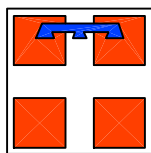


REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI RIVALTA DI TORINO



II Variante Generale al PRGC vigente
Progetto definitivo

CODICE:

512

DATA: novembre 2006
dicembre 2009

AGGIORNAMENTO:

gennaio 2011

Relazione idrologico-idraulica

SCALA:

-



Bortolami - Di Molfetta s.r.l.

Via Peano, 11 - 10129 TORINO - Tel. 011 504359 - 505142 - fax 505221

Tecnico incaricato

Prof. Geol. Giancarlo Bortolami

Collaboratori:

Dott. Geol. Bianca Saudino Dughera

ANSELMO Associati

Via Vittorio Emanuele, 33 - 10023 CHIARI - Tel. 011 9415835

Tecnico incaricato

Prof. Ing. Virgilio Anselmo

Collaboratori:

Dott. Davide Spada, modello numerico

ELABORATO

H1

Sommario

1. Premessa.....	4
1.1. I criteri generali del PAI	5
1.2. La definizione delle aree a diversa pericolosità	7
1.3. Indagine sulla vulnerabilità del territorio	8
1.4. La cartografia di riferimento	15
2. Analisi idrologica.....	15
2.1. Stato delle conoscenze: rete idrografica minore e torrente Sangone.....	16
2.1.1. Rete idrografica minore	16
2.1.1.1. Rio Garosso di Tetti Neirotti	18
2.1.1.2. Rio Garosso di Rivoli	18
2.1.1.3. Canale Comunale di Orbassano	19
2.1.2. Il Torrente Sangone	20
2.2. Rete idrografica attraversante il concentrico: determinazione delle portate.....	21
2.2.1. Rio Garosso di Rivalta.....	22
2.2.1.1. Precipitazioni di riferimento.....	22
2.2.1.1.1. Pluviometria di riferimento	23
2.2.1.1.2. Ietogramma di progetto.....	23
2.2.1.2. Modellazione afflussi-deflussi.....	24
2.2.1.2.1. Allestimento della base morfometrica	25
2.2.1.2.2. Assegnazione dell'AMC.....	26
2.2.1.2.3. Assegnazione del CN	27
2.2.1.3. Il calcolo della portata	30
2.2.1.4. Risultati.....	31
2.2.2. Canale Comunale di Rivalta	33
2.2.3. Validazione dei risultati.....	39
2.3. Portate di riferimento	39
3. Analisi idraulica	41
3.1. Il concentrico.....	42
3.1.1. Modellazione in moto permanente.....	42
3.1.2. Modellazione in moto vario.....	43
3.1.2.1. Idrogrammi di riferimento.....	44
3.1.2.2. Modello tridimensionale del terreno.....	45
3.1.2.3. Valori di scabrezza	45
3.1.2.4. Condizioni al contorno	45
3.1.3. Stato delle conoscenze	46
3.2. Il Torrente Sangone	46
3.2.1. Annotazioni storiche e criteri di sistemazione.....	46
3.2.2. Studi idraulici precedenti.....	52
3.2.3. Modellazione in moto vario	57

3.3. Il modello numerico.....	57
3.4. Geometria impiegata	58
3.5. Condizioni al contorno	60
3.5.1. La portata in ingresso.....	60
3.5.2. Scabrezza	61
3.5.3. Condizione in uscita	61
4. Risultati dell’analisi idraulica.....	61
4.1. Garosso di Rivalta	61
4.2. Canale comunale di Rivalta.....	62
4.3. Torrente Sangone	62
4.3.1. Tronco A-C.....	65
4.3.2. Tronco C-D	67
4.3.3. Tronco D-E.....	79
4.3.4. Tronco E-F	80
4.3.5. Proposta di aggiornamento locale della delimitazione delle Fasce fluviali sulla base delle evidenze morfologiche	82
4.3.5.1. Modifiche alla Fascia A – Settore A1	83
4.3.5.2. Modifiche alla Fascia B.....	85
4.3.5.2.1. Settore B1.....	85
4.3.5.2.2. Settore B2.....	91
4.3.5.2.3. Settore B3.....	92
4.3.5.3. Modifiche alla Fascia C – Settore C1	93
5. Punti critici.....	94
5.1. Garosso di Rivalta	94
5.2. Canale Comunale di Rivalta	95
5.3. Torrente Sangone	96
6. Osservazioni conclusive	96
6.1. Interventi proposti	97
6.2. Effetti conseguenti agli interventi	99
6.3. Indirizzi per le norme di attuazione	100
7. Riferimenti	102
8. Elenco fotografie – Allegato fotografico.....	104
9. Elenco Elaborati (Aspetti idraulici).....	105
10. Elenco Allegati	105
Appendice A - Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico Hec-1 e dei criteri di elaborazione delle precipitazioni per l’ottenimento dello ietogramma di progetto (Tr 200 anni)	A-1
Appendice B - Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico hec-ras attivato in moto permanente (verifiche idrauliche).....	B-1
Appendice C - Schema di calcolo adottato dal codice numerico SWMM.....	C-1

Appendice D - Caratteristiche del codice di calcolo bidimensionale Flo-2D D-1
Appendice E - Caratteristiche del codice di calcolo bidimensionale SOBEK-RURAL E-1

1. PREMESSA

Il “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico” sollecita la verifica di compatibilità, da condurre da parte delle Amministrazioni locali, delle previsioni urbanistiche vigenti con l’effettivo stato di dissesto del territorio e, ove se ne verifichi la necessità, impone l’adeguamento degli strumenti urbanistici. Tale normativa è stata recepita a livello regionale con la D.G.R del 15 luglio 2002 n° 45-6656, che reca gli indirizzi per l’attuazione del PAI nel settore urbanistico, in particolare, ai fini dell’identificazione delle aree a diversa pericolosità. Nell’ottica di tale adeguamento, l’allegato 2 della citata Deliberazione della Giunta Regionale, riportata i criteri a cui si devono attenere gli studi idrologici e idraulici al fine di uniformare le indicazioni contenute negli studi a supporto dei P.R.G.C.. La stessa circolare contiene anche le indicazioni per armonizzare i risultati degli studi di approfondimento, nell’ambito dell’adeguamento al PAI, con i criteri contenuti nella Circolare P.R.G. 8 maggio 1996 n°. 7/LAP.

Il risultato finale delle indagini resta la “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica”, redatta dal geologo incaricato e obbligatoriamente inclusa negli elaborati di Piano. Tutte le prescrizioni di carattere geologico e idrogeologico dovranno quindi essere accorpate ed inserite nelle Norme di attuazione al Piano Regolatore Comunale. Le conclusioni sono tali da risultare propedeutiche alle singole norme di carattere urbanistico (punto 11.4 della Nota Tecnica Esplicativa; REGIONE PIEMONTE, 1999).

La Regione Piemonte ha approvato la DGR 2-11830 del 28 luglio 2009 che aggiorna la precedente Direttiva del 2002, introducendo chiarimenti in merito ai criteri tecnici da adottare per le valutazioni idrauliche (in pratica l’Allegato B del 2009 sostituisce l’Allegato 3 del 2002).

Valutato che:

- i criteri contenuti nell’Allegato B della DRG 2-11830 del 28/09/2009 non risultano in contrasto con quelli presenti nell’Allegato 3 della DGR 45-6656 del 2002;

- i chiarimenti introdotti riguardano soprattutto aspetti inerenti le valutazioni idrologiche (VA.PI) ed il trasporto solido. Tali argomenti non risultano centrali al fine del presente studio;
- le osservazioni pervenute dai Settori regionali competenti in merito alle problematiche idrogeologiche fanno riferimento alla documentazione presentata nel febbraio 2007;

La presente documentazione (relazione ed allegati) fa riferimento ai contenuti della D.G.R. 45-6656 del 2002.

1.1. I CRITERI GENERALI DEL PAI

Il PAI (se ne veda la sintesi in REGIONE PIEMONTE, 2002) prende in esame quattro tipi di dissesti:

- a) frane;
- b) dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia;
- c) conoidi;
- d) valanghe.

Con riferimento ai dissesti dipendenti dai corsi d'acqua, il PAI distingue processi areali e lineari. Le classi di pericolosità sono stabilite in base al tempo di ritorno dell'evento. Per quanto riguarda le aree inondabili (processi areali) si propone la caratterizzazione seguente:

- Ee : aree ad alta probabilità di inondazione, indicativamente con Tr 20-50 anni (pericolosità molto elevata);
- Eb : aree a moderata probabilità di inondazione, indicativamente con Tr 100-200 anni (pericolosità elevata);
- Em : aree a bassa probabilità di inondazione indicativamente con Tr 300-500 anni (pericolosità media / moderata);

Per quanto riguarda gli eventi connessi ai corsi d'acqua, la severità del fenomeno dipende dal valore della portata, a sua volta dipendente dalle precipitazioni sul bacino.

Si ricorda (CANCELLI, 1999 e bibliografia ivi citata) che la valutazione del rischio discende dalla relazione

$$R = H \cdot V \cdot E$$

in cui:

H *pericolosità* dell'evento, ossia probabilità che l'evento temuto si verifichi in un numero n di anni ritenuto significativo. La pericolosità è deducibile dalla

formula $H = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n$ in funzione del tempo medio di ritorno dell'evento

(espresso in anni). Per quanto riguarda il tempo medio di ritorno, si ricorda ancora che esso è definito come inverso della probabilità di superamento dell'evento, quindi $F' = 1/Tr$ definibile, in base alle normali procedure di elaborazione dei dati idrologici estremi, come la probabilità annua di accadimento di un evento pari o superiore a quello di riferimento. In merito al criterio di assegnazione del valore di n, si ritiene utile fare riferimento alla vita media dell'opera di proteggere o al periodo di ammortamento del bene;

V *vulnerabilità* del sito, espressa da un valore compreso fra 0 ed 1 in funzione del grado di danneggiamento che il bene o il servizio può subire dall'evento di riferimento (0 = nessun danno; 1 = distruzione totale)

E *valore economico* del bene o del servizio

L'originaria Circolare 7/LAP del 1996 e le successive direttive contenenti i criteri di armonizzazione al PAI non fanno specifico riferimento alla redazione di carte della vulnerabilità dei siti oggetto di indagine. La vulnerabilità, per esempio al pericolo di allagamento, è immanente nel sito stesso e non è influenzata dalla riduzione della pericolosità mediante interventi strutturali, che risultano invece efficaci ai fini della riduzione del rischio. La vulnerabilità può essere ridotta solo con interventi mirati a correggere le caratteristiche topografiche del sito o, con efficacia ridotta, provvedimenti a scala di singolo intervento che caratterizzano, per esempio, le proposte di utilizzazione delle aree collocate in Classe II ai sensi della citata circolare 7/LAP. In concreto, la

vulnerabilità può essere responsabile di inconvenienti pur dopo la realizzazione delle opere di controllo dei processi principali (1).

Le caratteristiche del territorio di Rivalta di Torino meritano un approfondimento nel senso sopra citato in quanto la realizzazione dell'organico programma di interventi sul torrente Sangone, avviato dopo l'evento del 1994 ed ormai prossimo alla conclusione, può non risolvere completamente i problemi di alcune porzioni del territorio, in quanto gli stessi dipendono dalla vulnerabilità del sito piuttosto che dalla pericolosità dei processi probabili. Le considerazioni sopra esposte trovano spazio nel successivo paragrafo 1.3.

1.2. LA DEFINIZIONE DELLE AREE A DIVERSA PERICOLOSITÀ

Sulla base delle indicazioni fornite dall'Amministrazione, la delimitazione delle condizioni di pericolosità indotte dai corsi d'acqua è avvenuta sulla base dei seguenti criteri:

- 1) Settori di territorio appartenenti al concentrico o adiacenti al corso del T. Sangone: la tipologia di analisi è riconducibile alla cosiddetta analisi approfondita (REGIONE PIEMONTE, 2002; paragrafo 2). Il criterio prevede che le condizioni di pericolosità vengano stabilite a seguito dell'analisi degli elementi fisici naturali ed antropici, dell'analisi storica e degli elementi morfodinamici, nonché di analisi idrologiche-idrauliche approfondite.
- 2) Altri settori del territorio comunale sono stati indagati mediante i criteri dell'analisi semplificata, che prevede l'analisi degli elementi fisici naturali ed antropici, dell'analisi storica e degli elementi morfodinamici.

Gli elementi in merito al livello di approfondimento dell'indagine sono sintetizzati nell'Allegato 1 e di seguito riassunti:

- a) la rete idrografica che non attraversa il concentrico (Rio Garosso di Rivoli, Rio Garosso di Tetti Neirotti, Canale Comunale di Orbassano) è già stata indagata in studi precedenti. I contenuti dei citati studi

(1) Si fa specifico riferimento alle aree collocate sul retro delle arginature che restano esposte all'allagamento, in quanto depresse, anche da acque non provenienti dal corso d'acqua principale.

sono tradotti in cartografia con il supporto di criteri morfologici stabiliti a seguito di sopralluoghi eseguiti congiuntamente al geologo incaricato.

- b) la rete idrografica che interessa il concentrico (Rio Garosso di Rivalta e Canale comunale di Rivalta) viene indagata secondo le seguenti fasi:
- valutazione idrologica delle portate di riferimento verificandone i risultati con quanto già noto (PROVINCIA DI TORINO, 1998);
 - modellazione idraulica in moto permanente con individuazione delle sezioni critiche e verifica dei franchi;
 - delimitazione delle aree Ee, Eb ed Em tramite il supporto di modelli bidimensionali.
- c) il Torrente Sangone è indagato tramite la predisposizione di un modello bidimensionale in moto vario al fine di verificare l'estensione del campo di inondazione, anche a fronte delle fasce fluviali vigenti. Inoltre, i tre attraversamenti sono stati esaminati con l'aiuto di un modello monodimensionale al fine di verificarne il franco.

1.3. INDAGINE SULLA VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO

Il Torrente Sangone è stato oggetto di un primo studio conseguente all'evento del 1981 allorché, da una ripresa aerea appositamente eseguita da Alifoto furono ricavate sezioni trasversali idonee per l'allestimento di un modello numerico sul quale furono impostati gli interventi di protezione delle sponde eseguiti successivamente dalla Regione Piemonte (2).

Un apposito studio dedicato alla definizione della pericolosità e degli interventi fu redatto nel 1997 su iniziativa della Provincia di Torino (COMUNE DI MONCALIERI, 1997), successivamente recepito nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e poi dal PAI, quindi recante la definizione delle fasce e l'indicazione degli interventi di difesa.

(2) Il Torrente Sangone non è mai stato regolato da un consorzio di 3° categoria e pertanto le eventuali opere di correzione e difesa sarebbero state a carico dei comuni, surrogati in questo compito dal Genio Civile e poi dagli uffici regionali.

Il territorio di Rivalta appare pertanto dominato dalla presenza di un tratto di Fascia B di progetto che si sviluppa per oltre due chilometri a Sud del concentrico.

Merita segnalare, a questo proposito, che gli allegati grafici contenenti la simulazione degli eventi di progetto (con tempo di ritorno 200 e 500 anni rispettivamente) non contengono indicazioni di aree inondabili all'esterno dell'alveo attivo, ad eccezione della vasta area inondabile dal rigurgito del ponte della SP 143 (3). Tuttavia, le carte contengono l'indicazione (sotto forma di frecce) di linee di corrente sul piano campagna sia in sponda sinistra (a monte del concentrico), che in sponda destra (a partire dal confine con Bruino). La segnalazione trova riscontro in un antecedente studio a carattere geologico (PETRUCCI et al., 1970) che indicò la presenza di depressioni nel piano campagna (tracce di vecchi alvei in Figura 1-1).

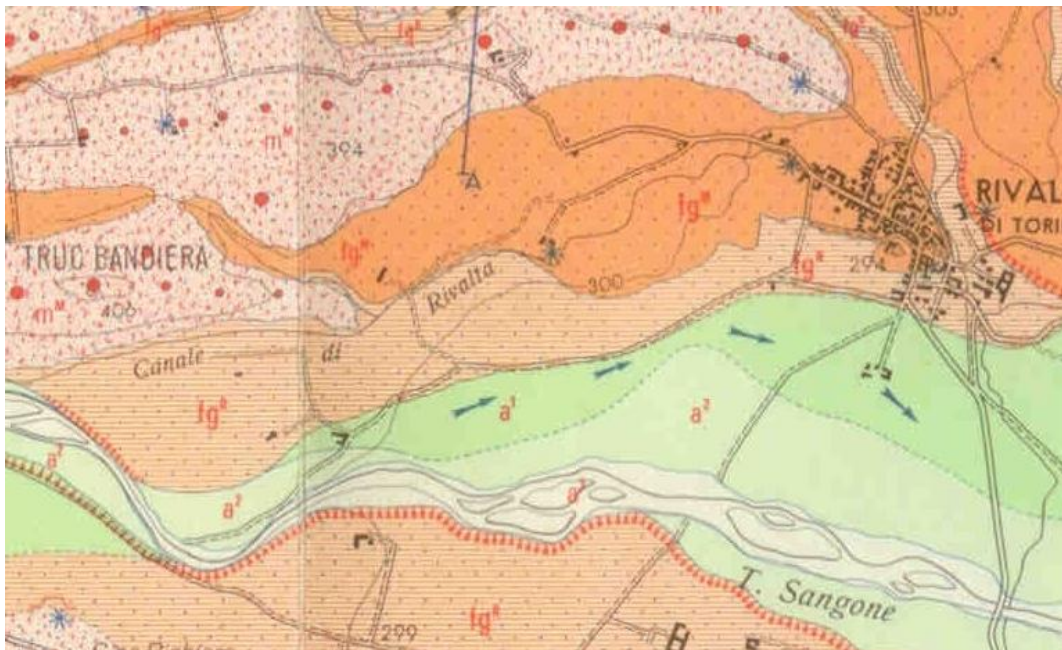


Figura 1-1. Tracce di vecchi alvei indicate in sponda sinistra del Torrente Sangone (da Petrucci et al. 1970).

Il controllo degli effetti delle piene del Torrente Sangone (principalmente, erosioni di sponda e accumulo di materiali con pericolo di straripamento) è

(3) Lo studio suggeriva il rifacimento del ponte in parola, deciso dalla Provincia di Torino dopo l'evento dell'ottobre 2000 e completato nel 2007.

stato avviato dopo l'evento del 1981 direttamente dall'allora Genio Civile, proseguito poi, con finanziamenti regionali, dal Comune dopo l'evento del novembre 1994 e intensificato con un piano organico dopo l'evento dell'ottobre 2000, allorché le previsioni di intervento si avvalsero delle prime indagini condotte in vista della revisione dello strumento urbanistico (COMUNE DI RIVALTA, 1997; 1999).

La presenza della citata Fascia B di progetto, nella redazione della bozza di carta di sintesi, portò alla collocazione in classe III di tutta la zona a tergo della fascia "di progetto". Tuttavia i diversi modelli numerici allestiti a partire dal 1997 non convalidarono mai l'inondabilità di tale area con probabilità annua di accadimento superiore al 2 per mille annuo (tempo medio di ritorno 500 anni).

Gli effetti della realizzazione dei lavori sul Torrente Sangone furono sintetizzati nella modellazione condotta nella primavera 2008 su una base topografica aggiornata estesa a tutto il tronco di Sangone a valle di Sangano. La modellazione in parola prova che non esistono le condizioni per la realizzazione dell'opera di contenimento prevista nel PAI.

Il discorso è diverso se si affronta il problema della vulnerabilità della porzione di territorio comunale compresa fra il piede del rilievo su cui sorge il centro storico e la sponda sinistra del Sangone. La topografia, ma anche la semplice osservazione, prova che la citata porzione è a quota inferiore alla sponda del Sangone e si sviluppa lungo una depressione diretta da Ovest verso Est, fino all'incontro con il Garosso di Rivalta, che scende dalla collina.

Settori urbanizzati nel corso degli ultimi decenni in adiacenza alle Vie Mellano e Piossasco sono stati ripetutamente interessati da sommersioni modeste, ma fastidiose, in occasione di piogge intense che possono portare alla crisi, singolarmente o in forma associata, del Canale comunale di Rivalta, del Garosso, della esistente rete fognaria mista.

L'amministrazione comunale ha dedicato attenzione al problema inizialmente indirizzando risorse al controllo:

- del Garosso di Rivalta (COMUNE DI RIVALTA, 1995);
- del Canale comunale di Rivalta (COMUNE DI RIVALTA, 1997)

- della rete fognaria sia mediante interventi localizzati di miglioramento della raccolta delle acque bianche, sia con radicali interventi di adeguamento delle linee e delle sezioni;

La pericolosità della porzione di territorio in oggetto, dimostrata in sede di cartografia del dissesto, deve pertanto essere attribuita non al Sangone, ma alla caratteristica conformazione del terreno, ossia alla vulnerabilità.

Allo scopo di dimostrare questo assunto, sono state allestite apposite simulazioni al fine di evidenziare la vulnerabilità dei territori in parola, indipendentemente dal tempo di ritorno degli eventi pluviometrici. Nel seguito si riporta, in forma grafica, un riassunto delle informazioni ottenute.

- 1) La prima cartografia (vedi Figura 1-2) contiene i risultati della simulazione in moto vario bidimensionale degli effetti di un apporto liquido nel settore depresso in sinistra Sangone, là dove si collocano le frecce dell'indagine geomorfologica (si veda Elaborato G2). Il fenomeno è riconducibile ad un evento piovoso il cui ruscellamento non sia intercettato dalla Bealera di Rivalta, ovvero da una crisi del convogliamento della stessa e dalla contemporanea crisi del canale scolmatore. Il fenomeno è stato simulato immettendo in una cella del reticolo del DTM una portata pari a $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (portata con tempo di ritorno ultra cinquecentennale. Le ipotesi effettuate per l'assunzione di tale valore sono fortemente cautelative e vengono riportate in Allegato 7). La modellazione mostra che la corrente si potrebbe incanalare nella depressione (resa evidente nelle sezioni illustrate in Figura 4-6, Figura 4-7, Figura 4-8) giungendo al centro abitato di cui percorrerebbe Via Mellano e Viale Vif fino a giungere al Garosso dopo aver debordato in Via Piossasco. In pratica, la corrente seguirebbe il percorso del fosso che alcuni residenti ricordano. La vulnerabilità delle aree adiacenti alle citate strade risulta provata indipendentemente dalla probabilità di accadimento dell'evento e, come si voleva dimostrare in particolare, gli eventuali inconvenienti sono indipendenti dall'attività torrentizia del Sangone.
- 2) La seconda cartografia (vedi Figura 1-3) contiene i risultati della simulazione degli effetti del transito di una ipotetica portata ultra

millenaria del T. Sangone (1000 m³/s con tr pari a circa 1500 anni). Scopo specifico della simulazione è di accertare che non si verifichino straripamenti in sponda sinistra verso il centro abitato principale, anche per valori di portata superiori a quelli previsti dal PAI. Le informazioni ricavate in merito mostrano che non vengono evidenziati straripamenti in sponda sinistra nelle condizioni attuali dell'alveo (il transito al ponte di via Piossasco, dopo l'intervento attuato nel 2009, avviene nella tolleranza del metro di franco). La debole tracimazione in sponda sinistra, in corrispondenza del cambio di direzione al confine con il Comune di Bruino, era già stata evidenziata per gli eventi di progetto (si veda Elaborato H-4)

- 3) In termini di vulnerabilità, i territori urbanizzati posti alla sinistra del T. Sangone a cavallo di Via Piossasco meritano una considerazione. La demolizione del vecchio ponte e la risagomatura dell'alveo con ripristino delle sezioni nell'intorno del manufatto esistente ha ricondotto la pericolosità entro i limiti previsti dal PAI (COMUNE DI RIVALTA 2008: *Demolizione del ponte comunale di Via Piossasco sul T. Sangone e ripristino sezioni di deflusso – Progetto esecutivo*). Allo stato attuale, pertanto, si può solo osservare che la porzione di territorio in parola, per la sua conformazione topografica, non convoglia le acque piovane verso il Sangone, ma verso la depressione costituita da Via Mellano di cui si è parlato nel punto 1). Il drenaggio resta pertanto affidato alla sola rete fognaria.

L'approfondimento, volto a individuare il grado di vulnerabilità della porzione edificata in sinistra del Torrente Sangone allo scopo di permettere una valutazione cautelativa del rischio, evidenzia che le aree riportate in Figura 1-2 risultano vulnerabili in caso di precipitazioni localizzate sulla collina, indipendentemente dallo stato idrometrico del Torrente Sangone.

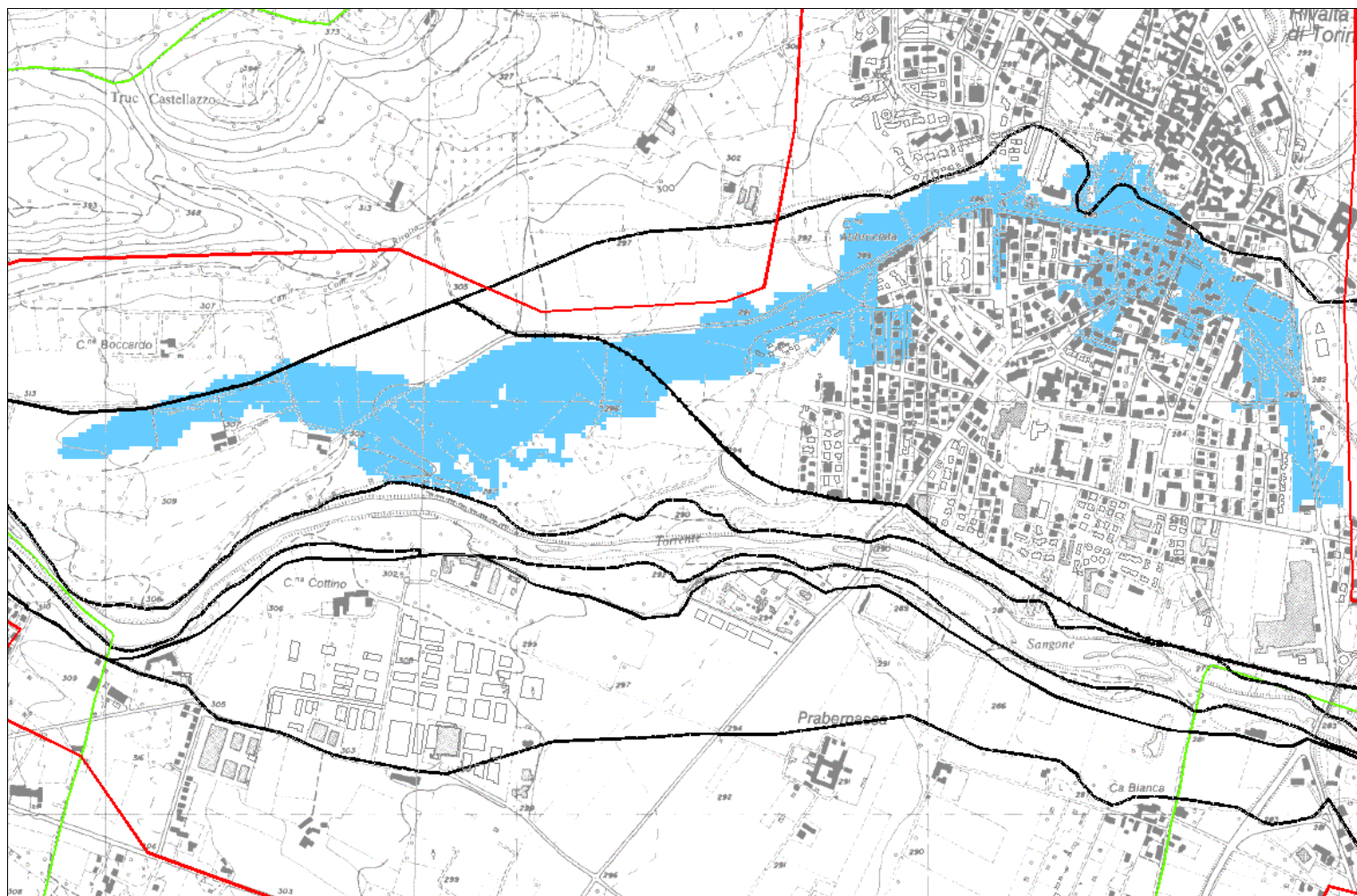


Figura 1-2. Individuazione delle aree idraulicamente vulnerabili. Ipotesi 1: simulazione degli effetti di un apporto di versante non intercettato dalla Bealera di Rivalta e dalla contemporanea crisi del canale scolmatore. La vulnerabilità delle aree così individuate è indipendente dall'attività torrentizia del T. Sangone.

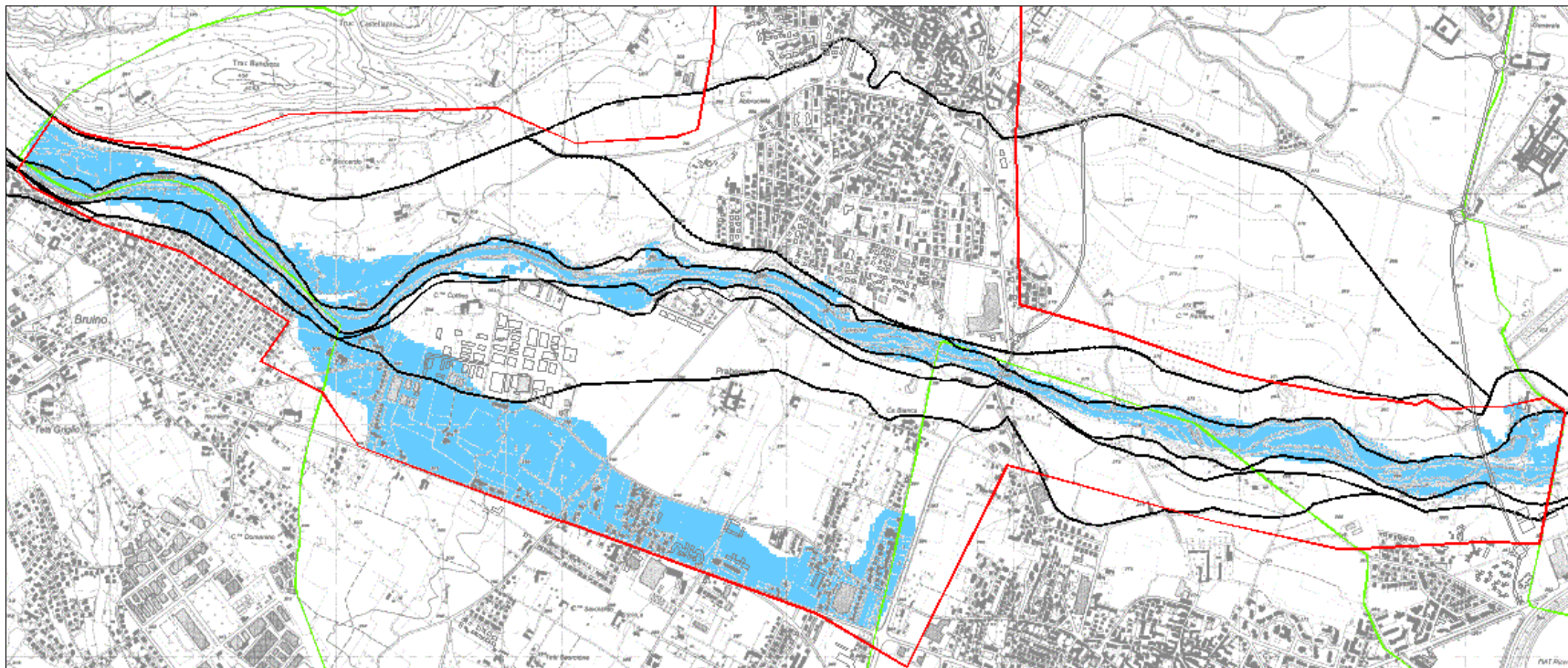


Figura 1-3. Individuazione delle aree idraulicamente vulnerabili. Ipotesi 2: simulazione degli effetti di un evento con portata al colmo ultra millenaria pari a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ (tr pari a circa 1500 anni). In figura sono in oltre rappresentati: in verde i confini comunali, in rosso il limite del confine topografico, in nero (tratteggi vari) le fasce fluviali vigenti.

1.4. LA CARTOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Le verifiche idrauliche a corredo del presente studio sono state implementate sulla base di cartografie a diverso dettaglio. Sono disponibili per il territorio in esame:

- a) la cartografia tecnica regionale a scala 1:10000, in formato sia .TIFF che vettoriale, fondata su rilievi aerofotografici del 1991;
- b) la cartografia provinciale alla scala 1:5000;
- c) la restituzione di un rilievo aerofotogrammetrico del solo concentrico abitato (volo del giugno 2001, tolleranza altimetrica $\pm 0.1-0.15$ m);
- d) la restituzione di un rilievo aerofotogrammetrico dell'alveo del T. Sangone e dei territori adiacenti con estensione minima pari all'ampiezza delle fasce fluviali (volo dell'aprile 2008, tolleranza altimetrica ± 0.2 m).

Si richiama inoltre l'attenzione sui seguenti aspetti:

- Il territorio di Rivalta di Torino è stato interessato dalla realizzazione di importanti assi stradali, non riportati nella cartografia ufficiale, ma sintetizzati alla scala 1:10000 sulla base della CTR.
- La carta della rete idrografica naturale e dei tratti artificializzati è sintetizzata nell'Elaborato G4.
- L'Allegato 1 riporta la tipologia di analisi sviluppata lungo la rete idrografica.
- L'Allegato 4 schematizza l'asta del Torrente Sangone con la suddivisione nei tratti utilizzati per la descrizione nel testo.

2. ANALISI IDROLOGICA

La caratterizzazione idrologica dei corsi d'acqua che interessano il territorio comunale di Rivalta viene effettuata secondo i seguenti criteri:

- 1) per la rete idrografica che non attraversa il concentrico (Rio Garosso di Rivoli, Rio Garosso di Tetti Neirotti, Canale Comunale di Orbassano) vengono riportati i valori di portata emersi da studi idrologici precedenti (PROVINCIA DI TORINO, 2000);
- 2) per la rete idrografica che interessa il concentrico (Garosso di Rivalta e Canale comunale di Rivalta) si è fatto riferimento a schemi

di calcolo basati sulla determinazione indiretta delle portate in funzione delle precipitazioni fornite dal PAI (AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME Po, 2001-b);

- 3) per il Torrente Sangone si fa riferimento alle portate impiegate dall’Autorità di Bacino del fiume Po per la stesura dell’Addendum 3 al PAI *“Progetto di delimitazione delle fasce fluviali, Torrente Sangone”*;

Per l’indagine della rete idrografica minore e del territorio oggetto di studio, si è ritenuto opportuno non impiegare il modello di calcolo VA.PI Piemonte in quanto *“i risultati del modello VA.PI, per bacini di pianura inferiori a 100 km², debbono ritenersi puramente indicativi”* § Modello VAPI Piemonte (CNR-CUGRI).

2.1. STATO DELLE CONOSCENZE: RETE IDROGRAFICA MINORE E TORRENTE SANGONE

Gli studi in merito sono stati reperiti presso l’Ufficio Tecnico Comunale. Di seguito si riassumono gli elementi caratterizzanti gli aspetti idraulici.

2.1.1. RETE IDROGRAFICA MINORE

La rete idrografica minore del Comune di Rivalta è stata indagata, in precedenza, in occasione della redazione di specifici progetti.

Per la redazione del presente studio sono stati consultati gli approfondimenti commissionati da:

- Comune di Rivalta: *“Intervento di sistemazione idraulica Rivo Garosso di Roncaglia tratto da via Einaudi all’inserimento dell’alveo del torrente Sangone (1995)”*. Da questo approfondimento sono state tratte indicazioni in merito alla geometria del Rivo Garosso;
- Provincia di Torino la quale, a fine 1997, ha finanziato lo studio delle rete idrografica nel settore interessante l’Ospedale San Luigi allo scopo di rappresentare il comportamento idraulico in condizioni di piena dei corsi d’acqua naturali e artificiali. Lo studio (PROVINCIA DI TORINO,1998) comprende:
 - a) una indagine conoscitiva per raccogliere tutte le informazioni;

- b) la caratterizzazione delle situazioni di pericolo di allagamento preliminare alla quantificazione del rischio (nel corso degli anni '90, l'area oggetto di studio è stata interessata da eventi alluvionali che, pur non coinvolgendo gli edifici, ne hanno determinato l'isolamento);
- c) la definizione degli interventi di adeguamento e protezione necessari per mitigare l'entità del rischio (per lo più ricadenti in territorio di Orbassano intorno all'area dell'Ospedale San Luigi).

L'individuazione delle situazioni di insufficiente capacità di convogliamento è stata condotta mediante modellazione in moto permanente previo rilievo delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua.

I risultati sono riassunti in una tavola (qui riprodotta in Allegato 2) contenente le capacità di convogliamento della rete e la situazione in corrispondenza delle opere di attraversamento. Il documento viene qui utilizzato per definire, a fronte dei rilievi geomorfologici, l'estensione delle aree a diversa pericolosità.

Le valutazioni seguono la determinazione delle portate di riferimento, i cui valori sono di seguito presentati con riferimento ai corsi d'acqua disposti nell'ordine da Nord a Sud.

Il calcolo delle portate deriva da una analisi pluviometrica condotta costruendo le curve di probabilità pluviometrica dall'analisi probabilistica delle precipitazioni osservate in sette stazioni pluviografiche (Venaria, Collegno, Cumiana Bivio, Moncalieri, Coazze, Torino-idrografico, Torino-Millefonti) ed estese a durate inferiori a un'ora. L'analisi è stata condotta secondo due metodi, di cui il secondo risulta più cautelativo. Infine, le curve prodotte con i due metodi sono state confrontate con il metodo TCEV all'epoca proposto dalla Regione Piemonte. I risultati prodotti dal secondo metodo sono risultati più cautelativi a fronte dei valori osservati su tutto il campo delle durate da 5 minuti a 24 ore.

In definitiva, i valori usati sono riassunti nella seguente tabella, a fronte delle equazioni ricavate in base alle indicazioni del PAI (celle pluviometriche).

Tabella 2-1 – Valori dei parametri delle linee di probabilità pluviometrica per durate da 1 a 24 ore ricavate secondo metodo probabilistico e secondo le indicazioni del PAI

Metodo probabilistico	Cella pluviometrica PAI
$h [Tr 20] = 47.52 t^{0.313}$	$h [Tr 20] = 47.93 t^{0.332}$
$h [Tr 50] = 55.7 t^{0.313}$	$h [Tr 50] = 55.8 t^{0.331}$
$h [Tr 100] = 61.87 t^{0.313}$	$h [Tr 100] = 61.8 t^{0.33}$
$h [Tr 200] = 68.02 t^{0.314}$	$h [Tr 200] = 67.18 t^{0.332}$

I valori appaiono congruenti, per gli scopi di una analisi non approfondita, e pertanto non sono stati aggiornati e le portate calcolate con il metodo razionale (PROVINCIA DI TORINO, 1988; allegato 6) ritenute accettabili.

La suddivisione territoriale in sottobacini effettuata per la compilazione del citato studio viene riportata in Allegato 3.

2.1.1.1. RIO GAROSSO DI TETTI NEIROTTI

Il Garosso di Tetti Neirotti è un modesto corso d'acqua, a breve percorso (3 km circa) che ha inizio al piede della collina di Rivoli. Originariamente, al momento della citata indagine della Provincia di Torino, riceveva le acque di un collettore bianco, ora dirottato nella rete fognaria. Il percorso del Garosso è interrotto, nei pressi della Cascina Dojrone, dal canale Comunale di Orbassano oltre il quale naturalmente sarebbe proseguito nella depressione esistente.

Le portate (bacino B06 in Allegato 3) ricavate nel citato studio tramite un modello afflussi-deflussi della Provincia di Torino sono di seguito riportate:

Bacino	tr 5 (mc/s)	tr 20 (mc/s)	tr 200 (mc/s)
B06	7.4	10.2	14.8

2.1.1.2. RIO GAROSSO DI RIVOLI

Il Garosso di Rivoli drena un corridoio compreso fra Rivoli e Rivalta e prosegue fino alla confluenza nel T. Sangone, dopo aver lambito, in un alveo di

nuova realizzazione, il lobo meridionale dello smistamento ferroviario di Orbassano.

In territorio di Rivalta, il Garosso di Rivoli attraversa il Canale di Orbassano nei pressi della strada che collega Rivalta con Grugliasco in corrispondenza di una briglia. In corrispondenza di questo manufatto, la portata del Canale di Orbassano è controllata da uno stramazzo laterale, che introduce gli apporti in esubero dal Canale di Orbassano al Garosso di Rivoli.

Le portate del Garosso di Rivoli determinate all'attraversamento del Canale Comunale di Orbassano (bacino B05 in Allegato 3) ricavate nel citato studio sono di seguito riportate:

Bacino	tr 5 (mc/s)	tr 20 (mc/s)	tr 200 (mc/s)
B05	27.9	38.8	56.1

2.1.1.3. CANALE COMUNALE DI ORBASSANO

Il canale irriguo deriva le acque della Dora Riparia all'altezza della centrale idroelettrica di Alpignano. Il canale riceve, in Loc. Dojrone, il Garosso di Tetti Neirotti e alimenta il canale Gonzole. Più a valle il canale bypassa il Garosso di Rivoli tramite un sifone e, raggiunto l'abitato di Rivalta attraversa, mediante un ponte canale, il canale comunale di Rivalta e tramite sifone il Garosso di Rivalta. Si fa notare che abitualmente a seguito di eventi temporaleschi si verificano allagamenti, soprattutto in corrispondenza della confluenza dei principali affluenti.

Le portate del canale comunale di Orbassano sono pari al contributo degli affluenti e della portata originatasi sul bacino B15 (vedi Allegato 3) la cui entità è pari a:

Bacino	tr 5 (mc/s)	tr 20 (mc/s)	tr 200 (mc/s)
B15	2.7	3.8	5.6

2.1.2. IL TORRENTE SANGONE

La prima stesura del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali non includeva il Torrente Sangone tra i corsi d'acqua delimitati dalle fasce fluviali, infatti queste ultime sono state delimitate ed approvate a seguito dell'adozione del documento "Addendum 3. Progetto di delimitazione delle fasce fluviali: Torrente Sangone". Il documento citato riporta le fasce fluviali ma trascura la descrizione degli idrogrammi impiegati per giungere alla loro delimitazione.

Il Torrente Sangone è stato oggetto, in un recente passato, di altri studi idrologici utilizzati al fine di identificare le portate di riferimento.

In particolare, al fine della redazione del presente studio si fa riferimento allo "Studio idrogeologico e ambientale dell'intero bacino del Torrente Sangone" condotto da HYDRODATA per conto della Provincia di Torino, che individua, per la sezione di interesse, riportata in Figura 2-1, i valori di portata al colmo riportati nella Tabella 2-2. Tali valori saranno impiegati per la delimitazione delle aree a diversa pericolosità.

Tabella 2-2. Valori di portata al colmo individuati, per la sezione di interesse, dallo "Studio idrogeologico e ambientale dell'intero bacino del Torrente Sangone".

Q Tr 100 anni [m3/s]	Q Tr 200 anni [m3/s]	Q Tr 500 anni [m3/s]
750	820	900



Figura 2-1. Schema idrografico e sezione di chiusura di riferimento (da "Studio idrogeologico e ambientale dell'intero bacino del Torrente Sangone").

2.2. RETE IDROGRAFICA ATTRAVERSANTE IL CONCENTRICO: DETERMINAZIONE DELLE PORTATE

La determinazione della portata di riferimento e la verifica idraulica delle condizioni di convogliamento viene condotta in conformità con le indicazioni fornite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) che, nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", (riportata nell'allegato 7 delle Norme di Attuazione) riferisce i criteri di calcolo e la procedura di riferimento.

La portata di riferimento in oggetto è pertanto ottenibile secondo due procedure raccomandate la Direttiva sopra citata:

- a) impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili relativi a una porzione di territorio omogenea rispetto ai fenomeni di piena;
- b) analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e impiego di modelli afflussi-deflussi per la trasformazione in portate.

La stessa Direttiva precisa che, per quanto riguarda il primo metodo, "il campo di validità dei modelli di regionalizzazione comprende i bacini idrografici con superfici comprese all'interno dell'intervallo definito dal valore minimo e massimo per i quali si dispone di serie storiche sufficientemente estese". La costruzione di un modello di regionalizzazione richiede pertanto uno studio idrologico su vasta scala, che non è normalmente compatibile con le esigenze di progettazione o di verifica idraulica di un singolo bacino, soprattutto se di dimensioni modeste. La stessa Direttiva segnala che quando "l'applicazione può condurre a margini di incertezza elevati è necessario ricorrere all'impiego di procedure appartenenti alla seconda categoria sopra indicata", pertanto si è proceduto con la modellazione afflussi-deflussi.

A tal fine occorre disporre di un'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche.

2.2.1. RIO GAROSSO DI RIVALTA

Il Rio Garosso di Rivalta (che in alcuni tratti prende il nome di Rio S. Quirico) drena i rilievi morenici posti alle spalle di Alpignano e percorre la valle in cui è costruito l'abitato di Villarbasse pervenendo al Villaggio Aurora da dove ha inizio il tratto che attraversa l'abitato di Rivalta. Al fine di determinare le portate di riferimento la sezione di chiusura è stata posta all'inizio del tratto canalizzato (vedi Figura 2-2). Il bacino idrografico sotteso ha superficie pari a circa 9 Km².

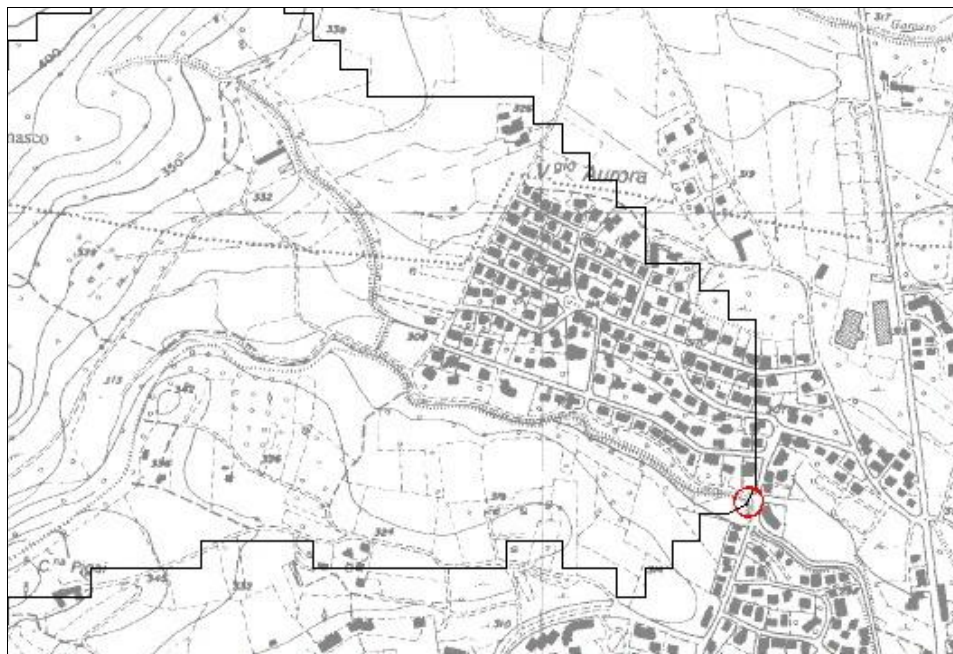


Figura 2-2. Sezione di chiusura del bacino del Rio Garosso di Rivalta posta tra il Villaggio Aurora ed il concentrico di Rivalta. (coordinate Gauss-Boaga N=4988484, E=1383369).

2.2.1.1. PRECIPITAZIONI DI RIFERIMENTO

Per procedere con l'applicazione dei modelli afflussi-deflussi è necessario poter disporre di un'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

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

in cui h è l'altezza di pioggia (in mm), t la durata della pioggia (in ore), i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

2.2.1.1.1. PLUVIOMETRIA DI RIFERIMENTO

Al fine dell'ottenimento degli idrogrammi di progetto si è scelto di utilizzare i parametri proposti nella Direttiva 2 del PAI (2001) che fornisce, sulla base delle elaborazioni puntuali, una interpretazione della variabilità spaziale dei parametri pluviometrici con il metodo del kriging dei parametri a ed n delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 Km di lato.

La cella pluviometrica AN 106 si trova in posizione grosso modo baricentrica rispetto al bacino del Rio Garosso di Rivalta, pertanto si accetta che i coefficienti espressi, di seguito riportati, siano quelli medi del bacino.

Cella **AN 106** di coordinate UTM N 4989000, E 379000 (vertice S-W):

$$h [\text{Tr } 20] = 47.93 t^{0.332}$$

$$h [\text{Tr } 100] = 61.8 t^{0.33}$$

$$h [\text{Tr } 200] = 67.18 t^{0.332}$$

$$h [\text{Tr } 500] = 75.53 t^{0.329}$$

da cui sono stati ricavati per interpolazione i coefficienti per $\text{tr} = 50$ anni:

$$h [\text{Tr } 50] = 55.8 t^{0.331}$$

Tali coefficienti pluviometrici sono impiegati per determinazione della portata di progetto. L'elaborazione dello ietogramma di riferimento è stata effettuata partendo dall'osservazione che le precipitazioni critiche sono originate da eventi non uniformi nel tempo (con periodi di differente intensità) e nello spazio (in località diverse piove con intensità differente). Gli ietogrammi di progetto sono stati elaborati considerando i criteri esposti in Appendice A - .

2.2.1.1.2. IETOGRAMMA DI PROGETTO

I criteri esposti hanno portato a determinare che l'altezza di pioggia degli eventi di progetto (durata 5 ore) descritti in Tabella 2-3.

Tabella 2-3. Ietogrammi di progetto (Tr 50, 200 e 500 anni), descritti con un passo temporale di 15 minuti, per la durata di pioggia critica di 5 ore, riferiti alla cella pluviometrica AN 106.

Tempo (hh:mm)	Altezze (mm)		
	Tr 50	Tr 200	Tr 500
0:00	-	-	-
0:15	3.2	3.8	4.2
0:30	3.2	3.8	4.2
0:45	3.2	3.8	4.2
1:00	3.2	3.8	4.2
1:15	3.2	3.8	4.2
1:30	3.2	3.8	4.2
1:45	3.2	3.8	4.2
2:00	3.2	3.8	4.2
2:15	3.2	3.8	4.2
2:30	3.2	3.8	4.2
2:45	3.2	3.8	4.2
3:00	3.2	3.8	4.2
3:15	3.2	3.8	4.2
3:30	3.2	3.8	4.2
3:45	3.2	3.8	4.2
4:00	9.5	11.5	12.8
4:15	9.5	11.5	12.8
4:30	9.5	11.5	12.8
4:45	9.5	11.5	12.8
5:00	9.5	11.5	12.8

2.2.1.2. MODELLAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

La mancanza di dati provenienti da osservazioni di portata e la necessità di commisurare il valore della portata di riferimento ad una probabilità di superamento rendono necessario il ricorso a modelli afflussi-deflussi per la trasformazione in portate delle altezze di pioggia osservate o assunte come riferimento.

La modellazione idrologica afflussi-deflussi per il reticolo idrografico del Rio Garosso di Rivalta è stata effettuata mediante impiego del codice di calcolo Hec-1 alimentato con uno ietogramma di durata crescente fino a trovare la condizione che produce il valore massimo della portata al colmo, in diverse

condizioni di imbibizione iniziale del suolo. La procedura tiene conto della copertura vegetale. La descrizione dello schema della formazione del deflusso e del modello numerico sopra citato è riportata in Appendice A - .

2.2.1.2.1. ALLESTIMENTO DELLA BASE MORFOMETRICA

L'esame del bacino è stato condotto con riferimento ai prodotti cartografici disponibili presso la Regione Piemonte. I parametri morfometrici sono stati dedotti dal DTM della Regione Piemonte che ha maglie di 50×50m, derivato dalla rete di appoggio per la redazione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10 000.

I dati altimetrici sono stati elaborati in ambiente WMS[®], prodotto dalla Boss di Madison, che restituisce i dati morfometrici (con i limiti di incertezza connessi con la tolleranza del DTM) e, mediante il codice Topaz, permette di ricavare da un DEM le direzioni di flusso, le linee di drenaggio ed i sottobacini, rendendoli disponibili in ambiente GIS (vedi Figura 2-3). Il bacino così delimitato è stato successivamente suddiviso in sottobacini di dettaglio tale da permettere la modellazione afflussi – deflussi.

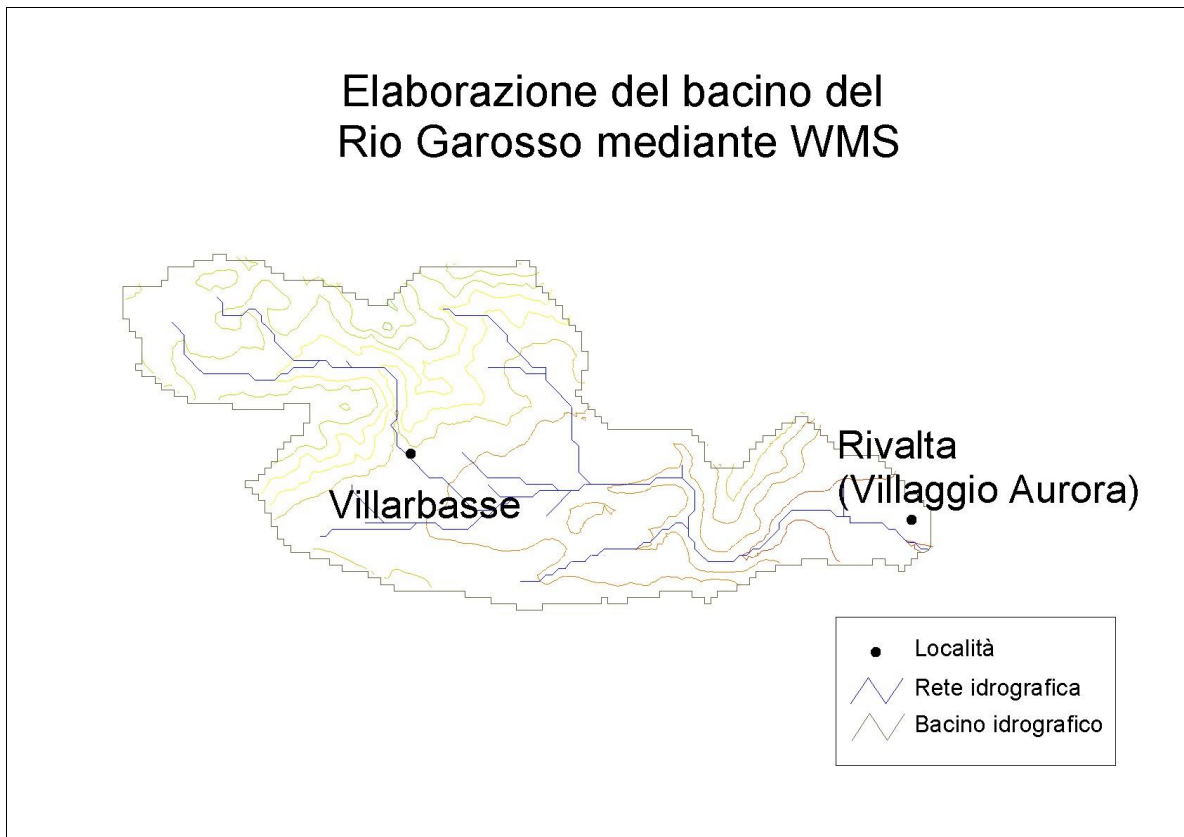


Figura 2-3. Bacino idrografico del Rio Garosso di Rivalta alla sezione di chiusura. La figura deriva dal trattamento del DTM della Regione Piemonte, da cui sono tratte le curve di livello rappresentate. La delimitazione del bacino idrografico e della rete idrografica è stata ottenuta con il codice Topaz in ambiente Boss-WMS®.

I parametri morfometrici del Rio Garosso di Rivalta, per la porzione di bacino considerato alla sezione di chiusura, sono i seguenti:

Area sottesa	9.4 km ²
Lunghezza dell'asta principale	8.0 km
Altitudine media	401 m
Pendenza media dei versanti	0.114 m/m
Pendenza media dell'asta	0.023 m/m

2.2.1.2.2. ASSEGNAZIONE DELL'AMC

Al fine della determinazione del CN è stata ipotizzata la condizione di stato di imbibizione media (AMC-II). Tale condizione è stata posta nella convinzione

che, in bacini collinari, non sia corretto attribuire alle precipitazioni antecedenti il ruolo che esse possono avere in territori di pianura.

Occorre infatti considerare che, in bacini collinari di ridotta estensione, l'esaurimento della piena avviene in tempi brevi e pertanto, dopo intervalli dell'ordine di ore e non di giorni, si deve ritenere che il terreno e la rete idrografica siano pressoché in condizioni indisturbate. Inoltre, poiché sembra doversi riconoscere lo sfasamento del periodo di fusione della neve, caratterizzato dai valori più elevati di AMC, rispetto a quello delle precipitazioni con maggiore intensità e durata (da giugno a settembre, in cui i valori di AMC sono meno elevati) si ritiene opportuno adottare la condizione di imbibizione media (AMC-II).

2.2.1.2.3. ASSEGNAZIONE DEL CN

L'assegnazione del valore di CN a ciascun sottobacino, è avvenuta mediante l'incrocio fra l'informazione relativa alla copertura e quella relativa al tipo idrologico di suolo. Tale operazione è effettuata dal codice WMS una volta resi disponibili la delimitazione dei sottobacini, la carta del tipo idrologico del suolo, la carta della copertura, la tabella che associa il valore numerico attribuito a ciascun tipo di copertura al relativo valore di CN (vedi Tabella 2-4).

I dati richiesti sono stati ottenuti dalle seguenti fonti:

- 1) I dati riferiti alla copertura del suolo sono stati ricavati dalla cartografia tematica (Uso del Suolo Piemonte scala 1:100 000) distribuita dalla Regione Piemonte in ambiente ArcView (in formato E00 o come shapefile) ed elaborata dal CSI – Piemonte (vedi Figura 2-4)⁽⁴⁾;
- 2) Il comportamento idrologico del suolo (determinato dal tipo idrologico), in assenza di cartografia specifica, è stato dedotto dalle informazioni

⁽⁴⁾ I dati corrispondono alla classificazione dell'uso attuale del suolo presente sulla Carta Fisionomica della vegetazione prodotta dall'IPLA. Le classi tematiche derivano da fotointerpretazione di foto aeree (voli a colori del 1976-1980) e rilievo diretto eseguito nel 1986. Nella classificazione si è fatto riferimento alle definizioni delle classi di Capacità d'uso di suoli, verificando la congruenza tra le stesse ed i tipi di occupazione del suolo. La produzione di questa carta deriva da fotointerpretazione di foto aeree a colori (1979-80 per le province di Torino e Cuneo, 1976-78 per le altre province) e rilievo diretto, utilizzando la Carta topografica IGM alla scala 1:100 000 come base.

ricavabili dalla Carta del Drenaggio pubblicata da IPLA e disponibile in rete in formato .pdf alla scala 1:50000 (la carta pertanto deve essere digitalizzata per renderla accessibile all'impiego). La legenda della carta descrive sette classi di drenaggio decrescenti da "rapido" a "impedito". A ciascuna classe è stato attribuito un tipo idrologico di suolo secondo la classificazione SCS (da A a D, in senso decrescente di drenaggio). L'associazione proposta risulta pertanto dalla Tabella 2-5, che riporta anche i valori di velocità di infiltrazione secondo SCS (DODSON, 1995; pag. 5-10). IPLA non ha classificato in dettaglio i suoli di fondovalle, che sono pertanto stati attribuiti ad una Classe 0 e considerati molto permeabili. Le elaborazioni delle informazioni sono state effettuate in ambiente GIS e identificano il suolo, nel perimetro del bacino in esame, come tipo B e tipo C (si veda la Figura 2-5).

A seguito delle ipotesi assunte e delle elaborazioni effettuate mediante il codice di calcolo WMS è possibile esprimere il seguente valore medio: CN medio 73.8, riferito ad AMC-II.

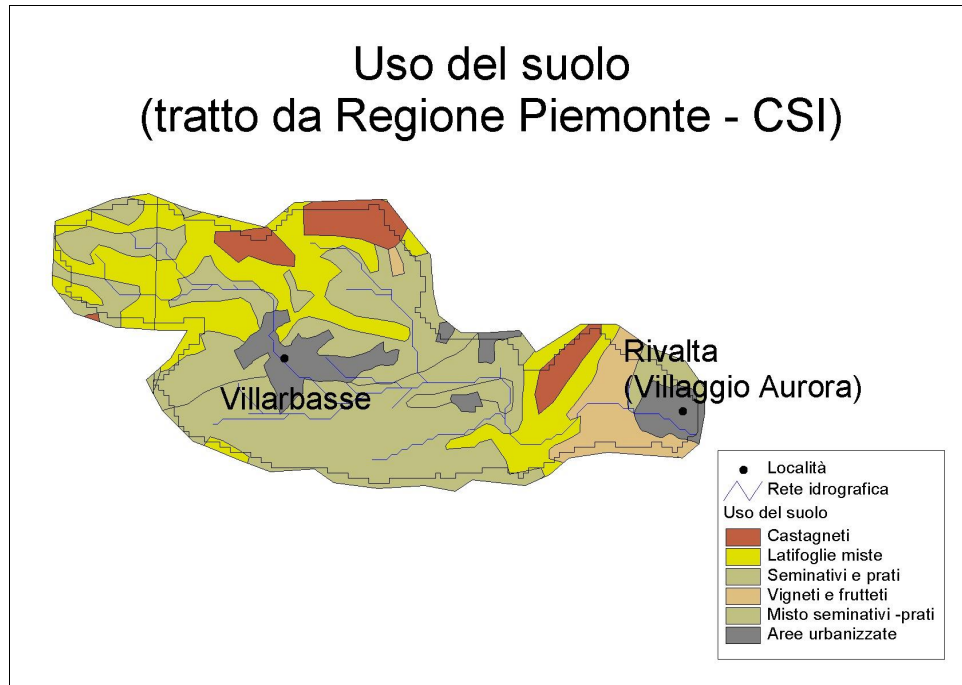


Figura 2-4. Estratto della carta dell'uso del suolo per il bacino idrografico del Rio Garosso di Rivalta, distribuita ed elaborata dalla Regione Piemonte – CSI (scala di acquisizione 1: 100 000).

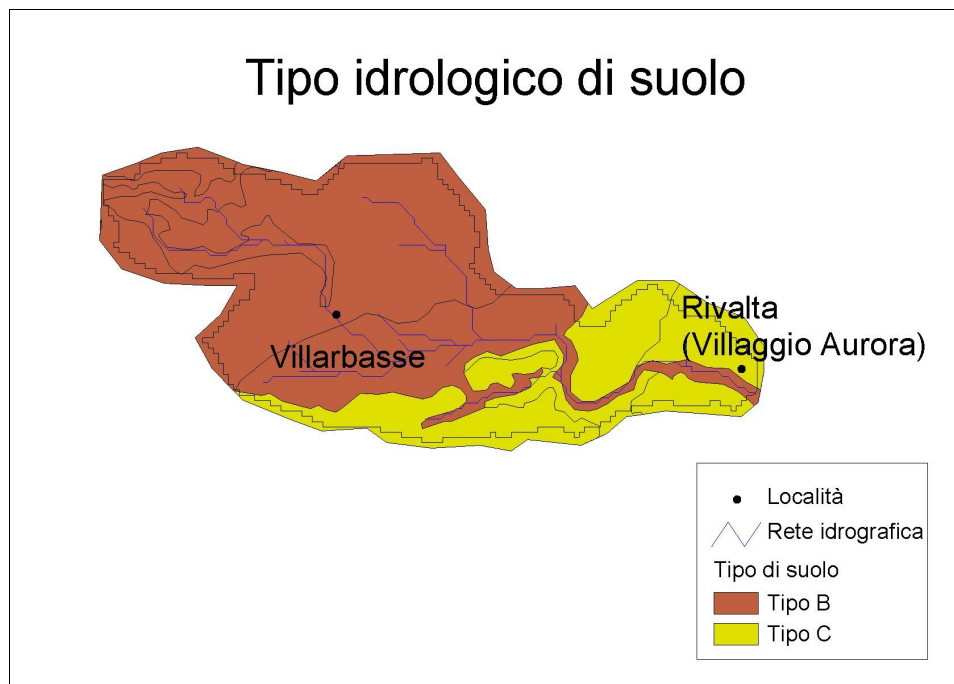


Figura 2-5. Deduzione del tipo idrologico di suolo (secondo la classificazione proposta dal S.C.S.) derivante dall'incrocio di informazioni reperite dalla Carta del Drenaggio distribuita dall' IPLA.

Tabella 2-4. Valori di CN attribuiti alle varie categorie di copertura ed uso del suolo riportati nelle carte fornite dalla Regione Piemonte riferiti ai tipi di suolo A, B, C e D secondo quanto previsto nel metodo del S.C.S., riferiti a condizioni di imbibizione media (CN_{II}).

Codice	Copertura e uso del suolo	CN (con AMCII)			
		Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D
2	Castagneti	36	60	73	79
8	Latifoglie miste	36	60	73	79
21	Seminativi e prati avvicendati	64	75	83	85
25	Vigneti, frutteti e nocioleti	70	79	84	88
31	Misto Seminativi e prati avvicendati, Vigneti, frutteti e nocioleti	64	75	83	85
99	Aree urbanizzate	77	85	90	92

Tabella 2-5. Attribuzione del tipo idrologico di suolo (secondo SCS) alle classi di drenaggio (fonte IPLA).

Classe (IPLA)	Drenaggio	Tipo idrologico	Velocità di infiltrazione (mm/ora)
0	Suoli di fondovalle	A	7.5÷11.25
1	Rapido	A	
2	Moderatamente rapido	B	3.75÷7.5
3	Buono	B	
4	Mediocre	C	1.25÷3.75
5	Lento	C	
6	Molto lento	D	0.00÷1.25
7	Impedito	D	

2.2.1.3. IL CALCOLO DELLA PORTATA

Le ipotesi esposte nei paragrafi precedenti hanno portato ad identificare gli idrogrammi di progetto, riferiti alla sezione di chiusura, descritti in Figura 2-6.

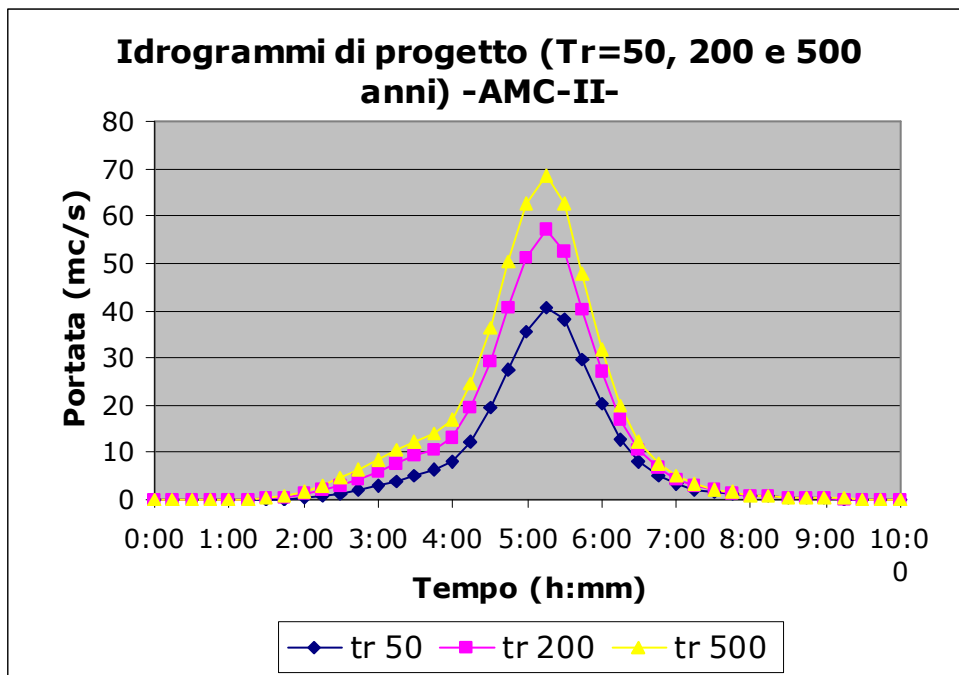


Figura 2-6. Idrogrammi di progetto riferiti agli eventi con Tr 50, 200 e 500 anni.

2.2.1.4. RISULTATI

A seguito di quanto esposto, la portata al colmo per gli eventi di riferimento è pari a:

- Tr 50 anni : 40.8 m³/s (definizione delle aree "Ee" ad alta probabilità di inondazione);
- Tr 200 anni : 57 m³/s (definizione delle aree "Eb" a moderata probabilità di inondazione);
- Tr 500 anni : 69 m³/s (definizione delle aree "Em" a bassa probabilità di inondazione);

Tali valori vengono adottati per le verifiche idrauliche in moto permanente. Si fa notare che a valle della sezione di chiusura tutti gli attraversamenti risultano insufficienti al convogliamento delle portate di progetto. Essendo necessario quantificare l'entità dell'esonazione viene applicata la seguente procedura:

- a) predisposizione di un modello in moto permanente della rete di drenaggio per la determinazione la massima portata convogliabile;
- b) individuazione dei punti critici;
- c) quantificazione della portata tracimata. Tali risultati saranno impiegati nella simulazione in moto vario destinate ad individuare le aree a diversa probabilità di inondazione (vedi par. 3.1.2);

Il tronco in esame è in grado di convogliare una portata massima di circa 13 m³/s (vedi Figura 2-7 e Allegato 5). La portata di 20 m³/s risulta il valore limite oltre il quale tutti gli attraversamenti risultano insufficienti (vedi Figura 2-8 e Allegato 5). Dalla verifica idraulica risulta che l'attraversamento di via G. Griva, raffigurato in Foto 2 (RS 145) è quello in grado di convogliare la portata maggiore (20 m³/s) pertanto si assume che la portata eccedente tale valore allaghi il piano campagna circostante. Gli idrogrammi che descrivono l'entità dell'esonazione per i previsti tempi di ritorno sono riportati in Figura 2-9 e derivano dal trattamento degli idrogrammi riportati in Figura 2-6.

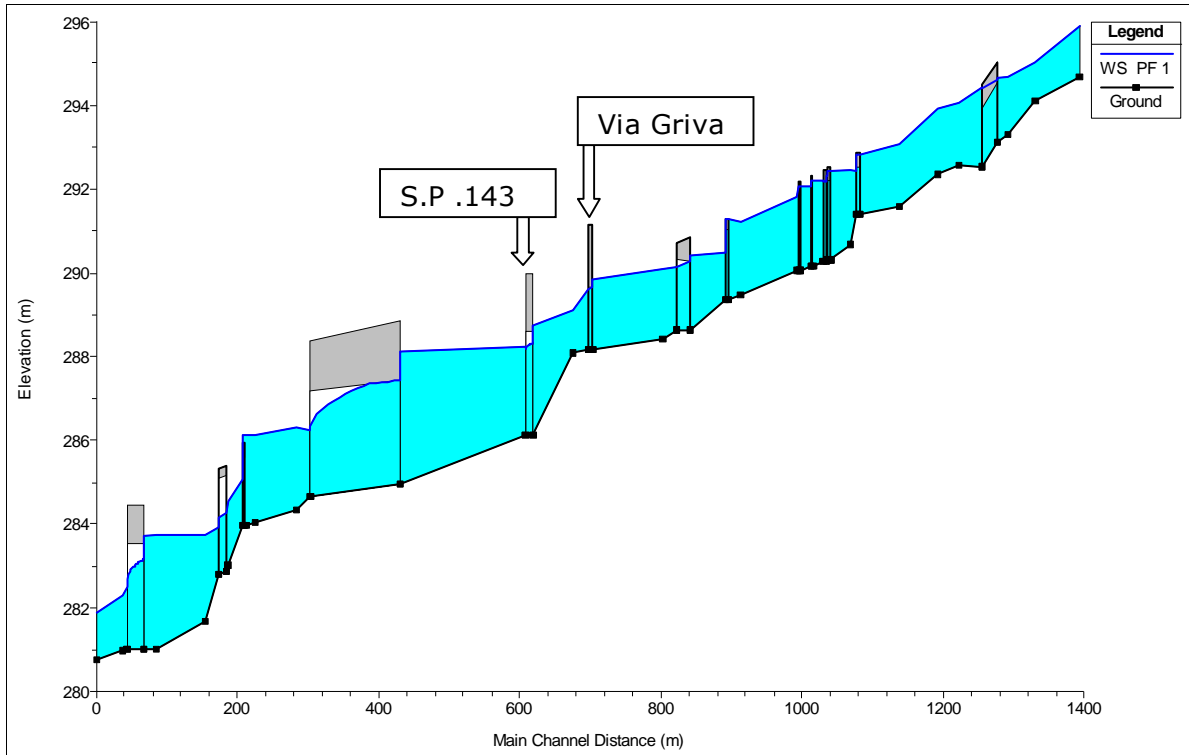


Figura 2-7. Profilo del Rio Garosso: transito della portata pari a 13 m³/s.

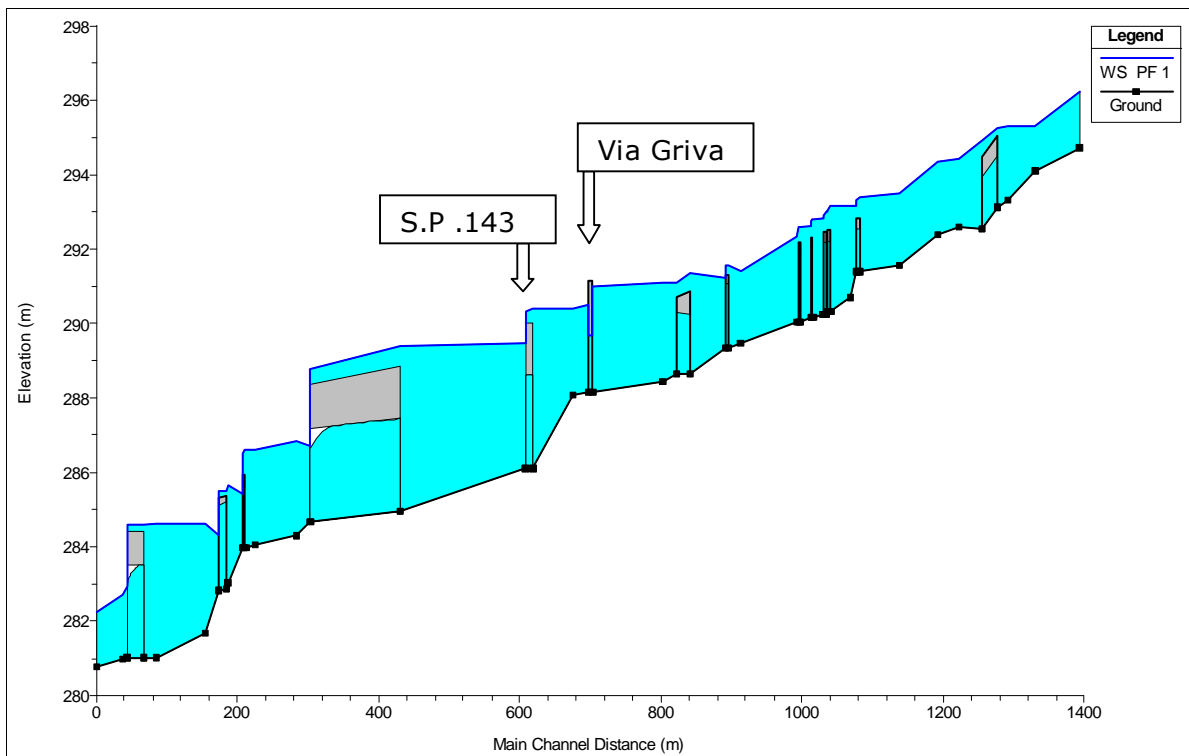


Figura 2-8. Profilo del Rio Garosso: transito della portata pari a 20 m³/s.

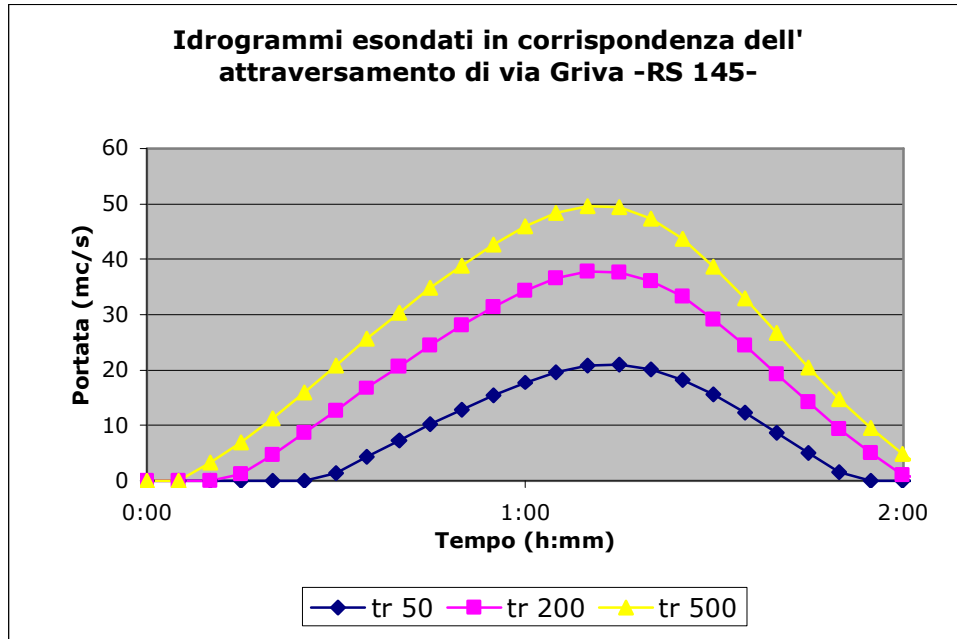


Figura 2-9. Idrogrammi corrispondenti all'esondazione all'attraversamento di via G. Griva (RS 145) impiegati nel modello di moto vario FLO2D.

La situazione descritta è sostanzialmente in accordo con quanto riassunto nell'Allegato 2, tratto dal citato studio della PROVINCIA DI TORINO (1998).

Si fa notare che l'attraversamento in corrispondenza della S.P. 143 (vedi Foto 3) all'altezza della recinzione della caserma dei vigili del fuoco risulta particolarmente critico, vista l'importanza delle infrastrutture circostanti, in quanto la sponda destra risulta notevolmente più bassa del piano stradale pertanto l'esondazione si origina con portate inferiori a 20 m³/s.

2.2.2. CANALE COMUNALE DI RIVALTA

Il Canale Comunale di Rivalta deriva acqua per utilizzazioni irrigue dalla sponda sinistra del Torrente Sangone in territorio di Trana.

Il Canale percorre a mezza costa il versante sinistro della collina morenica su cui sorge il centro storico dell'abitato di Rivalta sovrastante i nuovi insediamenti ubicati in basso verso la riva sinistra del Sangone. Lungo tale percorso, il Canale assume la funzione di canale di gronda intercettando le acque defluenti dagli impluvi soprastanti.

Ripetuti inconvenienti si sono verificati in occasione di eventi alluvionali (4-5 novembre 1996) e nubifragi localizzati (1 maggio 1996, nel 1991, 3 agosto 1988) allorché la portata convogliata dal Canale si introduce nel tratto intubato nella parte alta del centro abitato solo in parte intercettata da uno scolmatore e da vecchie derivazioni irrigue. La rete fognaria non è dimensionata per tali apporti e pertanto si rende necessario regolare l'afflusso al tratto interessante in concentrato.

IL CANALE SCOLMATORE

Il Comune di Rivalta ha commissionato una indagine, nel seguito citata come Studio preliminare, sul bacino sotteso dal Canale. Lo Studio ha posto in evidenza l'inadeguatezza del tratto finale del Canale allo smaltimento delle portate naturali affluenti. Tale situazione peggiorerebbe ulteriormente qualora si incrementasse il tasso di urbanizzazione dei bacini collinari. Le conclusioni dello studio consideravano, al primo punto degli interventi proposti, la realizzazione di *"un canale scolmatore esterno all'abitato, che consenta di derivare o intercettare almeno il 70% della portata complessiva fornita dal bacino principale e dal sottobacino 1"*. L'Amministrazione comunale ha provveduto, dietro finanziamento regionale, a realizzare lo scolmatore in parola costituito da un canale che attraversa il settore di pianura compreso fra il piede del versante e la sponda sinistra del Sangone.

Il canale è dimensionato per una portata di circa 10 m³/s, derivati dall'analisi idrologica del bacino sotteso ⁽⁵⁾. Il valore è cautelativo in quanto la Bealera è dotata, lungo il suo percorso, di sfioratori laterali e da edifici con paratoie che, anche se aperte, di fatto limitano la portata verso valle a valori dell'ordine di 2.5 m³/s.

Il canale scolmatore intercetta tutta la portata ad esso affluente dal versante e pertanto, nel tratto compreso nel centro abitato, la portata

⁽⁵⁾ I calcoli idrologici sono stati effettuati con l'applicazione di un modello afflussi-deflussi di estesa utilizzazione (Hec-1) preferendolo al metodo razionale in modo da tener conto della forma del bacino, della presenza di versanti scolanti in assenza di rete idrografica vera e proprie e, infine, della presenza di effetti di laminazione nella rete di canali.

defluente deriva solo dal bacino residuo compreso fra lo scolmatore e il concentrico e dagli apporti urbani.

CALCOLO DELLA PORTATA DEL BACINO RESIDUO (A VALLE DELLO SCOLMATORE)

Il ruscellamento che si origina sul bacino residuo precedentemente descritto è fortemente influenzato dalla geometria delle singole strade e degli edifici. Poiché risulta impossibile una schematizzazione tradizionale della rete (la cui geometria influisce grandemente sulla forma dell'idrogramma) e delle aree drenate, si è adottato lo schema logico di seguito esposto.

- 1) viene seguito un criterio areale in modo da mettere in relazione il ruscellamento che si origina su 1 ha (10000 mq) di bacino, avente caratteristiche medie (pendenza, scabrezza e permeabilità), con la superficie sottesa alla sezione di chiusura (pari a circa 80 ha);
- 2) calcolo della portata dell'ettaro medio tramite il modello afflussi-deflussi SWMM appositamente concepito per la simulazione di bacini urbani (vedi Appendice C -);
- 3) stima della portata recapitata alla rete idrografica. Secondo diversi autori, in base alla consolidata esperienza maturata nell'abito della stima del ruscellamento urbano, è certo che non tutta la portata viene recapitata alla rete idrografica. A seguito dei sopralluoghi effettuati si stima che, i dispositivi di intercettazione delle acque (griglie, pozzetti, fossi, caditoie, ecc.), siano in grado di intercettare non più del 70% delle acque circolanti sulla superficie;
- 4) la sezione di chiusura viene posta all'imbocco dell'intubamento di via Millio.

A seguito di quanto esposto gli idrogrammi di progetto del canale comunale di Rivalta sono riportati in Figura 2-10.

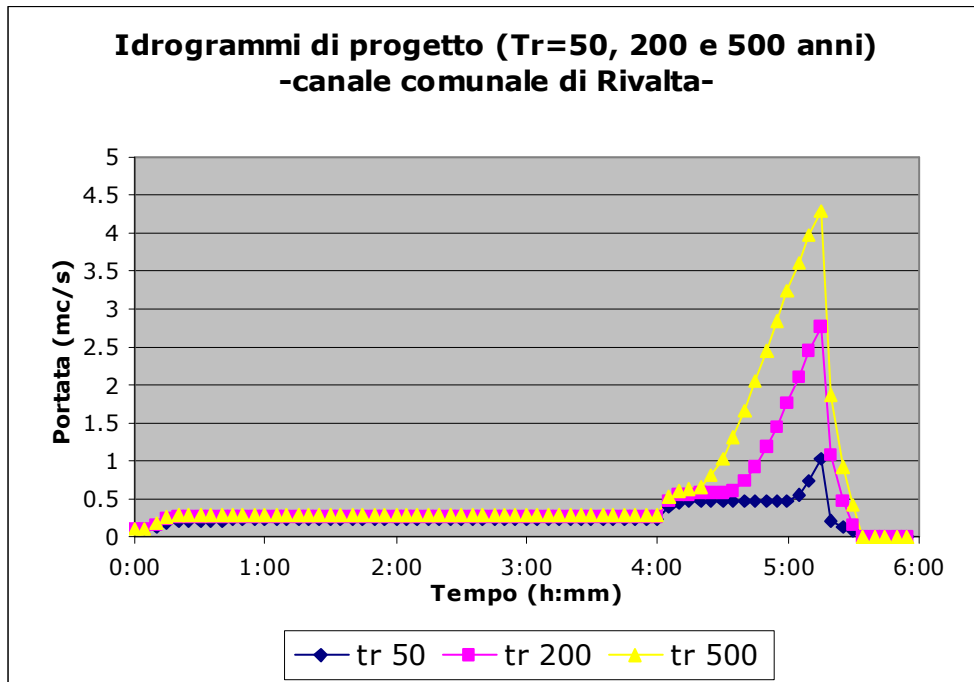


Figura 2-10. Idrogrammi di progetto riferiti agli eventi con Tr 50, 200 e 500 anni.

Poichè a valle della sezione di chiusura ci sono una serie di strutture (intubamenti, ponticelli, stramazzi laterali, sifoni, ecc.) che influenzano la capacità di convogliamento del canale stesso, al fine di poter condurre le verifiche idrauliche si è reso necessario quantificare la portata convogliabile nei punti più significativi che sono rappresentati da:

- 1) Intubamento di via Millio;
- 2) Stramazzo laterale posto a monte della recinzione del castello;
- 3) Sifone in prossimità di via Roma.

E' stata applicata la seguente procedura:

- a) predisposizione di un modello in moto vario della rete di drenaggio per la determinazione della capacità di convogliamento delle strutture citate;
- b) inserimento degli idrogrammi riportati in Figura 2-10;
- c) quantificazione della portata convogliata (individuazione di un valore di portata al colmo). Tali valori verranno impiegati nelle simulazioni in moto permanente destinate ad individuare le sezioni insufficienti (vedi par. 3.1.1);

- d) quantificazione della portata straripata (individuazione di un idrogramma). Tali risultati saranno impiegati nella simulazione in moto vario destinate ad individuare le aree a diversa probabilità di inondazione (vedi par. 3.1.2);

I valori di portata al colmo risultanti sono riassunti in Tabella 2-6. Si fa notare che le sezioni sono descritte da monte verso valle (numerazione decrescente verso valle) e, pertanto, si deduce una progressiva diminuzione della capacità di convogliamento. Ad ogni riduzione della capacità di convogliamento corrisponde un'esondazione, la cui entità viene riassunta con un idrogramma "eccedente" che sarà inserito nel modello di moto vario (vedi Figura 2-11 e Figura 2-12) e servirà per fornire l'entità dell'allagamento.

Tabella 2-6. Portate al colmo del canale comunale di Rivalta, per i tempi di ritorno di progetto, nei punti di maggior interesse. Si fa notare che le sezioni sono descritte da monte verso valle (numerazione decrescente verso valle) pertanto si deduce una progressiva diminuzione della capacità di convogliamento.

Canale comunale di Rivalta	Codice sezione hec-ras	tr 50 (m³/s)	tr 200 (m³/s)	tr 500 (m³/s)
Sez. di chiusura (monte Via Millio)	200	1.1	2.7	4.3
valle intubamento Via Millio	180	1.1	2.6	2.6
valle stramazzo laterale	140	0.86	2	2
valle sifone via Roma	90	0.86	1.4	1.4

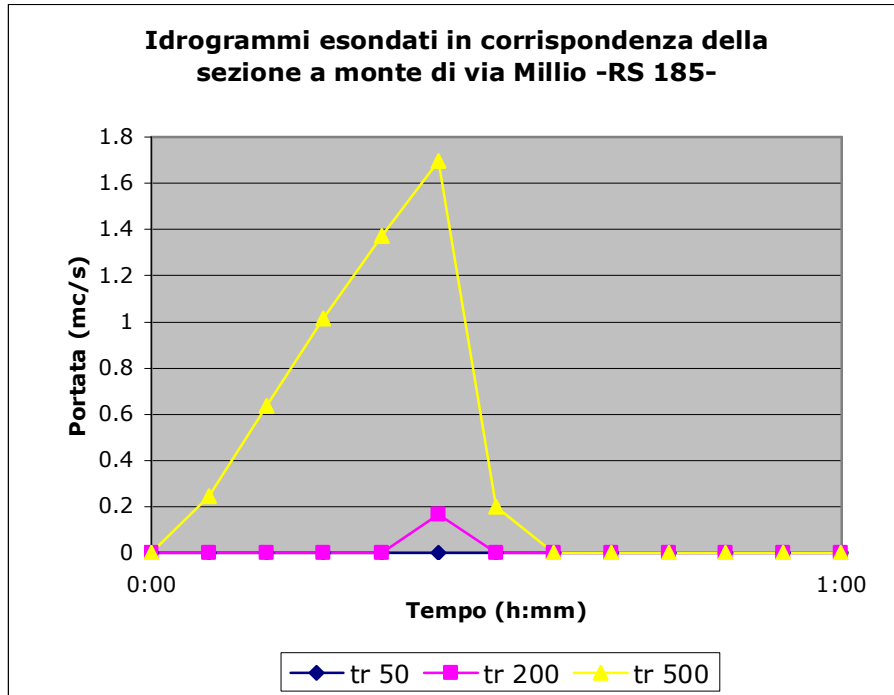


Figura 2-11. Idrogrammi corrispondenti all'esondazione in via Millio (RS 185) impiegati nel modello di moto vario FLO2D.

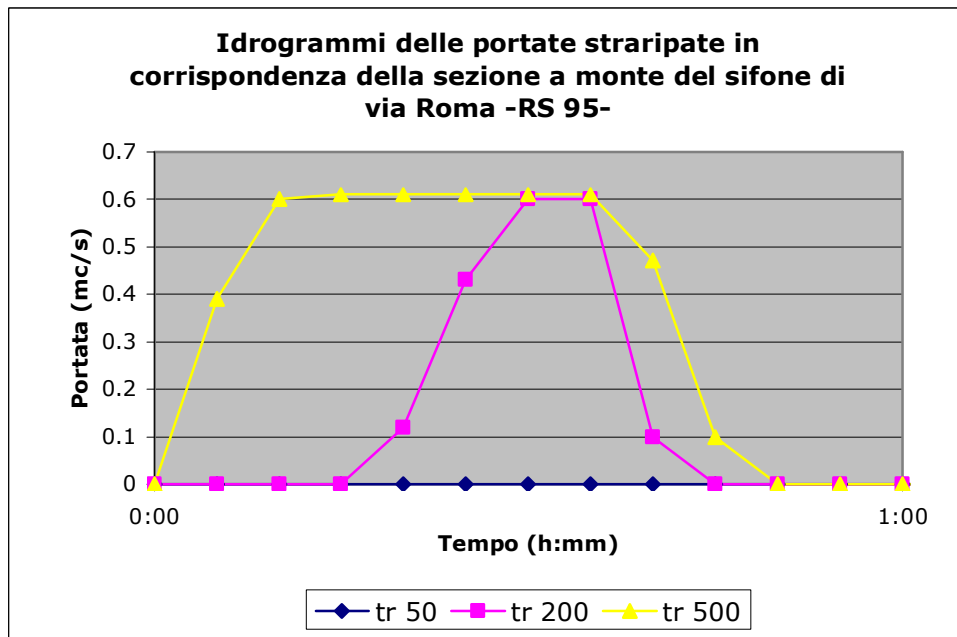


Figura 2-12. Idrogrammi corrispondenti all'esondazione in via Roma (RS 95) impiegati nel modello di moto vario FLO2D.

2.2.3. VALIDAZIONE DEI RISULTATI

Al fine di fornire un quadro di riferimento completo, pare opportuno citare i risultati di analoghi studi che sono stati effettuati in prossimità dell'area oggetto di verifica. In particolare, si fa riferimento allo "Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all'area dell'ospedale S. Luigi" redatto da Hydrodata per conto della Provincia di Torino. Lo studio idrologico è stato condotto tramite l'adozione del modello afflussi-deflussi NAM facente parte del pacchetto software MIKE11. La sezione di chiusura del bacino è riportata in Allegato 3.

La portata del Rio Garosso di Rivalta viene calcolata e pertanto viene presa come termine di paragone. I risultati sono esposti in Tabella 2-7.

Tabella 2-7. Comparazione dei risultati tra gli studi idrologici effettuati nel territorio studiato.

Studio	Portata del Rio Garosso di Rivalta		
	Superficie sottesa (km ²)	tr 200 (m ³ /s)	portata unitaria m ³ /s /km ²
Studio Hydrodata	11.2	70.8	6.3
Presente studio PRG	9.4	57	6.1

Gli studi godono di molte similitudini (impiegano modelli matematici simili e precipitazioni analoghe) e portano a risultati compatibili.

Si ritiene che i risultati ottenuti posano essere validamente impiegati ai fini del presente studio.

2.3. PORTATE DI RIFERIMENTO

In questo capitolo vengono ricapitolate le portate di progetto impiegate per le verifiche idrauliche.

Le portate di riferimento per i bacini della rete idrografica minore sono pertanto riepilogati nella seguente tabella, che riprende i valori reperibili in PROVINCIA DI TORINO (1998) e riporta i valori ottenuti con l'elaborazione aggiornata ai valori contenuti nella citata direttiva del PAI.

Tabella 2-8 – Portate di riferimento fornite dalla studio della Provincia di Torino (1998) determinate con il metodo razionale (fra parentesi, le portate ricavate da modello afflussi-deflussi). In grassetto, le portate determinate con l’analisi idrologica aggiornata alla Direttiva del PAI.

Denominazione	Bacino	Tr 50 anni	Tr 200 anni	Tr 500 anni
Garosso di Tetti Neirotti	B06	12.5	15.3 (14.8)	
Garosso di Rivoli	B05	49.5	60.5 (56.1)	
Garosso di Rivalta	B09	62.4	76.3 (71)	
Garosso di Rivalta chiuso al Villaggio Aurora		40	57	69
Bacino Bealera di Rivalta (a valle Canale di Orbassano)	B17	12.6	15.4 (14.3)	
Canale comunale di Rivalta (intubamento via Millio)		1.1	2.7	4.3

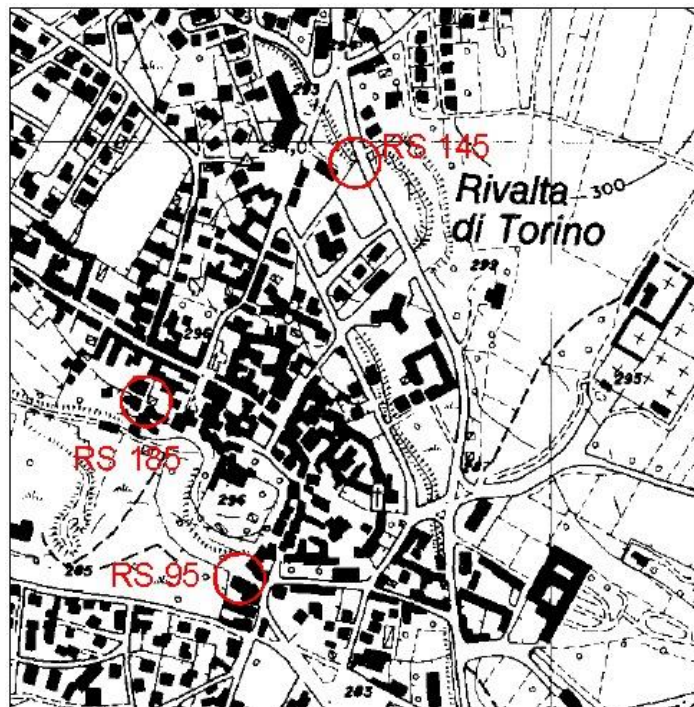


Figura 2-13. Corografia dei punti di esondazione a cui sono riferiti gli idrogrammi riportati in Tabella 2-9.

Tabella 2-9. Idrogrammi che descrivono l'entità dell'esondazione lungo il Garosso (vedi Figura 2-9) e lungo il Canale comunale di Rivalta (vedi Figura 2-11 e Figura 2-12), impiegati per le verifiche in moto vario predisposte per la delimitazione delle aree a diversa pericolosità.

Idrogrammi che descrivono l'entità dell'esondazione									
	Canale comunale di Rivalta						Garosso di Rivalta		
	Via Millio (RS 185)			Sifone via Roma (RS 95)			attraversamento S.P. 143 (RS 145)		
Tempo	tr 50	tr 200	tr 500	tr 50	tr 200	tr 500	tr 50	tr 200	tr 500
(hh:mm)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0:05	0	0	0	0	0	0.39	0	0	0.1
0:10	0	0	0.24	0	0	0.6	0	0	3.2
0:15	0	0	0.64	0	0	0.61	0	1.2	7.0
0:20	0	0	1.02	0	0.12	0.61	0	4.7	11.3
0:25	0	0	1.37	0	0.43	0.61	0	8.6	15.9
0:30	0	0.17	1.70	0	0.6	0.61	1.4	12.7	20.8
0:35	0	0	0.2	0	0.6	0.61	4.3	16.7	25.7
0:40	0	0	0	0	0.1	0.47	7.2	20.7	30.4
0:45	0	0	0	0	0	0.1	10.1	24.5	34.8
0:50	0	0	0	0	0	0	12.9	28.1	38.9
0:55	0	0	0	0	0	0	15.5	31.4	42.7
1:00	0	0	0	0	0	0	17.8	34.3	45.9
1:05	0	0	0	0	0	0	19.6	36.5	48.4
1:10	0	0	0	0	0	0	20.8	37.8	49.6
1:15	0	0	0	0	0	0	21.0	37.7	49.4
1:20	0	0	0	0	0	0	20.1	36.2	47.4
1:25	0	0	0	0	0	0	18.2	33.3	43.7
1:30	0	0	0	0	0	0	15.5	29.2	38.8
1:35	0	0	0	0	0	0	12.2	24.5	32.9
1:40	0	0	0	0	0	0	8.6	19.4	26.7
1:45	0	0	0	0	0	0	5.0	14.2	20.6
1:50	0	0	0	0	0	0	1.6	9.4	14.8
1:55	0	0	0	0	0	0	0	5.0	9.6
2:00	0	0	0	0	0	0	0	1.1	4.9
2:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8

3. ANALISI IDRAULICA

Le verifiche idrauliche sono state condotte impiegando modelli matematici differenti. Poiché la rete di drenaggio studiata è composta da corsi d'acqua sostanzialmente indipendenti tra loro si è proceduto singolarmente, allestendo differenti simulazioni.

3.1. IL CONCENTRICO

Lo studio del concentrico è stato effettuato mediante lo schema seguente:

- a) raccolta dei dati geometrici (rilievo sezioni e acquisizione del piano quotato);
- b) schematizzazione in moto permanente della rete di drenaggio costituita dal Canale comunale di Rivalta e Garosso di Rivalta ed individuazione dei tronchi e dei manufatti insufficienti al convogliamento delle portate di progetto. Determinazione della massima capacità di convogliamento dei tratti critici;
- c) quantificazione della portata eccedente l'attuale capacità di convogliamento e determinazione degli idrogrammi di esondazione;
- d) schematizzazione in moto vario delle portate esondate;
- e) determinazione delle aree coinvolte da eventuale esondazione e delimitazione delle aree a diversa pericolosità di inondazione.

3.1.1. MODELLAZIONE IN MOTO PERMANENTE

La modellazione in moto permanente è stata allestita singolarmente al fine di determinare la capacità di convogliamento del Rio Garosso di Rivalta e del Canale Comunale di Rivalta. Le verifiche idrauliche sono state condotte tramite il codice numerico HEC-RAS (River Analysis System) messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies attualmente disponibile nella release 3.1.3 e descritto in Appendice B -

La modellazione in moto permanente ha scopo di transizione per approdare a quella in moto vario infatti, dove si sono palesate delle insufficienze, sono stati elaborati degli idrogrammi al fine di poter effettuare le verifiche descritte al par. 3.1.2.

I modelli idraulici sono stati allestiti sulla base del rilievo delle sezioni trasversali. I tronchi di alveo oggetto di verifica sono stati considerati separatamente ed hanno le seguenti caratteristiche:

- Modello Garosso di Rivalta (vedi Allegato 6): sono state rilevate 45 sezioni trasversali per un tratto di circa 1.4 km in cui sono stati inseriti 14 tra attraversamenti e ponticelli. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte e sono posizionate perpendicolarmente rispetto al

corso d'acqua. I valori di portata utilizzati sono descritti nel par. 2.3. Il motore di calcolo è stato impostato in condizioni di corrente mista, in cui è permesso il passaggio da corrente lenta a corrente veloce e viceversa. Sia a monte che a valle è stato assegnato il valore di pendenza dell'asta torrentizia che in questo tratto è pari all' 1%. Le condizioni di scabrezza sono state fissate utilizzando i dati presenti in letteratura (CHOW, 1959) con riferimento ai valori n di Manning di seguito riportati:

- a) $n = 0.040 \text{ m}^{-1/3}$ s indicato per i ciottoli ed è stato utilizzato per l'intero alveo;
 - b) $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3}$ s impiegato per i tratti in cui sono presenti muri in cemento;
 - c) $n = 0.065 \text{ m}^{-1/3}$ s indicato per vegetazione ripariale arbustiva ed è stato utilizzato per le sponde vegetate;
- Modello Canale comunale di Rivalta: sono state rilevate 23 sezioni trasversali per un tratto di circa 0.6 km in cui sono stati inseriti 2 attraversamenti, 2 sifoni ed 1 scolmatore laterale. Le sezioni trasversali sono numerate da valle verso monte e sono posizionate perpendicolarmente rispetto al corso d'acqua. I valori di portata utilizzati sono descritti nel par. 2.3. Il motore di calcolo è stato impostato in condizioni di corrente mista, in cui è permesso il passaggio da corrente lenta a corrente veloce e viceversa. A monte è stato assegnato il valore di pendenza del fondo del canale, che in questo tratto è pari allo 0.2%, mentre a valle è stato assegnato il valore di profondità critica (presenza di una soglia). I valori di scabrezza sono pari a quelli impiegati per il modello del Garosso.

I risultati sono integralmente riportati in Allegato 5 e Allegato 6.

3.1.2. MODELLAZIONE IN MOTO VARIO

La presente verifica idraulica vuole approfondire, per il concentrico, gli effetti conseguenti dei flussi d'acqua derivanti dall'insufficienza idraulica del Rio

Garosso di Rivalta e del Canale Comunale di Rivalta, per le diverse portate di riferimento, nei punti significativi (vedi paragrafo 2.3).

La verifica idraulica è stata impostata tramite un modello bidimensionale ⁽⁶⁾ in moto vario per le diverse portate di riferimento come richiesto dalla normativa vigente. Sono state, quindi, realizzate 3 simulazioni indipendenti rispettivamente riferite a eventi con il seguente tempo di ritorno Tr 50 anni, Tr 200 anni e Tr 500 anni.

Il codice di calcolo per il corretto funzionamento ha bisogno delle seguenti informazioni d'ingresso:

1. Idrogramma dell'evento di riferimento
2. Topografia di dettaglio dell'area di studio e modello tridimensionale del terreno
3. Valori di scabrezza
4. Condizioni al contorno di affinamento della modellazione

3.1.2.1. IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO

Gli eventi simulati sono descritti nel paragrafo 2.3.

Pertanto riguardo gli eventi di riferimento si evidenzia la seguente situazione:

- Per l'evento riferito al Tr 50 anni insufficienza nel punto indicato come RS 145 sul Rio Garosso e portata al colmo pari a 20.8 m³/s;
- Per l'evento riferito al Tr 200 anni insufficienza nei punti indicati come RS 145 e RS 95 rispettivamente sul Rio Garosso e sul Canale Comunale di Rivalta, portate al colmo pari a 37.8 m³/s e 0.60 m³/s;
- Per l'evento riferito al Tr 500 anni insufficienza nei punti indicati come RS 145 sul Rio Garosso, RS 185 e RS 95 sul Canale Comunale di Rivalta, rispettivamente portate al colmo pari a 49.8 m³/s, 1.70 m³/s e 0.61 m³/s

⁽⁶⁾ Il codice di calcolo utilizzato è il FLO-2D modello bidimensionale commercializzato dalla FLO-2D Software Inc. di Nutrioso, Arizona. Per maggiori dettagli si veda Appendice D - .

3.1.2.2. MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL TERRENO

Il modello tridimensionale è stato realizzato utilizzando come base la cartografia vettoriale 3D Alifoto del 2001 scala 1:1000 (aggiornare con rilievo alifoto per modifica fasce). La cartografia citata è stata aggiornata tramite rilievi in campo e depurata dalle quote di gronda degli edifici, muri recinzioni ecc. ricavando un piano quotato con le sue evidenze morfologiche e le strade. La cartografia così trattata è stata trasformata in un modello 3d tramite la metodologia denominata *triangulated irregular network* (TIN), che è caratterizzata dalla costruzione di una rete triangolare tridimensionale, che unisce ciascun punto quotato e vertice di *break line* del piano quotato. Il modello 3d è stato poi semplificato in una griglia di celle 10 x 10 metri (così come richiesto dal Flo 2d).

3.1.2.3. VALORI DI SCABREZZA

Le condizioni di scabrezza sono state fissate utilizzando i dati presenti in letteratura (CHOW, 1959) con riferimento ai valori n di Manning.

- 0.040, $m^{-1/3}$ s utilizzato per il piano campagna in modo generalizzato (valore che tiene conto delle variazioni di sezione e gradi d'irregolarità ecc.)
- 0.025 $m^{-1/3}$ s utilizzato per le strade
- 0.07 $m^{-1/3}$ s e 0.1 $m^{-1/3}$ per luoghi ricchi di vegetazione.

3.1.2.4. CONDIZIONI AL CONTORNO

Sono stati introdotti i seguenti accorgimenti per affinare il modello bidimensionale:

- La presenza degli edifici è stata simulata rendendo impermeabili o semi-impermeabili le celle del modello tridimensionale su cui insistono i fabbricati (modulo ARF e WRF del programma Flo2d) in modo tale da avere un più realistico orientamento del flusso.
- Sono state inserite le strade fondamentali simulando generalmente un marciapiede alto 5 cm (modulo STREET del programma Flo2d), dato che le strade sono le preferenziali vie di deflusso.

- Sono state simulate le opere di contenimento delle portate di piena presenti (modulo LEVEES) non sempre rilevate in modo appropriato dal modello 3d.

3.1.3. STATO DELLE CONOSCENZE

Il citato studio di Hydrodata condotto per la Provincia di Torino esamina speditivamente anche la capacità di convogliamento del Rio Garosso di Rivalta (vedi Allegato 2). Viene evidenziato che, nel concentrico, il Garosso è in grado di convogliare portate comprese tra 25 e 50 m³/s, mentre gli attraversamenti hanno limiti posti tra 10 e 50 m³/s, comunque inferiori alla portata con tr 50 anni (valutata in 40 m³/s). Quanto esposto trova piena conferma nei risultati emersi dal presente studio e pertanto vengono ritenuti validi.

3.2. IL TORRENTE SANGONE

Il Torrente Sangone attraversa il territorio comunale da Ovest verso Est e ne caratterizza la porzione di pianura. Per la caratterizzazione idrologica si rimanda al par. 2.1.2.

3.2.1. ANNOTAZIONI STORICHE E CRITERI DI SISTEMAZIONE

Nel suo Dizionario Geografico, Goffredo CASALIS (1847) osserva, a proposito di Rivalta, che il Sangone, pur essendo *“quasi sempre asciutto [...] arreca danni assai notevoli colle sue corrosioni, e massime colle sue non infrequenti inondazioni, le quali non lasciano che sassi su cui seco tragge, e ghiaie sterilissime. Qualora si venisse alla saggia deliberazione di regolarne il letto che in alcuni siti è soverchiamente esteso, e approfondirlo alcun poco, si assumerebbe un considerevole spazio del territorio, che è minacciato di essere portato via dall’impeto delle acque in tempo di dirotte piogge, e si restituirebbe all’agricoltura molti terreni che ora giacciono incolti; locché di potrebbe eseguire senza gravi dispendi e con molta facilità”*.

Il tronco d’alveo del T. Sangone interessante il territorio comunale di Rivalta è riprodotto nell’ Elaborato G5 che pone a confronto l’andamento del corso d’acqua secondo la cartografia storica.

La sovrapposizione delle cartografie non è perfetta in quanto rappresentate in sistemi diversi. Sullo sfondo è stata riportata, come riferimento, la base cartografica ufficiale regionale (CTR sezioni 155140 e 155150) portata alla scala 1:5000. Anche in questo caso, la sovrapposizione è stata effettuata portando a coincidere elementi fondamentali (ponti, canali, etc.).

L'insieme delle imprecisioni cartografiche sopra descritte comunque risulta tollerabile a fronte dello scopo della rappresentazione proposta. Si osserva infatti come, nell'arco di due secoli, l'andamento planimetrico del Torrente Sangone, nel tratto in oggetto, non è sostanzialmente variato. In particolare:

- la sinuosità, con doppia curva, al confine con Bruino si è mantenuta invariata;
- le oscillazioni dell'alveo sono contenute entro limiti riconoscibili sul terreno in evidenti terrazzi morfologici e lunate aperte in coincidenza con eventi di piena.

Di particolare interesse è il catasto di epoca napoleonica esistente presso l'Archivio di Stato di Torino e presso il Comune di Rivalta ⁽⁷⁾. Presso l'archivio storico del Comune è presente anche un precedente catasto (datato 1778) illustrante, su tavole a colori, l'uso del suolo. Particolare interessante è il fatto che l'alveo appare fiancheggiato, per lo più, da terreni identificati sul catasto napoleonico come *gravier, terre aride, incolte* indicando inequivocabilmente la povertà del suolo nei pressi dell'alveo attivo. Si tratta della fascia talora conservatasi ancora oggi di proprietà comunale e ben evidenziata dalla presenza di boscaglia incolta visibilissima nelle riprese aeree, come nel caso del volo successivo all'evento del novembre 1994 ⁽⁸⁾.

Vale la pena di osservare che nel tronco in oggetto sono presenti due importanti condizionamenti all'evoluzione libera del corso d'acqua:

- a) l'attraversamento del canale di Orbassano, immediatamente a valle del ponte provinciale, che fissa la quota di fondo dell'alveo. Il canale,

⁽⁷⁾ In particolare, presso l'archivio storico comunale si conserva l'originale, mentre all'Archivio di Stato è presente la copia di lavoro recante, ben visibili, le tracce delle triangolazioni eseguite con gli strumenti di misura allora disponibili.

⁽⁸⁾ Il volo è stato effettuato per iniziativa del Consorzio Po-Sangone, che ne ha autorizzata la consultazione (Aut. S.M.A. 01-554 del 3/11/1995).

derivato dalla Dora Riparia presso Alpignano, risale al XVI secolo e il sifone risultava già esistente nel secolo scorso (CASALIS, 1847) con qualche problema di manutenzione. A questo proposito, infatti, il Casalis ricorda che *“siccome il corso del canale può essere intercetto nel caso di una straordinaria piena sia del canale, che del Garosso e del Sangone, si otterrebbe ch’esso con minore spesa di mantenimento fosse perenne, rettilineando il letto, costruendo quel ponte-canale e sostituendo alla così detta coperta per cui attraversa il Sangone, che già scavò il suo alveo accanto al canale ad una profondità maggiore di un trabucco, qualche altro edificio idraulico più consentaneo allo stato di questo torrente”*. Il sifone, indicato dalla freccia nella Figura 3-1, è stato abbassato di 1.20 circa in occasione del rifacimento del ponte provinciale sulla S.P. 143 e l’edificio in sponda sinistra è stato arretrato in accordo con l’arretramento della spalla sinistra del ponte la cui luce è stata portata a 60 m. ;

- b) il canale adduttore dell’acquedotto di Torino, costruito nella seconda metà del secolo scorso, che ha di fatto realizzato un irrigidimento della sponda sinistra nella località Acquaviva (ben leggibile sulla mappa in Allegato 2) impedendo le divagazioni che il catasto napoleonico ancora riporta in corrispondenza della svolta dell’alveo indicata con B nell’Allegato 4.

La situazione all’inizio del XIX secolo, anche in riferimento allo sviluppo del centro abitato di Rivalta ed al grado di occupazione del territorio, è mostrata nella Figura 3-2 tratta dalla prima edizione della carta degli Stati Sardi di Terraferma (Sezione M-10, rilevamento del 1819), in cui si vede chiaramente l’attraversamento della Bealera di Orbassano. Merita segnalare che, a monte, è cartografato un’isola in alveo a testimonianza dei depositi di materiali indotti dalla presenza della soglia del sifone ⁽⁹⁾

⁽⁹⁾ Gli accumuli di materiale sono nella posizione ritratta nella Foto 22 risalente all’epoca dei lavori in alveo (2002).

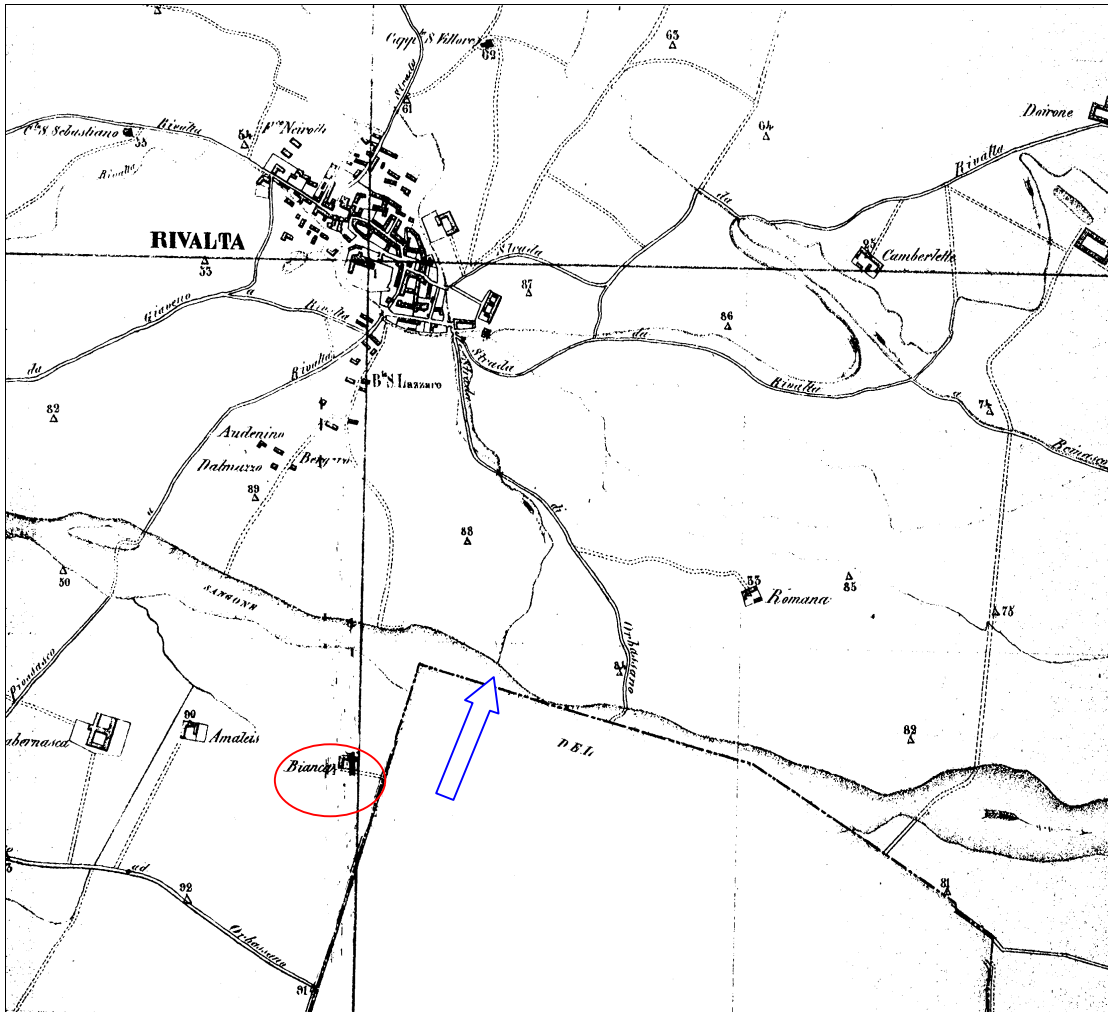


Figura 3-1- Catasto napoleonico del concentrico, con il confine con Orbassano in basso. Il canale di Orbassano attraversa il Sangone nel sito indicato dalla freccia; a valle, la strada per Orbassano e, a monte, la strada per Piossasco attraversanti il Sangone a guado. L'ellisse rosso contourna la località Ca' Bianca posta al bordo di un terrazzo naturale.

Inoltre, nel corso degli ultimi decenni si sono verificati due fatti di rilievo che interessano l'alveo e le citate fasce di terreni incolti adiacenti. In alveo, l'esercizio dell'attività estrattiva nei territori di Beinasco, Orbassano e Rivalta ha determinato un sensibile abbassamento della quota media dell'alveo con conseguente arretramento fino al sopra citato sifone della Bealera di Orbassano. In pratica, l'alveo demaniale oggi appare assai più ampio che all'inizio del XIX secolo (zona viola a fronte della zona azzurra nell'Allegato 2), ma non si deve pensare che tale ampiezza sia di fatto interamente disponibile. Lungo le sponde, nelle citate aree di proprietà pubblica, sono stati accumulati

materiali inerti in quantità tale da annullare, di volta in volta, le erosioni prodotte dal Sangone.

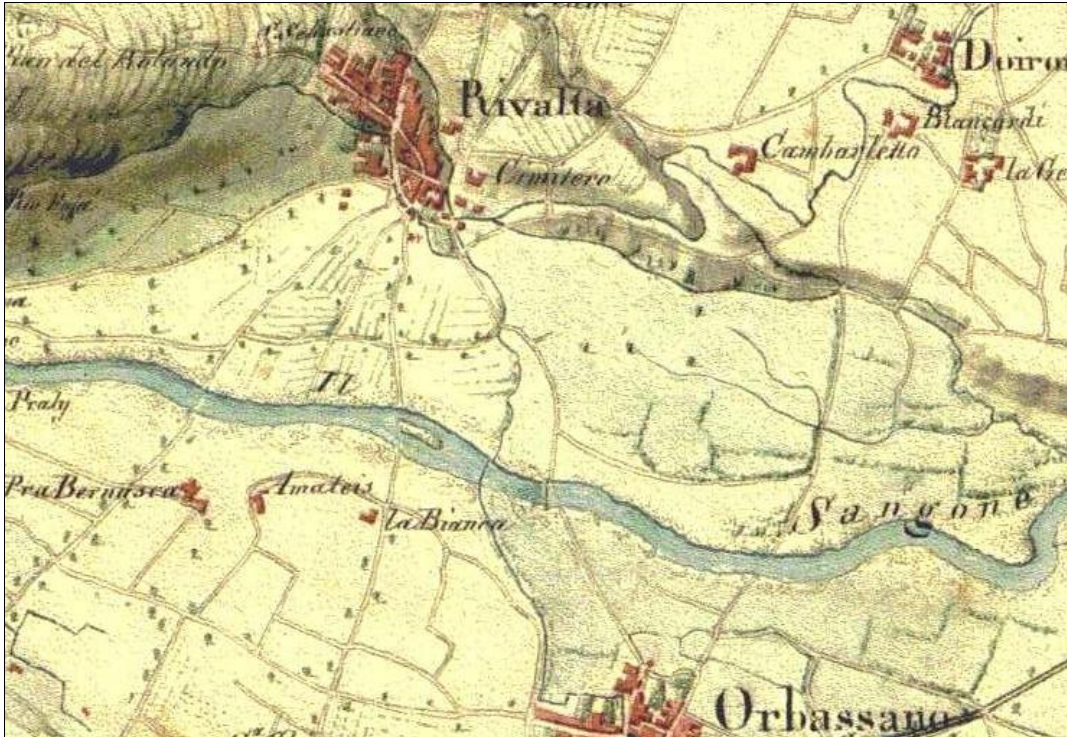


Figura 3-2 – Estratto dalla prima edizione della carta degli Stati Sardi di Terraferma con l'indicazione della Bealera di Orbassano attraversante il Sangone, al centro dell'immagine.

L'analisi della cartografia conduce alle seguenti conclusioni:

1. l'andamento prevalente del T. Sangone nel tratto in oggetto, compreso fra i comuni di Bruino, Rivalta e Orbassano, mostra la stabilità planimetrica di certi tratti particolari (per esempio, la già citata ansa al confine fra Bruino e Rivalta), ma mette in evidenza variazioni consistenti nell'inversione delle anse pur mantenendosi grosso modo stabile l'asse della direzione prevalente;
2. le oscillazioni intorno ad un asse prevalente sono testimoniate dalla presenza di ampie zone incolte, per lo più di proprietà comunale. Le citate deviazioni avvengono con erosioni alterne di sponda e movimentazione di ingenti quantitativi di materiali solidi. Gli ultimi eventi (1993 e 1994) hanno posto in evidenza che tale comportamento è addirittura più evidente dove l'alveo del torrente è ampio (e quindi teoricamente in grado di convogliare ingenti

portate), come nel tratto di Orbassano, che non nel tratto ove il torrente scorre incanalato fra sponde ravvicinate, come nel tratto di Bruino-Rivalta.

3. in conclusione, le osservazioni precedenti porterebbero a formare l'opinione che il T. Sangone sia un corso d'acqua in fase di scavo piuttosto che in deposito e che i sedimenti grossolani di cui appare ingombro l'alveo provengano dall'erosione localizzata delle sponde piuttosto che dall'attività di trasporto da monte a valle ⁽¹⁰⁾. Una recente indagine in merito al Sangone ha posto in evidenza che *"le ghiaie che costituiscono il letto di questo corso d'acqua nell'alta pianura sono visibilmente quelle dell'esteso fronte fluvioglaciale dell'anfiteatro morenico, appartenenti quindi al bacino della Dora Riparia [...]i terrazzi che fiancheggiano l'alveo hanno mostrato di corrispondere a forme di erosione scolpite nelle stesse ghiaie; i sedimenti attualmente trasportati e deposti dal Sangone in occasione degli eventi di piena hanno invece una granulometria sabbioso-limoso. Attualmente il Sangone scorre quindi su sedimenti prevalentemente ghiaiosi provenienti da un bacino diverso dal proprio, caratterizzati tra l'altro da una granulometria molto più grossolana di quella compatibile con la propria capacità di trasporto (ANSELMO et al., 2001);*

4. quanto detto sopra ha influenza sulle tipologie di opere di protezione. Si osserva che la presenza di depositi in alveo sottoforma di barre o isole vegetate, stante la scarsa portata ordinaria del torrente, finisce per incrementare l'attività erosiva a spese delle sponde contribuendo a destabilizzare l'andamento planimetrico. La constatazione che il corso d'acqua ricava dalle sponde materiali più grossolani di quelli trasportabili suggerisce l'utilità di ricorrere, in alternativa alle opere lineari, a repellenti sommergibili in modo da raccogliere al centro dell'alveo la corrente di magra e di morbida, senza limitare la sezione necessaria per il convogliamento delle portate di

⁽¹⁰⁾ L'affermazione deriva dalla constatazione che, nonostante la cessazione di ogni attività estrattiva in alveo da alcuni decenni, l'abbassamento dell'alveo a valle del ponte della strada provinciale non accenna a colmarsi. La piena del 4 maggio 1999 ha confermato che i materiali grossolani esistenti nel tronco a monte di detto ponte sono al di sopra della capacità di trasporto della corrente delle piene di media entità. Come confermato da numerose testimonianze, il materiale tipico derivante dall'attività di trasporto del T. Sangone è la sabbia, che si trova in abbondanza tra il materiale costituente le sponde.

piena. Si raggiunge, in tale modo, lo scopo non solo di impedire le erosioni di sponda da parte della corrente nelle morbide, ma anche di favorire la deposizione di materiali in adiacenza alle sponde. In tale modo si avrebbe una sostanziale riduzione del materiale solido disponibile per alimentare l'instabilità plano-altimetrica dell'alveo. Ovviamente, lo stesso schema di sistemazione dovrebbe obbligatoriamente comprendere spazi golenali, accessibili in caso di piena grave, di ampiezza tale da ridurre progressivamente il volume dell'onda mitigando l'effetto prodotto dall'irrigidimento delle linee di sponda ed evitando azioni distruttive sulle stesse. Uno schema di tal genere dovrebbe essere in grado di permettere il convogliamento di portate rilevanti con minimi interventi di manutenzione correttiva in alveo essendo la mobilitazione dei materiali ridotta e limitata ai soli apporti da monte. Nella situazione attuale, l'aspetto prevalente è l'eccesso di materiali in alveo con formazione di canali laterali e sponde in erosione.

3.2.2. STUDI IDRAULICI PRECEDENTI

La prima indagine sulla capacità di convogliamento del Torrente Sangone risulta essere stata condotta nel 1982-83 dall'allora Ufficio del Genio Civile che, sulla base di sezioni ricavate da un rilievo aerofotogrammetrico apposito, definì le opere di protezione delle sponde da realizzare dopo l'evento del marzo-aprile 1981.

L'intera asta del torrente fu oggetto di indagine nell'ambito dello studio condotto per conto della Città di Moncalieri (1997) per la definizione degli scenari di pericolosità. L'analisi è limitata alla verifica della capacità di convogliamento dell'alveo ed utilizza sezioni di limitata estensione. Inoltre, l'approccio "a sezioni" implica la variazione lineare tra sezione e sezione del limite del campo di inondazione e non permette di indagare l'evoluzione degli eventuali straripamenti. L'estensore dello studio ammette che per *"il tracciamento delle aree di allagamento relative all'evento di piena con tempo medio di ritorno 200 e 500 anni (eventi B e C) esista un certo grado di incertezza:*

- *mananza di un rilievo sistematico di sezioni trasversali d'alveo, con alternanza di tratti di corso d'acqua per i quali non si dispone di*

alcuna informazione e di altri con un numero eccessivo [...] di sezioni di rilievo;

- *la griglia del DTM disponibile (50x50 m), [...] per questo tipo di valutazione si è dimostrata non del tutto ottimale per il tracciamento; migliori risultati si sarebbero ottenuti ad esempio con una griglia di punti quotati a passo 20 m; inoltre, la precisione altimetrica dei punti quotati, sempre in relazione al tipo di valutazioni condotte, è decisamente scarsa (± 1 m o forse peggio)”*

Le incertezze lamentate evidentemente indussero a riportare sulla cartografia allegata le direzioni di corrente ritenute potenziali in base alle evidenze morfologiche (Figura 3-3). Tali evidenze morfologiche, tratte anche da indagini geologiche locali (PETRUCCI et al, 1970), sono state indagate sulla base del DTM reso disponibile nel 2007-2008 dal Comune di Rivalta e sono state oggetto di specifica indagine volta a riconoscere la vulnerabilità dei siti interessati (si veda paragrafo 1.3 e 5.3).

A seguito degli interventi avviati, su finanziamento della Regione Piemonte, a seguito dell'evento del novembre 1994 furono eseguiti rilievi topografici al confine con Bruino e a valle del ponte della S.P. 143.

Il primo rilievo completo, da Bruino a Pasta, fu reso disponibile in occasione dello studio per la redazione del PTE dietro incarico affidato nel settembre 1998. Il rilievo venne eseguito nell'inverno e l'elaborato consegnato nel giugno 1999. I risultati dell'analisi sono compendati nella Figura 3-4 (Comune di Rivalta, 1999-a; Elaborato 3) e mostrano le aree inondabili a lato del corso d'acqua in corrispondenza di depressioni nelle sponde. Di conseguenza venne redatto un primo cronoprogramma di interventi.

Sulla base dei rilievi eseguiti per il P.T.E. consistenti in oltre cento sezioni sul tratto di circa 5 km, fu allestito un progetto di ricalibratura del Torrente Sangone consegnato, a livello di progetto definitivo, nel luglio 1999 per conto del Comune di Rivalta, capofila del raggruppamento costituito da Bruino, Rivalta e Orbassano (COMUNE DI RIVALTA DI TORINO, 1999). Il progetto riguardava il tronco compreso fra Bruino ed il ponte di Via Piossasco nonché un breve

tronco a monte della regione Pasta, là dove la piena del 1994 aveva creato erosioni di sponda.

Nell'ambito del percorso dell'adeguamento dello strumento urbanistico, il PTE non ebbe seguito e venne avviata una variante per l'adeguamento alla circolare 7/LAP con la redazione di una tavola comprendente le opere esistenti e il cronoprogramma degli interventi di mitigazione del rischio (COMUNE DI RIVALTA, 2000; Elaborato 5).

Dopo l'evento dell'ottobre 2000, gli interventi di correzione del Sangone furono realizzati in maniera organica a partire dal territorio di Bruino così come compendiato nell'Elaborato H6-1.



Figura 3-3– Rappresentazione delle aree interessate dall'evento di riferimento (200 e 500 anni) nell'analisi idraulica condotta per conto della Città di Moncalieri (1997) con indicazione di linee di corrente potenziali.

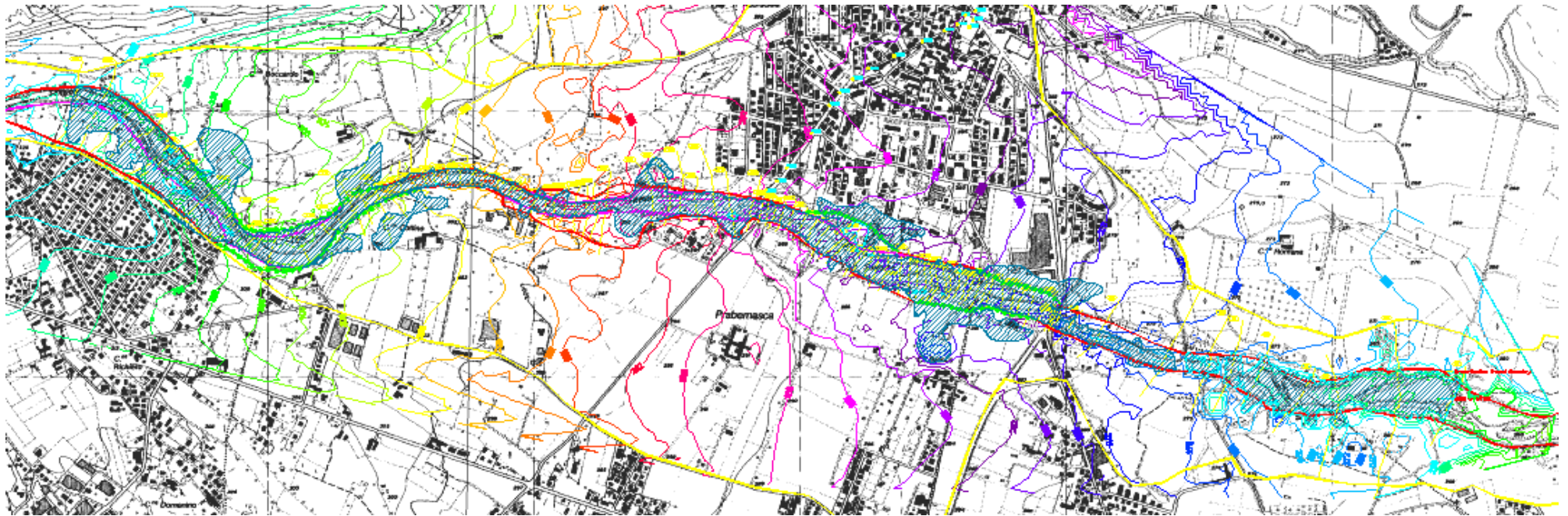


Figura 3-4 – Risultati della prima analisi idraulica condotta su sezioni rilevate nel 1998-99 nell'ambito delle indagini per il PTE di Rivalta (Rivalta di Torino, 1999-a; Elaborato 3)

Le verifiche idrauliche allegate a ciascun progetto portano a ritenere risolti i punti critici, a mano a mano che la realizzazione delle opere avanza dal territorio di Bruino (primavera 2001) fino a Pasta (estate 2003).

La verifica idraulica della capacità di convogliamento dell'intero tratto di Sangone, riportata l'Elaborato H4, mostra che la portata duecentennale è contenuta nell'alveo inciso, ormai diffusamente protetto contro le erosioni di sponda eccetto che nel tratto compreso fra la Cascina Tavella e il ponte di Via Piovasasco. In merito a questo tratto, si ripropone (intervento 16 in Elaborato H6-1) l'intervento di ricalibratura con ampliamento dell'area golenale e la protezione della sponda a contatto con la corrente.

3.2.3. MODELLAZIONE IN MOTO VARIO

La modellazione è stata effettuata in moto vario bidimensionale, assumendo come dato di ingresso un idrogramma di progetto con forma triangolare, di durata pari a 12 h, avente portata al colmo con tempi di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni come riportato nel par. 2.1.2.

3.3. IL MODELLO NUMERICO

Il modello idraulico bidimensionale utilizzato è il SOBEK-Rural, sviluppato dalla WL | Delft Hydraulics. Il codice di calcolo SOBEK è uno strumento di modellazione di corsi d'acqua naturali in aree di pianura e di collina. Una tipica applicazione del programma è la simulazione della progressione di un evento di piena in un'area inondabile inizialmente asciutta, tenendo conto dell'influenza di infrastrutture esistenti e/o pianificate.

Il modello presenta caratteristiche interessanti di accoppiamento fra modelli 1-D e 2-D e permette di operare un passaggio automatico da monodimensionale (moto nell'alveo incanalato) a bidimensionale (sommersione progressiva del piano campagna) risultando particolarmente promettente per le indagini legate all'analisi delle aree inondabili.

Il modulo monodimensionale è usato per risolvere le equazioni idrauliche secondo la tecnica numerica delle differenze finite nell'alveo, descritto tramite sezioni trasversali e strutture importanti (ponti, traverse). Il modello è in grado di simulare ogni tipo di condizioni di deflusso, sub o supercritiche. Ad ogni time

step della simulazione i risultati ottenuti nello schema monodimensionale sono usati come condizioni al contorno interne per lo schema bidimensionale utilizzato per simulare i processi di inondazione delle aree golenali (STELLING et al., 1998; FRANK et al., 2001).

La parte bidimensionale del codice opera su celle quadrate mediante l'applicazione di equazioni di bilancio della quantità di moto e di conservazione della massa. Per il bilancio della quantità di moto i livelli 1D e 2D rimangono rigorosamente separati, mentre per la conservazione della massa i volumi 1D e 2D sono combinati in modo da avere congruenza dei livelli idrometrici. L'accoppiamento tra 1D e 2D avviene a livello dei punti di calcolo 1D (*calculation points*) quando si trovano sovrapposti alle celle della griglia 2D.

Il modello richiede dati topografici di dettaglio, con particolare attenzione a posizione e quote di strade, rilevati, argini ed altre infrastrutture lineari.

Nel caso in esame la modellazione è stata effettuata in moto vario, sia in ambito monodimensionale, per determinare le dinamiche idrauliche all'interno dell'alveo, che in ambito bidimensionale, per determinare l'evoluzione e l'estensione dell'esondazione sul piano campagna.

3.4. GEOMETRIA IMPIEGATA

Il tronco d'alveo complessivamente simulato in moto vario bidimensionale è compreso tra l'estremità occidentale del confine comunale, in prossimità dell'abitato di Bruino, ed il confine con Orbassano. Il tronco in esame è lungo circa 7.5 km

Le verifiche idrauliche a corredo del presente studio sono state implementate sulla base di un Modello Digitale del Terreno (DTM) interpolato sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico appositamente predisposto conforme alle specifiche tecniche per l'esecuzione di rilievi topografici e aerofotogrammetrici dettate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. La geometria che descrive l'altimetria dell'area in oggetto, è stata elaborata partendo da un rilievo aerofotogrammetrico (scala media 1:8000) fornito da Alifoto s.r.l. con tolleranza altimetrica pari a ± 0.2 m (si precisa che il volo risale ad aprile 2008 e le riprese sono state effettuate impiegando una fotocamera WILD tipo RC8).

Il modello idraulico è stato implementato mediante:

- 1) un modello digitale delle elevazioni (DEM in formato ASCII) comprendente circa 215000 celle con dimensione 10 × 10 m, derivante da un TIN elaborato con il metodo della rete di triangolazione irregolare (Triangulated Irregular Network), con la funzione di descrivere le aree golenali, il piano campagna, i rilevati stradali ed i manufatti circostanti (muri, scarpate, recinzioni ed altre discontinuità);
- 2) sezioni trasversali dell'alveo estrapolate dal DTM mediante elaborazioni effettuate in ambiente GIS. Il tronco di T. Sangone oggetto di simulazione è stato descritto mediante 22 sezioni. L'accoppiamento tra il modulo 1D ed il modulo 2D viene attivato nell'ambito del modello idraulico Sobek Rural; I limiti utili per la restituzione sono riportati in Elaborato H-4.

Si segnala che il Settore Opere Pubbliche ha evidenziato che alcune aree (denominate DC4 e CC5) non risultavano adeguatamente indagate da un punto di vista idraulico in quanto esterne al limite del rilievo topografico impiegato per le simulazioni (novembre 2007). Si sottolinea che il rilievo topografico impiegato per il presente approfondimento è più esteso di quello originario e pertanto comprende le aree sopra richiamate (vedi Figura 3-5). L'aggiornamento delle verifiche consente di estendere a tali aree i criteri dell'analisi approfondita.

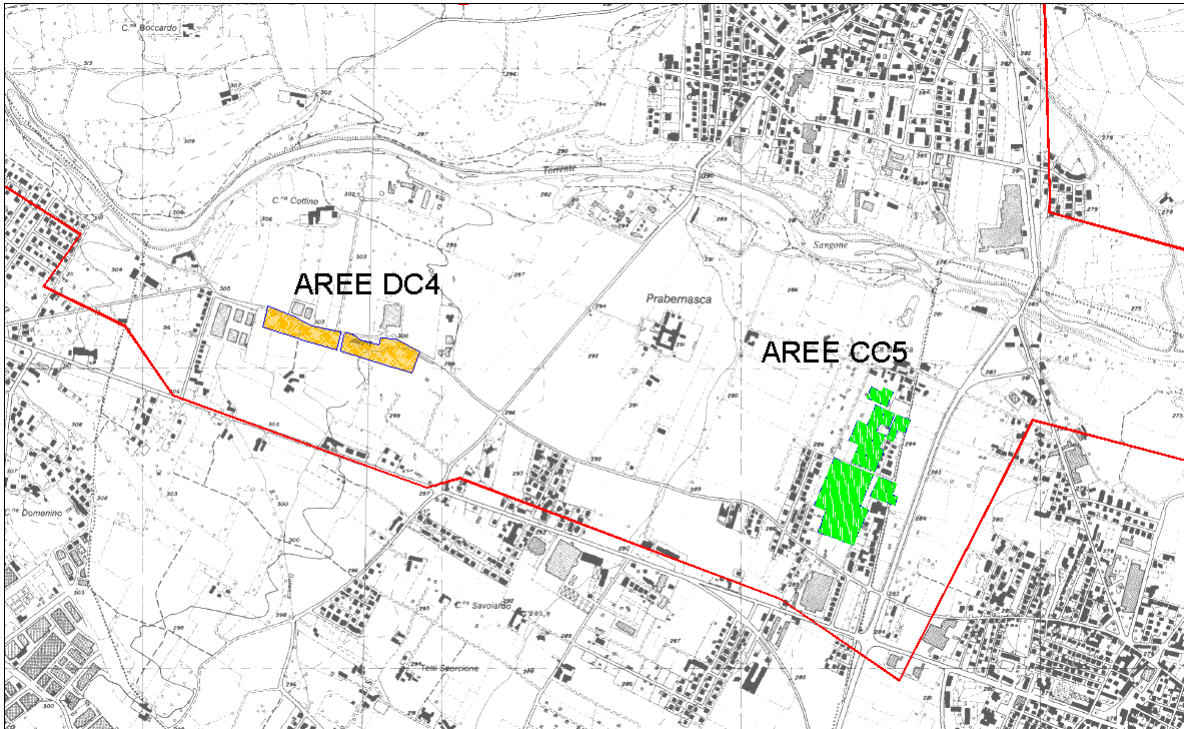


Figura 3-5. Nella figura si riportano i limiti delle aree DC4 e CC5 e del rilievo topografico impiegato per le verifiche idrauliche. L'aggiornamento delle verifiche consente di estendere a tali aree i criteri dell'analisi idraulica approfondita.

3.5. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni per il calcolo sono state impostate con *time-step* di calcolo pari a 10 minuti per una durata totale pari a 12 h.

Il ramo 1D è accoppiato alla griglia 2D lungo tutto il percorso dell'alveo tramite una serie di *calculation point* (1 ogni 11 m lungo il tronco simulato). Le condizioni al contorno in uscita sono state poste sul T. Sangone sotto forma di livello d'acqua variabile dipendente dal valore della portata in ingresso. A tale scopo è stata predisposta una simulazione preventiva di inizializzazione per determinare la relazione tra portata in ingresso e corrispondente livello in uscita nell'ultima sezione di valle.

3.5.1. LA PORTATA IN INGRESSO

La modellazione è stata effettuata considerando gli eventi di riferimento con tempo medio di ritorno di 50, 200 e 500 anni (vedi par. 2.1.2).

3.5.2. SCABREZZA

Le condizioni di scabrezza sono state fissate con riferimento ai valori n di Manning, utilizzando i dati presenti in letteratura. I valori assegnati sono rispettivamente:

- $n = 0.035/0.060 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per l' alveo del T. Sangone;
- $n = 0.065 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per il piano campagna (valore indicato per aree con bassa vegetazione diffusa) ritenendo che le condizioni siano significativamente uniformi.

3.5.3. CONDIZIONE IN USCITA

Le condizioni al contorno in uscita sono state poste sotto forma di livello d'acqua variabile dipendente dalla portata in ingresso. A tale scopo è stata predisposta una simulazione preventiva di inizializzazione per determinare la relazione tra portata in ingresso e corrispondente livello in uscita nell'ultima sezione di valle. I livelli sono congruenti con la scala delle portate.

4. RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA

L'esposizione dei risultati avviene riferendo dapprima in merito alle aree del concentrico (vedi Elaborato H-3) e, a seguire, del T. Sangone (vedi Elaborato H-4).

4.1. GAROSSO DI RIVALTA

L'alveo del Garosso di Rivalta a monte del centro abitato è in grado di convogliare a malapena la piena con tempo medio di ritorno 50 anni e, per in caso di valori superiori, la corrente si allarga contenuta dalla sponda destra, generalmente più alta. All'ingresso nel concentrico, la corrente necessariamente invade la carreggiata della strada che costeggia il corso d'acqua. La presenza di edifici con ingresso a livello del piano stradale e autorimesse interrate impone la cautela di comprendere i detti edifici nell'area inondabile.

Nel tronco in fregio alla strada di bordo del Villaggio Aurora, la presenza di numerosi attraversamenti (Foto 1) di luce insufficiente al convogliamento delle portate di riferimento, determina la necessità di allargare la zona vulnerabile

agli edifici, rimandando ad eventuali approfondimenti puntuali per la determinazione del rischio ⁽¹¹⁾.

L'attraversamento della S.P. 143, costituito da un condotto in lamiera ondulata, è insufficiente al convogliamento delle portate di riferimento e determina lo straripamento in direzione del centro abitato. Il fenomeno è stato modellato con codice di calcolo bidimensionale (come descritto nel par. 3.1.2).

4.2. CANALE COMUNALE DI RIVALTA

L'alveo del Canale comunale di Rivalta, nel tratto compreso tra il canale scolmatore e l'attraversamento di via Millio, è in grado di convogliare la piena con tempo medio di ritorno 50 e 200 anni, mentre in caso di valori superiori, la corrente perviene alla sede stradale discendendo verso i giardini pubblici. Più a valle l'imbocco del sifone in prossimità di via Roma è in grado di convogliare la portata con tr 50 anni, mentre per valori superiori la corrente invade la sede stradale interessando gli edifici posti nelle vicinanze.

4.3. TORRENTE SANGONE

Il quadro derivato dalla modellazione delle portate di riferimento (Elaborato H4) conferma in parte l'analisi a suo tempo effettuata da Hydrodata s.p.a. per conto del Comune di Moncalieri (1997).

Riprendendo quanto riportato nello studio citato, la modellazione aveva posto in evidenza il campo di inondazione illustrato nella Figura 4-1 sulla base di sezioni ricavate da una topografia schematica e ubicate in planimetria in modo incompleto ⁽¹²⁾, quindi non identificabili con precisione.

Nella relazione dello studio Hydrodata (par. 6.2, pag. 31) si ammette che per *"il tracciamento delle aree di allagamento relative all'evento di piena con tempo medio di ritorno 200 e 500 anni (eventi B e C) esista un certo grado di incertezza:*

⁽¹¹⁾ Si ricorda che mentre la pericolosità dipende dall'idrologia e dall'idraulica, la vulnerabilità discende dalla topografia e il rischio si calcola tenendo conto del valore dei beni esposti.

⁽¹²⁾ La planimetria schematica delle sezioni alla scala 1:250 000 riporta solo alcune sezioni e non permette di correlare la posizione della sezione con la progressiva ad essa attribuita.

- *manca di un rilievo sistematico di sezioni trasversali d'alveo, con alternanza di tratti di corso d'acqua per i quali non si dispone di alcuna informazione e di altri con un numero eccessivo [...] di sezioni di rilievo;*
- *la griglia del DTM disponibile (50x50 m), [...] per questo tipo di valutazione si è dimostrata non del tutto ottimale per il tracciamento; migliori risultati si sarebbero ottenuti ad esempio con una griglia di punti quotati a passo 20 m; inoltre, la precisione altimetrica dei punti quotati, sempre in relazione al tipo di valutazioni condotte, è decisamente scarsa (± 1 m o forse peggio);*
- *nelle simulazioni numeriche non risulta possibile tenere in conto, se non in maniera approssimativa e alquanto soggettiva, dei fenomeni di erosione di sponda, di trasporto di flottanti e delle condizioni di manutenzione dell'alveo [...].*

Preso atto di queste precisazioni, si ritiene che non solo l'analisi elaborata nell'ambito degli studi per la Variante al PRGC (fondata su un DTM 10x10 m come auspicato da Hydrodata nel 1997), ma anche le verifiche idrauliche allestite in precedenza (in particolare per il PTE del 1999) fondate su sezioni trasversali rilevate a terra costituiscano un'analisi a scala di maggior dettaglio al fine della individuazione delle aree inondabili (nello spirito dell'art.18 delle Norme di Attuazione del PAI).

L'analogia dei risultati è evidente, anche a fronte delle indicazioni della carta geomorfologica. Altrettanto evidente è la superiorità dell'approccio bidimensionale che consente di individuare fenomeni di straripamento non individuabili dalla interpretazione a sezioni, necessariamente discretizzata.



Figura 4-1. Campo di inondazione, secondo l'analisi a suo tempo effettuata da Hydrodata s.p.a. per conto della Provincia di Torino per eventi con tempo di ritorno 200 anni (area scura) e 500 anni (area a tratteggio).

Nei paragrafi che seguono, i risultati dell'analisi idraulica sono riferiti in analogia a quanto riportato nel rapporto sugli aspetti idraulici allegato al PTE nel giugno del 2000 ⁽¹³⁾ e con specifico riferimento ai lavori eseguiti a partire dal 1996. Procedendo da monte verso valle, si osserva, con riferimento allo schema presentato in Allegato 4 quanto segue.

4.3.1. TRONCO A-C

Nel tronco compreso fra il confine con Sangano e Bruino il modello mette in evidenza l'adeguata capacità di convogliamento dell'alveo. Si nota, a partire dal punto indicato con A, la completa occupazione della golena destra fino al piede del terrazzo su cui sorgono gli edifici della località Alba Serena di Bruino, in accordo con la definizione della fascia. Si tratta di uno scenario già visto, anche se con portata ben minore, nell'evento del 31 marzo-1 aprile 1981.

Merita segnalare che non si verifica tracimazione dalla sponda sinistra, soprattutto in corrispondenza della curva indicata con B neppure considerando una portata con 1000 m³/s (pari a circa 1500 anni di tempo di ritorno, si veda l'Elaborato H-5).

Nel 1996 a seguito di finanziamento regionale successivo all'evento di piena del 1994, è stato ampliato l'alveo in corrispondenza dell'ansa al confine con Bruino. In particolare, si è provveduto ad aprire un ramo sussidiario (si vedano Foto 11 e Foto 18) che è entrato in funzione durante la piena dell'ottobre 2000.

In merito a quanto osservato dal Settore Opere Pubbliche a proposito delle osservazioni già espresse dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ⁽¹⁴⁾, si precisa

⁽¹³⁾ Con determina n. 411 del 29.09.1998, il Sindaco del Comune di Rivalta di Torino affidava incarico per la consulenza idraulica per la stesura del progetto di massima per la redazione del Piano Tecnico Esecutivo delle zone dichiarate inondabili nell'allora vigente P.R.G.C.

⁽¹⁴⁾ In occasione della Conferenza dei servizi convocata per l'approvazione del "Progetto dell'argine in sponda sinistra del Torrente Sangone a valle del ponte di via Piossasco", l'Autorità di Bacino del Fiume Po, con nota prot. n° 4772/PU emessa in data 04/10/2007, a seguito dell'esame delle verifiche idrauliche effettuate, esprimeva la seguente osservazione: "[...] le condizioni di deflusso in piena nel tratto di asta a monte del ponte (di via Piossasco) nei comuni di Bruino e Rivalta, non corrispondono oggi a quelle previste dal PAI, verificandosi per la piena di riferimento, esondazioni in sponda destra in un'area edificata esterna alla fascia B. La pericolosità non trascurabile di tale situazione richiede una rapida individuazione dei provvedimenti da attuare per ridurre le condizioni di pericolosità entro valori accettabili con l'uso del suolo in atto".

che il Comune di Rivalta ha avviato la procedura per la proposta della modifica della fascia B vigente come nel seguito descritto.

La modellazione segnala una debole tracimazione in sponda destra che, raggiunto il piano campagna inclinato in direzione Sud-Est, prosegue verso Orbassano fino a disperdersi prima di raggiungere la S.P. 143. L'inconveniente era già emerso, a fronte della portata di riferimento proposta dal PAI, in occasione della progettazione della difesa in sponda destra realizzata dal Comune di Bruino nel 2001 e può essere ovviato mediante la realizzazione di un intervento per la riduzione della pericolosità di allagamento dell'area in parola.

Merita tener presente che, in corrispondenza dell'ansa, la sponda destra è stata sede di ingenti riporti di materiali provenienti da scavi solo in minima parte rimossi dal citato intervento operato dal Comune di Bruino con l'allora vigente procedura "a compenso". La procedura non permise infatti l'asportazione di materiali privi di interesse economico a fronte della necessità di realizzare l'opera di protezione contro l'erosione.

La completa risagomatura della sponda destra con conseguente allargamento dell'alveo in territorio di Bruino fino a raggiungere la larghezza che, per esempio, risulta attribuita al letto del torrente nel catasto napoleonico (Figura 4-2), potrebbe portare l'alveo a contenere la portata di riferimento. Tuttavia, considerando la dinamica dei sedimenti che caratterizza il corso d'acqua in oggetto, potrebbe essere opportuno, a fronte degli investimenti collocati a valle (zona industriale di Rivalta), realizzare un intervento di ricalibratura o di contenimento (argine).

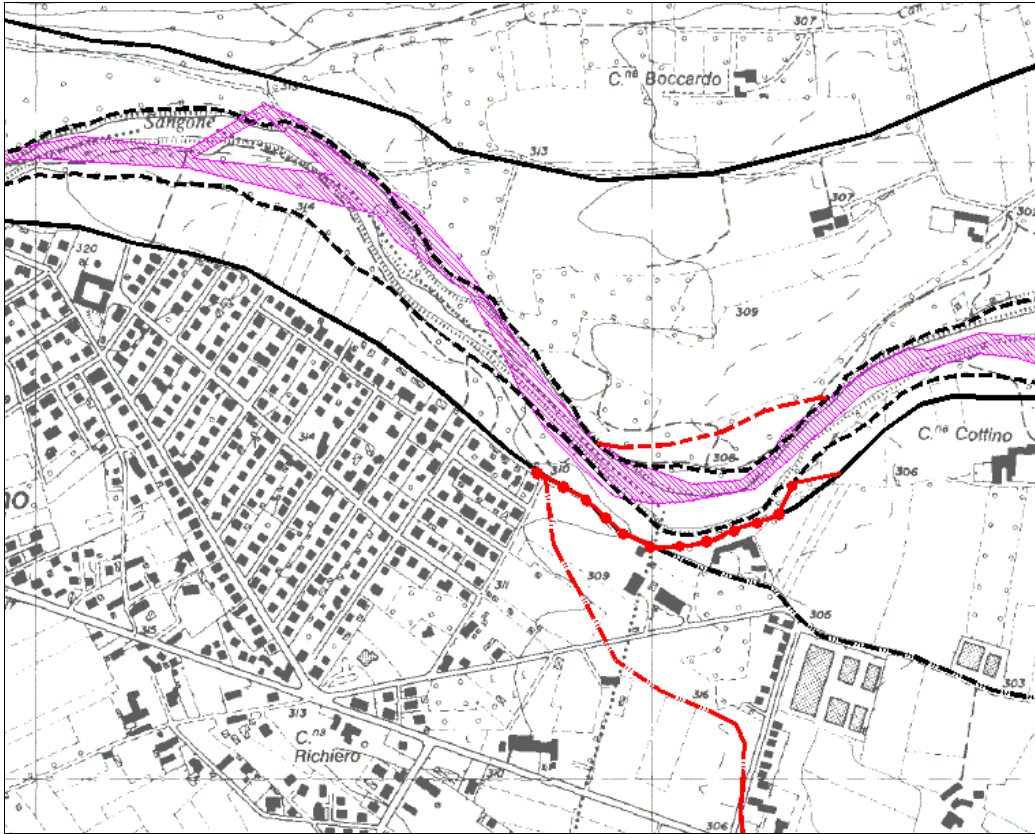


Figura 4-2 – Sovrapposizione del catasto napoleonico (evidenziato con il graficismo magenta) alla CTR e alle fasce. La rappresentazione delle fasce avviene con tratto nero per le fasce vigenti e con tratto rosso per quelle proposte, secondo la convenzione seguente: tratteggio fascia A, linea continua fascia B, simbolo circolare fascia B di progetto, punto-linea fascia C.

4.3.2. TRONCO C-D

Il tronco è compreso fra il confine con Bruino e il Ponte di Via Piossasco. L'alveo scorre fra sponde in erosione ed è stato sede di significativi interventi.

Nel 1996, dopo l'evento del 1994, la sezione è stata risagomata con movimentazione del materiale lungo la savanella realizzata dal Genio Civile nel 1982-83. Ulteriori interventi erano stati dedicati al miglioramento forestale della vegetazione presente nella lunata in sponda destra.

Dopo l'evento dell'ottobre 2000, è stata prolungata verso valle la difesa di sponda esistente (indicata in Foto 10) completandone la tipologia con rostri al piede in modo da impedirne lo scalzamento. Il tratto di sponda è oggetto infatti di azioni particolarmente violente tanto che l'originaria protezione di sponda realizzata, nel 1996, in materassi tipo "reno" è stata, nel 2000, strappata dalla

corrente. La conseguente erosione di sponda ha permesso di aumentare il raggio di curvatura e pertanto la protezione dovrebbe essere adeguata, anche ai fini della conservazione del retrostante ramo della bealera Duranza.

Le due lunate, apertesesi nel corso della piena dell'ottobre 2000, sono state oggetto di un intervento con realizzazione di sette pennelli in massi di cava, con testa protetta con rete di trefoli d'acciaio. Al momento, le opere sono state interessate dalle piene autunnali del 2006 (con oltre due metri d'acqua sulla magra) ed hanno significativamente operato per mantenere la corrente lungo il filone principale, impedendo la riattivazione delle lunate.

In merito al tronco in oggetto si segnala che, il ponte di Via Piossasco che si dimostrava inadeguato al convogliamento della portata di riferimento e rappresentava uno dei punti critici, è stato demolito.

Il tronco C-D è caratterizzato nel PAI dalla delimitazione di un tratto di Fascia B di progetto di lunghezza significativa (circa 2300 m) dal piede del versante a oltre il ponte della SP 143. Come ampiamente illustrato nel precedente paragrafo 1.3, il detto tratto "di progetto" non risulta giustificato dai risultati della modellazione numerica condotta sullo stato attuale dell'alveo del Sangone. La modellazione citata ha permesso di delimitare il tratto di fascia di progetto utile per eliminare lo straripamento in corrispondenza di Via Vespucci (tratto D-E). Tale struttura è stata realizzata e collaudata nel corso del 2008-09.

Il progetto dell'argine in parola è stato corredato anche dall'approfondimento delle condizioni topografiche del settore compreso fra la sponda sinistra del Sangone e il piede della collina morenica mostrando la posizione del limite tra la Fascia B e la Fascia C.

La situazione illustrata in Elaborato H-4 ed Elaborato H-5 porta ad escludere che l'evento con tempo di ritorno 200 anni proposto dal PAI sia in grado di superare la sponda sinistra. A titolo di verifica, la portata di 1000 m³/s (corrispondente ad un tempo medio di ritorno pari a circa 1500 anni) è stata introdotta senza ottenere, con l'attuale geometria dell'alveo, inconvenienti.

Il tratto C-D merita tuttavia considerazione al riguardo della possibilità di introdurre un ulteriore miglioramento dell'efficienza del convogliamento

ottenibile recuperando la funzionalità, in caso di piena, della golena sinistra, come indicato nell'Elaborato H6-1. La golena in parola è costituita da depositi di materiali sciolti la cui rimozione permetterebbe la creazione di un volume disponibile per l'invaso temporaneo in condizioni di piena attuando un modello di sistemazione per cui, in un corso d'acqua monocursale, si può ottenere laminazione della portata di riferimento. La realizzazione di tale volume di vaso corrispondente anche ad un aumento della sezione disponibile, andrebbe nella direzione opposta a quella temuta nell'ambito dello studio citato (CITTÀ DI MONCALIERI, 1997) che, con l'apposizione delle frecce dirette verso il concentrico, aveva segnalato la possibilità di una tracimazione per eventi comunque superiori a quello con tempo di ritorno di 500 anni.

L'intervento sopra suggerito rappresenterebbe anche un significativo esempio di rinaturazione con possibilità di fruizione a scopo ricreativo in un settore degradato e, di fatto, impercorribile. Tale intervento potrebbe rientrare nell'ambito degli scopi del Contratto di fiume, ma se ne sottolineano i significativi effetti in ambito idraulico.

Per chiarire la situazione topografica, nel settore del tronco C-D, sono state tracciate alcune sezioni trasversali sulla base del DTM di dettaglio disponibile estese a tutta la golena sinistra, fino a comprendere il piede del versante (sempre, ovviamente nell'ambito del DTM disponibile da cui le sezioni sono state ricavate in automatico) ed è stato riportato il livello del pelo libero risultante dalla modellazione.

Le sezioni sono state corredate dai tre profili longitudinali, secondo quanto indicato nelle successive figure.

Le sezioni di seguito allegate mostrano chiaramente la depressione che tuttavia non è correlabile con l'attività del T. Sangone in quanto non risulta raggiungibile dal livello della piena di riferimento indicato nelle figure neanche per portate dell'ordine di 1000 m³/s (vedi Figura 1-3).

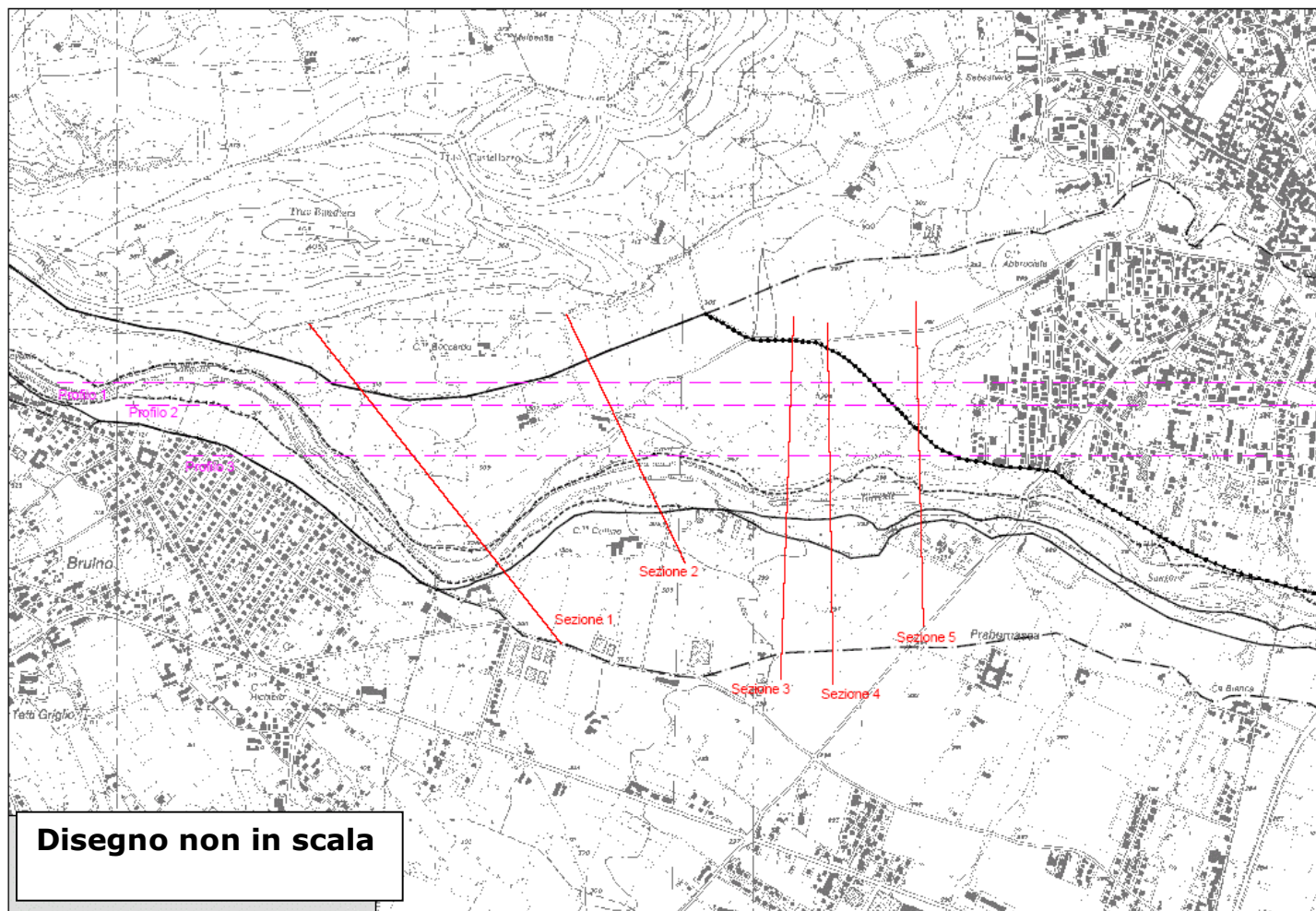


Figura 4-3. Traccia delle sezioni e dei profili tracciati, nel settore occidentale del territorio, utilizzando i dati altimetrici del DTM elaborato per le presenti verifiche idrauliche.

Sezione 1

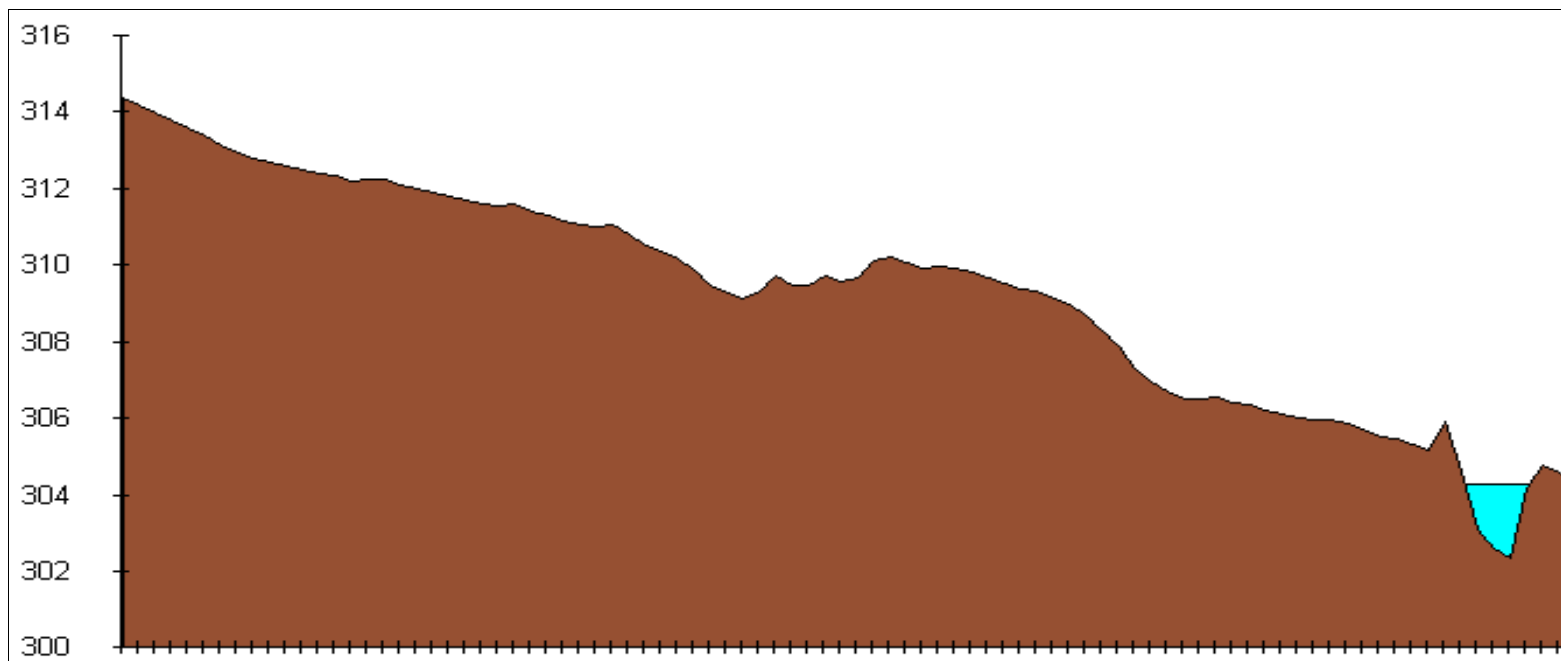


Figura 4-4 - Quota media raggiunta dall'acqua nella sezione 1 al transito della portata al colmo con tr 200 anni ($Q= 820$ m³/s). La sezione non è in scala in quanto ricavata dal DTM con mezzo che non produce uscita vettoriale.

Sezione 2

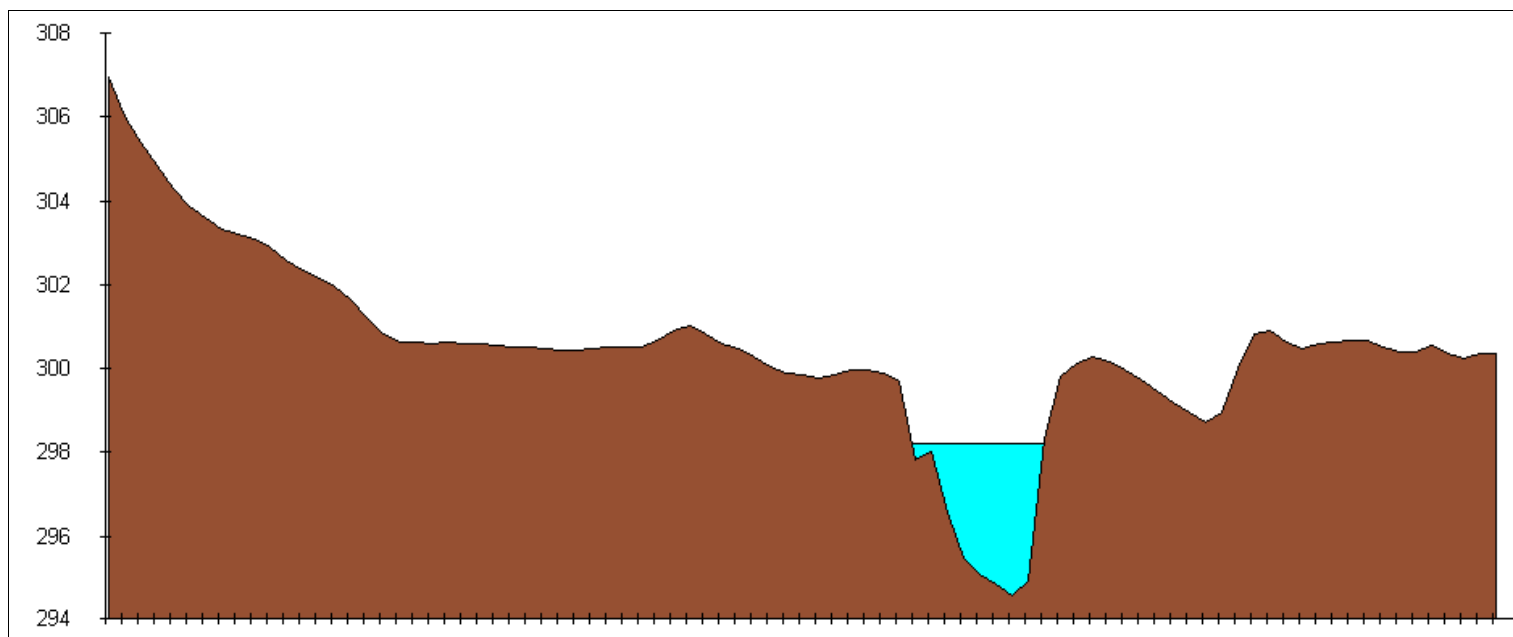


Figura 4-5 - Quota media raggiunta dall'acqua nella sezione 2 al transito della portata al colmo con tr 200 anni ($Q= 820$ m³/s). La sezione non è in scala in quanto ricavata dal DTM con mezzo che non produce uscita vettoriale (per eventuali misure comparative, si precisa che lo sviluppo della sezione misura 862 m).

Sezione 3

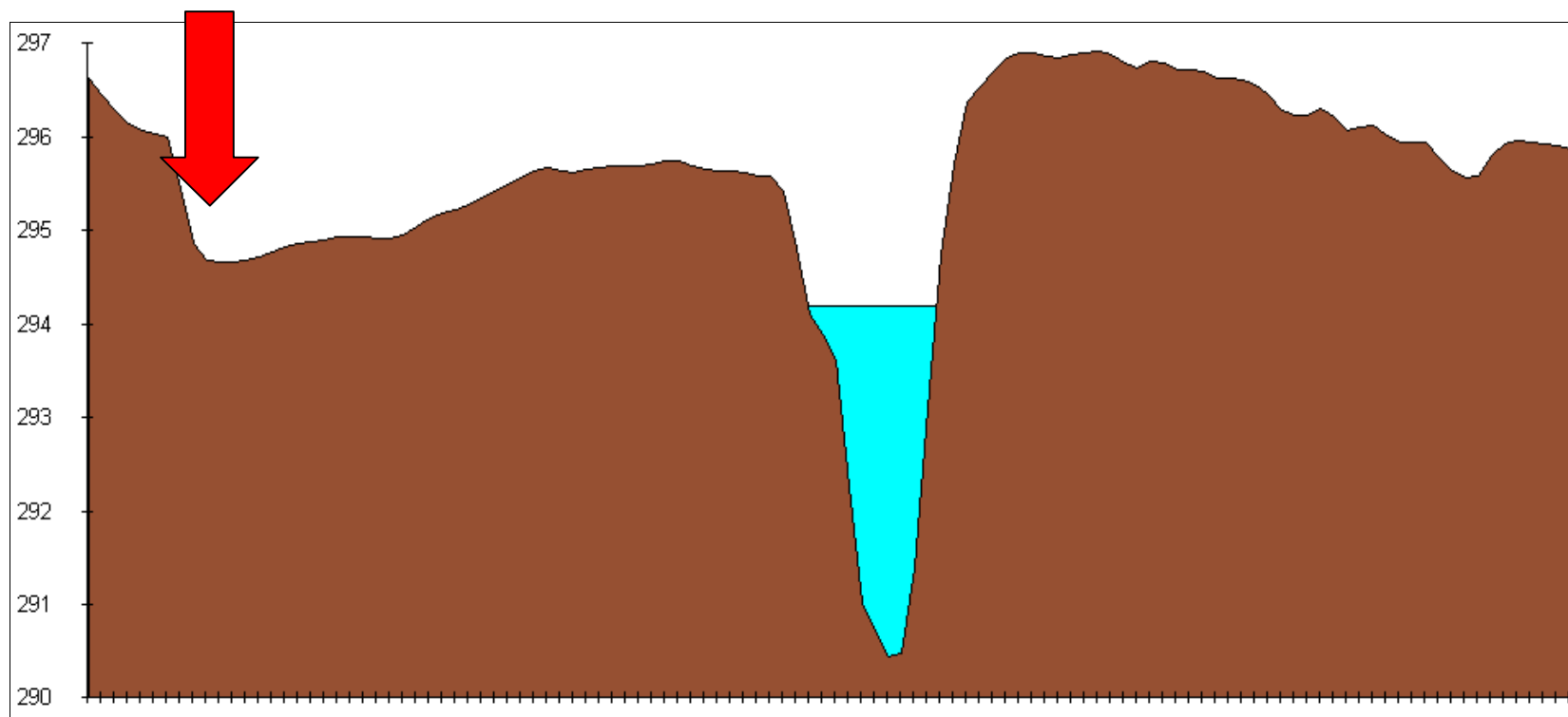


Figura 4-6 - Quota media raggiunta dall'acqua nella sezione 3 al transito della portata al colmo con tr 200 anni ($Q= 820$ m³/s). La sezione non è in scala in quanto ricavata dal DTM con mezzo che non produce uscita vettoriale (per eventuali misure comparative, si precisa che lo sviluppo della sezione misura 1139 m). La freccia rossa indica la posizione della fascia B "di progetto" prevista nel PAI.

Sezione 4

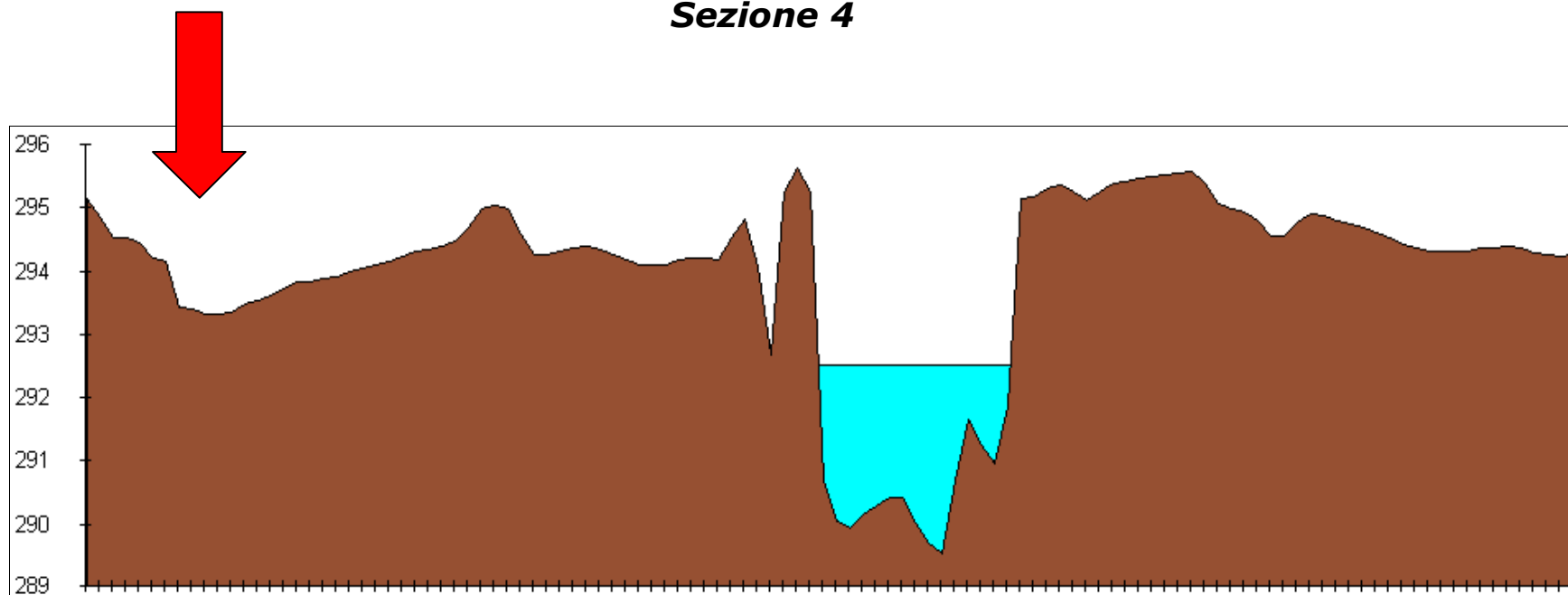


Figura 4-7 - Quota media raggiunta dall'acqua nella sezione 4 al transito della portata al colmo con tr 200 anni ($Q= 820$ m³/s). La sezione non è in scala in quanto ricavata dal DTM con mezzo che non produce uscita vettoriale (per eventuali misure comparative, si precisa che lo sviluppo della sezione misura 1138 m). La freccia rossa indica la posizione della fascia B "di progetto" prevista nel PAI.

Sezione 5

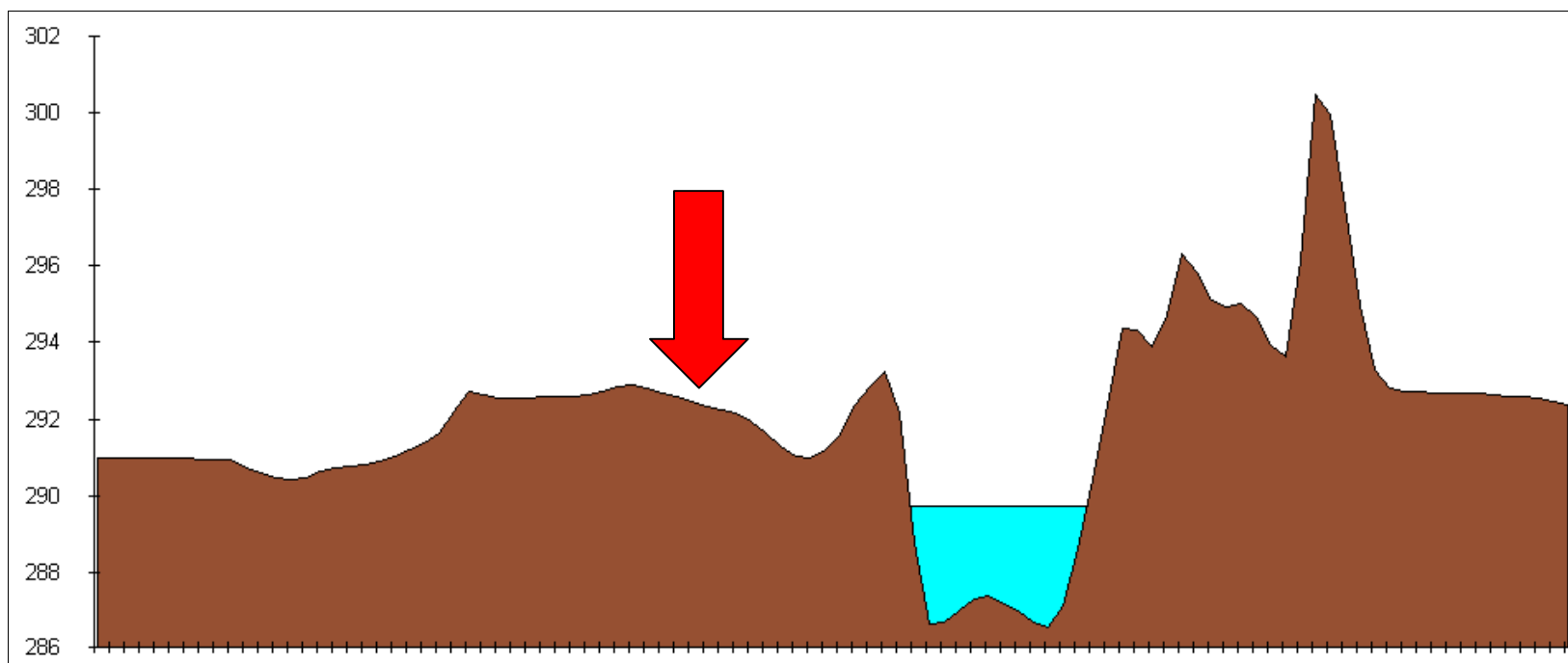


Figura 4-8 - Quota media raggiunta dall'acqua nella sezione 5 al transito della portata al colmo con tr 200 anni ($Q= 820$ m³/s). La sezione non è in scala in quanto ricavata dal DTM con mezzo che non produce uscita vettoriale (per eventuali misure comparative, si precisa che lo sviluppo della sezione misura 1020 m). La freccia rossa indica la posizione della fascia B "di progetto" prevista nel PAI.

PROFILO 1

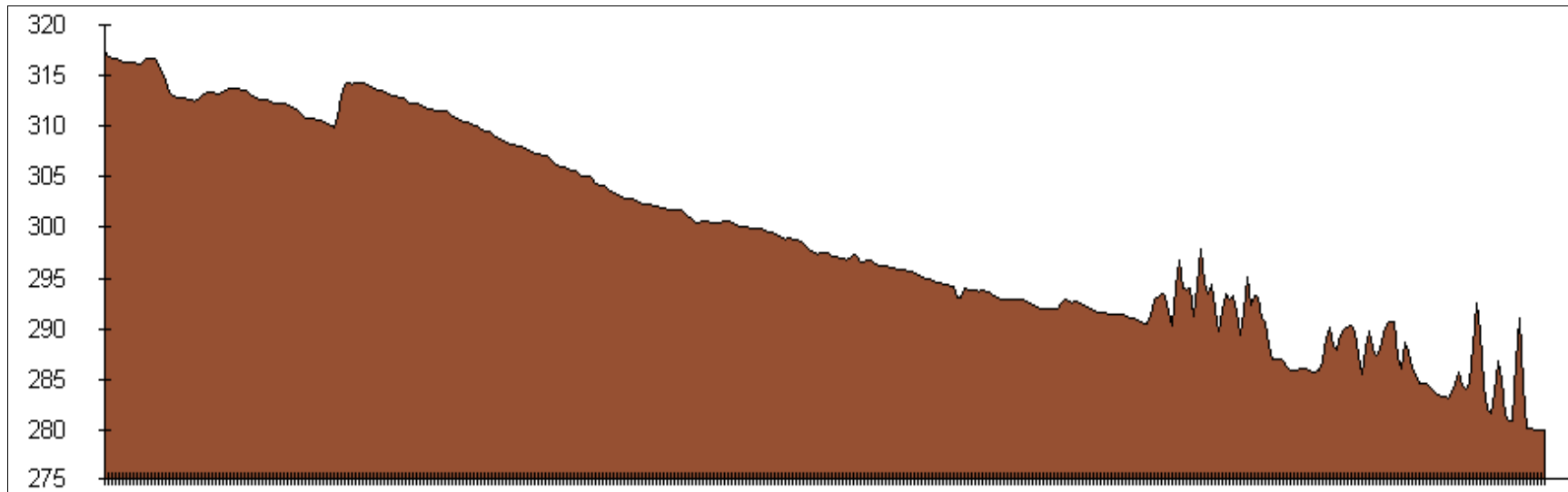


Figura 4-9 - Profilo del terreno (sinistra a monte, destra a valle). Le due depressioni a monte identificano l'alveo del Sangone, mentre i picchi a destra sono gli edifici della porzione inferiore del concentrico di Rivalta.

PROFILO 2

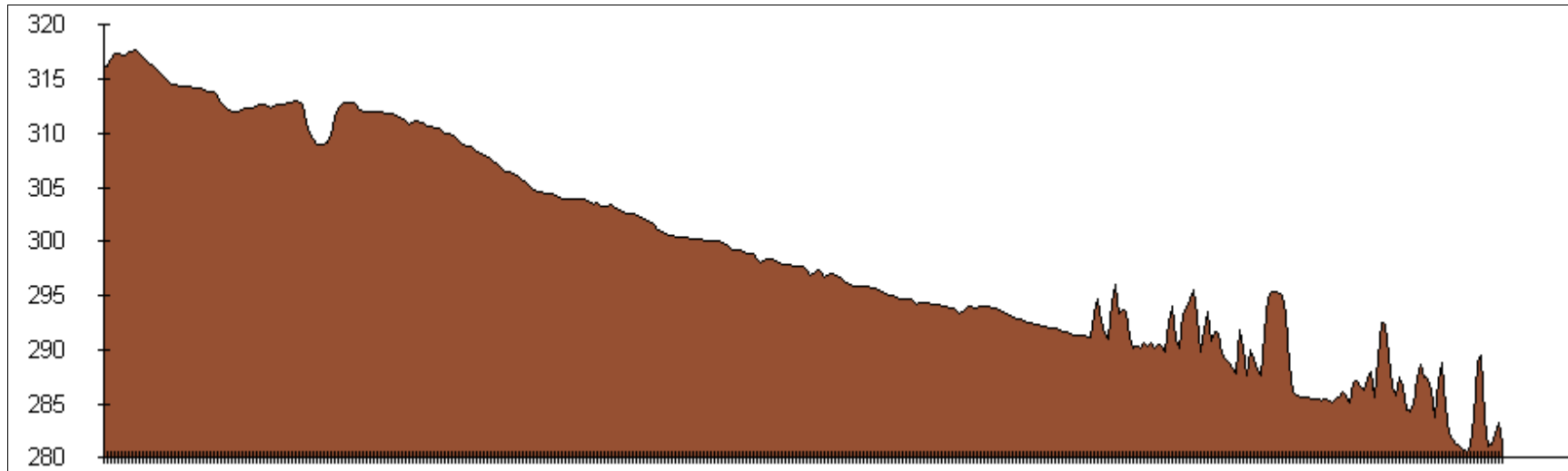


Figura 4-10 - Profilo del terreno (sinistra a monte, destra a valle). La depressione a monte costituisce l'alveo del Sangone, mentre i picchi a destra sono gli edifici della porzione inferiore del concentrico di Rivalta.

PROFILO 3

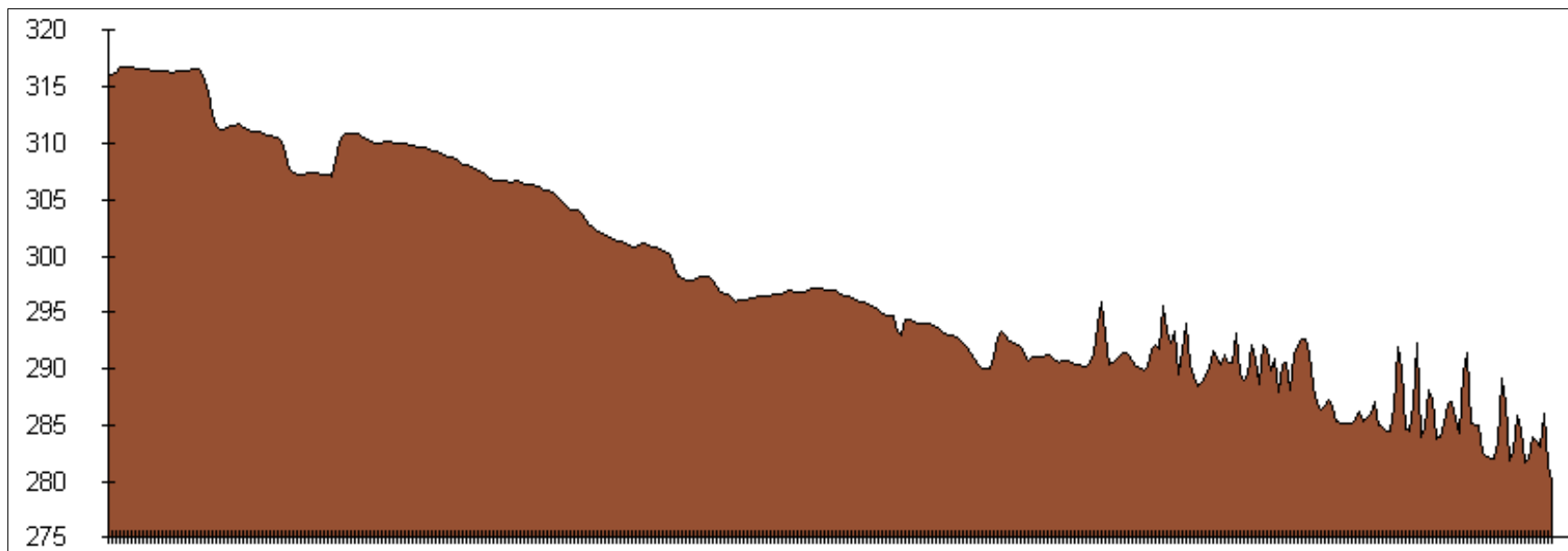


Figura 4-11 - Profilo del terreno (sinistra a monte, destra a valle). La depressione a monte costituisce l'alveo del Sangone, mentre i picchi a destra sono gli edifici della porzione inferiore del concentrico di Rivalta. A sinistra, si vede chiaramente l'alveo, la golenia e la scarpata che delimita il ripiano su cui sorge il villaggio Alba Serena.

4.3.3. TRONCO D-E

Il tronco, compreso fra il ponte di Via Piovasasco e il ponte della SP 143 è stato oggetto di significativi interventi dopo l'evento di piena dell'ottobre 2000, che determinò l'apertura delle due lunette segnalate nella Foto 12 con superamento della sponda sinistra fin contro il muro di recinzione dell'insediamento industriale.

Gli interventi hanno comportato la rimozione di un ingente volume di sabbia e ghiaia e la realizzazione di difese di sponda con rostri al piede. La Foto 22 mostra i lavori in corso di realizzazione della difesa in massi di cava, in primo piano, e, sullo sfondo, gli ingenti accumuli di sabbia rinvenuti sul posto ed asportati con la procedura a compenso prevista dalla L. 677/96

Il nuovo ponte presenta un ampio franco rispetto alla piena di riferimento, come mostrato nella seguente Figura 4-12. Dal modello numerico, si deduce che il pelo libero arriva a quota 277.97 m s.l.m. a fronte di una quota di imposta dell'arco, molto ribassato, di 281.50 m quindi con un franco pari a $281.50 - 277.97 = 3.53$ m. La velocità della corrente, ancora lenta nonostante il richiamo del salto di fondo poco a valle, risulta di poco superiore a 4 m/s.

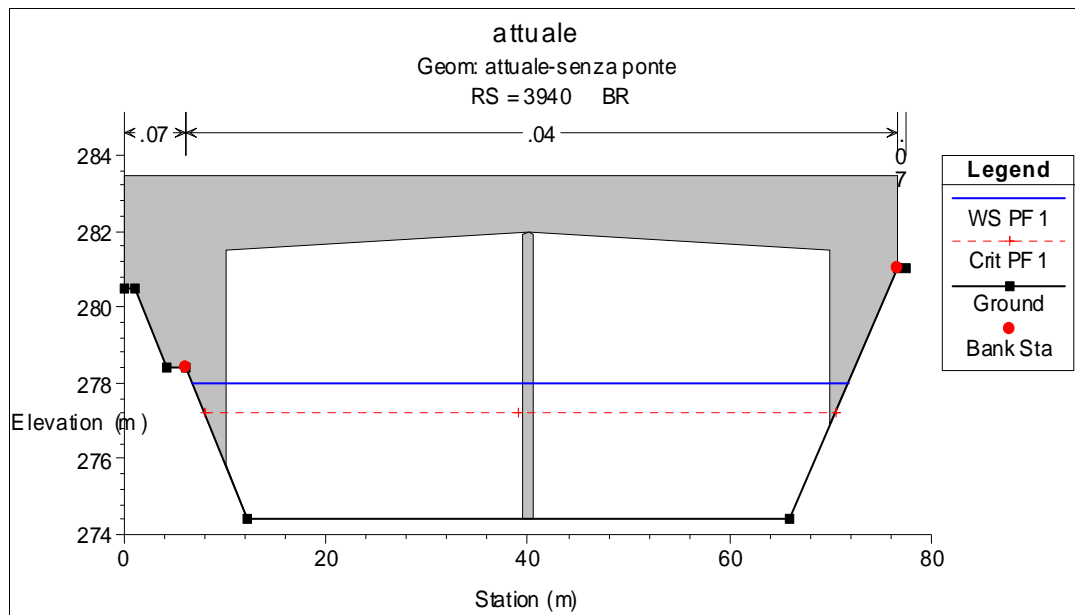


Figura 4-12 – Ponte della SP 143 con indicazione del livello della portata di riferimento rispetto alla quale è rispettato il franco previsto dalla Direttiva allegata al PAI.

Pertanto, riassumendo, il termine cinetico risulta $h_v = \frac{4.22^2}{2 \cdot 9.81} = 0.91$ m e, in

base alla norma, vale la relazione

$$0.5 h_v = \frac{0.91}{2} = 0.45 < 3.53 > 1.00 \text{ m}$$

La modellazione citata nel paragrafo precedente ha permesso di delimitare il tratto di fascia di progetto utile per eliminare lo straripamento in corrispondenza di Via Vespucci (tratto D-E). Tale struttura è stata realizzata nel corso del 2008-09.

La realizzazione del nuovo ponte della SP 143 ha eliminato il fenomeno di rigurgito che, nell'analisi idraulica premessa alla definizione delle fasce fluviali, determinava l'allagamento di una significativa porzione della sponda sinistra con superamento della strada provinciale e coinvolgimento del piano campagna fino allo sbocco del Garosso di Rivalta.

L'adeguamento della luce del ponte è stato accompagnato dall'abbassamento della quota dell'estradosso del sifone del Canale di Orbassano di circa un metro. In tal modo la pendenza del tronco a monte aumenta e migliora la capacità di convogliamento.

La realizzazione di difese di sponda corredate di rostri inoltre dovrebbe fare in modo che la corrente di magra e morbida si concentri evitando i depositi di materiali fini nella porzione attiva dell'alveo ⁽¹⁵⁾. In tal modo, la stabilità dell'alveo dovrebbe essere mantenuta nel tempo.

4.3.4. TRONCO E-F

A valle della S.P. 143, l'alveo del Sangone è stato corretto, nel 2003-2004, mediante la realizzazione di una difesa di sponda in sinistra e alla manutenzione della difesa di sponda realizzata in destra dopo l'evento del novembre 1994. Lungo i tratti di sponda in parola, le difese sono state dotate

⁽¹⁵⁾ In merito alle opere realizzate con la tipologia della scogliera rinverdita con infissione di talee di salice bisogna segnalare l'opportunità di interventi di manutenzione della coltre vegetale, che, a distanza di qualche anno, ha raggiunto un considerevole sviluppo in altezza a detrimento dello sviluppo dell'apparato radicale.

di rostri in pietrame, protetti con maglia metallica, allo scopo di evitare l'avvicinamento della corrente alla sponda e generare scalzamento al piede.

A valle della confluenza del Garosso di Rivalta, l'alveo è stato sistemato mediante repellenti a martello di rilevante sviluppo allo scopo di convogliare la corrente di magra e morbida entro la porzione centrale del letto (Foto 15).

La corrente della piena di riferimento pertanto resta contenuta entro l'alveo inciso, ma con ridotte possibilità di azione sulle sponde, come invece avvenne nelle precedenti piene.

I dispositivi realizzati si ispirano al concetto adottato già dai tempi della sistemazione ottocentesca del Torrente Arc in Savoia e diventato, nel tempo, noto come "sistema Po". Si tratta di confinare l'alveo di magra entro argini sommergibili, connessi alla sponda da costoloni con il dorso inclinato verso l'alveo. La corrente di piena entra nelle camere comprese fra un costolone e l'altro e rallenta generando depositi. In tal modo dovrebbe essere impedita l'ulteriore erosione delle sponde, ossia dovrebbe essere stato realizzato l'auspicio di Goffredo Casalis, sopra citato, ossia di arrivare "alla saggia deliberazione di regolarne il letto che in alcuni siti è soverchiamente esteso, e approfondirlo alcun poco".

Il nuovo ponte dell'ATIVA si presenta come nella Figura 4-13, che mostra la presenza del franco prescritto dalla norma.

Infatti, nelle condizioni di riferimento, il franco fra intradosso del ponte e pelo libero risulta pari a $263.22 - 260.22 = 3.00$ m a fronte di una velocità media di 2.53 m/s con conseguente termine cinetico pari a $h_v = \frac{2.53^2}{2 \cdot 9.81} = 0.33$ m

Pertanto $0.5h_v = \frac{0.33}{2} = 0.17 < 3.00 > 1.00$ m

ossia la metà del termine cinetico è inferiore alla differenza sopra citata e comunque superiore ad 1.0 m.

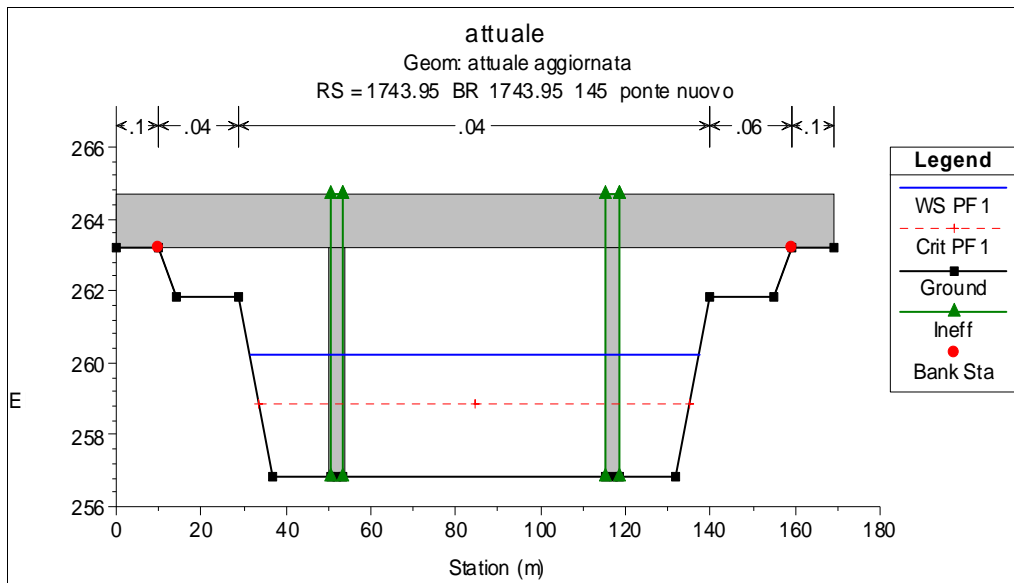


Figura 4-13 – Torrente Sangone – Ponte dell’ATIVA in condizioni di convogliamento della portata di riferimento (820 m³/s)

4.3.5. PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO LOCALE DELLA DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI SULLA BASE DELLE EVIDENZE MORFOLOGICHE

A seguito dell’incontro interdisciplinare di carattere orientativo con i Settori regionali competenti avvenuto in data 16/12/2010, è emersa l’opportunità di proporre l’aggiornamento locale delle fasce fluviali del T. Sangone laddove siano presenti evidenze morfologiche. In base a quanto discusso sembra possibile effettuare tali modifiche su approvazione regionale, pertanto si intende operare in tal senso.

A tale proposito occorre doverosamente segnalare che il Comune di Rivalta operò in tal senso già dal 2007 quando affidò allo scrivente un incarico per la modifica delle fasce fluviali del T. Sangone (convenzione rep. 1457 del 14/06/2007). L’incarico citato produsse lo studio “Proposta di modifica della delimitazione delle Fasce fluviali a seguito di studi locali a scala di maggior dettaglio (art. 1 e 27 del PAI) – 2008” a cui, in questa sede, si fa specifico rimando.

Al fine della valutazione degli strumenti impiegati per l’aggiornamento ed approfondimento si rimanda agli elaborati dello studio sopra citato.

La proposta di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali è riportata in Elaborato H-5. Nel seguito si riporta un estratto delle conclusioni a

cui si giunse allora. Le proposte di aggiornamento delle fasce fluviali sono illustrate con riferimento alla Figura 4-15.

4.3.5.1. MODIFICHE ALLA FASCIA A – SETTORE A1

Le proposte di aggiornamento sono di seguito illustrate con riferimento alla Figura 4-15 e tengono conto dei lavori di ampliamento dell'alveo attivo realizzati nel 1996 con l'apertura di un ramo sussidiario in sponda sinistra.

Le evidenze morfologiche risultanti dal nuovo assetto planimetrico dell'alveo sono illustrate in Figura 4-14 in cui le fasce sono proposte in sovrapposizione all'ortofopiano impiegato come base della restituzione topografica.

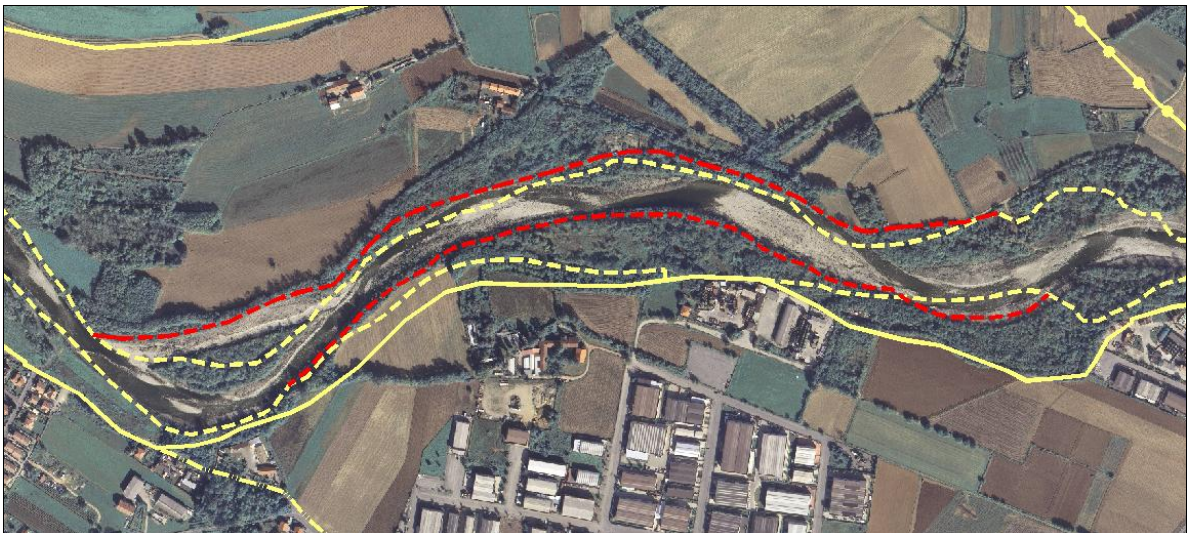


Figura 4-14. Evidenze morfologiche risultanti dal nuovo assetto planimetrico dell'alveo in prossimità del confine con Bruino. Le fasce sono proposte in sovrapposizione all'ortofopiano impiegato come base della restituzione topografica. Il graficismo giallo tratteggiato rappresenta la fascia A vigente, mentre il graficismo rosso rappresenta la proposta di aggiornamento sulla base delle evidenze morfologiche.

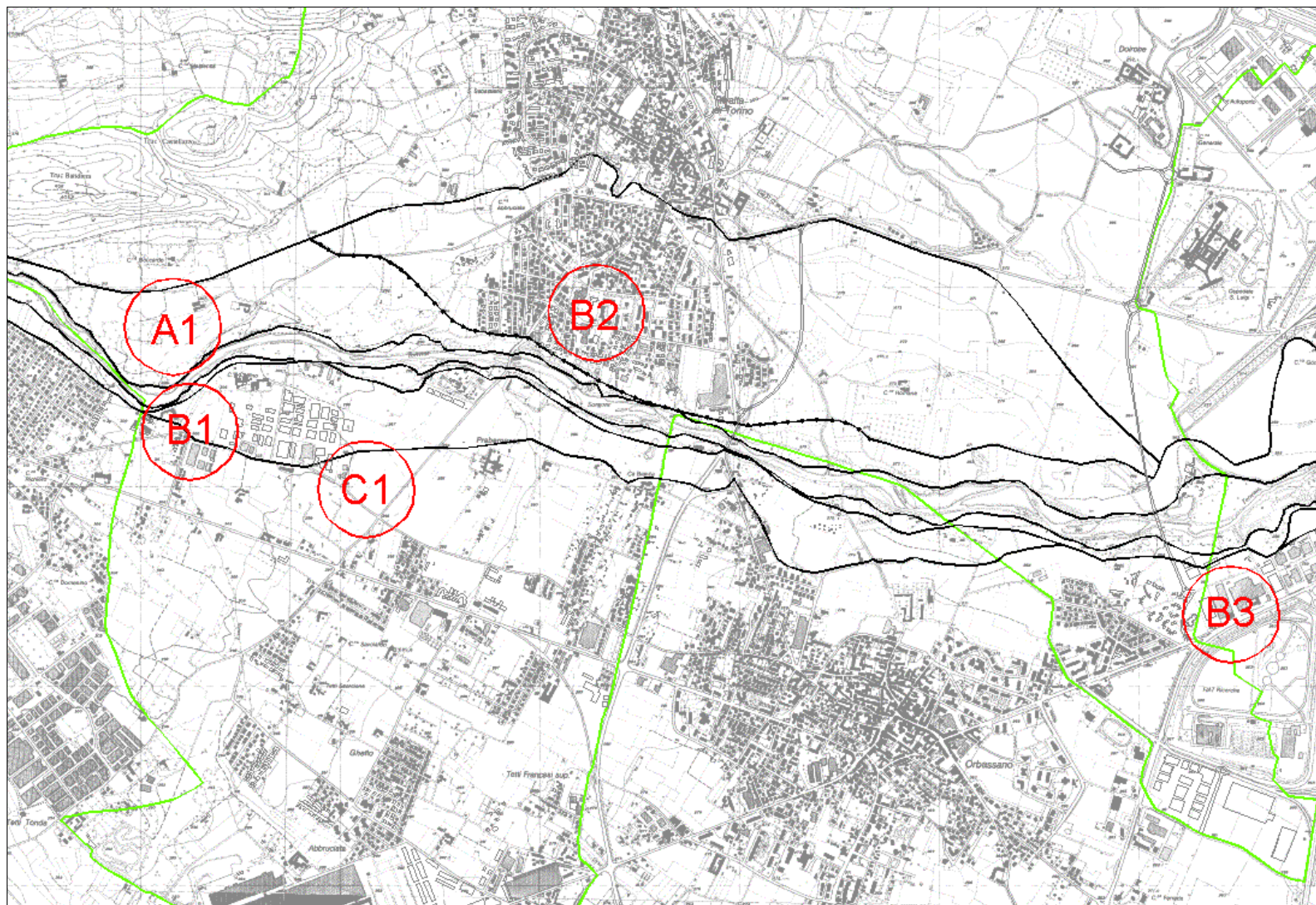


Figura 4-15. Individuazione dei tratti oggetto di proposta di aggiornamento delle fasce fluviali. In verde i confini comunali.

4.3.5.2. MODIFICHE ALLA FASCIA B

A seguito delle verifiche idrauliche effettuate e delle valutazioni tecniche espresse dall’Autorità di Bacino del Fiume Po ⁽¹⁶⁾ si propone l’aggiornamento della fascia B vigente come nel seguito descritto con riferimento alla Figura 4-15.

4.3.5.2.1. SETTORE B1

La modellazione segnala una debole tracimazione in sponda destra che, raggiunto il piano campagna inclinato in direzione Sud-Est, prosegue verso Orbassano fino a disperdersi prima di raggiungere la S.P. 143 (si vedano Figura 4-16 e Figura 4-17).

L’inconveniente era già emerso, a fronte della portata di riferimento proposta dal PAI, in occasione della progettazione della difesa in sponda destra realizzata dal Comune di Bruino nel 2001 e può essere ovviato mediante la realizzazione di un intervento per la riduzione della pericolosità di allagamento dell’area in parola.

Merita tener presente che, in corrispondenza dell’ansa, la sponda destra è stata sede di ingenti riporti di materiali provenienti da scavi solo in minima parte rimossi dal citato intervento operato dal Comune di Bruino con l’allora vigente procedura “a compenso”. La procedura non permise infatti l’asportazione di materiali privi di interesse economico a fronte della necessità di realizzare l’opera di protezione contro l’erosione.

¹⁶ In occasione della Conferenza dei servizi convocata per l’approvazione del “Progetto dell’argine in sponda sinistra del Torrente Sangone a valle del ponte di via Piossasco”, l’Autorità di Bacino del Fiume Po, con nota prot. n° 4772/PU emessa in data 04/10/2007, a seguito dell’esame delle verifiche idrauliche effettuate, esprimeva la seguente osservazione: “[...] le condizioni di deflusso in piena nel tratto di asta a monte del ponte (di via Piossasco) nei comuni di Bruino e Rivalta, non corrispondono oggi a quelle previste dal PAI, verificandosi per la piena di riferimento, esondazioni in sponda destra in un’area edificata esterna alla fascia B. La pericolosità non trascurabile di tale situazione richiede una rapida individuazione dei provvedimenti da attuare per ridurre le condizioni di pericolosità entro valori accettabili con l’uso del suolo in atto”.

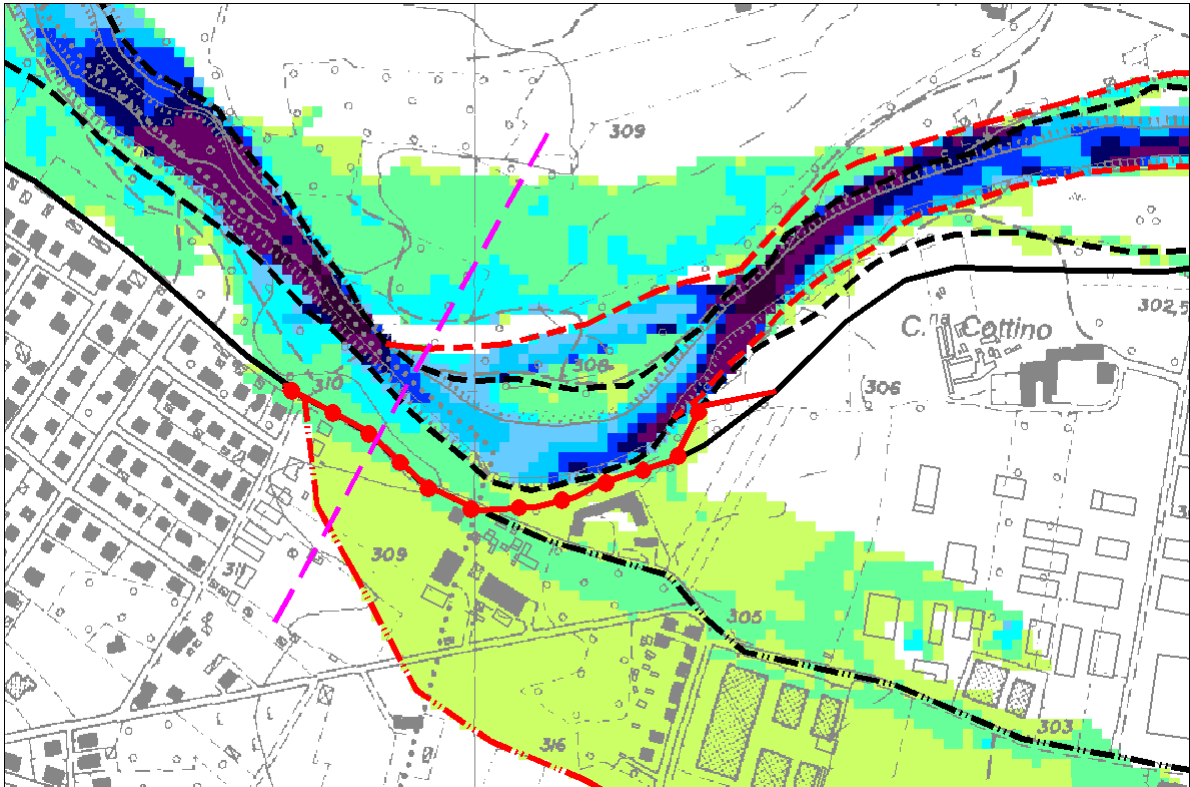


Figura 4-16. Rappresentazione della debole tracimazione in sponda destra (il battente risulta compreso nell'ordine di 0.2 m) risultante dalla modellazione bidimensionale predisposta per tr 200 anni (Elaborato H-4). In nero le fasce fluviali vigenti, in rosso la proposta di aggiornamento. Il graficismo magenta rappresenta la posizione di una sezione rappresentativa (vedi Figura 4-17).

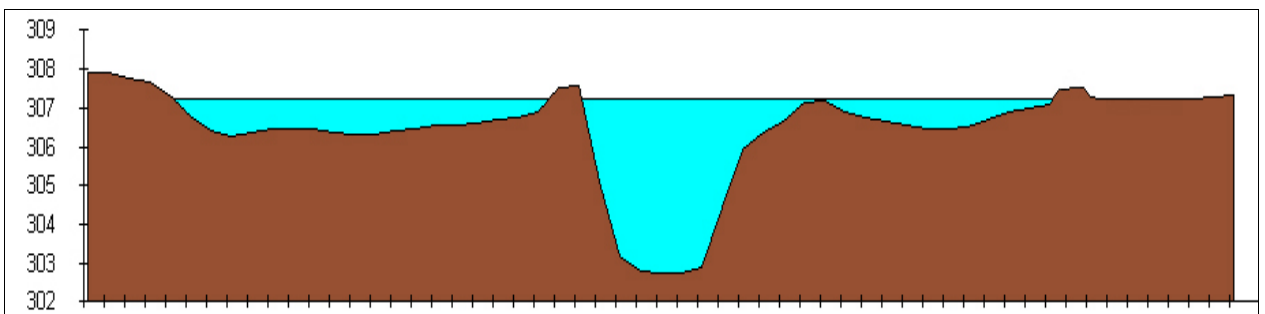


Figura 4-17. Rappresentazione di una sezione del T. Sangone in corrispondenza della debole insufficienza in sponda destra in corrispondenza della curva al confine con Bruino. La figura è riferita al transito della portata con tr 200 anni.

La completa risagomatura della sponda destra con conseguente allargamento dell'alveo in territorio di Bruino fino a raggiungere la larghezza che, per esempio, risulta attribuita al letto del torrente nel catasto napoleonico (in cui l'alveo risultava di circa 40 - 50 m a fronte dei circa 30 attuali, vedi Figura 4-2), potrebbe portare l'alveo a contenere la portata di riferimento ⁽¹⁷⁾.

La proposta di modifica della fascia B nel settore B1 consiste nel provvedere al contenimento della portata al colmo, mediante interventi in alveo, (Fascia B di progetto) a difesa di un'area edificata esterna alla fascia B. L'introduzione di un tratto di Fascia B di progetto, originariamente non contemplato nel piano fasce, richiede la verifica del nuovo assetto proposto.

La verifica di compatibilità idraulica viene effettuata per accertare il grado di interferenza dell'intervento atto alla riduzione della pericolosità. In particolare l'indagine è volta a quantificare l'eventuale modifica dei fenomeni idraulici naturali che hanno luogo nelle fasce fluviali.

Dalle verifiche effettuate, i cui risultati sono riportati in Figura 4-19 e Figura 4-20, emerge quanto segue:

- a) L'assetto proposto elimina la debole tracimazione in sponda destra che, nella condizione attuale, può raggiungere il piano campagna inclinato in direzione Sud-Est, e proseguire verso Orbassano. Non si evidenziano altre variazioni planimetriche del campo di inondazione.
- b) L'intervento proposto non costituisce ostacolo al transito della piena di riferimento in quanto le aree coinvolte non partecipano in modo attivo al transito della piena.
- c) L'intervento proposto non influenza la capacità di laminazione del tronco considerato né la velocità di propagazione dell'onda di piena (vedi Figura 4-18).

⁽¹⁷⁾ Considerando la dinamica dei sedimenti che caratterizza il corso d'acqua in oggetto, potrebbe essere opportuno, a fronte degli investimenti collocati a valle realizzare un'opera di contenimento.

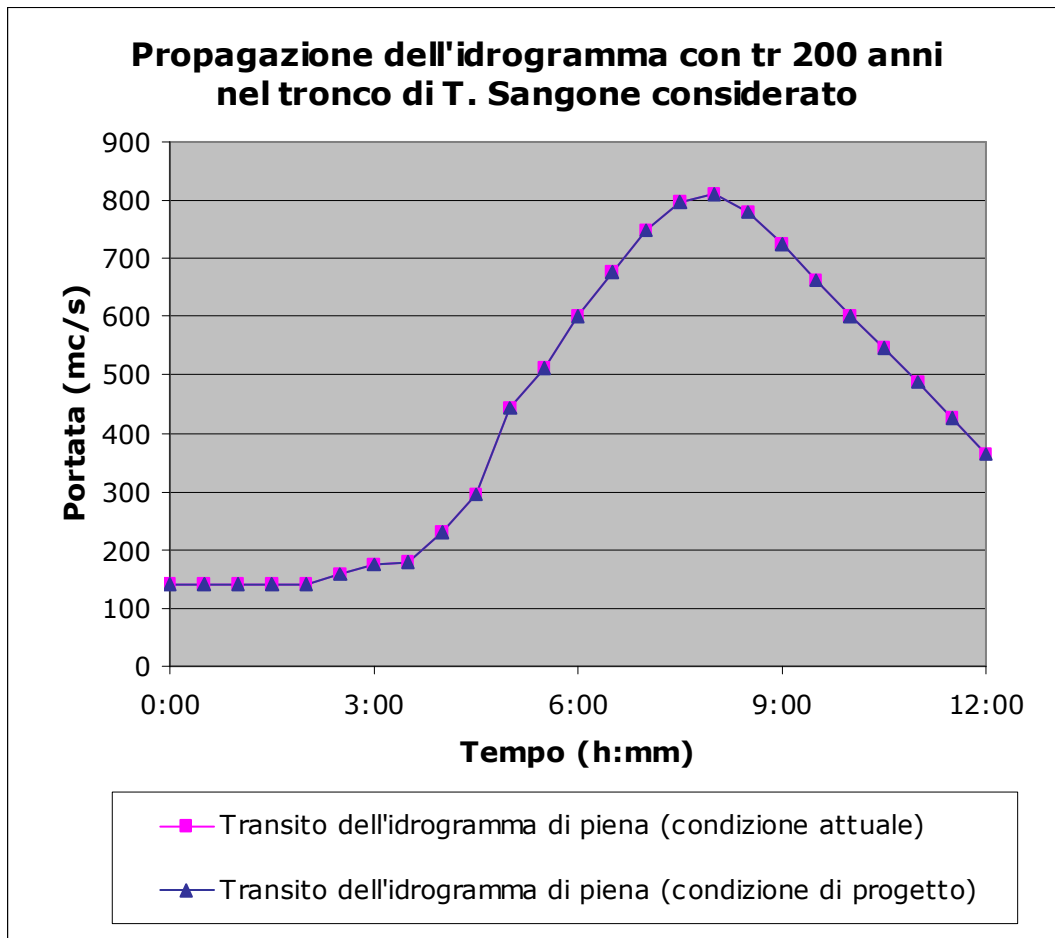


Figura 4-18. Confronto del transito dell'idrogramma di progetto (tr 200 anni) nella condizione attuale di progetto: non si evidenziano variazioni significative nel comportamento dell'onda di piena.

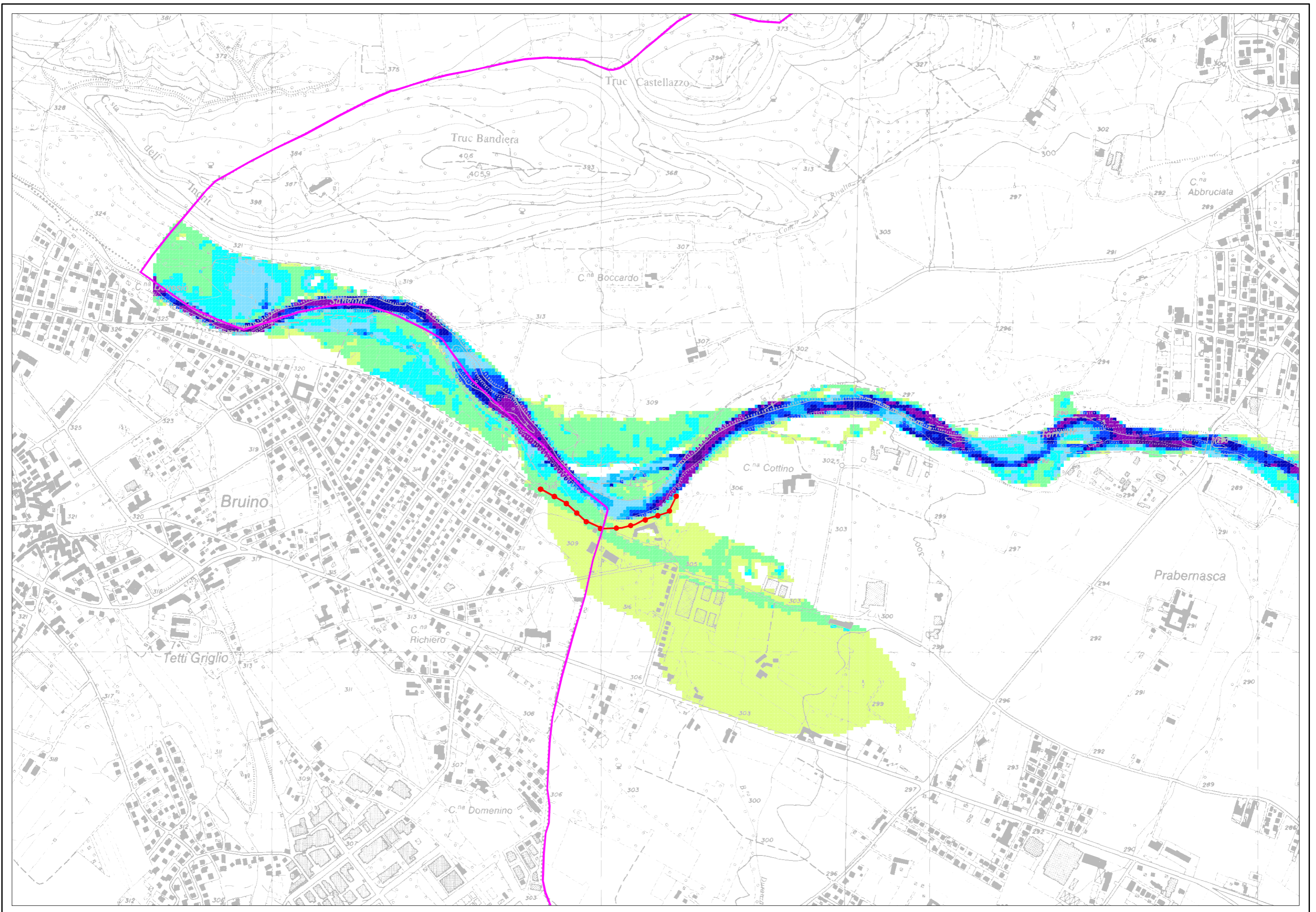


Figura 4-19: Confronto dei campi di inondazione tra la condizione attuale e la condizione di progetto previsti per l'aggiornamento del limite di progetto tra la fascia B e la fascia C in corrispondenza della curva di Bruino: condizione attuale.

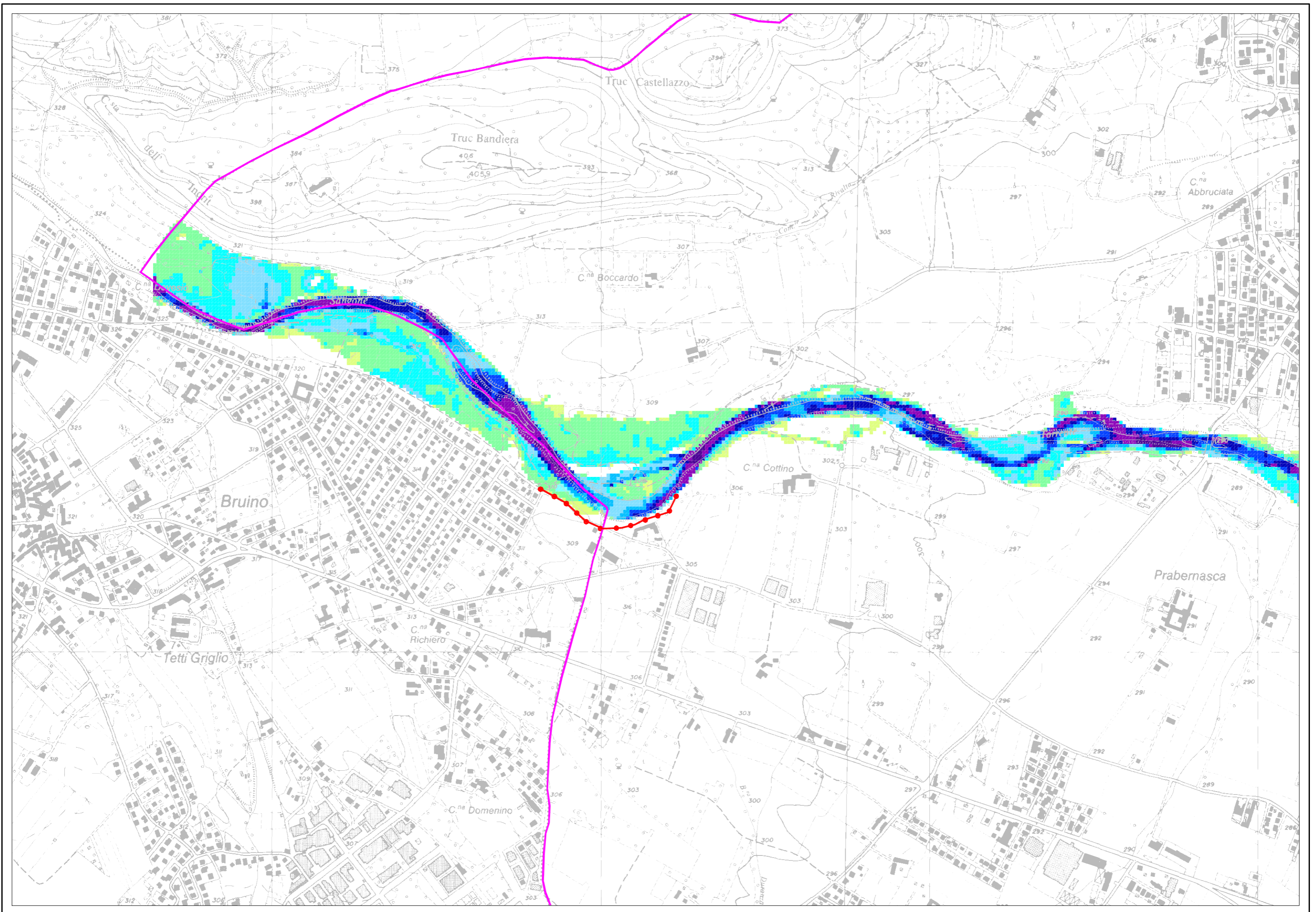


Figura 4-20: Confronto dei campi di inondazione tra la condizione attuale e la condizione di progetto previsti per l'aggiornamento del limite di progetto tra la fascia B e la fascia C in corrispondenza della curva di Bruino: condizione di progetto.

4.3.5.2.2. SETTORE B2

La modellazione numerica bidimensionale attivata sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico appositamente realizzato, ha permesso di confermare che, lungo la sponda sinistra del Sangone all'altezza del concentrico di Rivalta di Torino, lo sviluppo della Fascia B di progetto può essere significativamente ridotto. I risultati dell'approfondimento, allestito dietro specifica richiesta del Settore Opere Pubbliche e Assetto Idrogeologico di Torino, hanno confermato quanto detto sopra a fronte dell'andamento del terreno ricavato dal DTM di dettaglio.

Il citato approfondimento ha preso in esame il settore di territorio compreso fra la base del rilievo morenico e la sponda destra del Sangone tracciando, sul DTM utilizzato per la modellazione idraulica, le sezioni indicate in Figura 4-3.

Nelle due sezioni qui presentate (sezione 3 in Figura 4-6 e sezione 4 in Figura 4-7), si conferma che la posizione della Fascia B vigente è ampiamente cautelativa e sicuramente non si giustifica la collocazione di una struttura di contenimento della piena.

Pertanto, si propone di trasformare la Fascia B di progetto in Fascia B naturale essendo stato realizzato, nel corso del 2008, il tratto di circa 300 m di arginatura a valle del ponte di Via Piossasco.

L'osservazione si estende anche al tratto di Fascia B a valle del ponte della S.P. 143 dove la proposta elimina il tratto "di progetto" e riporta la fascia a seguire il ciglio della scarpata chiaramente individuabile dal punto di vista geomorfologico. Merita segnalare che lungo tutto il tratto di sponda sinistra che si estende dal ponte della S.P. 143 a poco oltre la confluenza del Rio Garosso di Rivalta, la difesa di sponda realizzata nel 2005 presenta un'altezza contenuta alla sola funzione antiersiva. Pertanto l'opera è tracimabile dalla piena di riferimento che potrebbe invadere la golena, ben segnalata dalla vegetazione arbustiva presente, qualora il piano di detta golena fosse abbassato a filo del coronamento della difesa (circa 102 mila metri cubi di materiale litoide). La golena in parola, delimitata dalla Fascia B proposta, è attualmente non raggiungibile dalla piena di riferimento a causa dell'ingente abbassamento del

fondo del Sangone conseguente all'attività estrattiva sviluppatasi nel corso degli anni '60-'70. Il ripristino della funzionalità della golena, segnalata nel cronoprogramma della Variante al PRG di Rivalta di Torino e oggetto di un progetto definitivo predisposto per il Comune di Orbassano ⁽¹⁸⁾ e trasmesso al Settore Decentrato OO.PP. e Tutela dell'assetto idrogeologico per l'approvazione, potrebbe realizzare un esempio di effettivo aumento della capacità di invaso dell'alveo del Sangone.

4.3.5.2.3. SETTORE B3

Dalla sovrapposizione delle fasce fluviali, originariamente tracciate sulla base cartografica della CTR regionale, sull'ortofotopiano aggiornato della Provincia di Torino, si deduce che le fasce B e C intersecano 3 edifici industriali (vedi Figura 4-21).

Poiché gli edifici sono in piano e, sulla base delle verifiche idrauliche condotte, l'area non risulta interessata da esondazione (vedi Figura 4-21), si ritiene di proporre la modifica delle fasce A-B-C facendole coincidere con il perimetro esterno dell'area richiamata.

⁽¹⁸⁾ Comune di Orbassano, Progetto di escavazione di materiale litoide in area demaniale, ottobre 2003.

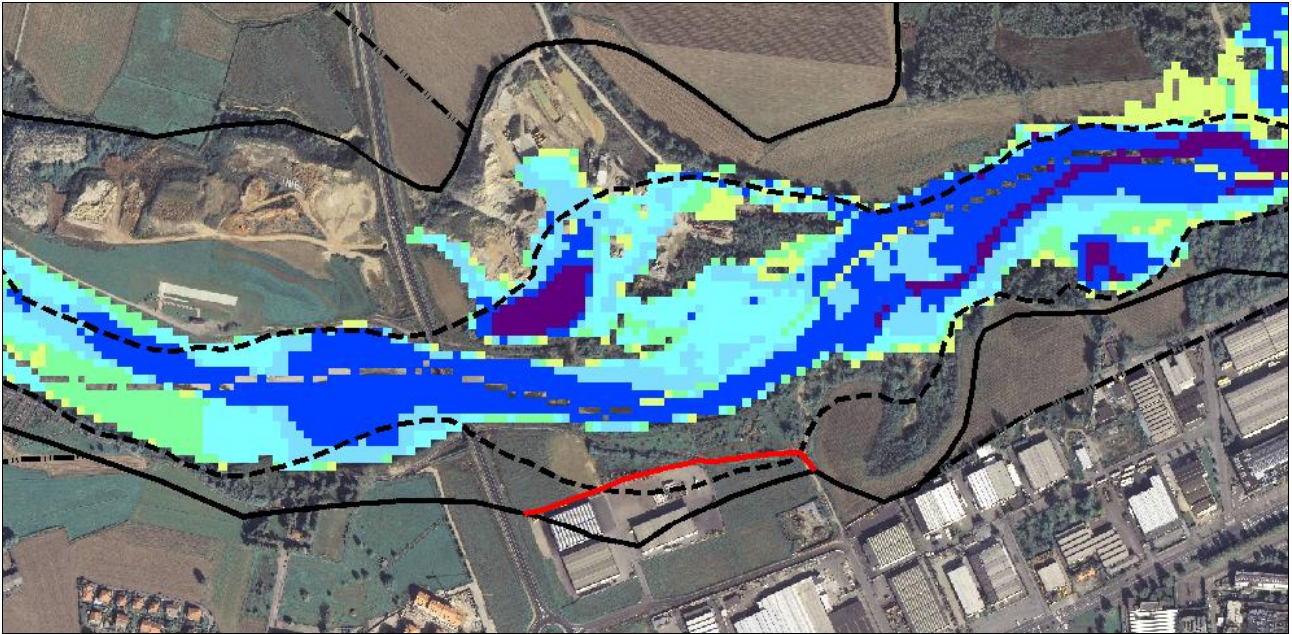


Figura 4-21. In figura è rappresentata la sovrapposizione delle fasce fluviali con l'ortofotopiano della Provincia di Torino nel settore interessato. Viene in oltre riportato l'allagamento corrispondente al passaggio della portata al colmo per un evento con tr 500 anni (i colori indicano la profondità raggiunta dalla corrente sulla base della codifica riportata in legenda dell'Elaborato H-4).

4.3.5.3. MODIFICHE ALLA FASCIA C – SETTORE C1

La proposta di aggiornamento (illustrata con riferimento alla Figura 4-15) prevede di arretrare la Fascia C fino a comprendere l'area inondabile in base ai risultati della modellazione numerica (e delle informazioni storiche). In caso contrario, si ammetterebbe che il campo di inondazione possa attraversare la Fascia C.

La posizione proposta si attesta lungo il rilevato stradale (Via Piossasco) in assenza di evidenze morfologiche che diventano chiare solo allorché, verso il Sangone, si incontra una netta discontinuità nel piano campagna. Questa scarpata naturale prosegue ancora in territorio di Orbassano fino alla Regione Pasta di Rivalta e pertanto si ritiene possa materializzare la Fascia C anche in base alla cartografia storica.

5. PUNTI CRITICI

L'individuazione dei punti critici riguarda sia il concentrico del capoluogo, sia il Sangone essendo riconducibile alla rete idrografica principale (Torrente Sangone) e alla rete idrografica minore.

La descrizione dei punti critici merita una premessa.

La valutazione della pericolosità che interessa uno specifico sito deve essere effettuata tenendo conto dello stato attuale dei luoghi e non esclusivamente di quanto riportato nella cartografia. La procedura deve trovare specifico riferimento nelle norme di attuazione.

5.1. GAROSSO DI RIVALTA

L'attraversamento della S.P. 143 risulta insufficiente già per la portata con tempo medio di ritorno di 50 anni e determina lo straripamento verso il concentrico. La modellazione è stata condotta simulando la propagazione dell'allagamento derivante dalla sola portata eccedente la capacità di convogliamento del manufatto.

I rimanenti manufatti di attraversamento (da quello di Via Balma fino al campo sportivo) sono di capacità ancor più ridotta. Il quadro era già evidente nell'analisi effettuata nel 1998 (PROVINCIA DI TORINO, 1998; Allegato 2) che attribuiva ai manufatti in parola capacità di convogliamento dell'ordine di 10-25 m³/s a fronte di una portata di 35 m³/s con tempo di ritorno di 5 anni segnalata nello stesso documento (PROVINCIA DI TORINO, 1998; vedi Allegato 2).

La riduzione della pericolosità può essere ottenuta solo riducendo la portata affluente da monte mediante la realizzazione di un bacino di laminazione. In generale, i dispositivi di laminazione permettono di ridurre la portata al colmo fino a 1/3 del valore naturale (quindi, nel caso del Garosso da valori dell'ordine di 60 m³/s a valori dell'ordine di 20 m³/s). Il dispositivo di laminazione ovviamente richiede la disponibilità di un volume di invaso crescente al diminuire della portata ammissibile a valle.

Il dispositivo in parola potrebbe essere collocato a monte del Villaggio Aurora, lungo l'asta principale del Garosso, ancora in territorio di Rivalta. Nel senso della riduzione della portata opera la varice inserita presente a Est della S.P. 143 compresa fra il rilevato stradale e il piede del versante (Foto 4). La

varice in parola potrebbe anche essere mantenuta, previa adeguata sistemazione, come area disponibile allo straripamento del Garosso, senza che tuttavia, con questo, si possa ridurre la portata in misura tale da mitigare la pericolosità a valle, quindi escludere la realizzazione dell'invaso a monte.

5.2. CANALE COMUNALE DI RIVALTA

Il Canale comunale di Rivalta, nello schema adottato, convoglia una portata che, in caso di evento con tempo medio di ritorno 500 anni, non risulta ammissibile all'imbocco dello slargo di Via Millio, ossia a monte dell'ex mulino (Foto 6). Nel tratto di monte non risulta più presente l'originario sfioratore laterale, che scaricava, in assenza di edifici, la portata eccedente verso valle (un tempo, verso il lago compreso nel parco del castello), quindi si deve prevedere la creazione di invaso nel tratto di alveo a monte della sezione ristretta, senza apparente pericolo per le case che risultano sopraelevate rispetto alla sponda (Foto 5). Lo straripamento sulla Via Millio si diffonde con andamento non ricostruibile in dettaglio e comporta il coinvolgimento degli edifici situati a valle in quanto sono presenti portoni di accesso, terrazzamenti, etc.

La riduzione della pericolosità può essere ottenuta solo con il controllo delle acque afferenti alla bealera dal centro urbano. Lungo la Via Umberto I, abitualmente interessata da sommersioni più o meno serie a causa di temporali, sono presenti caditoie che immettono nella bealera. Sono inoltre presenti immissioni dirette nella bealera da parte di edifici singoli o in gruppo.

Il controllo del ruscellamento può essere ottenuto in maniera significativa con diversi accorgimenti, eventualmente combinati:

- a) attrezzando le aree a parcheggio mediante vasche di accumulo temporaneo, secondo schemi costruttivi da tempo diffusi in molti Paesi;
- b) fissando le portate massime scaricabili dai singoli lotti privati, secondo standard introdotti in altre Regioni (per esempio, la Regione Lombardia fissa a 40 litri/s per ettaro la portata scaricabile dai lotti già edificati). La limitazione della portata scaricata può avvenire con l'introduzione di vasche utilizzabili non

solo per l'invaso ⁽¹⁹⁾, ma anche per introdurre zone di infiltrazione diretta nel suolo ⁽²⁰⁾.

Siccome la sommersione delle strade è comunque ricorrente in occasione di eventi di breve durata con tempi di ritorno probabilmente ben inferiori a 50 anni, il miglioramento della capacità di convogliamento della rete fognaria bianca avrebbe effetti benefici.

5.3. TORRENTE SANGONE

Come già segnalato nei paragrafi precedenti, il T. Sangone presenta un punto critico al confine con Bruino, in corrispondenza della svolta verso Est, in cui si verifica sia una debole tracimazione in sponda destra nel tronco non ancora sistemato in territorio di Bruino, sia l'allagamento da parte delle acque tracimate dalla località Alba Serena in territorio di Bruino. La situazione è illustrata nell'Elaborato H-4.

Le altre criticità sono state superate grazie al completamento degli interventi di demolizione del ponte di Via Piossasco e della realizzazione dell'argine di Via Vespucci, con effetti anche sulla delimitazione delle fasce fluviali.

6. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Nell'ambito dell'analisi idraulica si formula la proposta di alcuni interventi aventi lo scopo di ricondurre la pericolosità al valore previsto dal PAI o a ridurre il rischio.

Le valutazioni di pericolosità sono state effettuate sulla base degli elementi raccolti nel corso di rilievi sul terreno; poiché la situazione antropica è soggetta

⁽¹⁹⁾ La presenza di vasche di immagazzinamento temporaneo può dare significativi contributi alla riduzione dei consumi d'acqua per usi non alimentari, soprattutto in aree ove gli edifici hanno estese aree verdi di pertinenza. I prodotti sul mercato sono in grado di soddisfare le esigenze (si veda, per esempio, ISEA, 2005; IENCO, 2001).

⁽²⁰⁾ La dispersione di acque piovane nel sottosuolo tramite pozzi può incontrare difficoltà nei settori collinari, mentre in pianura la trivellazione di pozzi può diventare onerosa al momento dell'esecuzione e l'efficienza può decrescere nel tempo. Il problema della dispersione nel sottosuolo resta comunque sospetta ai fini ambientali, qualora non esistano dispositivi di depurazione delle acque provenienti da piazzali e parcheggi.

ad una rapidissima evoluzione, tali valutazioni devono intendersi “congelate” al momento in cui sono stati raccolti i dati di supporto.

6.1. INTERVENTI PROPOSTI

Gli interventi, ubicati nella corografia costituente l'Elaborato H6-1, sono descrivibili nel modo seguente:

- 1) invaso di laminazione sul Garosso di Rivalta (intervento 25 in Elaborato H6-1) da collocarsi a monte del concentrico con il compito di ridurre il colmo della piena di riferimento da 60 a circa 20 m³/s compatibili con gli attraversamenti e i manufatti esistenti sulla strada provinciale. Contestualmente alla realizzazione dell'opera si raccomanda di proteggere il piede della scarpata in sponda destra, che presenta chiari segni di scalzamento con asportazione di materiali che possono aggravare le condizioni di convogliamento nel tronco artificializzato di valle. L'adeguamento degli attraversamenti privati deve essere affrontato caso per caso individuando la soluzione in grado di minimizzare il rischio;
- 2) l'attuazione di un programma di progressiva riduzione della formazione del deflusso superficiale nei settori urbanizzati afferenti al Canale comunale di Rivalta (intervento 28 in Elaborato H6-1), ossia i settori posti a monte di Via Umberto I allo scopo di ridurre la portata della canale nel tratto a monte del mulino fino al valore compatibile con il manufatto esistente. Si tratta di avviare, nell'ambito delle nuove realizzazioni e degli interventi straordinari di manutenzione o ristrutturazione, un graduale allontanamento di tali acque mediante apposite condotte di fognatura bianca;
- 3) il miglioramento della rete di fognatura bianca (intervento 18 in Elaborato H6-1) è in grado di ridurre la pericolosità di alcune aree del concentrico.
- 4) realizzazione di un intervento di risagomatura (o di contenimento in sponda destra) per il contenimento della piena di riferimento al confine con Bruino (intervento 27, in Elaborato H6-1). L'intervento, che potrebbe consistere nel riportare l'alveo del T. Sangone alle dimensioni del catasto napoleonico (pari a circa 40-50 m a fronte dei 30 attuali) consisterebbe, sostanzialmente, nell'asportazione di materiali di risulta appoggiati alla

- sponda entro il limite demaniale fino a dare all'alveo l'adeguata capacità per il convogliamento della portata di riferimento ⁽²¹⁾;
- 5) l'asportazione dei sedimenti esistenti (intervento 26, in Elaborato H6-1) nell'antica lunata in sponda sinistra a valle del ponte della SP 143 ⁽²²⁾ entro i limiti demaniali ed il completamento della difesa di sponda mancante tra la protezione del sifone (realizzata nel 2005) e l'opera realizzata dal Comune di Orbassano nel 2004 con coronamento più basso della quota della piena di riferimento. L'asportazione del materiale (oltre 100 mila metri cubi), di cui è stata già saggiata la qualità, permetterebbe di realizzare un'area di espansione in caso di piena grave, contribuendo ad alleggerire la situazione a valle;
- 6) Miglioramento dell'efficienza del convogliamento (intervento 16, in Elaborato H6-1) ottenibile recuperando la funzionalità, in caso di piena, della golena sinistra. La golena in parola è costituita da depositi di materiali sciolti la cui rimozione permetterebbe la creazione di un volume disponibile per l'invaso temporaneo in condizioni di piena attuando un modello di sistemazione per cui, in un corso d'acqua monocursale, si può ottenere laminazione della portata di riferimento. La realizzazione di tale volume di vaso corrispondente anche ad un aumento della sezione disponibile. L'intervento suggerito rappresenterebbe anche un significativo esempio di rinaturazione con possibilità di fruizione a scopo ricreativo in un settore degradato e, di fatto, impercorribile.

Si propone infine, quale misura complementare della realizzazione degli interventi strutturali, l'attivazione di un programma di periodici rilievi delle sezioni trasversali del Sangone allo scopo di controllarne l'efficienza dal punto di vista del convogliamento (art. 18 Norme di attuazione del PAI). La

⁽²¹⁾ Tale ampliamento era previsto in uno dei progetti realizzati dal Comune di Bruino dopo l'evento dell'ottobre 2000, ma non ebbe luogo in quanto il materiale da asportare risultò essere costituito da depositi di inerti e pertanto non utile nell'ambito di una procedura a compenso secondo la L. 677/96.

⁽²²⁾ Il progetto preliminare dell'intervento è già in possesso del Comune di Orbassano nell'ambito del finanziamento per la realizzazione dell'intervento di difesa a valle della SP 143 (no. 11 in Elaborato H6)

rilevazione delle sezioni deve avvenire secondo un programma congruente con le specifiche fornite dalle Norme di attuazione. La rilevazione deve essere appoggiata alla rete di capisaldi già esistenti, resi congruenti secondo il sistema di riferimento WGS84.

6.2. EFFETTI CONSEGUENTI AGLI INTERVENTI

In riferimento ai contenuti dell'Elaborato H6-2 si segnalano gli effetti degli interventi strutturali per la riduzione della pericolosità proposti/realizzati sulle porzioni di territorio influenzate:

- 1) la realizzazione del dispositivo di laminazione sul Rio Garosso (intervento 25 in Elaborato H6-2), ha come conseguenza la riduzione della pericolosità nel concentrico, in particolare nel settore compreso fra Via Balma e Corso Einaudi. La vulnerabilità dell'area resta inalterata, ma, in corrispondenza dei numerosi ponti privati che resteranno ancora inadeguati, potranno essere studiate misure localizzate di riduzione del rischio;
- 2) la realizzazione del Canale scolmatore (intervento 6 in Elaborato H6-2) esterno all'abitato, che consente di intercettare almeno il 70% della portata complessiva che si origina per ruscellamento sul versante retrostante, ha come conseguenza la riduzione della pericolosità nel concentrico;
- 3) il miglioramento della rete di fognatura bianca, la separazione dei recapiti delle acque bianche e la riduzione degli apporti dalle aree urbanizzate (interventi 18 e 28 in Elaborato H6-2) sono in grado di ridurre la pericolosità di alcune aree del concentrico. Dagli approfondimenti effettuati, risulta che la vulnerabilità dell'area compresa fra il Canale comunale di Rivalta, che corre a mezza costa del rilievo su cui sorge il centro storico, e la sponda del Sangone (in particolare, l'area adiacente alla Via Mellano), è evidente per motivi topografici, ma la riduzione della pericolosità può essere ottenuta congiuntamente con interventi diretti a migliorare la rete delle fognature bianche e a ridurre gli apporti dalle aree urbanizzate. Tali azioni sarebbero anche congruenti con la necessità di

- separare le acque bianche dalle nere per migliorare il servizio di depurazione;
- 4) la realizzazione degli interventi al confine con Bruino (intervento 27 in Elaborato H6-2), ha l'effetto di eliminare il pericolo di superamento della sponda destra nel caso si verifichi la portata di riferimento. L'effetto che ne consegue è l'esclusione di pericoli di sommersione, anche se parziale e con modestissimi valori di profondità e velocità, del settore compreso fra la sponda del Sangone al confine con Bruino e la strada provinciale per Bruino (area della C.na Prabernasca);
 - 5) la demolizione del ponte vecchio su Via Piossasco ha ricondotto la pericolosità entro i limiti del PAI (probabilità annua di accadimento < 0.005). Anche se la vulnerabilità di tutta la porzione di territorio compresa fra il piede del versante e la sponda sinistra del T. Sangone rimane (si veda il punto 3 del par. 1.3), il rischio risulta ridotto;
 - 6) la realizzazione dell'argine in sponda sinistra del T. Sangone, grosso modo a metà strada fra il ponte di Via Piossasco e il ponte della S.P. 143 (intervento 15 in Elaborato H6-2), elimina il pericolo di allagamento in sinistra, anche nel caso in cui il fondo dell'alveo torni, nel tempo, ad innalzarsi per apporti dalle sponde e da monte. La cartografia conserva (Elaborato H6-2) l'indicazione dell'area inondabile in assenza di intervento ai sensi dell'art. 31 comma 5 delle Norme di Attuazione del PAI.

6.3. INDIRIZZI PER LE NORME DI ATTUAZIONE

Al fine di facilitare la stesura delle Norme di attuazione, in merito alle aree ed agli interventi sopra richiamati, si propone quanto segue:

- 1) le aree attualmente inondabili sopra richiamate, possono essere rese edificabili dopo la realizzazione degli interventi di riassetto territoriale specificati nel relativo Progetto Generale (Cronoprogramma) in relazione ai condizionamenti gravanti sulle singole aree. Si tratta di aree inondabili con lama d'acqua prevedibilmente di altezza ridotta e bassa energia. In attesa della realizzazione e del collaudo degli interventi sopra richiamati, possono essere consentiti esclusivamente lavori di manutenzione

ordinaria e straordinaria, di risanamento conservativo e di adeguamento igienico-funzionale. Possono essere consentiti anche interventi di ristrutturazione assoggettati alle prescrizioni elencate nel punto successivo.

- 2) Dopo la realizzazione ed il collaudo degli interventi di riassetto territoriale potranno essere consentite nuove edificazioni ma con limitazioni nella tipologia costruttiva (es. limitazioni o prescrizioni specifiche per quanto riguarda i piani interrati) e adottando accorgimenti tecnici finalizzati alla riduzione del rischio. Date le caratteristiche dei luoghi e dei fattori che ne determinano la pericolosità, riconducibili al fatto che si presenti ruscellamento lungo le strade, potrà essere richiesto, alla scala del singolo lotto oggetto di intervento, quanto segue:
- eliminazione delle aree depresse rispetto alla quota media della rete stradale circostante, ottenibile sopraelevando la porzione di terreno in oggetto. La caratterizzazione geometrica dei luoghi dovrà risultare da planimetria e sezioni a scala idonea, estesa all'intorno del lotto di interesse fino a comprendere la rete stradale, espressa in quote assolute riferite a caposaldi forniti dal Comune;
 - eliminazione delle aperture a livello del piano stradale. Accessi diretti, bocche di aerazione di locali interrati, finestre, ecc. dovranno essere posti, o portati, a non meno di 0.5 m rispetto alla quota media del piano stradale;
 - l'accesso diretto ad eventuali locali interrati dovrà essere sopraelevato rispetto alla quota media del piano stradale mediante la realizzazione di cordoli o controllato mediante l'installazione di chiusure a tenuta fino all'altezza di 0.5 m rispetto alla quota media del piano stradale.
- 3) Qualora si riscontrassero differenze tra l'andamento dei corsi d'acqua riportati nella cartografia di Piano e l'effettivo andamento in loco - linea di drenaggio attiva -, le prescrizioni di cui sopra si applicano alla situazione di fatto. Nel caso di corsi d'acqua demaniali l'area abbandonata rimane di

proprietà demaniale ai sensi e per gli effetti della legge 5.01.94 n. 37 e dell'art. 32 comma 3 titolo II delle N.d.A del P.A.I..

- 4) L'area del concentrico, sede di edifici e viabilità, è soggetta a variazioni geometriche ad una scala molto localizzata (dovute ad esempio alla presenza di un marciapiede con un certo andamento o di una cancellata costruita secondo certe modalità, ecc.). Adottando un criterio di massima cautela, si è deciso di delimitare le aree inondabili estendendole all'intera superficie dei lotti interessati. Tale delimitazione è stata effettuata sulla base della Carta Tecnica Regionale, pertanto la tolleranza dei graficismi fa riferimento alla cartografia 1:10 000. Qualora si riscontrassero incongruenze tra la delimitazione delle aree inondabili e l'effettivo andamento del terreno riscontrato alla scala locale, le prescrizioni si applicano alla situazione di fatto.

7. RIFERIMENTI

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001-a): *PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico)*, Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001-b): *Piano per l'Assetto Idrogeologico – 7-Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, Parma.

BIXIO V. E MONAI M. (1997): *Statistical analysis of the spatial distribution of rainfall starting from the center of the shower with the aid of weather radar measurements*, Weateher Radar Technology for Water Resources Management (B.Braga jr. e O. Massambani eds.), 344-355.

CANCELLI A. (1999): *Valutazione del rischio di instabilità dei versanti e criteri di mitigazione* in U. Maione e A. Brath (a cura di), *L'ingegneria naturalistica nella sistemazione dei corsi d'acqua*, Editoriale Bios, Cosenza, 116

CHOW V.T. (1959): *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York.

COMUNE DI MONCALIERI (1997): *Studio idrogeologico e ambientale dell'intero bacino del Torrente Sangone* - a cura di Hydrodata.

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (1995): *Intervento di sistemazione idraulica Rivo Garosso di Roncaglia tratto da via Einaudi all'inserimento dell'alveo del torrente Sangone* - a cura di Ing. Tuberga.

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (1997): *Studio idrologico del bacino sotteso dalla Bealera comunale di Rivalta* - a cura di G.C. Bortolami.

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (1999-a): *Progetto di massima per la realizzazione del P.T.E. delle zone dichiarate inondabili nel vigente P.R.G.C. – Consulenza idraulica – giugno 1999.*

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (1999-b): *Ricalibratura del Torrente Sangone – progetto definitivo, inedito.*

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (2000): *Adeguamento della vigente variante del PRGC secondo quanto previsto dalla circolare PGR 8 maggio 1996 n. 7/LAP – Consulenza idraulica.*

COMUNE DI RIVALTA DI TORINO (2001): *Progetto di massima per la realizzazione del P.T.E. delle zone dichiarate inondabili nel vigente P.R.G.C. – Consulenza idraulica - Relazione integrativa.*

COMUNE DI RIVALTA (2008): *Demolizione del ponte comunale di Via Piossasco sul T. Sangone e ripristino sezioni di deflusso – Progetto esecutivo.*

DODSON INC. (1995): *ProHEC1 Plus, Program Documentation, 4-16.*

FERRARI S. (1994): *Osservazioni empiriche per la costruzione di un nubifragio di progetto, Idrotecnica, 2, 51-57.*

IENCO (2001): *Acque di prima pioggia, Seregno*

ISEA (2005): *Prontuario tecnico informativo, Guardamiglio*

PETRUCCI F., BORTOLAMI G.C. & DAL PIAZ G.V. (1970): *Ricerche sull'Anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana (Provincia di Torino) e sul suo substrato cristallino, Memorie della Società Italiana di Scienze naturali e del Museo Civico di Storia naturale di Torino, XVIII, 3, 95-169.*

PROVINCIA DI TORINO (1998): *Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all'area dell'ospedale S. Luigi, curato da Hydrodata, Torino*

RANZI R. & ROSSO R. (1994). *FLEA - Manuale d'uso.*

REGIONE PIEMONTE (1999): *Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n° 7/LAP, Torino*

REGIONE PIEMONTE (2002): *Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico – Allegato I alla D.G.R. n°. 45-6656 del 15-07-2002*

SINGH, VIJAY P. (1992). *Elementary Hydrology, Prentice-Hall.*

VILLANI P. (2001): *La valutazione delle piene in Piemonte, Regione Piemonte- Direzione Difesa Suolo.*

8. ELENCO FOTOGRAFIE – ALLEGATO FOTOGRAFICO

Foto 1 – Rio Garosso di Rivalta – Ponticelli di accesso a residenze private

Foto 2 - Rio Garosso di Rivalta – Attraversamento di via G. Griva

Foto 3 - Rio Garosso di Rivalta – Attraversamento della S.P. 143 (visto da monte, con presenza di erosioni al piede della sponda destra)

Foto 4 – Garosso di Rivalta – Imbocco della varice presente sul lato orientale della S.P. 143 e percorsa dal Garosso al piede della scarpata.

Foto 5 – Canale comunale di Rivalta – Vista del tratto grosso modo parallelo a Via Millio, dove il canale corre incassato fra edifici.

Foto 6– Canale comunale di Rivalta – Imbocco del tratto tombato sotto Via Millio

Foto 7 – Torrente Sangone dopo la piena del marzo-aprile 1981 nel tronco al confine con Bruino, di cui si vede la lottizzazione del Villaggio Alba Serena. In alveo ci sono le tracce dei lavori in corso per la realizzazione della difesa della sponda destra.

Foto 8 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Situazione alla curva indicata con C.

Foto 9 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Apertura della lunata in sponda destra. La foto documenta anche la savanella ormai completata. Il ponte nuovo di Via Piosasco era in costruzione.

Foto 10 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Situazione alla curva indicata con C. L'ingrandimento mostra la difesa di sponda già realizzata (fra i pallini gialli) e la profonda erosione poco a valle.

Foto 11 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento dell'ottobre 2000 nel tratto C-D. Situazione dalla curva al confine con Bruino dove si vede l'alveo sussidiario aperto nel 1996 al ponte di Via Piosasco con le profonde lunate nel luogo della savanella aperta dopo la piena del 1981. Si osservi che le nuove erosioni sono all'interno di ben più profonde lunate apertesesi nel 1981 (in destra) e in epoca ancora anteriore (in sinistra) (ripresa aerea del 2002)

Foto 12 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento dell'ottobre 2000 nel tratto D-E – (ripresa aerea del 2002) - Lunata in sponda destra e tracimazione in sponda sinistra a monte del ponte della S.P. 143 attualmente ricostruito con maggior luce.

Foto 13 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento dell'ottobre 2000 – Ripresa aerea del 2002 – Lunata in sponda destra in territorio di Orbassano e corrispondente erosione in sponda sinistra.

Foto 14– Torrente Sangone – Il tronco tra il Ponte di Via Piosasco e il ponte della SP 143 dopo gli interventi di correzione (ripresa del dicembre 2005)

Foto 15- Torrente Sangone – Il tronco a valle del ponte della SP 143 dopo gli interventi di correzione (ripresa del dicembre 2005)

Foto 16 – Piena dell'ottobre 2002 – I repellenti in sponda sinistra sollecitati dalla piena calante il giorno 16 ottobre (foto 165-1)

Foto 17 – Piena dell'ottobre 2000 – Tracce della corrente in golena destra a Bruino (Foto 166-3)

Foto 18 – Piena dell'ottobre 2000 – L'alveo secondario realizzato nel 1996 in funzione verso mezzogiorno del 16 ottobre, a piena calante (Foto 166-4). La foto è ripresa guardando verso valle (Foto 166-4).

Foto 19 - Ponte di Via Piossasco visto da monte (situazione di ottobre 2006)

Foto 20 – Torrente Sangone - Ponte di Via Piossasco visto da valle (manufatto PO001 delle schede SICOD).

Foto 21 – Torrente Sangone in sponda sinistra. Imbocco della Via Piossasco in direzione del centro abitato

Foto 22 – Torrente Sangone – Realizzazione della difesa di sponda a monte del ponte della S.P. 143 durante i lavori (si osservi l'ingente cumulo di materiale litoide presente sul posto)

Foto 23 – Torrente Sangone – Vista da valle del salto di fondo a valle del sifone del Canale di Orbassano dopo l'abbassamento realizzato nel 2005 e, in secondo piano, il nuovo ponte ricostruito, con maggior luce, al posto del precedente a tre campate.

9. ELENCO ELABORATI (ASPETTI IDRAULICI)

Elaborato H-1: Relazione idrologico-idraulica.

Elaborato H-2: Cartografia rappresentativa del quadro dei dissesti areali a integrazione e/o modifica di quanto contenuto nel PAI (concentrico).

Elaborato H-3: Risultati del modello numerico in moto vario (concentrico).

Elaborato H-4: Risultati della simulazione in moto vario per il Torrente Sangone: transito della portata al colmo con tr 50, 200 e 500 anni.

Elaborato H-5: Proposta di aggiornamento locale della delimitazione delle Fasce fluviali sulla base delle evidenze morfologiche.

Elaborato H6-1: Carta schematica degli interventi sul T. Sangone e sulla rete idrografica minore.

Elaborato H6-2: Aree potenzialmente inondabili in assenza degli interventi per la riduzione della pericolosità realizzati/previsti/proposti.

10. ELENCO ALLEGATI

Allegato 1. Criteri di indagine della rete idrografica: valutazione della pericolosità.

Allegato 2. Elaborato 4 –Capacità di smaltimento del reticolo idrografico secondario- dello "Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all'area dell'ospedale S. Luigi" curato da Hydrodata per la Provincia di Torino (2000).

Allegato 3. Elaborato 2 –Area di studio e classificazione del reticolo idrografico secondario- dello "Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all'area dell'ospedale S. Luigi" curato da Hydrodata per la Provincia di Torino (2000).

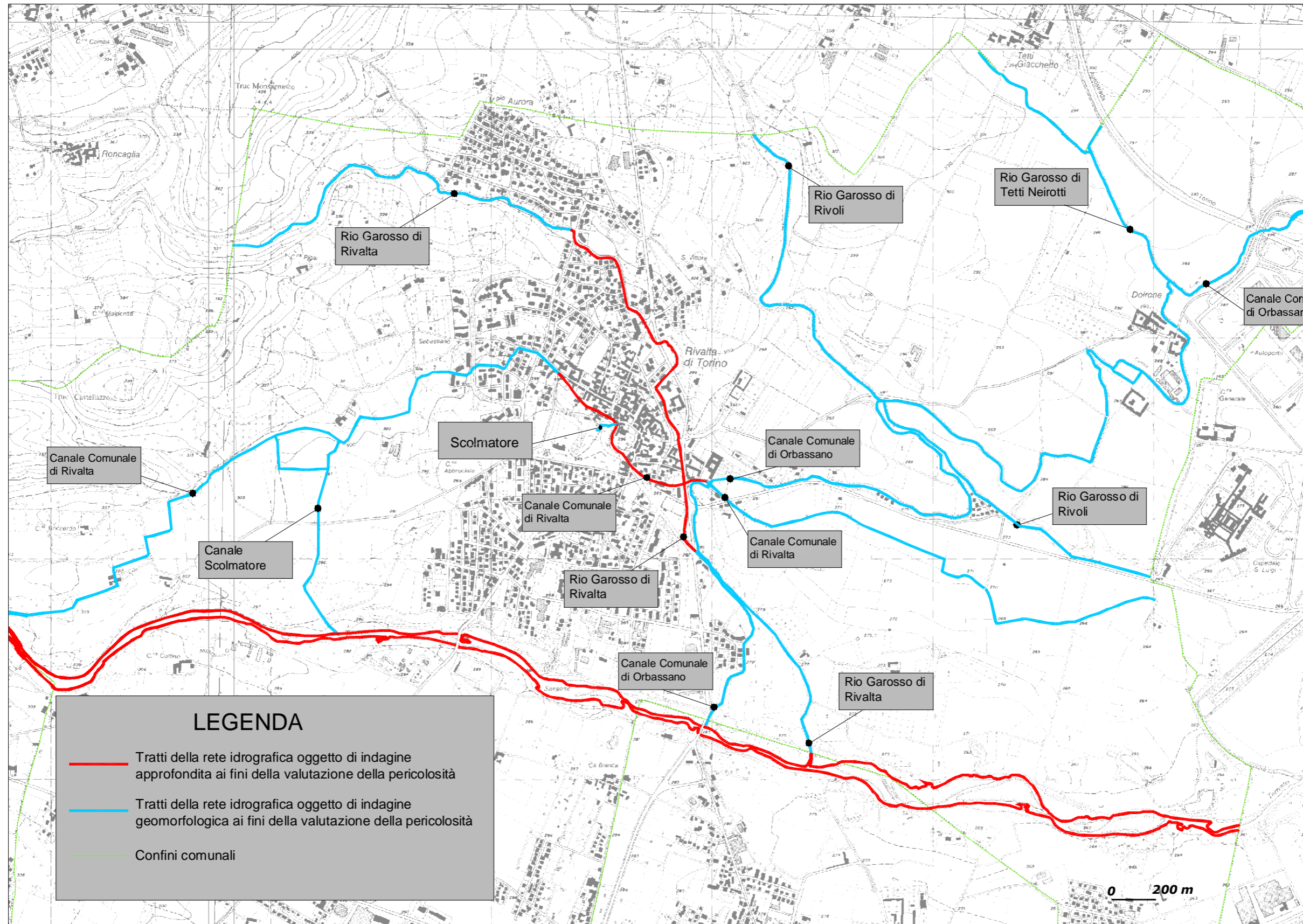
Allegato 4. Suddivisione in tronchi dell'asta del Torrente Sangone e individuazione degli interventi delineati nel cronoprogramma.

Allegato 5. Corografia e risultati del modello idraulico condotto in moto permanente per il Rio Garosso di Rivalta.

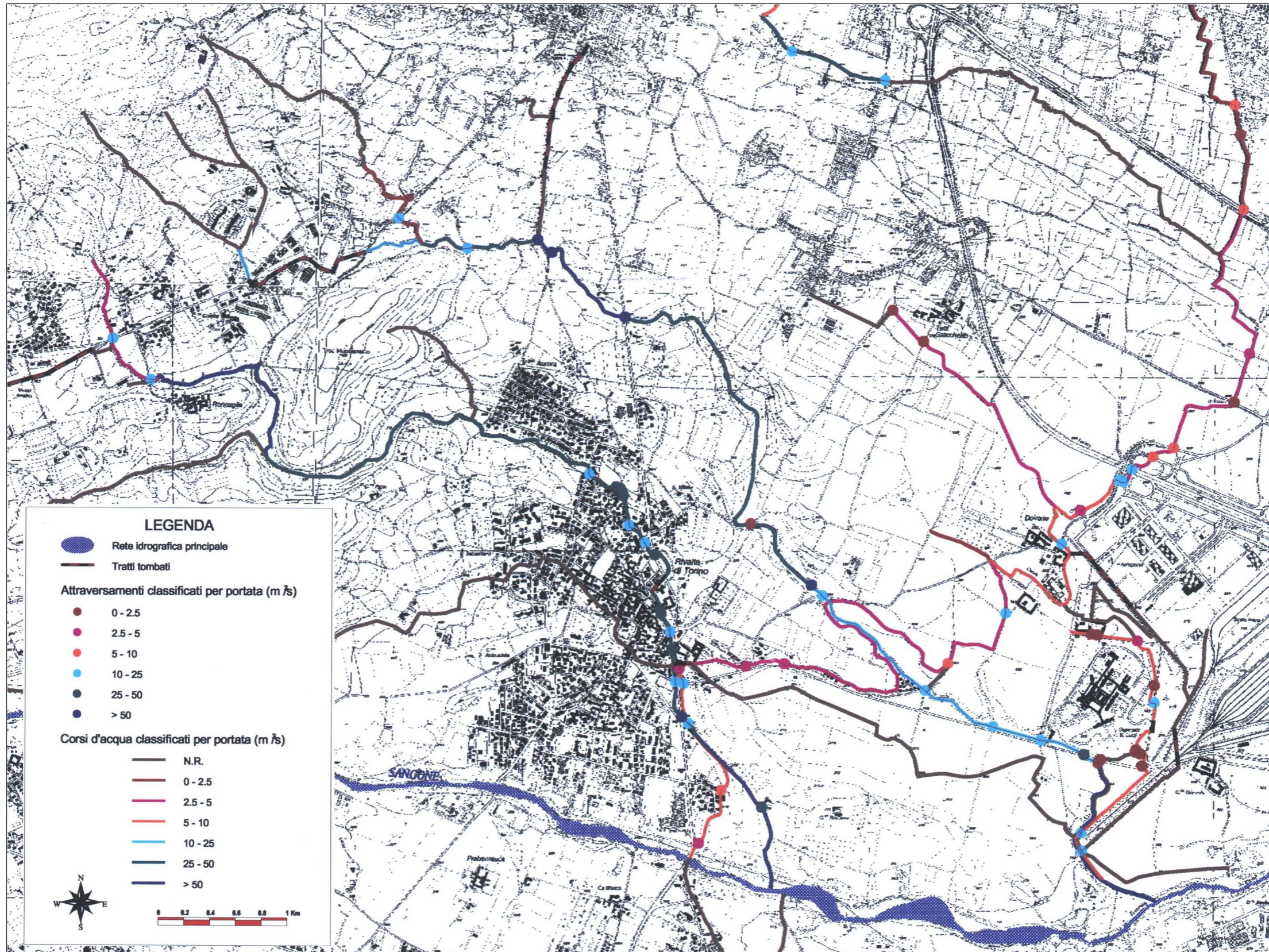
Allegato 6. Corografia e risultati del modello idraulico condotto in moto permanente per il Canale comunale di Rivalta.

Allegato 7. Criteri per la determinazione della portata ultra cinquecentennale impiegata per l'individuazione della vulnerabilità nel settore compreso tra la Bealera di Rivalta ed il T. Sangone.

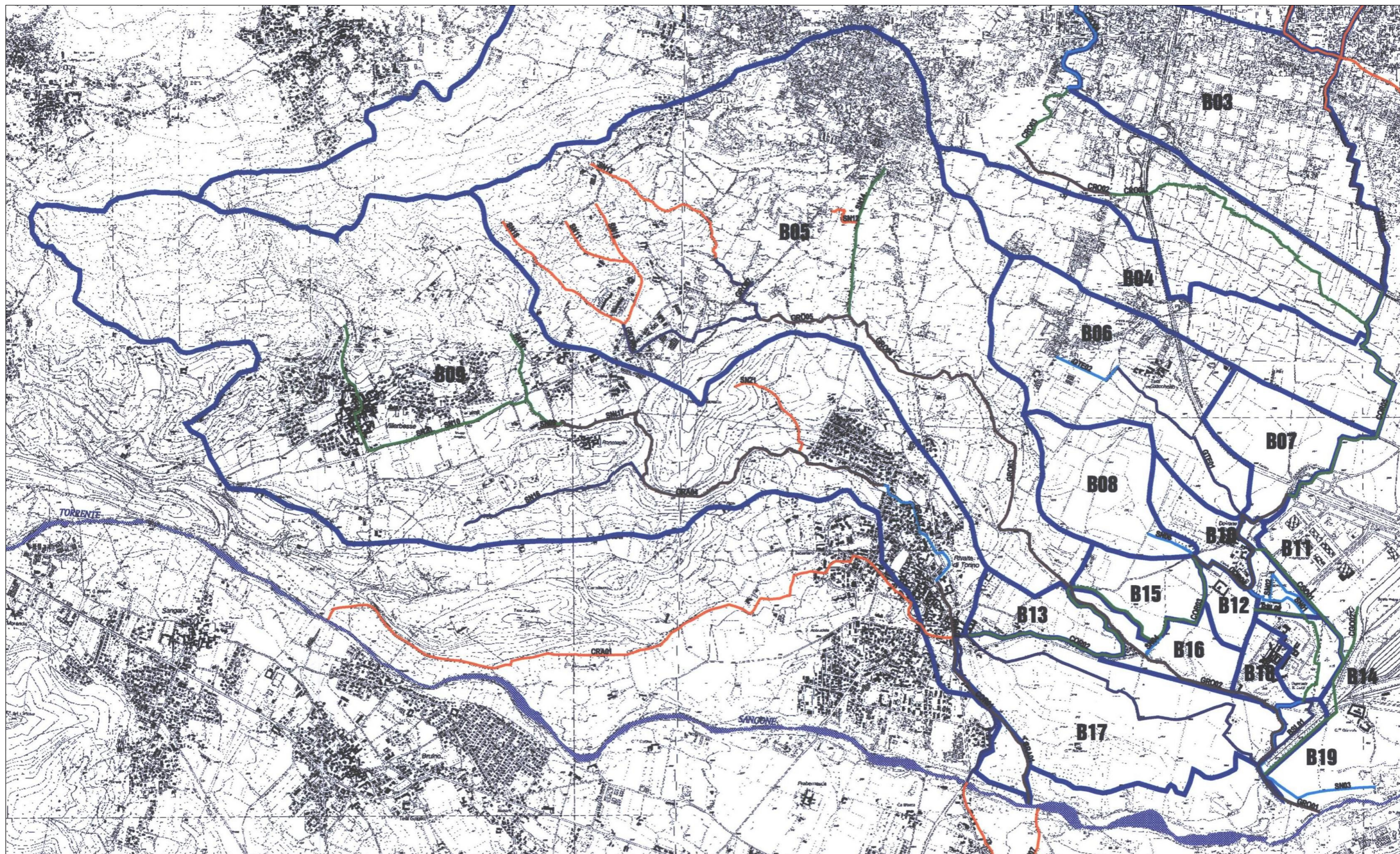
ALLEGATO 1: Criteri di indagine della rete idrografica: valutazione della pericolosità.



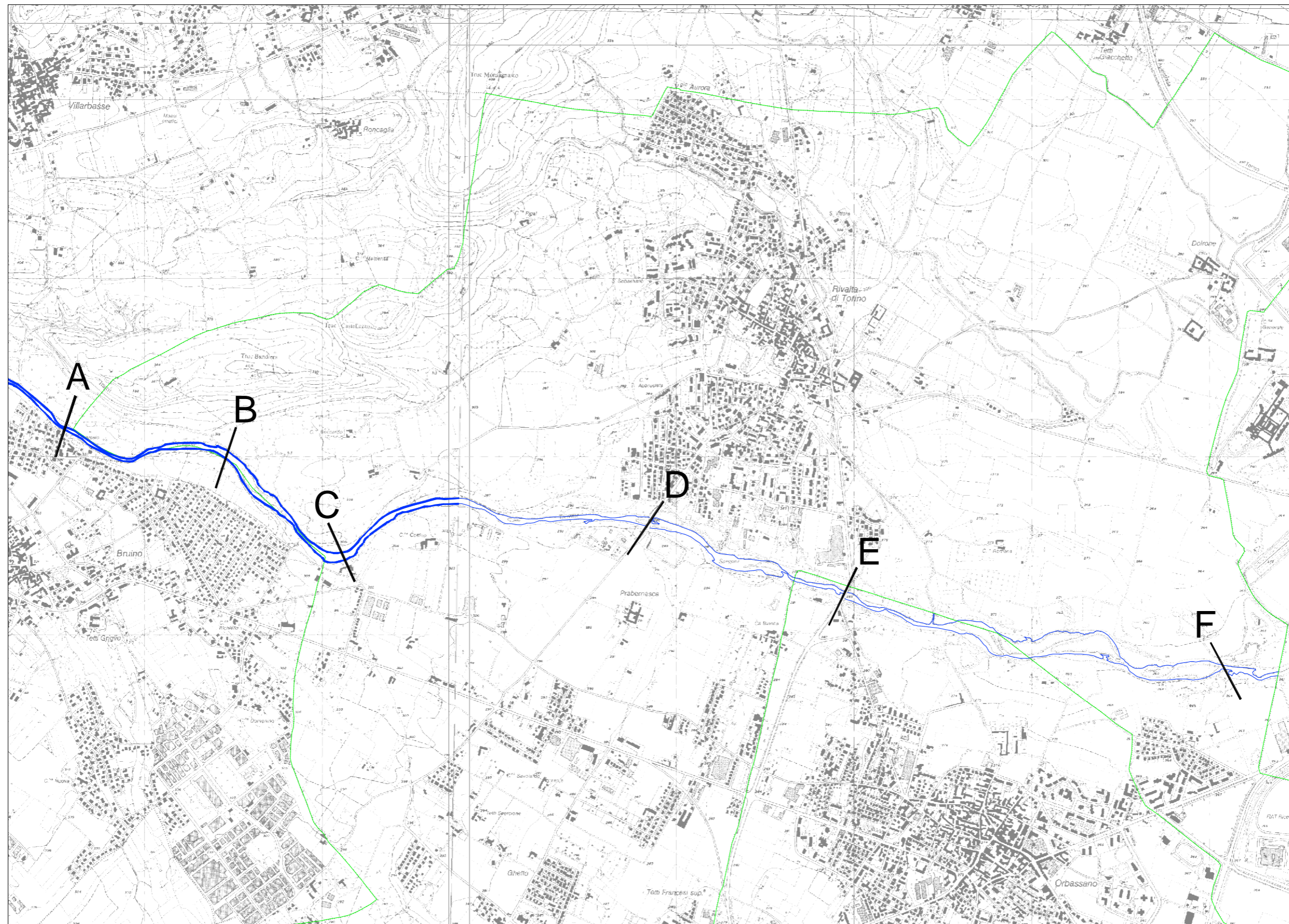
ALLEGATO 2: Elaborato 4 –Capacità di smaltimento del reticolo idrografico secondario- dello “Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all’area dell’ospedale S. Luigi” curato da Hydrodata per la Provincia di Torino.



ALLEGATO 3: Elaborato 2 –Area di studio e classificazione del reticolo idrografico secondario- dello “Studio della rete idrica minore nei comuni di Orbassano e Rivalta con particolare riferimento all’area dell’ospedale S. Luigi” curato da Hydrodata per la Provincia di Torino.



ALLEGATO 4. Suddivisione in tronchi dell'asta del Torrente Sangone e individuazione degli interventi delineati nel cronoprogramma.



ALLEGATO 5: Corografia e risultati del modello idraulico condotto in moto permanente per il Rio Garosso di Rivalta

Al fine della decodifica delle abbreviazioni utilizzate nelle tabelle seguenti, si ricorda che:

- River Sta : numero sezione (crescente da valle verso monte)
- Q total : portata di riferimento
- Min Ch El : quota minima del fondo
- W.S. Elev. : quota del pelo libero
- Crit- W.S. : quota del pelo libero allo stato critico
- E.G. Elev. : quota della linea dell'energia
- E.G. Slope : pendenza "motrice"
- Vel Chnl : velocità media nell'alveo principale
- Flow Area : area bagnata
- Froude : numero di Froude per l'alveo principale (la corrente è "veloce" per numero di Froude > 1)

Tabella 10-1. Tabulato di uscita del codice di calcolo hec-ras, attivato in moto permanente, relativo al Garosso di Rivalta per le portate di riferimento di 13 e 20 mc/s.

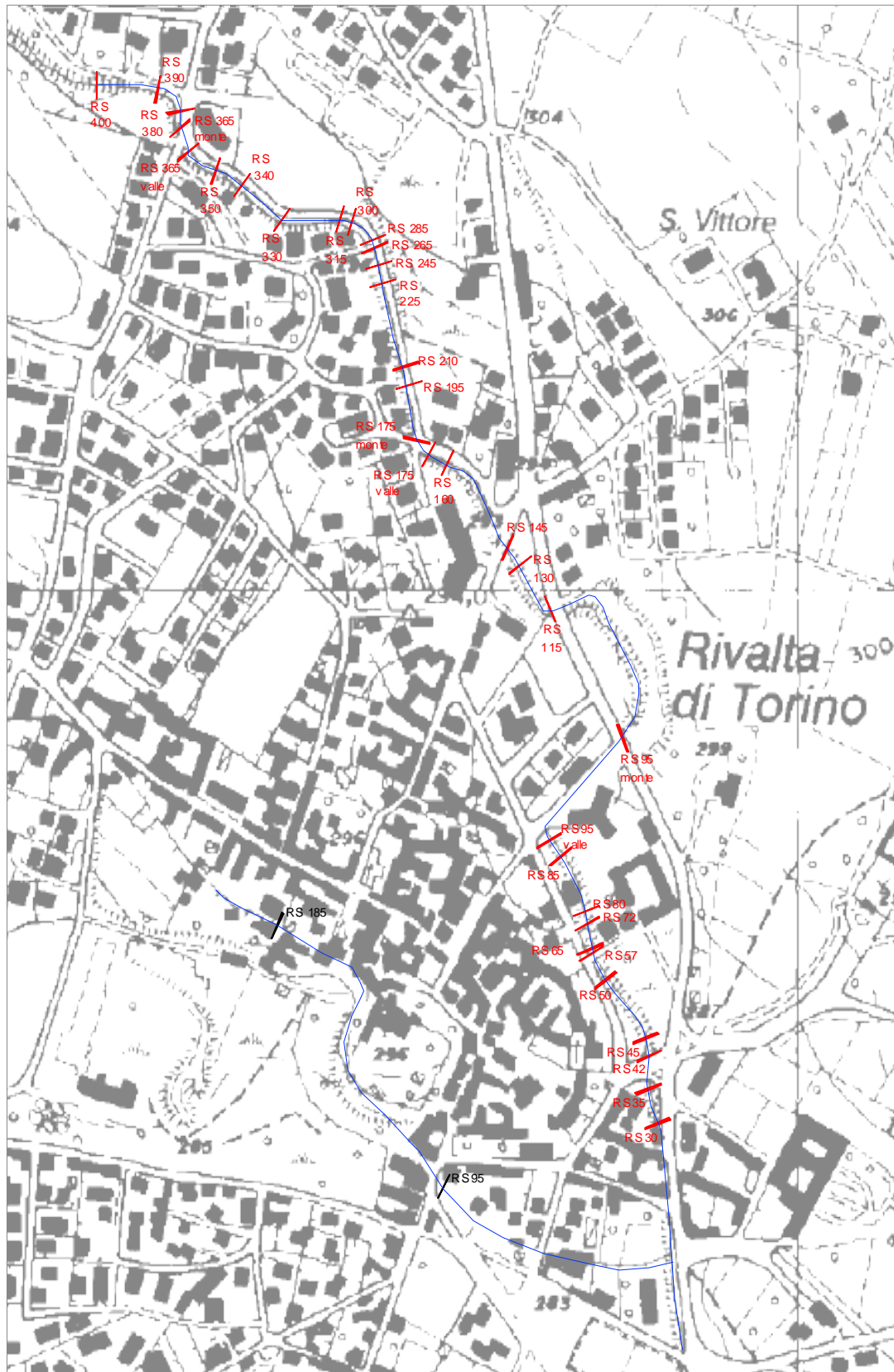
HEC-RAS River: Rio Garosso											
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	# Chl
Garosso	400	13	294.7	295.89	295.65	296.15	0.00734	2.4	6.95	8.13	0.7
Garosso	400	20	294.7	296.24	295.97	296.55	0.00663	2.71	10.1	9.57	0.7
Garosso	390	13	294.09	295.01	295.01	295.47	0.01635	3.02	4.31	4.7	1.01
Garosso	390	20	294.09	295.31	295.31	295.93	0.01483	3.48	5.75	4.71	1.01
Garosso	380	13	293.31	294.69	294.24	294.85	0.00382	1.75	7.43	6.1	0.51
Garosso	380	20	293.31	295.3	294.5	295.46	0.00233	1.8	11.16	6.11	0.42
Garosso	370	13	293.13	294.64	294.04	294.79	0.00285	1.72	7.58	5.2	0.45
Garosso	370	20	293.13	295.25	294.33	295.43	0.00211	1.86	10.76	5.22	0.41
Garosso	365	Bridge									
Garosso	360	13	292.54	294.43		294.52	0.00132	1.31	9.92	5.71	0.32
Garosso	360	20	292.54	294.92		295.04	0.00138	1.58	12.69	5.72	0.34
Garosso	350	13	292.57	294.07		294.41	0.00706	2.75	5.83	5.1	0.72
Garosso	350	20	292.57	294.45		294.92	0.00733	3.26	7.78	5.11	0.76
Garosso	340	13	292.37	293.92		294.19	0.0066	2.42	6.24	5.51	0.66
Garosso	340	20	292.37	294.33		294.69	0.00621	2.8	8.53	5.51	0.67
Garosso	330	13	291.58	293.09	293.09	293.64	0.0155	3.37	4.27	4.33	0.95
Garosso	330	20	291.58	293.47	293.47	294.17	0.01416	3.84	6.04	4.7	0.95
Garosso	320	13	291.4	292.83	292.25	292.98	0.00287	1.68	7.74	5.52	0.45
Garosso	320	20	291.4	293.41	292.53	293.58	0.00218	1.84	10.9	5.52	0.42
Garosso	315	Bridge									
Garosso	310	13	291.4	292.43		292.71	0.00882	2.36	5.52	5.5	0.75

Comune di Rivalta di Torino
II Variante generale al P.R.G.C. vigente – Progetto definitivo – Aspetti idraulici

Garosso	310	20	291.4	293.16		293.39	0.00339	2.1	9.55	5.52	0.51
Garosso	300	13	290.69	292.45		292.64	0.00324	1.91	6.82	4.31	0.48
Garosso	300	20	290.69	293.14		293.36	0.0023	2.05	9.8	4.31	0.43
Garosso	290	13	290.32	292.45	291.48	292.56	0.00152	1.49	8.73	4.61	0.35
Garosso	290	20	290.32	293.15	291.79	293.29	0.00127	1.68	11.97	4.62	0.33
Garosso	285	Bridge									
Garosso	280	13	290.32	292.33		292.46	0.00187	1.59	8.21	4.61	0.38
Garosso	280	20	290.32	293		293.16	0.00153	1.78	11.3	4.62	0.36
Garosso	270	13	290.26	292.33	291.42	292.45	0.00167	1.53	8.49	4.61	0.36
Garosso	270	20	290.26	293	291.73	293.16	0.00141	1.73	11.58	4.62	0.35
Garosso	265	Bridge									
Garosso	260	13	290.26	292.23		292.36	0.00204	1.63	8	4.6	0.39
Garosso	260	20	290.26	292.84		293.01	0.00177	1.86	10.81	4.62	0.39
Garosso	250	13	290.16	292.2	291.32	292.33	0.00185	1.61	8.09	4.41	0.38
Garosso	250	20	290.16	292.81	291.64	292.99	0.00169	1.86	10.78	4.42	0.38
Garosso	245	Bridge									
Garosso	240	13	290.16	292.08		292.23	0.00233	1.73	7.55	4.4	0.42
Garosso	240	20	290.16	292.61		292.82	0.00225	2.03	9.89	4.42	0.43
Garosso	230	13	290.06	292.06	291.26	292.2	0.00212	1.66	7.84	4.51	0.4
Garosso	230	20	290.06	292.59	291.58	292.78	0.00207	1.96	10.25	4.52	0.41
Garosso	225	Bridge									
Garosso	220	13	290.06	291.82		292.01	0.00346	1.93	6.77	4.5	0.5
Garosso	220	20	290.06	292.35		292.6	0.00297	2.19	9.18	4.52	0.49
Garosso	210	13	289.46	291.24		291.62	0.00622	2.9	5.72	4.32	0.69
Garosso	210	20	289.46	291.39		292.13	0.01107	4.08	6.36	4.51	0.94
Garosso	200	13	289.36	291.31	290.5	291.49	0.0024	1.88	6.93	3.67	0.44
Garosso	200	20	289.36	291.56	290.86	291.89	0.0038	2.56	7.83	3.67	0.56
Garosso	195	Bridge									
Garosso	190	13	289.36	290.5	290.5	291.05	0.01545	3.29	3.96	3.64	1.01
Garosso	190	20	289.36	291.24		291.7	0.00647	3.01	6.67	3.66	0.71
Garosso	180	13	288.65	290.44	289.69	290.57	0.00211	1.59	8.17	5.01	0.4
Garosso	180	20	288.65	291.36	289.98	291.49	0.00113	1.57	12.79	5.02	0.31
Garosso	175	Bridge									
Garosso	170	13	288.65	290.14		290.35	0.00452	2.04	6.4	4.8	0.56
Garosso	170	20	288.65	291.11		291.28	0.00173	1.81	11.08	4.82	0.38
Garosso	160	13	288.43	290.11		290.26	0.00274	1.7	7.67	5.11	0.44
Garosso	160	20	288.43	291.11		291.23	0.00119	1.57	12.77	5.11	0.32
Garosso	150	13	288.16	289.84	289.02	289.95	0.00334	1.47	8.82	5.3	0.36
Garosso	150	20	288.16	290.99	289.3	291.08	0.00187	1.34	14.95	5.37	0.26
Garosso	145	Bridge									
Garosso	140	13	288.16	289.61		289.76	0.00508	1.71	7.61	5.29	0.45
Garosso	140	20	288.16	290.49		290.63	0.00317	1.63	12.28	5.34	0.34
Garosso	130	13	288.08	289.1	289.1	289.55	0.01518	3.13	5.08	6.26	0.99
Garosso	130	20	288.08	290.43		290.57	0.00174	1.84	15.54	8.84	0.38
Garosso	120	13	286.11	288.76	287.35	288.9	0.00116	1.63	8.15	3.14	0.32
Garosso	120	20	286.11	290.4	287.76	290.52	0.00056	1.55	13.33	3.2	0.24
Garosso	115	Culvert									
Garosso	110	13	286.11	288.25		288.46	0.00238	2.02	6.54	3.11	0.44

Comune di Rivalta di Torino
II Variante generale al P.R.G.C. vigente – Progetto definitivo – Aspetti idraulici

Garosso	110	20	286.11	289.48		289.68	0.00124	1.98	10.39	3.17	0.34
Garosso	100	13	284.95	288.14	286.19	288.23	0.00063	1.36	9.82	3.16	0.24
Garosso	100	20	284.95	289.41	286.6	289.52	0.00049	1.49	13.87	3.2	0.23
Garosso	95	Culvert									
Garosso	90	13	284.68	286.22		286.48	0.00513	2.28	5.72	3.99	0.61
Garosso	90	20	284.68	286.74		287.07	0.00432	2.57	7.8	3.99	0.59
Garosso	85	13	284.32	286.3		286.38	0.00122	1.38	12.05	8.01	0.31
Garosso	85	20	284.32	286.86		286.97	0.00117	1.59	16.52	8.01	0.32
Garosso	80	13	284.04	286.13		286.29	0.00208	1.86	8.8	4.99	0.41
Garosso	80	20	284.04	286.62		286.86	0.00241	2.31	11.26	5	0.46
Garosso	75	13	283.98	286.12	285.06	286.25	0.00159	1.65	7.91	3.72	0.36
Garosso	75	20	283.98	286.6	285.42	286.82	0.0019	2.07	9.72	3.72	0.41
Garosso	72	Bridge									
Garosso	70	13	283.98	285.06	285.06	285.6	0.01543	3.27	3.99	3.7	1
Garosso	70	20	283.98	285.42	285.42	286.15	0.01405	3.78	5.32	3.71	1
Garosso	65	13	283.03	284.54	283.88	284.68	0.00244	1.63	8	5.3	0.42
Garosso	65	20	283.03	285.66	284.16	285.76	0.00091	1.44	13.93	5.31	0.28
Garosso	60	13	282.89	284.25	284.01	284.63	0.00802	2.75	4.74	3.49	0.75
Garosso	60	20	282.89	285.5	284.38	285.74	0.00217	2.21	9.1	3.52	0.44
Garosso	57	Bridge									
Garosso	55	13	282.81	283.93	283.93	284.5	0.01526	3.33	3.91	3.49	1
Garosso	55	20	282.81	284.31	284.31	285.06	0.01375	3.84	5.22	3.49	1
Garosso	50	13	281.68	283.76	282.77	283.85	0.0013	1.35	10.63	6.54	0.31
Garosso	50	20	281.68	284.63	283.06	284.72	0.00084	1.39	16.64	7.41	0.27
Garosso	45	13	281.03	283.74		283.79	0.00046	0.98	14.95	7.18	0.2
Garosso	45	20	281.03	284.61		284.67	0.00038	1.08	21.57	7.87	0.19
Garosso	44	13	281.03	283.73	282.12	283.78	0.00047	0.98	14.89	7.17	0.2
Garosso	44	20	281.03	284.61	282.41	284.66	0.00039	1.08	21.51	7.87	0.19
Garosso	42	Culvert									
Garosso	40	13	281.03	282.53		282.72	0.00449	1.97	6.99	5.96	0.55
Garosso	40	20	281.03	282.95		283.2	0.00408	2.26	9.59	6.38	0.55
Garosso	35	13	280.97	282.31	282.13	282.66	0.01035	2.69	5.48	5.48	0.78
Garosso	35	20	280.97	282.7	282.47	283.14	0.00932	3.07	7.76	6.37	0.77
Garosso	30	13	280.77	281.91	281.76	282.29	0.01	2.73	4.77	4.2	0.82
Garosso	30	20	280.77	282.24	282.09	282.78	0.01001	3.24	6.18	4.2	0.85



ALLEGATO 6: Corografia e risultati del modello idraulico condotto in moto permanente per il Canale Comunale di Rivalta.

Tabella 10-2. Tabulato di uscita del codice di calcolo hec-ras, attivato in moto permanente, relativo al Canale comunale di Rivalta per le portate di riferimento tr 50, 200 e 500 anni.

HEC-RAS River: Canale comunale di Rivalta												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
Bealera	200	tr 500	4.3	293.15	295.57	294.02	295.61	0.00061	0.91	4.76	2.11	0.19
Bealera	200	tr50	1.02	293.15	294.07	293.49	294.09	0.00066	0.63	1.62	1.95	0.22
Bealera	200	tr 200	2.77	293.15	295.14	293.81	295.17	0.00044	0.72	3.85	2.11	0.17
Bealera	190	tr 500	4.3	293.15	295.57	294.02	295.61	0.00061	0.91	4.75	2.11	0.19
Bealera	190	tr50	1.02	293.15	294.06	293.49	294.08	0.00066	0.63	1.62	1.95	0.22
Bealera	190	tr 200	2.77	293.15	295.14	293.81	295.16	0.00044	0.72	3.85	2.11	0.17
Bealera	185		Culvert									
Bealera	180	tr 500	4.3	293.05	294.21		294.42	0.00553	2.04	2.11	2.05	0.64
Bealera	180	tr50	1.02	293.05	293.57		293.64	0.00402	1.16	0.88	1.8	0.53
Bealera	180	tr 200	2.77	293.05	293.95		294.11	0.00506	1.73	1.6	1.95	0.61
Bealera	170	tr 500	4.3	293.05	293.92	293.92	294.32	0.01378	2.81	1.53	1.93	1.01
Bealera	170	tr50	1.02	293.05	293.39	293.39	293.56	0.01534	1.8	0.57	1.73	1.01
Bealera	170	tr 200	2.77	293.05	293.71	293.71	294.01	0.01404	2.46	1.13	1.85	1
Bealera	160	tr 500	4.3	287.3	287.54	288.17	293.7	0.86313	11	0.39	1.68	7.29
Bealera	160	tr50	1.02	287.3	287.36	287.64	292.96	4.32776	10.48	0.1	1.61	13.63
Bealera	160	tr 200	2.77	287.3	287.46	287.96	293.4	1.36988	10.8	0.26	1.65	8.75
Bealera	160		Lat Struct									
Bealera	150	tr 500	2.01	287.19	288.22	287.66	288.27	0.00213	0.98	2.05	2.02	0.31
Bealera	150	tr50	0.86	287.19	287.65	287.46	287.69	0.00384	0.95	0.9	1.99	0.45
Bealera	150	tr 200	2.01	287.19	288.22	287.66	288.27	0.00213	0.98	2.05	2.02	0.31
Bealera	140	tr 500	2.01	287.19	288.21	287.66	288.26	0.00216	0.98	2.04	2.02	0.31
Bealera	140	tr50	0.86	287.19	287.64	287.46	287.68	0.00409	0.97	0.88	1.99	0.47
Bealera	140	tr 200	2.01	287.19	288.21	287.66	288.26	0.00216	0.98	2.04	2.02	0.31
Bealera	135		Bridge									
Bealera	130	tr 500	2.01	287.17	288.13		288.18	0.00179	0.92	2.19	2.29	0.3
Bealera	130	tr50	0.86	287.17	287.64		287.67	0.00262	0.82	1.05	2.27	0.38
Bealera	130	tr 200	2.01	287.17	288.13		288.18	0.00179	0.92	2.19	2.29	0.3
Bealera	120	tr 500	2.01	287.17	288.11	287.6	288.15	0.00194	0.94	2.13	2.29	0.31
Bealera	120	tr50	0.86	287.17	287.59	287.41	287.63	0.00366	0.91	0.94	2.27	0.45
Bealera	120	tr 200	2.01	287.17	288.11	287.6	288.15	0.00194	0.94	2.13	2.29	0.31
Bealera	118		Bridge									
Bealera	115	tr 500	2.01	287.17	287.6	287.6	287.82	0.01806	2.06	0.97	2.27	1
Bealera	115	tr50	0.86	287.17	287.34	287.41	287.6	0.06105	2.28	0.38	2.26	1.78
Bealera	115	tr 200	2.01	287.17	287.6	287.6	287.82	0.01806	2.06	0.97	2.27	1
Bealera	110	tr 500	2.01	281.2	281.28	281.63	287.19	3.18445	10.77	0.19	2.26	11.96
Bealera	110	tr50	0.86	281.2	281.24	281.44	286.86	8.64053	10.5	0.08	2.26	17.62

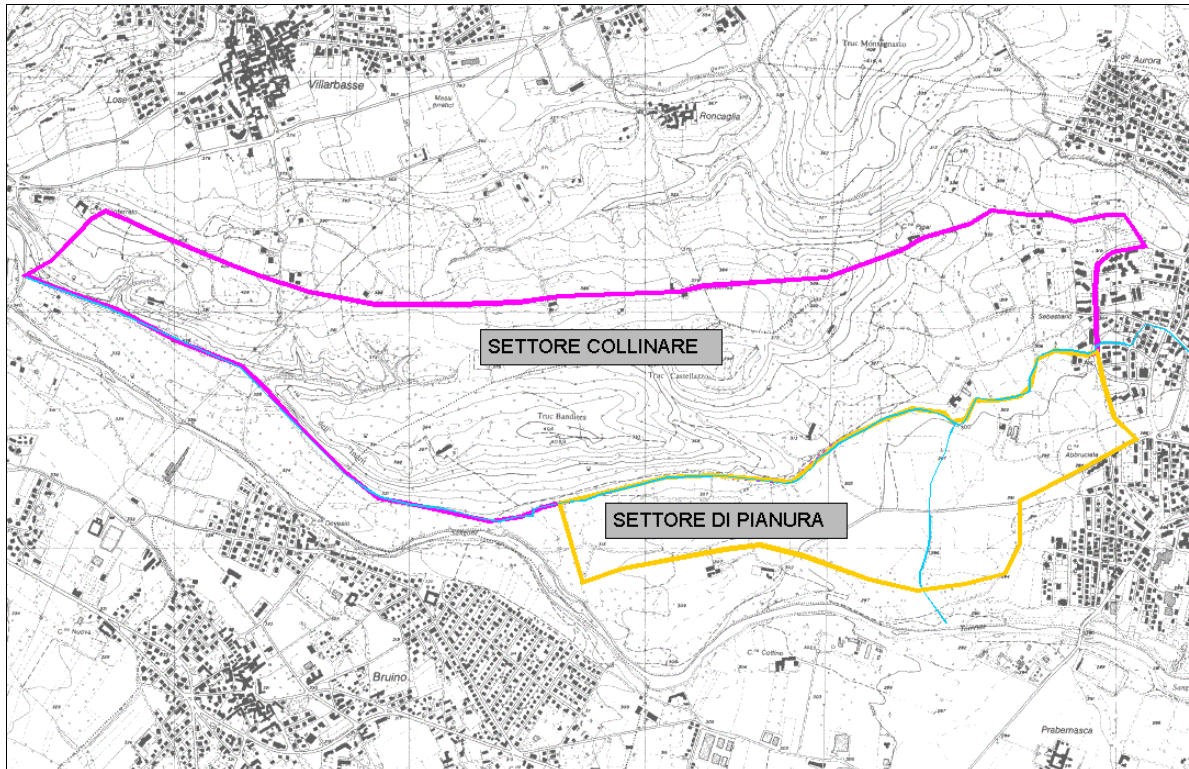
Comune di Rivalta di Torino
II Variante generale al P.R.G.C. vigente – Progetto definitivo – Aspetti idraulici

Bealera	110	tr 200	2.01	281.2	281.28	281.63	287.19	3.18445	10.77	0.19	2.26	11.96
Bealera	100	tr 500	2.01	280.74	281.8	281.07	281.82	0.0005	0.56	3.58	3.37	0.17
Bealera	100	tr50	0.86	280.74	281.26	280.93	281.27	0.00076	0.5	1.74	3.36	0.22
Bealera	100	tr 200	2.01	280.74	281.8	281.07	281.82	0.0005	0.56	3.58	3.37	0.17
Bealera	95	tr 500	2.01	279.86	281.81	280.19	281.82	9.6E-05	0.31	6.58	3.4	0.07
Bealera	95	tr50	0.86	279.86	281.26	280.05	281.27	4.3E-05	0.18	4.72	3.37	0.05
Bealera	95	tr 200	2.01	279.86	281.81	280.19	281.82	9.6E-05	0.31	6.58	3.4	0.07
Bealera	94		Culvert									
Bealera	93	tr 500	2.01	279.86	281.72		281.73	0.00035	0.49	4.1	2.22	0.12
Bealera	93	tr50	0.86	279.86	281.23		281.23	0.00014	0.29	3.01	2.21	0.08
Bealera	93	tr 200	2.01	279.86	281.72		281.73	0.00035	0.49	4.1	2.22	0.12
Bealera	90	tr 500	2.01	280.66	281.69		281.73	0.00165	0.89	2.26	2.2	0.28
Bealera	90	tr50	0.86	280.66	281.2		281.23	0.00181	0.72	1.19	2.19	0.31
Bealera	90	tr 200	2.01	280.66	281.69		281.73	0.00165	0.89	2.26	2.2	0.28
Bealera	80	tr 500	2.01	280.66	281.68		281.72	0.00169	0.9	2.24	2.21	0.28
Bealera	80	tr50	0.86	280.66	281.19		281.22	0.00191	0.74	1.17	2.19	0.32
Bealera	80	tr 200	2.01	280.66	281.68		281.72	0.00169	0.9	2.24	2.21	0.28
Bealera	70	tr 500	2.01	280.5	281.55	280.94	281.59	0.00156	0.87	2.31	2.2	0.27
Bealera	70	tr50	0.86	280.5	281.05	280.75	281.08	0.00177	0.72	1.2	2.19	0.31
Bealera	70	tr 200	2.01	280.5	281.55	280.94	281.59	0.00156	0.87	2.31	2.2	0.27
Bealera	65		Bridge									
Bealera	60	tr 500	2.01	280.5	281.54		281.58	0.00163	0.89	2.27	2.2	0.28
Bealera	60	tr50	0.86	280.5	281.03		281.06	0.00198	0.75	1.15	2.19	0.33
Bealera	60	tr 200	2.01	280.5	281.54		281.58	0.00163	0.89	2.27	2.2	0.28
Bealera	50	tr 500	2.01	280.48	281.53		281.57	0.00157	0.87	2.3	2.21	0.27
Bealera	50	tr50	0.86	280.48	281.02		281.05	0.00185	0.73	1.18	2.2	0.32
Bealera	50	tr 200	2.01	280.48	281.53		281.57	0.00157	0.87	2.3	2.21	0.27
Bealera	40	tr 500	2.01	279.48	281.55	279.92	281.56	0.00027	0.44	4.56	2.22	0.1
Bealera	40	tr50	0.86	279.48	281.04	279.73	281.04	0.0001	0.25	3.42	2.22	0.06
Bealera	40	tr 200	2.01	279.48	281.55	279.92	281.56	0.00027	0.44	4.56	2.22	0.1
Bealera	35		Culvert									
Bealera	30	tr 500	2.01	279.48	281.47		281.48	0.0003	0.46	4.39	2.22	0.1
Bealera	30	tr50	0.86	279.48	281.02		281.03	0.0001	0.25	3.39	2.22	0.07
Bealera	30	tr 200	2.01	279.48	281.47		281.48	0.0003	0.46	4.39	2.22	0.1
Bealera	20	tr 500	2.01	280.46	281.43		281.48	0.00191	0.94	2.14	2.21	0.3
Bealera	20	tr50	0.86	280.46	281		281.02	0.00187	0.73	1.18	2.2	0.32
Bealera	20	tr 200	2.01	280.46	281.43		281.48	0.00191	0.94	2.14	2.21	0.3
Bealera	10	tr 500	2.01	280.18	281.14	280.62	281.19	0.002	0.96	2.1	2.21	0.31
Bealera	10	tr50	0.86	280.18	280.71	280.43	280.73	0.002	0.75	1.15	2.19	0.33
Bealera	10	tr 200	2.01	280.18	281.14	280.62	281.19	0.002	0.96	2.1	2.21	0.31

ALLEGATO 7: Criteri per la determinazione della portata ultra cinquecentennale impiegata per l'individuazione della vulnerabilità nel settore compreso tra la Bealera di Rivalta ed il T. Sangone.

La determinazione del valore di portata impiegato per la valutazione della vulnerabilità del territorio compreso tra la Bealera di Rivalta ed il T. Sangone, là dove si collocano le frecce dell'indagine geomorfologica, è avvenuta mediante l'impiego di ipotesi estremamente cautelative, di seguito riassunte:

- 1) L'analisi è volta a delimitare le aree segnalate da frecce derivanti dall'analisi geomorfologica e riportate nell'Elaborato G2.
- 2) E' stato ipotizzato che tutto il ruscellamento che si può potenzialmente produrre nel bacino di raccolta del settore interessato, non venga intercettato dalla rete idrografica minore (Bealera di Rivalta e canale scolmatore) e che percorra il piano campagna senza essere incanalato. L'assunzione di tale ipotesi non è associabile ad alcuna probabilità di accadimento pertanto è volta all'individuazione della vulnerabilità di tali aree per inconvenienti indipendenti dall'attività del T. Sangone.
- 3) Sono stati individuati il bacino collinare di raccolta della Bealera di Rivalta e la porzione di pianura (vedi figura successiva).



- 4) E' stato calcolato il valore di portata al colmo per le due aree impiegando il metodo razionale e precipitazioni cinquecentennali ottenendo i risultati esposti nella successiva tabella.

	Settore collinare	Settore di pianura
	Tr 500	Tr 500
a (cella pluviometrica AN 106)	75.53	75.53
n (cella pluviometrica AN 106)	0.329	0.329
Quota media del bacino	350	300
Quota della sezione di chiusura	300	290
tc (Giandotti)	1.24	1.66
h di pioggia	81.2	89.2
Superficie	3.1	1.1
Coefficiente di deflusso	0.6	0.6
Lunghezza dell'asta	0	0
Portata al colmo (m ³ /s)	34	10

- 5) Cautelativamente è stato assunto il valore di portata pari a 50 m³/s superiore alla portata cinquecentennale calcolata per le superfici individuate (pari a 34 m³/s per il settore collinare più 10 m³/s per il settore di pianura).

APPENDICE A - DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-1 E DEI CRITERI DI ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI PER L'OTTENIMENTO DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO (TR 200 ANNI)

La procedura Hec-1 è stata attivata nell'ambito di un pacchetto commerciale denominato WMS (Watershed Modeling System) messo a punto dalla Boss International di Madison per specifiche applicazioni GIS. Lo sviluppo dei calcoli del codice Hec-1 è infine avvenuto utilizzando il codice ingegnerizzato dalla Dodson & associati di Houston, che, sotto il nome di ProHec-1, mette a disposizione un pacchetto contenente una gestione avanzata dei dati e delle uscite.

In bacini privi di misure derivate da osservazioni dirette, la *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica* prevede il ricorso ad alcune metodologie di calcolo, tra le quali compare il metodo SCS (Soil Conservation Service) largamente usato anche negli Stati Uniti ed utilizzato dalle routines di calcolo del modello citato. Tale metodo sintetizza le caratteristiche idrologiche di un bacino attraverso un unico parametro CN (Curve Number) che definisce la relazione precipitazione-volume di deflusso. Il CN rappresenta dunque l'attitudine di una porzione di terreno a produrre deflusso e può essere calcolato in modo indiretto sulla base delle caratteristiche geopedologiche e vegetazionali del bacino stesso.

SCHEMA DI FORMAZIONE DEL DEFLUSSO

Il metodo ⁽²³⁾ assume che, nel corso di un evento di piena, il deflusso superficiale, V , sia proporzionale a quello precipitato I , depurato dell'assorbimento iniziale I_a in ragione del rapporto fra volume infiltrato F e un volume S che caratterizza la *massima ritenzione potenziale*.

$$\frac{F}{S} = \frac{V}{I - I_a}$$

nella quale le grandezze, espresse in mm, rappresentano:

V	volume di deflusso superficiale
S	contenuto idrico massimo del suolo
F	volume infiltrato
I	precipitazione
I_a	assorbimento iniziale

Da una semplice equazione di bilancio, il volume infiltrato risulta pari alla precipitazione lorda ridotta dell'assorbimento iniziale e del volume ruscellato

$$F = I - I_a - V$$

⁽²³⁾ Si segue la descrizione fornita da RANZI & ROSSO (1995).

e si determina la relazione

$$V = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

che rappresenta la stima del volume di ruscellamento in funzione del volume della precipitazione e di due parametri caratteristici del bacino; la capacità di assorbimento iniziale I_a e la massima ritenzione potenziale S .

La massima ritenzione potenziale dipende, per un certo stato iniziale di imbibizione del bacino, dalla combinazione di due fattori: la natura del terreno e l'uso del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori è rappresentato dal parametro CN il quale è legato ad S dalla relazione

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove $0 < CN < 100$ ed S_0 è una costante di scala dipendente dalla unità di misura (254 se le grandezze sono misurate in mm).

Come già accennato in precedenza, il parametro CN rappresenta l'attitudine di un bacino a produrre deflusso e può essere ricavato a partire dalle caratteristiche pedologiche dei suoli. Si assume anche che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibizione al momento dell'evento pluviometrico, noto come AMC.

L'imbibizione viene espressa, in modo qualitativo, in funzione delle precipitazioni dei 5 giorni antecedenti (API_5). A seconda del valore di API_5 si individuano le tre classi AMC I, II e III (AMC Antecedent Moisture Condition) le quali rappresentano rispettivamente:

- AMC I : terreno inizialmente asciutto
- AMC II : terreno mediamente imbibito
- AMC III: terreno fortemente imbibito

Nella

Tabella 10-3 si riportano gli stati di imbibizione del suolo considerati.

Tabella 10-3. Definizione dello stato di imbibizione del suolo.

Classe	Pioggia totale nei 5 giorni antecedenti l'evento	
AMC	Riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13 ÷ 28 mm	36 ÷ 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Nota il valore di CN per la classe AMC II (ossia CN_{II}) si possono valutare rispettivamente:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013CN_{II}}$$

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

Per una data condizione AMC, il valore di CN dipende dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità. Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di CN varia notevolmente a seconda dell'uso del suolo. I valori numerici sono indicati nelle tabelle che seguono con riferimento alla condizione AMC II.

Per identificare il tipo idrologico di suolo bisogna analizzare le caratteristiche geopedologiche ed a questo punto si incontrano decise difficoltà a causa della mancanza di indicazioni in merito ai suoli. Recenti contributi in merito suggeriscono l'uso di tabelle per assegnare valori numerici alla tessitura e struttura del suolo (Π_1) ed alla permeabilità del suolo (Π_2) ricavando così il punteggio $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2$ in base al quale attribuire il suolo ad uno dei quattro tipi. Il valore CN si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo (quattro tipi idrologici A, B, C, D) a permeabilità decrescente e delle caratteristiche di uso prevalente.

Seguendo la procedura con cui HEC-1 schematizza il processo di formazione del deflusso, ogni bacino viene suddiviso in sottobacini per ognuno dei quali vengono forniti i parametri morfometrici di interesse (area, pendenza media dei versanti, lunghezza dell'asta, etc.). Il contributo di ogni sottobacino viene sommato in corrispondenza delle confluenze per calcolare, alla fine del tratto considerato, l'idrogramma in uscita. Il programma richiede la precipitazione ragguagliata dell'evento in esame o l'assegnazione di uno ietogramma di progetto. Le portate dipendono fortemente dalla distribuzione temporale delle precipitazioni e dalla capacità di assorbimento del terreno. Per ogni sottobacino deve essere calcolato il "tempo di ritardo" (TL), corrispondente all'intervallo tra il baricentro del pluviogramma ed il picco dell'idrogramma. In base alla formula di Mockus:

$$TL = 0.342 \cdot Y^{-0.5} \cdot L^{0.8} \cdot (1000/CN - 9)^{0.7}$$

dove:

CN coefficiente che definisce la relazione tra precipitazione e volume di deflusso del bacino;

Y pendenza media del bacino espressa in %

L lunghezza del collettore principale prolungato fino allo spartiacque, espressa in km.

Si osservi che la formula di Mockus rende il tempo di ritardo indirettamente proporzionale al valore del CN, ossia bacini impermeabili presentano tempi di concentrazione più brevi di corrispondenti bacini permeabili.

Il modello prevede pertanto l'impiego di tre componenti:

- il sottobacino, caratterizzato da una sezione di chiusura e descritto dai parametri morfometrici e dal CN;
- il tronco d'alveo, che collega due sezioni di chiusura di sottobacini successivi, caratterizzato da lunghezza, pendenza media, forma della sezione e scabrezza. Lungo un tronco d'alveo sono possibili fenomeni di invaso e quindi di laminazione, pertanto il tronco viene trattato con le relazioni tipiche della propagazione (per esempio, metodo Muskingam-Cunge);
- l'inter-bacino, ossia il versante che contribuisce ad un tronco d'alveo. Nello schema si immagina che l'interbacino contribuisca per intero confluendo alla sezione di chiusura del sottobacino immediatamente a valle ove si sommano così tre idrogrammi: l'idrogramma, opportunamente laminato lungo il tronco d'alveo, proveniente da monte, l'idrogramma dell'interbacino, l'idrogramma del sottobacino confluyente nel tronco.

ELABORAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni, solitamente si assume che l'altezza totale, con assegnato tempo medio di ritorno, abbia il significato di pioggia media sul bacino (cioè costante nel tempo ed uniforme nello spazio).

Per il bacino esaminato, avente superficie dell'ordine di alcune decine di km², non si possono più applicare tali semplificazioni, in particolare per quanto riguarda l'altezza di precipitazione, la quale diminuisce man mano che ci si allontana dal centro di meteora, in misura tanto più rilevante quanto più è breve la durata della precipitazione. Al fine di evitare di ottenere risultati fortemente sovrastimati è quindi necessaria l'assegnazione di un *coefficiente di riduzione* o di *abbattimento* della precipitazione in funzione dell'area del bacino.

Noti coefficienti di ragguaglio della precipitazione oraria (ARF, *Areal Reduction Factor*) sono dovuti all'Istituto di Idrologia di Wallingford (Inghilterra) e quindi con riferimento a precipitazioni di origine frontale poco influenzate dall'effetto orografico e pertanto non utilizzabili in ambiente collinare. In Italia sono stati fatti specifici studi di settore, tarati però localmente o regionalmente, in condizioni piuttosto lontane rispetto a quelle presentate dal bacino oggetto di studio. Gli studi più recenti ed approfonditi che riguardano tale argomento sono stati sviluppati nell'ambito del progetto VAPI (valutazione delle piene), in cui i dati idrologici vengono elaborati secondo criteri TCEV (modello probabilistico a doppia componente dei valori estremi). Tale analisi però è svolta a carattere regionale e per ora sono stati pubblicati gli studi riguardanti le regioni del Mezzogiorno e della Regione Veneto (dicembre 2001) e solo un rapporto preliminare per il Piemonte²⁴, pertanto si è pensato di vagliare una ricerca che implicasse il confronto tra i coefficienti fino ad ora proposti, onde poter utilizzare quelli che meglio si adattano al territorio indagato.

Coefficienti validi per estensioni fino a 150 Km², sono stati riscontrati nell'analisi di numerosi eventi pluviometrici registrati nella pianura veneta fra Adige e Po dal radar di Teolo (BIXIO e MONAI, 1997).

La relazione proposta ha la forma:

(²⁴) "La valutazione delle piene in Piemonte", Villani P., febbraio 2001.

$$C = S^{-k}$$

essendo:

S l'area interessata (km²);

k espresso in funzione di una relazione logaritmica della durata della pioggia data da:

$$k = a \ln t + a'$$

ove

t durata in ore;

$$a = 0.0716 F - 0.0775;$$

$$a' = -1.0072 F^3 + 2.2314 F^2 - 1.9141 F + 0.7529;$$

con F probabilità cumulata dell'evento collegabile al tempo medio di ritorno in base alla relazione $Tr=1/(1-F)$.

Nell'ambito dei dati disponibili, gli autori segnalano che la massima correlazione si è osservata per valori di F compresi fra 0.95 e 0.30 ossia per eventi con probabilità molto alta (tempo medio di ritorno compreso fra 20 e 3 anni). Nel caso in esame, si è deciso di estrapolare anche a valori di F superiori ($F=0.995$ per tempo di ritorno di 200 anni).

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale della pioggia media, il modello Hec-1 opera come descritto in seguito. Si suppone che la portata sia determinata, in ogni sezione, in base alla somma degli idrogrammi confluenti e il valore del colmo è scalato per tener conto della riduzione della pioggia media con l'area. In altre parole, è noto che (CLABORN, DODSON & BARRETT, 1995) l'altezza media della precipitazione su un bacino diminuisce all'aumentare dell'area. Pertanto è necessario ricalcolare la portata di ciascun bacino a mano a mano che l'area scolante aumenta. Hec-1 opera determinando un certo numero di idrogrammi calcolati a partire da un numero di altezze di pioggia espresse in funzione dell'area, per esempio in base ad un'assegnata legge di abbattimento della pioggia puntuale. Tali idrogrammi sono denominati idrogrammi-indice. In ciascuna confluenza, l'idrogramma appropriato deve corrispondere all'estensione dell'area scolante sottesa dalla confluenza ed è derivato per interpolazione fra gli idrogrammi-indice relativi a valori di area scolante che stanno a cavallo dell'area del bacino in oggetto. In pratica si assegnano, per noto tempo medio di ritorno e durata, le altezze di pioggia H associate ad aree crescenti $H_5, H_{10}, H_{20}, H_{50}$ etc. essendo il pedice il valore dell'area. Considerando la confluenza fra due sottobacini A e B (per esempio di 8 e 15 km², quindi con somma $X = 23$ km²) l'idrogramma alla confluenza $A + B$ non può derivare dalla pura somma dei due idrogrammi A e B in quanto non sarebbe rappresentativo dell'area totale. Si determina allora l'idrogramma interpolato fra la somma degli idrogrammi $A_{102.6}+B_{102.6}$ e $A_{101.5}+B_{101.5}$ calcolati separatamente come conseguenza delle precipitazioni rispettivamente pari, per esempio, a 102.6 e 101.5 mm sui due bacini A e B . La formula di interpolazione segue i due principi che:

- la trasformazione afflussi-deflussi sia lineare;
- l'altezza di pioggia vari approssimativamente in ragione del logaritmo dell'area indice;

Si ottiene che:

$$Q_x = Q_1 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_x}{A_2}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right) + Q_2 \cdot \left(\frac{\log \frac{A_x}{A_1}}{\log \frac{A_2}{A_1}} \right)$$

essendo

A_x l'area alla confluenza

A_1 l'area indice inferiore

A_2 l'area indice superiore

Q le portate corrispondenti all'indice

Tale concetto è semplificato nella Figura 10-1.

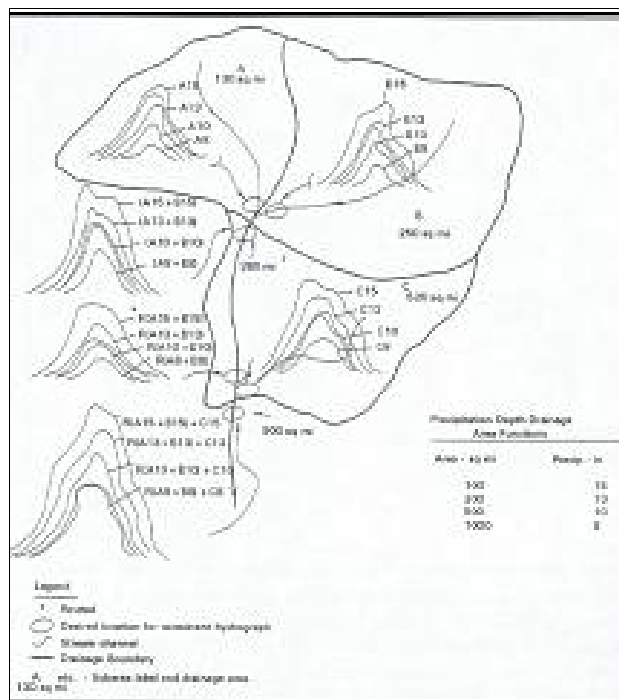


Figura 10-1. Schematizzazione dello schema di interpolazione utilizzato dal codice di calcolo HEC-1 (tratto da ProHEC1 Plus, Program Documentation, pag 4-16).

La distribuzione temporale è stata ipotizzata considerando precipitazioni di diversa durata, al fine di determinare la durata di pioggia critica. Nella determinazione dell'altezza della precipitazione totale si è utilizzata la relazione esposta in precedenza mentre, per quanto riguarda la distribuzione temporale, si è pensato di distribuire la precipitazione considerando l'effetto di uno scroscio, in base al quale si assume che l'intensità di precipitazione aumenti nell'ultimo quarto dell'evento. Il criterio deriva da un'indagine effettuata su un campione di oltre 16 mila ietogrammi dei quali è stato studiato l'andamento temporale dell'intensità (FERRARI, 1994). Tale procedura prevede una ripartizione percentuale della precipitazione totale in due distinti periodi costituiti da: un primo periodo di durata pari ai tre quarti della durata totale dell'evento e da un

secondo periodo di durata pari al restante quarto della durata totale. La ripartizione del totale di pioggia nei due periodi varia con la durata della pioggia. In tale modo, soprattutto nel caso di precipitazioni prolungate, si ottiene un periodo di maggior precipitazione dopo diverse ore dall'inizio dell'evento. Tale situazione risulta peggiorativa, a parità di altezza totale di pioggia, e ricorrente in numerosi eventi gravi che hanno interessato le regioni alpine.

Lo ietogramma utilizzato pertanto segue le seguenti regole:

- suddivisione della durata della pioggia in due periodi pari rispettivamente a tre quarti ed un quarto della durata totale;
- ripartizione della altezza di pioggia in ciascun periodo in funzione della durata dell'evento;
- intervallo di riferimento per l'implementazione del modello numerico pari a 15 minuti;

Pertanto, posta pari all'unità l'altezza totale della pioggia, la distribuzione rispetto all'altezza totale in ciascun intervallo di 15 minuti presenta i valori riportati nella Tabella 10-4.

Tabella 10-4. Ripartizione temporale della precipitazione nel corso di un evento in funzione della durata della pioggia.

	Valore rispetto al totale attribuito a ciascun intervallo di 15 minuti in cui è suddiviso il periodo di pioggia							
Durata di pioggia [h]	4	5	6	8	12	24	30	36
Numero intervalli totale	16	20	24	32	48	96	120	144
Valore percentuale della precipitazione nel primo periodo	0.042	0.033	0.028	0.025	0.017	0.009	0.007	0.006
Valore percentuale della precipitazione nel secondo periodo	0.125	0.1	0.083	0.050	0.033	0.015	0.013	0.011
N.B. La ripartizione assume che, nel primo periodo, cada la % indicata								
	40%	del totale per durate < 1 ora						
	45%	del totale per durate > 1 ora e < 3 ore comprese						
	50%	del totale per durate > 3 ore e < 6 ore comprese						
	60%	del totale per durate > 6 ore e < 12 ore comprese						
	65%	del totale per durate > 12 ore						

APPENDICE B - DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-RAS ATTIVATO IN MOTO PERMANENTE (VERIFICHE IDRAULICHE)

La determinazione del profilo del pelo libero è stata effettuata mediante modellazione in moto permanente della portata di riferimento tramite il codice numerico HEC-RAS è stato messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI, il codice è attualmente disponibile nella release 3.1 (novembre 2002). Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale. La versione 3.0 ha incluso l'analisi in moto vario e si prevede l'estensione all'analisi del trasporto solido su contorno mobile.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata *standard step method* ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero.

L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

y profondità della corrente nella sezione (m)

z quota del fondo (m)

V velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale)

α coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione

g accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

h_e perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella Figura 10-2.

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice lob), canale principale (pedice ch), golena destra (pedice rob), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

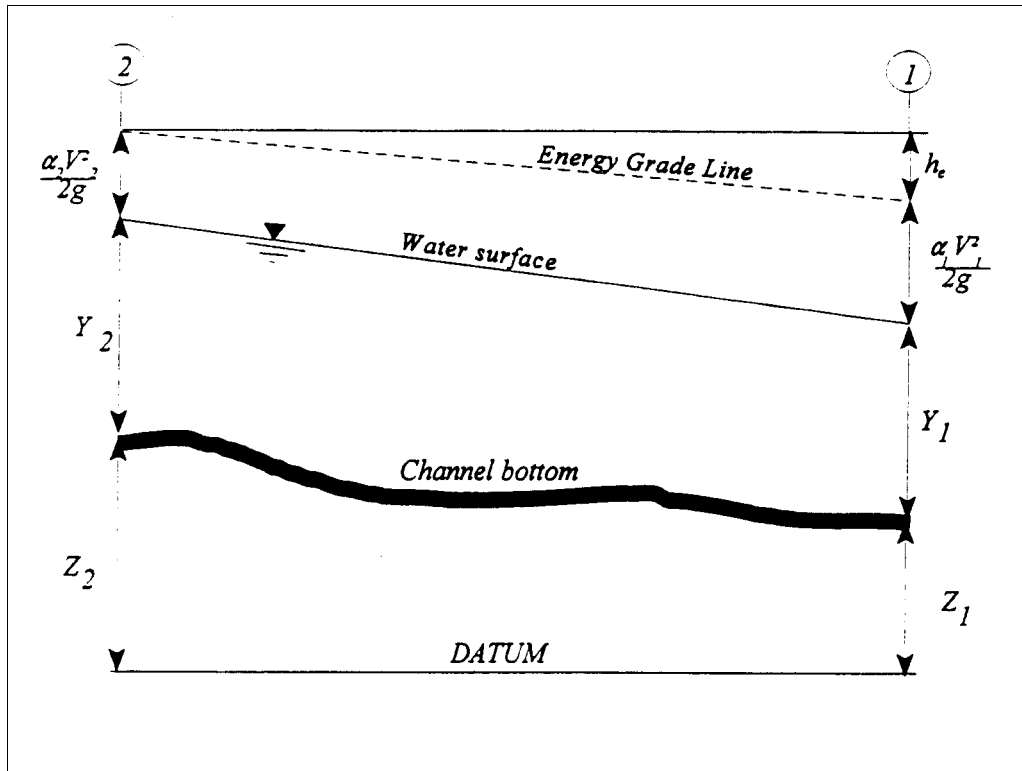


Figura 10-2. Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997)

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine h_e , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

L lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli L , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli Q le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in m^3/s);

S_f pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

C coefficiente di contrazione o di espansione. Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di

monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

Tipici valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono desumibili dalla seguente Tabella 10-5 (i valori standard sono evidenziati in corsivo)

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. I settori sono individuati mediante linee di separazione verticali, come illustrato nella Figura 10-3, in corrispondenza dei punti della sezione dove si pone la variazione di scabrezza in funzione delle caratteristiche della superficie.

Tabella 10-5. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
<i>Variazione graduale</i>	<i>0.1</i>	<i>0.3</i>
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

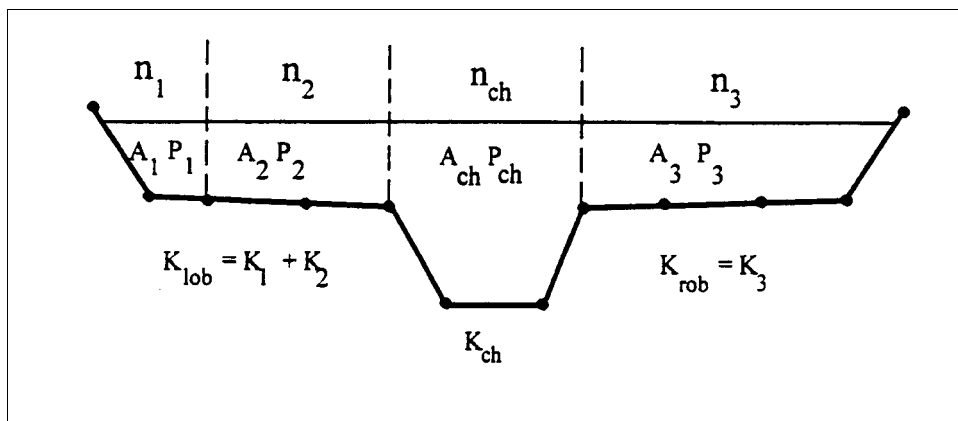


Figura 10-3. Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC, 1997)

La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula

$$Q = K S_f^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

K capacità di convogliamento di ciascun settore (m^3/s)

n coefficiente di scabrezza ($\text{m}^{-1/3} \text{ s}$) secondo Manning

A area bagnata del settore di area (m^2)

R raggio idraulico del settore (m)

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

n_c coefficiente di scabrezza equivalente

P contorno bagnato dell'intero canale principale

P_i contorno bagnato della i -esima suddivisione

n_i scabrezza della i -esima suddivisione

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. la relazione allora diventa

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.

APPENDICE C - SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL CODICE NUMERICO SWMM

La modellazione matematica dei fenomeni idrologici – idraulici innescati dalle precipitazioni su un bacino urbano, può assumere caratteri molto diversificati in relazione ai problemi da risolvere. La formazione delle piene nelle reti urbane di drenaggio, è quindi un fenomeno complesso che mal si presta ad una rigorosa modellazione matematica, la quale, è però necessaria, in quanto, è l'unico strumento in grado di dare una risposta alle reali problematiche progettuali che si devono affrontare nella gestione del deflusso.

Le verifiche oggetto del presente studio sono state effettuate impiegando un modello afflussi-deflussi fisicamente basato: lo SWMM (Storm Water Management Model) distribuito da CHI di Guelph, Ontario, versione PCSWMM 2002. La scelta di questo modello è stata dettata fundamentalmente dai seguenti motivi:

- le sue vaste potenzialità di simulazione (quantitativa e qualitativa in ogni singolo ramo della rete di drenaggio);
- adattabilità del modello al sito preso in esame;
- necessità di modellare superfici con diverse caratteristiche di permeabilità e ritenzione;
- consolidato utilizzo a livello mondiale che ha dato origine ad una vasta bibliografia riguardante anche la calibrazione ed i limiti di applicazione del modello stesso;

Poichè le potenzialità del modello sono molto vaste (ad esempio è possibile effettuare simulazioni continue, oppure considerare le caratteristiche qualitative delle acque reflue) ma la possibilità di calibrazione e verifica dei risultati ottenuti è modesta, si è preferito, in generale, applicare il modello in modo semplificato, onde ottenere pochi risultati significativi, facilmente riscontrabili ed interpretabili.

Questo modello descrive le grandezze studiate, zona per zona, in funzione del tempo, ed è quindi rappresentabile con la notazione:

$$Q(t) = H | P(t), t |$$

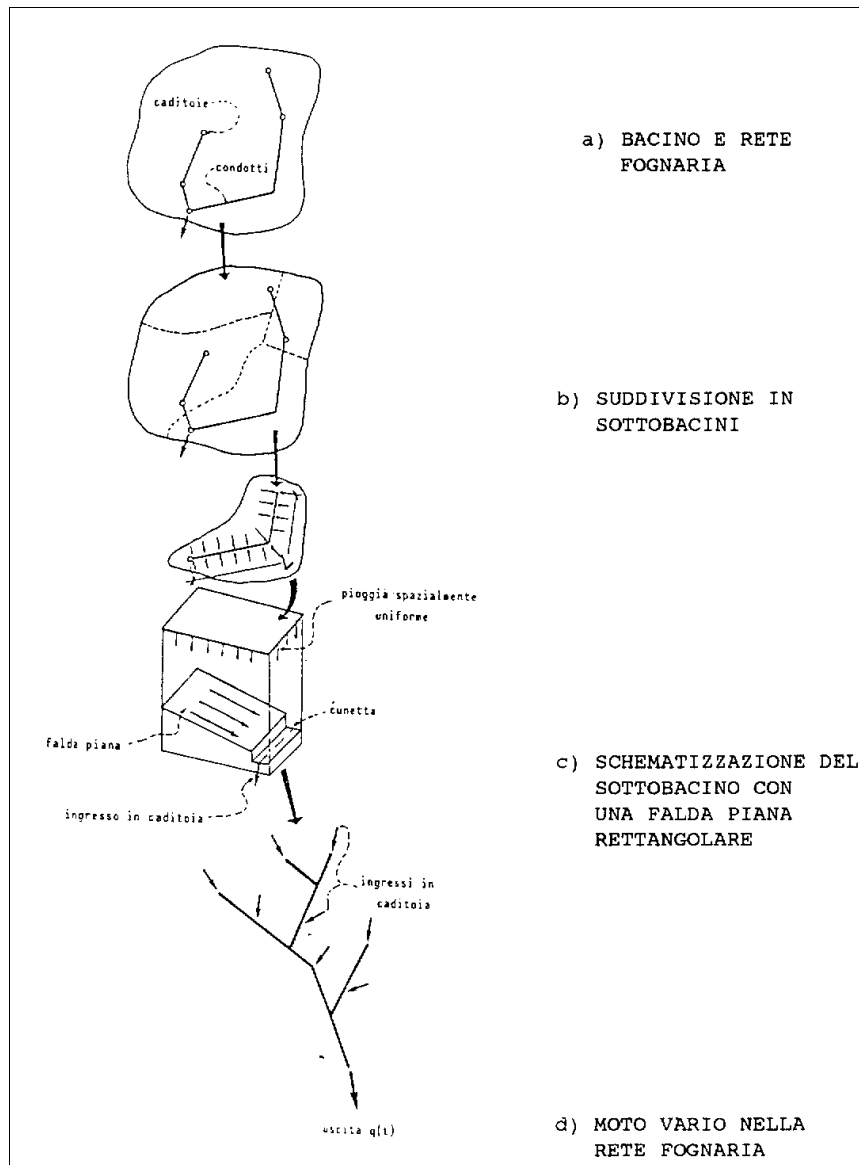
con cui si indica che la sommatoria delle uscite $[Q(t)]$ è ottenibile conoscendo una serie di entrate $[P(t)]$ grazie ad una matrice di operatori caratterizzanti i vari sottobacini $[H]$, in funzione del tempo $[t]$.

In sostanza il bacino deve essere schematizzato in sottobacini e tronchi di trasporto, devono essere definiti i vari manufatti di controllo delle onde di piena, se esistenti, e, introdotti gli ietogrammi che possono essere differenti per ogni sottobacino, il modello calcola le portate nelle varie sezioni, tenendo conto delle possibili diverse situazioni idrauliche esistenti (laminazioni, scarichi di piena, sollevamenti), e dei diversi manufatti.

Tuttavia, anche utilizzando un modello fisicamente basato, risulta impossibile simulare in dettaglio tutti i processi idraulici ed idrologici che si sviluppano, pertanto si è comunque costretti a trascurare alcuni fenomeni (ad esempio l'effetto delle caditoie pluviali ostruite), a semplificarne altri (operando con un numero discreto di parametri distribuiti), e ad ignorarne altri ancora (come le proprietà dinamiche della pioggia) che però risultano, nel complesso, realmente trascurabili.

In pratica, lo schema logico seguito dalle subroutine di calcolo può essere così descritto:

- viene individuato lo ietogramma d'ingresso sul bacino, o i diversi ietogrammi afferenti alle diverse parti del bacino (ingresso distribuito);
- il bacino viene suddiviso in sottobacini;
- ogni sottobacino viene schematizzato assimilandolo ad una falda piana scolante in un canale che ne percorre un lato (cunetta) il quale a sua volta termina in corrispondenza di una caditoia di ingresso nei condotti veri e propri;
- per ogni superficie scolante si considera una precipitazione uniforme nello spazio e si applicano le procedure di calcolo delle perdite per detenzione superficiale e di infiltrazione, per lo scorrimento superficiale, sulla superficie e lungo la cunetta, fino alla determinazione dell'idrogramma che perviene alla rete drenante;
- si calcola il moto vario nella rete drenante originato da tutte le immissioni considerate.



10-4. Schematizzazione di un bacino così come operata nel modello SWMM (da PAOLETTI, 1986).

PROCEDURE DI CALCOLO

Nella serie di simulazioni effettuate vengono impiegate sostanzialmente due routines; una preposta alla quantificazione del deflusso (modulo RUNOFF) e l'altra alla sua propagazione nella rete (modulo EXTRAN).

MODULO RUNOFF

Il blocco Runoff è quello in grado di generare l'idrogramma superficiale basandosi su una serie di informazioni riguardanti sia le precipitazioni che il bacino (vedi Figura 10-5). Ai fini della determinazione dell'idrogramma, ha grande importanza la quantificazione dell'entità e dell'andamento temporale delle "perdite idrologiche" che si verificano in un bacino durante la precipitazione. Le cause di sottrazione di volume sono: intercettazione, evapotraspirazione, formazione di un velo d'acqua sul terreno, detenzione nelle depressioni superficiali ed infiltrazione; mentre la prima viene trascurata, le seconde tre vengono valutate in modo sintetico sottraendo in blocco, all'inizio della precipitazione, un volume d'acqua stimato in base alle caratteristiche della superficie, mentre l'infiltrazione viene valutata più in dettaglio. Il modello consente due diversi tipi di approcci per determinare l'infiltrazione: un'equazione di tipo semi - teorico (Green Ampt) ed una di tipo semi - empirico (Horton).

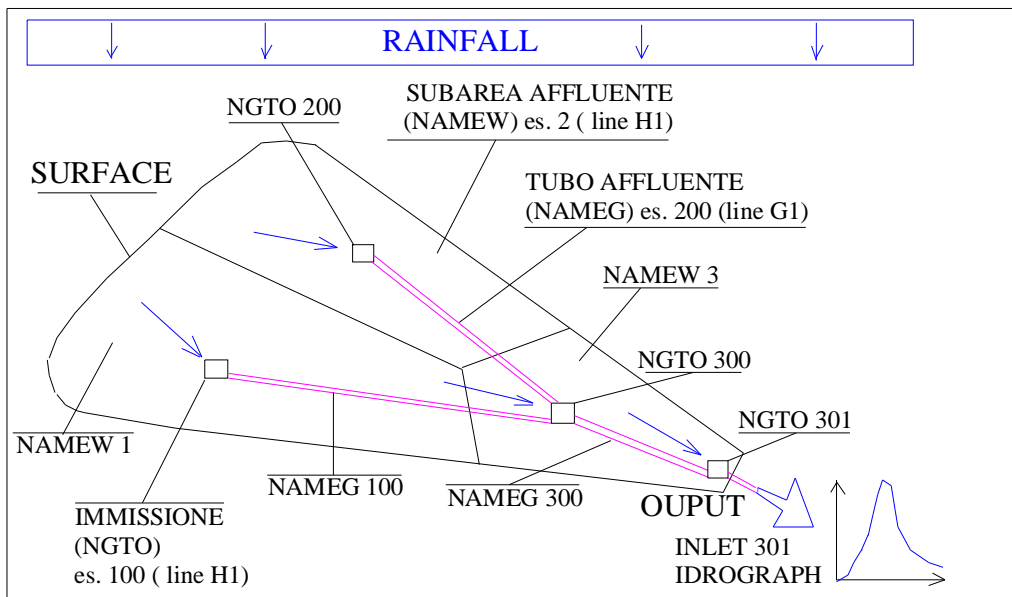


Figura 10-5. Schema logico di funzionamento del blocco RUNOFF.

Si è scelto di operare considerando l'infiltrazione utilizzando l'approccio semi empirico proposto e sviluppato da HORTON, (1940) il quale teorizza che il contenuto idrico del suolo cambi nel tempo durante la precipitazione stessa, in modo proporzionale alla sua imbibizione, che può avvenire più o meno rapidamente.

Questo concetto è espresso dalla seguente notazione, che prende il nome di equazione di Horton:

$$f = f_c + (f_o - f_c) * e^{-k t}$$

in cui:

f = capacità d'infiltrazione del suolo (mm/h);

f_c = capacità d'infiltrazione asintotica o soglia minima d'infiltrazione (mm/h);

f_o = capacità d'infiltrazione iniziale (mm/h);

k = costante di decadimento (Decay) della curva d'infiltrazione (h^{-1});

t = pouding time (tempo necessario alla formazione del velo d'acqua, espresso in h^{-1}).

I valori di f_o , f_c e k (vedi Figura 10-6) esprimono rispettivamente: la capacità di penetrazione della pioggia nella superficie del suolo, la velocità di propagazione attraverso gli strati saturi del terreno e la velocità con cui quest'ultimo si va saturando, in relazione alla specifica tessitura. La velocità di saturazione del suolo può essere vista come percentuale di declino della capacità d'infiltrazione dopo un tempo prefissato. I valori di questi parametri sono strettamente legati allo specifico complesso suolo – copertura ed all'iniziale contenuto idrico.

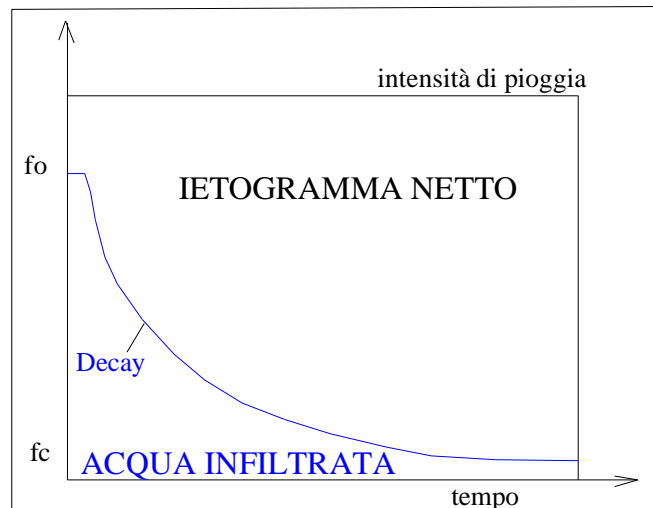


Figura 10-6. Andamento della capacità d'infiltrazione dell'acqua nel suolo (HORTON, 1940) e ottenimento dello ietogramma netto.

MODULO EXTRAN

E' il modulo che computa la propagazione dell'onda di piena, il cui schema logico è riassunto in Figura 10-7. Come già detto il modello ipotizza che il comportamento del bacino sia analogo a quello di una falda piana che versa, con distribuzione uniforme, in una cunetta. Lo scorrimento superficiale viene calcolato tramite le equazioni di De Saint Venant del moto vario monodimensionale, le quali consistono in un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine, che andrebbero integrate, di volta in volta, basandosi su assegnate condizioni del contorno.

Tali equazioni però non sono applicate in forma completa, in quanto ammettendo le seguenti semplificazioni:

- scarsa influenza dei fenomeni inerziali;
- modesti effetti di rigurgito provocati dalle cunette stradali e dalle caditoie;

- frequente accorpamento delle singole superfici scolanti (tetti, strade, cortili) in un'unica falda "equivalente";
- si giunge ad approssimare il problema alla più semplice condizione di moto uniforme, con l'applicazione dell'onda cinematica.

Questa è espressa come:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{\partial Y}{\partial X} \times (m+1) \times a \times Y^m = i - f$$

dove:

y = profondità della corrente;

i = intensità istantanea della pioggia;

f = intensità d'infiltrazione;

x = ascissa, crescente verso valle;

t = tempo;

a, m = coefficienti dipendenti dal tipo di formula di resistenza utilizzato;

La propagazione dell'onda di piena viene affrontata applicando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto, espresse come:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

e

$$\sum F = \rho Q (V_1 - V_2)$$

In cui : **Q** = portata, **V** = velocità, **A** = area, $\sum F$ = impulso delle forze esterne, ρ =massa volumica.

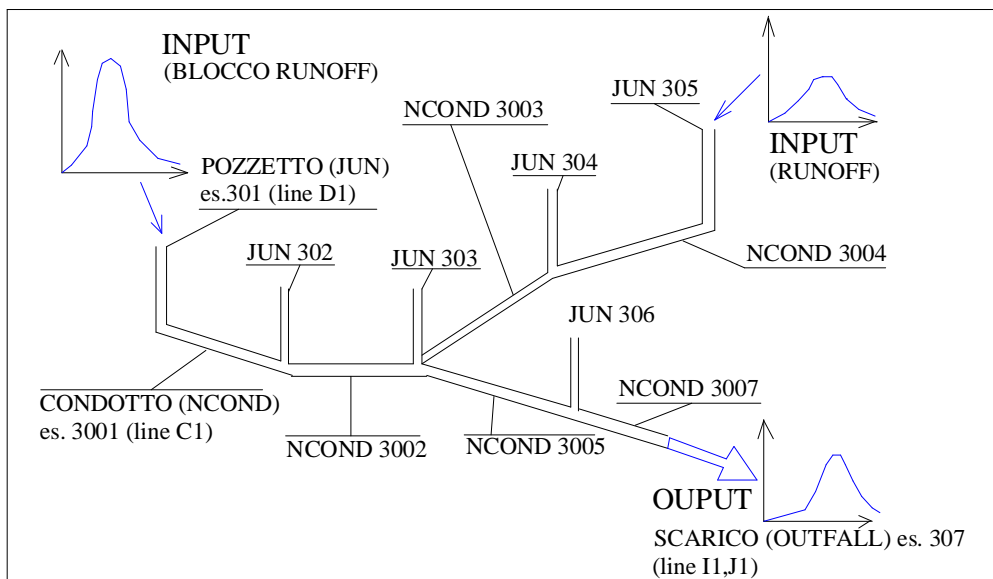


Figura 10-7. Schema logico di funzionamento del blocco EXTRAN.

APPENDICE D - CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO BIDIMENSIONALE FLO-2D

FLO-2D è un semplice modello di conservazione del volume. Il flusso generato dal volume dell'idrogramma di progetto si muove sottoforma di una corrente non incanalata (cella per cella di piano campagna) o come corrente incanalata (segmento per segmento di corso d'acqua). La propagazione dell'onda di piena è controllata dalla topografia e dalla scabrezza. La propagazione in due dimensioni è calcolata attraverso una integrazione numerica delle l'equazioni di moto e della conservazione del volume sia per portate liquide sia per correnti iperconcentrate.

L'equazione base dei fluidi include l'equazione di continuità e le equazioni del moto bidimensionale (equazione della quantità di moto dell'onda dinamica):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} + \frac{\partial h V_y}{\partial y} = i$$

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_x}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

$$S_{fy} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t}$$

Dove h è la profondità della corrente e V_x e V_y sono le componenti della velocità media sulla verticale lungo l'asse delle ascisse e delle ordinate. L'intensità di pioggia (i) può non essere nulla sulla superficie del terreno (intensità di pioggia al netto dell'infiltrazione). Le componenti della pendenza dovuta alla perdita di carico (S_{fx} e S_{fy}) sono scritte in funzione della pendenza del terreno (S_{ox} e S_{oy}), del gradiente di pressione e dei termini di accelerazione convettiva e gravitazionale.

L'approssimazione dell'onda diffusiva è definita tramite le equazioni di moto trascurando gli ultimi tre termini mentre la rappresentazione dell'onda cinematica trascura il solo gradiente di pressione.

L'equazione dell'onda cinematica non è utilizzata dal codice di calcolo FLO-2D, ma l'utilizzatore del programma può scegliere tra la modellazione dell'onda diffusiva e la modellazione dell'onda dinamica dell'equazione della quantità di moto.

La rappresentazione bidimensionale dell'equazioni di moto del FLO-2D è meglio definita come modello semi-bidimensionale, che sfrutta un sistema alle differenze finite su maglia quadrata. L'equazione di moto è risolta attraverso il calcolo della velocità media della corrente per ogni lato di ogni cella (una direzione alla volta). Ci sono otto potenziali direzioni di flusso, le quattro direzioni cardinali (nord, est, sud e ovest) e le sue quattro diagonali (nord-est, sud-est, sud-ovest, nord-ovest). Ogni calcolo del modulo della velocità è monodimensionale ed è risolto in modo indipendente dalle altre sette direzioni. Nell'equazione della quantità di moto sono mantenute le singole componenti di pressione, attrito, e accelerazione convettiva e locale. La procedura di calcolo per ogni cella inizia con una stima della profondità della corrente al perimetro della cella stessa. Tale valore deriva da una media tra le profondità nelle due

celle che parteciperanno alla suddivisione della portata in una delle otto direzioni. Gli altri parametri idraulici sono anche loro mediati per calcolare la velocità della corrente inclusa la scabrezza (valore di Manning), area bagnata, pendenza quota del pelo libero e perimetro bagnato. La velocità al contorno della corrente è quindi una variabile dipendente.

Il FLO-2D risolverà o l'equazione dell'onda diffusiva o l'equazione dell'onda dinamica per calcolare la velocità e successivamente l'equazione di Manning verrà poi applicata in una direzione utilizzando il valor medio della pendenze del pelo libero. Se è selezionata l'onda diffusiva la velocità verrà calcolata per tutte le otto potenzionali direzioni di ogni cella mentre se è selezionata l'onda dinamica la velocità dell'onda diffusiva calcolata viene utilizzata come valore iniziale nel metodo delle tangenti di Newton per determinare le radici dell'equazione dell'onda dinamica che è una equazione differenziale non lineare di secondo ordine. Il termine dell'accelerazione locale è la differenza della velocità per la direzione assegnata rispetto all'istante precedente. L'accelerazione come la differenza della velocità attraverso la cella rispetto all'istante precedente (il passo temporale è misurato in secondi).

La portata attraverso il contorno della cella è calcolata moltiplicando la velocità per la sezione successivamente la differenza di portata, quale somma della portate nelle otto direzioni, viene moltiplicata per il passo temporale al fine di calcolare la variazione del volume d'acqua. Questa variazione di volume viene quindi divisa per la superficie dell'area disponibile nella griglia per ottenere la variazione della profondità nell'intervallo di tempo.

L'integrazione della propagazione nel caso di corrente incanalata viene condotta nello stesso modo eccetto che la profondità della corrente è una funzione della geometria della sezione trasversale e che ci sono normalmente solo una cella a monte e una cella a valle per quanto riguarda la suddivisione della portata.

APPENDICE E - CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO BIDIMENSIONALE SOBEK-RURAL

Il codice di calcolo SOBEK-Rural è uno strumento di modellazione di corsi d'acqua naturali in aree di pianura; una tipica applicazione del programma è la simulazione della progressione di un evento di piena in un'area inondabile inizialmente asciutta, tenendo conto dell'influenza di infrastrutture esistenti e/o pianificate (WL DELFT HYDRAULICS, 2003). Il modello è in grado di simulare ogni tipo di condizioni di deflusso, sub o supercritiche ed il passaggio da un regime all'altro.

Derivato da un originario modello monodimensionale, presenta caratteristiche interessanti di sovrapposizione fra modulo 1D e 2D: permette infatti di operare un passaggio automatico da monodimensionale (moto nell'alveo incanalato) a bidimensionale (sommersione progressiva del piano campagna) e risulta, pertanto, particolarmente promettente per le indagini legate all'analisi del funzionamento delle fasce fluviali.

Il modulo 1D è costituito dalle sezioni trasversali dell'alveo a distanze appropriate l'una dall'altra, mentre il modulo 2D si basa su una griglia di calcolo a maglie quadrate, che rappresenta la regione fluviale: ad ogni cella della griglia sono assegnate la quota s.l.m. e il valore della scabrezza.

Il modello si basa sulle equazioni di De Saint Venant per il bilancio della quantità di moto e la conservazione della massa. Lo schema di soluzione utilizza il metodo delle differenze finite. Per la conservazione della quantità di moto i moduli 1D e 2D rimangono strettamente separati: le velocità sulla verticale e le forze di taglio tra 1D e 2D sono trascurate. Per la conservazione della massa, gli appropriati volumi 1D e 2D sono combinati in modo da avere congruenza dei livelli idrometrici (Figura 10-8).

Ad ogni *time step* della simulazione i risultati ottenuti nello schema monodimensionale sono usati come condizioni al contorno interne per lo schema bidimensionale, utilizzato per simulare i processi di inondazione delle aree golenali (Stelling et al., 1998; Frank et al., 2001). L'accoppiamento tra 1D e 2D avviene a livello dei punti di calcolo 1D (*calculation points*) quando si trovano sovrapposti alle celle della griglia 2D (Figura 10-9). I modi con cui l'acqua può fuoriuscire dall'alveo 1D e inondare le aree circostanti (griglia 2D) sono due:

l'acqua entra nella griglia 2D quando il livello idrometrico nell'1D supera la quota della sponda più alta o più bassa (opzione: assume highest/lowest level of embankments). In questo caso le sponde formano una barriera tra l'alveo e la griglia 2D, sia per l'acqua che fuoriesce dall'alveo, sia per l'acqua che rientra nell'alveo (Figura 10-10-a).

l'acqua entra nella griglia 2D non appena il livello idrometrico raggiunge la quota del terreno nella griglia 2D, mentre la parte di sponda al di sopra di tale livello è trascurata (opzione: assume no dikes). Questa opzione è utile quando non sono presenti argini e non si conosce l'esatta connessione locale tra il profilo 1D e il piano campagna (Figura 10-10-b).

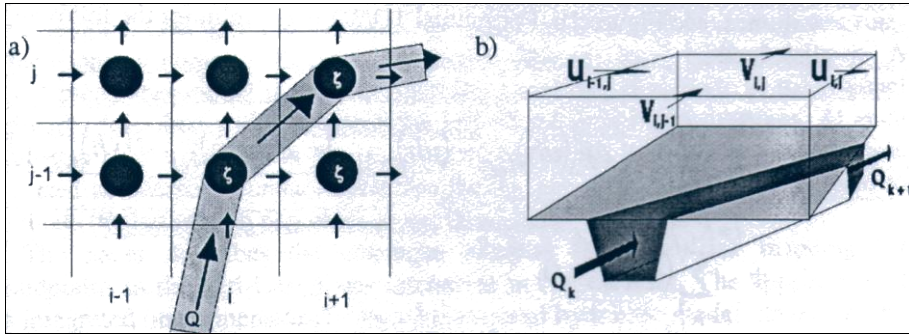


Figura 10-8 Schema del modello idraulico: a) combinazione 1D/2D; b) combinazione dei volumi 1D/2D (da: Frank et al., 2001)

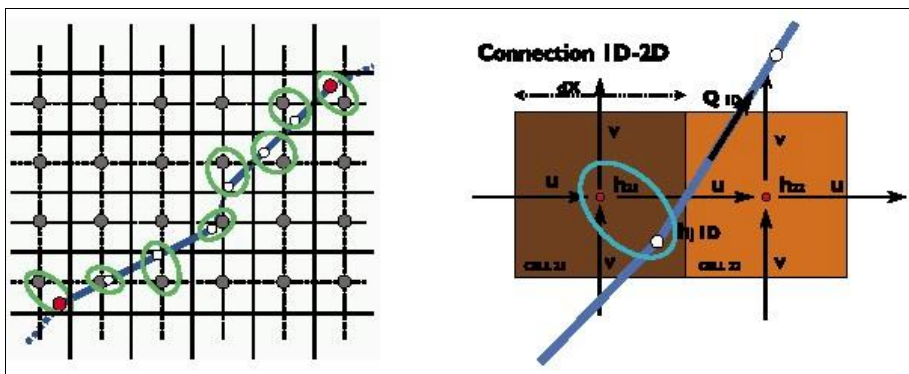


Figura 10-9 Accoppiamento tra la rete 1D e le celle 2D (h : livello idrometrico (lo stesso per 1D e 2D); u, v : velocità in direzione x e y ; dx : dimensione della cella; Q : portata nel ramo 1D). (WL DELFT, 2000).

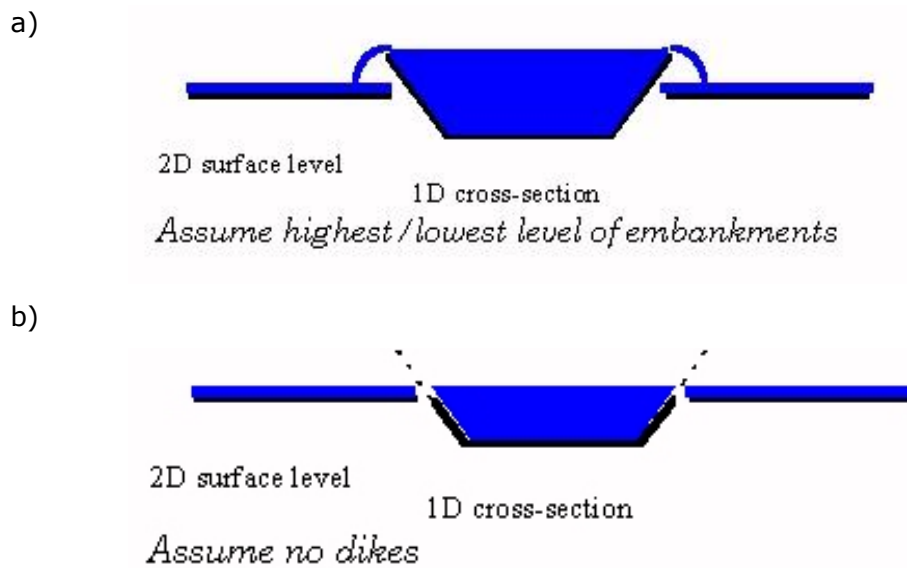


Figura 10-10 Opzioni di fuoriuscita dell'acqua dall'alveo 1D alla griglia 2D (figure tratte dalla guida in linea del programma).

Campi di applicazione e risultati ottenibili

Il modello può essere utilizzato in due modalità:

ACCOPPIAMENTO 1D-2D: particolarmente utile per lo studio dell'allagamento progressivo delle aree vicine all'alveo nel caso di un evento di piena (l'alveo è descritto tramite sezioni trasversali nel modulo 1D, mentre le zone golenali sono descritte dalla griglia 2D) o l'effetto di strutture trasversali (per esempio ponti e traverse, descritte nel modulo 1D)

SOLO 2D: utile nel caso di alvei molto ampi e ramificati. Sia l'alveo, sia le aree golenali sono descritti dalla griglia 2D. La modellazione mostra la distribuzione della corrente nell'alveo e permette di valutare i punti critici (erosioni di sponda, riattivazione di alvei antichi).

Requisiti minimi dei dati di partenza per l'uso del modello

I dati necessari per allestire il modello sono:

Topografia di dettaglio

PUNTI QUOTATI: sia l'alveo, sia la regione fluviale devono essere descritti da un numero sufficiente di punti quotati. E' importante sia la densità dei punti quotati, sia la loro accuratezza altimetrica. In generale, si ottengono buoni risultati dall'interpretazioni di ortoimmagini digitali (un punto quotato ogni 25 m², con un'accuratezza altimetrica di $\pm 20-25$ cm).

BREAKLINES: polilinee 3D che descrivono una "rottura" nel rilievo, ossia un brusco cambiamento di pendenza determinato, per esempio, da rilevati stradali e ferroviari, argini, corsi d'acqua.

SEZIONI TRASVERSALI: nel caso di accoppiamento 1D-2D lungo tutto il tronco d'alveo oggetto di studio sono necessarie sezioni trasversali ad una distanza adeguata una dall'altra (il modello interpola la geometria tra una sezione e la successiva). Nel caso di solo 2D, è necessaria almeno una sezione in uscita.

EVENTUALI STRUTTURE TRASVERSALI: ponti, traverse (larghezza, quota del coronamento, ecc.)

Dall'elaborazione in ambiente G.I.S. di punti quotati e breaklines si ottiene la griglia, a maglie quadrate, delle quote: l'ampiezza del lato delle celle della griglia è scelta in base alla densità dei punti iniziali e al caso di studio (generalmente varia da un minimo di 2-4 m, ad un massimo di 25-50 m).

Condizioni al contorno:

IDROGRAMMA/I IN INGRESSO

SCABREZZE dell'alveo e della regione fluviale

LIVELLO IDROMETRICO IN USCITA: fisso o variabile. E' attualmente in fase di sperimentazione la possibilità di utilizzare come condizione al contorno in uscita, anziché un livello idrometrico, la relazione Q-H (scala delle portate).

Output delle simulazioni

Gli output del modello, per ogni timestep di simulazione, sono:

livelli idrometrici e velocità della corrente (scalare e vettoriale) nella rete 1D e nella griglia 2D;

aree inondate e profondità dell'acqua in ogni cella della griglia.

I risultati possono essere agevolmente esportati in ambiente GIS per ulteriori considerazioni, per esempio, sulla massima area inondata e sulle profondità dell'acqua nelle zone inondate.

I risultati sono inoltre esportabili anche sotto forma di filmati che illustrano la progressione dell'evento di piena (si vedano i filmati contenuti nel cd allegato).

Riferimenti

FRANK E., OSTAN A., COCCATO M., STELLING G.S. (2001): *Use of an integrated one dimensional-two dimensional hydraulic modelling approach for flood hazard and risk mapping*. Proceedings of the Conference on River Basin Management 2001, 11-13 September 2001, Cardiff, UK.

GUIOT E. (2004): *Valutazione della pericolosità dei fenomeni torrentizi e fluviali lungo la rete idrografica ai fini della riorganizzazione del territorio*. Tesi di dottorato, Università di Torino.

STELLING G.S., KERNKAMP H.W.J., LAGUZZI M.M. (1998): *Delft Flooding System: a powerful tool for inundation assessment based upon a positive flow simulation*. In Hydroinformatics '98, Babovic and Larsen (eds), 1998 Balkema, Rotterdam.

WL | DELFT HYDRAULICS (2000): *R&D 2000. Annual Report*.

WL | DELFT HYDRAULICS (2003): *SOBEK-Rural Reference Manual*.

ALLEGATO FOTOGRAFICO

L'elenco delle fotografie riprende la numerazione riportata nel capitolo 8.

RIO GAROSSO DI RIVALTA



Foto 1- Rio Garosso di Rivalta – Ponticelli di accesso a residenze private.



Foto 2- Rio Garosso di Rivalta – Attraversamento di via G. Griva.

Comune di Rivalta di Torino
II Variante generale al P.R.G.C. vigente – Progetto definitivo – Aspetti idraulici
ALLEGATO FOTOGRAFICO



Foto 3 - Rio Garosso di Rivalta – Attraversamento della S.P. 143 (visto da monte, con presenza di erosioni al piede della sponda destra)



Foto 4 - Garosso di Rivalta – Imbocco della varice presente sul lato orientale della S.P. 143 e percorsa dal Garosso al piede della scarpata.



Foto 5 – Bealera Comunale di Rivalta – Vista del tratto grosso modo parallelo a Via Millio, dove il canale corre incassato fra edifici.



Foto 6 – Bealera comunale di Rivalta – Imbocco del tratto tombato sotto Via Millio (foto 662-P8100137)

TORRENTE SANGONE



Foto 7 – Torrente Sangone dopo la piena del marzo-aprile 1981 nel tronco al confine con Bruino, di cui si vede la lottizzazione del Villaggio Alba Serena. In alveo ci sono le tracce dei lavori in corso per la realizzazione della difesa della sponda destra.



Foto 8 – Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Situazione alla curva indicata con C.



Foto 9 - Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Apertura della lunata in sponda destra. La foto documenta anche la savanella ormai completata. Il ponte nuovo di Via Piossasco era in costruzione.

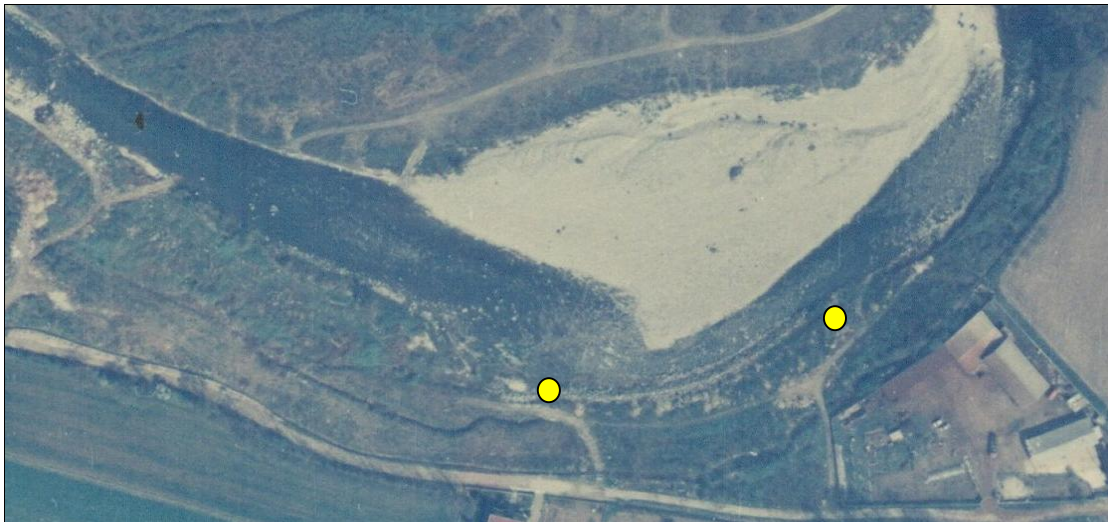


Foto 10 - Torrente Sangone – Tracce dell'evento del marzo-aprile 1981. Situazione alla curva indicata con C. L'ingrandimento mostra la difesa di sponda già realizzata (fra i pallini gialli) e la profonda erosione poco a valle.



Foto 11 – Torrente Sangone – Tracce dell’evento dell’ottobre 2000 nel tratto C-D. Situazione dalla curva al confine con Bruino dove si vede l’alveo sussidiario aperto nel 1996 al ponte di Via Piosasco con le profonde lunate nel luogo della savanella aperta dopo la piena del 1981. Si osservi che le nuove erosioni sono all’interno di ben più profonde lunate apertesi nel 1981 (in destra) e in epoca ancora anteriore (in sinistra) (ripresa aerea del 2002)



Foto 12 - Torrente Sangone – Tracce dell’evento dell’ottobre 2000 nel tratto D-E – (ripresa aerea del 2002) - Lunata in sponda destra e tracimazione in sponda sinistra a monte del ponte della S.P. 143 ricostruito con maggior luce nel 2005.



Foto 13 - Torrente Sangone – Tracce dell'evento dell'ottobre 2000 – Ripresa aerea del 2002 – Tronco a valle del ponte sulla SP 143 - Lunata in sponda destra in territorio di Orbassano e corrispondente erosione in sponda sinistra



Foto 14 – Torrente Sangone – Il tronco tra il Ponte di Via Piossasco e il ponte della SP 143 dopo gli interventi di correzione (ripresa del dicembre 2005)



Foto 15 - Torrente Sangone – Il tronco a valle del ponte della SP 143 dopo gli interventi di correzione (ripresa del dicembre 2005)



Foto 16 – Piana dell'ottobre 2002 – I repellenti in sponda sinistra sollecitati dalla piena calante il giorno 16 ottobre (foto 165-1)



Foto 17 – Piena dell'ottobre 2000 – Tracce della corrente in golena destra a Bruino (Foto 166-3)



Foto 18 - Piena dell'ottobre 2000 – L'alveo secondario realizzato nel 1996 in funzione verso mezzogiorno del 16 ottobre, a piena calante (Foto 166-4). La foto è ripresa guardando verso valle (Foto 166-4).

Comune di Rivalta di Torino
II Variante generale al P.R.G.C. vigente – Progetto definitivo – Aspetti idraulici
ALLEGATO FOTOGRAFICO



Foto 19 – Ponte di Via Piosasco visto da monte (situazione di ottobre 2006)



Foto 20 – Torrente Sangone - Ponte di Via Piosasco visto da valle (manufatto PO001 delle schede SICOD)



Foto 21 – Torrente Sangone in sponda sinistra. Imbocco della Via Piossasco in direzione del centro abitato.



Foto 22 – Torrente Sangone – Realizzazione della difesa di sponda a monte del ponte della S.P. 143 durante i lavori (si osservi l'ingente cumulo di materiale litoide presente sul posto a causa del rallentamento indotto dalla presenza del sifone della Bealera di Orbassano) (foto 189-7)



Foto 23 – Torrente Sangone – Vista da valle del salto di fondo a valle del sifone del Canale di Orbassano dopo l'abbassamento realizzato nel 2005 e, in secondo piano, il nuovo ponte ricostruito, con maggior luce, al posto del precedente a tre campate.