



Società Autostrada Tirrenica p.A.  
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

**AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA**  
**LOTTO 4**

**TRATTO: GROSSETO SUD – FONTEBLANDA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE**

**AU-CORPO AUTOSTRADALE**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

**INTERFERENZE IDROGRAFICHE**

**RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA**

**IL PROGETTISTA SPECIALISTICO**

Ing. Paolo De Paoli  
Ord. Ingg. Pavia N. 1739

**RESPONSABILE UFFICIO IDR**

**IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Alessandro Alfì  
Ord. Ingg. Milano N. 20015

**CAPO PROGETTO**

**IL DIRETTORE TECNICO**

Ing. Massimiliano Giacobbi  
Ord. Ingg. Milano N. 20746

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE				n.	data
—	codice commessa	N.Prog.	unita'	ufficio argomento	n. progressivo		1	MARZO 2017	
—	12121410	—	—	IDR0001	1	—			
						SCALA:			

 gruppo Atlantia	<b>COORDINATORE GENERALE INIZIATIVA SAT</b> Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 <b>CAPO COMMESSA</b>		ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
			ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
	CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UNITA':	

	<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>  	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b>   <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--------------------------------------	---



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. AMBITO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. METODOLOGIA OPERATIVA</b> .....	<b>6</b>
<b>4. INQUADRAMENTO NORMATIVO</b> .....	<b>7</b>
4.1 NORMATIVA COMUNITARIA .....	7
4.2 NORMATIVA NAZIONALE .....	7
4.3 NORMATIVA REGIONALE.....	9
<b>5. IDROLOGIA</b> .....	<b>11</b>
5.1 DEFINIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI .....	11
5.2 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER I CORSI D’ACQUA PRESENTI NEL DATABASE AL.TO. ....	13
5.2.1 Dati utilizzati per i modelli idrologici .....	16
5.2.2 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) - Aggiornamento 2012....	18
5.2.3 Risultati dei calcoli svolti .....	19
5.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO PER I CORSI D’ACQUA NON PRESENTI NEL DATABASE AL.TO. ....	19
5.4 RIASSUNTO DELLE PORTATE UTILIZZATE PER LE MODELLAZIONI IDRAULICHE .....	22
<b>6. IDRAULICA</b> .....	<b>24</b>
6.1 CRITERI DI COMPATIBILITÀ E INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE E LA VERIFICA IDRAULICA DEI PONTI.....	24
<i>Indirizzi progettuali</i> .....	24
6.2 RILIEVI TOPOGRAFICI .....	26
6.3 MODELLAZIONE IDRAULICA.....	26
<i>Generalità</i> .....	26
<i>Il codice di calcolo Hec-Ras</i> .....	29
<i>Risultati delle modellazioni condotte</i> .....	32
<i>Verifica dei manufatti di attraversamento con altri metodi di calcolo</i> .....	32
6.4 ANALISI DEI RISULTATI .....	36
<i>Fosso Rispecchia</i> .....	42
<i>Fosso Barbicato</i> .....	45
<i>Fosso Migliarino</i> .....	48
<i>Fosso della Banditella</i> .....	51
<i>Fosso Senza Nome n°1</i> .....	54
<i>Fosso Valle Giardino</i> .....	57
<i>Fosso Senza Nome n°2</i> .....	60
<i>Fosso dell’Acqua Pora</i> .....	63
<i>Fosso Carpina</i> .....	66

---

<i>Canale Piscina Statua</i> .....	70
<i>Afluente del Fosso Romitorio</i> .....	73
<i>Fosso Scolo Collecchio</i> .....	76
<b>ALLEGATO 1 - IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200</b> .....	<b>80</b>

## 1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione degli interventi di realizzazione dell'autostrada A12 Rosignano-Civitavecchia, nel tratto compreso tra Grosseto Sud e Fonteblanda, è stato effettuato lo "*Studio idrologico e idraulico di dettaglio*" finalizzato all'analisi delle interferenze idrografiche ed alla relativa progettazione degli interventi di sistemazione.

Nei capitoli successivi, dopo una descrizione dell'ambito di applicazione della presente relazione, verranno esaminati la normativa e gli strumenti di pianificazione vigenti nella zona di interesse, a scala nazionale, regionale e di bacino attinenti le problematiche idrologico-idrauliche.

Successivamente verranno presentati i risultati delle analisi idrologiche condotte sui corsi d'acqua di interesse per la determinazione delle portate al colmo di piena da utilizzare nella successiva fase di modellazione idraulica.

Lo studio delle interferenze idrografiche ha sviluppato nel dettaglio il dimensionamento e la verifica dei manufatti autostradali di attraversamento dei corsi d'acqua. In particolare ha analizzato le interazioni tra le opere viarie e i corsi d'acqua interessati e valutato l'adeguatezza dei manufatti di attraversamento, esistenti e in progetto, sia in termini di sezione idraulica sia di franco di sicurezza rispetto all'intradosso del manufatto.

## **2. AMBITO DI RIFERIMENTO**

L'intervento in esame, che è inserito nel più ampio progetto di collegamento dello svincolo di Rosignano a quello di Civitavecchia lungo la direttrice autostradale A12, ha come obiettivo l'adeguamento a sezione autostradale del tratto tra il Km 177+088.79 e il Km 160+254.31 dell'attuale S.S.1 Aurelia, denominato Lotto 4.

Da un punto di vista geografico-amministrativo l'ambito di riferimento si trova quasi interamente in territorio toscano.

La situazione attuale, come descritto in dettaglio nei successivi capitoli, presenta un insieme di criticità idrauliche molto rilevanti a causa dell'inadeguatezza dei manufatti di attraversamento della S.S.1 esistente.

Dall'analisi dello stato di fatto risulta che i tombini esistenti sono spesso insufficienti al transito delle portate di progetto, tanto che l'attuale piano stradale risulta a volte tracimato. Questo è dovuto sia alle dimensioni ridotte dei tombini, sia al fatto che questi risultano in gran parte interrati a causa della deposizione del trasporto solido. La strada statale Aurelia, infatti, nel tratto in questione si trova in una zona pedecollinare; in questa zona la corrente rallenta e deposita i sedimenti, generati dalle coltivazioni intensive, erosi nel tratto di maggior pendenza.

Il tracciato in progetto interseca numerosi corsi d'acqua, con manufatti di attraversamento le cui dimensioni sono generalmente funzione dell'importanza del corso d'acqua attraversato.

Sono state definite tre tipologie di importanza riguardo i corsi d'acqua attraversati così definiti:

- Corsi d'acqua Principali: bacini imbriferi con superficie superiore a 10 Km<sup>2</sup>
- Corsi d'acqua Secondari: bacini imbriferi con superficie compresa tra 5 e 10 Km<sup>2</sup>
- Corsi d'acqua Minori: bacini imbriferi con superficie inferiore a 5 Km<sup>2</sup>

Alcuni fossi possono subire variazioni riguardo a questa classificazione quando essi presentano alcune criticità idrauliche.

La Tabella 2.1 riporta per i corsi d'acqua in studio, la progressiva autostradale, la classificazione del corso d'acqua in principale P, secondario S, minore M, e la tipologia del manufatto di attraversamento esistente.

Tabella 2.1: Corsi d'acqua di interesse

Progr. A12 [km]	Corso d'acqua	Classificazione corso d'acqua	Manufatto esistente
-1+013	Affluente n.2 fiume Ombrone	M	<b>Tombino 2.00 x 2.00 m</b>
-0+605	Affluente n.1 fiume Ombrone	M	<b>Tombino 1.92 x 1.45 m</b>
-0+374	Affluente n.3 fiume Ombrone	M	<b>Tombino 4.02 x 1.69 m</b>
-0+217	Affluente n.4 fiume Ombrone	M	<b>Tombino 2.00 x 1.60 m</b>
0+319	Affluente Rispescia n.1	M	<b>Tombino 3.68 x 1.86 m</b>
0+720	Affluente Rispescia n.2	M	<b>Tombino 2.08 x 1.98 m</b>
1+484	Fosso Rispescia	P	<b>Ponte L=29 m</b>
3+755	Fosso Barbicato	M	<b>Tombino L=7.50 m</b>
4+910	Fosso Migliarino	S	<b>Tombino L=7.16 m</b>
5+110	Fosso della Banditella	M	<b>Tombino L=3.32 m</b>
5+804	Fosso senza nome 1	M	<b>Tombino <math>\Phi</math>1200</b>
6+253	Fosso Valle Giardino	M	<b>Tombino 5.30 x 3.50 m</b>
6+564	Fosso senza nome 2	M	<b>Tombino 1.59 x 0.75 m</b>
7+256	Fosso dell'Acqua Pora	M	<b>Tombino L=2.30 m</b>
8+074	Fosso Carpina	P	<b>Tombino 2.00 x 3.00 m</b>
9+147	Canale Pescina Statua	M	<b>Tombino L=2.06 m</b>
11+791	Affluente fosso del Romitorio	M	<b>Tombino L=9.76 m</b>
12+559	Fosso Scolo Collecchio	M	<b>Tombino L=1.10 m</b>

### **3. METODOLOGIA OPERATIVA**

La prima fase del presente lavoro è consistita nel reperimento e nell'analisi degli studi pregressi svolti nell'ambito di interesse, con particolare attenzione al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di bacino competente.

Successivamente è stata effettuata l'analisi idrologica dei corsi d'acqua di Tabella 2.1.

Da un punto di vista prettamente operativo, per la determinazione delle caratteristiche idrologico-idrauliche dei corsi d'acqua di interesse, la metodologia adottata è la seguente:

- per i corsi d'acqua presenti all'interno del database del sistema di regionalizzazione AL.TO. della Regione Toscana, gli idrogrammi di piena sono stati ricavati tramite il software IDRARNO a partire dai parametri delle LSPP aggiornati al 2012 e dai dati geomorfologici ottenuti dallo stesso software AL.TO.;
- per i corsi d'acqua non presenti nel database di AL.TO., si sono ricavati gli idrogrammi di piena tramite il software URBIS 2003, andando a inserire come dati in ingresso i parametri delle LSPP aggiornati al 2012 e i valori dei parametri geomorfologici del bacino (tempo di corrivazione e coefficiente di afflusso) ottenuti tramite formule razionali.

Una volta calcolata la portata di riferimento, vengono effettuate le verifiche idrauliche sulle opere d'arte di interesse, implementando un modello matematico monodimensionale (codice di calcolo Hec-ras) per simulare il deflusso in condizioni di moto vario di un tratto di corso d'acqua di lunghezza significativa a monte e a valle del manufatto di attraversamento autostradale. Le simulazioni sono state effettuate sia in condizioni di stato attuale che in condizioni di progetto.



## **4. INQUADRAMENTO NORMATIVO**

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale e provinciale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico, ambientale e di difesa del suolo, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

### **4.1 Normativa comunitaria**

Di seguito vengono riportate le principali direttive comunitarie legate all'ambito di interesse, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

#### *Direttiva 2000/60/CE*

Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (Direttiva acque).

#### *Direttiva 2006/118/CE*

Direttiva del Parlamento europeo e Consiglio, del 12 dicembre 2006, sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.

#### *Direttiva 2007/60/CE*

Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

### **4.2 Normativa nazionale**

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

#### *RD 25/07/1904 n° 523*

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

#### *Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267*

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. La legge introduce il vincolo idrogeologico.

#### *DPR 15/01/1972 n° 8*

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 64/74

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12).

Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180.

Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania.

La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).

DL 152/99

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

DL 258/00

Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99.

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000.

La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).

### **4.3 Normativa regionale**

Come visto, il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Toscana.

Di seguito vengono riportate le principali leggi regionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

LR 81/94

Disposizioni in materia di risorse idriche.

La Regione Toscana, in attuazione della legge Galli ha emanato tale legge con la finalità di recupero e mantenimento della risorsa idrica.

LR 50/94

Interventi strutturali finalizzati alla messa in sicurezza idraulica dei bacini idrografici toscani.

L.R. 5/95

Norme per il governo del territorio

D.C.R. 155/97

Direttive tecniche per l'ingegneria naturalistica

L.R. 91/98

Norme per la difesa del suolo

Delibera 25/01/2005, n.6

Approvazione del piano di tutela delle Acque della Regione Toscana

L.R. 20/2006

In attuazione al D.lgs 152/2006, ha per oggetto la tutela delle acque, tra cui, art.1, comma 1 c), le acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne di cui all'art. 113 del decreto legislativo citato.

Regolamento regionale 8 settembre 2008 n. 46/R e s.m.i.

Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006 n. 20, che disciplina le acque meteoriche dilavanti.

## 5. IDROLOGIA

### 5.1 Definizione dei bacini idrografici

La verifica idraulica del manufatto, sia in condizioni di stato di fatto che di progetto, deve prendere origine dalla definizione del bacino idrografico del corso d'acqua attraversato, chiuso in corrispondenza del manufatto, e delle caratteristiche geomorfologiche dello stesso.

Qualora per i corsi d'acqua di interesse si possa individuare una perimetrazione ufficiale del bacino effettuata nell'ambito del PAI, ci si è attenuti a tale dato; in caso contrario, il bacino idrografico è stato tracciato utilizzando come cartografia di base la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Per i bacini in studio sono state definite tutte le grandezze geomorfologiche caratteristiche necessarie per le successive fasi della progettazione, con particolare riferimento alla superficie del bacino  $S$  (misurata in kmq), alla lunghezza dell'asta  $L$  (misurata in km), al tempo di corrivazione  $t_c$  (misurato in ore) e al coefficiente di afflusso  $\phi$ .

Il **tempo di corrivazione** di un qualsiasi punto all'interno di un bacino idrografico è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino stesso. Tra tutti i tempi di corrivazione possibili, nelle applicazioni riveste particolare interesse il valore massimo, che viene denominato tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ : tale valore corrisponde al tempo necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Nell'individuazione del punto più remoto del bacino (idraulicamente più lontano) e nel calcolo della sua distanza effettiva dalla sezione di chiusura deve essere considerata, ovviamente, non solo la distanza planimetrica, che ne è la proiezione sul piano orizzontale di rappresentazione, ma anche la quota del punto stesso. In altri termini, a parità di distanza planimetrica, deve essere considerato il punto a quota massima.

Per il calcolo del tempo di corrivazione di un bacino esistono in letteratura diverse formulazioni;

Per i casi di aste fluviali di piccole dimensioni che non risultano presenti nel reticolo di Al.To. sono state utilizzate altre formule, come quella di Kirpich, che si adattano in modo migliore ai bacini piccoli e rurali come quelli presenti nella zona oggetto di studio.

Il **coefficiente di afflusso  $\phi$**  rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso idrico e il volume totale di pioggia caduta sul bacino e pertanto è sempre compreso nell'intervallo

0÷1; esso tiene quindi conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione che intercorre tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia.

La stima del valore appropriato del coefficiente di deflusso richiede la conoscenza del tipo di suolo e del suo uso, integrata ove possibile da dati e osservazioni sperimentali su eventi di piena nella regione idrologica di interesse. Per i bacini in esame si è fatto riferimento alla "Carta delle classi di uso del suolo" redatta nell'ambito del PAI, individuando per ciascuno di essi le classi di uso del suolo prevalenti; a ciascuna classe di uso del suolo è stato poi attribuito un valore del fattore di trattenuta del terreno come indicato dalla letteratura scientifica e di seguito riportato:

- classe 1a – Zone urbanizzate ( $\phi=0.6$ );
- classe 1b – Zone estrattive, discariche e cantieri ( $\phi=0.6$ );
- classe 2a – Seminativi ( $\phi=0.3$ );
- classe 2d – Vigneti, frutteti e frutti minori, oliveti ( $\phi=0.3$ );
- classe 2e – Prati stabili ( $\phi=0.3$ );
- classe 3a – Boschi ( $\phi=0.2$ );
- classe 3c – Brughiere e cespuglieti ( $\phi=0.2$ );

Il valore del coefficiente d'afflusso  $\phi$  per i bacini idrografici di interesse è stato stimato come media pesata secondo la relazione seguente:

$$\phi = \frac{\sum S_i \cdot \phi_i}{S_{tot}} \quad (5.1)$$

dove  $S_i$  è la porzione di bacino ricadente in una singola classe di uso del suolo caratterizzata da un valore del coefficiente d'afflusso pari a  $\phi_i$ , mentre  $S_{tot}$  è la superficie totale del bacino. Si fa presente che nella seguente tabella sono riportati i coefficienti di deflusso relativi ai soli bacini che non rientrano nel database del modello AL.TO. per i quali il modello di calcolo non prevede la valutazione del coefficiente di deflusso.

Tabella 5.1: Caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua di interesse

Progressiva di progetto [km]	Corso d'acqua	Tipo	Area [kmq]	L [km]	i [%]	$H_{max}$ [m slm]	$H_{min}$ [m slm]	$H_{media}$ [m slm]	$\phi$
-1+013	Affluente n.2 fiume Ombrone	M	0.23	0.60	8.08	73.00	24.50	50.05	-
-0+605	Affluente n.1 fiume Ombrone	M	0.51	1.39	7.89	181.30	20.20	102.13	-
-0+374	Affluente n.3 fiume Ombrone	M	0.30	1.14	7.29	124.00	16.90	77.46	-

-0+217	Affluente n.4 fiume Ombrone	M	0.59	1.64	7.93	181.30	18.00	91.53	-
0+319	Affluente Rispecchia n.1	M	0.70	1.14	4.91	71.00	15.00	40.50	-
0+720	Affluente Rispecchia n.2	M	0.80	0.80	4.86	50.00	11.00	29.00	-
1+484	Fosso Rispecchia	P	27.52	8.90	2.44	317.00	10.50	116.75	-
3+755	Fosso Barbicato	M	2.64	2.72	3.31	97.00	7.00	41.41	-
4+910	Fosso Migliarino	S	8.72	3.30	6.88	230.00	3.00	74.13	-
5+110	Fosso della Banditella	M	2.99	2.47	2.75	71.00	3.00	25.89	-
5+804	Fosso Senza Nome 1	M	0.18	0.66	2.40	17.80	9.00	12.33	0.50
6+253	Fosso Valle Giardino	S	4.99	2.15	6.80	150.00	4.00	41.46	-
6+564	Fosso Senza Nome 2	M	0.12	0.56	1.20	22.00	16.00	19.00	0.65
7+256	Fosso dell'Acqua Pora	M	1.12	1.73	6.47	116.00	4.00	56.57	-
8+074	Fosso Carpina	P	10.56	4.82	2.10	116.00	15.00	56.57	-
9+147	Canale Piscina Statua	M	0.50	0.76	8.30	163.00	18.00	55.00	0.80
11+791	Affluente fosso del Romitorio	S	2.55	2.15	8.19	164.00	8.00	61.05	0.50
12+559	Fosso Scolo Collecchio	M	0.12	0.17	4.20	50.50	4.55	21.00	0.80

A favore di sicurezza, i coefficienti di afflusso  $\phi$  sono stati fissati pari a 0.8 per eventi con tempi di ritorno di 100 e 200 anni, mentre pari a 0.70 per tempi inferiori per tutti quei bacini su cui sono presenti diverse grosse abitazioni agricole e una ramificata rete stradale asfaltata (seppur in zona agricola). In alcuni bacini, per la presenza di estese zone boschive, si è definito per ogni singolo bacino un coefficiente di afflusso  $\phi$  minore in base alla percentuale dell'estensione della zona boschiva rispetto alla superficie totale del bacino.

## 5.2 **Calcolo delle portate di riferimento per i corsi d'acqua presenti nel database AI.To.**

I calcoli idrologici relativi ai corsi d'acqua "principali" sono stati svolti con le modalità indicate dal P.A.I. e nello specifico con riferimento alla metodologia definita dal modello AI.To. 2000 (di cui di seguito viene riportata una sintetica descrizione), unitamente a un'applicazione, realizzata dall'Autorità di Bacino, denominata IDRARNO, che costituisce una "estensione" di AL.TO. e permette, utilizzando la medesima metodologia e gli stessi dati di input, di ricostruire gli idrogrammi di piena fissando la durata dell'evento di pioggia.

La modellistica idrologica su cui si basa AL.TO. ha lo scopo di generare gli idrogrammi di progetto nelle sezioni d'interesse del reticolo fluviale a partire da ietogrammi di pioggia sintetici. La metodologia alla base degli studi effettuati dall'Autorità di Bacino mira a

un'agevole caratterizzazione degli eventi in termini di tempi di ritorno: conseguenza diretta, la possibilità di definire livelli di rischio in funzione della probabilità di accadimento. Ciò si ottiene facilmente attraverso una procedura semplificata di generazione di eventi sintetici, che si basa sulle seguenti ipotesi:

- eventi meteorici sintetici costanti su tutto il bacino;
- isofrequenza fra evento meteorico e portata in alveo ( $T_R$  evento di pioggia =  $T_R$  idrogramma di piena).

La procedura parte dalla teoria dell'idrogramma istantaneo unitario geomorfologico, di cui riportiamo di seguito le linee principali.

L'input meteorico è rappresentato da uno "ietogramma sintetico", la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità climatica, fornite ufficialmente dal Servizio Idrologico della Regione Toscana. Il metodo utilizzato per studiare la risposta idrologica, in termini di deflussi, è quello basato sul cosiddetto idrogramma istantaneo unitario (Instantaneous Unit Hydrograph, IUH), vale a dire l'idrogramma di piena causato da un evento impulsivo di pioggia di volume unitario e durata tendente a zero. Infatti, con le ipotesi di linearità e stazionarietà della risposta, l'idrogramma di piena può essere calcolato tramite la convoluzione fra ietogramma efficace e IUH:

$$Q(t) = \int_0^t U(\tau) p(t - \tau) d\tau \quad (5.2)$$

dove:

**Q(t)** è la portata defluente;

**p(t)** = A i(t), con A area del bacino e i(t) pioggia netta ragguagliata sul bacino;

$$\int_0^{\infty} U(t) dt = 1 \quad (5.3)$$

**U(t)** idrogramma unitario per cui  $U(t)dt$ .

Il momento di primo ordine dello IUH rispetto all'origine (baricentro), definito dalla relazione:

$$T_i = \int_0^{\infty} t U(t) dt = 1 \quad (5.4)$$

viene detto tempo di ritardo (lag)  $T_i$ .

Ad esempio, l'idrogramma unitario di Nash ha la seguente formulazione:

$$U(t) = \frac{1}{k\Gamma(n)} \left(\frac{t}{k}\right)^{(n-1)} e^{-\left(\frac{t}{k}\right)} \quad (5.5)$$

In questo schema il tempo di ritardo è dato dal prodotto  $nk$  (pari proprio alla media dell'idrogramma unitario).



I parametri  $n$ ,  $k$  e  $T_l$  dell'idrogramma unitario di Nash sono stati ricavati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del reticolo idrografico, mediante le espressioni

$$\begin{aligned} n &= 3.29(R_b/R_a)0.78R_l0.07 \\ k &= 0.7[R_a/(R_bR_l)]0.48L_c/v \\ T_l &= 2.3\left(\frac{R_b}{R_a}\right)^{0.3} R_l^{-0.41} \frac{L_c}{v} \end{aligned} \quad (5.6)$$

in unità congruenti, dove:

$R_b$  = rapporto di biforcazione;

$R_l$  = rapporto di lunghezza;

$R_a$  = rapporto di area;

$L_c$  = lunghezza del canale principale (dalla sorgente alla sezione di interesse);

$v$  = fattore cinematico legato alla velocità della piena ("media spazio-temporale di scorrimento dell'acqua o di propagazione dell'onda di piena").

I parametri geomorfologici elencati possono essere calcolati, una volta ordinato il reticolo idrografico secondo Strahler, sulla base delle seguenti note relazioni

$$\begin{aligned} N_u &= R_b^{\omega-u} \\ \overline{L}_u &= \overline{L}_1 R_l^{u-1} \\ \overline{A}_u &= \overline{A}_1 R_a^{u-1} \end{aligned} \quad (5.7)$$

dove:

$\omega$  = ordine massimo del reticolo;

$N_u$  = numero delle aste di ordine  $u$ ;

$L_u$  = lunghezza media delle aste di ordine  $u$ ;

$A_u$  = area media sottesa dalle aste di ordine  $u$ .

La trasformazione da pioggia reale a netta adottata richiede la stima di due parametri: la perdita iniziale è schematizzata introducendo un volume unitario di perdita iniziale (indicato con  $I_a$ ) che assorbe completamente la precipitazione durante i primi momenti dell'evento (dall'istante iniziale dell'evento  $t=0$  sino all'istante  $t=t_a$ ), mentre la perdita durante l'evento viene schematizzata con una infiltrazione costante a saturazione (indicata con  $Ks$ ),

$$\begin{aligned} I_a(t) &= I_a(0) + \int_0^{t_a} (P(\tau) - Ks) d\tau \\ \text{se } t < t_a : P_n(t) &= 0 \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$I_a(t) = I_a$$

$$se \quad t \geq t_a: P_n(t) = P(t) - Ks$$

dove:

**P(t)** = intensità di precipitazione ragguagliata sul bacino [mm/h];

**Pn(t)** = intensità di precipitazione netta sul bacino [mm/h];

**Ia(t)** = perdita iniziale all'istante t dell'evento [mm];

**Ia** = Ia(ta) volume di perdita iniziale per unità di area [mm];

**Ks** = velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h].

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

I parametri utilizzati per il calcolo delle portate di piena risultano, in sostanza, i seguenti:

**Ia** = volume unitario di perdita iniziale [mm];

**Ks** = velocità di infiltrazione a saturazione [mm/h];

**n** = parametro di forma dell'idrogramma di Nash [-];

**k** = parametro di scala dell'idrogramma di Nash [h].

Lo studio di regionalizzazione delle portate di piena, attraverso la taratura sistematica dei dati relativi a eventi registrati nei 42 bacini strumentati dal Servizio Idrografico, ha fornito una relazione fra i valori di  $T_l$  ed i parametri geomorfologici:

$$T_l = 0.42 \left( \frac{R_b}{R_a} \right)^{0.3} R_l^{-0.41} \frac{L_{mc}}{A^{0.075}} \quad (5.9)$$

dove A è l'area del bacino espressa in [kmq] e  $L_{mc}$  la lunghezza del reticolo [km], calcolata come cumulata delle lunghezze medie per i vari ordini gerarchici  $L_{mc}$ .

I valori di  $I_a$  e  $Ks$  nel lavoro di regionalizzazione sono calcolati in funzione dell'uso del suolo e della geologia dei bacini, resi indipendenti dalle dimensioni del bacino idrografico stesso.

I parametri geomorfici provengono invece dalla gerarchizzazione secondo Strahler del reticolo idrografico sotteso per ciascuna sezione di calcolo.

### 5.2.1 Dati utilizzati per i modelli idrologici

Gli idrogrammi di piena relativi ai bacini oggetto di studio sono stati calcolati con riferimento ad eventi di pioggia per tempi di ritorno di 10, 50, 100 e 200 anni.

I dati di input del modello IDRARNO, sono, per ogni bacino:

- **Area** - superficie del bacino (kmq);
- **Ia** - perdita iniziale (mm);

- $K_s$  - velocità di infiltrazione a saturazione (mm/h);
- $N$  - parametro di forma dell'idrogramma di Nash;
- $K$  - parametro di scala dell'idrogramma di Nash (h);
- $Cpp_a$  - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h;
- $Cpp_n$  - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h;
- $Q_{base}$  - portata di base (mc/s) – parametro opzionale;
- **Sezione** - nome della sezione a valle della confluenza.

I parametri  $I_a$ ,  $K_s$ ,  $N$ ,  $K$  sono ripresi dai dati disponibili nel modello AL.TO. e sono riportati nella Tabella 5.2.

Per ciascuno dei bacini in esame, sono riportati nella seguente tabella i dati utilizzati nei calcoli e che vanno a costituire il file “.idr” di input del software IDRARNO. Si precisa che per i parametri delle curve di possibilità pluviometrica sono stati utilizzati i parametri delle LSPP ottenuti dal Servizio Idrologico Regionale della Regione Toscana, relative all'aggiornamento dell'anno 2012 (per i dettagli si rimanda al paragrafo seguente).

Tabella 5.2: Caratteristiche geomorfologiche dei corsi d'acqua presenti nel database di AL.TO.

Nome	Area [kmq]	$I_a$	$K_s$	$N$	$K$
Affluente n.2 fiume Ombrone	0.23	3.300	0.775	1.823	0.100
Affluente n.1 fiume Ombrone	0.51	3.300	1.119	3.585	0.101
Affluente n.3 fiume Ombrone	0.30	3.300	0.886	3.109	0.101
Affluente n.4 fiume Ombrone	0.59	3.300	1.206	2.306	0.193
Affluente Fosso Rispescia 1	0.70	3.300	0.775	1.911	0.131
Affluente Fosso Rispescia 2	0.80	3.300	0.620	1.289	0.194
Fosso Rispescia	27.52	11.311	1.525	2.275	0.959
Fosso Barbicato	2.64	3.300	1.003	2.023	0.340
Fosso Migliarino	8.72	8.449	1.154	2.709	0.464
Fosso Banditella	2.99	3.300	0.775	2.172	0.334
Fosso Valle Giardino	2.29	4.992	0.954	2.745	0.274
Fosso dell'Acqua Pora	1.12	6.443	1.993	3.150	0.161
Fosso Carpina	10.56	12.467	2.183	2.281	0.500

Considerate le limitate estensioni dei bacini oggetto di indagine, è stato cautelativamente deciso di fissare il coefficiente di ragguglio areale delle piogge  $K_r$  pari a 1.

### 5.2.2 Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) - Aggiornamento 2012

Come sopra indicato i parametri delle curve di possibilità climatica  $a$  ed  $n$  inseriti nel modello IDRARNO sono stati calcolati utilizzando le LSPP regionalizzate, aggiornate all'anno 2012, messe a disposizione on-line dal Servizio Idrologico Regionale della Regione Toscana. Per i bacini di interesse è stata utilizzata come stazione meteorologica di riferimento quella di Rispescia (coordinate N 4730236.65, E 1675579.44).

Nella seguente tabella sono riportati i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP 2012, per durate superiori ad 1 h (in quanto ad oggi quelle per durate inferiori non sono disponibili), per ciascun tempo di ritorno analizzato e relativamente ad ogni bacino oggetto di studio. Si fa notare che i valori sono stati ricavati con riferimento al centroide del bacino.

Tabella 5.3: Valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP 2012 per ciascun tempo di ritorno

Nome	TR10		TR50		TR100		TR200	
	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n
Affluente n.2 fiume Ombrone	44.461	0.26034	62.325	0.32387	70.377	0.34777	78.677	0.36537
Affluente n.1 fiume Ombrone	44.461	0.26034	62.325	0.32387	70.377	0.34777	78.677	0.36537
Affluente n.3 fiume Ombrone	44.612	0.25655	62.538	0.32008	70.615	0.34398	78.945	0.36158
Affluente n.4 fiume Ombrone	44.548	0.25617	62.449	0.31969	70.515	0.34360	78.833	0.36119
Affluente Fosso Rispescia 1	44.612	0.25655	62.538	0.32008	70.615	0.34398	78.945	0.36158
Affluente Fosso Rispescia 2	44.214	0.26113	61.980	0.32464	69.984	0.34856	78.239	0.36615
Fosso Rispescia	44.402	0.25429	62.248	0.31782	70.289	0.34171	78.579	0.35932
Fosso Barbicato	43.964	0.26882	61.629	0.33234	69.588	0.35625	77.796	0.37386
Fosso Migliarino	44.138	0.26697	61.873	0.33050	69.865	0.35439	78.107	0.37200
Fosso Banditella	44.013	0.27220	61.698	0.33573	69.677	0.35963	77.884	0.37723
Fosso Valle Giardino	43.821	0.27388	61.429	0.33739	69.365	0.36130	77.546	0.37889
Fosso dell'Acqua Pora	44.110	0.27316	61.832	0.33670	69.820	0.36060	78.055	0.37820
Fosso Carpina	43.809	0.28061	61.412	0.41414	69.344	0.36804	77.525	0.38563

Si fa notare che per poter inserire nel modello IDRARNO i nuovi parametri  $a$  ed  $n$  della LSPP in forma binomia, il parametro  $m$  della CPP in forma trinomia ( $h = a t^n T_r^m$ ), equazione che il software usa di default, è stato posto pari a 0.

### 5.2.3 Risultati dei calcoli svolti

La seguente tabella presenta in sintesi i valori di portata al colmo relativi ai singoli bacini considerati. Nello specifico, vengono indicati per i tempi di ritorno analizzati i valori massimi di portata con riferimento alla durata di pioggia che massimizza il picco.

Tabella 5.4: Valori della portata al colmo per ciascun tempo di ritorno

Corso d'acqua	Q <sub>10</sub> [mc/s]	Q <sub>50</sub> [mc/s]	Q <sub>100</sub> [mc/s]	Q <sub>200</sub> [mc/s]
Affluente n.2 fiume Ombrone	5.68	7.38	8.09	8.86
Affluente n.1 fiume Ombrone	8.76	11.78	13.08	14.47
Affluente n.3 fiume Ombrone	5.58	7.44	8.24	9.10
Affluente n.4 fiume Ombrone	7.91	10.84	12.13	13.49
Affluente Fosso Rispescia 1	13.94	18.45	20.38	22.44
Affluente Fosso Rispescia 2	15.48	20.38	22.46	24.71
Fosso Rispescia	91.30	152.82	181.70	211.02
Fosso Barbicato	24.58	34.80	39.41	44.19
Fosso Migliarino	47.16	72.46	84.09	95.99
Fosso Banditella	27.20	38.62	43.77	49.11
Fosso Valle Giardino	20.41	29.35	33.38	37.54
Fosso dell'Acqua Pora	13.09	18.63	21.06	23.59
Fosso Carpina	54.81	92.61	103.94	119.63

Per ciascun bacino idrografico sono stati quindi ricostruiti, sulla base dei calcoli svolti, quattro idrogrammi, uno per ogni tempo di ritorno analizzato (vedi Allegato 1).

### 5.3 Calcolo delle portate di riferimento per i corsi d'acqua non presenti nel database AL.TO.

Come riportato precedentemente, per alcuni corsi d'acqua oggetto di studio non è stato possibile servirsi del software AL.TO. dal momento che non risultavano presenti all'interno del database; è stato quindi utilizzato il software URBIS 2003, inserendo i seguenti dati di input:

- **Area** - superficie del bacino (kmq);
- **Φ** - coefficiente di afflusso;
- **Tc** - tempo di corrivazione (h)

- **a** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h;
- **n** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h.

In questi casi, per la determinazione del tempo di corrivazione è stato fatto riferimento alle formule razionali di Giandotti e Kirpich:

- Formula di Giandotti (si ottengono spesso valori elevati)

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}} \quad (5.10)$$

dove  $T_c$  è espresso in ore,  $S$  (superficie) in kmq,  $\bar{H}$  è l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura del bacino in metri ed  $L$  è la lunghezza in km del più lungo percorso idraulico del bacino;

- Formula di Kirpich (per bacini rurali e di piccole dimensioni)

$$T_c = 0.066 \frac{L^{0,77}}{i^{0,385}} \quad (5.11)$$

dove  $T_c$  è espresso in ore,  $L$  (Lunghezza) in km e  $i$  è la pendenza del bacino, pari al rapporto tra l'altezza massima del punto più alto del bacino stesso rispetto alla sezione di chiusura e la lunghezza del percorso idraulico relativo a tale punto.

Nella tabella sottostante si riportano le caratteristiche geomorfologiche dei cinque corsi d'acqua analizzati non presenti nel database di AL.TO. e i rispettivi tempi di corrivazione calcolati tramite la formula di Kirpich.

Tabella 5.5: Caratteristiche geomorfologiche e tempi di corrivazione dei corsi d'acqua non presenti nel database di AL.TO.

Progressiva di progetto [km]	Corso d'acqua	Tipo	Area [kmq]	L [km]	i [%]	$\Phi$	$T_c$ [ore]
5+804	Fosso senza nome 1	M	0.18	0.66	2.40	0.50	0.25
6+564	Fosso senza nome 2	M	0.12	0.56	1.20	0.65	0.30
9+147	Canale Pescina Statua	S	0.50	0.76	8.30	0.80	0.25
11+791	Affluente fosso del Romitorio	M	2.55	2.15	8.19	0.50	0.40
12+559	Fosso Scolo Collecchio	M	0.12	0.17	4.20	0.80	0.20

Il primo passo nella stima dello ietogramma di progetto è la definizione della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per ciascuno dei bacini idrografici oggetto

di studio; per far ciò sono stati utilizzati i parametri della LSPP ottenuti dal Servizio Idrologico Regionale della Regione Toscana. In particolare, si è fatto riferimento alla stazione meteorologica di Rispescia (N 4730236.65, E 1675579.44).

Tabella 5.6: Valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle LSPP 2012 per ciascun tempo di ritorno

Nome	TR10		TR50		TR100		TR200	
	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_a	Cpp_n
Fosso Senza Nome 1	44.106	0.27467	61.828	0.33819	69.813	0.36211	78.049	0.37970
Fosso Senza Nome 2	43.808	0.28028	61.411	0.34381	69.344	0.36771	77.522	0.38532
Canale Piscina Statua	44.321	0.27965	62.130	0.34317	70.156	0.36708	78.429	0.38468
Affluente Fosso Romitorio	44.249	0.28690	62.029	0.35043	70.041	0.37434	78.302	0.39194
Fosso Scolo Collecchio	44.179	0.29284	61.931	0.35636	69.930	0.38026	78.180	0.39786

È stato quindi analizzato lo scenario che, per ciascun tempo di ritorno, va a massimizzare la portata di picco, ossia quello con durata dell'evento piovoso pari alla durata critica, assunta uguale al tempo di corrivazione.

Per ogni tempo di ritorno è stato fatto riferimento a uno ietogramma di pioggia costante per tutta la durata dell'evento; l'intensità di pioggia è stata ricavata dalle curve di possibilità pluviometrica di cui sopra.

Per ciascun corso d'acqua analizzato, lo ietogramma di pioggia netta è stato poi ricostruito depurando quello di pioggia totale proporzionalmente al valore del coefficiente di deflusso. Per ricostruire l'idrogramma di progetto è stato quindi utilizzato il metodo della corrivazione che schematizza il bacino come un insieme di canali lineari, tali cioè che il tempo di percorrenza del bacino sia un'invariante. È possibile perciò, almeno in via concettuale, tracciare le cosiddette linee isocorrive che uniscono i punti del bacino aventi lo stesso tempo di corrivazione.

Da esse, infine, è possibile costruire la curva *aree-tempi* che rappresenta in ordinate le aree  $S$  del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo di corrivazione  $t$ , rappresentato in ascissa.

Il tempo di corrivazione  $t$  corrispondente alla superficie totale  $S$  si definisce semplicemente tempo di corrivazione del bacino in esame ( $t_c$ ). Dalla curva *aree-tempi* è possibile dedurre lo IUH (Ietogramma Istantaneo Unitario) che assume la forma

$$h(t) = \frac{1}{S} \cdot \frac{dS}{dt} \quad (5.12)$$

dove  $dS/dt$  è la derivata della curva *aree-tempi* medesima. L'applicazione del metodo richiede quindi la costruzione della curva *aree-tempi* suddetta sulla base del reticolo idrografico (naturale o artificiale) e con considerazioni drasticamente semplificative: ad

esempio è comune considerare punti del bacino a ugual distanza dalla sezione di chiusura (lungo la rete idrografica) come appartenenti alla stessa isocorriva.

Un'ancor più rilevante semplificazione, anch'essa comune, ipotizza addirittura che la curva *aree-tempi* sia lineare, riconducendo la sua determinazione al solo tempo di corrvazione  $t_c$ . In questo caso lo IUH assume, infatti, la forma semplificata

$$h(t) = \frac{1}{t_c} \quad (5.13)$$

La seguente tabella presenta in sintesi i valori di portata al colmo relativi ai singoli bacini considerati. Nello specifico, vengono indicati per i tempi di ritorno analizzati (10, 50, 100 e 200 anni) i valori massimi di portata con riferimento alla durata di pioggia che massimizza il picco.

Tabella 5.7: Valori della portata al colmo per ciascun tempo di ritorno

Corso d'acqua	Q <sub>10</sub> [mc/s]	Q <sub>50</sub> [mc/s]	Q <sub>100</sub> [mc/s]	Q <sub>200</sub> [mc/s]
Fosso Senza Nome 1	3.01	3.87	4.23	4.61
Fosso Senza Nome 2	2.09	2.74	3.01	3.3
Canale Piscina Statua	13.37	17.16	18.75	20.45
Affluente Fosso Romitorio	29.26	38.80	42.90	47.23
Fosso Scolo Collecchio	4.18	5.23	5.66	6.13

#### 5.4 Riassunto delle portate utilizzate per le modellazioni idrauliche

In conclusione, per le successive modellazioni idrauliche sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena ricavati tramite i seguenti metodi:

- nei corsi d'acqua inseriti all'interno del database del software AL.TO., si sono utilizzati i valori di portata calcolati tramite il software IDRARNO;
- nei corsi d'acqua non inseriti all'interno del database del software AL.TO., si sono utilizzati i valori di portata stimati tramite il software URBIS 2003.

I valori delle portate aventi tempo di ritorno pari a 200 anni utilizzate per le modellazioni idrauliche sono riassunte nella tabella seguente.

In Allegato 1 sono riportati gli idrogrammi per Tr 200 anni utilizzati come input di calcolo delle verifiche idrauliche.

Tabella 5.8: Valori della portata al colmo per TR 200 anni in funzione del metodo di calcolo

Progressiva A12 [km]	Corso d'acqua	Bacino [kmq]	Q <sub>200</sub> [mc/s]	Metodo di calcolo della portata
-------------------------	---------------	-----------------	----------------------------	------------------------------------



0+319	Affluente Fosso Rispescia 1	0.70	22.44	AL.TO. - IDRARNO
0+720	Affluente Fosso Rispescia 2	0.80	24.71	AL.TO. - IDRARNO
1+484	Fosso Rispescia	27.52	211.02	AL.TO. - IDRARNO
3+755	Fosso Barbicato	2.64	44.19	AL.TO. - IDRARNO
4+910	Fosso Migliarino	8.72	95.99	AL.TO. - IDRARNO
5+110	Fosso della Banditella	2.99	49.11	AL.TO. - IDRARNO
5+804	Fosso Senza Nome 1	0.18	3.87	T <sub>c</sub> - URBIS
6+253	Fosso Valle Giardino	2.29	37.54	AL.TO. - IDRARNO
6+564	Fosso Senza Nome 2	0.12	2.74	T <sub>c</sub> - URBIS
7+256	Fosso dell'Acqua Pora	1.12	23.59	AL.TO. - IDRARNO
8+074	Fosso Carpina	10.56	119.63	AL.TO. - IDRARNO
9+147	Canale Piscina Statua	0.50	17.16	T <sub>c</sub> - URBIS
11+791	Affluente Fosso Romitorio	2.55	38.80	T <sub>c</sub> - URBIS
12+559	Fosso Scolo Collecchio	0.12	5.23	T <sub>c</sub> - URBIS

## 6. IDRAULICA

### 6.1 **Criteri di compatibilità e indirizzi per la progettazione e la verifica idraulica dei ponti**

Gli aspetti idraulici connessi alla realizzazione dei ponti sono disciplinati dalle NTC 2008 e Circolare del 2 febbraio 2009 , n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

I ponti che attraversano un corso d'acqua interferiscono con le condizioni di deflusso se le pile sono collocate in alveo e se le spalle o i rilevati di accesso causano un restringimento dell'alveo stesso.

I criteri di compatibilità e gli indirizzi per la progettazione e la verifica dei ponti sono quindi finalizzati a un migliore inserimento dell'opera all'interno del corso d'acqua.

Nel caso di opere di attraversamento esistenti le prescrizioni e gli indirizzi individuati sono rivolti a garantire che:

- l'inserimento della struttura sia coerente con l'assetto idraulico del corso d'acqua e non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico;
- siano valutate in modo adeguato le sollecitazioni di natura idraulica cui è sottoposta l'opera, in rapporto alla sicurezza della stessa.

#### **Indirizzi progettuali**

Di seguito sono elencati i criteri di compatibilità che assumono carattere di prescrizioni per i ponti esistenti.

Portata di piena di progetto. Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche del ponte deve essere non inferiore a 100 anni, come prescritto dalle NTC 2008 e Circolare del 2 febbraio 2009 , n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 e comunque in accordo alle prescrizioni dell'Autorità di bacino competente.

Per i corsi d'acqua di piccole dimensioni, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori ai 100 anni; in tali situazioni, da valutarsi caso per caso anche in relazione ad eventuali prescrizioni sul singolo corso d'acqua, è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni.

Portata di piena di progetto per opere provvisorie. Il tempo di ritorno per il quale calcolare la portata di progetto è legato alla scelta del rischio idraulico da associare ad una determinata opera idraulica; per opere provvisorie si assume lo stesso valore di rischio

considerato per le opere definitive di progetto, scalandolo dalla vita utile di queste ultime a quella relativa alle opere provvisionali. Definito il rischio idrologico  $R$ , funzione del tempo di ritorno,  $R_0$  è il suo valore per le opere definitive:

$$R(T) = R_0$$

$$1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_0}\right)^{N_0} \quad (6.1)$$

dove  $N_0$  e  $N$  sono la vita utile, rispettivamente dell'opera di progetto e dell'opera provvisoria, espressa in anni;  $T_0$  e  $T$  sono il tempo di ritorno, rispettivamente per il calcolo della portata per l'opera di progetto e per l'opera provvisoria, espresso in anni.

Di conseguenza:

$$1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N = R_0 \rightarrow T = \frac{1}{1 - \sqrt[N]{1 - R_0}} \quad (6.2)$$

Posizionamento del ponte rispetto all'alveo. Deve essere considerato l'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) rispetto all'alveo e verificato che le interazioni tra le opere e la corrente non diano luogo a fenomeni incompatibili con l'assetto morfologico dell'alveo o la stabilità dell'opera.

Effetti idraulici indotti dal ponte. Gli elementi strutturali del ponte e i relativi rilevati di accesso non devono comportare effetti negativi sulle modalità di deflusso in piena del corso d'acqua; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Va inoltre verificata la compatibilità dell'opera, e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse, con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

Condizioni di sicurezza idraulica del ponte e delle opere collegate. Il manufatto e le opere connesse devono essere sottoposti a verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile o delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte stesso per effetto di ostruzione delle luci.

## 6.2 *Rilievi topografici*

La simulazione del comportamento idraulico dei corsi d'acqua in studio nelle vicinanze dell'attraversamento autostradale implica la realizzazione di rilievi topografici per un tratto di lunghezza significativa, in funzione delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua (dimensioni, pendenza, grado di naturalità, tortuosità, ecc...), della tipologia dell'opera viaria principale (viadotto o tombino) e della eventuale presenza di altri manufatti di attraversamento minori (tombini e sottopassi di strade secondarie o di rampe autostradali) posti a breve distanza dal manufatto dell'A12, che abbiano una qualche influenza sul deflusso idrico.

Sono state quindi condotte diverse campagne di rilievi topografici finalizzate all'acquisizione dei dati necessari alla modellazione idraulica dei corsi d'acqua di interesse.

Si dispone quindi della seguente documentazione:

- Rilievo fotogrammetrico generale in scala 1:5.000;
- Rilievo fotogrammetrico di dettaglio in scala 1:1.000;
- Rilievo celeri metrico in scala 1:500 della fascia occupata dall'autostrada;
- Sezioni idrauliche dei corsi d'acqua interferiti dal progetto autostradale;
- Rilievo di tutte le opere d'arte esistenti e relative schede monografiche.

Sulla base di tali informazioni topografiche ciascun corso d'acqua di interesse viene digitalizzato e successivamente modellato mediante il codice di calcolo Hec-RAS descritto al paragrafo seguente.

## 6.3 *Modellazione idraulica*

Per i corsi d'acqua d'interesse viene implementato un modello monodimensionale attraverso il codice di calcolo Hec-Ras per simulare il deflusso, in condizioni di moto vario, di un tratto di corso d'acqua di lunghezza significativa a monte e a valle del manufatto di attraversamento autostradale, sia in condizioni di stato di fatto che in condizioni di progetto.

### **Generalità**

La valutazione del comportamento idraulico di un corso d'acqua e, più in particolare, dei rischi di esondazione indotti da piene di assegnato periodo di ritorno è, sempre più frequentemente, effettuata con l'ausilio di modelli matematici, che costituiscono un valido supporto per la valutazione ed il tracciamento dei profili di corrente (valori del tirante idrico  $h$  e della velocità di deflusso  $v$  in ogni sezione trasversale).

Relativamente al caso in esame, mediante la modellazione matematica si potrà valutare il rigurgito provocato dai manufatti di attraversamento autostradale nei tratti a monte, il pericolo di cedimento delle pile o delle spalle di un ponte a causa dello scalzamento delle fondazioni dovuto a fenomeni di erosione, il pericolo di lesioni o distruzione dell'impalcato di un ponte causato dalla spinta dinamica della corrente, amplificata, in molti casi, dalla parziale o totale occlusione della sezione di passaggio dovuta al materiale solido trasportato dalla corrente.

Nell'implementare un modello di simulazione idraulica si cerca in generale di riprodurre le reali condizioni di deflusso in alveo, introducendo eventuali semplificazioni a vantaggio di una maggiore agilità di computazione solo laddove esse consentano di ottenere comunque risultati globalmente attinenti alla realtà.

In particolare, in tutti quei casi in cui il deflusso della piena di progetto avviene all'interno delle aree golenali senza dar luogo a significativi fenomeni di esondazione, si potrà utilizzare un modello in moto permanente; invece, nei casi in cui il tratto di corso d'acqua da modellare sia caratterizzato da sensibili fenomeni di laminazione, è necessario effettuare simulazioni in moto vario, in modo da tenere conto, nel calcolo della portata che realmente transita nella sezione di interesse, anche delle variazioni dei volumi idrici che si sono avute lungo il tratto. Infine, nel caso di canali artificiali caratterizzati da sezioni regolari e senza particolari singolarità, si potrà prevedere anche una simulazione in moto uniforme.

I modelli idraulici sono programmi di calcolo che, tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di De Saint-Venant, consentono di determinare i profili di corrente sia in condizioni di moto vario che di moto permanente. I modelli possono simulare il flusso monodimensionale e quasi-bidimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali; è possibile tenere conto di:

- portate laterali;
- condizioni di corrente veloce o lenta;
- flusso libero o rigurgitato in corrispondenza di sfioratori;
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi;
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate;
- presenza di casse d'espansione;
- condizioni di flusso bidimensionale sulle pianure alluvionali;
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenze).

Si riportano di seguito alcuni richiami teorici sul moto vario delle correnti a superficie libera e sui metodi di risoluzione delle equazioni che le descrivono.

Il moto di una corrente idrica a superficie libera, nella quale non siano presenti significative componenti trasversali di moto, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali.

Nelle ipotesi di fluido omogeneo ed incompressibile, pendenza di fondo modesta, distribuzione della pressione idrostatica nelle sezioni trasversali, assenza di immissioni e sottrazioni di portata, tali equazioni assumono la forma seguente:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \cdot \frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g \cdot Q \cdot |Q|}{\chi^2 \cdot A \cdot R} = 0 \quad (6.3)$$

dove:

- A: area della sezione bagnata [m<sup>2</sup>];
- $\chi$ : coefficiente di scabrezza di Chezy [m<sup>1/2</sup>s<sup>-1</sup>];
- g: accelerazione di gravità [m<sup>2</sup>/s];
- h: altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale [m];
- Q: portata [m<sup>3</sup>/s];
- R: raggio idraulico [m];
- $\alpha$ : coefficiente di ragguaglio della quantità di moto, solitamente pari a 1;

Per il calcolo delle resistenza d'attrito si possono utilizzare due diverse formulazioni, l'espressione di Strickler e quella di Chezy, ed è possibile tener conto di ogni variazione della scabrezza all'interno delle sezioni trasversali, nelle golene o lungo l'alveo.

Secondo la formula di Chezy, nell'equazione del moto il termine di resistenza risulta pari a:

$$\tau_r = \frac{g \cdot Q \cdot |Q|}{\chi^2 \cdot A \cdot R} \quad (6.4)$$

Secondo la formula di Strickler, lo stesso termine diventa:

$$\tau_r = \frac{g \cdot Q \cdot |Q|}{M^2 \cdot A \cdot R^{4/3}} \quad (6.5)$$

dove M è il coefficiente di Strickler, pari a 1/n, con n pari al coefficiente di Manning.

Le caratteristiche specifiche dei materiali d'alveo e della copertura vegetazionale si possono valutare sulla base delle indicazioni fornite in letteratura.

I modelli idraulici risolvono le equazioni generali di De Saint Venant trasformandole in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo differente a seconda del modello utilizzato.

Per la risoluzione delle equazioni alla base del modello è sempre necessario introdurre delle condizioni iniziali e delle condizioni al contorno.

Le condizioni iniziali vengono generalmente specificate dall'utente imponendo in particolari punti del reticolo modellato valori noti di portata o livello, o di altre grandezze significative.

Le condizioni al contorno vengono, invece, imposte nelle sezioni estreme del reticolo; quelle generalmente utilizzate sono:

- valore costante del livello idrico o della portata;
- variazione nel tempo del livello idrico o della portata;
- relazioni fra le due variabili  $h$  (livello) e  $Q$  (portata), ad es. scala di deflusso per una sezione dell'alveo.

### Il codice di calcolo Hec-Ras

Il modello idraulico utilizzato, denominato HEC-RAS, è stato sviluppato dall'US Army Corps Of Engineers ed è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali. Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite.

Per l'analisi in moto permanente il software determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata *standard step*, risolvendo l'equazione del bilancio energetico

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (6.6)$$

dove:

$Y_1$  e  $Y_2$  sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

$Z_1$  e  $Z_2$  sono le altezze del fondo rispetto a una quota di riferimento;

$V_1$  e  $V_2$  sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale considerato;

$\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche;

$h_e$  è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.

Il termine  $h_e$  dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione; può essere valutato mediante la relazione

$$h_e = L \cdot \bar{S}_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (6.7)$$

dove:

**L** è la lunghezza del tronco considerato;

**$\bar{S}_f$**  è la cadente media tra le due sezioni;

**C** è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, pari al prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione dell'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine dell'equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento a una data sezione, viene determinata mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (6.6) e (6.7). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta a veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte, HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.



Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), che è stato utilizzato nell'ambito del presente studio, tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione di quelle per attrito e di quelle per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori rispetto ai valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede poi a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

Le equazioni che governano le correnti a pelo libero in moto vario sono quelle di De Saint Venant, valide nelle ipotesi di corrente gradualmente variata e pendenza d'alveo contenuta. La risoluzione di dette equazioni differenziali è effettuata da HEC-RAS utilizzando uno schema implicito alle differenze finite a quattro nodi, definito in letteratura come "box scheme", nel quale deve essere indicato un peso di discretizzazione temporale  $\theta$ . Questo schema risulta incondizionatamente stabile per valori di  $\theta$  compresi tra 0.5 e 1, condizionatamente stabile per  $\theta$  uguale a 0.5 e instabile per  $\theta < 0.5$ ; nella realtà, soprattutto in presenza di strutture che alterino drasticamente la geometria della sezione, possono presentarsi situazioni in cui la stabilità del sistema di risoluzione non è garantita. Le equazioni di De Saint Venant si compongono dell'equazione di continuità e dell'equazione di bilancio di massa, applicate a un assegnato tronco fluviale. Nell'ipotesi di fluido incomprimibile, l'equazione di continuità si scrive come

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} - q_e = 0 \quad (6.8)$$

dove:

**Q** è la portata fluviale;

**A** è l'area bagnata;

**S** è l'area di accumulo, cioè l'area della sezione che non contribuisce al deflusso;

**q<sub>e</sub>** è la portata per unità di larghezza dovuta agli apporti laterali.

L'equazione del moto si scrive come

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot V)}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (6.9)$$

dove:

**V** è la velocità;

**Q** è la portata;

**S<sub>f</sub>** è la cadente.

Le equazioni (6.8) e (6.9) sono di tipo differenziale e non lineari: possono essere risolte per via iterativa o mediante tecniche di linearizzazione.

L'analisi dell'effetto dei ponti in condizioni di moto vario è effettuata da HEC-RAS con due approcci alternativi: il primo si esplica sottraendo dall'area bagnata l'area occupata dalle spalle e dalle pile della struttura; il perimetro bagnato risulta incrementato sempre per la presenza del ponte e, conseguentemente, si ha una riduzione della capacità di portata. Si preferisce questa procedura nei casi di spalle non troppo alte e facilmente sommergibili. Il secondo approccio considera invece la sezione del ponte imponendo una condizione interna, con la definizione di relazioni Q-h (portata-altezza idrica) in sostituzione alle equazioni di moto vario.

### Risultati delle modellazioni condotte

Per tutti i corsi d'acqua le modellazioni sono state effettuate per il tempo di ritorno di riferimento di 200 anni.

### Verifica dei manufatti di attraversamento con altri metodi di calcolo

Il restringimento dovuto alla presenza delle pile e/o delle spalle di un ponte in alveo di un corso d'acqua può dar luogo ad un rigurgito di cui bisogna tenere conto in fase di progettazione del manufatto di attraversamento e delle opere eventualmente necessarie al fine di garantire le adeguate condizioni di sicurezza (ad esempio, ripristino del franco idraulico).

Per il calcolo del sovrizzo a monte del restringimento è necessario classificare il deflusso in alveo in funzione delle caratteristiche assunte dalla corrente al passaggio fra le pile del ponte:

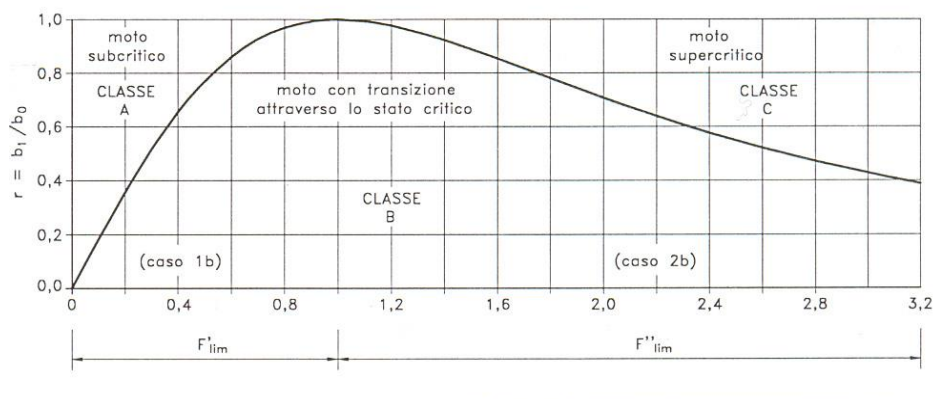
**CLASSE A**: il deflusso a monte del manufatto avviene in corrente lenta e rimane lenta al passaggio attraverso la sezione ristretta, con un innalzamento del pelo libero a monte del manufatto;

**CLASSE B:** il deflusso attraverso la sezione ristretta avviene con transizione, da corrente lenta a veloce o viceversa, con un innalzamento del pelo libero a monte del manufatto; il passaggio attraverso la sezione ristretta, invece, avviene in condizioni di stato critico con formazione di un risalto idraulico localizzato a valle del manufatto nel primo caso e a monte nel secondo caso.

È da sottolineare che il passaggio da una corrente lenta a una veloce dovuto ad un forte restringimento può comportare la necessità di proteggere l'alveo contro possibili fenomeni erosivi o di scalzamento delle pile.

**CLASSE C:** il deflusso a monte del manufatto avviene in corrente veloce e rimane veloce al passaggio attraverso la sezione ristretta, in corrispondenza della quale si registra un innalzamento del pelo libero.

Figura 6.1: Classificazione dei modi di deflusso attraverso un canale rettangolare



Tale suddivisione in classi è ben evidenziata dal diagramma di Figura 6.1 nella quale è rappresentato il valore limite del numero di Froude  $F = v/\sqrt{g \cdot y}$  in funzione del rapporto di restringimento  $r = b_1/b_2$  ( $b_1$  e  $b_2$  rispettivamente larghezza della sezione ristretta e della sezione a valle del manufatto; per sezioni naturali di forma irregolare la larghezza  $b$  viene calcolata come rapporto tra l'area bagnata e il tirante idrico) secondo la relazione (6.10):

$$r^2 = 27 \cdot \frac{F^2}{(2 + F^2)^3} \quad (6.10)$$

Numerose formule di origine sperimentale sono state proposte per determinare il sovrizzo  $\Delta y$  rispetto all'altezza  $y$  propria del moto indisturbato.

Nel seguito, le sezioni a monte e a valle del manufatto verranno indicate rispettivamente con i pedici 0 e 2, mentre la sezione ristretta verrà indicata con il pedice 1.






Per i moti di **classe A** le formule d'uso più frequente sono le seguenti:

1. Formula di Yarnell

$$\frac{\Delta y}{y_2} = \frac{y_0 - y_2}{y_2} = K_Y \cdot (K_Y - 0.6 + 5 \cdot F_2^2) \cdot [1 - r + 15 \cdot (1 - r)^4] \cdot F_2^2 \quad (6.11)$$

dove le grandezze hanno il significato già visto e  $K_Y$  è un coefficiente di forma delle pile del ponte come da Figura 6.2.

Figura 6.2: Coefficienti di forma delle pile dei ponti.

forma della pila	$K_Y$
	1,25
	1,05
	1,05
	0,95
	0,90

Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo  $\alpha$  diverso da 0, i valori di  $\Delta y$  calcolati con la (6.11) devono essere moltiplicati per un coefficiente pari a 1.3 per  $\alpha=10^\circ$  e a 2.3 per  $\alpha=20^\circ$ .

2. Formula di Rehbock

$$\Delta y = K_R \cdot (1 - r) \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad (6.12)$$

dove  $K_R$  è un coefficiente di forma pari a 1 per pile a rostri arrotondati e 2 per pile a spigoli vivi.

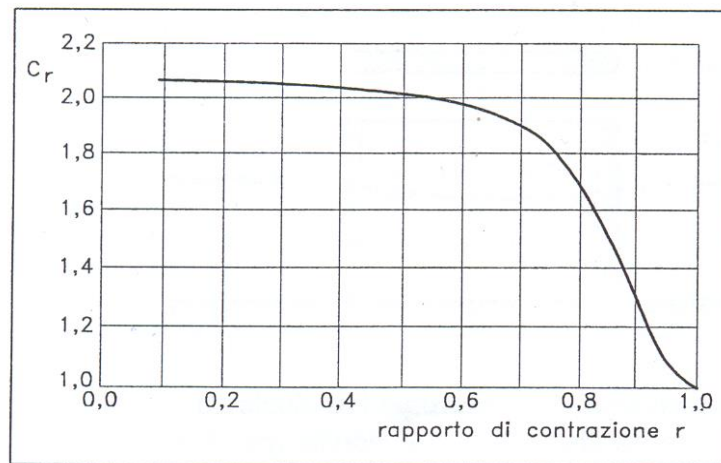
3. Formula di Nagler

$$Q = K_N \cdot b_1 \cdot \sqrt{2g} \left( y_2 - \theta \cdot \frac{v_2^2}{2g} \right) \cdot \sqrt{\Delta y + C_r \cdot \frac{v_2^2}{2g}} \quad (6.13)$$

dove i simboli hanno il seguente significato:

- $\theta$ : coefficiente legato alla turbolenza, ordinariamente assunto pari a 0.3;
- $C_r$ : coefficiente funzione del rapporto di restringimento  $r$  (vedi Figura 6.3);
- $K_N$ : coefficiente di forma della pila funzione del rapporto di restringimento  $r$ , dell'angolo  $\alpha$  formato dalla corrente con l'asse della pila e dalla forma della pila (vedi Tabella 6.1).

Figura 6.3: Coefficiente  $C_r$  della formula di Nagler.



#### 4. Formula di Aubuisson

$$Q = K_A \cdot b_1 \cdot y_2 \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta y + v_0^2} \quad (6.14)$$

dove  $K_A$  è un coefficiente di forma dipendente principalmente dal rapporto di restringimento  $r$  e dalla forma e dall'orientamento delle pile (valori di  $K_A$  in Tabella 6.1).

Tabella 6.1: Valori dei coefficienti  $K_N$  e  $K_A$  da usarsi nelle formule di Nagler e di Aubuisson per pile parallele alla corrente.

Tipo di pila	Rapporto di restringimento $r$									
	0.90		0.80		0.70		0.60		0.50	
	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$
fronte e retro a spigolo vivo	0.91	0.96	0.87	1.02	0.86	1.02	0.87	1.00	0.89	0.97
fronte e retro semicircolari	0.94	0.99	0.92	1.13	0.95	1.20	1.03	1.26	1.11	1.31
fronte e retro triangolari con angolo al vertice di 90°	0.94		0.94		0.92					
coppia di cilindri con o senza setto di collegamento	0.91		0.89		0.88					
con fronte e retro lenticolari	0.95	1.00	0.94	1.14	0.97	1.22				

Nel caso in cui il deflusso attraverso il ponte sia di **classe B**, il moto avviene con transizione, passando nella sezione ristretta in condizioni critiche. Le condizioni idrometriche di monte sono ricavabili istituendo il bilancio energetico tra la sezione 0 a monte e la sezione ristretta 1, ove si realizza l'altezza critica.

Nel caso di correnti lente la profondità  $y_0$  a monte della sezione ristretta si può calcolare con la (6.15):

$$y_0 = K \cdot \sqrt{\frac{Q^2}{g \cdot b_0^2 \cdot F_{lim}^2}} \quad (6.15)$$

dove le grandezze hanno il significato già visto e  $K$  è un coefficiente di forma che assume i seguenti valori:

- 1.135 pile con fronti squadrati;
- 1.085 pile con fronti triangolari;
- 1.050 pile con fronti semicirculari;
- 1.030÷1.020 contrazione laterale ben accompagnata.

Nel caso in cui il deflusso attraverso il ponte sia di **classe C**, il massimo dell'elevazione si ha in corrispondenza della sezione ristretta ed è inferiore (o al massimo uguale) all'altezza critica.

#### **6.4 Analisi dei risultati**

In questo capitolo vengono descritte le simulazioni eseguite tramite Hec-Ras riguardanti lo stato attuale e lo stato di progetto di tutti i corsi d'acqua che interferiscono con il progetto autostradale: per entrambe le configurazioni, tali simulazioni sono state effettuate utilizzando lo schema di moto vario.

Si fa notare che nei casi in cui nello stato di progetto sia previsto un allargamento della sede stradale attuale mediante prolungamento dell'attraversamento esistente con l'utilizzo di un manufatto avente dimensioni maggiori di quella attuale, nella schematizzazione idraulica dello stato "post operam", non potendo ricostruire la variazione della sezione all'interno di un ponte, sono state utilizzate le dimensioni del tombamento attuale. Tale scelta risulta ovviamente cautelativa in quanto adottare le dimensioni minime del tombamento permette di effettuare la simulazione in condizioni "a favore di sicurezza".

#### **Affluente del Fosso Rispecchia n°1**

L'Affluente del Fosso Rispecchia n°1 si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

## ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare avente dimensioni 3.68 x 1.86 m, con una quota di intradosso pari a 12.37 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che il tirante supera la quota dell'intradosso dell'impalcato; nella sezione immediatamente a monte dell'impalcato si riscontra un livello idrometrico pari a 12.89 m s.l.m., in assenza quindi di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla strada comunale presente a valle della S.S.1 Aurelia non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.4: Profilo idraulico dell'Affluente del Fosso Rispescia n°1 - Stato ante operam

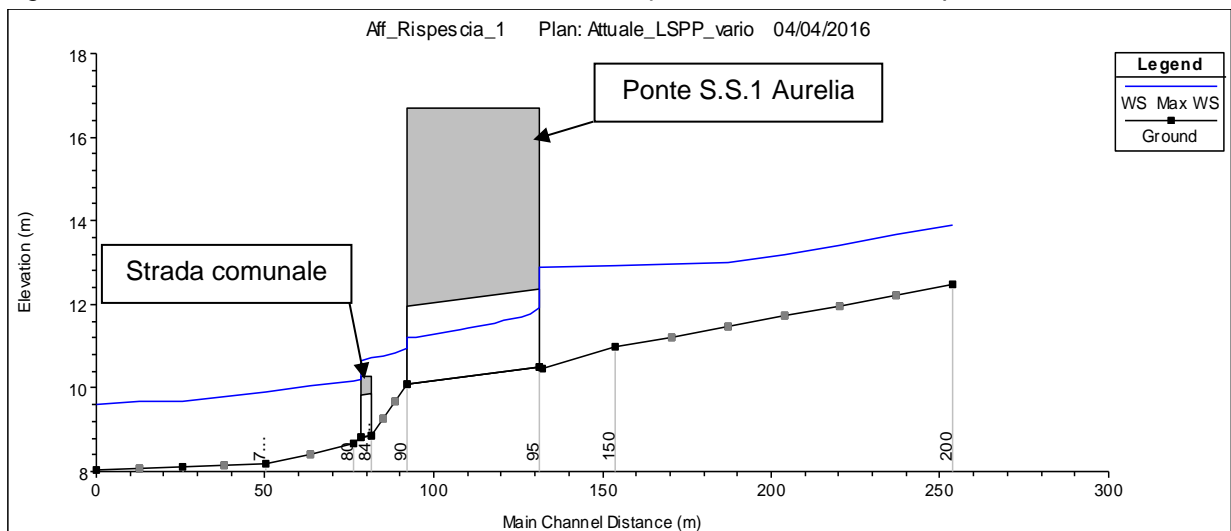


Tabella 6.2: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tracciato - (1)	200	Max WS	20.46	12.47	13.90	14.07	14.44	0.015721	3.59	9.17	45.57	1.21
Tracciato - (1)	150	Max WS	19.09	10.97	12.93	12.61	12.99	0.001243	1.37	19.57	75.35	0.37
Tracciato - (1)	101	Max WS	19.04	10.48	12.89	11.47	12.97	0.000442	1.25	15.22	102.00	0.26
Tracciato - (1)	100	Max WS	19.02	10.49	12.89		12.97	0.000443	1.25	15.21	101.97	0.26
Tracciato - (1)	95		Culvert									
Tracciato - (1)	90	Max WS	19.02	10.10	10.96	11.68	12.21	0.041300	4.94	3.85	4.45	1.70
Tracciato - (1)	85	Max WS	19.02	8.87	10.73		10.92	0.004772	2.35	13.96	40.59	0.67
Tracciato - (1)	84.5		Culvert									
Tracciato - (1)	84	Max WS	19.02	8.82	10.20	10.48	10.96	0.022991	4.15	5.92	15.26	1.44
Tracciato - (1)	80	Max WS	19.02	8.66	10.17	10.25	10.60	0.015044	3.40	9.54	46.04	1.14
Tracciato - (1)	70	Max WS	18.97	8.19	9.92	9.99	10.43	0.023741	3.16	6.00	11.43	1.39
Tracciato - (1)	60	Max WS	17.98	8.10	9.69	9.69	9.70	0.000935	0.59	37.36	93.89	0.27
Tracciato - (1)	50	Max WS	19.16	8.02	9.62	9.55	9.66	0.004617	1.11	23.43	94.96	0.59

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata nord: il tombino scatolare presente sarà prolungato con dimensioni 4.00 x 2.00 m.

I risultati della simulazione idraulica sono sostanzialmente uguali a quelli dello stato di fatto, con un livello idrometrico nella sezione di monte dell'attraversamento pari a 12.94 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla strada comunale presente a valle della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.5: Profilo idraulico dell'Affluente del Fosso Rispecchia n°1 - Stato post operam

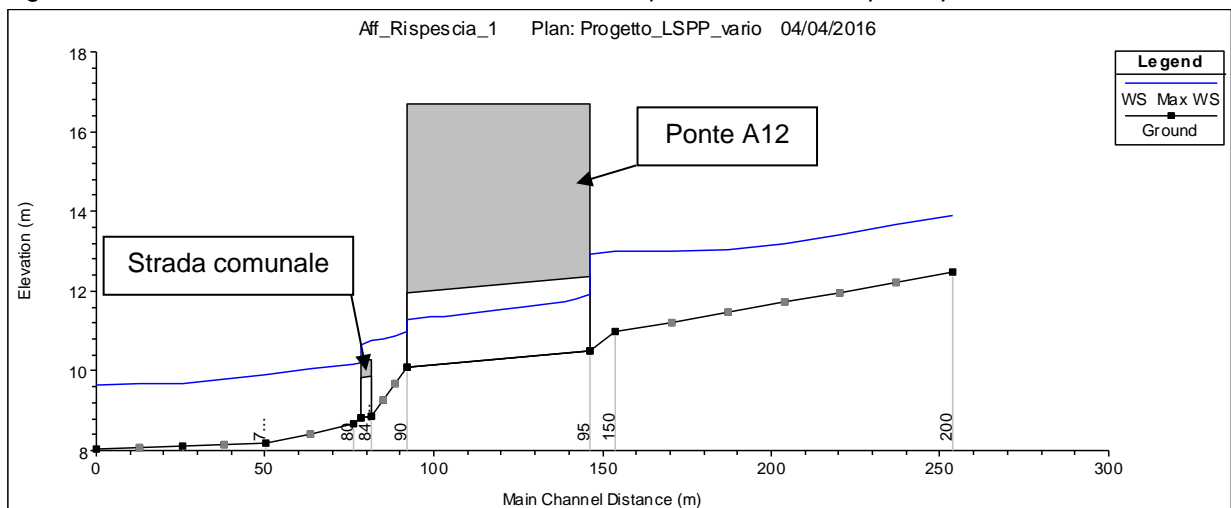


Tabella 6.3: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tracciato - (1)	200	Max WS	20.46	12.47	13.90	14.07	14.44	0.015729	3.59	9.17	45.57	1.21
Tracciato - (1)	150	Max WS	19.45	10.97	12.99	12.62	13.05	0.001025	1.28	21.15	78.78	0.34
Tracciato - (1)	100	Max WS	19.42	10.49	12.94		13.02	0.000430	1.25	15.54	104.20	0.26
Tracciato - (1)	95		Culvert									
Tracciato - (1)	90	Max WS	19.41	10.10	10.98	11.69	12.23	0.040614	4.95	3.93	4.45	1.68
Tracciato - (1)	85	Max WS	19.41	8.87	10.75		10.93	0.004416	2.29	14.84	42.22	0.64
Tracciato - (1)	84.5		Culvert									
Tracciato - (1)	84	Max WS	19.41	8.82	10.21	10.49	10.98	0.023447	4.20	5.99	15.38	1.45
Tracciato - (1)	80	Max WS	19.41	8.66	10.17	10.26	10.61	0.015179	3.42	9.71	46.43	1.15
Tracciato - (1)	70	Max WS	19.37	8.19	9.92	9.99	10.44	0.024563	3.21	6.03	11.48	1.42
Tracciato - (1)	60	Max WS	18.43	8.10	9.69	9.69	9.70	0.000979	0.60	37.39	93.91	0.28
Tracciato - (1)	50	Max WS	19.53	8.02	9.62	9.56	9.66	0.004724	1.13	23.58	95.21	0.60



## Affluente del Fosso Rispecchia n°2

Come il precedente corso d'acqua, anche l’Affluente del Fosso Rispecchia n°2 si presenta incassato nell’area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l’idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell’ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare avente dimensioni 2.08 x 1.98 m, con una quota di intradosso pari a 12.18 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento praticamente in pressione dell’attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 13.74 m s.l.m., in assenza quindi di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 22 mc/s a 16 mc/s.

Figura 6.6: Profilo idraulico dell’Affluente del Fosso Rispecchia n°2 - Stato ante operam

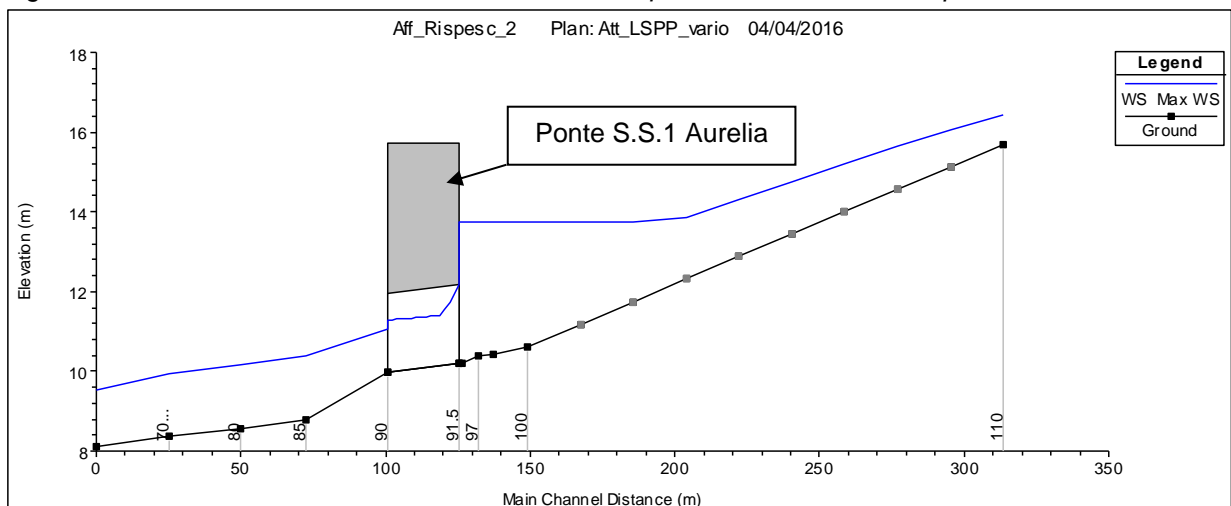


Tabella 6.4: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	110	Max WS	21.94	15.70	16.45	16.49	16.67	0.020129	2.73	11.04	34.90	1.29
1	100	Max WS	16.09	10.62	13.76	12.60	13.76	0.000015	0.18	142.15	140.40	0.04
1	98	Max WS	16.08	10.41	13.76	12.46	13.76	0.000016	0.19	147.12	161.36	0.04
1	97	Max WS	16.08	10.38	13.76	11.51	13.76	0.000005	0.13	143.08	191.18	0.02
1	94	Max WS	16.08	10.20	13.74	11.67	13.78	0.000359	0.87	18.99	38.85	0.19
1	93	Max WS	16.08	10.20	13.74		13.78	0.000363	0.88	18.32	38.28	0.19
1	91.5		Culvert									
1	90	Max WS	16.08	9.98	11.06	11.48	12.39	0.041439	5.11	3.15	3.76	1.78
1	85	Max WS	16.08	8.77	10.38	10.24	10.66	0.006771	2.34	6.86	7.92	0.80
1	80	Max WS	16.07	8.56	10.17	10.31	10.77	0.014933	3.44	4.67	4.84	1.12
1	70	Max WS	16.07	8.36	9.96	9.94	10.07	0.004229	1.87	14.34	41.31	0.60
1	60	Max WS	16.07	8.11	9.52	9.69	10.57	0.031182	4.55	3.53	4.17	1.58

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata nord: il tombino scatolare presente sarà prolungato con dimensioni 2.00 x 2.50 m.

I risultati della simulazione idraulica sono sostanzialmente uguali a quelli dello stato di fatto, con un livello idrometrico nella sezione di monte dell'attraversamento pari a 13.74 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 22 mc/s a 16 mc/s.

Figura 6.7: Profilo idraulico dell'Affluente del Fosso Rispecchia n°2 - Stato post operam

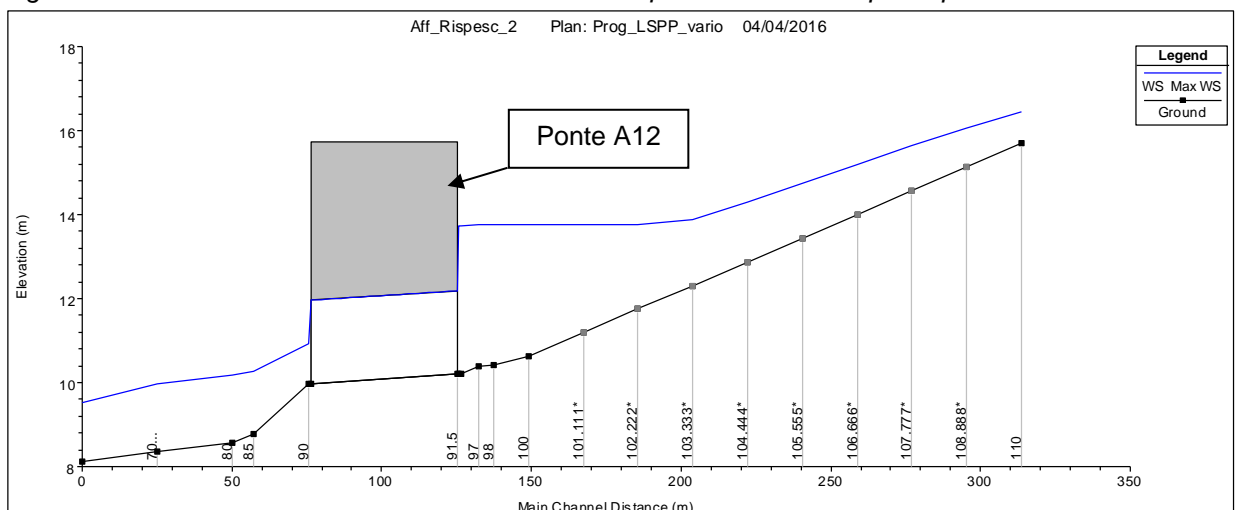


Tabella 6.5: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	110	Max WS	21.94	15.70	16.45	16.49	16.67	0.020008	2.72	11.06	34.91	1.29
1	100	Max WS	16.08	10.62	13.76	12.60	13.76	0.000015	0.18	142.41	140.50	0.04
1	98	Max WS	16.07	10.41	13.76	12.44	13.76	0.000016	0.19	147.47	161.55	0.04
1	97	Max WS	16.07	10.38	13.76	11.51	13.76	0.000005	0.13	143.21	191.33	0.02
1	94	Max WS	16.07	10.20	13.74	11.68	13.78	0.000357	0.87	19.02	39.52	0.19
1	93	Max WS	16.07	10.20	13.74		13.78	0.000361	0.88	18.34	39.04	0.19
1	91.5		Culvert									
1	90	Max WS	16.07	9.98	10.93	11.48	12.75	0.063798	5.98	2.69	3.57	2.20
1	85	Max WS	16.07	8.77	10.27	10.24	10.63	0.009520	2.66	6.04	7.43	0.94
1	80	Max WS	16.07	8.56	10.19	10.31	10.77	0.014122	3.37	4.76	4.89	1.09
1	70	Max WS	16.06	8.36	9.96	9.94	10.07	0.004246	1.88	14.31	41.31	0.60
1	60	Max WS	16.06	8.11	9.52	9.69	10.57	0.031198	4.55	3.53	4.17	1.58

## Fosso Rispectia

Il Fosso Rispectia si presenta come un corso d'acqua arginato, con sezioni trapezie e pendenza del fondo regolare; ai lati del canale si trovano due controfosse, che vengono utilizzate come strade campestri.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un ponte a luce unica sul corso d'acqua principale e due tombini scatoari in corrispondenza delle due controfosse. La quota di intradosso del ponte è pari a 14.40 m s.l.m., mentre i due tombini scatoari hanno una quota di intradosso più alta, 14.74 m s.l.m. per quello in sinistra idraulica e 14.58 m s.l.m. per quello in destra.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che il tirante supera la quota dell'intradosso dell'impalcato, con un livello idrometrico nella sezione di monte pari a 14.79 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla strada comunale presente a monte della S.S.1 Aurelia non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.8: Profilo idraulico del Fosso Rispectia - Stato ante operam

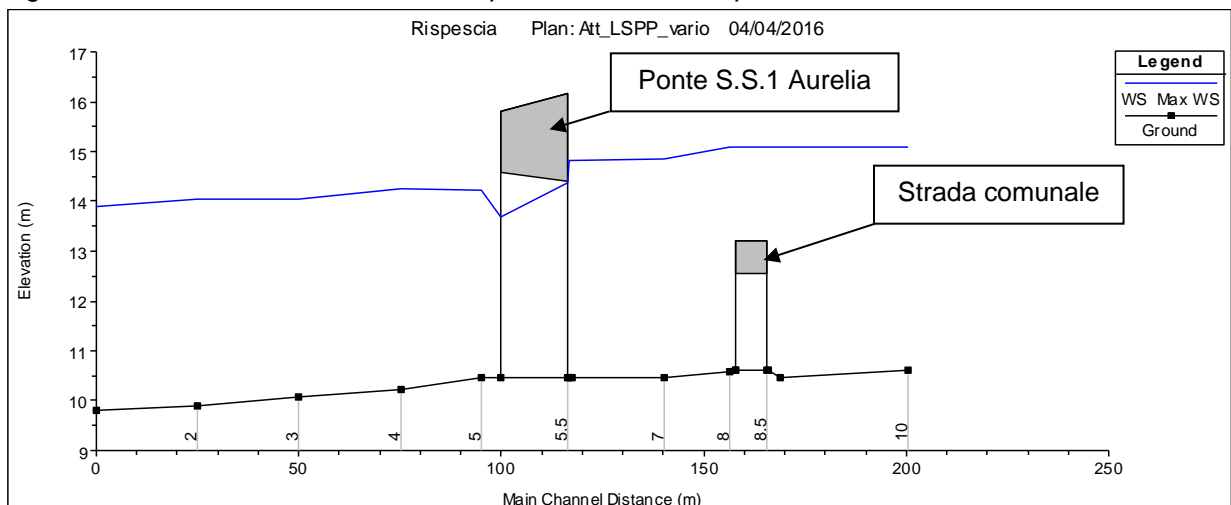


Tabella 6.6: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	10	15NOV1998 0330	208.83	10.60	15.08	13.94	15.09	0.000095	0.72	506.11	309.16	0.12
1	9	15NOV1998 0330	209.47	10.47	15.08	13.64	15.09	0.000063	0.59	573.51	309.15	0.10
1	8.8	15NOV1998 0330	209.53	10.60	15.08	13.55	15.09	0.000012	0.27	568.43	309.16	0.04
1	8.5	Bridge										
1	8.2	15NOV1998 0330	209.53	10.60	15.08	13.55	15.09	0.000012	0.27	567.77	309.14	0.04
1	8	15NOV1998 0330	209.55	10.58	15.06	13.63	15.09	0.000171	0.92	317.02	162.57	0.16
1	7.15	Lat Struct										
1	7	15NOV1998 0330	193.10	10.46	14.84	13.54	15.24	0.001795	2.78	69.53	22.36	0.50
1	6.14	Lat Struct										
1	6.1	15NOV1998 0330	187.26	10.46	14.79	13.62	15.22	0.001924	2.90	65.86	27.21	0.53
1	6	15NOV1998 0330	187.27	10.46	14.79	13.62	15.22	0.001930	2.90	65.79	27.16	0.53
1	5.5	Bridge										
1	5	15NOV1998 0330	187.27	10.45	14.12	13.67	14.90	0.004553	3.91	48.07	22.02	0.78
1	4	15NOV1998 0330	187.28	10.23	14.05	13.73	14.89	0.005262	4.05	46.28	22.22	0.84
1	3	15NOV1998 0330	187.32	10.07	14.00	13.68	14.82	0.005244	4.01	46.76	19.92	0.84
1	2	15NOV1998 0330	187.36	9.91	13.95	13.54	14.71	0.004756	3.88	48.35	20.10	0.80
1	1	15NOV1998 0330	187.40	9.81	13.89	13.45	14.64	0.004616	3.83	48.89	20.14	0.79

## POST OPERAM

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo ponte autostradale a valle di quello esistente: tale opera avrà una luce di 53.80 m e presenterà due pile infisse negli argini del corso d'acqua, così da non interferire con il normale deflusso idrico. La quota di intradosso dell'impalcato del ponte è stata fissata pari a 16.30 m s.l.m., tenuto conto di un franco di 1.5 m rispetto alla quota della sommità arginale più alta (14.80 m s.l.m.) Si prevede inoltre di rivestire in pietrame le sezioni a cavallo dell'autostrada per un tratto di 60 m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che il nuovo ponte è verificato con un livello idrometrico nella sezione di monte di 14.37 m s.l.m., cui corrisponde un franco idraulico pari a 1.93 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla strada comunale presente a monte della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.9: Profilo idraulico del Fosso Rispecchia - Stato post operam

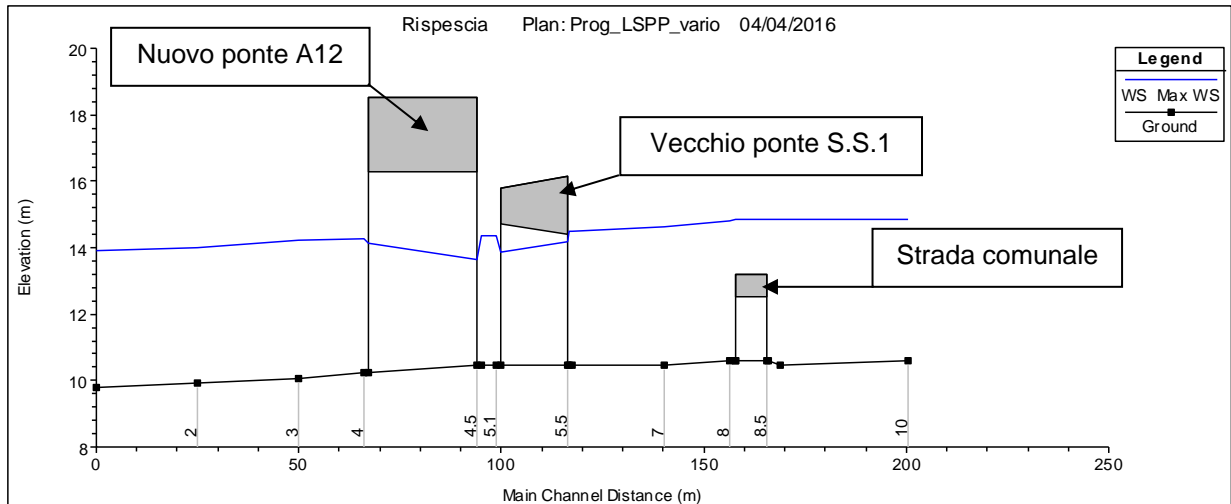


Tabella 6.7: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	10	15NOV1998 0330	208.83	10.60	14.83	13.94	14.85	0.000158	0.88	428.75	307.61	0.15
1	9	15NOV1998 0330	209.51	10.47	14.83	13.64	14.84	0.000098	0.70	496.15	307.61	0.12
1	8.8	15NOV1998 0330	209.59	10.60	14.83	13.55	14.84	0.000020	0.33	491.16	307.61	0.05
1	8.5		Bridge									
1	8.2	15NOV1998 0330	209.59	10.60	14.83	13.55	14.84	0.000020	0.33	490.60	307.60	0.05
1	8	15NOV1998 0330	209.59	10.58	14.81	13.63	14.85	0.000256	1.07	275.66	160.45	0.20
1	7.15		Lat Struct									
1	7	15NOV1998 0330	197.48	10.46	14.52	13.57	15.03	0.002577	3.17	62.30	21.87	0.60
1	6.14		Lat Struct									
1	6.1	15NOV1998 0330	200.15	10.46	14.25	13.74	14.98	0.004111	3.78	53.00	21.37	0.75
1	6	15NOV1998 0330	200.56	10.46	14.23	13.74	14.97	0.004198	3.81	52.70	21.29	0.76
1	5.5		Bridge									
1	5.1	15NOV1998 0330	200.56	10.45	14.29	13.79	14.30	0.000081	0.54	432.96	181.88	0.11
1	5	15NOV1998 0330	197.61	10.45	14.29	13.76	14.30	0.000079	0.53	432.74	181.87	0.10
1	4.5		Bridge									
1	4	15NOV1998 0330	197.61	10.23	14.15	13.83	14.16	0.000073	0.49	446.22	184.34	0.10
1	3	15NOV1998 0330	196.85	10.07	14.03	13.76	14.91	0.005594	4.16	47.37	20.05	0.86
1	2	15NOV1998 0330	197.10	9.91	13.96	13.63	14.80	0.005179	4.05	48.64	20.16	0.83
1	1	15NOV1998 0330	197.16	9.81	13.86	13.53	14.71	0.005244	4.07	48.42	20.04	0.84

## Fosso Barbicato

Il Fosso Barbicato si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia ha dimensioni 7.50 x 3.40 m, con una quota di intradosso pari a 8.54 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento a pelo libero dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 8.16 m s.l.m., comportando quindi un franco idraulico di 0.38 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 44 mc/s a 40 mc/s.

Figura 6.10: Profilo idraulico del Fosso Barbicato - Stato ante operam

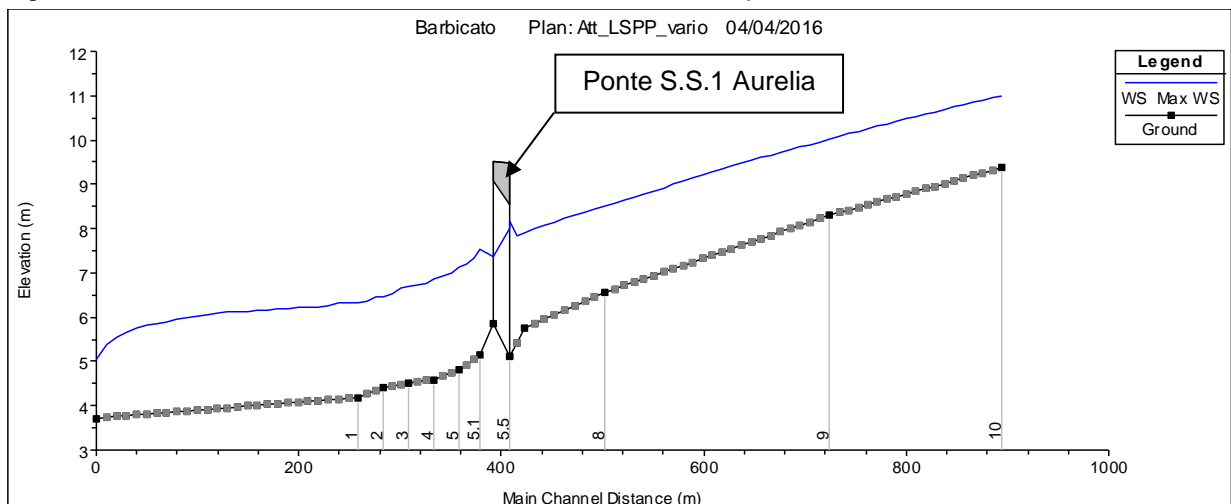


Tabella 6.8: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
1	10	Max WS	44.02	9.38	11.00		11.42	0.005465	2.89	15.54	13.47	0.78
1	9	Max WS	43.74	8.30	10.03	10.19	10.51	0.007130	3.21	21.36	142.24	0.86
1	8	Max WS	43.54	6.56	8.52	8.62	8.94	0.006581	3.21	19.57	34.72	0.82
1	7	Max WS	40.31	5.76	7.91	8.21	8.93	0.016497	4.55	9.47	164.36	1.27
1	5.9	Max WS	40.14	5.10	8.16	6.53	8.32	0.000185	1.75	22.91	7.48	0.32
1	5.5	Bridge										
1	5.1	Max WS	44.22	5.15	7.54		7.91	0.000548	2.68	16.51	6.90	0.55
1	5	Max WS	44.58	4.82	7.13	7.27	8.06	0.013221	4.26	10.46	7.22	1.13
1	4	Max WS	43.43	4.59	6.85	6.98	7.89	0.015909	4.52	9.61	7.06	1.24
1	3	Max WS	37.96	4.52	6.70	6.76	7.55	0.013624	4.07	9.32	7.29	1.15
1	2	Max WS	25.46	4.41	6.45		6.91	0.007954	2.99	8.52	7.19	0.88
1	1	Max WS	43.12	4.19	6.34		6.35	0.000730	0.93	79.65	146.40	0.27
1	0.1	Max WS	42.85	3.72	5.06	5.88	7.16	0.047426	6.42	6.68	7.31	2.14

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata nord: il tombino presente sarà prolungato con dimensioni 7.50 x 3.50 m. I risultati della simulazione idraulica restituiscono un livello idrometrico nella sezione di monte dell'attraversamento pari a 8.20 m s.l.m., per un franco di 1.06 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 44 mc/s a 40 mc/s.

Figura 6.11: Profilo idraulico del Fosso Barbicato - Stato post operam

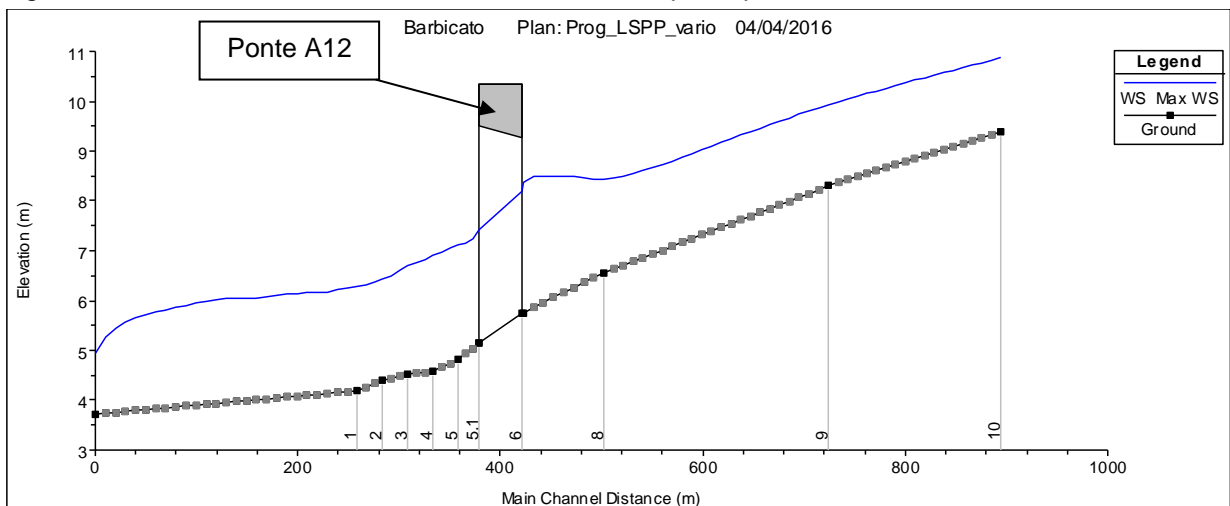




Tabella 6.9: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	10	Max WS	44.00	9.38	10.87	10.77	11.39	0.005150	3.19	13.89	11.99	0.89
1	9	Max WS	43.73	8.30	9.92	10.11	10.50	0.006327	3.49	16.23	60.52	0.97
1	8	Max WS	41.89	6.56	8.43	8.48	8.67	0.003371	2.67	27.38	81.61	0.70
1	7	Max WS	42.02	5.76	8.37	8.20	9.00	0.004906	3.52	11.93	333.77	0.86
1	6	Bridge										
1	5.1	Max WS	42.01	5.15	7.42		7.79	0.000572	2.68	15.67	6.90	0.57
1	5	Max WS	42.02	4.82	7.12	7.21	7.95	0.008293	4.04	10.39	7.20	1.07
1	4	Max WS	42.02	4.59	6.90	6.98	7.80	0.009235	4.19	10.03	7.20	1.13
1	3	Max WS	42.02	4.52	6.69	6.76	7.75	0.011957	4.56	9.21	7.25	1.29
1	2	Max WS	42.02	4.41	6.43	6.55	7.72	0.015743	5.02	8.38	7.13	1.48
1	1	Max WS	42.02	4.19	6.28	6.33	7.44	0.013751	4.77	8.81	7.31	1.39
1	0.1	Max WS	43.20	3.72	4.94	5.87	7.72	0.047813	7.37	5.86	6.91	2.56

## Fosso Migliarino

Il Fosso Migliarino si presenta incassato nell'area pianeggiante circostante nel tratto a monte dell'attraversamento stradale dell'Aurelia, mentre a valle dello stesso è dotato di arginature su entrambe le sponde.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia ha dimensioni 7.16 x 3.84 m, con una quota di intradosso pari a 7.10 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento a pelo libero dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 5.64 m s.l.m., comportando quindi un franco idraulico di 1.46 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali di rilevante entità che comportano una laminazione del picco di piena da 96 mc/s a 34 mc/s.

Figura 6.12: Profilo idraulico del Fosso Migliarino - Stato ante operam

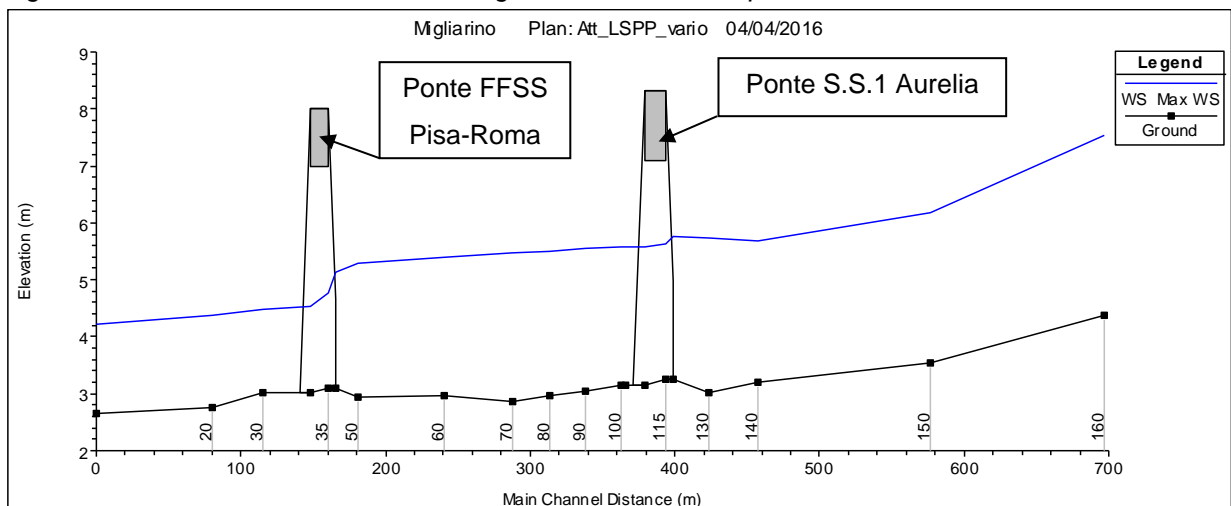


Tabella 6.10: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	160	Max WS	96.03	4.38	7.54	8.20	9.84	0.017413	6.72	14.30	6.89	1.49
1	156	Lat Struct										
1	155	Lat Struct										
1	150	Max WS	45.47	3.53	6.17	6.13	6.78	0.005107	3.50	13.53	11.03	0.87
1	140	Max WS	34.67	3.20	5.67	5.34	6.07	0.003677	2.80	12.40	8.32	0.73
1	130	Max WS	33.96	3.03	5.75	4.85	5.95	0.002805	1.97	17.21	9.54	0.47
1	120	Max WS	33.91	3.26	5.76	4.57	5.90	0.000784	1.62	20.90	19.42	0.35
1	115	Bridge										
1	110	Max WS	33.86	3.15	5.58	4.83	5.82	0.001712	2.13	17.36	106.45	0.51
1	100	Max WS	33.86	3.14	5.58	4.79	5.80	0.001606	2.06	18.43	114.69	0.50
1	90	Max WS	33.85	3.05	5.55	4.70	5.73	0.001360	1.90	17.77	10.45	0.47
1	80	Max WS	33.85	2.96	5.51	4.66	5.70	0.001381	1.92	17.63	10.30	0.47
1	70	Max WS	33.85	2.86	5.48	4.61	5.66	0.001357	1.90	17.78	10.40	0.46
1	60	Max WS	33.85	2.97	5.40	4.64	5.60	0.001504	1.98	17.14	10.33	0.49
1	50	Max WS	33.85	2.93	5.28	4.59	5.50	0.001753	2.09	16.23	10.15	0.53
1	40	Max WS	33.85	3.11	5.13	4.76	5.47	0.003109	2.58	13.11	126.60	0.69
1	35	Bridge										
1	30	Max WS	28.28	3.03	4.48	4.30	4.50	0.000356	0.76	58.35	121.67	0.23
1	20	Max WS	22.98	2.76	4.38	4.07	4.38	0.000076	0.36	83.02	119.13	0.11
1	10	Max WS	41.44	2.65	4.21	4.34	5.25	0.012878	4.52	9.17	8.17	1.36

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud: il tombino scatolare presente sarà prolungato con dimensioni 7.50 x 4.00 m, superiori a quelle del tombino attualmente presente.

I risultati della simulazione idraulica restituiscono un livello idrometrico nella sezione di monte dell'attraversamento pari a 5.58 m s.l.m., per un franco di 1.52 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali di rilevante entità che comportano una laminazione del picco di piena da 96 mc/s a 29 mc/s.

Figura 6.13: Profilo idraulico del Fosso Migliarino - Stato post operam

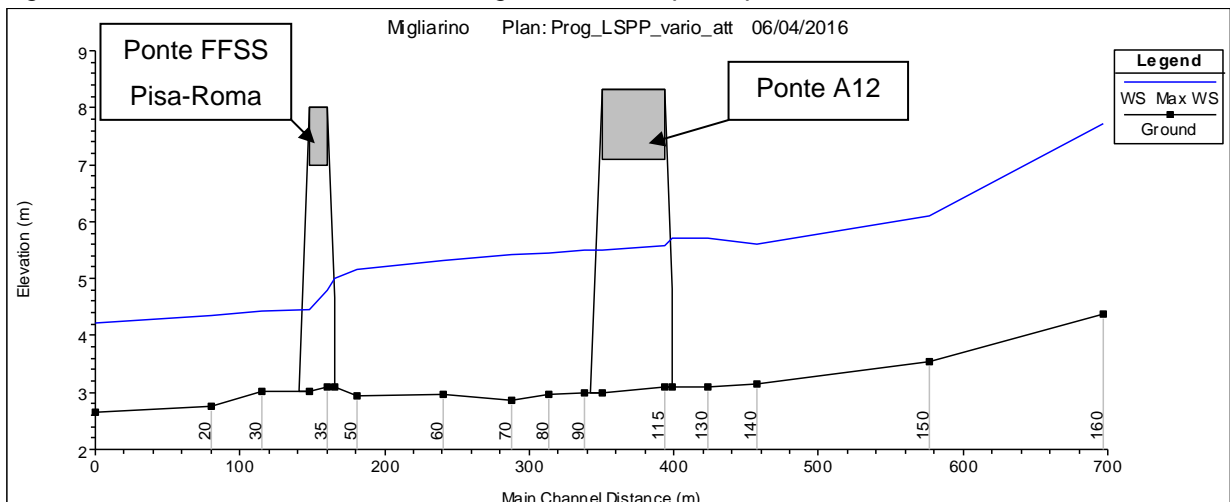


Tabella 6.11: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
1	160	Max WS	96.04	4.38	7.72	8.20	9.66	0.019921	6.17	15.56	7.00	1.32
1	156	Lat Struct										
1	155	Lat Struct										
1	150	Max WS	35.81	3.53	6.10	5.80	6.50	0.007148	2.80	12.78	11.03	0.83
1	140	Max WS	29.83	3.14	5.61	5.15	5.92	0.004173	2.46	12.14	8.22	0.65
1	130	Max WS	29.74	3.10	5.72	4.56	5.82	0.000998	1.41	21.13	12.14	0.34
1	120	Max WS	29.74	3.10	5.70	4.28	5.80	0.000732	1.38	21.55	18.70	0.28
1	115	Bridge										
1	90	Max WS	29.73	3.00	5.51	4.50	5.65	0.000997	1.65	18.06	10.40	0.40
1	80	Max WS	29.73	2.96	5.46	4.54	5.61	0.001663	1.74	17.11	10.17	0.43
1	70	Max WS	29.73	2.86	5.42	4.49	5.57	0.001660	1.73	17.16	10.23	0.43
1	60	Max WS	29.73	2.97	5.32	4.53	5.49	0.001913	1.82	16.33	10.17	0.46
1	50	Max WS	29.73	2.93	5.16	4.47	5.36	0.002378	1.97	15.08	9.83	0.51
1	40	Max WS	29.73	3.11	4.99	4.65	5.31	0.004587	2.50	11.88	8.97	0.69
1	35	Bridge										
1	30	Max WS	21.93	3.03	4.43	4.23	4.45	0.000510	0.74	52.27	115.72	0.23
1	20	Max WS	19.38	2.76	4.36	3.94	4.36	0.000110	0.36	80.56	117.87	0.11
1	10	Max WS	29.73	2.65	4.21	4.19	4.75	0.009641	3.25	9.13	8.16	0.98

## Fosso della Banditella

Il Fosso della Banditella si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia presenta un tombamento ad arco di dimensioni 3.32 x 2.49 m, con una quota di intradosso pari a 5.50 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento a pelo libero dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 5.10 m s.l.m., comportando quindi un franco idraulico di 0.40 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali di modesta entità che comportano una laminazione del picco di piena da 33 mc/s a 30 mc/s.

Figura 6.14: Profilo idraulico del Fosso della Banditella - Stato ante operam

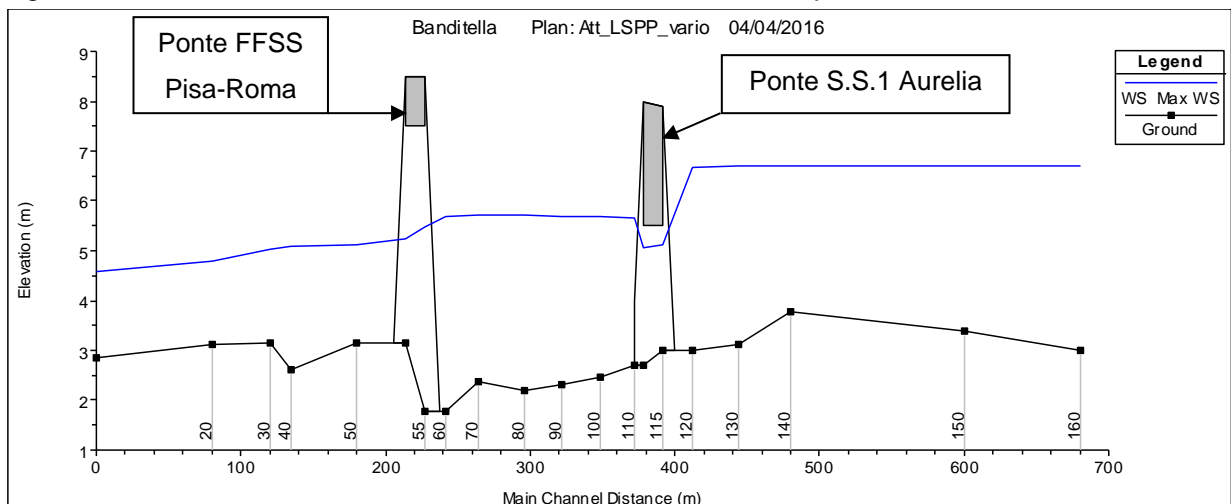


Tabella 6.12: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
banditella	160	Max WS	32.95	3.00	6.70	5.13	6.70	0.000017	0.31	157.10	124.13	0.06
banditella	150	Max WS	32.88	3.40	6.70	5.39	6.70	0.000045	0.43	130.31	159.89	0.09
banditella	140	Max WS	32.90	3.77	6.70	5.67	6.70	0.000011	0.19	255.00	297.30	0.04
banditella	130	Max WS	32.89	3.13	6.69	5.00	6.70	0.000007	0.20	277.40	253.87	0.04
banditella	120	Max WS	32.88	3.01	6.66	4.76	6.77	0.000336	1.48	22.17	274.63	0.26
banditella	115		Bridge									
banditella	110	Max WS	30.14	2.71	5.67	4.39	5.82	0.000630	1.73	17.42	197.45	0.35
banditella	100	Max WS	30.52	2.45	5.70	4.40	5.81	0.000612	1.49	20.48	186.40	0.32
banditella	90	Max WS	30.63	2.31	5.70	4.28	5.80	0.000497	1.41	21.77	180.97	0.30
banditella	80	Max WS	30.69	2.18	5.73	4.20	5.73	0.000012	0.23	201.70	209.23	0.05
banditella	70	Max WS	30.68	2.38	5.73	4.29	5.73	0.000012	0.20	209.54	217.89	0.05
banditella	60	Max WS	30.67	1.78	5.70	3.51	5.76	0.000187	1.08	28.49	415.40	0.19
banditella	55		Bridge									
banditella	50	Max WS	30.66	3.16	5.12	4.79	5.42	0.003106	2.42	12.66	10.24	0.70
banditella	40	Max WS	30.60	2.62	5.09	3.82	5.09	0.000002	0.08	326.39	170.95	0.02
banditella	30	Max WS	30.56	3.16	5.02	4.75	5.34	0.003504	2.51	12.17	10.27	0.74
banditella	20	Max WS	30.64	3.13	4.78	4.75	5.27	0.006255	3.10	9.87	9.39	0.97
banditella	10	Max WS	30.72	2.85	4.59	4.43	4.95	0.004456	2.66	11.55	10.95	0.83

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud: il tombino scatolare presente sarà prolungato con dimensioni 3.50 x 3.00 m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che nella sezione immediatamente a monte del ponte il livello idrometrico è pari a 5.50 m s.l.m. (analogo a quello attuale), comunque in assenza di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali di modesta entità che comportano una laminazione del picco di piena da 33 mc/s a 30 mc/s.

Si fa notare che all'innalzamento del livello idrometrico rispetto alla condizione ante operam non corrisponde però un aumento delle portate tracimate, che infatti diminuiscono da 227'000 mc a 225'000 mc.

Figura 6.15: Profilo idraulico del Fosso della Banditella - Stato post operam

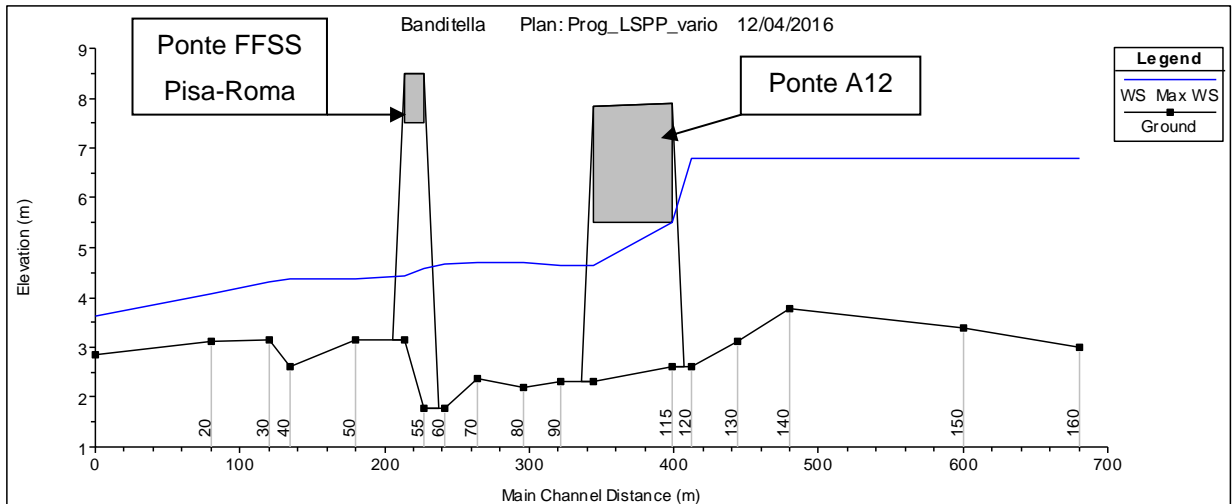


Tabella 6.13: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
banditella	160	Max WS	29.13	3.00	6.79	4.78	6.80	0.000011	0.25	169.07	128.46	0.05
banditella	150	Max WS	29.12	3.40	6.79	5.28	6.79	0.000026	0.34	145.96	165.35	0.07
banditella	140	Max WS	29.10	3.77	6.79	5.28	6.79	0.000006	0.15	283.81	299.04	0.03
banditella	130	Max WS	29.10	3.13	6.79	4.93	6.79	0.000004	0.17	303.35	266.07	0.03
banditella	120	Max WS	29.10	2.60	6.78	3.63	6.80	0.000046	0.57	52.30	342.13	0.09
banditella	115		Bridge									
banditella	90	Max WS	28.90	2.31	4.64	3.93	4.70	0.000483	1.07	27.01	88.12	0.27
banditella	80	Max WS	28.94	2.18	4.70	3.37	4.71	0.000144	0.56	78.26	163.95	0.15
banditella	70	Max WS	28.95	2.38	4.70	3.59	4.71	0.000115	0.51	77.32	199.17	0.13
banditella	60	Max WS	28.94	1.78	4.67	2.94	4.70	0.000176	0.80	38.15	364.15	0.18
banditella	55		Bridge									
banditella	50	Max WS	28.94	3.16	4.38	3.98	4.52	0.002030	1.51	17.83	19.99	0.53
banditella	40	Max WS	28.93	2.62	4.37	3.82	4.38	0.000007	0.11	209.69	153.37	0.03
banditella	30	Max WS	28.93	3.16	4.32	3.96	4.46	0.002205	1.54	17.29	19.92	0.55
banditella	20	Max WS	28.93	3.13	4.06	4.17	4.59	0.011283	3.09	9.02	12.70	1.21
banditella	10	Max WS	28.93	2.85	3.62	3.15	3.63	0.000236	0.39	74.74	150.34	0.17

## Fosso Senza Nome n°1

Il Fosso Senza Nome n°1 si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

Questo corso d'acqua non risulta presente nel database del modello AL.TO., pertanto la stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il metodo del tempo della corrivazione tramite il software URBIS 2003. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

In corrispondenza di questo corso d'acqua è stata recentemente realizzata un'area di servizio in carreggiata nord: per realizzarne il piazzale, le sezioni a monte dell'Aurelia sono state tombate per un tratto di circa 140 m utilizzando un collettore di diametro  $\phi$  1200 mm, che va poi a immettersi all'interno del tombino scatolare presente al di sotto della S.S.1 Aurelia, avente dimensioni 1.00 x 4.00 m.

La modellazione idraulica mostra un sormonto della sede stradale, con un livello idrometrico di 11.99 m s.l.m., rispetto alla quota del pavimentato di 11.77 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Figura 6.16: Profilo idraulico del Fosso Senza Nome n°1 - Stato ante operam

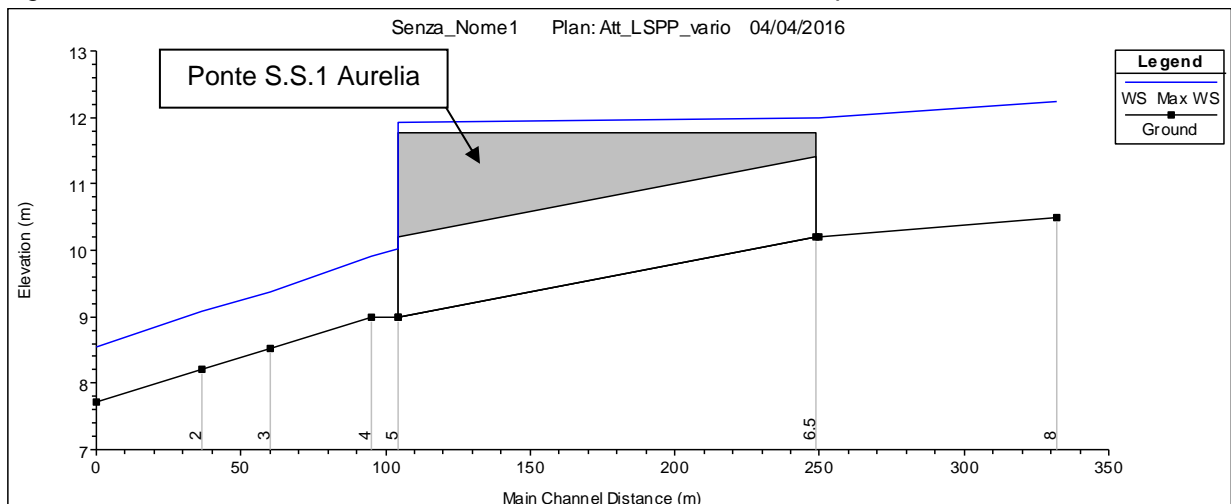




Tabella 6.14: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	8	Max WS	4.39	10.50	12.23	11.42	12.27	0.001242	0.91	5.08	8.78	0.27
1	7	Max WS	4.40	10.20	11.99		12.15	0.002159	1.78	2.47	4.39	0.43
1	6.5		Culvert									
1	5	Max WS	4.40	9.00	10.03	10.02	10.37	0.020681	2.57	1.71	2.41	0.97
1	4	Max WS	4.39	9.00	9.91	9.84	10.12	0.012959	2.05	2.14	3.72	0.86
1	3	Max WS	4.39	8.53	9.38	9.37	9.64	0.017363	2.29	1.92	3.54	0.99
1	2	Max WS	4.38	8.20	9.07	8.93	9.23	0.008933	1.77	2.48	4.16	0.73
1	1	Max WS	4.38	7.71	8.54	8.54	8.86	0.020134	2.51	1.75	2.71	1.00

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud, con il tombino scatolare presente che verrà prolungato con le stesse dimensioni.

La modellazione idraulica mostra un sormonto della sede stradale, con un livello idrometrico di 12.00 m s.l.m., rispetto alla quota del pavimentato di 11.77 m s.l.m. (vedi figura sottostante). Si segnala che l'attraversamento sulla nuova viabilità locale da realizzarsi a monte della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.17: Profilo idraulico del Fosso Senza Nome n°1 - Stato post operam

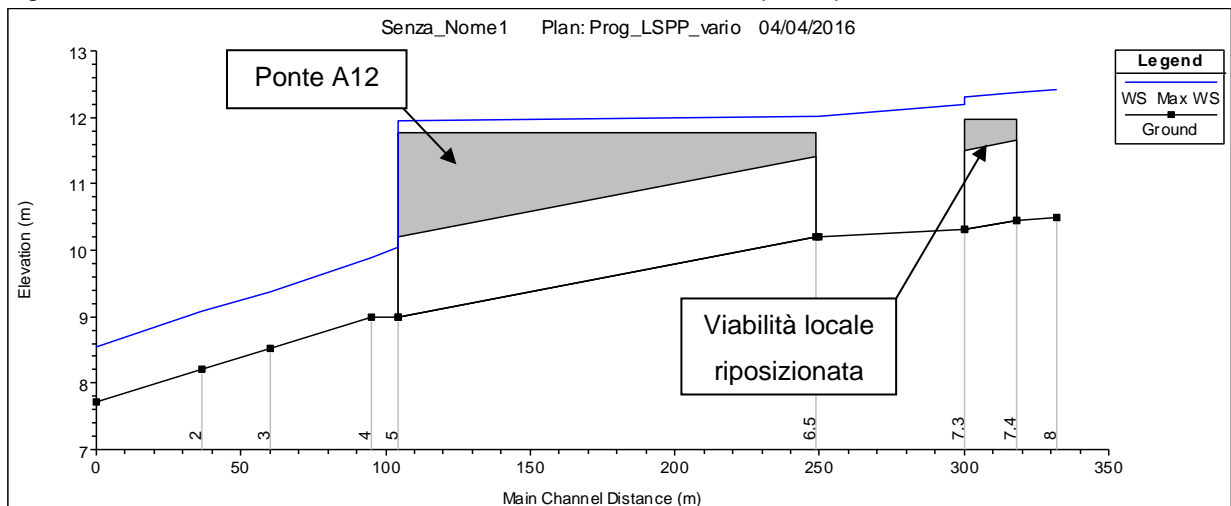


Tabella 6.15: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	8	Max WS	4.55	10.50	12.42	11.43	12.45	0.000658	0.74	7.48	15.64	0.21
1	7.5	Max WS	4.55	10.45	12.37		12.43	0.003241	1.16	4.71	13.76	0.42
1	7.4		Culvert									
1	7.3	Max WS	4.50	10.31	12.19	11.26	12.23	0.001105	0.87	5.31	7.61	0.25
1	7	Max WS	4.49	10.20	12.00		12.17	0.002186	1.81	2.48	4.42	0.43
1	6.5		Culvert									
1	5	Max WS	4.48	9.00	10.05	10.03	10.38	0.020268	2.56	1.75	2.43	0.96
1	4	Max WS	4.44	9.00	9.90	9.98	10.10	0.012740	2.02	2.77	27.87	0.86
1	3	Max WS	4.44	8.53	9.38	9.37	9.65	0.017344	2.29	1.94	3.55	0.99
1	2	Max WS	4.43	8.20	9.08	8.94	9.24	0.008910	1.77	2.50	4.18	0.73
1	1	Max WS	4.43	7.71	8.54	8.54	8.87	0.020049	2.51	1.76	2.72	1.00

## Fosso Valle Giardino

Il Fosso Valle Giardino si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale, l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare di 5.30 x 3.50 m, con una quota di intradosso nella sezione di monte posta a 14.37 m s.l.m. Pochi metri a valle dell'opera è presente una vasca di laminazione in linea che regola il deflusso della portata verso il tombino di attraversamento della linea ferroviaria Roma-Pisa.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento dell'attraversamento a pelo libero, con un livello idrometrico pari a 13.11 m s.l.m. e un franco idraulico di 1.26 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Figura 6.18: Profilo idraulico del Fosso Valle Giardino - Stato ante operam

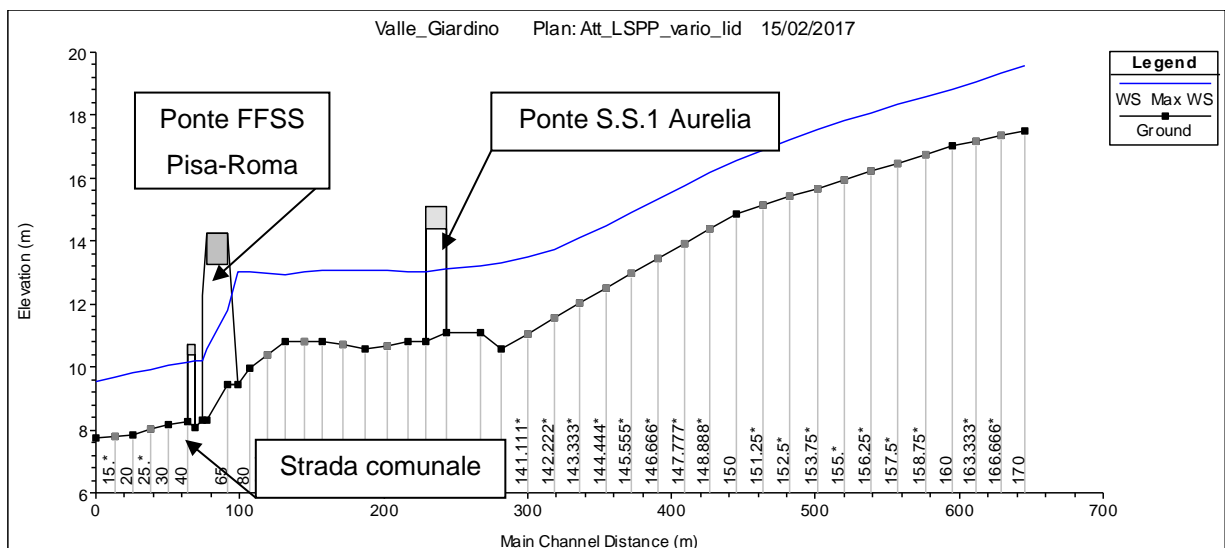


Tabella 6.16: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VGiardino	170	Max WS	37.19	17.50	19.57	19.91	20.72	0.014231	4.74	7.85	6.57	1.38
VGiardino	160	Max WS	37.18	17.02	18.84	19.12	19.86	0.013038	4.48	8.30	7.42	1.35
VGiardino	150	Max WS	37.16	14.88	16.57	16.81	18.49	0.027925	6.15	6.05	5.60	1.89
VGiardino	140	Max WS	36.96	10.59	13.31	13.26	14.06	0.007896	3.83	9.64	5.97	0.96
VGiardino	130	Max WS	36.56	11.07	13.22		13.56	0.003133	2.57	14.22	10.30	0.70
VGiardino	129	Max WS	35.95	11.07	13.11	12.94	13.80	0.006833	3.68	9.77	5.30	0.82
VGiardino	121	Max WS	35.47	10.82	13.02	12.61	13.55	0.005063	3.22	11.00	5.30	0.69
VGiardino	120	Max WS	38.13	10.82	13.04		13.15	0.000923	1.41	26.95	20.49	0.39
VGiardino	110	Max WS	37.14	10.56	13.06		13.11	0.000275	0.99	37.60	19.23	0.23
VGiardino	100	Max WS	37.11	10.83	13.06		13.10	0.000248	0.91	40.73	22.13	0.21
VGiardino	90	Max WS	37.05	10.80	12.95		13.14	0.001602	1.97	20.84	27.36	0.52
VGiardino	80	Max WS	36.95	9.94	13.02		13.05	0.000203	0.85	46.88	32.65	0.19
VGiardino	70	Max WS	36.94	9.42	13.03	11.66	13.05	0.000131	0.78	59.30	35.97	0.14
VGiardino	65		Bridge									
VGiardino	60	Max WS	36.94	8.32	10.21	10.34	11.13	0.009710	4.23	8.74	5.96	1.11
VGiardino	50	Max WS	36.94	8.09	10.17	10.13	10.87	0.006934	3.70	9.99	6.62	0.96
VGiardino	40	Max WS	36.94	8.25	10.14	10.10	10.78	0.006478	3.54	10.43	7.57	0.96
VGiardino	30	Max WS	36.94	8.18	10.04	10.12	10.78	0.008097	3.81	9.69	7.61	1.08
VGiardino	20	Max WS	36.94	7.84	9.81	9.93	10.58	0.008684	3.89	9.50	7.74	1.12
VGiardino	10	Max WS	36.94	7.76	9.52	9.88	10.71	0.015188	4.83	7.64	6.71	1.45

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud. Il nuovo ingombro planimetrico andrà così a interferire con la cassa in linea presente a valle della nuova autostrada: pertanto nel progetto è stata prevista la risagomatura della vasca stessa, in modo da garantirle un volume di invaso pari a quello attuale. Il tombino presente al si sotto dell'Aurelia sarà prolungato con le stesse dimensioni di quello esistente, mentre a valle della vasca è previsto l'attraversamento di una nuova viabilità bianca.

I risultati della simulazione idraulica mostrano l'attraversamento autostradale verificato con un livello idrometrico di 13.33 m s.l.m., cui è associato un franco di 1.04 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla nuova viabilità locale da realizzarsi a valle della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Si fa inoltre notare che l'innalzamento del livello idrometrico rispetto allo stato ante operam risulta comunque contenuto all'interno dell'alveo.

Figura 6.19: Profilo idraulico del Fosso Valle Giardino - Stato post operam

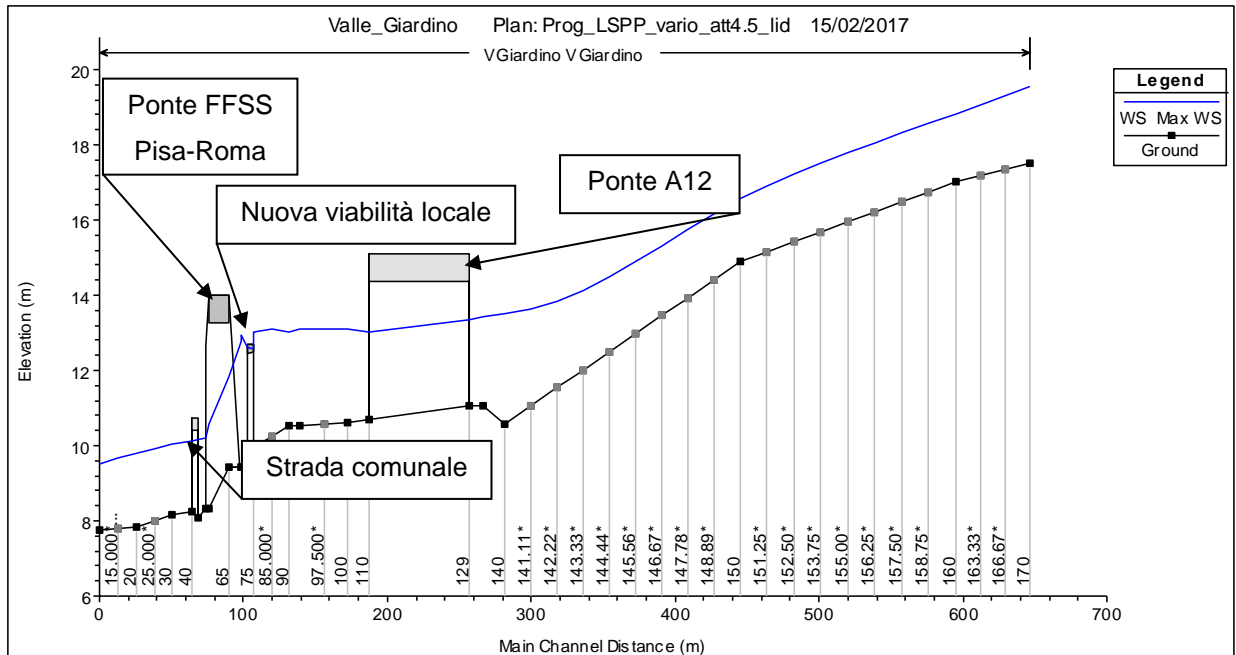


Tabella 6.17: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
VGIardino	170	Max WS	37.19	17.50	19.56	19.87	20.67	0.014137	4.66	7.99	6.55	1.35
VGIardino	160	Max WS	37.18	17.02	18.82	19.12	19.87	0.013629	4.55	8.16	7.35	1.38
VGIardino	150	Max WS	37.16	14.88	16.56	16.81	18.51	0.028453	6.19	6.00	5.58	1.90
VGIardino	140	Max WS	37.03	10.59	13.49		14.11	0.005426	3.46	10.70	6.30	0.83
VGIardino	130	Max WS	37.02	11.07	13.44		13.69	0.002154	2.25	16.48	11.01	0.59
VGIardino	129.5	Lat Struct										
VGIardino	129	Max WS	37.06	11.07	13.33	12.97	13.91	0.005316	3.38	10.96	5.30	0.72
VGIardino	110	Max WS	37.01	10.70	13.01	12.50	13.51	0.004439	3.16	11.73	5.30	0.66
VGIardino	100	Max WS	37.00	10.60	13.12		13.15	0.000154	0.78	47.54	22.66	0.17
VGIardino	95	Max WS	37.00	10.55	13.11		13.14	0.000145	0.76	48.42	22.66	0.17
VGIardino	90	Max WS	36.99	10.55	13.04		13.17	0.000906	1.62	25.68	28.83	0.40
VGIardino	80	Max WS	36.99	9.94	13.03	11.91	13.16	0.000713	1.60	27.69	33.00	0.35
VGIardino	75	Bridge										
VGIardino	70	Max WS	36.99	9.42	12.93		12.95	0.000153	0.83	64.21	54.10	0.16
VGIardino	69	Max WS	36.99	9.42	12.78	11.60	13.05	0.001245	2.28	16.24	50.75	0.44
VGIardino	65	Bridge										
VGIardino	60	Max WS	36.99	8.32	10.22	10.34	11.13	0.009714	4.23	8.75	5.97	1.12
VGIardino	50	Max WS	36.99	8.09	10.17	10.13	10.87	0.006934	3.70	10.00	6.63	0.96
VGIardino	40	Max WS	36.99	8.25	10.14	10.10	10.78	0.006478	3.54	10.44	7.57	0.96
VGIardino	30	Max WS	36.99	8.18	10.04	10.12	10.78	0.008093	3.81	9.70	7.62	1.08
VGIardino	20	Max WS	36.99	7.84	9.81	9.93	10.58	0.008680	3.89	9.52	7.74	1.12
VGIardino	10	Max WS	36.99	7.76	9.52	9.88	10.71	0.015191	4.84	7.65	6.72	1.45

## Fosso Senza Nome n°2

Il Fosso Senza Nome n°2 si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

Questo corso d'acqua non risulta presente nel database del modello AL.TO., pertanto la stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il metodo del tempo della corrivazione tramite il software URBIS 2003. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è realizzato tramite uno scatolare di dimensioni 1.59 x 0.75 m, con una quota di intradosso pari a 16.74 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento in pressione dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 17.54 m s.l.m., comportando quindi l'assenza di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si fa presente che l'attraversamento sulla strada comunale presente a valle della S.S.1 Aurelia non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 3.3 mc/s a 2.8 mc/s.

Figura 6.20: Profilo idraulico del Fosso Senza Nome n°2 - Stato ante operam

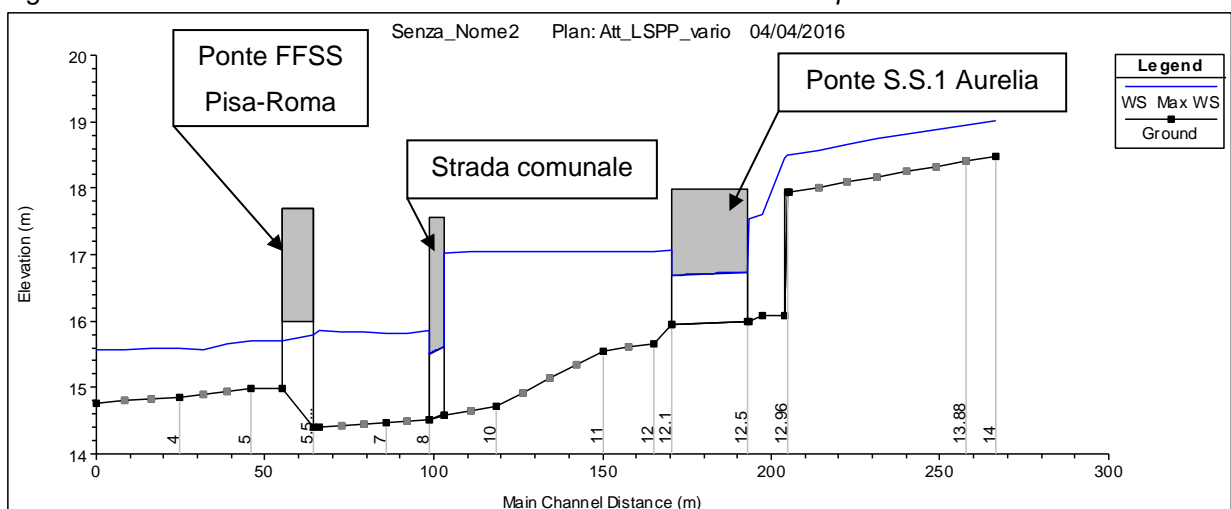


Tabella 6.18: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	14	Max WS	3.30	18.48	19.02	18.89	19.11	0.007043	1.36	2.43	5.37	0.65
1	13.9	Lat Struct										
1	13.88	Lat Struct										
1	13	Max WS	3.23	17.94	18.50	18.46	18.54	0.007249	0.94	4.03	29.54	0.61
1	12.96	Inl Struct										
1	12.95	Max WS	3.11	16.09	17.60	16.74	17.62	0.000538	0.57	5.43	5.85	0.19
1	12.9	Max WS	3.08	15.99	17.54		17.62	0.001223	1.30	2.36	5.73	0.34
1	12.5	Culvert										
1	12.1	Max WS	2.84	15.94	17.07	16.52	17.10	0.001006	0.67	4.22	6.10	0.26
1	12.05	Lat Struct										
1	12.04	Lat Struct										
1	12	Max WS	2.83	15.66	17.05	16.33	17.09	0.002202	0.88	3.22	4.04	0.31
1	11	Max WS	2.83	15.55	17.04	16.27	17.07	0.000924	0.69	4.09	4.48	0.23
1	10	Max WS	2.84	14.72	17.04	15.55	17.05	0.000315	0.47	5.99	4.33	0.13
1	9	Max WS	2.84	14.58	17.03		17.05	0.000360	0.49	5.74	3.92	0.13
1	8.5	Culvert										
1	8	Max WS	2.85	14.51	15.85	15.43	15.95	0.005743	1.42	2.01	2.32	0.49
1	7	Max WS	2.84	14.47	15.81	15.35	15.89	0.004222	1.26	2.25	2.66	0.44
1	6	Max WS	2.84	14.40	15.85	14.84	15.86	0.000050	0.56	5.09	3.63	0.15
1	5.5	Bridge										
1	5	Max WS	2.84	14.99	15.69	15.52	15.79	0.000611	1.34	2.11	4.14	0.60
1	4	Max WS	2.83	14.86	15.59	15.50	15.60	0.000789	0.45	8.59	34.02	0.21
1	3	Max WS	2.82	14.77	15.57	15.38	15.58	0.000999	0.52	7.00	24.93	0.24

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud, con il tombino scatolare presente che verrà prolungato con uno di dimensioni 1.75 m x 1.00 m e contestuale intervento di adeguamento nel tratto a monte del monte che prevede:

- la regolarizzazione e l'allargamento della sezione del tratto di canale a monte della A12 per un tratto di circa 35 m;
- l'arretramento del salto di fondo di circa 5 m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento in pressione dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 16.32 m s.l.m., comportando quindi l'assenza di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla strada comunale presente a valle della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 3.3 mc/s a 2.2 mc/s.

Figura 6.21: Profilo idraulico del Fosso Senza Nome n°2 - Stato post operam

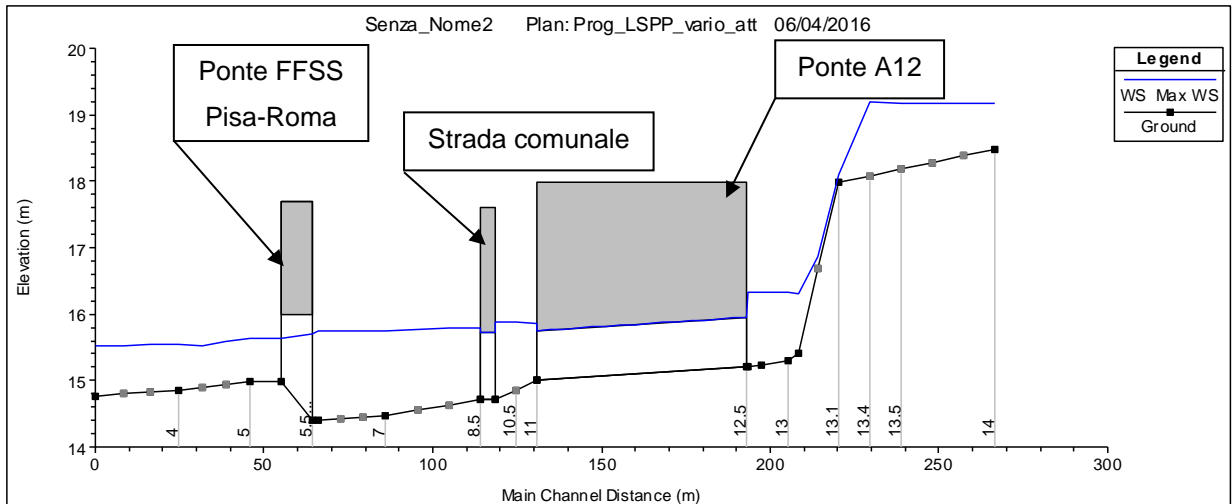


Tabella 6.19: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	14	Max WS	3.20	18.48	19.18	18.88	19.23	0.002583	0.96	3.33	5.69	0.40
1	13.5	Lat Struct										
1	13.4	Lat Struct										
1	13.1	Max WS	2.26	17.98	18.10	18.29	19.07	0.300876	4.36	0.52	4.40	4.05
1	13.05	Max WS	2.24	15.40	16.31	15.85	16.34	0.000985	0.73	3.08	4.75	0.29
1	13	Max WS	2.24	15.30	16.32	15.75	16.34	0.000449	0.63	3.59	5.06	0.24
1	12.95	Max WS	2.24	15.24	16.32	15.69	16.33	0.000356	0.57	3.91	5.25	0.21
1	12.9	Max WS	2.24	15.20	16.32		16.33	0.000308	0.54	4.12	5.37	0.20
1	12.5	Culvert										
1	11	Max WS	2.24	15.00	15.86	15.50	15.92	0.003057	1.04	2.15	3.21	0.41
1	10.5	Lat Struct										
1	10.4	Lat Struct										
1	10	Max WS	2.24	14.72	15.89		15.90	0.000508	0.51	4.39	5.52	0.18
1	9	Culvert										
1	8.5	Max WS	2.23	14.72	15.80	15.17	15.81	0.000693	0.57	3.91	5.25	0.21
1	7	Max WS	2.23	14.47	15.74	15.15	15.78	0.002355	0.96	2.33	2.68	0.33
1	6	Max WS	2.23	14.40	15.76	14.78	15.77	0.000037	0.47	4.76	3.64	0.13
1	5.5	Bridge										
1	5	Max WS	2.23	14.99	15.63	15.45	15.70	0.000543	1.20	1.86	3.94	0.56
1	4	Max WS	2.22	14.86	15.55	15.44	15.56	0.001259	0.55	5.49	23.16	0.27
1	3	Max WS	2.22	14.77	15.52	15.31	15.53	0.001004	0.50	5.88	23.80	0.24



## Fosso dell'Acqua Pora

Il Fosso dell'Acqua Pora si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è realizzato tramite uno scatolare di dimensioni 2.30 x 3.68 m, con una quota di intradosso pari a 16.30 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento dell'attraversamento a pelo libero, con un livello idrometrico pari a 16.21 m s.l.m. e un franco di 0.09 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali di modesta entità che comportano una laminazione del picco di piena da 23 mc/s a 20 mc/s.

Figura 6.22: Profilo idraulico del Fosso dell'Acqua Pora - Stato ante operam

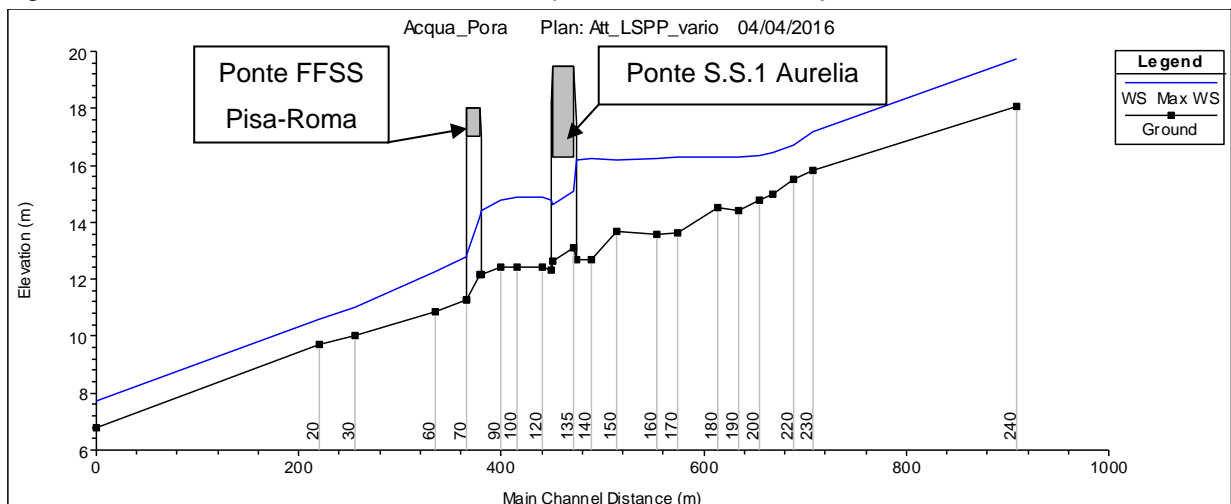


Tabella 6.20: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	240	Max WS	22.68	18.06	19.72	19.85	20.16	0.011271	2.96	7.77	15.78	1.21
1	230	Max WS	22.65	15.81	17.17	17.32	17.65	0.013663	3.07	7.50	16.25	1.32
1	220	Max WS	22.52	15.49	16.73	16.90	17.39	0.032969	3.59	6.27	17.55	1.92
1	210	Max WS	21.54	14.97	16.44	16.15	16.59	0.002364	1.71	12.61	14.75	0.59
1	200	Max WS	21.15	14.77	16.36	16.44	16.80	0.010281	2.93	7.21	11.18	1.17
1	190	Max WS	20.49	14.40	16.27	15.15	16.30	0.000301	0.80	25.77	20.24	0.22
1	180	Max WS	20.52	14.50	16.27	15.18	16.29	0.000251	0.72	28.36	22.62	0.21
1	170	Max WS	20.55	13.63	16.27	14.94	16.29	0.000144	0.60	39.43	57.58	0.16
1	160	Max WS	20.57	13.56	16.26	14.82	16.29	0.000187	0.68	34.56	56.19	0.18
1	150	Max WS	20.47	13.67	16.17	15.17	16.28	0.000929	1.48	13.85	8.59	0.37
1	140	Max WS	20.57	12.68	16.24	13.59	16.26	0.000045	0.60	34.02	123.93	0.10
1	139	Max WS	20.58	12.68	16.21	13.82	16.26	0.000119	0.99	20.71	120.03	0.17
1	135		Bridge									
1	130	Max WS	19.97	12.34	14.79	13.79	14.93	0.000736	1.65	12.11	10.59	0.37
1	120	Max WS	20.12	12.41	14.87	14.12	15.03	0.001586	1.80	11.16	7.54	0.47
1	100	Max WS	20.12	12.41	14.88	13.87	14.88	0.000016	0.22	142.97	183.11	0.05
1	90	Max WS	20.12	12.41	14.76	14.31	15.19	0.005378	2.90	6.95	3.89	0.69
1	80	Max WS	20.12	12.18	14.40	14.18	15.08	0.010515	3.64	5.53	2.90	0.84
1	75		Bridge									
1	70	Max WS	20.12	11.29	12.77	12.83	13.34	0.008697	3.35	6.01	6.17	1.08
1	60	Max WS	20.12	10.85	12.29	12.67	13.45	0.024304	4.78	4.21	5.48	1.74
1	30	Max WS	20.12	10.02	11.01	11.06	11.46	0.008791	2.99	6.74	9.07	1.11
1	20	Max WS	20.12	9.72	10.62	10.80	11.25	0.014108	3.52	5.72	8.56	1.38
1	10	Max WS	20.11	6.80	7.72	7.90	8.37	0.013596	3.56	5.65	8.04	1.36

## POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud, con il tombino scatolare presente che verrà prolungato con le stesse dimensioni.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento dell'attraversamento a pelo libero, con un livello idrometrico pari a 15.56 m s.l.m. e un franco di 0.74 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali di modesta entità che comportano una laminazione del picco di piena da 23 mc/s a 19 mc/s.

Figura 6.23: Profilo idraulico del Fosso dell'Acqua Pora - Stato post operam

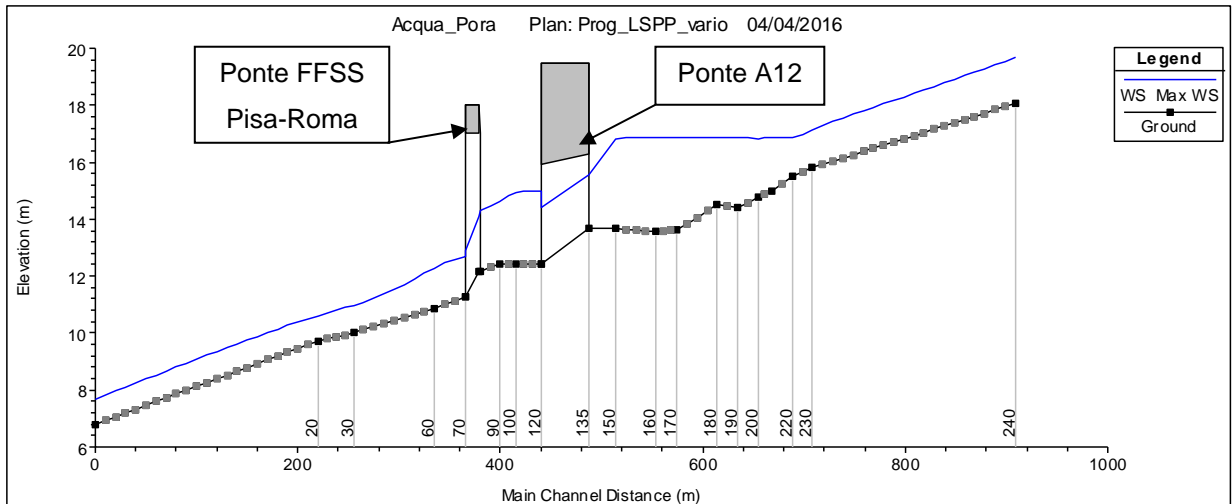


Tabella 6.21: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	240	Max WS	22.78	18.06	19.67	19.86	20.20	0.014374	3.21	7.11	13.68	1.35
1	230	Max WS	22.67	15.81	17.13	17.32	17.69	0.017022	3.30	6.93	15.10	1.46
1	220	Max WS	19.23	15.49	16.88	16.90	17.11	0.007807	2.11	9.11	19.23	0.98
1	210	Max WS	19.26	14.97	16.88	16.09	16.93	0.000604	0.95	20.36	20.88	0.31
1	200	Max WS	18.05	14.77	16.81	16.29	16.91	0.001477	1.40	12.90	14.16	0.47
1	190	Max WS	19.13	14.40	16.88	15.12	16.89	0.000078	0.49	39.26	31.23	0.12
1	180	Max WS	19.09	14.50	16.88	15.15	16.89	0.000060	0.44	42.98	81.87	0.11
1	170	Max WS	19.11	13.63	16.88	14.90	16.89	0.000045	0.42	45.08	119.08	0.10
1	160	Max WS	19.10	13.56	16.88	14.77	16.89	0.000061	0.50	38.54	97.33	0.11
1	150	Max WS	19.10	13.67	16.84	15.11	16.89	0.000274	0.96	19.82	103.39	0.21
1	135		Bridge									
1	120	Max WS	18.76	12.41	14.97	14.06	15.10	0.001127	1.57	11.94	66.53	0.40
1	100	Max WS	18.83	12.41	14.95	13.90	15.07	0.000734	1.55	12.13	190.83	0.35
1	90	Max WS	18.83	12.41	14.59	14.24	15.05	0.006103	2.99	6.29	3.76	0.74
1	80	Max WS	18.83	12.18	14.31	14.10	14.97	0.010415	3.57	5.27	2.87	0.84
1	75		Bridge									
1	70	Max WS	18.83	11.29	12.68	12.78	13.28	0.009786	3.44	5.48	5.93	1.14
1	60	Max WS	18.83	10.85	12.29	12.62	13.29	0.020836	4.43	4.25	5.50	1.61
1	30	Max WS	18.83	10.02	10.97	11.03	11.41	0.008707	2.92	6.45	8.93	1.10
1	20	Max WS	18.83	9.72	10.62	10.76	11.18	0.012473	3.30	5.70	8.55	1.29
1	10	Max WS	18.83	6.80	7.69	7.85	8.31	0.013648	3.50	5.39	7.91	1.35

## Fosso Carpina

Il Fosso Carpina si presenta dotato di arginature nel tratto a monte dell'attraversamento stradale dell'Aurelia, mentre a valle dello stesso risulta incassato nell'area pianeggiante circostante.

La stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il software IDRARNO ai dati geomorfologici ottenuti dal modello AL.TO La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare di 2.00 x 3.00 m, con una quota di intradosso nella sezione di monte posta a 17.05 m s.l.m. Le sezioni dell'alveo a valle di questi attraversamenti hanno una geometria trapezia, con base minore di circa 10.00 m, base maggiore di 20.00 m e altezza di circa 4.00 m: le grandi dimensioni delle sezioni in questo tratto favoriscono un invaso della portata con effetti paragonabili a quelli di una vasca in linea. Infatti, circa 120 metri a valle dell'Aurelia si trova il rilevato della linea ferroviaria Roma-Pisa, il cui tombino di attraversamento sul Fosso Capina presenta dimensioni modeste, aspetto che rende fondamentali le ampie sezioni presenti a valle dell'Aurelia.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che l'attraversamento presenta un funzionamento in pressione, con un livello idrometrico pari a 16.74 m s.l.m e un franco idraulico di 0.31 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali di rilevante entità che comportano una laminazione del picco di piena da 119 mc/s a 55 mc/s.

Figura 6.24: Profilo idraulico del Fosso Carpina - Stato ante operam

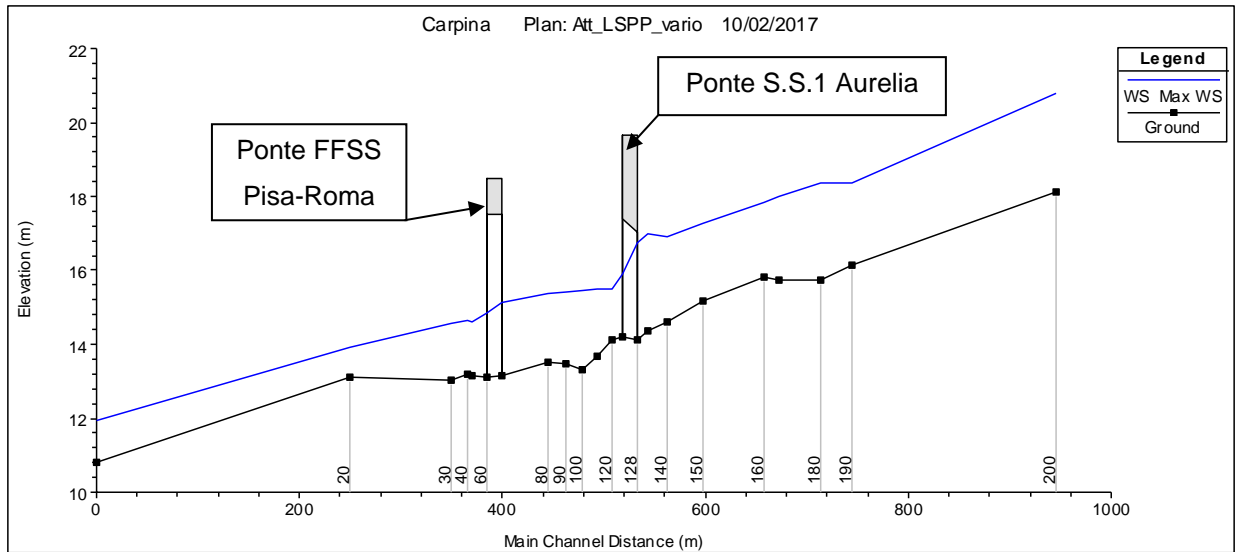


Tabella 6.22: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Carpina	200	Max WS	118.72	18.11	20.79	21.03	22.13	0.017338	5.14	23.08	12.45	1.21
Carpina	195	Lat Struct										
Carpina	194	Lat Struct										
Carpina	190	Max WS	55.31	16.13	18.37	18.10	18.79	0.007050	2.88	19.18	13.49	0.77
Carpina	180	Max WS	52.77	15.74	18.37	17.74	18.64	0.003727	2.27	23.27	14.37	0.57
Carpina	170	Max WS	50.89	15.76	18.01	17.78	18.44	0.007841	2.92	17.46	13.07	0.81
Carpina	160	Max WS	50.08	15.82	17.84	17.74	18.34	0.009798	3.12	16.04	12.82	0.89
Carpina	150	Max WS	47.45	15.18	17.26	17.15	17.76	0.009601	3.14	15.12	11.68	0.88
Carpina	140	Max WS	43.17	14.61	16.92	16.64	17.40	0.007874	3.09	13.98	8.60	0.77
Carpina	130	Max WS	36.41	14.37	17.00	16.24	17.26	0.003525	2.23	16.30	7.97	0.50
Carpina	128	Max WS	20.37	14.12	16.74	16.41	17.57	0.031225	4.04	5.05	2.00	0.80
Carpina	122	Max WS	20.16	14.21	15.90	16.39	17.72	0.081422	5.98	3.37	2.00	1.47
Carpina	120	Max WS	19.98	14.14	15.48	14.82	15.54	0.001238	1.01	19.81	19.31	0.32
Carpina	110	Max WS	19.69	13.69	15.48	14.39	15.52	0.000607	0.88	22.37	14.75	0.23
Carpina	100	Max WS	19.67	13.33	15.44	14.45	15.51	0.001032	1.11	17.76	12.24	0.29
Carpina	90	Max WS	19.66	13.47	15.42	14.51	15.49	0.001194	1.17	16.80	11.95	0.32
Carpina	80	Max WS	19.66	13.52	15.39	14.56	15.47	0.001395	1.22	16.09	12.16	0.34
Carpina	70	Max WS	19.66	13.16	15.12	14.58	15.34	0.004580	2.09	9.42	6.60	0.56
Carpina	60	Max WS	19.66	13.10	14.84	14.62	15.25	0.010217	2.84	6.92	5.13	0.78
Carpina	50	Max WS	19.66	13.17	14.63	14.55	15.11	0.013009	3.07	6.40	5.53	0.91
Carpina	40	Max WS	19.66	13.20	14.67	14.46	14.99	0.008329	2.53	7.77	7.00	0.77
Carpina	30	Max WS	19.66	13.02	14.58	14.33	14.87	0.007243	2.39	8.22	7.34	0.72
Carpina	20	Max WS	19.66	13.11	13.92	14.10	14.70	0.040821	3.91	5.02	8.68	1.64
Carpina	10	Max WS	19.68	10.83	11.93	12.02	12.45	0.021602	3.22	6.11	7.87	1.17

## POST OPERAM

Il progetto prevede la demolizione del tombino esistente e la costruzione di un nuovo ponte avente una luce di 15 m, mentre il sottovia sarà prolungato con le stesse dimensioni di quello esistente. Inoltre, la quota della livelletta autostradale sarà innalzata di circa 0.5 m rispetto a quella dell'attuale S.S.1 Aurelia, scelta effettuata tenendo conto della valutazione di impatto ambientale dell'opera e dei raccordi altimetrici con gli altri punti del tracciato. Si fa notare che le sezioni a valle dell'autostrada sono state mantenute identiche a quelle esistenti, con lo scopo di preservarne la funzione di vaso atto a laminare la portata duecentennale.

I risultati della simulazione idraulica mostrano il ponte autostradale verificato con un franco idraulico a monte dell'opera di 1.86 m, valutato rispetto a un livello idrometrico di 16.59 m s.l.m. e a una quota di intradosso del ponte di 18.45 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Inoltre, a causa dell'aumento delle portate in transito al di sotto del ponte autostradale si verifica un innalzamento del livello, rispetto alla situazione ante operam, in corrispondenza del ponte FFSS.

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali di rilevante entità che comportano una laminazione del picco di piena da 119 mc/s a 55 mc/s.

Figura 6.25: Profilo idraulico del Fosso Carpina - Stato post operam

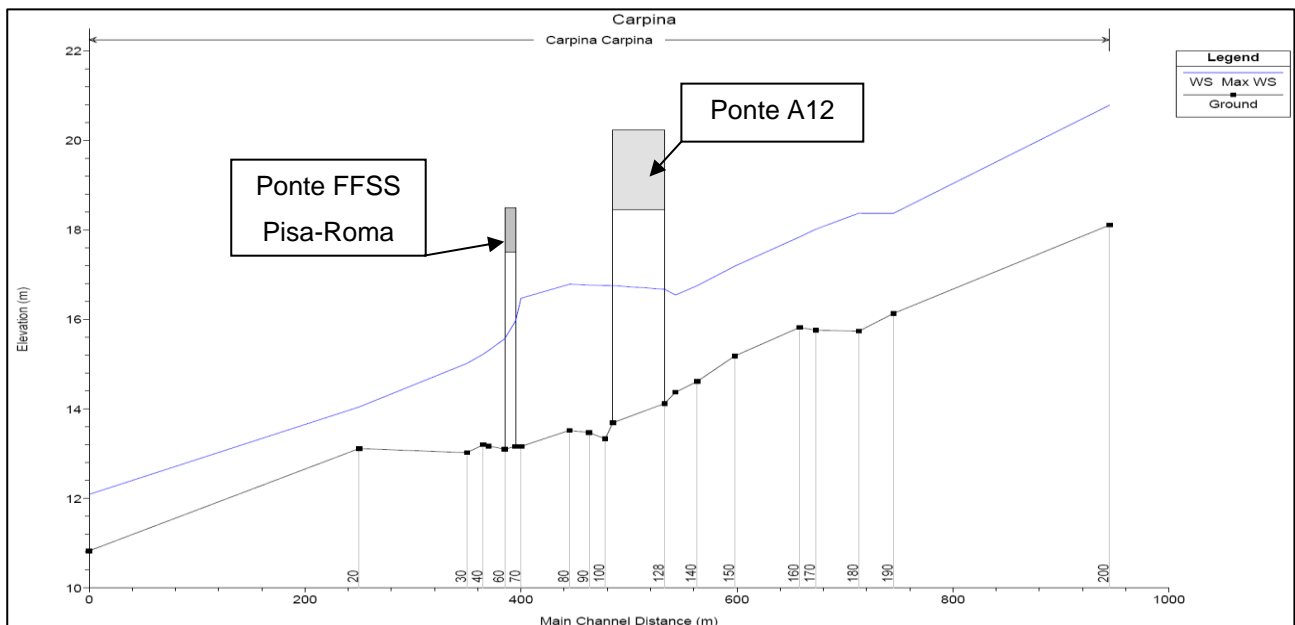


Tabella 6.23: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Carpina	200	Max WS	118.72	18.11	20.79	21.03	22.13	0.017338	5.14	23.08	12.45	1.21
Carpina	195		Lat Struct									
Carpina	194		Lat Struct									
Carpina	190	Max WS	55.38	16.13	18.37	18.10	18.80	0.007074	2.89	19.17	13.49	0.77
Carpina	180	Max WS	52.81	15.74	18.37	17.74	18.64	0.003734	2.27	23.27	14.37	0.57
Carpina	170	Max WS	50.85	15.76	18.01	17.78	18.44	0.007704	2.90	17.55	13.09	0.80
Carpina	160	Max WS	50.21	15.82	17.84	17.74	18.34	0.009880	3.13	16.03	12.82	0.89
Carpina	150	Max WS	47.86	15.18	17.19	17.15	17.76	0.011522	3.35	14.29	11.55	0.96
Carpina	140	Max WS	47.19	14.61	16.75	16.73	17.47	0.012673	3.75	12.58	8.40	0.98
Carpina	130	Max WS	40.34	14.37	16.54	16.34	17.06	0.008970	3.19	12.64	7.97	0.81
Carpina	128	Max WS	37.35	14.12	16.67	16.18	17.02	0.005304	2.60	14.36	7.97	0.62
Carpina	110	Max WS	34.40	13.69	16.75	14.77	16.81	0.000370	0.99	34.62	13.14	0.20
Carpina	100	Max WS	34.13	13.33	16.76	14.81	16.80	0.000424	0.93	36.55	16.34	0.20
Carpina	90	Max WS	30.88	13.47	16.77	14.80	16.80	0.000367	0.87	35.60	15.98	0.19
Carpina	80	Max WS	28.41	13.52	16.79	14.79	16.82	0.000307	0.78	36.31	16.82	0.17
Carpina	70	Max WS	37.54	13.16	16.47	15.19	16.65	0.002181	1.89	19.84	93.33	0.40
Carpina	65		Bridge									
Carpina	60	Max WS	46.58	13.10	15.57	15.57	16.49	0.016532	4.26	10.92	5.89	1.00
Carpina	50	Max WS	46.42	13.17	15.30	15.44	16.30	0.018601	4.43	10.49	6.49	1.11
Carpina	40	Max WS	46.34	13.20	15.22	15.41	15.98	0.013866	3.85	12.03	8.25	1.02
Carpina	30	Max WS	45.58	13.02	15.02	15.34	15.79	0.014702	3.91	12.01	24.27	1.05
Carpina	20	Max WS	44.58	13.11	14.04	14.10	16.77	0.122737	7.31	6.10	9.39	2.90
Carpina	10	Max WS	44.92	10.83	12.09	12.14	13.95	0.063642	6.04	7.43	8.37	2.05

## Canale Piscina Statua

Il Canale Piscina Statua si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

Questo corso d'acqua non risulta presente nel database del modello AL.TO., pertanto la stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il metodo del tempo della corrivazione tramite il software URBIS 2003. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è realizzato tramite uno scatolare di dimensioni 2.06 x 1.71 m, con una quota di intradosso pari a 20.23 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento in pressione dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 21.29 m s.l.m., comportando quindi l'assenza di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che nel tratto a monte della S.S.1 Aurelia si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 19 mc/s a 10 mc/s.

Figura 6.26: Profilo idraulico del Canale Piscina Statua - Stato ante operam

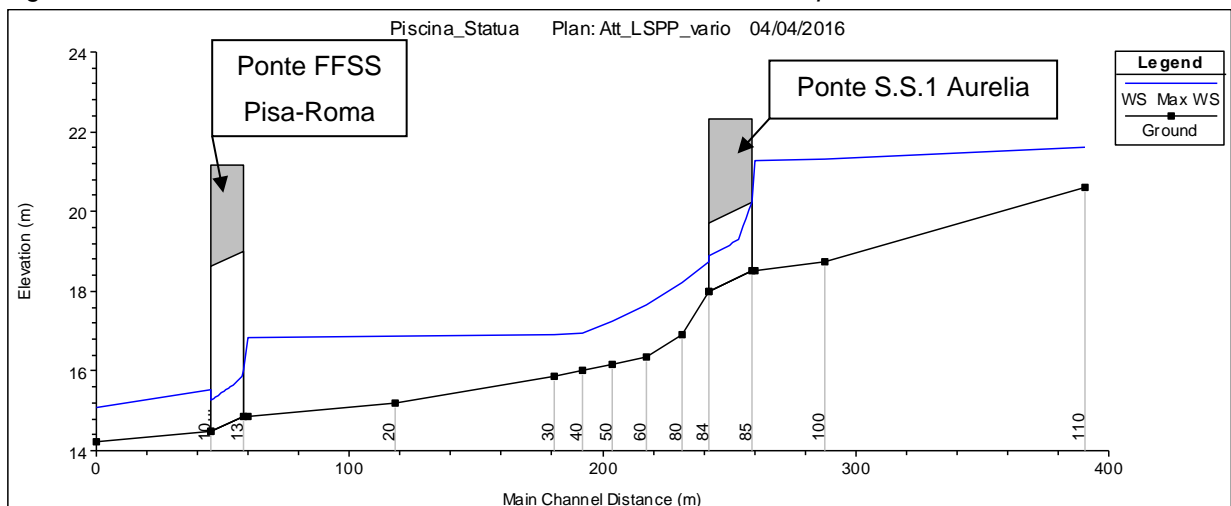




Tabella 6.24: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tracciato - (1)	110	Max WS	18.95	20.60	21.61	21.68	21.97	0.010909	3.43	8.49	15.86	1.10
Tracciato - (1)	100	Max WS	11.26	18.74	21.30	20.26	21.31	0.000025	0.18	84.50	96.12	0.04
Tracciato - (1)	86	Max WS	11.24	18.52	21.29		21.31	0.000177	0.57	19.79	12.21	0.14
Tracciato - (1)	85		Culvert									
Tracciato - (1)	84	Max WS	11.22	18.00	18.73	19.10	19.94	0.056453	4.88	2.30	4.34	2.14
Tracciato - (1)	80	Max WS	5.00	16.90	18.22	18.27	18.73	0.026903	3.17	1.58	1.83	1.09
Tracciato - (1)	60	Max WS	11.00	16.35	17.67	17.87	18.60	0.033814	4.26	2.58	3.47	1.58
Tracciato - (1)	50	Max WS	5.00	16.16	17.26	17.26	17.58	0.013708	2.49	2.01	3.15	1.00
Tracciato - (1)	40	Max WS	9.99	16.00	16.94	17.01	18.44	0.070230	5.42	1.84	3.20	2.28
Tracciato - (1)	30	Max WS	9.90	15.86	16.90	16.61	16.90	0.000428	0.48	26.18	52.09	0.19
Tracciato - (1)	20	Max WS	9.89	15.21	16.89	16.16	16.89	0.000068	0.33	41.99	45.24	0.09
Tracciato - (1)	15	Max WS	9.89	14.84	16.83		16.88	0.000737	0.99	9.95	6.99	0.27
Tracciato - (1)	13		Culvert									
Tracciato - (1)	10	Max WS	9.89	14.47	15.55	15.41	15.82	0.007377	2.31	4.28	4.97	0.79
Tracciato - (1)	5	Max WS	9.89	14.23	15.09	15.12	15.44	0.013040	2.63	3.76	6.12	1.07

## POST OPERAM

Il progetto prevede che il tracciato autostradale passi a valle dell'attuale S.S.1 Aurelia, comportando quindi la demolizione del tombino attuale e realizzando l'attraversamento del fosso in oggetto tramite un nuovo scatolare di dimensioni 4.00 x 3.00 m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano l'attraversamento autostradale verificato con un franco idraulico a monte dell'opera di 2.01 m, valutato rispetto a un livello idrometrico di 17.89 m s.l.m. e a una quota di intradosso del ponte di 19.90 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Come risulta evidente dal profilo di seguito riportato, il nuovo attraversamento da realizzare a valle dell'esistente sulla S.S.1 Aurelia è verificato per effetto del rigurgito creato da quest'ultimo che è insufficiente al passaggio della portata di picco.

Si segnala che nel tratto a monte della A12 si verificano tracimazioni spondali che comportano una laminazione del picco di piena da 19 mc/s a 11 mc/s.

Figura 6.27: Profilo idraulico del Canale Piscina Statua - Stato post operam

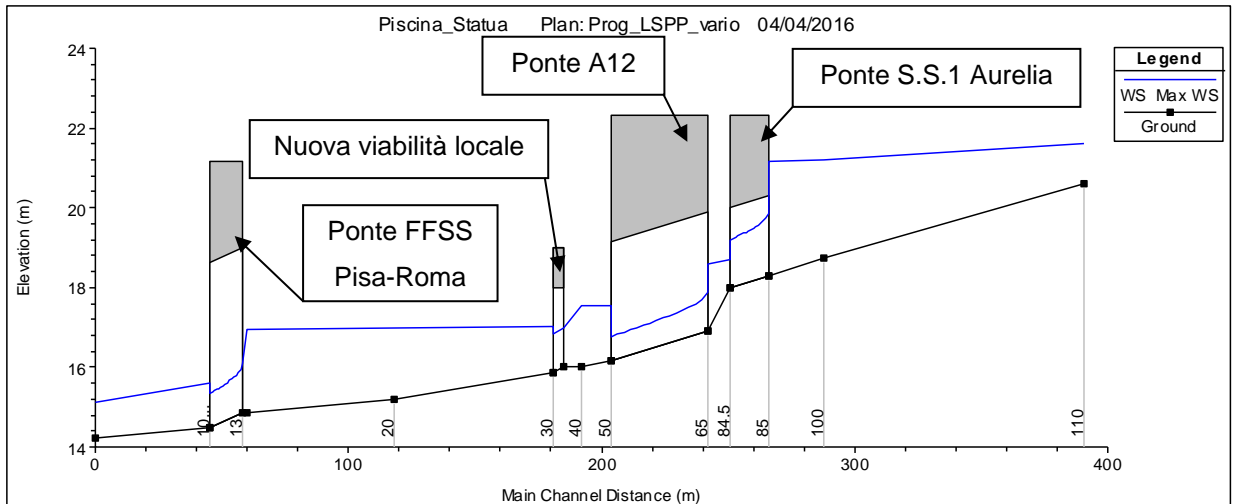


Tabella 6.25: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tracciato - (1)	110	Max WS	19.22	20.60	21.60	21.68	21.98	0.012153	3.57	8.23	15.62	1.16
Tracciato - (1)	100	Max WS	12.29	18.74	21.19	20.26	21.19	0.000043	0.23	73.68	91.65	0.06
Tracciato - (1)	86	Max WS	12.28	18.30	21.18		21.19	0.000142	0.55	22.43	12.09	0.13
Tracciato - (1)	85		Culvert									
Tracciato - (1)	84.5	Max WS	12.27	18.00	18.70	18.94	19.48	0.022193	3.91	3.14	5.45	1.65
Tracciato - (1)	80	Max WS	12.27	16.90	18.61		18.62	0.000292	0.65	33.03	75.29	0.18
Tracciato - (1)	65		Culvert									
Tracciato - (1)	50	Max WS	12.24	16.16	17.53	17.09	17.55	0.000763	0.87	21.91	48.86	0.28
Tracciato - (1)	40	Max WS	12.24	16.00	17.53	16.94	17.54	0.000121	0.40	48.58	90.43	0.11
Tracciato - (1)	35		Bridge									
Tracciato - (1)	30	Max WS	10.76	15.86	17.00	16.61	17.01	0.000214	0.44	34.60	63.31	0.15
Tracciato - (1)	20	Max WS	10.75	15.21	17.00	16.17	17.00	0.000055	0.31	47.18	45.47	0.08
Tracciato - (1)	15	Max WS	10.75	14.84	16.95		17.00	0.000701	1.00	10.77	7.22	0.26
Tracciato - (1)	13		Culvert									
Tracciato - (1)	10	Max WS	10.75	14.47	15.59	15.45	15.88	0.007632	2.39	4.49	5.04	0.81
Tracciato - (1)	5	Max WS	10.75	14.23	15.12	15.16	15.49	0.013139	2.70	3.98	6.24	1.08

## Affluente del Fosso Romitorio

L’Affluente del Fosso Romitorio si presenta come un corso d’acqua incassato nell’area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

Questo corso d’acqua non risulta presente nel database del modello AL.TO., pertanto la stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il metodo del tempo della corrivazione tramite il software URBIS 2003. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l’idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell’ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale, l’attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare di 9.76 x 3.61 m, con una quota di intradosso nella sezione di monte posta a 12.84 m s.l.m. Pochi metri a valle dell’opera si trova la linea ferroviaria Roma-Pisa. I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento del tombino a pelo libero, con un livello idrometrico pari a 11.67 m s.l.m. e un franco idraulico di 1.17 m (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l’attraversamento sulla linea ferroviaria Pisa-Roma presente a valle della S.S.1 Aurelia non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.28: Profilo idraulico dell’Affluente del Fosso Romitorio - Stato ante operam

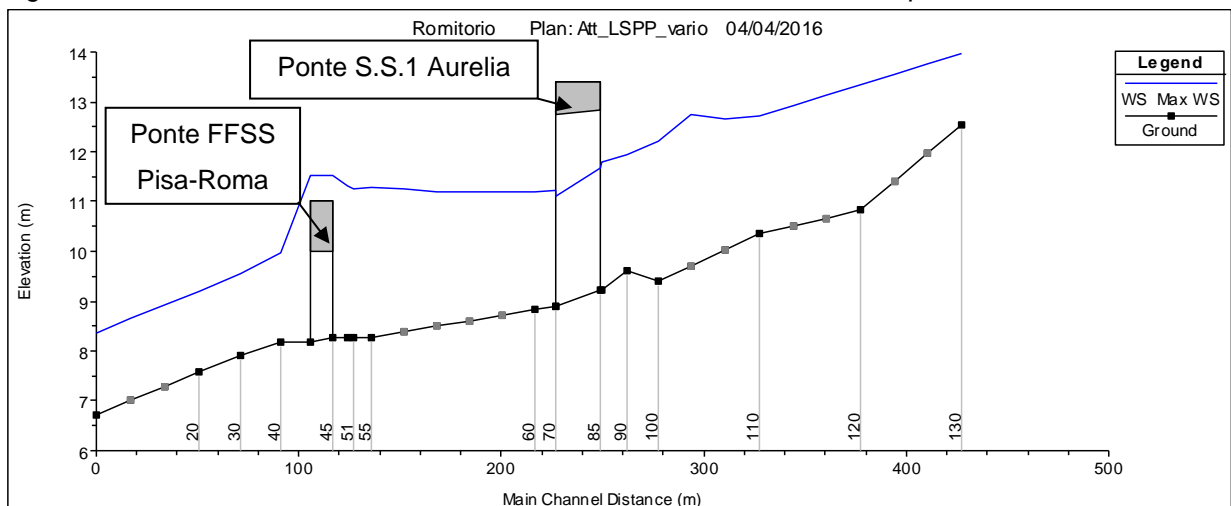


Tabella 6.26: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	130	Max WS	47.23	12.54	13.97	14.07	14.47	0.012598	3.38	15.60	22.16	1.14
1	120	Max WS	46.83	10.82	13.34	13.39	13.72	0.013251	2.72	17.20	27.65	1.10
1	110	Max WS	46.36	10.35	12.70	12.86	13.15	0.014325	2.96	15.64	23.31	1.16
1	100	Max WS	46.19	9.40	12.21	12.50	13.17	0.018920	4.36	10.60	9.27	1.30
1	90	Max WS	46.18	9.60	11.94	12.47	13.49	0.016865	5.51	8.38	5.29	1.40
1	89	Max WS	46.17	9.23	11.79	11.67	12.65	0.005630	4.10	11.30	5.57	0.91
1	85	Bridge										
1	70	Max WS	46.11	8.89	11.21		11.39	0.001693	1.97	28.27	23.44	0.45
1	60	Max WS	44.87	8.83	11.20	11.50	12.09	0.001387	4.36	17.43	41.24	1.04
1	55	Max WS	47.30	8.28	11.29		11.33	0.000101	1.30	80.18	73.00	0.30
1	51	Max WS	45.75	8.28	11.26		11.37	0.000128	1.69	79.68	150.76	0.35
1	50	Max WS	45.80	8.28	11.30	10.29	11.32	0.000265	0.69	85.35	156.86	0.18
1	45	Bridge										
1	40	Max WS	47.58	8.18	9.98	10.22	11.31	0.027972	5.11	9.32	9.38	1.64
1	30	Max WS	45.50	7.90	9.55	9.76	10.36	0.015496	4.29	14.98	70.12	1.24
1	20	Max WS	45.45	7.58	9.20	9.54	10.39	0.020347	4.85	9.38	21.02	1.43
1	10	Max WS	45.41	6.72	8.36	8.60	9.37	0.016047	4.45	10.20	8.21	1.28

### POST OPERAM

L'adeguamento della S.S.1 Aurelia a sede autostradale prevede l'ampliamento della piattaforma in carreggiata sud: il tombino sarà prolungato con le stesse dimensioni di quello esistente e subito a valle, per contenere l'effetto di rigurgito indotto dall'attraversamento ferroviario, sarà realizzato un canale a U in cls di larghezza 8.00 m e altezza minima pari a 3.00 m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano che il tombino autostradale risulta verificato con un franco idraulico di 1.17 m, a fronte di un livello idrometrico di 11.67 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla linea ferroviaria Pisa-Roma presente a valle della A12 non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.29: Profilo idraulico dell'Affluente del Fosso Romitorio - Stato post operam

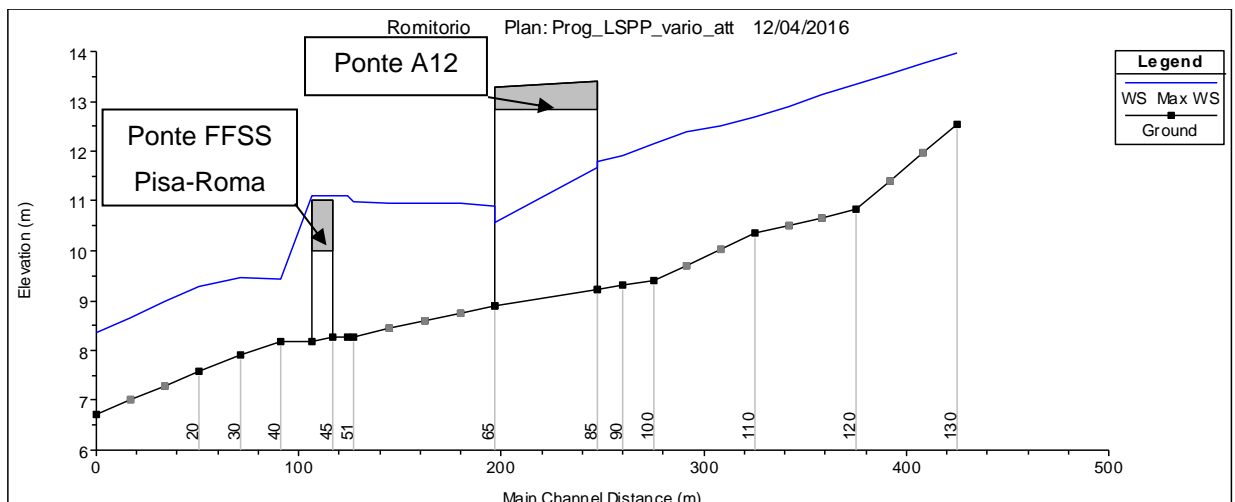


Tabella 6.27: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
1	130	Max WS	47.23	12.54	13.97	14.07	14.47	0.012630	3.38	15.59	22.15	1.14
1	120	Max WS	46.66	10.82	13.34	13.39	13.72	0.013590	2.75	17.00	27.50	1.12
1	110	Max WS	46.18	10.35	12.69	12.85	13.15	0.013451	3.02	15.29	21.06	1.13
1	100	Max WS	46.05	9.40	12.16	12.49	13.21	0.021012	4.53	10.16	9.03	1.36
1	90	Max WS	46.04	9.30	11.91	12.23	13.15	0.012587	4.93	9.34	5.29	1.18
1	89	Max WS	46.04	9.23	11.79	11.67	12.64	0.005633	4.09	11.28	5.57	0.91
1	85		Bridge									
1	65	Max WS	31.48	8.90	10.91		11.11	0.000315	1.97	16.01	8.04	0.44
1	51	Max WS	38.95	8.28	10.97		11.14	0.000203	1.79	21.75	8.15	0.35
1	50	Max WS	46.18	8.28	11.11	10.29	11.15	0.000520	0.89	58.47	123.98	0.25
1	45		Bridge									
1	40	Max WS	45.84	8.18	9.42		9.58	0.001610	1.04	26.89	12.46	0.38
1	30	Max WS	45.92	7.90	9.47		9.56	0.001493	1.30	36.60	62.28	0.38
1	20	Max WS	45.92	7.58	9.28	9.55	10.34	0.017012	4.55	10.09	8.30	1.32
1	10	Max WS	45.91	6.72	8.37	8.61	9.38	0.016044	4.46	10.28	8.24	1.28

## Fosso Scolo Collecchio

Il Fosso Scolo Collecchio si presenta come un corso d'acqua incassato nell'area pianeggiante circostante e del tutto privo di arginature.

Questo corso d'acqua non risulta presente nel database del modello AL.TO., pertanto la stima della portata di progetto è stata effettuata applicando il metodo del tempo della corrivazione tramite il software URBIS 2003. La simulazione in moto vario è stata svolta inserendo come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni e imponendo come condizione di valle nell'ultima sezione rilevata quella di moto uniforme.

### ANTE OPERAM

Nello stato attuale l'attraversamento della S.S.1 Aurelia è costituito da un tombino scatolare di 1.10 x 1.27 m, con una quota di intradosso nella sezione di monte posta a 5.82 m s.l.m.

I risultati della simulazione idraulica mostrano un funzionamento in pressione dell'attraversamento, nella cui sezione di monte si riscontra un livello idrometrico pari a 8.62 m s.l.m., comportando quindi l'assenza di franco idraulico (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che l'attraversamento sulla linea ferroviaria Pisa-Roma presente a valle della S.S.1 Aurelia non presenta dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.30: Profilo idraulico del Fosso Scolo Collecchio - Stato ante operam

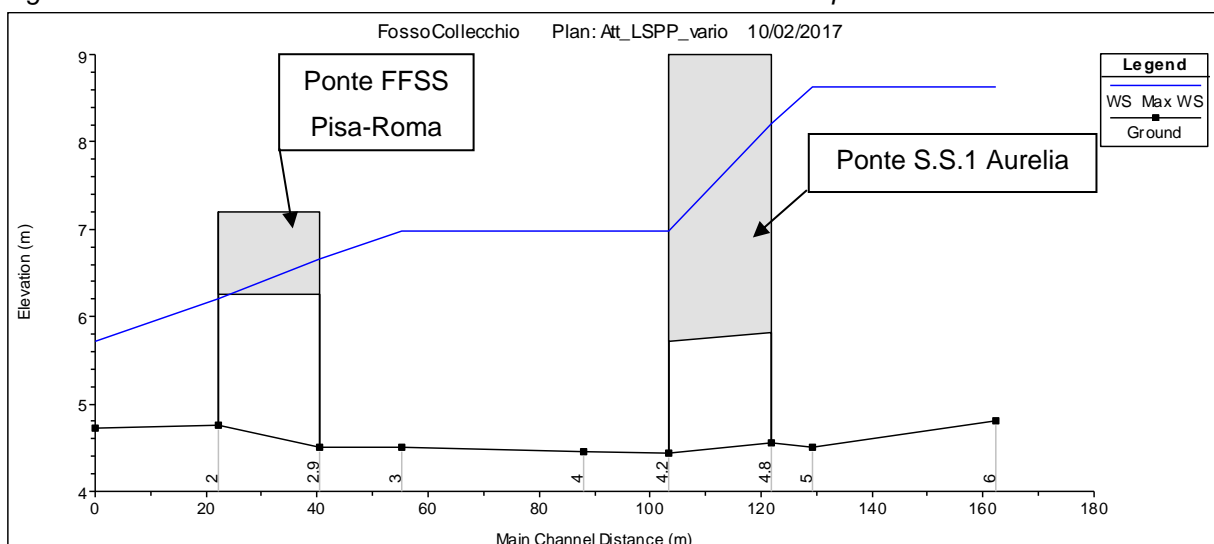


Tabella 6.28: Tabella di output del modello idraulico - Stato ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	6	Max WS	5.00	4.80	8.62		8.62	0.000000	0.01	543.18	365.29	0.00
1	5	Max WS	5.00	4.50	8.62		8.62	0.000001	0.06	175.30	142.00	0.01
1	4.8	Max WS	5.55	4.55	8.20	5.66	9.30	0.103596	4.63	1.20		0.77
1	4.2	Max WS	5.55	4.45	6.98	5.56	8.08	0.013933	4.63	1.20		0.93
1	4	Max WS	5.00	4.46	6.99		6.99	0.000002	0.17	41.59	29.56	0.04
1	3	Max WS	5.00	4.50	6.97		6.99	0.000026	0.49	10.30	9.62	0.14
1	2.9	Max WS	6.25	4.50	6.66	6.03	7.18	0.005147	3.20	1.95		0.70
1	2	Max WS	6.16	4.76	6.21	6.13	6.83	0.033594	3.48	1.77	1.22	0.92
1	1	Max WS	6.14	4.72	5.71	5.25	5.76	0.001200	0.97	6.88	15.35	0.34

## POST OPERAM

Nello stato di progetto l'opera esistente viene prolungata in carreggiata nord tramite un collettore di diametro  $\phi$  1500 mm.

Il tombino risulta in pressione anche in questa configurazione, con un livello idrometrico nella sezione di monte pari a 8.55 m s.l.m. (vedi figura e tabella sottostanti).

Si segnala che sia l'attraversamento sulla linea ferroviaria Pisa-Roma esistente che la nuova viabilità locale in progetto, posti a valle della A12, non presentano dimensioni sufficienti a garantire il passaggio della portata di piena.

Figura 6.31: Profilo idraulico del Fosso Scolo Collecchio - Stato post operam

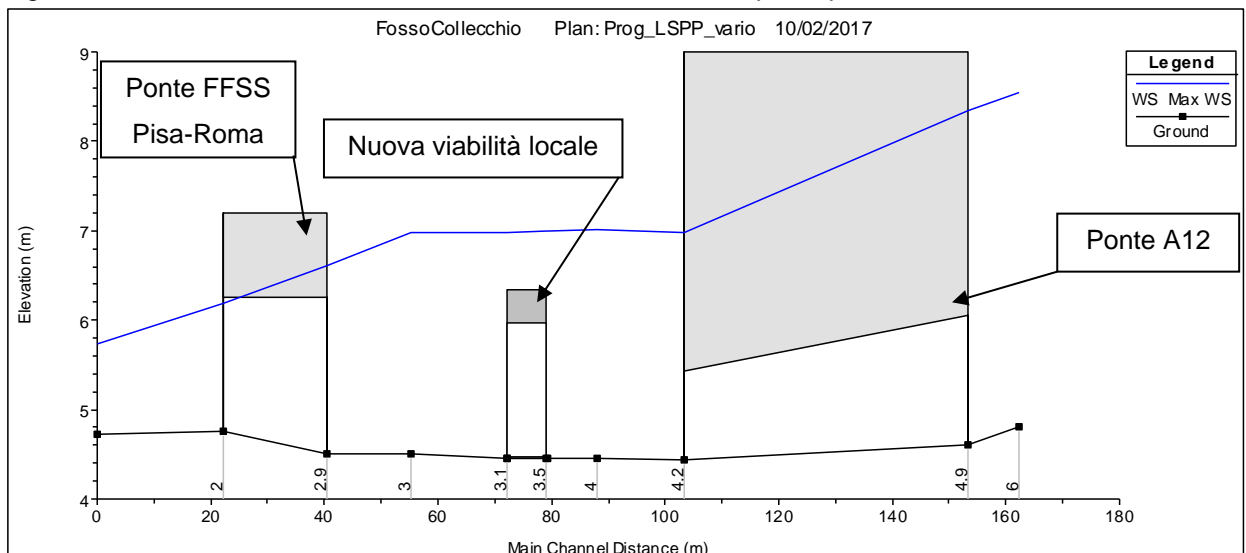


Tabella 6.29: Tabella di output del modello idraulico - Stato post operam

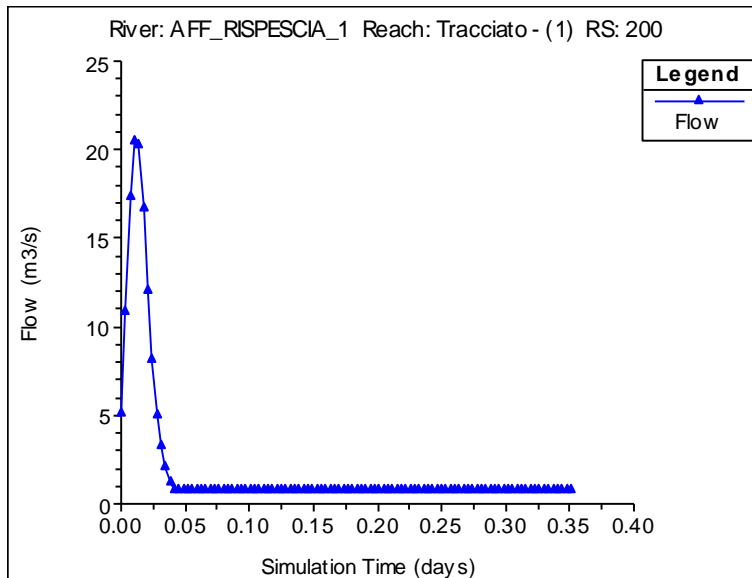
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	6	Max WS	5.00	4.80	8.55		8.55	0.000000	0.01	517.10	356.72	0.00
1	4.9	Max WS	5.36	4.60	8.35	5.82	9.06	0.041930	3.75	1.43		0.62
1	4.2	Max WS	5.36	4.44	6.98	5.26	7.62	0.007640	3.53	1.52		0.71
1	4	Max WS	5.00	4.46	7.01		7.01	0.000002	0.17	42.17	29.73	0.04
1	3.9	Max WS	5.00	4.46	7.00		7.01	0.000020	0.38	13.12	29.67	0.12
1	3.5		Culvert									
1	3.1	Max WS	5.00	4.46	6.99		6.99	0.000002	0.17	41.58	29.56	0.04
1	3	Max WS	5.00	4.50	6.97		6.99	0.000026	0.49	10.30	9.62	0.14
1	2.9	Max WS	6.65	4.50	6.60	6.09	7.19	0.005837	3.41	1.95		0.75
1	2	Max WS	6.53	4.76	6.18	6.19	6.90	0.039531	3.76	1.74	1.22	1.01
1	1	Max WS	6.44	4.72	5.73	5.26	5.78	0.001206	0.99	7.21	16.33	0.34



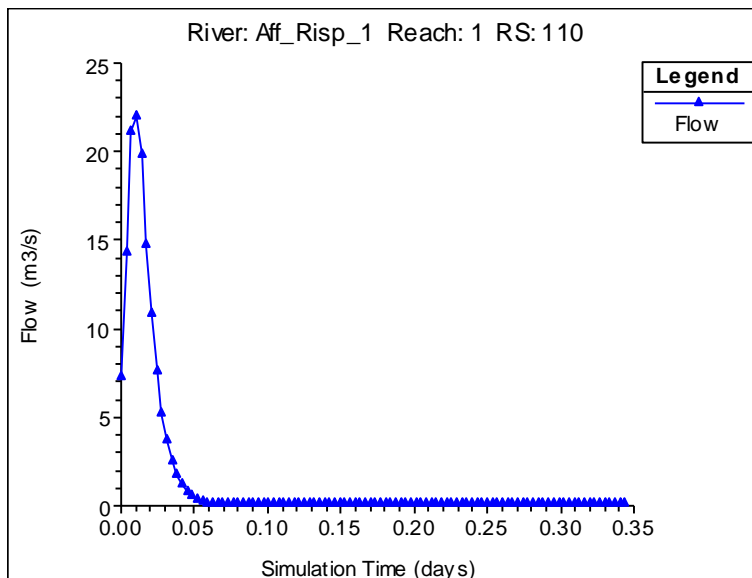
Corso d'acqua	Ante Operam						Post Operam					
	Opera esistente	Quota pavimentato imbocco [m s.l.m.]	Quota intradosso imbocco [m s.l.m.]	Livello idrico [m s.l.m.]	Franco [m]	Velocità [m/s]	Opera in progetto	Quota pavimentato imbocco [m s.l.m.]	Quota intradosso imbocco [m s.l.m.]	Livello idrico [m s.l.m.]	Franco [m]	Velocità [m/s]
Affluente Rispecchia 1	Tombino 3.68 m x 1.96 m	16.69	12.37	12.89	-	1.25	Prolungamento con scatolare 4.00 m x 2.00 m	16.69	12.37	12.94	-	1.25
Affluente Rispecchia 2	Tombino 2.00 m x 1.98 m	15.72	12.18	13.74	-	0.88	Prolungamento con scatolare 2.00 m x 2.50 m	15.72	12.18	13.74	-	0.88
Rispecchia	Ponte con luce 28.30 m	16.16	14.40	14.79	-	2.46	Nuovo ponte a valle con luce 53.87 m	18.50	16.30	14.37	1.93	0.50
Barbicato	Tombino 7.50 m x 3.40 m	9.65	8.54	8.16	0.38	1.75	Prolungamento con scatolare 7.50 m x 3.50 m	10.34	9.26	8.20	1.06	3.52
Migliarino	Tombino 7.16 m x 3.84 m (lato valle)	8.31	7.10	5.64	1.46	1.62	Prolungamento con dimensioni 7.50 m x 4.00 m	8.31	7.10	5.58	1.52	1.38
Banditella	Tombino ad arco 3.32 m x 2.49 m (lato monte)	8.50	5.50	5.10	0.40	1.48	Prolungamento con scatolare 3.50 m x 3.00 m	8.00	5.50	5.50	-	0.57
Senza Nome 1	Tombino Ø1200	11.77	11.40	11.99	-	1.78	Prolungamento con scatolare 1.00 m x 4.00 m	11.77	11.40	12.00	-	1.80
Valle Giardino	Tombino 5.30 m x 3.50 m	15.12	14.37	13.11	1.26	0.82	Prolungamento con dimensioni 5.30 m x 3.50 m	15.12	14.37	13.33	1.04	0.72
Senza Nome 2	Tombino 1.59 m x 0.75 m	17.98	16.74	17.54	-	1.30	Prolungamento con dimensioni 1.75 m x 1.00 m	17.98	15.95	16.32	-	0.54
Acqua Pora	Tombino 3.38 m x 3.18 m a monte e 2.30 m x 3.68 m a valle	19.50	16.30	16.21	0.09	0.99	Prolungamento con scatolare 3.50 m x 3.50 m	19.50	16.30	15.56	0.74	0.96
Carpina	Tombino 2.00 m x 3.00 m	19.66	17.05	16.74	0.31	0.80	Demolizione tombino e nuovo ponte con luce 15.0 m	20.23	18.45	16.59	1.86	0.72
Piscina Statua	Tombino 2.06 m x 1.71 m	22.32	20.23	21.29	-	0.57	Demolizione tombino e nuovo scatolare 4.00 m x 3.00 m	22.32	19.90	17.89	2.01	0.65
Affluente Romitorio	Tombino 9.76 m x 3.61 m (lato monte)	13.39	12.84	11.67	1.17	4.10	Prolungamento con dimensioni 10.00 m x 4.00 m	13.39	12.84	11.67	1.17	4.09
Scolo Collecchio	Tombino 1.10 m x 1.27 m a monte e 1.96 m x 0.98 m a valle	9.00	5.82	8.62	-	0.77	Prolungamento con Ø1500	9.00	6.06	8.35	-	0.62

## ALLEGATO 1 - IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200

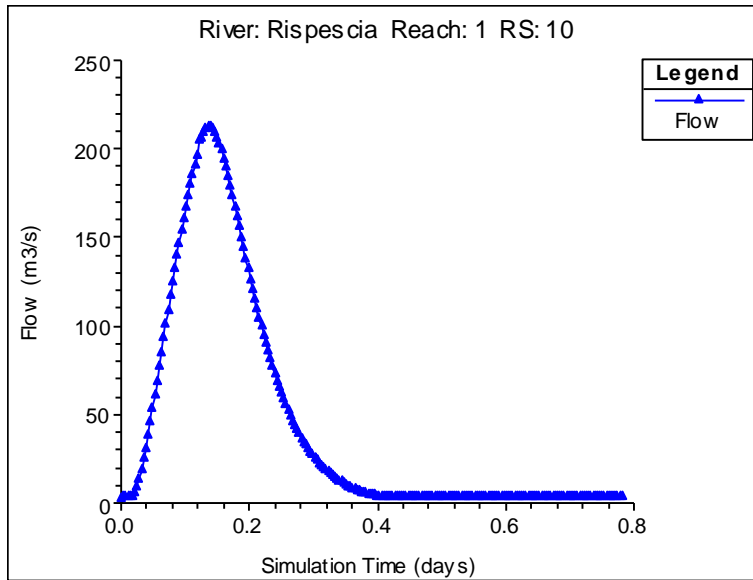
### Affluente Fosso Rispecchia n°1



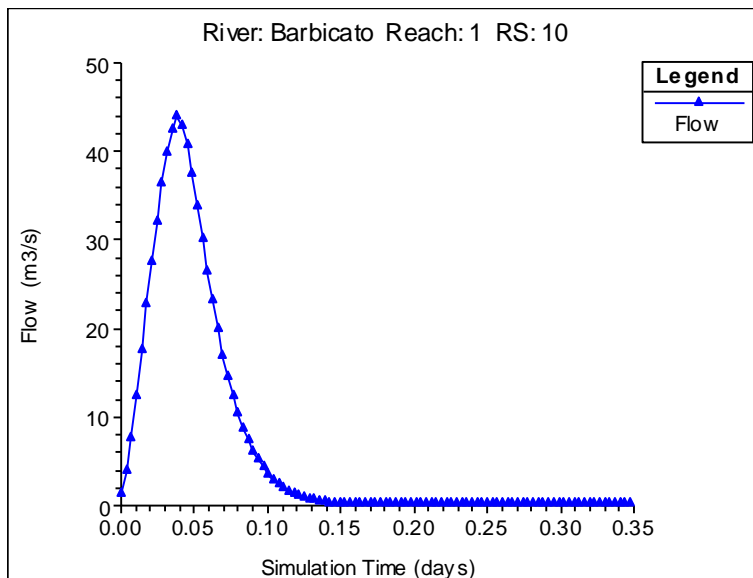
### Affluente Fosso Rispecchia n°2



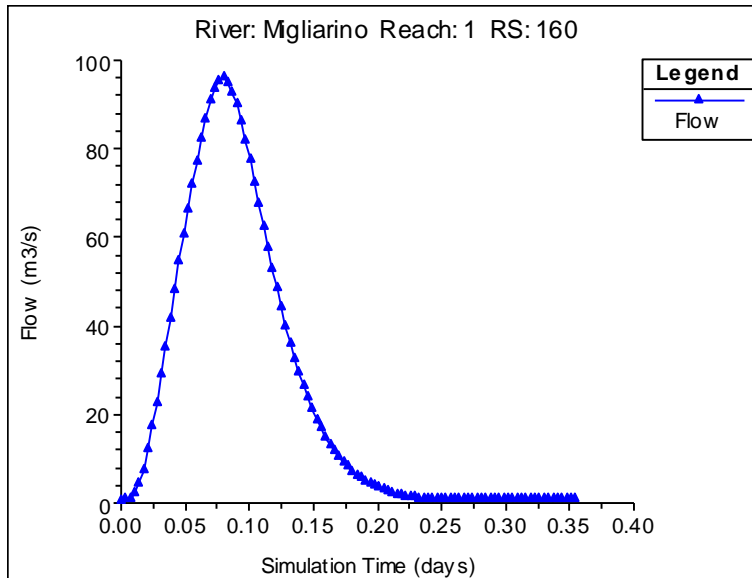
### Fosso Rispecchia



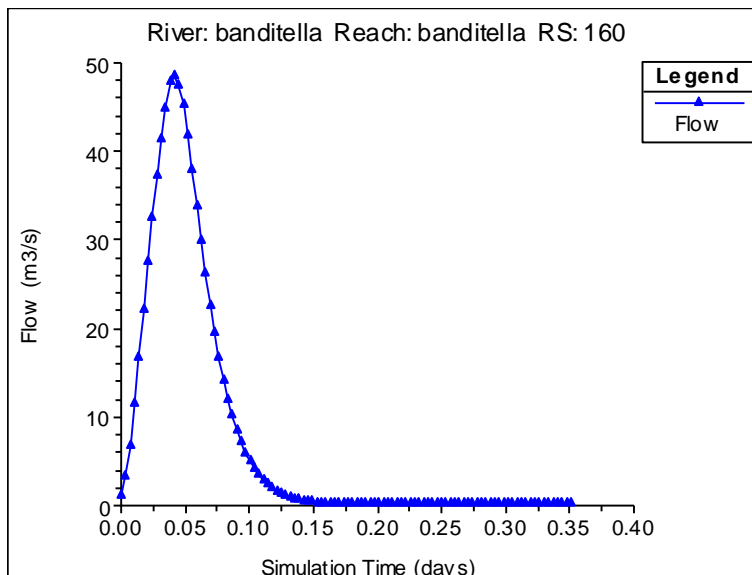
### Barbicato



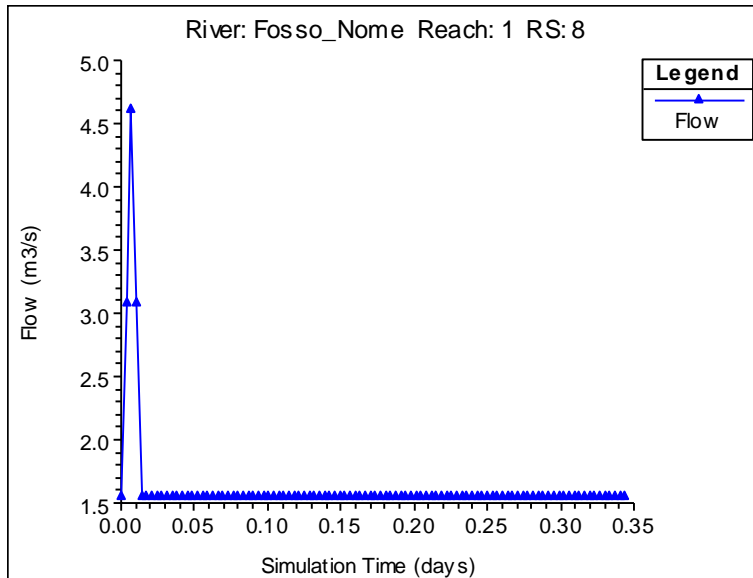
### Fosso Migliarino



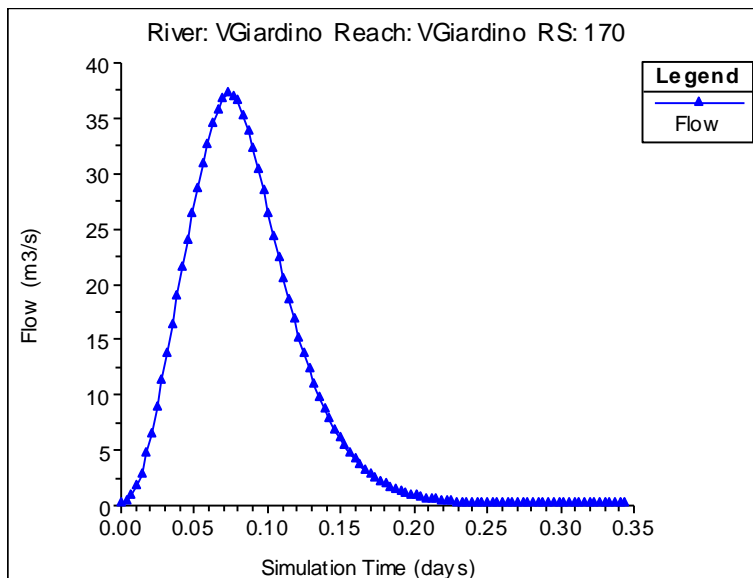
### Fosso della Banditella



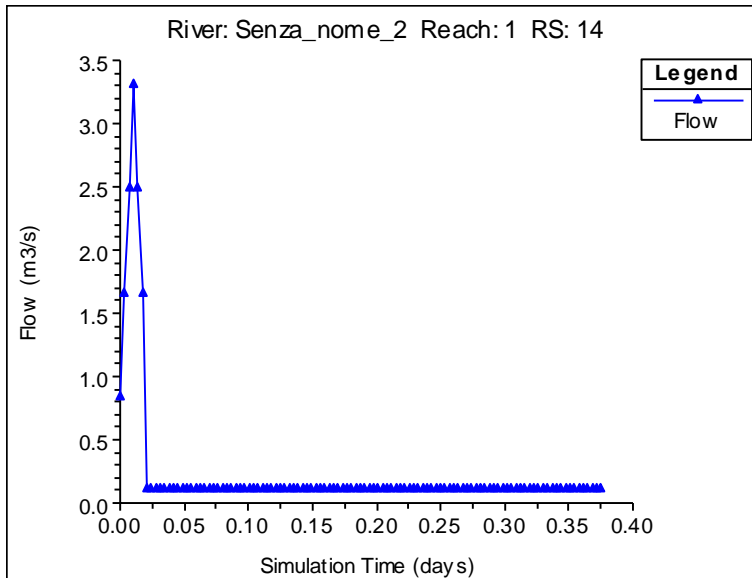
### Fosso Senza Nome n°1



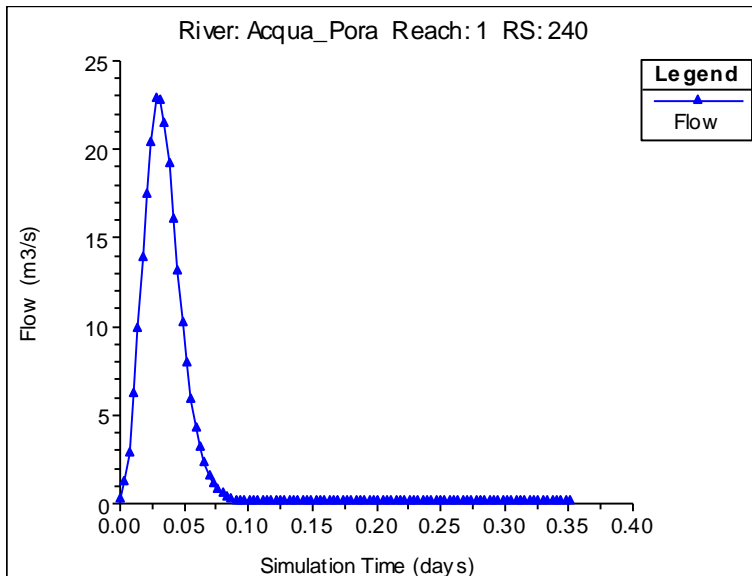
### Fosso Valle Giardino



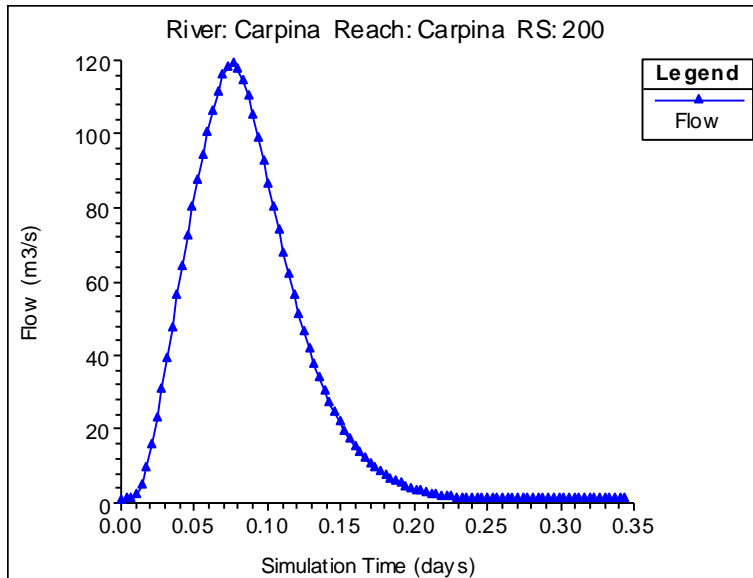
### Fosso Senza Nome n°2



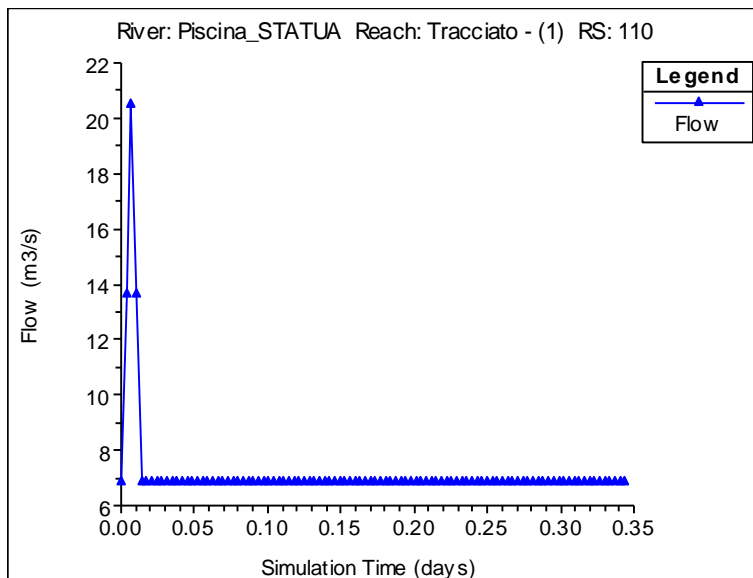
### Fosso dell'Acqua Pora



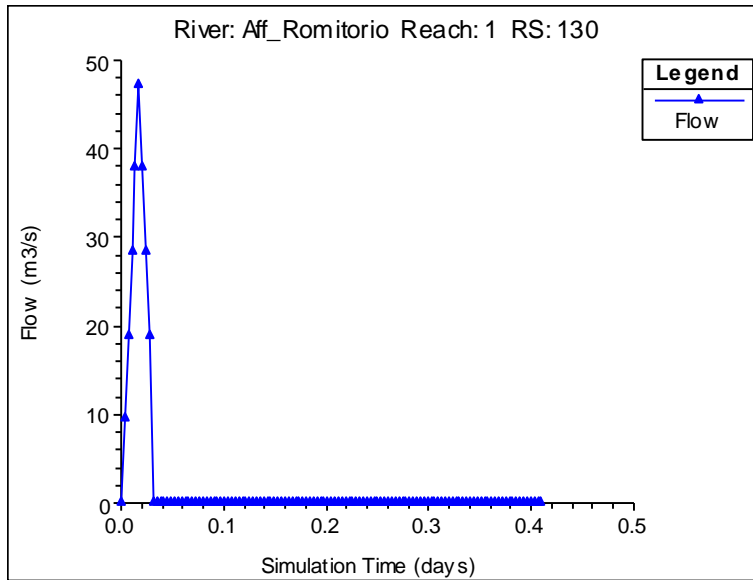
### Fosso Carpina



### Canale Piscina Statua



### Affluente Fosso del Romitorio



### Fosso Scolo Collecchio

