


# LAVORI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELL'AREA R.M.E. IN CORRISPONDENZA DELLA CONFLUENZA DEL TORRENTE CENISCHIA E DEL FIUME DORA RIPARIA NEL TRATTO CITTADINO DEL COMUNE DI SUSÀ (TO-E-1243)

## PROGETTO ESECUTIVO

00	09/2015	Prima emissione	CE	NP	MB
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.
<b>RELAZIONI TECNICHE SPECIALISTICHE</b>					
I PROGETTISTI:		HANNO COLLABORATO:		SCALA:	
Dott. Ing. Marco Belicchi		Dott. Ing. Cecilia Benassi		<b>DRS 3.02</b>	
Dott. Ing. Michele Ferrari		Dott. Ing. Elena Bocciarelli			
Dott. Ing. Nicola Pessarelli		Dott. Ing. Daniele Mori			
		<i>Topografia:</i> Staf S.r.l. Parma <i>Geologia</i> Dott. Geol. Felice Sacchi <i>Geotecnica:</i> Dott. Ing. Achille Jasoni			
 <b>STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI</b> Via Inama, 7 - 20133 Milano - tel. +39.02.70120918 fax +39.02.70120923 Via Cavallotti, 16 - 43121 Parma - tel. +39.0521.508419 fax +39.0521.221022				Settembre 2015	

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. STUDI PREGRESSI.....</b>	<b>5</b>
<b>3. PROGETTAZIONE COMPLESSIVA DEGLI INTERVENTI PREVISTI NEL COMUNE DI SUSA ALLA CONFLUENZA DELLA DORA RIPARIA E DEL TORRENTE CENISCHIA (PROG. ADBPO).....</b>	<b>7</b>
<b>4. IL PROGETTO DEFINITIVO AIPO .....</b>	<b>11</b>
4.1 PREMESSA.....	11
4.2 RILIEVI TOPOGRAFICI .....	12
4.3 ANALISI IDRAULICA.....	13
4.3.1 <i>Idrologia</i> .....	13
4.3.2 <i>Metodo di calcolo</i> .....	13
4.3.3 <i>Resistenza al moto e condizioni al contorno</i> .....	14
4.3.4 <i>La taratura del modello</i> .....	15
4.4 SIMULAZIONI E RISULTATI DELLE ANALISI IDRAULICHE .....	16
4.4.1 <i>Primo Scenario: Configurazione attuale</i> .....	16
4.4.2 <i>Secondo Scenario: configurazione di Progetto</i> .....	18
4.4.3 <i>Terzo scenario: configurazione di progetto AIPO in assenza del ponte di via Mazzini e della traversa</i> .....	21
4.5 CONCLUSIONI DEL PROGETTO AIPO .....	25
<b>5. STUDIO IDRAULICO POLITECNICO DI TORINO (PROF. BIANCO).....</b>	<b>27</b>
5.1 PREMESSA.....	27
5.2 STUDIO IDRAULICO GIUGNO 2013.....	27
5.3 CONFRONTO CON ELABORAZIONI AIPO .....	30
<b>6. CONCLUSIONI .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSA

A seguito degli eventi meteorici che hanno colpito la regione Piemonte tra il 29 e 30 Maggio 2008, con ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3683 del 13/06/2008, si è dato corso ad una serie di interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni ed a mitigare le situazioni di rischio, tra cui i presenti *“Lavori di sistemazione idraulica per la mitigazione del rischio idrogeologico nell'area R.M.E. in corrispondenza della confluenza del torrente Cenischia e del fiume Dora Riparia nel tratto cittadino del comune di Susa (TO-E-1243)”*.

Il progetto definitivo, redatto internamente dall'AIPO, è stato approvato con prescrizioni nella conferenza dei Servizi presso il Settore OO.PP. della Regione Piemonte in data 21/11/2008.

In data 23/03/2009 è stata effettuata una riunione con l'Amministrazione Comunale di Susa ed alcuni proprietari interessati dalla realizzazione dei lavori che non hanno condiviso la soluzione progettuale del rialzo e realizzazione del muro di sponda in sinistra orografica a monte del ponte di Via Mazzini (Interventi “B-C”).

I proprietari hanno richiesto lo stralcio dell'intervento preferendo il mantenimento dell'attuale situazione di rischio, chiedendo contestualmente la manutenzione dell'attuale muretto spondale.

In data 22/07/2009 con nota Prot. N. 29723/2009 il RUP ha poi trasmesso una copia dell'elaborato grafico - C11 - riportante il motivo estetico del muro di contenimento dei livelli di piena del fiume Dora Riparia in destra orografica a valle del ponte di via Mazzini al fine di acquisire il definitivo parere da parte della Regione Piemonte in ottemperanza a quanto indicato in sede di Conferenza dei Servizi. La Regione Piemonte Settore OO.PP. con nota Prot. N. 61769/14.06 ha trasmesso al settore Ambientale la copia del citato elaborato per eventuali osservazioni in merito.

Con perizia n°311 del 15/05/2009 è stata redatta una prima revisione del Progetto Definitivo che recepiva l'approfondimento richiesto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e le prescrizioni della Conferenza di Servizi tenutasi presso il Settore OO.PP. della Regione Piemonte in data 21/11/2008.

Nel Novembre del 2011 è seguita un'ulteriore revisione del progetto definitivo, sempre redatta dai progettisti AIPO (a firma dell'ing. Luigi Vattimo), su quest'ultima e sulla revisione del 2009 si è espresso il Gruppo Tecnico Interno di verifica del progetto che con verbale del 15/03/2012 ha richiesto alcune modifiche/integrazioni.

Con verbale del 21/12/2012, a cui ha fatto seguito la stipula del contratto in data 27/02/2013 presso la sede AIPO di Moncalieri, è stata affidata allo Scrivente *Studio Maione Ingegneri Associati*, con sede in Milano Via V. Inama 7 ed in Parma Via F. Cavallotti 16, la redazione del progetto definitivo finalizzato al recepimento delle integrazioni richieste dal Gruppo Tecnico Interno AIPO con Verbale di verifica del 15/03/2012 (Protocollo numero 11110 del 27/03/2012).

Nella presente relazione idraulica **si riporta integralmente quanto redatto da AIPO nella precedente revisione del progetto definitivo in termini di portate e livelli idrici (cfr. Capp. 4)**. I livelli sono poi stati riportati nelle nuove sezioni topografiche (vedi elaborati grafici DRS 3005 – 3006) prodotte in fase di progettazione definitiva (rilievo integrativo Luglio 2013), con la finalità di meglio definire la geometria delle sponde, che ben si integrano a quelle utilizzate in precedenza. Ciò ha permesso di ottimizzare le scelte progettuali con particolare riferimento agli interventi tra il ponte e la traversa.

Inoltre, occorre evidenziare che gli interventi di protezione idraulica in questa sede previsti – con particolare riferimento alla scelta di sovralzare il muro in sponda destra – **confermano le scelte già adottate da AIPO e si allineano con quanto rilevato dal prof. Bianco del Politecnico di Torino nello “Studio idraulico integrativo per l'adeguamento al P.A.I. del PRGC della città di Susa”** (nel Capitolo 5 si riporta -

per dovere di completezza - un estratto originale del capitolo 4.2 del sopracitato studio del prof. Bianco che illustra e analizza i possibili interventi di sistemazione nel tratto di Dora Riparia tra il ponte S. Rocco e la Traversa Genera II).

Occorre infine evidenziare che gli interventi in questa sede descritti che prevedono l'attuazione di una parte degli interventi indicati nello studio dell'AdBPo (riportati integralmente nel capitolo 3) e più precisamente:

- la sostituzione dei parapetti in sponda destra nel tratto di via Abegg, a valle del ponte di Via Mazzini con un muro chiuso;
- la realizzazione del nuovo muro e di una difesa di sponda destra, a monte del ponte Briançon;
- la realizzazione di micropali a presidio della fondazione del muro esistente a valle del ponte di via Mazzini in sponda destra e sinistra funzionali all'abbassamento della traversa Genera;

non assolvono alla definitiva messa in sicurezza del territorio, non essendo garantito ovunque il franco sulla portata duecentennale (in merito si rimanda al capitolo 6 delle Conclusioni).

Permangono infatti problematiche di diversa natura quali ad esempio: scarichi non dotati di valvole di non ritorno, elementi non a tenuta idraulica, locali discontinuità nella difesa di sponda sinistra ma gli interventi in questa sede descritti si configurano come un primo ed imprescindibile passo verso una futura messa in sicurezza dell'abitato di Susa.

## 2. STUDI PREGRESSI

In data 18/05/2005 l'Ufficio AIPO di Torino ha redatto il progetto definitivo per i  
*“Lavori di sistemazione idraulica per la mitigazione del rischio idrogeologico  
nell'area R.M.E. in corrispondenza della confluenza del Torrente Cenischia e del  
Fiume Dora Riparia nel tratto cittadino del Comune di Susa”*.

Il progetto, come indica il titolo, si riferiva agli interventi di sistemazione idraulica  
volti alla mitigazione del rischio idrogeologico nell'area R.M.E., in corrispondenza  
della confluenza del torrente Cenischia e del fiume Dora Riparia nel tratto cittadino  
del Comune di Susa (TO).

Contemporaneamente l'Autorità di Bacino del fiume Po completava lo studio idrau-  
lico condotto su tutta l'asta della Dora Riparia; dai confronti intercorsi a suo tempo  
si poteva ritenere che le scelte progettuali fossero conformi allo studio di fattibilità  
della sistemazione idraulica.

Nella seduta del 05/04/2006 con deliberazione n.12/2006 l'Autorità di Bacino ha  
adottato il progetto di variante del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico – Va-  
riante delle fasce fluviali del fiume Dora Riparia proprio a base dello Studio di fatti-  
bilità della sistemazione idraulica del fiume Dora.

Con lettera prot. n.7402/2007 del 22/05/2007 il Superiore Istituto di Parma ha ri-  
chiesto all'Autorità di Bacino un incontro tecnico per verificare la compatibilità del  
progetto.

Dall'incontro che si è tenuto presso la sede dell'Autorità di Bacino del Fiume Po di  
Parma in data 22/05/2007 è emerso che l'analisi idrologica dello studio idraulico  
ha determinato per la Dora Riparia, a monte della confluenza con il torrente Ceni-  
schia, una portata con  $T=200$  anni pari a  $530 \text{ m}^3/\text{s}$  maggiore di  $110 \text{ m}^3/\text{s}$  rispetto a  
quella considerata nel progetto ( $420 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pur considerando che il rialzo delle  
sponde previsto nel progetto è allo stato attuale l'unico possibile e che le soluzioni  
progettuali adottate sono conformi agli interventi di adeguamento previsti nel pro-  
getto di variante adottato, l'Autorità di Bacino ha richiesto di adeguare il progetto

alle nuove portate e di estendere la simulazione idraulica a monte del ponte di via Mazzini valutando i seguenti scenari:

1. situazione idraulica dello stato attuale;
2. situazione idraulica di progetto;
3. situazione idraulica di progetto senza interferenze della traversa e del ponte di via Mazzini.

In ottemperanza a quanto stabilito le simulazioni idrauliche sono state condotte considerando i nuovi valori di portata in riferimento ai 3 scenari sopra elencati.

Nel marzo del 2013, la Città di Susa ha incaricato il Politecnico di Torino (nella persona del Prof. Bianco) di redigere uno studio idraulico integrativo finalizzato alle necessità di adeguamento del PRGC al PAI al fine di valutare la possibilità di mantenere l'attuale ponte di Via Mazzini perseguendo soluzioni strutturali in grado di assicurare il contenimento delle acque della portata di riferimento, lasciando quindi come ultima la soluzione dell'eliminazione totale della struttura. Si riporta al Capitolo 5 un sintesi delle soluzioni analizzate in rapporto agli interventi del presente progetto esecutivo.

### **3. PROGETTAZIONE COMPLESSIVA DEGLI INTERVENTI PREVISTI NEL COMUNE DI SUSA ALLA CONFLUENZA DELLA DORA RIPARIA E DEL TORRENTE CENISCHIA (PROG. ADBPO)**

Con delibera tecnica n.12/2006 del Comitato Istituzionale, l'Autorità di Bacino del fiume Po in data 05/04/2006 ha adottato il progetto di variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico sulla base dello *"Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto Oulx alla foce Po"* promosso dall'Autorità stessa.

Per quanto riguarda l'abitato di Susa, l'analisi dello stato di sicurezza attuale dell'area urbana di lunghezza complessiva di 2400 m, come riportato nell'attività 3.3.1 *"Valutazione delle condizioni attuali di sicurezza del sistema difensivo"* (Monografia DR-A-03), evidenzia l'inadeguatezza delle difese longitudinali e dei muri arginali al contenimento della piena di riferimento con tempo di ritorno 200 anni. Si precisa, inoltre, che la presenza della traversa "Genera II" e dei manufatti di attraversamento totalmente insufficienti, provoca un effetto di rigurgito che contribuisce localmente, in modo sostanziale, a determinare l'insufficienza delle difese di sponda.

L'elevata antropizzazione dell'area consente di intervenire solo per mezzo di opere che possano contenere la piena con tempo di ritorno duecentennale all'interno delle attuali difese spondali.

Di seguito si riporta integralmente quanto descritto al paragrafo 3 del progetto dell'intervento strutturale DR-IS-01 "Susa", svolto nell'ambito dell'attività 3.4.2 *"Definizione a livello di fattibilità degli interventi di adeguamento"*, che illustra le opere previste, gli effetti attesi a seguito della loro realizzazione e le alternative tipologiche esaminate, per il conseguimento dell'assetto di progetto del fiume Dora Riparia.

*"Come anticipato in precedenza, le opere di adeguamento del tratto in esame saranno diverse.*



*Data la particolare gravità della situazione in corrispondenza dell'abitato di Susa, ove non è possibile incrementare le dimensioni dell'alveo né tantomeno sopraelevare eccessivamente i muri arginali, l'unica opzione possibile consiste nell'intervenire contemporaneamente su tre fronti:*

- *adeguamento strutturale dei ponti tale da eliminarne i rigurgiti;*
- *adeguamento tipologico e strutturale della traversa 110T tale da eliminarne l'effetto negativo sul deflusso della piena;*
- *adeguamento dei tratti di sponda inadeguati a contenere con franco adeguato la piena bicentenaria.*

*Per quanto concerne i ponti si è osservato che quattro dei cinque attraversamenti presenti lungo il tratto in esame risultano incompatibili con l'assetto di progetto: il rigurgito prodotto dalla presenza dei suddetti manufatti, infatti, genera un incremento dei livelli idrici di piena tale da rendere estremamente problematico un eventuale adeguamento delle sponde del corso d'acqua.*

*I suddetti manufatti dovranno quindi essere eliminati e sostituiti con opere realizzate in modo da non interferire con il deflusso della piena di riferimento.*

*Nello specifico i ponti incompatibili sono:*

- *il ponte della SS24 del Monginevro (progr. 55.39), posto proprio nel centro dell'abitato;*
- *il ponte di Corso Stati Uniti (progr. 55.93);*
- *il ponte "degli Alpini" (progr. 56.12);*
- *il ponte Carlo Alberto Dalla Chiesa (progr. 56.41)*

*Analogamente si è osservato che la presenza della traversa di derivazione esistente in corrispondenza della progressiva km 55.65 produce un innalzamento dei livelli idrici di piena incompatibile con le quote di ritenuta delle sponde a monte della traversa stessa. Il manufatto in questione è dotato di una soglia fissa di larghezza pari a 20 metri e di una paratoia mobile che regola una luce di larghezza pari a circa 8 metri.*

*Le simulazioni condotte hanno indicato che anche in corrispondenza della completa apertura della paratoia, la geometria dell'opera è tale per cui il livello di piena in prossimità del manufatto subisce un incremento – tra valle e monte - di 1.40 metri.*

*L'opera in oggetto dovrà quindi essere eliminata ovvero ristrutturata prevedendo la possibilità – in caso di piena – di eliminare il salto generato dalla traversa mediante aperture regolate da organi meccanici.*

*L'eliminazione delle opere interferenti consentirà di ridurre significativamente gli interventi di adeguamento delle quote di sponda che saranno comunque necessari.*

*A questo proposito le opere previste riguardano:*

- la sostituzione di tratti di parapetti in pilastrini con analoghe strutture chiuse;*
- la realizzazione di sovralti di muri arginali esistenti;*
- la realizzazione di nuovi tratti di muri di sponda;*
- la realizzazione di sovralti di sponda con manufatti in terra.*

*In alcuni tratti in cui si è osservata la mancanza di protezione della sponda, il paramento lato fiume sarà rivestito in massi di cava di peso compreso fra 1500 e 2000 kg/cad., mentre la berma al piede sarà realizzata con massi di peso maggiore di 2000 kg/cad. e si approfondirà rispetto al piano golena di circa 2.50 metri.*

*Si segnala infine che in diversi punti i muri arginali sono sostituiti da muri perimetrali di edifici costruiti direttamente sull'alveo che, oltretutto, presentano delle aperture (porte e finestre) poco più alte del piano dell'acqua in condizioni di magra.*

*In questi casi l'eliminazione dell'esistente criticità implicherebbe la chiusura delle aperture suddette ovvero l'inagibilità dei piani inferiori delle abitazioni.*

*Alternativamente si dovrebbero realizzare nuovi muri arginali a ridosso delle abitazioni che – tuttavia – potrebbero risultare incompatibili con la presenza delle aperture in oggetto.*

*In definitiva, quindi, si ritiene che l'eliminazione delle residue criticità determinate dalla presenza degli edifici in prossimità delle sponde del corso d'acqua potrà essere conseguita solo attraverso specifici accordi con i proprietari di tali fabbricati che – in linea teorica - potrebbero anche preferire il mantenimento dell'attuale situazione di rischio piuttosto che rinunciare all'utilizzo di parte delle loro abitazioni.*

*Poiché in questa sede non si possiedono elementi sufficienti per definire una soluzione condivisa sia dalle amministrazioni locali che dagli abitanti coinvolti, tra le ipotesi di intervento si è scelto di inserire la realizzazione di un nuovo muro arginale che potrà essere realizzato nei tratti lungo i quali si riterrà opportuno salvaguardare le abitazioni prospicienti il corso d'acqua.*

*In questa sede si è stimato che il suddetto muro venga realizzato lungo il 30% della sponda sulla quale insistono gli edifici in questione.”*

Infine, al paragrafo 4, sono descritte le *“Alternative tipologiche esaminate”*:

*“Come prima accennato il fatto che l'alveo risulta canalizzato e delimitato da muri arginali e la presenza di numerosi edifici realizzati in prossimità delle sponde o addirittura direttamente sulle sponde, non consente di prevedere opere di ampliamento della sezione di deflusso. La ricalibratura della sezione di deflusso risulterebbe, infatti, un'operazione di enorme complessità e di costo elevatissimo, richiedendo, in pratica, la demolizione di un gran numero di fabbricati e la modifica del sistema viario, senza tenere conto dei sottoservizi presenti in un ambito urbano quale quello in esame che dovrebbero essere spostati.*

*Analogamente non appare praticabile un intervento atto a ridurre le portate transienti all'interno dell'abitato mediante la realizzazione di uno scolmatore, a causa della morfologia del territorio (di fondovalle).*

*In definitiva, quindi, si ritiene che il solo intervento proponibile sia quello descritto al precedente paragrafo.”*

## 4. IL PROGETTO DEFINITIVO AIPO

### 4.1 Premessa

Il tratto considerato si localizza nell'abitato di Susa (TO) sul fiume Dora Riparia, subito a monte della traversa a scopo idroelettrico "2° SALTO GENERA 2", nel tratto compreso tra questa ed i ponti di via Mazzini e più a monte di via Montenero (in prossimità delle Gorge di Susa).

Il tratto di fiume in questione attraversa il tratto cittadino di Susa, con presenza sia in destra che in sinistra di abitazioni, poste subito a ridosso delle sponde. Lungo la sponda destra corre, poi, una strada comunale di accesso alle abitazioni ivi presenti, interessata, tra il ponte di via Mazzini e la traversa, dall'esondazione delle acque durante gli eventi alluvionali del 2000.

Nel progetto definitivo AIPO sono stati previsti per questo tratto i seguenti interventi:

- in sponda destra, nella parte terminale prossima alla traversa di derivazione, realizzazione di un nuovo muro spondale in c.a. con taglione e protezione del piede mediante micropali, per una lunghezza complessiva di m 103.00;
- sempre in sponda destra, rinforzo delle fondazioni dell'esistente muro in pietrame cementato mediante la realizzazione di micropali e cordolo di protezione in c.a. (per una lunghezza di m. 70.00);
- sempre nel medesimo tratto in sponda destra, per una lunghezza complessiva di m 155.00, la sostituzione dell'esistente parapetto con un muro in c.a. rivestito con pietra locale in modo da operare il rialzo delle sponde a scopi idraulici e da salvaguardare, al medesimo tempo, l'aspetto estetico dell'area;
- in sponda sinistra rialzo del muro in c.a. presente in modo da adeguare le due sommità di sponda, per una lunghezza di circa m 207.00;
- in sponda sinistra, a monte del ponte di via Mazzini, consolidamento della difesa mediante un rinforzo della fondazione con micropali e cordolo in c.a., per una lunghezza di m 180.00;

- sempre in sponda sinistra realizzazione di un muro di sostegno in c.a., per una lunghezza di m. 120.00, avente lo scopo di attuare la chiusura idraulica della sponda stessa in tale tratto, in quanto più bassa dell'omologa sponda destra.

## 4.2 Rilievi topografici

Per la redazione del progetto definitivo era stato effettuato dall'Ufficio AIPO di Torino - nei mesi di ottobre/novembre 2004 - uno specifico rilievo celerimetrico di dettaglio per la caratterizzazione geometrica dell'alveo nel tratto compreso tra la traversa per la derivazione d'acqua e il ponte di via Mazzini. Il rilievo era stato eseguito riferendolo alle quote del Progetto esecutivo "*Lavori di sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia alla confluenza con il Torrente Cenischia in prossimità della traversa terzo salto in Comune di Susa (TO)*" redatto dallo Studio Matteotti di Padova nel 2001 su incarico del Magistrato per il Po.

Nella successiva revisione lo stesso rilievo è stato esteso alla parte di monte del corso d'acqua (praticamente dal ponte di via Mazzini al ponte di via Montenero) e ampliato al concentrico cittadino fino al limite della fascia "C". Inoltre è stato acquisito un rilievo topografico del Comune di Susa relativo allo "*Studio idraulico finalizzato alla realizzazione della revisione del P.R.G.C.*" redatto dallo Studio POLITHEMA di Torino nell'ambito degli studi geologici volti all'adeguamento degli strumenti urbanistici del Comune di Susa alle disposizioni del PAI su incarico del Comune stesso.

Nello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po*" dell'Autorità di Bacino sono stati individuati i capisaldi delle sezioni trasversali utilizzate per la modellazione idraulica.

Per omogeneizzare quindi tutti i rilievi ed avere un confronto diretto si è operato con un ulteriore rilievo di taratura prendendo come riferimento le sezioni 110, 110P e 111 e relativi capisaldi dell'Autorità di Bacino.

Si è quindi riportato il rilievo dell'intero tratto esteso fino al limite della fascia "C" riferenziato plani-altimetricamente al rilievo dell'Autorità di bacino e sono stati considerati anche gli altri rilievi che sono stati resi conformi con adeguata traslazione

plano-altimetrica; in campo e dai punti rilevati sono state ricavate 23 sezioni idrauliche.

## **4.3 Analisi idraulica**

### **4.3.1 Idrologia**

Per le successive determinazioni idrauliche si fa riferimento allo *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po”* dell'Autorità di Bacino, anche alla luce di quanto emerso in occasione dell'incontro tecnico del 02/07/2008 con la medesima Autorità di Bacino.

Le portate di piena che vengono pertanto utilizzate sono quelle riportate nello studio dell'Autorità di Bacino per la Variante delle fasce e pari a:

$$Q_{20} = 240 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{200} = 530 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### **4.3.2 Metodo di calcolo**

L'analisi idrodinamica di piena è stata effettuata mediante la costruzione di un modello numerico di deflusso in piena con il noto codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center. La versione del software utilizzata è la 3.1.1. aggiornata a maggio 2003.

Il codice di calcolo utilizzato è monodimensionale e consente la determinazione di profili idrici di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo anche conto dell'influenza sul moto di manufatti di tipo vario (ponti, tombini, briglie, sfioratori, ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere modellati sia canali singoli che reti di canali naturali e artificiali, chiusi o aperti, con l'integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo misto. Il calcolo del livello del pelo libero si basa sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, valuta le perdite di carico mediante l'equazione di Manning, e tiene conto di perdite localizzate a mezzo di opportuni coefficienti moltiplicativi del carico cinetico. L'equazione del momento è utilizzata ogni volta in cui il profilo del moto

subisce brusche variazioni, ad esempio in corrispondenza di ponti, confluenze o risalti idraulici.

Tralasciando ulteriori spiegazioni sulle procedure di calcolo del programma si ricorda esclusivamente che l'inserimento della traversa determina l'utilizzo dell'equazione delle soglie sfioranti che ha la seguente espressione:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

dove:

- Q portata defluita sopra la soglia;
- C coefficiente di deflusso (assume valori compresi tra 1.38 e 1.71);
- L larghezza di sfioro;
- H differenza tra carico totale a monte e quota della soglia sfiorante.

Il programma tiene inoltre conto automaticamente dell'eventuale rigurgito della vena stramazzante (differenza tra carico di monte e valle e variazione del coefficiente di deflusso). In questo caso si adotta cautelativamente un coefficiente di deflusso  $C=1.705$  (corrispondente a  $\mu=0.385$ ).

#### 4.3.3 Resistenza al moto e condizioni al contorno

La definizione delle condizioni di resistenza al moto in alveo ed in golena avviene introducendo dei coefficienti di scabrezza, caratterizzati da adeguati valori del parametro  $n$  di Manning, espresso in  $\text{s/m}^{1/3}$ . Per il corso d'acqua il valore caratteristico della scabrezza in alveo e nelle aree golenali (in questo caso coincidenti con l'abitato di Susa) è stato assunto sulla base dell'approfondita analisi condotta nello studio dell'Autorità di Bacino.

I parametri adottati sono:

- per l'alveo  $n=0.05 \text{ s/m}^{1/3}$ ;
- per la golena  $n=0.25 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Per le condizioni al contorno determinate dai livelli a monte ed a valle del tratto considerato è stato assunto il livello critico nella sezione iniziale di valle (Sezione 1) e di monte (Sezione 21). Questa assunzione si ritiene corretta anche in relazione al fatto che la corrente è svincolata dalle condizioni di monte e valle in relazio-



ne alla presenza del ponte di via Mazzini e più a valle della traversa di derivazione.

#### 4.3.4 La taratura del modello

Sulla base della omogeneizzazione dei rilievi è possibile effettuare un confronto con il modello idraulico che è stato predisposto dall'Autorità di Bacino. Le corrispondenza tra le sezioni è riportata nella seguente tabella.

Autorità di Bacino	A.I.PO - Torino
SEZIONE 110	SEZIONE 5.2 (appena a valle della traversa)
SEZIONE 110a	SEZIONE 5.4 (appena a monte della traversa)
SEZIONE 110_1P	SEZIONE 10.2 (appena a monte del ponte di Via Mazzini)
SEZIONE 110_1Pa	SEZIONE 10.1 (appena a valle del ponte di Via Mazzini)
SEZIONE 111	Compresa tra le sezioni 14 e 15

Considerando il deflusso delle massime portate pari a  $530 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $240 \text{ m}^3/\text{s}$ , comparando i risultati nelle medesime sezioni, si determina la seguente tabella.

	AdBPo	A.I.PO	AdBPo	A.I.PO	AdBPo	A.I.PO	AdBPo	A.I.PO
			fondo	fondo	p.l. Tr=200anni	p.l. Tr=200 anni	p.l. Tr=20 anni	p.l. Tr=20 anni
			[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m s.m.]
TRAVERSA	SEZIONE 110	SEZIONE 5.2	489.37	489.34	493.40	493.51	490.99	491.75
	SEZIONE 110a	SEZIONE 5.4	489.42	489.7 (*)	494.80	494.37	493.35	493.13
PONTE	SEZIONE 110_1P	SEZIONE 10.2	492.64	492.75	500.53	499.10	498.01	497.37
	SEZIONE 110_1Pa	SEZIONE 10.1	492.64	492.55	497.77	498.43	495.70	495.42
	SEZIONE 111	SEZIONI 14 e 15	494.71	494.40	500.50	500.10	498.22	498.10

**NOTA (\*)**

E' stata considerata circa la sommità della soglia ribassata della paratoia a ventola presente; è presente un deposito davanti alla soglia fissa con quota prossima alla sommità della soglia stessa (soglia di sfioro alla quota 491.10 m s.m.; nei profili è riportata la quota della sezione davanti alla traversa pari a 490.60 m s.m.)



Dalla comparazione emerge che le quote del fondo alveo sono circa corrispondenti a quelle indicate nel progetto di Variante di Piano a meno di differenze dell'ordine della decina di centimetri.

Per quanto riguarda i livelli determinati si osserva una differenza media di circa 40 cm e una marcata differenza nelle sezioni a monte ed a valle del ponte di via Mazzini dovute probabilmente ad un differente approccio di calcolo per quantificare l'effetto della struttura.

#### 4.4 Simulazioni e risultati delle analisi idrauliche

##### 4.4.1 Primo Scenario: Configurazione attuale

Tabella 4-1: Stato di fatto, simulazione con tempo di ritorno pari a 200 anni

##### SITUAZIONE ESISTENTE - SIMULAZIONE TR=200 ANNI

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	530	496.70	503.05	501.68	504.08	4.50	127.99	34.71	0.63
20	530	496.30	502.97	501.02	503.78	4.06	168.55	48.17	0.53
19	530	495.90	502.21	501.03	503.49	5.13	151.26	54.77	0.67
18	530	495.65	502.30	500.48	503.08	4.00	198.89	80.59	0.54
17	530	495.25	501.69	500.24	502.79	4.76	173.06	114.55	0.61
16	530	494.90	501.63	500.82	502.35	3.93	251.96	161.21	0.62
15	530	494.60	500.38	500.38	501.84	5.44	134.45	100.33	0.88
14	530	494.10	499.93	498.04	500.53	3.53	221.07	95.84	0.49
13	530	493.65	499.77	497.66	500.36	3.52	257.56	150.03	0.47
12	530	493.25	499.59	497.54	500.18	3.67	382.23	282.08	0.47
11	530	492.95	499.70	497.89	499.94	2.41	581.27	342.67	0.36
10.2	530	492.75	499.10	498.80	499.77	4.14	417.27	311.18	0.53
10.15	PONTE DI VIA MAZZINI								
10.1	530	492.55	498.43	498.43	499.32	4.63	356.27	293.98	0.61
10	530	492.10	497.20	496.56	498.43	5.03	172.77	140.74	0.73
9	530	491.60	496.86	496.23	497.99	4.85	198.60	151.56	0.71
8	530	491.20	495.89	495.89	497.32	5.40	159.32	126.12	0.83
7	530	490.76	495.41	494.89	496.42	4.57	202.23	177.08	0.71
6	530	490.60	494.99	494.99	496.00	4.59	209.09	210.51	0.81
5.4	530	489.70	494.37	494.37	495.51	4.84	187.52	181.21	0.78
5.3	TRAVERSA DI DERIVAZIONE								
5.2	530	489.34	493.51	492.73	494.43	4.26	124.75	54.57	0.78
3	530	487.90	493.10	491.74	493.73	3.53	150.49	49.95	0.61
2	530	487.13	492.10	491.96	493.33	5.04	173.21	148.86	0.81
1	530	486.50	491.67	491.67	492.78	4.97	242.23	177.65	0.77

Tabella 4-2: Stato di fatto, simulazione con tempo di ritorno pari a 20 anni

**SITUAZIONE ESISTENTE - SIMULAZIONE TR=20 ANNI**

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	240	496.70	500.81	499.99	501.46	3.58	67.04	21.68	0.65
20	240	496.30	500.67	499.28	501.15	3.06	81.17	28.26	0.51
19	240	495.90	500.25	498.97	500.90	3.59	71.67	20.94	0.57
18	240	495.65	500.15	498.68	500.61	3.03	85.56	28.26	0.50
17	240	495.25	499.88	498.16	500.40	3.19	79.60	30.59	0.49
16	240	494.90	499.17	498.25	500.03	4.10	58.47	18.78	0.74
15	240	494.60	497.88	497.88	499.29	5.26	45.67	16.43	1.01
14	240	494.10	498.03	496.63	498.36	2.58	108.38	47.09	0.45
13	240	493.65	497.90	496.07	498.21	2.48	108.09	47.20	0.40
12	240	493.25	497.64	495.81	498.05	2.84	84.61	28.16	0.44
11	240	492.95	497.44	495.82	497.81	2.68	92.18	60.78	0.57
10.2	240	492.75	496.65	495.76	497.47	4.01	59.84	16.00	0.66
10.15	PONTE DI VIA MAZZINI								
10.1	240	492.55	495.42	495.42	496.84	5.28	45.48	26.55	1.00
10	240	492.10	495.52	494.71	496.19	3.64	65.90	20.70	0.65
9	240	491.60	495.14	494.38	495.81	3.64	67.60	29.60	0.66
8	240	491.20	494.54	493.89	495.25	3.73	64.44	23.32	0.69
7	240	490.76	494.13	493.22	494.62	3.12	76.99	31.49	0.58
6	240	490.60	493.40	493.09	494.21	3.99	60.10	24.88	0.82
5.4	240	489.70	493.13	492.48	493.72	3.38	70.97	26.72	0.66
5.3	TRAVERSA DI DERIVAZIONE								
5.2	240	489.34	491.75	491.28	492.38	3.52	68.24	28.33	0.72
3	240	487.90	491.37	490.43	491.77	2.78	86.34	32.92	0.55
2	240	487.13	490.86	490.19	491.47	3.46	69.42	25.34	0.67
1	240	486.50	489.67	489.67	490.84	4.79	50.08	21.79	1.01

Dall'analisi dei risultati riportati nelle tabelle, si osserva come il tratto sia caratterizzato da una condizione di moto di corrente lenta. Come si può osservare dai profili la traversa e il ponte di Via Mazzini costituiscono un ostacolo al deflusso della corrente e determinano un profilo rigurgitato della stessa. Con tempo di ritorno ventennale la portata considerata determina il sormonto della sponda destra appena a monte della traversa e da qui si ha l'allagamento di un'ampia parte dell'abitato.

A monte del ponte di Via Mazzini si ha l'esondazione in sinistra a ridosso della Chiesa di Susa per un tratto di circa 280 m. Da qui, in relazione all'altimetria del terreno, si può ritenere che l'allagamento prosegue nel centro abitato dietro la sponda sinistra a valle del ponte come indicano le fasce del P.A.I..

La portata con tempo di ritorno duecentennale invece determina praticamente il sormonto delle sponde in destra e sinistra con stramazzo della corrente sul ponte di Via Mazzini e l'allagamento di tutta l'area fasciata secondo il PAI.

#### 4.4.2 Secondo Scenario: configurazione di Progetto

Si precisa che la configurazione di progetto del secondo scenario è stata determinata ipotizzando un contenimento dei livelli mediante l'inserimento di argini non sormontabili "levees" nella zona a monte del ponte di Via Mazzini fino alla sezione 18 lungo la sponda sinistra, mentre nella zona a valle del ponte fino alla traversa lungo le sponde sinistra e destra.

Tabella 4-3: Tabella Levees: valori utilizzati nella modellazione del secondo scenario

	River Station	Left Sta	Left Elev	Right Sta	Right Elev
1	21				
2	20				
3	19				
4	18	59.82	504		
5	17	103.12	503		
6	16	124.27	502.5		
7	15	152.6	501		
8	14	168.04	501		
9	13	173.38	501		
10	12	188.41	501		
11	11	195.05	500		
12	10.2				
13	10.15	Bridge			
14	10.1				
15	10	204.87	499	225.58	499
16	9	209.2	498.5	230.6	498.5
17	8	211.97	498	233.79	498
18	7	208.84	497	234.83	497
19	6	210.88	496	243.8	496
20	5.4	202.54	496	229.26	496
21	5.3	Inl Struct			
22	5.2			228.4	496
23	3				
24	2				
25	1				

Tabella 4-4: Stato di progetto, simulazione con tempo di ritorno pari a 200 anni

**SITUAZIONE DI PROGETTO - SIMULAZIONE TR=200 ANNI**

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	530	496.70	503.22	501.68	504.18	4.36	133.74	35.84	0.60
20	530	496.30	503.14	501.02	503.90	3.93	177.20	50.53	0.51
19	530	495.90	502.56	501.03	503.66	4.78	170.79	55.46	0.61
18	530	495.65	502.61	500.49	503.33	3.82	189.66	58.71	0.50
17	530	495.20	501.82	500.08	503.02	4.86	120.62	65.39	0.62
16	530	494.90	501.64	500.59	502.55	4.23	139.63	65.67	0.66
15	530	494.60	500.15	500.15	501.94	5.93	91.13	38.64	0.98
14	530	494.10	500.29	498.04	500.90	3.47	168.09	68.14	0.47
13	530	493.65	500.13	497.60	500.72	3.46	206.55	117.06	0.45
12	530	493.25	499.93	497.56	500.55	3.67	282.91	132.66	0.46
11	530	492.95	498.99	497.71	500.21	4.96	159.58	114.12	0.66
10.2	530	492.75	499.09	498.80	499.77	4.16	414.56	309.07	0.53
10.15	PONTE DI VIA MAZZINI								
10.1	530	492.55	498.42	498.42	499.32	4.62	354.66	293.89	0.61
10	530	492.10	497.51	496.39	498.75	4.95	107.07	20.71	0.69
9	530	491.60	497.06	496.03	498.31	4.95	106.96	21.40	0.71
8	530	491.20	496.14	495.51	497.59	5.33	99.34	21.82	0.80
7	530	490.76	495.66	494.66	496.71	4.54	116.61	25.99	0.68
6	530	490.60	495.23	494.66	496.29	4.56	116.31	32.92	0.77
5.4	530	489.70	494.80	493.91	495.87	4.59	115.59	26.72	0.70
5.3	TRAVERSA DI DERIVAZIONE								
5.2	530	489.34	493.51	492.74	494.43	4.26	124.51	41.16	0.78
3	530	487.90	493.10	491.74	493.73	3.53	150.49	49.95	0.61
2	530	487.13	492.10	491.96	493.33	5.04	173.21	148.86	0.81
1	530	486.50	491.67	491.67	492.78	4.97	242.23	177.65	0.77

Tabella 4-5: Stato di progetto, simulazione con tempo di ritorno pari a 20 anni

**SITUAZIONE DI PROGETTO - SIMULAZIONE TR=20 ANNI**

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	240	496.70	500.79	499.99	501.45	3.60	66.60	21.67	0.66
20	240	496.30	500.65	499.28	501.13	3.08	80.49	27.97	0.51
19	240	495.90	500.21	498.97	500.87	3.63	70.85	20.86	0.58
18	240	495.65	500.10	498.70	500.58	3.07	84.23	28.05	0.51
17	240	495.20	499.82	498.15	500.35	3.22	74.44	17.08	0.49
16	240	494.90	499.18	498.29	500.00	4.01	59.80	18.80	0.72
15	240	494.60	497.89	497.89	499.29	5.24	45.83	16.44	1.00
14	240	494.10	498.28	496.63	498.59	2.45	98.05	26.76	0.41
13	240	493.65	498.18	496.07	498.46	2.34	102.63	24.33	0.36
12	240	493.25	497.97	495.82	498.32	2.64	91.01	19.85	0.39
11	240	492.95	497.68	495.82	498.14	3.00	79.88	18.05	0.46
10.2	240	492.75	497.37	495.76	497.95	3.37	71.28	64.91	0.51
10.15	PONTE DI VIA MAZZINI								
10.1	240	492.55	495.39	495.39	496.81	5.27	45.50	26.29	1.00
10	240	492.10	495.52	494.73	496.20	3.64	65.97	20.70	0.65
9	240	491.60	495.14	494.39	495.81	3.65	65.79	21.37	0.66
8	240	491.20	494.54	493.89	495.25	3.72	64.48	21.81	0.69
7	240	490.76	494.13	493.23	494.63	3.12	76.97	25.99	0.58
6	240	490.60	493.44	493.10	494.23	3.93	61.12	24.88	0.80
5.4	240	489.70	493.20	492.50	493.76	3.29	72.88	26.72	0.64
5.3	TRAVERSA DI DERIVAZIONE								
5.2	240	489.34	491.75	491.27	492.38	3.52	68.24	28.33	0.72
3	240	487.90	491.37	490.43	491.77	2.78	86.34	32.92	0.55
2	240	487.13	490.86	490.19	491.47	3.46	69.42	25.34	0.67
1	240	486.50	489.67	489.67	490.84	4.79	50.08	21.79	1.01

Nel tratto compreso tra la traversa e il ponte, per la portata con T=20 anni, si osserva come un rialzo della sponda destra e sinistra di circa 1 m (altezza parapetto) è sufficiente a contenere la piena e i rigurgiti della traversa. A monte del ponte la sponda destra esistente contiene i livelli di piena con T=20 anni in assenza di franco, mentre l'adeguamento in quota della sponda sinistra fino circa alla sezione 18 è necessario per contenere la piena.

Il deflusso della portata di piena con T=200 anni determina il sormonto del ponte di Via Mazzini e di tutta la sponda destra con un battente d'acqua massimo di circa 1.50 m poco a monte del ponte stesso (per la sponda sinistra è stato ipotizzato il contenimento).

#### 4.4.3 *Terzo scenario: configurazione di progetto AIPO in assenza del ponte di via Mazzini e della traversa*

Al fine di evidenziare l'influenza delle infrastrutture presenti sui profili di piena si è ipotizzata questa configurazione geometrica basata su una ricostruzione dell'alveo in assenza del ponte di via Mazzini, ipotizzando anche un allargamento della sezione compatibile con le sezioni di monte e di valle, una modesta riprofilatura del fondo alveo tra la traversa e il ponte (compatibile con le difese esistenti) ed infine l'eliminazione della traversa (quest'ultima condizione potrebbe evidentemente corrispondere alla sostituzione della parte fissa della traversa con delle soglie abbattibili). Per la sponda destra e sinistra è stato inoltre ipotizzato il contenimento dei livelli della configurazione di progetto.

Anche in questo caso la configurazione del corso d'acqua è stata determinata ipotizzando un contenimento dei livelli mediante l'inserimento di argini non sormontabili "levee" nella zona a monte del ponte di Via Mazzini fino alla sezione 18 lungo la sponda sinistra, mentre nella zona a valle del ponte fino alla traversa lungo le sponde sinistra e destra.

Tabella 4-6: Tabella Levees: valori utilizzati nella modellazione del terzo scenario

	River Station	Left Sta	Left Elev	Right Sta	Right Elev
1	21				
2	20				
3	19				
4	18	59.82	504		
5	17	103.12	503		
6	16	124.27	502.5		
7	15	152.6	501		
8	14	168.04	501		
9	13	173.38	501		
10	12	188.41	501		
11	11	195.05	500		
12	10.2				
13	10.1	201.57	500		
14	10	204.87	499	225.58	499
15	9	209.2	498.5	230.6	498.5
16	8	211.97	498	233.79	498
17	7	208.84	497	234.83	497
18	6	210.88	496	243.8	496
19	5.4	202.54	496	229.26	496
20	5.2			228.4	496
21	3				
22	2				
23	1				

Tabella 4-7: Scenario futuro in assenza del ponte di via Mazzini e della traversa, simulazione con tempo di ritorno pari a 200 anni

**SITUAZIONE SENZA PONTE E TRAVERSA - SIMULAZIONE TR=200 ANNI**

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	530	496.70	503.22	501.68	504.18	4.35	133.74	35.84	0.60
20	530	496.30	503.14	501.02	503.90	3.93	177.20	50.53	0.51
19	530	495.90	502.56	501.03	503.66	4.78	170.80	55.46	0.61
18	530	495.65	502.61	500.49	503.33	3.82	189.67	58.71	0.50
17	530	495.20	501.82	500.08	503.02	4.86	120.64	65.40	0.62
16	530	494.90	501.64	500.59	502.55	4.23	139.66	65.69	0.66
15	530	494.60	500.15	500.15	501.94	5.93	91.13	38.64	0.98
14	530	494.10	500.09	498.04	500.75	3.61	155.75	57.86	0.49
13	530	493.65	499.90	497.60	500.56	3.62	181.89	99.73	0.47
12	530	493.25	499.62	497.56	500.35	3.93	245.30	116.89	0.50
11	530	492.80	497.81	497.59	499.82	6.28	84.41	18.06	0.93
10.2	530	492.44	497.94	496.77	499.10	4.83	167.99	160.86	0.67
10.1	530	492.28	497.76	496.43	498.94	4.82	118.10	61.49	0.66
10	530	492.00	497.32	496.34	498.64	5.08	104.27	20.71	0.72
9	530	491.56	496.48	496.01	498.07	5.58	95.03	21.40	0.84
8	530	490.96	495.05	495.05	497.01	6.19	85.57	21.82	1.00
7	530	490.25	494.69	493.80	495.80	4.65	113.89	25.99	0.71
6	530	489.83	493.75	493.42	495.26	5.44	97.43	24.88	0.88
5.4	530	489.47	493.32	492.90	494.67	5.16	102.72	26.72	0.84
5.2	530	489.34	493.51	492.74	494.43	4.26	124.51	41.16	0.78
3	530	487.90	493.10	491.74	493.73	3.53	150.49	49.95	0.61
2	530	487.13	492.10	491.96	493.33	5.04	173.21	148.86	0.81
1	530	486.50	491.67	491.67	492.78	4.97	242.23	177.65	0.77



Tabella 4-8: Scenario futuro in assenza del ponte di via Mazzini e della traversa, simulazione con tempo di ritorno pari a 20 anni

**SITUAZIONE SENZA PONTE E TRAVERSA - SIMULAZIONE TR=20 ANNI**

SEZIONE	PORTATA [m <sup>3</sup> /s]	FONDO [m s.m.]	LIVELLO [m s.m.]	LIVELLO CRITICO [m s.m.]	ENERGIA [m s.m.]	VELOCITA' [m/s]	SEZIONE BAGNATA [m <sup>2</sup> ]	LARGH. P.L. (m)	FROUDE
21	240	496.70	500.79	499.99	501.45	3.60	66.59	21.67	0.66
20	240	496.30	500.65	499.28	501.13	3.08	80.48	27.96	0.51
19	240	495.90	500.21	498.97	500.87	3.63	70.83	20.86	0.58
18	240	495.65	500.10	498.70	500.58	3.08	84.21	28.04	0.51
17	240	495.20	499.82	498.15	500.35	3.22	74.42	17.08	0.49
16	240	494.90	499.17	498.29	500.00	4.02	59.76	18.79	0.72
15	240	494.60	497.89	497.89	499.29	5.24	45.83	16.44	1.00
14	240	494.10	497.60	496.63	498.06	3.01	79.80	26.68	0.56
13	240	493.65	497.40	496.07	497.82	2.87	83.76	24.23	0.49
12	240	493.25	496.99	495.82	497.56	3.35	71.66	19.73	0.56
11	240	492.80	495.97	495.69	497.08	4.67	51.43	17.43	0.87
10.2	240	492.44	495.80	495.06	496.53	3.77	63.58	20.00	0.68
10.1	240	492.28	495.74	494.73	496.36	3.46	69.28	20.00	0.59
10	240	492.00	495.41	494.67	496.11	3.71	64.70	20.69	0.67
9	240	491.56	494.65	494.38	495.59	4.30	55.79	21.34	0.85
8	240	490.96	493.53	493.43	494.60	4.57	52.47	21.74	0.94
7	240	490.25	492.91	492.37	493.55	3.55	67.70	25.97	0.70
6	240	489.83	492.25	491.95	493.06	3.98	60.27	24.87	0.82
5.4	240	489.47	491.74	491.48	492.54	3.96	60.54	26.72	0.84
5.2	240	489.34	491.75	491.27	492.38	3.52	68.24	28.33	0.72
3	240	487.90	491.37	490.43	491.77	2.78	86.34	32.92	0.55
2	240	487.13	490.86	490.19	491.47	3.46	69.42	25.34	0.67
1	240	486.50	489.67	489.67	490.84	4.79	50.08	21.79	1.01

Dal confronto dei profili emerge che la presenza della traversa determina un rigurgito per un tratto a monte che si estende fino circa al ponte con un'altezza di circa 1.50 m in prossimità della traversa stessa. Il ponte e la limitata larghezza delle sezioni di monte (sezioni 12, 13, 14 e 15) determinano altresì un rigurgito verso monte che, con portata duecentennale, ha altezza di circa 1.20 m e si estende per una lunghezza di circa 100 m. In ogni caso in assenza della traversa le attuali sponde sarebbero sufficienti a contenere la piena con T=20 anni fino al ponte e anche a monte il rialzo delle sponde sarebbe minimo. La portata con T=200 anni determina uno scenario dove è in ogni caso difficoltoso contenere con franco di 1 m i livelli di piena. In particolare in corrispondenza del ponte (risulta necessario rialzare di circa 1 m il piano stradale attuale) e nel tratto a monte, in sponda destra e sinistra.

## 4.5 Conclusioni del progetto AIPO

Sulla base delle simulazioni idrauliche effettuate risulta evidente che le infrastrutture presenti determinano effettivi rigurgiti e che le altezze spondali sono insufficienti a contenere gli eventi di piena che possono verificarsi già con tempo di ritorno ventennale.

Per la nuova portata  $Q_{200}$  pari a  $530 \text{ m}^3/\text{s}$  assunta nel Piano di Variante dell'Autorità di Bacino del fiume Po (nel precedente Piano di Bacino la portata era pari a  $410 \text{ m}^3/\text{s}$ ) gli allagamenti provocati dal rigurgito del ponte e della traversa si estendono in sinistra fino alla S.S.25, in destra fino alla S.S.24.

La portata  $Q_{20}$  pari a  $240 \text{ m}^3/\text{s}$  determina l'esondazione in sponda sinistra a monte del ponte di via Mazzini e di conseguenza l'allagamento dell'area immediatamente a valle. In sponda destra, invece, la  $Q_{20}$  determina un'esondazione causata dal rigurgito dovuto alla presenza della traversa e le attuali sponde risultano insufficienti a contenere i livelli idrici nei primi 200 m a monte della traversa stessa (a monte del ponte di via Mazzini solo in corrispondenza della sezione 18 si ha una lieve esondazione locale).

Dal confronto tra i risultati ottenuti in questa sede ed il "Progetto di Variante del Fiume Dora Riparia" approvato dall'Autorità di Bacino emerge una differenza in particolare del livello di rigurgito a monte del ponte.

### Interventi previsti nelle aree non di competenza AIPO:

- ❑ è previsto un intervento per la ristrutturazione della traversa (abbassamento della soglia) ad opera del proprietario;
- ❑ è previsto un progetto privato per la messa in sicurezza della Chiesa di Susa attualmente in fase di autorizzazione che prevede la chiusura stagna della chiesa a monte del ponte di via Mazzini (chiusura delle finestre interessate dai livelli di piena).

### Progetto AIPO

- ❑ sulla base degli approfondimenti richiesti dall'Autorità di Bacino del fiume Po si deduce che il contenimento dei livelli di piena avente  $T = 20$  anni (deflusso della portata pari a  $240 \text{ m}^3/\text{s}$ ) in assenza di franco è compatibile con l'attuale assetto urbanistico. Per questo è necessario alzare le spon-

de destra e sinistra nel tratto a valle del ponte di via Mazzini. Considerata la nuova portata della variante di piano il rialzo necessario è di circa 1.30 m (sostituzione del parapetto con muro di contenimento) lungo la sponda destra e il conseguente adeguamento della sponda sinistra. Anche a monte del ponte di via Mazzini deve essere adeguata in quota la sponda sinistra (fino circa alla sezione 18) alla stessa quota della sponda destra;

- il contenimento della piena di progetto con  $T = 200$  anni con adeguato franco risulta di difficile ottenimento anche ipotizzando un abbassamento della traversa a valle del ponte di Via Mazzini e un rifacimento del ponte con contestuale allargamento della sezione idraulica. Con tali ipotesi infatti risulterebbe necessario anche un ulteriore innalzamento delle sponde per garantire un commisurato franco sulla  $T 200$ .

Sulla base dei risultati ottenuti si ritiene che le opere previste nel progetto sono necessarie per garantire almeno il contenimento delle piene aventi un tempo di ritorno inferiore o uguale a 20 anni. Tali opere risultano compatibili con l'attuale assetto urbanistico e grado di antropizzazione del territorio.

Stabilito che l'abitato di Susa può essere interessato da esondazioni del fiume Dora Riparia già per eventi con tempo di ritorno inferiore a 20 anni e che l'attuale assetto urbanistico non permette la possibilità di contenere i livelli della piena di progetto si confermano le scelte progettuali della perizia n. 311 del 18.05.2005. Confermate quindi le ipotesi e i profili di piena determinati in questa fase progettuale di approfondimento è evidente la necessità di una rivisitazione delle soluzioni progettuali in fase di progettazione esecutiva al fine di ottimizzare il contenimento dei livelli compatibilmente con l'assetto del territorio.

## 5. STUDIO IDRAULICO POLITECNICO DI TORINO (PROF. BIANCO)

### 5.1 Premessa

Di seguito si riporta un estratto originale del capitolo 4.2 dello studio condotto dal Prof. Bianco del Politecnico di Torino in merito ai possibili interventi di sistemazione nel tratto di Dora Riparia tra il ponte S. Rocco e la Traversa Genera II in cui si evidenzia come gli interventi previsti in questa sede e, come già indicato, condivisi e approvati dall'Autorità di Bacino del Po, sono alla base dei possibili successivi interventi che possono portare alla messa in sicurezza dell'abitato di Susa per tempi di ritorno della piena maggiori di venti anni.

### 5.2 Studio idraulico Giugno 2013

#### 4.2 - STUDIO DEI POSSIBILI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE NEL TRATTO DI DORA TRA IL PONTE S. ROCCO E LA TRAVERSA "GENERA II" (COMPRESO TRA LE SEZIONI 21 A MONTE E 1 A VALLE) CON SPECIFICO RIGUARDO ALL'INTERFERENZA PROVOCATA DAL PONTE DI VIA MAZZINI E DALLA TRAVERSA.

L'insieme di tali interventi e condizioni, indicati nel seguito con AIPO SPT (Senza Ponte e Traversa), influiscono sull'assetto delle correnti dando luogo a **profondità idriche il più contenute possibile** per il contesto in studio, tanto da costituire una condizione di riferimento e quindi utile per confrontare assetti diversi conseguenti a condizioni diverse dalle cinque sopra elencate.

Come sopra detto in questa sede si intende conservare il più possibile quanto proposto da AIPO, e pertanto le condizioni 3), 4) e 5) costituiscono un punto fermo con una costante presenza in tutto ciò che segue.

Dagli approfondimenti richiesti dall'Autorità di Bacino all'AIPO relativi alla configurazione senza interferenza del ponte e senza interferenza della traversa (nel seguito indicate con SPT), emerge che in tali condizioni si può realizzare in maniera soddisfacente il contenimento delle acque della Q200 anche se occorre intervenire sull'altezza delle sponde soprattutto in sinistra a monte del ponte di Via Mazzini.

In questa sede, come richiesto dal Comune di Susa, si esamina la contrapposta possibilità di mantenere l'attuale ponte proponendo degli interventi in serie appositamente mirati per raggiungere il contenimento della Q200. Tali interventi, come vedremo, sono stati scelti in modo da conservare gli interventi di sistemazione idraulica già proposti da AIPO, discussi e condivisi da ADBPO, ed approvati dalla Conferenza dei Servizi svolta presso la Regione Piemonte il 21 novembre 2008.

La perseguibilità di tale soluzione conservativa verrà verificata confrontando gli scenari numerici delle due soluzioni con e senza (interferenza) ponte sia in termini di contenimento della Q200 sia nei riguardi della fattibilità tecnica.

Ricordiamo che le condizioni usate da AIPO nello studio della configurazione SPT sono:

- 1) eliminazione della struttura del ponte;
- 2) incremento trasversale di 4 metri della larghezza delle sezioni 10.2 e 10.1;
- 3) eliminazione della traversa;
- 4) riprofilatura alveo tra la traversa e il ponte di via Mazzini;
- 5) contenimento dei livelli da parte delle sponde destra e sinistra (ciò che ha comportato nella fase di simulazione idraulica la necessità di inserire argini non sormontabili (levees) nella zona a monte del ponte di via Mazzini in sponda sinistra fino alla sezione 18, mentre nella zona a valle del ponte fino alla traversa, lungo le sponde sinistra e destra).

L'insieme di tali interventi e condizioni, indicati nel seguito con AIPO SPT (Senza Ponte e Traversa), influiscono sull'assetto delle correnti dando luogo a **profondità idriche il più contenute possibile** per il contesto in studio, tanto da costituire una condizione di riferimento e quindi utile per confrontare assetti diversi conseguenti a condizioni diverse dalle cinque sopra elencate.

Come sopra detto in questa sede si intende conservare il più possibile quanto proposto da AIPO, e pertanto le condizioni 3), 4) e 5) costituiscono un punto fermo con una costante presenza in tutto ciò che segue.

Tuttavia, gli interventi 3) e 4) cioè l'eliminazione della traversa e la conseguente riprofilatura del fondo, possono essere realizzate solo dopo aver eseguito i lavori (L1) di consolidamento delle fondazioni dei muri spondali con micropali e altro previsti dall'AIPO in destra e sinistra (vedi interventi B nel paragrafo 3.2.3).

Durante il tempo necessario per l'attuazione dei lavori (L1) si deve sostituire il parapetto permeabile lungo Via Abegg, in sponda destra, con altro impermeabile<sup>2</sup> nel tratto dal ponte alla traversa, lavori qui indicati con L2 (*che scongiurano nelle condizioni attuali, come dimostrato da AIPO, lo sversamento delle acque della Q20 in sponda destra in via Abegg, lavori che, come sarà mostrato in seguito, risultano in ogni caso indispensabili per il contenimento di portate di maggiore entità fino alla Q200*) e sostituire i parapetti impermeabili del ponte di via Mazzini con parapetti permeabili (anche utilizzando quelli attuali rimossi da via Abegg), qui suggeriti e indicati come lavori L3, che assicurano un minore impatto con le correnti allorquando dovessero presentarsi portate di piena in grado di interferire con la struttura del ponte.

Il costo dell'operazione è di gran lunga inferiore al valore dei presumibili danni conseguenti alla maggiore esondazione, ed i tempi di esecuzione, dell'ordine di qualche mese, sono piuttosto contenuti.



Esauriti i lavori (L1)+(L2)+(L3) si può recuperare l'altezza della traversa di 1,30 m sostituendo (vedi punto 3 sopra indicato) la parte fissa di quella attuale con una struttura abbattibile in caso di piena (come, per esempio, paratoie mobili o una traversa gonfiabile) riducendo in tal modo il rigurgito solamente a quello provocato dalla struttura in cls che accoglie i gargami della parte a settore attualmente esistente, che in caso di piena viene sollevata, e infine ricalibrare il fondo alveo tra traversa e ponte (vedi punto 4 sopra indicato).

Eseguiti i precedenti lavori [ (L1) + (L2) + (L3) + 3 + 4 ] che indicheremo di seguito come "interventi 1<sup>a</sup> fase" (in grado, come verificato numericamente, di contenere la Q20 e di migliorare il deflusso della Q100), il contenimento della Q200 può essere realizzato attraverso due possibilità:

#### 4.2.1 SOLUZIONE 1 (CONSERVAZIONE DELL'ATTUALE PONTE DI VIA MAZZINI).

Conserva l'attuale ponte; ciò richiede la realizzazione di una serie di interventi appositamente mirati che si aggiungono ai suesposti "interventi 1<sup>a</sup> fase" per realizzare il contenimento delle portate via via crescenti dalla Q20 alla Q200.

Per il contenimento della Q100, infatti, come dimostrato dalle simulazioni numeriche, occorre: adeguare in quota la sponda sinistra a valle del ponte di via Mazzini, modificare i parapetti da permeabili a impermeabili in destra a monte del ponte (corso Trieste), prevedere in caso di piena la chiusura di via Argentera angolo via Mazzini, e dei due accessi al ponte di via Mazzini.

Questi interventi aggiunti agli "interventi 1<sup>a</sup> fase" costituiscono tutti insieme gli "interventi 2<sup>a</sup> fase".

Per il contenimento della Q200 agli "interventi 2<sup>a</sup> fase" occorre aggiungere l'allargamento delle sezioni di deflusso in sponda destra per circa 110 metri a cavallo del ponte di via Mazzini e l'adeguamento di Via Argentera al fine di utilizzare i muri di confine delle proprietà come strutture di contenimento delle acque.

Questi ultimi aggiunti agli "interventi 2<sup>a</sup> fase" costituiscono tutti insieme gli "interventi 3<sup>a</sup> fase".

...."omissis".....

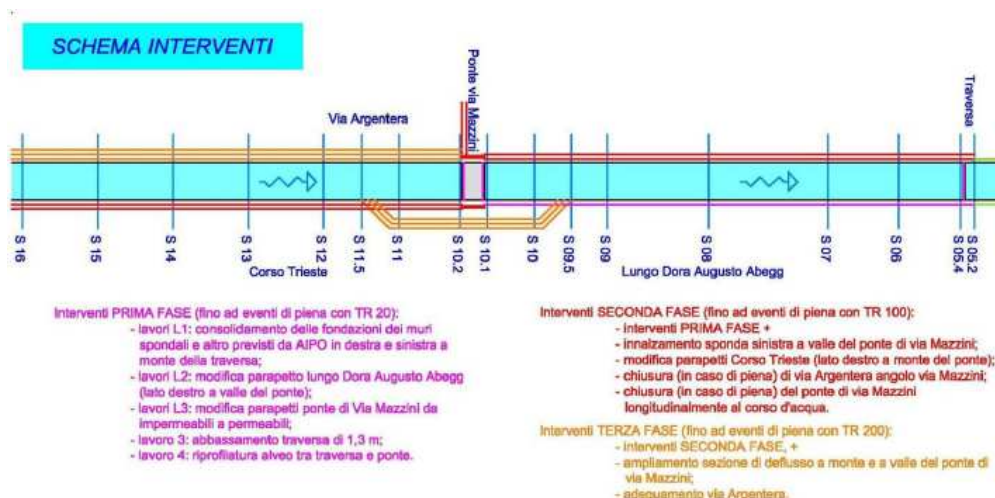


Figura 4.17 - Schema degli interventi successivi per il contenimento delle portate nell'alveo della Dora

...”omissis”...

#### 4.2.2 SOLUZIONE 2 (SOSTITUZIONE DEL PONTE DI VIA MAZZINI).

Prevede l'assenza totale di interferenza delle acque con la struttura del ponte (ciò che può essere realizzato **sostituendo l'attuale ponte con una struttura mobile** - es. ponte levatoio o impalcato sollevabile con martinetti idraulici - che in caso di piena possa essere manovrato per raggiungere lo scopo).

In tale soluzione l'alveo del corso d'acqua sarà soggetto ai medesimi interventi fino alla 2ª fase previsti per la soluzione 1, ma nella terza fase i lavori di allargamento saranno limitati alle sole sezioni 10.2 e 10.1 per un aumento di larghezza di soli 4 metri.

L'assenza di interferenza, sommata agli interventi precedentemente descritti, da qui in poi chiamata **“intervento 0”**, è sostanzialmente ricondotta alla configurazione ottimale senza ponte e senza traversa SPT, suggerita da ADBPO e studiata dall'AIPO, utile come prima detto per operare delle comparazioni di profili liquidi in presenza e assenza di ponte e traversa.

Nel seguito per apprezzare le modalità ed il grado di contenimento via via crescente, delle correnti nell'alveo della Dora, ottenibili con gli interventi proposti, esamineremo i risultati delle simulazioni idrauliche numeriche confrontando tra loro:

- nel Confronto 0, relativo allo **“Intervento 0”** (corrispondente alla Soluzione 2: eliminazione interferenza con il ponte + **“Interventi 3ª fase”**), gli assetti delle correnti alle portate Q20, Q100 e Q200, confrontando i risultati ottenuti con Q20 e Q200 con quelli relativi alla condizione **“AIPO SPT”**,

### 5.3 Confronto con elaborazioni AIPO

Nella tavola DRS 3004 **“Profilo longitudinale”** si riportano i livelli della soluzione 2 – Confronto 0 della sola fase liquida dello studio del Politecnico (assenza ponte di via Mazzini, traversa abbassata, allargamento localizzato presso le sezioni 10.2 e 10.1) a confronto con lo scenario 3 della modellazione di Aipo che prevede le stesse condizioni geometriche.

Dall'analisi emerge che i livelli del Politecnico (soluzione 2) sono generalmente più bassi ad eccezione della sezione 11 a monte del ponte di via Mazzini e nelle sezioni 7 e 6, per valori dell'ordine del decimetro giustificabili - come riportato nella relazione del Politecnico al paragrafo 4.2.3 - dall'adozione di:

- diverso valore della scabrezza assegnato all'alveo, qui assunto pari a quello usato da ADBPO nello studio già citato,
- assenza totale della traversa in AIPO SPT, presenza della struttura che ospita i gargami della paratoia a settore nelle simulazioni del Politecnico.

## 6. CONCLUSIONI

Preso atto delle conclusioni dedotte da AIPO in sede di progettazione definitiva (cfr Paragrafo 4.5), si sono in questa sede esclusivamente riportati i livelli di riferimento per i 3 diversi scenari al variare del tempo di ritorno (T 20 e 200 anni) sulle nuove sezioni (rilievo integrativo commissionato da AIPO nel Luglio 2013 solo per il tratto a valle del ponte di Via Mazzini e limitatamente alle fasce spondali, che ha permesso di ottimizzare le scelte progettuali con particolare riferimento agli interventi tra il ponte e la traversa).

Nello specifico, trattasi delle seguenti ipotesi:

- scenario 1 – Configurazione attuale
- scenario 2 – Configurazione di progetto (solo adeguamento spondale)
- scenario 3 – Configurazione di progetto AIPO in assenza del ponte di via Mazzini e della traversa (adeguamento spondale compreso)

Tali sezioni sono “sezioni di progetto” e non idrauliche non essendo stato rilevato il fondo ma solo le quote di difesa spondale e le aree a tergo, in particolare presso l'Ospedale di Susa. Il rilievo 2013 ha comunque di fatto confermato le quote spondali idrauliche del rilievo 2005.

Alla luce dei modelli idraulici implementati nelle precedenti revisioni del PD e con le integrazioni topografiche eseguite in questa sede, si rileva quanto segue.

A valle del ponte di Via Mazzini la portata con tempo di ritorno ventennale risulta contenuta per entrambi gli scenari considerati (Scenario2 – stato di progetto e Scenario 3 – possibile assetto futuro).

La portata duecentennale per lo scenario 2 non è mai contenuta all'interno delle sponde, mentre per lo scenario 3 - non essendo più presente la traversa - si ha una riduzione dei livelli che risultano di fatto contenuti dalle sponde attuali, ma solo localmente.

Il sovrizzo della difesa spondale in destra idraulica a valle del ponte di Via Mazzini di altezza pari a 1.10 m (attuale parapetto) permette di contenere i livelli di piena duecentennale dello scenario 3 sostanzialmente in assenza di franco.



In sponda sinistra la piena duecentennale nello scenario 3 fuoriesce in corrispondenza dei primi edifici a valle del ponte di Via Mazzini, mentre l'area ospedaliera risulta protetta dal muretto di recinzione presente.

Per il periodo intercorrente dall'avvenuta realizzazione degli interventi del presente progetto e l'esecuzione di quanto previsto dallo scenario 3 (abbassamento della traversa) l'area rimarrebbe quindi in condizioni di vulnerabilità per portate duecentennali. Per questa ragione si è optato per l'inserimento di moduli di sovrалzo temporaneo in alluminio per la sponda destra (intervento B1) che permetteranno il contenimento dei livelli T 200 scenario 2 in assenza di franco e quelli di scenario 3 con franco idraulico (pari a 1.0 m).

In sponda sinistra l'insufficienza permane in corrispondenza dei primi edifici a valle del ponte di via Mazzini: per ovviare a tale situazione dovranno essere predisposte misure non strutturali di gestione del rischio residuo (adeguamento del Piano Comunale di Protezione Civile).

Per l'area dell'ospedale, dove le problematiche non sono così accentuate, risulta sufficiente un modesto sovrалzo del tratto terminale del muro di recinzione del parco giochi (con eventuale adeguamento in quota della pista di accesso - intervento B2) finalizzato al rientro in alveo delle eventuali portate di piena provenienti da monte.