POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI
ED INFRASTRUTTURE CIVILI

PROGRAMMA GENERALE DI GESTIONE DEI SEDIMENTI (PGS) PER I CORSI D'ACQUA PIEMONTESI

Torrente Pellice e Torrente Chisone

Relazione

CONTRATTO DI RICERCA N. 1236/2006
CONVENZIONE AIPO N. 334 rep. 20/12/2006

Responsabile Scientifico

prof. ing. Maurizio Rosso

Gruppo di lavoro:

prof. ing. Maurizio Rosso DITIC - Politecnico di Torino
prof. dott. Elena Comino DITAG - Politecnico di Torino
dott. ing. Ivo Fresia
dott. geol. Furio Dutto

Supporto Tecnico:

ART Ambiente Risorse Territorio srl – Parma

Ottobre 2008: Emissione

Maggio 2009: Rev. 01

INDICE

1 Premessa 5

2 Riferimenti normativi 8

3 Contenuti del Programma di gestione dei sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone 11

4 Impostazione metodologica del Programma di gestione dei sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone 15

5 Riferimenti conoscitivi 18

6 Inquadramento generale del bacino idrografico 19

6.1 Inquadramento fisiografico 19

6.2 Inquadramento geomorfologico 20

6.3 Inquadramento litologico 20

6.4 Inquadramento idrografico 22

6.5 Inquadramento climatico 22

7 Inquadramento generale dell'asta fluviale 30

8 Individuazione dei tronchi omogenei 31

9 Aspetti idrologici e idraulici 42

9.1 Caratteristiche dell'idrologia di piena 42

9.2 Caratteristiche idrauliche del deflusso in piena 49

9.2.1 Modello numerico di calcolo 49

9.2.2 Modello geometrico dell'alveo 49

9.2.3 Condizioni di scabrezza 50

9.2.4 Condizioni al contorno e condizioni interne 52

9.2.5 Applicazioni del modello di simulazione 53

9.2.6 Calcolo dei profili idrici di piena 53

9.2.7 Delimitazione delle aree inondabili per il tempo di ritorno di 200 anni 55

9.2.8 Calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo 55

9.2.9 Valutazione della dinamica d'alveo correlata al trasporto solido 67

9.2.10 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo localizzato correlate al trasporto solido 72

9.2.11 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo generalizzato correlate al trasporto solido 87

9.3 Assetto delle opere idrauliche di difesa 91

9.4 Interventi di movimentazione/asportazione di materiale d'alveo eseguiti nel periodo 2000-2008 92

10 Aspetti geomorfologici dell'alveo 96

10.1 Torrente Pellice 96

10.2 Torrente Chisone 99

11 Integrazione di indagine a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2008 101

11.1 Caratteristiche idrologiche della piena del 28-30 maggio 2008 101

11.2 Quadro generale dei processi e degli effetti sull'alveo 104

11.3 Torrente Pellice 105

11.4 Torrente Chisone 128

12 Aspetti ecologico - ambientali 136

12.1 Metodologia per la valutazione dello stato ecologico - ambientale 136

12.1.1 Funzioni ecologiche del sistema fluviale 136

12.1.1.1 Ambiti da studiare 137

12.1.1.2 Tappe principali 138

12.1.1.3 Definizione dei tratti omogenei di dettaglio 138

12.1.1.4 Confronto con l'Indice di Funzionalità Fluviale IFF 138

12.1.1.5 Definizione degli indici sintetici 139

12.1.2 Costruzione degli indici ambientali 139

12.1.2.1 Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf 139

12.1.2.2 Indagini di funzionalità ripariale I-fr 140

12.1.2.3 Indice di qualità delle acque in alveo I-qa 140

12.1.2.4 Indice di Pressione Antropica PA 141

12.1.2.5 Scopo dello studio 141

12.1.2.6 Individuazione e rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico 142

12.2 Calcolo degli indici ambientali 142

12.2.1 Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf 143

12.2.1.1 Indice di naturalità vegetazionale I-nv 143

12.2.1.2 Indice di varietà biotipica I-vb 143

12.2.1.3 Presenza di habitat protetti o tutelati I-hp 144

12.2.1.4 Campionamenti della fauna (ittiofauna, avifauna, anfibi…) I-fa 144

12.2.1.5 Valutazione sintetica finale 145

12.2.2 Indagini di funzionalità ripariale I-fr 145

12.2.2.1 Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef 145

12.2.2.2 Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv 146

12.2.2.3 Valutazione sintetica finale 146

12.2.3 Indice di qualità alveo I-qa 146
12.2.3.1 SECA e SACA 147
12.2.3.2 Indice vegetazionale acquatico I-va 147
12.2.3.3 Valutazione sintetica finale 147
12.2.4 Indice di pressione antropica PA 147
12.2.4.1 Indice di uso del suolo I-us 147
12.2.4.2 Indice di modificazione dell'alveo I-ma 148
12.2.4.3 Valutazione sintetica finale 149
12.2.5 Rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico 150
12.3 Considerazioni conclusive 150
12.3.1 Aspetti Ecologico – Ambientali 150
12.3.2 Caratterizzazione della vegetazione 150
12.3.3 Caratterizzazione della fauna 154
12.3.4 Caratterizzazione dell'ittiofauna 156
12.3.5 Caratterizzazione dell'acqua 157
12.4 Caratterizzazione ecologico – ambientale dell'ecosistema dei torrenti Pellice e Chisone 157

13 Programma di gestione dei sedimenti 164
13.1 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): fascia di divagazione compatibile dell'alveo attivo 164
13.2 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): variazione compatibile del fondo alveo 167
13.3 Interventi del Programma di gestione per tronco omogeneo 168
13.3.1 Torrente Pellice 170
13.3.1.1 Tronco PE-01 170
13.3.1.2 Tronco PE-02 171
13.3.1.3 Tronco PE-03 172
13.3.1.4 Tronco PE-04 173
13.3.1.5 Tronco PE-05 174
13.3.1.6 Tronco PE-06 175
13.3.1.7 Tronco PE-07 176
13.3.1.8 Tronco PE-08 177
13.3.2 Torrente Chisone 178
13.3.2.1 Tronco CH-01 178
13.3.2.2 Tronco CH-02 179
13.3.2.3 Tronco CH-03 180
13.3.2.4 Tronco CH-04 181

14 Destinazione della golena del tratto medio –basso del torrente Pellice a laminazione controllata 182

14.1 Inquadramento 182

14.2 Sistema di laminazione nella golena sinistra del Pellice nel tratto medio-basso 183

14.3 Effetti di laminazione attesi..... 184

14.4 Procedure organizzative per l'attuazione dell'intervento di laminazione sul Pellice 186

15 Integrazioni..... 189

ALLEGATO 1 Profili di piena in condizioni stazionarie – risultati delle simulazioni – Torrente Pellice

ALLEGATO 2 Profili di piena in condizioni stazionarie – risultati delle simulazioni – Torrente Chisone

1 Premessa

La Regione Piemonte, con la L.R. 28/12/2001, n. 38, ha conferito all'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) la competenza sul reticolo idrografico principale della Regione, costituito dall'asta del Po e dai suoi affluenti principali, per un totale di circa 70 corsi d'acqua e di oltre 2000 km di estensione.

Le funzioni relative attengono alla gestione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua in rapporto al rischio di piena, dove con gestione si intende un insieme di operazioni, tra loro collegate, costituite da:

- manutenzione degli alvei e delle opere di difesa esistenti,
- progettazione e realizzazione delle nuove opere idrauliche necessarie al completamento dell'assetto difensivo di progetto,
- Polizia Idraulica,
- direzione e coordinamento del Servizio di Piena.

La funzione di manutenzione dell'alveo, per gli aspetti connessi alla dinamica morfologica e alla presenza di vegetazione ripariale, alle opere di difesa o di regimazione e alle opere di controllo dei livelli di piena svolge, come è ben noto, un ruolo decisivo per mantenere il corso d'acqua nelle condizioni migliori per il contenimento del rischio idraulico.

Nell'ambito della manutenzione, una componente importante è quella degli interventi che coinvolgono i sedimenti e i processi ad essi associati di dinamica dell'alveo (divagazioni planimetriche, variazioni altimetriche delle quote di fondo, attivazione di canali secondari); in molti casi, soprattutto sui corsi d'acqua a carattere torrentizio, i dissesti che si manifestano nel corso di una piena sono direttamente correlati a questi fenomeni.

In questo contesto si inquadrano sia la Deliberazione n. 44-5084 del 14.01.2002 della Giunta della Regione Piemonte che ha approvato "criteri e procedure per l'attuazione degli interventi di manutenzione dei corsi d'acqua di competenza regionale che comportino l'estrazione e l'asportazione di materiali litoidi", in cui è prevista la redazione di un piano di manutenzione generale da attuare anche per programmi stralcio sia la deliberazione del 05.04.2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino che ha adottato la "Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua", che prevede la redazione di un "Programma generale di gestione dei sedimenti"

Nella logica di dare attuazione ai contenuti stabiliti sia dalla deliberazione regionale che da quella dell'Autorità è stato stipulato un accordo tra la Regione Piemonte, AIPO e l'Autorità di bacino per il fiume Po, in cui AIPO, per i corsi d'acqua di propria competenza, svolge gli studi e i rilievi finalizzati alla definizione del Programma di gestione dei sedimenti.

Nell'ambito di questo accordo, l'AIPO ha stipulato con il DITIC del Politecnico di Torino un contratto di ricerca finalizzato, tra l'altro, alla definizione dei contenuti metodologici del Programma di gestione dei sedimenti, con riferimento alle caratteristiche specifiche degli affluenti del Po piemontesi, e alla redazione prototipale dei Programmi per i torrenti Orco, Pellice e Chisone

Gli studi nel seguito rappresentati che hanno portato alla stesura del "Programma di Gestione dei Sedimenti" relativo ai torrenti Pellice e Chisone, si inquadrano nel più ampio processo di approntamento dei Programmi di gestione per i corsi d'acqua piemontesi, in cui sono affrontati i temi relativi:

- alla ricognizione sullo stato conoscitivo disponibile relativo ai corsi d'acqua di interesse, in relazione alle esigenze di redazione dei PGS;
- all'impostazione metodologica dei contenuti del PGS per i corsi d'acqua principali della Regione Piemonte;
- all'individuazione di stralci funzionali;
- alla definizione del programma di attuazione degli stralci funzionali.

La scelta di operare sui corsi d'acqua prioritari con tempi di redazione del primo Schema di Programma molto contenuti ha anche comportato l'esigenza di operare esclusivamente sulla base del quadro conoscitivo esistente, limitando le integrazioni agli elementi essenziali per la caratterizzazione dei corsi d'acqua.

In termini di merito, va ricordato che sul tema dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua, nell'ultimo decennio si è sviluppato un ampio dibattito che coinvolge la gestione del territorio, e le strategie di intervento, tendente a rimettere in discussione i metodi che sono stati costantemente seguiti in passato.

La domanda sempre crescente di suolo, prima per gli usi agricoli e successivamente per gli insediamenti e le infrastrutture, ha condotto progressivamente a ridurre le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua naturali, sottraendo porzioni consistenti di aree precedentemente destinate all'espansione delle piene, e ha comportato una consistente semplificazione del reticolo idrografico, in un processo di costante aumento dell'artificializzazione degli alvei.

Questa sollecitazione proveniente dal sistema sociale ed economico, per quanto tuttora presente, trova oggi significative esigenze di correttivi nello stesso ambito sociale, con la crescente domanda di difesa della natura e del paesaggio e, in specifico sui corsi d'acqua, con una nuova sensibilità circa i limiti intrinseci degli interventi strutturali di difesa passiva e circa l'importanza di un recupero della regione fluviale, con valenze ecologiche e di fruizione ricreativa.

In campo tecnico – scientifico, l'approccio rigidamente mono-disciplinare, "idraulico", che ha comportato un'eccessiva semplificazione delle applicazioni strutturali per la difesa dalle piene e che ha contraddistinto diffusamente la politica di intervento dei decenni passati, è stato giudicato con spirito molto critico già a partire dalla Commissione De Marchi per la difesa del suolo (1970).

Il tema della manutenzione dell'alveo, con particolare riferimento all'asportazione degli inerti, non ha fatto eccezione a questa logica di approccio assegnando agli interventi di "ricalibratura", il ruolo di operazioni essenziali per garantire l'officiosità dell'alveo, senza oggettive valutazioni degli effetti sulle dinamiche fluviali.

Per un complesso di modalità di intervento che rispondono ai criteri sopra indicati, l'evoluzione intervenuta soprattutto negli ultimi 30-40 anni sui principali affluenti piemontesi del Po ha comportato una serie di notevoli trasformazioni della morfologia degli alvei, prevalentemente nel senso dell'incisione degli stessi: abbassamento delle

quote di fondo, riduzione della larghezza delle sezioni trasversali, trasformazione dell'alveo-tipo.

Per contro sono rimaste inalterate, o in alcuni casi si sono accentuate per l'aumento della vulnerabilità del territorio, le condizioni di criticità connesse a fenomeni di instabilità dell'alveo, al rischio idraulico di esondazione e al degrado delle condizioni ecologiche della regione fluviale.

Oggi, lo stato dell'arte ormai riconosciuto richiede un approccio multidisciplinare non solo per i progetti di sistemazione dei corsi d'acqua, ma anche per le pratiche di gestione degli stessi, in coerenza con la loro natura di ecosistemi complessi.

Tali criteri sono per altro assunti negli strumenti di pianificazione sul bacino del Po, che fanno riferimento al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), che, con le fasce fluviali, ha disegnato una strategia di intervento sui corsi d'acqua in cui tra gli obiettivi principali hanno notevole importanza quelli che puntano al mantenimento o al recupero, ovunque possibile, della naturalità dei corsi d'acqua di cui viene riassegnato il ruolo importante che gli compete nel contenimento del rischio di piena.

L'assetto di progetto che il PAI disegna, tramite le fasce fluviali, sui corsi d'acqua principali del bacino risponde infatti agli obiettivi di conseguire un livello di sicurezza adeguato, compatibile con l'assetto del territorio, a cui concorrono le azioni tese a "favorire l'evoluzione morfologica naturale dell'alveo, riducendo al minimo le interferenze antropiche sulla dinamica evolutiva" e il ricupero di "condizioni di naturalità, salvaguardando le aree sensibili e i sistemi di specifico interesse naturalistico e garantendo la continuità ecologica del sistema fluviale".

L'aspetto strettamente "idraulico" di difesa dalle piene viene considerato pertanto, come è, fortemente interconnesso alla dinamica morfologica dell'alveo e alla componente naturale dello stesso.

Nel campo della manutenzione quindi, individuare i criteri e le linee di azione che riguardano i sedimenti per migliorare l'assetto geomorfologico degli alvei, con gli obiettivi della sicurezza idraulica e del recupero ambientale, assume un ruolo chiave nella gestione dei corsi d'acqua. Soprattutto per quelli alpini in cui le elevate pendenze di fondo rendono la morfologia particolarmente sensibile a modifiche delle variabili indipendenti quali il materiale solido o il regime idrologico di piena.

Tali azioni devono essere viste in forma integrata; non solo quindi a livello locale ma anche a livello di asta fluviale, considerando congiuntamente anche le altre azioni di manutenzione che riguardano la vegetazione ripariale e le opere di difesa. Anche la scala di bacino idrografico, con i corsi d'acqua minori torrentizi e le opere di trattenuta dei sedimenti (dighe, briglie di regimazione) devono trovare la giusta collocazione in modo da poter definire una politica coerente, con obiettivi comuni.

La programmazione della gestione dei sedimenti lungo un'asta fluviale costituisce quindi una delle funzioni di base per il conseguimento degli obiettivi posti dal PAI circa un assetto del corso d'acqua compatibile e sostenibile rispetto alle domande di sicurezza poste dal sistema territoriale.

2 Riferimenti normativi

Nell'ambito della manutenzione dei corsi d'acqua, il tema dei sedimenti presenti all'interno del demanio fluviale è regolamentato dal R.D. 523/1904 (Testo Unico in materia di opere idrauliche e polizia idraulica), che all'art. 97 prescrive:

> *Sono opere ed atti che non si possono eseguire se non con speciale permesso del prefetto e sotto l'osservanza delle condizioni dal medesimo imposte, i seguenti:*
>
> *.....*
>
> *m) l'estrazione di ciottoli, ghiaia, sabbia ed altre materie dal letto dei fiumi, torrenti e canali pubblici, eccettuate quelle località ove, per invalsa consuetudine si suole praticare senza speciale autorizzazione per usi pubblici e privati. Anche per queste località però l'autorità amministrativa limita o proibisce tali estrazioni ogniqualvolta riconosca poterne il regime delle acque e gl'interessi pubblici o privati esserne lesi;*

Le Norme di attuazione del PAI disciplinano con maggiore dettaglio, in coerenza con quanto previsto dal Decreto, le attività di manutenzione sui corsi d'acqua, che sono individuate come prioritarie e indispensabili per "*conseguire il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale e paesaggistica del territorio*" (art. 14). Lo stesso articolo prescrive inoltre, ai commi 2 e 3:

> *2. Gli interventi di manutenzione del territorio fluviale e delle opere devono tutelare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardare e ricostituire la varietà e la molteplicità delle biocenosi riparie autoctone e la qualità ambientale e paesaggistica del territorio, tenendo conto anche delle risultanze della Carta della natura di cui all'art. 3, comma 3, della L. 16 dicembre 1991, n. 394: "Legge quadro sulle aree protette". Gli interventi devono essere effettuati in maniera tale da non compromettere le funzioni biologiche del corso d'acqua e degli ecosistemi ripariali, fatto salvo il rispetto delle esigenze di officiosità idraulica.*
>
> *3. Gli interventi di manutenzione idraulica che comportano l'asportazione di materiale litoide dagli alvei devono essere conformi alla "Direttiva in materia di attività estrattive nelle aree fluviali del bacino del fiume Po" approvata con D.P.C.M. 24 luglio 1998 e allegata alle presenti Norme.*

In forma più specifica per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, l'art. 34 delle Norme prevede:

> *1. Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e di modificazione delle opere idrauliche allo scopo di mantenere la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e a garantire la funzionalità ecologica degli ecosistemi, la tutela della continuità ecologica, la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone; di migliorare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardando la vegetazione di ripa, con particolare riguardo alla varietà, alla tutela degli habitat caratteristici; di eliminare gli ostacoli al deflusso della piena in alveo e in golena.*

2. Nell'ambito delle finalità di cui al precedente comma, l'Autorità di bacino del fiume Po, anche su proposta delle Amministrazioni competenti, delibera Programmi triennali di intervento ai sensi degli artt. 21 e seguenti della L. 18 maggio 1989, n. 183.
3. Gli interventi di manutenzione idraulica possono prevedere l'asportazione di materiale litoide dagli alvei, in accordo con quanto disposto all'art. 97, lettera m) del R.D. 25 luglio 1904, n. 523, se finalizzata esclusivamente alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture, nonché alla tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni interessati e alla tutela e al recupero ambientale.

4. L'Autorità di bacino aggiorna le direttive tecniche concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni di progettazione degli interventi di manutenzione e di formulazione dei programmi triennali. Nell'ambito della direttiva sono definite in particolare le specifiche di progettazione degli interventi di manutenzione che comportino asportazione di materiali inerti dall'alveo e i criteri di inserimento degli stessi nei programmi triennali.

Sono attualmente vigenti due Direttive contenute all'interno del PAI, che sono relative rispettivamente alle attività estrattive nelle aree fluviali e alle modalità di progettazione degli interventi e la formulazione dei programmi di manutenzione. In tema di sedimenti, la Direttiva allegata al PAI consente "*l'asportazione di materiali inerti dai corsi d'acqua, dal demanio fluviale solo se finalizzata alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture; se costituente parte integrante di interventi di difesa e sistemazione idraulica; se costituente parte integrante di interventi di rinaturazione degli ambiti fluviali;* ".

Inoltre all'articolo 42, il PAI considera di carattere prioritario "*il monitoraggio delle caratteristiche fisiche e idrologiche degli alvei, finalizzato a fornire elementi conoscitivi in grado di rappresentare l'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua principali, in termini di erosione e sovralluvionamento e l'andamento del trasporto solido di fondo e in sospensione, anche attraverso l'affinamento dei modelli numerici di bilancio del trasporto solido e il confronto con le sezioni morfologiche storiche del fiume*".

Infine un aggiornamento del contenuto delle Direttive citate è costituito dalla Deliberazione n. 9/2006 del 05/04/2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con cui è stata approvata la "*Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua*".

Tale Direttiva definisce il termine "*gestione dei sedimenti*" come l'insieme delle azioni di carattere non strutturale (approfondimenti conoscitivi sul tema del trasporto solido, definizione dell'assetto planoaltimetrico di riferimento dell'alveo, monitoraggio delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, individuazione di vincoli e di regole operative per la manutenzione dell'alveo) e di carattere strutturale (interventi di movimentazione ed eventualmente asportazione di materiale litoide) necessarie al conseguimento di buone condizioni di officiosità idraulica, morfologica e ambientale del corso d'acqua, nella definizione che, del termine "officiosità", si specifica successivamente.

La Direttiva fissa i seguenti obiettivi generali, a scala di bacino idrografico del Po, secondo cui devono essere orientate le attività di gestione dei sedimenti:

- il recupero di configurazioni morfologiche dell'alveo caratterizzate da maggiori condizioni di stabilità e la ricerca di un maggior equilibrio nelle dinamiche di trasporto solido;

- il miglioramento della capacità di convogliamento delle portate di piena con particolare riguardo ai tratti canalizzati urbani;
- il miglioramento della capacità di laminazione naturale delle portate di piena nelle aree golenali con particolare riguardo ai tratti caratterizzati da alvei in forte incisione;
- il miglioramento dell'assetto ecologico del corso d'acqua;
- il ripascimento delle coste adriatiche attraverso il sistema di dispersione in mare dei sedimenti del fiume Po;
- il mantenimento di determinate condizioni di navigabilità sui tratti di corsi d'acqua navigabili del bacino del Po.

La Direttiva ha introdotto inoltre la necessità di definire, per stralci funzionali di bacino idrografico, il Programma generale di gestione dei sedimenti, quale strumento conoscitivo, gestionale e di pianificazione e programmazione degli interventi mediante il quale disciplinare le attività di manutenzione e sistemazione degli alvei comportanti in particolare movimentazione ed eventualmente asportazione di materiale litoide, nonché le attività di monitoraggio morfologico e del trasporto solido.

3 Contenuti del Programma di gestione dei sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone

Il presente Programma di gestione dei sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone contiene:

- la sintesi delle attività di studio relative all'assetto attuale dei due corsi d'acqua, letto in forma integrata rispetto alle tre componente in cui viene normalmente schematizzato: geomorfologica, idraulica ed ecologico-ambientale;
- la divisione in tronchi omogenei rispetto alle caratteristiche idrauliche, morfologiche ed ecologiche;
- la valutazione delle tendenze evolutive dell'alveo attivo e di piena rispetto all'assetto geomorfologico e alla dinamica dei sedimenti;
- l'individuazione delle criticità connesse al rischio idraulico che sono legate prevalentemente ai fenomeni di evoluzione morfologica dell'alveo di breve e di medio termine;
- la definizione a livello quantitativo degli obiettivi di assetto morfologico dell'alveo attivo rappresentati dalla ***fascia di divagazione planimetrica compatibile***;
- la definizione di criteri e di linee di intervento di carattere integrato (idraulico, morfologico ed ecologico) per la manutenzione dell'alveo del corso d'acqua;
- la definizione delle sezioni di riferimento per il monitoraggio morfologico dell'alveo attivo;
- la definizione delle modalità e delle procedure di attuazione del Piano di gestione e di aggiornamento dello stesso.

Nella prima parte della relazione sono descritte le elaborazioni svolte per la caratterizzazione dell'assetto attuale dei due corsi d'acqua.

Dopo un inquadramento sintetico del bacino idrografico sotto i diversi aspetti di interesse (fisiografico, geomorfologico, litologico, idrografico e climatico) , sono trattati in tre capitoli distinti gli aspetti idraulici del tratto di corso d'acqua in studio, gli aspetti geomorfologici e quelli ecologici-ambientali.

Nella parte relativa agli aspetti idraulici sono descritte le procedure per la definizione delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno caratteristiche per il tronco di corso d'acqua in studio e il metodo seguito per l'implementazione di un modello idraulico con il quale sono state simulate le condizioni di deflusso per le diverse portate di piena.

Sotto l'aspetto geometrico, la disponibilità di piani quotati recenti (rilievo DTM del volo 2005 realizzato dalla provincia di Torino) ha permesso la costruzione di un modello geometrico del corso d'acqua, attraverso una serie di sezioni trasversali, rappresentativo delle attuali condizioni di assetto, confrontate con rilievi tradizionali topografici effettuati dall'AIPO nel 2005 e da un rilievo di dettaglio con tecnologia laser-scan del 2006.

Nelle indagini preliminari sulla documentazione conoscitiva disponibile sono stati analizzati i dati, utilizzati per la delimitazione delle fasce fluviali negli studi propedeutici al PAI, relativi alle sezioni trasversali dell'alveo che risalgono agli anni '70 del secolo scorso. E' stato riscontrato che tali informazioni non hanno un livello di dettaglio adeguato a rappresentare la geometria dell'alveo inciso del corso d'acqua che rappresenta una informazione determinante per la valutazione delle caratteristiche idrauliche dell'alveo inciso. Non è quindi stato possibile implementare sul modello di simulazione idraulica anche tale geometria, in modo da poter confrontare le modalità di comportamento idraulico relative alle condizioni attuali dell'alveo e a quelle risalenti a un periodo precedente sufficientemente lontano da quello attuale.

L'analisi delle dinamiche morfologiche dell'alveo è quindi legata esclusivamente ai dati disponibili dell'ultimo decennio, con particolare riferimento agli eventi alluvionali del 2000 e del maggio 2008.

Le analisi numeriche per la quantificazione degli indicatori hanno riguardato sostanzialmente i seguenti punti:

- la quota di fondo minimo e di fondo medio dell'alveo attivo;
- le variazioni di fondo alveo di tipo localizzato e di breve periodo, in corrispondenza di piene intense;
- la capacità di trasporto solido, indicativa del bilancio sedimentologico a medio periodo.

E' stata quindi impiegata una metodologia, comunque di valutazione preliminare, in relazione alle difficoltà del tema e al livello delle conoscenze disponibili, che integra comunque i risultati delle simulazioni numerico con le analisi svolte sugli indicatori legati alla geometria dell'alveo e alle sue variazioni nel breve periodo.

I risultati ottenuti sono di estremo interesse, in quanto hanno avviato un processo di gestione delle attività di manutenzione appoggiato su una lettura integrata dell'assetto dell'alveo e delle sue tendenze, destinata ad approfondirsi e progredire nel tempo.

Nella parte successiva, relativa all'assetto geomorfologico, vengono organizzate ed analizzate le informazioni disponibili circa la divagazione dell'alveo attivo del corso d'acqua (a partire dal 1880 a oggi) e il comportamento dell'alveo in occasione delle due ultime piene particolarmente intense (2000 e 2008) in rapporto soprattutto alla tendenza alla divagazione dell'alveo attivo, ai fenomeni di erosione di sponda e alla riapertura di canali secondari in corso di piena lungo i piani golenali esondabili.

L'analisi è stata finalizzata soprattutto a raccogliere gli elementi di valutazione necessari per la definizione della fascia di divagazione planimetrica compatibile dell'alveo attivo che costituisce uno degli strumenti-obiettivo fondamentali del programma di gestione.

L'ultimo punto delle attività di analisi ha riguardato la definizione della metodologia e l'applicazione della stessa per la valutazione dello stato ecologico-ambientale dell'alveo.

E' stata adottata una metodologia di indicizzazione, il cui sviluppo nasce dalle necessità di individuare componenti, porzioni, individui e fattori chiave dell'ecosistema che abbiano caratteristiche tali da rendere utile valutare il loro "comportamento e stato" per avere informazioni sul "sistema complesso", quale è quello fluviale, a cui appartengono.

Tali componenti sono gli indicatori ambientali; le informazioni ottenute da più indicatori vengono poi integrate e trasformate in un valore quantificabile attraverso l'uso di un indice. L'indice rappresenta quindi un valore discreto che esprime un giudizio sintetico su un determinato aspetto dell'ecosistema. Gli indici prendono in considerazione i vari aspetti delle biocenosi, o di parte di essi, dalla semplice presenza/assenza, alla valutazione delle variazioni circa la struttura di popolazioni, al numero di specie.

La metodologia di indicizzazione può essere utilizzata all'interno delle attività di controllo ambientale. Tali attività possono essere varie e molto diversificate ma con l'obiettivo comune di fornire informazioni sullo stato dell'ambiente e delle sue componenti con particolare riferimento agli effetti prodotti dalle attività antropiche.

L'attività di individuazione metodologica è stata condotta seguendo le fasi di seguito indicate:

- analisi e lettura critica dei dati esistenti sugli indicatori ambientali scelti come maggiormente significativi e rappresentativi;
- analisi degli indici ambientali precedentemente sviluppati [IFF, IBE, SECA, SACA];
- scomposizione dell'ecosistema fluviale in tutte le sue componenti ambientali e antropiche;
- individuazione di nuovi indicatori per descrivere sia le componenti naturali dell'ecosistema fluviale (stato ambientale), sia quelle antropiche (pressione antropica) e attribuzione di valori pesati;
- aggregazione in indici;
- individuazione di classi di qualità per rappresentare lo stato ecologico.

L'attività di applicazione della metodologia è stata condotta seguendo le fasi:

- lettura del corso d'acqua in tratti omogenei così come definiti per gli aspetti idraulici e geomorfologici;
- partizione dei tratti omogenei in sponda destra (dx), sinistra (sx) e zona d'alveo;
- valutazione quantitativa dell'estensione delle tipologie vegetazionali presenti;
- valutazione quali-quantitativa degli indicatori ambientali;
- applicazione degli indici al singolo tratto omogeneo e valutazione Stato Ecologico locale;
- valutazione complessiva dello Stato Ecologico;
- rappresentazione del tratto di corso d'acqua sulla base della Classificazione di Stato Ecologico;
- proposte di interventi per il miglioramento dello Stato Ecologico.

L'insieme delle analisi condotte ha consentito la definizione a livello sintetico del quadro delle condizioni di assetto attuale dei due corsi d'acqua, rispetto a cui sono impostate le linee di intervento del Programma di gestione.

Sulla base della suddivisione dell'asta in tronchi omogenei, ciascuno dei quali caratterizzato da una descrizione sintetica delle condizioni di assetto secondo le tre

componenti di analisi e della tendenza evolutiva, sono state impostate le linee di azione del programma.

Tali linee sono impostate sulla base della definizione a livello quantitativo degli obiettivi di assetto morfologico dell'alveo attivo, rappresentati dalla fascia di divagazione planimetrica compatibile e dell'individuazione delle principali criticità che sono correlate alla dinamica morfologica dell'alveo.

I criteri-guida di individuazione degli obiettivi di assetto sono naturalmente quelli della sicurezza idraulica e del conseguimento di condizioni di rischio idraulico compatibile sul territorio.

Per ciascun tronco sono indicate per l'alveo attivo le criticità e le linee di intervento che riguardano le opere idrauliche di difesa e quelli finalizzati alla modifica della morfologia dell'alveo, che coinvolgono pertanto il bilancio sedimentologico dello stesso.

Le linee di intervento individuate devono essere utilizzate in stretta correlazione con l'assetto attuale dell'alveo, con le criticità presenti e con gli obiettivi di assetto da conseguire, in modo tale che siano sempre chiare e coerenti le finalità di ciascun progetto e gli effetti attesi, correlati alle criticità che si intende risolvere.

A fine Maggio 2008 si è registrato un colmo di piena con tempo di ritorno trentennale. Precipitazioni intense e diffuse hanno investito il bacino del Pellice e del Chisone e hanno determinato un innesco di fenomeni franosi sui versanti e l'innalzamento dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua sino a valori di pericolo, con conseguente sviluppo di fenomeni d'erosione ed inondazione.

La serie di sopralluoghi effettuata in fase di redazione del PGS è stata quindi integrata con visite mirate effettuate durante l'evento alluvionale del Maggio 2008, a seguito del quale è stata condotta una ricognizione degli effetti determinati sulle opere idrauliche individuate come strategiche e sull'assetto dei due corsi d'acqua. A tal fine sono stati realizzati sia un volo d'elicottero in data 01-07-2008, sia delle verifiche puntuali sul terreno. Si rimanda per un'analisi di dettaglio al capitolo relativo alle descrizioni delle criticità e degli effetti conseguenti all'evento alluvionale del Maggio 2008.

4 Impostazione metodologica del Programma di gestione dei sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone

I Programmi di Gestione dei Sedimenti (PGS) rappresentano uno strumento nuovo e importante per gestire l'assetto morfologico dei corsi d'acqua in forma integrata con le componenti idrauliche (opere di difesa) e naturali (vegetazione ripariale).

La novità non è tanto dipendente dai concetti di base legati alle operazioni di manutenzione sul corso d'acqua con lo stato di assetto dello stesso, quanto quella di incidere sulle modalità con cui viene affrontata, sotto l'aspetto operativo, la funzione stessa, puntando a instaurare forme più organizzate e fondate su analisi più approfondite.

Se si esaminano i progetti di manutenzione si può infatti osservare che la caratteristica che ordinariamente li accomuna è di essere definiti solamente a scala locale, sul singolo tratto e sulla singola opera del corso d'acqua; la visione di insieme viene lasciata agli strumenti di pianificazione e, in alcuni casi, ai progetti di nuove opere, quando riguardino interventi che per importanza richiedono di valutare gli effetti a scala di asta fluviale, come per esempio l'inserimento di una cassa di espansione.

La conoscenza delle condizioni generali e delle tendenze evolutive è prevalentemente implicita, appoggiata alle nozioni e all'esperienza del personale tecnico che ha la competenza sulla singola asta fluviale; frequentemente ci sono quindi carenze di analisi soprattutto sui temi più complessi, come appunto sono i fenomeni legati alla dinamica dei sedimenti e alle tendenze evolutive delle caratteristiche geomorfologiche.

Per altro va tenuto presente che proprio le caratteristiche della manutenzione (ordinarietà, continuità ecc.) non rendono logico che ogni progetto contenga un'analisi a scala di asta fluviale. Si tratta quindi di sistematizzare, estendere e rendere generalmente più fruibile la conoscenza sul corso d'acqua che deve costituire il quadro di riferimento rispetto a cui si progettano e si attuano gli interventi.

Non deve essere invece essere trascurato il fatto che la definizione di ogni intervento di manutenzione deve essere impostata in modo da prendere in considerazione particolare, caso per caso, gli specifici fenomeni che contraddistinguono l'assetto idrodinamico in atto e tendenziale del tronco interessato.

In sintesi, i criteri generali da tenere in conto sono dunque i seguenti:

a) l'assetto idrodinamico di un corso d'acqua non è mai statico, ma evolve più o meno rapidamente nel tempo per fattori naturali e antropici;

b) la comprensione di tale assetto e delle relative tendenze evolutive è essenziale e comporta valutazioni sia a carattere locale sia estese alle condizioni che determinano il comportamento a livello di asta fluviale;

c) la realizzazione di opere idrauliche e di infrastrutture interferenti (quali ad es. un ponte) comporta una perturbazione sulle caratteristiche morfologiche, geometriche e idrauliche del corso d'acqua;

d) la risposta del corso d'acqua alle perturbazioni locali imposte dipende dalle caratteristiche idrodinamiche locali e di asta; gli effetti della risposta si determinano,

a seconda dei casi, sia a livello locale che dei tronchi di monte e di valle e sia in tempi brevi che in tempi medio – lunghi.

La sfida è dunque quella di costruire uno strumento molto operativo e flessibile, che costituisca il quadro – conoscitivo, di analisi dei fenomeni e delle relazioni di causa-effetto, delle impostazioni generali di assetto – entro cui inserire i singoli interventi di manutenzione, che non possono contenere ciascuno l'analisi dello stato e delle tendenze dell'asta fluviale e che devono comunque muoversi in forma coerente, tenendo conto delle tendenze evolutive e dell'assetto di progetto-obiettivo che costituisce la finalità dell'azione.

Non si tratta quindi di elaborare un nuovo strumento di pianificazione, bensì di mettere a punto modalità operative che accompagnino l'azione ordinaria e siano appoggiate ad analisi sui fenomeni in atto che vengano aggiornate con continuità.

Proprio la complessità di valutazione/previsione dell'evoluzione geomorfologica dell'alveo e dei fenomeni correlati, non risolvibile solo con l'approfondimento dei metodi di valutazione scientifici, può trovare risposta nell'avvio di azioni di monitoraggio finalizzato e di osservazione diretta delle risposte del corso d'acqua agli interventi manutentivi e correttivi dei fenomeni che si intende controllare.

Appare quindi essenziale per arrivare ad uno strumento efficace, la messa a punto progressiva dello stesso da parte degli Uffici di AIPO ai quali ne è demandata l'attuazione e l'utilizzazione, in modo che l'esperienza operativa contribuisca alla formulazione più funzionale possibile dello strumento.

Il presente Programma di Gestione dei Sedimenti relativo ai torrenti Pellice e Chisone, è stato messo a punto sull'esperienza acquisita nella redazione dello schema di Programma di Gestione dei Sedimenti del torrente Orco, recependo i pareri del tavolo tecnico istituito tra Regione Piemonte, Autorità di Bacino del Po, le osservazioni dei portatori d'interesse (comuni rivieraschi, associazioni industriali, agricoltori, associazioni ambientaliste, etc…).

L'impostazione metodologica generale è quella che fa riferimento alla Direttiva dell'Autorità di bacino approvata il 05/04/2006.

Sulla base delle definizioni dei contenuti e delle finalità del PGS in essa contenute, l'impostazione dello schema predisposto è stata impostata secondo i seguenti criteri.

Elemento di partenza è il riconoscimento che il bilancio dei sedimenti lungo un'asta fluviale è uno degli elementi chiave che determinano l'assetto morfologico dell'alveo, la capacità di deflusso (officiosità dell'alveo), la stabilità e la funzionalità delle opere idrauliche di difesa, le condizioni ecologiche e di naturalità della regione fluviale, con particolare riferimento alla vegetazione ripariale e delle aree golenali.

Le funzioni di base del Programma di gestione sono dunque di:

- dettare i criteri per le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'alveo, con particolare riferimento a quelle che coinvolgono la movimentazione e l'asportazione dei sedimenti dall'alveo;
- individuare le condizioni essenziali di assetto legate alla morfologia e alle dinamiche dell'alveo, non definite quantitativamente nel PAI, per il conseguimento dell'assetto di progetto.

Rispetto a quest'ultimo punto, sulla base di quanto indicato nella Direttiva stessa, gli elementi di caratterizzazione dell'assetto morfologico di progetto sono stati individuati nei seguenti due elementi:

- la *fascia di divagazione massima compatibile* dell'alveo attivo, definita come quella porzione di regione fluviale all'interno della quale l'alveo attivo è lasciato libero di divagare; tale fascia è definita sulla base delle tendenze evolutive dell'alveo, delle opere idrauliche di difesa dai fenomeni di instabilità planimetrica esistenti e dei vincoli posti dall'assetto territoriale circostante;

In relazione all'impostazione sopra indicata il lavoro di elaborazione dello Schema di programma è stato organizzato nelle seguenti fasi sequenziali, sempre secondo l'impostazione suggerita dalla Direttiva citata dell'Autorità di Bacino:

- definizione dell'assetto attuale del corso d'acqua e valutazione delle tendenze evolutive;
- individuazione delle criticità relative alle condizioni di rischio idraulico dipendenti dalla morfologia dell'alveo, dall'assetto delle opere idrauliche di controllo e dalla presenza di elementi territoriali esposti a rischio;
- individuazione delle necessità di intervento relativamente all'assetto morfologico e idraulico dell'alveo attivo e di piena e definizione delle esigenze specifiche di monitoraggio legate al Programma di gestione dei sedimenti.

Sotto l'aspetto tematico, le analisi sono state condotte considerando nel complesso le caratteristiche della regione fluviale, schematicamente classificabili secondo tre componenti, le cui interazioni sono valutate in forma integrata:

- la *componente idraulica*, caratterizzata dal regime idrologico del bacino idrografico, con particolare riferimento alle condizioni di piena, dalla geometria dell'alveo, dalle condizioni di scabrezza, dalle opere idrauliche (di controllo dell'alveo e di contenimento dei livelli di piena), dalle modalità di deflusso in condizioni ordinarie e di piena, dalla capacità di trasporto solido;
- la *componente morfologica* dell'alveo attivo e delle aree esondabili, con riferimento all'alveo-tipo attuale e alle relative tendenze evolutive;
- la *componente ecologica* della regione fluviale, caratterizzata dai diversi habitat presenti nell'ambiente acquatico e ripariale.

5 Riferimenti conoscitivi

L'attività di predisposizione del Programma per i torrenti Pellice e Chisone ha fatto riferimento al quadro conoscitivo disponibile sia per quanto concerne gli elementi di base (cartografica, rilievi topografici, fotografie aeree) che per le analisi condotte in alcuni dei settori di interesse.

Nei punti che seguono relativi alla descrizione delle elaborazioni svolte, si elencano in dettaglio le fonti utilizzate; in questa parte si citano le basi informative più importanti a cui si è fatto riferimento.

Regione Piemonte

- Piani Forestali Territoriali (PFT) Regione Piemonte – IPLA "Carta Forestale e delle altre Coperture del Territorio", 2001
- Catasto Opere di Difesa (SICOD), dal 1999 al 2008
- Ortofotocarta volo post alluvione del maggio 2008

Agenzia Interregionale per il Po (AIPO)

- Torrente Chisone e Pellice: studio generale per il coordinamento degli interventi urgenti previsti nel programma straordinario di cui all'ordinanza n° 3090 del18.10.2000 del Ministero dell'Interno
- Rilievi topografici torrente Pellice da Bobbio Pellice a confluenza in Po (2005)

Provincia di Torino

- Volo 2005 Provincia di Torino lungo il tratto di fascia B PAI dei due torrenti fino a confluenza Po – Rilievo digitale del terreno D.T.M. alla scala 1:2.000 (risoluzione sul terreno 25/30 cm)
- Studio idrologico ed idraulico dei Torrenti Pellice e Chisone ai fini di una loro corretta manutenzione (Politecnico di Torino, DITIC, 2003)

Comunità Montana Valli Chisone e Germanasca

- Piano di bacino dei torrenti Chisone e Germanasca (2000)

Comunità Montana Valle Pellice

- Piano di sviluppo socio-economico (2000-2004)

Comune di Cavour

- Studio di sistemazione idrogeologica del torrente Pellice

Autorità di bacino per il fiume Po

- Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI)
- Sottoprogetto SP4 "Compatibilità delle attività estrattive"

6 Inquadramento generale del bacino idrografico

6.1 Inquadramento fisiografico

Il bacino idrografico del torrente Pellice (Figura 1) ha una superficie complessiva di poco inferiore a 1.000 km^2 alla sezione di chiusura, in corrispondenza della confluenza in Po. La parte montana del bacino, di superficie pari a 264 km^2, si chiude tra l'abitato di Luserna San Giovanni e il ponte di Bibiana, a valle della confluenza, rispettivamente in destra e sinistra, dei torrenti Luserna e Angrogna. Poco a valle confluisce il torrente Chisone, il cui bacino montano termina all'altezza di Pinerolo, con una superficie di 574 km^2.

La parte di pianura del bacino idrografico, a partire dal ponte di Bibiana per il Pellice e da S. Martino per il Chisone ha una estensione complessiva di circa 145 km^2.

Il bacino del Pellice può quindi essere suddiviso in tre ambiti geografici: il primo è costituito dal bacino montano del Pellice stesso, il secondo dal bacino montano del Chisone e il terzo dall'area di pianura che afferisce sostanzialmente all'asta del corso d'acqua principale fino alla confluenza in Po.

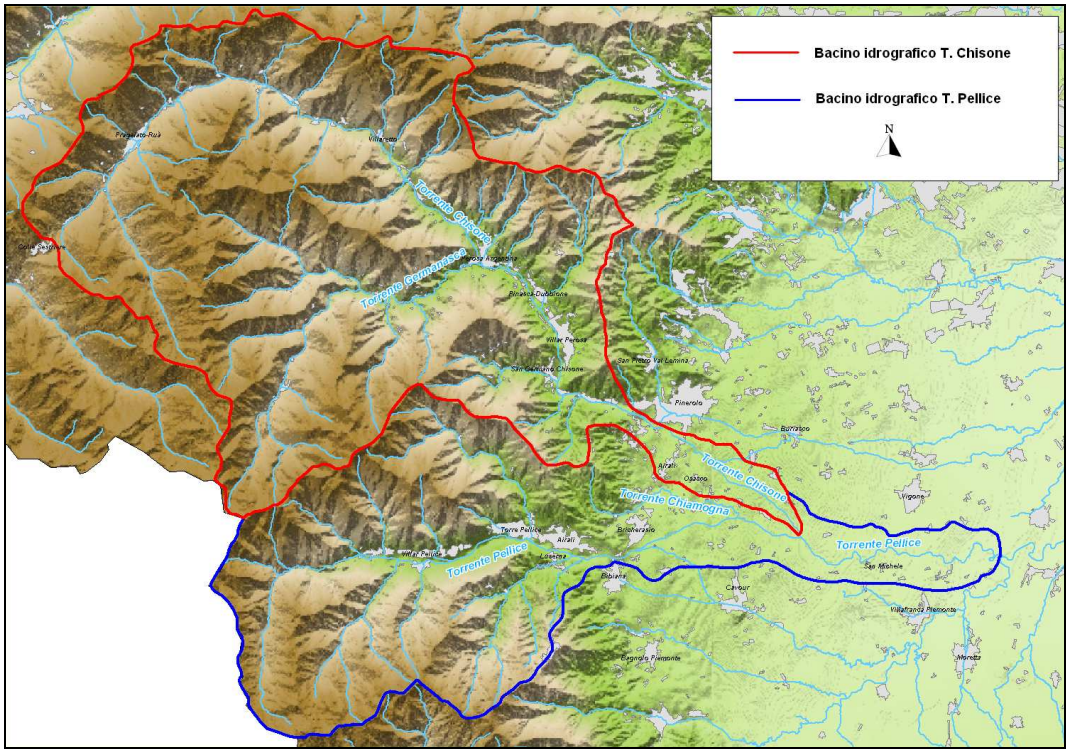


Figura 1 Bacino idrografico del torrente Pellice e del torrente Chisone

L'alta valle Pellice ha una direzione S-N per poi direzionarsi lungo la direttrice O-E fino allo sbocco della pianura per una lunghezza complessiva di 55 Km.

Il bacino del T. Chisone è delimitato a nord dalla cresta spartiacque con la valle Susa e verso sud dalla valle del T. Pellice in cui confluisce poco a sud-est di Castellazzo.
La vallata principale, si sviluppa per circa 50 km; l'alta valle ha un andamento da S a N, per poi assumere direzione SE-NO e NO-SE fino a Perosa Argentina dove riceve le acque del suo affluente principale, il torrente Germanasca. Nel tratto terminale della pianura pinerolese il corso d'acqua confluisce in Pellice con direzione NO-SE.

Si hanno solo due valli laterali importanti ed entrambe in destra idrografica del Chisone: la valle Germanasca e la val Risagliardo (quest'ultima di sviluppo assai più ridotto).

6.2 Inquadramento geomorfologico

Le caratteristiche geomorfologiche dei due bacini sono quelle tipiche dei bacini montani alpini. La tipica forma delle valli è quella glaciale, con valli laterali sospese rispetto al fondo valle e versanti laterali molto acclivi. In particolare entrambi i bacini sono caratterizzati da un primo tratto di monte a forte acclività con fondo valle incassato nel substrato roccioso per poi diminuire progressivamente la pendenza e sfociare nel tratto medio terminale nella pianura torinese.

Nel settore montano l'attività del regime torrentizio dei due corsi d'acqua agisce prevalentemente sul substrato roccioso con trasporto di massi anche di dimensione ciclopiche e un'azione erosiva laterale che provoca frane di crollo e dissesti localizzati. Tipiche in questo tratto sono le conoidi di deiezione che si formano alla confluenza degli affluenti tributari sia in sinistra che in destra idrografica.

Nel tratto medio basso dei due bacini si ha un progressivo allargamento del fondo valle (per il torrente Pellice da Bobbio Pellice, per il torrente Chisone da Pinerolo) in cui si ha una diminuzione della pendenza media e l'accumulo di depositi alluvionali di notevole spessore che formano una conoide deposizionale che di fatto origina il settore sud occidentale della pianura torinese raggiungendo l'asta del fiume Po.

6.3 Inquadramento litologico

Le caratteristiche litologiche del bacino idrografico del torrente Pellice e del torrente Chisone sono descritte sulla base della carta geolitologica, alla scala 1:100.000, pubblicata da ARPA - Regione Piemonte (Figura 2) .

In particolare il bacino del torrente Chisone è caratterizzato nella parte alta dal "Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi" di età Giurassica; il complesso rappresenta i sedimenti marini profondi dell'oceano "Ligure-Piemontese", che durante l'orogenesi alpina, sono stati convolti nel processo strutturale assieme ai lembi di crosta oceanica (qui affiorante in lenti e scaglie di Pietre Verdi costituite in prevalenza da serpentiniti) su cui si erano deposti. Il complesso è costituito in gran parte da calcescisti e filladi, con intercalazioni di calcari cristallini e micascisti.

La parte medio terminale del bacino del torrente Chisone e del suo affluente principale in destra idrografica il torrente Germanasca, è costituita dal "Massiccio Dora-Maira". Si tratta di rocce metamorfiche di età paleozoica costituite da gneiss occhiadini metagranitoidi e gneiss minuti caratterizzati da una struttura tipica a scisti e da una

grana molto fine. Quest'ultimi litotipi, maggiormente rappresentati nell'area in oggetto, sono ampiamente fratturati e danno origine a fenomeni di dissesto diffuso.

Nella parte terminale prevalgono i depositi quaternari di carattere alluvionale e in minima parte nei lembi di alta valle di origine glaciale, costituiti da materiale sciolto ghiaioso eterometrico, da massi a ciottoli immersi in una matrice sabbiosa e sabbiosa-limosa.

Il bacino del torrente Pellice è caratterizzato nel settore in sinistra idrografica da gneiss minuti del "Massiccio Dora-Maira" e nel settore in destra idrografica da gneiss occhiadini di età pre-carbonifera che si presentano come gneiss laminati con tessitura a bande indotta da strati a diversa composizione. Nell'alta valle vi è il contatto con il "Complesso dei Calcescisti" e le serpentiniti che rappresentano l'antica crosta oceanica.

Nella parte medio terminale, da Ponte di Bibiana a confluenza Po, la litologia è caratterizzata esclusivamente dai depositi quaternari di origine alluvionale. Sono caratterizzati da materiale ghiaioso a grana eterogenea, dai massi al ciottolame in matrice prevalentemente sabbiosa. Lo spessore dei depositi è variabile lungo il corso d'acqua e in alcune zone del letto attivo affiorano depositi argillosi-lacustri del Villafranchiano.

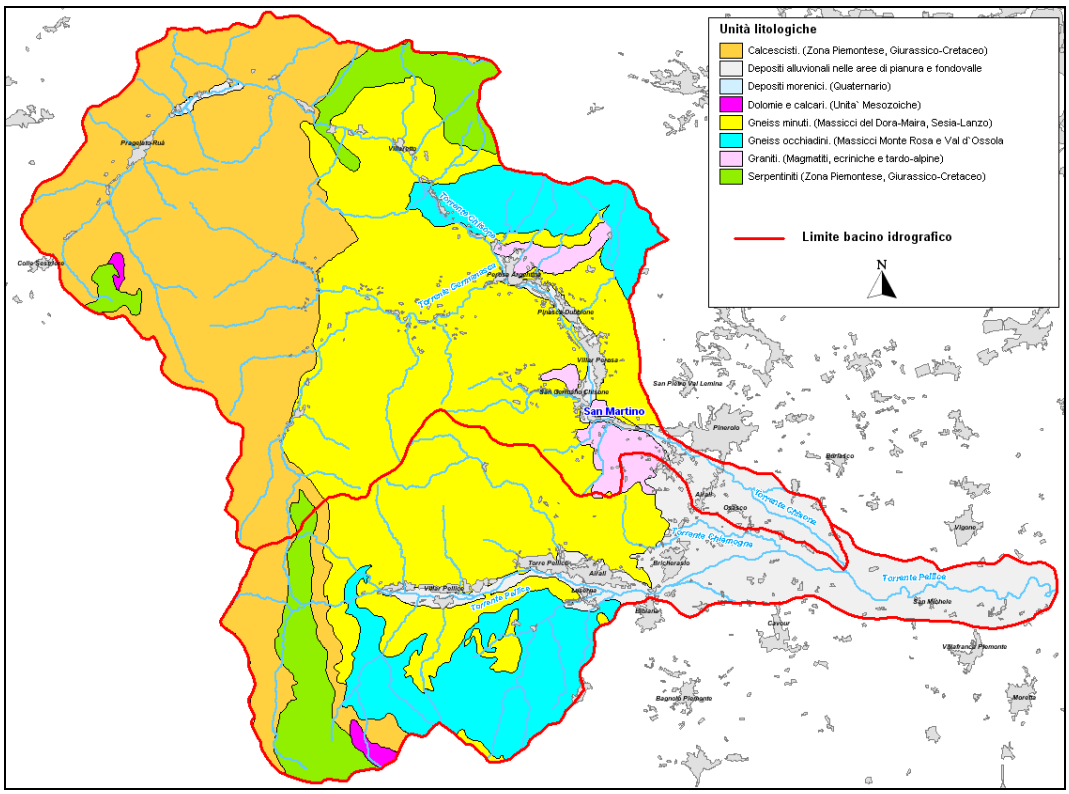


Figura 2 Carta delle unità litologiche (fonte ARPA-Regione Piemonte)

6.4 Inquadramento idrografico

Il torrente Pellice ha origine dal monte Granero, a quota 2387 m s.l.m.; nel primo tratto ha andamento sud-nord, in un fondovalle molto stretto che segue per circa 8 km, fino alla confluenza del torrente Crosenna, in località Villanova.

Da questo punto il percorso assume la direzione ovest-est, comune a tutti i corsi d'acqua delle Alpi Occidentali; a Bobbio Pellice (circa 6 km a valle) riceve alcuni affluenti importanti, tra cui il torrente Comba Corbonieri in destra, e successivamente l'Angrogna in sinistra a Torre Pellice e il Luserna in destra a Luserna San Giovanni.

Poco a valle si arriva al ponte della strada che collega Bricherasio con Bibiana, che può essere considerato sostanzialmente come il punto di chiusura del bacino montano. In tale punto inizia, tra l'altro, il tratto interessato dalla delimitazione delle fasce fluviale del PAI e l'alveo entra nella pianura pinerolese.

A valle vi è ancora la confluenza di un affluente minore in sinistra, il torrente Chiamogna, collocata circa 3 km a monte di quella del torrente Chisone. Dopo il Chisone non si hanno più confluenze significative fino al Po, a una distanza di circa 12 km dalla confluenza del Chisone.

Complessivamente l'asta ha una lunghezza di circa 55 km, dalla sorgente alla foce in Po.

Il torrente Chisone ha origine dalle falde del monte Barifreddo, quota 3028 m .s.m., ed assume anch'esso un andamento circa sud-nord nei primi 10 km circa, fino alla confluenza del Chisonetto (Val Troncea); in questa prima parte percorre una valle molto stretta con affluenti in destra e sinistra di lunghezza molto limitata.

A partire dal Chisonetto il tracciato descrive un arco di circa 180° fino circa all'abitato di Fenestrelle, con il versante in destra che diventa sensibilmente meno acclive di quello opposto. Da questo punto il tracciato assume una direzione media grossolanamente da nord-ovest a sud-est, che mantiene fino alla confluenza in Pellice, con andamento leggermente sinuoso a causa di alcune soglie ed asperità rocciose maggiormente resistenti all'erosione. Il fondovalle è costituito da una ridotta fascia pianeggiante alluvionale, saltuariamente interrotta da restringimenti.

Da Fenestrelle, dopo circa 15 km si arriva all'abitato di Perosa Argentina, dove il Chisone riceve il principale affluente, ossia il torrente Germanasca.

A valle di Perosa Argentina, passa successivamente per Pinasca, Villar Perosa e S. Germano Chisone, dove vi è in destra la confluenza del torrente Pramollo.

Successivamente il tracciato incontra l'abitato di Porte (con la confluenza in destra del torrente Prarostino) e poi arriva all'altezza di Pinerolo, da cui hanno inizio le fasce fluviali del PAI e che rappresenta il punto di chiusura del bacino montano.

A valle di Pinerolo, dopo circa 12 km si ha la confluenza in Pellice, senza che contribuiscano altri affluenti significativi.

6.5 Inquadramento climatico

La parte del bacino idrografico complessivo del torrente Pellice che fa capo al Chisone ha caratteristiche climatiche significativamente differenti rispetto alle restanti parti del bacino; il sottobacino a monte della confluenza del Germanasca rientra tra quelli alpini

interni, caratterizzati dalla protezione offerta dalla catena alpina rispetto alle correnti umide dell'Atlantico o del Mediterraneo e pertanto interessati da precipitazioni meteoriche piuttosto modeste per quantità e intensità.

La presenza di ampie zone al di sopra dei 2.000 m s.m. fa inoltre sì che le precipitazioni si manifestino nella maggior parte dell'anno prevalentemente sotto forma nevosa, non contribuendo quindi alla formazione delle piene.

Il bacino del Chisone (Figura 3) nel suo complesso presenta, dal punto di vista pluviometrico, le caratteristiche di un regime prealpino, con minimo principale in inverno, massimo principale in primavera e secondario in autunno. Gli eventi di piena si verificano generalmente tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno, quando all'apporto pluviometrico si associano i deflussi provenienti dallo scioglimento del manto nevoso.

Alla sezione di misura di S. Martino (Tabella 1), che rappresenta con buona approssimazione la chiusura del bacino montano, le caratteristiche idrologiche del bacino sono rappresentate dai dati di seguito riportati.

Tabella 1 Caratteristiche idrologiche del T. Chisone alla sezione di misura di S. Martino

Superficie (km²)	574	Quota massima dell'asta principale (m s.m.)	2.350
Altitudine media (m s.m.)	1.751	Lunghezza corso d'acqua principale (km)	53
Quota orografica massima (m s.m.)	3.280	Larghezza media del bacino (km)	10,9
Quota chiusura del bacino (m s.m.)	400	Perimetro (km)	118
Pendenza media dell'asta principale	3,7%	Aree glaciali (km²) (dato aggiornato al 1970)	0

Sulla base delle stazioni pluviometriche esistenti (Servizio Idrografico e Settore Meteoidrografico della Regione Piemonte), è stato calcolato l'afflusso meteorico totale annuo ragguagliato al bacino, per il periodo più recente per il quale esiste la disponibilità dei dati, compreso tra il 1992 e il 2000 (Figura 4).

Nell'intero arco di tempo considerato, l'afflusso meteorico medio è risultato pari a 950 mm/anno circa.

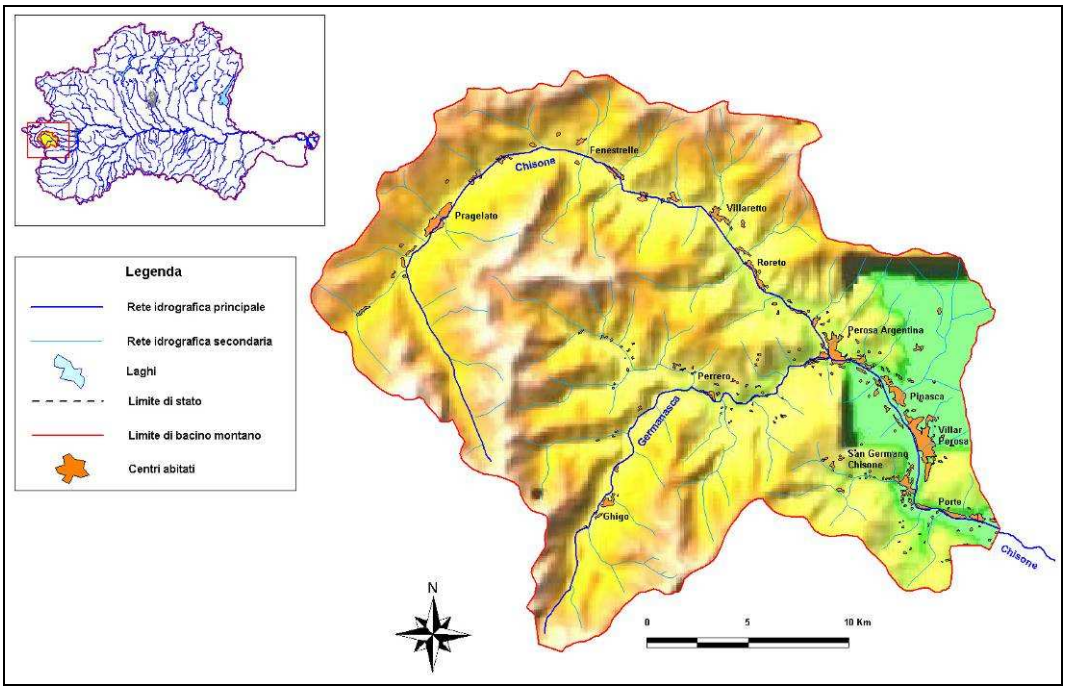


Figura 3 **Bacino montano del torrente Chisone chiuso alla sezione di S. Martino**

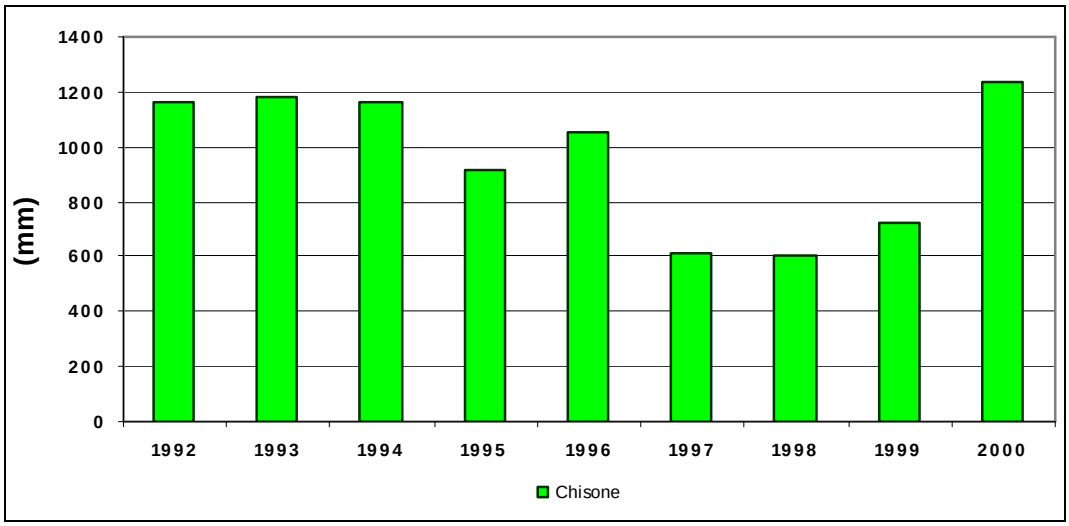


Figura 4 **Afflussi annui nel bacino montano del torrente Chisone (periodo 1992-2000)**

Sotto l'aspetto dei deflussi, i valori ricostruiti nell'ambito del bilancio idrologico condotto sui corsi d'acqua principali del bacino idrografico del Po da parte dell'Autorità di bacino, porgono un andamento dei deflussi medi relativi al decennio 1992 – 2000 che è rappresentato nelle Figura 5 , Figura 6 e Figura 7.

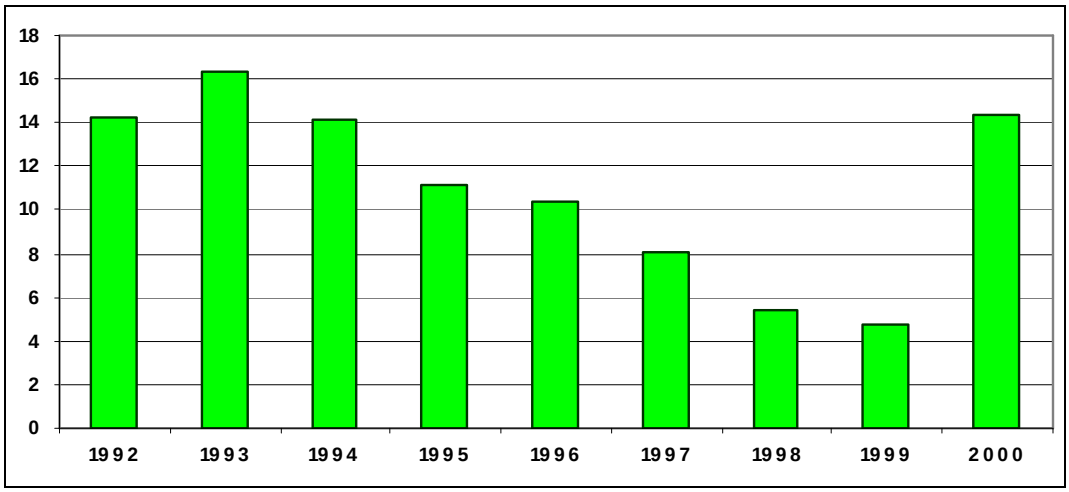


Figura 5 **T. Chisone a S. Martino (1992-2000): deflussi medi annuali (portata in m^3/s)**

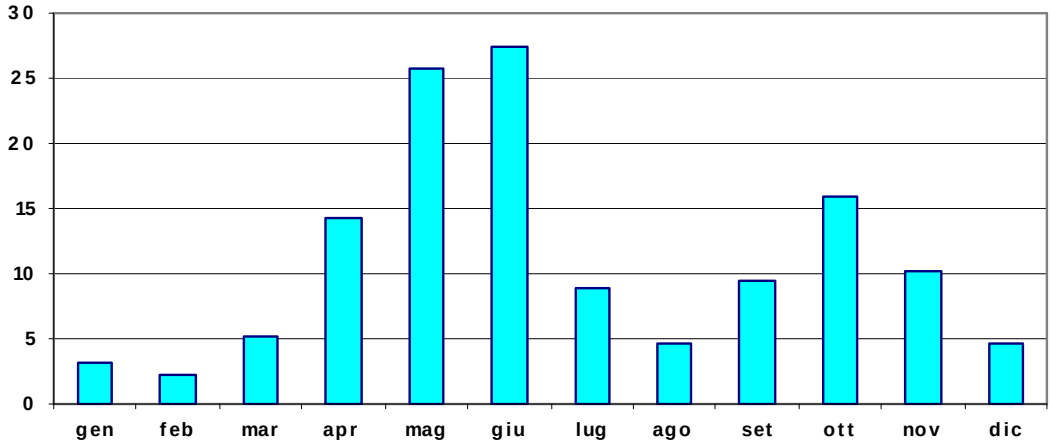


Figura 6 **T. Chisone a S. Martino (1992-2000): deflussi medi mensili (portata in m^3/s)**

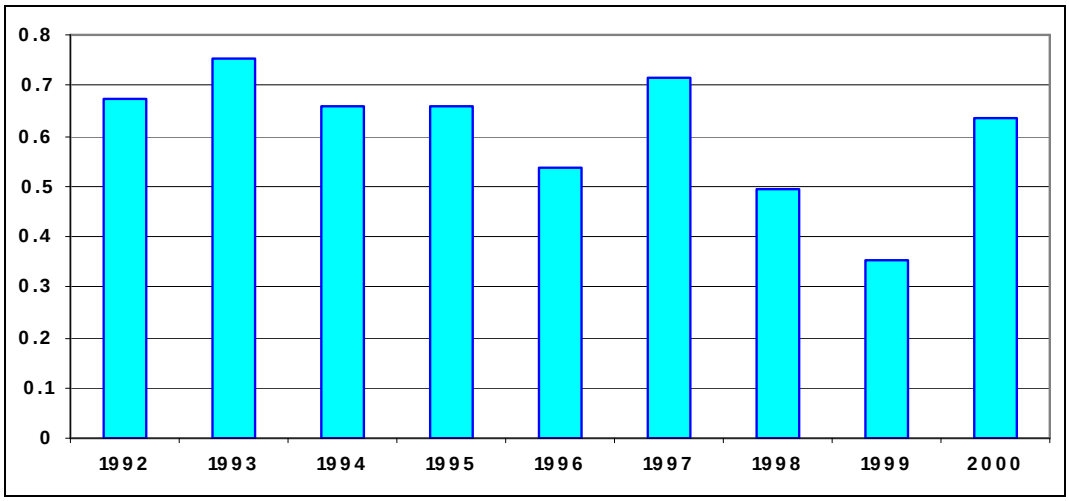


Figura 7 T. Chisone a S. Martino (1992-2000), coefficiente di deflusso

Sempre per il periodo considerato, la scala di durata delle portate porge i valori riportati in Tabella 2 .

Tabella 2 Scala di durata delle portate del torrente Chisone a S. Martino (1992-2000)

Durata (giorni)	Portata (m^3/s)
10	49,7
91	11,8
182	5,3
274	3,0
355	1,2

Per la parte del bacino idrografico che è sotteso direttamente dall'asta del Pellice, si fa riferimento anche in questo caso alla sezione di chiusura del bacino montano, posta all'altezza del ponte di Bibiana (Figura 9).

Il bacino montano ha caratteristiche climatiche intermedie tra i bacini pedemontani e i bacini interni; nei settori del territorio non protetti dalla catena alpina, le piogge intense e gli apporti nevosi minori determinano portate specifiche elevate.

Il regime pluviometrico del bacino presenta due massimi dello stesso ordine di grandezza in primavera e in autunno, intercalate da due minimi, uno estivo e uno invernale (più accentuato).

Le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno in pianura a poco oltre 1400 mm/anno nella parte montana.

Le caratteristiche idrologiche del bacino sono rappresentate dai dati in Tabella 3 .

Tabella 3 Caratteristiche idrologiche del T. Pellice alla sezione di misura di Bibiana

Superficie (km²)	264	Quota massima dell'asta principale (m s.m.)	2.350
Altitudine media (m s.m.)	1.508	Lunghezza corso d'acqua principale (km)	31
Quota orografica massima (m s.m.)	3.171	Larghezza media del bacino (km)	9,5
Quota chiusura del bacino (m s.m.)	415	Perimetro (km)	71
Pendenza media dell'asta principale	6,6%	Aree glaciali (km²) (dato aggiornato al 1970)	0

Sulla base delle stazioni pluviometriche esistenti (Servizio Idrografico e dal settore Meteoidrografico della Regione Piemonte), è stato calcolato l'afflusso meteorico totale annuo ragguagliato al bacino, per il periodo più recente per il quale esiste la disponibilità dei dati, compreso tra il 1992 e il 2000 (Figura 8).

Nell'intero arco di tempo considerato, l'afflusso meteorico medio è risultato pari a 1.150 mm/anno circa.

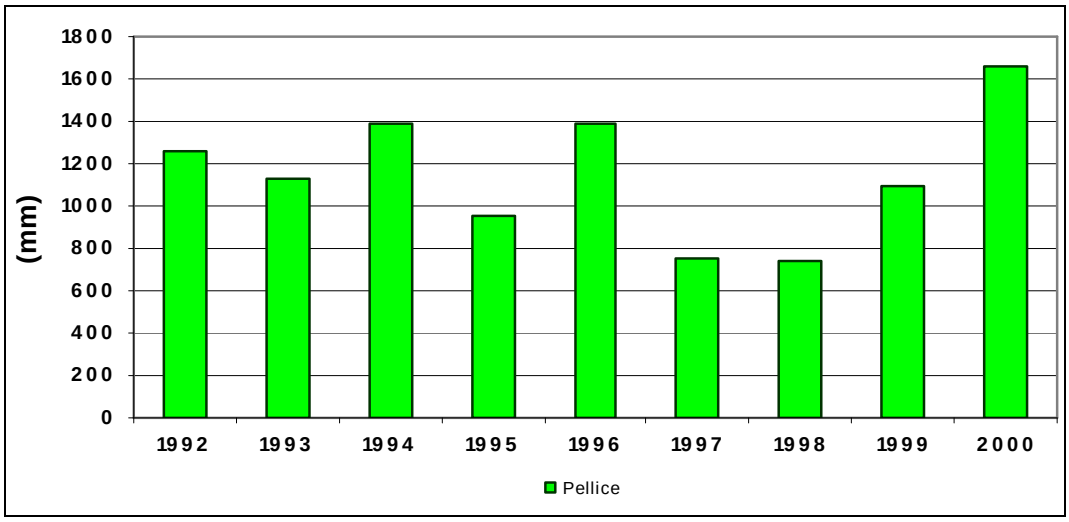


Figura 8 Afflussi annui ragguagliati nel bacino idrografico montano (sezione di Bibiana) del torrente Pellice (1992-2000)

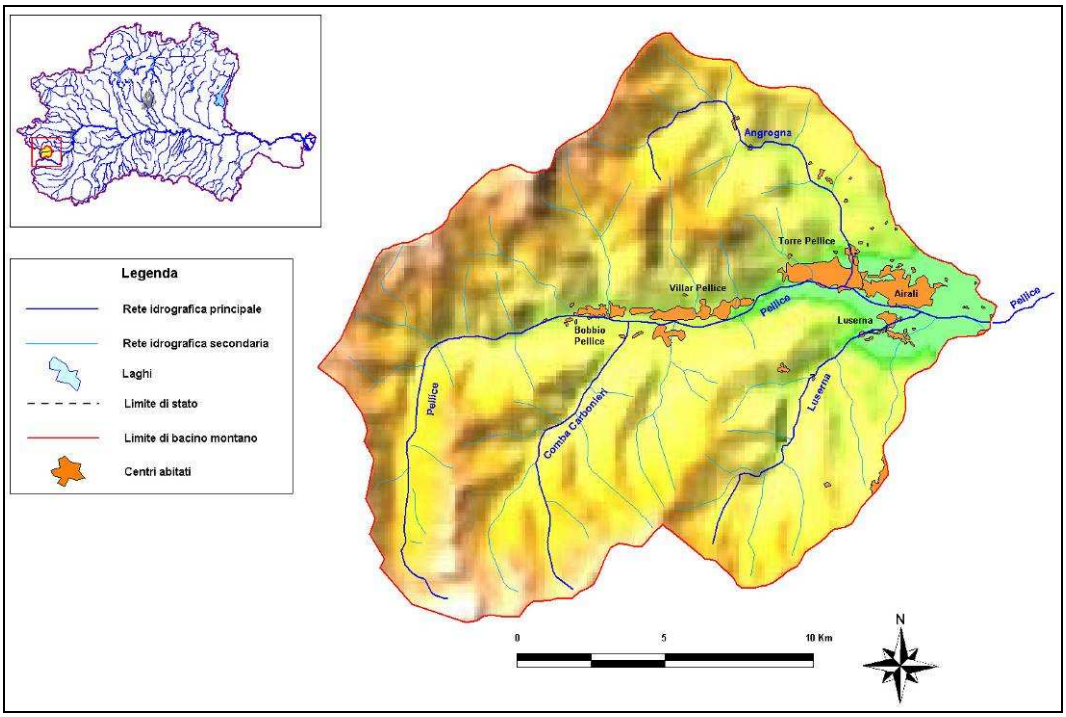


Figura 9 Bacino montano del torrente Pellice chiuso alla sezione di Bibiana

Sotto l'aspetto dei deflussi, i valori ricostruiti nell'ambito del bilancio idrologico condotto sui corsi d'acqua principali del bacino idrografico del Po da parte dell'Autorità di bacino, porgono un andamento dei deflussi medi relativi al decennio 1992 – 2000 che è rappresentato nelle Figura 10 e Figura 11.

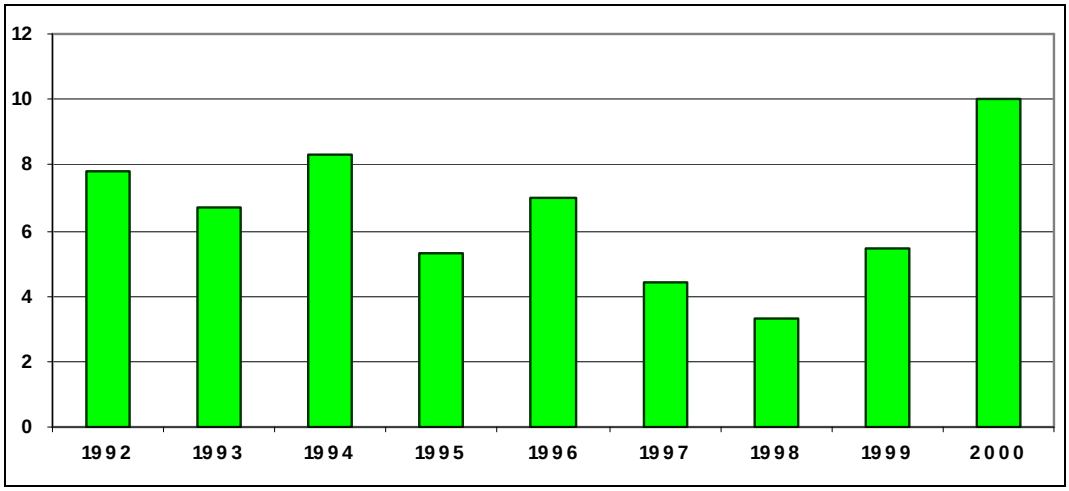


Figura 10 Torrente Pellice a Bibiana (1992-2000), deflussi medi annuali (portata in m^3/s)

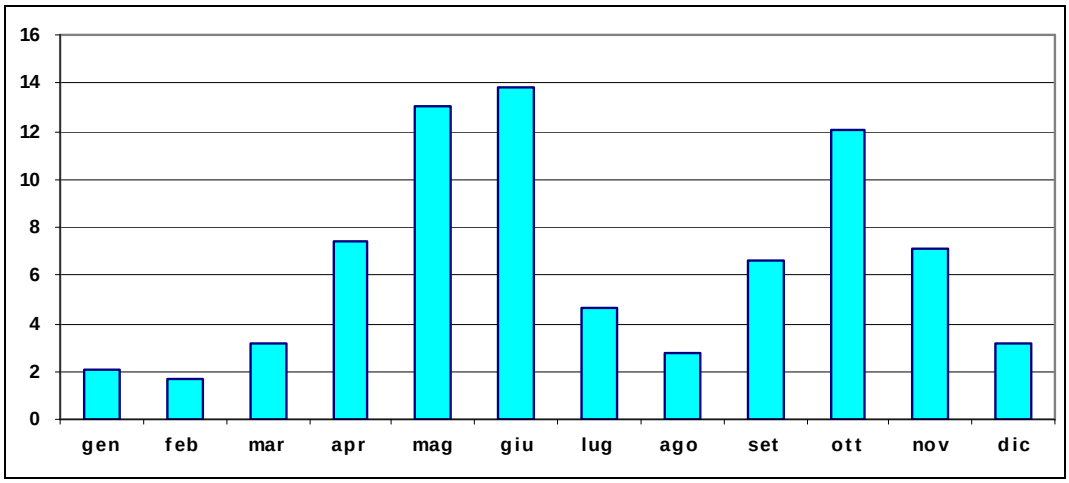


Figura 11 Torrente Pellice a Bibiana (1992-2000), deflussi medi mensili (portata in m^3/s)

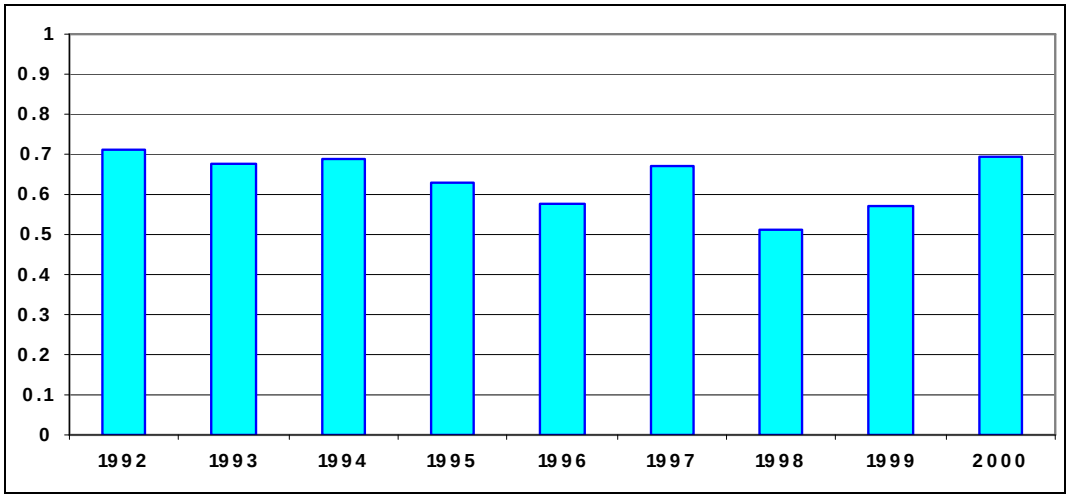


Figura 12 Torrente Pellice a Bibiana (1992-2000), coefficiente di deflusso

Sempre per il periodo considerato, la scala di durata delle portate porge i valori riportati in Tabella 4 .

Tabella 4 Scala di durata delle portate del torrente Pellice a Bibiana (1992-2000)

Durata (giorni)	Portata (m^3/s)
10	31,5
91	6,3
182	3,2
274	1,9
355	0,9

7 Inquadramento generale dell'asta fluviale

Sono oggetto delle attività di analisi e di studio per la costruzione del Programma di gestione dei Sedimenti l'asta del Pellice dal ponte di Bibiana alla confluenza in Po e quella del Chisone, da Pinerolo alla confluenza in Pellice. I tratti dei due corsi d'acqua corrispondono a quelli su cui insiste la delimitazione delle fasce fluviali nell'ambito del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) vigente, dell'Autorità di bacino del fiume Po.

Le attività riguardano pertanto i tratti dei due corsi d'acqua a valle della chiusura del bacino idrografico montano, nei quali quindi i fenomeni di dinamica torrentizia strettamente detti sono meno intensi e in cui anche dal punto di vista idrologico le portate di riferimento, a cui sono correlati i fenomeni di trasporto solido, assumono una variabilità modesta.

Lungo il Pellice, le caratteristiche geometriche e idrauliche dell'alveo hanno la seguente variabilità:

- le pendenza motrice media varia dall'1,5% all'estremo di monte a circa lo 0,1% a quello di valle;
- la larghezza media dell'alveo attivo a bordi pieni passa da circa 150 m a monte a valori dell'ordine dei 350 m a valle;
- la profondità di corrente media dell'alveo attivo a bordi pieni è di poco superiore ai 2 m a monte e supera i 4,5 m a valle.

Se si esclude il Chisone, di cui è evidente l'importanza, l'unico affluente secondario significativo nel tratto in studio è costituito dal Chiamogna, che confluisce in sponda sinistra poco a monte del Chisone stesso.

Il tratto del Chisone considerato ha un'estensione più limitata e non è interessato da affluenti; le caratteristiche idrauliche sono rappresentative di un comportamento ancora nettamente torrentizio in tutto il tratto considerato:

- le pendenza motrice media varia dall'1,3% all'estremo di monte a circa lo 0,7% a valle;
- la larghezza media dell'alveo attivo a bordi pieni passa da circa 100 m a monte a valori dell'ordine dei 200 m a valle;
- la profondità di corrente media dell'alveo attivo a bordi pieni è dell'ordine di 2,5 m per tutto il tratto.

8 Individuazione dei tronchi omogenei

L'assetto attuale dei due corsi d'acqua, le tendenze evolutive e le linee di intervento sono state definite facendo riferimento a una suddivisione in tronchi omogenei, fatta ricercando una suddivisione rappresentativa delle diverse componenti analizzate: assetto idraulico, assetto morfologico dell'alveo attivo e delle aree esondabili e caratteri ecologici della regione fluviale.

Partendo dagli specifici tratti omogenei per le tre componenti si è operato con un criterio di integrazione, facendo riferimento ad un'unica suddivisione valida per tutti i temi.

L'analisi preliminare delle caratteristiche degli alvei dei due corsi d'acqua ha inoltre indotto a considerare prevalente nella suddivisione in tronchi lo stato di sistemazione idraulica presente; ciò per tenere conto che esso ha determinato le condizioni morfologiche dell'alveo e, anche se meno direttamente, le condizioni ecologiche della regione fluviale.

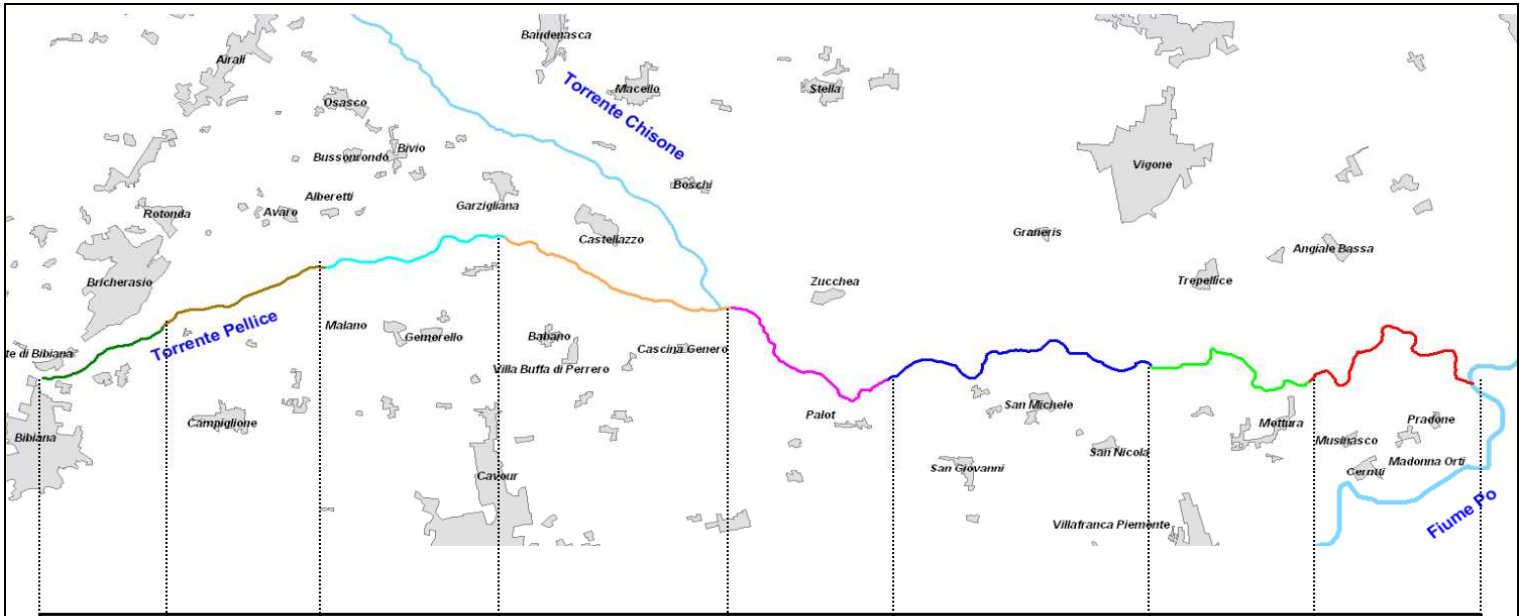
Per l'asta del torrente Pellice sono stati individuati 8 tronchi omogenei (Figura 13)

Le caratteristiche dei tronchi e la loro estensione, misurata lungo l'asse di magra del corso d'acqua sono riportate in Tabella 5 .

Tabella 5 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Pellice nel tratto da Bibiana alla confluenza in Po

Tronco	Descrizione	Lunghezza (m)	Larghezza media alveo inciso (Bankfull _Q5) (m)	Pendenza media (‰)
1	Dalla confluenza in Po a loc. Ruata Pellice	4.135	270	1,06
2	Dalla loc. Ruata Pellice al ponte Vigone-Villafranca	3.135	180	2,29
3	Dal ponte Vigone-Villafranca alla loc. C.na Bellina	4.800	250	2,50
4	Dalla loc. C.na Bellina alla confl. del torrente Chisone	3.295	280	3,78
5	Dalla confl. del torrente Chisone alla loc. C.na Taraglio	3.825	170	7,21
6	Dalla loc. C.na Taraglio alla loc. C.na Garnero	3.000	140	10,91
7	Dalla loc. C.na Garnero a Bricherasio	2.760	150	14,33
8	Da Bricherasio al ponte di Bibiana	2.065	140	13,86

Una descrizione sintetica delle caratteristiche di ciascuno dei tronchi individuati permette di comprendere le particolarità di ciascuno di essi e le motivazioni della suddivisione; la delimitazione dei tronchi viene fatta coincidere con le sezioni trasversali utilizzate per l'analisi del comportamento idraulico del corso d'acqua.

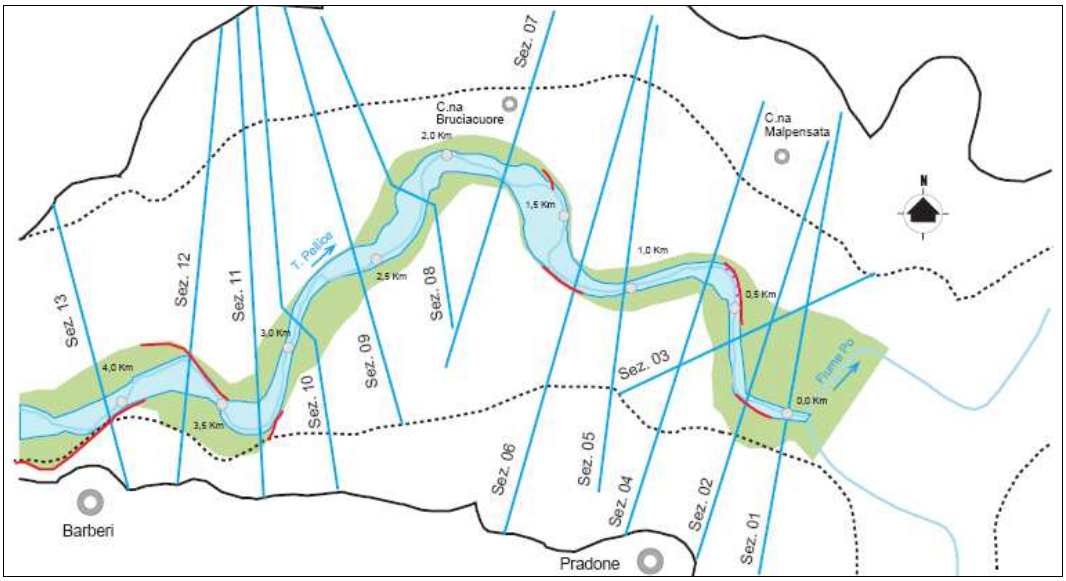


8	7	6	5	4	3	2	1
2,0 Km da Bricherasio a Ponte Bibiana	2,7 Km da C. Garnero a Bricherasio	3,0 Km da C. Taraglio a C. Garnero	3,8 Km da confluenza Chisone a C. Taraglio	3,3 Km da C.na Bellina a confluenza Chisone	4,8 Km da ponte Vigone-Villafranca a C.na Bellina	3,1 Km da Ruata Pellice a ponte Vigone-Villafranca	4,1 Km Da confl. Po a Ruata Pellice

Figura 13 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Pellice nel tratto dal ponte di Bibiana alla confluenza in Po

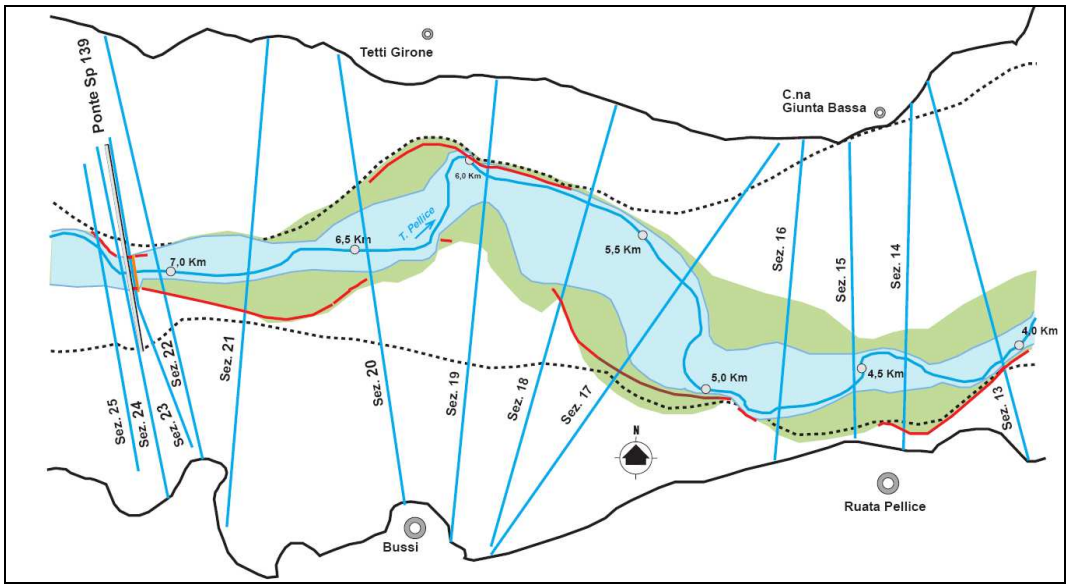
Tronco 1, dalla confluenza in Po alla loc. Ruata Pellice (sezz. 1-13): l'alveo è meandrizzato, con sezione piuttosto incisa, che manifesta fenomeni di instabilità morfologica sulle sponde e di abbassamento del fondo; modesta è l'incidenza delle opere idrauliche presenti, costituite da scogliere longitudinali in corrispondenza di alcune delle curve.

Non vi sono condizionamenti significativi da parte di infrastrutture e insediamenti; l'unica opera presente è costituita da un guado in tubi di calcestruzzo a valle della sez. 13 che collega la pista a servizio dell'impianto di trattamento inerti ubicato in destra idrografica.



Tronco 2, loc. Ruata Pellice al ponte della Strada provinciale Vigone-Villafranca (sezz. 13-24): l'alveo ha caratteristiche di transizione verso la forma meandriforme di valle; alta incidenza delle opere di sponda, longitudinali a scogliera, la cui estensione è dello stesso ordine di lunghezza del tratto.

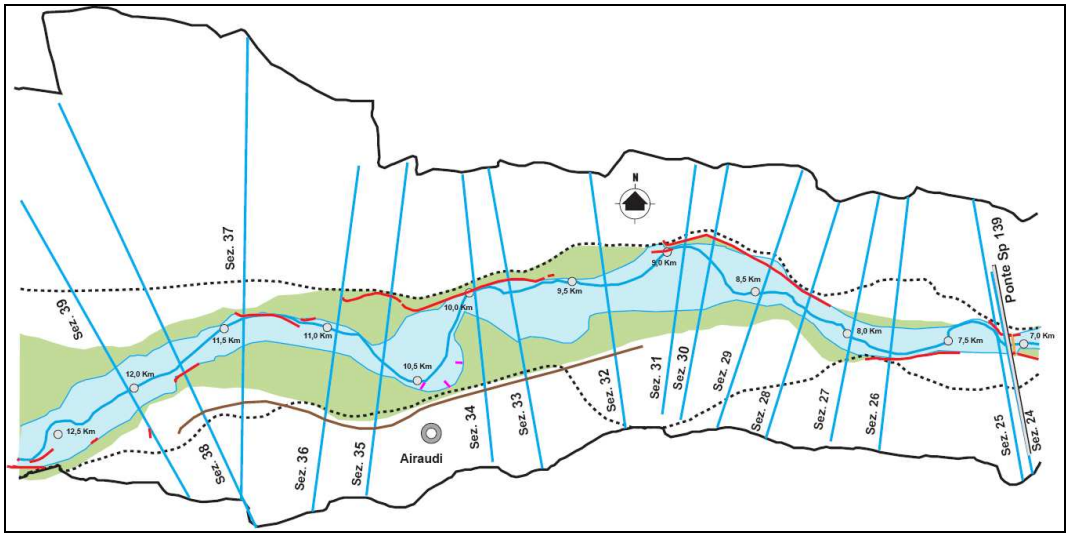
L'estremità di monte del tratto è condizionata dal ponte della S.P. 139 che costituisce un consistente restringimento della sezione di deflusso e la cui soglia di fondo, a difesa delle fondazioni, fissa il profilo di fondo alveo. La soglia risulta oggetto di significativi fenomeni erosivi e di sifonamento.



Tronco 3, dal ponte della Strada provinciale Vigone-Villafranca alla loc. C.na Bellina (sezz. 24-39): l'alveo mantiene le caratteristiche di transizione tra un alveo-tipo tendenzialmente pluricursale a monte e la forma a meandri a valle, con alcune sinuosità accentuate e limitato in destra idrografica dall'argine a difesa dell'abitato di Airaudi.

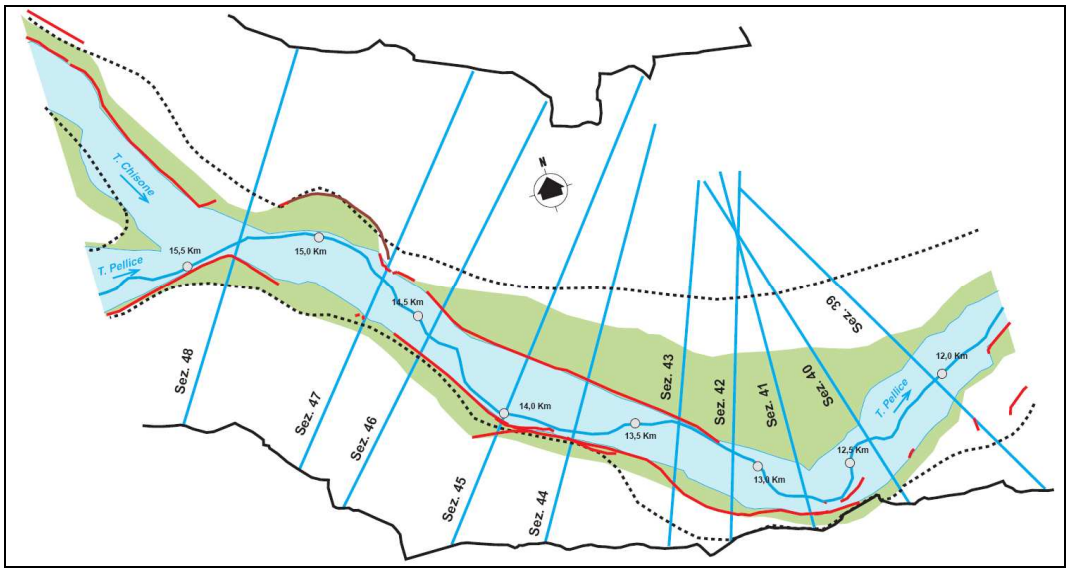
Alta incidenza delle opere di sponda, prevalentemente di tipo longitudinale a scogliera; in alcuni casi sono inserite serie di pennelli a protezione/ripristino di tratti di sponda soggetti ad erosioni locali.

Oltre al ponte citato all'estremo di valle, si segnala la presenza di un guado in tubi in calcestruzzo a monte della sez. 34, a servizio dell'impianto di lavorazione d'inerti in sponda destra.



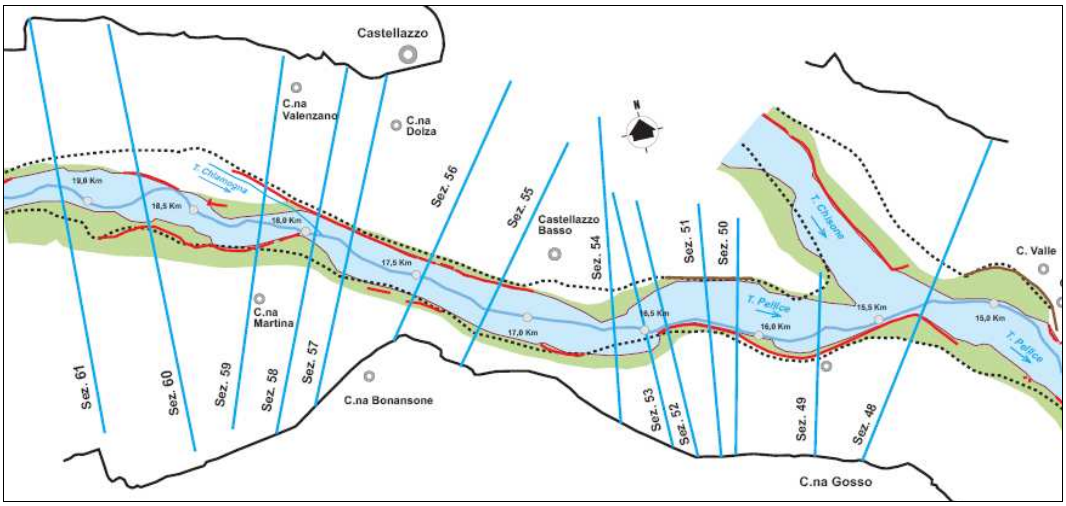
Tronco 4, dalla loc. C.na Bellina alla confluenza del torrente Chisone (sezz. 39-48): alveo fortemente condizionato dagli interventi artificiali quali movimentazione di materiale con creazione di savanelle, piste di cantiere e opere di difesa spondale pressoché continue.

In prossimità della confluenza (sez. 47) vi è il guado della strada provinciale per Zucchea in tubi di acciaio; poco più a valle (sez. 45), il guado in tubi di calcestruzzo a servizio della pista per l'attività estrattiva in atto nella golena in sinistra.



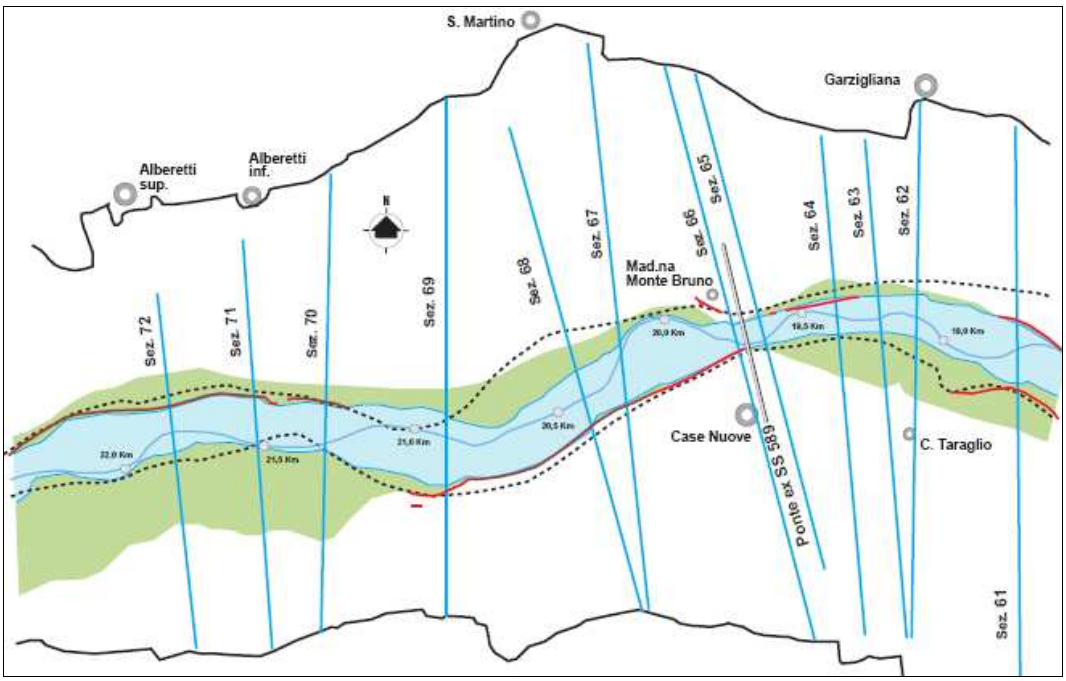
Tronco 5, dalla confluenza del torrente Chisone a C.na Taraglio, all'altezza di Garzigliana (sezz. 48-61): alveo fortemente condizionato e modificato da interventi artificiali; presenza molto consistente di opere di difesa spondale, di tipo longitudinale a scogliera; in sinistra a circa metà del tronco si ha la confluenza del torrente Chiamogna. Le opere di difesa sono in gran parte danneggiate con scalzamento al piede.

Alla sez. 56, vi è il guado in tubi di acciaio a servizio della pista di cantiere che collega l'impianto di lavorazione di inerti in località C. Taraglio in destra idrografica.



Tronco 6, da C.na Taraglio (Garzigliana) alla loc. C.na Garnero (sezz. 61-72): alveo con andamento sinuoso-subrettilineo e struttura localmente pluricursale; i canali secondari si attivano solo in occasione di portate significative. L'alveo è consistentemente modificato dalla interventi artificiali di movimentazione del materiale; elevata l'incidenza delle opere idrauliche longitudinali.

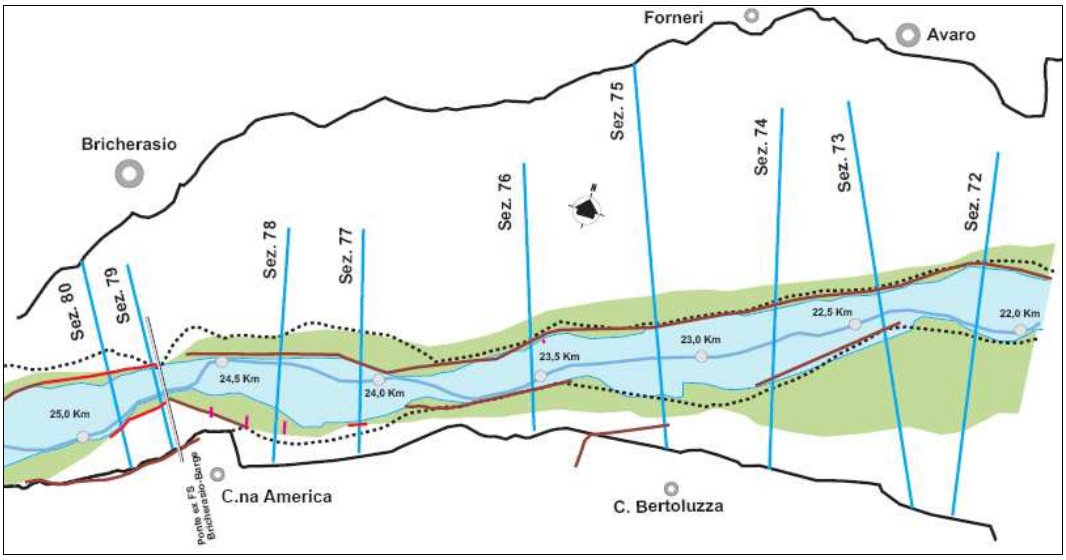
Il ponte della ex SS 589 (loc. Madonna di Monte Bruno) costituisce un elemento significativo di condizionamento della sezione dell'alveo di piena, che in tale punto risulta interessata da abbassamenti di fondo particolarmente accentuati.



Tronco 7, da loc. C.na Garnero a Bricherasio (sezz. 72-80): alveo vincolato dalle opere di difesa esistenti, che interessano gran parte dell'estensione delle sponde in destra e

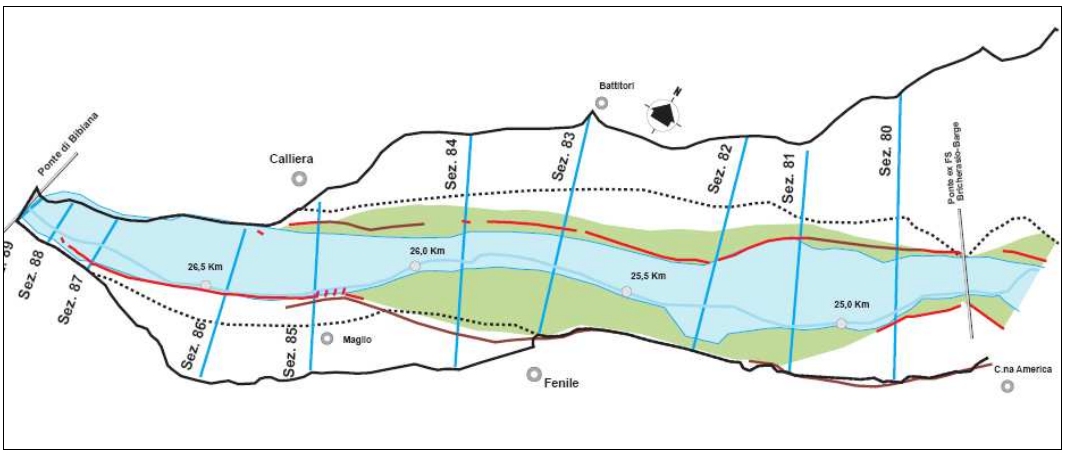
sinistra; assume andamento sinuoso-subrettilineo con struttura localmente pluricursale e canali secondari attivi.

Verso l'estremo di monte, l'ex ponte ferroviario Bricherasio-Barge, ora destinato a pista ciclabile, costituisce un punto di condizionamento della sezione di piena.



Tronco 8, da Bricherasio al ponte di Bibiana(sezz. 80-89): alveo contenuto da due superfici terrazzate sospese rispetto al fondo attuale; è regimato da estese opere di difesa spondale in destra e sinistra idrografica.

Il ponte di Bibiana, S.P. 157 Bricherasio - Campiglione Fenile, costituisce un punto di contenimento trasversale della sezione di piena.



Per l'asta del torrente Chisone sono stati individuati 4 tronchi omogenei (Figura 14)

Tabella 6 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Chisone nel tratto da Pinerolo alla confluenza in Pellice

Tronco	Descrizione	Lunghezza (m)	Larghezza media alveo inciso (Bankfull _Q5) (m)	Pendenza media (‰)
1	dalla confluenza torrente Pellice a Castellazzo	3.120	210	6,95
2	da Castellazzo a C.na Rovina	2.095	190	8,05
3	da C. Rovina a La Scozia	3.600	205	9,16
4	da La Scozia a Miradolo	3.290	100	10,69

Nel seguito viene riportata una descrizione sintetica delle caratteristiche di ciascuno dei tronchi individuati.

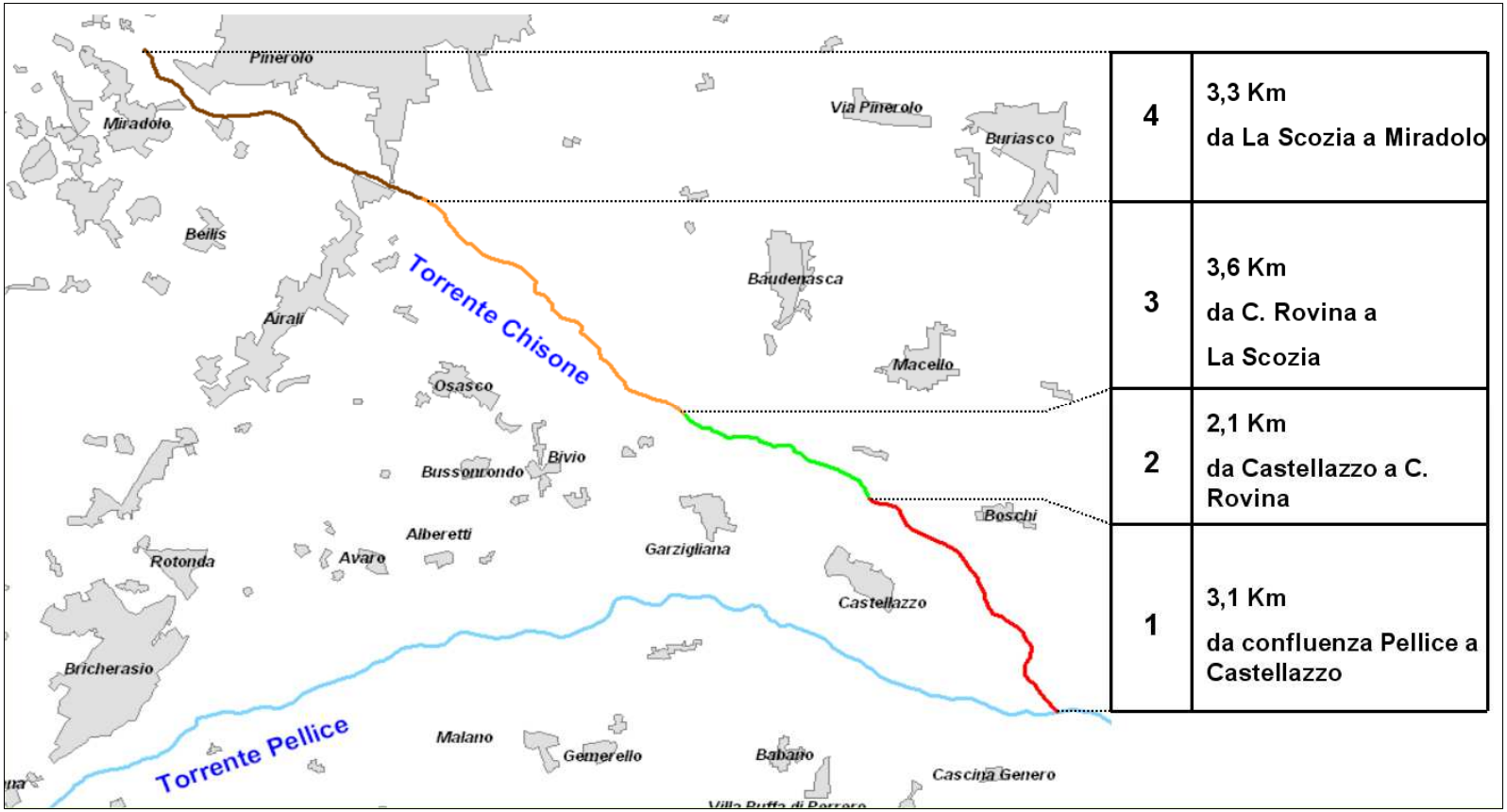
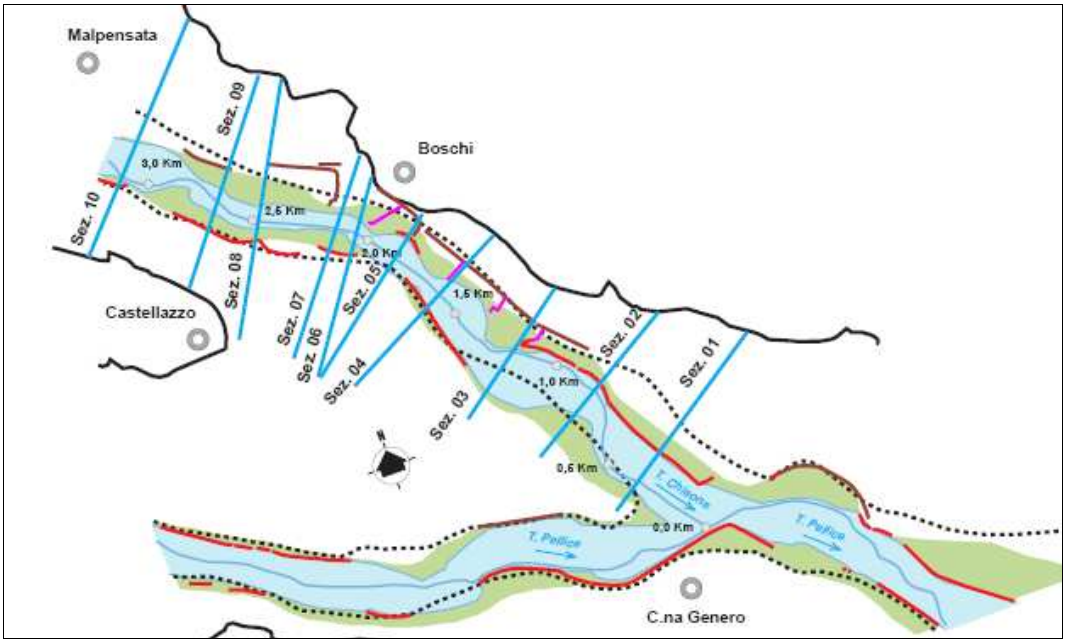


Figura 14 Suddivisione in tronchi omogenei del torrente Chisone nel tratto da Pinerolo alla confluenza in Pellice

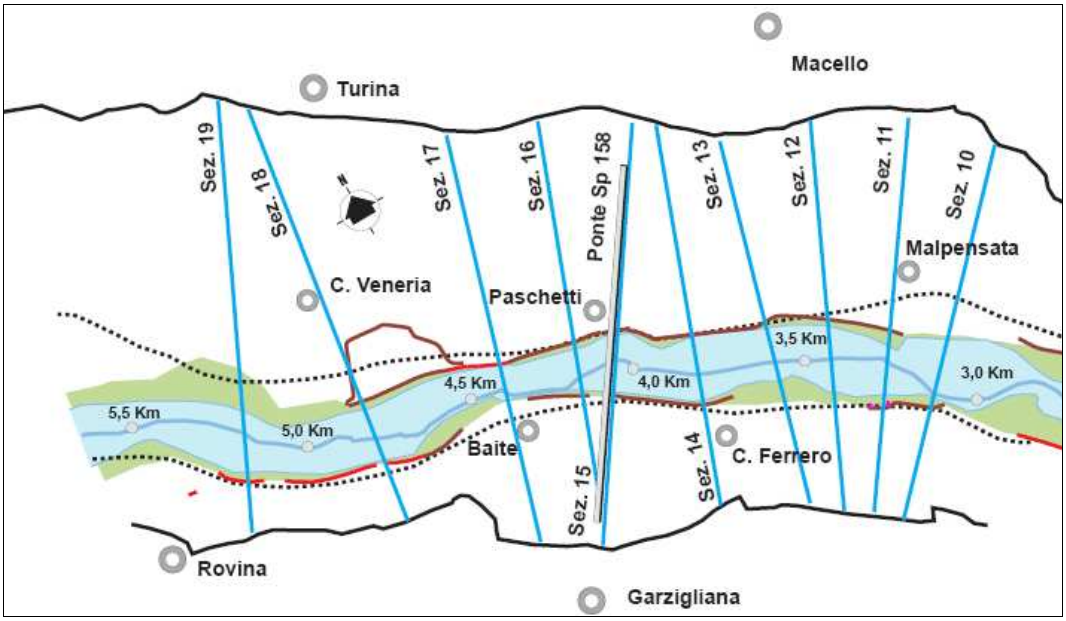
Tronco 1, dalla confluenza in Pellice a Castellazzo (sezz. 1-10): alveo sub-rettilineo, fortemente condizionato da opere di difesa longitudinali soprattutto in sinistra.

Alla sez. 8 vi è un guado in tubi in calcestruzzo e acciaio a servizio dell'impianto di lavorazione inerti posto in sinistra idrografica.

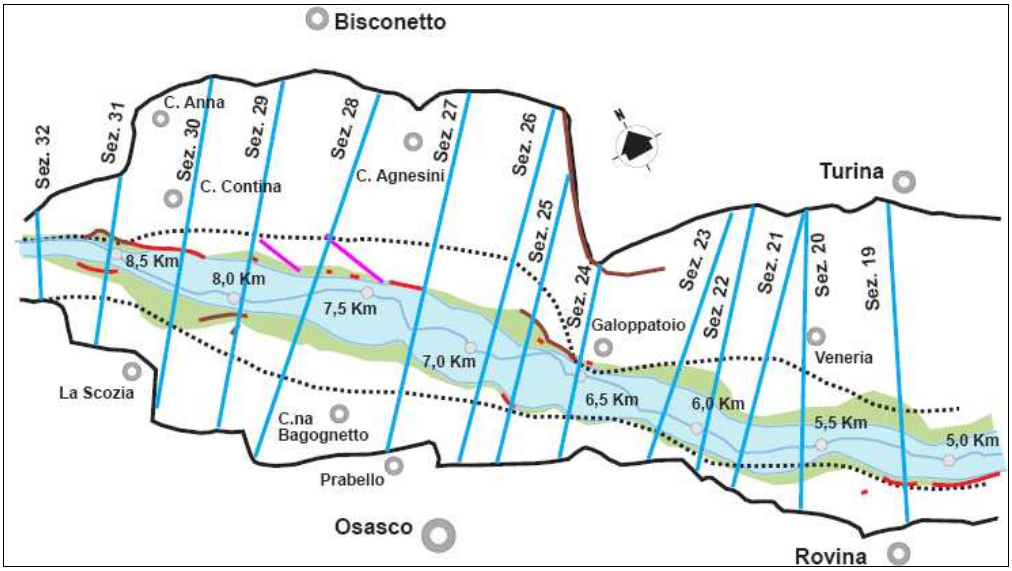


Tronco 2, da Castellazzo a C.na Rovina (sezz. 10-19): alveo sub-rettilineo, fortemente condizionato da opere di difesa longitudinali e artificializzato da interventi di movimentazione in alveo.

Alla sez. 15 il nuovo ponte della SP 158 Garzigliana-Macello, che costituisce un punto di condizionamento dell'alveo di piena.



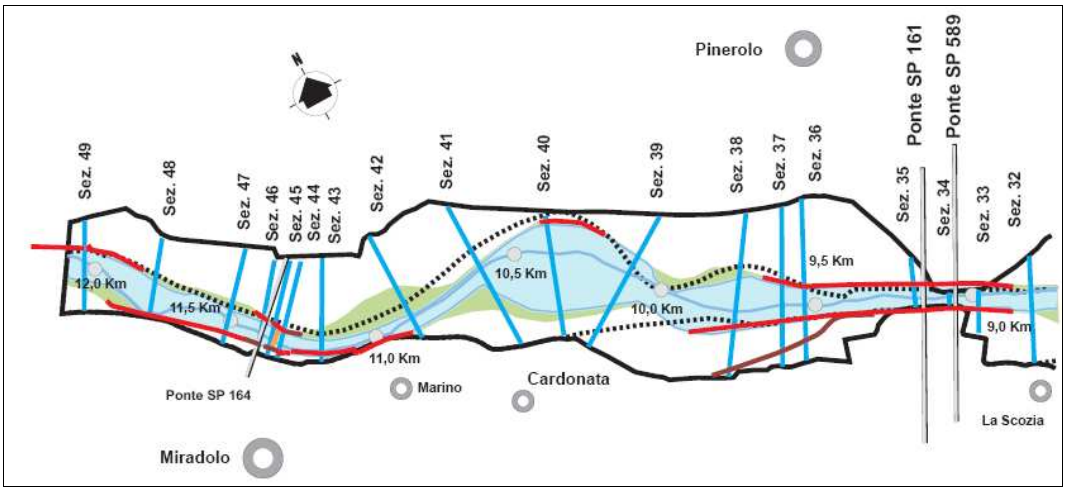
Tronco 3, da C.na Rovina a loc. La Scozia (sezz. 19-32): alveo sub-rettilineo molto rimaneggiato da interventi di movimentazione di materiale; è limitato su entrambe le sponde da piste di cantiere in rilevato. L'incidenza delle opere di sponda è più modesta rispetto ai tratti di valle.



Tronco 4, da loc. La Scozia a Miradolo (sezz. 32-49): l'alveo è fortemente condizionato dagli attraversamenti e dalle opere di difesa correlate, che in alcuni tratti comportano una canalizzazione; denuncia gli effetti di una consistente rimodellazione artificiale.

Da monte verso valle, le opere di attraversamento sono costituite da:

- ponte della S.P. 164 di Miradolo, con presenza di opere di difesa delle sponde a monte e a valle e una soglia di fondo;
- ponte misto, stradale (S.P.161) e ferroviario (Bricherasio-Pinerolo), con opere di opere di difesa spondale a monte e a valle;
- ponte della S.P. 589, con opere di sponda a monte e a valle.



9 Aspetti idrologici e idraulici

9.1 Caratteristiche dell'idrologia di piena

L'analisi idrologica è stata finalizzata alla determinazione delle portate di piena corrispondenti a assegnati valori del tempo di ritorno nei tratti dei torrenti Pellice Chisone interessati dal Programma di gestione.

Il primo riferimento preso in considerazione è costituito dai valori riportati nel PAI ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica") che definisce le portate di piena nelle sezioni significative.

Tra esse, la portata con tempo di ritorno di 200 anni è quella assunta a dato di progetto, in particolare per la delimitazione delle fasce fluviali.

Tabella 7 Portate massime al colmo del PAI (Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica)

Corso d'acqua	Sezione	Superficie	Q20	Q100	Q200	Q500
		km²	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
Chisone	San Martino	581	580	930	1100	1340
Pellice	Fenile/Bibiana	277	650	1050	1240	1510
Pellice	Zucchea/valle Chisone	940	990	1600	1890	2300
Pellice	Confl. in Po	990	1010	1630	1920	2340

Poiché le analisi idrauliche che sono state condotte richiedono di fare riferimento anche a portate di piena con tempi di ritorno inferiori rispetto a quello minimo ventennale riportato nella direttiva citata, sono state svolti alcuni approfondimenti in modo da poter definire le grandezze idrologiche di interesse per le elaborazioni.

Inoltre è parso opportuno individuare anche i valori delle portate caratteristiche in ulteriori sezioni idrografiche lungo le due aste fluviali, significative sotto l'aspetto idrologico.

Nel bacino idrografico del Pellice la stazione idrometrica "storica" è quella del Chisone a San Martino, per la quale sono pubblicati i dati relativi alle portate massime al colmo per il periodo 1937 – 1971.

In questa stazione, la massima piena storica registrata risale al settembre 1947 (700 m³/s) e sono note le piene più recenti: 233 m³/s nel 1993; 410 m³/s nel 1994 e 980 m³/s nel 2000. Tali valori sono stati integrati nella serie storica per le valutazioni statistiche.

Attualmente nel bacino idrografico (a partire circa dal 2000) sono in funzione, gestite da ARPA Piemonte, oltre alla stazione di Chisone a S. Martino, le seguenti stazioni idrometriche: sul torrente Chisone, a Soucheres Bassess; sul torrente Germanasca, alla confluenza in Chisone; sul Pellice, a Luserna S. Giovanni (700 m^3/s, nella piena del 2000 e massimo storico pari a 1.160 m^3/s, nel 1945) e a Villafranca Piemonte.

Per integrare le valutazioni disponibili si è fatto pertanto riferimento alla serie storica di del Chisone a San Martino. Ad essa sono state applicate quattro distribuzioni di probabilità, il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi: GEV (General Extreme Value), LN3 (Three-Parameter Lognormal), LP3 (Log-Pearson Type 3) e P3 (Pearson Type 3).

Le elaborazioni condotte sulla serie storica hanno portato ai valori rappresentati in Tabella 8 .

Tra le distribuzioni di probabilità utilizzate è stata scelta la GEV, che rappresenta meglio la distribuzione dei dati storici (Figura 15 GEV e distribuzione dei dati storici) e mostra una buona coerenza con i valori del PAI.

Tabella 8 Stima delle portate massime al colmo in funzione del tempo di ritorno (GEV, LN3, LP3, P3) nella stazione di Chisone a S. Martino in funzione della serie storica e portate massime al colmo del PAI

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m^3/s)				
	GEV	LN3	LP3	P3	PAI
2	162	159	162	169	--
5	199	308	309	323	--
10	413	432	425	431	--
20	543	572	548	537	580
25	589	620	589	571	--
50	749	782	722	676	--
100	937	963	862	780	930
200	1160	1165	1011	884	1100
500	1518	1467	1219	1022	1340

	Q	Log Q	
Media	210,78	5,05	
St. Dev	167,72	0,81	
Skew	1,59	-0,20	

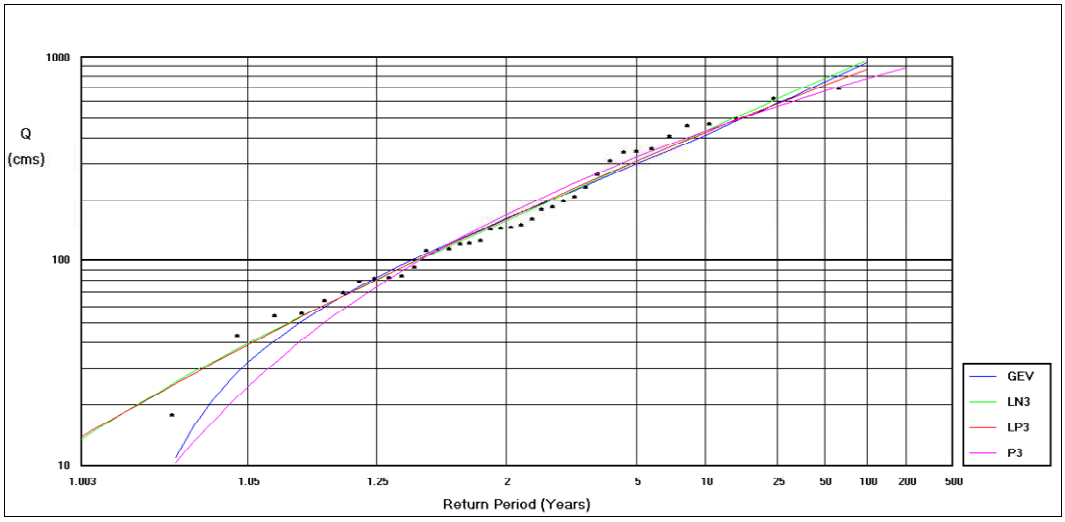


Figura 15 GEV e distribuzione dei dati storici

Sulla base dei risultati ottenuti e della buona rispondenza dei valori derivanti dalla serie storica con quelli del PAI, si è ritenuto adeguato alle finalità dello studio l'utilizzazione dei valori del PAI per le portate con tempo di ritorno compreso tra 20 e 500 anni, integrandoli con quelli derivanti dalla regolarizzazione della serie storica per le portate con tempo di ritorno di 2 e 5 anni.

Ai fini della variazione dei valori della portata di colmo lungo le due aste è invece parso necessario individuare alcune sezioni intermedie, rispetto a quelle fornite dalla Direttiva PAI citata per tenere conto della variazione della superficie del bacino idrografico contribuente e della presenza di affluenti significativi.

Per il torrente Chisone è stata quindi individuata una sezione idrologica a monte della confluenza nel Pellice, a cui corrisponde un bacino idrografico sotteso più ampio di quello alla stazione di San Martino.

Per il torrente Pellice, la variazione del bacino sotteso ad opera degli affluenti ha consigliato di inserire tre sezioni di calcolo tra quella di Fenile/Bibiana e quella a valle della confluenza del Chisone (Zucchea), localizzate rispettivamente a:

- monte confl. t. Chiamogna,
- valle confl. t. Chiamogna,
- monte confl. t. Chisone.

Al fine della stima dei valori delle portate di piena di riferimento nelle nuove sezioni, si è operato per interpolazione, tramite l'applicazione di una semplice relazione di dipendenza dei contributi chilometrici dalla superficie del bacino idrografico sotteso, secondo la nota espressione di Gherardelli-Marchetti:

$$q_1 = q_2(S_1/S_2)^{-0,67}$$

La Tabella 9 presenta i valori delle portate al colmo, determinati in tal modo lungo le aste dei due corsi d'acqua alle sezioni di chiusura rappresentate in Figura 16 .

Tabella 9 Portate di riferimento massime al colmo in funzione del tempo di ritorno lungo le aste dei torrenti Pellice e Chisone

Stazioni	Superficie	Tempo di ritorno (anni)					
	km²	2	5	20	100	200	500
		Portate al colmo (m³/s)					
Chisone a San Martino	581	160	300	580	930	1100	1340
Chisone monte confl. Pellice	601	162	304	588	943	1115	1359
Pellice a Fenile/Bibiana	277	176	305	650	1050	1240	1510
Pellice a monte confl. t. Chiamogna	294	182	315	671	1084	1281	1560
Pellice a valle confl. t. Chiamogna	329	188	326	694	1122	1325	1613
Pellice a monte confl. t. Chisone	335	189	328	698	1128	1332	1622
Pellice a Zucchea/valle t. Chisone	940	265	465	990	1600	1890	2300
Pellice a confl. in Po	990	269	472	1010	1630	1920	2340

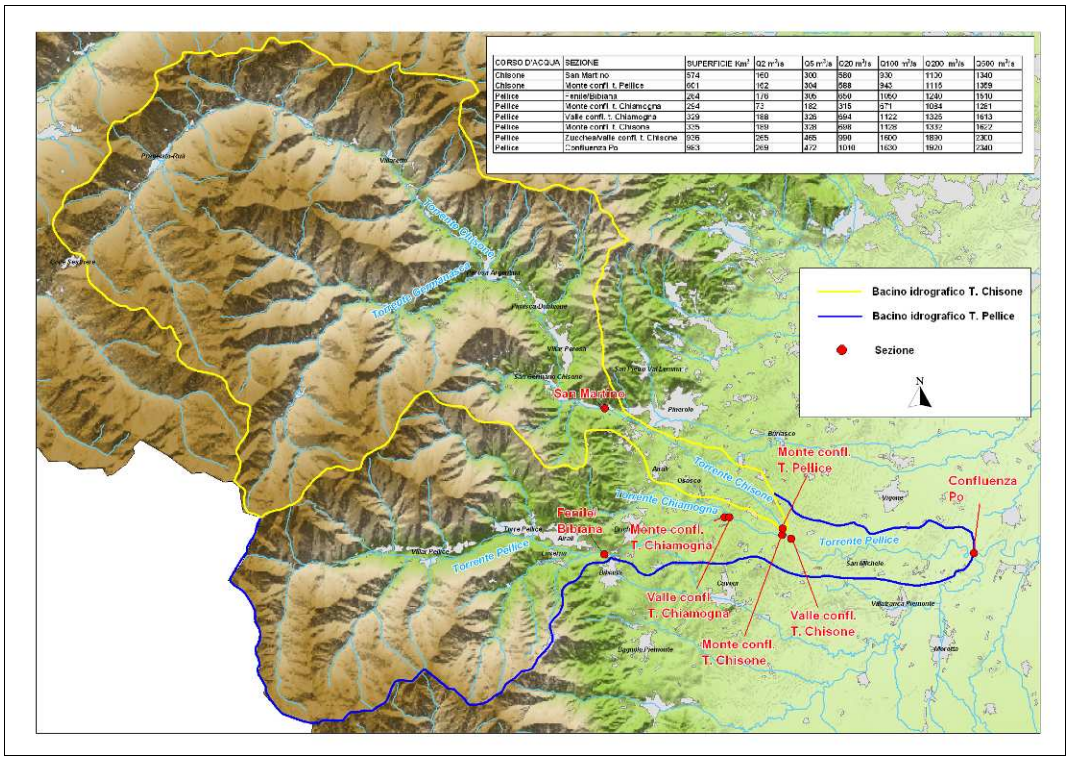


Figura 16 Sezioni di chiusura del torrente Pellice e Chisone

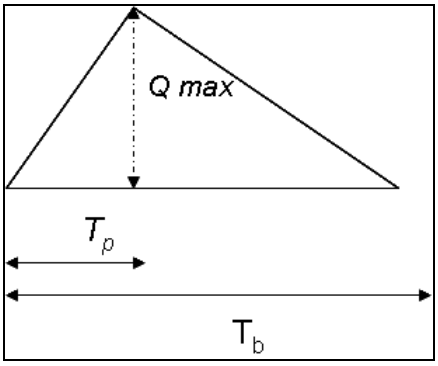
Per la parte bassa del corso del torrente Pellice si è presentata, nella fase di individuazione degli interventi, l'opportunità di verificare, in via preliminare la fattibilità di interventi che impegnino le aree inondabili all'interno della fascia B del PAI con funzioni di laminazione dei colmi di piena.

A questo fine è quindi risultato necessario disporre, oltre che dei valori al colmo, di idrogrammi di portata in ingresso al tronco del corso d'acqua, cioè in pratica a valle della confluenza del Chisone.

La stima degli idrogrammi di piena è stata condotta con tecniche semplificate, quale quella proposta dal SCS, che implica l'ipotesi di isofrequenza tra portata al colmo e idrogramma di piena. Questo metodo assegna la forma triangolare all'idrogramma di piena, ipotizzando che il tempo di base , Tb, sia dato da:

$$T_b = \frac{2W}{Q_{\max}}$$

dove W è il volume di pioggia netta e Q_{max} la portata al colmo stimata.



Il volume di pioggia netta è stato valutato ricavando indirettamente la pioggia lorda che provoca la portata assegnata. Una volta stimato il volume di pioggia netta è quindi possibile calcolare i tempi caratteristici dell'idrogramma, note le relazioni:

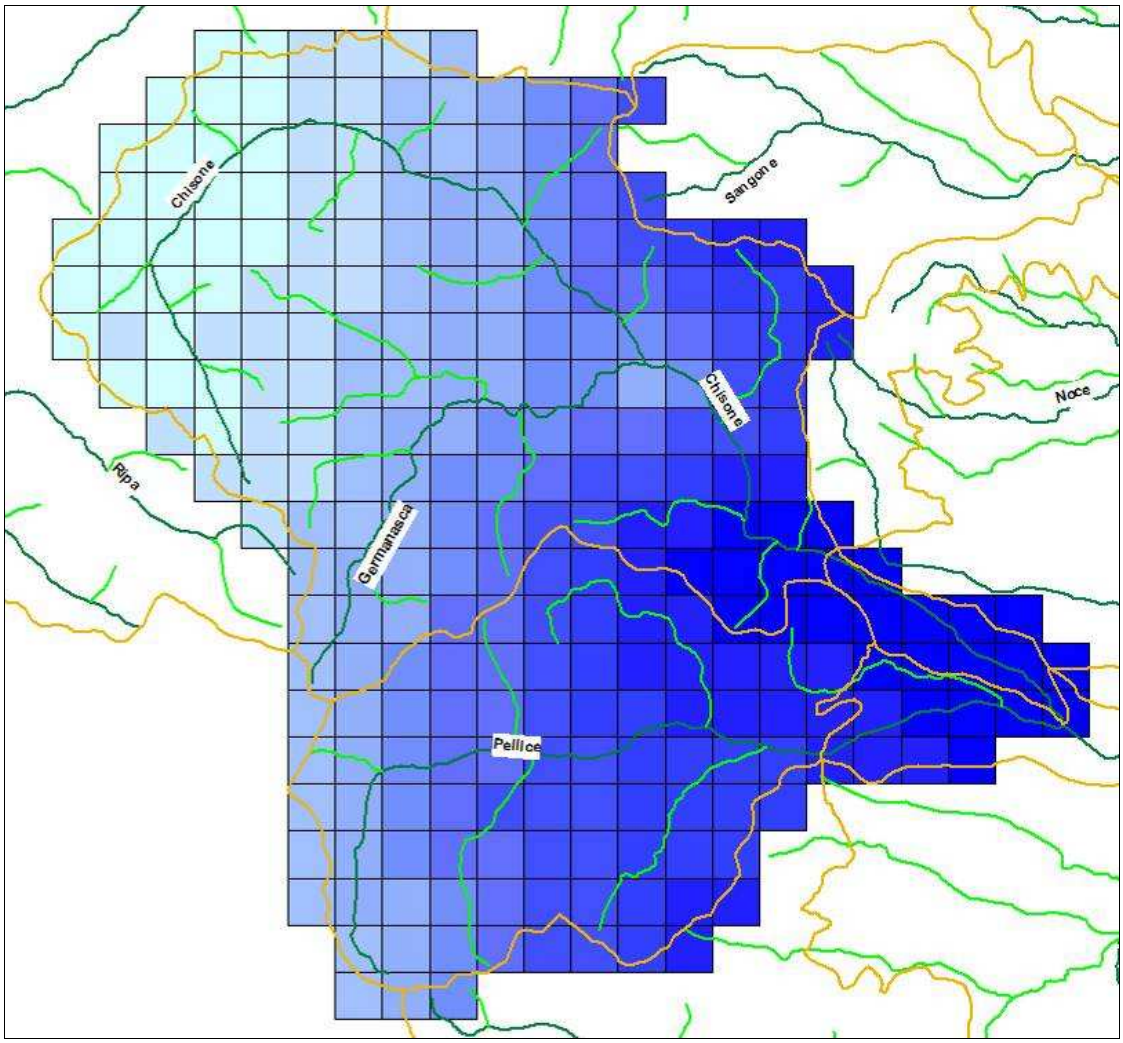
$$T_p = T_b / 2{,}67$$

$$T_b - T_p = 1{,}67\ T_p$$

L'idrogramma ha quindi le seguenti ordinate:

$$q(t) = \begin{cases} 1.335 \dfrac{Q_{\max}^2}{V} t & 0 \le t \le T_p \\ 1.6 Q_{\max} - 0.8 \dfrac{Q_{\max}^2}{V} t & T_p \le t \le T_b \end{cases}$$

Al fine di definire i volumi di pioggia netta W per i differenti tempi di ritorno, si è fatto riferimento alle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica contenute nella Direttiva "Piena di progetto" allegata al PAI.



Considerando il bacino idrografico del Pellice chiuso a valle della confluenza del Chisone, risultano i seguenti valori ragguagliati delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno:

T = 10 anni		T = 20 anni		T = 50 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n
31,52	0,478	36,01	0,479	41,82	0,480	46,18	0,481	50,49	0,482	56,24	0,482

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_o:

$$R_o = (h - 0{,}2\ S)^2 / (h + 0{,}8\ S) \quad (mm)$$

dove h è la precipitazione meteorica ragguagliata (mm) e S è il valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm), dato dall'espressione S = 25((1000/CN)-10).

Con l'applicazione della procedura indicata, per le portate al colmo determinate nella sezione a valle della confluenza del Chisone risulta una durata dell'onda di piena pari a circa 12 ore (t_b = 11,90 ore) e i volumi associati a ciascun valore di colmo della portata che sono evidenziati in Tabella 10.

Tabella 10 Portate massime al colmo e volumi dell'idrogramma di piena in funzione del tempo di ritorno alla sezione a valle della confluenza del Chisone (Zucchea) sul torrente Pellice

Stazioni		Tempo di ritorno (anni)			
		20	100	200	500
Pellice a Zucchea/valle t. Chisone	portata (m^3/s)	990	1600	1890	2300
Pellice a Zucchea/valle t. Chisone	volume (Mm^3)	22,109	37,042	43,996	53,594

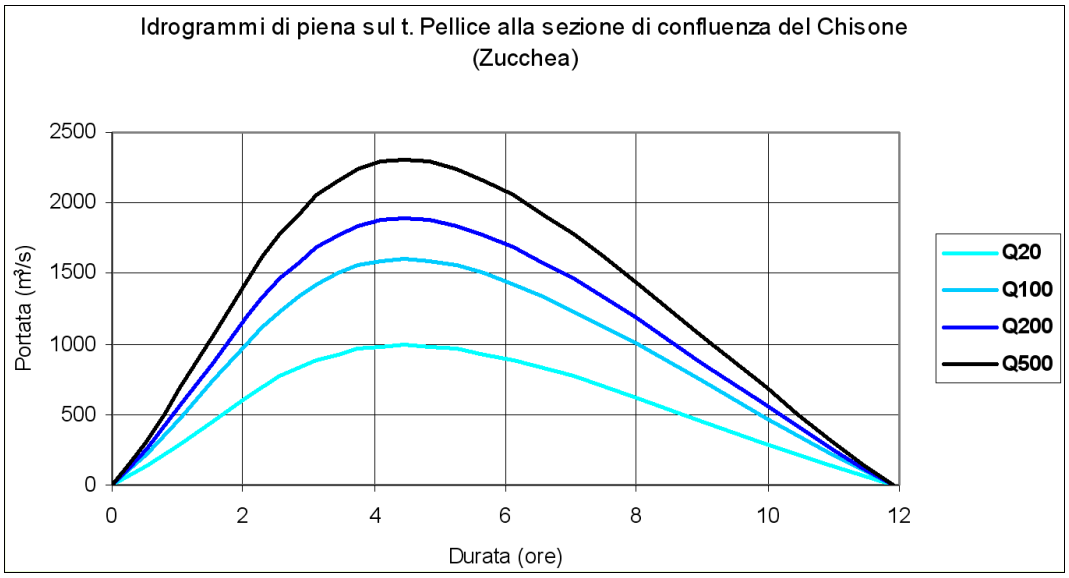


Figura 17 Andamento degli idrogrammi di piena

9.2 Caratteristiche idrauliche del deflusso in piena

Il comportamento in piena dei torrenti Pellice e Chisone nei tratti indagati è stato analizzato attraverso la messa a punto di un modello numerico di simulazione delle condizioni di deflusso

9.2.1 Modello numerico di calcolo

La determinazione dei profili idraulici per i diversi valori di portata di riferimento è stata eseguita, nell'ipotesi di condizioni di moto stazionario, mediante l'impiego del codice di calcolo HEC-RAS dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Il programma di calcolo opera in moto mono-dimensionale stazionario e gradualmente vario in corsi d'acqua naturali o in canali; i profili sono calcolati tra una sezione trasversale e la successiva risolvendo l'equazione generale del moto con una procedura iterativa, denominata Standard Step Method.

Il programma accetta valori di scabrezza diversi tra alveo inciso e piani golenali, computando le caratteristiche del moto su una sezione trasversale composita; è inoltre in grado di tenere conto di perdite di energia per variazioni trasversali della sezione e per ostacoli diversi.

9.2.2 Modello geometrico dell'alveo

I tratti dei due corsi d'acqua assunti a riferimento per la simulazione delle condizioni di deflusso sono costituiti da:

- il torrente Pellice, dal ponte di Bibiana alla confluenza in Po, per una lunghezza di circa 27 km;
- il torrente Chisone, da Pinerolo alla confluenza in Pellice, per circa 12 km.

Le geometrie dei due alvei implementate nel modello derivano dal piano quotato, aggiornato al 2005, predisposto dalla Provincia di Torino nell'ambito dell'aggiornamento cartografico eseguito.

La mancanza di informazioni topografiche sulla geometria dell'alveo rappresentative di un assetto precedente, sufficientemente lontano da quello attuale non ha reso possibile costruire una seconda geometria di riferimento rispetto alla quale le simulazioni idrauliche avrebbero potuto produrre utili parametri di confronto sull'evoluzione del sistema (sezione di bankfull, altezze idriche per la piena di riferimento, capacità di trasporto solido ecc.).

In particolare, non sono risultate significative le sezioni di riferimento utilizzate nell'ambito degli studi propedeutici al PAI per le simulazioni idrauliche del deflusso in condizioni di piena, in funzione delle quali sono state tracciate le fasce fluviali.

Oltre al piano quotato eseguito dalla Provincia di Torino che è stato utilizzato, sono infatti disponibili unicamente i seguenti dati topografici relativi a sezioni trasversali dei corsi d'acqua:

- rilievo topografico eseguito nel 2001 dal Magistrato per il Po sul Pellice e Su Chisone;
- rilievo topografico eseguito nel 2005 da AIPO unicamente sul Pellice.

La disponibilità descritta dei rilievi topografici ha motivato la scelta di fare riferimento al rilievo della Provincia di Torino che risulta essere il più aggiornato e che permette la copertura in maniera omogenea delle aste dei due corsi d'acqua interessati.

La scelta dell'ubicazione delle sezioni lungo l'asse del corso d'acqua (rispetto alle quali sono stati estratti dal DTM le coordinate topografiche delle sezioni trasversali) ha tenuto conto dell'ubicazione delle sezioni di riferimento riportate nella cartografia di delimitazione delle fasce fluviali del PAI.

Ovunque possibile, le nuove sezioni trasversali estratte dal DTM della cartografia provinciale 2005 sono state fatte coincidere; sono state fatte eccezioni unicamente nei casi in cui l'ubicazione indicata nel PAI non è risultata rappresentativa della geometria dell'alveo ai fini delle simulazioni idrauliche.

Le sezioni nel modello sono numerate in modo progressivo, da valle verso monte, conservando come elemento descrittivo della sezione il numero e il codice del rilievo topografico di origine; la progressiva di riferimento per le distanze delle sezioni trasversali è stata assunta coincidente con quella dell'asse dell'alveo di magra definito rispetto alla geometria relativa al 2005.

In sintesi quindi, il modello di simulazione idraulica fa riferimento a una geometria dell'alveo, per i due tratti dei corsi d'acqua interessati descritta secondo i seguenti elementi:

- torrente Pellice, tratto dal ponte di Bibiana alla confluenza in Po (27 km); complessivamente 89 sezioni trasversali (interasse medio 300 m) estese alla fascia B, derivate dal rilievo DTM della Provincia di Torino del 2005 e coincidenti, ove possibile, con le sezioni delle fasce del PAI e con il rilievo eseguito dal Magistrato per il Po nell'anno 2001;
- torrente Chisone, tratto da Pinerolo alla confluenza in Pellice (12 km); complessivamente 49 sezioni trasversali (interasse medio 250 m) estese alla fascia B derivate da rilievo DTM della Provincia di Torino del 2005 e coincidenti ove possibile con le sezioni delle fasce del PAI e con il rilievo eseguito dal Magistrato per il Po nell'anno 2001.

9.2.3 Condizioni di scabrezza

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al coefficiente di scabrezza di Manning, assegnato in accordo con le indicazioni fornite dalla letteratura scientifica e in particolare da "Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains" – U.S. Geological Survey Water – Supply Paper 2339, 1989.

Il riferimento ai valori indicati in letteratura è stato obbligato dalla mancanza, sul tratto in questione, di misure idrometriche relative ad eventi di piena recenti, sulla base dei quali effettuare operazioni di calibratura del modello idraulico di simulazione.

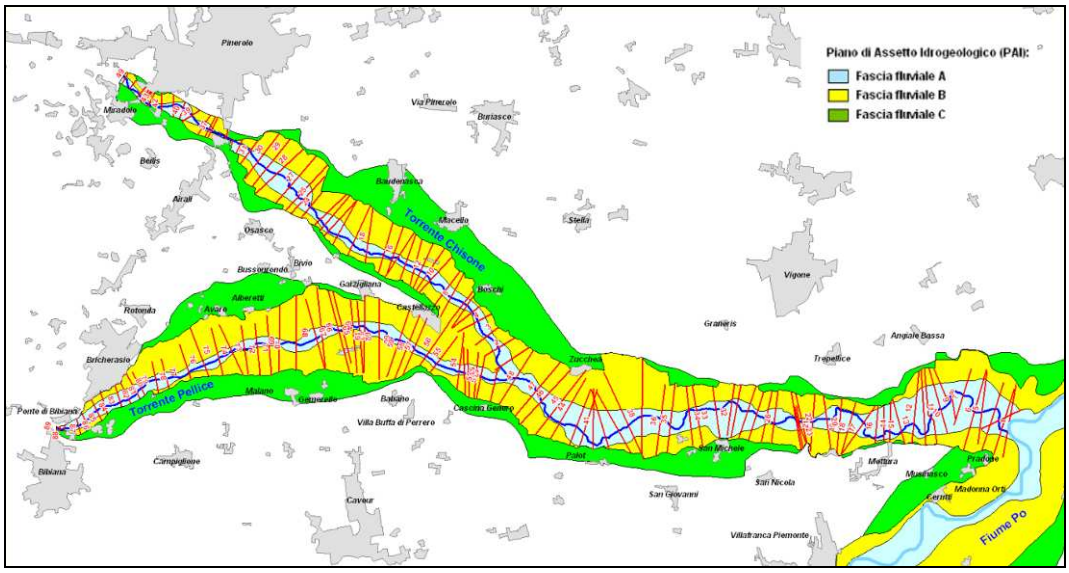


Figura 18 Sezioni trasversali sulle aste dei torrenti Pellice e Chisone implementate nel modello idraulico di simulazione idraulica

La scelta dei valori del parametro è stata effettuata sulla base anche di una ricognizione dei luoghi, considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e la copertura vegetale, che ricopre le sponde del corso d'acqua e le aree immediatamente adiacenti.

Per la valutazione numerica del coefficiente di scabrezza si è fatto ricorso alla nota formula di Cowan (V.T. Chow, Open – Channel Hydraulics) che esprime l'indice di scabrezza di Manning nella forma:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$$

in cui n_0 è in funzione del materiale costituente l'alveo, n_1 dell'irregolarità della superficie della sezione, n_2 della variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale, n_3 dell'effetto relativo di ostruzioni, n_4 dell'effetto della vegetazione e m_5 del grado di sinuosità dell'alveo.

In applicazione del metodo indicato e in funzione delle caratteristiche riscontrate, si sono adottati i seguenti valori dell'indice di scabrezza di Manning:

- per il torrente Pellice,
  - $n = 0{,}04 \div 0{,}05\ m^{-1/3}\ s$ (pari a $c=20 \div 25\ m^{1/3}\ s^{-1}$ di Strickler) per l'alveo inciso;
  - $n = 0{,}06 \div 0{,}1\ m^{-1/3}\ s$ (pari a $c=10 \div 17\ m^{1/3}\ s^{-1}$ di Strickler) per le golene.
- per il torrente Chisone,
  - $n = 0{,}05\ m^{-1/3}\ s$ (pari a $c=20\ m^{1/3}\ s^{-1}$ di Strickler) per l'alveo inciso;
  - $n = 0{,}06 \div 0{,}1\ m^{-1/3}\ s$ (pari a $c=10 \div 17\ m^{1/3}\ s^{-1}$ di Strickler) per le golene.

Per le aree golenali il valore del coefficiente di scabrezza è stato in molti casi variato lungo la larghezza della sezione, per tener conto delle diverse situazioni di uso del suolo, differenziando in particolare le aree interessate da vegetazione arborea ed arbustiva rispetto a quelle occupate da coltivazioni agricole.

9.2.4 Condizioni al contorno e condizioni interne

Il modello idraulico è stato impiegato in condizioni di moto stazionario per la simulazione di assegnate portate di piena.

Nello schema di calcolo, il modello ha la possibilità di utilizzare diverse condizioni al contorno nelle sezioni estreme del tronco; nel caso in questione, le condizioni di monte sono state assunte pari ai valori delle portata al colmo determinati per mezzo delle analisi idrologiche nelle sezioni di inizio rispettivamente del Pellice e del Chisone, corrispondenti ai tempi di ritorno compresi di 2, 5, 20, 100, 200 e 500 anni.

Lungo ciascuna delle due aste sono inoltre state assegnate le portate determinate per via idrologica nelle sezioni significative; ne risulta in tal modo una variazione della portata lungo le aste che tiene conto degli apporti degli affluenti e di quelli diffusi da parte della porzione di bacino idrografico drenato direttamente.

Ne risulta pertanto la Tabella 11 che riporta le portate assegnate nel modello di simulazione lungo l'asta del torrente.

Tabella 11 Portate massime al colmo in funzione del tempo di ritorno lungo le aste dei torrenti Pellice e Chisone assegnate alle diverse sezioni del modello di simulazione idraulica

Stazioni	Sezione n.	Tempo di ritorno (anni)					
		2	5	20	100	200	500
		Portate al colmo (m^3/s)					
Chisone a San Martino	CHI_49	160	300	580	930	1100	1340
Chisone monte confl. Pellice	CHI_22	162	304	588	943	1115	1359
Pellice a Fenile/Bibiana	PEL_89	176	305	650	1050	1240	1510
Pellice a monte confl. t. Chiamogna	PEL_73	182	315	671	1084	1281	1560
Pellice a valle confl. t. Chiamogna	PEL_58	188	326	694	1122	1325	1613
Pellice a monte confl. t. Chisone	PEL_54	189	328	698	1128	1332	1622
Pellice a Zucchea/valle t. Chisone	PEL_48	265	465	990	1600	1890	2300
Pellice a confl. in Po	PEL_26	269	472	1010	1630	1920	2340

Nella sezione di confluenza in Po (condizione di valle) sono stati assunti i valori dei livelli idrometrici corrispondenti a ciascuna portata, derivati dalla scala di deflusso calcolata in tale sezione. Non sono stati considerati in questo caso gli eventuali effetti di rigurgito dovuti a una concomitanza di livelli idrometrici elevati in Po, in quanto di scarso interesse per le finalità dello studio.

9.2.5 Applicazioni del modello di simulazione

Il modello di simulazione è stato impiegato per diversi tipi di analisi, finalizzate alla caratterizzazione del comportamento idraulico dei due corsi d'acqua:

- calcolo dei profili idrici di piena per le portate con tempi di ritorno di 2, 5, 20, 100, 200 e 500 anni;
- delimitazione delle aree inondabili per il tempo di ritorno di 200 anni;
- calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo per la portata di piena con tempo di ritorno di 5 anni, assunta come portata a bordi pieni;
- calcolo delle variazioni di fondo alveo di tipo localizzato e di breve periodo, in corrispondenza di piene intense;
- calcolo della capacità di trasporto solido per tronchi omogenei.

Delle analisi indicate, le prime due sono le più consuete; i profili idrici per le diverse portate consentono di ottenere le principali grandezze idrauliche che caratterizzano le condizioni di deflusso in piena; la delimitazione delle aree inondabili permette il confronto con la fascia B del PAI e con la capacità di deflusso dell'alveo inciso.

Le ultime 3 valutazioni sono finalizzate fornire elementi per esaminare le variazioni morfologiche dell'alveo.

9.2.6 Calcolo dei profili idrici di piena

I profili idrici, in condizioni di moto stazionario, per le portate di piena con tempo di ritorno compreso tra 2 e 500 anni, risultanti dall'applicazione del modello idraulico, hanno permesso di valutare nelle diverse condizioni di deflusso le caratteristiche idrauliche principali del corso d'acqua relative all'alveo attivo e alle aree golenali allagate.

I tabulati di calcolo relativi ai profili stessi sono riportati in allegato alla presente relazione.

La Figura 19 e la Figura 20 riportano, a titolo di esempio, i profili di piena calcolati per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni.

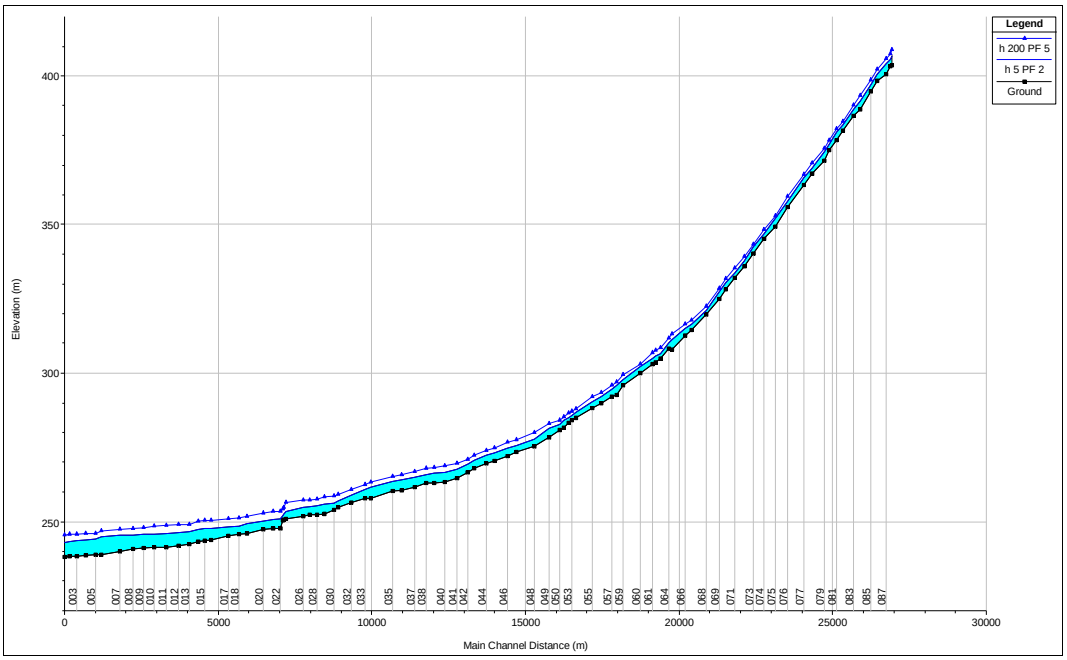


Figura 19 T. Pellice: profili di piena per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni

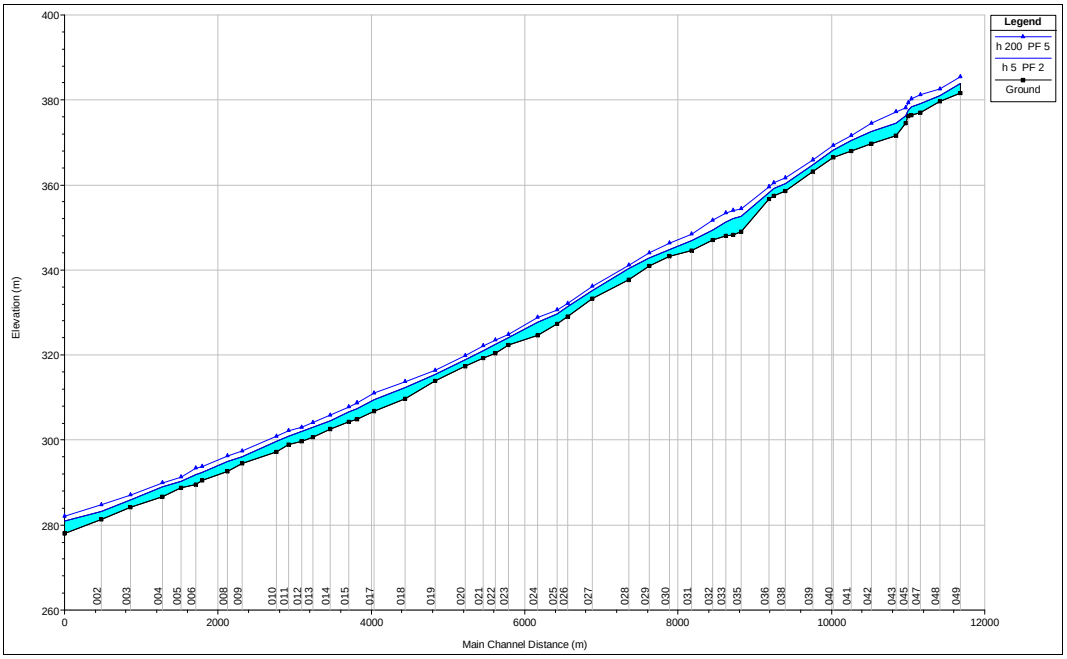


Figura 20 T. Chisone: profili di piena per le portate con tempo di ritorno di 5 e 200 anni

9.2.7 Delimitazione delle aree inondabili per il tempo di ritorno di 200 anni

Il profilo di piena risultante dalle simulazioni idrauliche per la portata con tempo di ritorno di 200 anni è stato utilizzato per delimitare, facendo riferimento al DTM della base cartografica utilizzata, il limite di esondazione corrispondente al tempo di ritorno indicato.

Il limite delle aree inondabili è stato rappresentato nell'atlante cartografico *"Fascia di divagazione compatibile ed opere di difesa strategiche"*.

La trasposizione planimetrica, sulla base del piano quotato disponibile, del profilo di piena relativo al tempo di ritorno di 200 anni ha comportato di tenere conto della presenza di due assetti morfologici sostanzialmente diversi dell'alveo di piena dei due corsi d'acqua:

- il primo, rappresentativo di un assetto"normale", è caratterizzato da piani golenali adiacenti all'alveo inciso con quote altimetriche superiori a quelle della sponda e progressivamente crescenti con la distanza dalla stessa;
- il secondo è rappresentativo invece di un alveo pensile, con quote della sponda, naturali o rialzate artificialmente, superiori a quelle dei piani golenali; l'allagamento della golena avviene quindi con modalità diverse rispetto al caso precedente: o a seguito della tracimazione della sponda, oppure per rottura/erosione della parte rialzata della sponda, oppure infine a causa del deflusso in golena proveniente da monte parallelo a quello nell'alveo inciso.

Il risultati della delimitazione delle aree inondabili pongono in evidenza alcuni aspetti importanti, anche in relazione alle linee di intervento, che saranno ripresi nell'analisi delle condizioni di assetto dei singoli tronchi e che indirizzano la scelta degli interventi del PGS:

- per estesi tratti dei due corsi d'acqua, la capacità di deflusso dell'alveo inciso (alla quota di sommità della sponda) è dell'ordine di grandezza della portata con tempo di ritorno di 200 anni; il deflusso di tale piena avviene quindi sostanzialmente all'interno dell'alveo, senza comportare significative esondazioni laterali che coinvolgano i piani golenali;
- ciò si verifica per gran parte dei tronchi n. 2, 3, 4, 5 e 6 del Pellice e per i tronchi n. 1, 2, 3 e parte del 4 del Chisone; tale condizione è evidentemente il risultato di interventi artificiali sull'alveo; è noto infatti che dal punto di vista geomorfologico la portata a bordi pieni di un alveo naturale ha un tempo di ritorno che varia da 1,5 a un massimo di 5 anni e tale portata è responsabile della morfologia dell'alveo;
- in una parte significativa dei tronchi analizzati, soprattutto del Pellice, il profilo di piena per TR=200 anni ha caratteristiche di pensilità; esistono quindi estese porzioni dei piani golenali che risultano a quote inferiori rispetto ai livelli idrici di piena e che sono quindi in condizioni di rischio idraulico molto elevato proprio in ragione di tale condizione.

9.2.8 Calcolo della quota di fondo medio dell'alveo attivo

Tra i parametri indicativi dell'evoluzione morfologica dell'alveo, la quota di fondo alveo rappresentata uno dei dati più rappresentativi.

Purtroppo, la mancanza di rilievi geometrici dell'alveo dei torrenti Pellice e Chisone relativi a situazioni pregresse non permette di effettuare confronti significativi di tipo quantitativo per valutare le variazioni intervenute nel periodo storico recente. Sono state comunque eseguite le valutazioni circa i profili di fondo nelle condizioni attuali, in modo da dotare comunque il PGS di un riferimento morfologico di partenza, rispetto a cui impostare le successive operazioni di monitoraggio necessarie a seguire la successiva evoluzione.

La quota di fondo minimo rappresenta un indicatore trend di variazione geometrica dell'alveo del corso d'acqua; è considerata comunque un indicatore parziale, in quanto i valori puntuali della stessa possono dipendere, oltre che dall'evoluzione generale del corso d'acqua, anche da fattori locali di tipo naturale o antropico (posizione rispetto al tracciato planimetrico, presenza di opere idrauliche).

Normalmente quindi, accanto ai valori di fondo minimo, si utilizza anche la quota di fondo medio della sezione attiva dell'alveo, definita come il rapporto fra l'area bagnata corrispondente al livello idrico e la larghezza della superficie libera nella stessa sezione. Il profilo idrico del fondo medio dell'alveo è infatti meno influenzato da singolarità locali ed è quindi rappresentativo delle caratteristiche morfologiche più generali dell'alveo in quanto tiene conto anche dell'area e della larghezza della superficie libera della sezione bagnata.

Sulla base delle analisi idrauliche condotte, si è adottata come portata significativa quella con tempo di ritorno pari a 5 anni.

I profili idrici calcolati per tale portata hanno permesso di ottenere per ciascuna sezione trasversale le grandezze idrauliche necessarie per il calcolo del fondo medio, costituite rispettivamente da:

- area della sezione trasversale bagnata per l'altezza idrica corrispondente alla piena con tempo di ritorno di 5 anni,
- la larghezza della superficie libera della stessa sezione nelle stesse condizioni idrauliche di deflusso.

Il confronto congiunto del dato relativo al fondo minimo e al fondo medio lungo il profilo longitudinale del corso d'acqua permette una valutazione più attendibile delle variazioni geometriche che si sono manifestate.

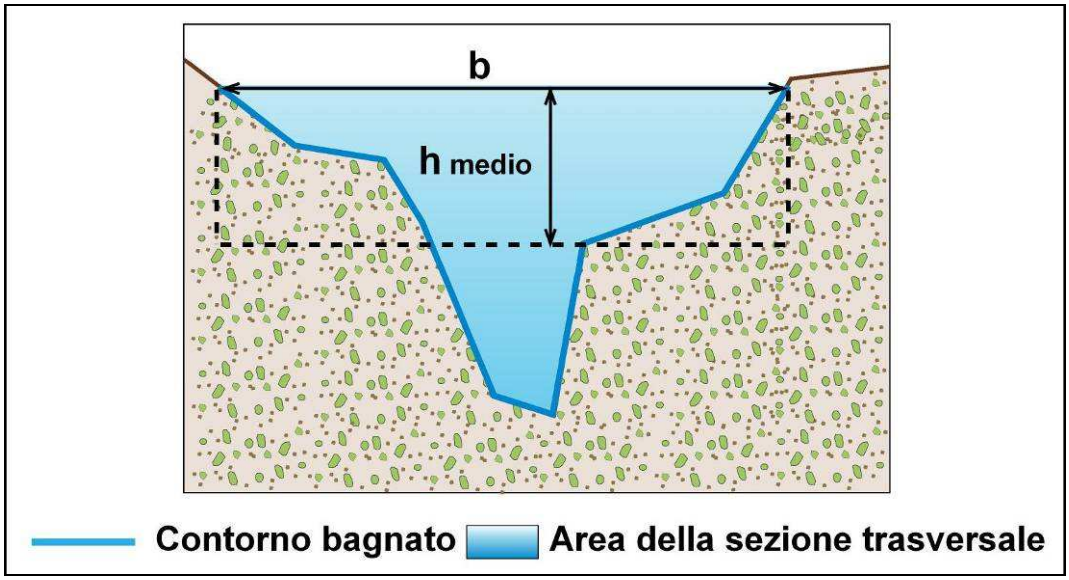


Figura 21 Schema della sezione trasversale del corso d'acqua e del rapporto tra fondo medio (h_{medio}), area della sezione e larghezza della superficie libera (b)

I valori del fondo medio risultanti dall'elaborazione sono riportati nella Tabella 12 e Tabella 13 .

Tabella 12 Fondo medio del torrente Pellice (per portata con tempo di ritorno di 5 anni)

Sezione	Progressiva	Fondo min.	Fondo medio	Altezza idr. max	Altezza idr. media
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
1	0	238.20	242.04	4.88	1.04
2	153	238.28	242.35	4.98	0.91
3	385	238.27	242.90	5.25	0.62
4	695	238.59	241.36	5.28	2.51
5	1017	238.81	242.98	5.39	1.22
6	1194	238.83	242.61	5.97	2.19
7	1791	240.07	244.49	5.28	0.86
8	2222	240.72	244.20	4.79	1.31
9	2580	241.19	242.17	4.45	3.47
10	2916	241.31	244.44	4.50	1.37
11	3325	241.50	244.07	4.65	2.08
12	3698	241.90	244.43	4.49	1.96
13	4062	242.46	244.79	4.18	1.85
14	4354	243.27	245.57	3.99	1.69
15	4553	243.52	245.73	4.05	1.84

Sezione	Progressiva	Fondo min.	Fondo medio	Altezza idr. max	Altezza idr. media
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
16	4766	243.79	246.15	3.94	1.58
17	5338	245.34	246.72	2.79	1.41
18	5669	245.83	247.02	2.72	1.53
19	5949	245.97	247.54	3.30	1.73
20	6465	247.33	248.41	2.89	1.81
21	6798	247.59	248.73	3.14	2.00
22	7035	247.59	248.69	3.40	2.30
23	7107	250.46	250.74	1.67	1.39
24	7134	250.82	251.03	1.67	1.46
25	7196	250.89	251.18	2.48	2.19
26	7777	251.76	253.45	2.96	1.27
27	7974	252.23	253.54	2.92	1.61
28	8227	252.41	253.29	3.01	2.13
29	8460	252.64	253.68	3.17	2.13
30	8776	254.04	254.93	2.02	1.13
31	8914	254.91	256.07	2.20	1.04
32	9340	256.44	258.19	2.45	0.70
33	9792	257.88	259.69	2.95	1.14
34	9969	257.86	260.28	3.67	1.25
35	10685	260.32	262.68	3.13	0.77
36	10960	260.44	263.14	3.54	0.84
37	11401	261.59	263.02	3.40	1.97
38	11764	262.93	264.44	2.84	1.33
39	12034	262.99	265.31	3.30	0.98
40	12385	263.22	265.03	3.42	1.61
41	12775	264.63	266.37	2.91	1.17
42	13111	266.68	268.66	2.60	0.62
43	13337	267.97	270.04	2.64	0.57
44	13733	269.56	271.01	2.73	1.28
45	13995	270.32	272.11	2.89	1.10
46	14419	272.13	273.84	2.66	0.95
47	14702	273.30	273.55	2.18	1.93
48	15294	275.32	276.59	2.51	1.24
49	15763	278.44	279.92	2.84	1.36
50	16114	280.80	282.10	2.02	0.72
51	16233	281.74	283.01	2.33	1.06
52	16414	283.22	283.84	1.81	1.19
53	16510	284.00	284.81	1.63	0.82
54	16637	284.91	285.88	2.00	1.03
55	17171	288.27	289.29	2.15	1.13
56	17475	289.90	290.77	2.09	1.22
57	17803	292.10	293.55	2.41	0.96

Sezione	Progressiva	Fondo min.	Fondo medio	Altezza idr. max	Altezza idr. media
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
58	17963	292.49	294.63	3.36	1.22
59	18192	295.95	296.85	1.90	1.00
60	18745	300.07	301.19	2.05	0.93
61	19124	302.93	303.55	2.03	1.41
62	19248	303.58	304.28	2.18	1.48
63	19388	305.02	305.48	1.68	1.22
64	19661	308.31	309.06	1.91	1.16
65	19759	307.92	310.04	3.43	1.31
66	20205	312.62	314.00	2.44	1.06
67	20409	314.56	315.51	2.00	1.05
68	20891	319.64	320.70	1.55	0.49
69	21306	324.91	326.42	2.39	0.88
70	21527	328.35	329.41	1.98	0.92
71	21808	332.18	332.53	1.56	1.21
72	22133	335.76	337.05	2.11	0.82
73	22430	340.33	341.34	2.08	1.07
74	22773	345.26	346.22	1.70	0.74
75	23130	349.44	351.02	2.55	0.97
76	23528	355.95	356.97	1.97	0.95
77	24068	363.20	364.55	2.46	1.11
78	24325	367.06	368.69	1.95	0.32
79	24734	371.42	373.04	3.01	1.39
80	24877	375.09	376.22	1.89	0.76
81	25116	378.30	380.01	2.69	0.98
82	25325	381.68	382.96	1.83	0.55
83	25680	386.53	387.67	2.30	1.16
84	25899	388.66	390.00	2.92	1.58
85	26246	394.89	396.02	2.03	0.90
86	26447	398.25	399.38	2.31	1.18
87	26752	400.43	402.61	3.57	1.39
88	26865	403.40	404.29	1.97	1.08
89	26939	403.66	405.00	3.00	1.66

Tabella 13 Fondo medio del torrente Chisone (per portata con tempo di ritorno di 5 anni)

Sezione	Progressiva	Fondo min.	Fondo medio	Altezza idr. max	Altezza idr. media
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
1	0	278.08	279.91	2.78	0.95
2	474	281.29	281.81	1.83	1.31
3	861	284.19	285.23	1.68	0.64
4	1279	286.65	288.30	2.3	0.65
5	1520	288.71	289.53	1.59	0.77
6	1710	289.59	290.63	2.28	1.24
7	1799	290.40	291.55	1.97	0.82
8	2125	292.58	293.62	2.32	1.28
9	2320	294.46	295.18	1.62	0.90
10	2764	297.28	299.20	2.5	0.58
11	2925	298.98	299.95	1.92	0.95
12	3087	299.76	301.00	2.2	0.96
13	3243	300.65	301.81	2.25	1.09
14	3460	302.48	303.60	2.06	0.94
15	3704	304.28	305.38	2.27	1.17
16	3816	304.87	306.42	2.59	1.04
17	4037	306.83	308.11	2.69	1.41
18	4442	309.65	311.28	2.64	1.01
19	4829	313.91	314.71	1.56	0.76
20	5223	317.28	318.11	1.65	0.82
21	5455	319.26	320.19	1.79	0.86
22	5618	320.41	321.69	2.04	0.76
23	5791	322.29	323.48	1.83	0.64
24	6173	324.62	326.66	3.01	0.97
25	6421	327.33	328.71	2.23	0.85
26	6562	329.02	330.60	2.23	0.65
27	6879	333.26	334.26	1.91	0.91
28	7360	337.67	339.92	2.71	0.46
29	7625	340.92	341.86	1.98	1.04
30	7885	343.18	343.73	1.66	1.11
31	8177	344.50	345.20	2.39	1.69
32	8457	347.14	347.56	2.14	1.72
33	8625	347.97	349.88	3.25	1.34
34	8718	348.25	350.30	3.8	1.75
35	8827	349.08	351.20	3.55	1.43
36	9181	356.60	357.22	1.54	0.92

Sezione	Progressiva	Fondo min.	Fondo medio	Altezza idr. max	Altezza idr. media
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
37	9252	357.36	357.92	1.8	1.24
38	9401	358.66	359.51	1.71	0.86
39	9764	363.20	363.63	1.48	1.05
40	10024	366.41	367.15	1.67	0.93
41	10259	367.88	369.52	2.49	0.85
42	10527	369.67	370.59	2.94	2.02
43	10838	371.71	372.25	2.76	2.22
44	10971	374.43	374.90	1.78	1.31
45	11005	376.13	376.49	1.46	1.10
46	11043	376.42	377.01	1.97	1.38
47	11157	377.01	377.43	2.11	1.69
48	11416	379.72	379.92	1.24	1.04
49	11686	381.67	382.54	2.29	1.42

Le successive figure riportano graficamente l'andamento del fondo minimo e del fondo medio.

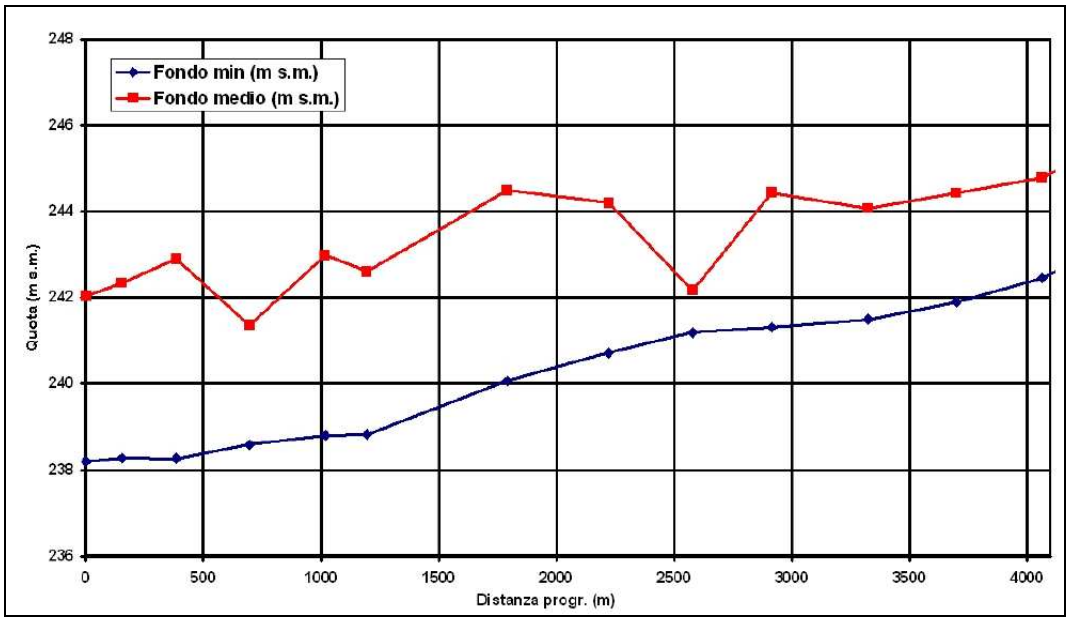


Figura 22 T. Pellice: tronco 01 da confluenza Po a Ruata Pellice

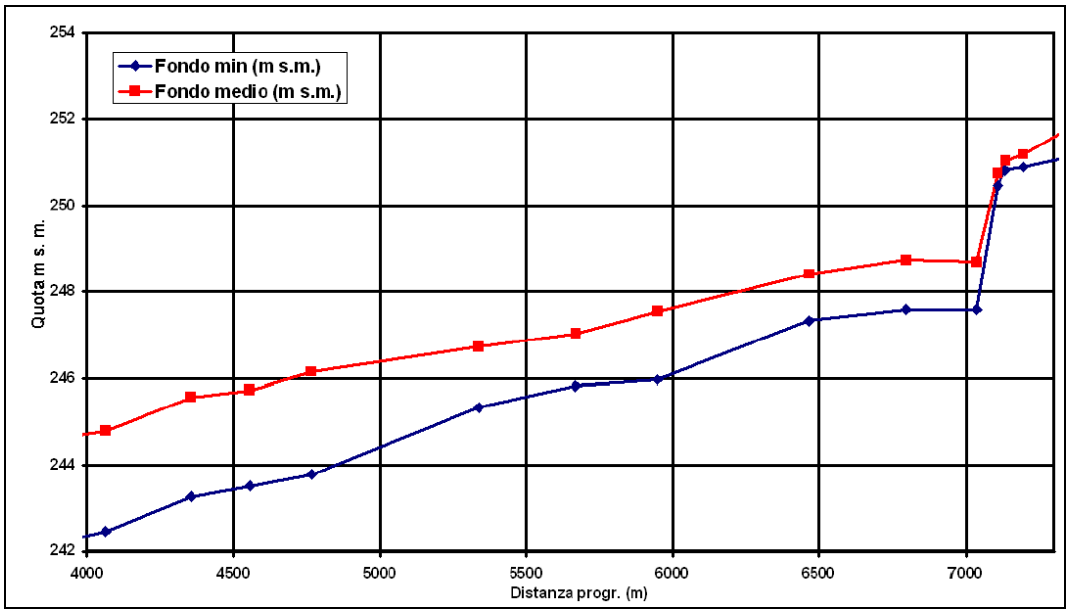


Figura 23 **T. Pellice: tronco 02 da Ruata Pellice a ponte SP 139 Vigone-Villafranca Piemonte**

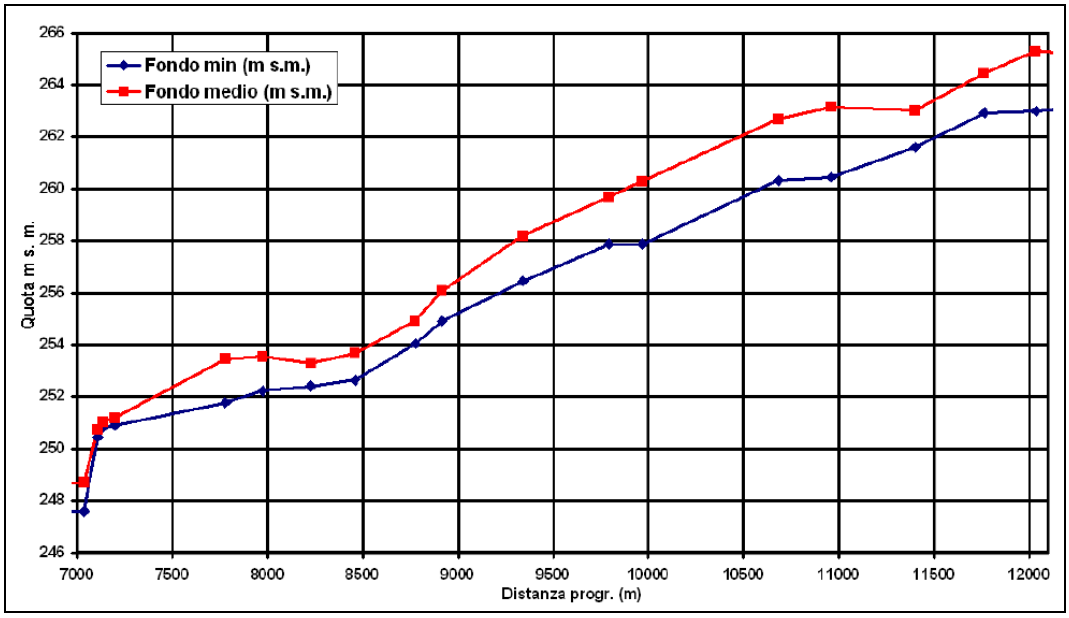


Figura 24 **T. Pellice: tronco 03 da ponte SP 139 Vigone-Villafranca Piemonte a C.na Bellina**

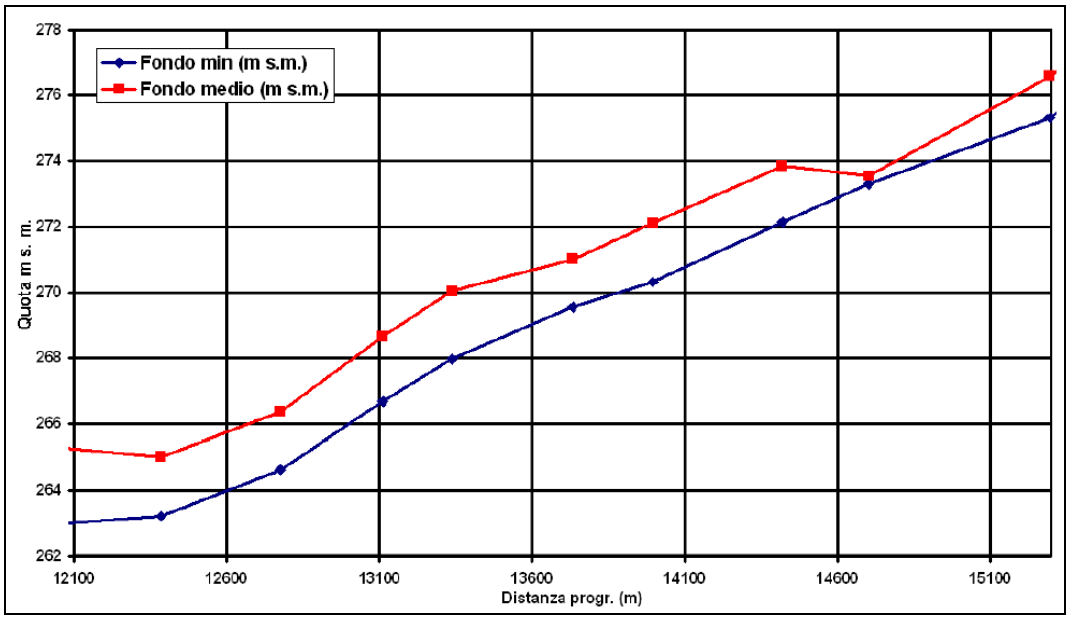


Figura 25 T. Pellice: tronco 04 da C.na Bellina a confluenza Chisone

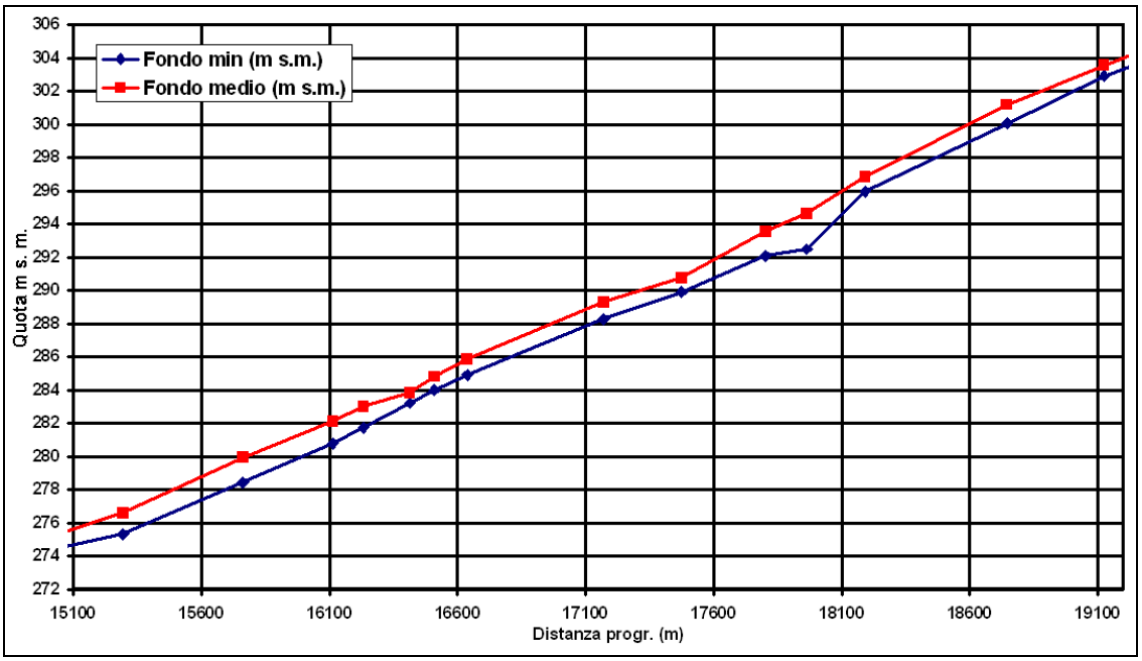


Figura 26 T. Pellice: tronco 05 da confluenza Chisone a C. Taraglio

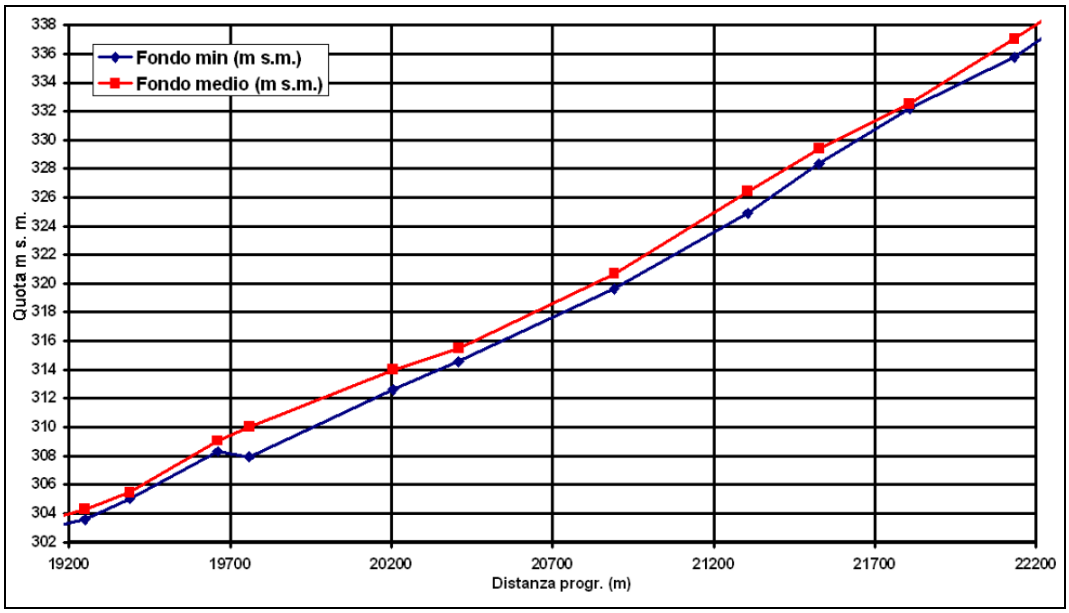


Figura 27 T. Pellice: tronco 06 da C. Taraglio a C. Garnero

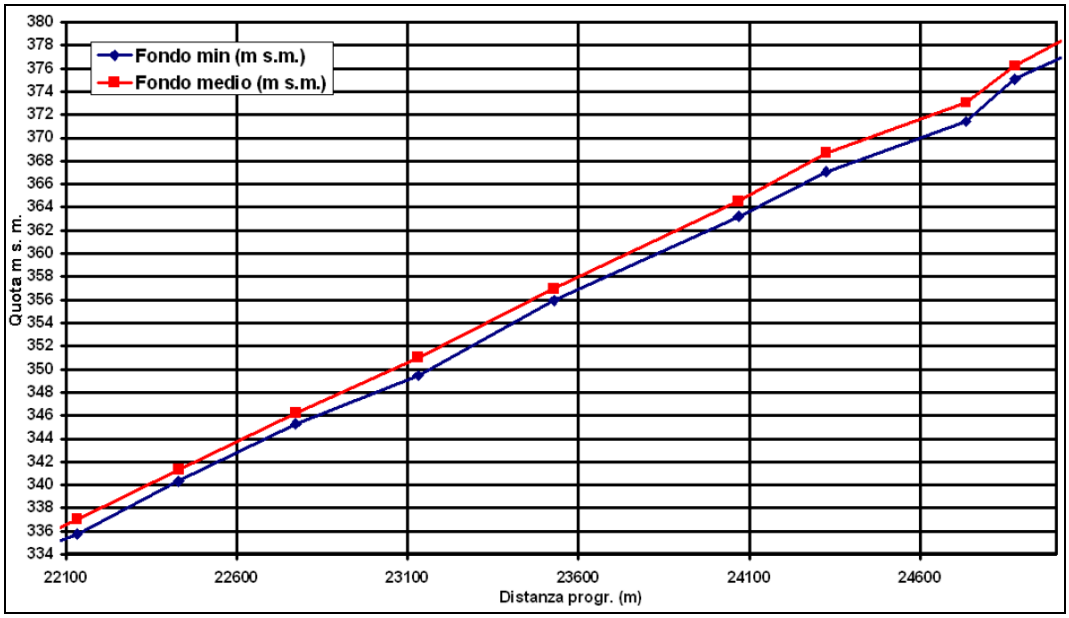


Figura 28 T. Pellice: tronco 07 da C. Garnero a Bricherasio

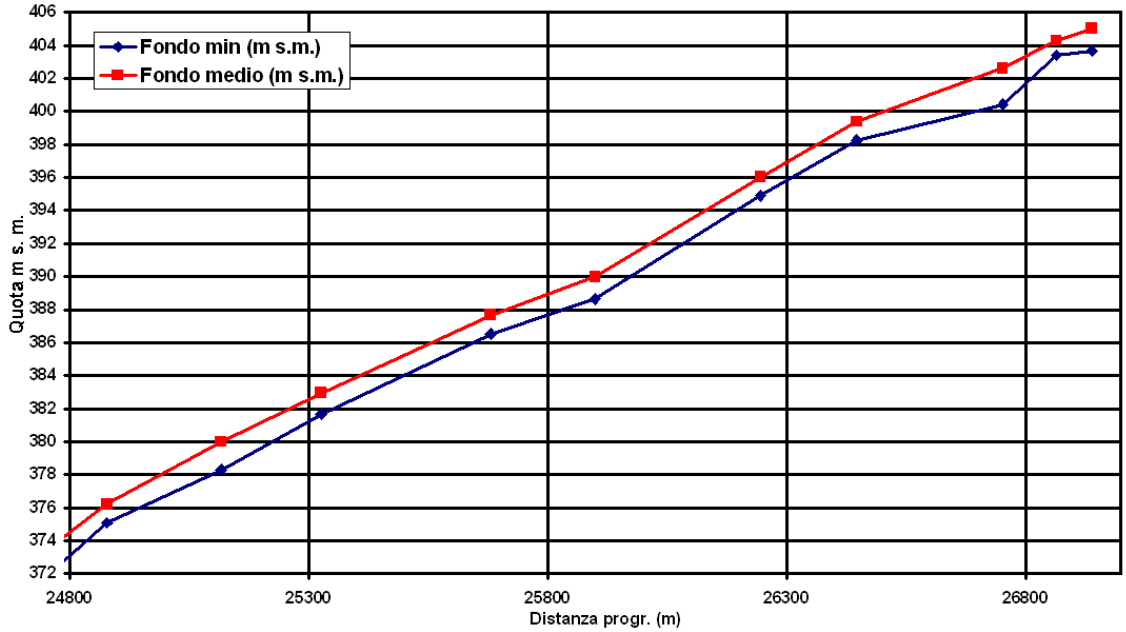


Figura 29 T. Pellice: tronco 08 da Bricherasio a Ponte Bibiana

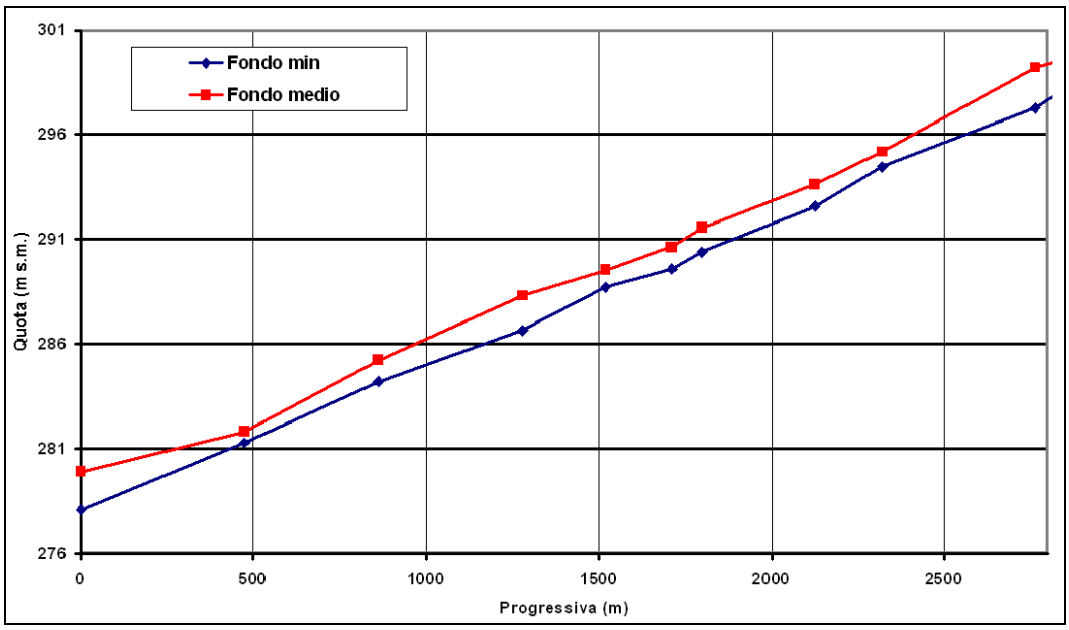


Figura 30 T. Chisone: tronco 01 da confluenza Pellice a Castellazzo

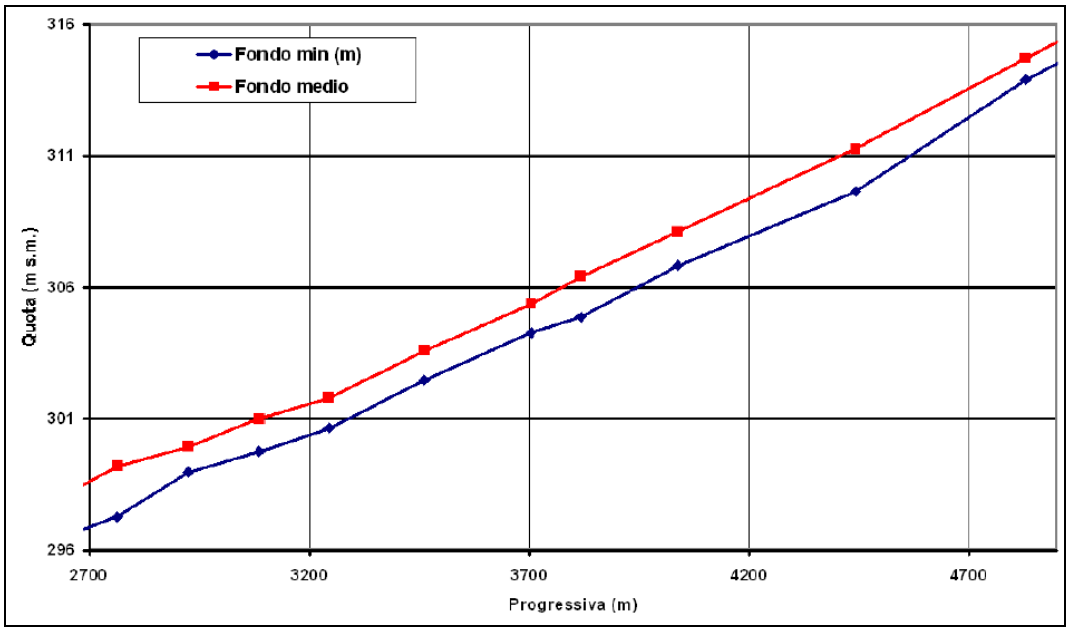


Figura 31 T. Chisone: tronco 02 da Castellazzo a C. Rovina

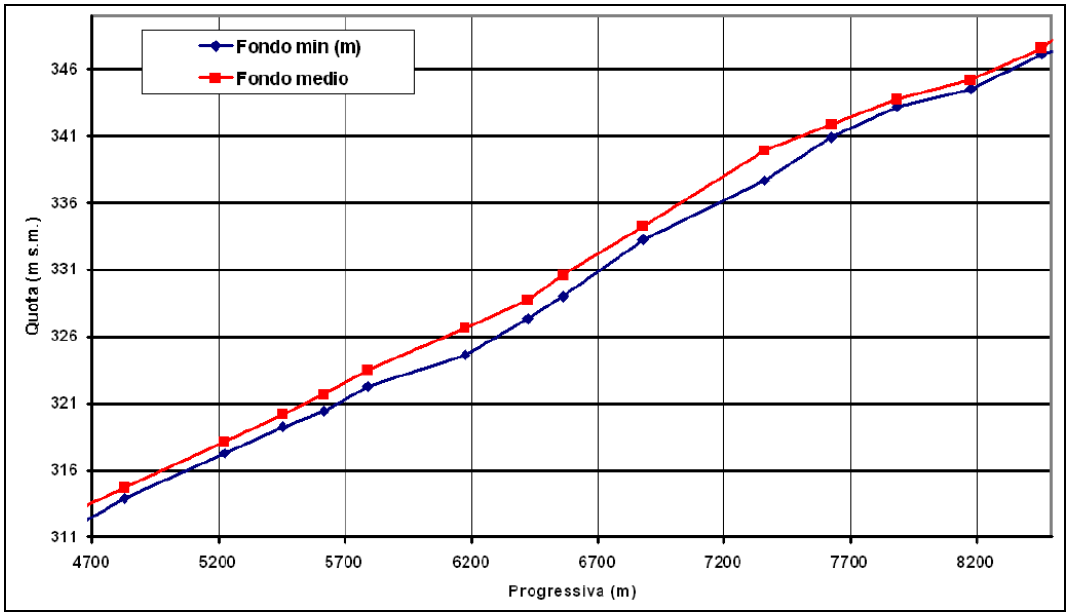


Figura 32 T. Chisone: tronco 03 da C. Rovina a La Scozia

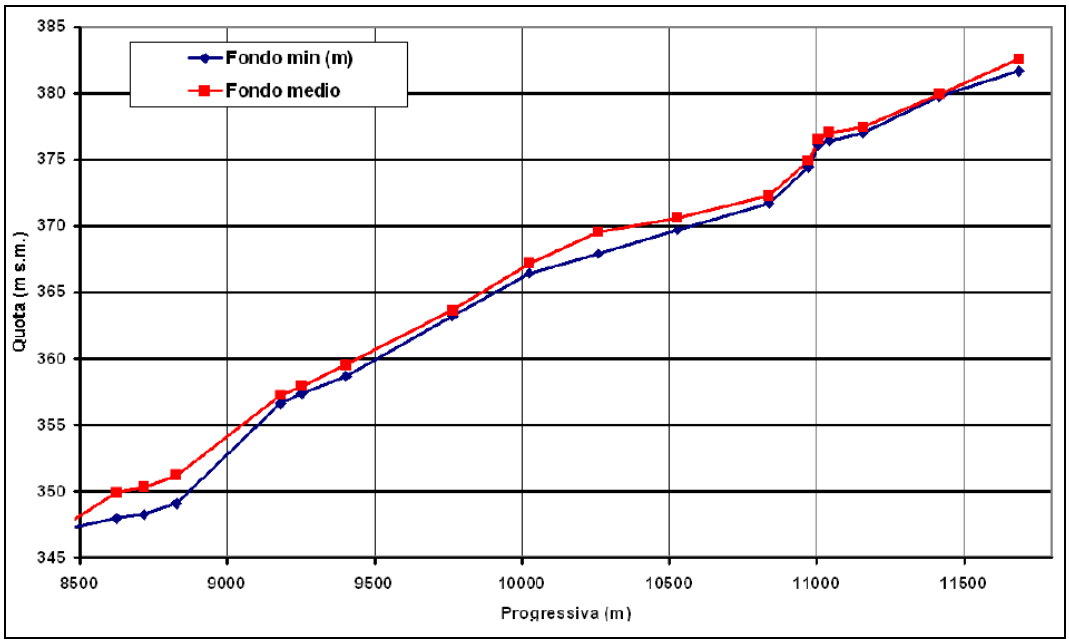


Figura 33 T. Chisone: tronco 04 da La Scozia a Miradolo

9.2.9 Valutazione della dinamica d'alveo correlata al trasporto solido

La valutazione della dinamica d'alveo di un determinato corso d'acqua presuppone l'impiego di criteri e metodologie differenziati in funzione della finalità dell'indagine, delle caratteristiche dell'ambito fisico oggetto di studio, della quantità e qualità dei dati disponibili. Ad esempio l'ambito fisico può essere riferito a un singolo tratto di un corso d'acqua oppure all'insieme di più corsi d'acqua appartenenti a un reticolo idrografico. La scala spaziale in tal caso influenza la metodologia di indagine e, conseguentemente, la tipologia dei dati necessari alla caratterizzazione del sistema.

Nel presente caso l'analisi è finalizzata allo studio della dinamica d'alveo dei torrenti Pellice e Chisone nei rispettivi tratti che vanno dalla chiusura del bacino montano alla foce, con l'obiettivo di individuare le attuali tendenze evolutive di tipo generalizzato e le dinamiche di tipo localizzato ai fini della stima del rischio idraulico associato.

Per il primo punto si deve fare riferimento alla media scala temporale (dell'ordine delle decine di anni), mentre per il secondo le valutazioni sono riferite al periodo di piena (dell'ordine delle decine di ore).

La metodologia di indagine si dovrebbe basare sulla stima della capacità di trasporto solido nelle singole sezioni e sul calcolo dei bilanci sedimentologici effettuato su tratti significativi del corso d'acqua.

La quantificazione delle tendenze evolutive, e quindi del rischio da dinamica d'alveo a queste associato, si basa sull'entità degli squilibri rilevati e sulla probabilità del loro verificarsi.

La valutazione del trasporto solido di un corso d'acqua naturale si presenta come operazione complessa e dai risultati privi di un grado di affidabilità confrontabile con quello della stima di altri parametri relativi al rischio idraulico.

In particolare il trasporto solido longitudinale di un corso d'acqua naturale risulta, tronco per tronco, sostanzialmente determinato sia da fenomeni locali (interazione diretta fra corrente e sedimenti dell'alveo) sia da fenomeni remoti (trasporto in sospensione di sedimenti sufficientemente fini da essere convogliati senza interazione con l'alveo: il cosiddetto wash-load) o comunque non strettamente locali (trasporto in sospensione di sedimenti rappresentati nell'alveo, ma presi in carico a monte del tronco considerato).

Va inoltre tenuto presente che nell'ambito generale della dinamica del trasporto solido relativa a un tronco fluviale devono essere considerati schematicamente almeno i seguenti schemi di funzionamento:

- il ***bilancio sedimentologico a medio termine*** che fa riferimento alla valutazione della capacità di trasporto della corrente calcolata in una specifica condizione idraulica, assunta come significativa allo scopo, e rappresentata da quella corrispondente al convogliamento della piena con un tempo di ritorno modesto (normalmente 2-5 anni), la cui portata normalmente approssima la portata di bank-full (piene rive) dell'alveo attivo e la cosiddetta "portata dominante", concetto questo utilizzato nelle analisi morfologiche fluviali e che individua sinteticamente la portata cui si ritiene si adegui, sul medio-lungo termine, l'alveo attivo del corso d'acqua;
- ***i bilanci sedimentologici a breve termine,*** in cui si fa riferimento ad un singolo evento di piena e alle conseguenze che in termini di variazioni altimetriche si possono manifestare nelle varie sezioni dell'alveo.

I due aspetti sono normalmente distinti anche nei risvolti delle operazioni di manutenzione dell'alveo, in quanto a seguito dei fenomeni di movimentazione e deposito di materiale che si manifestano nel corso di una piena intensa, nell'arco della durata dell'evento, si rendono necessari, e sono normalmente attuati, lavori di pronto intervento o di somma urgenza che puntano a ripristinare la normale geometria dell'alveo per garantirne l'ufficiosità.

In questi casi non è normalmente possibile attendere che il materiale depositato nell'alveo, proveniente dagli affluenti e dai tronchi di monte, venga rimesso in circolo e ridistribuito lungo il tronco dai deflussi relativi al regime idrologico ordinario.

Il bilancio idrologico a medio termine, sostenuto dalle portate ordinarie del corso d'acqua, è invece quello a cui viene normalmente ascritta l'evoluzione morfologica dell'alveo, soprattutto in termini di variazione (abbassamento) delle quote di fondo.

Allo stato del presente studio non è pensabile la definizione dei due bilanci sedimentologici (di breve e di medio termine) sia in relazione allo stato delle conoscenze disponibili sulle caratteristiche geometriche e idrauliche dell'alveo sia in relazione alle difficoltà scientifica di definizione delle grandezze coinvolte senza il supporto di un monitoraggio esteso su un periodo di tempo sufficientemente lungo per una serie adeguata di parametri rappresentativi dei fenomeni in gioco.

Si è quindi stabilito di attuare comunque una valutazione di prima fase delle grandezze in gioco con lo scopo di produrre delle analisi che puntino ad indirizzare le azioni da realizzare nella prima fase di avvio del programma di gestione dei sedimenti.

Ovviamente tali valutazioni dovranno essere opportunamente approfondite nel futuro in relazione alla finalizzazioni più opportune, che potranno derivare dalle prime fasi attuative del programma e sulla base, come detto prima, di indagini e di monitoraggi espressamente condotti.

Le elaborazioni condotte hanno pertanto riguardato sia il bilancio di breve che quello di medio termine con le seguenti finalità:

- individuare elementi utili alla definizione delle **dinamiche di tipo localizzato** che si possono manifestare nel corso di una singola piena (decine di ore) con la finalità di avere un indicatore di rischio idraulico collegato alla dinamica d'alveo;
- definire indicatori delle **dinamiche di tipo generalizzato**, che si manifestano a media scala temporale (decine di anni) e che sostengono l'evoluzione morfologica del corso d'acqua.

Per le **dinamiche di tipo localizzato**, il bilancio sedimentologico è stato applicato ad un tronco di corso d'acqua compreso tra due sezioni topografiche successive valutandone lo squilibrio in base alle seguenti ipotesi:

- gli effetti dei fenomeni localizzati conseguenti al passaggio di un'onda di piena sono riconducibili alle sole variazioni altimetriche del fondo;
- tali variazioni sono computabili con la formula semplificata proposta da Straub (1934), e successivamente confermata da altri autori (Garde, 1977):

$$y_2/y_1 = (b_1/b_2)^{0.63}$$

ove y_1 e y_2 rappresentano rispettivamente l'altezza d'acqua a monte e a valle nella condizione di fondo mobile, mentre b_1 e b_2 rappresentano le larghezze delle due sezioni delimitanti il volume di controllo.

La variazione altimetrica Δ (che risulta negativa e corrispondente quindi ad un fenomeno di erosione) è pertanto stimabile secondo Straub tramite la differenza:

$$\Delta = y_1 - y_2$$

Tale formula, dedotta utilizzando uno schema di moto uniforme, è risultata applicabile anche in condizioni di moto vario per la stima della massima profondità di erosione in prossimità di un brusco restringimento (Lamberti e Montefusco, 1984).

La stessa formula, verificata per restringimenti di sezione, è stata qui estesa a variazioni generiche di sezione, quindi anche per allargamenti. In tal caso la tendenza dell'alveo è, ovviamente, quella del deposito (Δ positivo). Inoltre è stata adottata una modifica per il calcolo della massima variazione altimetrica Δ che tiene conto dei risultati ottenuti dal modello idraulico (a fondo fisso): la variazione altimetrica è ottenuta per differenza tra la profondità massima calcolata con quest'ultimo e il valore di profondità dedotto con la formula di Straub per effetto della variazione di larghezza della sezione calcolata anch'essa con il modello; in simboli:

$$\Delta = y_{2m} - y_2 = y_{2m} - y_{1m}\,(b_{1m}/b_{2m})^{0.63}$$

dove con il pedice aggiuntivo m sono indicate le grandezze idrauliche calcolate dal modello a fondo fisso. La larghezza b è stata assunta come quella della sezione liquida rettangolare avente area e profondità massima pari a quelle della sezione reale.

Per le **dinamiche di tipo generalizzato**, che si manifestano **a media scala temporale**, è stato fatta in questa fase una valutazione della capacità di trasporto dell'alveo con riferimento alle portate di piena determinate idrologicamente.

Il calcolo è stato fatto per le portate con tutti i tempi di ritorno definiti – compresi tra 2 e 500 anni – anche se è noto, per quanto detto in precedenza, che sono significative quelle relative alle portate con tempo di ritorno minore, compreso tra due e 5 anni; la portata con tempo di ritorno di 5 anni è stata assunta come portata di riferimento a bordi pieni per tutto il tronco di corso d'acqua in studio.

Per quanto riguarda la scelta della formula da utilizzare per il calcolo del trasporto solido, bisogna in primo luogo considerare la natura degli alvei che risultano ghiaiosi per la quasi totalità della loro lunghezza. Per alvei di questo tipo sono disponibili alcune formule classiche, molto collaudate, quali quelle di Schoklitsch, di Einstein e quella di Meyer-Peter&Müller, insieme a formule più recenti, ma di impiego abbastanza diffuso: quella di Smart & Jaeggi e quella di Graf & Acaroglu.

Si può osservare che alcune di esse (Einstein, Meyer-Peter&Müller, Smart & Jaeggi) sono proposte per il calcolo del trasporto al fondo, mentre altre (Schoklitsch, Graf & Acaroglu) sono proposte per il calcolo del trasporto totale, ma le differenze sono in realtà inesistenti per le granulometrie in oggetto. È appena il caso di ricordare che tutte le formule disponibili fanno riferimento a condizioni di moto uniforme, condizioni che si assumono localmente verificate, con un grado di approssimazione evidentemente variabile da sezione a sezione.

Tra tutte le formule sopra riportate si è ritenuto adottare nell'ambito del presente studio solo quella di Meyer-Peter&Müller, sia per la sua affidabilità nelle applicazioni a alvei ghiaiosi, sia in considerazione del fatto che, non dovendo effettuare valutazioni in termini assoluti bensì confronti tra capacità di trasporto, appare superfluo svolgere calcoli analoghi per tutte le equazioni sopra riportate. Inoltre la formula è direttamente implementata nel modello di calcolo idraulico utilizzato e tra quelle inserite rappresenta quella più adatta nel caso di materiale d'alveo a granulometria grossolana.

Posti dunque i seguenti simboli:

Q, q = portata liquida volumetrica, totale e per unità di larghezza (m^3/s e $m^3/s.m$)

q_c = portata liquida critica, per unità di larghezza, corrispondente all'inizio del moto dei sedimenti ($m^3/s.m$)

Qs, qs = portata solida volumetrica (in volume effettivo), totale e per unità di larghezza (m^3/s e $m^3/s.m$)

γ, γ_s = peso specifico dell'acqua e dei sedimenti (N/m^3)

g = accelerazione di gravità (pari a 9.81 m/s^2)

s = $(\gamma_s - \gamma)/\gamma$ gravità specifica

D = diametro caratteristico dei sedimenti dell'alveo, pari al D_{50} (m)

b = larghezza locale della sezione bagnata dell'alveo (m)

B = perimetro bagnato della sezione dell'alveo (m)

y = profondità media locale della corrente (m)

R = raggio idraulico locale (m)

i = pendenza motrice

i_c = pendenza critica, corrispondente all'inizio del moto dei sedimenti dell'alveo

Φ = $q_s/(sgD^3)^{0.5}$ parametro adimensionale di trasporto

la formula di Meyer-Peter&Müller si scrive:

$$Qs = \Phi\ b\ (sgD^3)^{0.5}$$

con

$$\Phi = 8\ (1/(sD/Ri) - 0.047)^{3/2}$$

L'applicazione della formula è stata fatta per i tratti in studio dei due corsi d'acqua e per tutte le portate di piena considerate.

Per la descrizione della granulometria dell'alveo si è fatto riferimento alle informazioni disponibili derivanti da indagini granulometriche in alcuni punti lungo i due corsi d'acqua indagati e, in funzione dei valori derivanti dalle stesse, è stata ricercata una correlazione tra i valori rappresentativi della curva granulometrica e la pendenza media di fondo del corso d'acqua.

Va in proposito sottolineato che le condizioni del materiale d'alveo dei due corsi d'acqua indagati, al momento delle indagini di campagna, sono risultate fortemente modificate da numerosi interventi artificiali, tali da rendere comunque non significativa una campagna di caratterizzazione dei sedimenti.

I risultati della procedura sopra descritta sono apparsi comunque rappresentativi ai fini della classificazione del materiale d'alveo e hanno condotto all'assunzione di una curva granulometrica media per ciascun tronco di corso d'acqua, come riportato nelle Tabella 14 e Tabella 15.

Tabella 14 Curve granulometriche medie del materiale d'alveo per il torrente Pellice

TRONCO	Pendenza media (‰)	d25	d50	d90
1	1.05	15	27	50
2	2.69	33	59	122
3	2.5	31	56	114
4	3.78	43	78	168
5	7.21	71	133	311
6	10.91	99	187	460
7	14.33	123	234	596
8	13.86	120	227	578

Tabella 15 Curve granulometriche medie del materiale d'alveo per il torrente Chisone

TRONCO	Pendenza media (‰)	d25	d50	d90
1	6.95	69	129	300
2	8.05	78	146	345
3	9.16	86	162	390
4	10.69	97	184	452

9.2.10 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo localizzato correlate al trasporto solido

La stima delle dinamiche localizzate dell'alveo inciso di breve periodo, corrispondenti ad eventi di piena particolarmente intensi e quindi della durata dell'ordine del giorno o delle decine di ore sono stati analizzati lungo le aste del Pellice e del Chisone in applicazione del metodo illustrato al punto precedente.

Conviene richiamare alcuni concetti e definizioni propedeutici all'analisi svolta, con lo scopo di evidenziare il ruolo di tali valutazioni nell'ambito del Programma di Gestione dei Sedimenti.

I fenomeni di dinamica d'alveo qui considerati sono relativi alle sole variazioni altimetriche indotte da processi erosivi o di deposito; vengono pertanto esclusi, anche se in parte connessi ai precedenti, tutti i fenomeni relativi alle dinamiche planimetriche, alle variazioni di larghezza e alla stabilità delle sponde. Essi si verificano in conseguenza dell'interazione tra corrente e opere in alveo, come per esempio le pile dei ponti, le briglie o le fondazioni di una difesa di sponda, oppure in corrispondenza di variazioni della sezione di deflusso.

Gli effetti della dinamica d'alveo sono in tal caso confinati nell'intorno della struttura, o comunque in tratti di alveo di lunghezza dell'ordine della larghezza della sezione, e

possono pregiudicare la stabilità della struttura interessata in tempi anche dello stesso ordine della durata di un unico evento.

Gli effetti derivanti da tali variazioni altimetriche da dinamica d'alveo possono essere di tipo diretto, come il crollo di un ponte per effetto dell'erosione attorno alle pile, o il franamento di una sponda sempre per effetto dell'erosione d'alveo, o di tipo indiretto, come l'inondazione di un'area causata da un franamento arginale a seguito dell'erosione dell'alveo o da un sormonto arginale legato alla diminuzione della capacità di deflusso a seguito dell'innalzamento del fondo conseguente a fenomeni di deposito del materiale trasportato dalla corrente.

In relazione allo scopo delle valutazioni, sono significative quelle situazioni in cui la variazione altimetrica per le portate di riferimento risulta superiore, in positivo o in negativo, alla fascia giudicabile di ordinaria oscillazione per il fondo alveo.

Le valutazioni sono state effettuate, sulla base dei risultati derivanti dalle simulazioni idrauliche condotte, con riferimento alle condizioni di piena con tempo di ritorno pari rispettivamente a 20, 100 e 200 anni, giudicando la piena cinquecentennale comunque poco significativa ai fini dell'analisi.

Si è fatto poi riferimento, come indicatore specifico, ai risultati relativi alla piena con tempo di ritorno di 200 anni, che rappresenta la portata di riferimento per le condizioni di progetto del corso d'acqua. Per i singoli tronchi sono poi stati evidenziati i valori di innalzamento e di abbassamento massimi che si sono ottenuti, la cui localizzazione è significativa nell'ambito delle operazioni di gestione dei fenomeni di dinamica dell'alveo.

Su tali valori è infatti possibile una duplice chiave di lettura:

- *in termini di rischio idraulico*, in quanto gli innalzamenti e gli abbassamenti massimi del fondo alveo possono rappresentare le localizzazioni dove nel corso di una piena intensa si hanno i massimi scalzamenti sulle opere di difesa e sulle infrastrutture in alveo o, al contrario, i massimi sovralluvionamenti, con conseguente possibilità di innalzamento dei livelli idrici conseguente a una riduzione dell'officiosità idraulica della sezione;
- *in termini di interventi di manutenzione straordinaria dell'alveo* a seguito della piena, rappresentando soprattutto la localizzazione dei massimi sovralluvionamenti dell'alveo che si possono manifestare.

Visto il significato dell'elaborazione, le valutazioni hanno fatto riferimento alla geometria dell'alveo attuale e alla piena con tempo di ritorno di 200 anni, che rappresenta la portata per la quale è dimensionato il sistema difensivo del corso d'acqua.

Nelle Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41 per il torrente Pellice e per il torrente Chisone nelle Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45 sono rappresentati gli andamenti dei profili di fondo che risultano dai calcoli effettuati con riferimento alla portata di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

La successiva Tabella 16 riporta i valori dei massimi approfondimenti e innalzamenti per tutti i tronchi indagati.

L'analisi dei risultati conseguiti è stata approfondita, in termini di tendenze evolutive, con riferimento alla situazione specifica dei singoli tronchi; in questa sede, a livello di valutazione complessiva, si può osservare come i valori di oscillazione del fondo alveo

raggiungano livelli piuttosto elevati, con una costante prevalenza degli approfondimenti localizzati in corrispondenza dei restringimenti di sezione.

Se infatti si può considerare come, orientativamente, l'oscillazione dell'ordine di un metro possa rappresentare il limite di una normale variazione del fondo minimo in corso di piena, che non provoca influenze significative sui livelli idrici o sulla stabilità delle opere di difesa sollecitate, è possibile vedere come in gran parte dei tronchi essa venga abbondantemente superata, a dimostrazione della presenza di brusche variazioni di sezione, tutte di natura artificiale e dell'elevata energia della corrente.

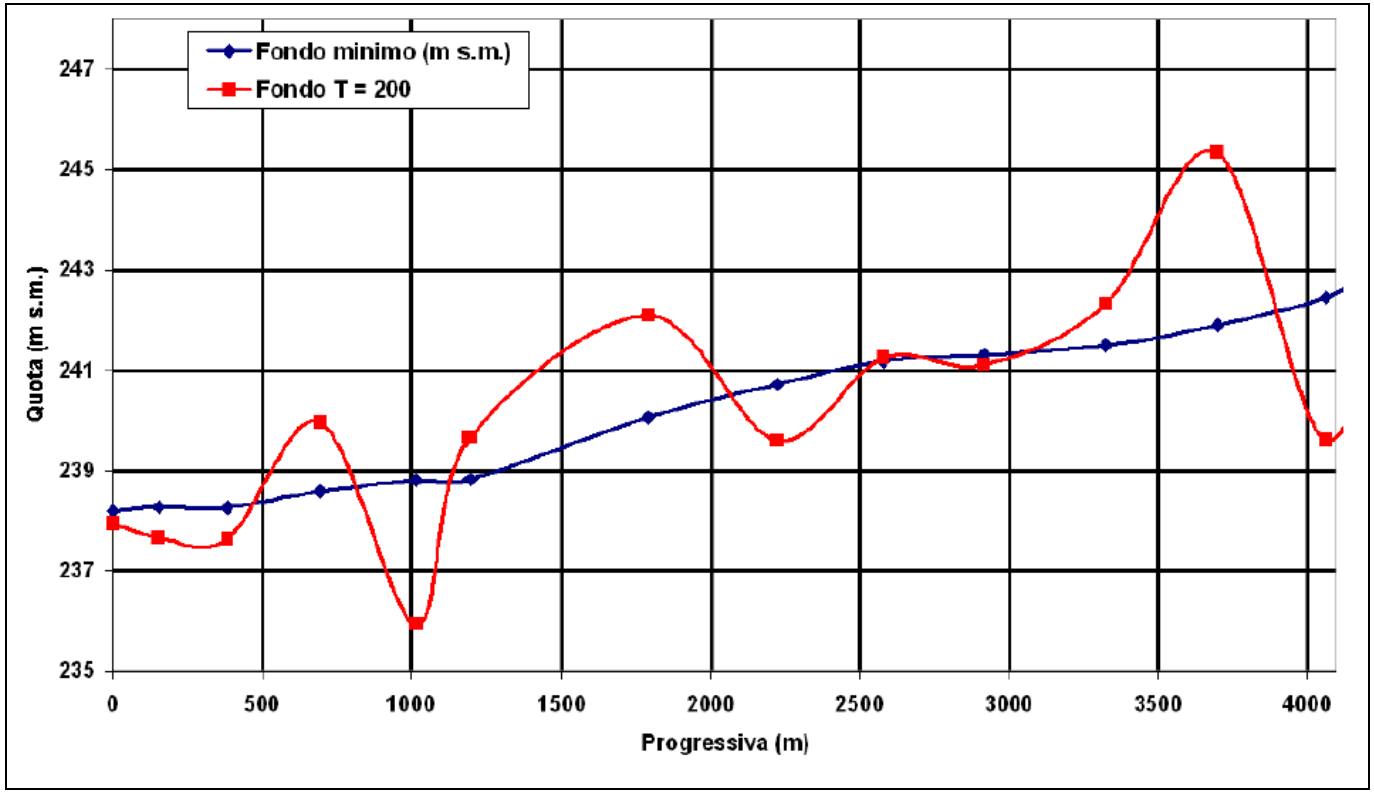


Figura 34 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 0,000 a progr. km 4,000**

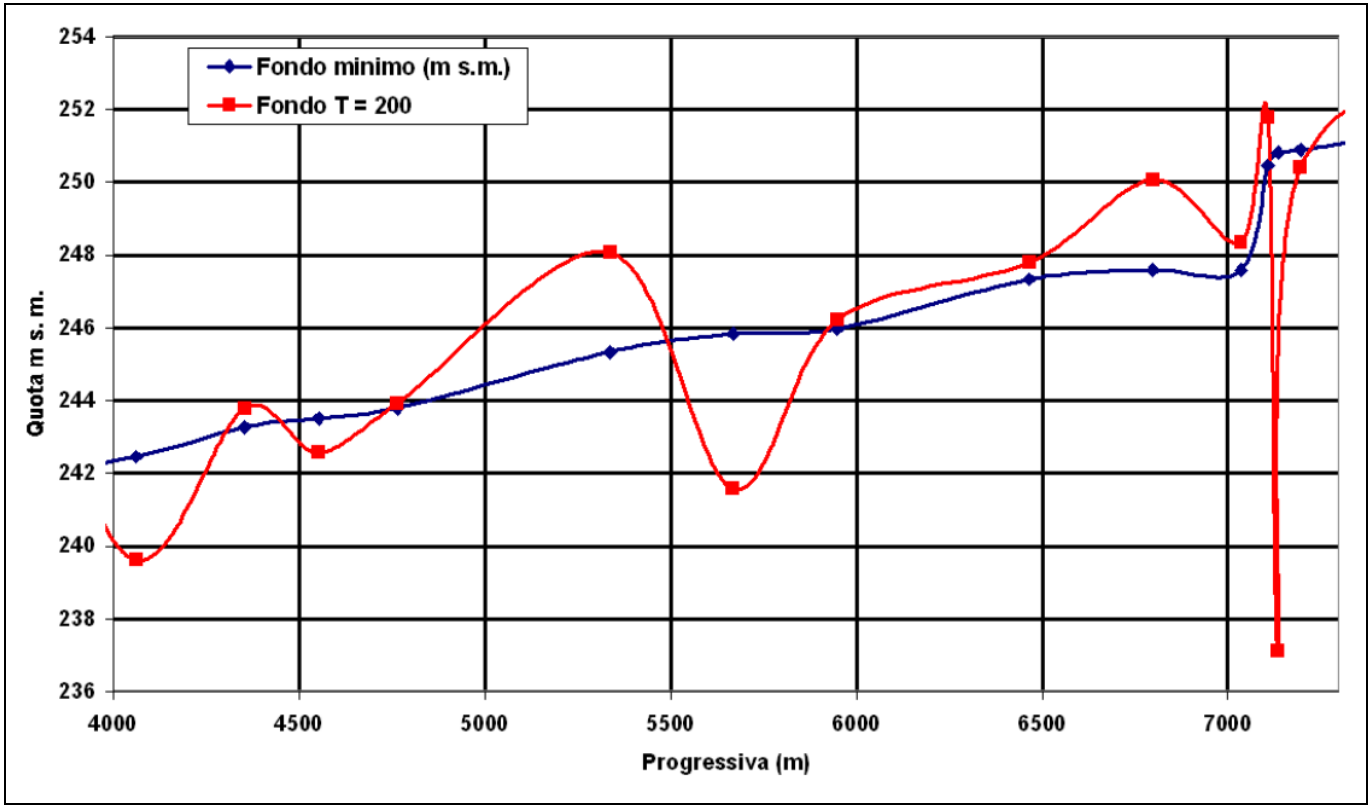


Figura 35 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 4,000 a progr. km 7,000**

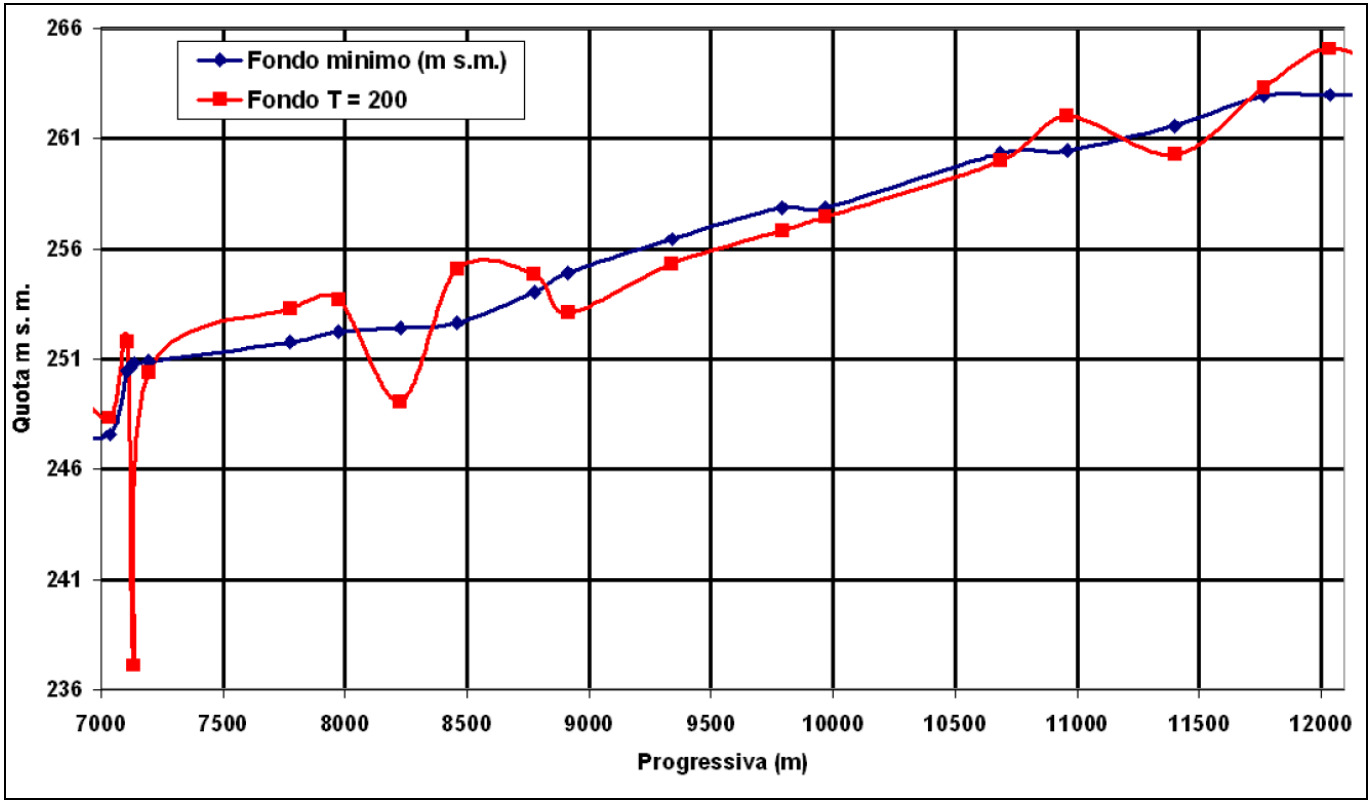


Figura 36 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 7,000 a progr. km 12,000**

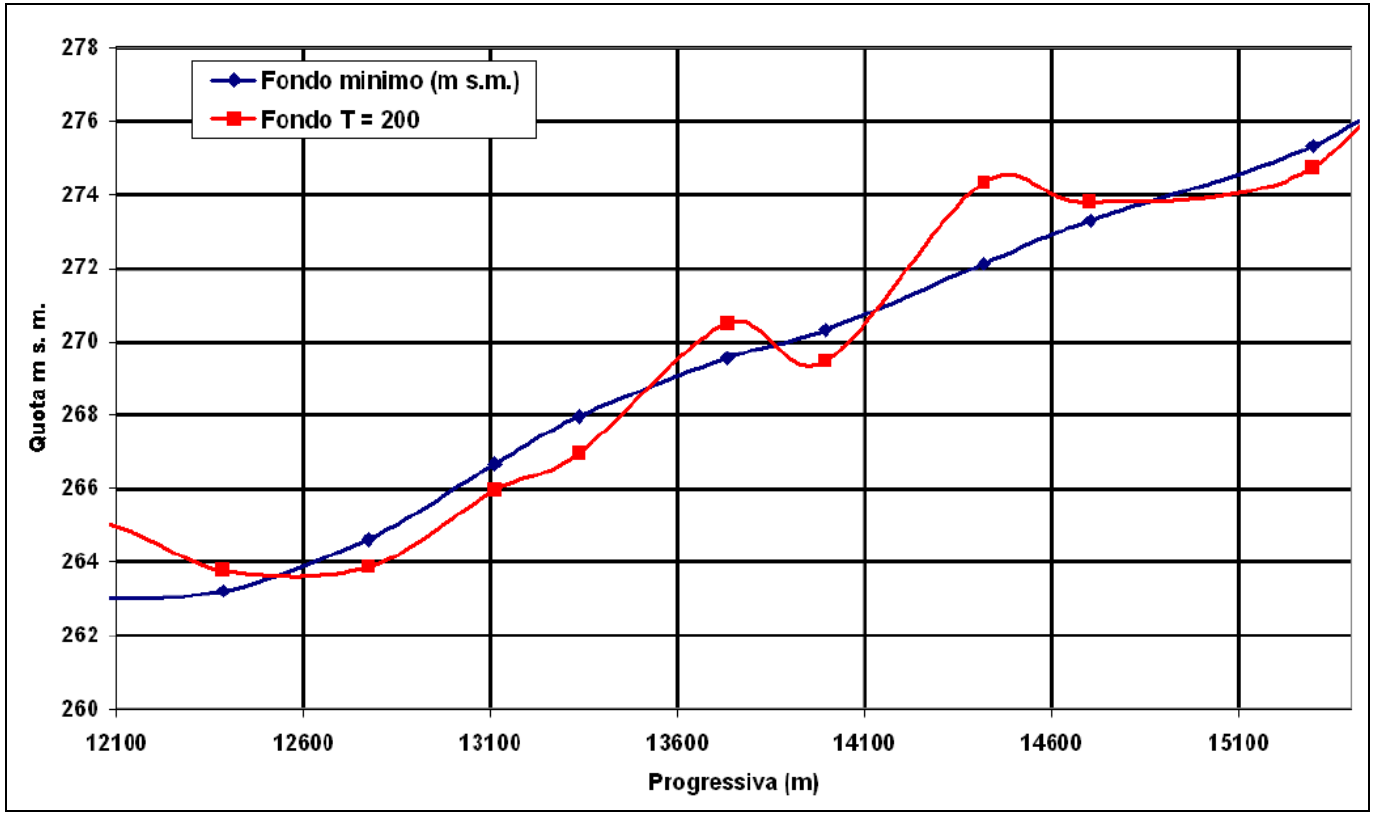


Figura 37 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 12,000 a progr. km 15,000**

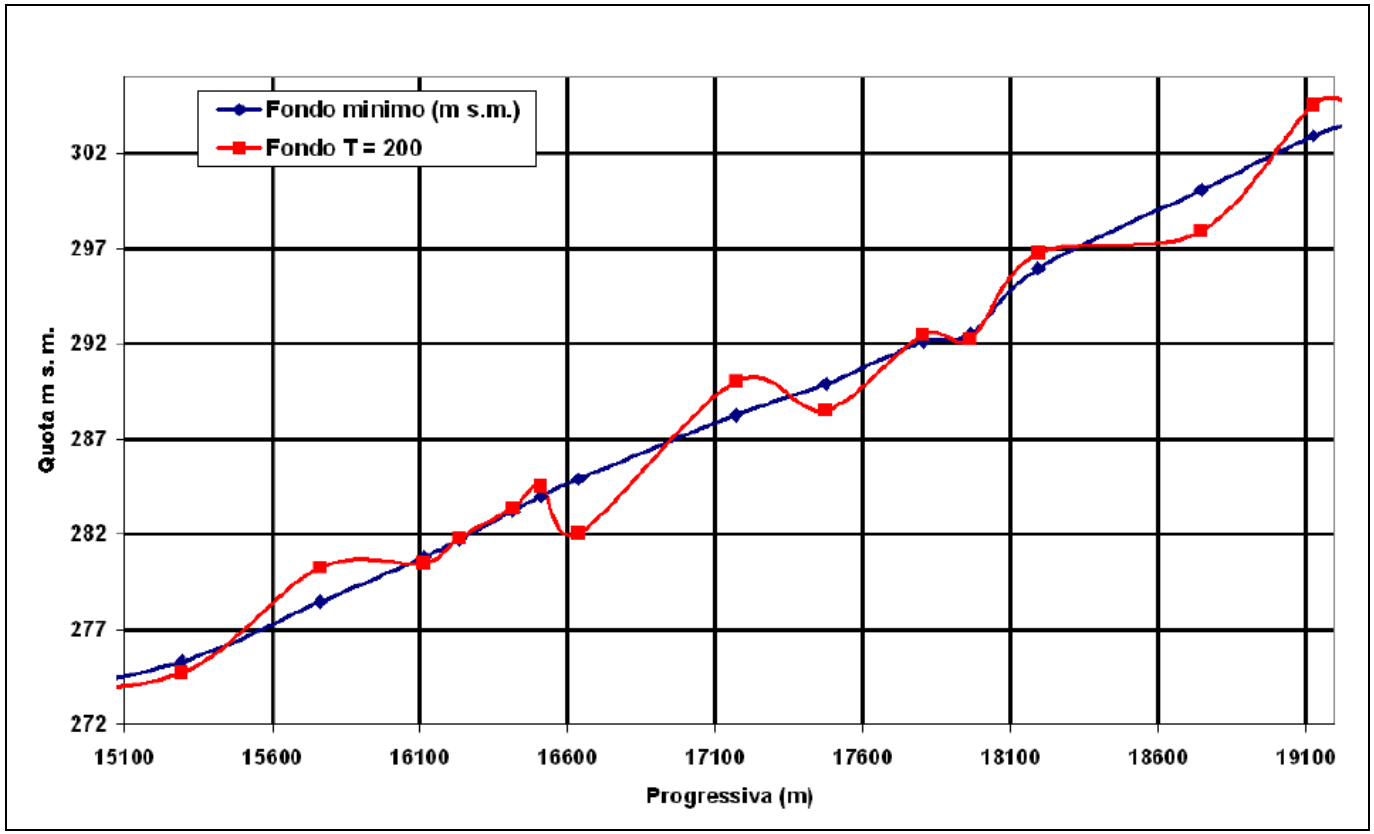


Figura 38 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 15,000 a progr. km 19,000**

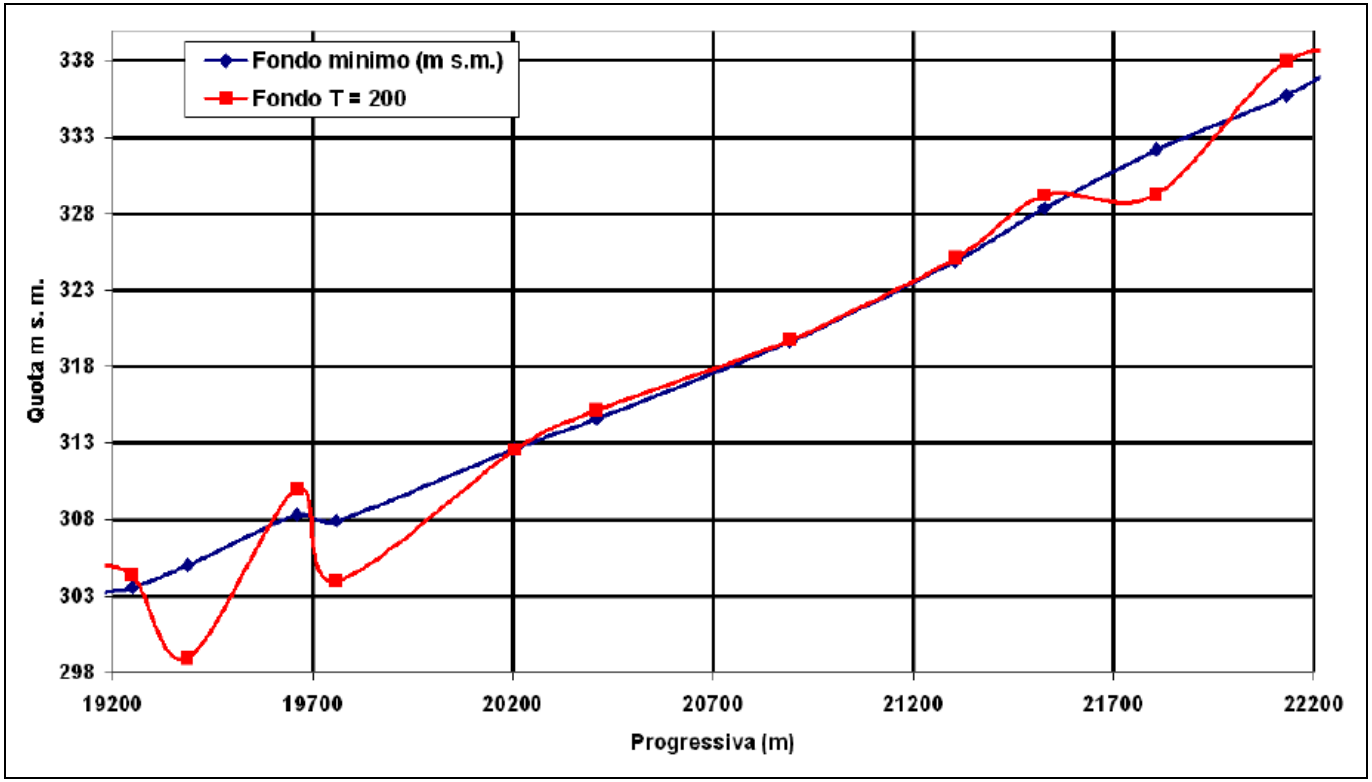


Figura 39 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 19,000 a progr. km 22,000**

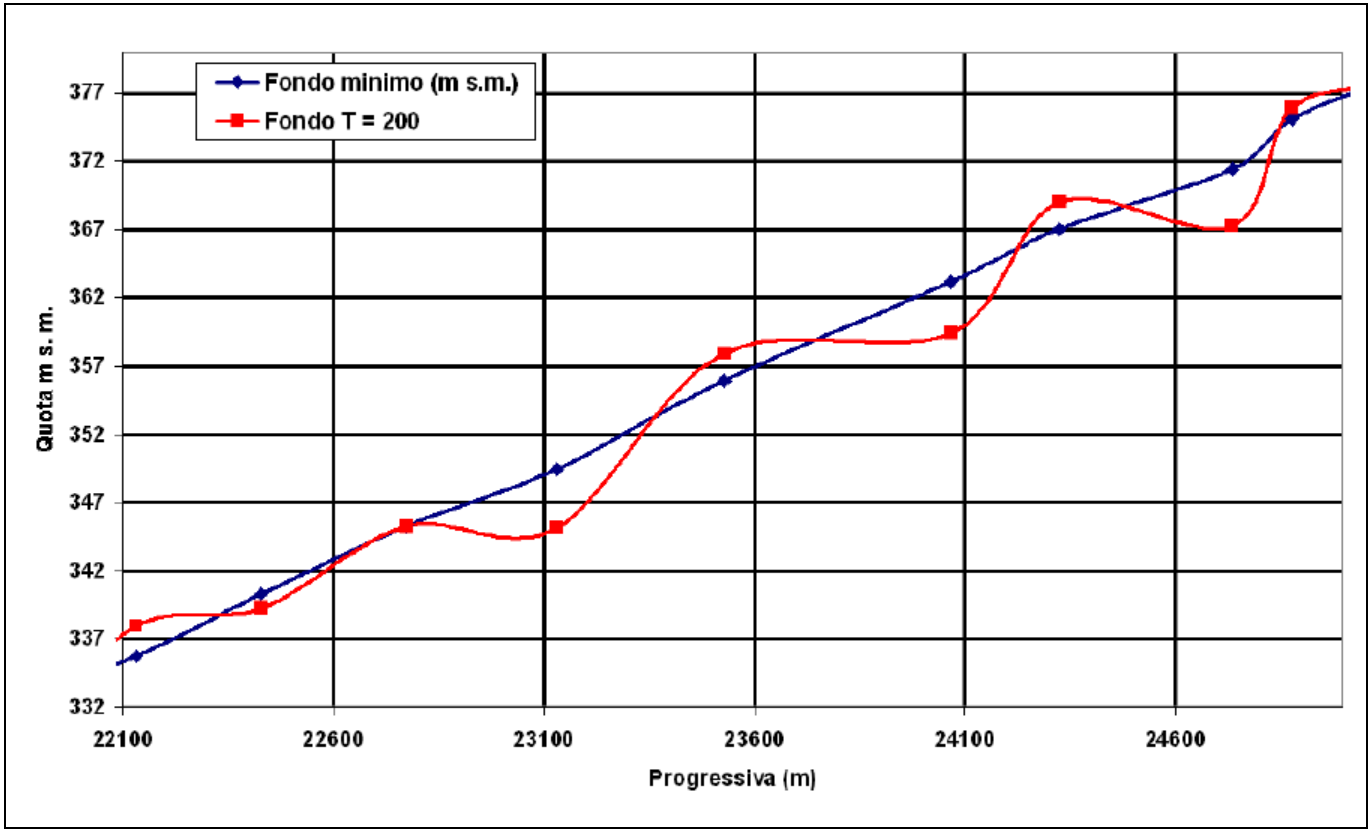


Figura 40 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 22,000 a progr. km 25,000**

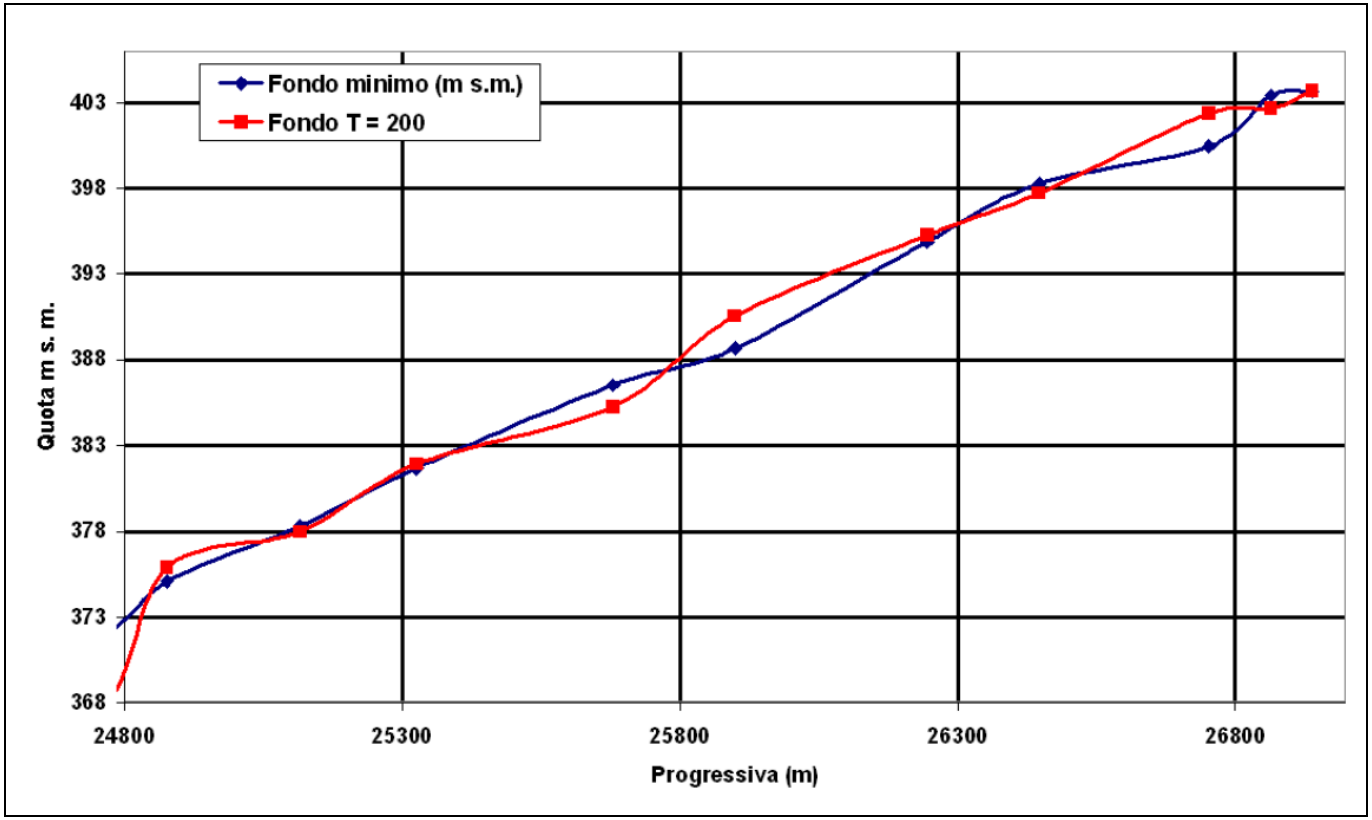


Figura 41 **T. Pellice: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 25,000 a progr. km 28,000**

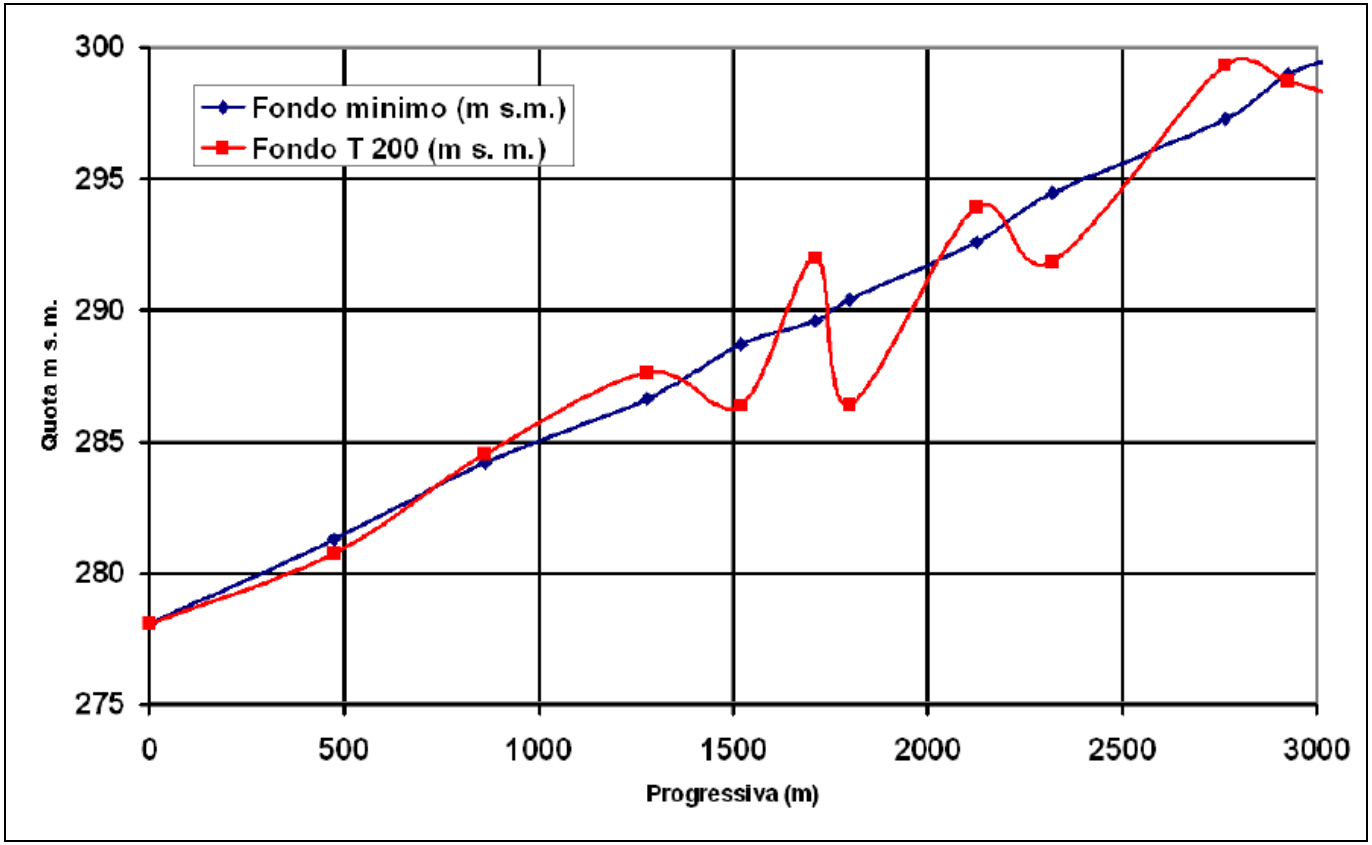


Figura 42 **T. Chisone: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 0,000 a progr. km 3,000**

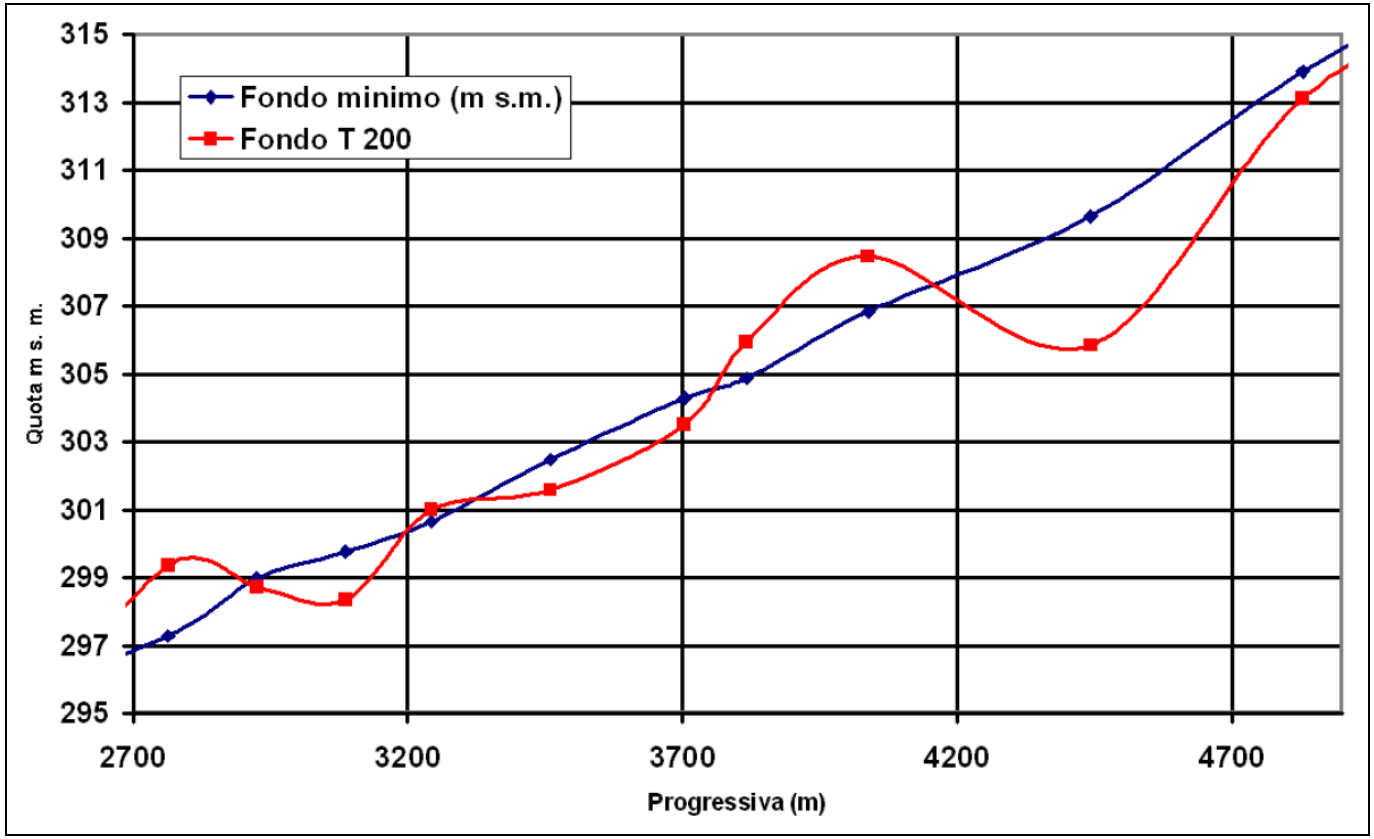


Figura 43 **T. Chisone: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 3,000 a progr. km 5,000**

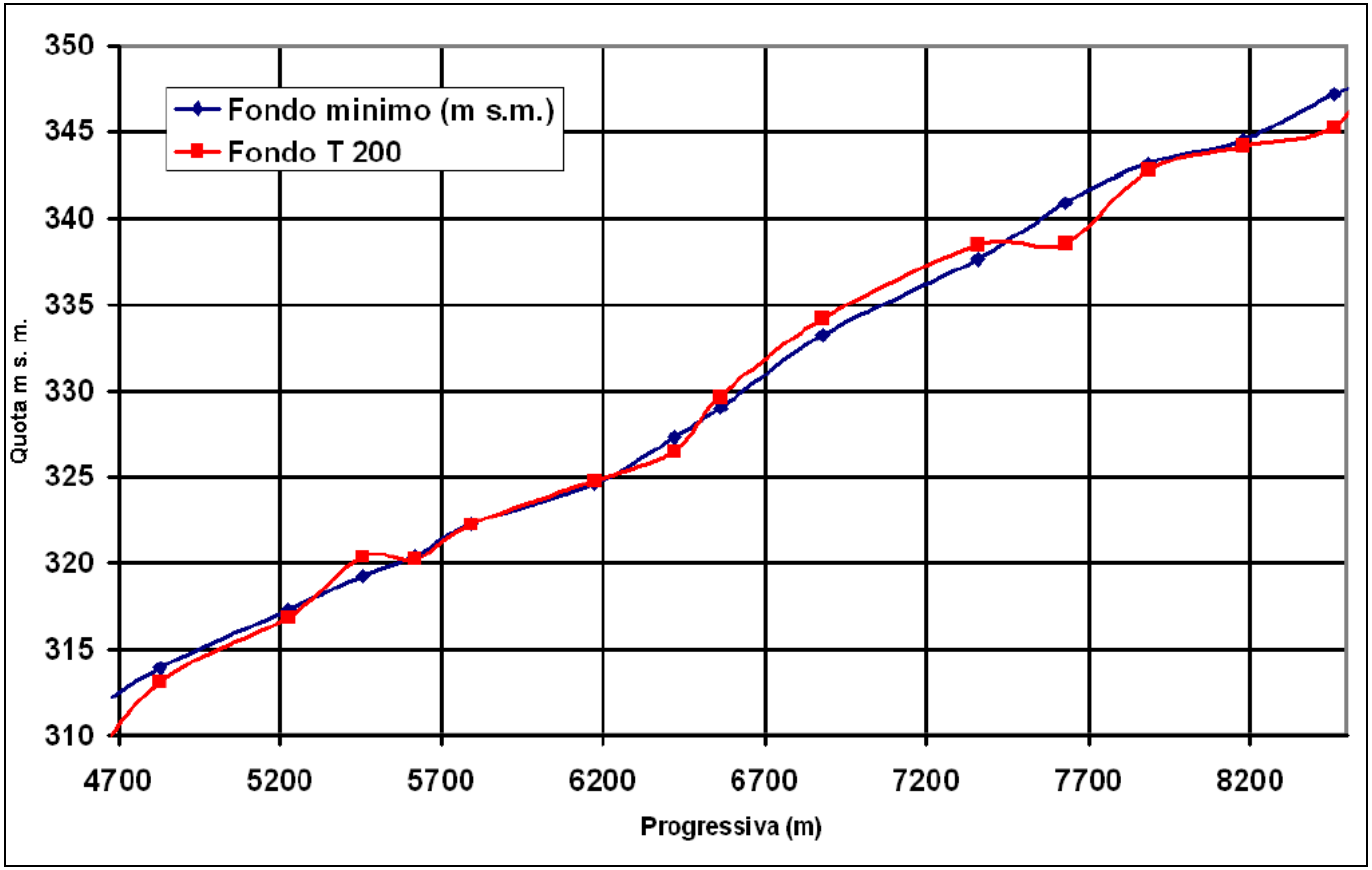


Figura 44 **T. Chisone: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 5,000 a progr. km 8,000**

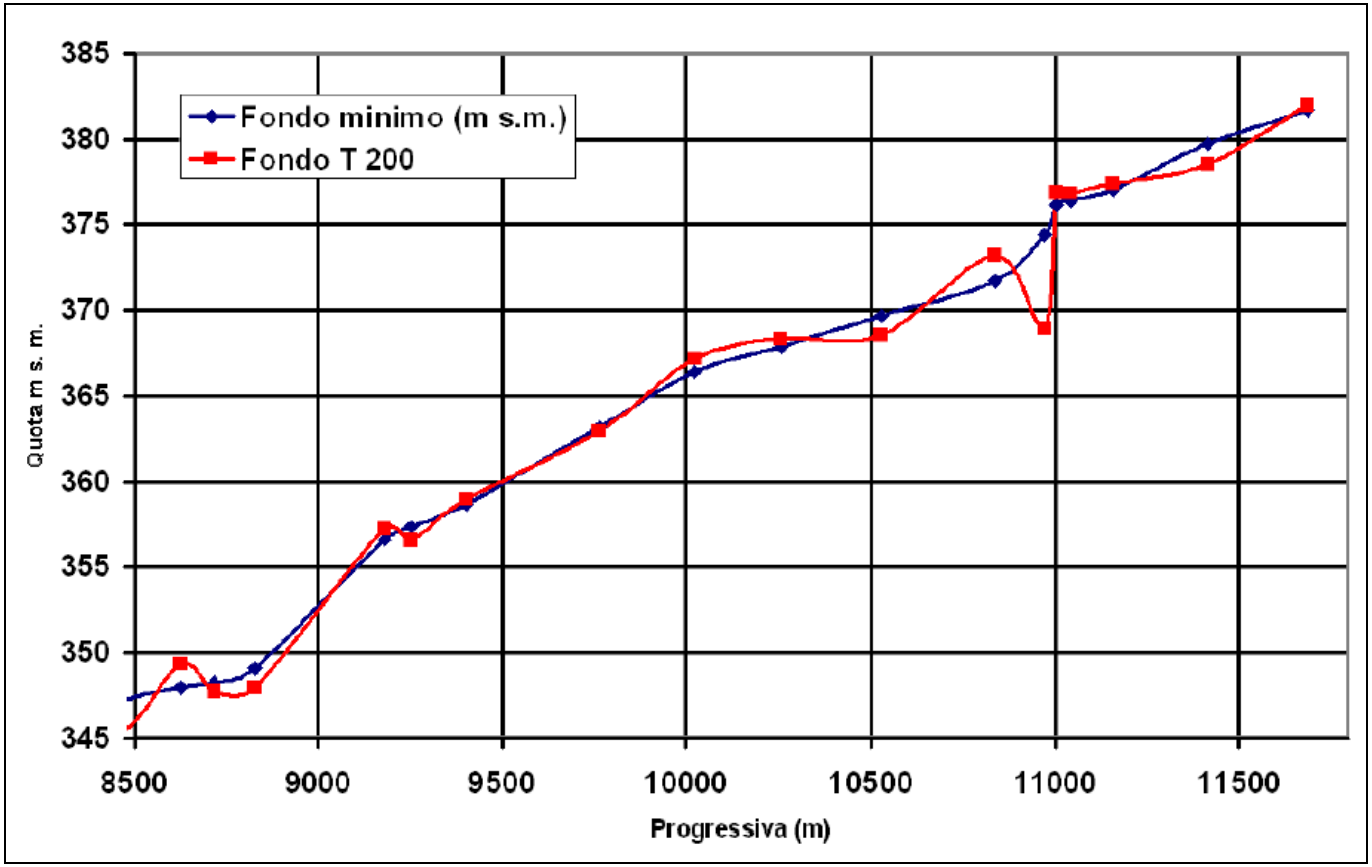


Figura 45 **T. Chisone: variazioni di breve periodo del fondo alveo per le piene con tempo di ritorno di 200 anni; tronco da progr. km 8,000 a progr. km 12,000**

Tabella 16 Variazioni di breve periodo del fondo alveo per la piena con tempo di ritorno di 200 anni

Tronco	Lunghezza(m)	Variazione max. del fondo alveo (m)	
		abbassamento	innalzamento
PE01	4.135	-2,87	3,44
PE02	3.135	-4,25	2,73
PE03	4.800	-3.30	2,40
PE04	3.295	-1,01	2,20
PE05	3.825	-2,84	1,83
PE06	3.000	-6,06	2,20
PE07	2.760	-4,31	1,97
PE08	2.065	-1,27	1,94
CHI01	3.120	-3,97	2,40
CHI02	2.095	-3,80	2,06
CHI03	3.600	-2,36	1,13
CHI04	3.290	-5,49	1,46

9.2.11 Valutazione delle dinamiche d'alveo di tipo generalizzato correlate al trasporto solido

Per le dinamiche di tipo generalizzato, che si manifestano a media scala temporale, è stato fatta una valutazione della capacità di trasporto dell'alveo con riferimento alle portate di piena determinate idrologicamente.

Come detto al punto precedente, nell'impossibilità di effettuare un bilancio sedimentologico di lungo periodo per il tronco di corso d'acqua in questione, si è scelto di considerare le valutazioni della capacità di trasporto della corrente nei singoli tronchi del corso d'acqua.

Il calcolo è stato fatto per le portate con tutti i tempi di ritorno definiti – compresi tra 2 e 500 anni – anche se è sono significative quelle relative alle portate con tempo di ritorno minore, compreso tra 2 e 5 anni; la portata con tempo di ritorno di 5 anni è stata assunta come portata di riferimento a bordi pieni per i due corsi d'acqua in studio.

I valori della capacità di trasporto nelle singole sezioni trasversali, calcolati mediante l'applicazione del modello, sono stati successivamente oggetto di una media per ciascun tronco, pesata sull'interasse delle sezioni, in modo da avere una condizione più rappresentativa della capacità di trasporto non strettamente a livello locale.

Le Figura 46 e la Figura 47 rappresentano graficamente i risultati del calcolo della capacità di trasporto lungo l'alveo del corso d'acqua per le portate rispettivamente con tempo di ritorno di 2 e di 5 anni.

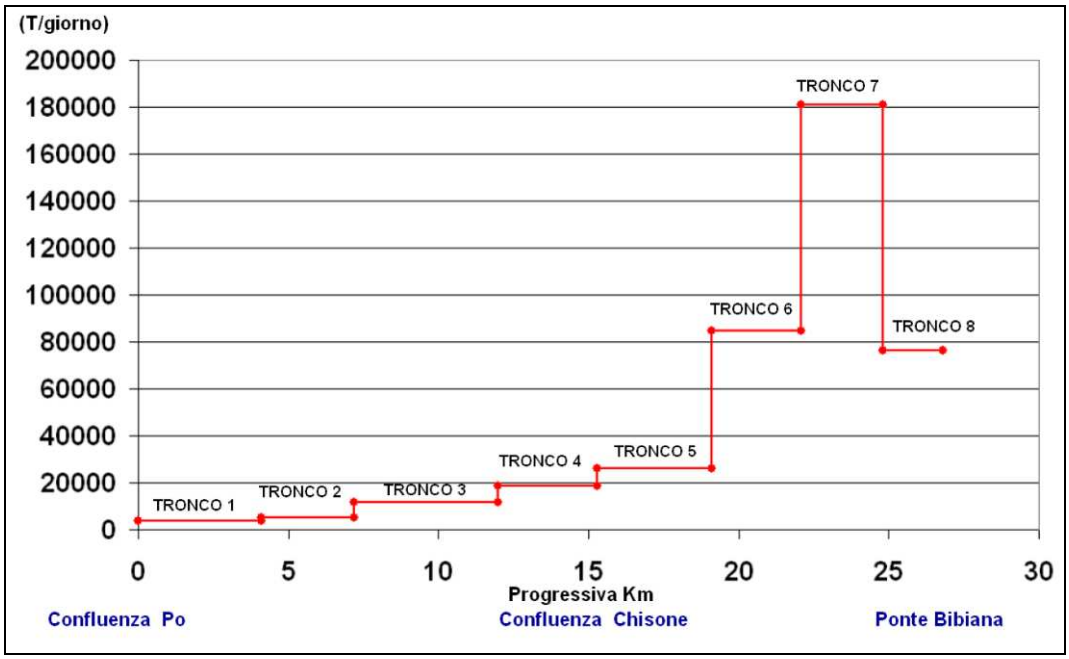


Figura 46 **Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo del torrente Pellice per la portata con tempo di ritorno di 5 anni**

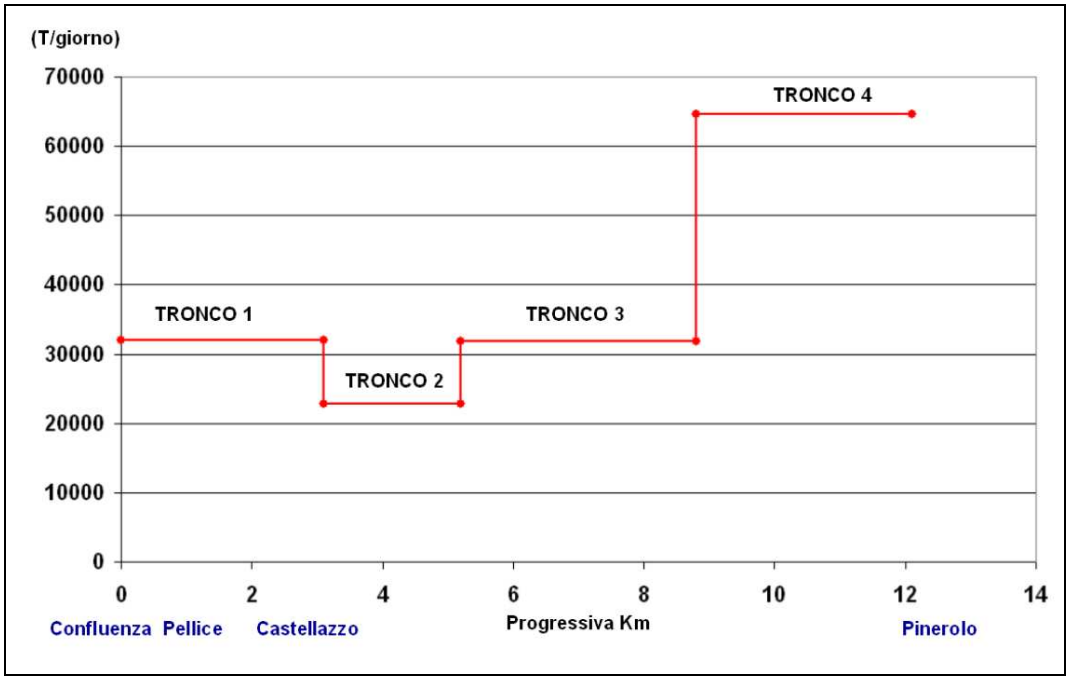


Figura 47 **Capacità di trasporto solido (media per tronchi) dell'alveo del torrente Chisone per la portata con tempo di ritorno di 5 anni**

Sulla base dei risultati ottenuti si possono fare alcune considerazioni di insieme sul comportamento dell'asta fluviale.

Si è già accennato al fatto che le formule empiriche che quantificano la capacità di trasporto solido della corrente forniscono una grande variabilità di risultati, soprattutto nel caso, come quello in studio, in cui non ci siano valori di taratura o quanto meno misure orientative di paragone. I dati di calcolo hanno quindi una significato maggiore in termini comparativi tra tronchi diversi che in assoluto.

Di tale fatto occorre tenere conto nell'interpretazione dei risultati che emergono; ad essi infatti va attribuito un significato soprattutto in termini di confronto, nel considerare ad esempio la variazione della capacità di trasporto tra un tronco e quello successivo.

Nel caso in questione si può osservare per il Pellice una buona regolarità dell'andamento della portata solida nei quattro tronchi a valle della confluenza del Chisone, che si riduce progressivamente verso valle, in coerenza con la pendenza di fondo e con la variazione della granulometria del materiale d'alveo.

Una crescita graduale della capacità di trasporto, coerente con la variazione delle variabili indipendenti di carattere morfologico si ha nel tronco 5, mentre infine gli ultimi 3 tronchi superiori (rispettivamente i tronchi n. 6, 7 e 8) mostrano valori superiori di oltre 2 volte - con l'anomalia del tronco 7 - a testimonianza di condizioni morfologiche e idrodinamiche sostanzialmente diverse.

Per il Chisone, la capacità di trasporto risulta superiore a quella del Pellice nel tronco a valle della confluenza, su ordini di grandezza coerenti con la dinamica idraulica dei due corsi d'acqua; il dato conferma la tendenza, in condizioni di funzionamento "naturale", e non condizionato da interventi antropici quale quello riscontrato allo stato attuale, a una tendenza al sovralluvionamento nell'area di confluenza, fenomeno del resto consueto nei corsi d'acqua con caratteristiche geomorfologiche simili. Un deciso aumento della capacità di trasporto si manifesta infine nel tronco 4, che trova in questo caso giustificazione nei parametri idraulici che lo caratterizzano.

Un ulteriore elemento utile per la valutazione degli ordini di grandezza delle variabili in gioco può essere il riferimento alle stime effettuate nell'ambito del Sottoprogetto SP4 dell'Autorità di bacino utilizzando il metodo di Gavrilovic S. (1959).

Si ricorda in proposito che il metodo permette di stimare la produzione di sedimenti media annua di un bacino idrografico in funzione del "peso" attribuito, sulla base di analisi statistiche, alle differenti variabili indipendenti considerate: fisiografia, piovosità, termometria, utilizzazione del territorio e assetto vegetazionale, erodibilità del substrato roccioso, condizioni di dissesto idrogeologico in atto.

Tale metodologia, già ampiamente utilizzata e verificata in passato, risulta una delle più complete sotto il profilo delle variabili considerate. In particolare, vengono utilizzati i parametri seguenti.

<u>Parametri fisiografici</u>

S = superficie bacino (km^2);

$\sqrt{i}$= dove i è la pendenza media del bacino (-);

<u>Parametri climatici</u>

t' = coefficiente di temperatura = $\sqrt{t * 0{,}1 + 0{,}1}$ dove t è la temperatura media annua

h = precipitazione media annua (mm);

Uso del suolo

A = superficie a boschi e frutteti (km^2);

B = superficie a prati e pascoli (km^2);

C = superficie seminativi e coltivi vari (km^2);

D = superficie sterile (km^2);

U = superficie pavimentata e urbanizzata (km^2);

Litologia

J = superficie rocce incoerenti (km^2);

K = superficie rocce pseudocoerenti e semicoerenti (km^2);

L = superficie rocce coerenti (km^2);

Dissesti

N = superficie con frane (km^2);

P = superficie con erosione accentuata (km^2);

Q = superficie zone con valanghe (km^2).

I singoli parametri vengono combinati e pesati per esprimere i coefficienti di degradazione, legati ai diversi fattori che concorrono alla definizione del livello di erodibilità dei bacini, che sono espressi dal coefficiente di protezione del suolo dato dalla vegetazione (X), dal coefficiente di erodibilità del suolo dato dalla litologia (Y) e dal coefficiente di degradazione (V'):

$$X = \frac{(A \cdot 0{,}2 + B \cdot 0{,}5 + C \cdot 0{,}8 + D \cdot 1{,}0 + 0{,}05 \cdot U)}{S}$$

$$Y = \frac{(J \cdot 1{,}6 + K \cdot 0{,}8 + L \cdot 0{,}3)}{S}$$

$$R = \frac{(N \cdot 7 + P \cdot 4 + Q \cdot 2)}{S} \cdot 100$$

Da R (superficie dissestata relativa) è quindi possibile calcolare il coefficiente di degradazione (V') e quindi il coefficiente di erosione relativa (Z).

Dai parametri calcolati si estrae il valore del volume di materiale prodotto annualmente entro il bacino a causa dei processi erosivi.

Nel caso specifico il calcolo effettuato rispettivamente sui bacini montani del Pellice e del Chisone, la cui sezione di chiusura corrisponde a quella di inizio del tratti in studio ha portato alla seguente stima dell'apporto solido medio annuo:

- bacino del torrente Pellice: apporto solido medio annuo pari a 30.000 m^3/anno;
- bacino del torrente Chisone: apporto solido medio annuo pari a 55.000 m^3/anno;

Naturalmente tale stima fornisce i valori medi di "produzione" del bacino, che nella realtà non si materializzano con continuità, ma piuttosto quando sono mobilitati dagli eventi meteorici intensi. Un singolo evento di piena mobilita quindi una portata solida sicuramente superiore che sarà il risultato di un certo numero di anni di degradazione del bacino idrografico.

Su una valutazione di lungo periodo è presumibile che l'apporto solido complessivo all'asta fluviale tenda ai valori sopra stimati.

Con riferimento a questi ordini di grandezza, se si analizzano i dati calcolati sulla capacità di trasporto dell'asta si possono porre alcune considerazioni:

- in via preliminare va tenuto conto che l'unità di misura in m^3/giorno della portata solida è quella di output del modello di simulazione e rappresenta quindi il valore corrispondente alla portata liquida in condizioni di moto uniforme; nel caso si voglia quindi trasferire il dato in termini di volume, occorrerebbe fare riferimento ad una durata della portata stessa; per quanto detto in precedenza, non è questo lo scopo dell'analisi condotta e non si sono quindi fatte valutazioni in questo senso;
- la capacità di trasporto tende naturalmente a decrescere da monte verso valle e i risultati ottenuti confermano bene tale andamento con anomalie minime, tenendo conto del margine di incertezza insito nelle calcolazioni;
- con riferimento al tempo di ritorno di 5 anni, la capacità di trasporto dei tronchi del Pellice da valle del Chisone alla confluenza in Po è dell'ordine dei 20.000 m^3/giorno al Chisone e inferiore ai 10.000 m^3/giorno, alla confluenza; a monte del Chisone cresce fino a giungere attorno ai 100.000 m^3/giorno; appaiono quindi valori coerenti con produzione media del bacino, se si tiene conto della frequenza e della durata di piene simili;
- i valori che si riscontrano sul Chisone risultano anch'essi coerenti con le grandezze in gioco che rappresentano complessivamente la dinamica del sistema dei due corsi d'acqua.

9.3 Assetto delle opere idrauliche di difesa

La consistenza delle opere idrauliche di difesa presenti sul corso d'acqua è stata valutata con riferimento principale alle informazioni derivate dal "Catasto delle opere di difesa idrauliche e di versante (SICOD)", messo a disposizione dal Servizio Difesa del Suolo della Regione Piemonte, costruito sulla base di sopralluoghi e rilevamenti diretti svolti di recente (aggiornamento al 2008) e che rappresenta quindi lo stato attuale delle opere sul corso d'acqua.

Oltre al posizionamento planimetrico, si è fatto riferimento anche alle altre informazioni contenute nel Catasto relative alla tipologia, allo stato e alle condizioni di efficienza delle opere idrauliche.

Tali informazioni sono state inoltre integrate da osservazioni dirette, fatte nel corso di sopralluoghi relative alle situazioni di maggiore interesse per gli scopi delle analisi finalizzate alla definizione del Programma di gestione.

L'attenzione si è concentrata sulle opere idrauliche che interagiscono direttamente o indirettamente con la dinamica morfologica dell'alveo e che possono condizionare il bilancio sedimentologico dell'alveo.

Sotto questo aspetto il ruolo di maggiore importanza è svolto dalle opere di sponda (longitudinali e, in misura limitata, pennelli trasversali) che hanno la funzione di controllare la divagazione planimetrica dell'alveo attivo; le opere longitudinali che hanno anche funzioni arginali sono normalmente piuttosto lontane dall'alveo inciso e non intervengono in maniera significativa nella dinamica planimetrica dell'alveo.

Le soglie trasversali con la funzione di fissare le quote di fondo alveo, si presentano in numero estremamente esiguo per i due corsi d'acqua: per il Pellice si tratta unicamente della soglia in corrispondenza del ponte sulla SP 139 Villafranca-Vigone, circa 7 km a monte della confluenza in Po; per il Chisone della soglia del ponte della SP 164 di Miradolo, ubicata all'inizio del tratto in studio.

Si rimanda all'analisi geomorfologica e a quella delle criticità nella fase di post-evento alluvionale del 2008, descritte nei capitoli successivi e svolte per singoli tronchi dei due corsi d'acqua per il puntuale commento delle opere presenti e della loro funzione nell'ambito dell'assetto del corso d'acqua; in tale sede viene dato conto sia dell'assetto idraulico attuale sia dei condizionamenti indotti sulla dinamica dell'alveo.

A livello generale di asta, occorre notare che, per entrambi i torrenti, si ha una notevole estensione delle opere di difesa longitudinali, con conseguenti accentuati effetti di canalizzazione dell'alveo attivo, che hanno di fatto condizionato la tendenza evolutiva degli alvei dei due corsi d'acqua.

Tale linea di intervento, ancora confermata dopo l'alluvione 2000, ha concorso con l'estrazione di materiali inerti dall'alveo - presumibilmente in volumi notevoli rispetto a quelli propri del bilancio di materiale - a fare assumere ai due corsi d'acqua una connotazione decisamente artificiale, in cui le condizioni idrodinamiche sono caratterizzate dalla presenza di dinamiche erosive molto consistenti sulle sponde e sul fondo.

9.4 Interventi di movimentazione/asportazione di materiale d'alveo eseguiti nel periodo 2000-2008

Come ulteriore elemento conoscitivo, utile a inquadrare l'assetto attuale del corso d'acqua in studio, è stata svolta una ricognizione degli interventi recenti di movimentazione e/o estrazione di materiale solido realizzati nell'alveo dei due torrenti.

E' stato scelto come periodo significativo quello a partire dall'anno 2000, tenendo conto che la piena dell'ottobre dello stesso anno, eccezionale per i due corsi d'acqua, ha sicuramente influito sull'assetto morfologico degli alvei, caratterizzandosi come uno di quegli eventi rari e particolarmente intensi che influenzano pesantemente il bilancio sedimentologico di breve periodo.

Sono stati censiti tutti gli interventi realizzati che hanno comportato l'estrazione o la movimentazione di materiale d'alveo, consultando direttamente la documentazione progettuale disponibile presso la sede di Moncalieri (TO) di AIPO.

Per ciascun intervento sono state raccolte le seguenti informazioni:

- localizzazione planimetrica;
- volume di materiale d'alveo movimentato;
- volume di materiale asportato;
- soggetto realizzatore dell'intervento (AIPO o soggetto terzo).

Complessivamente è possibile sintetizzare i risultati mediante la seguente tabella, che suddivide gli interventi per corso d'acqua e tronco omogeneo all'interno del quale sono stati realizzati.

Tabella 17 Interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sui torrenti Pellice e Chisone nel periodo 2000 – 2006 raggruppati per tronchi omogenei

TORRENTE	TRONCO	PROGRESSIVA (m)	MOVIMENTAZIONE (m^3)	ESTRAZIONE (m^3)	N° INTERVENTI
Pellice	1	da 0,0 a 4,1 Km	562	0	1
	2	da 4,1 a 7,3 Km	0	0	0
	3	da7,3 a 12,1 Km	278500	34397	2
	4	da 12,1 a 15,4 Km	0	264800	1
	5	da 15,4 a 19,2 Km	0	0	0
	6	da 19,2 a 22,2 Km	19500	0	3
	7	da 22,2 a 24,9 Km	0	0	0
	8	da 24,9 a 27,0 Km	54400	0	2
TOTALE			**352962**	**299197**	**9**
Chisone	1	da 0,0 a 3,1 Km	50000	0	1
	2	da 3,1 a 5,2 Km	0	0	0
	3	da 5,2 a 8,8 Km	524431	385769	4
	4	da 8,8 a 12,1 Km	363400	0	4
TOTALE			**937831**	**385769**	**9**
TOTALE COMPLESSIVO			**1290793**	**684966**	**18**

Dalla tabella precedente si evidenzia l'intervento sull'alveo del torrente Chisone nel tronco 3, che è collegato ai lavori di realizzazione del collegamento autostradale Torino – Pinerolo. Esso ha interessato un volume di circa 462.000 m^3 di materiale inerte destinato a interventi di imbottimento delle sponde e di 386.000 m^3 estratti dall'alveo e destinati a realizzare il rilevato autostradale e ad altri impieghi connessi.

La tabella seguente ed il grafico di Figura 48, inoltre, consentono di valutare la distribuzione temporale degli interventi nel periodo considerato.

Tabella 18 Numero di interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sul torrente Pellice nel periodo 2000 – 2006 raggruppati per anno

TORRENTI	ANNO	N° INTERVENTI	% su periodo 2000 - 2005
Pellice e Chisone	2001	10	56
	2002	1	6
	2003	2	11
	2004	3	17
	2005	1	6
	2006	1	6
TOTALE		**18**	**100**

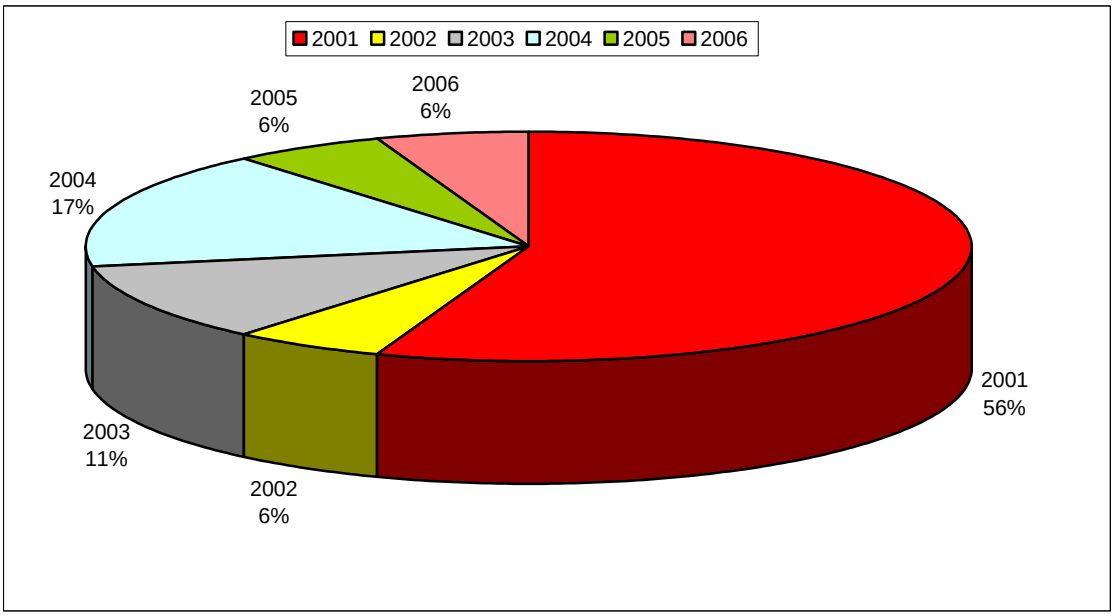


Figura 48 Distribuzione degli interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sui torrenti Pellice e Chisone nel periodo 2000 – 2006 in funzione dell'anno di realizzazione

Infatti, si nota come il 56% degli interventi siano stati realizzati nell'anno 2001; negli anni successivi la percentuale si riduce a valori all'incirca costanti.

Tale ripartizione è dovuta, come è ovvio, ai progetti connessi agli interventi che sono stati definiti a seguito dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, realizzati prevalentemente nel 2001. Tale evento incide in modo molto evidente anche sulla collocazione spaziale delle opere che si concentrano in corrispondenza degli abitati situati in ambito perifluviale.

La distribuzione degli interventi realizzati lungo l'asta è rappresentata in Figura 49.

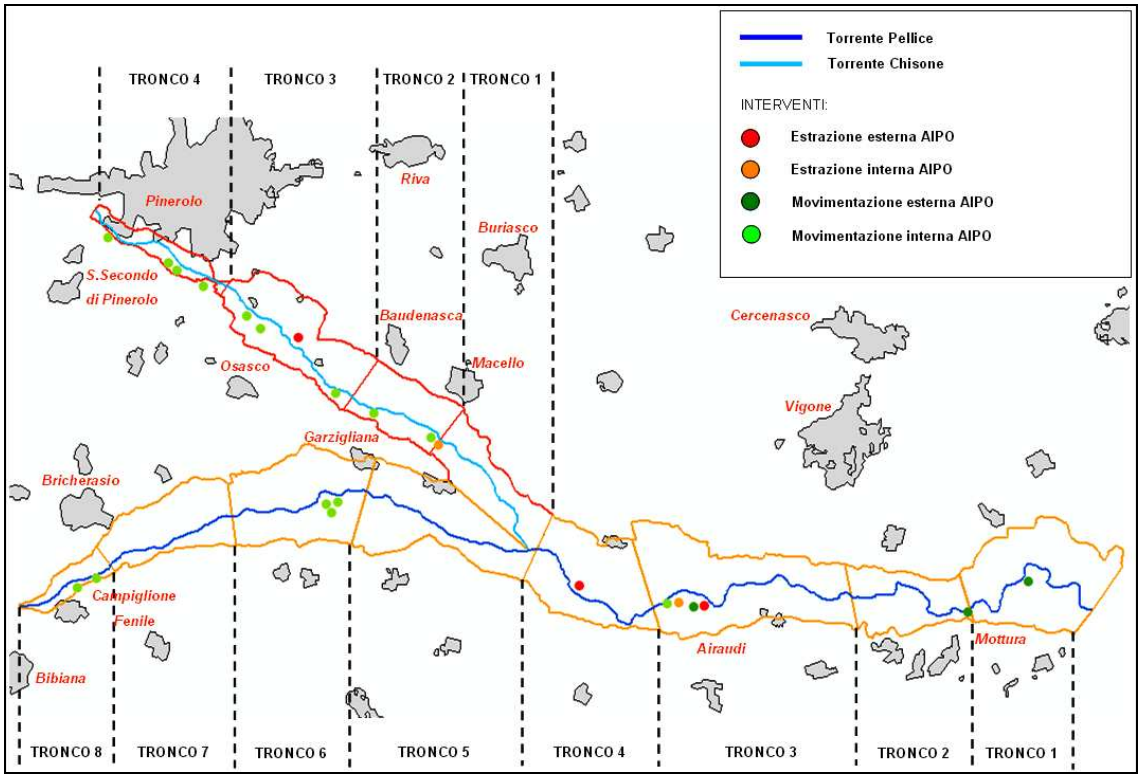


Figura 49 Distribuzione planimetrica degli interventi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo realizzati sui torrenti Pellice e Chisone nel periodo 2000 – 2006

Circa la compatibilità dei volumi di materiale d'alveo asportato nel periodo, rispetto alle condizioni di assetto morfologico degli alvei, va rilevato che essi superano in modo consistente la produzione solida media annua del bacino montano, come pure la capacità di trasporto dei due corsi d'acqua, anche rapportata ad eventi particolarmente intensi quali quello dell'ottobre 2000; gli effetti attesi sono pertanto nella direzione di una accentuazione dei fenomeni di erosione (di fondo e di sponda) che caratterizzano la morfologia degli alvei quando si è in condizioni di deficit di materiale solido. Tali aspetti sono particolarmente diffusi sia sul Pellice sia sul Chisone, come viene rilevato dalle analisi geomorfologiche e dalle condizioni delle fondazioni in alveo delle opere presenti (ponti e difese idrauliche) verificate nel corso di specifici sopralluoghi.

10 Aspetti geomorfologici dell'alveo

La tipologia plano-altimetrica di alveo fluviale è correlata a una serie precisa di variabili indipendenti, rappresentata dal regime idrologico, dall'apporto solido del bacino idrografico sotteso e dalla litologia delle formazioni geologiche costituenti il bacino stesso.

Nel settore relativo al bacino montano, i torrenti Pellice e Chisone presentano un profilo longitudinale a forte acclività (superiore al 30%), con un alveo incassato nelle pareti rocciose ed un elevato trasporto solido di fondo. Nel tratto intermedio gli alvei presentano ancora una sezione ristretta ma a minor pendenza; gli apporti di materiale solido da monte e dagli affluenti laterali sono notevoli; soprattutto in corso di piena si manifesta la movimentazione, il trasporto ed infine il deposito selettivo di materiale a pezzatura medio-grossolana (1 – 2 m di diametro). Nel tratto di fondovalle i due corsi d'acqua tendono ad assumere un alveotipo pluricursale con pendenza dal 1% allo 0,5%, per poi incidersi maggiormente (torrente Pellice), nel tratto terminale fino alla confluenza con il fiume Po, assumendo tipologia monocursale con tracciato meandriforme.

Con riferimento ai due corsi d'acqua in studio, l'analisi della cartografia storica e dei rilievi più recenti indica che la morfologia dell'alveo dei due torrenti si è progressivamente modificata in misura consistente rispetto all'assetto storico: le cause principali sono da ricondurre all'azione antropica, rappresentata dagli interventi diffusi di protezione delle sponde e da quelli di asportazione di materiale soprattutto in alveo attivo.

Il rivestimento delle sponde per estensioni consistenti ha progressivamente ridotto in misura rilevante la possibilità della corrente di mobilizzare in piena il materiale alluvionale entro cui scorre l'alveo stesso, accentuando l'erosione e l'abbassamento del fondo alveo; parallelamente, con l'abbassamento del fondo e la conversione ad alveo monocursale, vengono ad essere disattivati i canali secondari dell'alveo inciso, che possono ritornare attivi per il deflusso solamente in concomitanza delle piene più gravose.

L'assetto geomorfologico dei tratti in studio dei torrenti Pellice e Chisone è stato analizzato sulla base dei metodi della geomorfologia fluviale, utilizzando tutte le informazioni a disposizione, quali la fotografia aerea, i documenti cartografici, i piani quotati e gli studi condotti a seguito delle più recenti piene (2000, 2008).

Di seguito viene descritto per tronchi omogenei, in forma schematica, l'assetto geomorfologico attuale dei due corsi d'acqua.

10.1 Torrente Pellice

<u>Tronco 08, dal Ponte di Bibiana a Bricherasio</u>

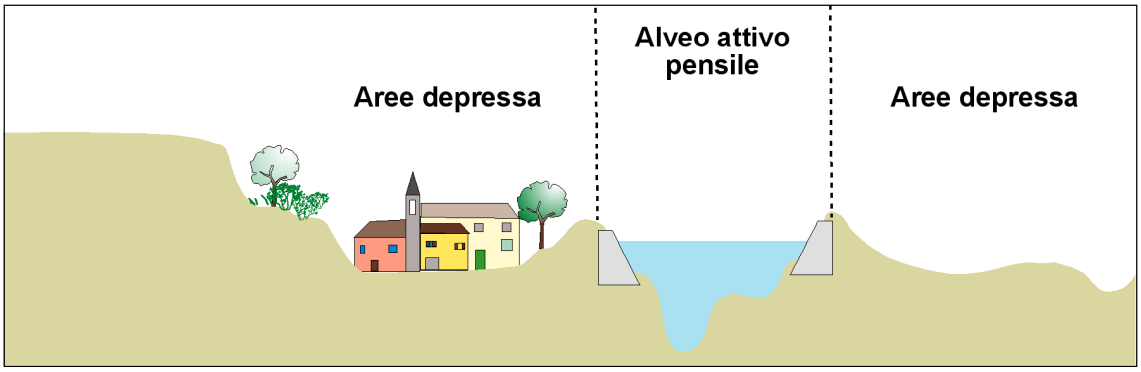
Alveotipo monocursale alpino subrettilineo, con pendenza media dell'1,5%, pensile rispetto alle aree golenali laterali.

L'assetto geomorfologico attuale è legato essenzialmente ai seguenti fattori:

- l'alveo scorre lungo il tratto apicale della conoide deposizionale, a forma di unghia; al cambio di pendenza tra il tratto montano e quello di sbocco in pianura, gli

accumuli deposizionali si sono avuti in prevalenza lungo l'asse del corso d'acqua, per l'effetto limitato della divagazione laterale dell'alveo, come testimonia la fascia di divagazione planimetrica storica degli ultimi 120 anni;

- il rivestimento esteso delle sponde con opere di difesa longitudinale (avvenuto soprattutto negli ultimi 30 anni) ha portato ad una canalizzazione dell'alveo attivo, limitando la divagazione planimetrica e la deposizione laterale dei sedimenti.



L'ampiezza dell'alveo attivo è dell'ordine di 80 – 100 m, con barre deposizionali ed isole fluviali pressoché assenti; le barre laterali si presentano con vegetazione arbustiva ed arborea di alto fusto a testimonianza di un consolidamento del materiale depositato.

Le forme riattivate durante gli ultimi eventi alluvionali significativi (2000 e 2008) sono legate alle opere di canalizzazione artificiale e alle derivazioni idriche presenti ad inizio tronco che concorrono a provocare gli allagamenti e il deflusso nelle aree golenali; l'allagamento delle golene tende infatti ad avvenire prioritariamente per gli apporti da monte piuttosto che per tracimazione locale delle sponde.

Tronco 07 da Bricherasio a C.na Garnero

Alveotipo originariamente pluricursale con tendenza all'unicursalità per incisione del fondo. La pendenza media è del 1,5% con un alveo a piene rive di larghezza media pari a 200 m. Le barre deposizionali sono quasi tutte prive di vegetazione per effetto della divagazione planimetrica, comunque contenuta dalle opere di difesa spondali. Nei pressi del ponte ex FS Bricherasio-Barge si ha un restringimento della sezione utile dell'alveo attivo, mentre le aree golenali, soprattutto in sinistra idrografica, risultano ancora depresse (pensilità dell'alveo). I fenomeni di consistente scalzamento al piede estesi su gran parte delle difese esistenti testimoniano un abbassamento di fondo molto elevato, che provoca la trasformazione in un alveo monocursale progressivamente sempre più incanalato.

Tronco 06 da C.na Garnero a C.na Taraglio

Alveotipo originariamente pluricursale con tendenza all'unicursalità per incisione del fondo. La pendenza media è del 1,2%; la larghezza media dell'alveo attivo tende ad aumentare rispetto al tratto di monte (300 – 350 m), con evidenti fenomeni di erosione di sponda che determinano una tendenza all'instabilità planimetrica, parzialmente

contenuta dalle opere di difesa; i fenomeni di scalzamento al piede interessano gran parte delle stesse.

Lungo la sponda destra è presente un canale secondario (riattivato durante l' evento alluvionale del 2000) che attraversa un'ampia area vegetata, che costituisce un residuo ancora riattivabile dell'alveo tipo a più rami pregresso.

A monte del ponte ex SS 589, l'accentuazione dell'erosione lungo la sponda sinistra può portare a breve termine alla cattura del rio Pellisotto, in località Madonna di Monte Bruno.

Tronco 05 da C.na Taraglio alla confluenza del Chisone

Alveotipo pluricursale con tendenza all'unicursalità per incisione del fondo e con divagazione planimetrica limitata, per quasi tutta la lunghezza dalle opere spondali. La pendenza media è dello 0,7%, larghezza media a piene rive pari a 250 m. Elevata tendenza all'erosione del fondo, con fenomeni sempre più accentuati di dissesto hanno portato ad uno scalzamento al piede delle difese esistenti di oltre 3 m negli ultimi decenni.

Le barre deposizionali presenti in alveo e quelle laterali sono completamente ablate e prive di vegetazione arbustiva e/o arborea.

Alla confluenza con il torrente Chisone, il restringimento della sezione utile di deflusso, a causa delle opere di difesa esistenti in destra idrografica, comporta fenomeni di instabilità accentuata con sollecitazioni elevate verso la sponda opposta, in direzione della località Zucchea.

Tronco 04 dalla confluenza del Chisone a C.na Bellina

Alveotipo pluricursale contenuto dalle opere di difesa spondale pressoché continue per tutta la lunghezza del tratto. La pendenza media è dello 0,4%, con larghezza a piene rive di circa 250 m. L'assetto morfologico naturale è stato completamente modificato dall'intervento antropico sia in alveo attivo che nelle aree golenali. Ad inizio tronco, il guado della strada comunale per Zucchea di fatto agisce come soglia di fondo che modifica la capacità di trasporto solido nelle condizioni ordinarie, limitando gli apporti a valle agli eventi di piena gravosi. Il tratto medio-terminale del tronco è privo di barre vegetate, con una tendenza all'incisione del fondo. I fenomeni erosivi di sponda e di fondo sono minori rispetto al tronco di monte. Nelle aree golenali gli interventi legati all'attività estrattiva hanno modificato completamente la topografia del territorio, con aree di cava abbandonate a quota inferiore rispetto al piano campagna. La golena sinistra, dove storicamente l'alveo ha divagato, si presenta molto più ampia rispetto a quella in destra.

Tronco 03 da C.na Bellina al ponte della SP 139 Vigone-Villafranca Piemonte

Alveo pluricursale con tendenza ad assumere un andamento meandriforme nel tratto di valle. Sono presenti fenomeni di erosione su entrambe le sponde; la tendenza alla divagazione planimetrica dell'alveo è fortemente limitata dall'estensione delle opere di difesa. Nel settore medio-terminale, le cui quote di fondo sono in parte stabilizzate dalla soglia del ponte, durante l'ultimo evento di piena (2008) si è riattivato un canale

secondario che scorre parallelamente alla sponda destra per un tratto di circa 500 m. Le aree golenali soprattutto in destra idrografica sono state in passato caratterizzate dall'attività estrattiva con presenza di laghi di cava a quote differenti rispetto al piano campagna.

Tronco 02 dal ponte della SP 139 Vigone-Villafranca Piemonte a Ruata Pellice

Tendenza dell'alveo ad assumere la forma monocursale meandriforme; l'alveo diventa maggiormente inciso rispetto alla piana golenale, con altezza di sponda di circa 7 –8 m. L'erosione di fondo a valle della soglia del ponte, tutt'ora in atto, può a breve termine mettere in pericolo la stabilità della stessa e delle opere di sponda connesse, con rischio per la sicurezza del manufatto stradale. Le tendenze alla divagazione planimetrica sono contenute dalle difese spondali esistenti. Analizzando la fascia di divagazione storica degli ultimi 120 anni si riconoscono nelle aree golenali, sia in sinistra che in destra idrografica, forme relitte di paleoalvei adiacenti alle sponde incise attuali.

Tronco 01 da Ruata Pellice alla confluenza del fiume Po

Alveotipo meandriforme con tendenza all'incisione del fondo moderata. Le anse dei meandri presentano un raggio medio di curvatura di circa 100 – 150 m. Si riconoscono paleoalvei nelle aree golenali che si intrecciano nella zona di confluenza con le forme relitte del fiume Po. Il corso d'acqua si presenta incassato rispetto al terrazzo laterale di circa 8 m, con una tendenza all'erosione di fondo e spondale che si accentua durante gli eventi di piena.

10.2 Torrente Chisone

Tronco 04 da Miradolo a loc. La Scozia

Alveotipo monocursale alpino, subrettilineo con pendenza media dell'1,1% e larghezza a bordi pieni di circa 100 m. L'alveo è fortemente condizionato dalle numerose infrastrutture di attraversamento (da monte verso valle: SP 164 di Miradolo; ponte misto stradale, SP 161, e ferroviario Bricherasio-Pinerolo; SP 589) e dalle opere idrauliche longitudinali pressoché continue su entrambe le sponde. Le barre deposizionali sono limitate e quasi tutte ricoperte da vegetazione arbustiva ed arborea. Le aree adiacenti sono occupate da insediamenti urbani e da attività agricola nelle zone libere da infrastrutture. L'alveo nei tratti non difesi tende a divagare ed a manifestare fenomeni di erosione di sponda accentuati, come si è verificato durante l'evento alluvionale del 2000, che ha coinvolto il tratto della tangenziale di Pinerolo.

Tronco 03 da loc. La Scozia a C.na Rovina

Alveotipo monocursale alpino, con pendenza media dell'1% e larghezza a piene rive maggiore rispetto al tronco precedente, che raggiunge un valore medio di circa 300 m. Evidenti i fenomeni in atto di incisione del fondo.

L'assetto morfologico attuale è fortemente influenzato da interventi recenti di movimentazione e asportazione di materiale; ulteriore condizionamento è

rappresentato dalle piste di cantiere a servizio dell'attività estrattiva lungo le sponde. Le barre deposizionali presenti risultano quindi in gran parte ablate senza vegetazione. Si registrano fenomeni di erosione lungo la sponda sinistra a monte del galoppatoio; la divagazione planimetrica attuale è coincidente con quella storica e non si notano forme relitte di riattivazione.

Tronco 02 da C.na Rovina a Castellazzo

Alveotipo monocursale alpino, con tendenza elevata all'incisione di fondo e pendenza media dello 0,8%. La divagazione planimetrica è fortemente limitata dalla presenza diffusa di opere di difesa spondale. A monte del ponte della SP 158 si registra un fenomeno di erosione di sponda in sinistra idrografica, che si è accentuato durante l'ultimo evento alluvionale del 2008. Come nel tronco di monte, sono evidenti le modifiche morfologiche nell'alveo attivo dovute ad interventi di sistemazione e di asportazione di sedimenti; non sono presenti barre deposizionali vegetate.

Tronco 01 da Castellazzo a confluenza T. Pellice

Alveotipo monocursale con tendenza alla pluricursalità nella parte medio-terminale del tronco. La pendenza media si riduce allo 0,5%, con l'alveo attivo che tende ad occupare una larghezza di circa 300 m. La divagazione planimetrica è più accentuata rispetto al tronco di monte, anche se è sempre limitata dalla presenza di opere spondali, soprattutto in sinistra idrografica. Alcuni fenomeni di erosione accentuata di sponda hanno creato lunate di erosione che possono progredire nel breve periodo ed aggirare le difese esistenti. Consistenti i condizionamenti dell'assetto morfologico dovuti a guadi, piste di cantiere e opere di sponda.

Alla confluenza con il torrente Pellice, è attivo un canale secondario lungo la sponda destra per una lunghezza di circa 600 m. Nelle condizioni di deflusso ordinarie, è significativa l'influenza del guado della strada comunale per Zucchea, sul Pellice immediatamente a valle, che limita la capacità di trasporto della corrente.

11 Integrazione di indagine a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2008

Le indagini sull'assetto morfologico e idraulico dei due corsi d'acqua oggetto del PGS sono state condotte nei primi mesi del 2008 e hanno dato luogo alle elaborazioni che sono descritte nei punti precedenti e che sono riportate in dettaglio sulla documentazione descrittiva relativa a ciascuno dei tronchi omogenei indagati.

Sulla base delle analisi effettuate, sono state identificate le criticità presenti in ordine ai fenomeni connessi all'evoluzione morfologica dell'alveo e alla funzionalità delle opere di difesa idraulica, propedeutiche all'individuazione degli interventi da attuare con il Programma.

L'insieme delle valutazioni fa quindi riferimento all'assetto dei due corsi d'acqua quale risultante dalla documentazione conoscitiva disponibile, riferita alle condizioni in atto e a quelle pregresse; nello specifico, i sopralluoghi diretti sui corsi d'acqua, orientati principalmente al riscontro locale dei fenomeni di instabilità dell'alveo (erosioni di sponda, abbassamento di fondo) e allo stato delle opere idrauliche, si sono svolti nei mesi di marzo e aprile 2008.

L'evento alluvionale del 28-30 maggio 2008 è intervenuto nel corso della stesura finale del presente Programma; è parso pertanto necessario integrare le indagini e le analisi con gli elementi derivanti dalla constatazione dei fenomeni che si sono manifestati nel corso della piena. A questo scopo sono state svolte le seguenti indagini:

- sopralluoghi in corso di piena, unitamente al personale tecnico di AIPO, nei punti particolarmente significativi dei due corsi d'acqua indagati;
- ricognizione speditiva sulle due aste, mediante volo con elicottero in data 01-07-2008;
- sopralluoghi a terra nel periodo successivo alla piena, per la constatazione a livello di maggiore dettaglio degli effetti dovuti all'evento; l'attenzione è stata concentrata in particolare sui fenomeni connessi alla dinamica del materiale d'alveo in corso di piena (erosioni di sponda e/o di fondo) e sulle sollecitazioni che hanno interessato le opere idrauliche di difesa.

Il confronto tra le condizioni dei corsi d'acqua rilevate direttamente prima e dopo l'evento di piena ha senza dubbio aggiunto elementi sostanziali nella comprensione delle condizioni di assetto in atto e delle relative tendenze evolutive.

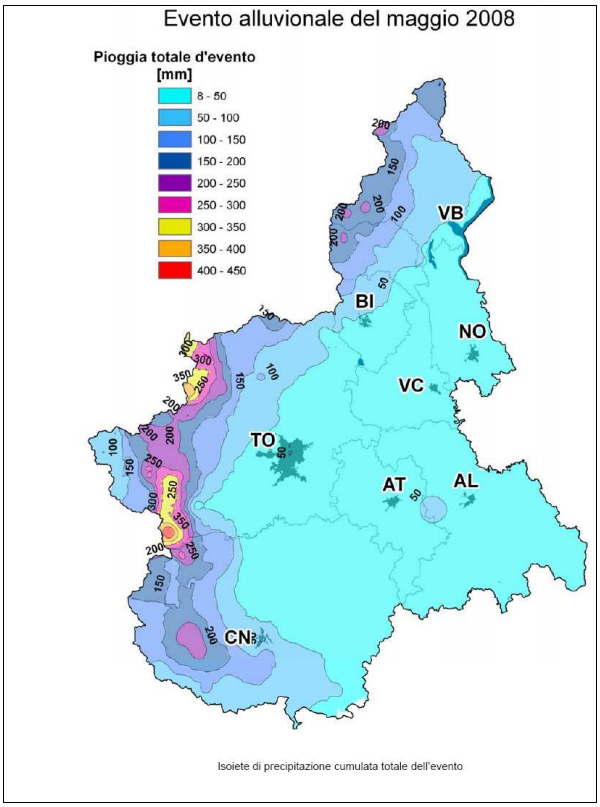
11.1 Caratteristiche idrologiche della piena del 28-30 maggio 2008

Ai fini di un'adeguata contestualizzazione dei fenomeni riscontrati in corso di piena e successivamente all'evento, è utile un sintetico inquadramento delle caratteristiche idrologiche dell'evento di piena che si è manifestato, che danno modo di valutare il livello di gravosità a cui devono essere commisurati i fenomeni stessi.

Le informazioni di seguito riportate sono tratte dal "*Rapporto preliminare sull'evento alluvionale del 28-30 maggio 2008*" di Arpa-Piemonte, 4.07.2008.

Sotto l'aspetto pluviometrico, l'evento ha avuto una prima fase, relativa alla giornata del 27 maggio, caratterizzata da piogge localmente forti nei bacini del Chisone e del Pellice (52,8 mm a Colle Barant, Bobbio Pellice); la giornata successiva è stata di pausa, fino alla sera del giorno 28 in cui è iniziata la seconda fase, culminata il 29, con pioggia giornaliera che raggiunge i valori più elevati dell'evento (312,2 mm a Colle Barant Bobbio Pellice). Infine, il giorno 30 si hanno precipitazioni residue che vanno ad esaurirsi nel corso della giornata.

Per tutta la durata dell'evento, la quota neve è sempre stata prossima a 3000 m s.m. e pertanto la maggior parte delle precipitazioni in fase liquida ha costituito un'aggravante al fenomeno. Complessivamente, nel corso dell'evento in val Pellice a Colle Barant (Bobbio Pellice) sono caduti 425,8 mm e a Massello in Val Germanasca 336,8 mm.



Le massime altezze di precipitazione relative all'evento per le differenti durate permettono una prima caratterizzazione dell'evento a scala di singola stazione di misura tramite il confronto con quelle relative alle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica utilizzate nel sistema di allerta regionale.

ZONA	STAZIONE – Comune	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Alta Val Susa Pellice Po	COLLE BARANT – BOBBIO PELLICE	36.8	75.4	127.6	222.8	325.0
	MASSELLO – MASSELLO	38.0	86.0	125.6	194.8	212.8
	PRALY – PRALI	37.8	63.8	93.8	156.0	231.4
	BOBBIO PELLICE – BOBBIO PELLICE	50.6	88.2	100.6	167.4	181.6
	PIAN GIASSET – CRISSOLO	31.4	51.0	78.0	136.2	200.4
	CLOT DELLA SOMA - PRAGELATO	17.6	38.4	61.0	109.4	156.2
	PRAGELATO – TRAMPOLINO	19.4	45.4	70.6	116.2	145.4
	CRISSOLO – CRISSOLO	20.8	40.8	53.8	94.4	159.0
	VAL CLAREA – GIAGLIONE	26.2	45.6	74.2	121.6	137.6
	PRA' CATINAT – FENESTRELLE	20.8	31.2	54.8	73.8	101.8
	PRAGELATO – PRAGELATO	15.0	35.4	51.6	87.6	114.6
	FINIERE – CHIOMONTE	20.4	34.6	61.8	99.0	121.2
	LE SELLE – SALBERTRAND	17.6	31.2	52.0	79.6	106.6
	PERRERO GERMANASCA – PERRERO	29.2	44.8	71.8	94.2	104.8
	SALBERTRAND – SALBERTRAND	15.8	30.4	43.6	80.0	120.0
	SESTRIERE BANCHETTA – SESTRIERE	11.8	31.4	47.8	72.8	114.2
	PAESANA – PAESANA	28.4	41.0	68.0	88.2	127.4

I tempi di ritorno stimati relativi alla precipitazione registrata, per durate inferiori alle 24 ore, danno valori superiori ai 100 anni nella parte alta del Pellice. A livello areale invece, sulla base delle misurazioni del radar meteorologico, risulta sulla zona di D di allertamento regionale, costituita dai bacini montani di delle valli Susa, Chisone, Pellice e Po, le intensità medie areali di precipitazione piogge registrano tempi di ritorno compresi tra i 10 e 20 anni per le durate di 12 e 24 ore.

ZONA	STAZIONE – Comune	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Alta Val Susa Pellice Po	COLLE BARANT – BOBBIO PELLICE	>100	>100	>100	>100	>100
	MASSELLC – MASSELLO	>100	>100	>100	>100	>100
	PRALY – PRALI	>100	>100	>100	>100	>100
	BOBBIO PELLICE	>100	>100	>100	>100	50-100
	PIAN GIASSET – CRISSOLO	10-20	10-20	10-20	50-100	50-100
	CLOT DELLA SOMA – PRAGELATO	5-10	10-20	20-50	>100	50-100
	PRAGELATO – TRAMPOLINO	5-10	20-50	50-100	>100	50-100
	CRISSOLO – CRISSOLO	<5	<5	<5	5-10	10-20
	VAL CLAREA – GIAGLIONE	20-50	20-50	>100	>100	50-100
	PRA' CATINAT – FENESTRELLE	5-10	<5	5-10	5-10	5-10
	PRAGELATO – PRAGELATO	<5	5-10	5-10	20-50	10-20
	FINIERE – CHIOMONTE	5-10	5-10	20-50	50-100	20-50
	LE SELLE – SALBERTRAND	5-10	5-10	10-20	10-20	10-20
	PERRERO GERMANASCA – PERRERO	10-20	10-20	20-50	20-50	5-10
	SALBERTRAND – SALBERTRAND	<5	5-10	5-10	20-50	20-50
	SESTRIERE BANCHETTA – SESTRIERE	<5	5-10	5-10	5-10	10-20
	PAESANA – PAESANA	5-10	<5	5-10	5-10	5-10

Questi dati evidenziano come la principale caratteristica dell'evento è quella di precipitazioni localmente molto intense e persistenti ma che non hanno avuto un carattere diffuso, contrariamente a quanto solitamente accade nel corso di eventi pluviometrici di lunga durata.

Sotto l'aspetto delle portate, i colmi si sono registrati nella mattina del 29, con la stazione di S. Martino (TO) sul Chisone, che ha raggiunto l'altezza idrometrica di 3,38 m a cui corrisponde una portata di circa 650 m^3/s, e quella di Villafranca (TO) sul Pellice, con 3,82 m e portata di circa 1100 m^3/s. La successiva intensificazione delle piogge ha provocato ulteriori significative piene dalla serata del 29 fino alla prima mattina del 30 coinvolgendo ancora il Chisone.

Alle *portate corrispondenti ai colmi di piena sono stati attribuiti tempi di ritorno rispettivamente pari a 30 anni, per il Chisone a San Martino, e a 20 anni per il Pellice a Villafranca*, sulla base dei valori della Direttiva "Piena di Progetto" emessa dall'Autorità di Bacino nell'ambito del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Si nota che i livelli raggiunti nell'evento sono inferiori a quelli dell'alluvione dell'ottobre 2000 (Chisone a S. Martino, 4,05 m nel 2000 rispetto a 3,38 m della piena attuale).

Anche il confronto delle portate al colmo dell'evento con i dati storici mostra una similitudine con la piena del giugno 1957 (Chisone a S. Martino, portata al colmo 346 m^3/s nel 1957 - piena primaverile -, 700 m^3/s nel 1977 - ancora piena primaverile -, e 980 m^3/s nel 2000, piena autunnale).

11.2 Quadro generale dei processi e degli effetti sull'alveo

In relazione alle stime idrologiche riprese al punto precedente, risulta che la piena in oggetto è stata di gravosità contenuta, leggermente maggiore per il Chisone rispetto al Pellice, corrispondente complessivamente a un tempo di ritorno compreso tra 20 e 30 anni.

Gli effetti riscontati sui due alvei sono quelli tipici attesi stante le condizioni di assetto dei corsi d'acqua prima descritti:

- occupazione dell'alveo inciso da parte dei deflussi per l'intera estensione dei due corsi d'acqua (ad eccezione del tratto del Pellice di confluenza in Po);
- fenomeni erosivi intensi a scapito delle sponde e, in molti casi, delle difese esistenti;
- rimodellamenti nelle aree ancora di pertinenza, con riattivazione di alcuni canali inattivi, anche se parzialmente occlusi o rimodellati da interventi antropici;
- alcune depressioni sui piani golenali, riferibili ad alvei abbandonati, sono state interessate da flussi idrici provenienti in gran parte dal reticolo secondario.

Si conferma quindi in generale la tendenza diffusa all'erosione dei due corsi d'acqua riscontrata nel corso delle indagini precedenti in corrispondenza di quelle opere infrastrutturali fisse nel tempo (ponti, soglie, difese spondali, etc.) assimilabili a punti di riferimento, oltre a diverse altre criticità di carattere generale e particolare.

Oltre alle evidenze dei fenomeni erosivi in atto, va tenuta presente la notevole estensione delle opere di difesa di sponda presenti sui due corsi d'acqua, pur se con densità differenziate localmente sui diversi tronchi. Le tipologie presenti variano dalle gabbionate poste in opera dopo l'evento di piena del 1962, alle opere a scogliera in massi ofiolitici realizzate dopo quello del 1977, a quelle più recenti sempre in massi di cava dopo la piena dell'ottobre 2000.

Le opere meno recenti risultano scalzate in misura molto rilevante, in numerosi tratti fin oltre i 3 m al di sotto del piede di fondazione, per effetto dei fenomeni di abbassamento generalizzato del fondo alveo già descritti, ascrivibili a interventi di disalveo attuati per quantitativi di gran lunga superiore al bilancio del trasporto solido dei due corsi d'acqua; non sono quindi più in condizioni di svolgere le funzioni originali.

Occorre infine tenere presente le consistenti e diffuse modificazioni degli alvei, riscontrate prima dell'evento di piena, a causa di opere "temporanee" prevalentemente a servizio delle attività di cava che si svolgono negli ambiti golenali: le piste di cantiere, i guadi, le savanelle di indirizzamento della corrente.

Nel seguito vengono presentate, accorpate per corso d'acqua e per tratti omogenei, le criticità riscontrate con riferimento specifico agli effetti legati all'ultimo evento alluvionale.

11.3 Torrente Pellice

Tronco 1

L'alveo attivo si presenta profondamente inciso con un dislivello tra piano campagna e fondo alveo dell'ordine di 7-8 m (Figura 50); i fenomeni di erosione spondale e di fondo alveo risultano particolarmente evidenti.

Figura 50 Tronco 1: fenomeno accentuato di incisione ed erosione spondale

Le sponde sono protette da scogliere in massi di cava per poco più del 10% del loro sviluppo longitudinale; sulla base delle caratteristiche riscontrate si ritiene che gran parte di esse siano state realizzate dopo l'evento alluvionale del 1977; generalmente si presentano dissestate al piede, a testimonianza del progressivo fenomeno di abbassamento del fondo alveo (Figura 51).

Figura 51 Tronco 1: opere di difesa spondale in massi di cava realizzate a seguito dell'evento alluvionale del 1977

Nel tronco, in prossimità della loc. Barberi (sez. 13) sono presenti una pista di cantiere e un guado (Figura 52), a servizio di un impianto per la vagliatura di materiale litoide in destra idrografica all'interno della fascia B del PAI.

Figura 52 Tronco 1: guado tracimabile transitorio realizzato a servizio di un impianto di vagliatura

Figura 53 Tronco 1: parziale asportazione del guado

L'evento alluvionale ha determinato l'asportazione delle due opere "provvisorie" indicate (Figura 53), che sono state subito ripristinate (Figura 54); sono visibili sulla destra degli accumuli del materiale litoide movimentato e, sullo sfondo, è possibile riscontrare gli effetti indotti da un accentuato fenomeno di erosione spondale in sinistra idrografica su una difesa esistente, quasi del tutto aggirata.

Si evidenzia inoltre come le piste di cantiere e il guado, in relazione anche al grado di compattazione dei rilevati, abbiano influenzato il deflusso in piena, determinando un notevole effetto di indirizzamento della corrente.

In corrispondenza della confluenza con il fiume Po, dove la pendenza motrice si riduce notevolmente, si sono manifestati modesti depositi di sedimenti fini nelle aree golenali allagate (Figura 55).

Figura 54 Tronco 1: intervento di ripristino del guado asportato

Figura 55 Tronco 1: torrente Pellice in corrispondenza della confluenza in Po, depositi di materiale fine e le tracce d'allagamento dei piani golenali

Tronco 2

Il tronco ha caratteristiche geomorfologiche simili a quello di valle, precedentemente descritto; la presenza di difese spondali risulta maggiore ed è quantificabile in circa il 30% dello sviluppo longitudinale delle due sponde.

Le opere risultano in condizioni di efficienza relativamente bassa, a causa delle motivazioni già indicate, connesse all'abbassamento dell'alveo. Ulteriore elemento di criticità è rappresentato dal perdurare di operazioni di estrazione di inerti in alveo, realizzate in corrispondenza di punti in cui la corrente tende a depositare il materiale trasportato. Ciò risulta evidente in Figura 56 dove si può notare l'ablazione subita dalla barra di deposito in primo piano e l'accumulo di materiale sullo sfondo a destra.

Figura 56 Tronco 2: ablazione da zone naturali di deposito (precedente alla piena)

Un punto di elevata criticità si riscontra in corrispondenza dell'attraversamento viario della SP 139, che collega Villafranca Piemonte a Vigone. La soglia di protezione delle fondazioni delle pile del ponte è interessata da un consistente fenomeno di erosione del paramento di valle, pari a circa 3,90 m, misurati rispetto al fondo alveo attuale (prima dell'evento di piena). Inoltre, sono stati riscontrati fenomeni di filtrazione al di sotto della soglia stessa che potrebbero innescare fenomeni di sifonamento in corso di piena.

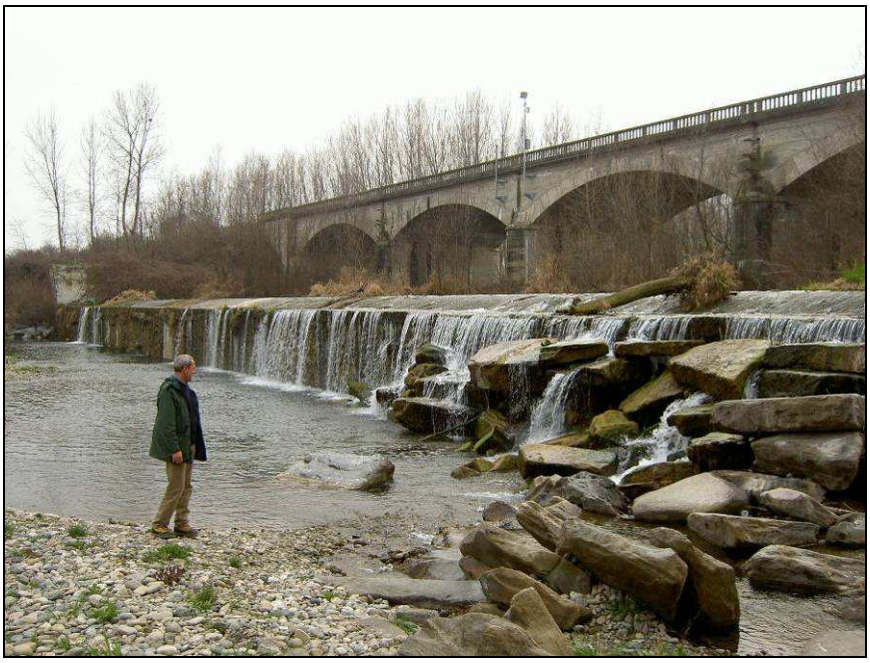


Figura 57 Tronco 2: soglia a valle del ponte della provinciale n°139 "Villafranca – Vigone"

Occorre osservare che la soglia fu realizzata per contrastare l'abbassamento dell'alveo in corrispondenza pile del ponte, il cui il limite superiore del plinto di fondazione è posto a circa 1,30 m al di sopra dell'attuale pelo libero di magra (Figura 58).

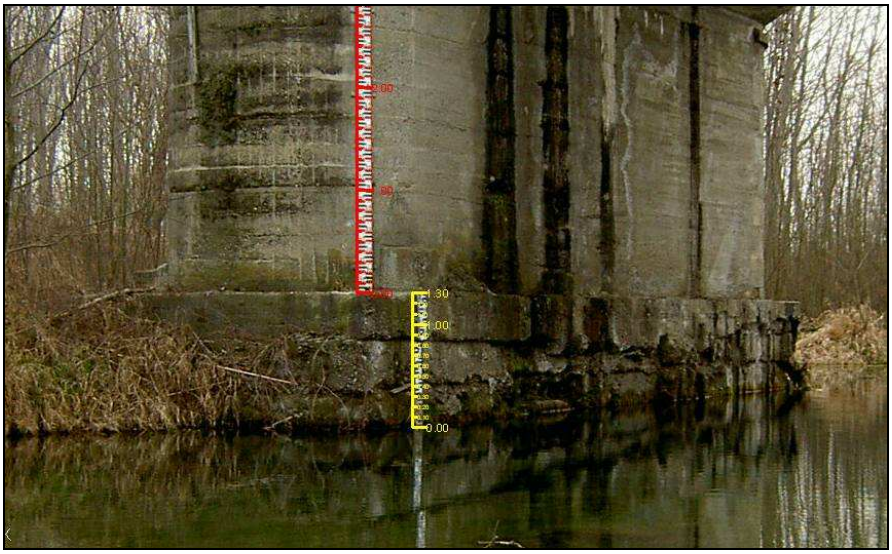


Figura 58 Tronco 2: pila parzialmente scalzata del ponte della provinciale n°139 "Villafranca – Vigone"

Durante l'evento di piena, la sezione in corrispondenza della soglia è stata completamente occupata dal deflusso (Figura 59); le successive verifiche puntuali

effettuate dopo evento hanno consentito di constatare il perdurare della situazione di criticità denunciata, senza per altro che la piena abbia provocato visibili accelerazioni dei fenomeni di dissesto in atto (Figura 60 e Figura 61).

Figura 59 Tronco 2: fenomeno di risalto idraulico in corrispondenza della soglia a valle del ponte durante l'evento del maggio 2008

Figura 60 Tronco 2: ripresa aerea della soglia dopo l'evento di piena

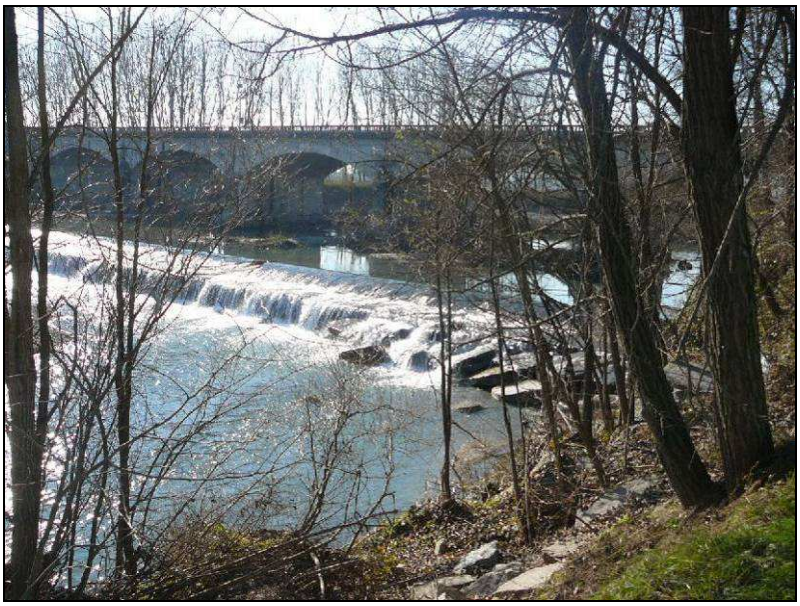


Figura 61 Tronco 2: condizione della soglia dopo l'evento di piena

Tronco 3

L'alveo risulta meno inciso rispetto ai tronchi di valle e assume una maggiore tendenza alla divagazione planimetrica.

L'estensione delle difese presenti diventa consistente, pari a circa 4,5 km su una lunghezza delle sponde di 10,7 km. Inoltre, il confronto tra riprese aeree realizzate ante alluvione 2000 e quelle recenti (2006) evidenzia fenomeni consistenti di erosione spondale (Figura 62).

(a)

(b)

Figura 62 Tronco 3, loc. Airaudi: erosione spondale a seguito dell'alluvione 2000: confronto tra riprese aeree realizzate prima della piena del 2000 (a) e nel 2006 (b)

In particolare, la ricostruzione del fenomeno di erosione del 2000 in prossimità della loc. Airaudi indica che abbia interessato circa 10 ha, con un approfondimento medio di circa 3 m, che corrisponde a un volume di materiale solido asportato di circa 300.000 m^3. L'evento del maggio 2008 ha determinato l'ulteriore evoluzione del fenomeno erosivo, nella direzione dell'abitato di Airaudi. A seguito dell'evento, AIPO ha realizzato in somma urgenza una difesa spondale, integrata con 3 pennelli, a protezione della sponda e del retrostante argine che difende l'abitato.

Figura 63 Tronco 3: lavori di somma urgenza in loc. Airaudi

Figura 64 Tronco 3: pennello a protezione della sponda in loc. Airaudi

Infine, a partire da questo tronco diventano consistenti i condizionamenti dell'alveo derivanti dalle opere a servizio delle cave di inerti realizzate nelle aree adiacenti, costituite soprattutto da piste di cantiere, della lunghezza di diversi chilometri all'interno dell'alveo attivo (Figura 65).

Da un punto di vista teorico tali opere dovrebbero determinare un impatto minimo, anche in considerazione della consistente riduzione di traffico veicolare sulla rete stradale locale ed all'ipotizzata temporaneità dell'intervento. Tuttavia, i sopralluoghi hanno evidenziato come non sempre le piste realizzate vengano dismesse a seguito dell'ultimazione dei lavori. Ulteriore elemento di criticità è rappresentato dall'effetto che tali opere, molto compattate dal passaggio dei mezzi di cantiere, possono generare in caso di piena sulla corrente in termini di indirizzamento e di riduzione della sezione utile al deflusso, come in effetti si è riscontrato durante l'evento del maggio 2008.

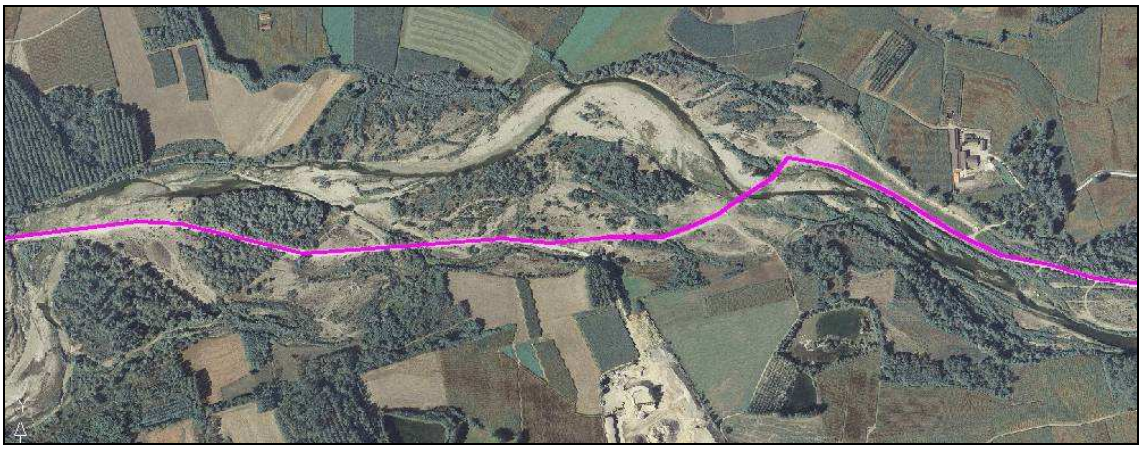


Figura 65 Tronco 3: piste di cantiere in alveo attivo (in viola)

Figura 66 Tronco 3: vista della pista di cantiere in alveo (si noti la compattazione del materiale)

Figura 67 Tronco 3: effetti dell'evento alluvionale sulla pista di cantiere (in rosso)

Tronco 4

Il tronco è posto immediatamente a valle della confluenza con il t. Chisone e conferma l'esistenza di tutte le criticità fin qui riscontrate: tendenza all'erosione in termini di incisione e divagazione planimetrica, consistenti interventi di modificazione dell'alveo

(piste, savanelle, etc.). Inoltre, l'entità del condizionamento dell'alveo dovuto alle difese spondali si accresce ulteriormente (45% dello sviluppo totale delle sponde).

Il guado di Zucchea costituisce una criticità localizzata; esso infatti può determinare un eccessivo innalzamento dei livelli idrici in caso di piena, non soltanto per la riduzione della sezione utile al deflusso determinata dalla struttura, ma anche per l'effetto di ostruzione delle luci generato dal materiale flottante.

Figura 68 Tronco 4: guado in loc. Zucchea (vista da valle)

Tale è analisi è stata confermata dalla dinamica sviluppatasi durante l'evento alluvionale del maggio 2008, quando la quasi completa ostruzione delle luci ha determinato il sormonto dell'opera (Figura 69), ora prontamente ripristinata.

Figura 69 Tronco 4: guado in loc. Zucchea in corso d'evento (maggio 2008)

Figura 70 Tronco 4: guado in loc. Zucchea ripristinato dopo l'evento di piena (intervento evidenziato dalla diversa gradazione cromatica della pavimentazione)

Tronco 5

Il tronco si sviluppa dalla confluenza con il torrente Chisone verso monte per circa 3,5 km e presenta molteplici elementi di criticità.

Innanzitutto, desta particolare attenzione l'attuale configurazione assunta dalla confluenza tra i due corsi d'acqua a causa dell'opera di difesa in destra idrografica, che

indirizza la corrente del Pellice verso la sponda opposta causando estesi fenomeni erosivi (Figura 71).

Figura 71 Tronco 5: confluenza dei torrenti Pellice e Chisone: effetti di indirizzamento della corrente determinato dalla difesa in destra (in rosso)

Inoltre, i già citati fenomeni di incisione del fondo alveo determinano lo scalzamento al piede delle difese spondali (Figura 72), la cui età è stimata inferiore al trentennio.

Figura 72 Tronco 5: scalzamento al piede di difese spondali dovuto all'abbassamento del fondo alveo

Anche la tendenza all'erosione di sponda è particolarmente elevata; si veda ad esempio il tratto in destra idrografica circa un chilometro a monte dalla confluenza, dove nel corso della piena del 2000 l'erosione di sponda ha asportato un volume di materiale di circa 56.000 m^3 (Figura 73).

(a)

(b)

Figura 73 Tronco 5: erosione spondale nel corso della piena del 2000: confronto tra riprese aeree prima dell'evento (a) e nel 2006; nell'immagine del 2006 si può osservare la savanella in alveo

Figura 74 Tronco 5: pennello scalzato al piede, con alle spalle la sponda erosa nel corso dell'evento alluvionale del 2000

L'evoluzione temporale del fenomeno di abbassamento del fondo alveo è testimoniata indirettamente dal sistema di adduzione e derivazione presente poco più di un chilometro a SSE di Garzigliana. Le fotografie aeree ed i sopralluoghi evidenziano la realizzazione, già prima dell'alluvione del 2000, di una deviazione del "colatore" verso

monte, in modo tale da compensare la perdita di livello idrico dovuta all'abbassamento del fondo alveo, che non consente più la derivazione nella posizione originaria (Figura 75).

Figura 75 Tronco 5: opere di adduzione e derivazione antecedenti all'evento alluvionale del 2000

La piena del 2000 ha reso insufficiente tale soluzione obbligando a dismettere del tutto la derivazione originaria, a favore di un'opera parzialmente intubata realizzata ex-novo circa 250 m a monte di quella esistente (Figura 76).

Figura 76 Tronco 5: opere di adduzione e derivazione su fotografia aerea del 2006

Tronco 6

Nel tronco, il ponte della ex SS 589 tra Garzigliana e Cavour è interessato da un pronunciato scalzamento della spalla destra, che interessa anche le difese di poste a monte e a valle (Figura 77).

Figura 77 Tronco 6: spalla destra del ponte della ex SS 589 tra Garzigliana e Cavour

L'entità del processo erosivo è stata tale da scoprire i pali di fondazione in legno di una precedente opera di attraversamento e i pali di grosso diametro dell'opera esistente.

Figura 78 Tronco 6: asportazione delle opere di sponda a valle della spalla destra del ponte della SS 589 in corso di piena (maggio 2008)

La piena del maggio 2008 ha causato la completa asportazione delle opere di difesa spondale di valle in destra e lo svuotamento della spalla del ponte (Figura 78).

A monte del ponte vi è inoltre una protezione di una condotta ora dismessa, che attraversava in sifone l'alveo in direzione obliqua; l'opera, scoperta dall'abbassamento del fondo, provoca un indirizzamento anomalo della corrente nella direzione della spalla del ponte della SS 589 (Figura 79). nella stessa figura si vedono i danni provocati alle opere di difesa del Santuario di Monte Bruno.

Figura 79 Tronco 6: sifone subalveo a monte del ponte della SS 589

Altra conferma dei fenomeni erosivi in atto deriva dall'emersione di strati litologici alterati molto antichi (Figura 80), che in condizioni di magra si rinvengono a partire dai 10 m di profondità dal piano campagna.

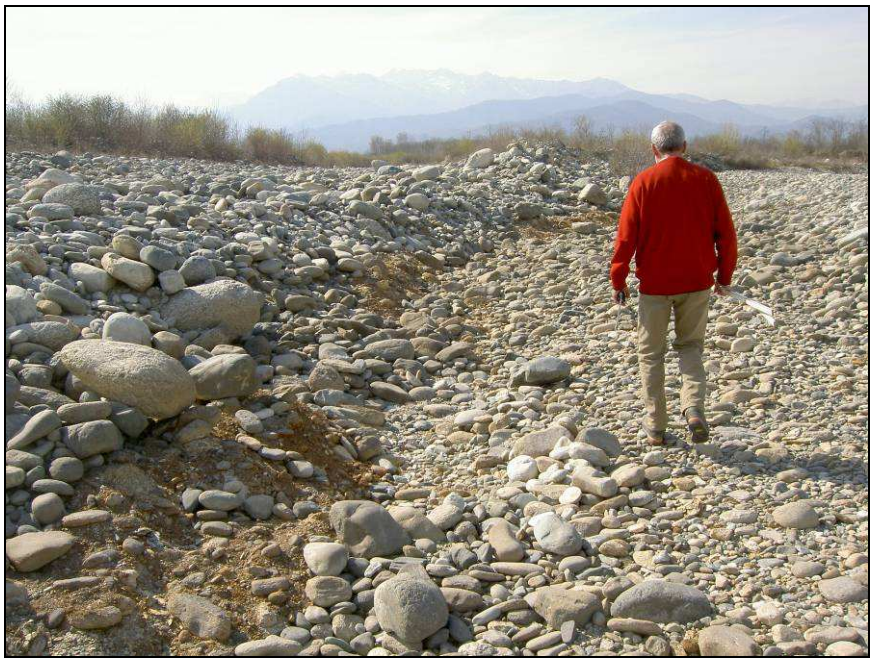


Figura 80 Tronco 6: emersione di strati geologici antichi distinti dal colore rossiccio

Tronco 7

Il tronco presenta condizioni simili a quelle dei precedenti; nel corso del sopralluogo è stato possibile osservare un fenomeno di corazzamento del fondo alveo (Figura 81); la dimensione del materiale, in rapporto al diametro massimo mobilitabile dalla corrente in piena, è tale va fare considerare che la condizione di fondo corazzato si mantenga solamente per stati idrologici di morbida.

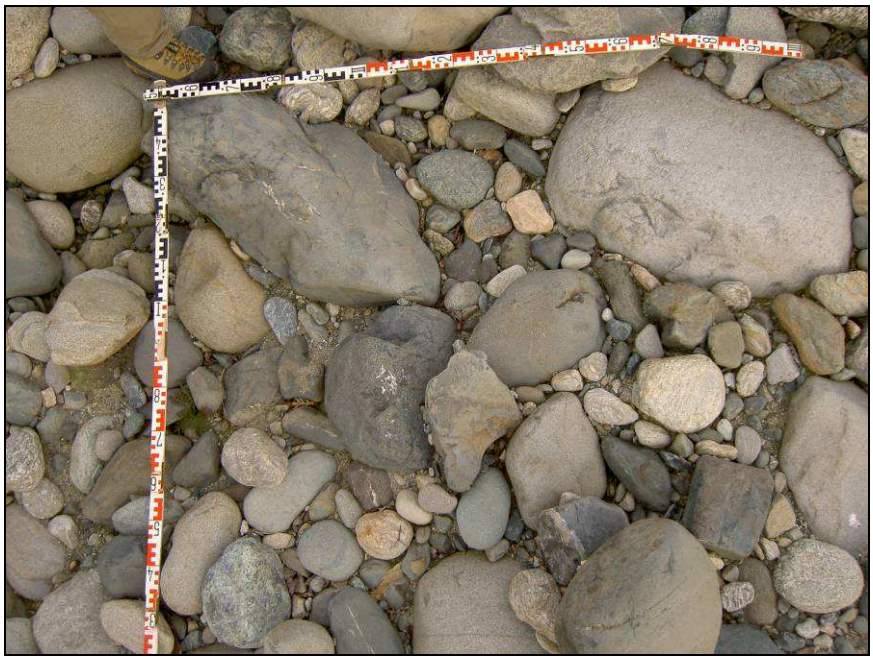


Figura 81 Tronco 7: fenomeno di corazzamento del fondo alveo (il riquadro individuato dalla stadia ha lato pari a 1,5 m)

Nel tronco è ubicato il ponte della linea ferroviaria dismessa "Bricherasio – Barge", che risulta, all'esame superficiale, in condizioni di buona efficienza. Si reputa tuttavia necessario un monitoraggio dello stesso, soprattutto durante eventi di piena, in ragione del numero delle pile in alveo e delle possibili sollecitazioni della corrente. (Figura 82).

Figura 82 Tronco 7: ponte della linea ferroviaria dismessa "Bricherasio – Barge"

Figura 83 Tronco 7: il ponte della linea ferroviaria dismessa "Bricherasio – Barge"durante l'evento alluvionale del maggio 2008

Nel corso della piena del maggio 2008 non si sono manifestati fenomeni critici, anche in ragione della modesta entità dell'evento; in occasione di precedenti eventi si è infatti verificato l'allagamento del terrazzo alluvionale in sponda sinistra a monte del ponte, che ha interessato i due fornici del rilevato ferroviario e gli insediamenti a valle del ponte.

Tronco 8

Il tronco è interessato da maggiore vegetazione in alveo e sulle sponde rispetto ai tronchi di valle (in ragione anche della presenza di deflussi di magra) (Figura 84).

Si hanno alcune evidenze di abbassamento del fondo alveo, anche se in misura sicuramente meno accentuata rispetto a valle; il ponte di Bibiana (SP 157), infatti, mostra i primi effetti di scalzamento al piede in corrispondenza della pila destra (Figura 85). In occasione dell'evento alluvionale del maggio 2008, il ponte non sembra aver mostrato particolari problematiche, in quanto la sezione di deflusso è stata ampiamente sufficiente a smaltire la portata di piena.

Figura 84 Tronco 8: vegetazione riparia e in alveo

Figura 85 Tronco 8: pila destra del ponte di Bibiana (SP 157)

Figura 86 Tronco 8: opera arginale a protezione di Fenile realizzata da AIPO

Alcuni dissesti si sono invece manifestati in corrispondenza del Comune di Campiglione Fenile, dove è stato danneggiato un argine posto a protezione dell'abitato. Anche in questo caso l'argine è stato oggetto di un intervento di somma urgenza da parte di AIPO per il ripristino, integrato da quattro pennelli di protezione dell'opera (Figura 86).

11.4 Torrente Chisone

Tronco 1

L'alveo inciso è interessato dalla realizzazione di savanelle che condizionano il naturale deflusso in magra per quasi l'intera lunghezza del tronco (Figura 87); tali strutture sono state completamente asportate nel corso della piena del 2008.

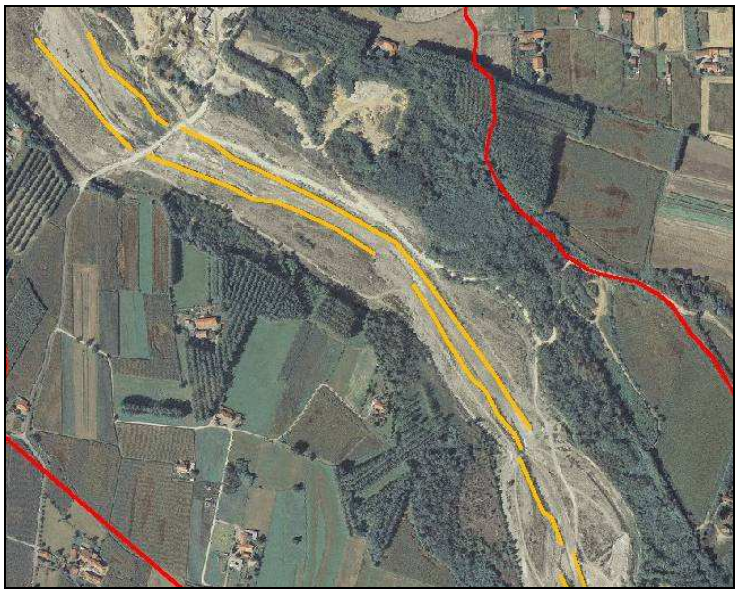


Figura 87 Tronco 1: savanelle in alveo (in giallo); condizione antecedente alla piena del maggio 2008

Figura 88 Tronco 1: assenza di deflusso nell'alveo di magra sistemato mediante savanelle

Il tronco mostra condizioni di assetto analoghe a quelle del Pellice, rappresentate da diffusi fenomeni erosivi, oltre all'assenza di deflussi di magra che contribuiscono al deterioramento della qualità ambientale del sistema (Figura 88).

In alveo sono inoltre presenti estesi tratti di piste, per una lunghezza complessiva di quasi 4 km, ed un guado per il quale valgono le stesse considerazioni di criticità già individuate precedentemente per situazioni analoghe.

Anche gli effetti riscontrati a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2008 sono analoghi, rappresentati da erosioni di sponda diffuse che in alcuni tratti hanno interessato le difese di sponda.

Tronco 2

Il tronco mostra in maniera evidente le recenti trasformazioni dovute ad interventi in alveo che hanno coinvolto il materiale alluvionale; a partire da circa 650 m a monte del ponte della SP 158 tra Macello e Garzigliana, di recente realizzazione, e per una estensione considerevole è stato realizzato un intervento di disalveo che ha comportato anche un abbassamento delle quote di fondo alveo per valori medi stimabili in almeno 1,5 m (Figura 89).

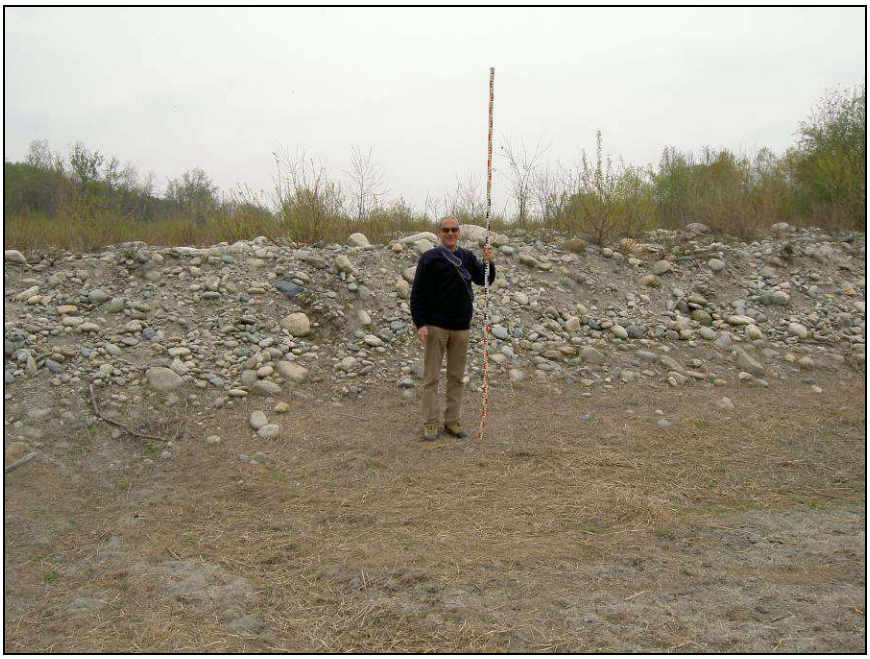


Figura 89 Tronco 2: dislivello tra fondo alveo naturale e risagomato (vista verso valle)

Nel corso dell'evento del maggio 2008 il nuovo ponte della SP 158 non ha mostrato particolari criticità legate al deflusso (Figura 90); a monte del ponte le difese spondali in destra e sinistra, realizzate mediante la sovrapposizione di alcuni ordini di gabbionate, sono state scalzate in alcuni tratti (Figura 91).

Figura 90 Tronco 2: ponte della SP 158 tra Garzigliana e Macello durante l'evento alluvionale del maggio 2008

Figura 91 Tronco 2: difese spondali danneggiate in sinistra a monte del ponte della SP 158

Tronco 3

L'alveo ha morfologia fortemente condizionata, oltre che dalle opere di difesa, dagli interventi di movimentazione/asportazione dei depositi alluvionali del letto (Figura 92 e Figura 93); mantiene caratteri di elevata instabilità morfologica, con tendenza all'erosione di fondo e di sponda.

Figura 92 Tronco 3: caratteristiche dell'alveo inciso prima dell'evento di piena del maggio 2008

Figura 93 Tronco 3: dettaglio del materiale d'alveo, con in primo piano le pezzature di maggiori dimensioni non interessati dagli interventi di movimentazione/asportazione

La piena del 2008 ha manifestato intensi fenomeni di erosione a carico delle sponde, accompagnati da una tendenza all'instabilità dell'alveo rispetto alla conformazione artificiale assegnata allo stesso dagli interventi (Figura 94).

Figura 94 Tronco 3: conformazione dell'alveo a seguito dell'evento del maggio 2008; si osservano i diffusi fenomeni di erosione spondale

Tronco 4

Il tronco è molto artificializzato a causa degli interventi di rimodellazione dell'alveo, dell'elevata estensione delle difese spondali (oltre il 50% dello sviluppo delle sponde è protetto da scogliere in massi di cava), e della presenza di tre attraversamenti viari.

Il ponte di Miradolo, nelle vicinanze di Pinerolo, ricostruito diverse volte a seguito di eventi alluvionali (1878, 1907, 2003), mostra alcuni fenomeni di erosione al piede del muro di sponda in sinistra, a monte e a valle dell'opera (Figura 95)

Figura 95 Tronco 4: scalzamento al piede del muro di sponda in sinistra a valle del ponte di Miradolo (situazione dopo la piena del maggio 2008)

Anche le pile del ponte della SP 589 (Figura 96) evidenziano scalzamenti sul plinto di fondazione, oltre che ammaloramenti del calcestruzzo superficiale da imputare agli urti e all'azione abrasiva del materiale solido trasportato.

Figura 96 Tronco 4: scalzamento del plinto di fondazione della pila del ponte della SP 589

Nel corso della piena le condizioni di deflusso nella sezione del ponte sono state regolari e non hanno comportato criticità, anche in relazione alla gravosità moderata del colmo di piena (Figura 97).

Figura 97 Tronco 4: il ponte della SP 589 durante l'evento alluvionale del maggio 2008

Il restringimento della sezione di deflusso determinato nel tronco dai tre ponti ha inoltre causato la formazione di alcune modeste barre di deposito a monte degli stessi (Figura 98).

Figura 98 Tronco 4: barre di deposito a monte del ponte

12 Aspetti ecologico - ambientali

Un corso d'acqua è caratterizzato da una successione di ecosistemi che si avvicendano nella direzione parallela alla corrente, dall'alta alla bassa quota, ed in direzione trasversale alla corrente, popolati da tipiche comunità di organismi vegetali ed animali che instaurano strette relazioni tra loro e con i fattori fisici, chimici e morfologici. Lungo l'asta fluviale le biocenosi hanno maggiore o minore diversità biologica, ricchezza in specie e presentano diversi livelli di interazione.

Il corso d'acqua è quindi un susseguirsi di ecosistemi "aperti", è un sistema complesso, suscettibile di effetti dovuti sia agli eventi naturali, sia alla presenza dell'attività antropica.

L'ecosistema si è allontanato fortemente dalle condizioni di naturalità, ciò nonostante il corso d'acqua costituisce, sebbene modificato, una rete di connessione ecologica in equilibrio dinamico che garantisce l'omeostasi dell'ecosistema.

Vista la complessità del sistema, per fornire una descrizione dello stato ecologico, è necessario scomporlo nelle sue singole componenti ambientali e valutarne lo stato di salute attraverso l'individuazione di indicatori e la conseguente formulazione di indici, superando così una mera descrizione di tipo qualitativo.

Raccogliere i complessi dati in forma numerica ed aggregarli sotto forma di indici e di punteggi lascia molti ecologisti scettici, in quanto non ritengono esaustivo esprimere la complessità comportamentale delle comunità in termini di valori numerici puntuali. In ogni caso la creazione di indici, anche se non di dettaglio, è proprio il modo più chiaro ed utile per gestire la complessità delle valutazioni biologiche qualitative.

L'uso degli indicatori e degli indici è indispensabile nella rappresentazione sintetica della qualità ecologica, ambientale e della pressione antropica per la costruzione di mappe tematiche. Tutte le informazioni sullo stato di un corso d'acqua, acquisite attraverso metodologie di indicizzazione e organizzate in mappe e tabelle, costituiscono l'indispensabile base di lavoro da cui trarre le risposte più efficaci e le strategie di intervento più opportune per raggiungere concreti risultati di miglioramento e di gestione ambientale.

12.1 Metodologia per la valutazione dello stato ecologico - ambientale

12.1.1 Funzioni ecologiche del sistema fluviale

La caratterizzazione della funzionalità dell'ecosistema fluviale e delle interrelazioni esistenti tra le componenti ambientali può essere studiata attraverso la valutazione di funzioni ecologiche fondamentali da esso esercitate e di caratteristiche influenti il suo stato:

- effetto di laminazione delle piene,
- grado di connessione con le acque sotterranee,

- effetto filtro (filtro naturale svolta dalle fasce riparie, che favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione nelle acque ed i meccanismi chimico-fisici di cattura e degradazione delle sostanze),
- produzione di materia organica (biomassa) nelle aree esondabili delle fasce riparie,
- capacità di mantenimento dei valori vegetazionali e faunistici,
- habitat naturali (ambienti favorevoli all'insediamento di specie di pregio vegetazionale e faunistico, e di fornire corridoi ecologici e connessioni tra le aree naturali presenti),
- presenza sul territorio oggetto di analisi di attività antropiche diversificate (fattore di pressione antropica),
- modificazioni dell'alveo occorse nel tempo.

12.1.1.1 Ambiti da studiare

1. Valore vegetazionale e faunistico:
   - tipologia delle sponde e tipo di vegetazione spondale e di alveo,
   - aree a vegetazione naturale (arborea e arbustiva) e aree umide,
   - presenza di specie di pregio vegetazionale e faunistico,
   - indagine faunistica (in particolare ittiologica e ornitologica).
2. Effetto filtro della vegetazione riparia:
   - continuità ed estensione delle fasce di vegetazione riparia e spondale,
   - tipologia di vegetazione riparia e spondale.
3. Habitat naturali:
   - aree di elevato pregio ambientale e naturalistico individuate e relativo grado di connessione,
   - habitat, biotopi naturali e aree protette.
4. Qualità delle acque:
   - qualità della acque a partire dalle analisi svolte dalla Regione Piemonte (SECA, SACA, IBE, LIM…).
5. Uso del suolo e fattori di pressione antropica:
   - modificazione dell'alveo
   - aree a destinazione agricola e relative tipologie colturali,
   - insediamenti e infrastrutture,
   - aree a destinazione ricreativa e per il tempo libero.

Lo studio di queste aree si integra con le informazioni derivanti dall'analisi della Geomorfologia e del Regime idrologico – idraulico.

Le componenti del sistema fluviale sopra elencate sono caratterizzate utilizzando opportuni indicatori, ottenibili da:

- dati e informazioni raccolti nel corso delle indagini;

- fotointerpretazione delle foto aeree disponibili;
- dati e informazioni ricavabili da fonti bibliografiche, cartografia tematica, studi ecc. disponibili in letteratura.

12.1.1.2 Tappe principali

Le tappe principali attraverso cui si sviluppa questa metodologia sono:

- Indagini sull'uso del suolo;
- indagini geomorfologiche e vegetazionali;
- indagini sull'efficienza e integrità dell'effetto filtro della vegetazione (funzionalità ripariale);
- indagini sulla qualità dell'acqua;
- indagini relative all'entità della pressione antropica.

12.1.1.3 Definizione dei tratti omogenei di dettaglio

La suddivisione in tratti omogenei, necessaria ai fini di questo studio, è stata effettuata secondo i seguenti criteri:

- caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e delle fasce esterne,
- caratteristiche vegetazionali dell'alveo e delle fasce esterne,
- tipologia di uso del suolo prevalente nell'area di indagine,
- presenza di rilevanti infrastrutture di comunicazione,
- presenza di opere e manufatti di difesa idraulica o di regimazione del fiume,

per garantire una scala di dettaglio dell'analisi sufficiente ad individuare le caratteristiche specifiche dell'area in esame e costruire gli indici del metodo proposto di seguito.

12.1.1.4 Confronto con l'Indice di Funzionalità Fluviale IFF

Gli aspetti considerati nel metodo di seguito illustrato presentano molteplici punti di contatto con la metodologia utilizzata per l'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi, 1994).

Nella seguente tabella di confronto vengono messe in relazione la struttura della scheda IFF e gli indici descritti nella presente relazione metodologica.

Domanda IFF	Componente fluviale	Indici di riferimento nel metodo
1	Stato del territorio circostante	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico
2-2bis	Vegetazione nella fascia perifluviale primaria e secondaria	Indice vegetazionale
3	Ampiezza della fascia di vegetazione arborea ed arbustiva	Indice vegetazionale
4	Continuità della vegetazione perifluviale arborea ed arbustiva	Indice vegetazionale
5	Condizioni idriche dell'alveo	Indice geomorfologico
6	Conformazione delle rive	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico

Domanda IFF	Componente fluviale	Indici di riferimento nel metodo
7	Ritenzione degli apporti trofici	Indice di effetto filtro
8	Erosione	Indice geomorfologico
9	Naturalità e diversità ambientale	Indice vegetazionale Indice di impatto antropico
10-11	Struttura morfologica dell'alveo	Indice geomorfologico Indice di impatto antropico

12.1.1.5 Definizione degli indici sintetici

Gli indici sintetici definiti in questo studio sono l'**indice di stato ambientale** SA (attraverso la valutazione delle informazioni inerenti gli aspetti geomorfologici, vegetazionali e integrità dell'effetto filtro) e l'**indice di pressione antropica** PA (basato sull'impatto antropico).

Per ciascun ambito omogeneo identificato lungo il corso del fiume è stato successivamente valutato l'**indice di Stato ecologico SE** calcolato come sottrazione dell'indice di stato ambientale e dell'indice di pressione antropica:

$$SA - PA = SE$$

dove SA e PA sono derivati dagli indici ambientali normalizzati, illustrati nelle pagine seguenti.

12.1.2 Costruzione degli indici ambientali

12.1.2.1 Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf

a) Indice di naturalità vegetazionale I-nv: valuta il grado di naturalità della vegetazione presente sulle fasce esterne utilizzando le seguenti categorie:
   - superfici boscate naturali,
   - superfici boscate di derivazione antropica,
   - boscaglia mista di invasione (formata da specie alloctone invasive),
   - arbusteti e/o cespuglieti,
   - siepi e fasce arborate,
   - formazioni erbacee naturali,
   - formazioni erbacee di derivazione antropica,
   - aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa
   - zone umide.

   Per ciò che riguarda il grado di naturalità della vegetazione presente nell'alveo, le categorie utilizzate sono le seguenti:
   - alveo attivo,
   - boscaglia mista di invasione,

- formazioni erbacee,
- aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa
- zone umide.

b) Indice di varietà biotipica I-vb: per la varietà biotipica si attribuisce l'indice analizzando nel tronco omogeneo la presenza di strutture vegetazionali riconoscibili (biotipi) complementari dal punto di vista strutturale e funzionale (identificate nella carta della vegetazione realizzata).

c) Presenza di habitat naturali protetti o tutelati I-hp: presenza nella fascia d'interesse di habitat/biotopi di elevato valore naturalistico e ambientale (identificati in attuazione della Direttiva Habitat e della Direttiva Uccelli).

d) Campionamenti dell'ittiofauna (con la definizione di un indice quantitativo, utilizzando il metodo di Moyle e Nichols, 1973, e un indice della struttura) e dell'avifauna I-fa, che saranno svolte lungo sezioni fluviali di circa un centinaio di metri di lunghezza. Analisi faunistiche per definire la struttura e la valenza delle specie presenti mediante indici di presenza e ricchezza.

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei quattro indici:

I-vf = I-nv x I-vb x I-hp x I-fa

12.1.2.2 Indagini di funzionalità ripariale I-fr

Queste indagini hanno lo scopo di fornire "l'immagine sintetica" immediata della qualità ambientale della zona ripariale presa in esame evidenziandone, a grandi linee, la naturalità o l'impatto antropico che la caratterizza: si prende in esame quindi, l'uso del suolo nell'area circostante l'alveo fluviale, area che condiziona l'equilibrio ecologico.

L'esame è stato svolto, oltre che dalle informazioni presenti nel PTA, attraverso la valutazione di carte dell'uso del suolo e attraverso la fotointerpretazione delle ortoimmagini a colori, valutando l'effetto filtro svolto dalla vegetazione ripariale.

a) Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef: si valuta la combinazione tra il tipo e l'ampiezza della vegetazione riparia e l'integrità della vegetazione riparia.

b) Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv (fondamentale per garantirne le peculiari funzioni ecologiche): la presenza di interruzioni nella copertura vegetale interferisce sugli equilibri tra comunità biotica ed abiotica, alterandone la funzionalità; quindi il valore massimo viene assegnato alla zona riparia che ha conservato la sua fisionomia naturale, mentre il valore minimo si ottiene in situazioni in cui le caratteristiche naturali della vegetazione ripariale non sono più riconoscibili.

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei due indici:

I-fr = I-ef x I-iv

12.1.2.3 Indice di qualità delle acque in alveo I-qa

Questo indice riassume lo stato qualitativo delle acque e della vegetazione presenti in alveo.

L'esame è stato svolto attraverso l'utilizzo dei risultati presenti nel PTA della Regione Piemonte, che contengono valutazioni sugli indici Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) e Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA), e, dove è stato possibile reperire le informazioni, facendo una valutazione sulle specie vegetali acquatiche presenti nell'alveo (indice I-va).

La valutazione sintetica finale è data dalla media aritmetica dei due punteggi ottenuti dai due indici moltiplicato I-va:

I-fr = [(I-seca + I-saca)/2]*I-va

12.1.2.4 Indice di Pressione Antropica PA

La pressione antropica valuta l'impatto potenziale che le attività umane hanno sulla risorsa acqua, prendendo in considerazione il carico inquinante derivante dalle attività antropiche, la presenza di tessuto urbano e la presenza di ecosistemi agricoli industrializzati, indirettamente è valutata la possibile contaminazione .

a) Indice di uso del suolo I-us: analizza i seguenti aspetti, per ognuno dei quali si individuano diverse tipologie di uso del suolo a cui viene assegnato un valore:
   - urbanizzazione,
   - industria e attività estrattive,
   - agricoltura,
   - vie di comunicazione.

b) Indice di modificazione dell'alveo I-ma: valuta la naturalità della sezione dell'alveo bagnato, sulla base dell'entità (numero e sviluppo) degli interventi antropici ed eventualmente con fotointerpretazione e sopralluoghi, individuando elementi artificiali quali sbarramenti, dighe, prese, ponti, argini, difese spondali, ecc. (la presenza di questi allontana il corso d'acqua dalle condizioni di naturalità, influendo negativamente su suoi equilibri ecologici). Rispetto allo studio pilota relativo al torrente Orco, si è scelto di dettagliare maggiormente tale indice, come spiegato più avanti.

La valutazione sintetica finale è data dal prodotto dei due indici:

PA = (I-us x I-ma) x 2,5

12.1.2.5 Scopo dello studio

Attraverso l'elaborazione degli indici sopracitati é stato possibile effettuare valutazioni finali sull'assetto ecologico del sistema fluviale indagato e così:

- rappresentare lo stato ecologico complessivo come risultante della qualità ambientale e della pressione antropica esercitata;
- fornire una valutazione dello stato/qualità lungo i vari tratti del corso d'acqua con la possibilità di rivalutare gli indici tenendo conto dell'attuazione sia degli interventi strutturali che di quelli non strutturali ed eventualmente degli interventi nella regione fluviale che prevedono la sistemazione vegetazionale;

- caratterizzare la variazione dei diversi indici al variare dei possibili scenari d'intervento in termini di possibilità di miglioramento dello stato ecologico del singolo tronco;
- individuare una scala di classi di qualità rappresentative dello stato ecologico e attribuire per ciascun tronco omogeneo un valore;

In conclusione, per ogni tronco fluviale, una volta definito lo stato ecologico attuale, si sono prospettati interventi migliorativi che portano alla definizione di uno stato ecologico potenziale.

12.1.2.6 Individuazione e rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico

Individuati gli indici e parametrizzati gli indicatori, si è proceduto ad assegnare ad ogni singolo tronco omogeneo un valore rappresentativo dello stato ecologico e sono state individuate delle classi al fine di semplificare la rappresentazione. L'individuazione e la suddivisione delle classi è stata fatta seguendo i criteri e gli standard di qualità ambientali previsti dal d.lgs. 152/99. Ciascuna classe di qualità è rappresentata graficamente da un colore corrispondente ad un giudizio.

12.2 Calcolo degli indici ambientali

Le tappe principali attraverso cui si sviluppa questa metodologia sono:

- indagini vegetazionali;
- indagini sull'efficienza e integrità dell'effetto filtro della vegetazione (funzionalità ripariale);
- indagini relative all'entità della pressione antropica.

L'analisi viene effettuata suddividendo, per tratti omogenei, le informazioni e quindi i vari indicatori, secondo scale di valori. Al termine di tale operazione si giunge alla definizione degli indici sintetici: **indice di stato ambientale** (valutando le informazioni inerenti gli aspetti geomorfologici, vegetazionali e integrità dell'effetto filtro) e **indice di pressione antropica** (basato sull'impatto antropico).

Per ciascun ambito omogeneo identificato lungo il corso del fiume è stato successivamente valutato **l'indice di Stato ecologico** calcolato come sottrazione dell'indice di stato ambientale e dell'indice di pressione antropica.

Indice di Stato ambientale (SA) -

<u>Indice di Pressione antropica (PA)</u>

Indice di Stato ecologico (SE)

dove:

Indice di Stato ambientale (SA) = I-v * 0,6 + I-fr * 0,4 (per riva sx e riva dx)

Indice di Stato ambientale (SA) = I-v * 0,6 + I-qa * 0,4 (per alveo)

Indice di Pressione antropica (PA) = I-us * 2,5 * I-ma

12.2.1 Indagini vegetazionali e faunistiche I-vf

12.2.1.1 Indice di naturalità vegetazionale I-nv

Per la naturalità si attribuisce un valore alla vegetazione in base alla sua collocazione rispetto alla situazione teoricamente possibile in assenza di modificazioni umane, basandosi sulle cenosi più complesse e mature, tenendo conto delle particolari condizioni ecologiche che si verificano nell'ecosistema fluviale.

Tipologie vegetazionali presenti sulle fasce esterne	Punteggio
Superfici boscate naturali	10
Superfici boscate di derivazione antropica	7
Boscaglia di invasione	5
Zone umide	8
Siepi e fasce arborate	6
Arbusteti e/o cespuglieti	6
Formazioni erbacee naturali	5
Formazioni erbacee di derivazione antropica	4
Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa	2
Area antropizzata (presenza di cemento, asfalto…)	1

Tipologie vegetazionali presenti nell'alveo	Punteggio
Alveo attivo	10
Zone umide	8
Formazioni erbacee (barre vegetate)	7
Boscaglia di invasione	6
Aree nude o coperte da vegetazione molto dispersa (barre laterali non vegetate)	5

Il valore dell'indice di naturalità vegetazionale del tronco si ottiene sommando i valori dei tipi vegetazionali presenti, ponderati secondo l'estensione dell'intera zona di studio.

Si sottolinea che i punteggi delle stesse categorie variano tra le due tabelle; questo poiché uguali tipologie vegetazionali presenti sulle fasce esterne o in alveo danno luogo ad un differente giudizio (i.e., aree non vegetate sulle rive sono negative, aree non vegetate sulle barre è naturale).

12.2.1.2 Indice di varietà biotipica I-vb

Per la varietà biotipica si attribuisce l'indice analizzando nel tronco omogeneo la presenza di strutture vegetazionali riconoscibili (biotipi) complementari dal punto di vista strutturale e funzionale. Questo indice rappresenta la biodiversità biotipica.

Presenza di biotipi complementari	Punteggio
presenza di 6 o più elementi	1,3
presenza di 4 o 5 elementi	1,2
presenza di 2 o 3 elementi	1,1
presenza di 1 elemento	1

12.2.1.3 Presenza di habitat protetti o tutelati I-hp

Un ulteriore fattore positivo è dato dalla presenza nella fascia d'interesse di habitat/biotopi di elevato valore naturalistico e ambientale (identificati in attuazione della Direttiva Habitat e della Direttiva Uccelli).

Presenza di specie protette / habitat naturali	Punteggio
Presenza di 3 o più elementi	1,3
Presenza di 1-2 elementi	1,2
Assenza di elementi di valore naturalistico - ambientale	1

12.2.1.4 Campionamenti della fauna (ittiofauna, avifauna, anfibi…) I-fa

Tutte le indagini riguardanti l'ittiofauna dovrebbero essere condotte con il sistema della pesca elettrica con elettrostorditore ed in genere interessare una sezione fluviale di circa un centinaio di metri di lunghezza. Questa tecnica conservativa consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi senza nuocere al pesce, che può essere rilasciato subito dopo le operazioni di riconoscimento sistematico. I campionamenti di tipo quantitativo, quando reperibili, utilizzano il metodo di Moyle e Nichols (1973), per determinare una stima dell'abbondanza relativa delle singole specie con il criterio riportato in tabella seguente (criterio leggermente modificato per ciò che riguarda i punteggi).

Numero di individui ritrovati in 50 m di campionamento	Punteggio
< 3	1
3-10	2
10-50	3
50-100	4
> 100	5

È stato inoltre attribuito un indice concernente la struttura delle popolazioni per meglio caratterizzare la presenza delle singole specie.

Descrizione	Indice di struttura
Popolazione non strutturata: dominanza di giovani	1
Popolazione non strutturata: dominanza di adulti	1,5
Popolazione strutturata	2

In generale, però, le uniche informazioni reperibili dagli studi consultati riguardano le specie presenti (dopo la consultazione di studi di settore) lungo il tratto del corso d'acqua considerato: si rende quindi necessario un punteggio direttamente riferibile al numero di specie.

Numero di specie presenti lungo il tratto considerato	Punteggio
< 10	1
10-50	3
50-100	6
> 100	10

In caso di presenza di informazioni sia di tipo qualitativo che di tipo quantitativo, il valore dell'indice **I-fa** presenta una maggiore completezza, e si ottiene nel modo seguente:

$$\textbf{Indice I-fa} = \textbf{I-fa}_{\textbf{quantità}} * 0{,}7 + \textbf{I-fa}_{\textbf{qualità}} * 0{,}3$$

Se le informazioni disponibili sono solo quantitative, il secondo addendo risulta pari a 0.

12.2.1.5 Valutazione sintetica finale

Il punteggio complessivo dell'indice vegetazionale **I-vf** è dato dalla combinazione dei singoli sub-indici parziali, calcolando il prodotto dei valori dei singoli sub-indici **I-vf = I-nv * I-vb * I-hp * I-fa**, successivamente normalizzato rispetto alle massime variazioni dei valori lungo l'intero corso del fiume.

12.2.2 Indagini di funzionalità ripariale I-fr

(applicabile solo per fascia esterna sinistra e fascia esterna destra)

12.2.2.1 Effetto filtro della vegetazione riparia I-ef

L'indicatore è dato dalla combinazione tra i due indicatori ottenuti :

- il tipo e l'ampiezza della vegetazione riparia;
- l'integrità della vegetazione riparia.

Tipo di formazioni vegetali presenti nella fascia riparia perifluviale e nelle fasce esterne.

Con questo parametro viene individuata la fisionomia della vegetazione naturale lungo le sponde del corso d'acqua considerato, ossia il tipo di comunità vegetale presente nella porzione di territorio circostante le rive. Si attribuiscono i popolamenti vegetali presenti nella fascia che costituisce il filtro alle seguenti macrocategorie:

- bosco maturo, compatto e ben sviluppato;
- bosco rado (ovvero con copertura arborea inferiore al 50%) o fascia arborata o siepe;

- formazioni arbustive pioniere;
- formazioni erbacee;
- totale o parziale assenza di popolamenti vegetali.

I punteggi attribuiti ai diversi tipi di vegetazione naturale assumono la forma seguente (il prevalere di uno o più tipi risulterà dall'indicatore "Integrità della vegetazione riparia").

Formazioni insistenti sulla fascia esterna	Punteggio
Bosco denso	10
Bosco rado o fascia arborata o siepe o coltivi di origine antropica	8
Arbusteto o cespuglietto	7
Zona umida	5
Seminativi	3
Vegetazione erbacea naturale	2
Assenza di vegetazione	1

Il valore dell'indice di naturalità vegetazionale del tratto si ottiene sommando i valori dei tipi vegetazionali presenti, ponderati secondo la loro estensione.

12.2.2.2 Integrità della vegetazione riparia naturale I-iv

Continuità della vegetazione riparia	Punteggio
vegetazione della zona riparia intatta (copertura arborea/arbustiva tra 100 - 80%)	1,5
vegetazione della zona riparia con qualche interruzione (copertura tra 79.9 - 60%)	1,4
vegetazione della zona riparia con interruzioni marcate (copertura tra 59.9 - 30%)	1,3
vegetazione della zona riparia quasi assente (copertura < 30%)	1,2
vegetazione della zona riparia assente	1

L'integrità della zona riparia viene valutata unicamente attraverso la componente vegetazionale arboreo/arbustiva, mentre non è considerata la vegetazione erbacea.

12.2.2.3 Valutazione sintetica finale

L'indice di funzionalità ripariale, che fornisce la valutazione complessiva dell'effetto filtro della vegetazione riparia, si ottiene moltiplicando i due indici parziali sopra descritti:

$$\text{I-fr} = \text{I-ef} * \text{I-iv}$$

12.2.3 Indice di qualità alveo I-qa

(applicabile solo per l'alveo attivo)

12.2.3.1 SECA e SACA

L'indice di qualità dell'alveo è valutato analizzando i valori di Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) e Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA) presenti nel PTA della Regione Piemonte. Si ricorda che il SECA è determinato dall'incrocio dei dati del livello dei parametri macrodescrittori (LIM) e delle classi di Indice Biotico Esteso (IBE); il SACA è ottenuto dall'incrocio dei dati del SECA e dello stato chimico.

SECA	Punteggio	SACA	Punteggio
Classe 1	10	Elevato	10
Classe 2	8	Buono	8
Classe 3	6	Sufficiente	6
Classe 4	4	Scadente	4
Classe 5	2	Pessimo	2

12.2.3.2 Indice vegetazionale acquatico I-va

Se negli studi consultati, vi sono informazioni riguardanti le specie vegetali acquatiche presenti nell'alveo si rende necessario un punteggio riferibile alla tipologia di specie rintracciate.

Tipologia di specie presenti lungo il tratto considerato	Punteggio
Assenza di specie vegetali acquatiche	1
Presenza di specie vegetali acquatiche alloctone e autoctone	2
Presenza di specie vegetali acquatiche autoctone	3

Ben inteso che in assenza di informazioni al riguardo, si assegnerà valore 1 a questo sub-indice.

12.2.3.3 Valutazione sintetica finale

L'indice di qualità dell'alveo si ottiene calcolando la media aritmetica dei punteggi ottenuti dal SECA e dal SACA e moltiplicando il risultato per il valore ottenuto dall'indice vegetazionale acquatico:

$$\text{I-qa} = [(\text{SECA} + \text{SACA})/2]*\text{I-va}$$

12.2.4 Indice di pressione antropica PA

12.2.4.1 Indice di uso del suolo I-us

La valutazione dell'impatto antropico si basa sull'analisi dei seguenti aspetti, per ognuno dei quali si individuano diverse tipologie di uso del suolo a cui viene assegnato un valore:

- urbanizzazione,
- industria e attività estrattive,

- agricoltura,
- vie di comunicazione,
- assenza di interventi antropici.

La tabella che segue si riferisce ai punteggi da assegnare alla sponda sinistra e alla sponda destra del tratto considerato; il valore dell'indice viene ottenuto dalla sommatoria dei punteggi assegnati alle diverse categorie di uso del suolo, ponderati (normalizzati) secondo la loro estensione.

Uso del suolo	Tipologia presenti in alveo	Punteggio
Interventi antropici	Tessuto urbano continuo	5
	Tessuto urbano discontinuo	2
	Altri interventi (campeggi, aree ricreative, aree agricole eterogenee, opere fluviali dismesse, ecc.)	1
Attività estrattiva (cave attive)	Area produttiva/industriale	10
	Discarica	9
	Impianti trattamento rifiuti – inceneritore – depuratore	5
	Attività estrattiva (cave attive)	4
Agricoltura	Coltivazioni intensive	3
	Altri impianti di arboricoltura (non intensivi)	2
	Incolti / prati stabili e pascoli	1
Vie di comunicazione	Vie di comunicazione principali	6
	Vie di comunicazione secondarie	4
Assenza di interventi antropici	Superfici boscate naturali	1

La tabella successiva, invece, contiene i valori da assegnare esclusivamente al tratto di alveo considerato; essi non vanno normalizzati.

Uso del suolo	Tipologia presenti in alveo	Punteggio
Presenza attività in alveo	Area produttiva/industriale	10
	Discarica	9
	Scarichi di acque reflue (senza depuratore)	6
	Impianti trattamento rifiuti – inceneritore – depuratore	4
	Attività estrattiva (cave attive)	3
	Presenza di impianti idroelettrici ad acqua fluente	2
Assenza attività in alveo	Presenza di soli interventi di difesa o assenza di attività antropica (i.e. scarichi di acque reflue e/o depuratori, ecc…)	1

12.2.4.2 Indice di modificazione dell'alveo I-ma

Nello studio di tale indice si prendono in considerazione le modificazioni che interessano l'area che comprende l'alveo attivo, le eventuali barre vegetate e le sponde

(destra e sinistra). Per questo motivo si è reso necessario dettagliare maggiormente tale indice, in funzione della tipologia di intervento realizzato sulle sponde, della sua estensione e della presenza di opere trasversali nei tratti considerati.

Interventi antropici di modificazione dell'alveo	Punteggio
Tratto senza interventi antropici	0,1
Presenza sporadica di interventi antropici (estensione < 29,9% della lunghezza dell'intero tratto)	0,3
Presenza marcata di interventi antropici (estensione compresa tra il 30% e il 59,9%)	0,5
Presenza diffusa di interventi antropici (estensione compresa tra il 60% e il 79,9%)	0,7
Presenza continua di interventi antropici (estensione > 80%)	1,0

Poiché l'intervento antropico può avere sull'ambiente fluviale un impatto elevato (es. opere in calcestruzzo) o minimo (es. opere di ingegneria naturalistica), il punteggio viene moltiplicato per un coefficiente che tiene conto della sua influenza e delle modifiche apportate alla naturalità del tratto.

Interventi antropici di modificazione dell'alveo	Coefficiente
Ingegneria naturalistica	1,0
Presenza di gabbionate	1,5
Presenza di scogliere in massi ciclopici	2,0
Presenza di opere in calcestruzzo e in cemento armato	2,5

In assenza di informazioni dettagliate riguardanti la tipologia di intervento spondale, si considera il coefficiente pari a 2,5 in maniera tale da porsi nella situazione meno naturale e quindi peggiore per l'ambiente; in seguito, grazie ad eventuali approfondimenti nello studio attraverso sopralluoghi, tale valore potrà variare, migliorando le condizioni reali dell'area fluviale.

Si agisce in maniera analoga nel caso di presenza di opere trasversali, tratti coperti (intubamenti…).

In conclusione l'indice I-ma sarà dato dalla moltiplicazione del punteggio per il coefficiente.

Nel caso in cui si rileva la presenza di più tipologie di interventi antropici lungo le sponde, il valore dell'indice di modificazione dell'alveo si ottiene sommando i valori di tali interventi presenti, ponderati secondo la lunghezza dell'intero tratto studiato.

12.2.4.3 Valutazione sintetica finale

Per una valutazione complessiva della pressione antropico esercitata sull'ambiente fluviale si moltiplicano i due indici parziali sopra descritti, per un fattore correttivo k = 2,5 che assegna un peso maggiore al PA rispetto al SA (rapporto pari a 1:4, anziché 1:10):

PA = I-us * 2,5 * I-ma

12.2.5 Rappresentazione delle classi di qualità di stato ecologico

Lo stato ecologico del corso idrico viene rappresentato in classi di qualità ciascuna delle quali recante un giudizio. La scala dell'SE è compresa tra valori minori di 0 e maggiori di 50, questi valori possono a loro volta essere raggruppati in 5 classi. Le classi , vanno da un valor minimo di 1, che indica un ottimo stato ecologico, ad un massimo di 5, che indica un pessimo stato ecologico.

A ciascuna di queste classi è associato un colore utile ai fini rappresentazione cartografica.

Classe	SE	Colore
I	SE < 0	
II	0<SE<10	
III	10<SE<20	
IV	20<SE<30	
V	30<SE<40	
VI	SE > 50	

12.3 Considerazioni conclusive

12.3.1 Aspetti Ecologico – Ambientali

Dall'analisi dell'assetto del sistema fluviale si ottiene lo stato attuale del corso d'acqua e si ha la possibilità di trarre delle considerazioni volte ad individuare opportunità di interventi finalizzati al miglioramento del corso d'acqua nel suo complesso. Le informazioni che vengono riportate fanno riferimento sia a dati di bibliografia che a sopralluoghi effettuati. E' importante notare che i sopralluoghi sono stati effettuati in periodi di magra e/o di totale asciutta pertanto le considerazioni elaborate derivano dalle condizioni osservare.

12.3.2 Caratterizzazione della vegetazione

La flora censita lungo i corsi dei Torrenti Pellice e Chisone comprende più di 527 specie, ripartite in 81 famiglie; le famiglie maggiormente rappresentate sono *Compositae* (70 specie), *Poaceae* (59 specie) e *Rosaceae* (27 specie). Alcune di queste non sono autoctone, ma originarie di altre zone (specie esotiche); queste specie rappresentano circa il 6% delle specie totali presenti.

Nella maggior parte dei casi, le specie esotiche che crescono lungo il Pellice e il Chisone sono piante annuali (meglio adattate alla disseminazione e con maggiori capacità di impiantarsi in terreni scoperti e privi di concorrenza), originarie dell'America ed importate in Piemonte durante i secoli scorsi.

Si tratta di piante esotiche che originariamente sono state introdotte a scopo colturale, che erano solo coltivate e in seguito sono inselvatichite così da entrare a far parte della nostra flora (ad esempio *Robinia pseudoacacia*) e da essere indicate come spontaneizzate; oppure di specie avventizie, introdotte accidentalmente (es. *Conyza canadensis*) che, essendosi adattate a vivere stabilmente sul nostro territorio, si sono naturalizzate.

Le attività umane sono la causa principale dell'arrivo e della diffusione di queste specie che vanno a modificare la vegetazione autoctona. Il numero di specie esotiche presenti è considerato da molti autori come antropizzazione (Siniscalco & Barni, 1993-94). Altri autori (Pignatti, 1994) ritengono che comunque ci sia una correlazione positiva tra sviluppo urbano e industriale e concentrazione di specie esotiche.

In alcuni casi le specie esotiche convivono con le native e si integrano nei popolamenti vegetali senza modificarli in modo notevole; spesso, però, l'affermazione della specie esotica è tale da bloccare, rallentare o persino mutare il dinamismo della vegetazione originaria.

Vegetazione

Lungo il corso dei Torrenti Pellice e Chisone, sono stati individuati otto diversi tipi di vegetazione: vegetazione pioniera di greto, arbusteti di greto, boschi ripariali, robinieti, boschi mesofili, lariceti, arbusteti d'alta quota e prato-pascoli; tali formazioni sono localizzate sul territorio in modo diverso, in funzione delle loro caratteristiche ecologiche e dei disturbo antropico. Il profilo della sezione trasversale del corso d'acqua, risulterà dunque diverso in situazioni altitudinali e geomorfologiche diverse.

Il tratto analizzato in questo studio è quello di bassa valle: allo sbocco in Pianura gli alvei di morbida e di piena raggiungono estensioni rilevanti. In queste zone, però, solo dove l'antropizzazione delle sponde è limitata, è possibile rinvenire tutte le fasce di vegetazione tipiche di un corso d'acqua.

Formazioni ad erbacee pioniere di greto

Il letto del fiume ospita una serie di popolamenti erbacei ripariali che presentano aspetti assai differenziati poiché sottoposti a continui rimodellamenti dovuti allo scorrimento delle acque ed al periodico ripetersi delle piene.

Ad influire sulla flora del greto vi è inoltre un continuo apporto di sostanze azotate, di semi e di organi di dispersione che si aggiunge alla naturale deposizione di materiale eroso laddove sono presenti centri urbani, aree industrializzate e campi coltivati.

Il Pellice ha un regime idrologico caratterizzato da sostenute variazioni di portata le quali creano, dove la geomorfologia del territorio lo permette, un alveo di morbida.

Situazione analoga per il Chisone, dove l'evidente canalizzazione ha fatto sì che le specie di greto abbiano assunto una sempre maggiore variabilità.

Tale alveo, quando inondato, viene colonizzato da popolamenti con specie erbacee pioniere a discreta copertura che però non possono evolvere verso formazioni vegetali più stabili.

Il substrato è nella maggior parte dei casi grossolano, rappresentato da ciottoli il cui diametro varia con la quota, fino a diventare sabbioso dove la corrente è più lenta.

Lo scorrere dell'acqua impedisce al greto di evolversi perché in alcuni periodi è inondato e perché lo scorrimento rimaneggia costantemente il terreno. Troviamo così lungo il percorso del torrente piante adatte a vivere nell'umido, dove l'acqua indugia (ad esempio *Agrostis stolonifera*) e piante pioniere di alta quota (tra cui *Saxifraga aizoides* e *Silene acaulis*), in grado di affrontare la siccità durante l'aridità del periodo estivo. Particolare è la presenza di numerose specie xerofile (*Hippocrepis comosa*,

Artemisia campestris, Helianthemum nummularium, Saponaria ocymoides) o alpine (ad esempio *Gypsophila repens, Linaria alpina*, ecc.) nelle zone alte e filtranti dei sedimenti ciottolosi alluvionali. Queste specie possono scendere a quote più basse proprio lungo il "nastro trasportatore" rappresentato dal fiume.

Dall'esame dei rilievi effettuati in greto, si nota una gradualità nella distribuzione dei raggruppamenti sintassonomici: mentre alle quote più basse prevalgono le specie delle formazioni erbacee di diretta derivazione antropica (classi *Chenopodietea, Artemisietea e Plantaginetea*), alle quote più alte prevalgono quelle tipiche dei popolamenti dei detriti mobili e dei pascoli alpini (classi *Thlaspietea, Caricetea e Elyno-Sesferietea*).

Nel greto, in corrispondenza delle aree di pianura dove si accumulano nitrati e altre sostanze organiche, vengono a costituirsi ambienti molto ricchi di nutrienti che consentono lo sviluppo di piante erbacee tra cui sono frequenti sia specie a fiori poco appariscenti come *Bidens frondosa, Artemisia vulgaris, Urtica dioica*, sia specie con fioriture vistose come *Solidago canadensis*. Talora ci sono zone inondate saltuariamente, che presentano una copertura vegetale caratterizzata da specie proprie di terreni limosi e umidi; tra esse si evidenziano *Bidens frondosa, Eupaforium cannabinum*, accompagnati da una serie di specie di *Polygonum* (*P. persicaria, P. lapathifolium, P. mite e P. aviculare*).

Numerose sono le specie nitrofile o ruderali (*Diplotaxis tenuifolia, Conyza canadensis, Artemisia spp.*, ecc.) che si affiancano a specie tipiche dei greti come *Saponaria officinalis* o *Epilobium dodonaei*, insieme ad alcune specie esotiche avventizie (spesso assai comuni come *Reynoutria japonica* o *Buddleja davidii*).

Presso i bordi dei corsi d'acqua sono presenti *Typhoides arundinacea*, *Glyceria maxima*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Polygonum spp*., *Lythrum salicaria*, *Myosoton aquaticum*; nelle zone più limose è presente il crescione, *Nasturfium officinale*.

La vegetazione acquatica è sviluppata solo localmente ed è solitamente costituita da *Ranunculus trichophyllus, Callitriche stagnalis e Callitriche hamulata*, ed è presente solo nei periodi di morbida.

Saliceti arbustivi di greto

Le formazioni basse, a predominanza di salici, sono situate normalmente a ridosso del corso principale dei torrenti, in bassa e media valle sui greti maggiormente soggetti a disturbo a causa delle piene.

I salici più diffusi nei popolamenti arbustivi sono *Salix purpurea* e *Salix eleagnos*.

In posizione marginale rispetto all'alveo di morbida in corrispondenza dell'alveo di piena ordinaria e su di un substrato composto essenzialmente da ciottoli e sabbia, si sviluppa una fascia di saliceto con elevata copertura di arbusti, generalmente tra il 70% e il 100% ed una copertura erbacea variabile dal 40 al 100%.

Le *facies* arbustive convivono con la vegetazione erbacea dei greti e svolgono un importante ruolo nel trattenimento dei sedimenti e dei detriti alluvionali; esse sono ancora considerate pioniere, ma rappresentano uno stadio vegetazionale più evoluto rispetto alle erbacee pioniere di greto.

In seguito a mutamenti della dinamica fluviale, il saliceto arbustivo raramente evolve verso forme più mature di vegetazione sebbene sia possibile una sua evoluzione verso formazioni legnose alte per la rapida crescita dei pioppi frammisti ai salici.

Il saliceto arbustivo si può considerare una cenosi in qualche modo pioniera, in quanto ciclicamente distrutta dalle piene e riformatasi altrove.

Boschi ripariali

I boschi ripariali presenti, nelle zone di bassa e media quota, lungo l'alveo del torrente Pellice subiscono frequentemente notevoli cambiamenti di stato, a causa delle notevoli variazioni dell'ambiente in cui si sviluppano.

Le formazioni arboree, la cui copertura varia dal 60 al 100%, sono situate verso l'esterno del letto fluviale su suoli più consolidati e vedono la presenza di pioppo nero, salice bianco, ontano nero e bianco, quest'ultimo nella parte più a monte.

Spesso sono floristicamente povere e sono sovente mascherate da frequenti e abbondanti facies a rovi (*Rubus caesius*, *Rubus ulmifolius*, *Rubus gr. fruticosus*).

I saliceti arborei presenti nel tratto di pianura sono caratterizzati da numerose specie nitrofile (classe *Chenopodietea*), anche esotiche (*Robinia pseudoacacia e Reynoutria japonica*) di introduzione più o meno recente, tra le quali alcune infestanti dei coltivi. Sovente il saliceto forma solo una stretta striscia lungo le acque essendo a diretto contatto con i pioppeti artificiali e le colture.

Nell'unico pioppeto rilevato nei pressi di Luserna S. Giovanni, in cui è dominante *Populus nigra*, lo strato erbaceo presenta soprattutto specie della classe *Festuco-Brometea*, che indicano uno sfruttamento eccessivo del territorio e un impoverimento del substrato.

Robinieti

Una tipologia vegetazionale frequente lungo il Pellice e il Chisone è il Robinieto, formazione arborea con dominanza di *Robinia pseudoacacia*.

Questa specie nordamericana è stata introdotta nel 1600 ed è tuttora coltivata per ottenere legna da ardere, data la sua facilissima moltiplicazione vegetativa e la rapidità di accrescimento rispetto alle essenze arboree nostrane.

I robinieti sono presenti nella zona di bassa quota, dai 256 ai 535 m; la loro distribuzione è maggiore lungo le spende più antropizzate.

Si trovano su suoli profondi, talvolta ricchi di scheletro e sabbia negli strati superiori, con scarsa pendenza.

Nel sottobosco di questi robinieti, caratterizzato da specie erbacee cosmopolite estremamente banali, sono spesso assenti specie del bosco mesofilo naturale mentre è rilevante la presenza di specie infestanti e nitrofile in relazione alla simbiosi con batteri azotofissatori. Le specie sono riferite principalmente alle classi *Artemisietea* (*Galium aparine, Saponaria officinalis e Calystegia sepium*) e *Chenopodietea* (tra cui *Galeopsis tetrahit e Urtica dioica*).

Altre specie ad elevata frequenza sono caratteristiche degli ordini *Prunetalia* (tra cui *Crataegus monogyna, Corylus avellana e Rosa gr. canina*) e *Populetalia* (tra cui, nello strato arboreo, *Fraxinus excelsior* e, nello strato arbustivo, *Sambucus nigra*).

Lungo il corso d'acqua si trovano una zona SIC (Sito Interesse Comunitario) alla confluenza con il Po e due zone SIR (Sito Interesse Regionale) tra i comuni di Vigone e Villafranca, corrispondenti ai tratti 2 e 4 del Torrente Pellice, raffigurate in Figura 99.

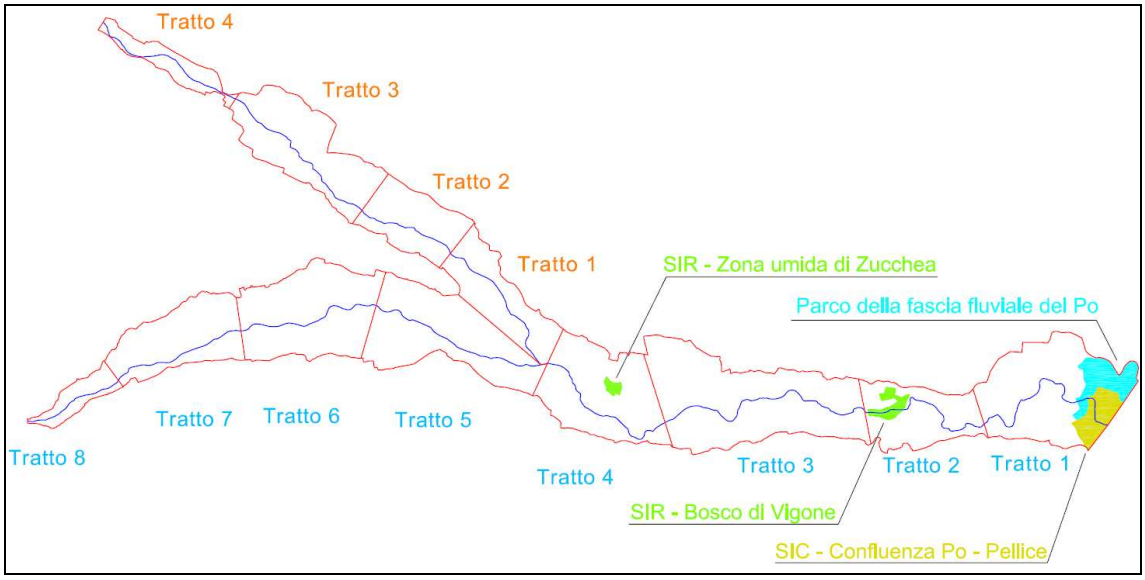


Figura 99 Rappresentazione GIS delle aree SIC e SIR

12.3.3 Caratterizzazione della fauna

Le caratteristiche territoriali dell'area analizzata e del suo intorno, che si contraddistingue per la presenza di ambienti fluviali con superfici forestali intercalate ad aree agricole, con un livello di antropizzazione medio, conferiscono buone potenzialità per lo sviluppo di catene trofiche complesse e popolamenti faunistici caratterizzati da un buon livello di biodiversità. Il corridoio fluviale è indubbiamente la porzione di territorio più importante ed interessante per lo sviluppo di habitat idonei all'insediamento della fauna, oltre che essere in grado di esprimere un maggior livello di biodiversità.

Per quanto concerne le indagini faunistiche (avifauna, erpetofauna, mammalofauna, ecc.), si fa riferimento alla bibliografia consultata e agli allegati.

Per ciò che riguarda l'erpetofauna e l'avifauna, le informazioni che si sono utilizzate derivano dalla bibliografia di riferimento consultata. Tipicamente le aree adiacenti il Pellice e il Chisone risultano essere un habitat adatto per il rospo comune (*Bufo bufo*), la rana verde (*Pelophylax kl. esculentus e Pelophylax lessonae*) e diverse specie di rane rosse (*Rana temporaria e Rana dalmatina*).

Nel periodo riproduttivo è possibile riscontrare la presenza della salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*), mentre nelle zone arbustive si trova l'unico anfibio arboricolo piemontese, la raganella italiana (*Hyla intermedia*).

Un censimento dell'area potrebbe accertare la presenza anche del rospo smeraldino (*Pseudopidalea viridis*), ma soprattutto della rana di Lataste (*Rana latastei*), specie endemica dell'Italia settentrionale, presente in siti con caratteristiche vegetazionali simili e non lontani geograficamente.

Il territorio circostante il torrente inoltre ospita anche diverse specie di rettili, sauri tipici come la lucertola muraiola (*Podarcis muralis*), il ramarro (*Lacerta bilineata*) e l'orbettino (*Anguis fragilis*) e serpenti quali il biacco (*Hierophis viridiflavus*), la vipera (*Vipera aspis*) e il saettone (*Elaphe longissima*).

Il torrente stesso offre prede e territorio anche a specie che dipendono in maggior misura dagli ecosistemi acquatici, come la comune biscia d'acqua, la natrice dal collare (*Natrix natrix*). Attraverso varie ricerche è stata evidenziata la presenza della Coronella austriaca, e della natrice tassellata (*Natrix tessellata*).

Passando all'avifauna, va detto che le alterazioni degli habitat intervenute negli ultimi decenni hanno provocato l'estinzione di specie come la pernice rossa (*Alectoris rufa*) e la quaglia (*Coturnix coturnix*). Ancora presenti, ma in diminuzione i Tetraonidi come il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*), il fagiano comune (*Phanianus colchicus*) e la Pernice bianca (*Lagopus muta*), le cui popolazioni si possono definire sottodimensionate rispetto alle potenzialità del territorio. Proprio la scarsità di neve e il clima asciutto favorisce invece lo sviluppo di un *Fasianide* come la coturnice (*Alectoria graeca*); nelle adiacenze del corso d'acqua sono comparsi l'airone cenerino (*Ardea cinerea*), le gazze (*Pica pica*), le tortore del collare (*Streptopelia decaocto*), ed è diffuso la presenza del germano reale (*Anas plathyrhynchos*) e della gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*). Nelle zone boschive sono diffusi il picchio verde (*Picus viridis*), il picchio rosso (*Picoides major*), il picchio muraiolo (*Sitta europaea*), i crocieri (*Loxia linnaeus*), le cince (*Paridae*) e gli altri passeriformi (*Passeridae*). Tra i più diurni, ben presenti poiane (*Buteo buteo*), saltuariamente segnalati falchi pellegrini (*Falco peregrinua*), mentre al momento attuale nidificano in valle due coppie di aquile reali (*Aquila chrysaetos*). Tra i rapaci notturni, presenza del gufo comune (*Asio otus*), del barbagianni (*Tylo alba*), dell'allocco (*Strix aluco*) e della civetta (*Athena noctua*).

Per informazioni più dettagliate sull'avifauna si rimanda all'allegato specifico.

Per quanto riguarda gli insetti non è stata fatta una valutazione specifica in termini qualitativi, né quantitativi. Tuttavia, si rileva che numerose specie vivono tra la vegetazione arborea ed arbustiva naturale. Molti di essi provengono dai vicini coltivi e si identificano con specie considerate dannose per le piante coltivate e possono essere considerate nocive anche per le essenze naturali.

La mammalofauna, allo stato attuale, è notevolmente influenzata dalla matrice agricola dell'area indagata e dalla diffusa presenza di infrastrutture. I mammiferi, hanno risentito delle modificazioni ambientali determinate dagli interventi antropici legati sia alle attività agricole che all'infrastrutturazione della pianura. Attualmente, le presenze sono costituite principalmente da piccoli roditori: il ghiro (*Glis glis*), il topo quercino (*Elyomis quercinus*), la lepre (*Lepus capensis*), lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*). Inoltre, la zona è interessata dalla presenza di piccoli mammiferi quali il toporagno (*Sorex araneus*), la talpa (*Talpa europea*), il riccio (*Erinaceus europaeus*). È inoltre presente il cinghiale (*Sus scrofa*), di cui si è riscontrata la presenza in corrispondenza di aree limitrofe

all'alveo e nelle vicinanze di aree antropizzate ed è in aumento la popolazione di volpi (*Vulpes volpes*), donnole (*Mustela nivalis*), martore (*Martes martes*) e faina (*Martes foina*).

12.3.4 Caratterizzazione dell'ittiofauna

Il torrente Pellice, nel tratto a valle di Luserna S. Giovanni, coincidente con la zona pedemontana e planiziale del corso d'acqua, è fortemente penalizzato dagli ingenti prelievi ad uso irriguo. In particolare, si segnala la situazione dell'asta fluviale tra l'abitato di Bricherasio ed il ponte presso Villafranca Piemonte soggetta, nel periodo irriguo, ad estese zone di asciutta totale.

Questa zona è stata oggetto, nel recente passato, di pesantissimi interventi di rettificazione e disalveo.

L'ittiofauna presente nel tratto planiziale risente pesantemente delle asciutte periodiche. I pesci sono presenti solo saltuariamente, in quanto l'acqua non viene mantenuta per tutto il corso dell'anno. Nel luglio 2004 nel punto di monitoraggio presso il ponte di Montebruno sono stati campionati solo sporadici esemplari di salmonidi e ciprinidi; specie dominante in questo tratto è la trota fario d'immissione.

La stazione di Villafranca Piemonte è uno dei siti più interessanti e ricchi di specie endemiche di tutta l'area nord occidentale dei corsi d'acqua della Regione Piemonte. Qui il Pellice, pur con portate inferiori rispetto a quelle naturali, ha acqua per tutto l'anno ed è poco alterato dal punto di vista morfologico. In questa zona, già segnalata in passato (Regione Piemonte, 1991; C.R.E.S.T., 1997), risiede una delle meglio conservate popolazioni di trota marmorata del bacino del Po.

Il basso Pellice viene utilizzato da molte specie reofile del Po soprattutto per la riproduzione, conservando ancora ampi ghiareti idonei alla "frega" di salmonidi, timallidi e ciprinidi reofili.

Accanto alla trota mormorata ed al temolo, sono presenti ciprinidi reofili quali barbo, cavedano, lasca e sanguinerola e specie di fondo come il ghiozzo padano e lo scozzone. Rispetto ad un recente passato il numero di specie è però sensibilmente inferiore e non sono più presenti forme autoctone come l'anguilla o la savetta.

La zona ittica è nel complesso a trota mormorata/temolo (Figura 100).

I dati riportati fanno riferimento alle schede di raccolta redatte dalla regione Piemonte, nell'ambito del progetto di monitoraggio della Fauna ittica. Per il torrente Pellice si hanno le stazioni di monitoraggio di località Bocciardino in Luserna S. Giovanni, di Madonna di Montebruno, comune di Garzigliana e presso il guado tra Villafranca e Pancalieri nel comune di Villafranca Piemonte. Per il torrente Chisone si hanno le stazioni di San Martino Chisone, e Paschetti (Comune di Garzigliana). Per il dettaglio delle schede si rimanda all'allegato specifico.

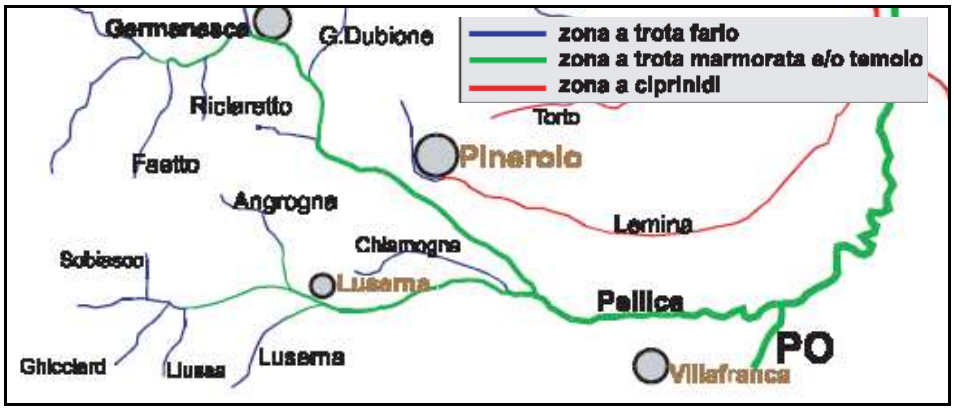


Figura 100 Zone ittiche della Provincia di Torino (sito Provincia di Torino)

12.3.5 Caratterizzazione dell'acqua

Sebbene lo stato di qualità dell'acqua vari da sufficiente a buono man mano che si procede verso i tratti montani, (vedi indici SECA e SACA del PTA), in relazione al grado di antropizzazione (seminativi e aree agricole) ed urbanizzazione (infrastrutture di differenti tipologie), le acque del Pellice e del Chisone presentano valori tali da poter definire una certa compromissione dell'intero ecosistema. Nel complesso si denota un grado di qualità scadente che si ripercuote sulla naturalità e sulle cenosi ittiche. Pertanto la funzionalità ecologica dell'ecosistema nel suo complesso risulta essere compromessa.

Un elenco della vegetazione tipicamente acquatica, *macrophyte e periphyton*, presente nell'alveo di Pellice e Chisone è riportato nell'allegato specifico e si basa su informazioni di bibliografia poiché il periodo durante il quale sono stati effettuati i sopralluoghi (febbraio/marzo) coincideva con fasi di asciutta dei torrenti. Questa componente rappresenta l'elemento base di tutta la catena alimentare e per questo motivo per una descrizione precisa e dettagliata sarebbe opportuno procedere ad un monitoraggio specifico finalizzato alla sua classificazione.

Le macrofite acquatiche sono un gruppo definito su base ecologico – funzionale e comprendono i vegetali macroscopicamente visibili presenti negli ambienti acquatici, palustri e di greto.

12.4 Caratterizzazione ecologico – ambientale dell'ecosistema dei torrenti Pellice e Chisone

Ai fini della caratterizzazione ecologico – ambientale il torrente Pellice è stato suddiviso in otto tratti omogenei a partire dalla confluenza con il fiume Po e salendo a monte fino in località Luserna S. Giovanni. Questi si estendono lateralmente sino al limite della Fascia B di delimitazione del "Piano Assetto Idrogeologico" (PAI).

Il Torrente Chisone è stato suddiviso anch'esso in tratti omogenei, per la precisione 4, dalla confluenza con il torrente Pellice sino al ponte di Miradolo.

Le aree di ciascun tratto oggetto di studio coincidono con i tratti omogenei individuati per l'analisi geomorfo-idraulica; si è poi proceduto all'individuazione delle diverse specifiche aree di utilizzo del suolo mediante aggiornamento e integrazione degli studi sulla copertura del suolo elaborati dall'IPLA sulla base di ortofotocarte elaborate nel 2006. Ciascun tratto è stato suddiviso in sponda destra, sponda sinistra ed alveo attivo e di ognuno di essi si è determinata l'estensione in termini assoluti e in percentuale. La Figura 101 sintetizza la situazione percentuale dell'andamento della copertura vegetazionale nell'intero tratto del Torrente Pellice considerato nell'analisi. È da notare l'alta percentuale di seminativi, che copre più della metà dell'intero tratto analizzato e nel contempo la bassa percentuale di aree urbanizzate, le quali fanno sì che nell'insieme lo stato ecologico del corso d'acqua non sia così pessimo.

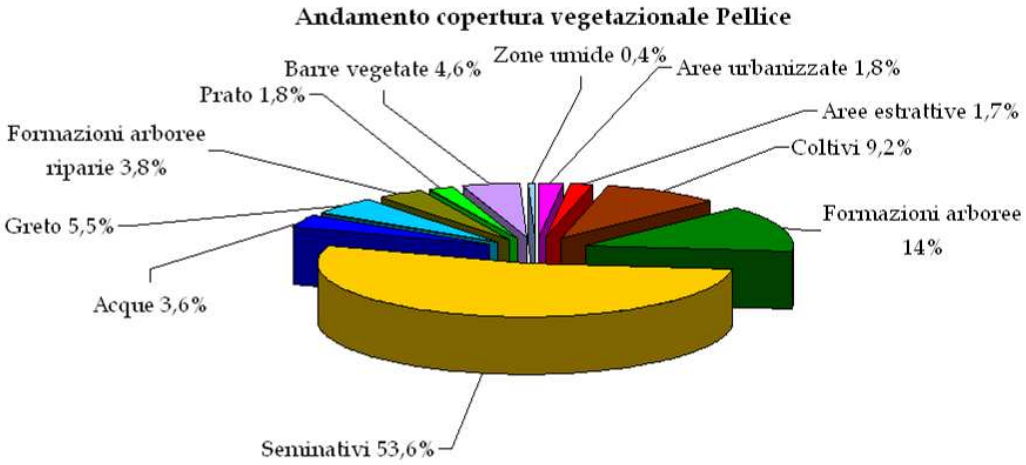


Figura 101 Torrente Pellice, distribuzione % sull'intera superficie considerata della copertura vegetazionale

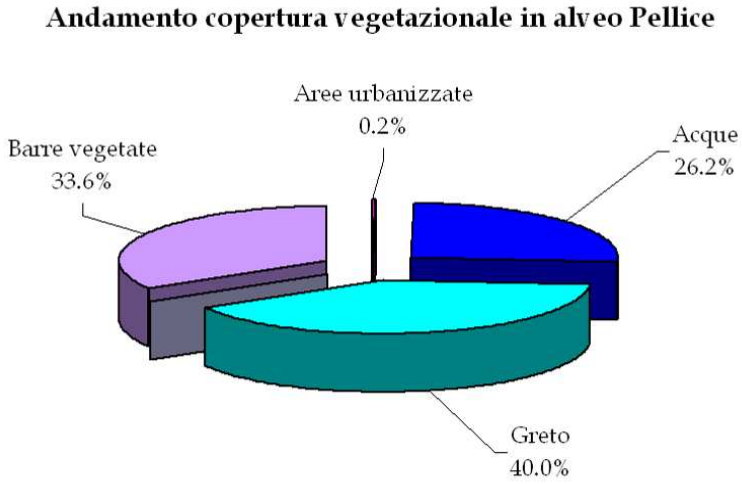


Figura 102 Torrente Pellice, distribuzione % sull'intero alveo della copertura vegetazionale

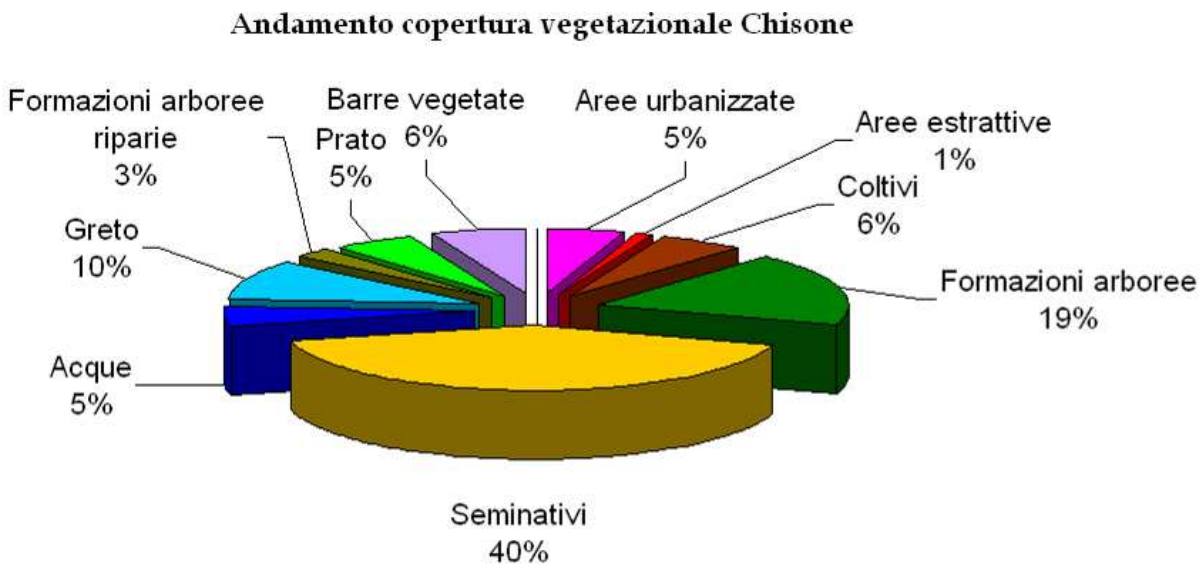


Figura 103 Torrente Chisone, distribuzione % sull'intera superficie considerata della copertura vegetazionale

Figura 104 Torrente Chisone, distribuzione % sull'intero alveo della copertura vegetazionale

Dopo aver determinato le aree specifiche di uso del suolo, si sono calcolati i vari indici, riportati in Tabella 19 per il torrente Pellice ed in Tabella 20 per il torrente Chisone mediante la metodologia esposta precedentemente.

Tabella 19 Indici per i tratti del Torrente Pellice

Torrente Pellice 1 - 4	*Tratto 1*			*Tratto 2*			*Tratto 3*			*Tratto 4*		
Indice	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**
Indice di Naturalità Vegetazionale (I-nv)	4.6	7.7	4.9	4.8	6.8	5.2	5.3	6.8	5.0	4.3	7.1	4.2
Indice di Varietà Biotipica (I-vb)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Presenza di Habitat Protetti (I-hp)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3
Indice di Quantità Faunistica (I-fa$_{quantità}$)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2
Indice di Qualità Faunistica (I-fa$_{qualità}$)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Indice Faunistico (I-fa)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2
Indice Vegetazionale e Faunistico (I-vf)	**27.6**	**46.5**	**29.2**	**29.0**	**40.9**	**31.1**	**24.3**	**0.0**	**23.0**	**25.6**	**0.0**	**25.5**
Indice Effetto Filtro (I-ef)	3.8		4.2	4.3		4.7	4.7		4.4	3.5		3.5
Indice di Integrità Vegetazionale riparia (I-iv)	1.5		1.5	1.5		1.5	1.4		1.3	1.2		1.3
Indice di Funzionalità Ripariale (I-fr)	**5.7**		**6.3**	**6.4**		**7.0**	**6.5**		**5.7**	**4.2**		**4.5**
Stato Ecologico del Corso d'Acqua (SECA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Stato Ambientale del Corso d'Acqua (SACA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Indice Vegetazionale Acquatico (I-va)		2.0			2.0			1.0			1.0	
Indice di Qualità dell'Alveo (i-qa)		**12.0**			**12.0**			**6.0**			**6.0**	
STATO AMBIENTALE (SA)	**18.9**	**32.7**	**20.0**	**20.0**	**29.3**	**21.5**	**17.2**	**2.4**	**16.1**	**17.0**	**2.4**	**17.1**
Indice di Uso del Suolo (I-us)	2.7	3.0	2.6	2.4	3.0	2.3	2.2	3.0	2.5	2.7	3.0	2.6
Indice di Modificazione dell'Alveo (I-ma)		6.2			5.1			6.5			7.1	
PRESSIONE ANTROPICA (PA)	**6.6**	**18.7**	**6.4**	**6.0**	**15.4**	**5.8**	**5.5**	**19.6**	**6.2**	**6.8**	**21.3**	**6.4**
STATO ECOLOGICO (SE)	**12.2**	**14.0**	**13.6**	**14.0**	**13.9**	**15.7**	**11.7**	**-17.2**	**9.9**	**10.3**	**-18.9**	**10.7**
STATO ECOLOGICO MEDIO	**13.3**			**14.5**			**1.4**			**0.7**		
Torrente Pellice 5 - 8	*Tratto 5*			*Tratto 6*			*Tratto 7*			*Tratto 8*		
Indice	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**
Indice di Naturalità Vegetazionale (I-nv)	5.0	6.9	5.3	5.3	7.4	5.5	9.1	6.5	5.6	7.8	7.2	6.4
Indice di Varietà Biotipica (I-vb)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Presenza di Habitat Protetti (I-hp)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Indice di Quantità Faunistica (I-fa$_{quantità}$)	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	2.1	4.2
Indice di Qualità Faunistica (I-fa$_{qualità}$)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Indice Faunistico (I-fa)	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2	4.2	2.1	4.2
Indice Vegetazionale e Faunistico (I-vf)	**23.3**	**0.0**	**24.3**	**24.3**	**0.0**	**25.4**	**42.0**	**0.0**	**25.8**	**35.9**	**16.6**	**29.8**
Indice Effetto Filtro (I-ef)	4.3		4.6	4.7		4.9	9.0		5.1	7.8		6.2
Indice di Integrità Vegetazionale riparia (I-iv)	1.3		1.4	1.3		1.5	1.5		1.4	1.4		1.4
Indice di Funzionalità Ripariale (I-fr)	**5.6**		**6.4**	**6.1**		**7.3**	**13.4**		**7.1**	**11.0**		**8.6**
Stato Ecologico del Corso d'Acqua (SECA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Stato Ambientale del Corso d'Acqua (SACA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Indice Vegetazionale Acquatico (I-va)		1.0			1.0			1.0			2.0	
Indice di Qualità dell'Alveo (i-qa)		**6.0**			**6.0**			**6.0**			**12.0**	
STATO AMBIENTALE (SA)	**16.2**	**2.4**	**17.1**	**17.0**	**2.4**	**18.2**	**30.6**	**2.4**	**18.3**	**25.9**	**14.8**	**21.3**
Indice di Uso del Suolo (I-us)	2.4	3.0	2.2	2.5	3.0	2.3	0.4	1.0	2.2	1.3	1.0	1.9
Indice di Modificazione dell'Alveo (I-ma)		7.1			5.4			6.6			9.6	
PRESSIONE ANTROPICA (PA)	**5.9**	**21.2**	**5.5**	**6.2**	**16.1**	**5.8**	**1.1**	**6.6**	**5.6**	**3.1**	**9.6**	**4.7**
STATO ECOLOGICO (SE)	**10.3**	**-18.8**	**11.7**	**10.8**	**-13.7**	**12.3**	**29.5**	**-4.2**	**12.7**	**22.8**	**5.2**	**16.6**
STATO ECOLOGICO MEDIO	**1.1**			**3.1**			**12.7**			**14.9**		

Tabella 20 Indici per i tratti 1, 2, 3, e 4 del Torrente Chisone

Torrente Chisone 1 - 4	*Tratto 1*			*Tratto 2*			*Tratto 3*			*Tratto 4*		
Indice	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**	**Dx**	**Alveo**	**Sx**
Indice di Naturalità Vegetazionale (I-nv)	5.4	6.5	5.4	5.0	6.3	5.1	6.6	6.8	5.7	6.7	7.4	4.7
Indice di Varietà Biotipica (I-vb)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Presenza di Habitat Protetti (I-hp)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Indice di Quantità Faunistica (I-fa$_{quantità}$)	2.1	0.0	2.1	2.1	0.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Indice di Qualità Faunistica (I-fa$_{qualità}$)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Indice Faunistico (I-fa)	2.1	0.0	2.1	2.1	0.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Indice Vegetazionale e Faunistico (I-vf)	**12.5**	**0.0**	**12.5**	**11.5**	**0.0**	**11.8**	**15.3**	**15.7**	**13.1**	**15.4**	**17.1**	**11.0**
Indice Effetto Filtro (I-ef)	5.0		4.8	4.8		4.4	6.0		4.9	6.0		4.2
Indice di Integrità Vegetazionale riparia (I-iv)	1.3		1.5	1.4		1.4	1.3		1.4	1.2		1.3
Indice di Funzionalità Ripariale (I-fr)	**6.5**		**7.2**	**6.7**		**6.1**	**7.8**		**6.8**	**7.2**		**5.5**
Stato Ecologico del Corso d'Acqua (SECA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Stato Ambientale del Corso d'Acqua (SACA)		6.0			6.0			6.0			6.0	
Indice Vegetazionale Acquatico (I-va)		1.0			1.0			2.0			2.0	
Indice di Qualità dell'Alveo (i-qa)		**6.0**			**6.0**			**12.0**			**12.0**	
STATO AMBIENTALE (SA)	**10.1**	**2.4**	**10.4**	**9.6**	**2.4**	**9.5**	**12.3**	**14.2**	**10.6**	**12.1**	**15.0**	**8.8**
Indice di Uso del Suolo (I-us)	2.2	3.0	2.2	2.0	3.0	2.4	1.6	3.0	1.8	1.3	3.0	1.8
Indice di Modificazione dell'Alveo (I-ma)		13.7			11.4			7.9			14.6	
PRESSIONE ANTROPICA (PA)	**5.4**	**41.1**	**5.4**	**5.0**	**34.2**	**6.0**	**4.0**	**23.7**	**4.4**	**3.2**	**43.7**	**4.5**
STATO ECOLOGICO (SE)	**4.7**	**-38.7**	**5.0**	**4.6**	**-31.8**	**3.5**	**8.3**	**-9.4**	**6.2**	**9.0**	**-28.7**	**4.2**
STATO ECOLOGICO MEDIO	**-9.7**			**-7.9**			**1.7**			**-5.2**		

La fascia fluviale del torrente Pellice presenta una compromissione generale medio-alta. Il livello di compromissione quantitativa della risorsa idrica superficiale si può stimare come alto, in relazione agli altri bacini regionali. Nel settore di pianura, si riscontrano moderate condizioni locali di disequilibrio del bilancio idrogeologico, riferibili ad un elevato tasso di prelievo dall'acquifero. Nella porzione di bacino montano, si segnalano temporanee e localizzate situazioni di crisi di approvvigionamento idropotabile riferibili alla fase di esaurimento dei deflussi sorgivi.

Lo stato di qualità ambientale delle acque superficiali è da considerarsi sufficiente nel tratto di Pellice a valle di Luserna San Giovanni per la presenza di immissioni di origine produttiva e civile.

La qualità dello stato dell'ecosistema è scarsa, le pressioni sono nel complesso elevate e la fascia fluviale del Pellice presenta diffuse situazioni di alto degrado.

Numerose sono le modificazioni d'alveo che incidono pesantemente sulla qualità dell'ecosistema del'intero.

Nel suo complesso il tratto di Pellice analizzato si presenta in uno stato ecologico mediamente compreso tra la classe III e la classe IV, riportato nel grafico in Figura 105.

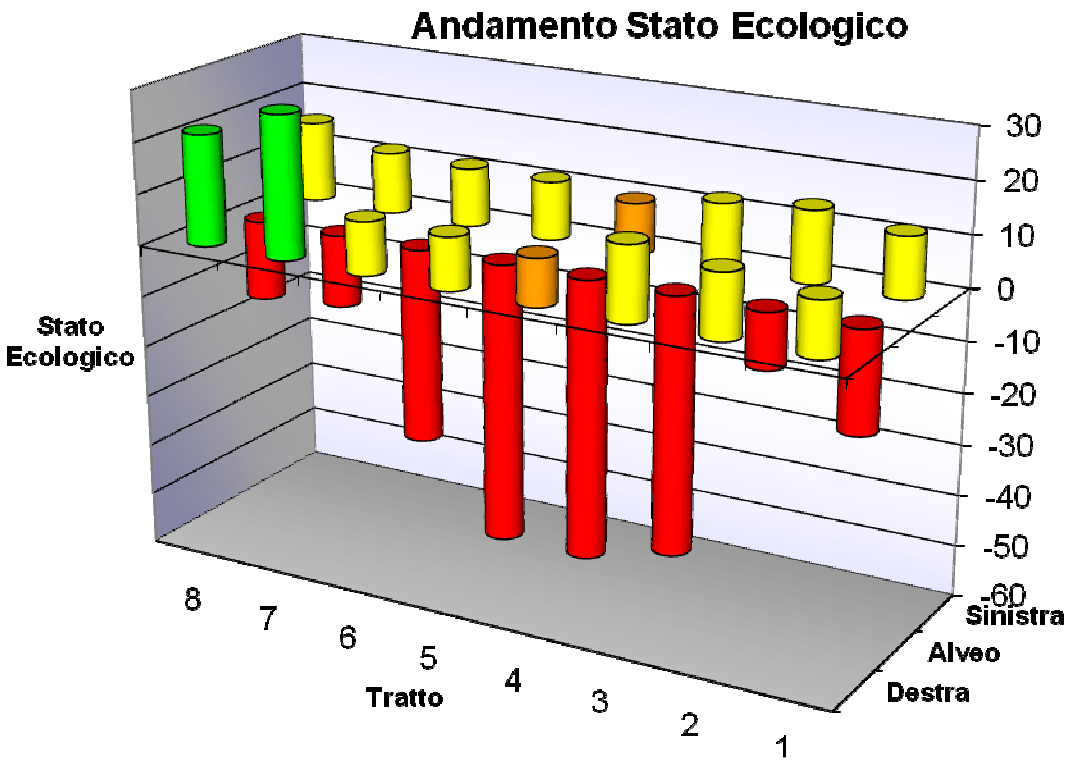


Figura 105 Andamento stato ecologico del Torrente Pellice

Il tratto 7 ad esempio presenta uno stato ecologico più elevato in fascia destra rispetto al valore della fascia sinistra. Ciò è dovuto al fatto che mentre sulla fascia destra la presenza di formazioni arboree è del 84%, in fascia sinistra è solo circa un quarto, cioè il 20%. Una situazione simile si ritrova anche nel tratto 8.

I livelli di alterazione sono per lo più dovuti all'attività antropica che ha modificato la naturalità del territorio. La percentuale dei seminativi risulta coprire una superficie che in alcuni tratti supera il 50%, come nei primi sei tratti, con punte dell'80% nel primo tratto. Solo nei tratti 7 e 8 sulla fascia destra la percentuale di seminativi è inferiore al 25%.

La fascia fluviale del torrente Chisone presenta una situazione di forte compromissione dovuta all'intervento antropico mediante una canalizzazione dell'intero corso. Si può notare, dalla Figura 106, come il valore di qualità dell'alveo assuma, per i tratti considerati, valori sempre negativi, questo a significare forte compressione delle biocenosi. Le sponde sia destra sia sinistra, presentano valori scadenti per l'intera estensione dei tratti considerati. Questo è dovuto principalmente ad una forte presenza di opere longitudinali.

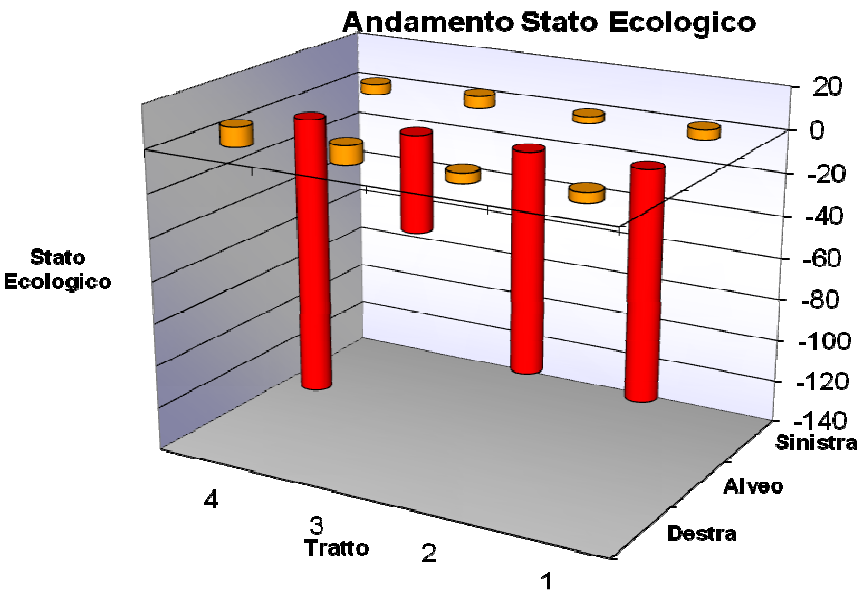


Figura 106 Andamento stato ecologico del Torrente Chisone

Si ricorda che lo stato ecologico SE del corso idrico è rappresentato mediante le classi di qualità individuate in Figura 107. La scala è compresa tra valori minori di 0 e maggiori di 50, raggruppati a loro volta in 6 classi. Le classi vanno da un valore minimo di 1, che indica un ottimo stato ecologico, ad un massimo di 6, stante per un pessimo stato ecologico; a ciascuna classe è stato associato un colore utile ai fini della rappresentazione cartografica.

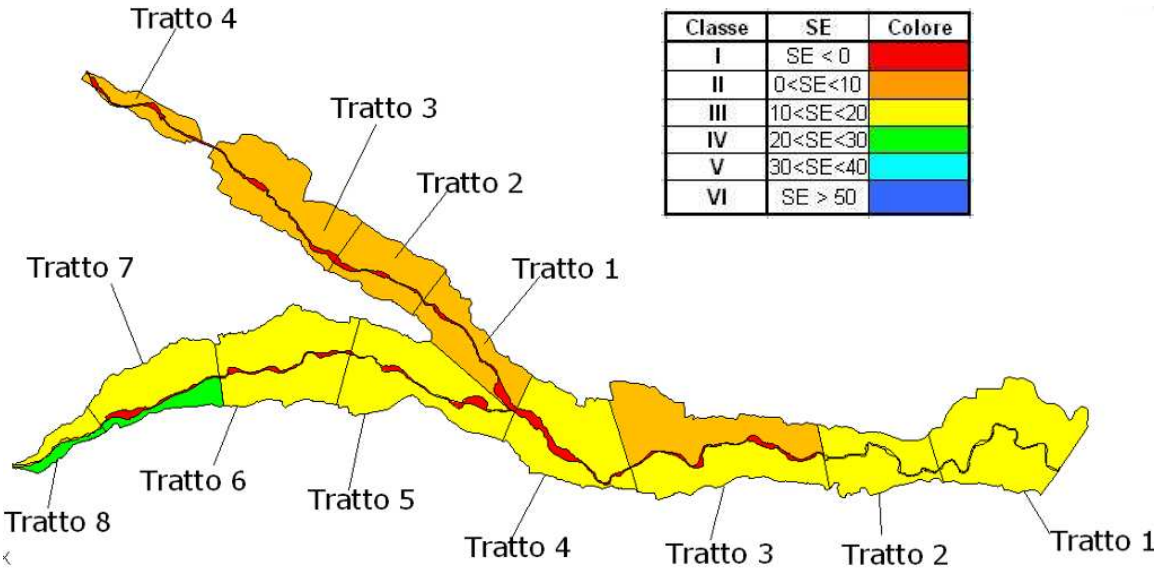


Figura 107 Rappresentazione dello stato ecologico dei torrenti Pellice e Chisone secondo la suddivisione in classi di qualità

13 Programma di gestione dei sedimenti

Facendo seguito all'analisi dell'assetto attuale dei due corsi d'acqua, rispetto ai tre aspetti, idraulico, geomorfologico e ambientale che ne rappresentano in forma integrata le componenti, e alla valutazione delle tendenze evolutive dell'alveo attivo e di quello di piena rispetto all'assetto geomorfologico e alla dinamica dei sedimenti, è stato definito il Programma di gestione dei sedimenti.

Le linee di intervento sono individuate con riferimento ai tronchi omogenei in cui sono suddivise le due aste e rispondono a precisi obiettivi di assetto morfologico e idraulico, definiti sia a scala locale sia a quella relativa all'estensione di pianura dei due corsi d'acqua in studio.

L'insieme delle indicazioni sono raccolte per ciascun tronco su una scheda di interventi, corredata di supporto cartografico.

La correlazione tra lo stato di fatto del sistema idrografico in studio, la sua prevedibile tendenza evolutiva e gli interventi è rappresentata dalla identificazione di condizioni di *criticità* connesse al rischio idraulico, legate prevalentemente ai fenomeni di evoluzione morfologica dell'alveo di breve e di medio termine e al funzionamento delle opere di difesa, che svolgono il ruolo di contenimento della divagazione planimetria dell'alveo attivo.

L'assetto morfologico obiettivo, o di progetto, per i corsi d'acqua che deve essere perseguito attraverso il PGS è stato definito mediante la definizione di due fattori che fissano le caratteristiche planimetriche e altimetriche dell'alveo attivo:

- la fascia di divagazione planimetrica compatibile,
- il profilo di variazione compatibile del fondo alveo.

13.1 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): fascia di divagazione compatibile dell'alveo attivo

Il criterio generale di gestione delle erosioni di sponda che si sta sempre più affermando negli ultimi anni è quello di definire una fascia di divagazione dell'alveo attivo, cioè di una fascia entro cui permettere gli spostamenti planimetrici del corso d'acqua conseguenti alla sua tendenza evolutiva; all'interno di tale fascia non devono quindi essere inserite opere idrauliche, tipicamente quelle di difesa dalle erosioni di sponda, che impediscano o contrastino i fenomeni propri della dinamica dell'alveo.

Tale fascia è quella indicata nella Direttiva dell'Autorità di bacino n. 9/2006 del 05/04/2006 "Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua".

Tale approccio offre indubbi vantaggi dal punto di vista geomorfologico, soprattutto nei casi in cui si ha a che fare con alvei in fase di incisione (ad es. consentendo erosioni di sponda che mobilizzano almeno una parte dei sedimenti di cui vi è carenza nel bilancio sedimentologico dell'alveo).

Il criterio di base, formulato già negli indirizzi generali del PAI, è quello di assicurare la difesa idraulica e dunque anche quella rispetto ai fenomeni di dissesto morfologico

dell'alveo nei confronti delle aree a maggiore rischio e cioè le aree occupate dagli insediamenti e dalle infrastrutture.

Bisogna compensare l'effetto di artificializzazione del corso d'acqua necessario per questo obiettivo, riducendo al minimo le interferenze sulla dinamica evolutiva dell'alveo dove non è necessario per i fini indicati.

Va infatti valutato l'effetto che gli interventi di difesa locale producono sulle condizioni morfologiche di un corso d'acqua a scala più estesa (ad es.: riducendo la fonte del materiale solido movimentabile rappresentata dalle sponde naturali dell'alveo attivo, si aumenta il deficit di trasporto solido, che viene compensato con una maggiore erosione di fondo e quindi con l'abbassamento dell'alveo), che possono portare ad un rischio idraulico complessivamente maggiore (ad es. sollecitazioni erosive sui manufatti di attraversamento e sulle fondazioni delle opere di difesa nei tratti in cui devono essere mantenute efficienti per la protezione dei beni a rischio).

Sono state individuate diverse definizioni di fascia di divagazione compatibile, in relazione sia alle caratteristiche del corso d'acqua sia a quelle complessive del territorio in cui esso è inserito.

Secondo l'impostazione derivante dalle prime esperienze attuate in materia, soprattutto in Francia, la fascia di divagazione compatibile è costituita dall'area di fondovalle in cui ha divagato il fiume durante le ultime centinaia di anni e dalle zone di probabile occupazione per effetto dell'erosione laterale prevedibile a medio termine (40-50 anni).

La procedura utilizzata per la definizione di tale fascia richiede quindi le seguenti analisi di tipo geomorfologico: i) la delimitazione della fascia di divagazione storica, relativa a tutto il periodo documentato (ultimi 100-200 anni a seconda del corso d'acqua); ii) la stima delle aree occupate dai fenomeni di erosione di sponda a medio termine; iii) la presa in conto degli aspetti antropici che condizionano attualmente la divagazione dell'alveo (opere idrauliche) o che comunque rendono incompatibile la divagazione dell'alveo. La fascia di divagazione deriva quindi dalla combinazione delle aree i) e ii), compensata con i limiti posti dalle esigenze di sicurezza del territorio e tiene conto quindi della dinamica storica dell'alveo e di quella prevedibile.

La metodologia adottata ai fini del Programma di Gestione segue i criteri sopra esposti con le precisazioni che vengono di seguito elencate.

a) Fascia di divagazione storica. Sui tratti in studio dei torrenti Pellice e Chisone è disponibile l'indagine sull'evoluzione planimetrica dell'alveo attivo dal 1880 al 2006.

Utilizzando tali analisi, si è scelto di considerare un intervallo di 30 anni, a partire dagli anni '70-'80 ad oggi, e di adottare come divagazione storica quella limitata all'inviluppo delle forme che si sono manifestate in questo periodo. Ciò in considerazione del fatto che un intervallo temporale maggiore avrebbe comportato una fascia di divagazione incompatibile con l'attuale assetto territoriale e quindi non utile per i fini pratici.

Si è inoltre valutato che le maggiori trasformazioni antropiche del territorio, comprese quelle che hanno condizionato i corridoi fluviali, si sono manifestate proprio a partire da tali anni e quindi il periodo di riferimento è apparso rappresentativo per la successiva formazione della fascia compatibile, in quanto indicativo della possibile evoluzione futura del corso d'acqua.

La fascia di divagazione storica, come componente della fascia di divagazione compatibile, è stata quindi definita come l'inviluppo esterno dei tracciati dell'alveo attivo a partire da quello disponibile relativo al 1975 fino a quello del 2006.

b) Stima dell'erosione a medio termine (30 anni). Per analogia con il periodo storico considerato, si è assunto un termine di 30 anni rispetto al quale valutare la possibile evoluzione delle sponde in relazione ai fenomeni erosivi.

Per ognuno dei tratti di sponda attualmente non difesi e interessati da fenomeni di erosione in corso di piena, sono stati ricavati valori medi di avanzamento laterale della sponda, sulla base della progressione storica riscontrata nel passato recente (sullo stesso periodo 1975-2006). E' stata quindi tracciata la presumibile posizione-limite della sponda nel prossimo trentennio, con andamento circa parallelo alla sponda attuale e tenendo conto del tracciato complessivo dell'alveo.

Va chiarito che la stima dell'erosione a medio termine è stata effettuata per verificare la possibile ulteriore evoluzione dell'alveo, oltre la fascia di divagazione storica 1975-2003, in modo da poter individuare la necessità eventuale di interventi di controllo rispetto agli aspetti connessi al rischio idraulico. Non è quindi parso utile nè necessario effettuare tale valutazione per i tratti dove la fascia di divagazione compatibile è confinata sulla posizione delle opere di difesa esistenti o dalla presenza di infrastrutture o insediamenti non rilocalizzabili.

c) Fascia di divagazione compatibile. La fascia di divagazione compatibile è stata ottenuta a partire dalla fascia di divagazione storica 1975-2003, corretta nei tratti in cui esistono vincoli alla divagazione dell'alveo, dettati sostanzialmente dalle esigenze di protezione degli insediamenti o delle infrastrutture.

In tali tratti la fascia è stata appoggiata alle difese di sponda esistenti, alle quali è stata riconosciuta tale funzione (*difese strategiche*).

Nei tratti in cui il sistema territoriale non pone limiti alla divagazione dell'alveo, la fascia di divagazione storica 1975-2003 è stata ampliata per la quota di arretramento della sponda derivante dal tasso di erosione stimato come probabile nel prossimo trentennio.

La fascia di divagazione rappresenta quindi la fascia attiva dell'alveo negli ultimi 30 anni e di possibile riattivazione nei prossimi 30 anni, facendo riferimento quindi ad un intervallo temporale complessivo di 60 anni (che coincide con la media scala temporale).

La fascia è stata tracciata sulla base planimetrica alla scala 1:10.000 e riportata in un atlante cartografico per tutto il tratto del corso d'acqua in studio e viene illustrata nel dettaglio nell'ambito della parte descrittiva delle linee di intervento relative a ciascun tronco omogeneo.

Va sottolineato che la fascia di divagazione compatibile, secondo le modalità di definizione adottate, pur essendo fondata su un'analisi storica del corso d'acqua e sugli elementi che dipendono dalle sue caratteristiche morfologiche e idrauliche, non è un elemento descrittivo dell'evoluzione storica, ma assume la connotazione di uno strumento di progetto, indicando sostanzialmente l'assetto planimetrico dell'alveo attivo che costituisce l'obiettivo della gestione dell'alveo stesso.

Il tracciamento della fascia di divagazione compatibile, secondo i criteri sopra definiti, ha consentito come prima operazione funzionale all'individuazione degli interventi

sull'alveo di operare una prima classificazione delle opere di sponda esistenti destinate al controllo planimetrico dell'alveo:

- *opere strategiche*, la cui funzione è indispensabile alla sicurezza idraulica degli insediamenti e delle infrastrutture adiacenti;
- *opere non strategiche,* tutte le opere rimanenti la cui funzione di contrasto ai fenomeni erosivi delle sponde non risponde alle esigenze di protezione sopra indicate.

Gli interventi del PGS sono concentrati sulle opere strategiche; per le altre opere, visto il consistente livello di artificializzazione di molti tratti di alveo, andranno definite le modalità di progressiva dismissione che tengano conto delle possibili evoluzioni morfologiche dell'alveo, sulla base dei risultati delle attività di monitoraggio che dovranno essere svolte.

13.2 Individuazione degli obiettivi di assetto (livello di asta fluviale): variazione compatibile del fondo alveo

Il profilo di variazione compatibile del fondo alveo è il secondo elemento che completa normalmente la definizione dell'assetto morfologico di progetto del corso d'acqua: esso è definito come il campo di escursione altimetrica entro cui può muoversi la quota di fondo dell'alveo attivo compatibilmente con le esigenze di contenere all'interno della fascia B la piena di progetto o comunque di mantenere i livelli idrici per la piena di riferimento entro i valori assegnati. Va tenuto presente, in proposito, che si tratta comunque di una schematizzazione di carattere idraulico morfologico rispetto alle reali modalità di deflusso in piena di un alveo a fondo mobile.

Le procedure di definizione del campo di variazione del fondo possono avere complessità diversa, a seconda del bagaglio delle informazioni disponibili. Il livello informativo minimo è rappresentato dalla conoscenza quantitativa, p.e. tramite sezioni topografiche trasversali dell'alveo, dell'evoluzione delle quote di fondo su un periodo storico sufficientemente rappresentativo.

Per i tratti in studio dei torrenti Pellice e Chisone non sono risultate disponibili informazioni sufficientemente dettagliate relative alla geometria degli alvei in periodi storici precedenti all'attuale. Non è quindi stato possibile valutare quantitativamente la variazione delle quote di fondo alveo, riferite ad esempio al trentennio trascorso, rispetto a cui è stata definita la fascia di divagazione compatibile.

Tale carenza informativa ha inoltre impedito di stimare le variazioni delle quote di fondo alveo (medio e minimo) intervenute. I sopralluoghi diretti hanno permesso di osservare direttamente e di stimare qualitativamente a livello locale, con buona precisione, gli abbassamenti di fondo alveo che si sono manifestati; delle osservazioni viene dato conto nella descrizione dell'assetto attuale dei due corsi d'acqua e nella identificazione delle criticità.

I risultati hanno messo in evidenza una situazione generalizzata caratterizzata da consistenti abbassamenti del fondo alveo sull'intera estensione dei due corsi d'acqua indagati, verificatasi sicuramente nell'ambito dell'ultimo trentennio, in alcuni tratti con valori particolarmente elevati, anche superiori ai 3 m.

Non vi sono per contro elementi che permettano di stimare il trend evolutivo delle quote di fondo, anche se le osservazioni raccolte depongo a favore di una ulteriore tendenza all'abbassamento.

In rapporto a tali condizioni, si è ritenuto opportuno assumere come riferimento di progetto il fondo alveo attuale, derivante dai rilievi topografici aggiornati al 2005, come il valore minimo da considerare, rispetto al quale occorre porre in atto interventi che nel breve-medio periodo tendano ad arrestare ulteriori abbassamenti.

13.3 Interventi del Programma di gestione per tronco omogeneo

Gli interventi che costituiscono il Programma di Gestione per i torrenti Pellice e Chisone sono stati individuati sulla base dei risultati emergenti dalle analisi relative alla caratterizzazione dello stato di fatto del corso d'acqua e delle tendenze evolutive che riguardano la morfologia dell'alveo.

Sono inoltre coerenti con gli obiettivi complessivi di assetto morfologico a livello plano-altimetrico, che sono rappresentati sostanzialmente dalla fascia di divagazione compatibile e dalle assunzioni circa il profilo di fondo.

Le condizioni di criticità due corsi d'acqua indagati sono sintetizzabili nei seguenti punti:

- incisione e ampliamento per erosione dell'alveo inciso (capacità di portata prossima al tempo di ritorno di 200 anni), con tendenza accentuata all'instabilità morfologica per erosione sulle sponde e sul fondo;
- forte incidenza delle opere di difesa spondale, che in molti casi limitano la divagazione dell'alveo anche nei tratti in cui non vi sono esigenze di protezione;
- piani golenali che non contribuiscono, o contribuiscono in maniera molto limitata, al deflusso in piena e non svolgono quindi funzioni di laminazione e riduzione delle velocità medie di deflusso;
- forte artificializzazione dell'alveo inciso da parte di opere a servizio di attività di cava esterne (soprattutto piste per i mezzi di trasporto e guadi), che contribuisce, unitamente alle opere idrauliche, alla compromissione dello stato ecologico della regione fluviale.

Il complesso degli interventi che costituiscono il Programma di Gestione è rappresentato dai seguenti punti:

- adeguamenti/integrazioni delle opere di sponda (*opere strategiche*) funzionali alla protezione degli abitati e delle infrastrutture presenti;
- riconversione delle opere che non hanno funzione di protezione idraulica (*opere non strategiche*) nel tratto a valle delle confluenza del Chisone, finalizzata all'impegno delle aree golenali a funzioni di laminazione;
- miglioramenti locali assetto morfologico dell'alveo (aperture di nuovi rami, adeguamenti della ripartizione trasversale) finalizzati a miglioramenti locali delle condizioni di deflusso;
- adeguamento della golena in sponda sinistra del Pellice, nel tratto a valle della confluenza del Chisone, a funzioni di laminazione controllata dell'onda di piena;

- attuazione di procedure di monitoraggio della morfologia dell'alveo, finalizzate a controllarne l'evoluzione in relazione al trend attuale e agli effetti degli interventi progressivamente realizzati.

Le condizioni di assetto dei corsi d'acqua, sopra descritte, non richiedono interventi significativi di movimentazione e asportazione di materiale d'alveo, al di fuori di quelli già realizzati immediatamente a seguito della piena del maggio 2008. Per altro, le indagini eseguite a seguito dell'evento hanno posto in evidenza l'assenza di volumi apprezzabili di materiale solido depositati nei tronchi indicati, nonostante l'elevata produzione e movimentazione di materiale nei tratti montani dei due corsi d'acqua, documentata dai rapporti di piena di ARPA-Piemonte e della Provincia di Torino.

Per le *aree golenali esterne all'alveo attivo (alveo di piena)*, la sola ipotesi d'intervento individuata è relativa alla destinazione a cassa di laminazione della golena sinistra del torrente Pellice nel tratto medio terminale, che va dalla confluenza Chisone alla confluenza in Po. Negli altri tratti, la notevole incisione generalizzata dell'alveo attivo rispetto ai piani golenali non consente di ipotizzare interventi significativi di riconnessione delle golene all'alveo stesso.

Particolare importanza, viste le condizioni di assetto attuale, riveste infine l'attuazione di procedure di monitoraggio morfologico, funzionali a documentare l'evoluzione dell'alveo. E' noto infatti che la "riconversione" di un sistema fluviale fortemente artificializzato da opere pone notevoli problemi circa la prevedibilità delle evoluzioni morfologica e idraulica attese, per le quali è indispensabile disporre di dati dettagliati rilevati con regolarità e correlati alle condizioni idrologiche dei deflussi.

In relazione al carattere gestionale che si intende assegnare al Programma, è apparso utile organizzare gli interventi stessi su una scheda sintetica relativa a ciascun tronco omogeneo che raggruppi sia le informazioni conoscitive relative all'assetto del tronco, sia le valutazioni di tendenza, sia infine l'indicazione degli interventi.

La scheda è quindi costituita da quattro sezioni:

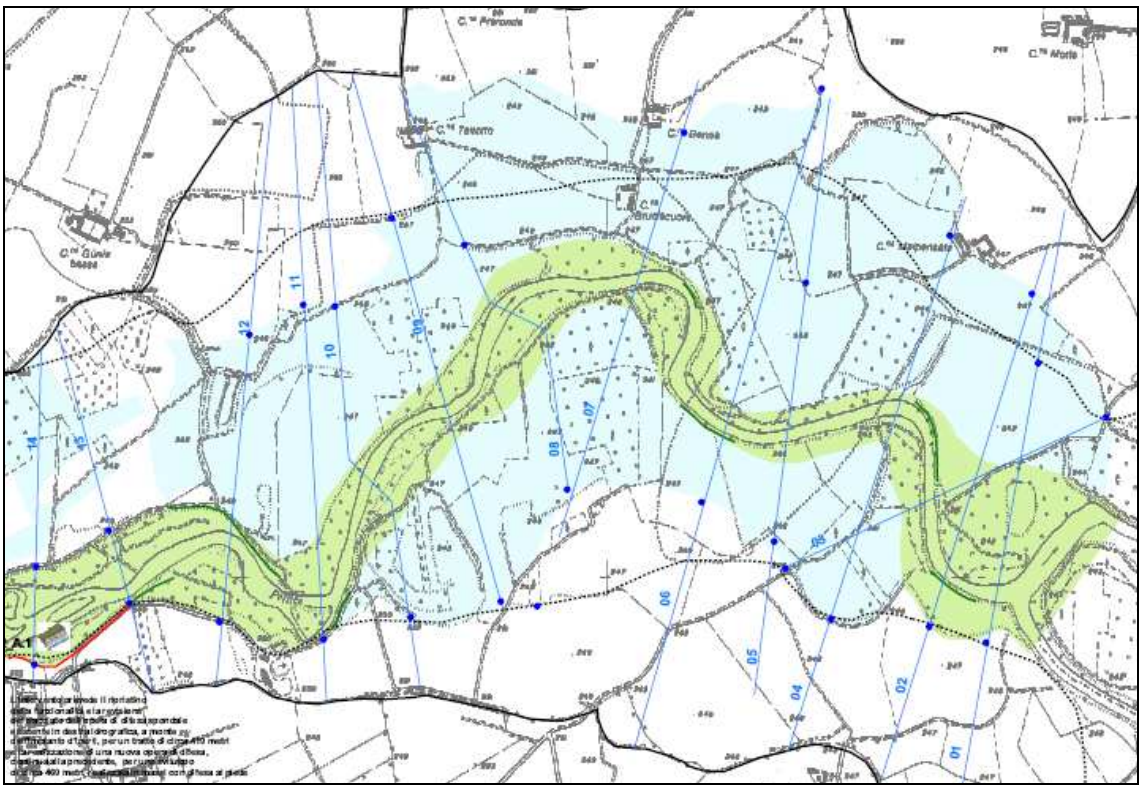
- la sezione **A** riporta le principali caratteristiche del tronco, per gli aspetti geometrici, idraulici, morfologici e ambientali;
- la sezione **B** contiene gli indicatori caratteristici delle tendenze evolutive dell'alveo;
- la sezione **C** individua gli obiettivi di assetto del tronco, le criticità idrauliche e le linee d'intervento da attuare nell'alveo attivo.

Un atlante cartografico individua la fascia di divagazione compatibile lungo i due corsi d'acqua, su base cartografica CTR della Regione Piemonte alla scala 1:10.000, con indicazione delle opere strategiche da mantenere e di quelle non strategiche, delle aree depresse potenzialmente allagabili.

Nel seguito si sintetizzano per tronco di corso d'acqua gli interventi individuati, riprendendo le parti relative riportate sulle schede sopra citate.

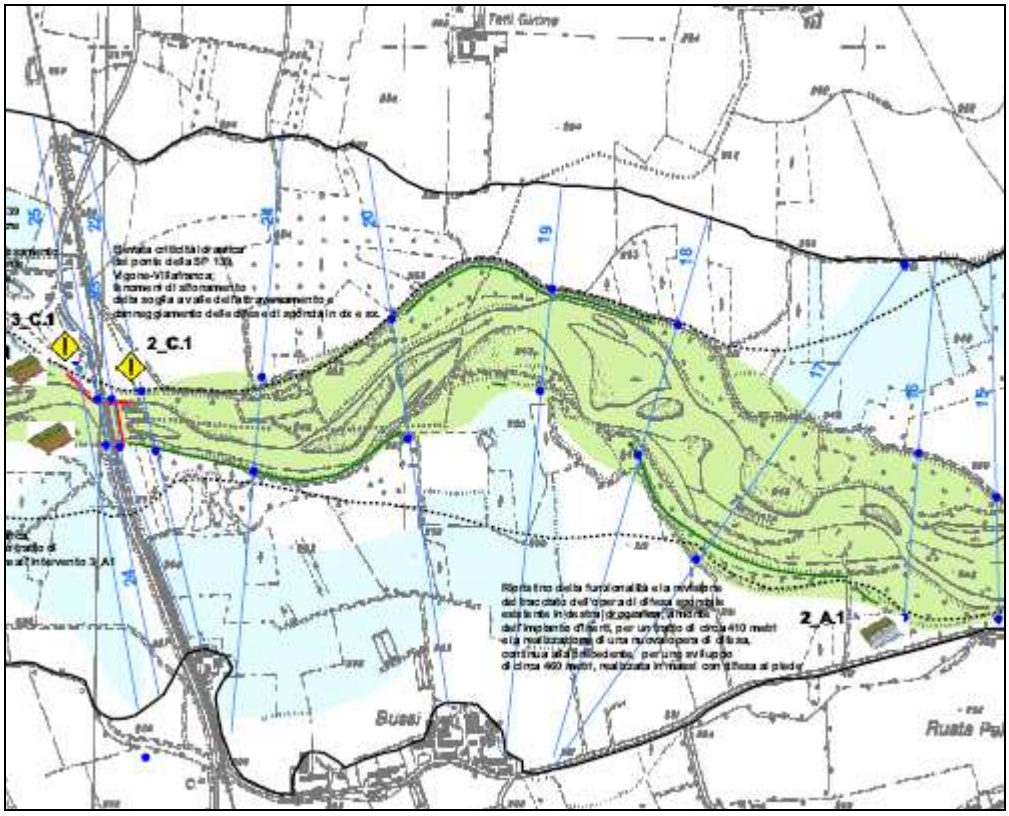
13.3.1 Torrente Pellice

13.3.1.1 Tronco PE-01



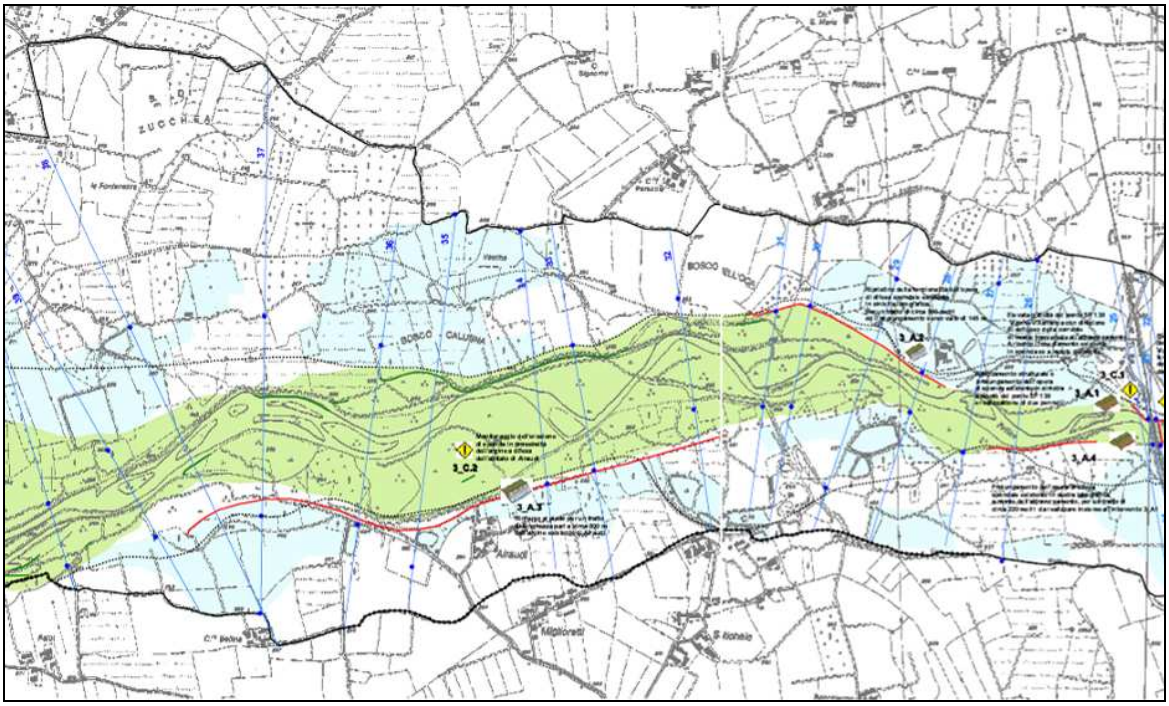
Tronco 01	Dalla confluenza in Po a Ruata Pellice
Assetto morfologico alveo	Alveo monocursale ad andamento meandriforme incassato di circa 7-8 m dal piano campagna. L'evoluzione morfologica dell'alveo attivo, dall'epoca storica (1880) ad oggi, registra una divagazione laterale di circa 300 - 350 m in prossimità della confluenza con il fiume Po con evidenze di tracce di paleomeandri. Si osserva la progressiva migrazione del punto di confluenza in Po da valle verso monte. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe III per alveo a piene rive e golene
Criticità	
Interventi sull'alveo attivo	Le opere di difesa esistenti (non strategiche) hanno funzionalità limitata o nulla e risultano danneggiate per scalzamento; non vi sono necessità di ripristino. Monitoraggio dell'evoluzione morfologica dell'alveo (è prevedibile un'evoluzione planimetrica molto lenta).

13.3.1.2 Tronco PE-02



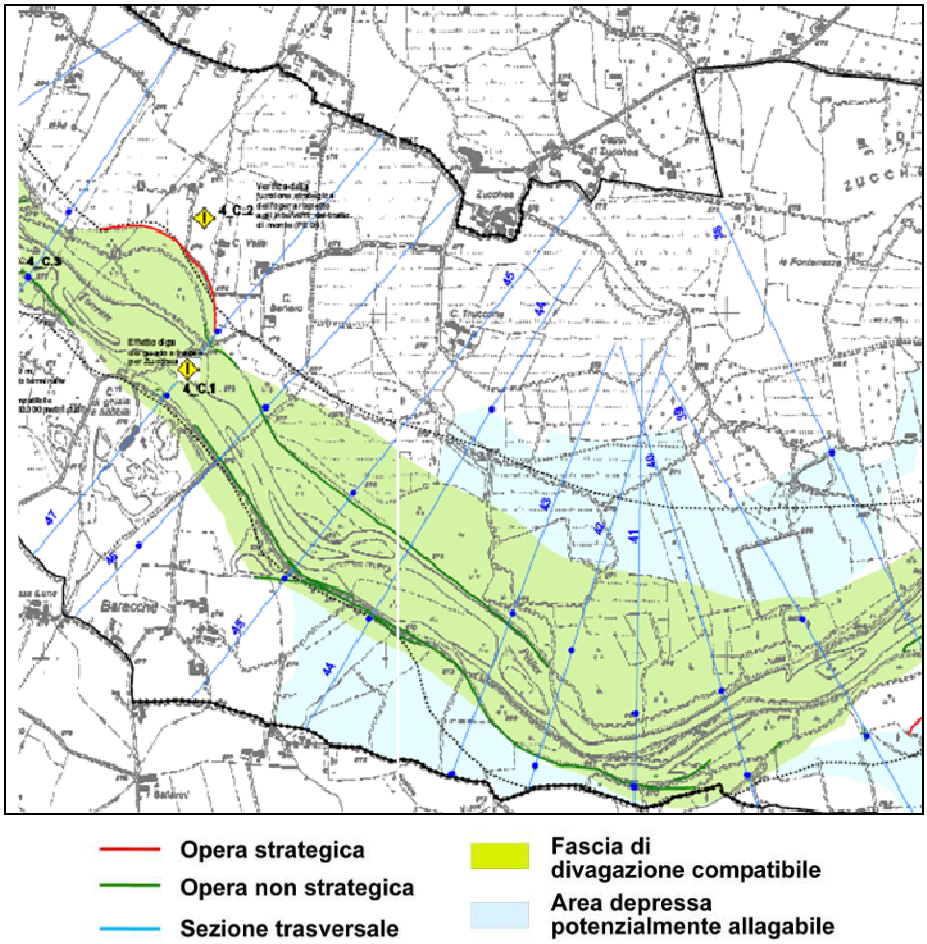
Tronco 02	da Ruata Pellice a Ponte SP 139 Villafranca Piemonte - Vigone
Assetto morfologico alveo	Le variazioni planimetriche sono limitate dalla presenza di difese spondali sia in dx e sx idrografica di lunghezza complessiva pari a quella dell'alveo. Si registra un progressivo passaggio da un andamento meandriforme ad un tracciato subrettilineo a causa della tendenza alla monucursalità del corso d'acqua e all'incisione del fondo alveo. L'ampiezza media della fascia di divagazione storica è di circa 300 m . la tendenza all'abbassamento del fondo è incrementata dalla presenza della soglia a valle del ponte della SP 139 Villafranca Piemonte - Vigone, che fissa le quote verso monte. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione elevata**
Assetto ambientale	classe III per alveo a piene rive e golene
Criticità	2_C.1. elevata criticità idraulica del ponte della SP 139 Vigone-Villafranca; fenomeni di sifonamento della soglia a valle dell'attraversamento e danneggiamento delle difese di sponda in dx e sx.
Interventi sull'alveo attivo	2_A.1 adeguamento strutturale e revisione del tracciato dell'opera di sponda esistente in destra (da sez. 13 a sez.16 L= 410 m) e prolungamento a monte per circa 460 m dell'opera per la difesa dell'abitato di Ruata Pellice - Mottura.

13.3.1.3 Tronco PE-03



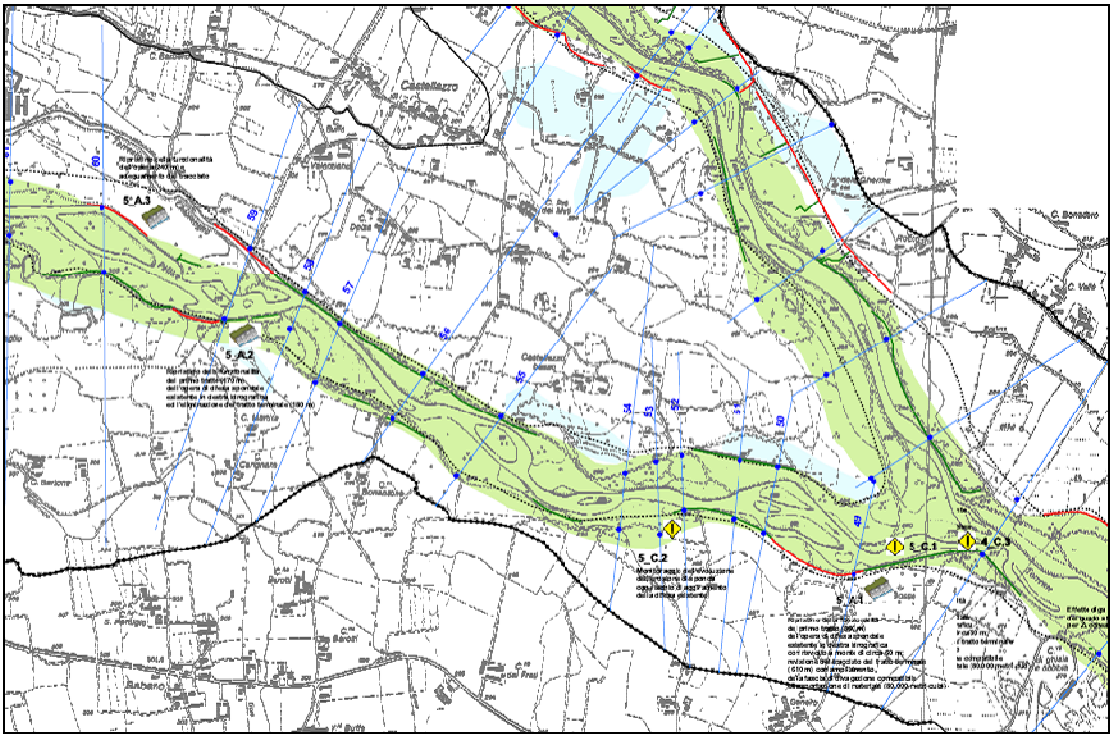
Tronco 03	da ponte SP 139 Villafranca Piemonte - Vigone a C.na Bellina
Assetto morfologico alveo	Notevole tendenza all'erosione di sponda e alla divagazione dell'alveo inciso che si associa all'incisione di fondo; il sistema difensivo attuale incide con un'estensione superiore alla lunghezza del tronco e limita la divagazione planimetrica. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe II per la golena sinistra, classe I per alveo a piene rive e classe III per la golena destra
Criticità	3_C.1. elevata criticità del ponte SP 139 Vigone-Villafranca con direzione di deflusso della corrente di monte trasversale all'attraversamento. A rischio l'insediamento esistente in sponda sx a monte del ponte.
	3_C.2. monitoraggio dell'erosione di sponda in prossimità dell'argine a difesa dell'abitato di Airaudi
Interventi sull'alveo attivo	3_A.1. adeguamento strutturale (90 m)e prolungamento dell'opera di sponda esistente (270 m) in sinistra a monte del ponte SP 139 e realizzazione di due pennelli per migliorare la direzione di deflusso
	3_A.2. ripristino della funzionalità della difesa in sponda sinistra a valle di Bosco dell'Oca danneggiata durante l'evento alluvionale del maggio 2008 e prolungamento verso valle della stessa per 145 m
	3_A.3. rinforzo della difesa al piede dell'argine a protezione dell'abitato di Airaudi
	3_A.4. prolungamento dell'opera di sponda esistente (220 m) in destra a monte del ponte SP 139

13.3.1.4 Tronco PE-04



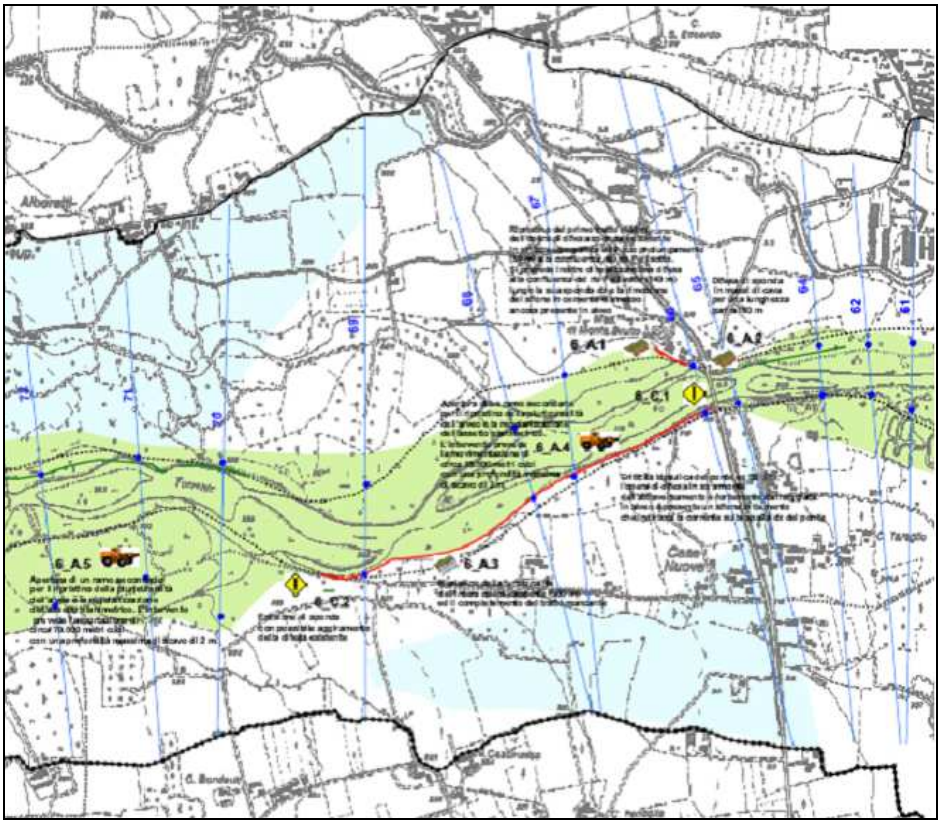
Tronco 04	da C.na Bellina a confluenza torrente Chisone
Assetto morfologico alveo	Alveotipo pluricursale con tendenza all'unicursalità per l'incisione di fondo; alta incidenza delle opere di difesa di sponda con estensione superiore alla lunghezza dell'alveo, che limitano la divagazione planimetrica. L'alveo ha una capacità di deflusso prossima alla portata con TR 200 anni La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe III per le golene, classe I per alveo a piene rive
Criticità	4_C.1. interferenza con il deflussi del guado stradale per Zucchea
	4_C.2. verifica della funzione strategica dell'opera di difesa rispetto agli interventi del tratto di monte (PE 05)
	4_C.3. l'opera spondale in dx idrografica indirizza la corrente sulla sponda sx sull'argine di Zucchea
Interventi sull'alveo attivo	La gestione delle opere non strategiche danneggiate porterebbe ad una progressiva dismissione delle stesse. La golena in sx, molto ampia, potrebbe svolgere, congiuntamente con i tronchi a valle, funzioni di laminazione; in questa ipotesi vi è la necessità di connettere le aree a quote più basse e di definire modalità di collegamento idraulico con l'alveo; andrà quindi rivista la fascia di divagazione e potranno diventare necessarie opere di sponda sull'alveo attivo, da realizzare mediante adeguamenti e ripristini delle opere di difesa esistenti ora non strategiche.

13.3.1.5 Tronco PE-05



Tronco 05	**da confluenza torrente Chisone a C.na Taraglio**
Assetto morfologico alveo	Tendenza alla divagazione planimetrica del corso d'acqua limitata in parte dalle opere di difesa di sponda esistenti; durante gli eventi alluvionali (2000 e 2008) si sono avute erosioni spondali con rischio di aggiramento delle difese di sponda. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione elevata**
Assetto ambientale	classe III per le golene, classe I per alveo a piene rive
Criticità	5_C.1. L'opera spondale in dx idrografica indirizza la corrente sulla sponda sx sull'argine di Zucchea
	5_C.2. Monitoraggio dell'evoluzione dell'erosione di sponda con aggiramento della difesa esistente
Interventi sull'alveo attivo	5_A.1 adeguamento (360 m) e revisione del tracciato (610 m) del tratto terminale della difesa spondale in destra con risvolto a monte per evitarne l'aggiramento; asportazione di materiale (80.000 m^3) per migliorare l'assetto idraulico del corso d'acqua al nodo di confluenza
	5_A.2. rimozione del tratto terminale della difesa esistente che direziona la corrente sulla sponda opposta (sez. 58)
	5_A.3. adeguamento e revisione del tracciato della difesa a protezione della derivazione idrica (sez. 60)

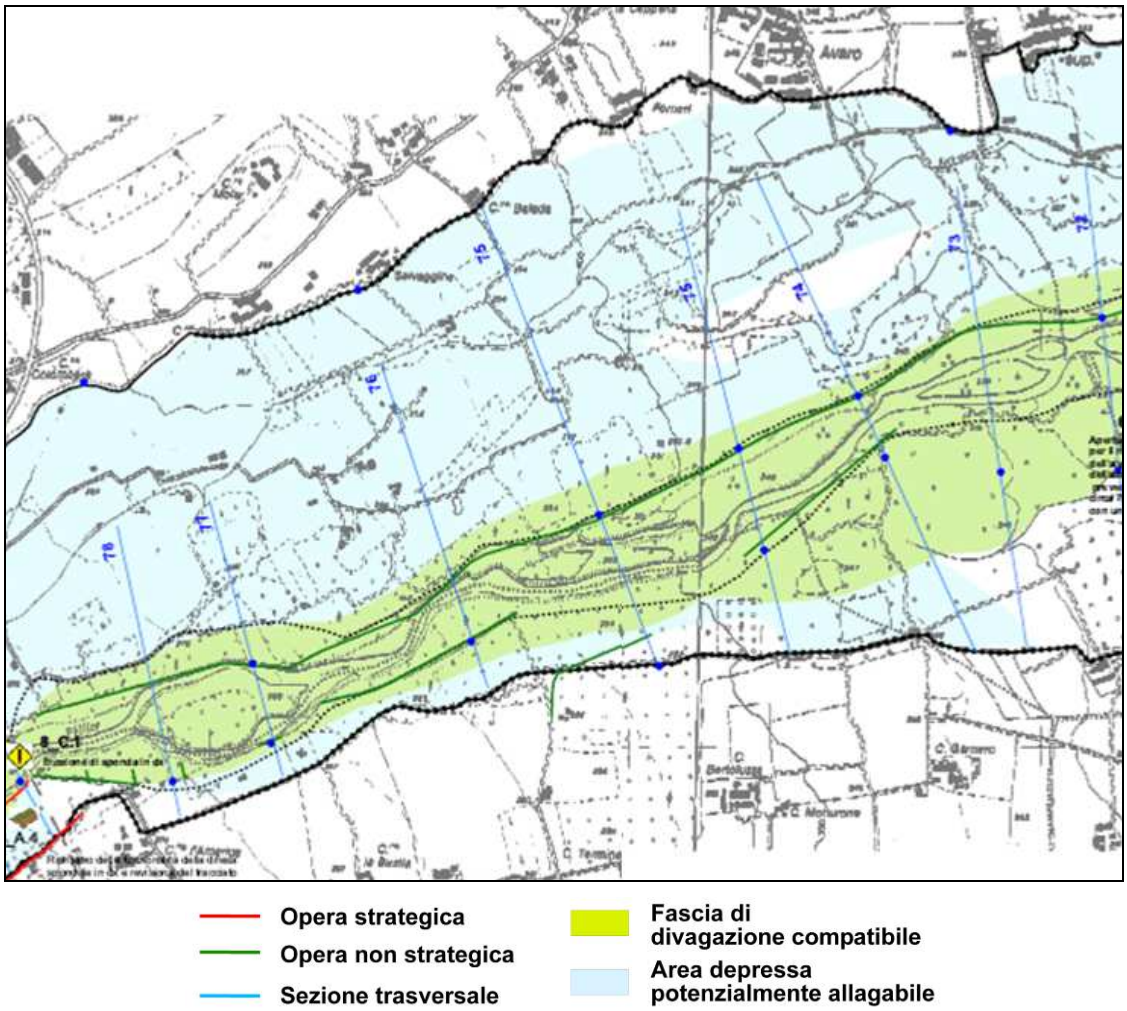
13.3.1.6 Tronco PE-06



Opera strategica
Opera non strategica
Sezione trasversale
Fascia di divagazione compatibile
Area depressa potenzialmente allagabile

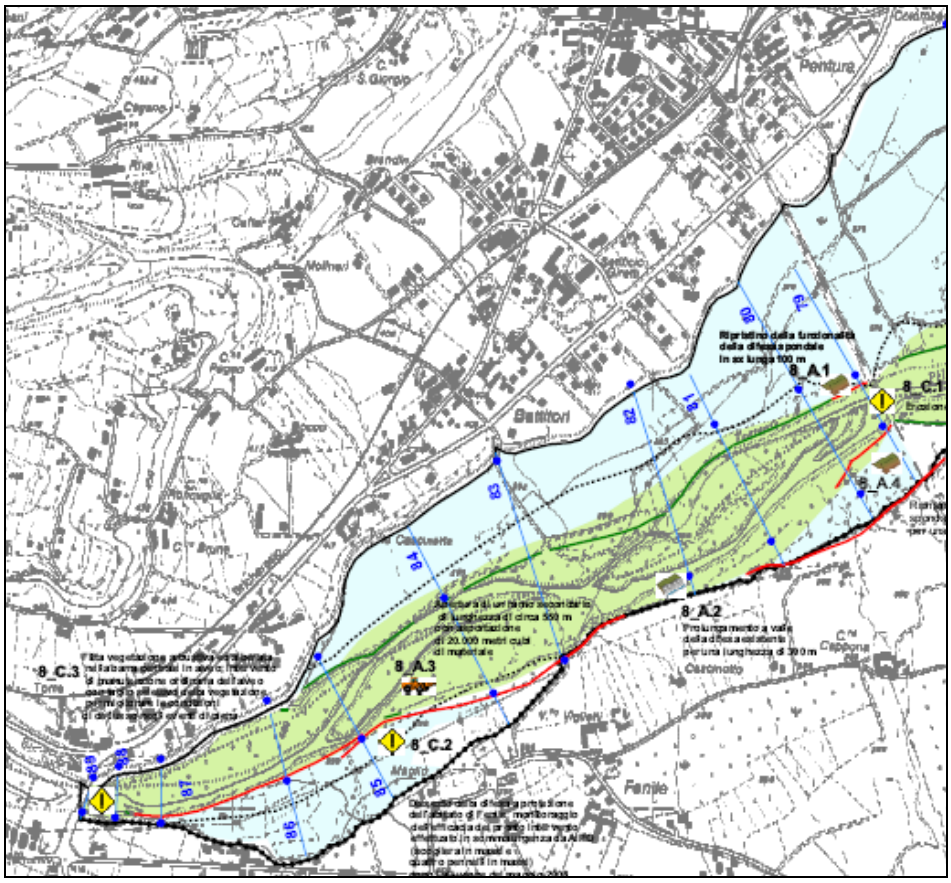
Tronco 06	da C.na Taraglio a C.na Garnero
Assetto morfologico alveo	Tendenza alla divagazione planimetrica con fenomeni intensi di erosione di sponda ; durante gli eventi alluvionali (2000 e 2008) si sono avute erosioni spondali in parte limitate dalle opere di regimazione La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione elevata**
Assetto ambientale	classe III per le golene, classe I per alveo a piene rive
Criticità	6_C.1. criticità idraulica del ponte ex SS 589; l'opera di difesa in sx a monte dell'attraversamento è fortemente danneggiata. In alveo è presente un sifone in cemento che indirizza la corrente verso la spalla dx del ponte
	6_C.2. erosione di sponda con possibile aggiramento della difesa spondale esistente alla sez 69
Interventi sull'alveo attivo	6_A.1. ripristino della difesa in sx idrografica in località Madonna di Monte Bruno e suo prolungamento a monte; regimazione della confluenza con il rio Pellisotto. Rimozione del sifone in cemento che indirizza la corrente verso la spalla dx del ponte ex SS 589.
	6_A.2. difesa in sponda sx a valle del ponte da collegare a quella esistente
	6_A.3. ripristino della funzionalità della difesa in sponda dx a monte del ponte, dissestata ed incompleta per alcuni tratti
	6_A.4. apertura di un canale secondario lungo la sponda dx a monte del ponte ex SS 589, con movimentazione di 15.000 m^3
	6_A.5. apertura di un canale secondario lungo il percorso riattivato durante l'evento 2000 per contrastare la monocursalità del corso d'acqua con asportazione di 70.000 metri cubi

13.3.1.7 Tronco PE-07



Tronco 07	da C.na Garnero a Bricherasio
Assetto morfologico alveo	Tendenza alla divagazione planimetrica con fenomeni evidenti di erosione di sponda; la divagazione planimetrica è fortemente vincolata dalle opere di difesa spondale di lunghezza superiore all'alveo La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione elevata**
Assetto ambientale	classe III per la golena sx, classe I per alveo a piene rive e classe IV per la golena destra
Criticità	7_C.1. erosione di sponda a monte e a valle dell'attraversamento del ponte ex Fs Bricherasio-Barge
Interventi sull'alveo attivo	Non sono previsti interventi

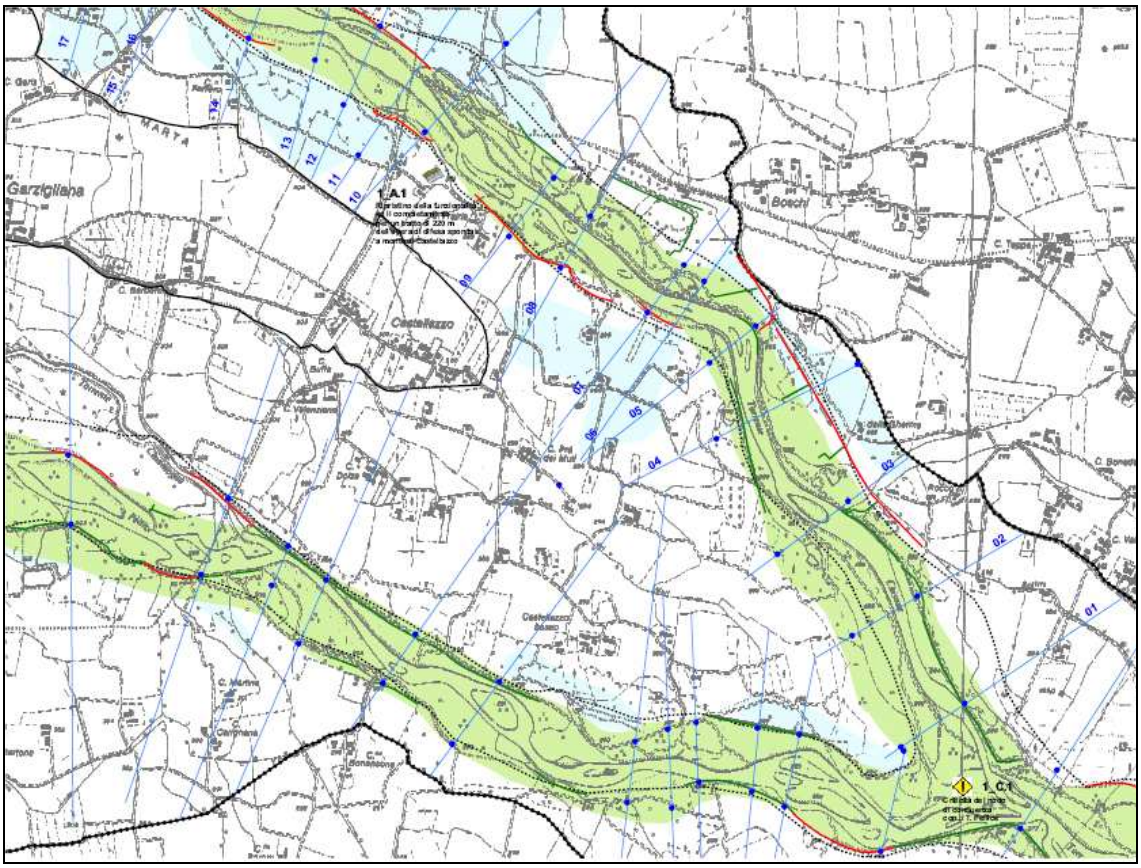
13.3.1.8 Tronco PE-08



Tronco 08	da Bricherasio a Ponte Bibiana
Assetto morfologico alveo	Alveo di transizione da monocursale alpino a pluricursale; la divagazione planimetrica è vincolata dalle opere di difesa spondale, di lunghezza complessiva superiore a quella dell'alveo. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe III per la golena sx, classe II per alveo a piene rive e classe IV per la golena destra
Criticità	8_C.1. erosione di sponda a monte dell'attraversamento del ponte ex Fs Bricherasio-Barge
	8_C.2. dissesto della difesa a protezione dell'abitato di Fenile; monitoraggio dell'efficacia dell'ntervento effettuato in somma urgenza (scogliera in massi e quattro pennelli in massi) dopo l'alluvione del maggio 2008
	8_C.3. fitta vegetazione arbustiva ed alberata nella barra centrale in alveo; intervento di manutenzione ordinaria dell'alveo con taglio selettivo della vegetazione per migliorare le condizioni di deflusso negli eventi di piena
Interventi sull'alveo attivo	8_A.1. ripristino della funzionalità della difesa in sx a monte del ponte ex FS di Bricherasio-Barge
	8_A.2. prolungamento della difesa in sponda dx nel tratto di valle tra sez. 82 e sez. 81
	8_A.3. apertura di un canale secondario lungo la sponda dx in località Fenile
	8_A.4. ripristino della funzionalità della difesa in dx a monte del ponte ex FS di Bricherasio-Barge

13.3.2 Torrente Chisone

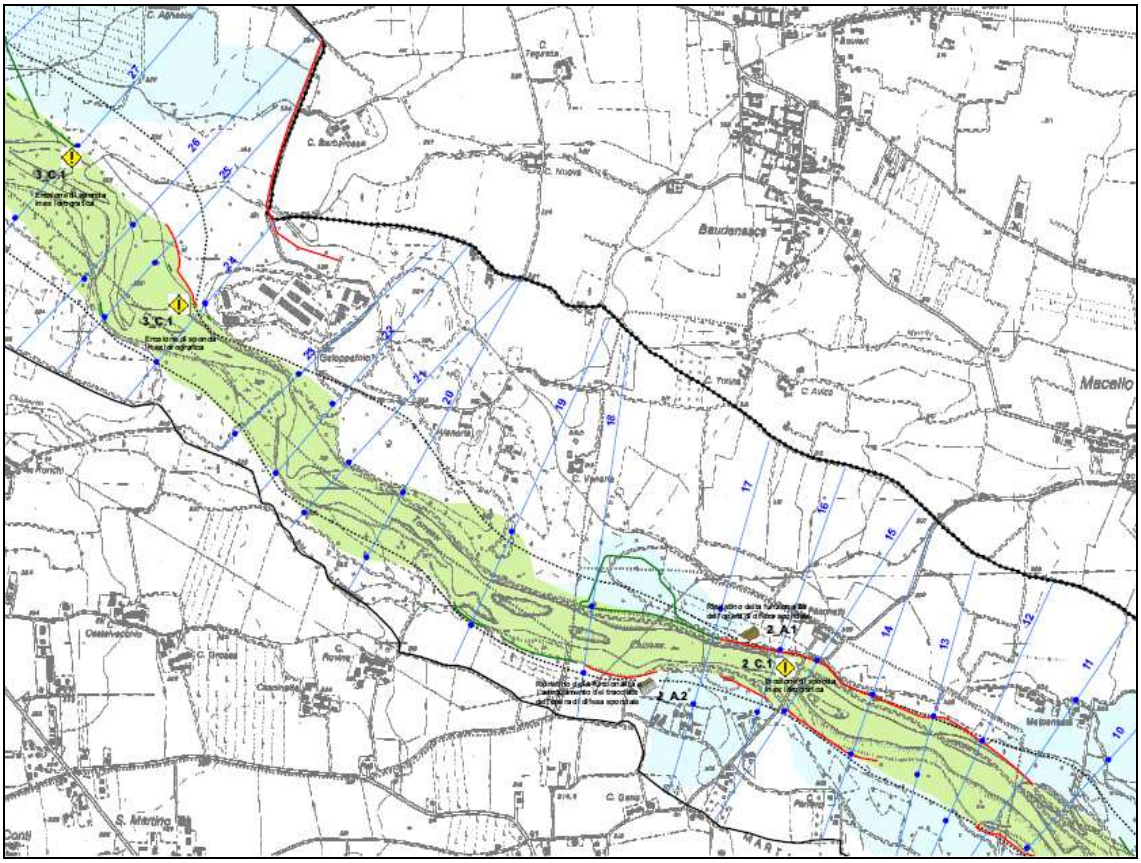
13.3.2.1 Tronco CH-01



Opera strategica
Opera non strategica
Sezione trasversale
Fascia di divagazione compatibile
Area depressa potenzialmente allagabile

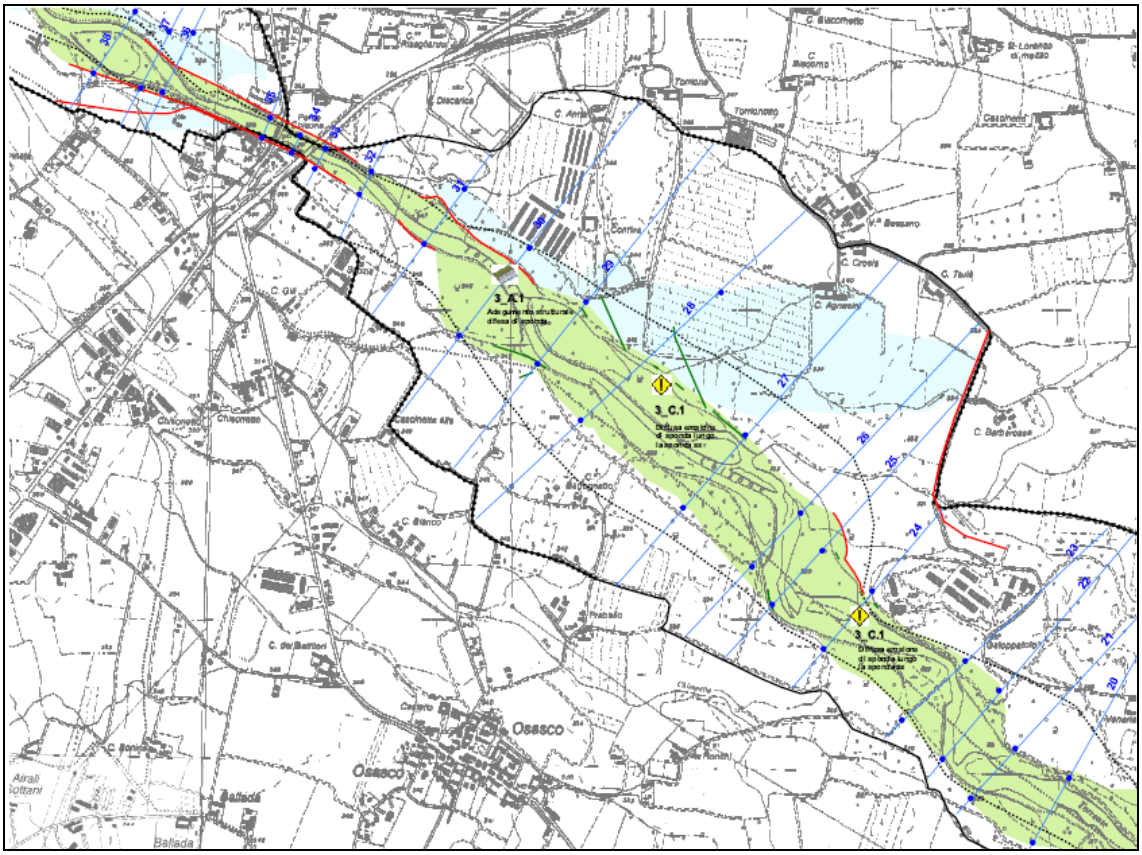
Tronco 01	Da confluenza Pellice a Castellazzo
Assetto morfologico alveo	Alveo di tipo monocursale alpino; la divagazione planimetrica raggiunge una fascia di larghezza di circa 300 m, vincolata in sx idrografica da estese opere di difesa spondale. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe I per alveo a piene rive e classe II per le golene
Criticità	1_C.1. nodo di confluenza con il torrente Pellice per fenomeni di istabilità morfologica
Interventi sull'alveo attivo	1_A.1. adeguamento strutturale e completamento dell'opera di sponda in destra a monte di Castellazzo

13.3.2.2 Tronco CH-02



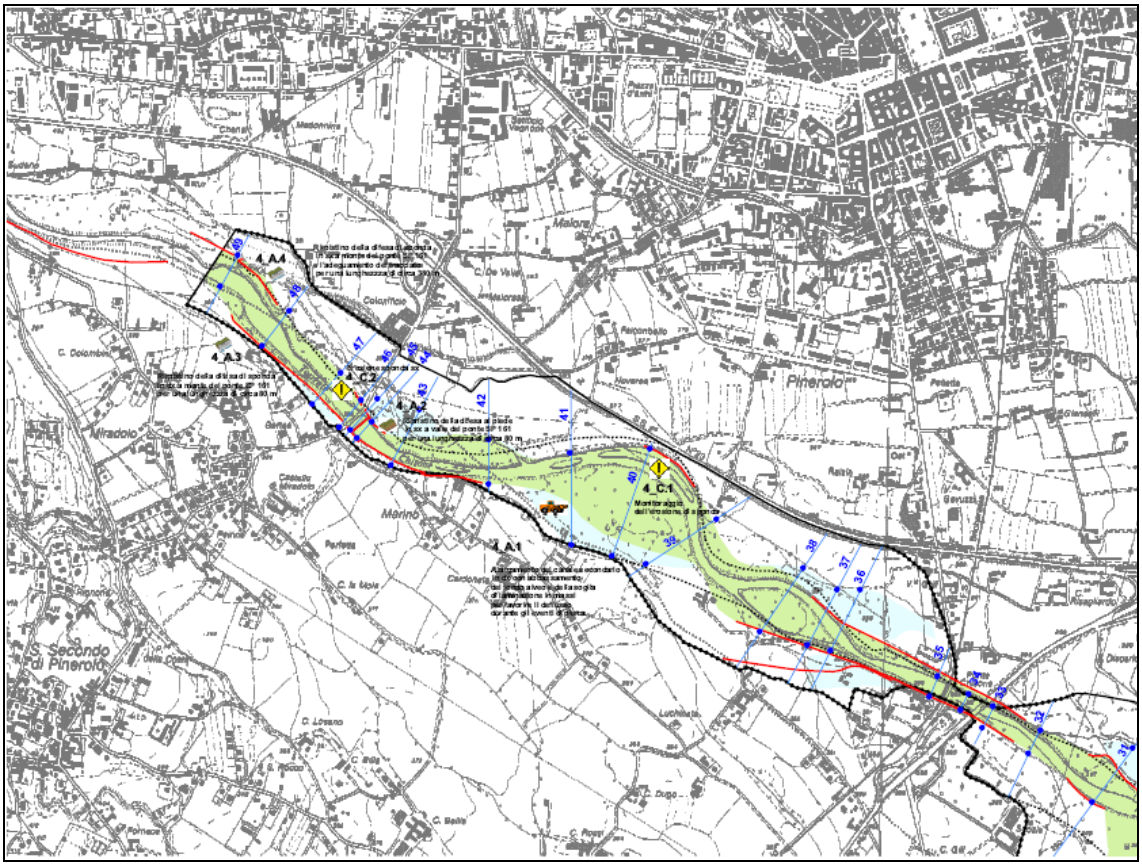
Tronco 02	Da Castellazzo a C.na Rovina
Assetto morfologico alveo	Alveotipo monocursale alpino con tendenza all'incisione di fondo; alta incidenza delle opere di difesa di sponda con estensione superiore alla lunghezza dell'alveo. I livelli Q200 sono contenuti nell'alveo. La divagazione planimetrica è confinata entro le difese di sponda. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione elevata**
Assetto ambientale	classe I per alveo a piene rive e classe II per le golene
Criticità	2_C.1. diffusi fenomeni di erosione di sponda lungo la sponda sx e scalzamento al piede delle difese
Interventi sull'alveo attivo	2_A.1. adeguamento strutturale e ripristino della funzionalità della difesa spondale in sx a monte del ponte SP 158
	2_A.2. ripristino della funzionalità della difesa spondale in dx e adeguamento del tracciato a valle

13.3.2.3 Tronco CH-03



Tronco 03	Da C. Rovina a La Scozia
Assetto morfologico alveo	Alveotipo monocursale alpino con tendenza all'incisione di fondo; media incidenza delle opere di difesa di sponda. I livelli Q200 sono contenuti nell'alveo nella seconda parte del tronco. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe I per alveo a piene rive e classe II per le golene
Criticità	3_C.1. diffusa erosione di sponda lungo la sponda sx
Interventi sull'alveo attivo	3_A.1. adeguamento strutturale dell'opera di sponda esistente in coerenza con il sistema di pennelli arretrati a valle alla sez. 29

13.3.2.4 Tronco CH-04



Opera strategica
Opera non strategica
Sezione trasversale
Fascia di divagazione compatibile
Area depressa potenzialmente allagabile

Tronco 04	Da La Scozia a Miradolo
Assetto morfologico alveo	Alveotipo monocursale alpino vincolato dalle opere di difesa e dalle infrastrutture viarie; elevata incidenza delle opere di difesa di sponda. Divagazione planimetrica vincolata dalle opere di difesa degli attraversamenti. La variazione del fondo e' classificabile come di **incisione moderata**
Assetto ambientale	classe I per alveo a piene rive e classe II per le golene
Criticità	4_C.1. monitoraggio dell'erosione di sponda in sx verso il tracciato della tangenziale di Pinerolo
	4_C.2. erosione al piede delle opere di difesa in sx a valle e monte del ponte SP 164 di Miradolo
Interventi sull'alveo attivo	4_A.1. apertura del ramo in dx idrografica con abbassamento della soglia di entrata in massi attualmente esistente ed adeguamento del tracciato della difesa in massi a monte alla sez. 42
	4_A.2. ripristino della difesa al piede in sx a valle del ponte SP 164 di Miradolo
	4_A.3 ripristino della funzionalità della difesa in dx a monte del ponte SP 164 di Miradolo
	4_A.4. ripristino della funzionalità della difesa in sx ed adeguamento del tracciato alla sez.49

14 Destinazione della golena del tratto medio – basso del torrente Pellice a laminazione controllata

14.1 Inquadramento

Nella caratterizzazione generale dell'assetto morfologico e idraulico del Pellice, esposta ai punti precedenti, è stata evidenziata la progressiva tendenza alla disconnessione tra alveo inciso e aree golenali a causa dei fenomeni di approfondimento dello stesso e della conseguente trasformazione verso la tipologia monocursale.

In ragione di tale situazione non sono ipotizzabili sui tronchi di monte indagati, sia del Pellice sia del Chisone, interventi di sistemazione che puntino a una migliore funzionalità idraulica ed ecologica delle aree golenali; unica eccezione è rappresentata dal tronco medio-basso del Pellice con riferimento in particolare alla golena in sponda sinistra. Per tale tratto è stata pertanto approfondita a livello di fattibilità preliminare una ipotesi di sistemazione con la finalità di costituire un volume di laminazione significativo, con il fine di attenuare i colmi di piena più gravosi, con evidenti effetti benefici sia a scala locale che a valle.

Il tratto medio-basso di Pellice (tronchi da 01 a 04), dal Chisone alla confluenza in Po, denuncia gravi condizioni di dissesto morfologico e idraulico:

- alveo attivo che ha subito una consistente attività erosiva diffusa, con abbassamento di fondo e ampliamento della sezione di deflusso;
- incidenza molto elevata delle opere di sponda (tronchi 2, 3 e 4) che contrastano la divagazione naturale e la presa in carico di materiale solido da parte della corrente di piena;
- permanenza di una elevata tendenza all'erosione di sponda e di fondo, confermata dai fenomeni manifestatisi nel corso della piena del maggio 2008;
- capacità di deflusso dell'alveo inciso dell'ordine di grandezza della piena con tempo di ritorno di 200 anni (totalmente anomala rispetto a corrette modalità di deflusso sia per gli aspetti locali che per gli effetti a valle).

Le criticità che ne discendono riguardano:

- elevate sollecitazioni idrodinamiche sulle difese di sponda, per gran parte scalzate al piede e non in grado di contenere la tendenza alla divagazione dell'alveo; effetti manifestatisi anche nel corso della piena del maggio 2008
- l'elevata vulnerabilità del ponte della SP 139 Vigone-Villafranca, in relazione ai fenomeni di sifonamento della soglia di protezione delle fondazioni;
- la pensilità, rispetto alla piena di riferimento, delle aree golenali in sinistra, con rischio elevato di fenomeni impulsivi di inondazione per cedimento dei rilevati in prossimità della sponda incisa;
- assenza di laminazione in alveo, con sensibile incremento dei colmi di piena e della velocità di propagazione a valle.

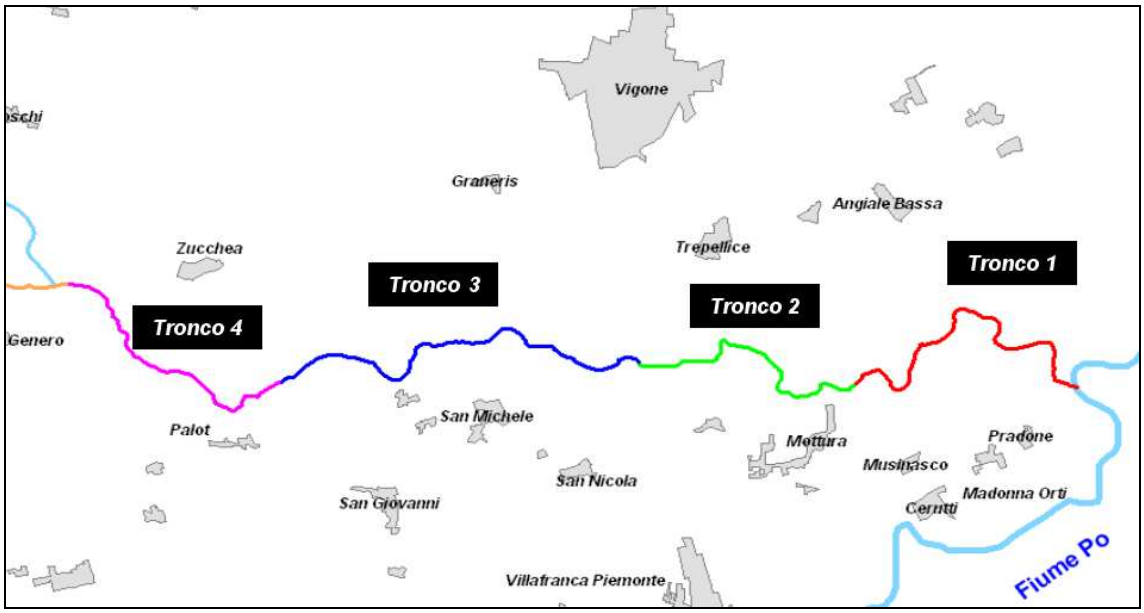


Figura 108 Suddivisone in tronchi omogenei del torrente Pellice dalla confluenza del Chisone al Po

14.2 Sistema di laminazione nella golena sinistra del Pellice nel tratto medio-basso

In relazione alle criticità riscontrate, il PGS ha approfondito sotto gli aspetti idrologici e idraulici la fattibilità un intervento che riguarda l'area golenale in sinistra nel tratto a valle della confluenza del Chisone; l'intervento impegna una parte della superficie compresa tra la sponda incisa dell'alveo e il limite della fascia B del PAI.

La scelta è di utilizzare solamente la porzione di fascia B posta a quote inferiori a quelle del profilo di piena per tempo di ritorno di 200 anni, quale risulta dalla simulazioni idrauliche riferite all'attuale configurazione dell'alveo: aree che sono più depresse per caratteri morfologici e/o perché sede di cave.

Le caratteristiche dell'area sono le seguenti:

- destinata dal PAI al deflusso e all'invaso della piena con tempo di ritorno di 200 anni (fasce A e B del PAI);
- attualmente coinvolta in misura molto limitata in corso di piena a causa dell'abbassamento e dell'allargamento dell'alveo inciso e delle quote di piano campagna più elevate in prossimità della sponda, per gran parte del tratto;
- presenza diffusa di cave a fossa di estrazione di materiale inerte, in parte dismesse, che comportano dislivelli altimetrici significativi;
- sostanziale assenza di insediamenti;
- utilizzazione prevalentemente agricola, con colture e zone boscate di scarso pregio.

I vantaggi dell'intervento sono rappresentati a livello locale da:

- riduzione dei livelli idrici e quindi del rischio idraulico sui tratti di alveo direttamente interessati;
- riduzione della velocità di deflusso in alveo, con conseguenti minore capacità di erosione, riequilibrio dell'assetto morfologico, minori sollecitazioni sulle opere di difesa;
- a livello di asta del Po, consistente laminazione del colmo di piena con effetti significativi a valle, fino al tratto urbano di Torino.

Le dimensioni delle aree di laminazione, sulla base di una individuazione preliminare che tiene conto dei profili di piena per il tempo di ritorno di 200 anni e del piano quotato disponibile per la golena (DTM del rilievo fotogrammetrico della Provincia di Torino, 2005), sono sintetizzate di seguito:

lunghezza del tratto di alveo interessato:	15 km
area della fascia B in sponda sinistra:	8,5 km^2
quota parte di area della fascia B in sinistra destinata alla laminazione	3,5 km^2
volume massimo invasabile con interventi di rimodellamento dell'area	13 milioni m^3

14.3 Effetti di laminazione attesi

Sono stati stimati in prima approssimazione gli effetti ascrivibili al sistema di laminazione; a questo scopo si è fatto riferimento alle portate di piena con diverso tempo di ritorno e ai volumi dell'onda di piena associati determinati nell'ambito dell'analisi idrologica descritta nel relativo capitolo del presente rapporto.

Le portate di riferimento sono quelle illustrate al capitolo 9.1 citato e coincidono con quelle contenute nella Direttiva "Piene" dell'Autorità di bacino del fiume Po per la sezione di confluenza del torrente Chisone, che rappresenta il punto in cui si manifesta il massimo valore della portata di piena lungo l'asta del corso d'acqua:

Tempo di ritorno (anni)	*Portata (m^3/s)*	*Volume idrogramma di piena (milioni m^3)*
200	2.050	44
20	1.030	22

Rispetto a tali eventi, nelle condizioni attuali la piena defluisce lungo i 15 km circa di asta presentandosi alla confluenza in Po con un idrogramma sostanzialmente indeformato (a parità di colmo), viste le caratteristiche del bacino idrografico (che passa da 936 km^2 alla confluenza del Chisone a 983 km^2 all'ingresso in Po).

Facendo riferimento alla superficie stimata dell'area destinata alla laminazione, pari a circa 3,5 km^2, si è valutato un volume massimo invasabile di 13 milioni di m^3.

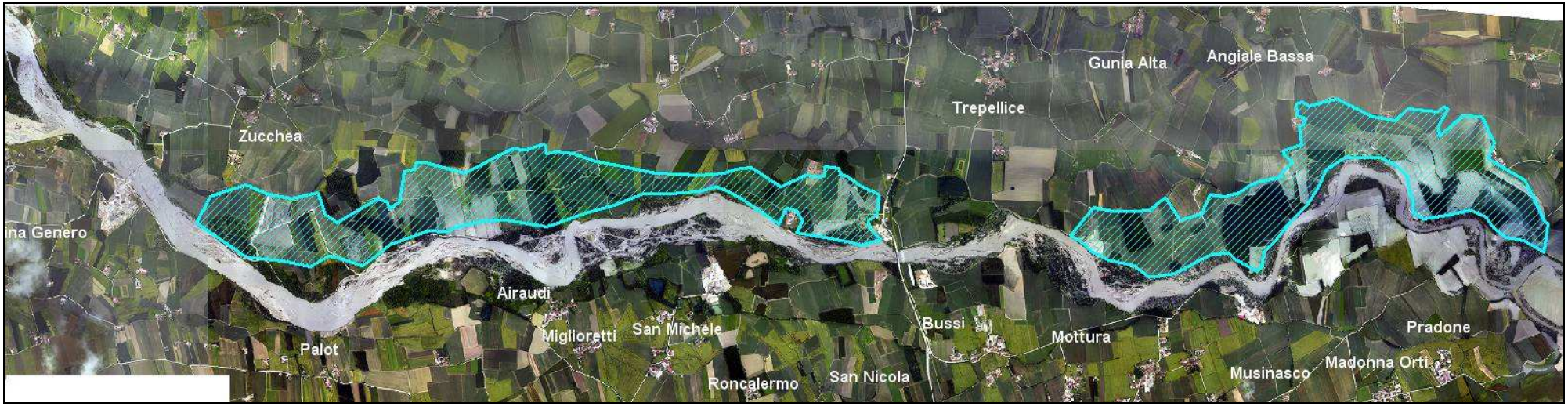


Figura 109 Tratto del Pellice a valle delle confluenza del Chisone; delimitazione delle aree all'interno della fascia B destinabili a funzioni di laminazione

Al fine ottenere un valutazione di prima approssimazione degli effetti di laminazione sulle onde di piena probabili che derivano dall'invaso delle aree golenali individuate si è fatto riferimento alla formula di Marone (1971). L'espressione rappresenta il cosiddetto rapporto di laminazione η tra la portata massima uscente Q_{umax} e quella massima entrante Q_c in funzione del volume massimo W_{max} invasabile e del volume W_p dell'onda di piena in ingresso.

$$\eta = \frac{Q_{u\max}}{Q_c} = 1 - \frac{W_{\max}}{W_p}$$

Dall'equazione scritta, noti i valori di W_{max} invasabile, di W_p e Q_c, è possibile ricavare in prima approssimazione il valore della massima portata uscente Q_{umax}.

Ai fini delle valutazioni preliminari di interesse in questa fase si è fatto riferimento alle piene con tempo di ritorno di 200 e di 20 anni, caratterizzate dai rispettivi valori delle portate al colmo e del volume dell'onda, e a due ipotesi di volume massimo di invaso disponibile (rispettivamente 13 e 9 milioni di m^3).

Gli effetti di laminazione, rappresentati dalla percentuale di riduzione del valore di colmo della portata, che si ottengono con l'applicazione della procedura indicata variano in funzione del tempo di ritorno e del volume di invaso disponibile:

Tempo di ritorno (anni)	*Portata ingresso (m^3/s)*	*Volume di invaso (mil. m^3)*	*Portata uscita (m^3/s)*	*Riduzione colmo (%)*
200	2.050	13	1.437	30
20	1.030	13	516	50
200	2.050	9	1642	20
20	1.030	9	610	40

Le stime di prima approssimazione riportate mettono in evidenza effetti di grande interesse: facendo riferimento allo scenario di piena duecentennale, con 13 milioni di m^3 di invaso disponibile si ottiene una riduzione del colmo del 30%, equivalente a "sottrarre" temporaneamente al deflusso massimo circa 600 m^3/s; anche nell'ipotesi peggiorativa di una minore disponibilità di invaso (pari a 9 milioni di m^3) la laminazione è ancora del 20%, corrispondente a circa 400 m^3/s.

Naturalmente gli effetti, a parità di volume di invaso, sono esaltati per le piene a minore gravosità, come risulta dai valori relativi al tempo di ritorno di 20 anni.

Tali effetti sono evidentemente molto significativi sia a livello locale sia sull'asta del Po a valle della confluenza.

14.4 Procedure organizzative per l'attuazione dell'intervento di laminazione sul Pellice

I risultati preliminari fanno ritenere l'ipotesi di intervento di grande interesse; naturalmente sono necessari approfondimenti tecnici su diversi punti. Si ritiene che i successivi principali passi per giungere alla definizione dettagliata di un progetto e alle successive fasi attuative riguardino:

- l'approfondimento dell'ipotesi progettuale attraverso la messa a punto di uno studio di fattibilità specifico, che affronti a livello sufficientemente dettagliato tutti gli aspetti tecnici che caratterizzano l'opera, anche attraverso l'esame di opzioni

diverse: a) le caratteristiche degli idrogrammi di piena di progetto, b) l'ottimizzazione idraulica del funzionamento delle aree di laminazione, c) gli adeguamenti morfologici delle aree golenali e dell'alveo inciso, d) la riconversione delle opere di difesa spondale esistenti; e) l'inserimento ambientale delle opere e il recupero ecologico delle aree invasabili;

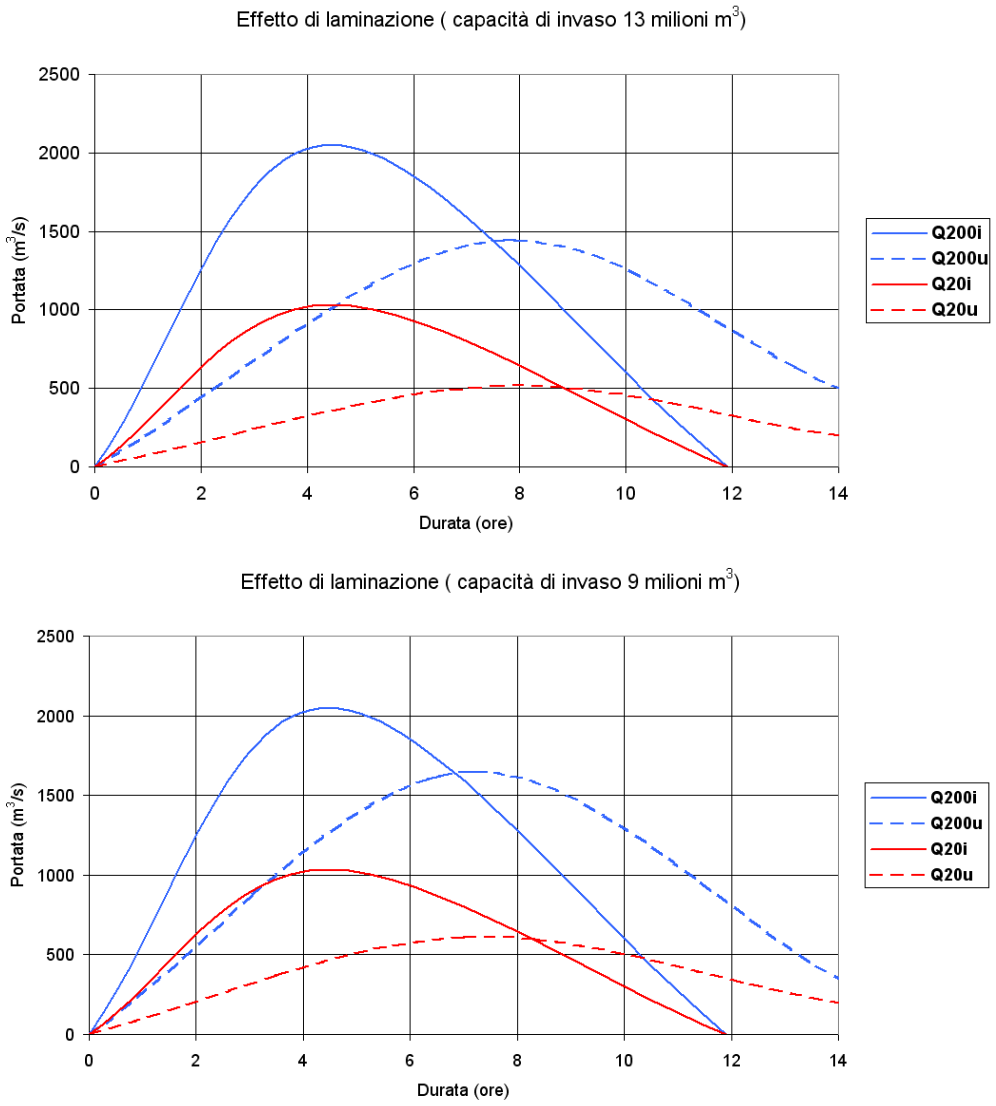


Figura 110 Stima teorica degli effetti di laminazione sugli idrogrammi di piena

- le modalità di gestione delle fasi di progettazione e attuazione dell'intervento: vista l'importanza dell'intervento e del corso d'acqua in questione si ritiene necessario avviare un modello organizzativo partenariale, nell'ambito del quale si combinino le esigenze di sicurezza idraulica a diversa scala con l'interesse territoriale locale e con quello degli specifici operatori. In relazione a questi indirizzi risulta possibile pensare a una differenziazione dei ruoli dei vari soggetti coinvolti:

- un tavolo tecnico che veda la partecipazione di Regione Piemonte, AIPO e Provincia di Torino con il compito principale di gestire direttamente la progettazione degli interventi (studio di fattibilità, progetto preliminare e definitivo);
- una struttura organizzata, rappresentativa degli interessi territoriali locali (per es. un consorzio a maggioranza pubblica tra i comuni e gli operatori), a cui possano fare capo le fasi di progettazione esecutive e di realizzazione (per stralci funzionali).

Naturalmente tra i due macro soggetti devono mantenersi rapporti continuativi in tutto il percorso che porta alla realizzazione dell'intervento; in particolare in capo al tavolo Regione Piemonte, AIPO e Provincia deve rimanere la competenza circa l'autorizzazione e l'alta sorveglianza su tutte le fase di progettazione esecutiva e di realizzazione degli interventi.

15 Integrazioni

Il presente aggiornamento del Programma di Gestione dei Sedimenti per i torrenti Pellice e Chisone è stato rilasciato a seguito delle osservazioni emerse durante gli incontri del Gruppo di Lavoro (AIPO, Regione Piemonte, Autorità di Bacino del Fiume Po) avvenuti nell'Aprile 2009.

In particolar modo, l'aggiornamento ha riguardato gli aspetti di seguito elencati:

- Indicazione dei limiti di allagamento in corrispondenza delle sezioni idrauliche per la portata con tempo di ritorno duecentennale;
- Integrazione della Fascia B di Progetto nell'Atlante della Fascia di Divagazione Compatibile;
- Integrazione di un risvolto a monte per l'opera di difesa prevista sul torrente Pellice indicata dal codice 5_A.1 per contrastare il possibile aggiramento;
- Inserimento di un nuovo intervento in destra Pellice a monte del ponte dismesso della ex linea FF.SS. Pinerolo – Barge (codice 8_A.4).

In generale si riafferma che il PGS si configura come uno strumento di gestione di durata quinquennale che prevede, oltre al programma degli interventi, un'azione di monitoraggio sull'evoluzione del corso d'acqua. Tutti gli interventi proposti nel PGS tracciano delle linee generali sulle modalità d'intervento lungo i corsi d'acqua oggetto di studio, tuttavia, ogni proposta dovrà essere corredata da appositi studi specifici (rilievi topografici, idraulici, etc) per definire in dettaglio, attraverso le usuali fasi di progettazione, la soluzione più adeguata alle criticità evidenziate.

ALLEGATO 1

PROFILI DI PIENA IN CONDIZIONI STAZIONARIE - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

TORRENTE PELLICE

Tab. 1.1 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 2 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	269	238.20	242.44	1.53	252	271	0.28
2	153	269	238.28	242.6	1.61	244	213	0.28
3	385	269	238.27	242.77	2.98	203	321	0.25
4	695	269	238.59	243.02	2.12	242	114	0.24
5	1017	269	238.81	243.26	2.73	128	47	0.41
6	1194	269	238.83	243.64	2.48	149	60	0.37
7	1791	269	240.07	244.19	2.51	300	124	0.18
8	2222	269	240.72	244.36	2.32	295	128	0.19
9	2580	269	241.19	244.51	2.66	273	103	0.19
10	2916	269	241.31	244.68	2.40	208	97	0.27
11	3325	269	241.50	245.07	1.73	245	142	0.27
12	3698	269	241.90	245.37	1.79	265	148	0.24
13	4062	269	242.46	245.72	1.81	143	79	0.45
14	4354	269	243.27	246.39	1.91	181	131	0.37
15	4553	269	243.52	246.68	2.03	273	148	0.23
16	4766	269	243.79	246.84	1.62	302	186	0.22
17	5338	269	245.34	247.4	1.01	254	251	0.34
18	5669	269	245.83	247.98	1.60	154	96	0.44
19	5949	269	245.97	248.57	1.63	189	116	0.36
20	6465	269	247.33	249.52	1.63	212	130	0.32
21	6798	269	247.59	250.06	1.41	245	174	0.29
22	7035	269	247.59	250.36	1.71	196	115	0.33
23	7107	269	250.46	251.68	0.98	87	88	1.00
24	7134	269	250.82	252.12	1.12	92	82	0.88
25	7196	269	250.89	252.71	1.58	188	119	0.36
26	7777	269	251.76	254.21	0.98	168	171	0.51
27	7974	265	252.23	254.61	1.54	283	190	0.24
28	8227	265	252.41	254.84	1.75	183	105	0.35
29	8460	265	252.64	255.15	1.56	305	195	0.22
30	8776	265	254.04	255.48	0.86	91	106	1.00
31	8914	265	254.91	256.64	1.16	163	141	0.48
32	9340	265	256.44	258.38	0.87	215	381	0.42
33	9792	265	257.88	260.32	1.00	199	200	0.43
34	9969	265	257.86	260.82	1.45	161	111	0.44
35	10685	265	260.32	262.6	1.23	173	196	0.44
36	10960	265	260.44	263.29	1.49	153	221	0.45
37	11401	265	261.59	264.34	1.35	207	153	0.35
38	11764	265	262.93	265.25	1.04	161	155	0.52
39	12034	265	262.99	265.74	1.44	314	408	0.22
40	12385	265	263.22	265.99	1.94	223	115	0.27

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
41	12775	265	264.63	266.65	1.11	109	99	0.74
42	13111	265	266.68	268.99	0.84	166	357	0.55
43	13337	265	267.97	270.17	1.04	180	334	0.46
44	13733	265	269.56	271.8	1.11	219	197	0.37
45	13995	265	270.32	272.74	0.98	211	241	0.41
46	14419	265	272.13	274.37	1.07	211	301	0.39
47	14702	265	273.30	274.97	1.48	287	194	0.24
48	15294	265	275.32	277.35	0.96	87	91	1.00
49	15763	189	278.44	280.84	1.00	199	199	0.30
50	16114	189	280.80	282.56	0.50	100	200	0.85
51	16233	189	281.74	283.8	0.80	154	193	0.44
52	16414	189	283.22	284.68	0.87	153	177	0.42
53	16510	189	284.00	285.35	0.55	122	220	0.67
54	16637	189	284.91	286.66	0.81	121	149	0.55
55	17171	188	288.27	290.05	0.79	156	197	0.43
56	17475	188	289.90	291.66	0.96	127	132	0.49
57	17803	188	292.10	294	0.94	102	109	0.61
58	17963	188	292.49	295.47	0.98	101	104	0.60
59	18192	182	295.95	297.49	0.75	122	162	0.55
60	18745	182	300.07	301.82	0.74	128	172	0.53
61	19124	182	302.93	304.48	1.13	103	91	0.53
62	19248	182	303.58	305.27	1.07	116	108	0.48
63	19388	182	305.02	306.32	0.90	88	97	0.69
64	19661	182	308.31	309.87	0.86	86	100	0.73
65	19759	182	307.92	310.96	0.94	107	113	0.56
66	20205	182	312.62	314.52	1.06	98	92	0.58
67	20409	182	314.56	316.17	0.74	129	174	0.52
68	20891	182	319.64	320.9	0.77	92	173	0.72
69	21306	182	324.91	326.91	0.72	93	133	0.73
70	21527	182	328.35	330.12	0.74	94	128	0.72
71	21808	182	332.18	333.3	0.91	102	112	0.60
72	22133	182	335.76	337.58	0.73	76	104	0.89
73	22430	182	340.33	342.05	0.78	106	137	0.62
74	22773	176	345.26	346.74	0.58	91	156	0.81
75	23130	176	349.44	351.63	0.76	106	140	0.61
76	23528	176	355.95	357.58	0.74	67	91	0.98
77	24068	176	363.20	365.33	0.83	108	131	0.57
78	24325	176	367.06	368.68	0.75	68	279	0.95
79	24734	176	371.42	373.93	1.14	94	82	0.56
80	24877	176	375.09	376.6	0.76	64	92	1.00
81	25116	176	378.30	380.59	0.91	142	156	0.42
82	25325	176	381.68	383.17	0.69	85	180	0.79
83	25680	176	386.53	388.49	0.89	84	94	0.71

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
84	25899	176	388.66	391.09	1.22	74	61	0.69
85	26246	176	394.89	396.46	0.89	64	82	0.96
86	26447	176	398.25	400.09	1.27	64	51	0.78
87	26752	176	400.43	403.44	1.27	86	74	0.59
88	26865	176	403.40	404.9	1.02	55	63	1.00
89	26939	176	403.66	406.15	1.19	94	79	0.55

Tab. 1.2 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 5 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	472	238.20	243.08	1.97	391	376	0.29
2	153	472	238.28	243.26	1.79	388	425	0.32
3	385	472	238.27	243.52	2.61	322	523	0.33
4	695	472	238.59	243.87	2.67	345	138	0.27
5	1017	472	238.81	244.20	2.10	199	163	0.56
6	1194	472	238.83	244.80	2.50	242	111	0.40
7	1791	472	240.07	245.35	3.51	455	529	0.18
8	2222	472	240.72	245.51	3.23	451	344	0.19
9	2580	472	241.19	245.64	3.47	396	114	0.20
10	2916	472	241.31	245.81	3.09	313	228	0.27
11	3325	472	241.50	246.15	2.54	414	199	0.23
12	3698	472	241.90	246.39	1.96	461	235	0.23
13	4062	472	242.46	246.64	2.55	233	126	0.43
14	4354	472	243.27	247.26	2.41	321	190	0.37
15	4553	472	243.52	247.57	2.31	440	239	0.25
16	4766	472	243.79	247.73	2.28	518	327	0.21
17	5338	472	245.34	248.13	1.41	466	330	0.27
18	5669	472	245.83	248.55	1.53	218	143	0.56
19	5949	472	245.97	249.27	1.73	292	169	0.39
20	6465	472	247.33	250.22	1.81	312	172	0.36
21	6798	472	247.59	250.73	2.00	365	183	0.29
22	7035	472	247.59	250.99	2.30	269	117	0.37
23	7107	472	250.46	252.13	1.39	128	92	1.00
24	7134	472	250.82	252.49	1.46	124	85	1.01
25	7196	472	250.89	253.37	2.19	268	122	0.38
26	7777	472	251.76	254.72	1.46	261	206	0.48
27	7974	465	252.23	255.15	1.94	386	240	0.28
28	8227	465	252.41	255.42	2.13	246	116	0.41
29	8460	465	252.64	255.81	2.13	436	205	0.23
30	8776	465	254.04	256.06	1.33	161	142	0.82
31	8914	465	254.91	257.11	1.04	249	238	0.58
32	9340	465	256.44	258.89	1.19	350	500	0.39

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
33	9792	465	257.88	260.83	1.14	326	286	0.43
34	9969	465	257.86	261.53	1.25	270	217	0.49
35	10685	465	260.32	263.45	1.08	380	491	0.38
36	10960	465	260.44	263.98	1.55	233	278	0.51
37	11401	465	261.59	264.99	1.97	307	155	0.34
38	11764	465	262.93	265.77	1.33	253	191	0.51
39	12034	465	262.99	266.29	1.89	439	446	0.25
40	12385	465	263.22	266.64	1.61	338	209	0.35
41	12775	465	264.63	267.54	1.35	226	193	0.57
42	13111	465	266.68	269.28	1.11	225	365	0.63
43	13337	465	267.97	270.61	1.34	261	462	0.49
44	13733	465	269.56	272.29	1.43	323	253	0.38
45	13995	465	270.32	273.21	1.23	332	302	0.41
46	14419	465	272.13	274.79	1.47	295	312	0.42
47	14702	465	273.30	275.48	1.93	388	202	0.28
48	15294	465	275.32	277.83	1.24	134	108	1.00
49	15763	328	278.44	281.28	1.36	290	214	0.31
50	16114	328	280.80	282.82	0.72	154	216	0.80
51	16233	328	281.74	284.07	1.06	205	195	0.50
52	16414	328	283.22	285.03	1.19	215	181	0.45
53	16510	328	284.00	285.63	0.82	184	223	0.63
54	16637	328	284.91	286.91	1.03	159	155	0.65
55	17171	326	288.27	290.42	1.13	230	203	0.42
56	17475	326	289.90	291.99	1.22	172	141	0.55
57	17803	326	292.10	294.51	0.96	182	191	0.58
58	17963	326	292.49	295.85	1.26	143	117	0.65
59	18192	315	295.95	297.85	1.00	185	186	0.54
60	18745	315	300.07	302.12	0.93	183	197	0.57
61	19124	315	302.93	304.96	1.41	149	106	0.57
62	19248	315	303.58	305.76	1.48	170	115	0.49
63	19388	315	305.02	306.70	1.22	126	103	0.72
64	19661	315	308.31	310.22	1.16	121	104	0.77
65	19759	315	307.92	311.35	1.31	150	115	0.58
66	20205	315	312.62	315.06	1.06	163	154	0.60
67	20409	315	314.56	316.56	1.05	200	190	0.49
68	20891	315	319.64	321.19	0.79	129	265	0.87
69	21306	315	324.91	327.30	1.02	151	171	0.67
70	21527	315	328.35	330.33	0.92	122	132	0.86
71	21808	315	332.18	333.74	1.24	153	127	0.59
72	22133	315	335.76	337.87	0.85	111	135	0.99
73	22430	315	340.33	342.41	1.07	156	145	0.62
74	22773	305	345.26	346.96	0.74	127	170	0.89
75	23130	305	349.44	351.99	0.97	161	166	0.62

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
76	23528	305	355.95	357.92	0.95	100	105	0.99
77	24068	305	363.20	365.66	1.11	153	137	0.60
78	24325	305	367.06	369.01	0.97	99	308	1.00
79	24734	305	371.42	374.43	1.39	141	102	0.58
80	24877	305	375.09	376.98	0.88	104	137	1.00
81	25116	305	378.30	380.99	0.98	217	221	0.45
82	25325	305	381.68	383.51	0.88	131	236	0.79
83	25680	305	386.53	388.83	1.16	117	101	0.77
84	25899	305	388.66	391.58	1.58	105	67	0.73
85	26246	305	394.89	396.92	1.06	109	121	0.94
86	26447	305	398.25	400.56	1.56	90	76	0.87
87	26752	305	400.43	404.00	1.79	132	95	0.59
88	26865	305	403.40	405.37	1.44	83	77	0.99
89	26939	305	403.66	406.66	1.68	135	81	0.56

Tab. 1.3 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 20 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	1010	238.20	244.19	3.01	695	553	0.31
2	153	1010	238.28	244.39	2.87	1063	630	0.25
3	385	1010	238.27	244.50	3.44	683	821	0.38
4	695	1010	238.59	244.91	3.21	499	691	0.37
5	1017	1010	238.81	245.45	3.05	505	580	0.54
6	1194	1010	238.83	246.07	2.89	718	803	0.40
7	1791	1010	240.07	246.65	4.61	712	985	0.24
8	2222	1010	240.72	246.91	4.38	824	581	0.23
9	2580	1010	241.19	247.11	3.64	583	432	0.29
10	2916	1010	241.31	247.40	3.82	494	372	0.33
11	3325	1010	241.50	247.81	4.05	830	328	0.22
12	3698	1010	241.90	248.03	3.22	1318	681	0.18
13	4062	1010	242.46	248.15	3.37	509	202	0.43
14	4354	1010	243.27	248.74	3.20	664	248	0.36
15	4553	1010	243.52	248.99	3.74	787	248	0.25
16	4766	1010	243.79	249.15	3.69	991	339	0.20
17	5338	1010	245.34	249.45	2.57	956	486	0.22
18	5669	1010	245.83	249.74	1.82	485	266	0.49
19	5949	1010	245.97	250.40	2.45	518	212	0.40
20	6465	1010	247.33	251.44	2.41	582	241	0.36
21	6798	1010	247.59	251.92	3.03	590	195	0.31
22	7035	1010	247.59	252.14	3.36	406	121	0.43
23	7107	1010	250.46	253.07	2.21	217	98	1.00
24	7134	1010	250.82	253.49	2.33	211	90	1.00

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
25	7196	1010	250.89	254.70	3.37	438	155	0.40
26	7777	1010	251.76	255.84	2.50	587	631	0.41
27	7974	990	252.23	256.20	2.76	621	368	0.31
28	8227	990	252.41	256.48	2.69	385	147	0.50
29	8460	990	252.64	257.03	3.13	698	460	0.26
30	8776	990	254.04	257.31	2.04	441	319	0.63
31	8914	990	254.91	258.05	1.72	500	291	0.48
32	9340	990	256.44	259.73	1.86	620	546	0.37
33	9792	990	257.88	261.56	1.73	543	333	0.44
34	9969	990	257.86	262.30	1.38	485	365	0.55
35	10685	990	260.32	264.35	1.92	763	979	0.32
36	10960	990	260.44	264.90	1.22	516	663	0.59
37	11401	990	261.59	265.93	2.83	477	283	0.41
38	11764	990	262.93	266.76	2.17	451	239	0.48
39	12034	990	262.99	267.29	2.79	679	507	0.28
40	12385	990	263.22	267.65	2.42	564	236	0.36
41	12775	990	264.63	268.43	2.14	379	220	0.57
42	13111	990	266.68	269.97	1.55	377	471	0.67
43	13337	990	267.97	271.37	1.75	435	650	0.55
44	13733	990	269.56	273.15	2.23	520	425	0.41
45	13995	990	270.32	274.01	1.97	562	456	0.41
46	14419	990	272.13	275.54	2.14	450	351	0.48
47	14702	990	273.30	276.42	2.82	578	243	0.33
48	15294	990	275.32	278.64	1.79	236	131	1.00
49	15763	698	278.44	282.14	2.05	486	249	0.32
50	16114	698	280.80	283.38	1.27	278	219	0.71
51	16233	698	281.74	284.55	1.52	301	198	0.60
52	16414	698	283.22	285.70	1.82	338	186	0.49
53	16510	698	284.00	286.25	1.39	325	233	0.58
54	16637	698	284.91	287.38	1.43	233	163	0.80
55	17171	694	288.27	291.16	1.82	384	211	0.43
56	17475	694	289.90	292.65	1.68	271	161	0.63
57	17803	694	292.10	295.21	1.44	330	230	0.56
58	17963	694	292.49	296.44	1.73	216	132	0.79
59	18192	671	295.95	298.60	1.50	357	238	0.49
60	18745	671	300.07	302.54	1.28	271	211	0.70
61	19124	671	302.93	305.83	1.87	264	142	0.59
62	19248	671	303.58	306.61	2.17	273	126	0.53
63	19388	671	305.02	307.50	1.90	211	111	0.74
64	19661	671	308.31	310.87	1.72	191	247	0.86
65	19759	671	307.92	312.13	2.06	242	118	0.62
66	20205	671	312.62	315.74	1.42	297	224	0.60
67	20409	671	314.56	317.17	1.60	321	265	0.53

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
68	20891	671	319.64	321.72	1.09	229	381	0.89
69	21306	671	324.91	327.86	1.46	268	260	0.73
70	21527	671	328.35	330.91	1.37	201	169	0.91
71	21808	671	332.18	334.47	1.77	256	155	0.64
72	22133	671	335.76	338.46	1.01	237	251	0.92
73	22430	671	340.33	342.93	1.56	233	150	0.73
74	22773	650	345.26	347.54	1.08	249	231	0.80
75	23130	650	349.44	352.48	1.27	250	197	0.74
76	23528	650	355.95	358.61	1.28	191	149	0.96
77	24068	650	363.20	366.35	1.40	265	189	0.66
78	24325	650	367.06	369.74	1.26	190	401	0.97
79	24734	650	371.42	375.18	2.05	220	112	0.66
80	24877	650	375.09	377.58	1.29	184	292	1.00
81	25116	650	378.30	381.58	1.51	355	252	0.48
82	25325	650	381.68	384.06	1.23	223	374	0.84
83	25680	650	386.53	389.49	1.70	187	110	0.85
84	25899	650	388.66	392.49	2.21	171	86	0.82
85	26246	650	394.89	397.64	1.65	219	164	0.87
86	26447	650	398.25	401.47	2.33	215	160	0.84
87	26752	650	400.43	404.83	2.59	225	116	0.67
88	26865	650	403.40	406.25	2.32	163	95	0.97
89	26939	650	403.66	407.61	2.59	214	85	0.61

Tab. 1.4 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 100 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	1630	238.20	245.16	3.91	1093	789	0.32
2	153	1630	238.28	245.40	3.88	1774	811	0.22
3	385	1630	238.27	245.47	4.42	1556	952	0.31
4	695	1630	238.59	245.70	3.83	1207	1026	0.32
5	1017	1630	238.81	246.01	3.62	869	791	0.59
6	1194	1630	238.83	246.73	3.55	1223	1123	0.39
7	1791	1630	240.07	247.22	5.18	2129	1168	0.21
8	2222	1630	240.72	247.34	4.82	983	756	0.31
9	2580	1630	241.19	247.70	4.03	884	1026	0.37
10	2916	1630	241.31	248.16	3.87	850	891	0.42
11	3325	1630	241.50	248.72	4.95	1566	922	0.25
12	3698	1630	241.90	248.97	4.15	1978	760	0.19
13	4062	1630	242.46	249.03	4.18	689	289	0.48
14	4354	1630	243.27	249.72	4.17	912	296	0.38
15	4553	1630	243.52	250.00	4.74	1060	344	0.28
16	4766	1630	243.79	250.19	4.74	1350	371	0.22

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
17	5338	1630	245.34	250.50	3.62	1481	559	0.20
18	5669	1630	245.83	250.73	2.67	756	283	0.42
19	5949	1630	245.97	251.35	3.31	720	504	0.40
20	6465	1630	247.33	252.43	3.30	825	487	0.35
21	6798	1630	247.59	252.90	3.89	785	279	0.34
22	7035	1630	247.59	253.08	4.21	521	124	0.49
23	7107	1630	250.46	253.95	2.90	306	306	1.00
24	7134	1630	250.82	254.39	3.11	295	95	1.00
25	7196	1630	250.89	255.98	4.47	989	768	0.37
26	7777	1630	251.76	256.82	3.41	1338	1034	0.33
27	7974	1600	252.23	257.02	3.58	1184	726	0.31
28	8227	1600	252.41	257.17	3.24	487	404	0.58
29	8460	1600	252.64	257.96	3.77	917	640	0.29
30	8776	1600	254.04	258.30	2.64	806	410	0.54
31	8914	1600	254.91	258.85	2.10	774	403	0.45
32	9340	1600	256.44	260.44	2.32	880	622	0.38
33	9792	1600	257.88	262.25	2.19	821	732	0.44
34	9969	1600	257.86	262.91	1.83	768	900	0.51
35	10685	1600	260.32	264.88	2.44	1260	1353	0.32
36	10960	1600	260.44	265.47	1.64	841	1229	0.52
37	11401	1600	261.59	266.64	3.04	840	690	0.46
38	11764	1600	262.93	267.56	2.64	948	941	0.45
39	12034	1600	262.99	268.03	3.44	873	690	0.32
40	12385	1600	263.22	268.46	3.02	757	288	0.39
41	12775	1600	264.63	269.21	2.79	535	297	0.58
42	13111	1600	266.68	270.68	2.11	560	523	0.63
43	13337	1600	267.97	271.96	2.15	612	780	0.59
44	13733	1600	269.56	273.80	2.68	990	931	0.41
45	13995	1600	270.32	274.63	2.36	751	618	0.45
46	14419	1600	272.13	276.33	2.56	638	741	0.51
47	14702	1600	273.30	277.28	3.63	756	269	0.35
48	15294	1600	275.32	279.52	1.94	386	199	0.95
49	15763	1128	278.44	282.83	2.68	660	294	0.34
50	16114	1128	280.80	283.96	1.82	404	223	0.66
51	16233	1128	281.74	284.99	1.93	390	218	0.67
52	16414	1128	283.22	286.29	2.35	450	214	0.52
53	16510	1128	284.00	286.85	1.91	468	245	0.56
54	16637	1128	284.91	287.83	1.62	311	196	0.91
55	17171	1122	288.27	291.89	2.23	558	300	0.43
56	17475	1122	289.90	293.26	2.16	373	173	0.65
57	17803	1122	292.10	295.78	1.87	465	248	0.56
58	17963	1122	292.49	296.91	2.01	281	147	0.92
59	18192	1084	295.95	299.25	2.08	516	248	0.47

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
60	18745	1084	300.07	302.87	1.59	341	234	0.81
61	19124	1084	302.93	306.51	2.44	362	309	0.61
62	19248	1084	303.58	307.30	2.72	362	133	0.58
63	19388	1084	305.02	308.20	2.47	293	128	0.75
64	19661	1084	308.31	311.47	2.21	260	525	0.90
65	19759	1084	307.92	312.83	2.71	325	120	0.65
66	20205	1084	312.62	316.32	1.93	422	292	0.59
67	20409	1084	314.56	317.67	2.05	430	587	0.57
68	20891	1084	319.64	322.18	1.44	333	505	0.87
69	21306	1084	324.91	328.24	1.85	363	339	0.81
70	21527	1084	328.35	331.44	1.76	294	293	0.92
71	21808	1084	332.18	335.03	2.25	353	185	0.69
72	22133	1084	335.76	338.89	1.41	349	329	0.88
73	22430	1084	340.33	343.35	1.93	296	153	0.84
74	22773	1050	345.26	348.03	1.54	363	236	0.74
75	23130	1050	349.44	352.80	1.53	315	206	0.86
76	23528	1050	355.95	359.17	1.81	276	153	0.90
77	24068	1050	363.20	366.74	1.78	340	191	0.74
78	24325	1050	367.06	370.46	1.69	438	616	0.77
79	24734	1050	371.42	375.50	2.33	258	119	0.86
80	24877	1050	375.09	378.12	1.63	266	430	0.99
81	25116	1050	378.30	382.09	1.99	493	275	0.50
82	25325	1050	381.68	384.49	1.59	303	459	0.88
83	25680	1050	386.53	390.06	2.12	252	119	0.91
84	25899	1050	388.66	393.42	2.27	261	330	0.85
85	26246	1050	394.89	398.27	2.24	329	194	0.84
86	26447	1050	398.25	402.07	2.87	312	162	0.89
87	26752	1050	400.43	405.57	3.33	311	118	0.72
88	26865	1050	403.40	407.06	3.13	248	101	0.95
89	26939	1050	403.66	408.42	3.36	284	88	0.66

Tab. 1.5 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 200 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	1920	238.20	245.45	4.20	1330	849	0.33
2	153	1920	238.28	245.70	4.18	2027	864	0.23
3	385	1920	238.27	245.79	4.73	1855	959	0.30
4	695	1920	238.59	246.01	4.14	1783	1112	0.24
5	1017	1920	238.81	246.06	3.67	905	833	0.67
6	1194	1920	238.83	246.96	3.78	1634	1179	0.36
7	1791	1920	240.07	247.40	5.35	2336	1171	0.23
8	2222	1920	240.72	247.55	5.02	1650	785	0.29

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
9	2580	1920	241.19	247.81	4.15	970	1049	0.40
10	2916	1920	241.31	248.41	4.08	1595	924	0.36
11	3325	1920	241.50	248.80	5.03	1645	924	0.28
12	3698	1920	241.90	249.12	4.31	2094	777	0.21
13	4062	1920	242.46	249.18	4.32	721	312	0.54
14	4354	1920	243.27	250.02	4.47	1035	542	0.40
15	4553	1920	243.52	250.33	5.07	1193	471	0.29
16	4766	1920	243.79	250.54	5.09	1505	589	0.23
17	5338	1920	245.34	250.88	3.99	1732	780	0.20
18	5669	1920	245.83	251.10	3.00	861	288	0.41
19	5949	1920	245.97	251.72	3.64	804	641	0.40
20	6465	1920	247.33	252.83	3.65	926	642	0.35
21	6798	1920	247.59	253.31	4.16	867	525	0.35
22	7035	1920	247.59	253.47	4.53	569	204	0.51
23	7107	1920	250.46	254.31	3.18	345	322	1.00
24	7134	1920	250.82	254.77	3.44	330	158	1.00
25	7196	1920	250.89	256.56	5.05	1427	957	0.32
26	7777	1920	251.76	257.19	3.77	1842	1166	0.30
27	7974	1890	252.23	257.34	3.90	1404	759	0.31
28	8227	1890	252.41	257.42	3.44	524	459	0.62
29	8460	1890	252.64	258.33	4.03	1548	844	0.27
30	8776	1890	254.04	258.59	2.93	936	500	0.53
31	8914	1890	254.91	259.14	2.36	879	412	0.45
32	9340	1890	256.44	260.70	2.56	987	718	0.38
33	9792	1890	257.88	262.50	2.39	947	915	0.44
34	9969	1890	257.86	263.15	2.06	901	1020	0.50
35	10685	1890	260.32	265.07	2.63	1515	1367	0.31
36	10960	1890	260.44	265.65	1.77	1171	1317	0.49
37	11401	1890	261.59	266.79	3.19	950	748	0.49
38	11764	1890	262.93	267.84	2.51	1249	1173	0.44
39	12034	1890	262.99	268.29	3.38	988	920	0.35
40	12385	1890	263.22	268.77	3.25	842	389	0.40
41	12775	1890	264.63	269.54	3.01	635	400	0.59
42	13111	1890	266.68	270.98	2.32	647	618	0.62
43	13337	1890	267.97	272.23	2.37	745	804	0.58
44	13733	1890	269.56	274.01	2.89	1139	1051	0.41
45	13995	1890	270.32	274.84	2.56	822	706	0.46
46	14419	1890	272.13	276.63	2.65	738	935	0.53
47	14702	1890	273.30	277.65	3.71	841	338	0.37
48	15294	1890	275.32	279.94	2.30	475	254	0.84
49	15763	1332	278.44	283.05	2.87	722	308	0.35
50	16114	1332	280.80	284.20	2.05	460	224	0.65
51	16233	1332	281.74	285.18	2.11	434	252	0.68

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
52	16414	1332	283.22	286.54	2.54	498	258	0.54
53	16510	1332	284.00	287.11	2.13	532	266	0.55
54	16637	1332	284.91	287.99	1.77	344	203	0.93
55	17171	1325	288.27	292.15	2.44	624	398	0.43
56	17475	1325	289.90	293.49	2.37	413	175	0.67
57	17803	1325	292.10	296.01	2.06	525	255	0.56
58	17963	1325	292.49	297.11	1.96	314	167	0.99
59	18192	1281	295.95	299.52	2.15	586	272	0.48
60	18745	1281	300.07	303.02	1.72	376	248	0.84
61	19124	1281	302.93	306.88	2.41	423	371	0.62
62	19248	1281	303.58	307.65	2.98	410	153	0.58
63	19388	1281	305.02	308.50	2.70	328	137	0.76
64	19661	1281	308.31	311.72	2.40	290	701	0.91
65	19759	1281	307.92	313.12	2.97	360	121	0.66
66	20205	1281	312.62	316.57	2.16	495	457	0.58
67	20409	1281	314.56	317.87	2.23	483	621	0.59
68	20891	1281	319.64	322.36	1.60	375	626	0.86
69	21306	1281	324.91	328.41	2.01	408	395	0.84
70	21527	1281	328.35	331.71	1.85	372	385	0.90
71	21808	1281	332.18	335.26	2.35	407	281	0.71
72	22133	1281	335.76	339.11	1.63	1005	709	0.47
73	22430	1281	340.33	343.34	1.93	296	153	1.00
74	22773	1240	345.26	348.35	1.83	438	239	0.67
75	23130	1240	349.44	352.83	1.54	320	207	1.00
76	23528	1240	355.95	359.52	2.04	377	702	0.83
77	24068	1240	363.20	366.83	1.86	356	191	0.81
78	24325	1240	367.06	370.59	1.82	521	618	0.77
79	24734	1240	371.42	375.71	2.50	283	127	0.90
80	24877	1240	375.09	378.42	1.77	344	556	0.93
81	25116	1240	378.30	382.24	2.13	533	276	0.53
82	25325	1240	381.68	384.71	1.74	347	476	0.87
83	25680	1240	386.53	390.13	2.19	420	319	0.84
84	25899	1240	388.66	393.42	2.28	262	331	1.00
85	26246	1240	394.89	398.71	2.58	417	211	0.75
86	26447	1240	398.25	402.32	3.09	352	162	0.91
87	26752	1240	400.43	405.86	3.62	347	125	0.74
88	26865	1240	403.40	407.37	3.43	279	102	0.96
89	26939	1240	403.66	408.77	3.71	315	90	0.67

Tab. 1.6 Profilo idrico del torrente Pellice per il tempo di ritorno di 500 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	2340	238.20	245.81	4.56	1662	967	0.33
2	153	2340	238.28	246.06	4.54	2358	967	0.24
3	385	2340	238.27	246.15	5.10	2209	969	0.30
4	695	2340	238.59	246.36	4.49	2178	1171	0.21
5	1017	2340	238.81	246.27	3.88	1089	996	0.70
6	1194	2340	238.83	247.22	4.04	1949	1228	0.36
7	1791	2340	240.07	247.65	5.61	2641	1244	0.24
8	2222	2340	240.72	247.82	5.29	1867	843	0.31
9	2580	2340	241.19	248.15	4.49	1695	1089	0.36
10	2916	2340	241.31	248.58	4.25	1756	940	0.40
11	3325	2340	241.50	249.05	5.28	1876	938	0.31
12	3698	2340	241.90	249.42	4.61	2341	846	0.22
13	4062	2340	242.46	249.45	4.56	785	473	0.59
14	4354	2340	243.27	250.47	4.92	1380	859	0.40
15	4553	2340	243.52	250.76	5.51	1454	717	0.31
16	4766	2340	243.79	251.00	5.55	1826	820	0.24
17	5338	2340	245.34	251.35	4.46	2102	800	0.20
18	5669	2340	245.83	251.54	3.34	993	317	0.41
19	5949	2340	245.97	252.19	4.08	923	961	0.41
20	6465	2340	247.33	253.35	4.01	1073	804	0.35
21	6798	2340	247.59	253.83	4.48	980	781	0.36
22	7035	2340	247.59	253.97	4.86	634	382	0.53
23	7107	2340	250.46	255.37	4.16	756	792	0.74
24	7134	2340	250.82	255.27	3.86	379	384	1.00
25	7196	2340	250.89	257.33	5.83	2261	1311	0.27
26	7777	2340	251.76	257.76	4.34	2504	1175	0.26
27	7974	2300	252.23	257.85	4.41	1760	1017	0.29
28	8227	2300	252.41	257.81	3.55	585	673	0.67
29	8460	2300	252.64	258.85	4.54	2026	1068	0.26
30	8776	2300	254.04	259.04	3.38	1180	604	0.51
31	8914	2300	254.91	259.54	2.73	1029	466	0.43
32	9340	2300	256.44	261.04	2.88	1155	897	0.39
33	9792	2300	257.88	262.80	2.69	1128	1244	0.44
34	9969	2300	257.86	263.44	2.35	1270	1186	0.47
35	10685	2300	260.32	265.24	2.80	1751	1382	0.33
36	10960	2300	260.44	265.86	1.98	1450	1345	0.47
37	11401	2300	261.59	267.01	3.41	1142	1012	0.51
38	11764	2300	262.93	268.11	2.75	1572	1258	0.42
39	12034	2300	262.99	268.54	3.54	1223	1091	0.38
40	12385	2300	263.22	269.09	3.46	957	517	0.43
41	12775	2300	264.63	269.91	3.27	785	513	0.59
42	13111	2300	266.68	271.31	2.58	770	793	0.62

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
43	13337	2300	267.97	272.57	2.59	969	1000	0.56
44	13733	2300	269.56	274.25	3.12	1543	1151	0.40
45	13995	2300	270.32	275.03	2.73	883	1008	0.51
46	14419	2300	272.13	276.88	2.88	1125	1057	0.48
47	14702	2300	273.30	277.78	3.80	878	353	0.43
48	15294	2300	275.32	280.50	2.64	643	330	0.75
49	15763	1622	278.44	283.35	3.08	814	330	0.37
50	16114	1622	280.80	284.53	2.36	541	260	0.63
51	16233	1622	281.74	285.44	2.35	503	282	0.70
52	16414	1622	283.22	286.85	2.77	559	351	0.56
53	16510	1622	284.00	287.45	2.41	617	367	0.54
54	16637	1622	284.91	288.21	1.97	390	212	0.96
55	17171	1613	288.27	292.49	2.68	713	640	0.44
56	17475	1613	289.90	293.80	2.64	467	276	0.68
57	17803	1613	292.10	296.34	2.27	609	268	0.56
58	17963	1613	292.49	297.49	1.86	386	213	1.01
59	18192	1560	295.95	299.82	2.03	672	330	0.52
60	18745	1560	300.07	303.26	1.94	440	285	0.84
61	19124	1560	302.93	307.20	2.55	481	433	0.65
62	19248	1560	303.58	308.00	3.25	459	362	0.60
63	19388	1560	305.02	308.87	2.98	374	148	0.77
64	19661	1560	308.31	312.06	2.66	331	825	0.92
65	19759	1560	307.92	313.49	3.31	405	122	0.68
66	20205	1560	312.62	316.89	2.46	628	822	0.57
67	20409	1560	314.56	318.12	2.46	554	678	0.61
68	20891	1560	319.64	322.60	1.82	433	653	0.85
69	21306	1560	324.91	328.60	2.20	466	444	0.88
70	21527	1560	328.35	331.96	1.88	1117	986	0.50
71	21808	1560	332.18	335.05	2.27	357	186	0.97
72	22133	1560	335.76	339.17	1.68	1044	713	0.54
73	22430	1560	340.33	343.61	2.17	337	155	1.00
74	22773	1510	345.26	348.56	2.03	608	478	0.66
75	23130	1510	349.44	353.24	1.69	757	1033	0.73
76	23528	1510	355.95	359.88	2.39	629	703	0.71
77	24068	1510	363.20	366.82	1.86	355	191	1.00
78	24325	1510	367.06	370.84	2.07	677	622	0.71
79	24734	1510	371.42	375.94	2.69	315	149	0.97
80	24877	1510	375.09	378.71	2.07	437	595	0.88
81	25116	1510	378.30	382.44	2.32	587	277	0.56
82	25325	1510	381.68	385.00	1.99	487	487	0.80
83	25680	1510	386.53	390.34	2.38	489	332	0.85
84	25899	1510	388.66	393.83	2.58	491	454	0.77
85	26246	1510	394.89	398.75	2.60	426	369	0.90

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
86	26447	1510	398.25	402.63	3.36	403	163	0.93
87	26752	1510	400.43	406.25	4.00	396	127	0.76
88	26865	1510	403.40	407.78	3.84	321	103	0.97
89	26939	1510	403.66	409.23	4.17	357	92	0.68

ALLEGATO 2

PROFILI DI PIENA IN CONDIZIONI STAZIONARIE - RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

TORRENTE CHISONE

Tab. 1.7 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 2 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	162	278.08	280.50	0.72	123	171	0.49
2	474	162	281.29	282.71	0.92	148	161	0.36
3	861	162	284.19	285.59	0.47	75	160	1.00
4	1279	162	286.65	288.59	0.80	178	379	0.32
5	1520	162	288.71	290.00	0.50	79	158	0.92
6	1710	162	289.59	291.49	0.95	149	157	0.35
7	1799	162	290.40	291.96	0.62	76	123	0.86
8	2125	162	292.58	294.46	1.01	136	134	0.38
9	2320	162	294.46	295.65	0.62	91	146	0.72
10	2764	162	297.28	299.41	0.90	121	214	0.45
11	2925	162	298.98	300.51	0.61	116	190	0.57
12	3087	162	299.76	301.66	0.73	138	189	0.44
13	3243	162	300.65	302.52	0.80	123	154	0.47
14	3460	162	302.48	304.08	0.87	90	103	0.62
15	3704	162	304.28	306.04	0.93	107	115	0.50
16	3816	162	304.87	306.99	0.85	76	90	0.74
17	4037	162	306.83	309.03	1.02	105	103	0.49
18	4442	162	309.65	311.86	0.77	104	135	0.57
19	4829	162	313.91	315.19	0.55	132	241	0.53
20	5223	162	317.28	318.65	0.61	118	194	0.56
21	5455	162	319.26	320.75	0.64	115	178	0.56
22	5618	162	320.41	322.19	0.51	139	271	0.52
23	5791	160	322.29	323.88	0.54	110	214	0.63
24	6173	160	324.62	326.94	1.09	99	91	0.49
25	6421	160	327.33	329.01	0.73	85	117	0.70
26	6562	160	329.02	330.99	0.55	100	181	0.68
27	6879	160	333.26	334.79	0.69	100	145	0.61
28	7360	160	337.67	340.01	0.63	102	225	0.63
29	7625	160	340.92	342.49	0.80	106	132	0.54
30	7885	160	343.18	344.46	0.78	110	141	0.53
31	8177	160	344.50	346.38	1.29	86	67	0.52
32	8457	160	347.14	348.65	1.17	66	57	0.72
33	8625	160	347.97	350.72	1.03	73	71	0.69
34	8718	160	348.25	351.49	1.19	111	93	0.42
35	8827	160	349.08	352.13	1.04	69	67	0.72
36	9181	160	356.60	357.76	0.76	67	88	0.87
37	9252	160	357.36	358.73	0.89	104	117	0.52
38	9401	160	358.66	360.01	0.65	102	157	0.62
39	9764	160	363.20	364.38	0.76	82	108	0.71
40	10024	160	366.41	367.67	0.69	97	141	0.64

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
41	10259	160	367.88	369.94	1.17	77	81	0.61
42	10527	160	369.67	371.89	1.44	80	56	0.53
43	10838	160	371.71	373.74	1.60	77	48	0.52
44	10971	160	374.43	375.74	0.88	54	61	1.01
45	11005	160	376.13	377.16	0.80	57	76	1.00
46	11043	160	376.42	377.88	1.12	89	90	0.54
47	11157	160	377.01	378.57	1.17	107	92	0.44
48	11416	160	379.72	380.59	0.68	77	113	0.80
49	11686	160	381.67	383.54	1.05	93	88	0.54

Tab. 1.8 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 5 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	304	278.08	280.86	0.95	192	202	0.52
2	474	304	281.29	283.12	1.31	215	164	0.39
3	861	304	284.19	285.87	0.64	126	195	0.96
4	1279	304	286.65	288.95	1.09	262	403	0.36
5	1520	304	288.71	290.30	0.77	129	167	0.86
6	1710	304	289.59	291.87	1.30	210	170	0.41
7	1799	304	290.40	292.37	0.82	138	168	0.77
8	2125	304	292.58	294.90	1.28	199	156	0.43
9	2320	304	294.46	296.08	0.90	162	180	0.63
10	2764	304	297.28	299.78	1.04	180	310	0.53
11	2925	304	298.98	300.90	0.95	191	200	0.52
12	3087	304	299.76	301.96	0.96	197	205	0.50
13	3243	304	300.65	302.90	1.09	186	170	0.50
14	3460	304	302.48	304.54	0.94	154	164	0.65
15	3704	304	304.28	306.55	1.17	174	149	0.52
16	3816	304	304.87	307.46	1.04	124	119	0.76
17	4037	304	306.83	309.52	1.41	158	112	0.52
18	4442	304	309.65	312.29	1.01	170	169	0.57
19	4829	304	313.91	315.47	0.76	201	264	0.55
20	5223	304	317.28	318.93	0.82	179	219	0.60
21	5455	304	319.26	321.05	0.93	169	198	0.60
22	5618	304	320.41	322.45	0.76	210	276	0.53
23	5791	300	322.29	324.12	0.69	167	261	0.69
24	6173	300	324.62	327.63	0.97	189	195	0.51
25	6421	300	327.33	329.56	0.85	173	203	0.60
26	6562	300	329.02	331.25	0.65	155	237	0.76
27	6879	300	333.26	335.17	0.91	163	178	0.61
28	7360	300	337.67	340.38	0.64	184	402	0.65
29	7625	300	340.92	342.90	1.04	167	160	0.56

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
30	7885	300	343.18	344.84	1.11	165	150	0.55
31	8177	300	344.50	346.89	1.69	122	72	0.60
32	8457	300	347.14	349.28	1.72	103	60	0.71
33	8625	300	347.97	351.22	1.40	112	84	0.73
34	8718	300	348.25	352.05	1.75	163	93	0.44
35	8827	300	349.08	352.63	1.43	105	73	0.76
36	9181	300	356.60	358.14	1.11	104	113	0.89
37	9252	300	357.36	359.16	1.29	156	125	0.54
38	9401	300	358.66	360.37	0.86	169	196	0.61
39	9764	300	363.20	364.68	1.05	115	109	0.81
40	10024	300	366.41	368.08	0.93	160	172	0.62
41	10259	300	367.88	370.37	1.55	107	125	0.72
42	10527	300	369.67	372.61	2.02	122	61	0.55
43	10838	300	371.71	374.47	2.22	114	51	0.57
44	10971	300	374.43	376.21	1.31	84	64	1.00
45	11005	300	376.13	377.59	1.19	88	80	1.00
46	11043	300	376.42	378.39	1.59	131	94	0.58
47	11157	300	377.01	379.12	1.69	159	94	0.46
48	11416	300	379.72	380.96	1.04	120	115	0.78
49	11686	300	381.67	383.96	1.42	130	92	0.62

Tab. 1.9 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 20 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	588	278.08	281.33	1.39	289	207	0.55
2	474	588	281.29	283.74	1.79	322	180	0.44
3	861	588	284.19	286.38	0.91	243	277	0.81
4	1279	588	286.65	289.43	1.44	381	440	0.41
5	1520	588	288.71	290.80	1.25	212	180	0.79
6	1710	588	289.59	292.42	1.78	300	426	0.47
7	1799	588	290.40	292.91	1.33	232	175	0.70
8	2125	588	292.58	295.47	1.62	294	284	0.50
9	2320	588	294.46	296.67	1.38	274	198	0.58
10	2764	588	297.28	300.21	1.36	259	520	0.62
11	2925	588	298.98	301.44	1.40	304	277	0.52
12	3087	588	299.76	302.43	1.40	297	212	0.54
13	3243	588	300.65	303.41	1.56	273	175	0.55
14	3460	588	302.48	305.09	1.27	254	199	0.66
15	3704	588	304.28	307.11	1.56	264	169	0.57
16	3816	588	304.87	308.03	1.44	199	164	0.79
17	4037	588	306.83	310.18	1.93	236	190	0.57
18	4442	588	309.65	312.90	1.48	283	191	0.54

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
19	4829	588	313.91	315.85	1.02	309	304	0.60
20	5223	588	317.28	319.36	1.21	272	224	0.63
21	5455	588	319.26	321.48	1.33	248	272	0.66
22	5618	588	320.41	322.88	1.18	330	280	0.52
23	5791	580	322.29	324.42	0.96	242	303	0.78
24	6173	580	324.62	328.13	1.38	293	212	0.54
25	6421	580	327.33	330.00	1.16	274	235	0.63
26	6562	580	329.02	331.60	0.96	240	249	0.79
27	6879	580	333.26	335.71	1.01	279	385	0.66
28	7360	580	337.67	340.76	0.94	300	522	0.64
29	7625	580	340.92	343.36	1.31	245	186	0.66
30	7885	580	343.18	345.46	1.59	272	209	0.56
31	8177	580	344.50	347.66	1.92	185	96	0.72
32	8457	580	347.14	350.29	2.54	166	65	0.70
33	8625	580	347.97	351.98	2.13	181	99	0.73
34	8718	580	348.25	352.87	2.57	239	93	0.48
35	8827	580	349.08	353.38	2.14	160	74	0.79
36	9181	580	356.60	358.73	1.63	195	194	0.88
37	9252	580	357.36	359.78	1.82	252	181	0.58
38	9401	580	358.66	360.90	1.36	274	201	0.58
39	9764	580	363.20	365.21	1.06	180	170	1.00
40	10024	580	366.41	368.76	1.18	305	259	0.56
41	10259	580	367.88	370.86	1.92	141	254	0.95
42	10527	580	369.67	373.89	2.35	222	106	0.55
43	10838	580	371.71	375.66	2.88	178	62	0.61
44	10971	580	374.43	376.94	1.97	131	68	1.00
45	11005	580	376.13	378.25	1.79	139	87	1.00
46	11043	580	376.42	379.18	2.26	198	103	0.62
47	11157	580	377.01	379.98	2.48	242	118	0.49
48	11416	580	379.72	381.61	1.65	195	118	0.74
49	11686	580	381.67	384.56	1.78	193	108	0.72

Tab. 1.10 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 100 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	943	278.08	281.86	1.71	404	236	0.57
2	474	943	281.29	284.44	1.91	470	246	0.46
3	861	943	284.19	286.84	1.36	369	372	0.70
4	1279	943	286.65	289.80	1.76	481	477	0.47
5	1520	943	288.71	291.28	1.71	295	311	0.78
6	1710	943	289.59	292.96	2.24	393	778	0.51

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
7	1799	943	290.40	293.45	1.81	328	232	0.68
8	2125	943	292.58	295.97	2.01	389	362	0.55
9	2320	943	294.46	297.19	1.86	380	225	0.58
10	2764	943	297.28	300.63	1.75	341	715	0.67
11	2925	943	298.98	301.94	1.81	442	742	0.53
12	3087	943	299.76	302.91	1.78	400	392	0.56
13	3243	943	300.65	303.91	1.99	363	310	0.59
14	3460	943	302.48	305.57	1.73	349	290	0.66
15	3704	943	304.28	307.60	1.89	349	188	0.63
16	3816	943	304.87	308.55	1.90	281	272	0.80
17	4037	943	306.83	310.85	2.15	380	560	0.61
18	4442	943	309.65	313.50	2.02	399	200	0.53
19	4829	943	313.91	316.19	1.32	415	314	0.63
20	5223	943	317.28	319.74	1.57	361	229	0.67
21	5455	943	319.26	321.92	1.71	333	348	0.69
22	5618	943	320.41	323.33	1.61	456	311	0.52
23	5791	930	322.29	324.73	1.22	323	421	0.83
24	6173	930	324.62	328.59	1.80	391	221	0.57
25	6421	930	327.33	330.42	1.56	373	241	0.64
26	6562	930	329.02	331.93	1.25	325	345	0.82
27	6879	930	333.26	336.06	1.28	385	633	0.68
28	7360	930	337.67	341.08	1.19	446	802	0.66
29	7625	930	340.92	343.81	1.45	345	417	0.72
30	7885	930	343.18	346.06	1.86	432	332	0.57
31	8177	930	344.50	348.23	2.33	258	197	0.80
32	8457	930	347.14	351.30	2.68	240	90	0.75
33	8625	930	347.97	352.92	3.00	282	111	0.66
34	8718	930	348.25	353.67	3.37	314	93	0.52
35	8827	930	349.08	354.11	2.83	215	76	0.82
36	9181	930	356.60	359.23	2.08	298	250	0.89
37	9252	930	357.36	360.29	2.30	347	189	0.61
38	9401	930	358.66	361.42	1.85	380	221	0.58
39	9764	930	363.20	365.65	1.12	279	249	1.00
40	10024	930	366.41	369.20	1.42	429	302	0.58
41	10259	930	367.88	371.43	2.41	374	287	0.82
42	10527	930	369.67	374.24	2.68	262	121	0.71
43	10838	930	371.71	376.77	3.17	260	93	0.65
44	10971	930	374.43	377.79	2.71	193	77	0.95
45	11005	930	376.13	378.96	2.33	195	108	1.00
46	11043	930	376.42	380.02	2.77	278	120	0.64
47	11157	930	377.01	380.84	3.18	356	138	0.49
48	11416	930	379.72	382.28	2.25	276	122	0.72
49	11686	930	381.67	385.09	2.24	251	112	0.79

Tab. 1.11 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 200 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	1115	278.08	282.05	1.87	450	240	0.58
2	474	1115	281.29	284.64	2.09	521	249	0.47
3	861	1115	284.19	287.01	1.52	414	397	0.70
4	1279	1115	286.65	290.01	1.93	1057	526	0.21
5	1520	1115	288.71	291.19	1.62	280	299	1.00
6	1710	1115	289.59	293.29	2.51	898	842	0.48
7	1799	1115	290.40	293.68	2.01	368	289	0.68
8	2125	1115	292.58	296.18	2.20	430	515	0.56
9	2320	1115	294.46	297.40	2.06	428	259	0.59
10	2764	1115	297.28	300.81	1.92	400	776	0.68
11	2925	1115	298.98	302.11	1.97	692	826	0.49
12	3087	1115	299.76	302.99	1.86	420	442	0.62
13	3243	1115	300.65	304.12	2.16	402	465	0.60
14	3460	1115	302.48	305.77	1.93	390	345	0.66
15	3704	1115	304.28	307.81	2.01	389	225	0.65
16	3816	1115	304.87	308.80	1.98	327	313	0.81
17	4037	1115	306.83	311.07	2.38	451	601	0.61
18	4442	1115	309.65	313.70	2.21	438	226	0.55
19	4829	1115	313.91	316.37	1.48	473	319	0.62
20	5223	1115	317.28	319.88	1.69	392	232	0.70
21	5455	1115	319.26	322.13	1.88	373	441	0.70
22	5618	1115	320.41	323.53	1.80	511	358	0.52
23	5791	1100	322.29	324.87	1.33	359	477	0.85
24	6173	1100	324.62	328.77	1.98	434	239	0.58
25	6421	1100	327.33	330.60	1.74	416	246	0.64
26	6562	1100	329.02	332.08	1.37	363	400	0.83
27	6879	1100	333.26	336.20	1.41	429	776	0.69
28	7360	1100	337.67	341.20	1.29	518	870	0.66
29	7625	1100	340.92	343.95	1.58	379	444	0.74
30	7885	1100	343.18	346.26	2.02	502	359	0.57
31	8177	1100	344.50	348.41	2.52	295	214	0.83
32	8457	1100	347.14	351.66	2.80	274	98	0.77
33	8625	1100	347.97	353.32	3.12	328	119	0.66
34	8718	1100	348.25	354.02	3.72	346	93	0.53
35	8827	1100	349.08	354.43	3.11	239	77	0.83
36	9181	1100	356.60	359.46	2.30	349	314	0.87
37	9252	1100	357.36	360.48	2.49	383	191	0.64
38	9401	1100	358.66	361.64	2.06	431	241	0.57
39	9764	1100	363.20	365.80	1.23	315	257	1.01

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
40	10024	1100	366.41	369.39	1.48	489	330	0.59
41	10259	1100	367.88	371.60	2.56	422	288	0.84
42	10527	1100	369.67	374.50	2.89	295	136	0.74
43	10838	1100	371.71	377.14	3.35	312	185	0.67
44	10971	1100	374.43	378.12	2.98	219	81	0.95
45	11005	1100	376.13	379.32	2.59	233	154	0.96
46	11043	1100	376.42	380.34	2.98	311	133	0.65
47	11157	1100	377.01	381.19	3.51	404	140	0.49
48	11416	1100	379.72	382.58	2.40	316	147	0.72
49	11686	1100	381.67	385.34	2.46	279	114	0.80

Tab. 1.12 Profilo idrico del torrente Chisone per il tempo di ritorno di 500 anni

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
1	0	1359	278.08	282.29	2.09	509	244	0.59
2	474	1359	281.29	284.93	2.29	594	277	0.48
3	861	1359	284.19	287.24	1.74	478	464	0.69
4	1279	1359	286.65	290.77	2.69	1571	816	0.17
5	1520	1359	288.71	291.43	1.85	322	365	0.99
6	1710	1359	289.59	293.57	2.76	1195	865	0.48
7	1799	1359	290.40	293.90	2.18	410	468	0.72
8	2125	1359	292.58	296.49	2.48	491	593	0.56
9	2320	1359	294.46	297.68	2.33	493	320	0.59
10	2764	1359	297.28	301.01	2.12	541	844	0.69
11	2925	1359	298.98	302.31	2.17	855	875	0.49
12	3087	1359	299.76	303.15	2.02	464	544	0.67
13	3243	1359	300.65	304.38	2.37	452	535	0.62
14	3460	1359	302.48	306.05	2.19	446	399	0.66
15	3704	1359	304.28	308.11	2.08	451	336	0.67
16	3816	1359	304.87	309.09	2.25	389	450	0.80
17	4037	1359	306.83	311.25	2.56	733	612	0.56
18	4442	1359	309.65	313.79	2.29	457	253	0.63
19	4829	1359	313.91	316.68	1.76	572	340	0.57
20	5223	1359	317.28	320.00	1.77	420	238	0.78
21	5455	1359	319.26	322.44	2.13	448	761	0.68
22	5618	1359	320.41	323.78	2.02	583	560	0.52
23	5791	1340	322.29	325.06	1.51	411	593	0.85
24	6173	1340	324.62	328.99	2.20	488	251	0.60
25	6421	1340	327.33	330.84	1.96	474	303	0.64
26	6562	1340	329.02	332.29	1.49	420	445	0.84
27	6879	1340	333.26	336.39	1.57	491	1000	0.71

Sezione	Progressiva	Q	Fondo min.	Quota idr.	Altezza idr.	Area	Larghezza	Froude
	(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m)	
28	7360	1340	337.67	341.34	1.43	616	939	0.67
29	7625	1340	340.92	344.12	1.74	425	640	0.78
30	7885	1340	343.18	346.51	2.27	592	371	0.57
31	8177	1340	344.50	348.64	2.74	345	221	0.88
32	8457	1340	347.14	352.08	3.02	325	167	0.77
33	8625	1340	347.97	353.74	3.44	379	122	0.67
34	8718	1340	348.25	354.41	4.11	383	93	0.55
35	8827	1340	349.08	354.82	3.41	270	79	0.86
36	9181	1340	356.60	359.82	2.62	427	338	0.82
37	9252	1340	357.36	360.71	2.71	426	193	0.67
38	9401	1340	358.66	361.93	2.35	502	244	0.57
39	9764	1340	363.20	365.97	1.38	361	262	1.01
40	10024	1340	366.41	369.61	1.59	565	356	0.60
41	10259	1340	367.88	371.82	2.77	486	288	0.87
42	10527	1340	369.67	374.82	3.14	343	160	0.77
43	10838	1340	371.71	377.58	3.62	401	214	0.67
44	10971	1340	374.43	378.47	3.18	249	100	1.00
45	11005	1340	376.13	379.81	3.03	324	250	0.88
46	11043	1340	376.42	380.58	3.21	336	138	0.71
47	11157	1340	377.01	381.60	3.90	461	143	0.50
48	11416	1340	379.72	382.95	2.74	370	154	0.71
49	11686	1340	381.67	385.61	2.69	311	125	0.84