

Oggetto:

COMUNE DI VERNIO

Provincia di PRATO

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL RETICOLO FLUVIALE
DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI VERNIO

Tavola:

REL

Disegno:

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Scala:

Data:

SETTEMBRE 2010

Progettista:

A4 INGEGNERIA
STUDIO TECNICO ASSOCIATO
DOTT.ING. DAVID MALOSSI
VIA ROMA 26 - 59100 - PRATO
TEL/FAX 0574442523
MAIL: info@a4ingegneria.it



Collaboratore:

DOTT.ING. DANIELE BALDI

Committenza:



COMUNE DI VERNIO

Sede: PIAZZA DEL COMUNE, 20
59024 S.QUIRICO DI VERNIO (PO) - tel. 0574 931011

data	collaboratore	oggetto della modifica

Questo disegno e' protetto dalle vigenti leggi di autore e pertanto non puo' essere riprodotto, in tutto od in parte, ne' essere ceduto a terzi senza la nostra autorizzazione scritta.

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	FASI DELLO STUDIO.....	3
3	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI.....	4
4	ANALISI IDROLOGICA.....	7
4.1	MODELLO IDROLOGICO DI CALCOLO	7
4.1.1	Modello di regionalizzazione delle portate di piena (Al.To.).....	7
4.1.2	Dati utilizzati per i modelli idrologici.....	9
4.2	RISULTATI.....	13
5	ANALISI IDRAULICA	13
5.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO CON SCHEMA DI MOTO PERMANENTE	13
5.2	DATI DI INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO	15
5.3	RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO	19
5.4	PERIMETRAZIONI DELLE AREE INONDABILI.....	19
6	ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	19
7	CONCLUSIONI.....	20

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico è stato redatto a supporto del Piano Strutturale del Comune di Vernio. Nell'ambito dello studio sono stati analizzati i principali corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale; i corsi d'acqua in esame sono: Torrente Setta, Torrente Fiumenta, Rio Meo, Fosso del Fondataio, Rio Fobbio. Il Fosso del Fondataio e il Rio Fobbio sono affluenti rispettivamente di destra e sinistra del Torrente Setta, e il Rio Meo è affluente di sinistra del Torrente Fiumenta.

Il seguente studio viene redatto ai sensi del Regolamento di attuazione dell'art.62 della Legge Regionale 1/2005 (DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE N°26/R DEL 27/04/07) e delle norme di attuazione ed allegati relativi al Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno approvato con DPCM del 06/05/2005.

Lo studio ha come obiettivo principale la valutazione degli effetti di piena sulle aree limitrofe ai corsi d'acqua del territorio comunale con la redazione di cartografie che classifichino il territorio in base alla frequenza degli allagamenti.

Verranno studiati vari scenari di progetto sia come tempi di ritorno degli eventi meteorici che come durate di pioggia in modo da ottenere un quadro complessivo che tenga conto delle caratteristiche e delle criticità del territorio.

2 FASI DELLO STUDIO

La relazione si articola nei seguenti capitoli che si identificano con le diverse fasi dello studio:

- 1) **Acquisizione dati topografici;**
- 2) **Analisi idrologica:** viene descritta la metodologia di riferimento utilizzata per la modellazione e gli strumenti utilizzati per i calcoli, vengono riportati i dati ricostruiti relativi ai bacini in esame.
Si riportano inoltre i risultati ottenuti dai modelli utilizzati: tali risultati sono gli idrogrammi di piena per i cinque tempi di ritorno valutati per tutti i sottobacini in cui sono stati suddivisi i bacini idrografici in esame;
- 3) **Analisi idraulica:** vengono descritti gli strumenti di calcolo utilizzati, le ipotesi assunte ed i risultati ottenuti;
- 4) **Perimetrazioni di rischio:** alla luce delle verifiche idrauliche sono state delimitate le aree a rischio idraulico per i diversi tempi di ritorno.

Lo studio, condotto solo sulle aste principali dei corsi d'acqua indicati in premessa, ha riguardato i seguenti tratti.

Corso d'acqua	Ubicazione della sezione iniziale del tratto di studio	Ubicazione della sezione di chiusura del tratto di studio
Fondataio	Loc. Mulinaccio	Confluenza con Torrente Setta
Setta	Impianti sportivi	Loc. Acqua bona
Fobbio	Loc. Le rose	Confluenza con Torrente Setta
Fiumenta	A monte San Quirico	Stazione di Vernio
Meo	Loc. Casigno	Confluenza con Torrente Fiumenta

I calcoli di seguito esposti sono effettuati con le modalità ed i modelli indicati dalla Autorità di Bacino nell'Allegato 2 alle Norme del P.A.I. approvato con D.P.C.M. del 06-05-2005.

3 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

Per la redazione dello studio è stato realizzato un rilievo topografico di tutti e cinque i corsi d'acqua oggetto di studio per un numero complessivo di sezioni pari a 97 così ripartite:

Corso d'acqua	n. sezioni rilevate
Fosso del Fondataio	21
Torrente Setta	33
Rio Fobbio	8
Torrente Fiumenta	27
Rio Meo	8

Il rilievo ha tenuto conto sia dei punti in alveo che delle fasce a campagna immediatamente adiacenti al corso d'acqua nonché dei manufatti esistenti (ponti ed opere idrauliche in genere).

Il rilievo è stato georeferenziato Gauss-Boaga utilizzando come riferimento la rete GPS nel sistema IGM 95.

Durante l'elaborazione del modello idraulico si è avuta necessità di estendere le sezioni trasversali dei corsi d'acqua in modo tale da ricostruire la completa geometria del fondo valle; detta operazione è stata necessaria al fine di considerare tutto il fondo valle come area di potenziale esondazione.

La morfologia ricostruita con le sezioni estese non tiene conto della presenza dei fabbricati esistenti sul territorio.

Le sezioni di rilievo sono state codificate in base ad un numero progressivo da monte verso valle. Tutte le sezioni sono state inserite all'interno del modello idraulico e, per chiarezza espositiva, si riporta la tabella di confronto tra le sezioni numerate secondo il rilievo e secondo il modello idraulico. È possibile notare che alcune sezioni del rilievo sono state utilizzate per più sezioni del modello idraulico infatti, dove necessario (ad es. in prossimità di ponti, briglie, confluenze), sono state replicate a monte o a valle a distanza opportuna, variandone comunque le quote in relazione alle quote del fondo alveo battute nel rilievo topografico lungo i corsi d'acqua, o alzando/abbassando l'intera sezione in base alle distanze e pendenze stimate.

CORSO D'ACQUA	River modello idraulico	Reach modello idraulico	RIFERIMENTO SEZIONI MODELLO IDRAULICO	SEZIONI RILIEVO
Fondataio	Fondataio	Subbio	200	1
Fondataio	Fondataio	Subbio	190	2
Fondataio	Fondataio	Subbio	180	3
Fondataio	Fondataio	Subbio	PONTE 170	4
Fondataio	Fondataio	Subbio	160	5
Fondataio	Fondataio	Subbio	150	6
Fondataio	Fondataio	Subbio	140	7
Fondataio	Fondataio	Subbio	130	8
Fondataio	Fondataio	Subbio	120	9
Fondataio	Fondataio	Subbio	110	10
Fondataio	Fondataio	Subbio	100	11
Fondataio	Fondataio	Subbio	90	12
Fondataio	Fondataio	Subbio	80	13
Fondataio	Fondataio	Subbio	70	14
Fondataio	Fondataio	Subbio	60	15
Fondataio	Fondataio	Subbio	50	16
Fondataio	Fondataio	Subbio	40	17
Fondataio	Fondataio	Subbio	30	18
Fondataio	Fondataio	Subbio	PONTE 15	19
Fondataio	Fondataio	Subbio	20	20

Fondataio	Fondataio	Subbio	10	20
Fondataio	Fondataio	Subbio	PONTE 5	21
Fondataio	Fondataio	Subbio	1	21
Setta	Setta	Setta monte	210	1
Setta	Setta	Setta monte	200	2
Setta	Setta	Setta monte	190	3
Setta	Setta	Setta monte	180	5
Setta	Setta	Setta monte	PONTE 170	4
Setta	Setta	Setta monte	165	5
Setta	Setta	Setta monte	160	6
Setta	Setta	Setta monte	150	7
Setta	Setta	Setta monte	PONTE 140	8
Setta	Setta	Setta monte	130	9
Setta	Setta	Setta monte	120	10
Setta	Setta	Setta monte	118	L1
Setta	Setta	Setta monte	115	L1
Setta	Setta	Setta monte	113	12
Setta	Setta	Setta monte	110	12
Setta	Setta	Setta monte	PONTE 100	11
Setta	Setta	Setta monte	95	12
Setta	Setta	Setta monte	90	13
Setta	Setta	Setta monte	PONTE 80	14
Setta	Setta	Setta monte	70	15
Setta	Setta	Setta monte	60	16
Setta	Setta	Setta monte	50	17
Setta	Setta	Setta monte	40	18
Setta	Setta	Setta monte	30	19
Setta	Setta	Setta monte	PONTE 20	20
Setta	Setta	Setta monte	10	21
Setta	Setta	Setta monte	1	21
Setta	Setta	Setta valle	100	21
Setta	Setta	Setta valle	97	21
Setta	Setta	Setta valle	95	21
Setta	Setta	Setta valle	90	22
Setta	Setta	Setta valle	80	23
Setta	Setta	Setta valle	70	24
Setta	Setta	Setta valle	60	25
Setta	Setta	Setta valle	50	26
Setta	Setta	Setta valle	40	27
Setta	Setta	Setta valle	PONTE 30	28
Setta	Setta	Setta valle	25	27
Setta	Setta	Setta valle	20	29
Setta	Setta	Setta valle	10	30
Setta	Setta	Setta valle	1	31
Fobbio	Fobbio	Fobbio	80	1
Fobbio	Fobbio	Fobbio	70	2
Fobbio	Fobbio	Fobbio	PONTE 65	3
Fobbio	Fobbio	Fobbio	60	4
Fobbio	Fobbio	Fobbio	50	6
Fobbio	Fobbio	Fobbio	PONTE 40	5
Fobbio	Fobbio	Fobbio	30	6
Fobbio	Fobbio	Fobbio	20	7
Fobbio	Fobbio	Fobbio	10	8
Fobbio	Fobbio	Fobbio	1	9
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	30	1
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	25	2
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	20	3
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	15	4
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	10	5
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	5	6
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	PONTE 3	7
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta monte	1	8
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	85	10
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	80	10
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 78	9
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	77	9
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	76	9
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	75	10
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	70	11
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 68	12

Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	65	11
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	60	13
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	55	14
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	50	16
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 48	15
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	45	16
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	40	17
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	35	18
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	30	20
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 28	19
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	25	20
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	20	21
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 18	22
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	15	23
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	10	24
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	PONTE 8	25
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	5	26
Fiumenta	Fiumenta	Fiumenta valle	1	27
Meo	Casiglio	Meo	30	1
Meo	Casiglio	Meo	25	2
Meo	Casiglio	Meo	20	3
Meo	Casiglio	Meo	PONTE 18	4
Meo	Casiglio	Meo	15	5
Meo	Casiglio	Meo	10	6
Meo	Casiglio	Meo	5	7
Meo	Casiglio	Meo	PONTE 3	8
Meo	Casiglio	Meo	1	7

4 ANALISI IDROLOGICA

4.1 MODELLO IDROLOGICO DI CALCOLO

I calcoli idrologici di seguito descritti sono stati svolti con riferimento alla metodologia definita dal modello Al.To., di cui nel paragrafo seguente viene riportata una sintetica descrizione, unitamente ad un'applicazione, realizzata dall'Autorità di Bacino, denominata IDRARNO che costituisce una "estensione" di Al.To. e permette, utilizzando la medesima metodologia e dati di input, di ricostruire gli idrogrammi di piena fissando la durata dell'evento di pioggia.

4.1.1 Modello di regionalizzazione delle portate di piena (Al.To.)

La modellistica idrologica ha lo scopo di generare gli idrogrammi di progetto nelle sezioni di interesse del reticolo fluviale a partire da ietogrammi di pioggia sintetici. La metodologia alla base degli studi effettuati dall'Autorità di Bacino mira ad 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:

1. Eventi meteorici sintetici costanti su tutto il bacino;
2. 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:

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

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;

$U(t)$ idrogramma unitario per cui $U(t)dt = \int_0^{\infty} U(t)dt = 1$

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

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

viene detto tempo di ritardo (lag) T_l .

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

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

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 seguenti espressioni:

$$n = 3.29 (R_b/R_a) 0.78 R_l 0.07$$

$$k = 0.7 [R_a/(R_b R_l)] 0.48 L_c/v$$

$$T_l = 2.3 \left(\frac{R_b}{R_a}\right)^{0.3} R_l^{-0.41} \frac{L_c}{v}$$

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:

$$N_u = R_b^{\omega-u}$$

$$\bar{L}_u = \bar{L}_1 R_l^{u-1}$$

$$\bar{A}_u = \bar{A}_1 R_a^{u-1}$$

dove:

ω = 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 da 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 K_s).

$$I_a(t) = I_a(0) + \int_0^{t_a} (P(\tau) - K_s) d\tau$$

se $t < t_a$:

$$P_n(t) = 0$$

$$I_a(t) = I_a$$

se $t \geq t_a$:

$$P_n(t) = P(t) - K_s$$

dove:

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

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

$I_a(t)$ = perdita iniziale all'istante t dell'evento [mm];

I_a = $I_a(t_a)$ volume di perdita iniziale per unità di area [mm];

K_s = 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:

I_a = volume unitario di perdita iniziale [mm];

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

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

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

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

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

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 K_s nel lavoro di regionalizzazione, sono calcolati in funzione dell'uso del suolo e dalla geologia dei bacini, resi indipendenti dalle dimensioni del bacino idrografico. I parametri geomorfici provengono invece dalla gerarchizzazione secondo Strahler del reticolo idrografico sotteso per ciascuna sezione di calcolo.

4.1.2 Dati utilizzati per i modelli idrologici

Al fine di ottenere uno studio idrologico che tenesse conto del graduale aumento di portata da monte verso valle i bacini oggetto di studio sono stati suddivisi in vari sottobacini inglobati uno dentro l'altro (vedi Tavola 1) ad eccezione del Rio Meo per cui è stato sufficiente ricostruire un unico bacino. La suddivisione in sottobacini è stata effettuata con riferimento agli affluenti principali individuati sulla cartografia CTR 1:10000 ed all'ubicazione delle sezioni fluviali utilizzate nel modello idraulico di calcolo. Nella seguente tabella sono indicati i bacini oggetto di studio ed il numero di sottobacini in cui questi sono stati suddivisi.

Bacino	n. sottobacini individuati
Fosso del Fondataio	3
Torrente Setta	3
Rio Fobbio	2
Torrente Fiumenta	3
Rio Meo	1

Di seguito si riporta l'estratto del modello Al.To. nel quale si evidenziano i tratti processati (evidenziati in rosso) relativi al territorio comunale del Comune di Vernio.

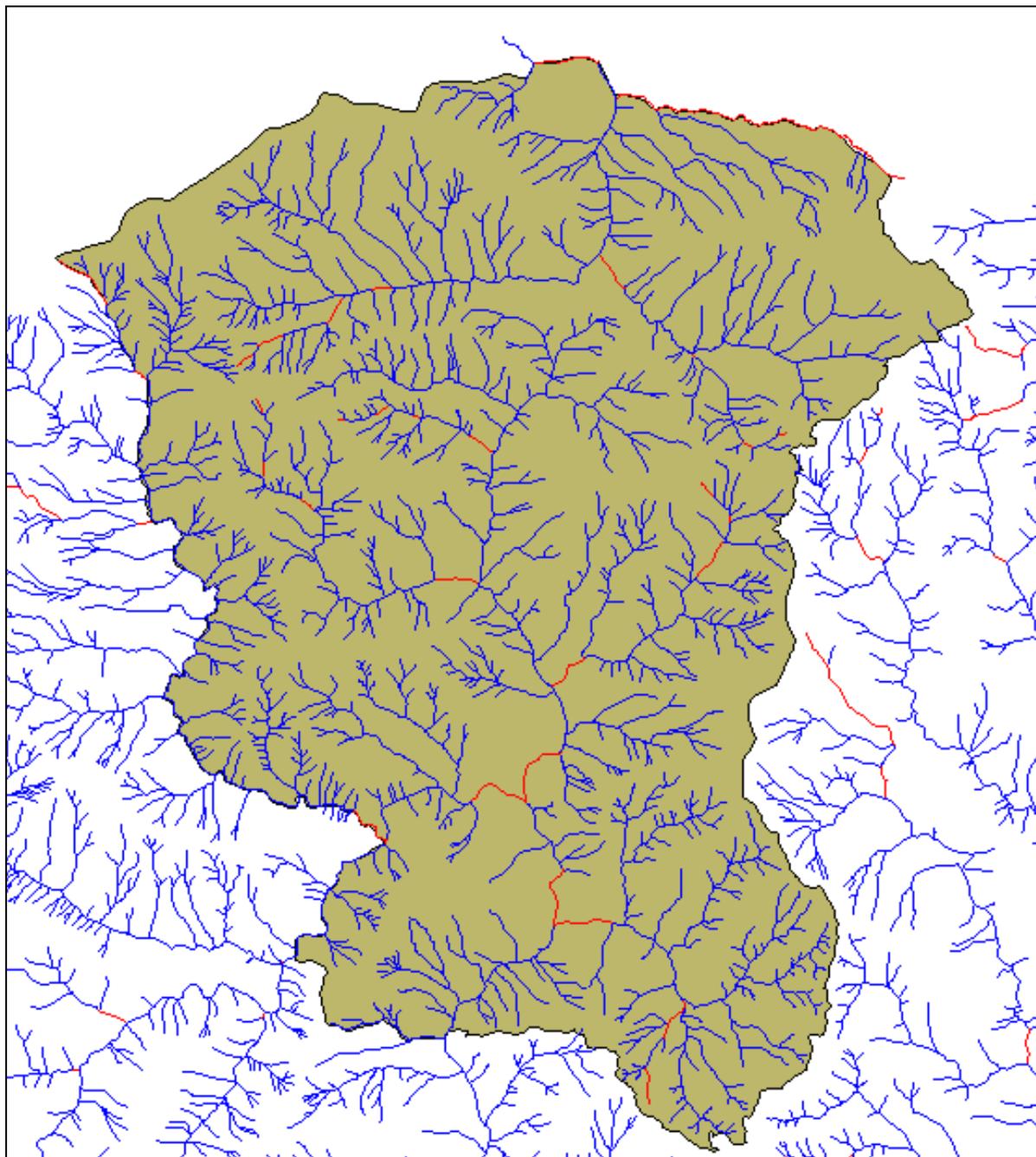


Figura 1. Estratto del modello Al.To. relativo al Comune di Vernio

I dati occorrenti per il modello IDRARNO sono, per ogni sottobacino:

- **Area** - superficie del bacino (kmq)
- **la** - 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)
- **Cpp_a1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 h
- **Cpp_n1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 h
- **Cpp_m1** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate < 1 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
- **Cpp_m** - parametro della curva di possibilità pluviometrica per durate > 1 h
- **Qbase** - Portata di base (mc/s) – parametro opzionale
- **Sezione** - nome della sezione a valle della confluenza
- **Qmax** - Portata massima (mc/s) su cui troncare l'idrogramma – parametro opzionale

Considerate le limitate dimensioni dell'area su cui sono ubicati i bacini in esame, i parametri relativi alla distribuzione statistica delle precipitazioni sono risultati essere uguali su tutti i sottobacini i cui dati sono disponibili nel modello Al.To. essendo già "processati". Per i sottobacini non "processati" sono stati assunti i medesimi valori dei parametri. Nella seguente tabella sono riportati i valori utilizzati.

Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
24.886	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208

Per ciascun sottobacino il parametro Area è stato valutato utilizzando la C.T.R. in scala 1:10000.

Per i parametri la, Ks, N, K è necessario distinguere due casi:

- A. sottobacini per cui sono già disponibili i dati dal modello Al.To. in quanto già "processati"
- B. sottobacini per cui non sono disponibili i dati dal modello Al.To.

Per i bacini "processati" sono stati ovviamente utilizzati i dati già disponibili, mentre per quelli non "processati", sono stati assegnati valori pari a quelli del bacino "processato" relativo allo stesso corso d'acqua.

Per ciascun bacino in esame nelle seguenti tabelle sono riportati i dati utilizzati nei calcoli e che vanno a costituire il file ".idr" di input del software IDRARNO. In grigio sono evidenziati i dati disponibili dei sottobacini già processati con il modello Al.To.

FOSSO DEL FONDATAIO

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
FN-1	2.851	20.394	0	2.392	0.226	24.886	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
FN-2	3.887	20.394	0	2.392	0.226	24.886	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
FN-3	4.997	19.536	0	2.438	0.346	24.866	0.384	0.195	22.888	0.442	0.208

TORRENTE SETTA

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
SE-1	5.221	24.068	0	2.183	0.335	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
SE-2	7.947	24.068	0	2.183	0.413	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
SE-3	15.541	20.68	0	2.782	0.453	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208

RIO FOBBIO

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
FO_1	5.038	16.5	0	2.236	0.321	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
FO_2	5.677	16.5	0	2.236	0.199	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208

TORRENTE FIUMENTA

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
FI-1	11.975	21.318	0.045	2.511	0.441	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
FI-2	13.166	21.318	0.045	2.511	0.462	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208
FI-3	21.044	21.318	0.045	2.511	0.613	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208

RIO MEO

Nome	Area	la	Ks	N	K	Cpp_a1	Cpp_n1	Cpp_m1	Cpp_a	Cpp_n	Cpp_m
ME-1	4.73	22.594	0.095	2.472	0.327	24.866	0.331	0.195	22.888	0.442	0.208

La ricostruzione degli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino individuato è stata eseguita sulla base della normativa di attuazione del P.A.I. e di quella regionale (DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE N°26/R DEL 27/04/07) ossia con riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno pari a 20, 30, 100, 200 e 500 anni.

Per definire in maniera compiuta l'evento di pioggia di riferimento per il calcolo degli idrogrammi è necessario inoltre stabilire un eventuale coefficiente di ragguglio areale K_r delle piogge; questo, per ciascun sottobacino, è stato calcolato direttamente dal software IDRARNO per ciascun corso d'acqua. Nella seguente tabella sono riportati i valori dei coefficienti di ragguglio utilizzati nei calcoli per ogni sottobacino.

Bacino	Coefficiente di ragguglio K_r
FN-1	0.99
FN-2	0.98
FN-3	0.98
SE-1	0.98
SE-2	0.97
SE-3	0.94
FO-1	0.98
FO-2	0.98
FI-1	0.95
FI-2	0.95
FI-3	0.92
ME-1	0.98

Sono stati indagati 3 diversi tempi di precipitazione, ed in particolare 1.5, 2 e 3 ore, al fine di tenere conto delle condizioni più critiche per i bacini in esame. Le durate degli idrogrammi sono comprese tra 5 e 8 ore variando in base al corso d'acqua e alla durata dell'evento piovoso, e il passo di discretizzazione utilizzato è di 0.1 h (6 minuti).

Per ciascun sottobacino sono stati ricostruiti 15 idrogrammi (per ogni tempo di ritorno analizzato, 20, 30, 100, 200 e 500 anni, sono stati infatti simulati eventi con durata di pioggia pari a 1.5, 2 e 3 ore). In Allegato 1 sono riportati i grafici relativi agli idrogrammi che risultano dai calcoli svolti sulla base dei dati precedentemente indicati.

4.2 RISULTATI

La seguente tabella presenta in sintesi i valori di portata al colmo per i cinque tempi di ritorno analizzati relativi ai singoli sottobacini considerati.

SOTTOBACINO	Q ₂₀ (mc/s)	Q ₃₀ (mc/s)	Q ₁₀₀ (mc/s)	Q ₂₀₀ (mc/s)	Q ₅₀₀ (mc/s)
FN-1	23.04	25.59	34.17	40.00	48.98
FN-2	29.06	32.53	44.18	52.07	64.19
FN-3	31.96	36.99	49.59	58.87	73.16
SE-1	34.59	38.60	52.06	62.51	78.43
SE-2	46.44	52.16	72.02	85.46	106.06
SE-3	83.69	92.32	122.46	145.74	181.63
FO-1	36.94	41.06	55.18	64.87	79.88
FO-2	49.17	54.03	70.73	82.24	100.10
FI-1	66.91	73.71	100.55	119.43	148.49
FI-2	72.09	79.45	105.02	127.27	158.66
FI-3	98.52	109.49	147.15	164.63	213.82
ME-1	30.85	34.46	46.60	55.51	69.39

5 ANALISI IDRAULICA

Le geometrie dei corsi d'acqua oggetto di studio e delle aree a campagna potenzialmente interessate dalle esondazioni presentano caratteristiche omogenee in quanto scorrono in territorio collinare e le sezioni risultano essere incassate e prive di rilevati arginali. Ne consegue che nei tratti oggetto del presente studio idraulico, le esondazioni non provocano una "perdita di volume d'acqua" e le portate di piena in arrivo da monte giungono pressoché inalterate alle sezioni più a valle; in tali condizioni la metodologia di calcolo da utilizzare è lo schema di moto permanente.

Le simulazioni idrauliche con schema di moto permanente sono state eseguite utilizzando il software HEC-RAS 4.0.

5.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO CON SCHEMA DI MOTO PERMANENTE

Il modello idraulico utilizzato, denominato HEC-RAS, è stato sviluppato dall'US Army Corps Of Engineers; 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, ed 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 i corsi d'acqua studiati non è stato necessario utilizzare questa opzione).

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,

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e \quad (1)$$

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 ad una quota di riferimento;

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

α_1 e α_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. Si può valutare mediante la relazione:

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

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

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, 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 dei quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della 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 subritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e 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 delle perdite per attrito e delle perdite 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 dei 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 a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

5.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

Per ricostruire il modello geometrico sono state inserite le sezioni dell'alveo dei corsi d'acqua oggetto di studio (vedi capitolo 3) e sono state estese, ove necessario, secondo le curve di livello individuate sulla CTR in scala 1:2000. I torrenti Setta e Fiumenta sono stati entrambi suddivisi in 2 reach denominati rispettivamente "Setta monte", compreso tra l'innesco del modello e la confluenza con il Fosso del Fondataio, "Setta valle", compreso tra la confluenza con il Fosso del Fondataio e la sezione di valle che chiude il modello; "Fiumenta monte", compreso tra l'innesco del modello e la confluenza con il Rio Meo e "Fiumenta valle", compreso tra la confluenza con il Rio Meo e la sezione di valle che chiude il modello.

Gli impalcati dei ponti presenti sono stati definiti così come riportato nelle sezioni, senza alcuna approssimazione, nel caso di ponti ad arco, l'andamento di quest'ultimo è stato riportato con un numero finito di punti. Il lago presente sul Torrente Setta è stato modellato con due sezioni, di cui una rilevata e l'altra ricavata utilizzando i punti del rilievo topografico, e una "inline structure" per definire lo sfioratore. Di seguito si riporta la schematizzazione dei corsi d'acqua analizzati nel presente studio.

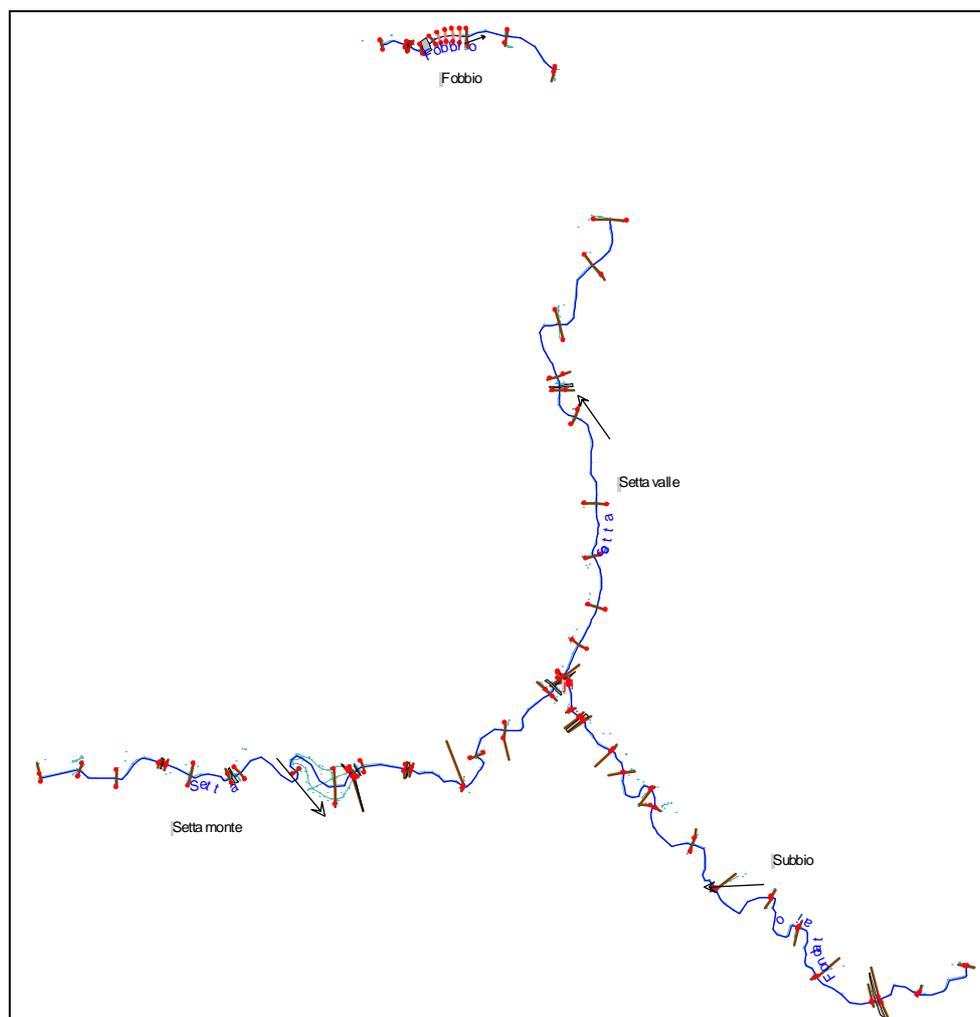


Figura 2. Schematizzazione modello idraulico del Torrente Setta, Fosso del Fondataio e Rio Fobbio

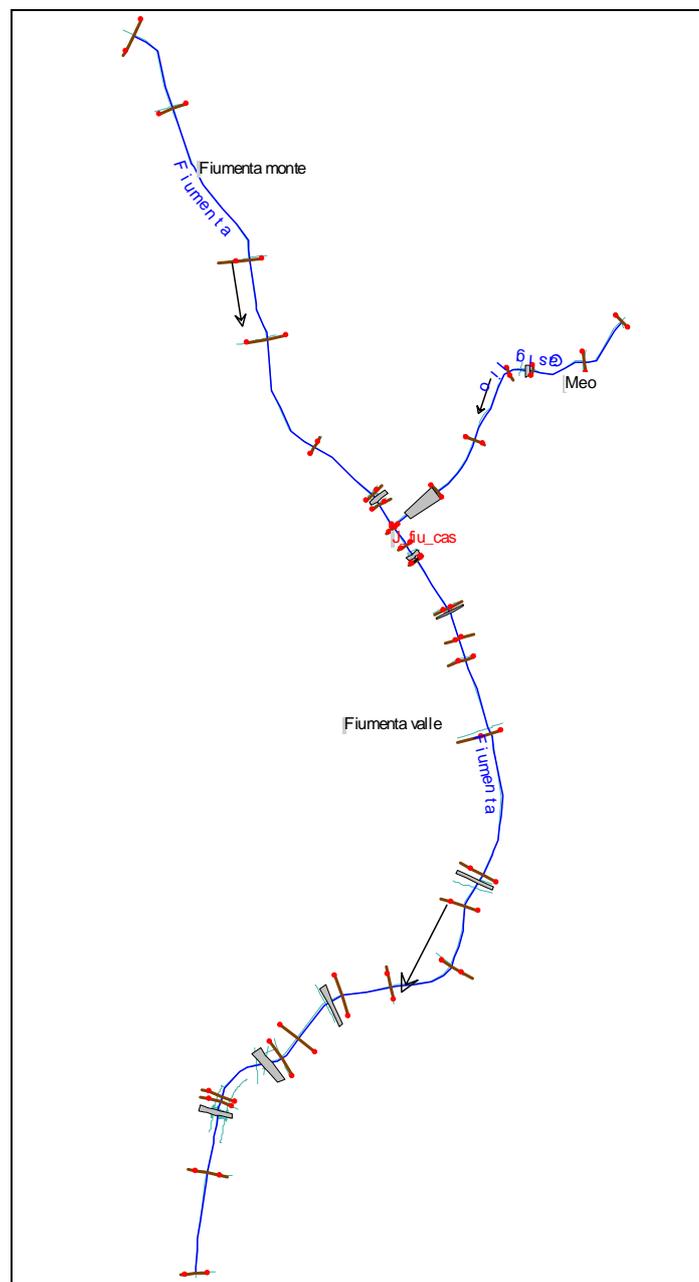


Figura 3. Schematizzazione modello idraulico del Torrente Fiumenta e Rio Meo

Ricostruita la geometria dei corsi d'acqua oggetto di studio, il primo passo dell'analisi consiste nel definire le condizioni di moto con le quali svolgere le simulazioni con HEC-RAS. Poiché le condizioni geometriche e morfologiche dei tratti di corsi d'acqua interessati dalle verifiche non permettono di stabilire a priori se il moto si svolge in condizioni di corrente lenta o veloce, è stato deciso di considerare una condizione di corrente mista. Tale tipo di moto richiede di stabilire una condizione al contorno di monte ed una di valle.

Per le condizioni al contorno di monte, non essendo in possesso di altri dati, sono state assegnate le pendenze delle aste nei tratti a monte delle sezioni iniziali di studio (vedi seguente tabella).

Corso d'acqua	Pendenza dei tratti a monte delle sezioni iniziali di studio
Fosso del Fondataio	0.025
Torrente Setta	0.030
Rio Fobbio	0.026
Torrente Fiumenta	0.021
Rio Meo	0.046

Anche per le condizioni al contorno di valle, non avendo a disposizione altri dati, sono state utilizzate le pendenze del fondo alveo nei tratti a valle delle sezioni di chiusura del modello (vedi seguente tabella) le giunzioni stesse alle confluenze tra due corsi d'acqua.

Corso d'acqua	Pendenza dei tratti a monte delle sezioni iniziali di studio
Torrente Setta	0.022
Rio Fobbio	0.057
Torrente Fiumenta	0.007

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning assegnato alle sezioni è stato pari a $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Per le portate di input del modello di calcolo sono stati creati tre file di flusso, uno per ogni durata degli eventi piovosi analizzati, ognuno suddiviso nei cinque scenari (Tr20, 30, 100, 200 e 500 anni) oggetto di studio. I valori utilizzati, riportati di seguito, rappresentano le portate progressive lungo lo sviluppo dei corsi d'acqua. I suddetti valori sono stati ricostruiti per alcune sezioni di riferimento, incrementando, scendendo da monte verso valle, il valore della portata relativa alla sezione iniziale di monte di un contributo idrologico che tenga conto degli apporti laterali distribuiti lungo i tratti di studio; detto contributo è stato calcolato in modo tale da ottenere in corrispondenza della sezione idraulica posta nei pressi di quella di chiusura del sottobacino di valle il valore della portata di picco assegnato sulla base dell'analisi idrologica (vedi capitolo 4).

Flow Change Location								
	River	Reach	RS	TR20	TR30	TR100	TR200	TR500
1	Casiglio	Meo	30	28.93	32.96	46.44	55.51	69.39
2	Fiumenta	Fiumenta monte	30	57.5	65.64	94.07	113.57	143.57
3	Fiumenta	Fiumenta monte	25	58.24	66.53	95.31	115.15	145.68
4	Fiumenta	Fiumenta monte	20	58.98	67.42	96.54	116.73	147.79
5	Fiumenta	Fiumenta monte	10	59.72	68.31	97.78	118.3	149.9
6	Fiumenta	Fiumenta monte	5	60.46	69.2	99.01	119.88	152.01
7	Fiumenta	Fiumenta valle	85	71.92	82.99	121.07	147.64	188.84
8	Fobbio	Fobbio	80	36.94	41.06	55.18	64.87	79.88
9	Fobbio	Fobbio	50	40	44.3	59.07	69.21	84.94
10	Fobbio	Fobbio	20	43.06	47.55	62.96	73.56	89.99
11	Fobbio	Fobbio	10	46.11	50.79	66.84	77.9	95.05
12	Fobbio	Fobbio	1	49.17	54.03	70.73	82.24	100.1
13	Fondataio	Subbio	200	23.04	25.59	34.17	40	48.98
14	Fondataio	Subbio	150	29.06	32.53	44.18	52.07	64.19
15	Fondataio	Subbio	130	29.79	33.39	45.53	53.77	66.43
16	Fondataio	Subbio	110	30.51	34.25	46.89	55.47	68.68
17	Fondataio	Subbio	80	31.24	35.11	48.24	57.17	70.92
18	Fondataio	Subbio	20	31.96	35.97	49.59	58.87	73.16
19	Setta	Setta monte	210	32.19	36.68	52.06	62.51	78.43
20	Setta	Setta monte	150	35.19	40.31	57.69	69.45	87.39
21	Setta	Setta monte	90	38.19	43.94	63.32	76.38	96.34
22	Setta	Setta monte	30	41.19	47.57	68.95	83.32	105.3
23	Setta	Setta valle	100	68.77	78.58	112.42	135.98	172.3

Figura 4. Valori delle portate progressive per durata dell'evento di pioggia pari a 90 min

Flow Change Location				TR20	TR30	TR100	TR200	TR500
	River	Reach	RS					
1	Casiglio	Meo	30	30.85	34.46	46.6	54.83	67.48
2	Fiumenta	Fiumenta monte	30	65.08	73	100.55	119.43	148.49
3	Fiumenta	Fiumenta monte	25	66.07	74.16	102.13	121.39	150.45
4	Fiumenta	Fiumenta monte	20	67.07	75.32	103.72	123.35	152.41
5	Fiumenta	Fiumenta monte	10	68.06	76.48	105.3	125.31	154.37
6	Fiumenta	Fiumenta monte	5	69.05	77.64	106.88	127.27	156.33
7	Fiumenta	Fiumenta valle	85	85.88	97.35	137.13	164.63	207.1
8	Fobbio	Fobbio	80	36.43	39.99	52.31	60.84	74.1
9	Fobbio	Fobbio	50	38.39	42.06	54.79	63.62	77.37
10	Fobbio	Fobbio	20	40.35	44.13	57.27	66.41	80.64
11	Fobbio	Fobbio	10	42.31	46.19	59.75	69.19	83.9
12	Fobbio	Fobbio	1	44.27	48.26	62.23	71.97	87.17
13	Fondataio	Subbio	200	21.71	23.82	31.06	36.05	43.81
14	Fondataio	Subbio	150	28.64	31.49	41.23	47.99	58.53
15	Fondataio	Subbio	130	29.82	32.87	43.28	50.47	61.67
16	Fondataio	Subbio	110	31	34.24	45.32	52.96	64.81
17	Fondataio	Subbio	80	32.17	35.62	47.37	55.44	67.94
18	Fondataio	Subbio	20	33.35	36.99	49.41	57.92	71.08
19	Setta	Setta monte	210	34.59	38.6	52.01	61.08	75.03
20	Setta	Setta monte	150	38.54	43.12	58.68	69.21	85.37
21	Setta	Setta monte	90	42.49	47.64	65.35	77.33	95.72
22	Setta	Setta monte	30	46.44	52.16	72.02	85.46	106.06
23	Setta	Setta valle	100	78.89	88.63	122.46	145.74	181.63

Figura 5. Valori delle portate progressive per durata dell'evento di pioggia pari a 120 min

Flow Change Location				TR20	TR30	TR100	TR200	TR500
	River	Reach	RS					
1	Casiglio	Meo	30	28.83	31.53	40.97	47.52	57.7
2	Fiumenta	Fiumenta monte	30	66.91	73.71	97.09	113.18	138.14
3	Fiumenta	Fiumenta monte	25	68.21	75.15	99.07	115.54	141.07
4	Fiumenta	Fiumenta monte	20	69.5	76.58	101.06	117.9	144.01
5	Fiumenta	Fiumenta monte	10	70.8	78.02	103.04	120.25	146.94
6	Fiumenta	Fiumenta monte	5	72.09	79.45	105.02	122.61	149.87
7	Fiumenta	Fiumenta valle	85	98.52	109.49	147.15	173.32	213.82
8	Fobbio	Fobbio	80	31.47	34.29	44.19	51.1	61.89
9	Fobbio	Fobbio	50	32.55	35.45	45.65	52.77	63.89
10	Fobbio	Fobbio	20	33.62	36.61	47.1	54.43	65.89
11	Fobbio	Fobbio	10	34.7	37.77	48.56	56.1	67.89
12	Fobbio	Fobbio	1	35.77	38.93	50.01	57.76	69.89
13	Fondataio	Subbio	200	18.1	19.7	25.33	29.26	35.41
14	Fondataio	Subbio	150	24.48	26.67	34.34	39.69	48.06
15	Fondataio	Subbio	130	26.02	28.37	36.59	42.33	51.28
16	Fondataio	Subbio	110	27.56	30.07	38.85	44.96	54.51
17	Fondataio	Subbio	80	29.1	31.76	41.1	47.6	57.73
18	Fondataio	Subbio	20	30.64	33.46	43.35	50.23	60.95
19	Setta	Setta monte	210	31.97	34.99	45.41	52.62	63.85
20	Setta	Setta monte	150	36.78	40.33	52.52	60.96	74.1
21	Setta	Setta monte	90	41.6	45.66	59.62	69.31	84.35
22	Setta	Setta monte	30	46.41	51	66.73	77.65	94.6
23	Setta	Setta valle	100	83.69	92.32	121.95	142.35	173.98

Figura 6. Valori delle portate progressive per durata dell'evento di pioggia pari a 180 min

5.3 RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO

Negli Allegati 2 e 3 sono riportati rispettivamente i profili e le sezioni dei corsi d'acqua modellati con indicati i livelli idrometrici, per ogni durata di riferimento (1.5, 2 e 3 ore), relativi ai cinque tempi di ritorno analizzati.

Nelle tabelle di cui all'Allegato 4 sono riassunti i livelli idrometrici relativi alle sezioni dei corsi d'acqua oggetto di studio suddivisi per i 15 scenari studiati per le 3 durate di riferimento (1.5, 2 e 3 ore), per ciascun tempo di ritorno analizzato (20, 30, 100, 200 e 500 anni).

5.4 PERIMETRAZIONI DELLE AREE INONDABILI

Le perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica per i 5 tempi di ritorno studiati sono state ricostruite sulla base dei risultati ottenuti dal modello. La base topografica utilizzata è stata la carta CTR in scala 1:2000 per tutti i corsi d'acqua oggetto di studio ad esclusione del Rio Fobbio per il quale è stata utilizzata come base la CTR in scala 1:10000.

Le aree perimetrate indicate sulla carta (vedi Tavole 03 1/2) sono zone interessate da battenti di transito a seguito del passaggio delle acque tracimate dalle sponde dei corsi d'acqua studiati. Tali aree sono state definite individuando, per ogni sezione disponibile, le posizioni planimetriche dei livelli idrometrici massimi raggiunti per ogni tempo di ritorno, ottenuti dal modello idraulico, e congiungendoli, in maniera opportuna in relazione alla morfologia del territorio, con quelli delle sezioni poste più a valle.

Sulla base dei risultati del modello e della carta delle pericolosità, è stata inoltre elaborata una carta dei livelli idrometrici per tempo di ritorno pari a 200 anni (vedi Tavola 04 1/2). La carta è stata redatta indicando, in corrispondenza delle sezioni rilevate dal rilievo topografico, il livello idrometrico massimo per tempo di ritorno di 200 anni.

6 ANALISI DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

I risultati delle simulazioni hanno mostrato che le aree allagabili nel Comune di Vernio sono quasi interamente collocabili in zone boschive o comunque non abitate, ad esclusione di alcune aree che vengono descritte di seguito.

Sul Torrente Setta le simulazioni hanno mostrato come lo sfioratore dell'invaso formato dal lago di Montepiano sia insufficiente per piene con tempo di ritorno anche di 20 anni; tale carenza comporta l'inondazione dell'area posta a valle in destra idraulica, su cui sono presenti varie abitazioni.

Sul Fosso del Fondataio il modello sviluppato ha mostrato che tre ponti (su SP di Montepiano e quelli posti subito a monte della confluenza con il Torrente Setta) sono insufficienti per piene con tempo di ritorno anche di 20 anni e uno (su via Risubbiani) per tempi di ritorno pari a 100, 200 e 500 anni. Anche in questo caso tali carenze hanno comportato l'inserimento di aree abitate all'interno delle perimetrazioni.

Il Rio Meo presenta inondazioni che interessano in destra idraulica alcune abitazioni ma per tempi di ritorno pari a 500 anni.

Il Torrente Fiumenta presenta, anch'esso, esondazioni in zone abitate in sinistra idraulica per tempi di ritorno pari a 100, 200 e 500 anni nell'area limitata da via della Piaggia, in destra idraulica nella fascia circoscritta da via Roma solo per tempi di ritorno pari a 500 anni, e sempre in destra per tempi di ritorno di 100, 200 e 500 anni nella zona delimitata da via Fobiana.

7 CONCLUSIONI

Lo studio è partito dall'analisi del territorio comunale alla luce di nuove informazioni topografiche realizzate ad hoc.

Sono stati descritti i bacini dei corsi d'acqua oggetto di verifiche idrauliche dal punto di vista morfologico.

L'analisi idrologica è stata condotta con l'utilizzo degli strumenti informatici regionali quali Al.To. ed IDRARNO al fine di ottenere le portate al colmo dei corsi d'acqua suddivisi per i vari tempi di ritorno (20, 30, 100, 200 e 500 anni).

Le durate di pioggia considerate sono state tre e pari a 1.5 ore, 2 ore e 3 ore in modo tale da valutare le condizioni idrologicamente più gravose per tutti i bacini.

Sono state effettuate simulazioni idrauliche con schema di moto permanente dei corsi d'acqua studiati al fine di stabilire le aree soggette ad inondazioni per effetto delle piene relative ai tempi di ritorno studiati.

Per ciascun tempo di ritorno si è prodotto l'involuppo delle situazioni più gravose mappando sulla carta tecnica regionale 1:2000, eccetto per il Rio Fobbio, la cui mappatura è stata eseguita su C.T.R. in scala 1:10000, le aree a diversa pericolosità idraulica.