bidimensionale (2D) abbiamo assunto come rappresentativo un coefficiente di Manning pari a $0.025 [s/m^{1/3}]$.

All'interno dell'ambiente Infoworks ICM sono state inoltre definite aree a scabrezza differenziata nelle zone dove è presente viabilità asfaltata e che pertanto offrono una minore resistenza al moto. Per tali aree è stato adottato un Manning pari a $0.015 [s/m^{1/3}]$.

3.4.5 IMMISSIONI

I risultati dell'analisi idrologica, sono costituiti dagli idrogrammi di piena valutati per i vari tempi di ritorno e per i vari scenari analizzati.

In ambiente Infoworks ICM l'inserimento degli idrogrammi è effettuato attraverso la definizione delle immissioni su determinati nodi della rete. Gli idrogrammi relativi ai tratti di monte sono immessi nei rispettivi nodi di monte dei tratti fluviali. Gli idrogrammi relativi ai vari sottobacini analizzati per definire l'incremento delle portate lungo i corsi d'acqua sono invece inseriti in nodi intermedi della rete.

Di seguito si riporta l'elenco dei sottobacini e il nodo in cui è stata definita la relativa immissione nel modello ICM:

1. Bacino Roviggiani – nodo 40_ROVIGGIANIMONTE;
2. Bacino Ciuffenna Monte – nodo 01_CIUFFENNAMONTE;
3. Interbacino 1 - nodo 07_IMM_INTER1;
4. Interbacino 2 – nodo 12_IMM_INTER2;
5. Bacino Ciuffenna Valle – nodo 17_IMM_BAC_VALLE

⁴ Studio idraulico per la "Proposta di modifica delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica nel tratto terminale del torrente Ciuffenna" (anno 2007) e studio idraulico per la "Modifica delle aree a pericolosità idraulica ed attribuzione della fattibilità ai sensi del D.P.G.R. 27 Aprile 2007, n.26/R – Variante al Regolamento urbanistico" (anno 2007) entrambi redatti da Ing. Remo Chiarini ed approvati dagli enti competenti (Autorità di Bacino del Fiume Arno e Genio Civile).

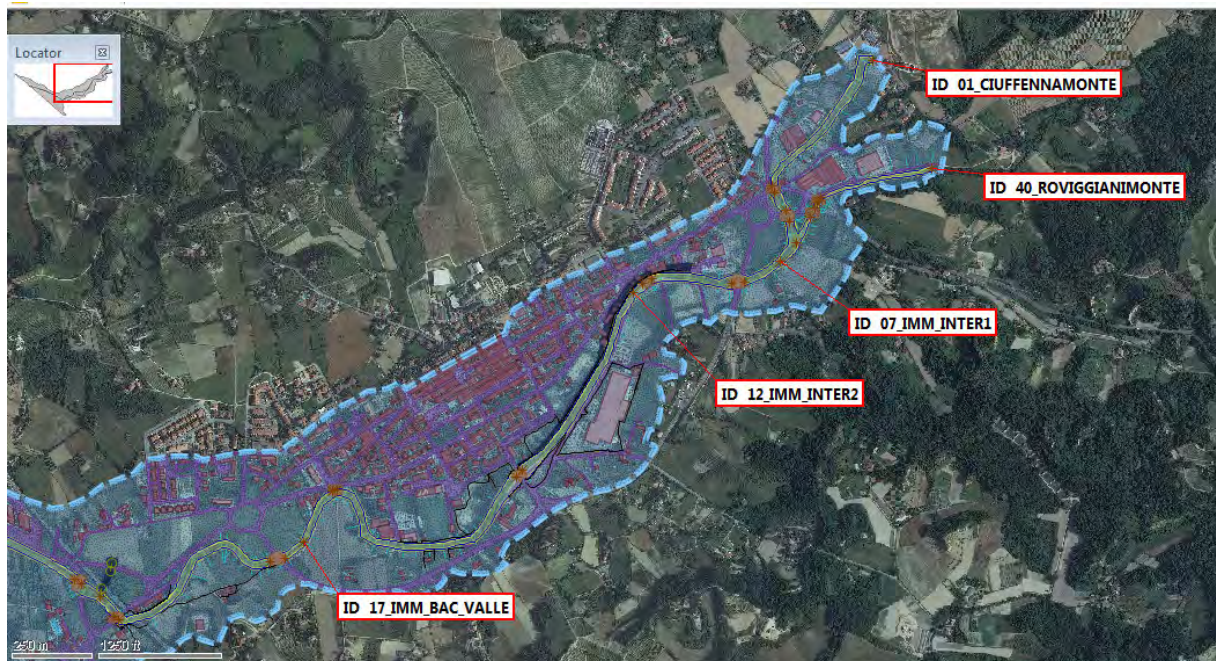


Figura 16. Estratto da ICM -Layout modello idraulico - Immissioni. Sovrapposizione su ortofoto.

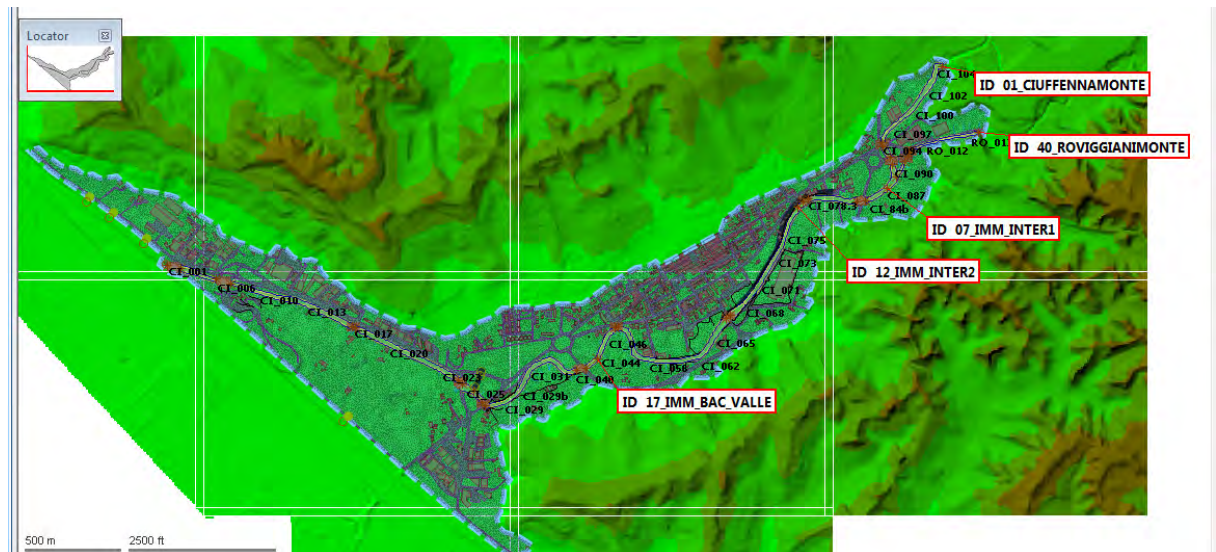


Figura 17. Estratto da ICM -Layout modello idraulico - Immissioni. Sovrapposizione con modello LIDAR

3.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni eseguite consentono di definire la pericolosità idraulica indotta dal sistema idraulico Ciuffenna (composto dal torrente Ciuffenna e dal borro Roviggiani) sull'area indagata.

Di seguito si riportano le considerazioni sui risultati delle simulazioni idrauliche eseguite in moto vario con Infoworks ICM suddivise per i tempi di ritorno di riferimento ($Tr=200$ e $Tr=30$ anni).

Si precisa che, per tutti i tempi di ritorno valutati, lo scenario critico per il tratto di monte del Ciuffenna a monte del ponte Mocarini risulta essere lo scenario ALPHA mentre per il tratto a valle le maggiori criticità sono espresse dallo scenario GAMMA.

Per quanto riguarda il borro Roviggiani lo scenario critico risulta essere il BETA.

I risultati delle simulazioni idrauliche sono stati elaborati in modo grafico (involuppo dei massimi battenti relativi agli scenari considerati) per la redazione delle cartografie della pericolosità idraulica. Di seguito si riporta un estratto della Carta delle aree a Pericolosità idraulica a cui si rimanda per i dettagli (TAV.IDR03 – in giallo $Tr30$, in celeste $Tr200$ e in azzurro chiaro $Tr500$).

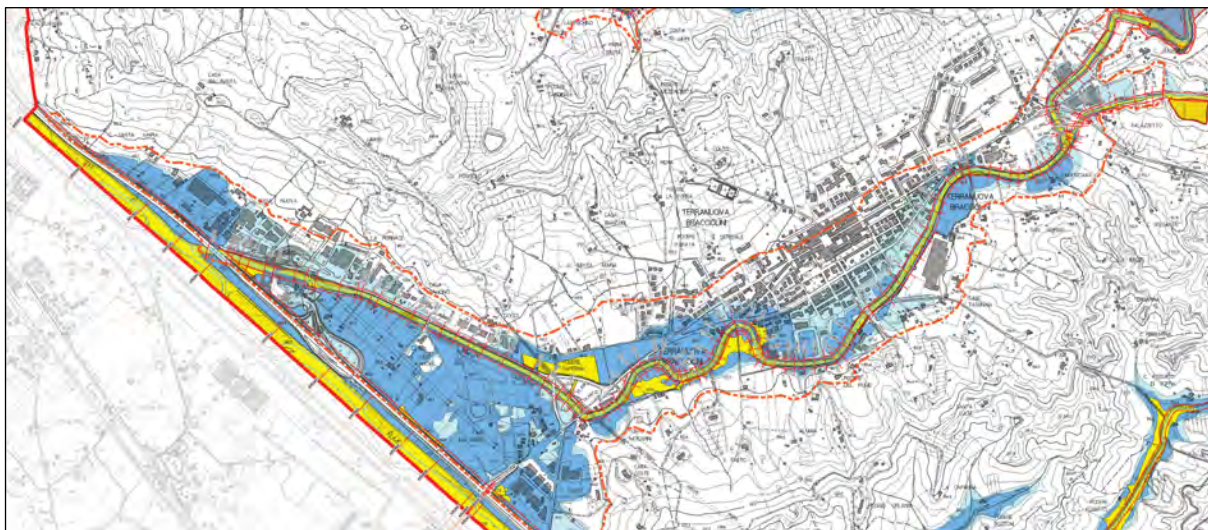


Figura 18. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali fonti di esondazione per i vari tempi di ritorno.

3.5.1 TEMPO DI RITORNO TRENTENNALE

Per $T_r=30$ anni si segnala la presenza di fronti di esondazione nel tratto compreso tra le sezioni trasversali CI_53 e CI_51 a monte della passerella Paperina in sinistra e destra idraulica ed allagamenti nella zona depressa ubicata in destra idraulica Ciuffenna in prossimità del viadotto Direttissima (zona Paperina). Si verificano inoltre fenomeni di allagamento delle aree prospicienti il Ciuffenna nel tratto terminale a monte della confluenza in Arno.

Di seguito si riporta un estratto di Infowoks ICM relativo ad alcune delle suddette zone.

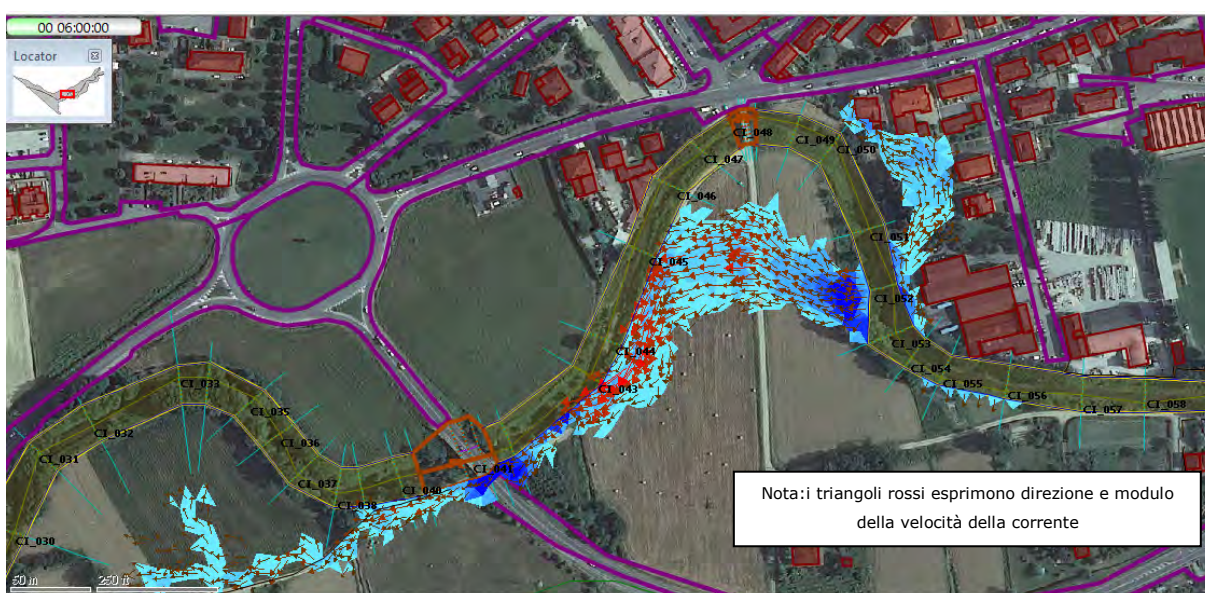


Figura 19. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr200 istante simulazione 6:00h- Area Paperina.

3.5.2 TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Per quanto riguarda il deflusso delle piene duecentenarie, si verificano multipli fronti di esondazione e le principali zone allagate sono:

- zona in sinistra idraulica del Ciuffenna tra le sezioni CI_088 e CI_070;
- zona in destra idraulica nel tratto a valle del ponte alle Monache sino all'area del viadotto della linea ferroviaria Direttissima (dalla sez. CI_060 alla sez CI_022);
- zona in sinistra idraulica nel tratto a valle del ponte alle Monache sino al ponte Mocarini (dalla sez. CI_066 alla sez CI_028a);
- aree poste in sinistra idraulica a valle del ponte Fespi sino al rilevato autostradale (dalla sez. CI_023 alla sez CI_002);
- aree poste a monte del rilevato autostradale nella zona a nord della confluenza del Ciuffenna in Arno.

Gli estesi e generalizzati allagamenti che si verificano lungo il Ciuffenna sono, in linea generale, causati da una insufficiente sezione idraulica dell'alveo, da alcune inadeguate opere di contenimento (muri di sponda) e dalla presenza di ponti con sezioni insufficienti (come ad esempio il ponte denominato passerella Paperina). Nelle zone a monte del rilevato autostradale risulta estremamente significativo il contributo all'allagamento indotto dalla presenza dei tombini sotto l'autostrada (riflusso dell'Arno). Si segnala inoltre che il tratto di Ciuffenna a monte della confluenza in Arno presenta, nello scenario GAMMA, fronti di esondazione principalmente in sinistra idraulica causati da fenomeni di rigurgito indotti dal transito della piena in Arno.

Le strutture di contenimento realizzate nell'ambito dei lavori denominati "Lotto 1 Malesani" a monte del ponte Mocarini risultano idonee al contenimento dei tiranti idraulici duecentenari del Ciuffenna. La zona "Le Coste" non risulta essere interessata da esondazioni provenienti dal Ciuffenna. Si precisa che l'area "Le Coste" è stata simulata anche nel modello Valvigna tenendo conto della presenza dei tombini di sottoattraversamento del rilevato autostradale presente a monte del ponte sull'Arno della SP 59 "ponte di Terranuova": in tali simulazioni si evidenziano fenomeni di allagamento di questa zona causati dal riflusso delle piene dell'Arno attraverso i tombini. Tale fenomeno di riflusso non si verifica per la stradella di accesso all'area golenale dell'Arno denominata C1 per pochi cm di differenza tra il battente Tr200 Dc18 ore e la quota della coronella arginale.

Per quanto riguarda il borro di Roviggiani, anche nello scenario BETA, non genera fronti di esondazione che interessano il tessuto edificato.

Di seguito si riportano alcuni estratti di Infowoks ICM relativi ad alcune delle suddette zone.

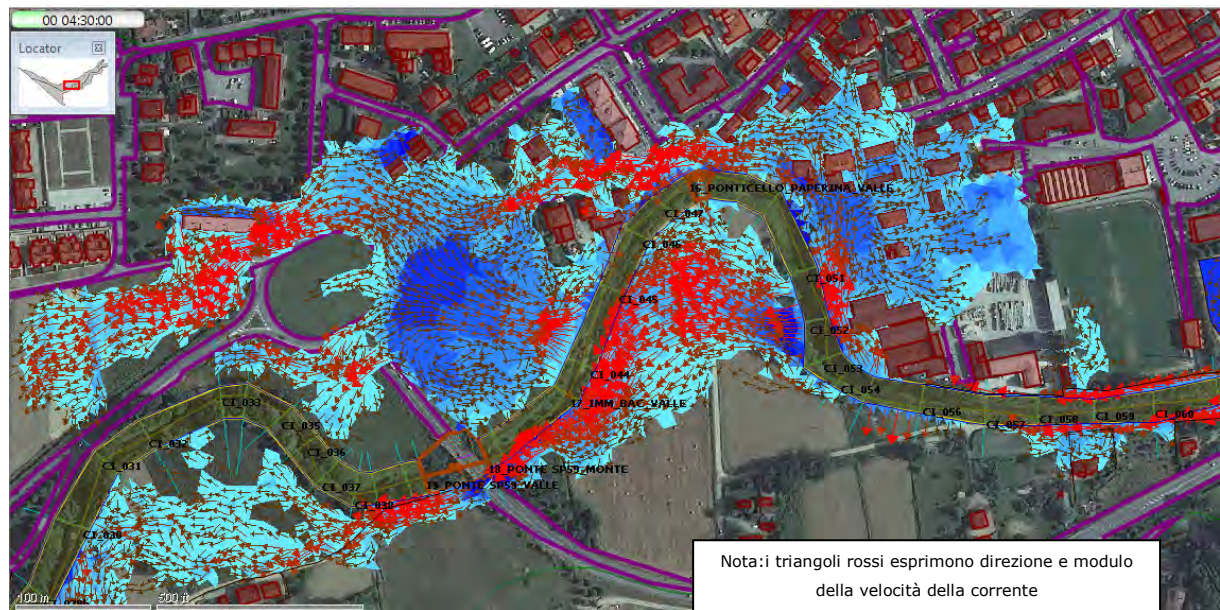


Figura 20. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr200 istante simulazione 04:30h- Ciuffenna tratto zona Paperina.

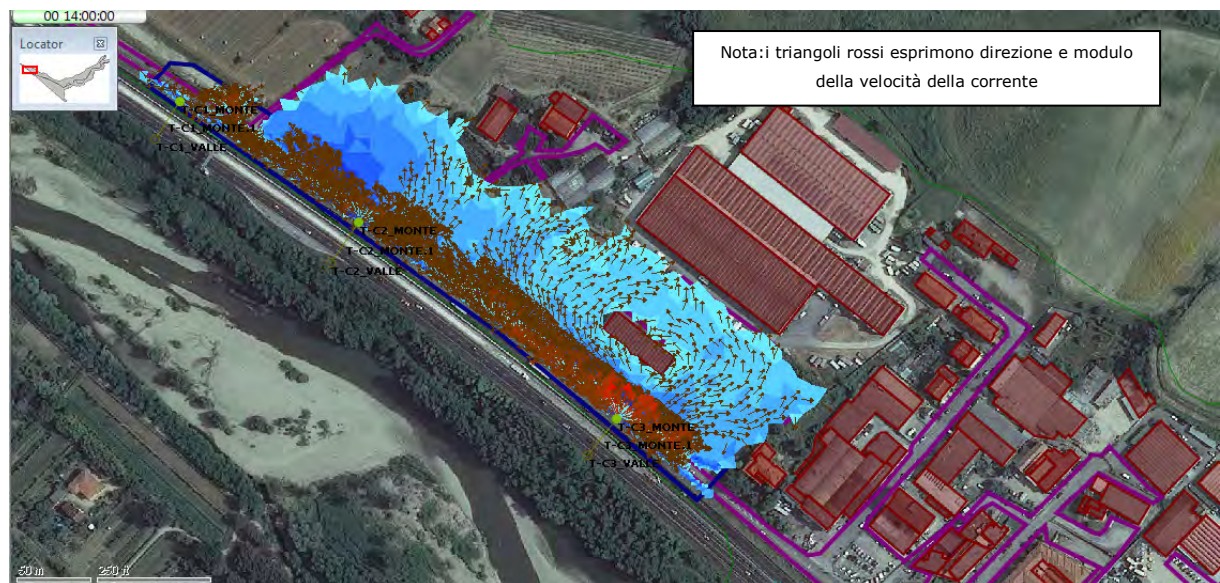
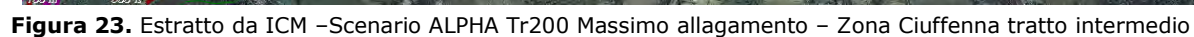


Figura 21. Estratto da ICM –Scenario GAMMA Tr200 istante simulazione 14:00h- Area a nord del Casello.



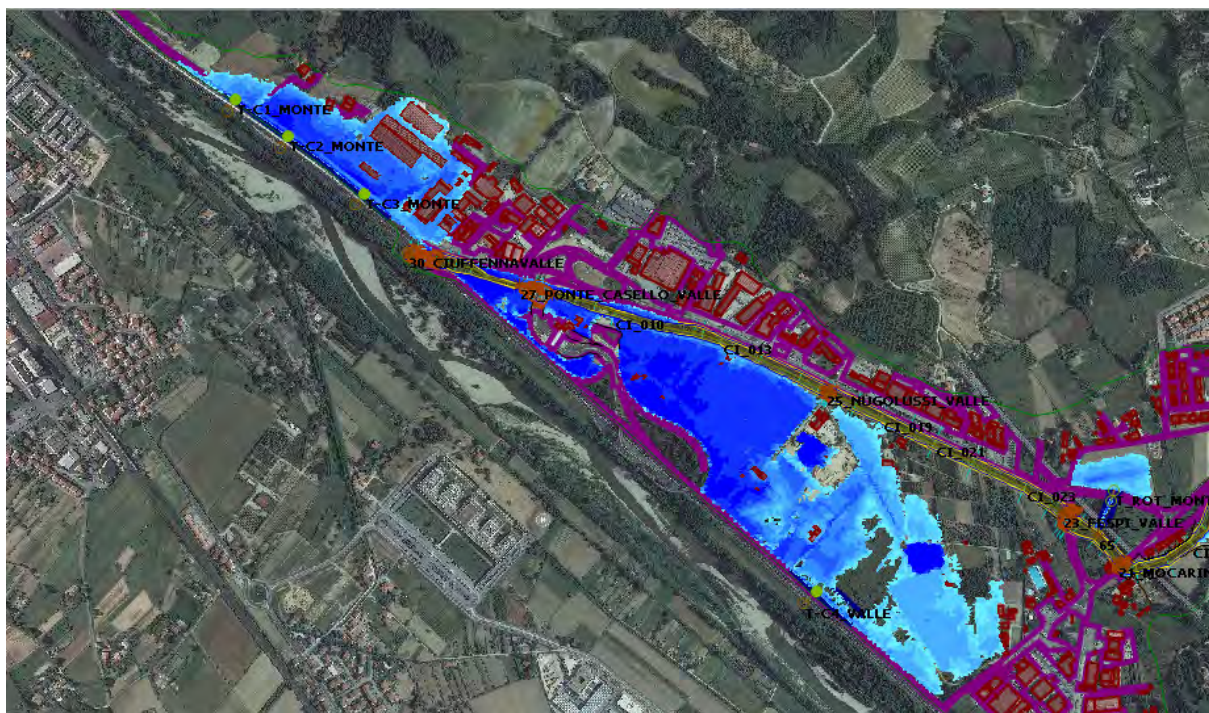


Figura 24. Estratto da ICM -Scenario GAMMA Tr200 Massimo allagamento – Zona Ciuffenna tratto di valle

3.6 CIUFFENNA – MULINO DELLE QUALCHIERE

Si riportano di seguito i contenuti essenziali dello studio: *Studio per la definizione del livello di rischio idraulico del torrente Ciuffenna in localita' Mulino delle Qualchiere.*

Redazione: Ing. Luca Rosadini - Sorgente Ingegneria – anno 2011.

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il software Hec-Ras elaborato da U.S. Army Corps of Engineers. La versione utilizzata è la 4.1.0 Gennaio 2010. Le verifiche idrauliche sono state eseguite in regime di moto vario.

L'analisi dei risultati ha permesso la definizione delle classi di pericolosità idraulica relativa agli eventi di pioggia trentennale e duecentennale per il tratto di torrente in esame.

In allegato si riportano i risultati grafici e numerici delle simulazioni idrauliche effettuate, nonché la definizione del bacino idrografico e la planimetria delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica. Per i dettagli si rimanda agli elaborati originali.

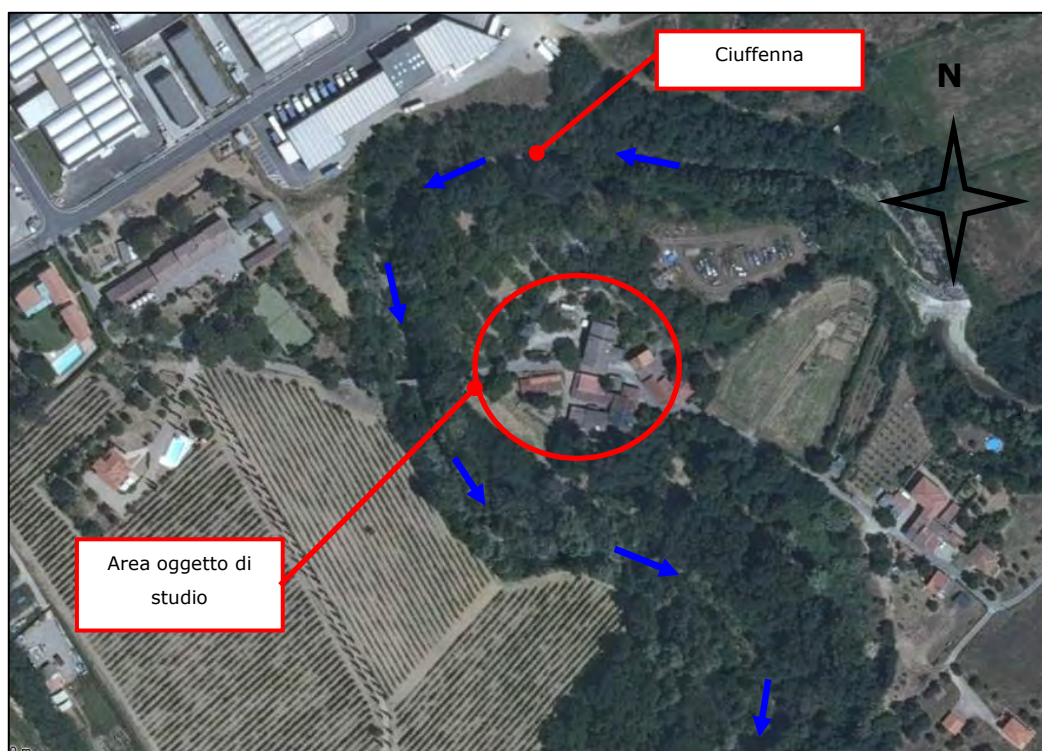


Figura 25. Foto aerea dell'area oggetto di studio – Dettaglio.

3.6.1 ANALISI IDROLOGICA

Il bacino imbrifero del torrente Ciuffenna si sviluppa sulle pendici ovest del Pratomagno e nasce nei pressi del Varco di Castelfranco (1267 m s.l.m.). Il torrente è affluente destro dell'Arno dove vi confluisce a valle dell'abitato di Terranuova Bracciolini dopo un corso di circa 22 km.

La sezione di chiusura adottata per il calcolo delle portate di riferimento è situata immediatamente a valle dell'area oggetto di studio ed a monte del toponimo La Steccata.

L'area del bacino sotteso alla sezione di chiusura adottata è di 51.36kmq.

I dati di portata sono stati calcolati con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana codice AITo2000 (Alluvioni in Toscana) sviluppato nel 1997 dal PIN (Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze) per conto della Regione Toscana, nell'ambito di un più ampio lavoro finalizzato all'individuazione di procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano, ed aggiornato nel 2000.

Si riportano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometrica:

Durate <1h			Durate >1h		
a_1	n_1	m_1	a	n	m
[mm/ore ⁿ /anni ^m]	[-]	[-]	[mm/ore ⁿ /anni ^m]	[-]	[-]
20.837	0.273	0.170	20.226	0.341	0.224

Tabella 15. Parametri delle curve di possibilità pluviometrica relativi al Ciuffenna per la sezione di chiusura adottata.

La tabella seguente riporta i parametri utilizzati per il calcolo delle portate di piena.

Torrente Ciuffenna					
Sezione di chiusura: a valle del Mulino Le Qualchiere					
Area [kmq]	IA [mm]	KS [mm/h]	N [-]	K [h]	TL [h]
51.36	20.848	1.482	2.13	1.256	2.67

Tabella 16. Parametri morfologici ed idrologici relativi al Ciuffenna per la sezione di chiusura adottata.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione idrologica con ALTO per vari tempi di ritorno.

Torrente Ciuffenna

Sezione di chiusura: a valle del Mulino Le Qualchiere

Risultati simulazioni idrologiche

Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Deflusso	Intensità	Kr	Portata al colmo
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mcs]
200	4.38	94.3	71.4	25.0	0.86	220.9
100	4.38	80.8	57.9	21.4	0.86	182.2
30	4.86	64.2	40.7	15.3	0.86	127.6
20	5.10	59.7	35.9	13.5	0.86	112.2

Tabella 17. Risultati delle simulazioni idrologiche effettuate con il codice di calcolo ALTO2000

La portata di verifica duecentennale ottenuta con il codice di calcolo ALTO è dunque pari a 220.9 mcs. La figura seguente riporta gli idrogrammi di piena ottenuti con ALTO 2000 per i vari tempi di ritorno considerati.

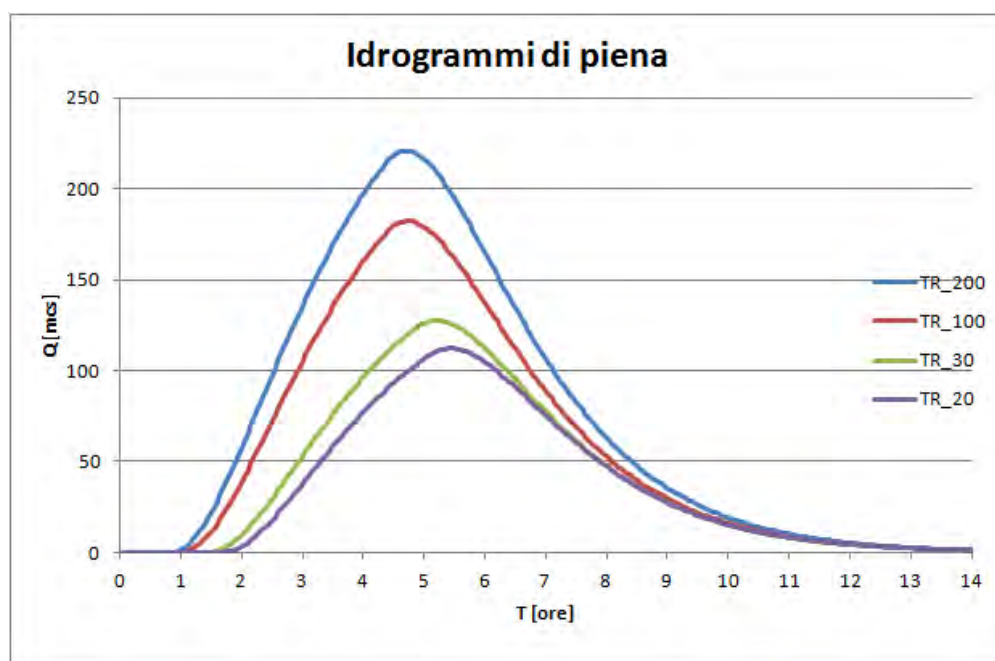


Figura 26. Idrogrammi di piena relativi al Ciuffenna per la sezione di chiusura adottata.

3.6.2 SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO VARIO (MODELLAZIONE QUASI 2D)

Per effettuare le simulazioni idrauliche è stato effettuato il rilievo topografico di dettaglio di 11 sezioni trasversali in per un tratto di alveo pari circa 460 metri. Sono stati inoltre rilevati i punti notevoli e le discontinuità (muretti etc.) delle aree adiacenti per creare una mappa del rischio idraulico aderente alla realtà. Il rilievo topografico è

stato svolto dagli scriventi in aprile 2011. Si precisa che a monte della sezione 1100, l'alveo del Ciuffenna è inciso e risulta confinato da rialzi morfologici in entrambi i lati.

Le sezioni comprendono tratti di torrente a monte ed a valle rispetto all'area di intervento poiché il codice di calcolo utilizzato per la modellazione idraulica individua il battente idraulico attraverso una procedura iterativa partendo dalle condizioni al contorno fissate nella sezione di monte e nella sezione di valle; questo comporta di modellare tratti di torrente a monte ed a valle per avere risultati ottimali.

L'ubicazione planimetrica delle sezioni trasversali rilevate è riportata in allegato.

Nelle simulazioni idrauliche del torrente Ciuffenna sono state utilizzate delle sezioni interpolate attraverso il codice di calcolo utilizzato.

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il software Hec-Ras elaborato da U.S. Army Corps of Engineers. La versione utilizzata è la 4.1.0 Gennaio 2010. Le verifiche idrauliche sono state eseguite in regime di moto vario.

Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza, in conseguenza della vegetazione e dello stato dell'alveo, è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.060 [$s/m^{1/3}$] per l'alveo e di 0.045 [$s/m^{1/3}$] per le zone adiacenti.

3.6.2.1 IL MODELLO GEOMETRICO

L'allagamento provocato dal sormonto del ciglio di sponda in sinistra idraulica a monte del ponte coinvolge le sezioni trasversali da 600 sino a 1000. Questo fronte di esondazione riguarda un'area a verde confinata a nord e ad ovest dal Ciuffenna, a sud da un muretto in pietra di altezza variabile (minima 60 cm) e ad ovest dall'andamento del terreno che tende a salire di quota.

Si osserva però che il muretto in pietra non è continuo sino al rialzo morfologico ad est di quest'area; nel punto di interruzione del muretto il codice di calcolo mostra un battente d'acqua non trascurabile che potenzialmente va a propagarsi in direzione sud verso le abitazioni e la strada.

Per simulare questo comportamento è stata modellata una storage area denominata CEL_1 alimentata dal Ciuffenna attraverso uno sfioratore laterale (lateral weir) con quote di sfioro coincidenti al ciglio di sponda sinistro rilevato topograficamente. Lo sfioratore è stato posizionato a monte della sezione 1000, con uno sviluppo lineare di 30 metri (lunghezza adeguata in quanto proseguendo verso monte il piano campagna risale di quota).

La storage area CEL_1 è stata modellata attraverso la realizzazione di un DTM del terreno utilizzando i dati del rilievo topografico; di seguito se ne riporta la curva di invaso. Questa storage area si estende nel piazzale di un resede privato e comprende la strada che ha una quota minima di 175.80 m s.l.m.

Si registra la presenza di una discontinuità morfologica tra le quote della strada (e le aree poste a nord della strada) rispetto alle aree poste a sud per cui le acque

esondate nella CEL_1, seguendo l'andamento del terreno, una volta raggiunta la strada scorreranno verso sud. Dunque il fronte di esondazione, attraversando la strada, andrà ad interessare le aree poste in sinistra idraulica a valle del ponte.

Viene quindi modellata un'altra storage area denominata CEL_2 nella zona in sinistra idraulica a sud della strada che si estende per la maggior parte in aree campestri e parzialmente comprende anche alcuni fabbricati adibiti a vario uso.

La storage area CEL_2 è stata connessa alla storage area CEL_1 attraverso l'inserimento di una connessione idraulica tra le due celle (denominata connection CON_1). La CON_1 è costituita da una soglia sfiorante con quota di sfioro coincidente alla quota della strada.

La modellazione del fronte di esondazione alla sezione 300 è stata effettuata inserendo un lateral weir con quota di sfioro coincidente con la sommità arginale, collegato alla storage area CEL_2.

Le acque della storage area 2, seguendo le pendenze del piano campagna, scorrono verso sud sino a rientrare in alveo del Ciuffenna a valle della sezione 100. Per modellare la restituzione delle acque nel Ciuffenna è stato necessario inserire una nuova sezione (sez. 050) ricavata per interpolazione.

La restituzione delle acque della CEL_2 è stata modellata inserendo un lateral weir a monte della sezione 100 dotato di un culvert di dimensioni rettangolari 4.0x2.5m con quota di scorrimento di 172.50 (che è la medesima quota dell'area più depressa della CEL_2). Si precisa che è stato necessario questo tipo di modellazione in quanto, nel codice di calcolo utilizzato Hec Ras4.1, la restituzione delle acque invase in una cella deve avvenire attraverso un lateral weir. E' inoltre opportuno puntualizzare che la scelta di inserire un culvert come sezione di scarico della cella è cautelativa al fine della perimetrazione delle aree allagate.

Di seguito si riportano le curve di invaso delle storage areas CEL_1 e CEL_2 nonché la rappresentazione schematica della modellazione seguita.

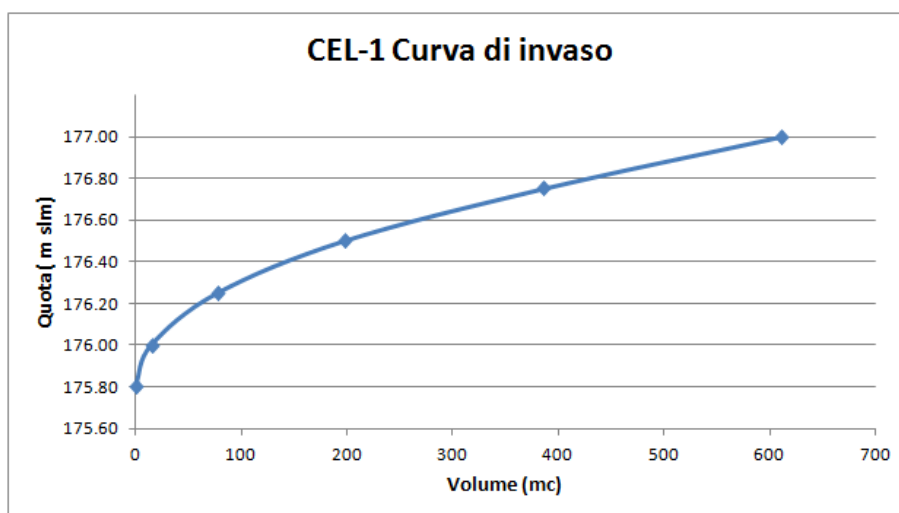


Figura 27. Storage area CEL_1 curva di invaso.

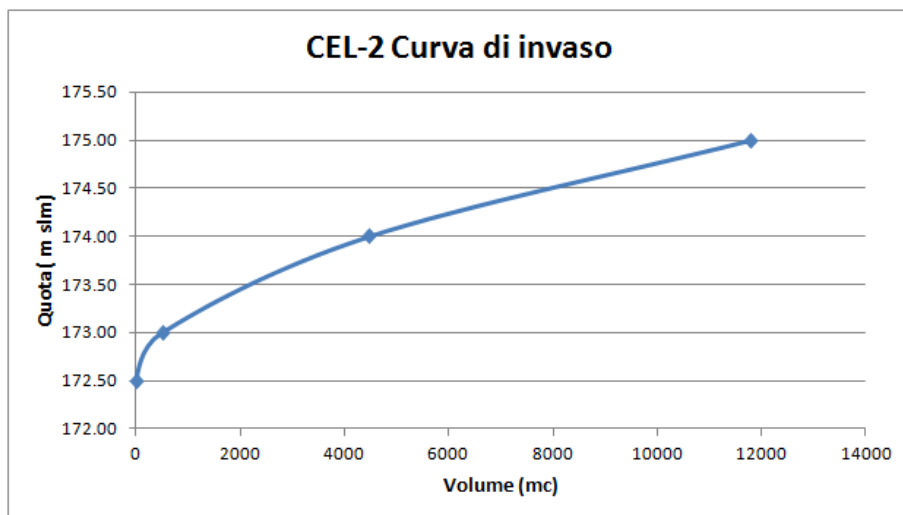


Figura 28. Storage area CEL_2 curva di invaso.

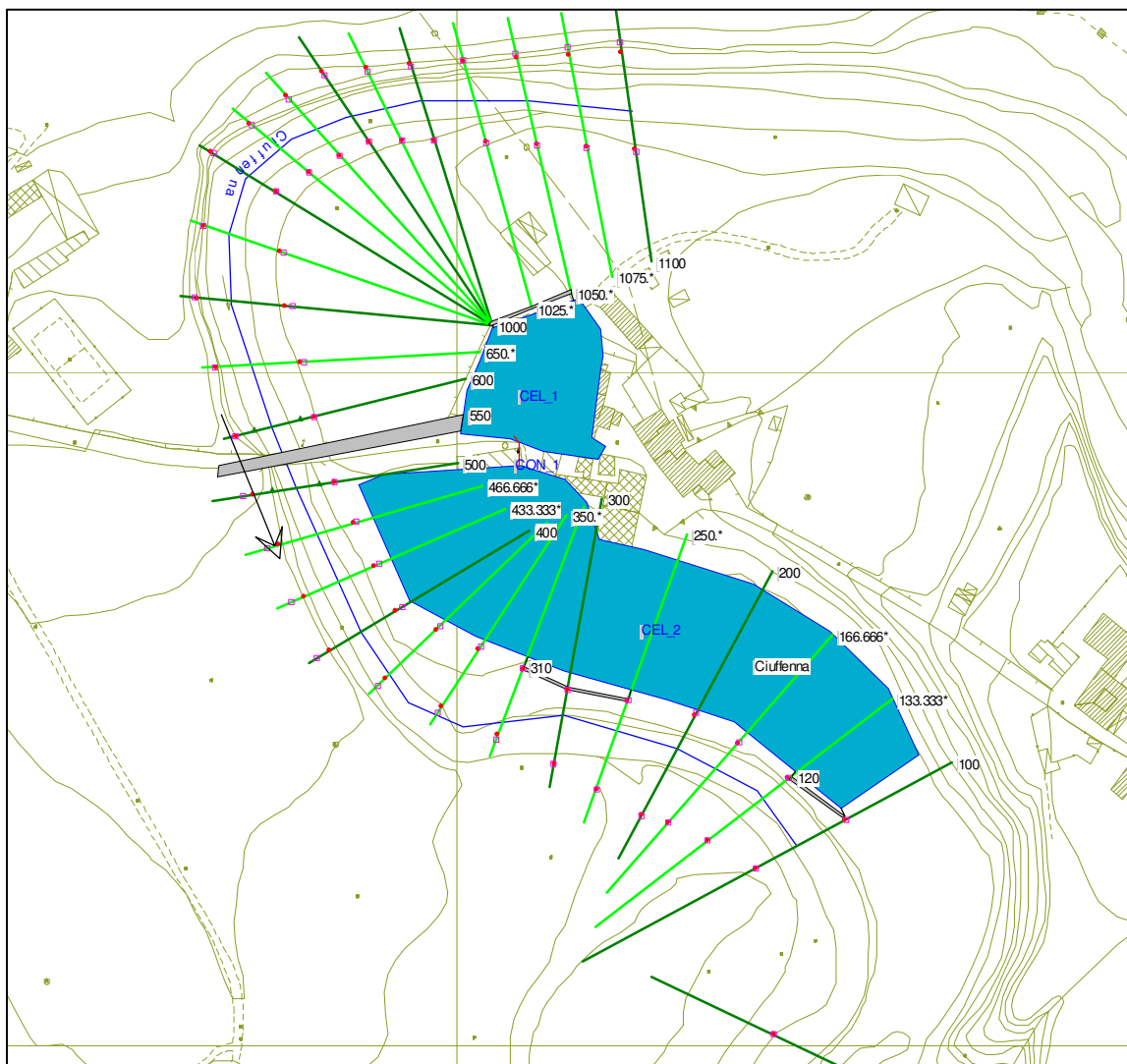


Figura 29. Hec-Ras 4.1 River Schematic del modello idraulico definitivo.

3.6.2.2 CONDIZIONI AL CONTORNO

Nelle simulazioni del torrente Ciuffenna, come condizione al contorno di monte è stato inserito l'idrogramma di piena mentre come condizione di valle è stata inserita l'altezza d'acqua di moto uniforme.

Si precisa che la cassa di espansione sul Ciuffenna realizzata recentemente presso il toponimo La Steccata è ubicata circa 1 km a valle dell'area in esame e che, stante le pendenze notevoli dell'alveo, *sono da escludere influenze dovute al rigurgito causato dalla cassa di espansione sul tratto oggetto di valutazione in questo studio.*

3.6.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Il modello idraulico definitivo, implementato in moto vario con il software Hec-Ras 4.1, è stato utilizzato per le simulazioni con le varie portate di riferimento: TR200, TR100, TR30 e TR20.

3.6.3.1 ANALISI SCENARIO TR200

Si verifica il sormonto del ciglio di sponda sinistro nel tratto tra la sez 600 e 1000 con conseguente allagamento della CEL_1. L'altezza d'acqua massima nella CEL_1 risulta 176.20 m slm. La cella CEL_1 è di transito in quanto le acque la percorrono andando poi ad alimentare la CEL_2 attraverso la CON_1. Ulteriore alimentazione della CEL_2 è costituita dal lateral weir in prossimità della sezione 300. L'altezza d'acqua massima delle cella CEL_2 risulta 173.78 m slm mentre il volume massimo invasato è di 3590 mc.

3.6.3.2 ANALISI SCENARI TR30

In questo scenario le portate risultano tutte contenute entro l'alveo e non si verificano esondazioni nell'area in esame. Entrambe le celle non vengono interessate da allagamento.

3.6.3.3 PERIMETRAZIONI DELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Sulla base dei risultati ottenuti è stata redatta la cartografia delle aree a pericolosità idraulica per Tr200 anni e Tr30 anni.

Si precisa che la zona più a nord della CEL_2 sebbene sia caratterizzata da quote del piano campagna superiori a 174 m slm (e quindi superiori al massimo livello atteso nella cella pari a 173.78 ml per Tr=200 e 173.13 per Tr=100) è interessata da allagamento in quanto è una zona di transito delle acque esondate a monte che attraverso la CEL_1 e la CON_1 vanno a confluire nella CEL_2.

Dalla perimetrazione delle aree allagate e dall'analisi dei battenti idraulici per i vari tempi di ritorno, è stata ricavata la classificazione delle pericolosità idraulica, ai sensi del Regolamento Regionale 53/R, dell'area oggetto di studio.

Rispetto alla cartografia del PAI (redatta su base storico inventariale) questo studio mostra che, nello stato attuale, la pericolosità è di grado inferiore rispetto a quanto riportato nel PAI (P.I.3 anziché P.I.4). In effetti la cartografia delle aree allagate dell'Autorità di Bacino (figura 4) mostra che l'area in oggetto è stata interessata da esondazione del Ciuffenna durante gli eventi meteorici del '91-'92-'93 (classificati come precipitazioni critiche con tempo di ritorno inferiore ai 50 anni). Ciò è peraltro confermato da testimonianze degli abitanti del luogo. E' però da considerare che in seguito agli eventi del 1991-1992-1993 nel tratto di Ciuffenna in esame sono stati eseguiti alcuni interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico. Nel dettaglio è stato realizzato l'argine in sinistra idraulica a valle del ponte stradale (tra le sezioni trasversali 200 e 500); opera che va a diminuire il rischio idraulico dell'area in esame posta a sud della strada.

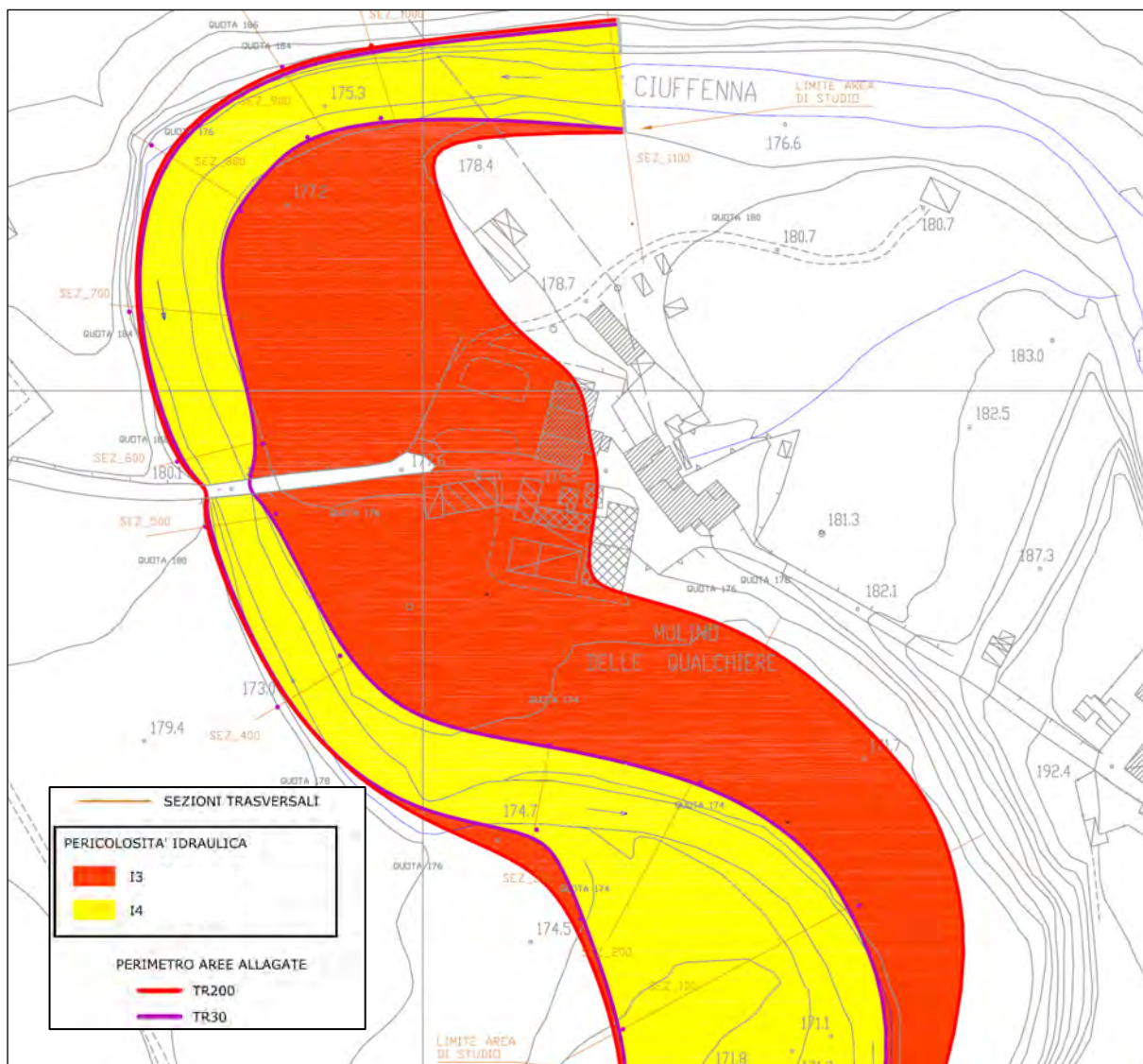


Figura 30. Risultati modellazione idraulica per Tr30 e Tr200.

4. SISTEMA VALVIGNA

4.1 INTRODUZIONE

La valutazione della pericolosità dell'area Valvigna, che si estende dalla località "Le Coste" sino al ponte del raccordo ferroviario LL-DD nei pressi del toponimo Case Bacchi, è stata eseguita attraverso uno studio idrologico-idraulico del tratto terminale del borro del Tasso e di un suo affluente denominato fosso Malvigna. Lo studio, oltre ai citati corsi d'acqua, riguarda anche due corsi d'acqua minori, il fosso Valvigna e il fosso San Lorenzo, ed i potenziali effetti causati dal transito di piene sul fiume Arno che scorre in adiacenza a tutta l'area Valvigna a valle del rilevato dell'autostrada del Sole. In seguito, l'insieme dei corsi d'acqua analizzati viene denominato anche sistema Valvigna.

4.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto dello studio si estende dalla località Le Coste alla località Case Bacchi lungo una direttrice nord-ovest sud-est, nel territorio compreso tra l'Autostrada del Sole (A1) e lo spartiacque costituito dai rilievi collinari a tergo dell'autostrada.

L'area in oggetto è attraversata da un corso d'acqua significativo, il borro del Tasso, e da altri corsi d'acqua con minore sviluppo areale denominati fosso Valvigna e fosso San Lorenzo. In questa zona tutti i deflussi scorrono in direzione perpendicolare rispetto all'Autostrada e confluiscono in Arno attraverso una serie di tombini ubicati sotto il rilevato autostradale.

Lo studio della morfologia dei bacini imbriferi è stato condotto utilizzando la cartografia tecnica regionale (CTR) in scala 1:2.000 e 1:10000.

Il bacino imbrifero del borro del Tasso, chiuso alla confluenza in Arno, ha un'area di 3.375 kmq e si estende nell'area a sud di Terranuova Bracciolini sino ai rilievi collinari posti a nord della località Tasso. La quota massima del bacino è di 252 m slm mentre la quota in corrispondenza della confluenza in Arno è di 144 m slm. Circa 430 metri a monte della confluenza in Arno riceve i deflussi provenienti dal corso d'acqua (affluente destro), denominato fosso Malvigna che ha un bacino imbrifero di 1.09 kmq.

Il corso d'acqua che scorre a monte dell'area produttiva Valvigna ed a nord-ovest del borro del Tasso viene denominato fosso Valvigna ed ha un bacino che si estende fino alla località Poggio Orlandi con un'estensione areale di 0.287 kmq. La quota massima del bacino è di 220 m slm mentre la quota in corrispondenza della confluenza in Arno è di 144 m slm. Questo corso d'acqua scorre a cielo aperto fino ad un pozzetto ubicato a monte dell'area produttiva Valvigna (presso la 2° strada lungarno) per poi raggiungere l'Arno all'interno di un tombino.

Il bacino imbrifero del fosso San Lorenzo è ubicato a sud-est del borro del Tasso e si sviluppa dai rilievi collinari limitrofi al toponimo Casa San Lorenzo sino a raggiungere la località Podere Bacchi e confluire in Arno per un'estensione areale di 0.36 kmq. La quota massima del bacino è di 230 m slm mentre la quota in corrispondenza della confluenza in Arno è di 146 m slm.

Il modello idraulico del sistema Valvigna è stato allestito inserendo i tombini che sotto attraversano l'autostrada e che consentono i deflussi del reticolo idrografico minore dell'area compresa tra l'autostrada e i prospicienti rilievi collinari. Poiché in questa area di studio il rilevato autostradale costituisce l'arginatura in destra idraulica dell'Arno, la presenza dei tombini di scolo (che sotto attraversano il rilevato) costituisce un potenziale fronte di allagamento nel caso in cui i livelli di piena in Arno superino le quote di scorrimento dei tombini, generando un riflusso dalla zona golenale all'area di studio posta a monte dell'autostrada. La modellazione dei tombini consente di valutare il rischio indotto dai fenomeni di riflusso delle piene dell'Arno attraverso questi collegamenti idraulici.

4.3 MODELLAZIONE IDROLOGICA

4.3.1 PARAMETRI UTILIZZATI

La stima delle portate al colmo è stata sviluppata con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana, codice ALTO 2000 (Alluvioni in Toscana); tale metodologia è già stata esposta nei paragrafi precedenti e vi si rimanda per ulteriori dettagli.

4.3.2 VALUTAZIONI SUGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Nel sistema idraulico Valvigna sono stati analizzati più scenari critici per valutare le diverse risposte idrologiche dei corsi d'acqua. Questo permette, in fase di modellazione idraulica, di definire le perimetrazioni più critiche come inviluppo dei battenti massimi degli scenari analizzati.

Nel caso in esame è stato necessario definire tre scenari di riferimento:

- Scenario ALPHA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il corso d'acqua analizzato (borro del Tasso, fosso Valvigna e fosso San Lorenzo);
- Scenario BETA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critico per l'affluente più rilevante del corso d'acqua analizzato (fosso Malvigna);
- Scenario GAMMA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche indotte da una piena in Arno.

4.3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Per ciascuno scenario e per ogni tempo di ritorno analizzato è stata calcolata la durata di pioggia critica che massimizza l'afflusso del relativo corso d'acqua e in funzione di questa sono stati calcolati i relativi idrogrammi di piena per ciascun tributario analizzato. Per lo scenario GAMMA la durata di pioggia è stata imposta pari a 18 ore, essendo questo il tempo di pioggia che massimizza i deflussi nel tratto di fiume Arno che interessa il territorio di Terranuova Bracciolini.

Gli idrogrammi così ottenuti rappresentano la condizione al contorno di monte (immissioni).

4.3.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Nel modello idrologico-idraulico del sistema Valvigna la condizione al contorno di valle è rappresentata dai limnogrammi del fiume Arno in prossimità dell'immissione dei corsi d'acqua analizzati ed in corrispondenza dei tombini che sotto attraversano l'autostrada.

I limnogrammi per ciascun corso d'acqua e ciascun tombino sono stati ricavati tramite interpolazione spaziale tra i limnogrammi relativi alle due sezioni del fiume Arno immediatamente a monte e a valle di ciascuna confluenza (immissioni di corsi d'acqua e di tombini), per ciascun tempo di ritorno analizzato e per ciascuna durata critica analizzata. I limnogrammi utilizzati per la elaborazioni sopra descritte sono forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e rappresentano i risultati delle simulazioni del modello SIMI (SIT - Modellazione Idraulica). Questi sono forniti per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni e per durate delle precipitazioni di 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 ore.

Per gli scenari ALPHA e BETA, sono stati inseriti i limnogrammi la cui durata di pioggia è più simile a quello utilizzato per i due scenari (in questo caso i dati relativi alla durata di pioggia in Arno pari a 3 ore) mentre per lo scenario GAMMA sono stati utilizzati i dati relativi alla durata di 18 ore.

4.3.5 ANALISI IDROLOGICA

La modellazione idrologica del sistema Valvigna è stata effettuata attraverso lo studio dei seguenti bacini/sottobacini:

- Bacino del borro del Tasso che a sua volta è suddiviso tra:
 - borro del Tasso monte (bacino chiuso a monte dell'immissione del fosso Malvigna presso il toponimo Malvigna Bassa);
 - fosso Malvigna (bacino chiuso alla confluenza sul Tasso);
 - borro del Tasso valle (interbacino chiuso alla confluenza in Arno);
- Bacino fosso Valvigna;
- Bacino fosso San Lorenzo.

Per ciascuno di questi sono stati valutati i parametri morfologici ed idrologici desunti dal database di AITo2000 e sono stati ricavati gli idrogrammi di piena per ciascuno scenario analizzato. I parametri morfologici del bacino San Lorenzo e fosso Valvigna, entrambi caratterizzati da estensioni areali limitate, sono stati valutati con un'analisi specifica riportata nel fascicolo allegato.

Si riportano di seguito i parametri morfologici ed idrologici utilizzati, l'analisi delle durate critiche dei corsi d'acqua ed i risultati numerici ottenuti attraverso il codice di calcolo AITo2000.

Sistema Valvigna - Parametri Morfologici e idrologici											
Nome	Area Bacino	Ia	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
						a1	n1	m1	a	n	m
-	Kmq	mm	mm/h	-	h	(se/l/oro/estensione)	-	-	(se/l/oro/estensione)	-	-
TASSO MONTE	2.203	5.744	0.517	2.261	0.305	21.245	0.317	0.16	21.078	0.304	0.21
FOSSO MALVIGNA	1.090	5.3	0	1.671	0.272	20.234	0.277	0.16	20.083	0.317	0.211
TASSO VALLE	0.082	5.654	0.332	2.238	0.378	20.112	0.297	0.16	19.579	0.347	0.22
FOSSO VALVIGNA	0.287	14.617	0.747	2.5	0.069	26.298	0.516	0.14	26.056	0.238	0.204
FOSSO SAN LORENZO	0.360	13.22	0.719	2.5	0.093	26.298	0.516	0.14	26.056	0.238	0.204

Tabella 18. Modello idrologico sistema Valvigna - Parametri morfologici ed idrologici.

SISTEMA VALVIGNA ANALISI DURATE CRITICHE

DURATE CRITICHE PER I VARI TRATTI FLUVIALI				
Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
TASSO MONTE	0.999	0.999	0.999	0.999
FOSSO MALVIGNA	0.74	0.74	0.74	0.74
TASSO VALLE	1.171	1.171	1.171	1.171
FOSSO VALVIGNA	0.67	0.67	0.47	0.576
FOSSO SAN LORENZO	0.496	0.736	0.736	0.761

SCENARIO ALPHA - DURATE CRITICHE				
Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
TASSO MONTE	1.171	1.171	1.171	1.171
FOSSO MALVIGNA	1.171	1.171	1.171	1.171
TASSO VALLE	1.171	1.171	1.171	1.171
FOSSO VALVIGNA	0.67	0.67	0.47	0.576
FOSSO SAN LORENZO	0.496	0.736	0.736	0.761

SCENARIO BETA - DURATE CRITICHE				
Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
TASSO MONTE	0.74	0.74	0.74	0.74
FOSSO MALVIGNA	0.74	0.74	0.74	0.74
TASSO VALLE	0.74	0.74	0.74	0.74
FOSSO VALVIGNA	-	-	-	-
FOSSO SAN LORENZO	-	-	-	-

SCENARIO GAMMA - DURATE CRITICHE				
Corso d'acqua	TEMPO DI RITORNO			
	Tr=30 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500
	[h]	[h]	[h]	[h]
TASSO MONTE	18	18	18	18
FOSSO MALVIGNA	18	18	18	18
TASSO VALLE	18	18	18	18
FOSSO VALVIGNA	18	18	18	18
FOSSO SAN LORENZO	18	18	18	18

Tabella 19. Modello idrologico sistema Valvigna – Analisi durate critiche.

SISTEMA VALVIGNA							
PORTATE AL COLMO PER CIASCUN SCENARIO E TEMPO DI RITORNO							
SCENARIO ALPHA							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
TASSO MONTE	500	1.171	60.37	53.932	51.555	0.990	25.833
TASSO MONTE	200	1.171	52.138	45.776	44.524	0.990	21.927
TASSO MONTE	100	1.171	46.665	40.357	39.85	0.990	19.44
TASSO MONTE	30	1.171	38.488	32.262	32.868	0.990	15.726
FOSSO MALVIGNA	500	1.171	78.351	73.018	66.909	0.995	18.912
FOSSO MALVIGNA	200	1.171	64.577	59.314	55.147	0.995	15.503
FOSSO MALVIGNA	100	1.171	55.791	50.573	47.644	0.995	13.346
FOSSO MALVIGNA	30	1.171	43.275	38.121	36.955	0.995	10.258
TASSO VALLE	500	1.171	81.162	75.31	69.31	1.000	1.191
TASSO VALLE	200	1.171	66.336	60.487	56.67	1.000	0.962
TASSO VALLE	100	1.171	56.954	51.108	48.655	1.000	0.818
TASSO VALLE	30	1.171	43.701	37.86	37.333	1.000	0.614
FOSSO VALVIGNA	500	0.67	51.045	36.596	76.214	0.999	6.161
FOSSO VALVIGNA	200	0.67	44.899	30.459	67.039	0.999	5.362
FOSSO VALVIGNA	100	0.47	33.926	19.666	72.245	0.999	4.956
FOSSO VALVIGNA	30	0.576	31.854	17.513	55.287	0.999	3.893
FOSSO SAN LORENZO	500	0.496	43.705	30.713	88.16	0.998	7.172
FOSSO SAN LORENZO	200	0.736	47.13	33.975	64.057	0.998	6.206
FOSSO SAN LORENZO	100	0.736	42.772	29.623	58.133	0.998	5.586
FOSSO SAN LORENZO	30	0.761	36.78	23.641	48.31	0.999	4.503
SCENARIO BETA							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
TASSO MONTE	500	0.74	52.196	45.992	70.535	0.989	26.483
TASSO MONTE	200	0.74	45.078	38.951	60.917	0.989	22.536
TASSO MONTE	100	0.74	40.346	34.27	54.522	0.989	19.912
TASSO MONTE	30	0.74	33.277	27.276	44.969	0.989	15.993
FOSSO MALVIGNA	500	0.74	67.742	62.433	91.543	0.994	21.801
FOSSO MALVIGNA	200	0.74	55.832	50.59	75.453	0.994	17.886
FOSSO MALVIGNA	100	0.74	48.236	43.035	65.187	0.994	15.32
FOSSO MALVIGNA	30	0.74	37.415	32.274	50.563	0.994	11.665
TASSO VALLE	500	0.74	69.213	63.497	93.531	1	1.154
TASSO VALLE	200	0.74	56.577	50.867	76.456	1	0.928
TASSO VALLE	100	0.74	48.575	42.868	65.642	1	0.785
TASSO VALLE	30	0.74	37.272	31.57	50.367	1	0.582
FOSSO VALVIGNA	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO VALVIGNA	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO VALVIGNA	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO VALVIGNA	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO SAN LORENZO	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO SAN LORENZO	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO SAN LORENZO	-	-	-	-	-	-	-
FOSSO SAN LORENZO	-	-	-	-	-	-	-
SCENARIO GAMMA							
Corso d'acqua	Tempo di ritorno	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
	[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
TASSO MONTE	500	18	143.553	129.074	6.888	0.995	4.575
TASSO MONTE	200	18	123.978	109.588	6.165	0.995	3.911
TASSO MONTE	100	18	110.963	96.633	5.084	0.995	3.47
TASSO MONTE	30	18	91.52	77.279	10.35	0.995	2.811
FOSSO MALVIGNA	500	18	186.309	180.92	8.531	0.998	3.155
FOSSO MALVIGNA	200	18	153.556	148.248	7.37	0.998	2.601
FOSSO MALVIGNA	100	18	132.663	127.405	5.717	0.998	2.247
FOSSO MALVIGNA	30	18	102.902	97.717	11.638	0.998	1.743
TASSO VALLE	500	18	209.48	198.25	9.513	1	0.258
TASSO VALLE	200	18	171.237	160.014	8.168	1	0.21
TASSO VALLE	100	18	147.018	135.8	6.267	1	0.179
TASSO VALLE	30	18	112.807	101.596	37.333	1	0.136
FOSSO VALVIGNA	500	18	184.184	157.47	10.232	1	0.807
FOSSO VALVIGNA	200	18	152.782	126.081	8.488	1	0.659
FOSSO VALVIGNA	100	18	132.636	105.943	7.369	1	0.564
FOSSO VALVIGNA	30	18	103.752	77.07	5.764	1	0.428
FOSSO SAN LORENZO	500	18	184.184	159.327	10.232	0.999	0.984
FOSSO SAN LORENZO	200	18	152.782	127.941	8.488	0.999	0.804
FOSSO SAN LORENZO	100	18	132.636	107.806	7.369	0.999	0.689
FOSSO SAN LORENZO	30	18	103.752	78.936	5.764	0.999	0.524

Tabella 20. Modello idrologico Valvigna – Risultati simulazioni idrologiche eseguite con ALTO2000.

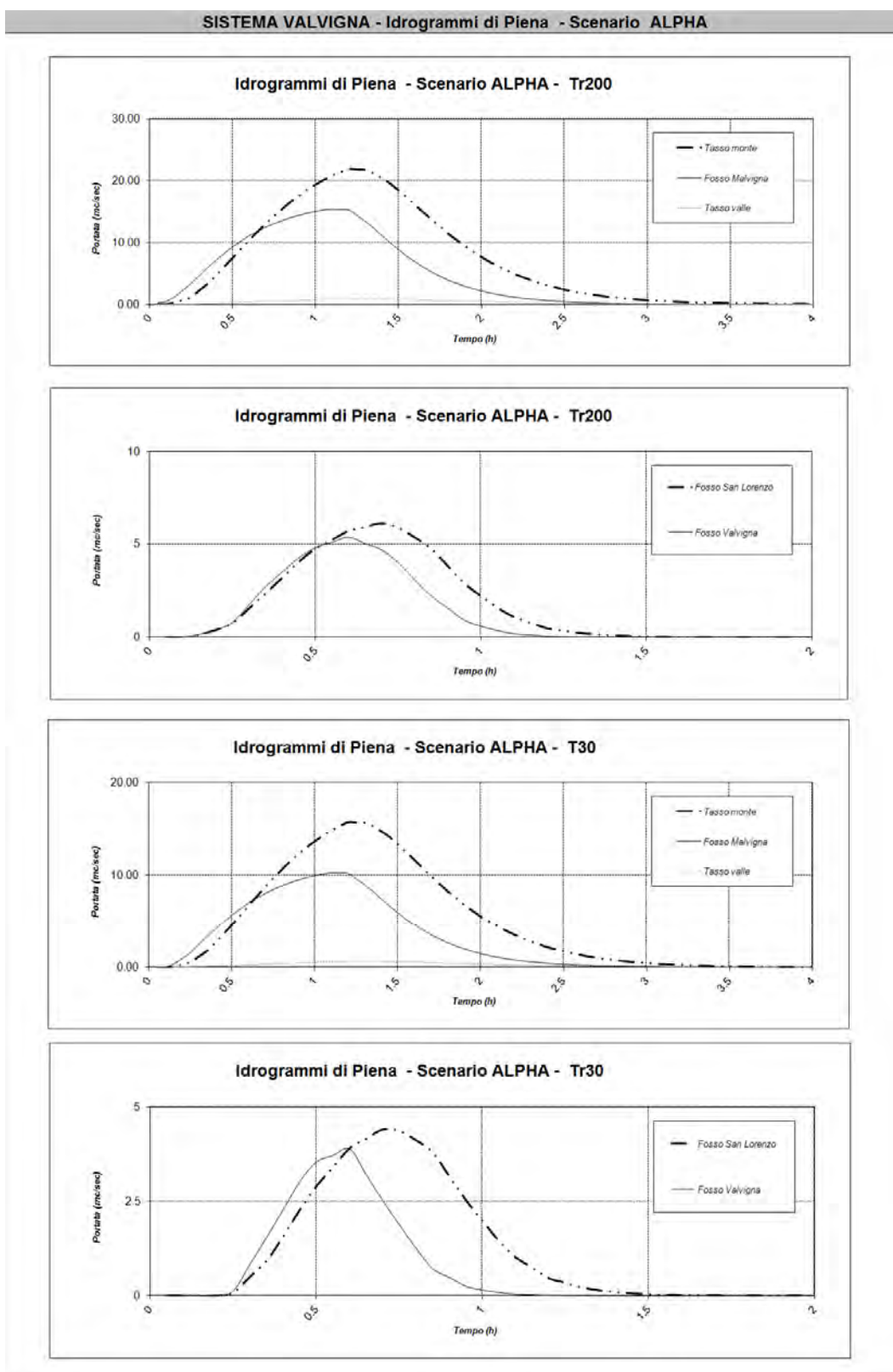


Figura 31. Modello idrologico sistema Valvigna – Risultati idrogrammi di piena scenario ALPHA.

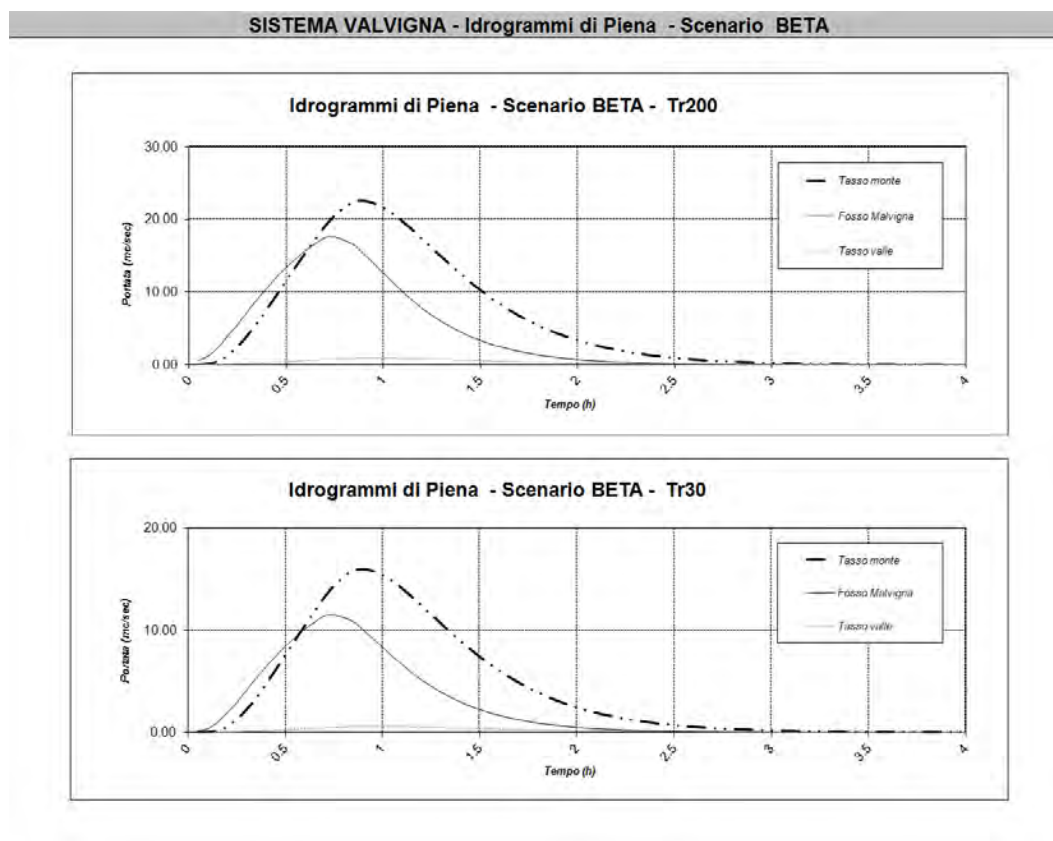


Figura 32. Modello idrologico Valvigna – Risultati idrogrammi di piena scenario BETA.

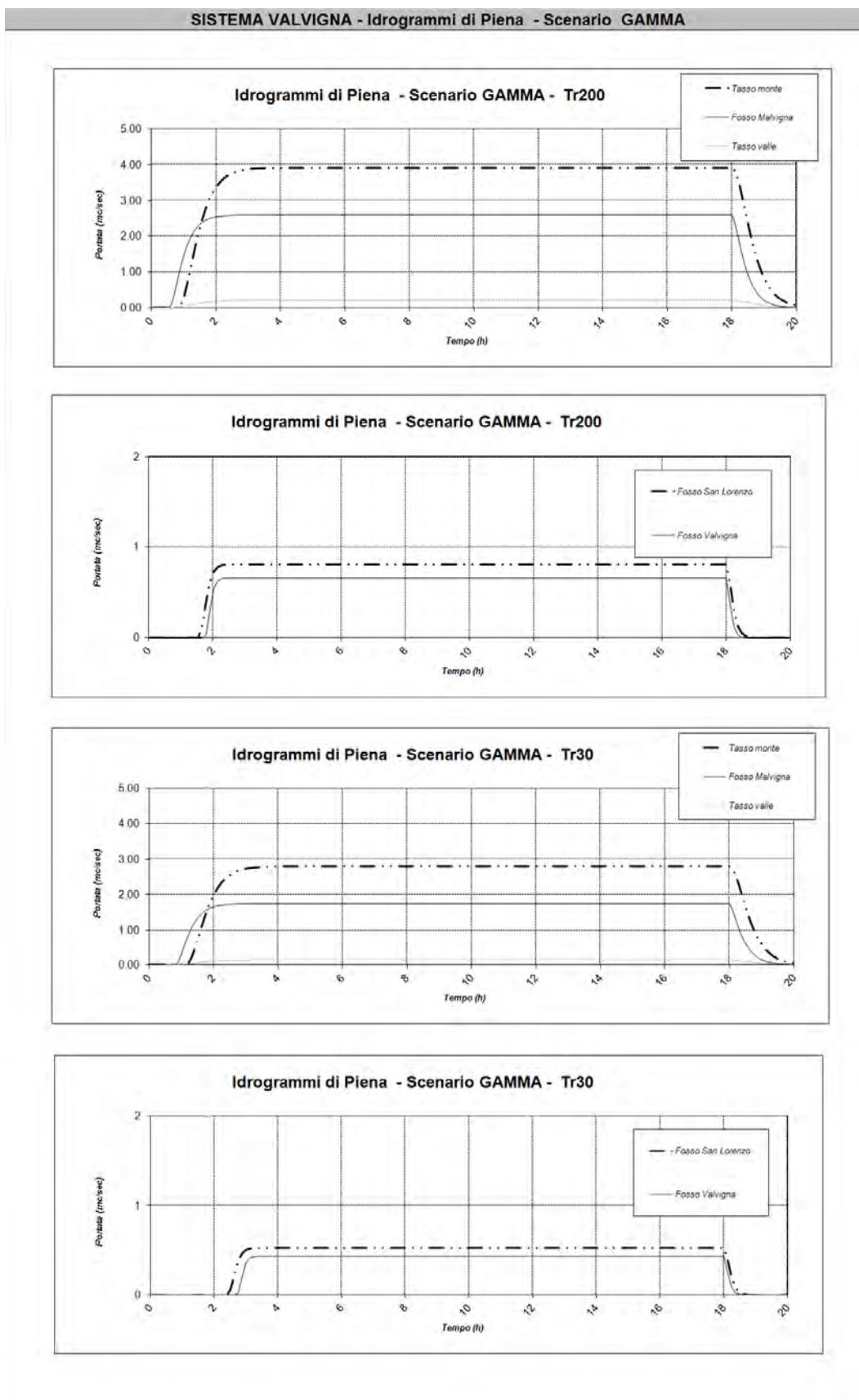


Figura 33. Modello idrologico Valvigna – Risultati idrogrammi di piena scenario GAMMA.

4.4 MODELLO IDRAULICO

4.4.1 MODELLO GEOMETRICO

Il modello geometrico utilizzato per la modellistica idraulica del sistema Valvigna è stato sviluppato come segue:

- Borro del Tasso: la modellazione ha interessato un tratto lungo circa 930m dalla confluenza in Arno verso monte utilizzando 57 sezioni trasversali;
- Fosso Malvigna: modellazione di un tratto di circa 300 metri dalla confluenza sul borro del Tasso verso monte utilizzando 21 sezioni trasversali;
- Fosso San Lorenzo: modellazione di un tratti di circa 220 metri dalla confluenza in Arno verso monte;
- Fosso Valvigna: modellazione di un tratto di circa 250 m dalla confluenza in Arno verso monte (tratto intubato sotto la 2° strada Lungarno).

Per quanto riguarda il borro del Tasso, sono state utilizzate le sezioni trasversali utilizzate negli studi idraulici redatta da Ing. Remo Chiarini nell'ambito del progetto esecutivo della Variante alla SR69⁵ per il tratto compreso tra la confluenza in Arno e la sezione TA_017 mentre per il tratto a monte sono state utilizzate sezioni trasversali estratte da dati LIDAR e rilievi in sito. Le sezioni trasversali del fosso Malvigna, del fosso San Lorenzo e del fosso Valvigna sono state utilizzate sezioni trasversali estratte da dati LIDAR e ricavate attraverso rilievi topografici in sito.

Il modello idraulico è stato allestito con modalità di simulazione mista: monodimensionale (1D) all'interno dello sviluppo delle sezioni trasversali e (2D) nelle aree esterne sulle quali è stato definito un DTM sulla base dei dati LIDAR.

⁵ Variante alla SR69 da Levane a San Giovanni Valdarno con raccordo al Casello Autosole – progetto esecutivo

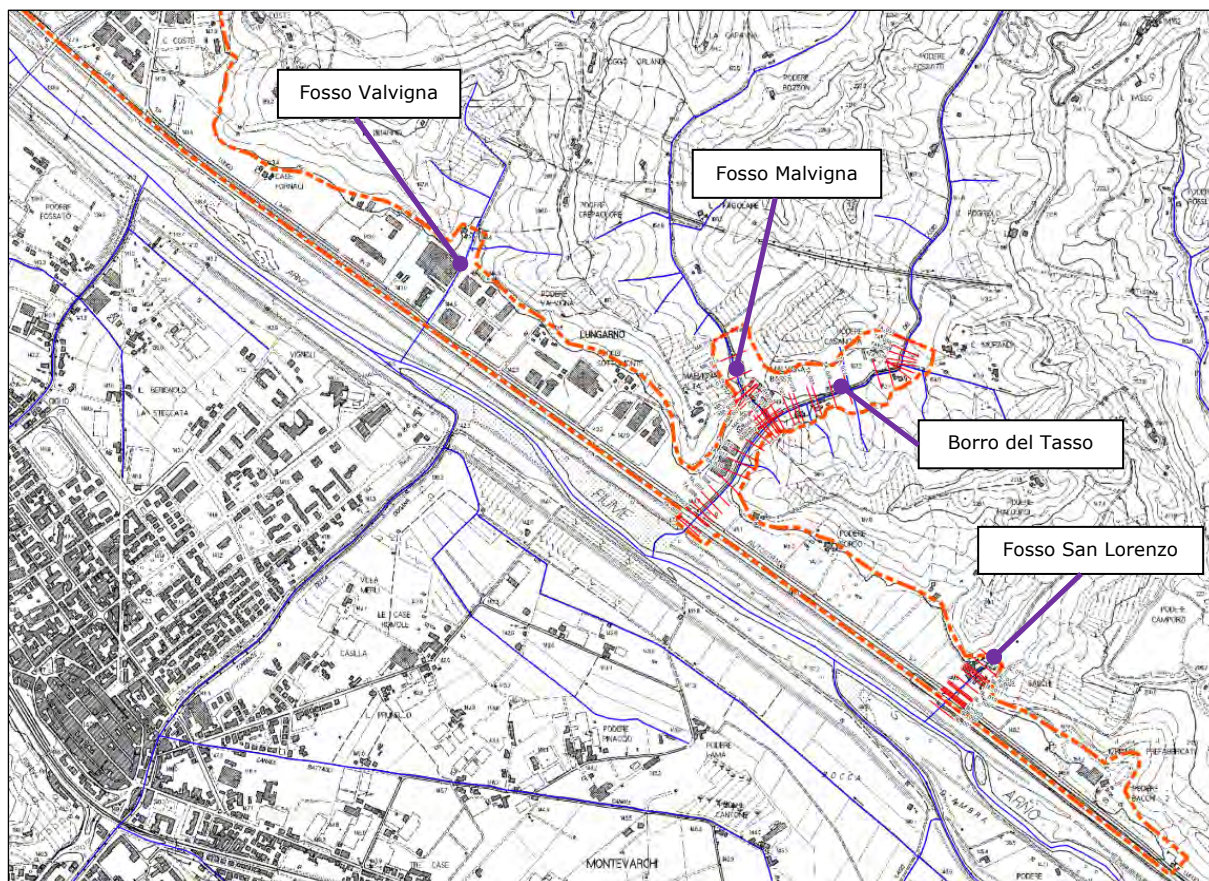


Figura 34. Estratto cartografico con individuazione dei corsi d'acqua analizzati e planimetria sezioni trasversali.

4.4.2 MODELLAZIONE ZONE 2D

La zona di studio modellata con simulazione bidimensionale (2D), ha un estensione di 122.99 ha (vedi allegato) che si estende sull'area di fondovalle ubicata tra il rilevato autostradale dell'A1 e le colline ad est dell'autostrada raggiungendo, in direzione nord-ovest, la località Le Coste e la SP 59 mentre in direzione sud-est la località Podere Bacchi.

La zona Le Coste è stata modellata sia nel sistema Ciuffenna (per valutare potenziali problematiche di esondazione del torrente Ciuffenna) sia nel modello Valvigna (per valutare potenziali problematiche relative reflussi delle piene dell'Arno attraverso i tombini che sotto attraversano il rilevato autostradale).

E' stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 50 mq, dimensione minima 10 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari a 0.20 m.

E' stato necessario introdurre alcune strutture lineari per simulare la presenza di strutture murarie esistenti a protezione di alcuni edifici. Con questa procedura si riesce a simulare la dinamica dell'allagamento condizionata da queste discontinuità. Dove, durante i sopralluoghi, si sia verificata la presenza di aperture e/o collegamenti idraulici, come scarichi delle acque pluviali dei piazzali o simili, non muniti di valvole antiriflusso, si è considerata la struttura come trasparente.

Le principali strutture "muri" denominate in ICM "base linear structure 2D" inserite nel modello geometrico sono:

- muri in adiacenza alla SP 11 nel tratto della curva di Le Coste dove sono presenti insediamenti produttivi (Foto VA_02 e VA_02);
- muri nella zona produttiva Valvigna (via II strada lungarno – Foto VA_03 e VA_04);
- muro di sponda in destra idraulica sul tratto terminale del torrente Tasso (intervento realizzato nell'ambito della variante alla SR69 – Foto VA_05 e VA_06);

I dati sulle quote di coronamento dei muri inseriti nel modello ICM sono stati ricavati da rilievi di dettaglio con quote assolute solidali e congruenti ai dati LIDAR ed ai caposaldi utilizzati nell'ambito della progettazione della variante SR 69.

Nel modello sono stati inoltre riportati i tombini che sottoattraversano il rilevato autostradale. Le caratteristiche dei tombini sono riportate nel fascicolo allegato. La loro ubicazione planolatimetrica è stata ricavata da rilievi topografici di dettaglio solidali ai caposaldi installati nell'ambito della progettazione della Variante alla SR69 (a loro volta solidali ai caposaldi IGM).

Di seguito si riportano alcune fotografie dei principali muri spondali inseriti nel modello geometrico.



Foto VA_01 Muri perimetrali di attività produttive in zona Le Coste in adiacenza a SP11.



Foto VA_02 Muri perimetrali di attività produttive in zona Le Coste in adiacenza a SP11.



Foto VA_03 Zona produttiva Valvigna - II strada lungarno vista da monte verso A1.



Foto VA_04 Zona produttiva Valvigna - II strada lungarno vista da monte verso A1.



Foto VA_05 Borro del tasso - muro spondale in dx idraulica tratto intermedio - vista verso valle.



Foto VA_06 Borro del tasso - muro spondale in dx idraulica tratto di monte - vista verso monte.

4.4.3 LAYOUT DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito si riportano alcuni estratti da ICM nei quali viene riportato il layout del modello idraulico sovrapposto alla ortofoto dove è possibile individuare i vari corsi d'acqua analizzati.

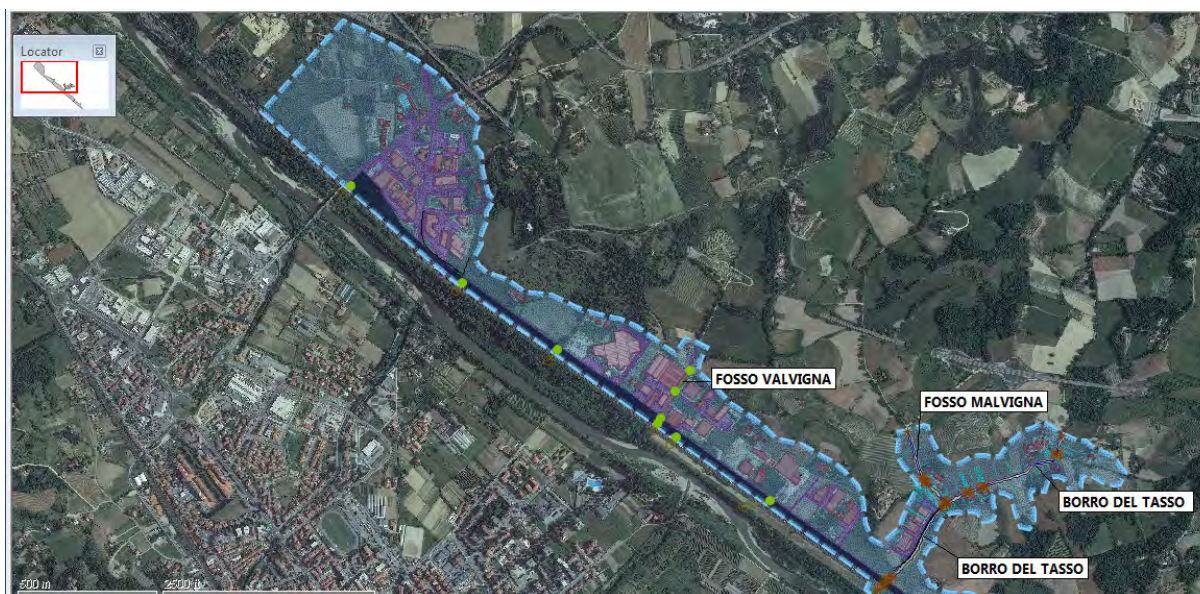


Figura 35. Estratto da ICM –Layout modello idraulico su ortofotocarta. Sistema Valvigna quadro nord.

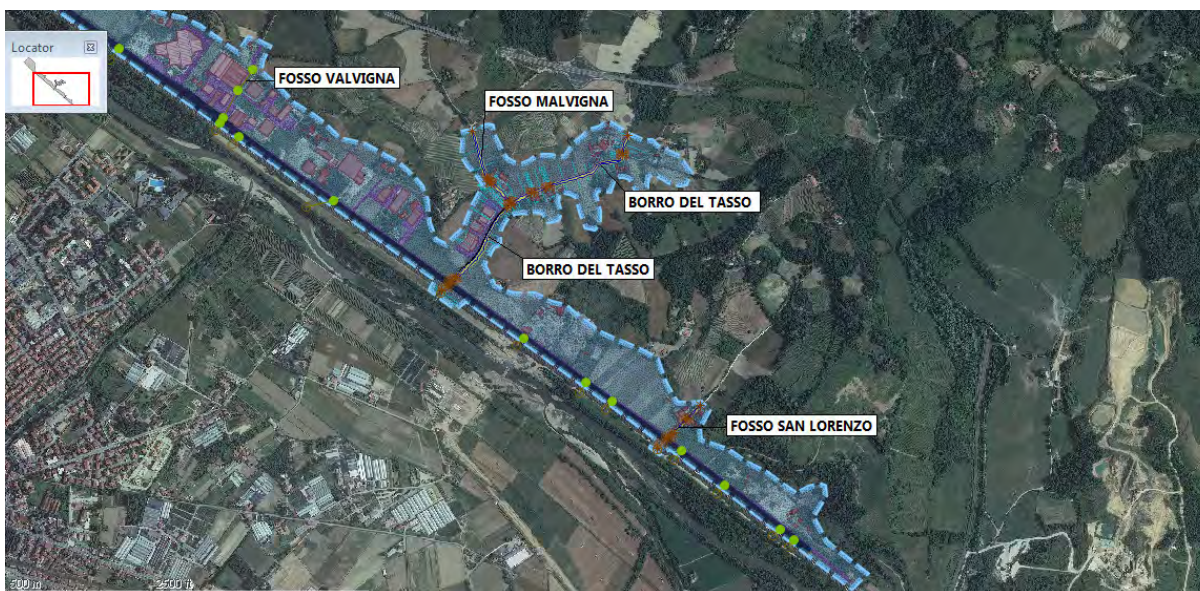


Figura 36. Estratto da ICM –Layout modello idraulico su ortofotocarta. Sistema Valvigna quadro sud.

4.4.4 COEFFICIENTI DI RESISTENZA AL MOTO

Per quanto riguarda i coefficienti di resistenza al moto (scabrezza), sulla base delle caratteristiche dei corsi d'acqua in esame, abbiamo assunto per il deflusso in alveo (1D) un valore di coefficiente di Manning pari a $0.040 [s/m^{1/3}]$ per il borro del Tasso, il fosso Malvigna ed il fosso San Lorenzo.

Per quanto riguarda le aree simulate in moto bidimensionale (2D) abbiamo assunto come rappresentativo un coefficiente di Manning pari a $0.025 [s/m^{1/3}]$.

All'interno dell'ambiente Infoworks ICM sono state inoltre definite aree a scabrezza differenziata nelle zone dove è presente viabilità asfaltata e che pertanto offrono una minore resistenza al moto. Per tali aree è stato adottato un Manning pari a $0.015 [s/m^{1/3}]$.

Per quanto riguarda il fosso Valvigna la simulazione è stata condotta per il tratto intubato esistente sotto la 2° strada lungarno, in questo caso trattandosi di condotte in calcestruzzo, è stato utilizzato un valore di coefficiente di Manning pari a $0.020 [s/m^{1/3}]$.

4.4.5 IMMISSIONI

I risultati dell'analisi idrologica, sono costituiti dagli idrogrammi di piena valutati per i vari tempi di ritorno e per i vari scenari analizzati.

In ambiente Infoworks ICM l'inserimento degli idrogrammi è effettuato attraverso la definizione delle immissioni su determinati nodi della rete. Gli idrogrammi relativi ai tratti di monte sono immessi nei rispettivi nodi di monte dei tratti fluviali. Gli idrogrammi relativi ai vari sottobacini analizzati per definire l'incremento delle portate lungo i corsi d'acqua sono invece inseriti in nodi intermedi della rete.

Di seguito si riporta l'elenco dei sottobacini e il nodo in cui è stata definita la relativa immissione nel modello ICM:

1. borro del Tasso monte – nodo 01_TASSOMONTE
2. fosso Malvigna – nodo 30_FOSSOMALVIGNAMONTE
3. borro del Tasso valle – nodo 09_TASSOVALLE
4. Bacino fosso Valvigna – nodo 60_VALVIGNA_PZ1
5. Bacino fosso San Lorenzo – nodo 50_SANLORENZOMONTE

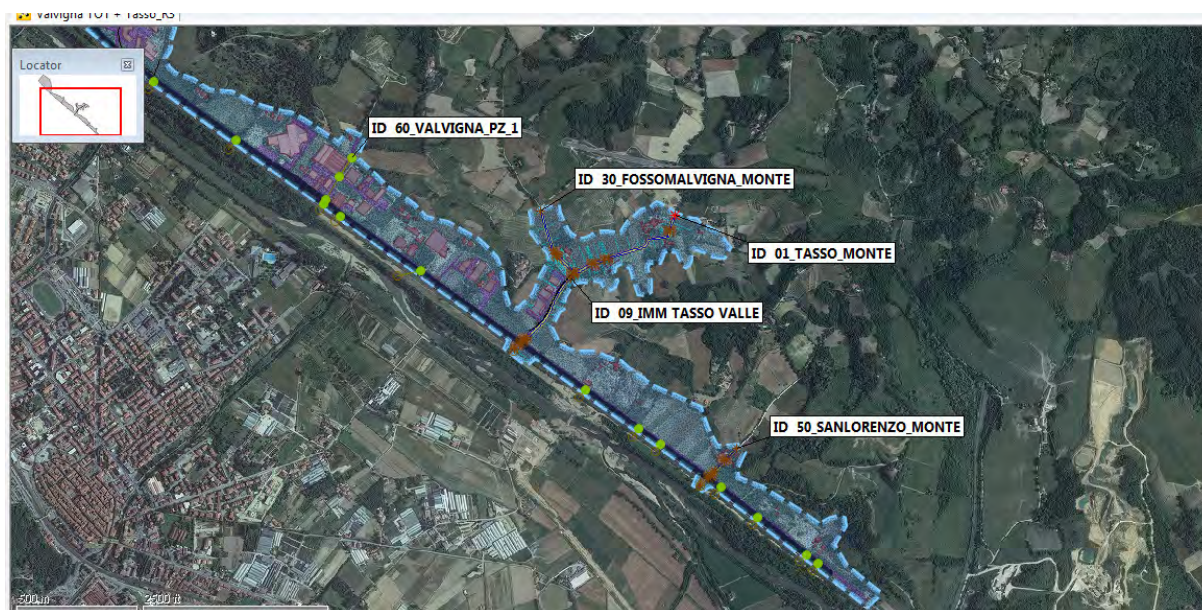


Figura 37. Estratto da ICM –Layout modello idraulico - Immissioni. Sovrapposizione su ortofoto.

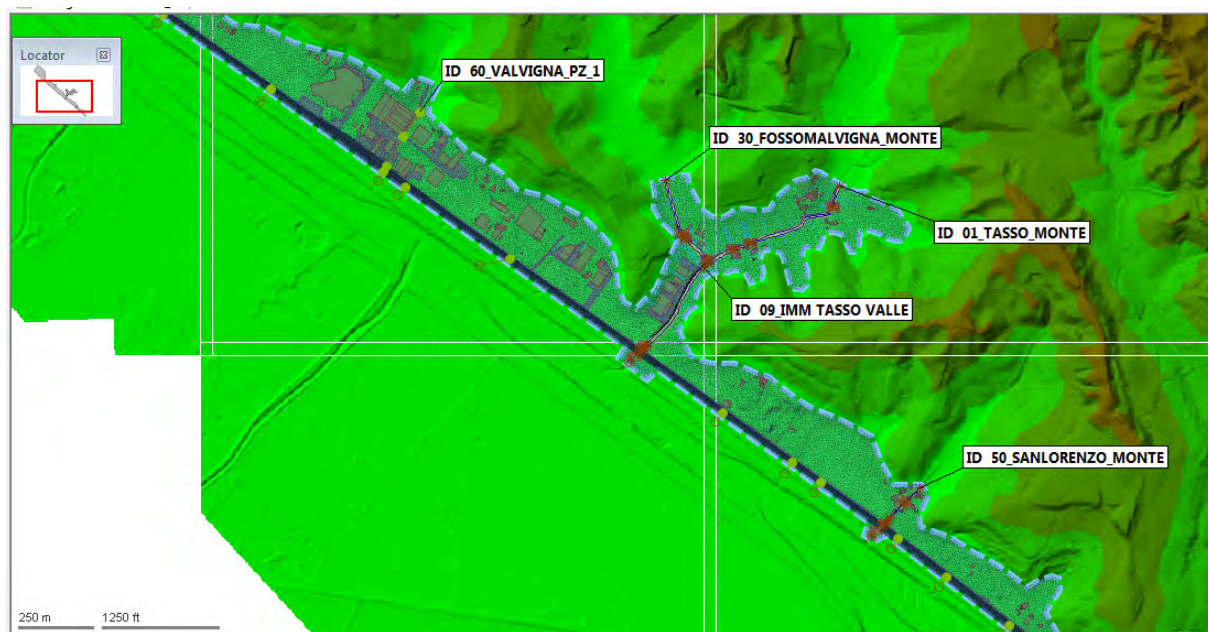


Figura 38. Estratto da ICM –Layout modello idraulico - Immissioni. Sovrapposizione con modello LIDAR

4.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni eseguite consentono di definire la pericolosità idraulica indotta dal sistema idraulico Valvigna (composto dal borro del Tasso e dai fossi Malvigna San Lorenzo e Valvigna) sull'area indagata.

Di seguito si riportano le considerazioni sui risultati delle simulazioni idrauliche eseguite in moto vario con Infoworks ICM suddivise per i tempi di ritorno di riferimento ($Tr=200$ e $Tr=30$ anni).

Possiamo già qui introdurre che gli scenari ALPHA e BETA risultano i più critici per quanto riguarda il deflusso delle acque sui corsi d'acqua analizzati mentre lo scenario GAMMA risulta essere il più critico per gli effetti di riflusso delle piene dell'Arno attraverso i tombini che sottoattraversano il rilevato autostradale.

I risultati delle simulazioni idrauliche sono stati elaborati in modo grafico (involuppo dei massimi battenti relativi agli scenari considerati) per la redazione delle cartografie della pericolosità idraulica. Di seguito si riporta un estratto della Carta delle aree a Pericolosità idraulica a cui si rimanda per i dettagli (TAV.IDR03 – in giallo $Tr30$, in celeste $Tr200$ e in azzurro chiaro $Tr500$).

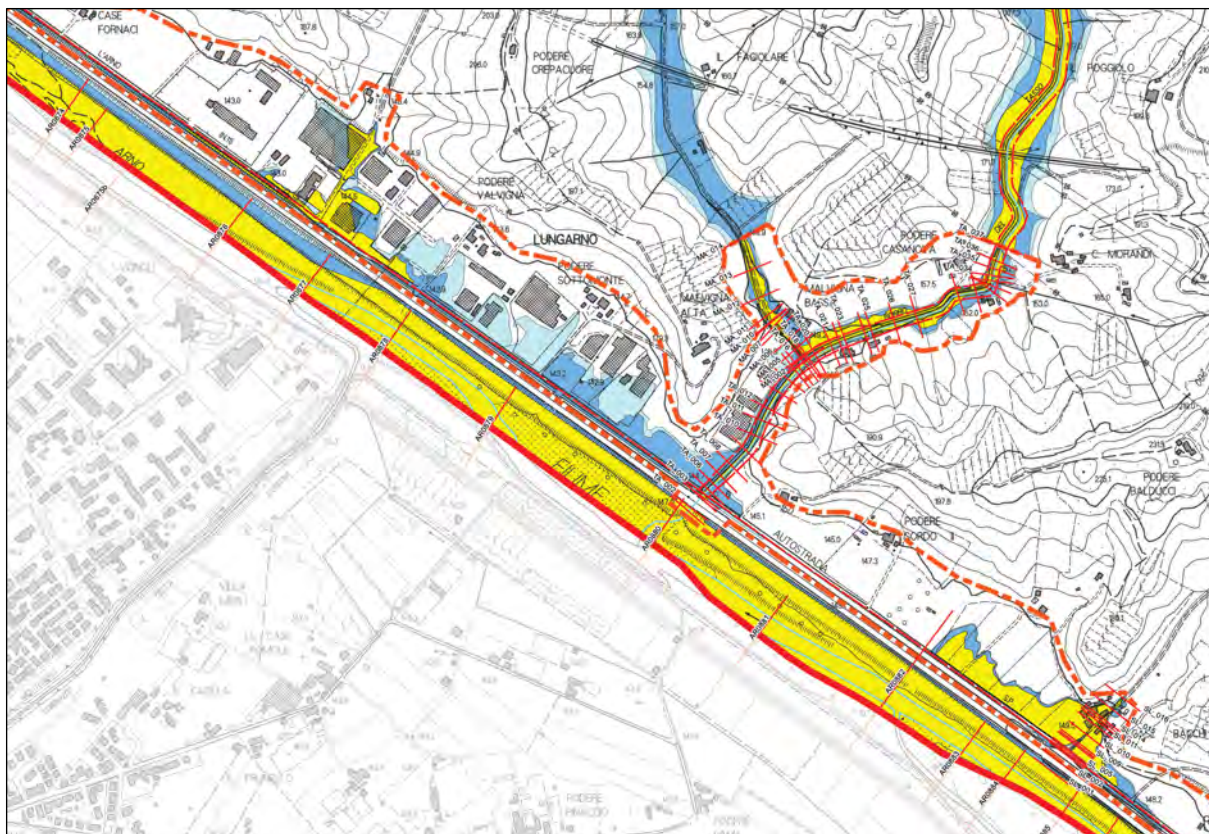


Figura 39. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali fronti di esondazione per i vari tempi di ritorno.

4.5.1 TEMPO DI RITORNO TRENTENNALE

Scenario ALPHA e BETA

Le simulazioni idrauliche condotte per un tempo di ritorno trentennale scenario ALPHA e BETA mostrano la formazione dei seguenti principali fronti di esondazione:

- a) nella zona produttiva di Valvigna (area 2° strada lungarno);
- b) in destra idraulica del borro del Tasso a monte della confluenza del fosso Malvigna (ubicata alla sez.TA_18);
- c) in sinistra idraulica del fosso Malvigna dalla sez. MA_014 alla sez. MA_06;
- d) in sinistra e destra idraulica del fosso San Lorenzo a valle della sez. SL_015.

L'allagamento della zona produttiva Valvigna (punto a) deriva dall'insufficiente officiosità idraulica del tombino all'interno del quale il fosso Valvigna confluisce in Arno. Il tratto di monte del tombino, costituito da due tubazioni in calcestruzzo DN800 accoppiate risulta essere completamente inadeguato a ricevere i deflussi da monte ed anche il tratto di valle, in particolare a monte del rilevato autostradale, ha caratteristiche insufficienti a convogliare le acque di piena, anche a causa di una parzializzazione della sezione idraulica derivata da irregolarità delle pendenze del fondo che favoriscono il deposito di trasporto solido. Infatti nel tratto terminale del tombino sotto la 2° strada lungarno l'altezza libera disponibile per il deflusso delle acque è di soli 40 cm.



Figura 41 Fosso Valvigna ingresso tratto tombato sotto 2°strada lungarno



Figura 40 Fosso Valvigna tratto tra tombino SP e tombino A1

Nel caso dei punti b) e c) gli allagamenti sono causati da una insufficiente officiosità idraulica degli alvei e delle sezioni fluviali in corrispondenza degli attraversamenti presenti lungo i corsi d'acqua.

Per quanto riguarda il fosso San Lorenzo, la causa degli estesi fronti di esondazione è da ascrivere ad una insufficiente sezione idraulica del corso d'acqua che si manifesta in particolare tra le sezioni SL_015 e SL_010 e sul ponticello alla sezione SL_013. Poiché a valle della sezione SL_010 il corso d'acqua è pensile, le acque di piena che esondano a monte vanno ad interessare vaste aree pianeggianti ubicate in sinistra e destra idraulica senza poter rientrare all'interno dell'alveo.

Scenario GAMMA

Per questo scenario si segnala un allagamento causato dal riflusso della piena in Arno attraverso il tombino T1A nella zona di Le Coste. Tale allagamento riguarda essenzialmente una zona di limitata estensione in adiacenza all'ingresso lato monte del suddetto tombino.

Di seguito si riportano alcuni estratti di Infoworks ICM relativi ad alcune delle suddette zone.

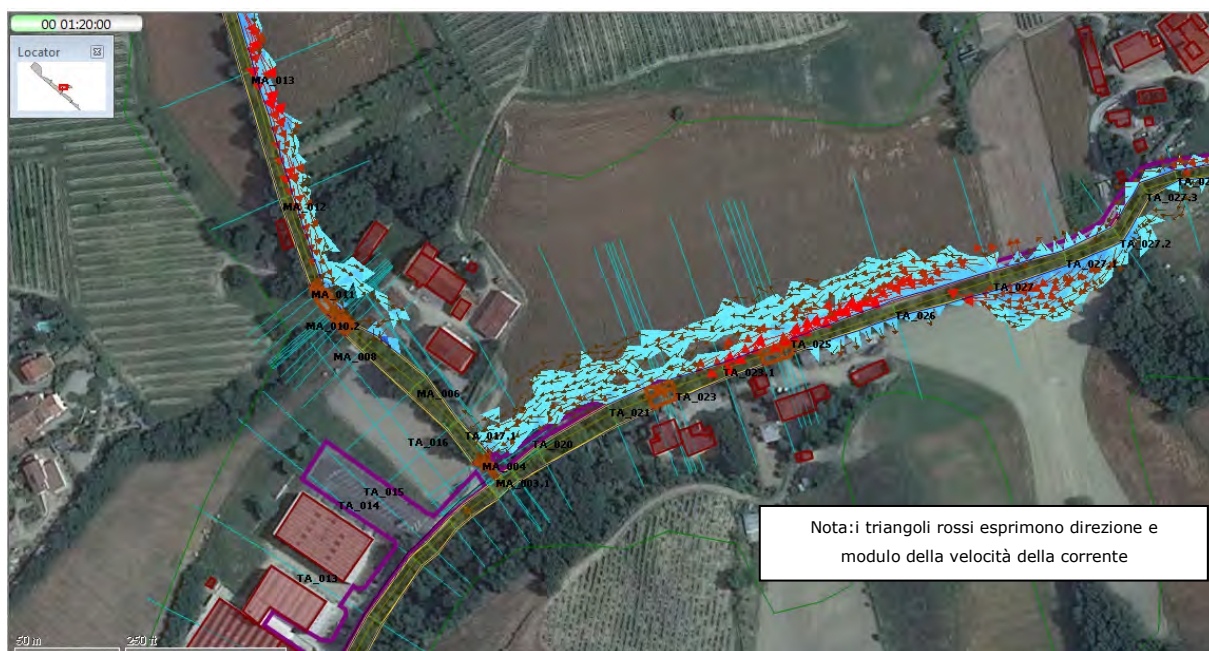


Figura 42. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr30 istante simulazione 01:20h- Borro del Tasso e fosso Malvigna.



Figura 43. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr30 istante simulazione 0:40h- Fosso San Lorenzo.

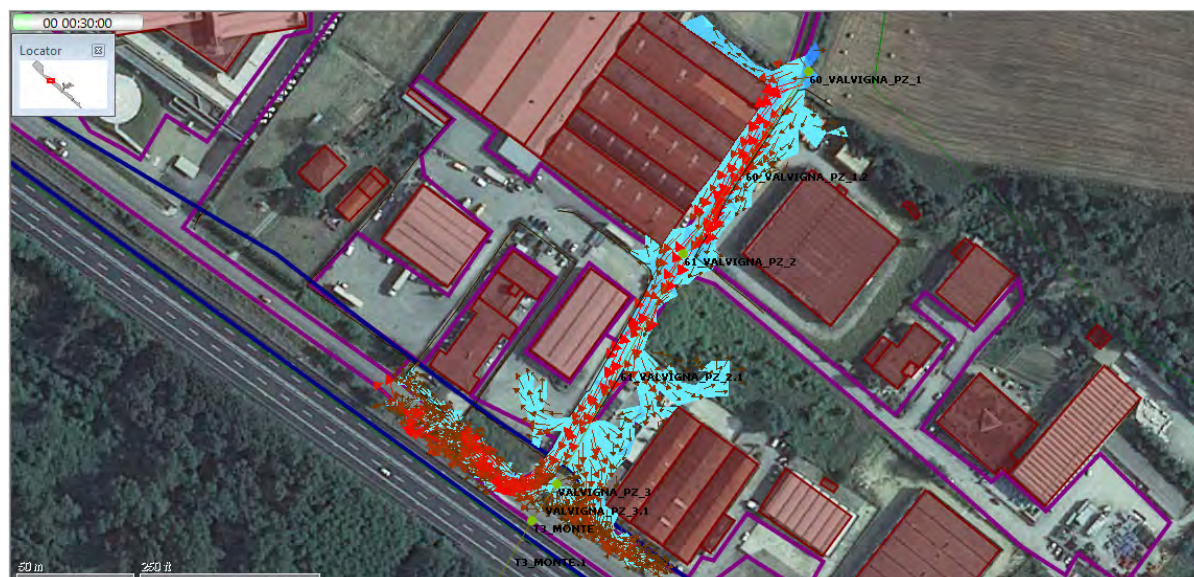


Figura 44. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr30 istante simulazione 0:30h- Fosso Valvigna.

4.5.2 TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Scenario ALPHA e BETA

Per quanto riguarda il deflusso delle piene duecentenarie negli scenari ALPHA e BETA, si confermano i fronti di esondazione trentennali con un consistente aumento delle aree allagate per tutti i punti principali di allagamento segnalati per $Tr=30$ anni.

Per quanto riguarda il borro del Tasso, si segnala che per tempi di ritorno duecentenari, il fronte di esondazione si estende verso valle. L'allagamento in destra idraulica, che per la trentennale resta confinato a monte della confluenza del Malvigna, in questo caso va a defluire a valle della sezione TA_017, sulla strada comunale del Tasso. La piena duecentenaria deflusce quindi anche a tergo del muro di contenimento realizzato in destra idraulica del Tasso tra le sezioni TA_017 e TA_007 e modellato in Infoworks ICM con l'inserimento di una base structure 2D (muro con altezza variabile ricavato dai dati di progetto esecutivo variante SR69). Si precisa che questo fenomeno avviene non perché i battenti idraulici in alveo superano la quota della testa del muro, ma bensì perché i deflussi nel tratto di monte scorrono lungo la strada comunale del Tasso a tergo del muro.



Figura 45 Borro del Tasso vista tratto sez TA_017 verso monte



Figura 46 Fosso San Lorenzo vista ponticello SL1 vista verso valle.

Di seguito si riportano alcuni estratti di Infowoks ICM relativi ad alcune delle suddette zone.

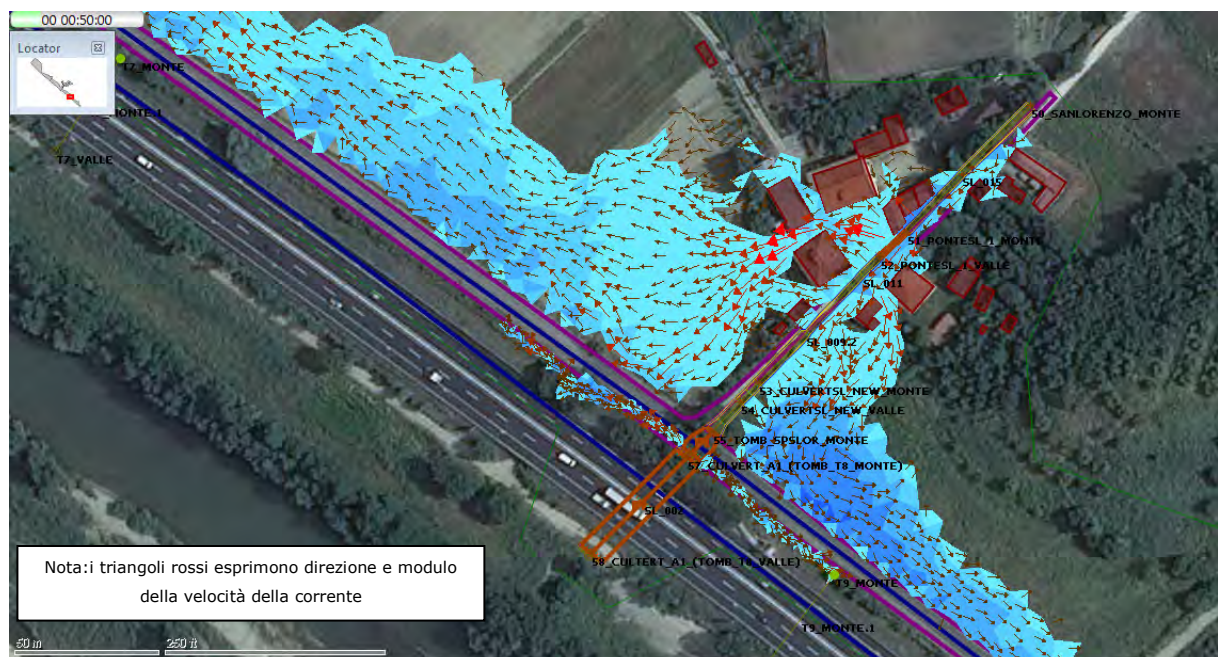


Figura 47. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr200 istante simulazione 0:50h- Fosso San Lorenzo.



Figura 48. Estratto da ICM –Scenario ALPHA Tr200 istante simulazione 01:10h- Borro del Tasso e fosso Malvigna.

Scenario GAMMA

Per questo scenario si segnalano consistenti fronti di allagamento causati dal riflusso della piena in Arno attraverso alcuni dei tombini che sottoattraversano il rilevato autostradale. Le maggiori criticità si segnalano nei tombini T1A, T1, T2 T3C e T4 che difatti hanno quote di scorrimento, in corrispondenza della confluenza in Arno, nel range compreso tra circa 1.4 e 2.4 m sotto il massimo battente dell'Arno.

La mancanza di dispositivi antiriflusso nel sistema di tombini che sottoattraversano l'autostrada genera allagamenti consistenti anche in relazione alla durata della piena in Arno. A titolo di esempio si fa notare che nel tombino T1-A le condizioni di riflusso dall'Arno verso il piano campagna a tergo del rilevato, permane per 21 ore; è quindi comprensibile che i volumi defluiti siano consistenti e conseguentemente vengano a generarsi importanti fronti di esondazione.

Si segnala che la località "Le Coste", che risulta in sicurezza idraulica rispetto a piene duecentenarie del Ciuffenna (vedere risultati simulazioni sistema Ciuffenna) è interessata da un allagamento generalizzato causato dai tombini T1A e T1.

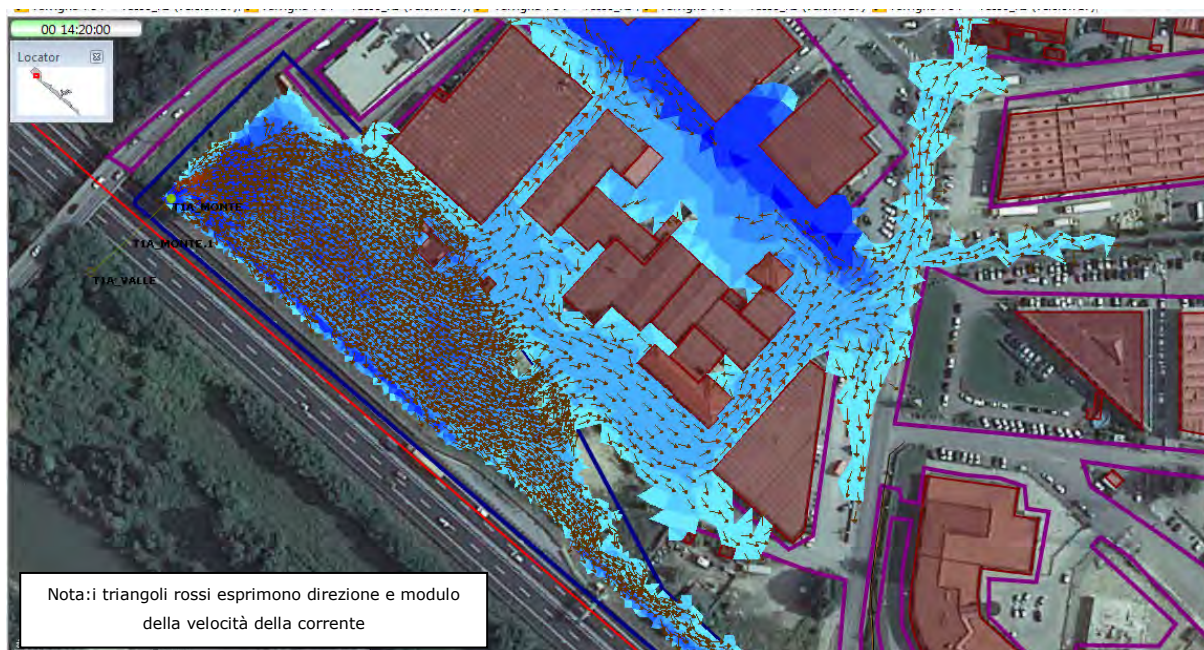


Figura 49. Estratto da ICM –Scenario GAMMA Tr200 istante simulazione 14:20h – Località Le Coste

Le simulazioni dello scenario GAMMA mostrano che, a causa del riflusso sul tombino T4, anche la parte della la zona produttiva Valvigna a monte del suddetto tombino da allagamenti.

Per quanto riguarda gli accessi all'area golenale dell'Arno si segnala che non si verificano fronti di esondazione per tutti gli scenari e tempi di ritorno analizzati. Si rimanda per dettagli alla tabella "dati attraversamenti" riportata in fascicolo allegato.

5. IL SISTEMA RIOFI

5.1 INTRODUZIONE

La valutazione della pericolosità idraulica, sul sistema Riofi, è stata eseguita attraverso uno studio idrologico-idraulico che riguarda un tratto del borro di Riofi compreso tra la località Casa Borgherese, posta a circa 270 metri a monte dell'immissione del borro di Piantravigne, e la confluenza in Arno, per uno sviluppo longitudinale di circa 2.760 metri. Lo studio si è esteso anche ad un tratto di circa 180 metri immediatamente a monte dell'immissione sul Riofi del borro di Piantravigne e al borro della Spina per un tratto che sviluppa per circa 670 metri a monte dell'immissione sul Riofi.

5.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino imbrifero del torrente Riofi si estende tra il comune di Terranuova Bracciolini e quello di Castelfranco di Sopra; il corso d'acqua è affluente sinistro del fiume Arno.

La sezione di chiusura adottata per il calcolo delle portate di riferimento è situata alla confluenza con il torrente Spina affluente destro del Riofi a circa 630 metri a monte della confluenza in Arno.

La corografia del bacino imbrifero è riportata in allegato, mentre l'area di studio è riportata nella figura seguente.

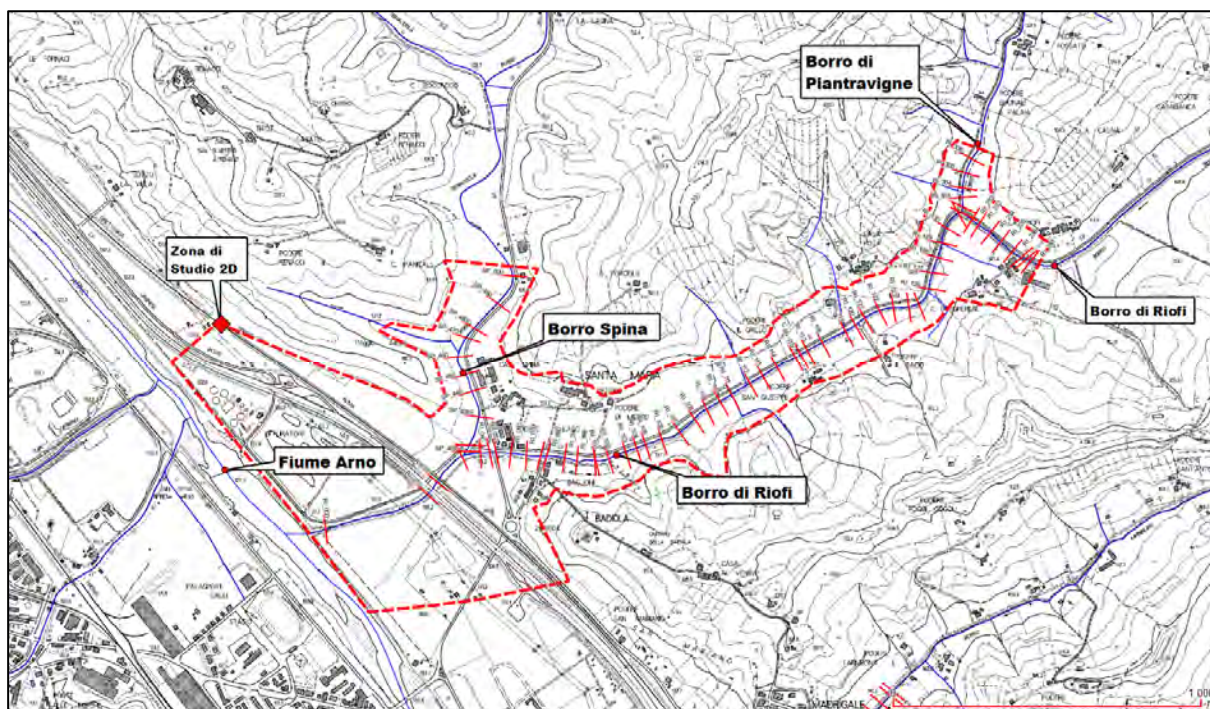


Figura 50. Inquadramento zona di studio del modello idraulico.

Il bacino raggiunge la sua altezza massima a circa 899.00 metri slm; la quota minima, presso la confluenza in Arno, è 127.00 m slm, si estende per 41.25 km² ed ha una lunghezza totale dell'asta principale di 8.0 km.

5.3 MODELLAZIONE IDROLOGICA

5.3.1 PARAMETRI UTILIZZATI

La stima delle portate al colmo è stata sviluppata con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana, codice ALTO 2000 (Alluvioni in Toscana); tale metodologia è già stata esposta nei paragrafi precedenti e vi si rimanda per ulteriori dettagli.

5.3.2 VALUTAZIONI SUGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del sistema idraulico costituito da Borro di Riofi – Borro di Piantravigne – Borro della Spina sono stati analizzati più scenari critici per valutare le diverse risposte idrologiche dei corsi d'acqua. Questo permette, in fase di modellazione idraulica, di definire le perimetrazioni più critiche come inviluppo dei battenti massimi degli scenari analizzati.

Nel caso in esame è stato necessario definire tre scenari di riferimento:

5.3.2.1 Scenario ALPHA: è stato impostato per valutare le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il borro di Riofi. Si è assunto quindi di imporre al bacino Piantravigne il Dc critico caratteristico del bacino di Riofi monte, e al bacino della Spina, il Dc critico del Riofi interbacino (considerando l'intero bacino imbrifero sotteso). Con questo sistema si valuta l'evento massimizzante anche per il tratto finale del Piantravigne. Infatti questo bacino avendo un area molto ridotta rispetto a quella del Riofi di monte, ha una risposta idrologica molto più rapida, il Dc critico per un evento duecentennale è pari a 0.91 ore contro 1.893 ore del Riofi di monte. In questo caso la condizione di valle imposta dai livelli del Riofi è più gravosa in termini di rischio idraulico di quella derivante dai livelli raggiunti per un evento massimizzante il solo Piantravigne. Inoltre la differenza in termini di picchi di piena tra i due scenari è trascurabile essendo la portata massima per un evento duecentennale pari a 42.47 mc/sec e trentennale di 26.35 mc/s, contro i 37.6 mc/s i 22.6 mc/s relativi al Dc Riofi di monte, con differenze quindi rispettivamente di 4.87 mc/s (11.5%) e 3.75 mc/s (14.2%).

5.3.2.2 Scenario BETA: è stato impostato per valutare le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il borro della Spina imponendo il relativo Dc critico a tutti i bacini.

5.3.2.3 Scenario GAMMA: Lo scenario GAMMA è stato impostato per valutare le condizioni di deflusso maggiormente critiche indotte dal fiume Arno al sistema idraulico analizzato imponendo il Dc critico dell'Arno (18h) a tutti i bacini.

5.3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Per ciascuno scenario e per ogni tempo di ritorno analizzato è stata calcolata la durata di pioggia critica che massimizza l'afflusso del relativo corso d'acqua e in funzione di questa sono stati calcolati i relativi idrogrammi di piena per ciascun tributario analizzato.

Gli idrogrammi così ottenuti rappresentano la condizione al contorno di monte (immissioni).

5.3.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

Nel modello idrologico-idraulico del sistema Riofi la condizione al contorno di valle è rappresentata dai limnogrammi del fiume Arno in prossimità della confluenza del Riofi.

I limnogrammi sono stati ricavati tramite interpolazione spaziale tra i limnogrammi relativi alle due sezioni del fiume Arno immediatamente a monte e a valle dell'immissione, per ciascun tempo di ritorno analizzato e per ciascuna durata critica analizzata. I limnogrammi utilizzati per la elaborazioni sopra descritte sono forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e rappresentano i risultati delle simulazioni del modello SIMI (SIT - Modellazione Idraulica). Questi sono forniti per i tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni e per durate delle precipitazioni di 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 ore.

Per gli scenari ALFA e BETA sono stati utilizzati gli stessi limnogrammi con durata di pioggia di 3h mentre per lo scenario GAMMA sono stati utilizzati i dati relativi alla durata di 18 ore.

5.3.5 ANALISI IDROLOGICA

La modellazione del sistema Riofi è stata eseguita tramite la suddivisione del bacino in quattro sottobacini:

1. Bacino Riofi monte: è il bacino di monte, chiuso alla confluenza con il borro di Piantravigne;
2. Bacino Piantravigne;
3. Bacino Riofi intermedio;

4. Bacino Spina.

Per ciascuno di questi sono stati calcolati i parametri morfologici ed idrologici e sono stati ricavati gli idrogrammi di piena per ciascuno scenario analizzato.

Si riportano di seguito i risultati numerici ottenuti tramite le elaborazioni descritte nel capitolo 2.5.

Parametri Morfologici e idrologici - Bacino Riofi											
Nome	Area Bacino	Ia	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
						a1	n1	m1	a	n	m
-	Kmq	mm	mm/h	-	h		-	-		-	
RIOFI MONTE	18.700	12.581	1.011	2.013	0.638	21.810	0.351	0.160	20.165	0.322	0.212
PIANTAVIGNE	3.300	6.160	0.404	2.183	0.379	20.308	0.234	0.190	20.394	0.318	0.231
RIOFI INTERBACINO	1.710	11.177	0.871	2.076	0.783	21.609	0.334	0.160	20.220	0.321	0.215
SPINA	17.540	9.152	0.670	2.686	0.653	20.195	0.227	0.190	20.387	0.318	0.232

Tabella 21. Parametri morfologici ed idrologici – Torrente Riofi.

Gli scenari idrologici sono stati valutati adottando l'isofrequenza dei tempi di ritorno per ciascun tratto fluviale.

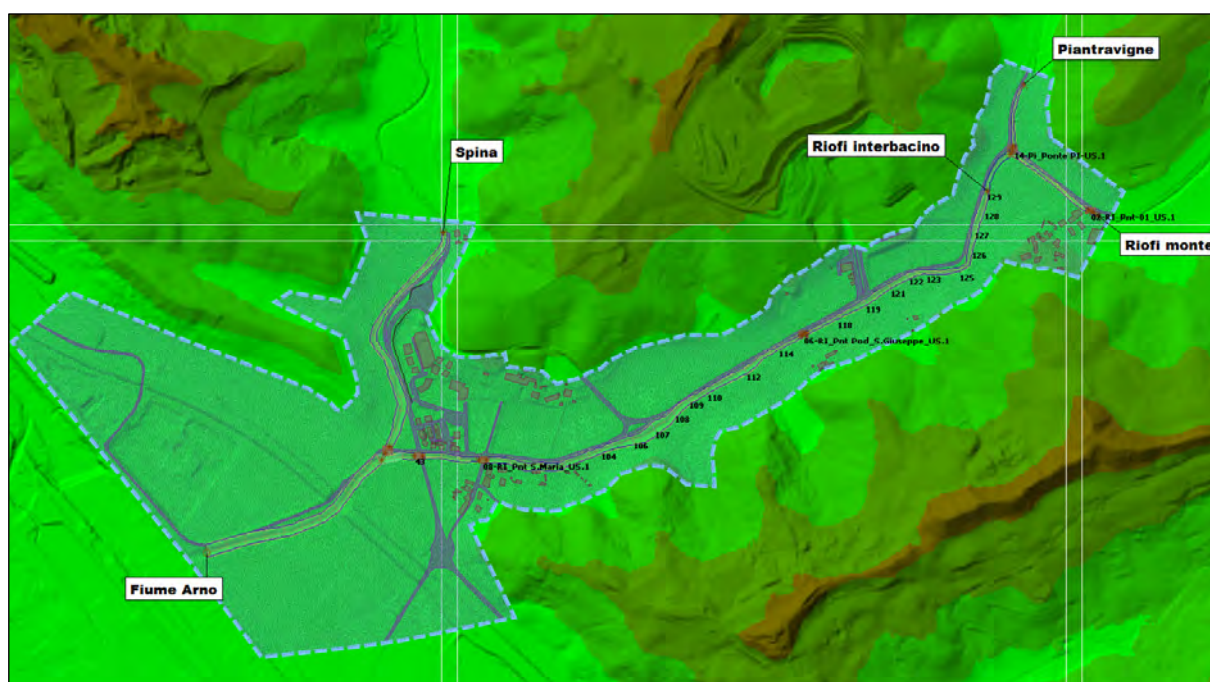


Figura 51. Modello idraulico – Immissioni - sovrapposizione al rilievo Lidar.

BACINO RIOFI						
PORTATE AL COLMO PER CIASCUN SCENARIO E TEMPO DI RITORNO						
SCENARIO ALFA - Dc critico Riofi						
Tr 30	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	2.133	49.029	32.74	22.989	0.929	77.828
PIANTAVIGNE	2.133	56.929	49.764	26.69	0.987	22.665
RIOFI INTERBACINO	2.568	51.024	38.288	19.869	0.993	6.616
SPINA	2.568	60.575	47.266	23.589	0.936	80.835
Tr 200	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	1.893	63.691	46.455	33.65	0.927	112.278
PIANTAVIGNE	1.893	84.952	77.471	44.877	0.986	37.608
RIOFI INTERBACINO	2.328	66.892	54.231	28.734	0.993	9.491
SPINA	2.328	91.179	75.933	39.166	0.935	132.13
Tr 500	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	1.893	73.748	55.779	38.964	0.927	133.121
PIANTAVIGNE	1.893	104.978	97.222	55.456	0.986	46.708
RIOFI INTERBACINO	2.268	76.781	64.097	33.854	0.993	11.223
SPINA	2.268	111.843	95.246	49.314	0.935	166.181
SCENARIO BETA - Dc critico Spina						
Tr 30	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	2.409	51.171	34.511	21.241	0.931	77.661
PIANTAVIGNE	2.409	59.175	51.869	24.564	0.987	21.31
RIOFI INTERBACINO	2.409	49.947	37.261	20.733	0.993	6.612
SPINA	2.409	59.359	46.106	24.637	0.936	81.065
Tr 200	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	2.169	66.811	49.173	30.803	0.929	112.153
PIANTAVIGNE	2.169	88.71	81.08	40.899	0.987	35.292
RIOFI INTERBACINO	2.169	65.33	52.72	30.12	0.993	9.483
SPINA	2.169	89.15	73.978	41.102	0.934	132.218
Tr 500	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	2.169	77.36	58.977	35.666	0.929	132.631
PIANTAVIGNE	2.169	109.621	101.713	50.54	0.987	43.795
RIOFI INTERBACINO	2.169	75.645	62.964	34.876	0.993	11.217
SPINA	2.169	110.267	93.701	50.838	0.934	166.265
SCENARIO GAMMA - Dc critico Arno						
Tr 30	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	18	103.656	72.988	5.759	0.962	24.247
PIANTAVIGNE	18	112.174	99.141	6.232	0.993	5.347
RIOFI INTERBACINO	18	97.777	72.615	5.432	0.996	2.19
SPINA	18	112.518	90.082	6.251	0.965	26.539
Tr 200	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	18	140.418	108.343	7.801	0.962	34.464
PIANTAVIGNE	18	173.867	160.392	9.659	0.993	8.474
RIOFI INTERBACINO	18	132.453	107.16	7.358	0.996	3.102
SPINA	18	174.731	150.087	9.707	0.965	42.782
Tr 500	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
RIOFI MONTE	18	162.589	129.667	9.033	0.962	40.626
PIANTAVIGNE	18	214.853	201.084	11.936	0.993	10.552
RIOFI INTERBACINO	18	153.367	127.995	8.52	0.996	3.653
SPINA	18	216.118	190.006	12.007	0.965	53.589

Tabella 22. Portate al colmo per ciascuno scenario e tempo di ritorno.

5.4 MODELLO IDRAULICO

5.4.1 IL MODELLO GEOMETRICO

Il modello geometrico utilizzato per la modellistica idraulica è costituito da 69 sezioni, di cui 53 sul torrente Riofi, 6 sul borro di Piantravigne e 10 sul borro della Spina (vedi Figura 52).

Il tratto del borro di Riofi studiato è quello compreso tra la località Casa Borgherese posta a circa 270 metri a monte dell'immissione del borro di Piantravigne e la confluenza in Arno, per uno sviluppo longitudinale di circa 2.760 metri. I ponti montati sul torrente Riofi nel modello sono 4:

1. Ponte Riofi Monte;
2. Ponte Podere San Giuseppe;
3. Ponte Santa Maria;
4. Ponte SP Botriolo

Il borro di Piantravigne è stato studiato per un tratto di circa 180 metri immediatamente a monte dell'immissione sul Riofi. E' stato montato un ponte: ponte Piantravigne.

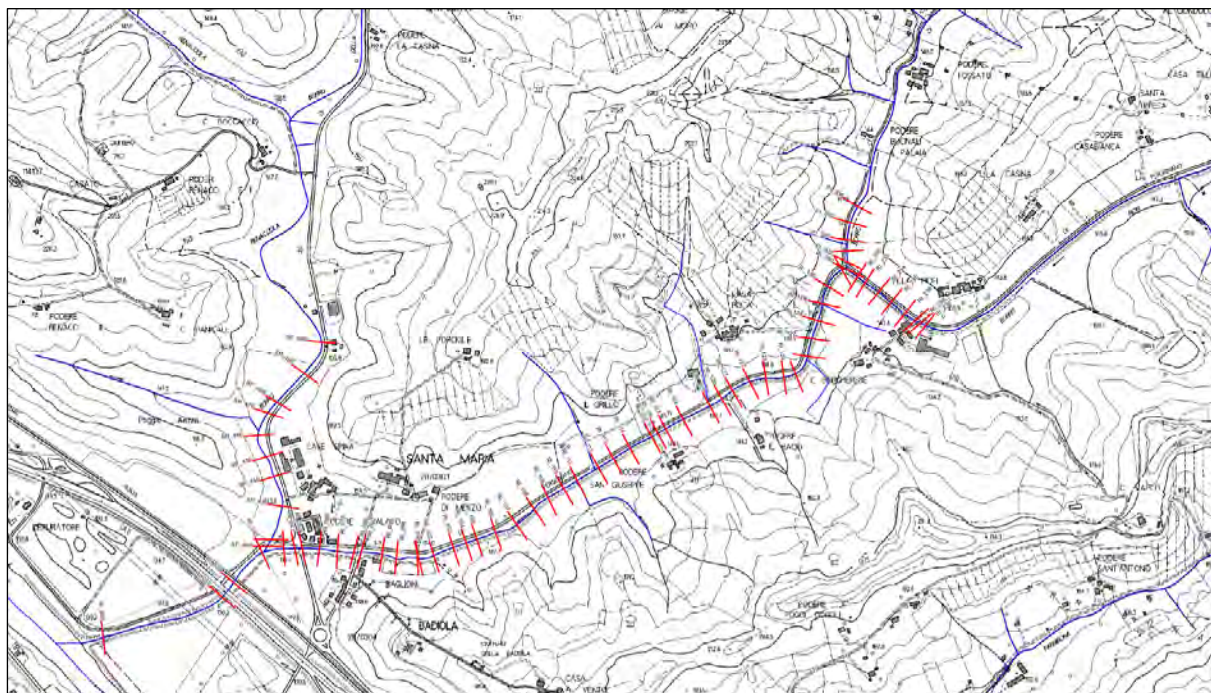


Figura 52. Planimetria sezioni Torrenti: Riofi, Piantravigne, Spina .

Le sezioni per i modelli idraulici del borro di Riofi e del Piantravigne sono state fornite da CSAI e sono quelle utilizzate per la modellazione idraulica effettuata

all'interno del progetto *"Interventi per la completa messa in sicurezza idraulica dell'area posta a valle dell'impianto e delle relative opere connesse e funzionali"*⁶.

Altre sezioni necessarie per il presente studio sono state rilevate tramite Lidar e verificate a terra con adeguati sopralluoghi.

Il tratto di studio che ha interessato il borro della Spina si sviluppa per circa 670 metri a monte dell'immissione sul Riofi. Anche in questo caso è stato montato nel modello un ponte: ponte via Urbinese. Le sezioni in questo caso sono state rilevate tramite Lidar.

5.4.2 MODELLAZIONE ZONE 2D

La zona di studio, su cui è stato creato il modello idraulico 2D, ha un estensione di 131.07 ha (vedi allegato) che si estende dalla confluenza in Arno fino alla sezione di monte del Riofi. E' stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 100 mq, dimensione minima 10 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari a 0.10 m.

Sono stati inseriti all'interno della zona 2D dei poligoni che rappresentano le infrastrutture esistenti che, di fatto, creano ostacolo al deflusso e tolgono volume di accumulo. Per ottenere un modello attuale è stato necessario analizzare le fotografie aeree (anno 2010 Regione Toscana) e aggiungere e/o eliminare alcuni edifici (vedi ad esempio la nuova lottizzazione in località Santa Maria). I poligoni immessi nel modello sono 118.

In maniera analoga sono state valutate delle aree a scabrezza differenziata che rappresentano la viabilità, dove questa è asfaltata la scabrezza di manning è stata valutata con un coefficiente pari a 0.015. Anche in questo caso si è proceduto ad una attualizzazione delle strade esistenti tramite l'analisi delle foto aeree (vedi ad esempio la nuova lottizzazione in località Santa Maria e la variante omonima di recente realizzazione). L'estensione delle aree a scabrezza differenziata copre una superficie di 5.57 ha.

E' stato necessario introdurre due strutture lineari in prossimità della variante alla strada provinciale di Botriolo, per tenere conto delle recenti modifiche morfologiche apportate dalla realizzazione della strada, della rotatoria e della lottizzazione di monte; modifiche non contenute nel rilievo lidar utilizzato per la modellazione idraulica. Le strutture lineari simulano la presenza del rilevato della nuova strada e del nuovo lottizzo attualmente esistenti, come una barriera idraulica con le quote del coronamento coincidenti con quelle dei rilevati.

⁶ Ing. M. Sacchetti – Gennaio 2012

I dati sulle quote di coronamento dei muri inseriti nel modello ICM sono stati ricavati da rilievi di dettaglio con quote assolute solidali e congruenti ai dati LIDAR.

Di seguito si riportano alcune fotografie dei principali muri spondali inseriti nel modello geometrico.



Foto RI_01. Nuova rotatoria, nuova viabilità di raccordo e nuovo lotto.



Foto RI_02. Sulla destra: nuova lottizzazione. E' evidente il rilevato morfologico.

5.4.3 LAYOUT DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito si riporta un estratto da ICM nel quale viene riportato il layout del modello idraulico sovrapposto alla ortofoto, dove è possibile individuare i vari corsi d'acqua e la zona 2D analizzati.

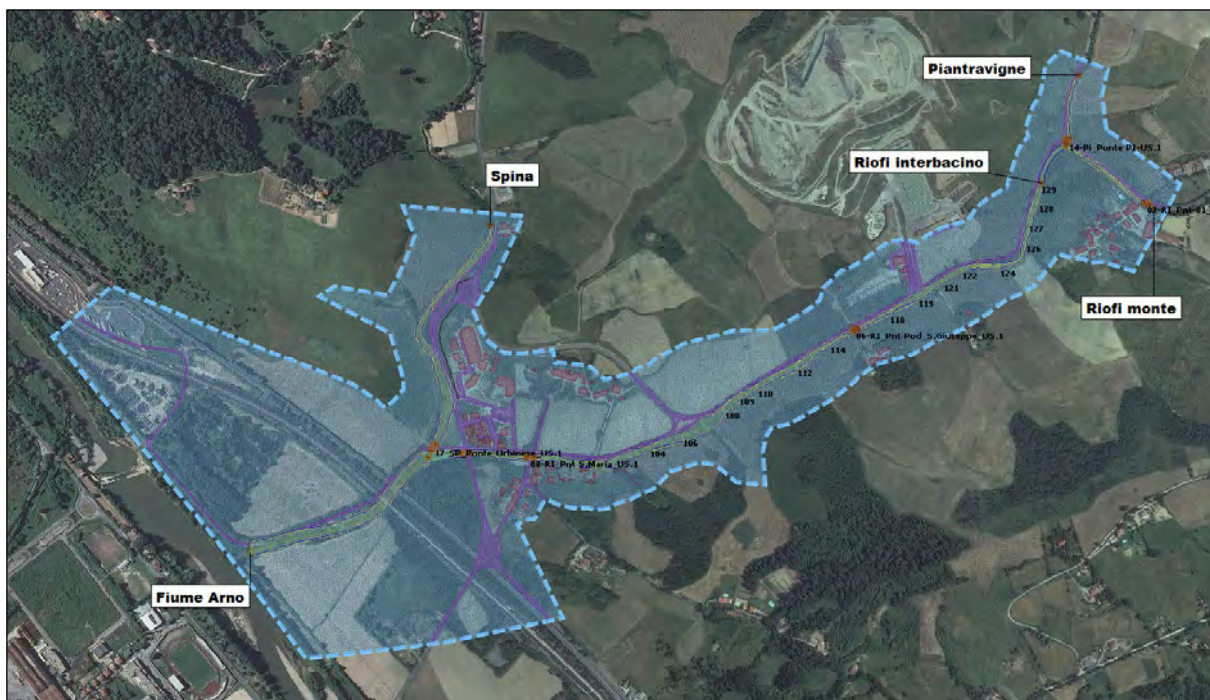


Figura 53. Modello idraulico – sovrapposizione a fotografia aerea.

5.4.4 COEFFICIENTI DI RESISTENZA AL MOTO

Per quanto riguarda i coefficienti di resistenza al moto (scabrezza), sulla base delle caratteristiche dei corsi d'acqua in esame, abbiamo assunto per il deflusso in alveo (1D) un valore di coefficiente di Manning pari a $0.035 \text{ [s/m}^{1/3}]$ per il borro di Riofi, di $0.038 \text{ [s/m}^{1/3}]$ per il borro di Piantravigne e $0.036 \text{ [s/m}^{1/3}]$ il borro della Spina.

Per quanto riguarda le aree simulate in moto bidimensionale (2D) abbiamo assunto come rappresentativo un coefficiente di Manning pari a $0.025 \text{ [s/m}^{1/3}]$.

All'interno dell'ambiente Infoworks ICM sono state inoltre definite aree a scabrezza differenziata nelle zone dove è presente viabilità asfaltata e che pertanto offrono una minore resistenza al moto. Per tali aree è stato adottato un Manning pari a $0.015 \text{ [s/m}^{1/3}]$.

5.4.5 IMMISSIONI

I risultati dell'analisi idrologica, sono costituiti dagli idrogrammi di piena valutati per i vari tempi di ritorno e per i vari scenari analizzati.

In ambiente Infoworks ICM l'inserimento degli idrogrammi è effettuato attraverso la definizione delle immissioni su determinati nodi della rete. Gli idrogrammi relativi ai tratti di monte sono immessi nei rispettivi nodi di monte dei tratti fluviali. Gli idrogrammi relativi ai vari sottobacini analizzati per definire l'incremento delle portate lungo i corsi d'acqua sono invece inseriti in nodi intermedi della rete.

Di seguito si riporta l'elenco dei sottobacini e il nodo in cui è stata definita la relativa immissione nel modello ICM (vedi Figura 53):

1. Borro Riofi Monte: 01-RI_US;
2. Borro Piantravigne: 13-PI_US;
3. Borro di Riofi Interbacino: 05-RI_imm_01;
4. Borro della Spina: 16-SP_US.

5.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni eseguite consentono di definire la pericolosità idraulica indotta dal sistema idraulico Riofi (composto dal borro di Riofi – borro Piantravigne – borro della Spina) sull'area indagata.

Di seguito si riportano le considerazioni sui risultati delle simulazioni idrauliche eseguite in moto vario con Infoworks ICM suddivise per i tempi di ritorno di riferimento ($Tr=200$ e $Tr=30$ anni).

I risultati delle simulazioni idrauliche sono stati elaborati in modo grafico (involuppo dei massimi battenti relativi agli scenari considerati) per la redazione delle cartografie della pericolosità idraulica. Di seguito si riporta un estratto della Carta delle aree a Pericolosità idraulica a cui si rimanda per i dettagli (TAV.IDR03 – in giallo Tr30, in celeste Tr200 e in azzurro chiaro Tr500).

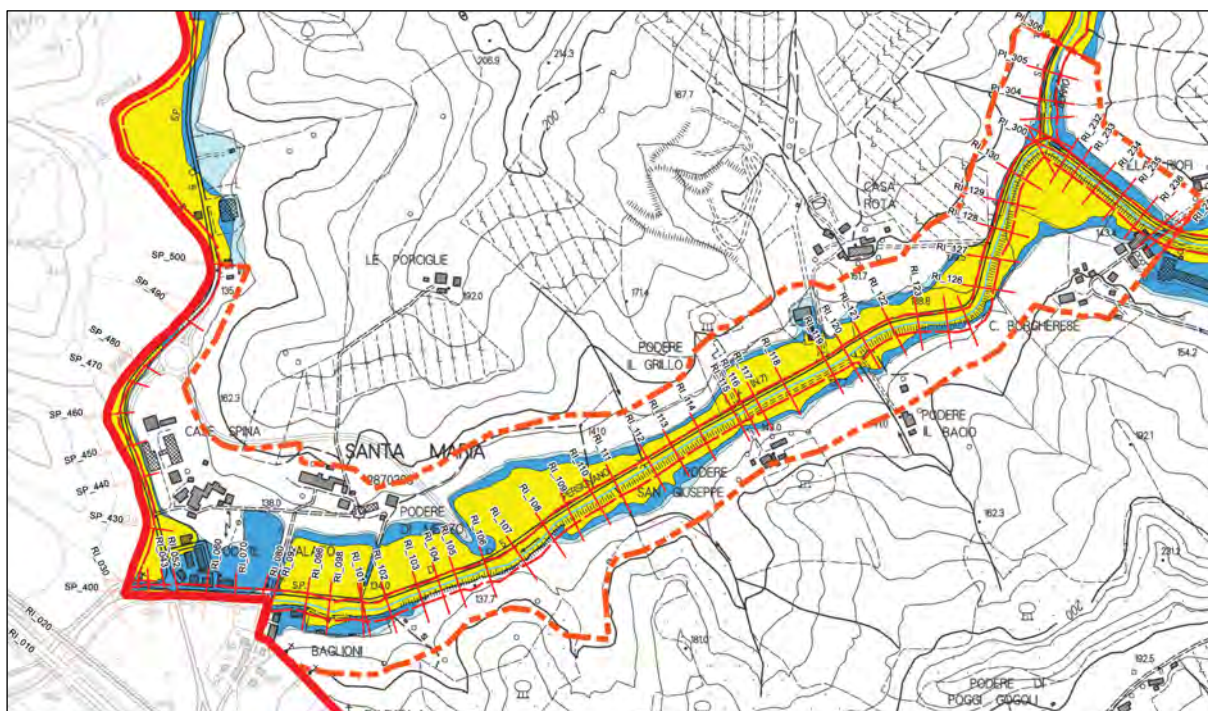


Figura 54. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica.

5.5.1 TEMPO DI RITORNO TRENTENNALE

Borro di Riofi:

Lo scenario ALPHA (Dc critico Riofi - Figura 55) risulta il più critico per il tratto di monte fino alla sezione RI_103 in prossimità della località Podere di mezzo. Nel tratto successivo lo scenario più critico risulta essere il BETA (Dc critico Spina) fino alla

sezione 20-1-0 ubicata subito a valle del rilevato autostradale. Da questa fino alla confluenza in Arno lo scenario più critico è il GAMMA (Dc critico Arno) poiché in questo tratto si ha l'influenza dei tiranti idrici dovuti al transito della piena in Arno.

I risultati della modellazione idraulica rendono evidente l'insufficienza delle sezioni attuali del Riofi, così come l'inadeguatezza degli attraversamenti esistenti.

Nel tratto di monte compreso tra le sezioni RI_240 e RI_126 si hanno esondazioni in destra idraulica che vanno ad interessare la sede viaria della strada provinciale n°7 di Persignano, mentre in sinistra si ha l'allagamento di un'estesa area compresa tra il borro e il versante collinare.

A valle, tra le sezioni RI_128 e RI_092 (ponte di Santa Maria), sono evidenti estesi fenomeni di allagamento in sponda destra che vanno ad interessare la strada provinciale n°7 di Persignano e l'area pianeggiante compresa tra questa e il versante collinare.

A valle del ponte di Santa Maria si ha il superamento della sponda sinistra con il conseguente allagamento dell'area depressa adiacente (comune di San Giovanni Valdarno), mentre in sponda destra non si hanno esondazioni.

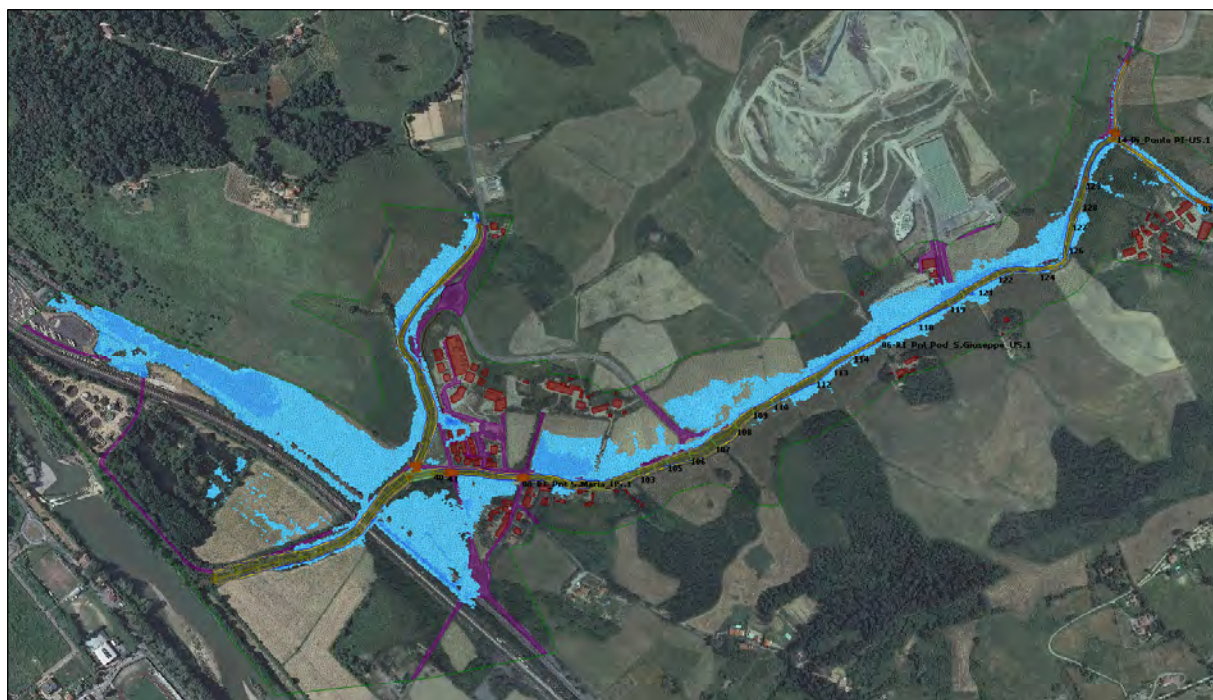


Figura 55. Risultati modellazione idraulica per Tr30 – Scenario ALPHA.

Borro di Piantravigne:

Per questo tempo di ritorno lo scenario più critico risulta essere l'ALPHA. Si ha il superamento della sponda destra con conseguente allagamento della sede viaria della S.C. di Piantravigne, causato principalmente dal ponte Piantravigne e dal rigurgito da questo derivante.

Borro della Spina:

Per $Tr=30$ anni lo scenario più critico risulta essere il BETA. Per questo corso d'acqua si ha il superamento di entrambi i cigli di sponda a causa del rigurgito che si crea sia per la presenza del ponte di Via Urbinese che dei livelli che si instaurano sul Riofi. L'erosione in sponda sinistra provoca l'allagamento della strada provinciale di Botriolo e di alcune abitazioni nel nucleo di Santa Maria.

5.5.2 TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Borro di Riofi:

Per $Tr=200$ anni lo scenario ALPHA (Figura 56) rimane il più significativo per il tratto di monte fino alla sezione RI_098. Da questa fino alla sezione RI_070 risulta essere lo scenario BETA mentre dalla RI_070 fino alla confluenza in Arno lo scenario più critico risulta essere il GAMMA. Questo evidenzia che per questo tempo di ritorno l'influenza dei battenti in Arno interessa un tratto più esteso di quanto avviene per $Tr=30$ anni.

In questo scenario si conferma la dinamica relativa ai superamenti dei cigli di sponda descritti per l'evento trentennale con un aumento delle superfici e anche del numero degli edifici interessati dagli allagamenti. In aggiunta si evidenzia il superamento del ciglio di sponda destra nel tratto subito a valle del ponte di Santa Maria, che porta ad un allagamento del nucleo abitato omonimo.

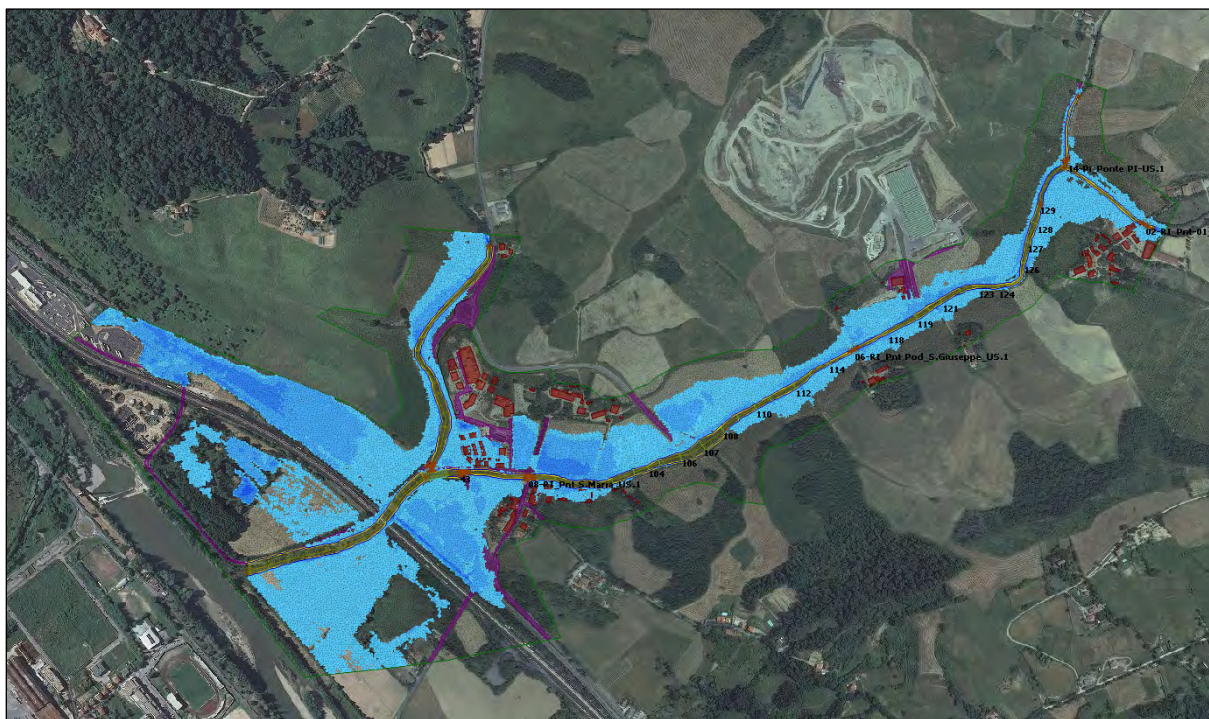


Figura 56. Risultati modellazione idraulica per $Tr=200$ – Scenario ALPHA.

Borro di Piantravigne:

Per questo tempo di ritorno lo scenario più critico risulta essere l'ALPHA. Anche in questo caso, come per il Riofi, si conferma la dinamica relativa ai superamenti dei cigli di sponda descritti per l'evento trentennale con un aumento delle superfici interessate dagli allagamenti, a cui si aggiunge l'allagamento anche in sponda sinistra.

Borro della Spina:

Per $Tr=200$ anni lo scenario più critico risulta essere il BETA fino alla sezione 430. A valle di questa i livelli idraulici sono influenzati dai battenti in Arno, analogamente a quanto accade per il Riofi e quindi prevale lo scenario GAMMA.

Si conferma la dinamica relativa ai superamenti dei cigli di sponda descritti per l'evento trentennale con un aumento delle superfici interessate dagli allagamenti, e il conseguente maggior contributo all'allagamento del nucleo abitato di Santa Maria.

Di seguito si riportano gli estratti della modellazione idraulica relativamente all'abitato di Santa Maria per $Tr=200$ e per i tre scenari analizzati.

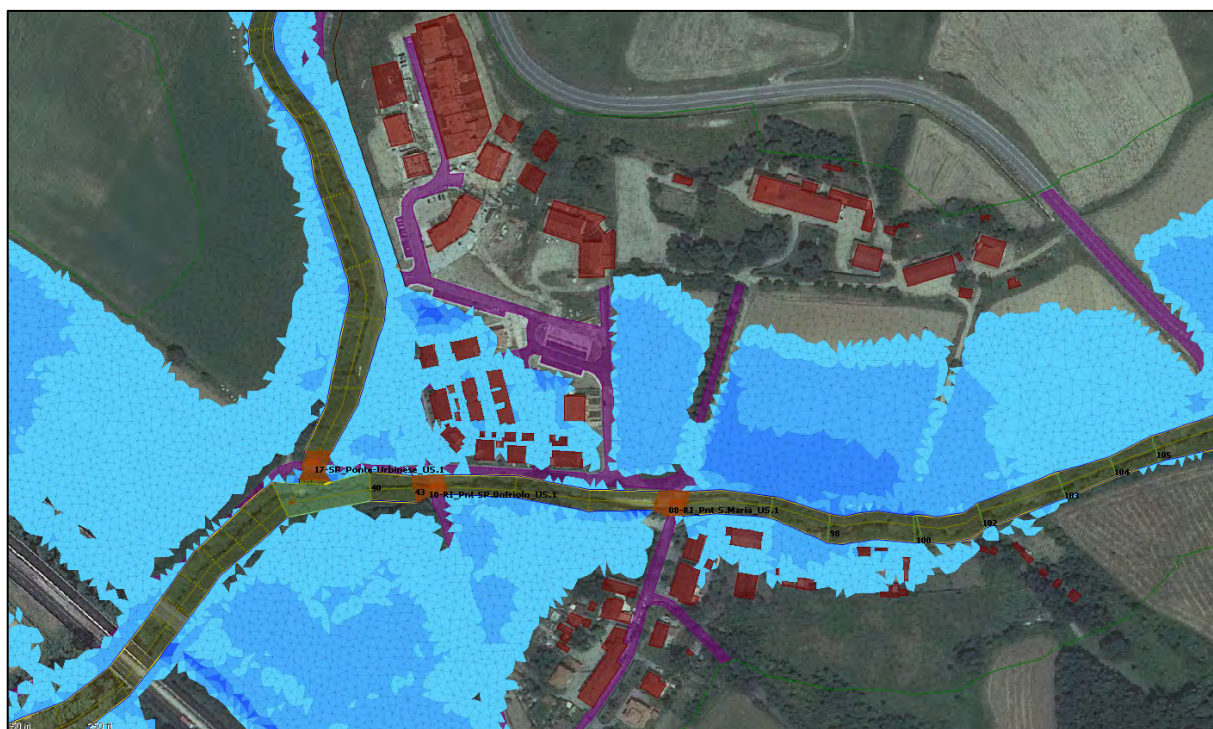


Figura 57. Risultati modellazione idraulica per $Tr=200$ – Scenario ALPHA – Dettaglio: Loc. Santa Maria.



Figura 58. Risultati modellazione idraulica per Tr200 – Scenario Beta - Dettaglio: Loc. Santa Maria.



Figura 59. Risultati modellazione idraulica per Tr200 – Scenario Gamma - Dettaglio: Loc. Santa Maria.

6. SISTEMA LE VILLE

6.1 INTRODUZIONE

La valutazione della pericolosità idraulica, sul borro le Ville, è stata eseguita attraverso uno studio idrologico-idraulico che riguarda un tratto del borro che si estende dalla sezione posta a circa 170 metri a monte dell'attraversamento della strada comunale delle Ville presso la località Costa ai Mori, a quella di valle posta a circa 410 metri a monte della confluenza in Arno per uno sviluppo longitudinale complessivo di circa 3.950 metri, oltre ai tratti di valle dei borri: Scuragnolo e Farnibona, affluenti in sponda destra.

E' stato necessario in un secondo momento approfondire lo studio idraulico relativamente ad un affluente destro delle Ville, il fosso di Cavalosso, che scorre in adiacenza al nucleo abitato delle Ville. Per le valutazioni sulla pericolosità derivanti da questo corso d'acqua si è proceduto sviluppando un modello idraulico separato da quello generale, che considera solamente il fosso di Cavalosso, sul quale come condizioni di valle sono state imposte quelle ricavate dal modello generale.

Si aggiunge a queste valutazioni, quella relativa ad un tratto del borro di Farnibona situato a circa 1 km dalla confluenza con il borro delle Ville e che si estende verso monte per circa 250 metri, derivante da studi idrologici-idraulici di dettaglio redatti negli anni passati a supporto di interventi di varia natura sul territorio comunale (indicata nella tavola IDR03 – OVEST come: "*Tratti interessati da perimetrazioni di pericolosità idraulica derivata da studi idrologico-idraulici di dettaglio*"). In dettaglio:

- Borro di Farnibona: *Relazione idrologico-idraulica redatta a supporto della progettazione del Piano di Recupero in località Farnibona denominato dal Regolamento Urbanistico Er vil 04 nel Comune di Terranuova Bracciolini, in relazione al rischio idraulico indotto nell'area dal borro di Farnibona.*
Redazione: Ing. Leonardo Marini - Sorgente Ingegneria – anno 2009.

Di questo studio se ne riportano al paragrafo 6.6 i contenuti essenziali e in allegato i risultati della simulazione idraulica.

6.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino imbrifero del borro delle Ville si estende quasi interamente nel comune di Terranuova Bracciolini, interessando il comune di San Giovanni Valdarno solamente nella sua parte terminale di valle; il corso d'acqua è affluente sinistro del fiume Arno.

La sezione di chiusura adottata per il calcolo delle portate di riferimento è situata a circa 410 metri a monte della confluenza in Arno, a valle dell'attraversamento della linea ferroviaria direttissima Firenze-Roma.

La corografia del bacino imbrifero è riportata in allegato.

L'area di studio è riportata nella figura seguente.

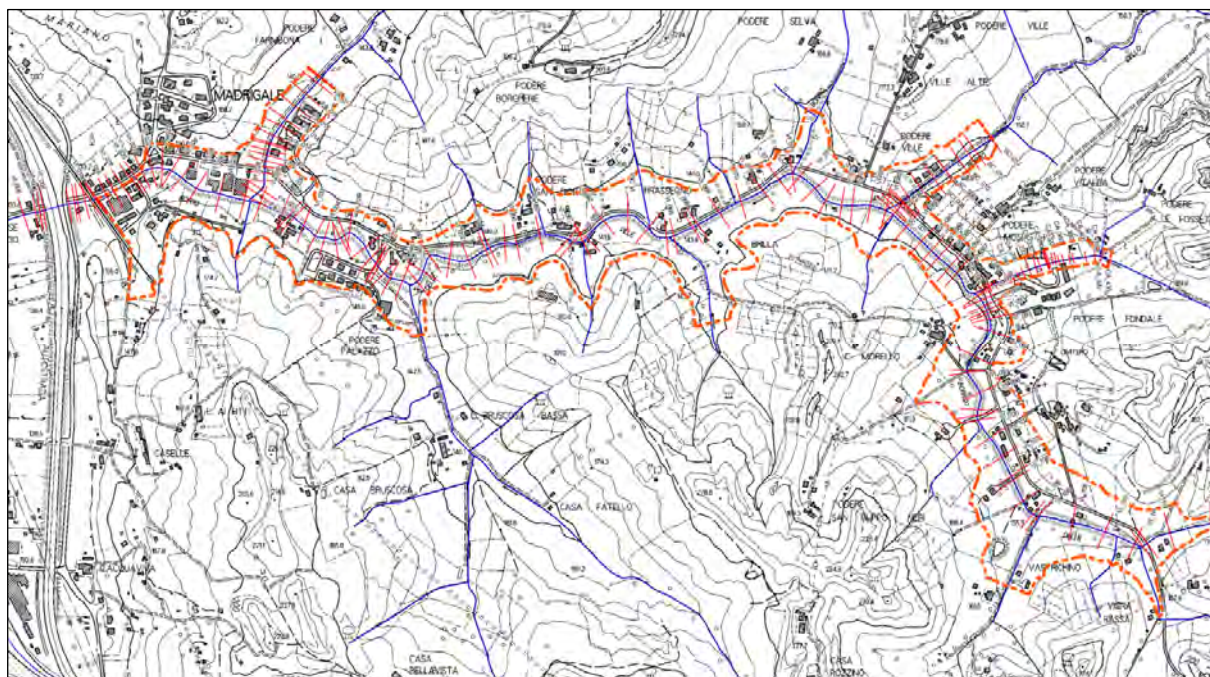


Figura 60. Inquadramento zona di studio del modello idraulico.

Il bacino raggiunge la sua altezza massima a circa 255.00 metri slm; presso la sezione di chiusura adottata, la quota minima è 131.71 m slm, la superficie è pari a 8.35 km² e la lunghezza totale dell'asta principale è di 5.54 km.

6.3 MODELLAZIONE IDROLOGICA

6.3.1 PARAMETRI UTILIZZATI

La stima delle portate al colmo è stata sviluppata con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana, codice ALTO 2000 (Alluvioni in Toscana); tale metodologia è già stata esposta nei paragrafi precedenti e vi si rimanda per ulteriori dettagli.

6.3.2 VALUTAZIONI SUGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del sistema idraulico costituito da Borro delle Ville – Borro dello Scuragnolo – Borro di Farnibona sono stati analizzati più scenari critici per valutare le diverse risposte idrologiche dei corsi d'acqua. Questo permette, in fase di modellazione idraulica, di definire le perimetrazioni più critiche come involucro dei battenti massimi degli scenari analizzati.

Nel caso in esame è stato necessario definire tre scenari di riferimento:

- 6.3.2.1 Scenario ALPHA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il borro delle ville nel tratto di valle. Si è assunto quindi di imporre al bacino Ville monte, dello Scuragnolo, della Selva, del Borro Fatello e del Farnibona, il Dc critico caratteristico del bacino delle Ville di valle, pari a 1.666 h (considerando l'intero bacino imbrifero sotteso).
- 6.3.2.2 Scenario BETA: rappresenta le condizioni di deflusso maggiormente critiche per il borro di Farnibona, per il tratto di monte delle Ville e degli altri bacini analizzati. Si è assunto come Dc critico quello del borro Farnibona, pari a 0.881 h imponendolo a tutti i bacini.
- 6.3.2.3 Scenario GAMMA: questo scenario non è stato valutato in quanto a seguito di una verifica è risultato che i livelli del fiume Arno non influenzano quelli del borro delle Ville nel tratto a monte del rilevato della linea ferroviaria direttissima Firenze-Roma, anche a causa dell'attraversamento di questa infrastruttura che crea un rigurgito importante a monte innalzando i livelli idrici ben al di sopra di quelli in Arno.

Per quanto riguarda il fosso Cavalosso si è considerato un unico scenario, denominato ALPHA, in cui si sono calcolati i parametri morfologici e idrologici e montato un modello idraulico separato da quello generale, che considera solamente il fosso di Cavalosso.

6.3.3 CONDIZIONI AL CONTORNO DI MONTE

Per ciascuno scenario e per ogni tempo di ritorno analizzato è stata calcolata la durata di pioggia critica che massimizza l'afflusso del relativo corso d'acqua e in funzione di questa sono stati calcolati i relativi idrogrammi di piena per ciascun tributario analizzato.

Gli idrogrammi così ottenuti rappresentano la condizione al contorno di monte (immissioni).

6.3.4 CONDIZIONI AL CONTORNO DI VALLE

La condizione di valle sul borro delle Ville, per la simulazione idraulica del modello generale, che considera il sistema Ville-Scuragnolo-Farnibona, è stata assunta come altezza di moto uniforme (normal depth). L'influenza dei livelli idrici sull'Arno risulta infatti trascurabile nel tratto di studio analizzato. Per una durata delle precipitazioni di 3 ore si ha che i battenti attesi in Arno (sez.842a modello SIMI) per Tr30 e Tr200 sono rispettivamente di 131.42 m slm e 132.55 m slm, risultando nettamente inferiori a quelli attesi alla sezione di chiusura adottata nel presente studio che si attestano rispettivamente a 133.56 m slm e 133.62 m slm.

La condizione di valle per il modello idraulico del Cavalosso è stata ricavata dal modello generale (Ville-Scuragnolo-Farnibona), estraendo i dati relativi al livello idrico massimo atteso alla confluenza con il borro delle Ville (sez. VI_088).

I livelli maggiori alla confluenza risultano essere quelli relativi allo scenario Beta.

Si è imposto il livello massimo come livello statico per tutta la durata della simulazione.

Tr	Livelli sezione VI_088
[anni]	[m slm]
30	148.839
200	149.150
500	149.313

Tabella 23. Livelli idrici massimi sez.VI_088.

6.3.5 ANALISI IDROLOGICA

La modellazione del sistema le Ville è stata eseguita tramite la suddivisione del bacino in sei sottobacini:

1. Bacino Ville monte: è il bacino di monte, chiuso alla confluenza con il borro dello Scuragnolo;
2. Bacino Scuragnolo;
3. Bacino Selva;
4. Bacino Ville interbacino;
5. Bacino Fatello;
6. Bacino Farnibona.

La modellazione del fosso di Cavalosso è stata eseguita definendo il bacino idrografico specifico.

Per ciascuno di questi sono stati calcolati i parametri morfologici ed idrologici e sono stati ricavati gli idrogrammi di piena per ciascuno scenario analizzato.

Si riportano di seguito i risultati numerici ottenuti tramite le elaborazioni descritte nel capitolo 2.5.

Parametri Morfologici e idrologici - Bacino Le Ville											
Nome	Area Bacino	la	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
						a1	n1	m1	a	n	m
-	Kmq	mm	mm/h	-	h		-	-		-	
VILLE MONTE	2.160	6.226	0.000	2.266	0.220	20.655	0.316	0.160	19.415	0.345	0.214
SCURAGNOLO	1.710	10.175	0.000	3.029	0.207	21.395	0.339	0.150	20.867	0.289	0.200
LA SELVA	0.570	3.300	0.000	2.008	0.151	22.888	0.419	0.140	21.875	0.253	0.185
BORRO FATELLO	1.15	9.9	0.000	2.089	0.168	22.623	0.405	0.14	21.696	0.259	0.188
FORNIBONA	1.48	3.3	0.000	2.513	0.232	22.888	0.419	0.14	21.875	0.253	0.185
VILLE VALLE	1.28	7.194	0.000	2.395	0.45	22.221	0.387	0.15	20.031	0.325	0.206

Tabella 24. Parametri morfologici ed idrologici – Torrente Ville.

Parametri Morfologici e idrologici - Bacino Cavalosso											
Nome	Area Bacino	la	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
						a1	n1	m1	a	n	m
-	Kmq	mm	mm/h	-	h		-	-		-	
CAVALOSSO	0.373	8.8	0.000	2.398	0.095	21.561	0.348	0.15	20.979	0.285	0.198

Tabella 25. Parametri morfologici ed idrologici – Fosso Cavalosso.

Gli scenari idrologici sono stati valutati adottando l'isofrequenza dei tempi di ritorno per ciascun tratto fluviale.

BACINO LE VILLE						
PORTATE AL COLMO PER CIASCUN SCENARIO E TEMPO DI RITORNO						
SCENARIO ALFA - Dc critico Le Ville						
Tr 30	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	1.666	47.942	41.758	28.777	0.99	16.828
SCURAGNOLO	1.666	42.367	32.668	25.43	0.993	11.363
LA SELVA	1.666	45.634	42.424	27.391	0.998	4.43
BORRO FATELLO	1.666	44.784	35.368	26.881	0.995	8.636
FORNIBONA	1.666	45.634	42.305	27.391	0.994	10.957
VILLE VALLE	1.666	45.094	38.164	27.067	0.994	7.428
Tr 200	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	1.666	71.951	65.535	43.188	0.99	25.387
SCURAGNOLO	1.666	56.314	46.514	33.802	0.993	15.323
LA SELVA	1.666	59.516	56.274	35.724	0.998	5.778
BORRO FATELLO	1.666	58.408	48.927	35.059	0.995	11.288
FORNIBONA	1.666	59.516	56.104	35.724	0.994	14.312
VILLE VALLE	1.666	59.939	52.926	35.978	0.994	10.107
Tr 500	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	1.666	87.538	80.971	52.544	0.99	30.935
SCURAGNOLO	1.666	64.611	54.751	38.782	0.993	17.672
LA SELVA	1.666	67.662	64.402	40.614	0.998	6.569
BORRO FATELLO	1.666	66.402	56.884	39.857	0.995	12.844
FORNIBONA	1.666	67.662	64.201	40.614	0.994	16.281
VILLE VALLE	1.666	68.77	61.707	41.278	0.994	11.699
SCENARIO BETA - Dc critico Farnibona						
Tr 30	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	0.881	38.482	32.343	43.68	0.989	21.064
SCURAGNOLO	0.881	34.137	24.465	38.748	0.992	12.545
LA SELVA	0.881	34.942	31.746	39.662	0.997	6.164
BORRO FATELLO	0.881	34.599	25.207	39.272	0.995	10.974
FORNIBONA	0.881	34.942	31.648	39.662	0.993	12.867
VILLE VALLE	0.881	35.24	28.34	40	0.994	6.606
Tr 200	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	0.881	57.753	51.405	65.554	0.989	32.376
SCURAGNOLO	0.881	45.375	35.61	51.504	0.992	17.578
LA SELVA	0.881	45.572	42.348	51.727	0.997	8.068
BORRO FATELLO	0.881	45.124	35.676	51.219	0.995	14.758
FORNIBONA	0.881	45.572	42.205	51.727	0.993	16.979
VILLE VALLE	0.881	46.841	39.868	53.168	0.994	9.235
Tr 500	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
Corso d'acqua						
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
VILLE MONTE	0.881	70.264	63.78	79.755	0.989	39.684
SCURAGNOLO	0.881	52.06	42.241	59.092	0.992	20.562
LA SELVA	0.881	51.809	48.569	58.807	0.997	9.186
BORRO FATELLO	0.881	51.3	41.819	58.23	0.995	16.979
FORNIBONA	0.881	51.809	48.4	58.807	0.993	19.392
VILLE VALLE	0.881	53.742	46.725	61.001	0.994	10.787

Tabella 26. Portate al colmo per ciascun scenario e tempo di ritorno.

Fosso Cavalosso - portate al colmo - SCENARIO ALFA - Dc critico Cavalosso						
Tr	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
500	0.491	42.745	34.335	87.13	0.998	8.061
200	0.491	37.256	28.857	75.941	0.998	6.936
30	0.491	28.029	19.648	57.133	0.998	4.893

Tabella 27. Portate al colmo per ciascun tempo di ritorno.- Fosso Cavalosso.

6.4 MODELLO IDRAULICO

6.4.1 IL MODELLO GEOMETRICO

Il modello geometrico utilizzato per la modellistica idraulica è costituito da 245 sezioni, di cui 162 sul borro delle Ville, 16 sul borro dello Scuragnolo, 24 sul borro Farnibona e 43 sul fosso di Cavalosso (vedi Figura 61).

Il tratto del borro delle Ville studiato è quello compreso tra la sezione posta a circa 170 metri a monte dell'attraversamento della strada comunale delle Ville presso la località Costa ai Mori, e quella posta a circa 410 metri a monte della confluenza in Arno, a valle della line ferroviaria direttissima Firenze-Roma, per uno sviluppo longitudinale di circa 3.950 metri. I ponti montati nel modello sono 16 e sono stati nominati con un numero progressivo da monte verso valle (vedi Figura 64).

Il borro dello Scuragnolo è stato studiato per un tratto di circa 303 metri immediatamente a monte dell'immissione sulle Ville. E' stato montato un ponte: ponte Scuragnolo (vedi Figura 64).

Il borro di Farnibona è stato studiato per un tratto di circa 359 metri immediatamente a monte dell'immissione sulle Ville. Sono stati montati tre ponti, anche in questo caso denominati con un numero progressivo da monte verso valle (vedi Figura 64).

Il fosso di Cavalosso è stato studiato per un tratto di circa 350 metri immediatamente a monte della confluenza con il borro delle Ville. Sono stati montati due ponti: Ponte Cavalosso 01 e Ponte via delle Ville (vedi Figura 65).

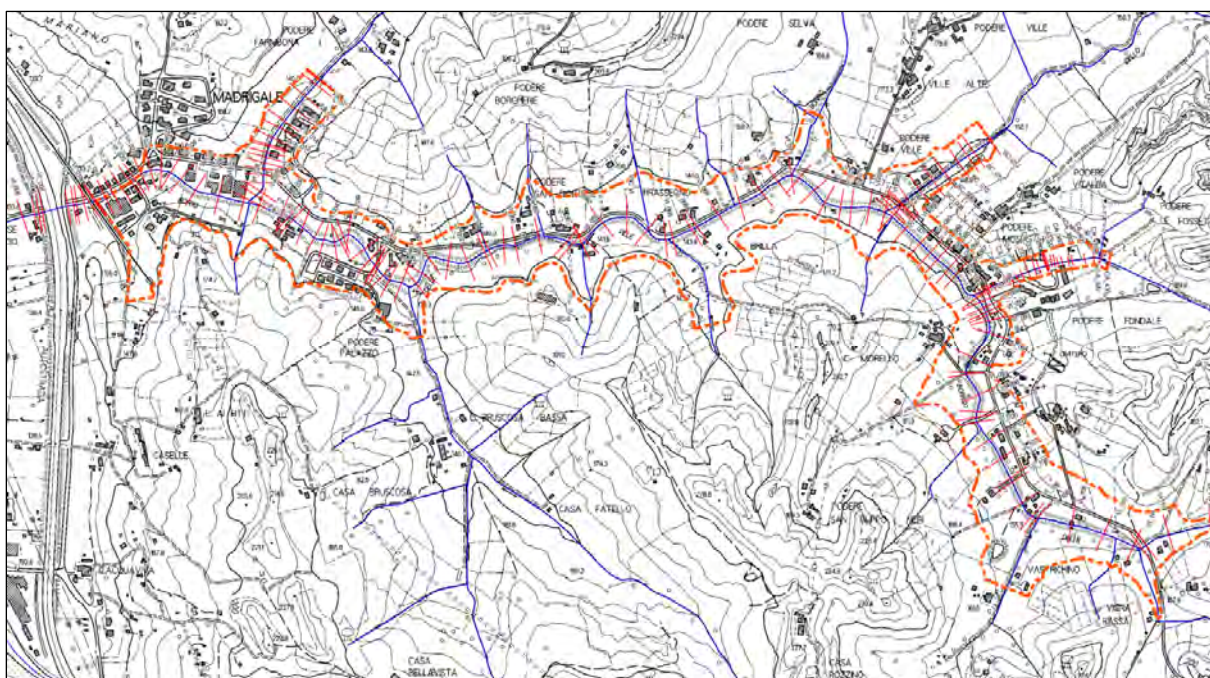


Figura 61. Planimetria sezioni Torrenti: Le Ville, Scuragnolo, Farnibona, Cavalosso .

Le sezioni per i modelli idraulici di alcuni tratti del borro delle Ville, dello Scuragnolo e del Farnibona sono state rilevate dagli scriventi in occasione di vari interventi progettati negli anni passati. In dettaglio:

1. Borro delle Ville:
 - a. Tratto tra le sezioni VI_087 – VI_077 – Anno 2007 a supporto del RU
 - b. Tratto tra le sezioni VI_94 – VI_088 – Anno 2007 Privato
 - c. Tratto tra le sezioni VI_46 – VI_027 – Anno 2007 a supporto del RU;
 - d. Tratto tra le sezioni VI_099_ VI_094 – Anno 2012 a supporto del PS;
 - e. Tratto tra le sezioni VI_077_ VI_074 – Anno 2012 a supporto del PS;
2. Borro dello Scuragnolo:
 - a. Tratto tra le sezioni SC_001-SC013 – Anno 2007 a supporto del RU;
3. Borro di Farnibona:
 - a. Tratto tra le sezioni FA_001-FA_017 – Anno 2007 a supporto del RU;

Altre sezioni necessarie per il presente studio sono state rilevate tramite Lidar e verificate a terra con adeguati sopralluoghi.

6.4.2 MODELLAZIONE ZONE 2D

La zona di studio modellata con simulazione bidimensionale (2D) per il sistema Le Ville, ha un'estensione di 116.70 ha (vedi allegato) che si estende sull'area di fondovalle, compresa tra il rilevato della linea ferroviaria Direttissima Firenze-Roma e dell'autostrada A1 e il fiume Arno, e risale verso monte lungo il tracciato del borro delle Ville fino alla sezione di monte. E' stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 25 mq, dimensione minima 10 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari a 0.10 m.

Per il fosso di Cavalosso la zona 2D ha un'estensione di 2.07 ha che si estende dalla confluenza con il borro delle Ville fino alla sezione di monte. E' stata impostata una magliatura con le seguenti caratteristiche: dimensione massima dei triangoli 30 mq, dimensione minima 10 mq, magliatura dipendente dal terreno con massima variazione di altezza pari a 0.10 m.

Sono stati inseriti all'interno della zona 2D dei poligoni che rappresentano le infrastrutture esistenti che, di fatto, creano ostacolo al deflusso e tolgono volume di accumulo. I poligoni immessi nel modello sono 389.

In maniera analoga sono state valutate delle aree a scabrezza differenziata che rappresentano la viabilità, dove questa è asfaltata la scabrezza di manning è stata

valutata con un coefficiente pari a 0.015. L'estensione delle aree a scabrezza differenziata copre una superficie di 1.07 ha.

E' stato necessario introdurre alcune strutture lineari per simulare la presenza di strutture murarie esistenti a protezione di alcuni edifici. Per fare questo è stato condotto un rilievo di dettaglio delle suddette strutture che poi sono state inserite nel modello idraulico. Con questa procedura si riesce a simulare la dinamica dell'allagamento condizionata da queste discontinuità. Dove, durante i sopralluoghi, si sia verificata la presenza di aperture e/o collegamenti idraulici, come scarichi delle acque pluviali dei piazzali o simili, non muniti di valvole antiriflusso, si è considerata la struttura come trasparente.

Le principali strutture "muri" denominate in ICM "base linear structure 2D" inserite nel modello geometrico sono:

- Muro in adiacenza agli edifici posti in destra idraulica del fosso Cavalosso in corrispondenza della confluenza con il borro delle Ville, simula il muro esistente che protegge le suddette abitazioni;
- Muri posti lungo la viabilità comunale delle Ville, nel tratto a valle dell'immissione del borro della Selva. I muri simulano la presenza dei muretti di recinzione presenti al bordo della viabilità, la cui altezza è in media di 50-60 cm dal piano viario. Sono stati inseriti dove si è ritenuto importante valutarne il possibile effetto sulla propagazione degli allagamenti, lasciando delle aperture in corrispondenza degli accessi ai resede interni (vedi foto VI_01, VI_02 e VI_03);
- Muri nella zona industriale di Farnibona, immediatamente a valle dell'immissione dell'omonimo borro su quello delle Ville. In questo caso si è inserito un muro in corrispondenza di una recinzione muraria continua a protezione di un resede privato, in sponda destra del Farnibona (vedi foto VI_04 e VI_05). In questo tratto di confluenza c'è la forte propensione ad allagamento dell'area, si è ritenuto quindi importante valutare l'effetto di quest'opera sulla dinamica di allagamento del resede privato e delle aree poste più a valle. La presenza di un'apertura di accesso, seppur chiusa, nella parte prospiciente il borro delle Ville è stata simulata creando una discontinuità sul muro di larghezza pari a quella dell'apertura stessa. Un altro muro è stato inserito nel tratto immediatamente a valle per tenere conto della presenza di una recinzione muraria continua in sponda destra (vedi foto VI_06).

I dati sulle quote di coronamento dei muri inseriti nel modello ICM sono stati ricavati da rilievi topografici di dettaglio con quote assolute solidali e congruenti ai dati LIDAR.

Di seguito si riportano alcune fotografie dei principali muri inseriti nel modello geometrico.



Foto VI_01. Muretti di recinzione adiacenti la viabilità comunale delle Ville.



Foto VI_02. Muretti di recinzione adiacenti la viabilità comunale delle Ville.



Foto VI_03. Muretti di recinzione adiacenti la viabilità comunale delle Ville.



Foto VI_04. Zona industriale di Farnibona, muro di recinzione in sponda destra.



Foto VI_05. Zona industriale di Farnibona, muro di recinzione in sponda destra - vista lungo la strada comunale delle Ville.



Foto VI_06. Zona industriale di Farnibona, muro di recinzione continuo in sponda destra del borro delle Ville.

6.4.3 LAYOUT DEL MODELLO IDRAULICO

Di seguito si riportano alcuni estratti da ICM nei quali viene riportato il layout del modello idraulico sovrapposto alla ortofoto ed al rilievo LIDAR dove è possibile individuare i vari corsi d'acqua e la zona 2D analizzati.

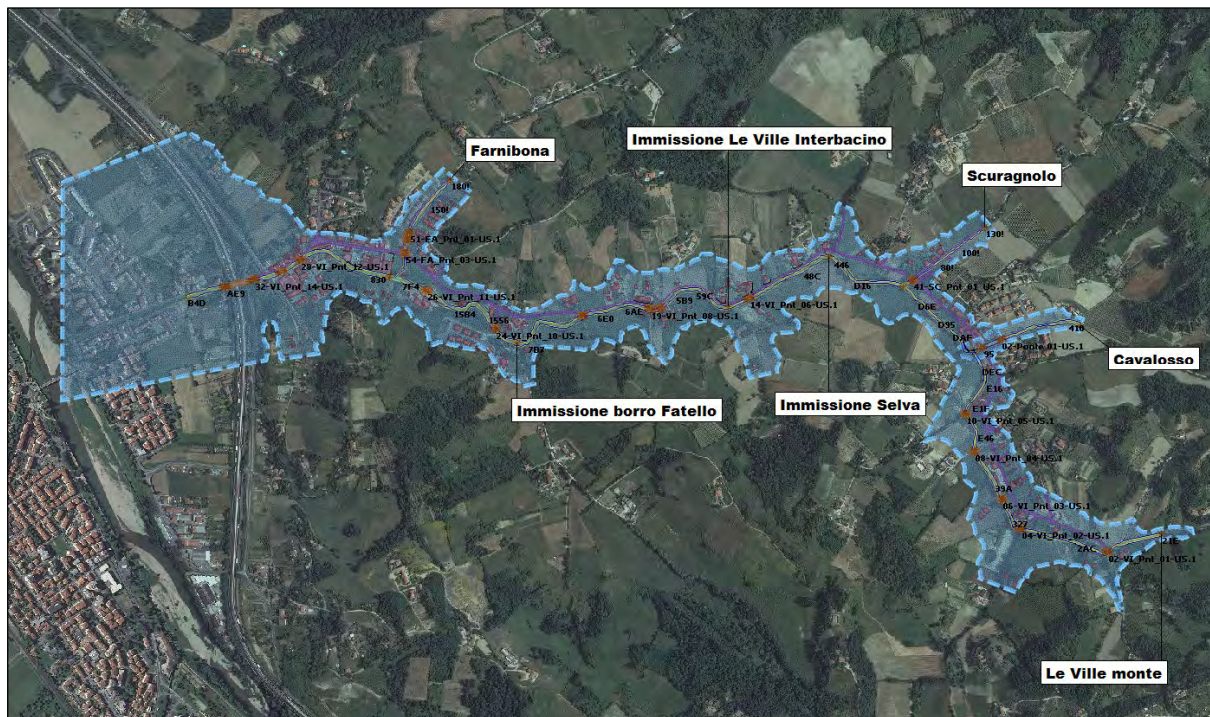


Figura 62. Modello idraulico – Immissioni - sovrapposizione al rilievo Lidar.

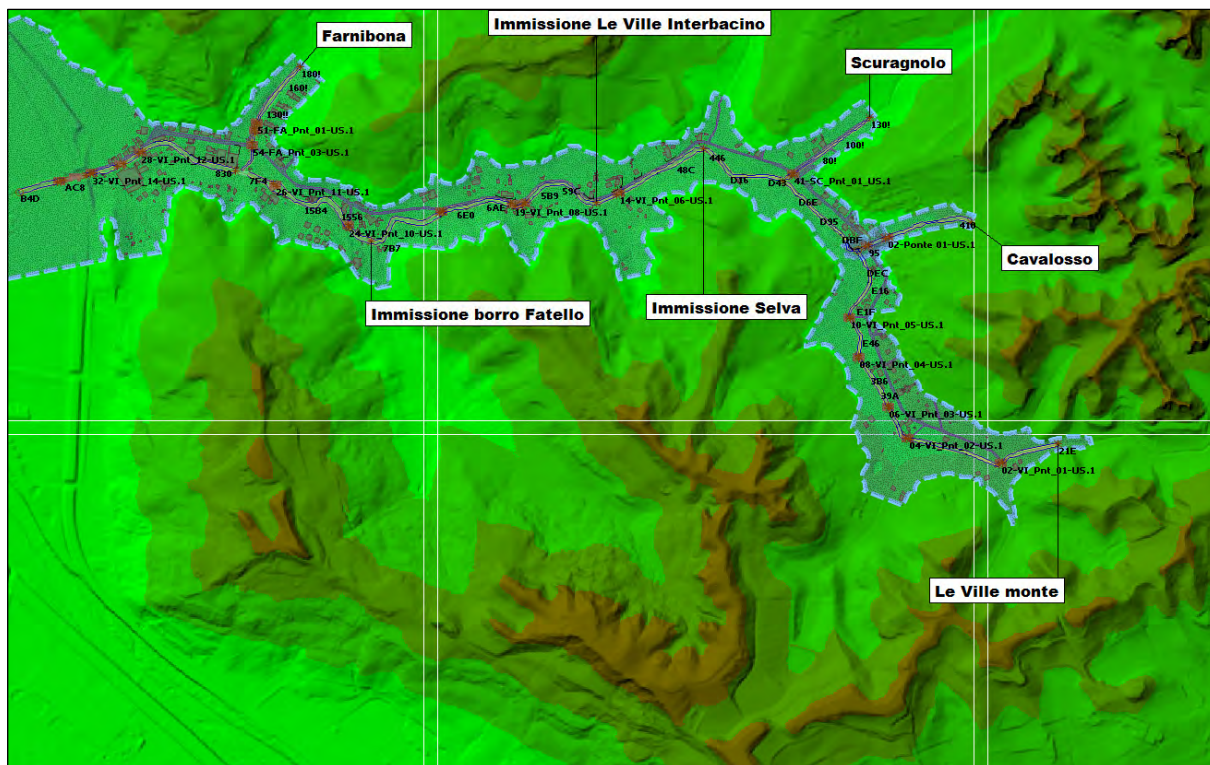


Figura 63. Modello idraulico – Immissioni - sovrapposizione al rilievo Lidar.

6.4.4 COEFFICIENTI DI RESISTENZA AL MOTO

Per quanto riguarda i coefficienti di resistenza al moto (scabrezza), sulla base delle caratteristiche dei corsi d'acqua in esame, abbiamo assunto per il deflusso in alveo (1D) un valore di coefficiente di Manning pari a $0.040 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$ per il borro delle Ville, il borro dello Scuragnolo e il borro di Farnibona, mentre per il fosso Cavalosso si è assunto per la parte di monte un coefficiente Manning pari a $0.042 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$ e per la parte di valle (a valle del ponte Cavalosso 01) un coefficiente Manning pari a $0.070 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$.

Per quanto riguarda le aree simulate in moto bidimensionale (2D) abbiamo assunto come rappresentativo un coefficiente di Manning pari a $0.025 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$.

All'interno dell'ambiente Infoworks ICM sono state inoltre definite aree a scabrezza differenziata nelle zone dove è presente viabilità asfaltata e che pertanto offrono una minore resistenza al moto. Per tali aree è stato adottato un Manning pari a $0.015 \text{ [s/m}^{1/3}\text{]}$.

6.4.5 IMMISSIONI

I risultati dell'analisi idrologica, sono costituiti dagli idrogrammi di piena valutati per i vari tempi di ritorno e per i vari scenari analizzati.

In ambiente Infoworks ICM l'inserimento degli idrogrammi è effettuato attraverso la definizione delle immissioni su determinati nodi della rete. Gli idrogrammi relativi ai tratti di monte sono immessi nei rispettivi nodi di monte dei tratti fluviali. Gli idrogrammi relativi ai vari sottobacini analizzati per definire l'incremento delle portate lungo i corsi d'acqua sono invece inseriti in nodi intermedi della rete.

Di seguito si riporta l'elenco dei sottobacini e il nodo in cui è stata definita la relativa immissione nel modello ICM (vedi Figura 62 e Figura 63):

1. Bacino Ville Monte: 01-VI-Monte;
2. Bacino Scuragnolo: 40-SC_Monte;
3. Bacino della Selva: 13-VI_Imm_SE;
4. Bacino Le Ville Interbacino: 16-VI_Imm_VI_valle;
5. Bacino borro Fatello: 23-VI_Imm_FA;
6. Bacino Farnibona: 50-FA_Monte;
7. Fosso di Cavalosso: 01-Imm-Cavalosso.

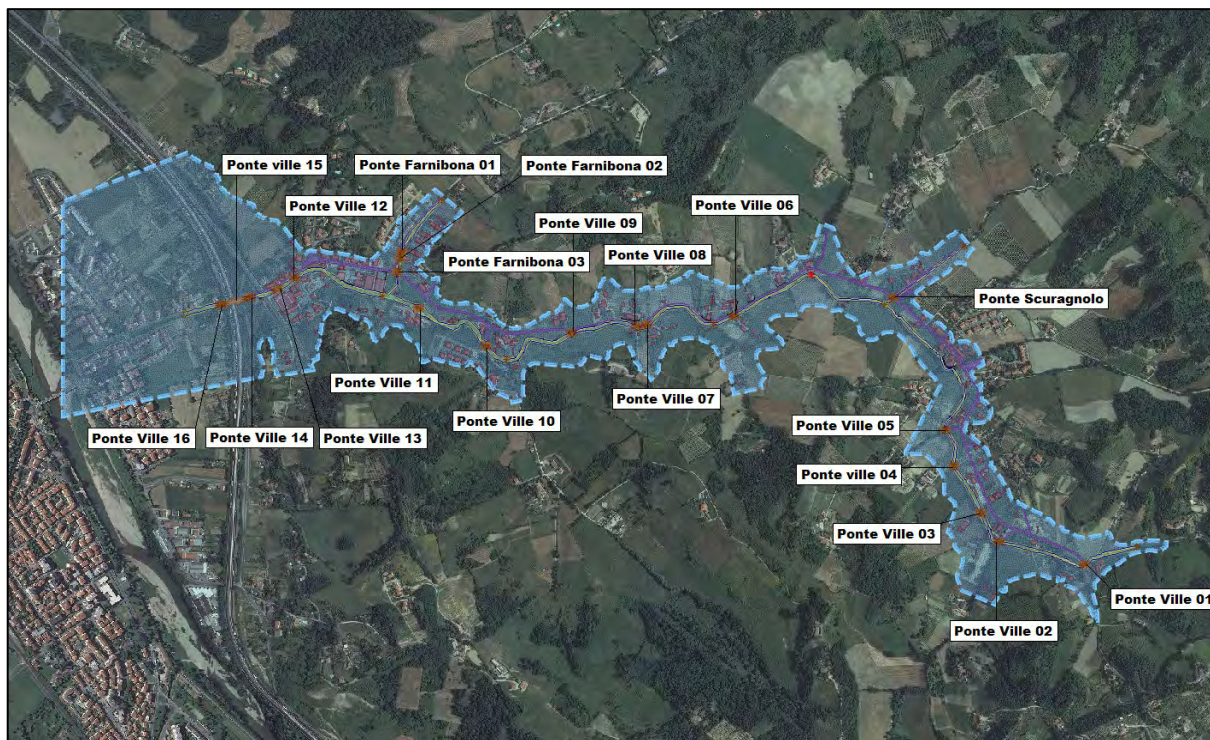


Figura 64. Modello idraulico – Ponti – borro delle Ville, Scuragnolo, Farnibona.



Figura 65. Modello idraulico – Ponti – fosso Cavalosso.

6.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Le simulazioni eseguite consentono di definire la pericolosità idraulica indotta dal sistema idraulico Ville (composto dal borro delle Ville – fosso Cavalosso – borro dello Scuragnolo e borro Farnibona) sull’area indagata.

Di seguito si riportano le considerazioni sui risultati delle simulazioni idrauliche eseguite in moto vario con Infoworks ICM suddivise per i tempi di ritorno di riferimento ($Tr=200$ e $Tr=30$ anni).

Si evidenzia che per tutti i tempi di ritorno valutati lo scenario critico per tutti i tratti analizzati è risultato essere il BETA. Lo scostamento sia in termini di portate che di livelli è risultato comunque minimo.

I risultati delle simulazioni idrauliche sono stati elaborati in modo grafico (involuppo dei massimi battenti relativi agli scenari considerati) per la redazione delle cartografie della pericolosità idraulica. Di seguito si riporta un estratto della Carta delle aree a Pericolosità idraulica a cui si rimanda per i dettagli (TAV.IDR03 – in giallo Tr30, in celeste Tr200 e in azzurro chiaro Tr500).

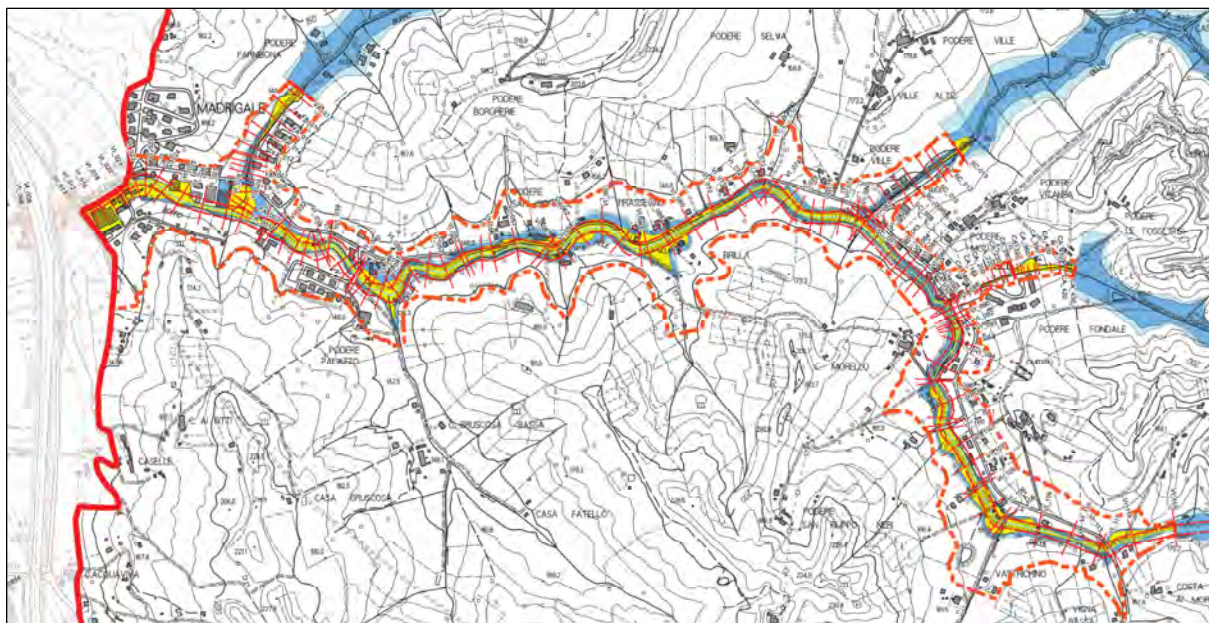


Figura 66. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica.

di quello delle aree circostanti che si attestano alla quota più elevata della viabilità principale.

Subito a valle della sezione VI_026 inizia il superamento del ciglio di sponda sinistro, mentre in destra la presenza di un muro di sponda e la quota delle abitazioni adiacenti evita l'allagamento.

Dalla sezione VI_021 si ha un allagamento esteso sia in sponda destra che sinistra, causato essenzialmente dal rigurgito che si instaura immediatamente a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria Direttissima Firenze-Roma e dall'autostrada A1 (ponte Ville 15), che risulta fortemente insufficiente al transito della portata di verifica. Questi allagamenti interessano sia la viabilità principale che gli edifici. Mentre l'area a sinistra risulta naturalmente limitata dal rilevato collinare, in destra tutta l'area a tergo di via delle Ville (che rappresenta di fatto l'arginatura del borro) è depressa presentando differenze di quota con il rilevato stradale che raggiungono e superano 1.5 metri.

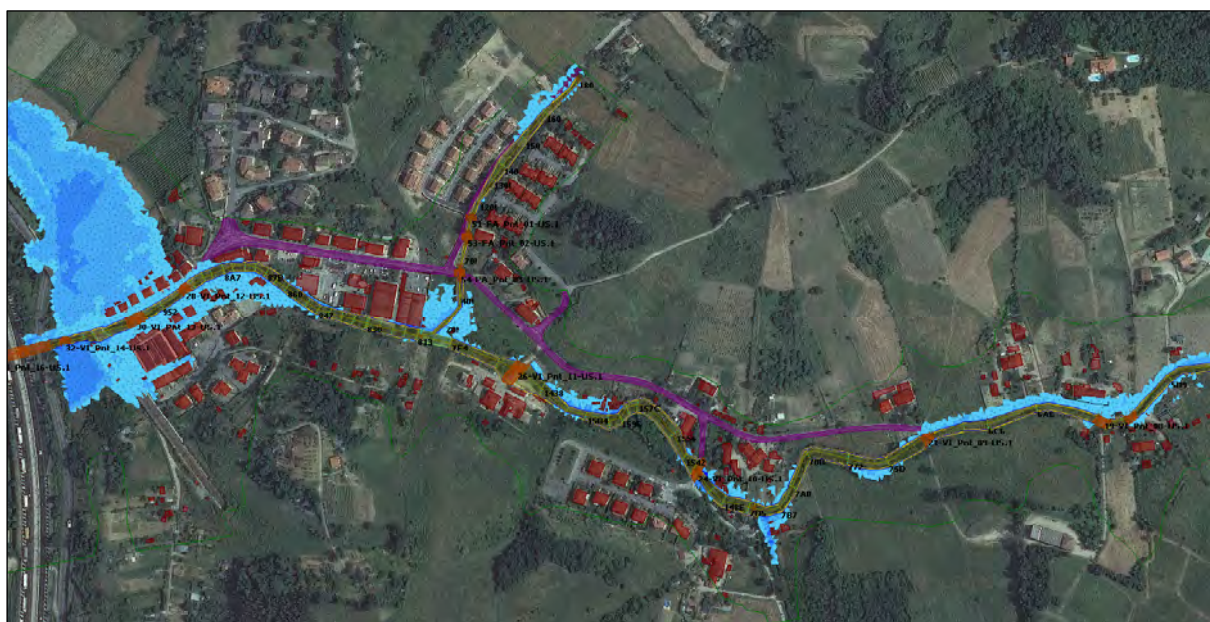


Figura 68. Risultati modellazione idraulica per Tr30 – Scenario Beta - Dettaglio: Loc. Farnibona.

Via delle Ville per attraversare il rilevato autostradale si abbassa in quota all'ingresso dell'attraversamento per poi risalire in uscita attestandosi alla quota viaria di valle. Nel presente studio, dovendo valutare la pericolosità idraulica a monte dell'attraversamento, si è preferito trascurare l'eventuale trasferimento di portata attraverso la sede stradale al di là del rilevato, in modo da effettuare una valutazione della pericolosità idraulica più cautelativa.

Fosso di Cavalosso:

Per un tempo di ritorno trentennale questo fosso non presenta fronti di esondazione particolari ad esclusione di un breve tratto in sinistra idraulica tra le sezioni 390 e 310.

Borro dello Scuragnolo:

Non si hanno superamenti dei cigli di sponda in questo scenario.

Borro di Farnibona:

Per questo scenario si ha un superamento dei cigli di sponda in sinistra idraulica tra le sezioni 17 e 15 con conseguente allagamento della sede viaria e un superamento di entrambi i cigli a valle dell'attraversamento di via delle Ville.

6.5.2 TEMPO DI RITORNO DUECENTENNALE

Borro delle Ville:

In questo scenario si conferma la dinamica relativa ai superamenti dei cigli di sponda descritti per l'evento trentennale con un aumento delle superfici e anche del numero degli edifici interessati dagli allagamenti.

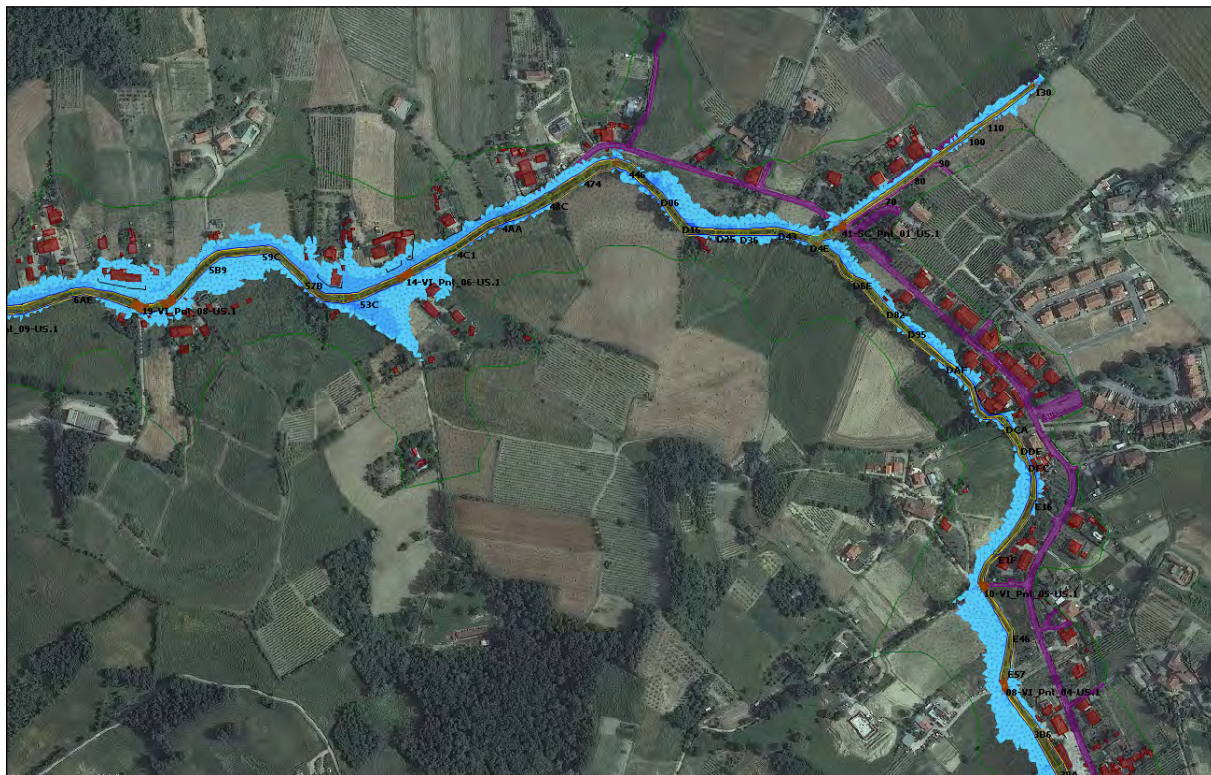


Figura 69. Risultati modellazione idraulica per Tr200 – Scenario Beta - Dettaglio: Loc. Le Ville.

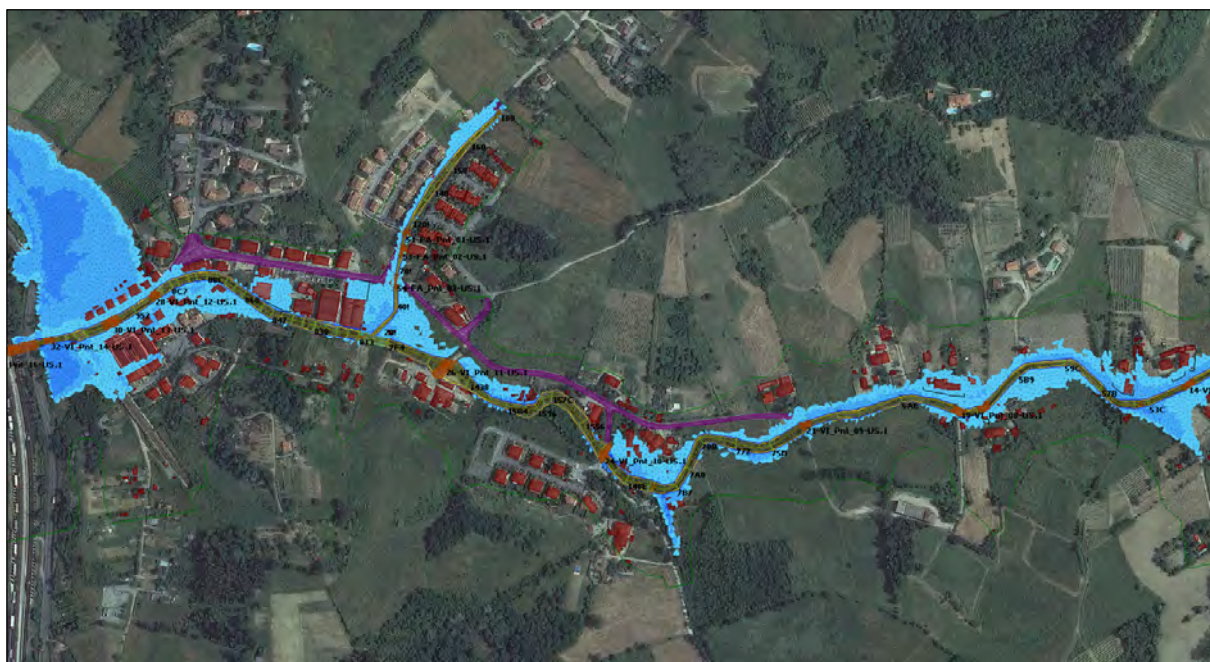


Figura 70. Risultati modellazione idraulica per Tr200 – Scenario Beta - Dettaglio: Loc. Farnibona.

Fosso di Cavalosso:

L'allagamento in sinistra idraulica tra le sezioni 390 e 310 si estende verso valle fino alla sezione 270. A valle della sezione 40 si ha il superamento del ciglio di sponda sinistro.

Borro dello Scuragnolo:

Per un tempo di ritorno duecentenario si ha il superamento del ciglio di sponda destro per tutta la lunghezza del tratto studiato, con conseguente allagamento della sede stradale adiacente al borro e di alcune limitate aree immediatamente a monte di questa. Questo allagamento va poi ad interessare anche un tratto di via delle Ville per poi rientrare in alveo immediatamente a valle. Nel tratto di monte si riscontra un limitato allagamento in sponda sinistra tra le sezioni 013 e 012.

Borro di Farnibona:

Per questo tempo di ritorno si ha un superamento dei cigli di sponda in destra idraulica per tutto il tratto analizzato con conseguente allagamento della sede viaria che corre in adiacenza al borro. Questo effetto, insieme all'insufficienza della sezione idraulica dell'attraversamento su via delle Ville, porta all'allagamento anche di questa viabilità. A valle di questo si ha il superamento di entrambi i cigli di sponda con il conseguente allagamento di parte dell'area industriale in sponda destra ed un aumento dell'area allagata in sinistra.

6.6 FARNIBONA TRATTO DI MONTE

Si riportano di seguito i contenuti essenziali dello studio: *Relazione idrologico-idraulica redatta a supporto della progettazione del Piano di Recupero in località Farnibona denominato dal Regolamento Urbanistico Er vil 04 nel Comune di Terranuova Bracciolini, in relazione al rischio idraulico indotto nell'area dal borro di Farnibona*. Redazione: Ing. Leonardo Marini - Sorgente Ingegneria – anno 2009.

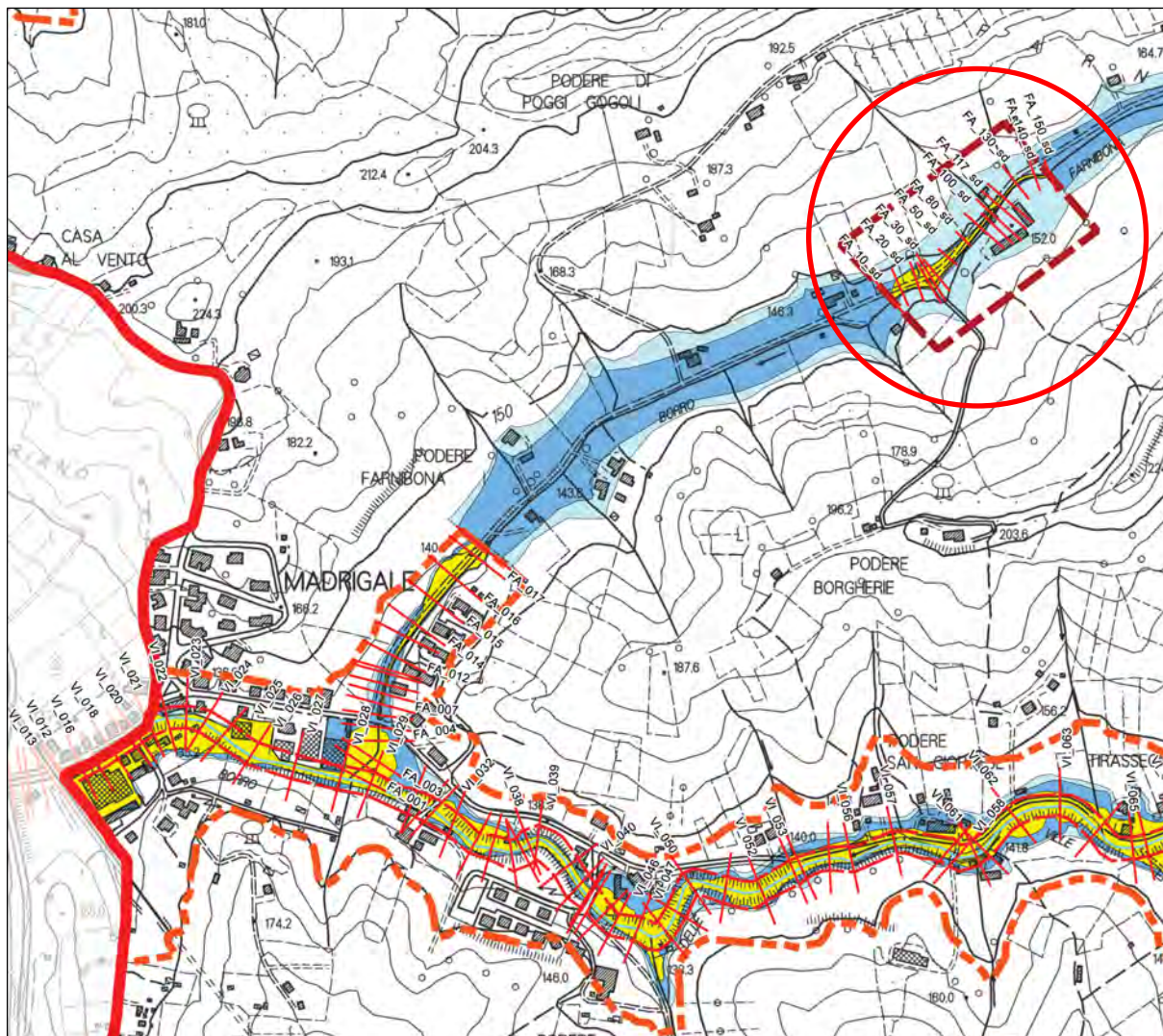


Figura 71. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica con indicata il tratto di studio.

La modellazione idraulica è stata effettuata in moto permanente tramite l'utilizzo del software Hec-Ras 3.1.3. L'analisi dei risultati ha permesso la definizione delle classi di pericolosità idraulica relativa agli eventi di pioggia trentennale e duecentennale per il tratto di torrente in esame.

In allegato si riportano i risultati grafici e numerici delle simulazioni idrauliche effettuate, nonché la definizione del bacino idrografico e la planimetria delle sezioni utilizzate per la modellazione idraulica. Per i dettagli si rimanda agli elaborati originali.

6.6.1 ANALISI IDROLOGICA

Il borro di Farnibona è un 'affluente destro del torrente Ville. Alla sezione di chiusura il bacino sottende un'area di 0.825 kmq e la lunghezza dell'asta è di 1.813 Km (vedi allegato 1).

Di seguito si riportano le caratteristiche morfologiche principali del bacino analizzato.

Area bacino	0.825 Km ²
Lunghezza asta principale	1.813 Km

Tabella 28. Caratteristiche morfologiche del bacino alla sezione di chiusura adottata.

I dati di portata sono stati calcolati con l'utilizzo del Sistema di Regionalizzazione delle portate della Regione Toscana codice AITo2000 (Alluvioni in Toscana) sviluppato nel 1997 dal PIN (Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze) per conto della Regione Toscana, nell'ambito di un più ampio lavoro finalizzato all'individuazione di procedure per la regionalizzazione delle portate di piena nel territorio toscano, ed aggiornato nel 2000.

Si riportano di seguito i dati utilizzati:

Nome	Codice	Area Bacino	la	Ks	N	K	durata < 1h			durata > 1h		
							a1	n1	m1	a	n	m
FORNIBONA	505	0.825	3.3	0	2.008	0.154	23.659	0.451	0.15	20.597	0.307	0.199

Tabella 29. Dati morfologici e idrologici – Borro di Farnibona .

In base a questi dati sono state ricavate le portate per $T_r=200, 100, 30$ e 20 anni.

Tr	Durata critica	Precipitazione totale	Precipitazione netta	Intensità di precipitazione	Kr	Portata
[anni]	[h]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[-]	[mc/s]
200	0,58	40,974	37,712	70,626	0,996	13,874
100	0,58	36,928	33,683	63,652	0,996	12,456
30	0,58	30,826	27,608	53,135	0,996	10,318
20	0,58	29,007	25,797	49,999	0,996	9,680

Tabella 30. Risultati delle simulazioni idrologiche effettuate – Borro di Farnibona.

6.6.2 SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE

Per effettuare la simulazione in moto permanente è stato utilizzato il modello geometrico ricavato da un rilievo topografico di dettaglio eseguito dagli scriventi nel Settembre del 2007.

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il software Hec-Ras elaborato da U.S. Army Corps of Engineers. La versione utilizzata è la 3.1.3 Maggio 2005.

I coefficienti medi di resistenza al moto sono stati assunti per lo stato attuale pari a $0.035 [s/m^{1/3}]$ per l'alveo inciso e $0.030 [s/m^{1/3}]$ per la zone golenali.

6.6.2.1 CONDIZIONI AL CONTO RNO

Per svolgere la simulazione e calcolare il livello del pelo libero in una sezione è necessario conoscere la medesima grandezza in una sezione prossima a questa. Hec-Ras provvede automaticamente al riconoscimento per tratti del regime di corrente che si può effettivamente instaurare per la portata assegnata e, se la corrente ad esempio nel primo tratto di monte è veloce, esso adotterà quale altezza di riferimento quella fornita in input per l'estremo di monte, viceversa se la corrente del tratto finale è lenta, quale altezza di controllo sarà adottata quella fornita in input per la sezione terminale di valle. Nei tratti intermedi il programma adotta criteri analoghi.

Nelle simulazioni effettuate, come condizione al contorno, si è inserita l'altezza d'acqua di moto uniforme per le condizioni di monte e di valle.

6.6.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche in moto permanente relativamente allo scenario duecentennale. In allegato si riportano in forma grafica e tabellare i risultati per tutti i tempi di ritorno analizzati.

River	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Farnibona	150	Tr200	13.87	151.61	153.02	153.31	153.71	0.029	3.67	3.78	4.88	1.33
Farnibona	140	Tr200	13.87	151.02	152.5	152.8	153.14	0.027	3.56	3.9	5.01	1.29
Farnibona	130	Tr200	13.87	150.25	152	152.19	152.54	0.019	3.32	4.48	8.31	1.05
Farnibona	120	Tr200	13.87	150.11	151.55	151.62	152.08	0.018	3.2	4.34	5.14	1.06
Farnibona	117	Tr200	13.87	149.65	151.61	151.33	151.66	0.001	1.09	16.08	25.99	0.3
Farnibona	115	Culvert										
Farnibona	110	Tr200	13.87	149.57	151.12	151.12	151.55	0.015	2.93	4.74	5.43	1
Farnibona	100	Tr200	13.87	149.24	151.01	150.93	151.38	0.013	2.73	5.09	5.58	0.9
Farnibona	90	Tr200	13.87	149.03	150.71	150.71	151.17	0.016	3	4.63	5.07	1
Farnibona	80	Tr200	13.87	148.82	150.41	150.48	150.76	0.012	2.68	5.74	12.46	0.87
Farnibona	70	Tr200	13.87	148.75	149.89	150	150.28	0.021	3.18	5.55	15.22	1.13
Farnibona	60	Tr200	13.87	148.26	149.67	149.63	149.79	0.008	1.87	9.38	25.98	0.7
Farnibona	50	Tr200	13.87	147.57	149.68	149.59	149.73	0.002	1.09	15.96	35.16	0.35
Farnibona	45	Bridge										
Farnibona	40	Tr200	13.87	147.82	149.36	149.36	149.42	0.004	1.29	14.32	43.42	0.48
Farnibona	30	Tr200	13.87	147.68	148.99	148.99	149.13	0.009	2.01	9.35	29.57	0.73
Farnibona	20	Tr200	13.87	147.27	148.62	148.67	148.86	0.014	2.54	6.94	19.09	0.91
Farnibona	10	Tr200	13.87	147.04	148.48	148.48	148.6	0.006	1.83	10.68	37.23	0.63

Tabella 31. Output numerici della simulazione in moto permanente per Tr=200 anni.

Nella Tabella seguente si riportano i franchi residui relativamente alla quota dell'argine sinistro per l'evento duecentennale.

Sezione	Quota livello idrico	Quota argine sx	Franco di sicurezza
[-]	[m slm]	[m slm]	[m]
150,00	153,02	153,03	0,01
140,00	152,50	152,59	0,09
130,00	152,00	152,52	0,52
120,00	151,55	152,16	0,60
117,00	151,61	151,94	0,33
115,00	Culvert		
110,00	151,12	151,75	0,63
100,00	151,01	151,82	0,81
90,00	150,71	151,92	1,21
80,00	150,41	151,17	0,76
70,00	149,89	150,91	1,02
60,00	149,67	151,03	1,36
50,00	149,68	150,35	0,67
45,00	Bridge		
40,00	149,36	149,77	0,41
30,00	148,99	149,49	0,50
20,00	148,62	149,24	0,62
10,00	148,48	148,32	-0,16

Tabella 32. Calcolo dei franchi di sicurezza relativi alla quota della strada per $T_r=200$ anni.

Come si evince dai risultati ottenuti, riportati nel paragrafo precedente e nell'allegato, risulta che l'area in sinistra idraulica è attualmente in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, anche grazie al fatto che questa risulta altimetricamente più elevata di quella posta in sponda destra.

Si hanno due bruschi innalzamenti del tirante idrico in corrispondenza dei due attraversamenti esistenti. Il primo costituito da una tubazione in cls DN1500 tra le sezioni 117 e 110 e l'altro da un ponticello con spalle ed impalcato in c.a. gettato in opera tra le sezioni 50 e 40. Questi due manufatti risultano avere una luce del tutto insufficiente al regolare transito delle portate ventennali e superiori, creando quindi un rigurgito a monte e il conseguente allagamento del piano viario tra le sezioni 120 e 110 e tra la 90 e la 10.

Nella figura seguente si riporta una cartografia delle aree allegate per un tempo di ritorno di 30 e 200 anni ottenuta considerando i tiranti idrici calcolati dalla simulazione in moto permanente per ogni singola sezione analizzata.

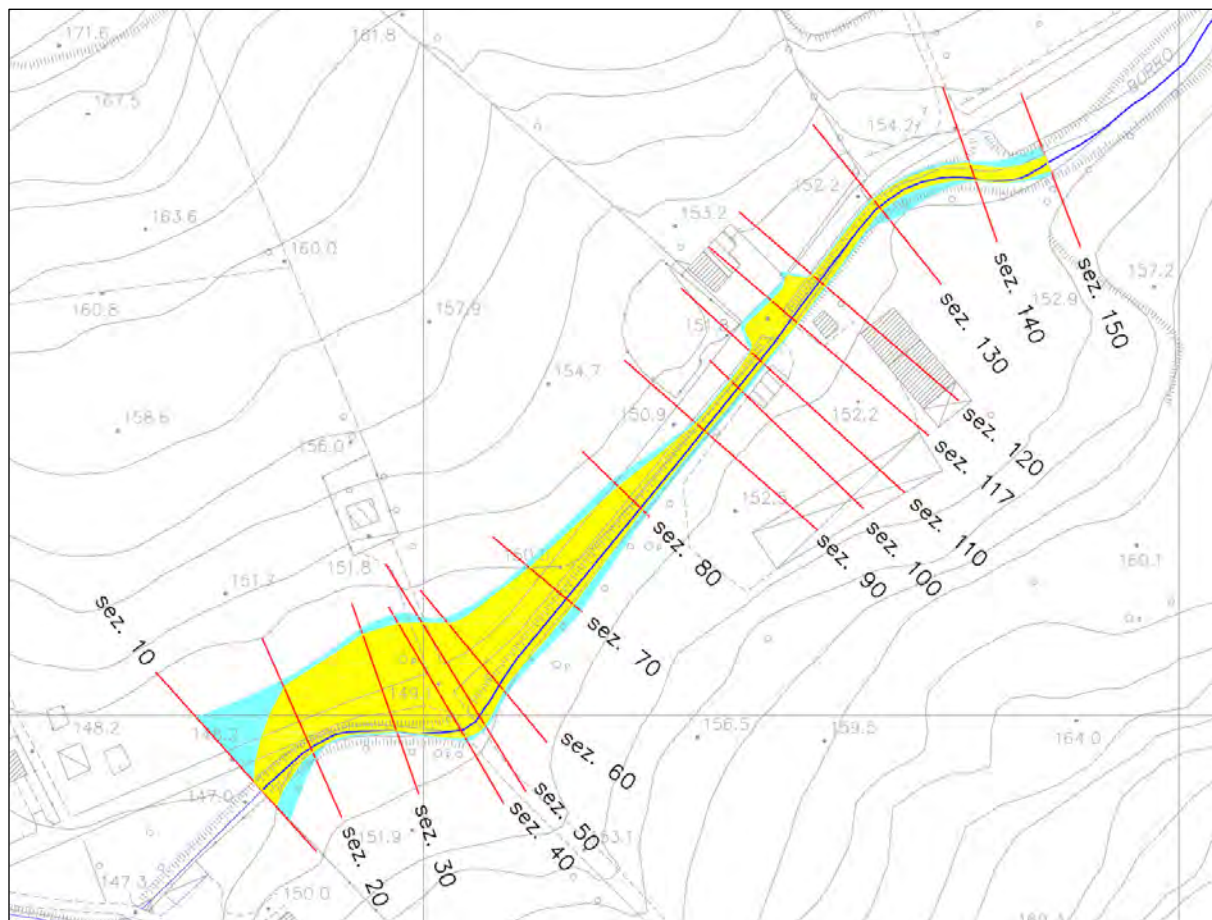


Figura 72. Risultati modellazione idraulica per Tr30 e Tr200 – Farnibona tratto di monte.

7. BORRO RIPASESI (O DI FAGGETA)

Si riportano di seguito i contenuti essenziali dello studio: *Studio idrologico-idraulico del borro Ripasesi a supporto dell'Indagine idrogeologica a supporto del progetto di ristrutturazione del Podere "Casa Forra III" in località Traiana nel Comune di Terranuova Bracciolini*. Redazione Ing. Claudio Lombardi – anno 2011.

La modellazione idraulica è stata effettuata in moto permanente tramite l'utilizzo del software Hec-Ras 3.1.3. Il suddetto studio contiene le perimetrazioni per la pericolosità idraulica relativa agli eventi di pioggia trentennale e duecentennale per il tratto di torrente in esame. Per i dettagli si rimanda agli elaborati originali.

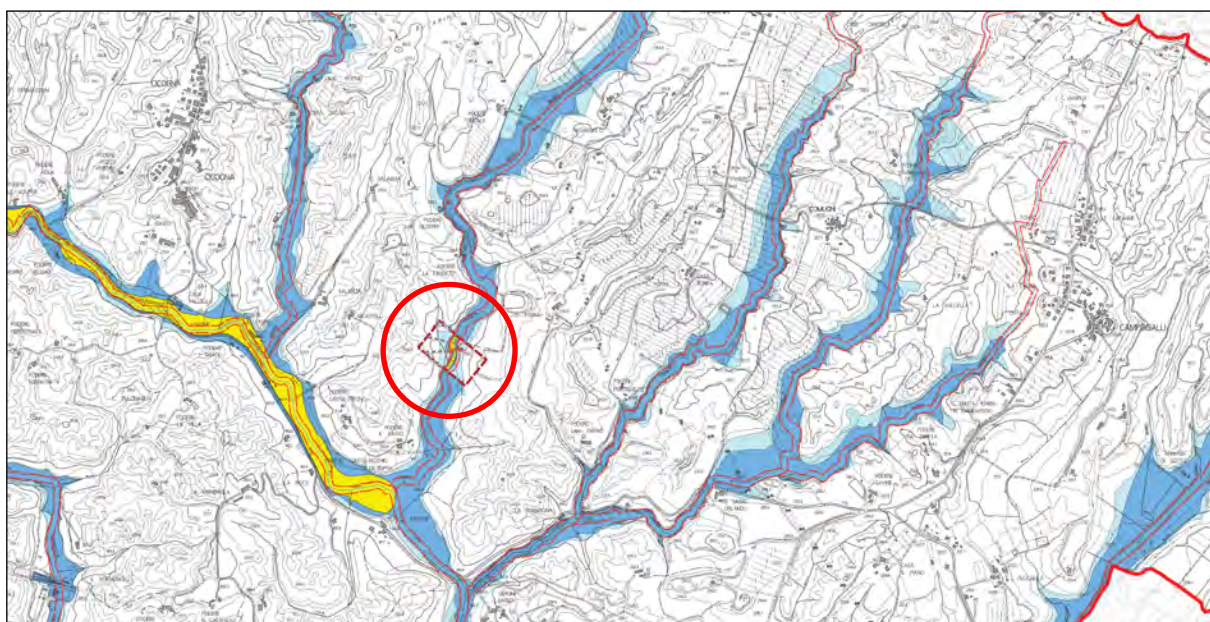


Figura 73. Estratto della Carta delle aree a pericolosità idraulica con indicata il tratto di studio.

7.1 ANALISI IDROLOGICA

"Le portate di piena per i tempi di ritorno caratteristici (20, 30 e 200 anni) sono state individuate in riferimento al bacino del B.rro Ripasesi, 650 m a monte della confluenza con il Torrente Ascione, a partire dai dati disponibili dallo Studio di Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (generati dall'applicativo AITo2000 GIS).

ID	Codice	Nome	Area[kmq]	la[mm]	Ks[mm/h]	N	K[h]
47502	25	RIPASESI	5.92	11.624	1.843	2.315	0.462

Tabella 33. Parametri del Bacino del Borro Ripasesi secondo AITo2000.

L'area del bacino idrografico ricavata dal programma AITo risulta superiore a quella stimata dalle cartografie di dettaglio ($A=5.05$ Km²). A favore di sicurezza si ritiene comunque di utilizzare i dati del programma suddetto.⁷

$t > 1$ ora			$t < 1$ ora		
a	n	m	a	n	m
21.229	0.313	0.22	21.644	0.378	0.18

Tabella 34. Parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Tr[anni]	Durata[h]	Forma ieto	Picco ieto	Afflusso[mm]	Intensità[mm/h]	Fa	Fb	Fc	Kr	Afflusso ridotto[mm]	Suolo libero medio[mm]	Infiltrazione[mm]	Deflusso[mm]	Portata unitaria [mc/sxKmq]	Portata al colmo[mc/s]
20	1.90	1	0.4	47.27	24.93	0.036	0.25	0.01	1	100	0.98	14.80	32.55	4.92	29.11
30	1.90	1	0.4	50.85	26.81	0.036	0.25	0.01	1	100	0.98	14.80	36.04	5.39	31.88
200	1.66	1	0.4	67.98	41.04	0.036	0.25	0.01	1	100	0.98	14.40	53.12	8.15	48.25

Tabella 35. Portate di progetto ricavate con AITo2000.⁸

⁷ Pag. 8 - Studio idrologico-idraulico del borro Ripasesi a supporto dell'Indagine idrogeologica a supporto del progetto di ristrutturazione del Podere "Casa Forra III" in località Traiana nel Comune di Terranuova Bracciolini. Redazione Ing. Claudio Lombardi - anno 2011

7.2 SIMULAZIONI IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE

I modello geometrico è stato realizzato tramite rilievo topografico di dettaglio di sei sezioni d'alveo.

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il software Hec-Ras elaborato da U.S. Army Corps of Engineers. La versione utilizzata è la 3.1.3 Maggio 2005.

I coefficienti medi di resistenza al moto sono stati assunti per lo stato attuale pari a $0.05 [s/m^{1/3}]$ per l'alveo inciso e $0.10 [s/m^{1/3}]$ per la zone golenali.

7.3 CONDIZIONI AL CONTORNO

Nelle simulazioni effettuate, come condizione al contorno di monte e di valle, si è inserita l'altezza d'acqua di moto uniforme.

7.4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Nella figura seguente si riportano le aree interessate da allagamenti per tempi di ritorno trentennali (celeste chiaro) e duecentennali (azzurro). In allegato si riportano in forma grafica e tabellare i risultati per tutti i tempi di ritorno analizzati⁹.

Risulta evidente che l'alveo del borro Ripasesi in questo tratto è insufficiente a contenere sia la portata duecentennale che trentennale, andando ad esondare sia in sponda destra che sinistra. Il ponte esistente tra le sezioni 30 e 40 risulta sormontato per un evento con Tr200 e produce un rigurgito verso monte che si estende fino alla sezione 60. Per un evento trentennale il ponte non viene sormontato, ma si verifica un funzionamento in pressione casuando anche in questo caso un rigurgito a monte fino alla sezione 60.

⁸ Tabelle pag.9 - *Studio idrologico-idraulico del borro Ripasesi a supporto dell'Indagine idrogeologica a supporto del progetto di ristrutturazione del Podere "Casa Forra III" in località Traiana nel Comune di Terranuova Bracciolini*. Redazione Ing. Claudio Lombardi – anno 2011

⁹ Sia la Figura 74 che i risultati grafici e numerici riportati in allegato sono estratti dallo: *Studio idrologico-idraulico del borro Ripasesi a supporto dell'Indagine idrogeologica a supporto del progetto di ristrutturazione del Podere "Casa Forra III" in località Traiana nel Comune di Terranuova Bracciolini*. Redazione Ing. Claudio Lombardi – anno 2011

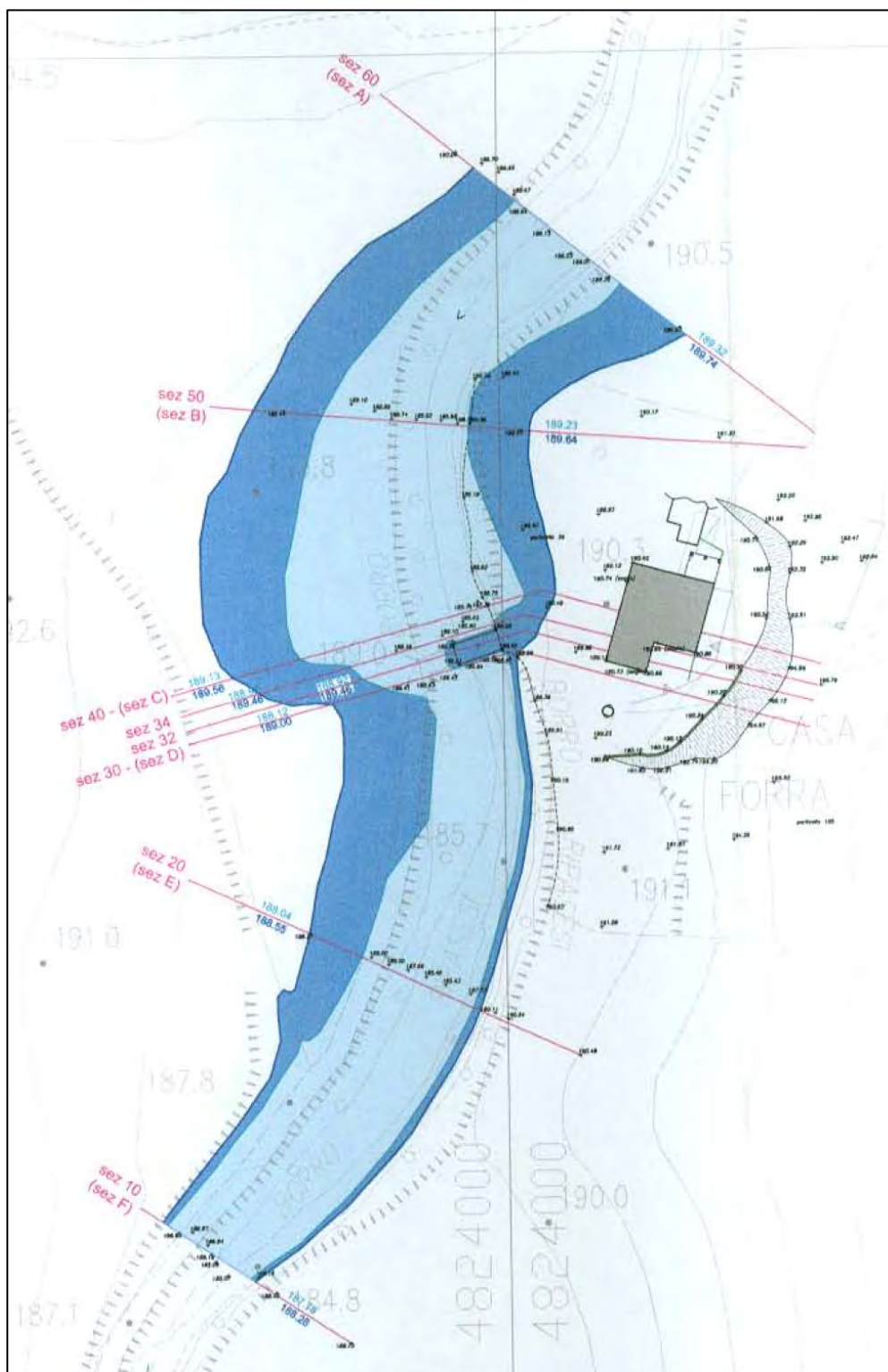


Figura 74. Risultati modellazione idraulica per Tr30 e Tr200 –Borro Ripasesi.

8. CONSIDERAZIONI FINALI

I risultati descritti nel presente studio sono stati ottenuti in considerazione dell'assetto attuale del reticolo idrografico analizzato, dell'uso del suolo e in funzione dell'attuale pianificazione urbanistica.

Le indicazioni e i risultati ottenuti dovranno essere rivalutati ed aggiornati in funzione di eventuali varianti della pianificazione urbanistica o per variazioni sostanziali dei parametri idrologico-idraulici significativi che interessino il quadro di riferimento utilizzato (modifica dei dati idrologici indotti da futuri eventi meteorologici estremi; modifiche dell'uso del suolo o del reticolo idrografico; etc.).

I consulenti idraulici:

Dott. Ing. Luca Rosadini
Dott. Ing. Leonardo Marini