

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

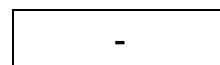
## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

### LINEA PISA – COLLESALVETTI-VADA

Collegamento dell'interporto di Guasticce con la linea Pisa-Vada ed interconnessione della linea Pisa – Vada con la linea Firenze-Pisa

Relazione Idrologica

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N F 0 Q 0 0 F 1 0 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	D.Russo	SETT. 2020	M. Villani	SETT. 2020	D.Gambino	SETT. 2020	L.Berardi SETT. 2020



## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	4
2	STUDIO IDROLOGICO A SUPPORTO DEL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI COLLESALVETTI .....	7
2.1	ANALISI PLUVIOMETRICA .....	12
2.1.1	<i>Dati da SIR – Servizio Idrologico Regionale .....</i>	12
2.1.2	<i>Dati da curve di possibilità climatica Regione Toscana 2014 .....</i>	13
2.2	MODELLO IDROLOGICO .....	14
2.2.1	<i>Pioggia di progetto .....</i>	14
2.2.2	<i>Metodologia di calcolo degli idrogrammi di piena.....</i>	14
2.2.3	<i>Risultati del modello afflussi – deflussi per ietogrammi di tipo Chicago.....</i>	19
2.2.4	<i>Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) – Fosso Fologno.....</i>	21
3	CALCOLO IDROLOGICO-IDRAULICO - PROGETTO DEFINITIVO COLLETTORE EST DEL COMUNE DI COLLESALVETTI .....	30
3.1	ANALISI PLUVIOMETRICA .....	30
3.2	PIOGGIA DI PROGETTO .....	31
3.3	CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA .....	32
4	STUDIO IDROLOGICO A SUPPORTO DEL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI CASCINA 36	

## Indice delle figure

Figura 1: Inquadramento progettuale.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Figura 2: Inquadramento interventi .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Figura 3: Inquadramento Autoparco il Faldo.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Figura 4: Interferenze idrauliche Linea Guasticce Vada .....	7
Figura 5: Interferenze idrauliche Linea Guasticce – Vada .....	8
Figura 6: Interferenze idrauliche By Pass di Pisa .....	9
Figura 7: Bacini analizzati all'interno del piano strutturale comunale.....	11
Figura 8: Distribuzione areale della pluviometrica tramite il metodo dei poligoni di Thiessen .....	13
Figura 9: Attribuzione della classe litologica SCS in base ai codici di permeabilità della carta regionale .....	16
Figura 10: Mappa delle celerità per il reticolo idrografico principale della Regione Toscana .....	19
Figura 11: Stralcio tavola “Modellazione idrologica” PT-150-13-COL-QC-5a.....	20
Figura 12: Idrogramma di piena Fosso Fologno_1A – uscita cassa espansione 1 .....	22
Figura 13: Modello Hec-Hms – Fosso Fologno – SDP .....	23
Figura 14: Idrogramma di piena – Fosso Fologno_1A – uscita cassa espansione 1 .....	24
Figura 15: Idrogramma di piena – Fosso Fologno_1B .....	25
Figura 16: Idrogramma di piena – Fosso Fologno_2.....	26
Figura 17: Idrogramma di piena – Fosso Fologno_3.....	27
Figura 18: Idrogramma di piena – Fosso Fologno_4.....	28
Figura 19: Idrogramma di piena risultante – Fosso Fologno – Junction-4.....	29
Figura 20: Ietogramma di progetto utilizzato.....	31
Figura 21: Schema idrologico – modello Hec-Hms .....	32
Figura 22: Idrogramma di piena – bacino Coll3 – Tr200 .....	33
Figura 23: Idrogramma di piena – bacino Guast1 – Tr200.....	34
Figura 24: Idrogramma di piena – Junction-3 – Tr200.....	35
Figura 25: Interferenze idrauliche By Pass di Pisa .....	37
Figura 26: Risultati modello Hec-Ras – Nugolaio Di Stecchi – Tr200 .....	39
Figura 27: Risultati modello Hec-Ras – Fosso Torale – Tr200.....	39
Figura 28: Risultati modello Hec-Ras – Fosso Vecchio di Titignano – Tr200.....	40
Figura 29: Idrogramma di piena – bacino n. 16 .....	41

## Indice delle tabelle

Tabella 1: Caratteristiche dei bacini.....	12
Tabella 2: Curve di possibilità climatica e pluviometrica con dati aggiornati al 2009.....	12
Tabella 3: Parametri delle curve di possibilità climatica Regione Toscana 2014 .....	13
Tabella 4: Coefficienti di ragguglio .....	14
Tabella 5: Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo.....	15
Tabella 6: Parametri riassuntivi del modello idrologico.....	18
Tabella 7: Durate critiche dei bacini.....	19
Tabella 8: Portate massime e relative durate critiche .....	20
Tabella 9: Portate nei vari tratti - modello HEC-RAS .....	21
Tabella 10: Portate ai rami – modello HEC-RAS – Fosso Fologno – SDF .....	22
Tabella 11: Portate massime implementate in Hec-Hms – Fosso Fologno .....	28

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA****Collegamento fra l'interporto di Guasticce e la linea Pisa-Collesalvetti-Vada e bretella di collegamento tra la linea Collesalvetti-Vada e la linea Firenze-Pisa (by pass di Pisa)**

Relazione Idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA6C	00	F 10	RI ID0002 001	A	3 DI 42

Tabella 12: Portate ai rami – modello HEC-RAS – Fosso Fologno – SDP.....29

Tabella 13: Curve di possibilità climatica per la stazione di Livorno – Tr200.....30

## 1 Premessa

La presente relazione è parte integrante degli elaborati specialistici relativi allo studio idraulico del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) del Collegamento dell'interporto di Guasticce con la linea Pisa – Vada e l'interconnessione della linea Pisa – Vada con la linea Firenze – Pisa, sviluppato nell'ambito dell' "Accordo per la realizzazione dei collegamenti ferroviari del porto di Livorno con il Corridoio TEN-T Scandinavo – Mediterraneo" stipulato da Regione Toscana, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, RFI, Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno Settentrionale e Interporto Toscano Amerigo Vespucci S.p.A. sottoscritto il 23/04/2018.

Il PFTE si compone dei seguenti interventi:

- Collegamento dell'Interporto di Guasticce alla linea Pisa-Vada (via Collesalvetti)
- Bretella di collegamento tra la linea Collesalvetti-Vada e la linea Firenze-Pisa (by pass di Pisa)

Gli interventi consistono in due nuove tratte ferroviarie, a semplice binario ed elettrificate, con la funzione di potenziare i collegamenti del porto di Livorno alla rete ferroviaria nazionale e di fluidificare il transito dei treni lungo il corridoio merci TEN-T tra la linea Pisa – Firenze e la linea Tirrenica.

Il primo tratto di nuova linea, di seguito denominato semplicemente Collegamento tra Interporto e linea Pisa – Vada, si estende dalla zona dell'Interporto di Guasticce, con inizio dall'attuale binario non elettrificato della vecchia linea tra Livorno Calambrone e Collesalvetti, fino a collegarsi, in prossimità dell'abitato di Vicarello, alla linea Pisa – Collesalvetti – Vada. La finalità di tale primo tratto di linea è di migliorare il collegamento dell'area del porto di Livorno e dell'Interporto A. Vespucci alla rete ferroviaria nazionale: in questo modo si completa la serie di interventi ferroviari realizzati e/o in corso di realizzazione in tale area per il potenziamento del Porto di Livorno.

Il secondo tratto, denominato nel seguito Bypass di Pisa, si stacca dalla Pisa – Collesalvetti – Vada, nella zona a Nord della località il Faldo e, bypassando la stazione e l'abitato di Pisa, si riconnette alla Pisa – Firenze in prossimità della stazione di Navacchio. Da un punto di vista più globale, il Bypass di Pisa, unitamente alla Pisa – Collesalvetti – Vada, realizzano un ulteriore tassello del corridoio merci TEN-T consentendo l'interconnessione della Pisa – Firenze alla linea Tirrenica evitando il passaggio da Pisa e Livorno e, soprattutto, dal tratto di linea a sud di Livorno condizionato da limiti geometrici e di sagoma.

Più nel dettaglio, di seguito un elenco delle principali attività/opere oggetto della presente progettazione:

- Collegamento dell'Interporto di Guasticce alla linea Pisa-Collesalvetti-Vada;
- Nuovo Posto di Movimento a nord dell'abitato di Guasticce, dotato di 2 binari di precedenza elettrificati da 750 metri oltre al binario di corsa; impianto in grado di gestire incroci/precedenze e collegato ai binari di presa/consegna posti all'interno del perimetro dell'Interporto A. Vespucci di Guasticce;
- Soppressione dei Passaggi a Livello nel tratto della linea Pisa – Vada (via Collesalvetti) tra l'interconnessione con la linea per l'interporto di Guasticce e la nuova bretella di collegamento con la Firenze – Pisa;
- Posto di Movimento collocato lungo la linea Pisa-Collesalvetti-Vada dotato di 2 binari di circolazione elettrificati da 750 metri di cui uno con funzione di binario di corsa; impianto in grado di gestire incroci/precedenze e collegato ai binari di presa/consegna posti all'interno del raccordo industriale "Il Faldo" ubicato al Km 323+000
- Bretella di collegamento tra la linea Collesalvetti-Vada e la linea Firenze-Pisa (bypass di Pisa)
- Modifica dell'impianto di Navacchio con adeguamento del III binario di stazione a modulo 750 metri.

Alle sopraelencate opere/attività si aggiungono tutte le necessarie risoluzioni delle interferenze della nuova linea in progetto con le viabilità esistenti che comportano la previsione di nuovi cavalcaferrovie e/o varianti delle stesse viabilità. Le aree interessate dagli interventi in progetto sono inquadrate in Figura 1 e Figura 2

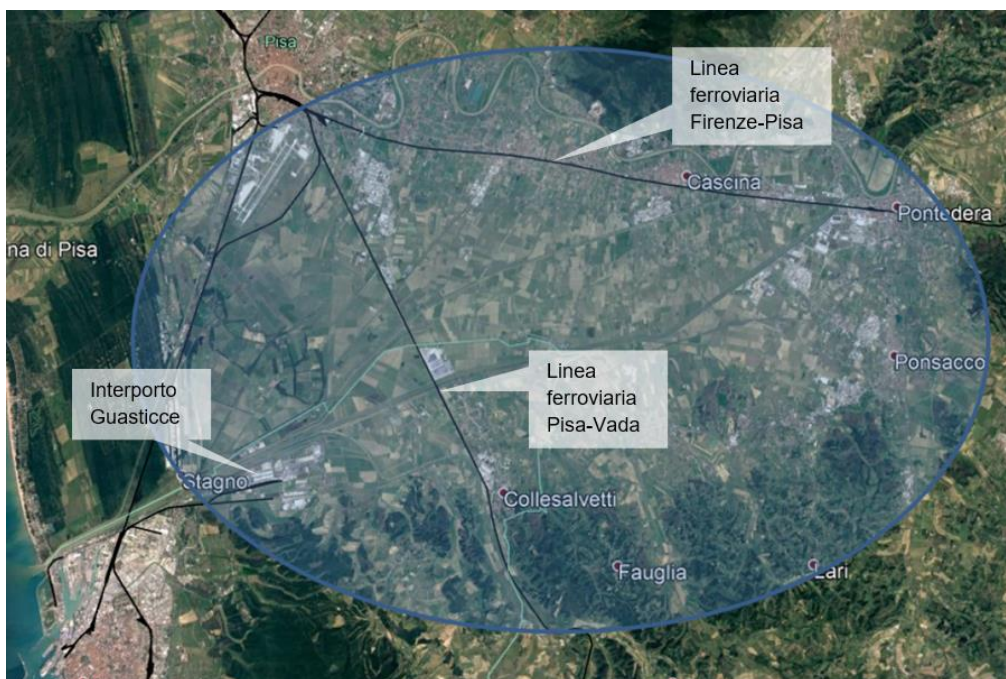


Figura 1: Inquadramento territoriale degli interventi in progetto

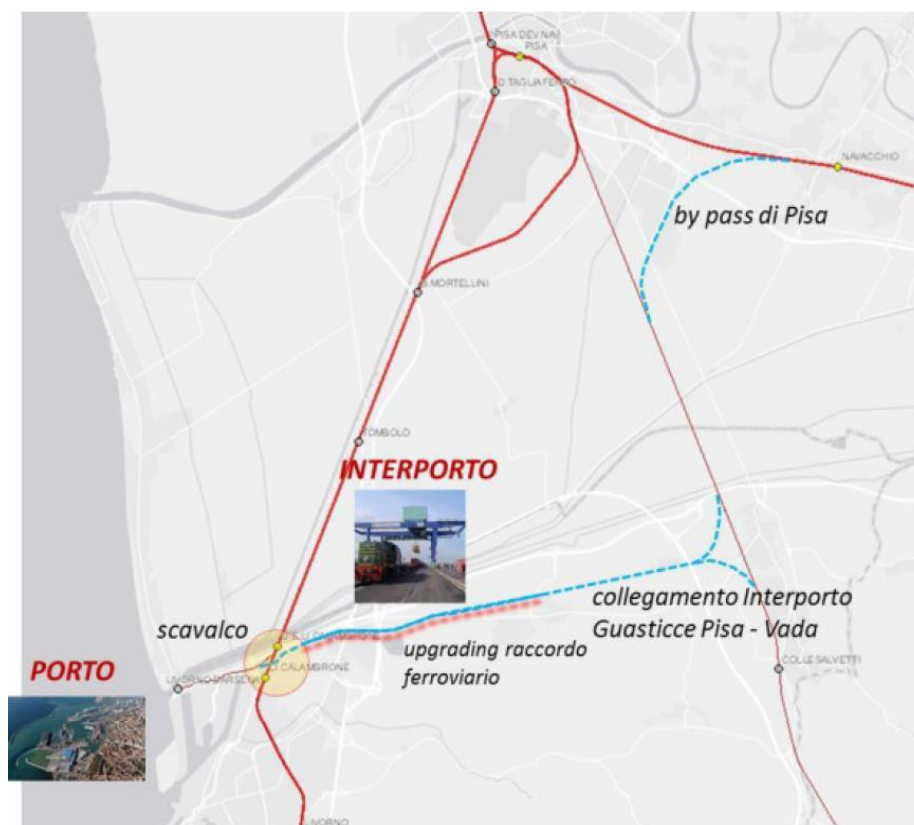


Figura 2: Inquadramento interventi in progetto con le infrastrutture esistenti



*Figura 3: Inquadramento Autoparco il Faldo*

Lo studio idrologico sviluppato nel seguente progetto considera come riferimento generale lo “Studio idrologico e idraulico a supporto del Regolamento urbanistico” dei Comuni di Collesalvetti e Cascina.

Nei seguenti capitoli saranno riportate le principali informazioni ricavate dagli studi al fine di determinare le portate per la verifica degli attraversamenti in progetto.

## 2 Studio idrologico a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Collesalvetti

Nell'ambito del progetto "Studio idrologico idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico – R1 – Relazione generale del Comune di Collesalvetti" è stata sviluppata un'analisi idrologica come aggiornamento del quadro conoscitivo della pericolosità idraulica e del vigente regolamento urbanistico del Comune di Collesalvetti. Lo studio è stato sviluppato attraverso le seguenti fasi:

- acquisizione di studi e rilievi esistenti;
- analisi dei dati topografici ed integrazione dei rilievi esistenti;
- analisi idrologica e idraulica;
- confronto con gli studi esistenti per la taratura dei modelli;
- analisi delle aree inondabili e delle classi di pericolosità;
- individuazione degli interventi per l'attenuazione del rischio idraulico.

Come raffigurato in Figura 4, la linea ferroviaria in progetto Guasticce -Vada e il PM il Faldo interferisce con numerosi corsi d'acqua secondari:

- Fosso Fologno;
- Torrente Tora (linea ferroviaria in viadotto);
- Fossetto Torretta (linea ferroviaria in viadotto);
- Colatori rete Interporto: Fosso Chiaviche Est e Colatore est.

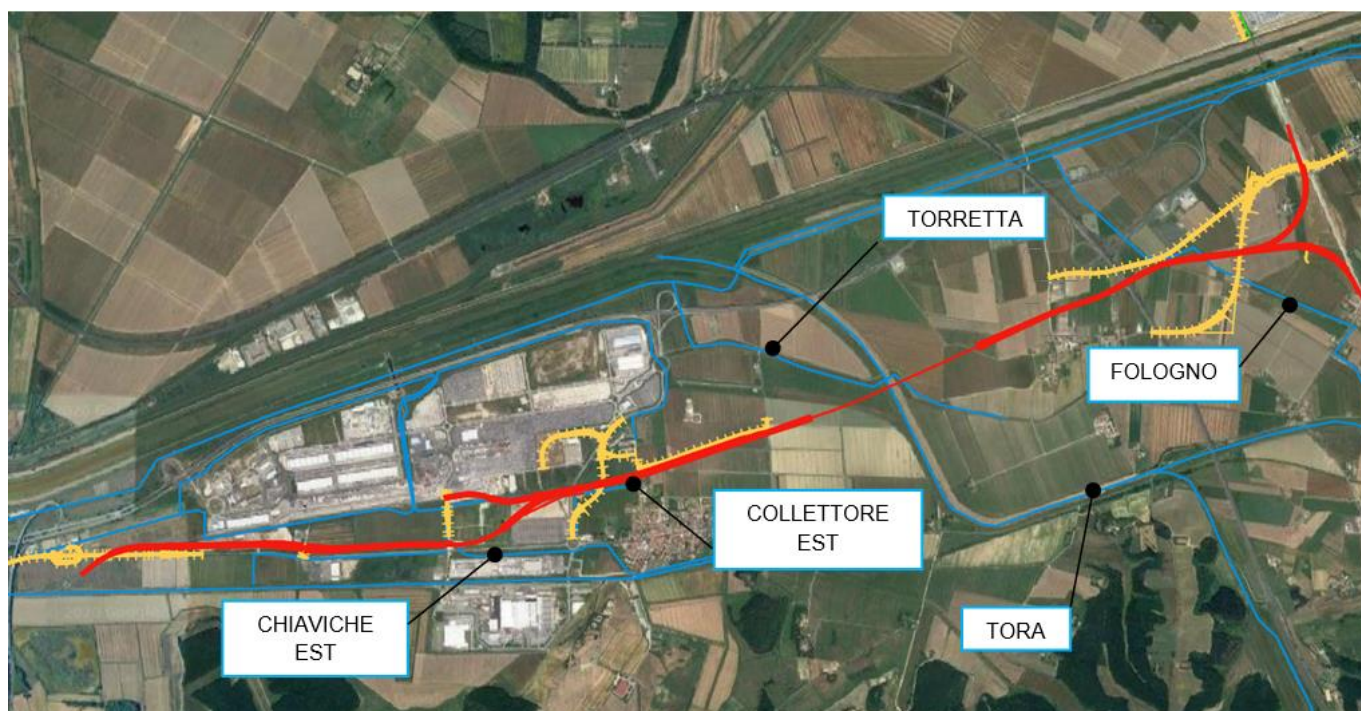
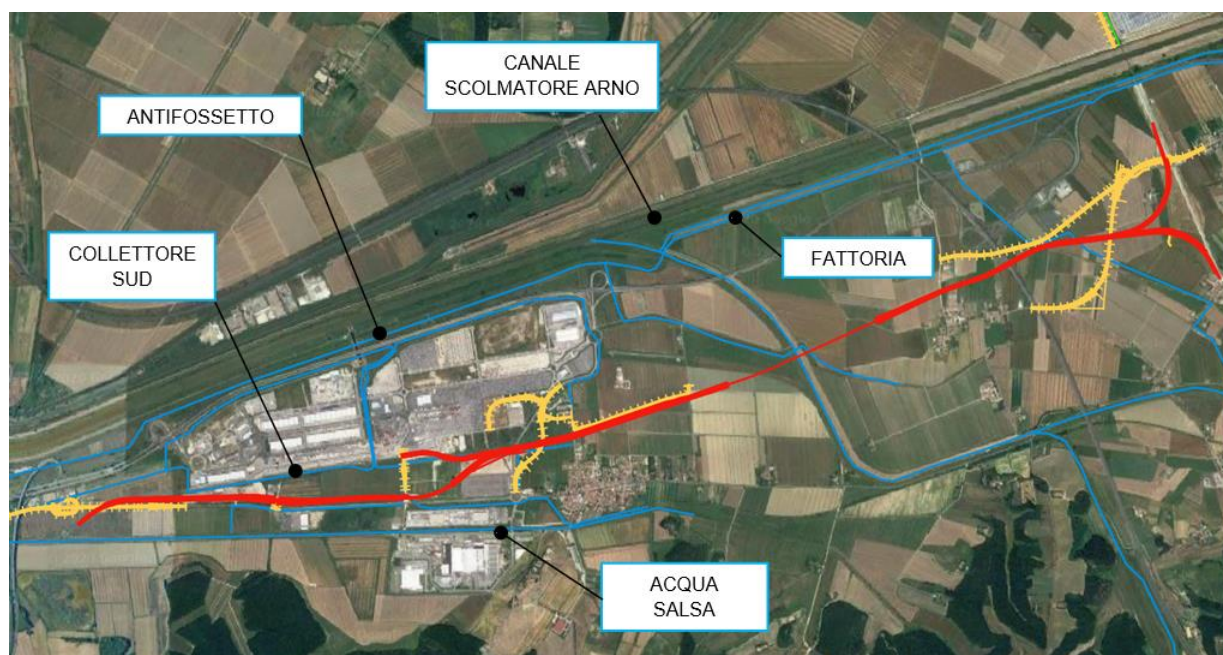


Figura 4: Interferenze idrauliche Linea Guasticce Vada

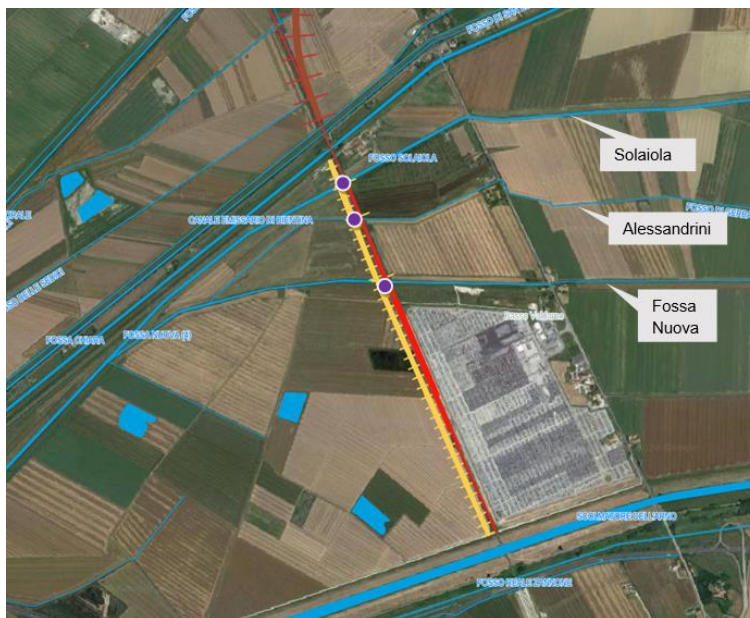


Esistono poi altri corsi d'acqua che, sebbene non interferiscano direttamente con la linea in progetto, presentano insufficienze idrauliche e allagamenti nell'area oggetto di intervento (Canale Scolmatore dell'Arno, Fosso Acqua Salsa, Antifossetto, Antifosso di Fattoria, Colatore Sud in Figura 5).



*Figura 5: Interferenze idrauliche Linea Guasticce – Vada*

Nell'ambito degli interventi infrastrutturali è prevista la realizzazione di Posti di Movimento (PM), in corrispondenza del raccordo con l'Interporto di Guasticce e del raccordo denominato "il Faldo", quest'ultimo sulla linea esistente Pisa – Vada. La linea in progetto interferisce con i fossi Fossa Nuova, Alessandrini e Solaiola, rappresentati con dei punti viola nella seguente immagine (Figura 6).



*Figura 6: Interferenze idrauliche By Pass di Pisa*

Il complesso sistema di aste fluviali, è stato schematizzato, all' interno del piano strutturale comunale, in diversi bacini e sottobacini (Figura 7). Di seguito saranno descritti i bacini interessati dal progetto.

- Lo "Scolmatore dell'Arno" è un canale artificiale scolmatore del fiume Arno che parte a valle di Pontedera e termina nei pressi del Calambrone, al confine tra i comuni di Livorno e di Pisa e defluisce in mare in Località Calambrone. La costruzione fu decisa nel 1954 in seguito all'inondazione del 1949. L'opera non era ancora completa per l'alluvione del 1966. Il suo corso attraversa la parte meridionale del territorio comunale; a SW del confine comunale di Cascina, si immette il Canale emissario di Bientina che solca la parte centro-meridionale del territorio cascianese;
- Il bacino del Torretta comprende il sottobacino dell'Antifossetto e quello del Fattoria. Il primo ricopre una superficie complessiva di 22 Km<sup>2</sup> e presenta pendenze dell'ordine dello 0,7% nei tratti a monte, che diminuiscono a circa lo 0,025% nei tratti terminali (zona Interporto e Stagno). Il secondo, invece, si estende per 9,5 Km<sup>2</sup> e presenta pendenze maggiori (dell'ordine dello 0,2%) nel sottobacino del Fosso Fologno. La sommità del sottobacino dell'Antifossetto è a 42.6 m s.m.m., quella del sottobacino del Fattoria è, invece, a 11.5 m s.m.m.;
- Il bacino del Torrente Tora ricade in parte nella Provincia di Pisa e in parte nel Comune di Collesalvetti. La rete idrografica è costituita dal Tora, corso d'acqua principale, e dai suoi 5 affluenti Cunella, Loti, Morra, Nugola e Tanna. La superficie drenata complessiva è di circa 93 Km<sup>2</sup> e presenta pendenze elevate (dell'ordine del 8,5%) nella parte collinare del territorio (Botro di Loti, Cunella) per scendere a valori di circa lo 0,1% circa subito a valle dell'abitato di Collesalvetti nel suo tratto terminale. L' altezza massima del Bacino raggiunge i 430 m sul l.m.m.;
- Il bacino connesso all'Interporto ricade interamente nel comune di Collesalvetti. La rete idrografica è costituita da una serie di collettori (interni al lotto) ed alcuni fossi tra cui il Colmata Orti e il Chiaviche Est che convogliano le acque ad una batteria di idrovore (con capacità totale di smaltimento di circa 15 mc/s)

che scaricano direttamente nello Scolmatore. La superficie drenata complessiva è di circa 6 Km<sup>2</sup> e presenta pendenze maggiori (dell'ordine del 1,0%) nel sottobacino del Chiaviche Est e minori (0,07% circa) lungo i collettori. L' altezza massima del Bacino è di 5,5 m sul l.m.m.;

- Il bacino dell'Acquasalsa ricade interamente nel comune di Collesalvetti. La rete idrografica è costituita dall'Acqua Salsa (che nel tratto terminale subito a valle dell'abitato di Stagno viene a chiamarsi fosso delle Acque Chiare), dal Fosso del Cateratto, e nella parte iniziale del bacino dal Fosso di Stigliano. Nel complesso la superficie drenata è di circa 18 Km<sup>2</sup> e presenta pendenze maggiori (dell'ordine del 1,75%) nel sottobacino dello Stigliano e minori (0,025% circa) in quello del Fosso Acque Chiare. L' altezza massima del Bacino è di 50 m sul l.m.m.;
- Il bacino del Fossa Nuova, situato a nord-est del canale scolmatore dell'Arno, ricade in parte nel comune di Collesalvetti ed in parte, nella Provincia di Pisa ed è stato suddiviso all'altezza della Località Il Faldo in due sottobacini (Fossa Nuova 1 e del Fossa Nuova2), a cui aggiungere i contributi del Fosso degli Alessandrini e del Fosso Solaiola. La superficie drenata complessiva è di circa 34 km<sup>2</sup> e presenta pendenze maggiori (dell'ordine dello 0,07%) nella parte terminale e minori (0,05% circa) in quella iniziale. La sommità del bacino è a circa 8.8 m sul l.m.m.

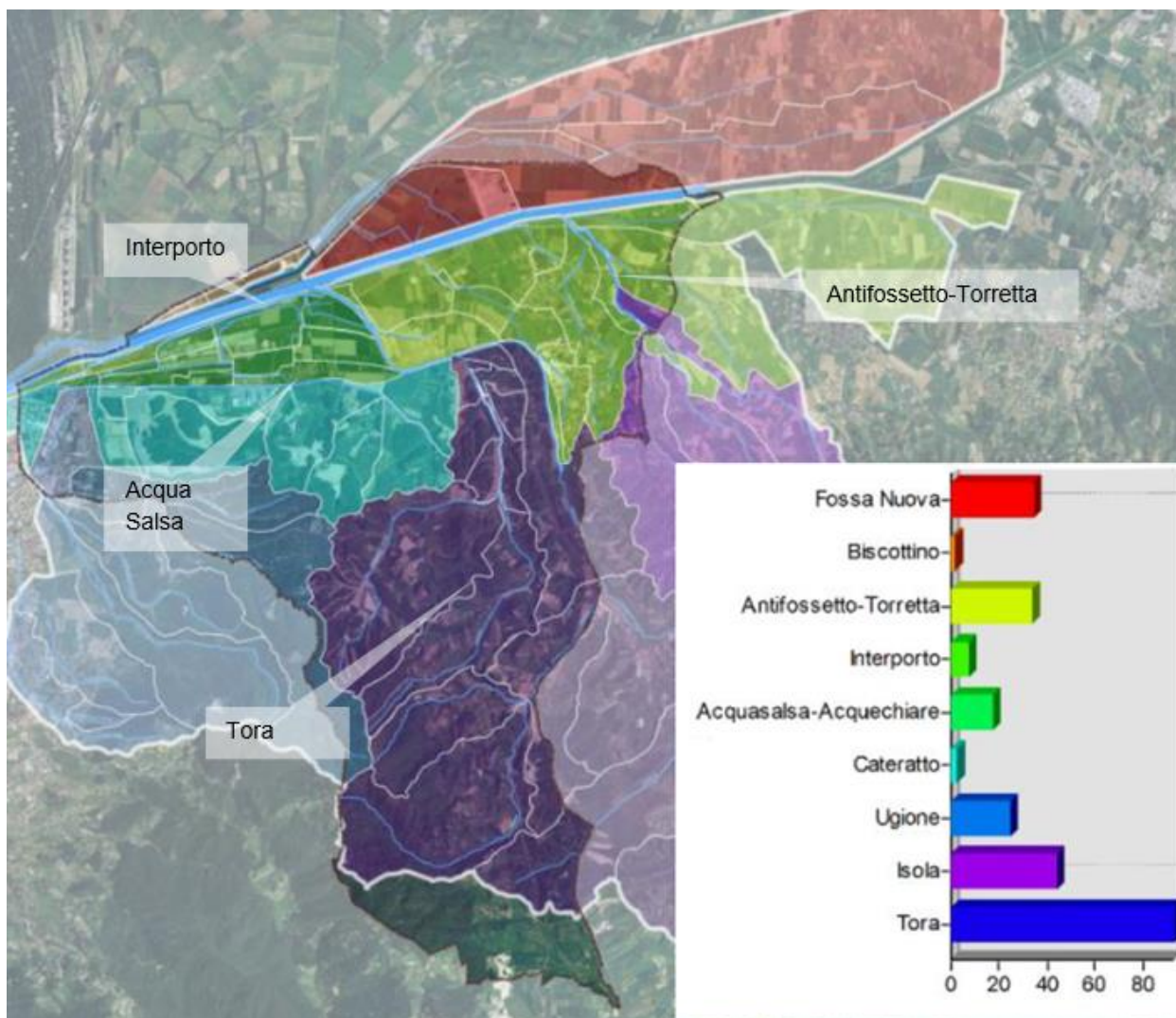


Figura 7: Bacini analizzati all'interno del piano strutturale comunale

Nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche dei bacini presi in esame (Tabella 1).

ID	A (km <sup>2</sup> )
B-FOLOGNO_1	0.91
B-FOLOGNO_2	0.24
B-FOLOGNO_3	0.28
B-FOLOGNO_4	0.77
B-FOLOGNO_5	0.82
B-CHIAVICHE_EST	1.00
B-COLLETTORE_SUD1	0.18
B-COLLETTORE SUD2	0.88

ID	A (km <sup>2</sup> )
B-COLLETTORE SUD3	0.32
B-COLMATA_ORTI_STAGNO	0.15
B-TORA_1	32.44
B-TORA_2	6.33
B-TORA_3	6.47
B-TORA_4	0.22
B-TORAVECCHIA1	1.8
B-FOSSANUOVA_1	10.43
B-FOSSA_NUOVA_2	4.16
B-ALESSANDRINI	1.79
B-SOLAIOLA	17.19

Tabella 1: Caratteristiche dei bacini

## 2.1 Analisi pluviometrica

### 2.1.1 Dati da SIR – Servizio Idrologico Regionale

Al fine di definire dei dati pluviometrici aggiornati sono state considerate le stazioni meteorologiche che avessero una serie di eventi estremi estese fino al 2009 e con un numero di dati significativo per effettuare le opportune analisi statistiche. I dati sono stati acquisiti presso il SIR- Servizio Idrologico Regionale. In molti casi si è dovuto fare un accorpamento dei dati riferibili a stazioni limitrofe per vicinanza.

Le stazioni di pioggia che interessano l'area oggetto del presente progetto sono:

- Coltano:
  - Stazione TOS10001830 (Coltano) - periodo dati 1929-2000;
  - Stazione TOS10001831 (Coltano) - periodo dati 2004-2009;
- Nugola:
  - Stazione TOS10001951 (Nugola) - periodo dati 1936-1997;
  - Stazione TOS10005342 (Stagno) - periodo dati 2004-2009.

La metodologia di regressione è basata sul metodo di Gumbel, tra i più diffusi per la definizione delle curve di possibilità climatica degli eventi estremi. I risultati sono stati applicati su una relazione del tipo:

$$h = a t^n T_r^m$$

dove h è l'altezza di pioggia cumulata espressa in mm, t la durata in ore e  $T_r$  il tempo di ritorno (espresso in anni), a, n e m coefficienti di regressione. I valori ottenuti sono presentati in Tabella 2.

STAZIONE	t < 1h			t > 1h		
	a	n	m	a	n	m
Nugola	36.20	0.61	0.14	35.17	0.25	0.15
Coltano	35.81	0.60	0.17	38.16	0.24	0.16

Tabella 2: Curve di possibilità climatica e pluviometrica con dati aggiornati al 2009

La distribuzione areale è stata poi applicata con i metodi dei poligoni di Thiessen (Figura 8).

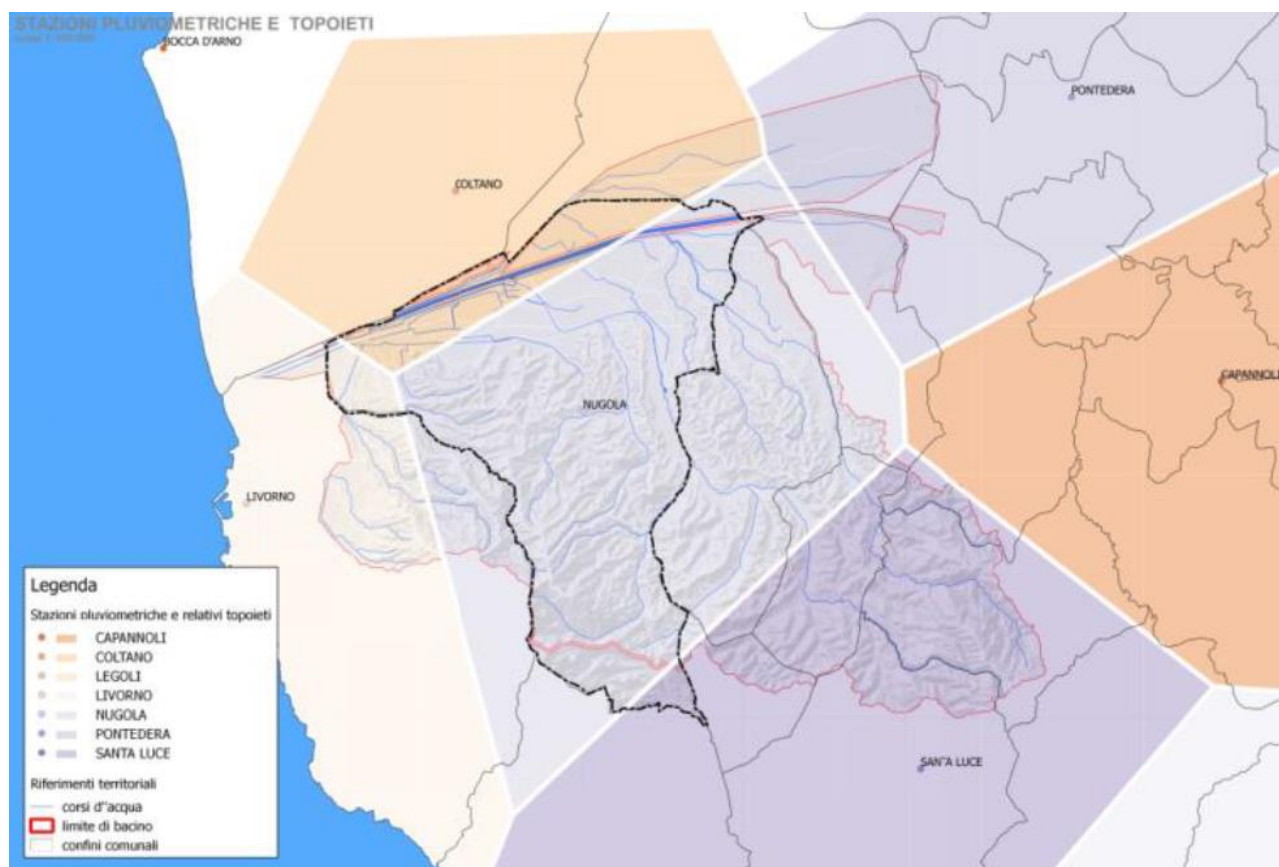


Figura 8: Distribuzione areale della pluviometrica tramite il metodo dei poligoni di Thiessen

### 2.1.2 Dati da curve di possibilità climatica Regione Toscana 2014

Le nuove curve di possibilità climatica, sviluppate da un accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze, fanno riferimento a un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso. La metodologia prevede l'individuazione dei parametri di una legge di tipo monomia  $h = at^n$  su celle di 1x1 Km che coprono l'intero territorio regionale e per diversi tempi di ritorno.

Per ogni topoieto analizzato si sono individuati i parametri a ed n medi per l'area di interesse e per vari tempi di ritorno. I parametri riassuntivi per i vari topoieti analizzati sono indicati in Tabella 3.

STAZIONE	Tr200		Tr100		Tr30	
	a	n	a	n	a	n
Nugola	88.76	0.29	79.5	0.28	63.79	0.26
Coltano	90.51	0.29	81.11	0.29	65.04	0.27

Tabella 3: Parametri delle curve di possibilità climatica Regione Toscana 2014

## 2.2 Modello idrologico

### 2.2.1 Pioggia di progetto

Le nuove curve di possibilità climatica sono state impiegate per definire le portate massime per il singolo corso d'acqua. La stima delle durate critiche invece è stata effettuata con i dati in Tabella 2.

Per i corsi d'acqua afferenti a bacini di superficie complessiva superiore a 30 km<sup>2</sup> (come per esempio il Torrente Tora) è stato considerato un coefficiente di riduzione aerale K, determinato tramite la formula USBW:

$$K = -e^{(-\alpha d^\beta)} + e^{(-\alpha d^\beta - \gamma A)}$$

dove A è la superficie in km<sup>2</sup> e d la durata in h.

I parametri utilizzati e il coefficiente ottenuto sono presentati in Tabella 4.

Fiume/torrente	Durata (h)	A(kmq)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	Coefficiente di ragguglio K (USWB)
Tora	4	88.71	1.1	0.25	0.0386	0.80

Tabella 4: Coefficiente di ragguglio – Torrente Tora

L'andamento temporale dell'evento pluviometrico è stato schematizzato ricorrendo ad uno ietogramma sintetico, che pur non rappresentando il reale andamento dell'evento di pioggia, introduce, nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi, una variabilità temporale della pioggia in grado di produrre risultati tali da ritenersi cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, lo ietogramma di "progetto" o ietogramma "sintetico". Per lo studio in questione, tra gli ietogrammi noti in letteratura, sono stati utilizzati due tipologie di ietogramma sintetico:

- ad intensità costante (IDF), applicato a eventi pluviometrici di durata t variabile dalle 2 alle 24 h ed aventi tempi di ritorno pari a 20, 30, 100, 200 e 500 anni. La valutazione per eventi di diverse durate ha consentito di definire la durata critica dell'evento che massimizza il deflusso per i diversi bacini esaminati;
- di tipo Chicago con intensità di picco posizionata a 0.4 della durata di pioggia. Tale ietogramma è stato applicato, coerentemente con le indicazioni degli autori che ne hanno definito le caratteristiche (Keifer e Chu, 1957 Synthetic storm pattern for drainage design. ASCE Journal of the Hydraulics Division 83 (HY4): 1-25), per la sola durata critica riferita al singolo bacino.

### 2.2.2 Metodologia di calcolo degli idrogrammi di piena

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo SCS del Curve Number (CN); questo metodo consente di determinare il deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale di bacini per i quali non esistono osservazione di deflusso.

Il metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS, 1972) sul concetto che il deflusso superficiale è nullo fino a che non è raggiunto un valore minimo pari alle perdite iniziali  $I_a$ . In letteratura tecnica è riconosciuta l'esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale  $I_a$  e la capacità di ritenzione potenziale S espressa dalla seguente espressione:

$$I_a = 0.2 S$$

dove S è la capacità di ritenzione potenziale, cioè la quantità di acqua immagazzinabile nel bacino, definita come:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il valore di S dipende dal CN (Curve Number), un coefficiente di ruscellamento che viene determinato mediante apposite tabelle in funzione della tipologia di terreno, dell'uso del suolo e del contenuto di umidità del terreno.

Nel caso in esame è stata considerata la Tabella 5 che fornisce i parametri CN in funzione del codice LAND CORINE dell'uso del suolo. Nello studio comunale si è fatto riferimento alla carta di uso del suolo riferita al 2006. La classe di permeabilità dei suoli è stata definita sulla base della corrispondente carta della Regione Toscana sulla base della tipologia indicata nella tabella in Figura 9. I valori di CN indicati nelle tabelle fanno riferimento ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition classe II).

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	77	85	90	92
112	61	75	83	87
121	85	90	92	94
122	83	89	92	93
123	95	95	95	95
131	77	86	91	94
133	77	86	91	94
141	39	61	64	80
211	58	72	81	85
212	58	72	81	85
221	58	69	77	80
222	32	58	72	79
223	32	58	72	79
231	39	61	74	80
241	58	72	81	85
242	58	72	81	85
243	30	58	71	78
311	30	55	70	77
312	36	60	73	79
313	33	57	71	78
321	39	61	74	80
322	30	48	65	73
323	35	56	70	77
324	48	67	77	83
332	89	92	94	95
333	68	79	79	89
334	76	85	90	93

Tabella 5: Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo



COD	PERMEABILITA'	TIPOLOGIA	Classificazione litologica SCS
1	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	D
2	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	C
3	Permeabilità media	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	B
4	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
5	Permeabilità alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
A	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' MISTA	D
B	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' MISTA	C
C	Permeabilità media	PERMEABILITA' MISTA	B
D	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' MISTA	A
E	Permeabilità alta	PERMEABILITA' MISTA	A
I	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	D
II	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	C
III	Permeabilità media	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	B
IV	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
V	Permeabilità alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
IM	IMPERMEABILE	IMPERMEABILE	D
NRC	Aree non rilevate o non classificate	AREE NON RILEVATE o NON CLASSIFICATE	C

Figura 9: Attribuzione della classe litologica SCS in base ai codici di permeabilità della carta regionale

Nel caso in esame, procedendo in maniera cautelativa, si è considerata una condizione di umidità AMCIII e pertanto i valori di CN sono stati modificati con la seguente formula:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

La trasformazione afflussi-deflussi è stata sviluppata tramite il Metodo di Clark, il quale tiene conto sia dei processi di scorrimento superficiale che del contributo degli invasi e degli immagazzinamenti. Questo metodo prevede che l'idrogramma di piena venga espresso attraverso due parametri: il tempo di corrivazione  $T_c$  e la costante di ritardo  $R$ .

L'applicazione di questo modello nei bacini della Toscana risultati ottenuti è attendibile per bacini superiori a 10 km<sup>2</sup> di estensione: per bacini più piccoli che rientrano nello studio è importante valutare accuratamente eventuali situazioni locali, recenti e particolari (modifiche nell'uso del suolo e nel reticolo idrografico, infrastrutture, ecc.), che possono influire sui dati di base del sistema aggiornati alla metà degli anni '90. In linea di massima l'ordine di possibile sottostima dei valori di portata così ottenuti è ritenuto del 30%, percentuale questa che viene quindi aggiunta alla valutazione di portata effettuata ricorrendo a tale metodo di calcolo.

La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono da molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

- formula di Kerby - Hatheway:

$$T_c = \frac{1}{60} \left( \frac{0.67 \left( 1000 \frac{L}{0.3048 N} \right)^{0.467}}{i^{0.5}} \right)$$

- formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{(4\sqrt{A} + 1.5 L)}{0.8 \sqrt{(H_m - H_0)}}$$

- formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \left( \frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

- formula di Kirpich:

$$T_c = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

- formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(A L)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

- formula di Pezzoli:

$$T_c = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

- formula di Rosso et al:

$$T_c = 0.26 \frac{L^{0.82}}{i_B^{0.2}} (1 + S)^{0.13}$$

- formula di Ferro:

$$T_c = 0.675 A^{0.5}$$

- formule PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

dove:

- A è la superficie del bacino in Km<sup>2</sup>;
- L è la lunghezza dell'asta in Km;
- i è la pendenza media del corso d'acqua;

- $i_B$  è la pendenza media del bacino;
- N è il coefficiente di copertura del suolo (pari a 0.2 per suoli privi di significativa copertura vegetale come è il caso della condizione invernale);
- S è la capacità di ritenzione potenziale sopra determinata.

Per quanto riguarda il coefficiente di immagazzinamento R si è fatto riferimento alla formula originale di Clark:

$$R = \frac{0.8 \left( \frac{L}{1.60934} \right)}{(i_B 100)^{0.5}}$$

I parametri riassuntivi per i sottobacini analizzati sono riportati in Tabella 6.

ID	Area	CN (III)	Tc	R
Chiaviche	1	89	2.72	2.87
Fologno_1	0.91	90	1.3	0.53
Fologno2	0.24	90	1.47	1.48
Fologno3	0.28	92	0.56	0.13
Fologno4	0.77	93	1.23	0.65
Fologno5	0.82	91	1.89	2
Collettore Ovest	0.43	90	1.79	2.07
Collettore Sud 2	0.88	84	1.77	1.16
Collettore Sud 1	0.18	80	1.33	0.77
Collettore Sud 3	0.32	90	1.51	1.38
Colmata Orti Stagno	0.15	81	0.82	0.53
Fossa Nuova 2	4.16	88	3.09	1.54
Fossa Nuova 1	10.43	90	9.78	17.97
Alessandrini	1.79	91	4.23	5.22
Solaiola	17.19	91	9.78	9.24

Tabella 6: Parametri riassuntivi del modello idrologico

È stato quindi creato il modello idrologico; il contributo congiunto di più bacini è stato assegnato a singoli nodi (junction) o ad aste fluviali in cui si innesca il meccanismo della propagazione delle piene (reach). Quest'ultimo è stato schematizzato secondo il metodo di Muskingum - Cunge per alvei assimilabili a trapezoidali; per definire la propagazione dell'onda di piena in alveo è stata utilizzata la mappa della celerità disponibile sul sito della Regione Toscana (Figura 10).

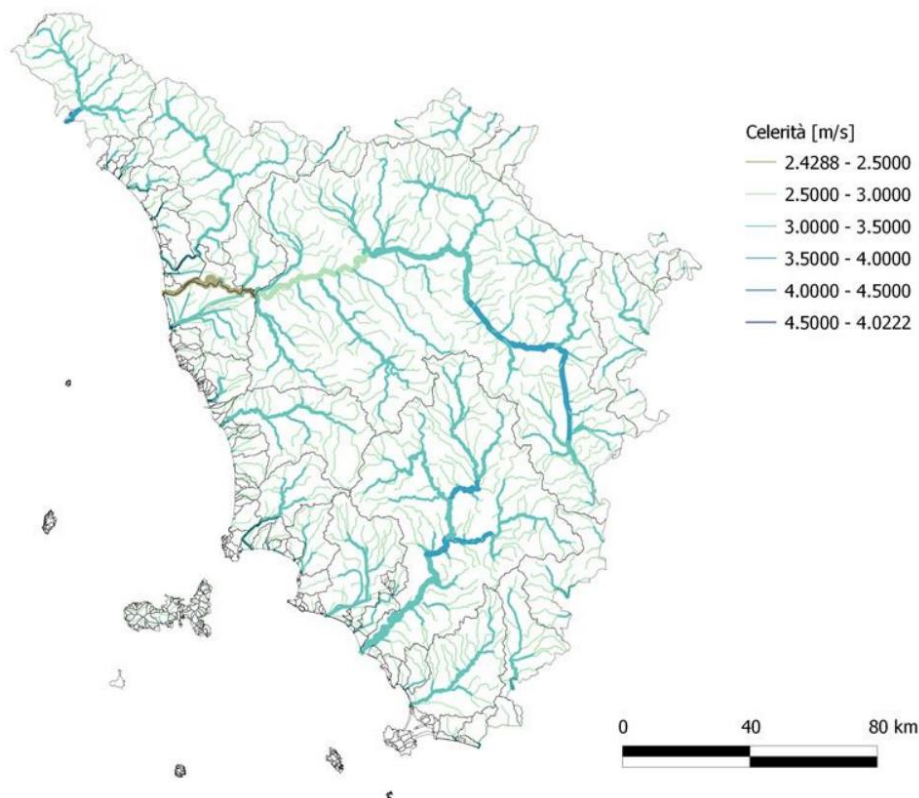


Figura 10: Mappa delle celerità per il reticolo idrografico principale della Regione Toscana

L'applicazione degli ietogrammi ad intensità costante ha evidenziato che il massimo delle portate si verifica per quasi la totalità dei bacini in un intervallo compreso tra 2 e 6 ore, ad eccezione del bacino del Fossa Nuova (Tabella 7).

BACINO	DURATA CRITICA
TORRENTE TORA	4h
FOSSO FOLOGNO	2h
F. TORAVECCHIA	2h
RETE INTERPORTO	2h
FOSSA NUOVA	15h

Tabella 7: Durate critiche dei bacini

### 2.2.3 Risultati del modello afflussi – deflussi per ietogrammi di tipo Chicago

La valutazione della durata critica attraverso gli ietogrammi ad intensità costante consente di definire per i diversi bacini analizzati quale sia la durata che massimizza la portata e di poter effettuare degli approfondimenti sui picchi

di piena considerando un idrogramma di tipo Chicago (applicato alle curve di possibilità climatica e pluviometrica della regione Toscana).

Si presentano i valori delle portate massime ottenute per ciascun bacino preso in esame (Tabella 8).

BACINO	DURATA CRITICA	PORTATA MASSIMA				
		Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
TORRENTE TORA	4h	240.1	270.7	399.8	473.5	573.9
FOSSO FOLOGNO	2h	19.5	22.0	29.8	34.4	40.7
F. TORAVECCHIA	2h	12.5	14.0	18.7	21.5	25.2
RETE INTERPORTO	2h	25.0	28.4	39.1	45.6	54.4
FOSSA NUOVA	15h	35.9	41.2	58.0	68.3	82.0

Tabella 8: Portate massime e relative durate critiche

Lo studio è stato effettuato assumendo che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata (linearità della trasformazione), valutando così le portate alle sezioni di chiusura dei bacini per i sopraccitati tempi di ritorno.

Gli idrogrammi di piena ottenuti dallo studio comunale sono riportati nelle tavole PT-150-13-COL-QC-da 5a a 5f di cui si riporta uno stralcio (Figura 11).

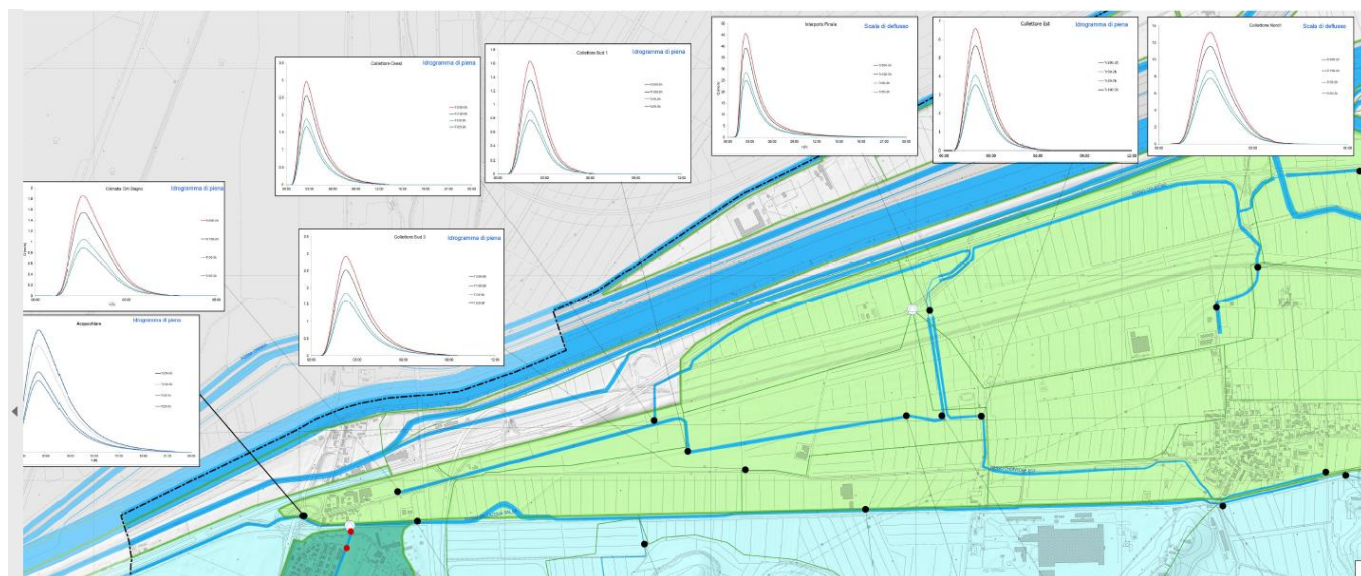


Figura 11: Stralcio tavola "Modellazione idrologica" PT-150-13-COL-QC-5a

Ai fini del presente progetto si riporta la tabella dove sono indicate le portate massime degli idrogrammi di piena (Tabella 9).

Asta fluviale	Ramo	Sezione nel modello HEC-RAS	PORTATA				
			Tr20	Tr30	Tr100	Tr200	Tr500
Chiaviche Est	Chiaviche Est	133	2.59	2.96	4.1	4.79	5.73
Chiaviche Est	Chiaviche Est	7	6.13	7.02	9.77	11.39	13.69
Tora	Tora	44	133.87	149.19	220.85	260.8	315.28
Tora	Tora	42	149.88	167.84	247.95	294.11	354.47
Tora	Tora_2	23	191.57	216.52	319.06	377.59	457.7
Tora Vecchia	Tora Vecchia 1	24	13.41	15.03	20.04	22.99	27.02
Interporto	Colatore_Nord	68	6.03	6.85	9.38	10.9	12.96
Interporto	Colatore_Nord	63	13.83	15.58	20.94	24.1	28.44
Interporto	Colatore-Nord2	75	7.8	8.73	11.56	13.2	15.48
Interporto	Colatore Nord 1	59	16.42	18.52	24.96	28.76	33.97
Interporto	Colatore Sud	32	0.88	1.04	1.53	1.83	2.26
Interporto	Colatore Sud	22	1.65	1.95	2.88	3.46	4.27
Interporto	Colatore Sud	16	5.2	6.06	8.78	10.45	12.75
Interporto	Colatore Sud	15	6.82	7.9	11.29	13.36	16.2
Interporto	Colatore Ovest	51	1.65	1.87	2.55	2.96	3.51

Tabella 9: Portate nei vari tratti - modello HEC-RAS

Le portate massime per un tempo di ritorno pari a 200 anni per il Fossa Nuova, il Fosso Alessandrini e il Fosso Solaiola risultano rispettivamente pari a 14mc/s, 8.4mc/s e 43.9mc/s.

#### 2.2.4 Valutazione delle massime portate al colmo di piena (portata di progetto) – Fosso Fologno

Il progetto prevede la realizzazione di due casse di espansione, una a monte dell'area artigianale e una a monte della viabilità SP555. Le casse si localizzano entrambe a monte della linea ferroviaria in progetto.

Nello studio idraulico del Fosso Fologno è stato sviluppato un modello 1D/2D in corrispondenza della casse di espansione al fine di determinare gli idrogrammi di piena laminati.

Le portate massime saranno utilizzate nel modello 1D a moto permanente dell'intero corso d'acqua al fine di verificare gli attraversamenti idraulici in progetto.

Nell'analisi di scenario dello stato di fatto sono stati implementati nel modello Hec-Ras i valori di portata riportati nello "Studio idrologico idraulico a supporto del Regolamento Urbanistico – R1 – Relazione generale del comune di Collesalvetti", ad eccezione dei valori di portata del sottobacino Fosso Fologno\_1 e Fosso Fologno\_4. Questi sono stati modificati in quanto non tutta l'area del bacino può essere attribuita alla cassa di espansione in progetto; le modifiche effettuate sono le seguenti:

- Il bacino denominato Fosso Fologno\_1 è stato suddiviso in due sottobacini, Fosso Fologno\_1A e Fosso Fologno\_1B. La portata del sottobacino Fosso Fologno\_1A è stata ottenuta moltiplicando il valore della portata per il rapporto tra l'area totale del bacino e l'area del sottobacino Fosso Fologno\_1A;

- La portata in corrispondenza del Fosso Fologno\_4 è stata dimezzata in quanto è stato valutato che solamente metà area del bacino contribuisce al riempimento della cassa di espansione.

Le portate utilizzate nell'analisi dello stato di fatto sono riportate nella seguente tabella (Tabella 10).

Ramo	Sezione nel modello HEC-RAS	PORTATA Tr200
Fosso Fologno_1A	42	3.74
Fosso Fologno_1B	39.8	13.2
Fosso Fologno_2	36	15.3
Fosso Fologno_3	32.1	17.02
Fosso Fologno_4	24	30.72

Tabella 10: Portate ai rami – modello HEC-RAS – Fosso Fologno – SDF

In fase di progettazione sono stati elaborati due modelli 1D/2D in corrispondenza delle due casse d'espansione di progetto.

Il dimensionamento della cassa di espansione 1 è stato eseguito tramite modello Hec-Ras, implementando la portata al colmo di piena del sottobacino Fosso Fologno\_1A. In Figura 12 è riportato l'idrogramma di piena della portata in uscita dalla cassa di espansione 1.

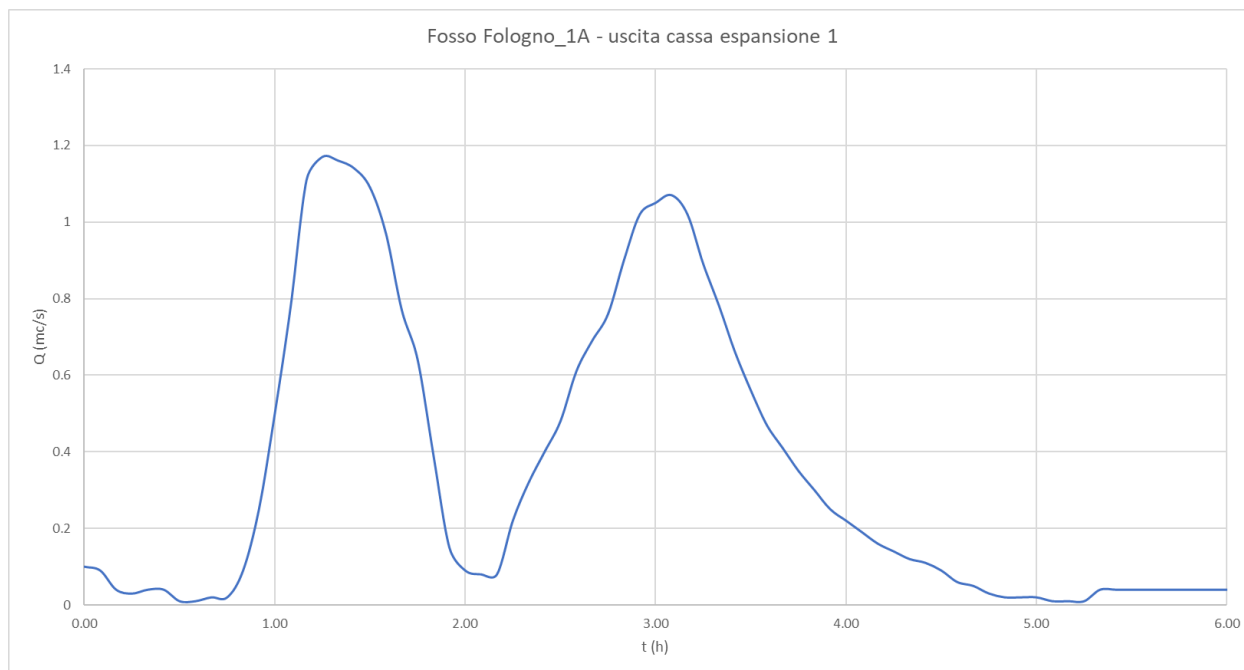
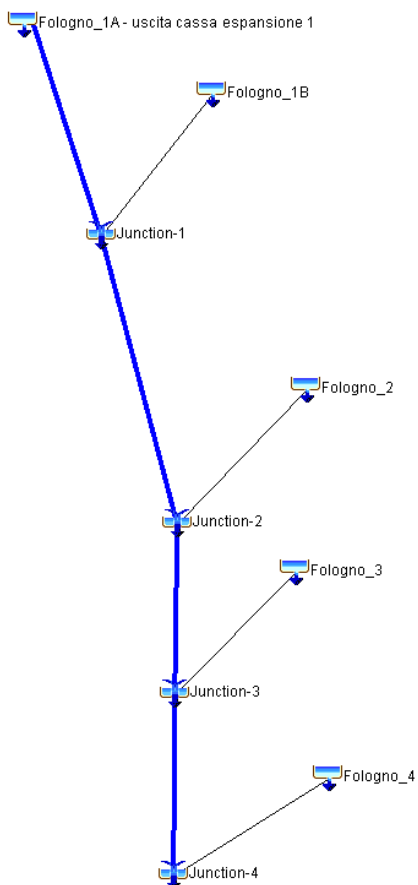


Figura 12: Idrogramma di piena Fosso Fologno\_1A – uscita cassa espansione 1

Per valutare la portata in ingresso alla cassa d'espansione 2 è stato utilizzato il modello Hec-Hms (Figura 13).



*Figura 13: Modello Hec-Hms – Fosso Fologno – SDP*

Di seguito vengono riportati gli idrogrammi di piena implementati nel modello Hec-Hms (Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17 e Figura 18).



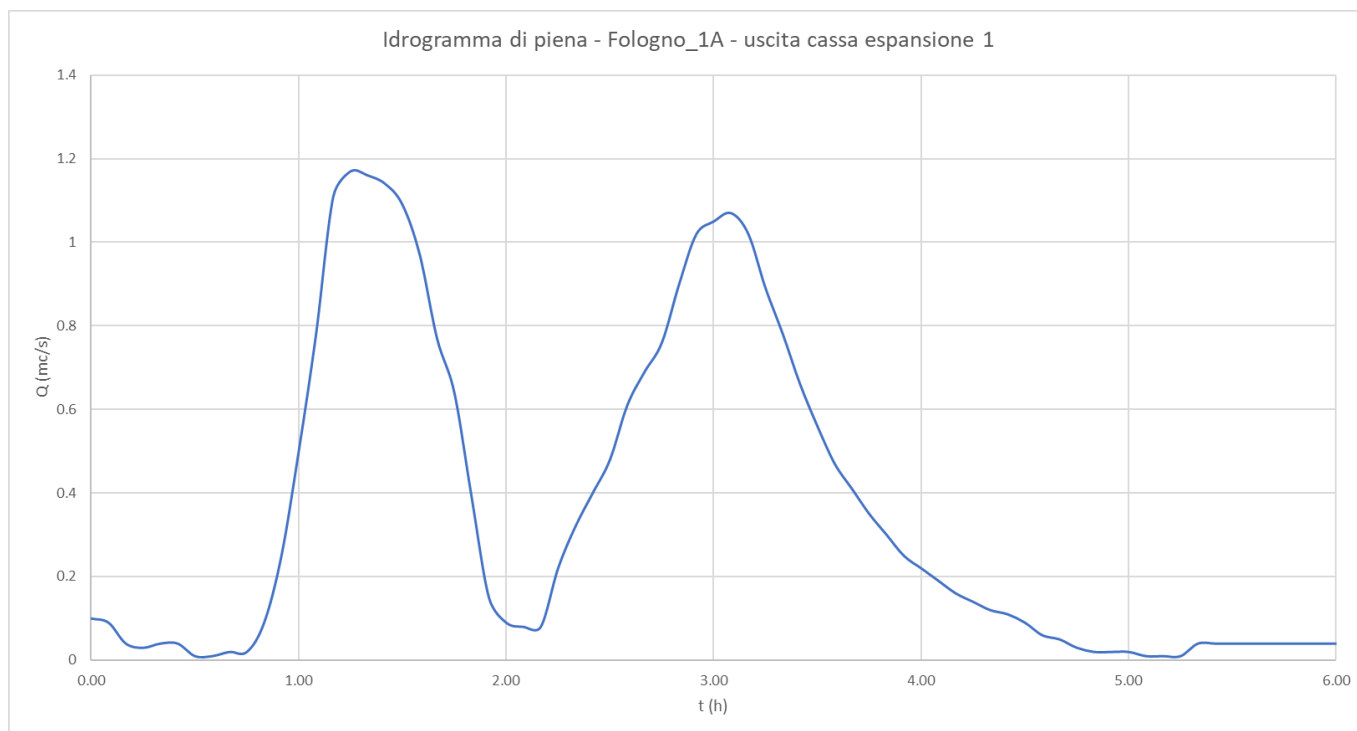


Figura 14: Idrogramma di piena – Fosso Fologno\_1A – uscita cassa espansione 1

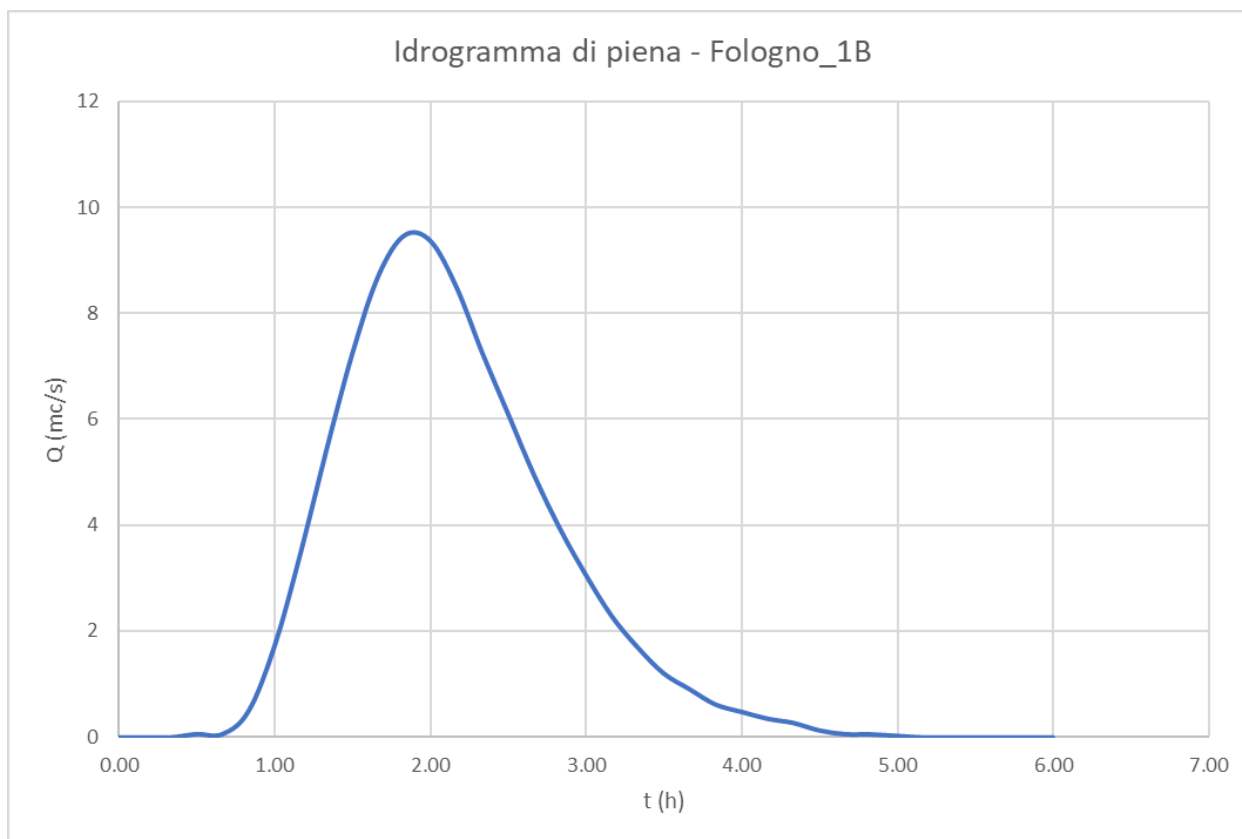


Figura 15: Idrogramma di piena – Fosso Fologno\_1B

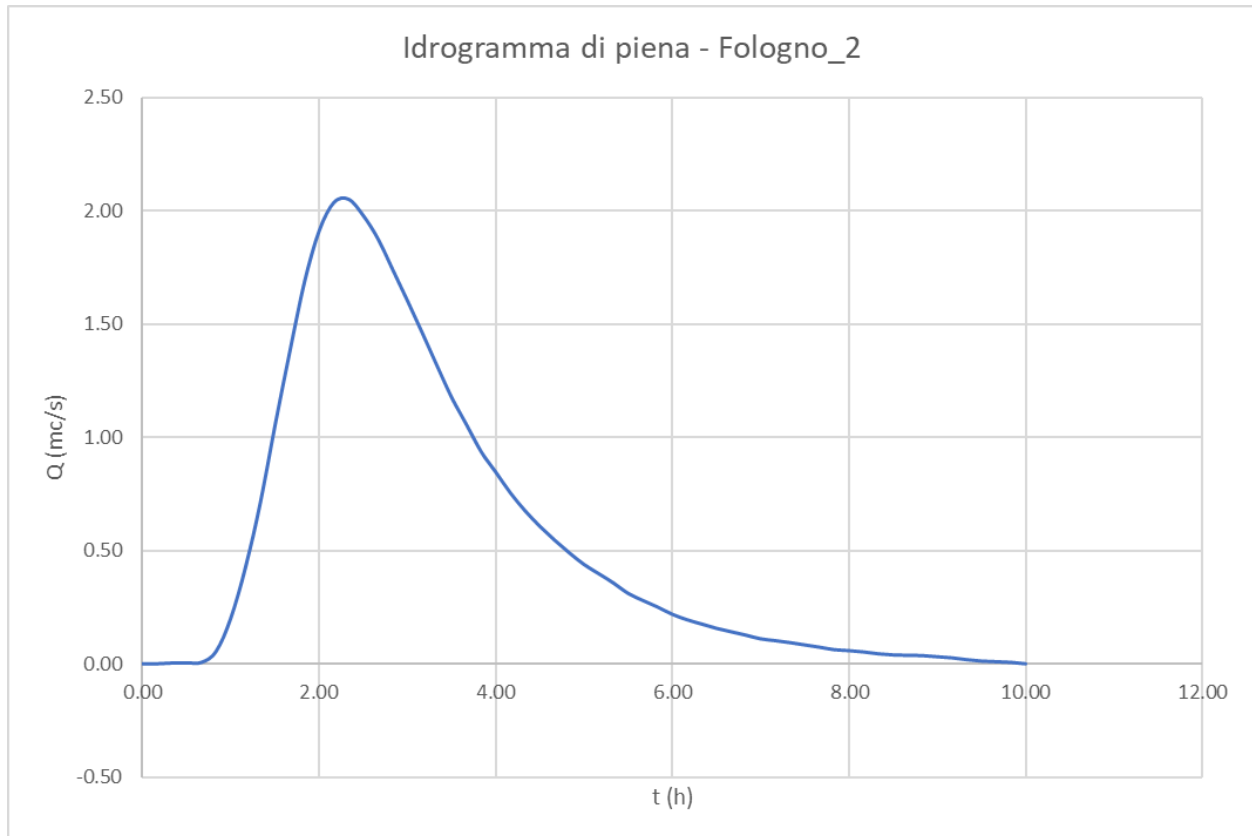


Figura 16: Idrogramma di piena – Fosso Fologno\_2

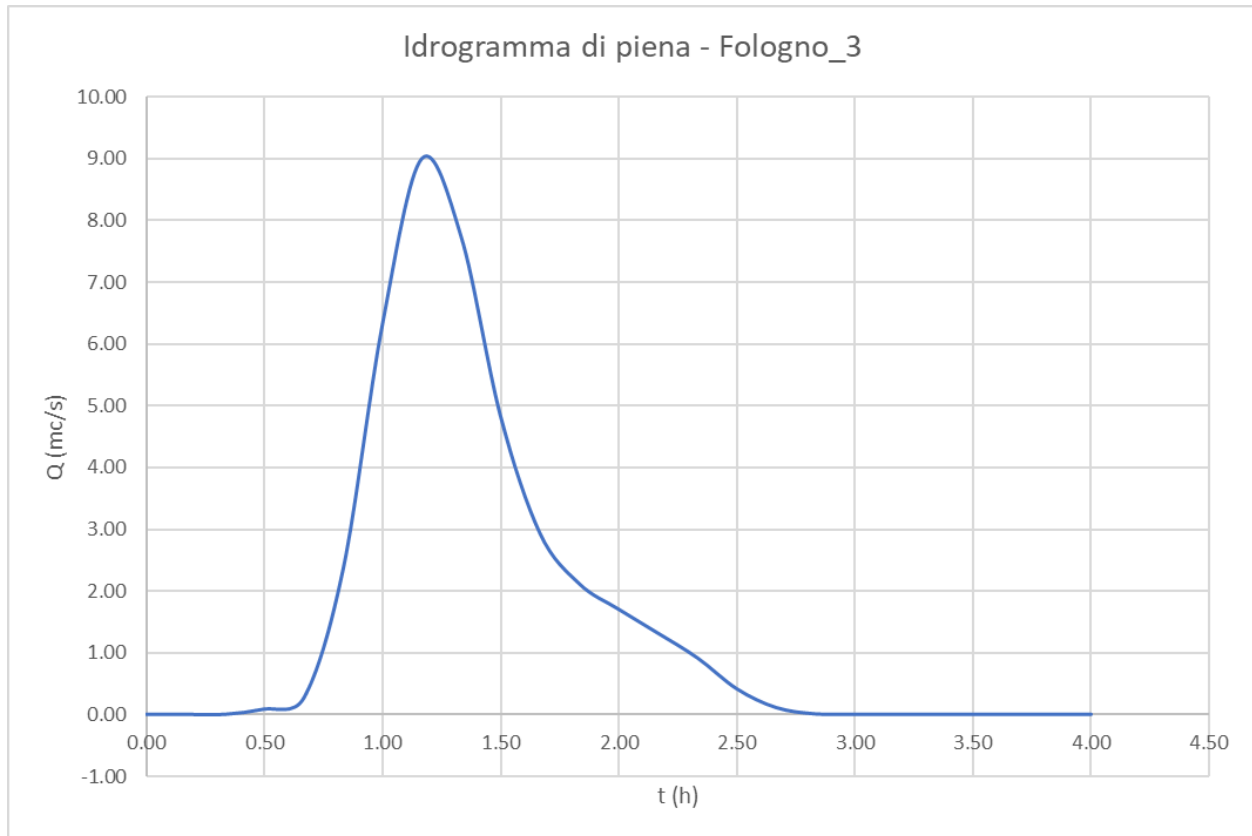


Figura 17: Idrogramma di piena – Fosso Fologno\_3

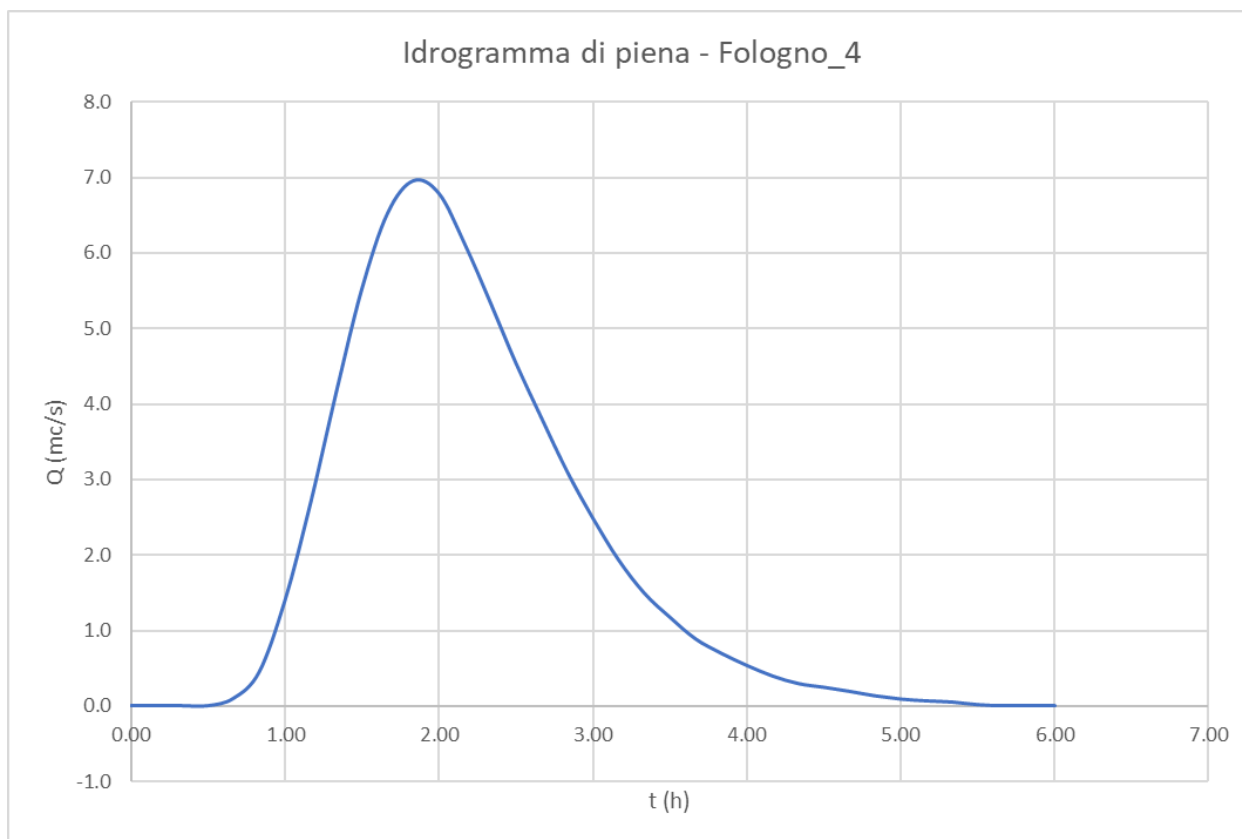


Figura 18: Idrogramma di piena – Fosso Fologno\_4

Le portate massime implementate nel modello Hec-Hms sono riportate in Tabella 11; i valori di portata con un asterisco (\*) hanno subito delle elaborazioni in fase di analisi di scenario.

Ramo	Portata massima (mc/s)	Elaborazioni
Fosso Fologno_1A	3.74*	Portata rapportata all'area di bacino a monte della cassa di espansione 1
Fosso Fologno_1A – uscita cassa espansione 1	1.17*	Idrogramma risultante da modello 1D/2D
Fosso Fologno_1B	9.40*	Portata rapportata all'area di bacino a monte della cassa di espansione 1
Fosso Fologno_2	2.05	
Fosso Fologno_3	9.00	
Fosso Fologno_4	7.00*	Portata rapportata all'area di bacino a monte della cassa di espansione 2

Tabella 11: Portate massime implementate in Hec-Hms – Fosso Fologno

L'idrogramma di piena ottenuto dal modello Hec-Hms è riportato in Figura 19.

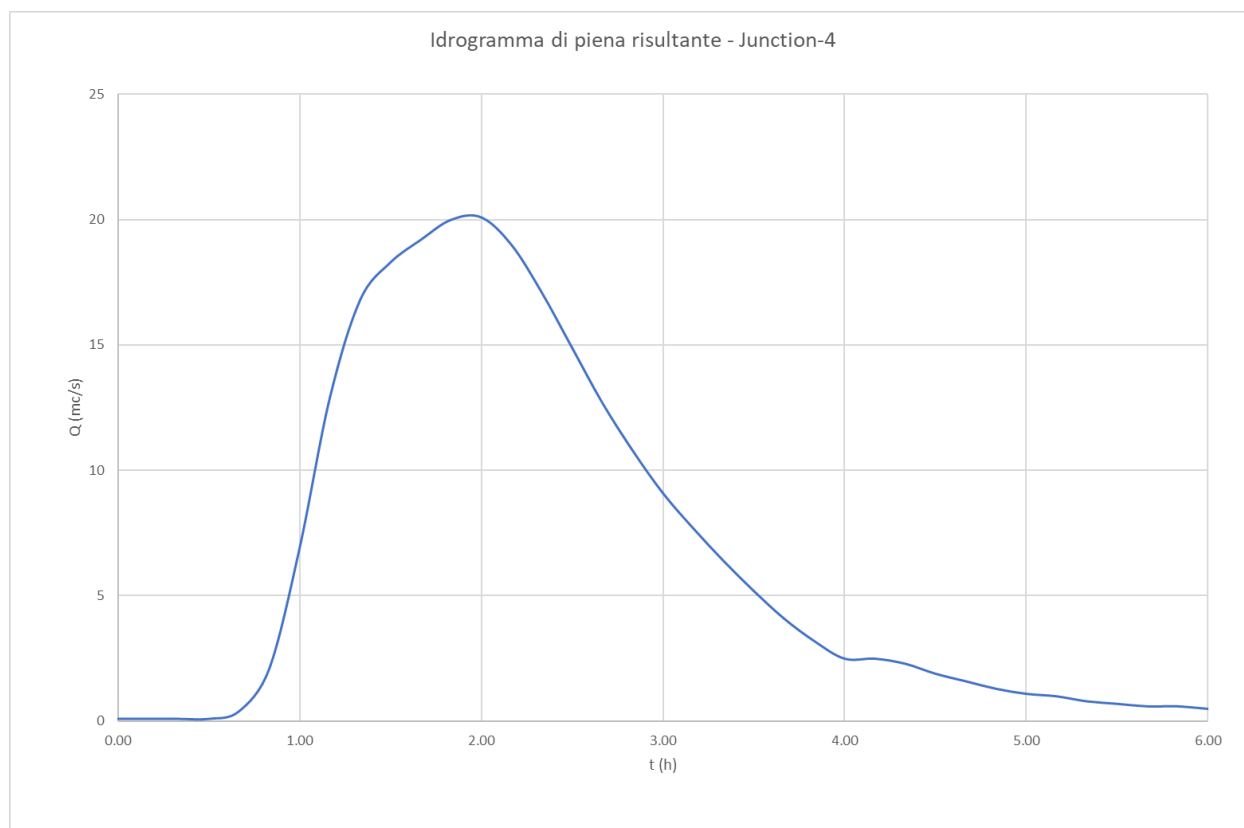


Figura 19: Idrogramma di piena risultante – Fosso Fologno – Junction-4

La portata al colmo di piena ottenuta è stata implementata nel modello Hec-Ras per dimensionare la cassa di espansione 2. La portata massima risultante in uscita dalla cassa di espansione 2 risulta quindi pari a 5.7 mc/s. I valori di portata ottenuti sono stati utilizzati all'interno del modello Hec-Ras per il dimensionamento delle opere di attraversamento idraulico di progetto (Tabella 12).

Ramo	Sezione nel modello HEC-RAS	PORTATA Tr200
Fosso Fologno_1A	42	3.74
Fosso Fologno_1B	39.8	13.2
Fosso Fologno_2	36	15.3
Fosso Fologno_3	32.1	17.02
Fosso Fologno_4.1	25	5.7
Fosso Fologno_4.2	15.4	12.5
Fosso Fologno_5	14	16.2

Tabella 12: Portate ai rami – modello HEC-RAS – Fosso Fologno – SDP

### 3 CALCOLO IDROLOGICO-IDRAULICO - PROGETTO DEFINITIVO COLLETTORE EST DEL COMUNE DI COLLESALVETTI

Il Collettore Est fa parte delle opere di messa in sicurezza idraulica dei lotti est ed ovest della Bretella S.G.C. FI-PI-LI.

Nel presente capitolo si riportano informazioni ricavate dalla relazione idraulica del Progetto Definitivo del Collettore Est.

#### 3.1 Analisi pluviometrica

Il regime pluviometrico della zona oggetto di questo studio è stato valutato in riferimento alle piogge intense di durata maggiore e minore di 1 ora registrate della stazione pluviometrica di Livorno. Questi dati sono stati analizzati statisticamente utilizzando diverse distribuzioni teoriche:

- Distribuzione di Gumbel;
- Distribuzione GEV (Generalized Extreme Value);
- LN3 (Log Normale a 3 parametri);
- LP3 (Log Pearson a 3 parametri);
- P3 (Pearson a 3 parametri).

Questi metodi, utilizzando la serie cronologica dei valori assunti dalle piogge di una data durata, consentono di individuare i valori di pioggia corrispondenti a un prefissato tempo di ritorno  $T_r$  e il tempo corrispondente a un dato valore di pioggia.

Il valore del tempo di ritorno è legato a quello della probabilità di superamento (probabilità che l'evento  $X$  assuma un valore maggiore od uguale a  $x$ ) dalla seguente relazione:

$$P(X > x) = \frac{1}{T_r}$$

Il valore della probabilità di non superamento risulta:

$$P(X < x) = 1 - P(X > x) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

Utilizzando la distribuzione di tipo GEV i parametri vengono calcolati con il metodo degli L-Moments (Hosking, 1985), nei metodi LN3 e LP3 con il metodo della massima verosomiglianza e nella distribuzione P3 e Gumbel con il Metodo dei Momenti.

Le curve di possibilità climatica ottenute per i diversi tempi di ritorno sono riportati nella seguente tabella:

Stazione pluviometrica	Tempo di ritorno (anni)	Parametro $a_1$	Parametro $n_1$ (t<1ora)
Livorno	200	107	0.66

Tabella 13: Curve di possibilità climatica per la stazione di Livorno –  $T_r200$

La curva di possibilità climatica viene espressa come:

$$h = a_1 t^{n_1} \quad \text{per } t < 1 \text{ ora,}$$

dove  $t$  è la durata della pioggia espressa in ore e  $h$  l'altezza della pioggia in mm.

Per piogge di durata superiore all'ora si fa riferimento alle curve di possibilità pluviometrica fornite dalla Regione Toscana:

$$h = 89.7 t^{0.292}$$

dove  $t$  è la durata della pioggia espressa in ore e  $h$  l'altezza della pioggia in mm.

### 3.2 Pioggia di progetto

Nel progetto definitivo è stato utilizzato uno ietogramma detto "sintetico" di tipo Chicago (Keifer e Chiew). Si riporta lo ietogramma utilizzato in Figura 20.

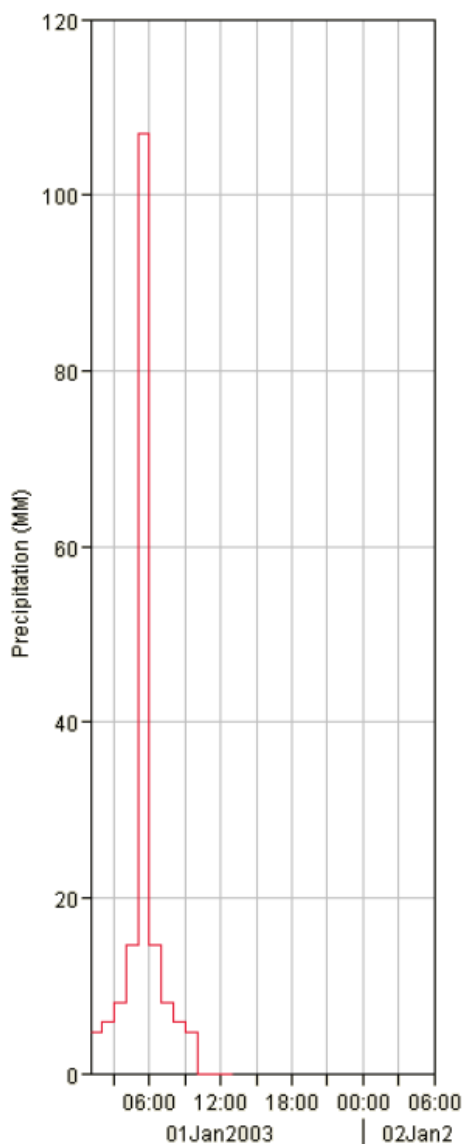


Figura 20: Ietogramma di progetto utilizzato



### 3.3 Calcolo degli idrogrammi di piena

Gli idrogrammi di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini esaminati sono stati elaborati tramite la trasformazione afflussi-deflussi basata sull'utilizzo dell'idrogramma sintetico di Clark. Le perdite dei bacini sono state simulate tramite il metodo SCS – Curve Number (SCS, 1972), basato sulle curve di precipitazione e perdita cumulate e, in funzione del tipo di suolo, del suo uso e del grado di imbibizione dello stesso, viene calcolato istante per istante la quantità di pioggia che contribuisce al deflusso. Tale metodo è stato descritto in Metodologia di calcolo degli idrogrammi di piena.

Lo schema dei bacini elaborato nel modello Hec-Hms è riportato in Figura 21; nel presente progetto i bacini a cui si farà riferimento sono denominati Coll3 e Guast1.

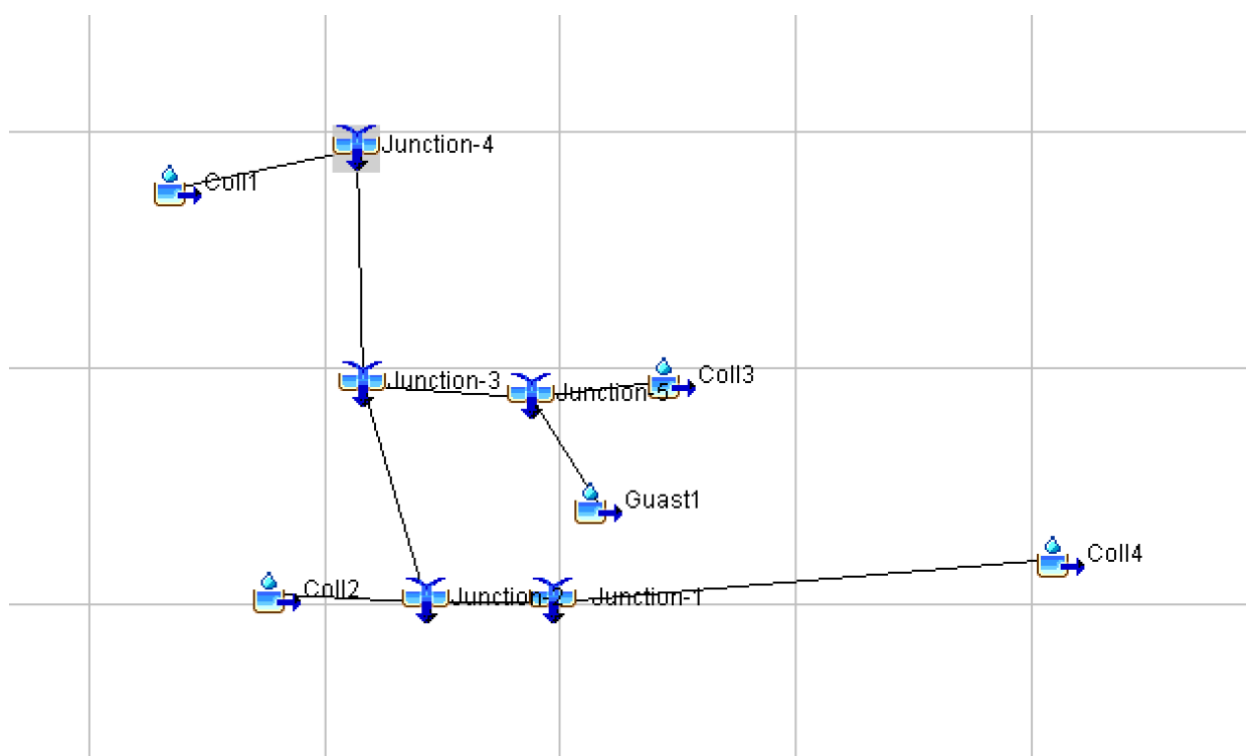


Figura 21: Schema idrologico – modello Hec-Hms

Si riportano gli idrogrammi di piena per un tempo di ritorno pari a 200 anni ottenuti in corrispondenza dei bacini Coll3 e Guast1 e della Junction-5 (Figura 22, Figura 23 e Figura 24).

Subbasin "Coll3" Results for Run "I1200"

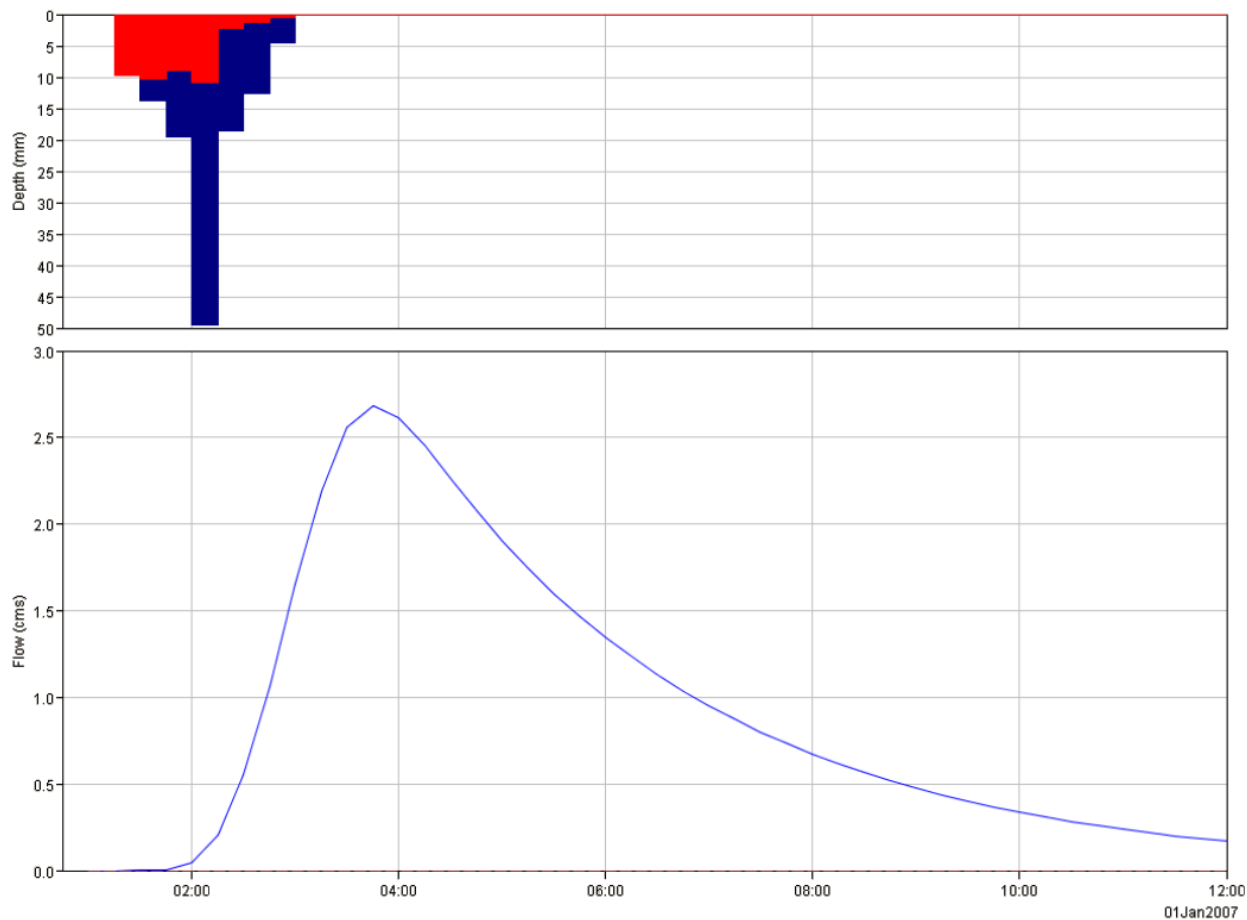


Figura 22: Idrogramma di piena – bacino Coll3 – Tr200

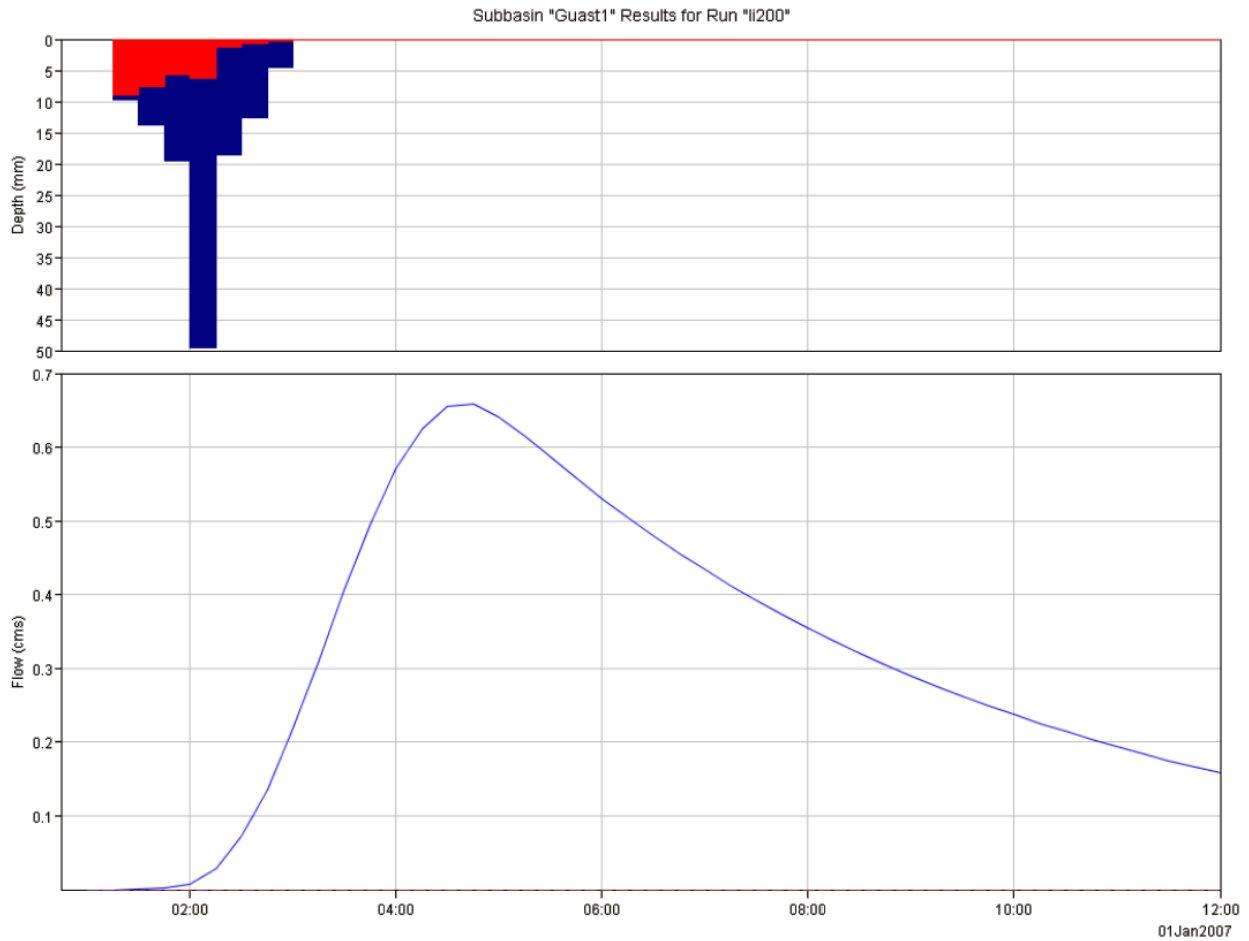


Figura 23: Idrogramma di piena – bacino Guast1 – Tr200

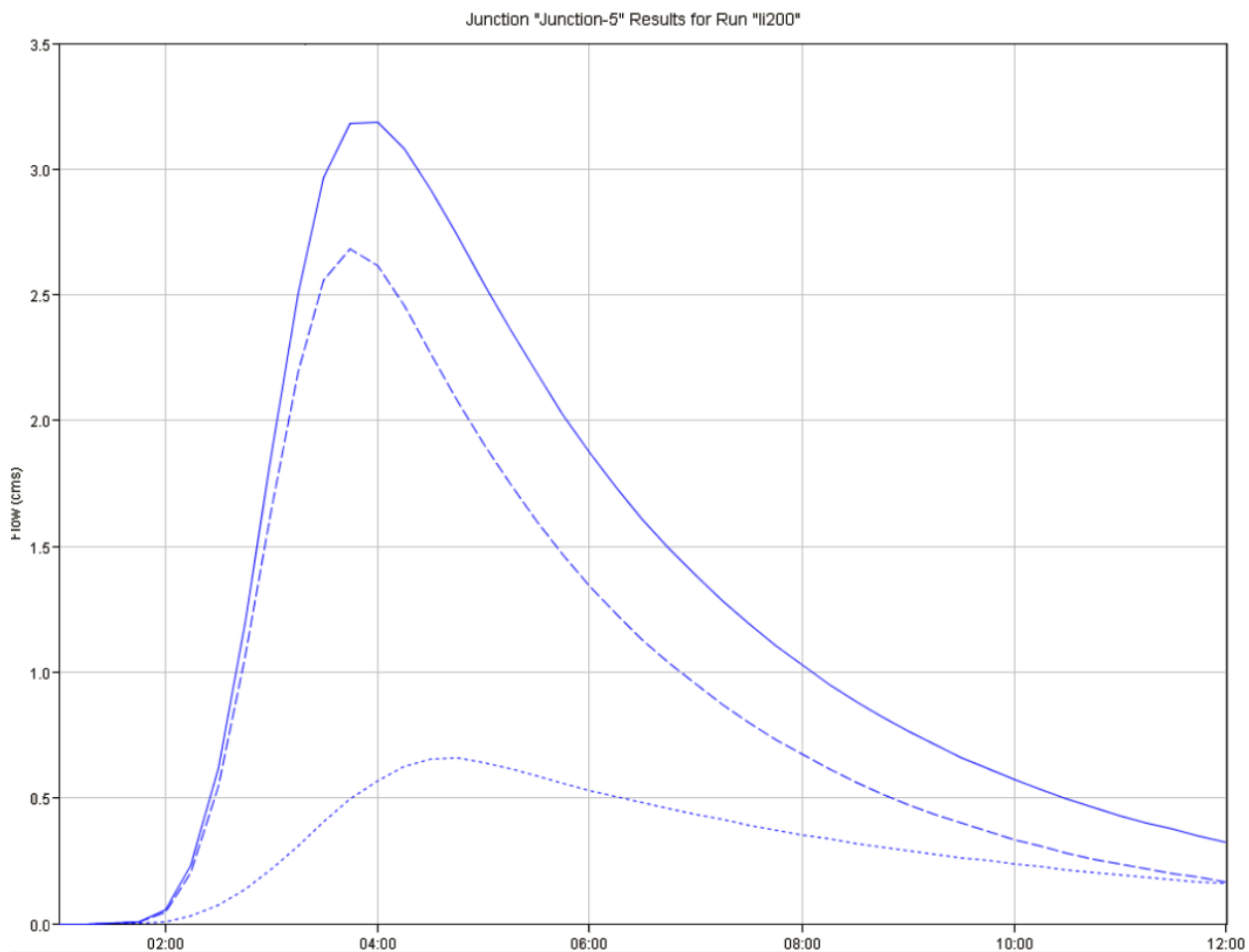


Figura 24: Idrogramma di piena – Junction-3 – Tr200

Le portate massime sono state utilizzate per il dimensionamento delle opere di attraversamento di progetto.

#### **4 Studio idrologico a supporto del Regolamento Urbanistico del Comune di Cascina**

Il territorio comunale è delimitato a nord dal corso del fiume Arno e a sud dal Canale Scolmatore dell'Arno, definendo una geometria a ventaglio che si apre verso l'area costiera della pianura di Pisa. All'interno della porzione di territorio delineata da queste due importanti direttrici fluviali (Arno e Scolmatore) si sviluppa una fitta rete di canali artificiali responsabile delle maggiori criticità idrauliche del territorio cascianese.

L'area oggetto di intervento è caratterizzata da un reticolo idraulico che si articola in canali, fossi e fosse campestri, in parte tra loro comunicanti. I canali rientrano nel bacino di bonifica dell'Arnaccio.

Il sistema a "scolo naturale" (o di "acque alte") smaltisce le acque meteoriche che provengono da zone morfologicamente più alte (zone di collina e dei Monti Pisani per il settore a Nord dell'Arno e le acque della piana di Cascina per la parte a Sud dell'Arno). Il sistema a "scolo meccanico" (o di "acque basse") smaltisce, attraverso un prosciugamento per esaurimento meccanico con sollevamento all'impianto idroforo, le acque meteoriche che ristagnano nelle parti del territorio morfologicamente più depresse, comprese le acque di falda che, localmente, sgorgano direttamente dal terreno. Sia le acque a scolo naturale che quelle a scolo meccanico vengono immesse (le prime per deflusso naturale, le seconde per sollevamento meccanico) in canali ricettori, posti ad una quota intermedia tra il sistema di "acque alte" e quello di "acque basse", detti appunto di "acque medie".

Le principali interferenze con la linea ferroviaria in progetto, come riportato in Figura 25, sono state individuate con i seguenti fossi:

- Fosso del Nugolaio di Stecchi;
- Fosso Vecchio;
- Fosso della Mattinga;
- Fosso della Zambrigliana;
- Fosso Torale;
- Fossetto delle Sedici.

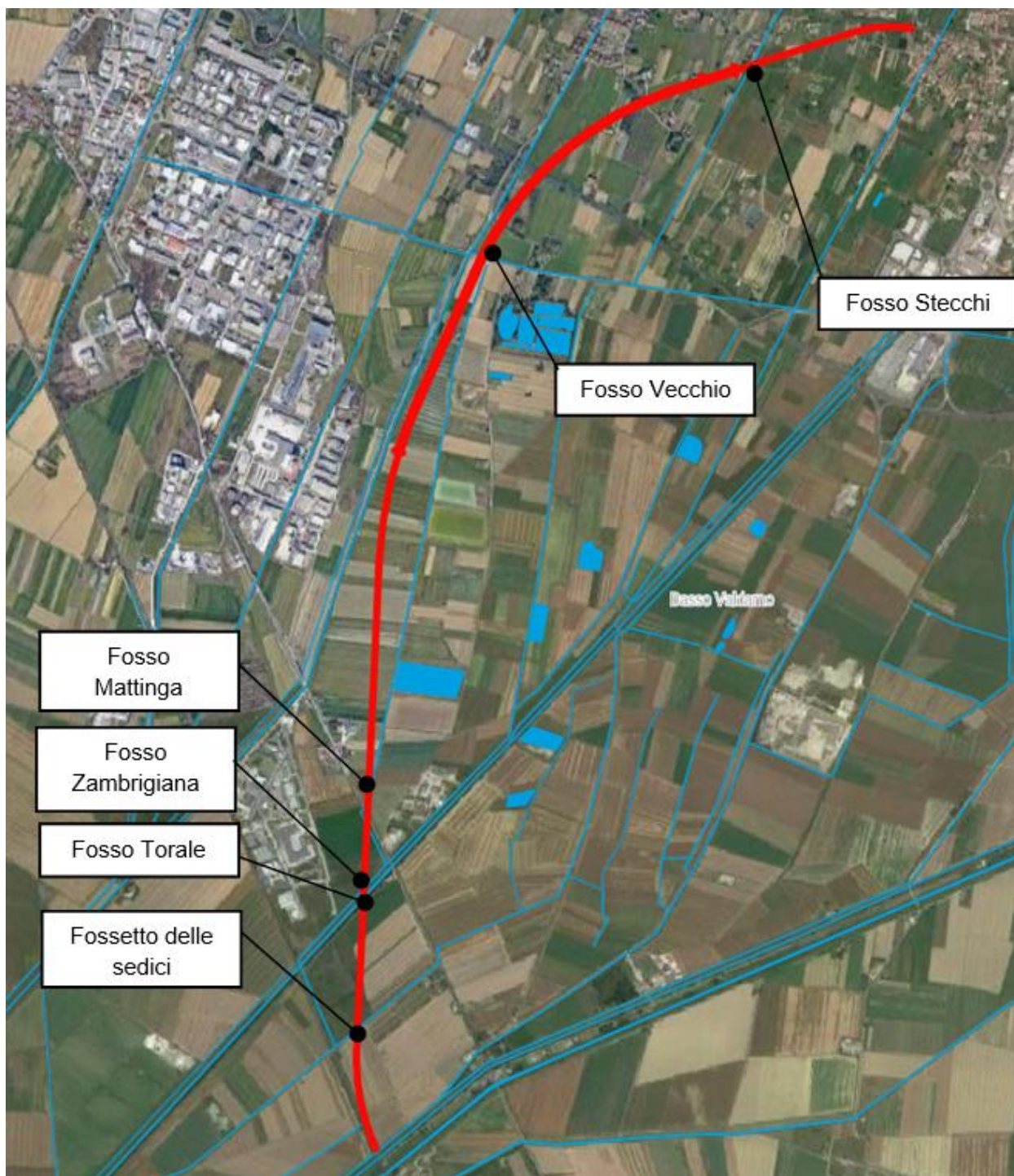


Figura 25: Interferenze idrauliche By Pass di Pisa

Lo studio idrologico è stato elaborato utilizzando i modelli idraulici e le carte di sintesi del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e dell'Ufficio dei Fiumi e Fossi del Consorzio di Bonifica.

Lo studio condotto tramite elaborazione di un modello idraulico tramite software Hec-Ras ha interessato le seguenti aste fluviali:

- Nugolaio Di Ceria Acque Alte;
- Fosso San Sito Al Pino;
- Fosso Di Via Larga;
- Nogolaio Di Ceria Acque Basse;
- Fosso Di Titignano;
- Nugolaio Di Stecchi;
- Fosso Vecchio Di Titignano;
- Mariana Di Zambra;
- Mariana Di San Lorenzo;
- Fosso Torale;
- Fosso Vecchio Di Torale;
- Nugolaio Di Parente;
- Fosso Londra;
- Mariana Di Schippisi;
- Fosso Diversivo;
- Fosso Vecchio San Lorenzo;
- Fosso Vecchio Santa Maria;
- Fosso Vecchio Di Via Marciana;
- Fosso Di Via Marciana;
- Fosso Di Via San Lorenzo;
- Fosso Di Via Santa Maria;
- Emissario Del Bientina;
- Antifosso Di Arnaccio;
- Fossa Chiara;
- Fosso Nuovo Di Cascina;
- Rotina Di Latignano.

In questo progetto sono stati valutati i risultati riguardanti le seguenti aste fluviali, corrispondenti alle opere di attraversamento in progetto:

- Nugolaio Di Stecchi;
- Fosso Vecchio di Titignano;
- Fosso Torale;

Le tabelle seguenti contengono i risultati in termini di portata e livello per le simulazioni effettuate con tempo di ritorno 200 anni e durata dell'evento pari a 12 ore (Figura 26, Figura 27 e Figura 28). In rosso sono stati evidenziati i tratti interferenti con la linea di progetto.

HEC-RAS Risultati STECCHI - TR200 D = 12 ore											
Stazione	River Sta	Q Total [mc/s]	Min Ch El [m slm]	W.S. Elev [m slm]	Crit W.S. [m slm]	E.G. Elev [m slm]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [mq]	Top Width [m]	Froude # Chl [-]
00170PB13	14	0.40	2.32	2.81	2.57	2.82	0.0009	0.46	0.87	2.53	0.25
00170PC13	13	0.40	1.75	2.40		2.41	0.0009	0.48	0.83	2.08	0.24
00144PB13	12	0.00	1.63	2.28	1.67	2.28	0.0000	0.00	1.42	3.27	0.00
00144PC13	11	0.00	1.63	2.27		2.27	0.0000	0.00	1.41	3.26	0.00
00142PB13	10	-0.01	1.44	2.27		2.27	0.0000	-0.01	1.46	2.44	0.00
00142PC13	9	-0.01	1.44	2.27		2.27	0.0000	-0.01	1.46	2.44	0.00
00115PB13	8	0.00	0.76	2.27	0.77	2.27	0.0000	0.00	3.67	3.92	0.00
00115PC13	7	0.02	0.76	2.27		2.27	0.0000	0.00	3.66	3.92	0.00
00100PB13	6	0.02	1.08	2.27	1.14	2.27	0.0000	0.00	4.30	5.08	0.00
00100PC13	5	0.02	1.08	2.27		2.27	0.0000	0.00	4.30	5.08	0.00
00071PB13	4	0.03	0.82	2.27	0.92	2.27	0.0000	0.01	5.51	6.28	0.00
00071PC13	3	0.03	0.82	2.27		2.27	0.0000	0.01	5.51	6.28	0.00
00021PB13	2	2.70	0.86	2.21	1.26	2.22	0.0002	0.38	7.17	7.20	0.12
00021PC13	1	2.69	0.86	2.16		2.17	0.0002	0.39	6.83	7.20	0.13

Figura 26: Risultati modello Hec-Ras – Nugolaio Di Stecchi – Tr200

HEC-RAS Risultati TORALE - TR200 D = 12 ore											
Stazione	River Sta	Q Total [mc/s]	Min Ch El [m slm]	W.S. Elev [m slm]	Crit W.S. [m slm]	E.G. Elev [m slm]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [mq]	Top Width [m]	Froude # Chl [-]
01014_13	27	0.10	2.32	2.72		2.72	0.0000	0.09	1.17	3.07	0.04
01006PB13	26	0.11	1.53	2.72	1.67	2.72	0.0000	0.05	2.09	1.87	0.02
01006PC13	25	0.11	1.41	2.72		2.72	0.0000	0.05	2.03	1.85	0.02
01002_13	24	0.18	2.33	2.62		2.64	0.0044	0.63	0.28	1.68	0.49
00978PB13	23	0.54	1.34	1.92	1.64	1.94	0.0013	0.59	0.92	2.33	0.30
00978PC13	22	0.54	1.34	1.91		1.93	0.0014	0.60	0.91	2.32	0.30
00965PB13	21	0.70	0.87	1.84	1.18	1.84	0.0002	0.29	2.42	3.61	0.11
00965PC13	20	0.70	0.87	1.84		1.84	0.0002	0.29	2.40	3.60	0.11
00963_13	19	0.72	0.92	1.83		1.84	0.0001	0.24	3.05	4.29	0.09
00900PB13	18	1.27	0.42	1.80	0.75	1.80	0.0001	0.23	5.65	6.36	0.08
00900PC13	17	1.22	0.05	1.67		1.68	0.0000	0.17	7.25	5.71	0.05
00886PB13	16	6.06	0.07	1.67	0.72	1.68	0.0002	0.51	12.00	10.61	0.15
00886PC13	15	6.06	0.07	1.67		1.68	0.0002	0.51	11.96	10.59	0.15
00852_13	14	6.12	0.01	1.58		1.60	0.0003	0.57	10.81	9.67	0.17
00851PB13	13	6.11	0.10	1.59	0.47	1.59	0.0001	0.36	17.10	13.71	0.10
00851PC13	12	6.11	0.10	1.58		1.59	0.0001	0.36	17.03	13.70	0.10
00567_13	11	-1.29	-0.09	1.49		1.49	0.0000	-0.05	23.53	20.34	0.02
00542PB13	10	2.09	-0.05	1.49	0.15	1.49	0.0000	0.11	19.02	18.26	0.03
00542PC13	9	1.92	-0.05	1.48		1.48	0.0000	0.10	18.89	18.16	0.03
00483_13	8	2.14	-0.19	1.48		1.48	0.0000	0.06	36.77	32.08	0.02
00478PB13	7	-0.57	-0.32	1.48		1.48	0.0000	-0.03	18.15	13.78	0.01
00478PC13	6	-0.57	-0.32	1.48		1.48	0.0000	-0.03	18.16	13.78	0.01
00328_13	5	-6.11	0.33	1.59		1.59	0.0001	-0.31	19.91	30.04	0.12
00226_13	4	-5.79	0.07	1.67		1.68	0.0000	-0.18	31.32	30.51	0.06
00128_13	3	-4.91	0.28	1.71		1.71	0.0000	-0.18	26.75	29.93	0.06
00039_13	2	-20.93	-0.10	1.79		1.80	0.0001	-0.47	44.59	35.46	0.13
00001_13	1	-20.64	-0.08	1.84		1.84	0.0001	-0.30	69.41	50.06	0.08

Figura 27: Risultati modello Hec-Ras – Fosso Torale – Tr200



HEC-RAS Risultati VECCHIO 6_VALLE - TR200 D = 12 ore											
Stazione	River Sta	Q Total [mc/s]	Min Ch El [m slm]	W.S. Elev [m slm]	Crit W.S. [m slm]	E.G. Elev [m slm]	E.G. Slope [m/m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [mq]	Top Width [m]	Froude # Chl [-]
00135PB13	10	0.00	1.05	2.13		2.13	0.0000	0.00	2.26	4.11	0.00
00135PC13	9	0.00	1.05	2.13		2.13	0.0000	0.00	2.26	4.11	0.00
00122PB13	8	0.28	-0.60	2.13	-0.53	2.13	0.0000	0.01	40.27	17.17	0.00
00122PC13	7	0.28	-0.60	2.13		2.13	0.0000	0.01	40.27	17.17	0.00
00092PB13	6	0.37	0.46	2.13	0.69	2.13	0.0000	0.06	6.68	6.86	0.02
00092PC13	5	0.37	0.46	2.13		2.13	0.0000	0.06	6.68	6.86	0.02
00070PB13	4	1.62	0.53	2.13	0.92	2.13	0.0001	0.25	6.38	6.07	0.08
00070PC13	3	1.62	0.53	2.12		2.12	0.0001	0.26	6.34	6.06	0.08
00031PB13	2	1.02	0.45	2.11	0.76	2.11	0.0000	0.13	8.15	11.29	0.05
00031PC13	1	1.02	0.45	2.11		2.11	0.0000	0.13	8.14	11.28	0.05

Figura 28: Risultati modello Hec-Ras – Fosso Vecchio di Titignano – Tr200

Il fossetto delle Sedici interferisce con la linea ferroviaria di progetto (By Pass di Pisa) al km 0+522. Il fosso non è stato modellato nello studio comunale pertanto, al fine di dimensionare l'attraversamento in progetto, è stata attribuita la portata massina del bacino 16 (Figura 29), che per un tempo di ritorno pari a 200 anni corrisponde a circa 6 mc/s.

### Bacino 16

Parametri geomorfologici:

A	Hmax	Hmin	H	L	CN	tc
[kmq]	[m slm]	[m slm]	[m slm]	[km]	[-]	[h]
5.78	2.20	1.70	0.50	7.10	87	35.83

Parametri pluviometrici:

Stazione	Codice	A	N	M
Asciano	530	31.572	0.259	0.205
Coltano	1830	29.665	0.256	0.201
Pisa (fac. Agraria)	540	32.289	0.256	0.212
S. Giovanni alla Vena	1790	27.278	0.269	0.19

Idrogrammi di piena:

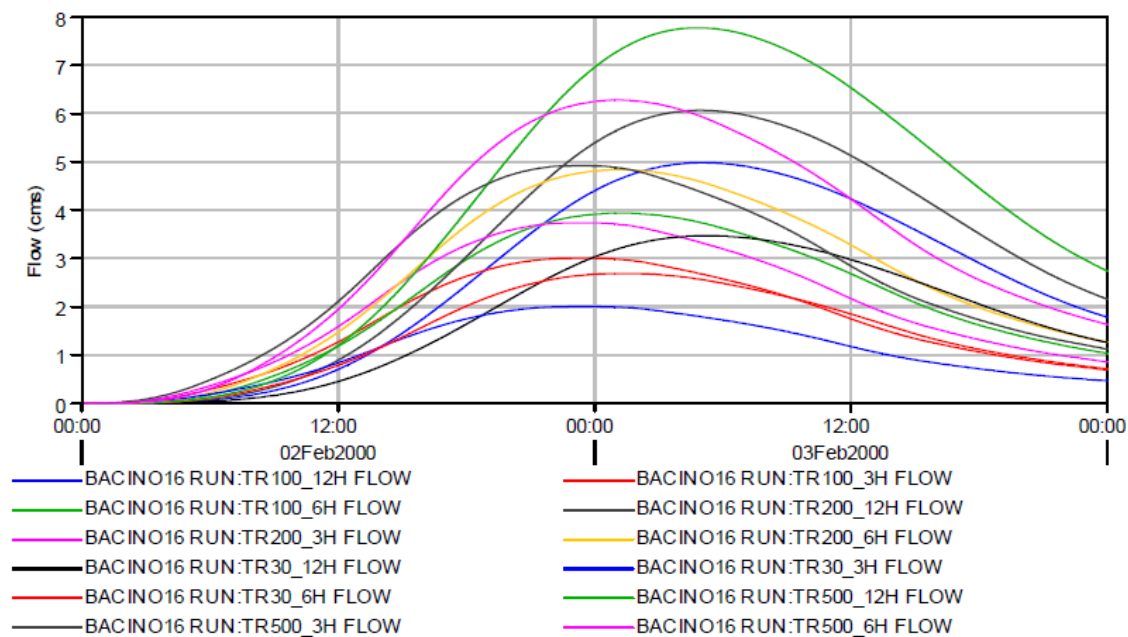


Figura 29: Idrogramma di piena – bacino n. 16