



COMUNE DI ACQUI TERME

VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DI
PREVISIONE DEGLI STRUMENTI URBANISTICI

Torino, Ottobre 2011	Agg. Luglio 2013	S.2011.03
il tecnico incaricato Ing. Pietro CAVALLERO		 S tudio Associato I ngegneri A rchitetti C avallero C.so Vittorio Emanuele II, 167 10139 Torino tel. 011 – 0364820 Fax. 011 – 0364822 e-mail cavallerosiacitk@virgilio.it
collaboratore: Ing. Cosimo Vinci		
ELAB. N. 1	RELAZIONE ILLUSTRATIVA IDROLOGICA ED IDRAULICA	

REGIONE PIEMONTE
CITTA' DI ACQUI TERME

VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
DI PREVISIONE DEGLI STRUMENTI URBANISTICI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA IDROLOGICA ED IDRAULICA

1) PREMESSE

Nei documenti allegati al "PAI", Piano Assetto Idrogeologico (vedi Allegato 3 Corografia Vincoli PAI), una parte rilevante del concentrico della Città di Acqui è stata classificata come area ad elevato rischio di esondazione.

Il Rio Medrio ed il Rio Ravanasco in passato hanno presentato infatti fenomeni di esondazione areali e localizzati che hanno in effetti interessato il territorio urbano di Acqui, per cui gli stessi, nel corso degli anni, sono stati oggetto di diversi interventi di sistemazione idraulica.

Il Rio Medrio, nel tratto di attraversamento della città di Acqui, è stato integralmente sistemato come indicato nell'allegato n° 10.1 "Planimetria di dettaglio Rio Medrio e Rio Usignolo", con regolarizzazione ed ampliamento delle sezioni idrauliche in base a successivi interventi susseguenti all'alluvione dell'ottobre 1966 di cui un apposito "Progetto di sistemazione idraulica" predisposto dal Comune di Acqui corredato di modello fisico realizzato dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Torino. Con tale modello è stata testata la capacità di deflusso idraulico di ben 145 mc/sec.

In seguito, nel 1989, il Magistrato per il Po predispose un ulteriore primo lotto di lavori di sistemazione, consistenti nella realizzazione di una camera di calma presidiata da una briglia selettiva all'imbocco della sistemazione già realizzata in precedenza.

A seguito della realizzazione delle opere progettate, descritte nel seguito della presente relazione, il rio Medrio non ha presentato fenomeni di alluvionamento nella città di Acqui.

Il rio Ravanasco, nel tratto terminale, è stato sistemato con una doppia canalizzazione coperta per attraversare l'area delle Vecchie Terme e poter confluire regolarmente in

Bormida, anche nei periodi di piena di quest'ultima, negli anni 1930-1950 mentre, nella parte a monte, è stato stabilizzato, con alcune briglie ed alcuni tratti di difesa spondale. Dopo la realizzazione della doppia canalizzazione, nel tratto terminale non si sono più verificate esondazioni, mentre lungo l'alveo a monte si sono verificati localizzati fenomeni erosivi, in parte sanati, dopo il manifestarsi dell'evento, con le briglie e le difese sopra indicate.

L'esistenza delle suddette opere idrauliche ed il lungo periodo di buon funzionamento delle stesse, ha suggerito all'Amministrazione Comunale di Acqui, in sede di programmazione urbanistica dello sviluppo della città, (redazione del P.R.G.C.) l'esigenza, peraltro prevista dal PAI stesso, di effettuare un ulteriore studio idraulico di dettaglio che tenesse conto della effettiva situazione attuale, per valutare gli eventuali rischi potenziali ancora esistenti e che individuasse gli eventuali ulteriori interventi sistematori necessari per mitigare tali rischi ancora presenti, al fine di consentire un sufficiente sicuro utilizzo del territorio urbano, attualmente sede di molti insediamenti abitativi, necessitanti di indispensabili interventi manutentivi e di adeguamento agli standard abitativi attuali.

A tale scopo affidava allo scrivente l'incarico di effettuare uno studio idraulico di dettaglio sul Rio Medrio e sul Rio Ravanasco, finalizzato a valutare le attuali condizioni di rischio idraulico connesse ai deflussi di piena dei suddetti rii, anche in concomitanza di piene gravose nel fiume Bormida ed ad individuare eventuali ulteriori interventi sistematori e normativi, per garantire un sicuro utilizzo dei territori latitanti.

Successivamente l'Amministrazione Comunale affidava sempre allo scrivente l'incarico di completare il suddetto studio con l'esame del fiume Bormida e dei rii minori.

A seguito del 1° Tavolo Tecnico tenutosi in data 7/12/2005 si sono tenuti una serie di incontri informali tra il Settore Difesa del Suolo della Regione Piemonte e lo scrivente ingegnere (29/11/2007, 27/10/2010, 16/04/2010, agosto 2010) al fine di condividere un percorso per addivenire ad una cartografia conforme con le specifiche regionali.

Nel corso dell'incontro dell'agosto 2010 venivano individuate una serie di criticità sulle verifiche idrauliche cui dare risposta per consentire poi al geologo incaricato di tradurre tali risultati in un dissesto lungo i corsi d'acqua indagati.

In particolare si segnalava:

1. La portata utilizzata sul Rio Medrio pari a circa 90 mc/s non convergeva con le ipotesi regionali di 120 mc/s.
2. Le sezioni sul Fiume Bormida non erano sufficientemente estese per cartografare compiutamente il dissesto.
3. Non erano riportate tutte le sezioni utilizzate per le verifiche idrauliche.

In data 21/12/2010 lo scrivente ingegnere trasmetteva lo studio idraulico aggiornato e integrato con le richieste del Settore Difesa del Suolo della Regione Piemonte con la sola esclusione della portata utilizzata sul Rio Medrio confermata in 91 mc/s già determinata con i valori massimi previsti dal PAI e cautelativamente maggiorata del 10%

Con lettera prot. n° 16066DB1400 del 02/03/2011, la Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste della Regione Piemonte ribadiva che erano state soddisfatte le richieste n. 2 e 3 mentre quella al punto n. 1 no, rimandando la presa d'atto a seguito di una opportuna giustificazione.

In definitiva, il settore OO.PP con la suddetta lettera concludeva che per una valutazione più approfondita, riteneva necessari i seguenti elementi:

1. Relazione giustificativa che conforti la scelta della portata assunta per il Rio Medrio
2. Completamento delle verifiche idrauliche sui rii minori che attraversano il concentrico.

Come già ribadito nei vari incontri la scelta della portata di 91 mc/sec assunta per il Rio Medrio era giustificata dal calcolo eseguito secondo le direttive del PAI, ottenendo una portata duecentennale di $83 \text{ m}^3/\text{sec}$.

La portata precedentemente calcolata era stata incrementata del 10% per tenere in conto una possibile condizione di parziale saturazione del terreno derivante da precedenti precipitazioni di intensità inferiore a quella critica.

La portata idraulica del Rio Medrio, utilizzata per le verifiche, corrispondeva quindi alla più gravosa calcolata (tempo di corrivazione stimato con la formula di Giandotti) e maggiorata del 10% (ulteriore sicurezza per eventuali precipitazioni precedenti).

Al fine di esaudire le richieste della Regione Piemonte con una ulteriore integrazione del 6 giugno 2011 veniva esaminato il funzionamento idraulico del Rio Medrio con la portata di 120 mc/sec ottenuta adottando un coefficiente di deflusso superiore a 0,70.

Veniva inoltre approfondita la verifica del tratto tombinato del Rio Usignolo, già segnalato insufficiente nella precedente documentazione tecnica ottenendo i risultati descritti nel seguito della presente relazione specificamente per il Rio Medrio e per il Rio Usignolo.

Le risultanze dei predetti studi integrativi e l'esigenza improcrastinabile per il concentrico di Acqui di ridurre il potenziale rischio per persone e cose ubicate nelle aree del centro storico fortemente antropizzate e densamente abitate, e nelle aree latitanti il Rio Ravanasco, anch'esse fortemente antropizzate e densamente abitate, hanno suggerito all'Amministrazione Comunale di Acqui di presentare istanza alla Regione Piemonte per inserire gli interventi di sistemazione del Rio Medrio e del Rio Ravanasco tra quelli prioritari per incrementare la sicurezza idraulica della Valle Bormida in generale.

In risposta alla suddetta istanza la Regione Piemonte ha attribuito al Comune di Acqui la somma di € 1.300.000,00 per un primo intervento sul Rio Medrio finalizzato all'incremento della sicurezza idraulica, e la somma di € 230.000,00 per un primo intervento sul Rio Ravanasco, sempre finalizzato all'incremento della sicurezza idraulica.

A seguito dei suddetti finanziamenti l'Amministrazione Comunale predisponendo i progetti degli interventi prioritari di messa in sicurezza e chiedeva allo scrivente di aggiornare gli studi idraulici al fine di valutare l'evolversi del rischio idraulico dopo la realizzazione dei citati interventi prioritari sul Rio Medrio e sul Rio Ravanasco.

Pertanto, con l'aggiornamento "Ottobre 2011" veniva evidenziato anche l'evolversi della esondabilità del Rio Medrio, Rio Ravanasco e del Rio Usignolo a seguito della realizzazione degli interventi finanziati nell'anno 2011.

Come evidenziato dagli elaborati sopra indicati, gli interventi prioritari previsti con i finanziamenti ottenuti consentono, per il Rio Medrio, di eliminare, con la realizzazione del tratto di difesa mancante, l'esondazione dell'area immediatamente a valle della briglia selettiva, già realizzata dal Magistrato del Po, ed a eliminare totalmente, con la nuova ampia piazza di deposito e la ulteriore briglia di trattenimento dei materiali fluitati, il

rischio di intasamenti dei tratti coperti del Rio, garantendo il funzionamento idraulico evidenziato dai calcoli di verifica effettuati e riportati nel presente studio.

Per il Rio Ravanasco gli interventi previsti nel progetto, finanziato nell'anno 2011, non determinando modifiche sostanziali al regime di flusso idraulico, consentono però di garantire nel tempo il funzionamento idraulico ipotizzato nei calcoli, perché stabilizzano le difese esistenti che condizionano appunto le ipotesi di calcolo.

Con nota prot. n. 16043 del 12.10.2011 l'Amministrazione Comunale provvedeva a inviare alla Regione Piemonte Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico la suddetta documentazione aggiornata con il Parere Unico rilasciato in data 21/12/2011 dal Settore Prevenzione Territoriale del rischio geologico – area di Alessandria, Asti, Biella e Vercelli della Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste della Regione Piemonte con il contributo tecnico del Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico nota prot 98033/DB14.07 del 19.12.2011, per quanto riguarda gli studi Idrologici ed idraulici sono state richieste le ulteriori seguenti integrazioni:

a) RIO MEDRIO

a1) *Rio Medrio: la verifica idraulica condotta presenta una lacuna di rilievo tra le sez 62 e 61, ove la sponda destra non presenta opere di difesa e la differenza di quote tra il piano di campagna e la sommità della difesa è notevole;*

a2) *Rio Medrio: le simulazioni analizzate in verifica (combinazione E ed F) dovranno essere integrate con il livello di Fiume Bormida imposto da Q200;*

a3) *Rio Medrio: dovrà essere chiarito se nel progetto di sistemazione idraulica attualmente finanziato (2011) ricade la realizzazione di opere di difesa (cfr. tavv. 12 e 23.1 e relazione illustrativa pag 31). Si precisa che solo gli interventi finanziati e in corso d'esecuzione potranno essere tenuti in considerazione per la definizione del dissesto idraulico. Integrare i tabulati con i risultati di tutti gli scenari analizzati;*

a4) *Rio Medrio: il limite esondato storico a monte del tratto tombinato sembra in contrasto con le altimetrie locali e con le informazioni ricevute in sede di sopralluogo;*

a5) *Rio Medrio: dovranno essere cartografati tutti gli elementi morfologici o morfodinamici (terrazzi fluviali, battute di sponda, erosioni di fondo, etc) in grado di condizionare o descrivere la dinamica della rete idrografica;*

a6) *Rio Medrio: mancano le verifiche idrauliche degli attraversamenti a monte del concentrico (oggetto di studio) ed interessati da un dissesto lineare;*

b) Fiume Bormida:

ad Est di loc. Boassone il limite della Eeb sembra in contrasto con le altimetrie locali;

c) Rio Ravanasco:

dovrà essere esplicitato che gli interventi in progetto (finanziamento 2011) non modificano le condizioni di pericolosità della zona bagni;

d) Rio della Faetta e rio Usignolo:

dovranno essere prodotte le verifiche dei tratti tombinati e conseguentemente cartografati i relativi dissesti. Si precisa che solo gli interventi finanziati e in corso d'esecuzione potranno essere tenuti in considerazione per la definizione del dissesto idraulico;

e) Rio nei pressi di Via Torino:

in Tavv. 2 e 2bis, risulta individuato un dissesto lineare associato ad un compluvio non completamente ritrovato in sopralluogo. Si richiede di definire l'andamento del corso d'acqua e nel caso fosse tombinato di procedere ad una verifica idraulica;

f) Il SICOD:

andrà effettuato su tutto il territorio comunale integrando quindi gli elaborati 16 e 15;

g) tavv. 9 e 9bis:

dovranno individuare e riportare i corsi d'acqua nonché i perimetri dei relativi dissesti, individuando con idoneo graficismo i tratti tombinati rilevati;

h) norme associate ai territori interessati da dissesto idraulico:

dovranno richiamare esplicitamente l'art. 9 delle NdA del PAI.

In ottemperanza a quanto richiesto con il citato Parere Unico sopra richiamato si è provveduto ad aggiornare e/o integrare gli elaborati già presentati in data ottobre 2011, con nuovi elaborati caratterizzati dal marchio **agg. Luglio 2013** che, a parere dello scrivente, danno motivata ed esaustiva risposta tecnica alle osservazioni su problematiche idrologiche ed idrauliche sopra richiamate.

Pertanto con il presente aggiornamento si dà completa ed esaustiva risposta tecnica-idraulica per poter definire un idoneo quadro del dissesto complessivo del territorio del Comune di Acqui Terme.

Come meglio evidenziato nei paragrafi seguenti e negli elaborati allegati, l'aggiornamento ha sostanzialmente riguardato i suddetti punti di cui al parere 98033/DB14.07 del 19.12.2011 e si può così sintetizzare:

-a1) Rio Medrio

Tra le sezioni 62 e 61 è stato eseguito un rilievo di dettaglio e sono state introdotte nuove sezioni di verifica idraulica; gli scenari di verifica nella situazione attuale (Scenari A e C) sono stati aggiornati con l'introduzione delle nuove sezioni;

-a2) Rio Medrio

Gli scenari E ed F sono le simulazioni a seguito degli interventi sistematori idraulici. Gli interventi ricadono in un tratto del Rio Medrio non influenzato dai livelli del Fiume Bormida, pertanto viene omessa la richiesta integrazione con il livello di fiume Bormida imposto da Q200. Inoltre, dall'esame della tav. 11 "Profili longitudinali con piena di riferimento Rio Medrio" è evidente che a monte della sez. 34 i livelli del Rio Medrio non sono più influenzati dal livello del Fiume Bormida.

-a3) Rio Medrio

Nel progetto finanziato nel 2011 non era prevista la realizzazione di opere di difesa tra le sez. 62 e 61. Visti pertanto i nuovi dati subentrati dalle verifiche di cui al punto a1, nel settembre 2012 è stata predisposta una perizia suppletiva e di variante al progetto finanziato nel 2011 per poter realizzare le opere di adeguamento del Rio Medrio consistenti sostanzialmente in un nuovo argine in sponda destra del rio Medrio nel tratto compreso tra le sezioni 62 e 61 della lunghezza di circa 130 m, con il quale si riesce a contenere i livelli di massima piena. Gli scenari E1 ed E2 sono aggiornati con gli interventi finanziati nel progetto 2011 e nella perizia 2012. Gli scenari F1 ed F2 invece comprendono interventi non finanziati.

-a4) Rio Medrio

Il limite esondato storico a monte del tratto tombinato è stato ridefinito sul base del rilievo di dettaglio eseguito tra le sez. 62 e 61.

a5) Rio Medrio

Sono stati aggiornati gli allegati geologici in conformità alle risultanze degli studi idrologici ed idraulici.

a6) Rio Medrio

Le verifiche idrauliche degli attraversamenti a monte del concentrico sono riportate nell'allegato 2.5 "Verifiche idrauliche dei manufatti sui rii"

b) Fiume Bormida

Sono state aggiornate le planimetrie di esondabilità del Fiume Bormida per Tr 200 (Tav. 7) e per Tr 500 (Tav. 8).

c) Rio Ravanasco

Gli interventi del progetto finanziato nel 2011 non modificano le condizioni di pericolosità nella zona bagni, infatti:

- Verso monte l'effetto delle opere previste si esaurisce in corrispondenza della sezione 8 distante circa 70 m dalla briglia selettiva in progetto ubicata in corrispondenza della sezione 5;
- Verso valle l'effetto delle opere in progetto si esaurisce nelle sezioni immediatamente a valle dell'imbocco delle canalizzazioni esistenti, in corrispondenza delle quali la differenza di livelli è dell'ordine del centimetro;
- l'innalzamento dei livelli in corrispondenza della briglia selettiva in progetto, trova giustificazione nel fatto che la stessa briglia è stata cautelativamente considerata intasata come può verificarsi al termine di una piena bicentenaria;
- le sezioni idrauliche in corrispondenza del tratto di rio interessato dalle opere previste, risultano ampiamente sufficienti a contenere il deflusso di piena bicentenaria del rio Ravanasco, e si mantengono tali nello scenario a progetto;

d1) Rio della Faetta

La verifica del tratto tombinato individuato dal manufatto CAVACA007 è riportata nell'allegato 2.5 "Verifiche idrauliche dei manufatti sui rii";

lo scatolare di larghezza minima pari a 3 m e di altezza minima pari a 4,1 m è ampiamente verificata pertanto non sono presenti dissesti.

d2) Rio dell'Usignolo

La verifica del tratto tombinato individuato dal manufatto CAVACA006 è riportata nell'allegato 2.6 "Tabulati di calcolo Rio Usignolo". I dissesti sono rappresentati nelle tavole:

12 "Planimetria esondabilità Rio Medrio e Rio Usignolo" (situazione attuale);

23.1 "Planimetria esondabilità Rio Medrio e Rio Usignolo a seguito della realizzazione degli interventi finanziati negli anni 2011 e 2012;

e) Rio nei pressi di Via Torino

Nei pressi di Via Torino non esiste alcun corso d'acqua che corrisponda all'usuale termine tecnico corso d'acqua;

f) SICOD

E' stato effettuato su tutto il territorio comunale e sono stati integrati gli elaborati 15, 16, 19, 20 e 21.

g) tavv. 9 e 9bis

Sono stati aggiornati gli allegati geologici in accordo con le risultanze idrauliche.

h) norme associate ai territori interessati da dissesto idraulico:

Sono stati aggiornati gli allegati geologici in accordo con le risultanze idrauliche.

2) Descrizione sommaria dello studio

Come dettagliatamente descritto nel seguito della presente relazione e nei relativi elaborati allegati, il presente studio, in primo luogo ha individuato, mediante esame della documentazione progettuale reperita e mediante rilievi di dettaglio, lo stato attuale dei corsi d'acqua in esame, determinandone le principali caratteristiche costruttive e dimensionali. In secondo luogo, ha valutato, con i consueti metodi idrologici, la prevedibile portata di piena dei rii Medrio, Ravanasco e dei rii minori per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, per il fiume Bormida le portate di piena sono quelle desunte dal PAI. Per il Rio Medrio, come già detto nelle premesse, la portata duecentennale è stata assunta pari a 120 mc/s.

Per le situazioni più gravose sono stati tracciati i profili del pelo libero di piena dei corsi d'acqua in esame, ed individuati, in diverse sezioni caratteristiche degli stessi, i valori dei presumibili livelli di piena.

Detti livelli sono stati confrontati con le quote superiori dei manufatti costituenti l'alveo attuale, determinando il franco residuo ancora a disposizione, prima di eventuali fenomeni di esondazione dalle sponde, nei tratti di alveo non coperti, e prima del riempimento dell'intera sezione disponibile, nei tratti di alveo coperto.

Da tale confronto è emerso che per il Rio Medrio, anche per la portata di 120 mc/s, in tutto il tratto cittadino, non sussistono problemi idraulici particolari ed il franco, anche se a volte è limitato, consente sempre il deflusso delle portate idriche individuate. Nel tratto terminale del Rio Medrio e nel relativo canale scolmatore, i livelli di deflusso sono fortemente condizionati dal livello di piena di Bormida, che, con il suo rigurgito, riduce di molto il franco disponibile nello scolmatore e, per un tratto, riempie totalmente la sezione del vecchio alveo di Medrio. Per livelli di Bormida non particolarmente elevati anche i tratti terminali non presentano alcun problema idraulico ed i franchi per il deflusso a pelo libero risultano analoghi a quelli dei tratti di monte.

Per il Rio Usignolo invece la portata duecentennale pari a 16,60 mc/s provoca esondazioni nel tratto tombinato, come illustrato nell'elaborato 12 "Planimetria esondabilità Rio Medrio, Rio Usignolo" ed hanno le seguenti caratteristiche:

- Interessano con fenomeni di deflusso le strade indicate nella allegata planimetria 12 con battenti inferiori ai 20 cm e velocità inferiori ad 1,00 m/s;
- Generalmente sono contenute nelle sedi stradali indicate in planimetria;

Nel caso di assenza di marciapiedi e di ostacoli naturali negli accessi carrai, possono interessare cortili ubicati a quote inferiori al piano stradale allagato e garage interrati, parimenti individuati nella allegata planimetria.

Per il Rio Ravanasco, la situazione emergente dai calcoli idraulici è analoga a quella riscontrata per l'alveo del vecchio Medrio, con una buona funzionalità idraulica delle opere realizzate per bassi livelli di Bormida mentre, per livelli di piena di Bormida particolarmente elevati, si presenta un deflusso in pressione per un buon tratto della parte di alveo in galleria.

Per i rii minori sono stati individuati i manufatti insufficienti, come indicato nell'elaborato 15 "Planimetria generale dei punti singolari dei rii minori".

Per il Fiume Bormida infine si sono individuate le aree esondabili associate a tempi di ritorno pari a 20, 200 e 500 anni, come indicato negli elaborati 6, 7, e 8.

I risultati dei calcoli idraulici sono stati confrontati con il territorio latitante, per individuare i rischi, legati ai fenomeni idraulici, diretti e potenziali.

3) CALCOLO DELLE PORTATE DI VERIFICA IDRAULICA

3.1) Metodologia di calcolo

Per la valutazione delle portate di piena del Rio Medrio e del Rio Ravanasco, non avendo a disposizione misure dirette di portata, in accordo con la “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”, predisposta dall’Autorità di Bacino per il Po nella documentazione a corredo del PAI, è stato impiegato il modello afflussi-deflussi.

In particolare è stato utilizzato il metodo razionale, la cui formula si scrive:

$$Q_c = 0,28 \text{ c i A}$$

dove:

Q_c	= portata al colmo	(m ³ /sec)
c	= coefficiente di deflusso	(-)
i	= intensità di pioggia	(mm/ora)
A	= superficie del bacino	(km ²)

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell’intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- la precipitazione più gravosa è quella che dura per un tempo pari al tempo di corrivazione;
- l’intensità di pioggia è stimata costante per tutto l’evento di pioggia ed è pari a quella di un evento di pioggia che ha durata pari al tempo di corrivazione t_c .

Il tempo di corrivazione è definito, in via teorica, come il tempo che impiega la precipitazione, che cade nella parte più distante del bacino, a raggiungere la sezione terminale, ovvero l’intervallo di tempo dall’inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso, nella sua sezione terminale.

Il coefficiente di deflusso “ c ” tiene conto di tre fattori:

- il fattore di ragguaglio c_r della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato;
- il fattore di trattenuta del terreno c_d , funzione della capacità di assorbimento del terreno (rapporto tra l’altezza di pioggia netta h_e e l’altezza di pioggia totale h);

- il fattore di laminazione cl , che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso

Tempo di corrivazione t_c

Il tempo di corrivazione è calcolato con formule empiriche:

$$1) \text{ GIANDOTTI} \quad t_c = \frac{4 * (S)^{1/2} + 1,5 * L}{0,8 * (H_m - H_0)^{1/2}}$$

$$2) \text{ VENTURA} \quad t_c = 0,1272 * \frac{(S)^{1/2}}{(p)^{1/2}}$$

$$3) \text{ PASINI} \quad t_c = 0,108 * \frac{(S * L)^{1/3}}{(p)^{1/2}}$$

Dove:

S	= superficie bacino	(km ²)
L	= lunghezza dell'asta principale	(km)
H _m	= altitudine media del bacino	(m s.m.)
H ₀	= altitudine della sezione di chiusura	(m s.m.)
p	= pendenza media	

Coefficiente di deflusso c

Il parametro tiene conto di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia.

Il valore di c è desunto normalmente dalla letteratura scientifica.

Nel caso in esame è stato desunto dai valori raccomandati da "Hanbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964".

In particolare è stato assunto un valore pari a 0,50 corrispondente al valore massimo presente nella tabella di pag. 91 della “Direttiva sulla piena di progetto” già citata in precedenza.

Per la valutazione della portata di piena del fiume Bormida e dei suoi livelli di piena, si è fatto riferimento ai valori indicati nella “Direttiva piena di Progetto”, allegata al PAI, che riporta i valori caratteristici del Bormida fino al ponte “Carlo Alberto” della strada provinciale Acqui- Sassello-Savona (Sezione 38 del Piano Stralcio delle fasce Fluviali).

3.2) Indagine idrologica

Le curve di possibilità pluviometrica utilizzate sono quelle pubblicate nella Tabella 1: “Curve di possibilità pluviometrica nelle stazioni di misura”, allegate, quale parte integrante, alla già citata “Direttiva sulla piena di progetto”.

Con riferimento alla città di Acqui, assunta rappresentativa della precipitazione sull’intero bacino imbrifero del Rio Medrio e del Rio Ravanasco si ricavano, per i vari tempi di ritorno prescelti, i valori numerici dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica riportati nella seguente tabella 1.

Tabella 1 - STRALCIO TABELLA 1 DIRETTIVA PIENA DI PROGETTO
PARAMETRI “a” ED “n” DELLA CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA STAZIONE DI ACQUI TERME

Tr anni	a	n
20	42.09	0.417
100	55.61	0.415
200	61.37	0.414
500	68.98	0.414

3.3) Calcolo delle portate nel Rio Medrio

Il bacino del Rio Medrio, alla confluenza nel Fiume Bormida, ha le seguenti caratteristiche:

A	= superficie del bacino	= 21,55	(km ²)
L	= lunghezza dell’asta principale	= 10,80	(km)
H _m	= altitudine media del bacino	= 126,00	(m s.m.)
p	= pendenza media	= 0,014	

T_c = tempo di corrivazione = 4 (ore)

Con i valori sopra indicati è stato possibile impostare su di un foglio elettronico le formule di Ventura, Pasini e Giandotti, calcolando per ognuna di esse l'altezza di pioggia relativa al tempo di corrivazione, l'intensità di pioggia e la portata corrispondente.

Nella tabella riassuntiva dei calcoli effettuati, riportata nel seguito, si può notare come i valori delle portate ottenuti utilizzando la formula di Ventura e di Pasini siano pressoché simili, mentre il valore ottenuto con la formula di Giandotti sia più elevato.

Per effettuare le verifiche idrauliche, con un maggior grado di sicurezza, si è deciso di utilizzare il valore della portata più gravosa, corrispondente cioè a quella ottenuta con la formula di Giandotti.

Con i dati caratteristici del Bacino si è ottenuta una portata duecentennale di $83 \text{ m}^3/\text{sec}$ ed una portata cinquecentennale di $93.4 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Le portate precedentemente calcolate sono state incrementate del 10% per tenere in conto una possibile condizione di parziale saturazione del terreno derivante da precedenti precipitazioni di intensità inferiore a quella critica.

Le portate idrauliche del Rio Medrio, utilizzate per le verifiche, corrispondono quindi alle più gravose calcolate (tempo di corrivazione stimato con la formula di Giandotti - vedi tabella 2) e sono maggiorate del 10% (ulteriore sicurezza per eventuali precipitazioni precedenti).

I valori, assunti per le verifiche, risultano:

- per la portata ventennale $63 \text{ m}^3/\text{s}$,
- per la portata centennale $83 \text{ m}^3/\text{s}$,
- per la portata duecentennale $91 \text{ m}^3/\text{s}$
- per la portata cinquecentennale $102 \text{ m}^3/\text{s}$.

Come già detto nelle premesse, la portata duecentennale del Rio Medrio viene assunta pari a 120 mc/s , che corrisponde ad assumere un coefficiente di deflusso medio C per l'intero bacino pari a circa 0,72.

Di conseguenza, nelle verifiche idrauliche successive vengono assunti i seguenti valori numerici delle portate di riferimento:

- per la portata ventennale $63 \text{ m}^3/\text{s}$,
- per la portata duecentennale a valle del Rio Usignolo $120 \text{ m}^3/\text{s}$

- per la portata duecentennale a monte del Rio Usignolo $107 \text{ m}^3/\text{s}$
- per la portata duecentennale a monte del Rio della Faetta $100 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabella 2 - Valori delle portate nel Rio Medrio

Tr 20 anni																
a=	42.09		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.417															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	21.55	126	10.8	0.014	82.28	4.99	16.49	49.35	86.43	5.61	15.39	46.07	74.02	3.87	19.12	57.22

Tr 100 anni																
a=	55.61		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.415															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	21.55	126	10.8	0.014	108.36	4.99	21.71	64.99	113.79	5.61	20.27	60.66	97.53	3.87	25.19	75.39

Tr 200 anni																
a=	61.37		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.414															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	21.55	126	10.8	0.014	119.40	4.99	23.92	71.61	125.36	5.61	22.33	66.83	107.49	3.87	27.76	83.09

Tr 500 anni																
a=	68.98		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.414															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	21.55	126	10.8	0.014	134.20	4.99	26.89	80.49	140.91	5.61	25.10	75.12	120.81	3.87	31.20	93.39

3.4) Calcolo delle portate nel Rio Ravanasco

Il bacino del Rio Ravanasco, alla confluenza con il Fiume Bormida, ha le seguenti caratteristiche:

A	= superficie del bacino	= 7,55	(km ²)
L	= lunghezza dell'asta principale	= 3,86	(km)
H _m	= altitudine media del bacino	= 128,00	(m s.m.)
p	= pendenza media	= 0,034	
T _c	= tempo di corrivazione	= 2	(ore)

Con i valori sopra indicati è stato possibile impostare, su di un foglio elettronico, le formule di Ventura, Pasini e Giandotti, calcolando per ognuna di esse, l'altezza di pioggia, il tempo di corrivazione, l'intensità di pioggia e la portata.

Nella tabella 3, riassuntiva dei calcoli effettuati riportata nel seguito, si può notare come i valori delle portate ottenuti utilizzando la formula di Ventura e di Pasini siano pressoché simili, mentre il valore ottenuto con la formula di Giandotti sia più elevato.

Per effettuare le verifiche idrauliche, con un maggior grado di sicurezza, si è deciso di utilizzare il valore della portata più gravosa, corrispondente, anche in questo caso, a quella ottenuta con la formula di Giandotti.

Con i dati caratteristici del bacino, si è ottenuta una portata duecentennale di 46.11 m³/sec ed una portata cinquecentennale di 51.83 m³/sec.

Anche in questo caso le portate calcolate in precedenza sono state incrementate del 10%, per tenere in conto una possibile condizione di parziale saturazione del terreno, derivante da precedenti precipitazioni di intensità inferiore a quella critica.

Le portate utilizzate per le verifiche del Rio Ravanasco corrispondono quindi alle più gravose calcolate, (tempo di corrivazione stimato con formula di Giandotti – vedi tabella 3) e sono maggiorate del 10% (ulteriore sicurezza per eventuali precipitazioni precedenti). I valori assunti risultano:

- per la portata ventennale 35 m³/s,
- per la portata centennale 46 m³/s,
- per la portata duecentennale 51 m³/s
- per la portata cinquecentennale 57 m³/s .

Tabella 3 - Valori delle portate nel rio Ravanasco

Tr 20 anni																
a=	42.09		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.417															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	7.82	128.02	3.86	0.034	55.36	1.93	28.70	31.17	54.07	1.82	29.65	32.20	54.71	1.88	29.17	31.68

Tr 100 anni																
a=	55.61		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.415															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	7.82	128.02	3.86	0.034	73.04	1.93	37.86	41.12	71.36	1.82	39.13	42.50	72.19	1.88	38.49	41.81

Tr 200 anni																
a=	61.37		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.414															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	7.82	128.02	3.86	0.034	80.55	1.93	41.76	45.35	78.70	1.82	43.16	46.87	79.62	1.88	42.45	46.11

Tr 500 anni																
a=	68.98		LEGGE DI GUMBEL		c=	0.5										
n=	0.414															
sezione di chiusura	S (kmq)	hm bacino (m)	L asta (km)	im asta principale	hv(T)	Tcventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura mc/s	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini mc/s	hg(T)	Tcgiantot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qgiandotti (mc/s)
1	7.82	128.02	3.86	0.034	90.54	1.93	46.94	50.98	88.46	1.82	48.51	52.68	89.49	1.88	47.72	51.83

3.5) Portate nei rii minori

Con lo stesso metodo già descritto per il Rio Medrio e per il Rio Ravanasco è stato possibile impostare, su di un foglio elettronico, le formule di Ventura, Pasini e Giandotti, calcolando per ognuna di esse, l'altezza di pioggia, il tempo di corrivazione, l'intensità di pioggia e la portata duecentennale di ciascun rio.

Nella tabella 4, riassuntiva dei calcoli effettuati, riportata nel seguito, sono indicati i valori delle portate ottenuti utilizzando la formula di Ventura, di Pasini e di Giandotti.

Per effettuare le verifiche idrauliche, in analogia ai casi precedenti, si è deciso di utilizzare il valore della portata ottenuta con la formula di Giandotti.

Per il Rio Usignolo, al fine di approfondire le verifiche idrauliche nel tratto tombinato, oltre alla portata associata al tempo di ritorno duecentennale pari a $16.70 \text{ m}^3/\text{sec}$ sono state calcolate le seguenti portate di piena:

Q 20	$11.46 \text{ m}^3/\text{sec}$
Q 50	$12.70 \text{ m}^3/\text{sec}$
Q 100	$15.14 \text{ m}^3/\text{sec}$
Q 300	$17.50 \text{ m}^3/\text{sec}$
Q 500	$18.77 \text{ m}^3/\text{sec}$

R11 SPONDA DESTRA FIUME BORMIDA																	
Parametri della curva di possibilità climatica: LEGGE DI GUMBEL																	
CALCOLO DELLE PORTATE																	
Tr = 200anni																	
CARATTERISTICHE DEL BACINO																	
coeff. di deflusso= 0.5																	
METODO VENTURA																	
METODO PASINI																	
METODO GIANDOTTI																	
Bacino:	RIO	S (kmq)	hm bacino (m s.l.m.)	L asta (km)	I _m asta principale	hw(T)	Tventura (ore)	iv=h(T)/Tc (mm/ora)	Qventura (mc/s)	hp(T)	Tcpasini (ore)	ip=h(T)/Tc (mm/ora)	Qpasini (mc/s)	hg(T)	Tcglandot (ore)	ig=h(T)/Tc (mm/ora)	Qglandotti (mc/s)
1 - Rio San Martino		1.50	90.00	2.81	0.070	49.29	0.59	83.70	17.44	51.65	0.66	78.33	16.32	66.20	1.20	55.13	11.48
2-Rio Usignola		2.32	85.00	2.50	0.019	70.66	1.41	50.27	16.20	70.70	1.41	50.23	16.18	69.16	1.33	51.82	16.70
3-Rio Casale		2.28	91.50	2.80	0.018	71.20	1.43	49.73	15.75	72.45	1.49	48.52	15.36	69.23	1.34	51.74	16.38
4-Rio Campolungo		3.26	105.00	2.68	0.025	71.63	1.45	49.31	22.33	70.68	1.41	50.24	22.75	69.94	1.37	51.00	23.09
5-Rio delle Rocche		1.36	68.00	2.20	0.020	62.60	1.05	59.68	11.27	63.85	1.10	58.02	10.96	66.35	1.21	54.95	10.38
6-Rio della Faetta		1.64	70.00	3.22	0.020	65.07	1.15	56.49	12.87	69.06	1.33	51.93	11.83	72.32	1.49	48.64	11.08
7-Rio della Valle		1.24	87.00	2.10	0.020	61.41	1.00	61.31	10.56	62.64	1.05	59.62	10.27	61.85	1.02	60.69	10.45
8-Rio Gavanale		0.48	65.00	1.20	0.033	45.49	0.49	93.77	6.25	45.86	0.49	92.70	6.18	53.22	0.71	75.09	5.01

3.6) Portate nel Fiume Bormida

Come si evince dalla citata direttiva “Piena di Progetto” dell’Autorità di Bacino per il Po, il Fiume Bormida, in corrispondenza della sezione 38 (prima sezione del tratto di fiume interessato dal “Piano Stralcio delle Fasce Fluviali”, sempre predisposto dall’Autorità di Bacino del Po), ubicata sul ponte Carlo Alberto, sottende una superficie di 1439 km² e presenta, per i tempi di ritorno di 20, 100, 200, 500 anni, le seguenti portate di piena:

Q 20	1740 m ³ /sec
Q 100	2720 m ³ /sec
Q 200	2980 m ³ /sec
Q 500	3360 m ³ /sec

Nella suddetta sezione 38, il livello idrometrico associato alla portata della piena duecentennale è pari a 145,20 m.s.l.m.; utilizzando i rilievi topografici a disposizione per tale sezione, si è desunto, per la portata di piena ventennale di 1740 mc/s un probabile livello del pelo libero di 142,55 m s.l.m. Questi livelli di piena sono stati utilizzati, come dati di ingresso, per valutare l’influenza della piena di Bormida sulle piene dei rii Medrio e Ravanasco come specificato nel seguito.

Le suddette portate di piena sono state utilizzate anche per le verifiche idrauliche del Fiume Bormida nel tratto a monte del ponte Carlo Alberto in quanto il bacino imbrifero, nel tratto di fiume che interessa il territorio comunale di Acqui, poco si differenzia dal valore determinato alla suddetta sezione.

4) VERIFICHE IDRAULICHE

4.1) Metodologia di verifica

Le verifiche idrauliche del Fiume Bormida sono state condotte per portate associate a tempi di ritorno di 20, 200 e 500 anni.

Le verifiche idrauliche dei livelli di piena del rio Medrio e del rio Ravanasco sono state condotte sia considerando in piena i soli rii, a seguito di eventi temporaleschi interessanti solo localmente il bacino idrografico dei rii stessi, sia ipotizzando una piena contemporanea dei rii e del fiume Bormida.

Come risulta dai calcoli idraulici riportati nel seguito, i livelli di piena del Bormida interessano il tratto terminale dei due rii e di conseguenza, i livelli idraulici, che si instaurano negli stessi, sono condizionati dai livelli in Bormida.

Per situazioni di sole piene dei rii laterali e livelli di Bormida bassi, (condizioni probabili in eventi temporaleschi particolarmente violenti che interessano limitate aree) le sezioni degli alvei dei rii sono pienamente in grado di garantire il regolare deflusso delle piene, mantenendo ovunque adeguati franchi anche per portate dei rii caratterizzate anche da tempi di ritorno cinquecentennali.

Poiché la finalità del presente studio è quella di verificare il comportamento idraulico dei due rii nelle situazioni più pericolose, per poter individuare i rischi idraulici eventualmente trasferiti al territorio latistante, poiché la situazione più gravosa risulta quella di una piena dei rii in presenza di una concomitante piena di Bormida, le verifiche idrauliche riportate nel seguito, con i relativi risultati numerici quantitativi, (elaborati n. 2.2, 2.3 e 2.4 – Tabulati di calcolo), sono solamente quelle relative al deflusso delle piene nel Rio Medrio e nel Rio Ravanasco, in presenza di una contemporanea piena in Bormida di tempo di ritorno duecentennale.

Queste simulazioni rappresentano sicuramente le situazioni idrauliche di piena più gravose prevedibili e di conseguenza permettono di individuare i rischi residui sul territorio, in condizioni sicuramente catastrofiche, per cui le considerazioni urbanistiche che ne derivano, risultano sicuramente cautelative e finalizzate ad un sicuro utilizzo del territorio latistante.

4.2) Verifiche idrauliche

Come già detto, si sono effettuate le verifiche idrauliche volte a determinare i valori dei livelli idrici massimi raggiungibili dal Fiume Bormida, dal Rio Medrio e dal Rio Ravanasco, mentre per i rii minori si sono effettuate delle verifiche più localizzate, al fine di individuare i manufatti di attraversamento insufficienti.

I parametri idraulici riportati nei tabulati sono quelli calcolati per le portate con tempo di ritorno di 20, 200 e 500 anni.

Come condizione al contorno di valle (confluenza nel fiume Bormida), sia nel Rio Medrio che nel Rio Ravanasco, si è assunta la quota di 145,20, che, come già detto, è associata alla portata duecentennale nel fiume Bormida

4.3) Modello idraulico di moto permanente

Nelle verifiche in condizioni di moto permanente si ipotizza il perdurare, per un certo periodo di tempo, di una portata costante nelle varie sezioni e pari al valore massimo stimato o misurato. Detta condizione risulta nettamente a favore di sicurezza, perché trascura gli effetti di laminazione della piena nel suo propagarsi da monte verso valle e considera, per un certo intervallo di tempo, il valore massimo del colmo di piena.

Il calcolo del profilo del pelo libero di moto permanente è effettuato integrando l'equazione del moto, ottenuta esprimendo la perdita "i" di carico totale per unità di lunghezza della corrente rappresentata dalla seguente espressione:

$$- \frac{dH}{ds} = i = \frac{Q^2}{\Omega^2 C^2 \cdot R \cdot g}$$

Il calcolo dei livelli è stato effettuato attraverso un metodo numerico che correla le perdite di carico della corrente in un tratto compreso tra 2 sezioni, e di conseguenza la differenza dei livelli idrici, alle caratteristiche geometriche e tipologiche delle sezioni prese in considerazione.

In una sezione "i" il carico idraulico è pari a:

$$H_i = Z_i + Y_i + \frac{U_i^2}{2g} = h_i + \frac{U_i^2}{2g}$$

Nella sezione successiva "i+1", il carico totale

$$H_{(i+1)} = H_i + \Delta H_{(i,i+1)}$$

si ottiene risolvendo l'equazione:

$$H_{(i+1)} = h_{(i+1)} + \frac{Q^2}{2g \cdot A_{(i+1)}^2}$$

Con procedimenti iterativi di calcolo, assumendo, in prima approssimazione, un valore per $h_{(i+1)}$ dedotto dal calcolo delle perdite nel tronco ipotizzando che queste si mantengano costanti ed uguali a quelle della sezione iniziale, e paragonandolo a quello che compete alla sezione successiva, si ripete il calcolo finché la differenza tra i due non diventi trascurabile.

La simulazione numerica è stata eseguita utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS (US Army Corps of Engineers) in tutti i tronchi successivi e determinando di conseguenza i livelli idrici presenti nelle varie sezioni di verifica per le portate considerate.

Al fine di calcolare con maggiore precisione i livelli idrici, si è scelta l'opzione di interpolare le varie sezioni rilevate, infittendole con altre calcolate per interpolazione.

4.4) Ripartizione delle portate tra Rio Medrio Vecchio e Nuovo Canale Scolmatore

Come già indicato in precedenza l'alveo attuale del Medrio nel suo tratto terminale presenta una biforcazione in corrispondenza del Canale Scolmatore, realizzato appunto con il progetto del Magistrato del Po per garantire il regolare deflusso, anche nel tratto terminale di sezione più ristretta, delle massime portate di piena.

Il modello fisico sperimentato al Politecnico di Torino per le portate massime di 125 mc/s e di 145 mc/s ha anche valutato la ripartizione delle portate in arrivo, tra vecchio Medrio e Canale Scolmatore ottenendo le seguenti ripartizioni:

$$Q_{125} \text{ m}^3/\text{s}$$

- vecchio alveo Q 27 m³/s
- canale scolmatore Q 98 m³/s

con un rapporto riferito alla portata totale pari rispettivamente a 0.21 e 0.79.

Q 145 m³/s

- vecchio alveo Q 36 m³/s
- canale scolmatore Q 109 m³/s

con un rapporto riferito alla portata totale pari rispettivamente a 0.25 e 0.75.

Interpretando il funzionamento idraulico del manufatto scolmatore, in prima approssimazione come uno stramazzo laterale, le portate che defluiscono nel canale scolmatore possono essere valutate con la formula classica degli stramazzi sotto riportata:

$$Q = \mu LH \sqrt{2gH}$$

Utilizzando i risultati numerici del modello fisico si determina un coefficiente $\mu = 0,39$.

Attribuendo lo stesso valore μ ai parametri idraulici caratteristici del deflusso relativi alla sezione in cui avviene la ripartizione ed introducendo le massime portate di calcolo determinate in precedenza, per il Medrio si ottengono i valori, della portata scolmata e quindi della relativa percentuale, riportati nella seguente tabella 5.

I valori della portata di prima approssimazione così calcolati, sono stati introdotti nel programma di calcolo HEC-RAS, già indicato in precedenza e dalle simulazioni è emersa una leggera differenza tra le altezze d'acqua ipotizzate e quelle calcolate dal modello nelle sezioni 34 e 29, rispettivamente del Canale Scolmatore e del Rio Medrio Vecchio.

Al fine di ottenere nelle suddette sezioni la medesima altezza d'acqua, si è agito aumentando o diminuendo leggermente le portate di primo tentativo fino ad ottenere un valore coincidente delle due altezze.

I valori modificati della ripartizione delle portate utilizzate nella verifica idraulica, sono riportate nella seguente tabella 6.

Tabella 5 - Valori di prima approssimazione della portata scolmata in

funzione della portata totale

PORTATA TOTALE	ALTEZZA	PORTATA SCOLMATA	%
(m ³ /s)	(m)	(m ³ /s)	
145	3.6	109.03	0.75
125	3.35	97.87	0.79
102	2.56	65.38	0.64
91	2.4	59.35	0.65
83	2.3	55.68	0.67
63	1.6	32.3	0.51
50	1.5	25.1	0.5

Tabella 6 - Valori corretti della ripartizione delle portate nel manufatto scolmatore.

PORTATA TOTALE	PORTATA RIO MEDRIO	PORTATA SCOLMATA	%
(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
50	25	25	0.5
63	26	37	0.59
83	28.7	54.3	0.65
91	30	61	0.67
102	32.5	69.5	0.68
120	26	94	0.78

4.5) Commenti ai risultati della simulazione numerica

Di seguito è riportato un commento sintetico dei risultati ottenuti nei corsi d'acqua esaminati.

4.5.1) Fiume Bormida

Si sono esaminate le seguenti combinazioni di condizioni:

- Scenario 1: Tempo di ritorno $Tr = 20$ anni – $Q = 1740$ mc/s
- Scenario 2: Tempo di ritorno $Tr = 200$ anni – $Q = 2980$ mc/s
- Scenario 3: Tempo di ritorno $Tr = 500$ anni – $Q = 3360$ mc/s

Con i livelli idrometrici ottenuti nelle suddette simulazioni si sono costruite le carte di esondabilità del fiume Bormida associate ai tempi di ritorno considerati, come riportato negli elaborati 6 (per $Tr = 20$ anni), 7 (per $Tr = 200$ anni) e 8 (per $tr = 500$ anni).

4.5.2) Rio Medrio

Si sono esaminate le seguenti combinazioni di condizioni.

COMBINAZIONE A

Scenario A1)

Rio Medrio Tempo di ritorno	$Tr = 20$ anni
Portata a monte dello scolmatore	$Q = 63$ mc/s
Portata a valle dello scolmatore	$Q = 37$ mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	$Tr = 20$ anni
$Q = 1740$ mc/s	livello idrico 143.69 m

Scenario A2)

Rio Medrio Tempo di ritorno	$Tr = 200$ anni
Portata a monte confluenza rio Usignolo	$Q = 107$ mc/s
Portata a valle confluenza rio Usignolo	$Q = 120$ mc/s
Portata a valle dello scolmatore	$Q = 94$ mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	$Tr = 20$ anni
$Q = 1740$ mc/s	livello idrico 143.69 m

COMBINAZIONE B

Scenario B1)

Vecchio Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 63 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 26 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 143.69 m

Scenario B2)

Vecchio Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 120 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 26 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s livello idrico	143.69 m

COMBINAZIONE C

Scenario C1)

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 63 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 37 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Q = 2980 mc/s	livello idrico 145.55 m

Scenario C2)

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata a monte confluenza rio Usignolo	Q = 107 mc/s
Portata a valle confluenza rio Usignolo	Q = 120 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 94 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Q = 2980 mc/s	livello idrico 145.55 m

COMBINAZIONE D

Scenario D1)

Vecchio Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 63 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 26 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Q = 2980 mc/s	livello idrico 145.55 m

Scenario D2)

Vecchio Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 120 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 26 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Q = 2980 mc/s	livello idrico 145.55 m

COMBINAZIONE E (A SEGUITO REALIZZAZIONE INTERVENTI PRIORITARI FINANZIATI NEL PROGETTO 2011 E PERIZIA 2012)

Scenario E1)

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Portata a monte dello scolmatore	Q = 63 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 37 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 143.69 m

Scenario E2)

Piazza di calma e deposito + completamento muro a valle della briglia esistente

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata a monte confluenza rio Usignolo	Q = 107 mc/s
Portata a valle confluenza rio Usignolo	Q = 120 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 94 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 143.69 m

COMBINAZIONE F (A SEGUITO REALIZZAZIONE COMPLETA DEGLI INTERVENTI SISTEMATORI IDRAULICI)

Scenario F1)

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Portata a monte confluenza rio Usignolo	Q = 58 mc/s
Portata a valle confluenza rio Usignolo	Q = 50 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 25 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 143.69 m

Scenario F2)

Rio Medrio Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata a monte confluenza rio Usignolo	Q = 107 mc/s
Portata a valle confluenza rio Usignolo	Q = 85 mc/s
Portata a valle dello scolmatore	Q = 56 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 143.69 m

Nelle combinazioni E ed F è stata omessa la simulazione con il tempo di ritorno duecentennale nel Fiume Bormida in quanto gli interventi sistematori, sia quelli già finanziati che quelli non ancora finanziati ricadono a monte della sezione 34 del Rio Medrio. Nella sezione 34 si esaurisce l'influenza dei livelli di piena del Fiume Bormida. Si precisa inoltre che gli interventi previsti nella combinazione F non sono finanziati, pertanto non sono stati considerati per la definizione del dissesto idraulico.

4.5.3) Rio Usignolo

Le verifiche idrauliche nel tratto tombinato del Rio Usignolo sono riportate nell'allegato 2.6 "Tabulati di calcolo Rio Usignolo".

Il tratto tombinato è in grado di smaltire, con funzionamento in pressione la portata associata ad un tempo di ritorno pari a 20 anni.

Per portate associate a tempi di ritorno superiori il Rio Usignolo esonda secondo l'area rappresentata nella tavola 12, senza poter rientrare nel tratto tombinato in quanto la ferrovia Nizza – Acqui costituisce uno sbarramento in corrispondenza della sezione 4 del Rio Usignolo.

Per il tempo di ritorno duecentennale, la portata esondata a monte della ferrovia è pari a 5.2 mc/sec, come risulta dallo scenario 4 dell'allegato 2.6.

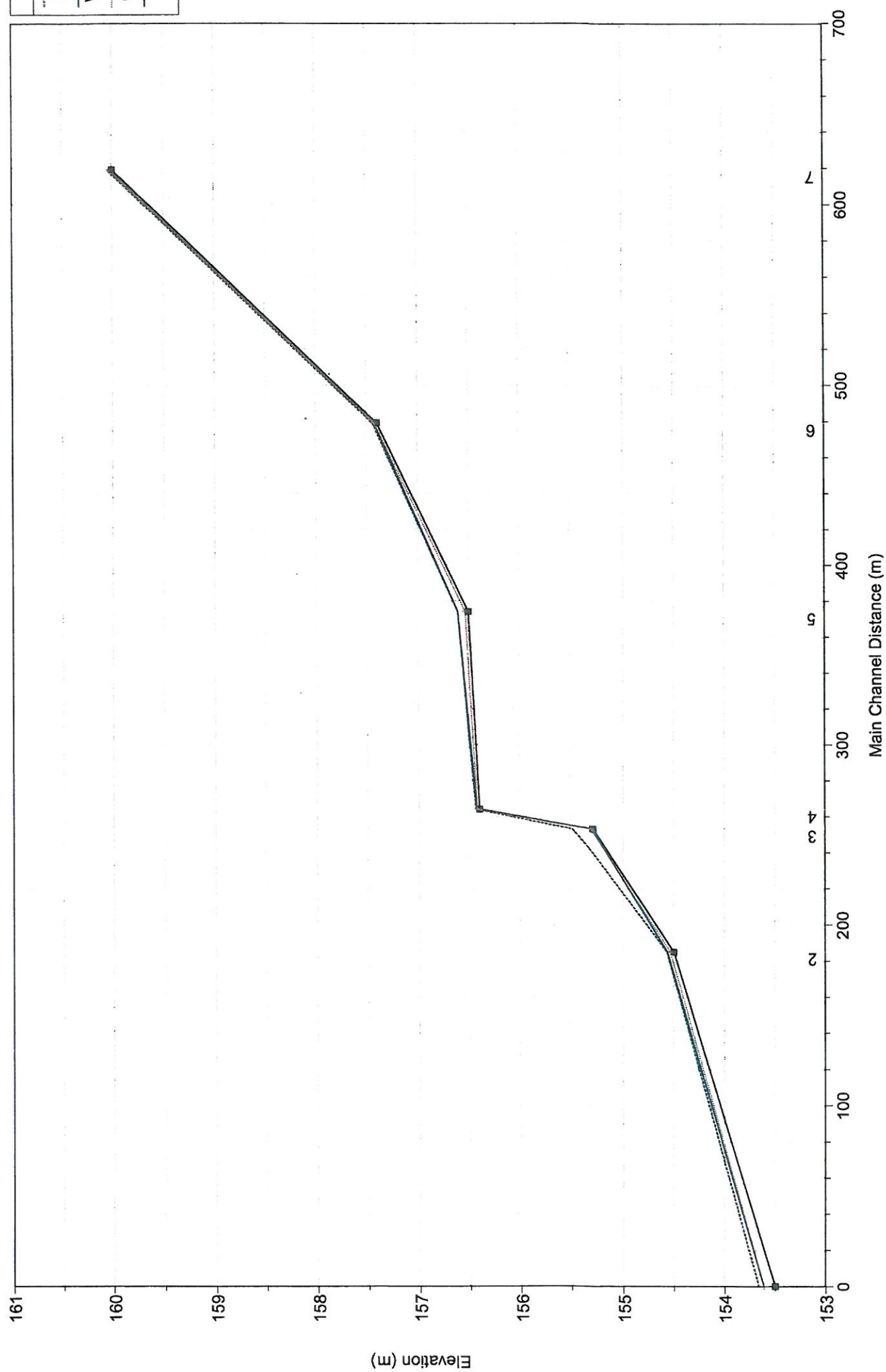
Per poter valutare tiranti e velocità nell'area interessata dall'esondazione è stato eseguito un rilievo di dettaglio che ha permesso la costruzione di un modello utilizzato per estrapolare le grandezze idrauliche cercate.

Nelle pagine seguenti sono allegati la tabella con le caratteristiche idrauliche ed il profilo desunti dal citato modello.

HEC-RAS Plan:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Ramo	7	PF 1	5.20	160.00	160.04	160.04	160.05	0.018730	0.59	8.83	250.00	1.00
Ramo	6	PF 1	5.20	157.40	157.43	157.43	157.44	0.020613	0.53	9.81	350.00	1.01
Ramo	5	PF 1	5.20	156.50	156.60	156.54	156.61	0.000498	0.20	26.22	250.00	0.20
Ramo	4	PF 1	5.20	156.40	156.42	156.42	156.44	0.027093	0.52	10.00	450.00	1.11
Ramo	3	PF 1	5.20	155.30	155.31	155.32	155.48	1.774615	1.82	2.85	450.00	7.32
Ramo	2	PF 1	5.20	154.50	154.56	154.53	154.56	0.002526	0.30	17.09	290.00	0.40
Ramo	1	PF 1	5.20	153.50	153.60	153.60	153.66	0.013097	1.01	5.17	50.00	1.00

Plan 01 2012/11/29
Geom: Geom 01



4.5.4) Rio della Faetta

Il tratto tombinato del Rio della Faetta, per una lunghezza di circa 120 m ha una sezione minima di larghezza pari a 3 m e di altezza pari a 4.10 m.

Come evidenziato nell'allegato 2.5 "Verifiche idrauliche dei manufatti sui rii" la canalizzazione è ampiamente sufficiente a smaltire la portata duecentennale.

.

4.5.5) Verifiche idrauliche dei manufatti sui rii

Nell'allegato 2.5 sono riportate le verifiche idrauliche di tutti i manufatti sui rii, compreso quelli sui rii Medrio, Usignolo e della Faetta che non rientrano nei tratti tombinati.

Per il dettaglio delle verifiche si rimanda all'elaborato 2.5, mentre sull'elaborato 15 "Planimetria generale dei manufatti sui rii" sono indicati i manufatti di attraversamento insufficienti.

4.5.6) Rio Ravanasco

Anche per il rio Ravanasco si sono esaminate diverse combinazioni di piena.

- Combinazione A

- Fiume Bormida tempo di ritorno 20 anni e livello idrico 142.76 m.s.l.m.

Il profilo del pelo libero dell'acqua del rio Ravanasco risulta essere influenzato dall'altezza del livello idrico assunto in corrispondenza della confluenza con il Fiume Bormida, fino alla sez. 1.1, creando un profilo di rigurgito di tipo M1.

Fino a tale sezione, infatti, il franco presenta valori negativi compresi tra -2,99 m. e -2,42 m.; dalla sez. 1.2 alla sez. 1.4 i franchi raggiungono valori appena sufficienti; oltre la sez. 1.4 presentano valori più che soddisfacenti, con valori compresi tra 0,68 m. e 7,50 m. nel tratto di rio oggetto di studio.

- Combinazione B

- Fiume Bormida tempo di ritorno 200 anni e livello idrico 144.40 m.s.l.m.

La verifica condotta presenta una condizione critica che si estende al primo tratto del Rio coperto dove la corrente assume un funzionamento in pressione (la situazione è rilevabile nel profilo allegato).

I valori dei franchi per diverse portate del rio risultano praticamente costanti e determinati dal livello di piena del Bormida, fino alla sopraccitata sezione 1.4. I valori negativi sono compresi tra -5,64 m. e -0,59 m e diventano invece ampiamente positivi a partire dalla sezione successiva.

Dalle risultanze dei calcoli si desume, quindi, che nella combinazione A (livello del Fiume Bormida relativo a piena di 20 anni di tempo di ritorno) tutto il rio risulta verificato eccetto la zona a ridosso della confluenza tra Fiume e Rio.

Quando il livello del Fiume Bormida raggiunge i 144.40 m.s.l.m. corrispondenti al tempo di ritorno duecentennale il rigurgito si estende per quasi tutta la galleria creando un funzionamento in “pressione” del tratto terminale.

Comunque i livelli piezometrici associati a questa ultima situazione sono ancora inferiori ai livelli delle strade e delle caditoie per cui non si ha fuoriuscita di acqua sui terreni latitanti.

Nei tabulati, per semplicità di lettura, sono riportate numericamente solo le simulazioni relative alla situazione più gravosa di Bormida a 144.40 m.s.l.m. di cui alla “Combinazione B”.

COMBINAZIONE C (A SEGUITO REALIZZAZIONE INTERVENTI PRIORITARI FINANZIATI NELL'ANNO 2011)

Scenario C)

Rio Ravanasco Tempo di ritorno	Tr = 200 anni
Portata totale	Q = 51 mc/s
Portata canalizzazione sinistra	Q = 30 mc/s
Portata canalizzazione destra	Q = 21 mc/s
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 20 anni
Q = 1740 mc/s	livello idrico 142.76 m.s.m.
Fiume Bormida Tempo di ritorno	Tr = 200
Q = 2980 mc/s	Livello idrico 144.40 m.s.m.

Poiché gli interventi previsti in progetto sono localizzati a monte del tratto coperto, quest'ultimo tratto non subisce modifiche idrauliche per effetto degli interventi in progetto, per cui per il tratto coperto continuano a valere le considerazioni fatte in precedenza per le combinazioni A e B.

Le opere in progetto consentono però di rendere stabili nel tempo le difese spondali e le sistemazioni del fondo alveo, immediatamente a monte dell'imbocco del tratto coperto, attualmente in condizioni di precaria stabilità per notevoli erosioni localizzate.

Gli interventi previsti consentono quindi di garantire nel tempo la stabilità dell'alveo a monte del tratto coperto, anche in presenza di piene notevoli, per cui garantiscono il conservarsi nel tempo delle condizioni topografiche e strutturali ipotizzate nelle verifiche idrauliche e di conseguenza permettono di confermare, anche per il futuro, il

mantenimento della validità della simulazione idraulica effettuata e delle relative conclusioni sulla influenza delle piene anche catastrofiche, sul territorio urbanizzato.

5) PROPOSTE PER INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

5.1) Rio Medrio

5.1.1 Situazione attuale

Il tratto del rio Medrio che attraversa il centro abitato di Acqui Terme è caratterizzato da un alveo con sponde artificiali, per lunghi tratti coperto.

In passato, per migliorare le condizioni di deflusso sono stati realizzati alcuni interventi, ed in particolare:

1. Prima della confluenza nel Fiume Bormida, in corrispondenza di via D'Acquisto, è stato realizzato un canale scolmatore della lunghezza di circa 430 m;
2. Le sezioni a monte sono state allargate, ove era possibile;
3. A monte del tratto di alveo artificiale è stata realizzata una briglia selettiva.

5.1.2) Proposte di intervento di mitigazione del rischio

Viste le caratteristiche del tratto a monte dell'area urbana e la conseguente possibilità di elevato trasporto solido, soprattutto di materiale leggero fluitato, già in passato sono stati realizzati alcuni interventi mitigatori (briglia selettiva).

Allo stato attuale, gli interventi già realizzati e descritti in precedenza sono sufficienti a garantire l'ufficiosità della sezione di deflusso all'interno dell'alveo artificiale, anche se con franchi abbastanza limitati e con possibili esondazioni in sponda sinistra nel tratto immediatamente a valle della briglia selettiva esistente, dove manca un tratto di difesa spondale per una lunghezza di circa 90 metri.

Poiché allo stato attuale è praticamente impossibile incrementare le sezioni idrauliche a disposizione, visto altresì il notevole trasporto di materiale galleggiante di grosse dimensioni fluitato durante le piene maggiori, per garantire una adeguata sicurezza alle sistemazioni idrauliche realizzate in passato, essendo tecnicamente impossibile eliminare il suddetto trasporto per la natura dei terreni attraversati, (sponde in terra naturale facilmente erodibili o scalzabili al piede con conseguente caduta nella corrente di piena della vegetazione di alto fusto presente sulle sponde stesse) e per ridurre al

minimo il rischio che tali materiali possano entrare nel tratto di alveo cittadino, in cui potrebbero arrestarsi per le notevoli accidentalità presenti lungo il percorso, le opere di mitigazione prevedono la realizzazione di una ulteriore e più ampia piazza di calma e di deposito immediatamente prima del tratto già sistemato, oltre a completare il tratto di difesa spondale a valle della briglia esistente.

Anche per il Rio Usignolo è praticamente impossibile incrementare le sezioni idrauliche a disposizione, pertanto, la soluzione per risolvere sia i problemi del Rio Usignolo che del Rio Medrio è la realizzazione di uno scolmatore che intercetti il Rio Usignolo dove inizia il tratto tombinato in prossimità di Via Buonarroti e che intercetti il Rio Medrio in Corso Divisione Acqui.

Nella allegata planimetria 17 è riportato il tracciato dello scolmatore ipotizzato che consente di ridurre la portata defluente verso valle nel Rio Medrio dai 120 mc/s, proposti dalla Regione Piemonte, per tenere conto della notevole impermeabilità media del bacino imbrifero a monte della città di Acqui ed adottati sulle verifiche idrauliche citate in precedenza, che hanno indicato bassi franchi residui rispetto ai manufatti esistenti, ad un valore di portata massima due centennale sempre di 85 mc/s nel tratto coperto, a valle nuovo scolmatore di Via Divisione Acqui, con franchi sicuramente più elevati come risulta evidenziato dalla simulazione F2. se confrontata con le simulazioni di cui agli scenari C2 e D2.

Con la realizzazione del suddetto ulteriore scolmatore oltre ad un più sicuro deflusso di piena del Medrio si eliminano gli allagamenti determinati dalle piene straordinarie del Rio Usignolo, indicate nell'allegata planimetria 12

Gli interventi descritti in precedenza sono evidenziati nell'elaborato 17 "Proposte di intervento Rio Medrio" e nell'elaborato 22.1 "Riepilogo degli interventi proposti".

5.2) Rio Ravanasco

5.2.1) Situazione attuale

L'ubicazione dell'alveo del rio Ravanasco è per la maggior parte distante da abitazioni e infrastrutture, per cui la sua naturale evoluzione in periodi di piena non genera

particolari problematiche, anche se vengono interessate zone ad elevato rischio di franosità.

Prima della confluenza nel Fiume Bormida, poco a monte della zona Bagni, il Rio Ravanasco è stato intubato da diversi anni in una doppia galleria per una lunghezza di circa 600 m.

Vista la notevole pendenza del corso d'acqua, con conseguente elevata capacità erosiva accompagnata da elevato trasporto solido, già in passato sono stati realizzati alcuni interventi di consolidamento delle sponde ed alcune briglie lungo il percorso di monte nei tratti di maggiore acclività o di rilevanti deviazioni planimetriche.

Anche nel tratto immediatamente a monte dell'imbocco delle due condotte coperte citate in precedenza, sono stati realizzati alcuni muri di sponda, attualmente scalzati al piede, ed alcune briglie e soglie di fondo, anch'esse scalzate a valle.

Le condizioni di conservazione dei due tratti paralleli coperti sono attualmente buone, mentre risultano particolarmente deteriorate le difese spondali e piccole briglie esistenti immediatamente a monte del tratto coperto. Risultano parimenti insufficienti le sistemazioni lungo il tratto più acclive dell'alveo, che però si sviluppa in zone non urbanizzate e quindi meno soggette a pericoli idraulici.

Per garantire nel tempo la conservazione della funzionalità idraulica del tratto terminale occorre pertanto una sistemazione generale del rio Ravanasco che viene formulata nel seguito come proposta di intervento.

5.2.2) Proposta di intervento

Per graduare nel tempo gli interventi di sistemazione idraulica, in funzione della loro maggiore o minore efficacia sulla officiosità idraulica la proposta di intervento è stata suddivisa in due tipologie, una di carattere prioritario ed una di completamento come specificato nel seguito:

-Tipologia 1 - intervento R1 prioritario ed urgente: consiste nel ripristino della stabilità delle difese spondali esistenti immediatamente a monte dell'imbocco del tratto coperto e nella realizzazione di una sistemazione del fondo alveo in grado di trattenere con alcune briglie selettive buona parte del materiale fluidato (opere realizzate in parte con il finanziamento regionale 2011);

-Tipologia 2 - intervento R2 di completamento: consiste nella futura realizzazione di briglie nel tratto di monte del Rio Ravanasco, per limitare le azioni erosive nei tratti particolarmente accidentati e per diminuire significativamente trasporto solido che può pervenire al tratto terminale in caso di piene particolarmente rilevanti, per erosione delle sponde o del fondo.

5.2.3) Descrizione degli interventi di sistemazione idraulica

Tipologia 1 – Intervento R1

L'intervento R1 prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- difesa spondale in sponda orografica destra del Rio Ravanasco nel tratto immediatamente a monte del ponte di Strada Ravanasco, per una lunghezza di 100 m;
- n° 1 briglia selettiva, ubicata sempre a monte del ponte di Strada Ravanasco;
- difesa spondale sia in sponda destra che in sponda sinistra prima dell'imbocco della galleria, per una lunghezza complessiva di 350 m, di cui 150 in sponda destra e 200 in sponda sinistra;
- pavimentazione del fondo alveo prima dell'imbocco della galleria, per una lunghezza di 90 m e larghezza variabile da 18 a 9 m;
- n° 2 briglie selettive, ubicate sempre prima dell'imbocco della galleria.

Le difese spondali di cui sopra saranno realizzate con massi naturali disposti in sagoma prestabilita, di volume non inferiore a m³ 0.30 e di peso non inferiore a 800 kg, con gli interstizi intasati in cls nelle parti interrato.

Le difese, sia in sponda destra che in sponda sinistra avranno una altezza di 1,50 ÷ 3 m oltre alla fondazione. La sistemazione del fondo alveo sarà realizzata sempre con massi naturali intasati in cls per la parte più profonda.

Le briglie selettive saranno costituite da un manufatto in C.A. con soprastanti profilati in acciaio HE 260 B lunghi ciascuno m 3 e posti a interasse di m 1.

Tipologia 2 – Intervento R2

L'intervento R2 prevede la realizzazione di 6 briglie nel tratto di monte del Rio Ravanasco, costituite da una struttura interna in C.A. ed interamente ricoperte da muratura di pietra locale.

Le briglie saranno realizzate con la parete di valle verticale e quella di monte con una leggera scarpa, con una gàveta di m 5 ed un ribassamento del bordo di stramazzo di m 0,5, in modo da consentire il deflusso della piena ordinaria attraverso la gàveta stessa.

Le opere prioritarie di messa in sicurezza sono riportate nell'elaborato 18, mentre tutte quelle precedentemente descritte sono riportate nell'elaborato 22.1 “Riepilogo degli interventi proposti”.

5.3) Rii minori

Nell'elaborato 22.1 "Riepilogo degli interventi proposti" sono riportati gli interventi proposti sui rii minori, riassunti nell'elenco seguente:

INTERVENTI SUL RIO USIGNOLA

- INTERVENTO U1 (MANUFATTO AT1-U)
- INTERVENTO U2 (MANUFATTO AT2-U)
- INTERVENTO U3 (MANUFATTO AT3-U)
- INTERVENTO U4 (MANUFATTO AT4-U)
- INTERVENTO U6 (MANUFATTO AT6-U)

INTERVENTI SUL RIO CASALE

- INTERVENTO C1 (MANUFATTO AT1-C)
- INTERVENTO C6 (MANUFATTO AT6-C)

INTERVENTI SUL RIO DELLA FAETTA

- INTERVENTO F2 (MANUFATTO AT2-F)
- INTERVENTO F3 (MANUFATTO AT3-F)

INTERVENTI SUL RIO DELLA VALLE

- INTERVENTO V2 (MANUFATTO AT2-V)
- INTERVENTO V3 (MANUFATTO AT3-V)

Tutti gli interventi sopra elencati consistono in adeguamenti locali dell'alveo del corso d'acqua in esame in corrispondenza del manufatto riscontrato insufficiente e devono raggiungere lo scopo di mantenere all'interno dell'alveo di valle le portate di piena.

La progettazione definitiva degli interventi è demandata all'esecuzione degli stessi.

Una volta realizzati i necessari adeguamenti dimensionali dei manufatti insufficienti, il rischio puntuale e/o lineare di esondazione dei rii minori, legato alle insufficienze locali di tali manufatti, potrà essere totalmente eliminato.

Si precisa che comunque, le esondazioni conseguenti alle attuali insufficienze generano sempre effetti idraulici limitati e localizzati, ed, in assenza di altri pericoli contingenti, (quali locali adiacenti abitati ed depressi rispetto al punto di esondazione) non determinano particolari pericoli per persone.

6) ELABORATI CHE FANNO PARTE DELLO STUDIO

Lo studio è composto dai seguenti elaborati tecnici:

1) Relazione illustrativa idrologica ed idraulica

2.1) Tabulati di calcolo Fiume Bormida

2.2) Tabulati di calcolo Rio Medrio

2.3) Tabulati di calcolo Vecchio Rio Medrio

2.4) Tabulati di calcolo Rio Ravanasco

2.5) Verifiche idrauliche dei manufatti sui Rii

2.6) Tabulati di calcolo Rio Usignolo

3) Corografia vincoli PAI

scala 1:25.000

4) Corografia bacini imbriferi Rio Medrio, Rio Ravanasco e Rii minori

scala 1:25.000

5) Planimetria di rilievo Fiume Bormida a monte ponte C. Alberto

scala 1:5000

6) Planimetria Esondabilità Fiume Bormida TR 20

scala 1:5000

7) Planimetria Esondabilità Fiume Bormida TR 200

scala 1:5000

8) Planimetria Esondabilità Fiume Bormida TR 500

scala 1:5000

9.1) Sezioni trasversali fiume Bormida con livelli di piena - Tratto 1-16

scala 1:2000;1:200

9.2) Sezioni trasversali fiume Bormida con livelli di piena - Tratto 17-28

scala 1:2000;1:200

10.1) Planimetria di dettaglio Rio Medrio e Rio Usignolo

scala 1:2000

10.2) Sezioni trasversali Rio Medrio e Rio Usignolo

scala 1:200

11) Profili longitudinali con piena di riferimento Rio Medrio

scala 1:2000;1:100

12) Planimetria Esondabilità Rio Medrio, Rio Usignolo TR 200

scala 1:2000

13.1) Planimetria di dettaglio Rio Ravanasco

scala 1:2000

13.2) Sezioni trasversali Rio Ravanasco

scala 1:200

14) Profili longitudinali con piena di riferimento Rio Ravanasco

scala 1:2000;1:100

15) Planimetria generale dei manufatti sui Rii

scala 1:10.000

16.1) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio Medrio

16.2) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio San Martino

16.3) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio Usignolo

16.4) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio Casale

16.5) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio della Faetta

16.6) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio Gavanale

16.7) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio della Valle

16.8) Rilievo di dettaglio dei manufatti sui Rii - Rio dell'Avlana

17) Proposte di intervento a mitigazione del rischio idraulico

di piena del Rio Medrio e del Rio Usignolo

scala 1:2000

18) Proposte di intervento prioritarie a mitigazione del rischio idraulico

di piena del Rio Ravanasco

scala 1:1000

19) Catasto opere di difesa (SICOD LT): Schede opere idrauliche

20) Catasto opere di difesa (SICOD LT): Tavola grafica

21) Catasto opere di difesa (SICOD LT): Documentazione fotografica

22.1) Riepilogo degli interventi proposti a mitigazione del rischio idraulico

di piena del Rio Medrio, del Rio Ravanasco e dei rii minori

scala 1:10.000

22.2) Stima sommaria degli interventi proposti

23.1) Planimetria Esondabilità Rio Medrio, Rio Usignolo TR 200 a seguito della realizzazione degli interventi prioritari di messa in sicurezza finanziati

negli anni 2011 e 2012	scala 1:2000
23.2) Planimetria Esondabilità Rio Medrio, Rio Usignolo	
a seguito della realizzazione completa degli interventi sistematori idraulici	scala 1:2000

N.B. Gli elaborati in grassetto sono aggiornati in adeguamento alle osservazioni del Parere Unico rilasciato in data 21/11/2011 dal Settore Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico Area Alessandria.

INDICE

1) PREMESSE.....	1
2) Descrizione sommaria dello studio	10
3) CALCOLO DELLE PORTATE DI VERIFICA IDRAULICA.....	12
3.1) Metodologia di calcolo.....	12
3.2) Indagine idrologica.....	14
3.3) Calcolo delle portate nel Rio Medrio	14
3.4) Calcolo delle portate nel Rio Ravanasco.....	18
3.5) Portate nei rii minori	20
3.6) Portate nel Fiume Bormida	22
4) VERIFICHE IDRAULICHE	23
4.1) Metodologia di verifica	23
4.2) Verifiche idrauliche.....	24
4.3) Modello idraulico di moto permanente	24
4.4) Ripartizione delle portate tra Rio Medrio Vecchio e Nuovo Canale Scolmatore	25
4.5) Commenti ai risultati della simulazione numerica.....	28
5) PROPOSTE PER INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	39
5.1) Rio Medrio	39
5.2) Rio Ravanasco.....	40
5.3) Rii minori	44
6) ALLEGATI CHE FANNO PARTE DELLO STUDIO.....	45