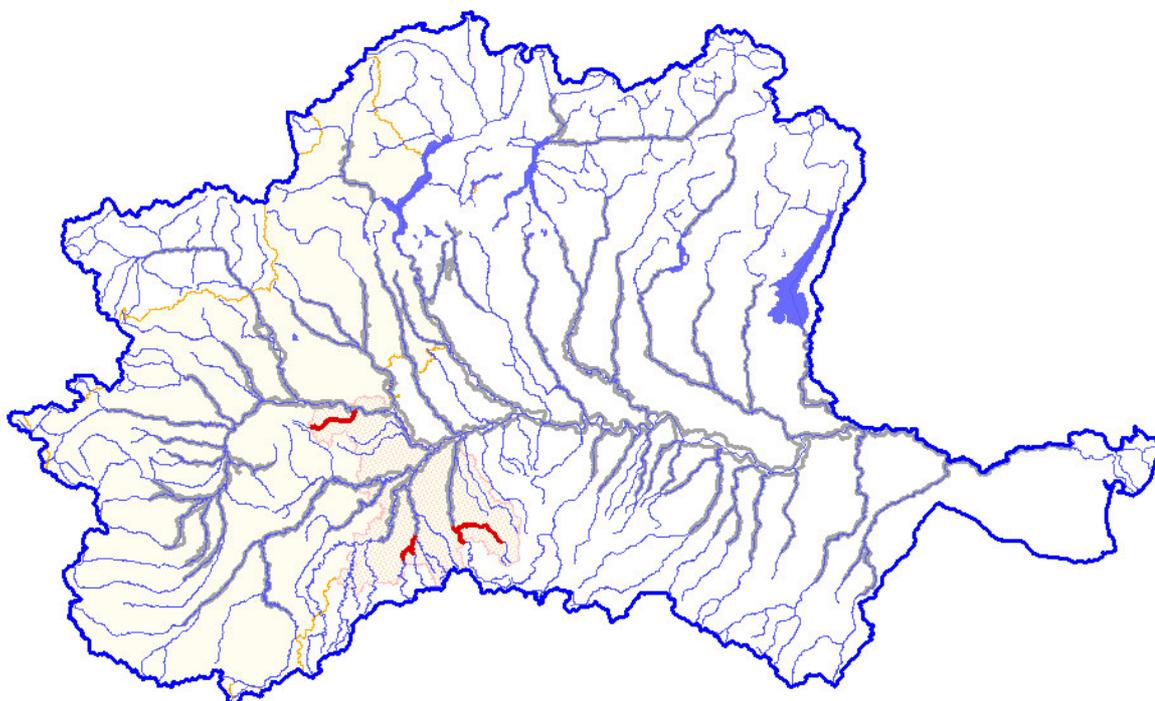




AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

PROGETTO DI VARIANTE AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

TRATTI DI CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE E
CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE NON SOGGETTI A
DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI IN PROVINCIA DI
ALESSANDRIA



RELAZIONE

Febbraio 2008

PROGETTO DI VARIANTE AL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

-

TRATTI DI CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE E CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE NON SOGGETTI A DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI IN PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Corsi d'acqua interessati:

- torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle (sezione limite dell'attuale delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI) e torrente Borbera dalla confluenza del torrente Gordonella (a monte di Cabella Ligure) alla confluenza in Scrivia
- torrente Orba da Molare a Silvano d'Orba (sezione limite dell'attuale delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI) e torrente Stura di Ovada nel tratto di confluenza in Orba ad Ovada
- torrente Stura del Monferrato da Murisengo alla confluenza in Po (località Pontestura)

RELAZIONE

Febbraio 2008

INDICE

1. PREMESSA	1
2. METODOLOGIA GENERALE	4
3. CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA	5
4. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E NATURALISTICA	6
4.1 Caratterizzazione del T. Scrivia nel tratto a monte di Serravalle	8
4.1.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	8
4.1.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche	9
4.1.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	9
4.1.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale	10
4.2 Caratterizzazione del T. Borbera nel tratto dalla confluenza del t. Gordonella alla confluenza nello Scrivia	10
<i>Tratto tra la confluenza del T. Gordonella e la confluenza del T. Besante</i>	10
4.2.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	10
4.2.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche	11
4.2.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	11
4.2.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale	12
<i>Tratto tra tra la tra la confluenza del T. Besante e la confluenza nel T. Scrivia</i>	12
4.2.5 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	12
4.2.6 Caratterizzazione delle opere idrauliche	13
4.2.7 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	14
4.2.8 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale	15
4.3 Caratterizzazione del T. Orba tra Castel Cerreto (comune di Molare) e Silvano d'Orba	15
4.3.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	15
4.3.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche	16
4.3.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	17
4.3.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale	18
4.3.5 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	18
4.3.6 Caratterizzazione delle opere idrauliche	19
4.3.7 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	20
4.3.8 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale	21
4.4 Caratterizzazione del T. Stura di Ovada tra il ponte della Linea Ferroviaria Ovada-Genova e la confluenza nell'Orba	22
4.4.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	22
4.4.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche	22
4.4.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	23

4.4.4	Usò del suolo e naturalità della regione fluviale	24
4.5	Caratterizzazione del T. Stura del Monferrato	24
4.5.1	Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo	24
4.5.2	Caratterizzazione delle opere idrauliche	25
4.5.3	Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena	25
4.5.4	Usò del suolo e naturalità della regione fluviale	26
5.	PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO	27
5.1	Torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle	28
5.2	Torrente Borbera	30
5.3	Torrente Orba nel tratto compreso fra il confine regionale e la confluenza con il torrente Piota	34
5.4	Torrente Stura del Monferrato	37
6.	DESCRIZIONE, MESSA A PUNTO E APPLICAZIONE DEI MODELLI IDRODINAMICI	40
6.1	Caratteristiche del modello numerico	40
6.1.1	Condizioni di simulazione	40
6.1.2	Risultati	40
6.2	Torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle	41
6.2.1	Schematizzazione geometrica del corso d'acqua	41
6.2.2	Opere di attraversamento	42
6.3	Torrente Borbera	42
6.3.1	Schematizzazione geometrica del corso d'acqua	42
6.3.2	Opere di attraversamento	44
6.4	Torrente Orba	44
6.4.1	Schematizzazione geometrica del corso d'acqua	44
6.4.2	Opere di attraversamento	46
6.5	Torrente Stura del Monferrato	46
6.5.1	Schematizzazione geometrica del corso d'acqua	46
6.5.2	Opere di attraversamento	47
7.	DELIMITAZIONE DELLE AREE ALLAGABILI	48
8.	TRACCIAMENTO DELLE FASCE FLUVIALI	48
8.1	Torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle	50
8.2	Torrente Borbera	51
8.3	Torrente Orba	54
8.4	Torrente Stura del Monferrato	56

1. PREMESSA

La presente relazione riporta in sintesi gli esiti delle attività conoscitive e delle elaborazioni svolte per la delimitazione delle fasce fluviali dei corsi d'acqua della Provincia di Alessandria considerati nel presente progetto di Variante

Criteri di delimitazione delle fasce fluviali

La delimitazione delle fasce fluviali, sulla base delle simulazioni idrauliche oltre che dello studio geomorfologico, è stata effettuata secondo la metodologia definita nell'*Allegato 3 alle Norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*.

Per mantenere la più ampia coerenza possibile con il metodo, sono state riviste le proposte di delimitazione delle fasce fluviali contenute all'interno dello Studio della Provincia di Alessandria. Esaminati nel dettaglio la documentazione topografica, i risultati delle analisi idrauliche e le carte relative alle caratteristiche morfologiche e alle evoluzioni planoaltimetriche, è stata ritenuta necessaria una revisione per tenere conto, in modo adeguato, delle caratteristiche morfologiche, delle condizioni di deflusso all'esterno dell'alveo inciso, delle caratteristiche dell'uso del suolo in atto in relazione alle condizioni di pericolosità di esondazione e di stabilità planoaltimetrica dell'alveo, dell'entità delle differenze di quota tra aree interne ed esterne alle fasce.

Per la delimitazione della fascia A si è ritenuto inoltre necessario tenere in considerazione, in modo particolare, le caratteristiche morfologiche e idrauliche dei tratti dei corsi d'acqua presi in esame. Sia lo Scrivia a monte di Serravalle, sia l'Orba a monte di Silvano d'Orba, sia lo Stura di Ovada e il Borbera sono di genere spiccatamente torrentizio, caratterizzati da deflussi di piena con velocità notevoli e forte energia, mentre lo Stura del Monferrato si può ritenere appartenente al reticolo idrografico minore di pianura. Mentre per i primi il metodo di delimitazione del PAI appare ancora adeguato alle loro caratteristiche e porta a individuare una fascia A prevalentemente coincidente con la B e distinta solo per brevi tratti e con differenze modeste, per l'ultimo, esso risulta difficilmente applicabile sulla base delle informazioni disponibili.

Infatti per buona parte del tratto di Stura del Monferrato preso in esame, al verificarsi dell'esondazione dalle sponde dell'alveo inciso, le aree interessate dalle esondazioni possono risultare ampie, con difficoltà di rappresentazione del fenomeno con lo schema monodimensionale adottato nello studio idraulico di riferimento. In particolare risulta difficile definire con sufficiente approssimazione le velocità al di fuori dell'alveo inciso. E' stato pertanto ritenuto preferibile non riferirsi alla piena di tempo di ritorno di 200 anni, valutandone la porzione rappresentativa del deflusso di almeno l'80% della portata e all'esterno della quale la velocità sia ovunque minore di 0,4 m/s. Si è optato piuttosto per assumere a riferimento la piena con tempo di ritorno di 50 anni, identificando il limite della fascia A con quello delle aree allagabili per tale evento, verificando quindi la rispondenza di tale metodo a rappresentare gli obiettivi perseguiti nel PAI mediante le fasce fluviali. Si è constatato infatti che tale metodo permette di individuare, nella maggior parte dei casi, aree all'esterno delle quali la piena con tempo di ritorno di 200 anni è caratterizzata da bassi tiranti, cui si possono associare basse velocità di deflusso e quindi una bassa pericolosità.

Criteria specifici in relazione alla presenza di aree a Rischio idrogeologico Molto Elevato

Nelle tavole di delimitazione delle Aree in dissesto idraulico ed idrogeologico del PAI (Allegato 4 all'Elaborato 2: "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici") e nelle tavole dell' "Atlante della perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato" (Allegato 4.1 all'Elaborato 2), sono individuate, in particolare, le *Aree a Rischio idrogeologico Molto Elevato (RME)* per fenomeni di inondazione. Tali aree, identificate nell'Allegato 4.1, rispettivamente per il reticolo principale e per quello secondario, come "ZONE B-pr" e "ZONE I", sono aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni. L'identificazione di ZONA B-pr avviene nell'Allegato 4.1 e riguarda esclusivamente i corsi d'acqua delimitati dalle fasce fluviali, in corrispondenza di un limite di progetto tra le fasce B e C. La perimetrazione, contenuta negli allegati 4 e 4.1 suddetti, riguarda un'area sottoinsieme dell'area potenzialmente allagata a tergo del limite di progetto al verificarsi dell'evento di piena assunto a riferimento per la delimitazione della fascia B. L'identificazione della ZONA I avviene nell'Allegato 4.1 e riguarda esclusivamente i corsi d'acqua non delimitati dalle fasce fluviali, in corrispondenza di aree a pericolosità molto elevata per Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio (area Ee). La perimetrazione, contenuta negli allegati 4 e 4.1 suddetti, riguarda un'area sottoinsieme dell'area Ee.

Nei tratti di aste considerati sono delimitate nel PAI due aree RME per fenomeni di esondazione, entrambe sul torrente Borbera: a Cabella Ligure e a Rocchetta Ligure .

In corrispondenza di Cabella Ligure è delimitata un'area RME per fenomeni di esondazione del torrente Borbera e del torrente Liassa (032-PI-AL). Le piene degli eventi 1971 e 1993 hanno infatti interessato parte del centro abitato.

Tuttavia i risultati delle analisi idrauliche di supporto, eseguite sulla base dei rilievi topografici del 2002, evidenziano che, ad oggi, le sponde risultano sufficienti a contenere la piena di progetto, anche se non è assicurato ovunque un franco di almeno 1 m. Non si ritiene quindi necessario prevedere una fascia B di progetto a protezione del centro abitato. Ciò crea un'incongruenza fra la delimitazione delle fasce fluviali e la perimetrazione dell'area RME come "ZONA I".

Resta necessario, ai fini della coerenza tra le tavole delle fasce fluviali e quelle dei dissesti, verificare le condizioni di rischio attuale dell'abitato di Cabella Ligure, con riferimento ai fenomeni fluvio torrentivi del torrente Liassa e ai fenomeni di instabilità morfologica di entrambi i corsi d'acqua, in relazione agli interventi recentemente realizzati al fine della riduzione del rischio nell'area delimitata come RME.

Nel PAI in corrispondenza di Rocchetta Ligure è delimitata un'area RME per fenomeni di esondazione del torrente Sisola, alla confluenza nel torrente Borbera (035-PI-AL). Le analisi a supporto della delimitazione delle fasce fluviali hanno riguardato anche il tratto terminale del torrente Sisola, basandosi su un rilievo precedente al 2002, evidenziando che ad oggi, le sponde risultano sufficienti a contenere la piena di progetto. Tuttavia il torrente Sisola non è oggetto di delimitazione delle fasce fluviali.

Le analisi idrauliche hanno altresì evidenziato l'inondabilità di parte dell'abitato anche per effetto delle esondazioni del torrente Borbera, per tempi di ritorno maggiori di 50 anni, pertanto vi è la necessità di prevedere un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C. Le aree allagabili per la piena di tempo di ritorno di 200 anni retrostanti tale limite sono individuate con apposito segno grafico e devono essere sottoposte a misure temporanee di salvaguardia in attesa del completamento delle opere.

Resta necessario, ai fini della coerenza tra le tavole delle fasce fluviali e quelle dei dissesti, verificare le condizioni di rischio attuale dell'abitato di Rocchetta Ligure, rispetto al torrente Sisola, in relazione agli interventi recentemente realizzati al fine della riduzione del rischio nell'area delimitata come RME.

Contenuti della relazione

La presente relazione descrive la procedura di determinazione aree di esondazione, di valutazione delle condizioni attuali di sicurezza e di delimitazione delle fasce di pertinenza fluviali sui seguenti corsi d'acqua:

- *torrente Scrivia* dal confine regionale a Serravalle (sezione limite dell'attuale delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI) e *torrente Borbera* dalla confluenza del torrente Gordonella (a monte di Cabella Ligure) alla confluenza in Scrivia
- *torrente Orba* da Molare a Silvano d'Orba (sezione limite dell'attuale delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI) e *torrente Stura di Ovada* nel tratto di confluenza in Orba ad Ovada
- *torrente Stura del Monferrato* da Murisengo alla confluenza in Po (località Pontestura)

2. METODOLOGIA GENERALE

L'estensione delle aree inondabili è stata quantificata in funzione della capacità di deflusso dei singoli tratti di corso d'acqua valutata per mezzo di un modello numerico di simulazione idrodinamica.

L'analisi idraulica si colloca nel contesto di un ampio studio che si è articolato secondo le seguenti fasi.

- Studio topografico, per la caratterizzazione geometrica dell'alveo e della regione fluviale, che si è avvalso della cartografia di base e dei rilievi della campagna topografica come supporto di base alla rappresentazione fisica dei corsi d'acqua, completa di profili longitudinali, sezioni trasversali e strutture interagenti con i singoli torrenti.
- Studio geomorfologico, per la definizione delle condizioni evolutive e di inondabilità della regione fluviale.
- Ricognizioni in campo mirate all'acquisizione di un'idonea conoscenza diretta delle criticità idrauliche.
- Studio idrologico per l'acquisizione delle portate di piena caratteristiche di progetto.
- Studio idraulico finalizzato alla delimitazione, attraverso il contributo e supporto delle precedenti attività, delle aree di esondazione dei corsi d'acqua oggetto di studio.

In particolare, lo studio idrologico ha portato alla definizione degli idrogrammi di piena corrispondenti ai tempi di ritorno di 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Nell'analisi idraulica sono state effettuate le simulazioni, in condizioni di moto vario, mediante schematizzazione monodimensionale con il modello di calcolo MIKE11 del DHI (Danish Hydraulic Institute Water & Environment), per assegnati tempi di ritorno.

Attraverso lo studio idrodinamico modellistico del sistema fluvio-golenale si è pervenuti ai seguenti risultati:

- determinazione dei profili idrodinamici lungo i tratti di studio, per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- delimitazione delle aree esondabili;
- valutazione dell'efficacia degli interventi strutturali esistenti per il controllo/mitigazione del rischio di esondazione;
- tracciamento delle fasce fluviali.

Nel seguito vengono illustrate in dettaglio le analisi specifiche svolte sui singoli tratti di studio.

3. CARATTERIZZAZIONE TOPOGRAFICA

Le indagini specialistiche sono state svolte secondo un "Programma di indagini" approvato dalla Provincia di Alessandria.

Le suddette indagini specialistiche sono state eseguite allo scopo di acquisire la conoscenza della geometria e dello stato degli alvei e delle opere idrauliche oggetto di indagine in modo da consentirne una rappresentazione conforme al livello di dettaglio richiesto dalle successive elaborazioni.

Le indagini svolte hanno interessato i torrenti Scrivia, Borbera, Orba, Stura di Ovada e Stura di Monferrato.

Il "Programma di indagini" approvato prevedeva:

- il rilievo topografico di 159 sezioni trasversali d'alveo e manufatti;
- il rilievo su molte di tali le sezioni delle caratteristiche granulometriche dei depositi in alveo con prelievo ed analisi di laboratorio di un congruo numero di campioni, prevedendo l'analisi di 2-3 campioni per ogni sezione.

Nell'ambito dell'attività sono state rilevate tutte le sezioni sopra indicate, con alcune variazioni limitatamente alla posizione rispetto a quella prevista dal "Piano delle indagini".

Per il torrente Orba, come da richiesta da parte della Provincia di Alessandria, si è deciso di non rilevare le sezioni numero 11, 19, 21 e 23 del piano d'indagine, essendo disponibile il rilievo topografico sul torrente Orba realizzato nell'ambito del progetto "Verifiche di compatibilità idraulica PAI" svolto per il Comune di Ovada nel mese di marzo 2003.

In luogo di tali sezioni sono stati rilevati 15 punti per l'aggancio a terra di foto aeree, in corrispondenza di altrettanti punti indicati dalla Provincia di Alessandria sulla C.T.R.

Per la descrizione dettagliata delle attività si rimanda agli elaborati dello Studio della Provincia di Alessandria.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E NATURALISTICA

Le indagini hanno comportato la definizione delle condizioni evolutive e di inondabilità della regione fluviale, oltre che della naturalità e dell'uso del suolo, e sono state svolte a partire dai dati e seguendo le metodologie descritte di seguito.

Ricostruzione delle caratteristiche morfometriche e dell'evoluzione storica dell'alveo.

La ricostruzione dell'evoluzione storica dell'alveo è stata effettuata a partire dal confronto tra i seguenti elaborati cartografici e aerofotogrammetrici storici:

- Cartografia IGM, prima levata (1884)
- Cartografia IGM, seconda levata (1930)
- Foto aeree del volo del 07/1954 "GAI" (b/n).
- Carta Tecnica della Regione Piemonte (1990)
- Ortofotogrammi a colori del "Volo AIMA" (1995)
- Ortofotogrammi a colori "Volo Italia" (1999)
- Aerofoto B/N volo 2001.

Sono risultati inoltre disponibili, per parte delle aste indagate, i fotogrammi relativi al volo effettuato nel 1976-78 ("Volo Ferretti"), che sono stati utilizzati nello studio per il confronto di alcune situazioni locali.

Limitatamente allo Scrivia nel tratto a valle di Castelnuovo, è inoltre risultata disponibile la Carta degli Stati Sardi, in scala 1:50.000, riferita al 1800 circa.

Caratterizzazione delle opere idrauliche

La caratterizzazione delle opere idrauliche è stata effettuata in due distinti momenti di lavoro:

- in fotointerpretazione sulle immagini del volo più recente disponibile, relativamente alle opere evidenziabili in visione dall'alto (opere trasversali, arginature, pennelli e repellenti, principali difese spondali);
- sulla base di ricognizioni dirette in campo per la verifica della fotointerpretazione e l'individuazione di opere difficilmente o inadeguatamente identificabili in visione dall'alto (in particolare vecchie opere di difesa parzialmente mascherate da vegetazione).

Ricostruzione degli eventi alluvionali recenti

La ricostruzione degli eventi alluvionali è stata effettuata a partire da due tipologie di fonti informative:

- cartografie elaborate dalla Regione Piemonte nell'ambito della Banca Dati Geologica;
- interpretazione di riprese aeree effettuate successivamente ai principali eventi alluvionali.

Pertanto sono stati utilizzati sia dati già elaborati e con carattere di "ufficialità", quali quelli prodotti dalla Regione Piemonte, sia derivanti da elaborazioni specificamente eseguite nell'ambito del presente studio.

In particolare le ricostruzioni disponibili da fonti pregresse sono le seguenti:

- T. Borbera: evento alluvionale 23-24 settembre '93;
- T.Orba e Stura di Ovada: "Aree inondabili 1:100.000" redatta dalla REGIONE PIEMONTE - Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi

L'attività di fotointerpretazione è stata invece condotta sulle seguenti riprese aeree, messe a disposizione dal CNR-IRPI di Torino:

- a. T. Borbera a monte confluenza Besante: volo 04-06/1971 (b/n);
- b. T. Borbera a valle confluenza Besante : volo 10/10/1977 (Alifoto srl - Torino) - evento del 6-8/10/77
- c. T. Borbera: volo 3/09/78 "Ferretti" (colore);
- d. T. Scrivia (settore monte FF): volo alluvione '77 (evento 6-8/10/77: riprese 12/10 e 11/11/'77, colore);
- e. T. Orba e T. Stura di Ovada: volo 10/10/1977 (Alifoto srl - Torino).
- f. T. Stura: volo piena '74 (riprese 1-10/03/'74, colore);
- g. T. Stura: volo IGM 15/07/1955 (b/n);
- h. Intero ambito: volo 07/1954 "GAI" (b/n).

Gli elaborati di cui sopra sono stati tutti visionati ed analizzati in quanto significativi almeno per la ricostruzione dell'evoluzione storica dell'alveo e delle fasce golenali dei corsi d'acqua in esame.

Per la ricostruzione degli eventi di piena, l'analisi è stata peraltro limitata ad un numero inferiore di rilievi aerofotogrammetrici, in quanto maggiormente significativi per dettaglio di scala ed evidenze degli effetti sulla morfologia conseguenti ad eventi di piena significativi recenti.

In particolare per i lo Scrivia sono stati ricostruiti gli effetti dell'evento alluvionale del 6-8/10/77, a partire dalle riprese d effettuate nei giorni immediatamente successivi all'evento.

Per il corso dello Stura è stato utilizzato il volo '74 (f), rappresentativo dell'evento di piena dell'autunno '73.

Per il corso del Borbera è risultato significativo il volo del giugno 1971 (a), per la ricostruzione dell'evento di piena dei giorni immediatamente precedenti.

Caratterizzazione della naturalità e uso del suolo nella regione fluviale

La caratterizzazione della naturalità della regione fluviale è stata effettuata elaborando una cartografia in scala 1:10.000 dell'uso del suolo, a partire principalmente dall'interpretazione degli ortofotogrammi digitali a colori più recenti disponibili. Verifiche e integrazioni sono state effettuate per confronto con le aerofoto B/N 2001, messe a disposizione dalla Provincia di Alessandria.

Tali integrazioni hanno riguardato principalmente le variazioni significative dell'uso del suolo successive al 1995, ed hanno inoltre consentito la caratterizzazione di alcuni settori interessati da infrastrutture produttive, che risultavano "criptati" nelle riprese 1995.

La caratterizzazione è stata "tarata" e verificata a partire dalle osservazioni dirette in campo eseguite nel corso di specifici sopralluoghi.

In particolare sono state distinte le seguenti classi di uso del suolo, direttamente correlabili ad ambienti "naturali" e ad ambienti "antropizzati" o comunque non naturali in riferimento ad attività agricola e insediamenti urbani e produttivi:

A - ambienti naturali

- zone prive di vegetazione;
- vegetazione spontanea arborea prevalente;
- vegetazione spontanea erbaceo-arbustiva prevalente;
- vegetazione spontanea in evoluzione;
- affioramenti rocciosi con vegetazione rada.

B - ambienti non naturali

- aree abitate, infrastrutture, tessuto urbano discontinuo;
- coltivazioni legnose, pioppeti;
- coltivazioni a seminativi;
- frutteti, vigneti, colture orticole;
- aree estrattive (bacini di cava);
- aree estrattive (infrastrutture, impianti e pertinenze);
- prati coltivati, giardini urbani;
- stoccaggi, aree di discarica.

4.1 Caratterizzazione del T. Scrivia nel tratto a monte di Serravalle

4.1.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

Nel tratto in oggetto, il T. Scrivia è caratterizzato da un alveo largo, ramificato, fortemente instabile. La fascia di divagazione del corso d'acqua presenta ampiezza intorno a 200-250 m, ed è confinata lateralmente dalla presenza dei versanti.

In relazione a tale vincolo morfologico, la fascia occupata dall'alveo braided è risultata storicamente costante, mentre evidentemente è continuo il cambiamento di posizione dei canali, in funzione di tassi di sedimentazione e portate estremamente variabili.

Solo nella zona di Arquata Scrivia si osservano morfologie relitte, in destra idrografica che evidenziano la presenza di almeno un canale secondario meandriforme esteso a distanza significativa dal corso attuale (oltre 400 m). Tali forme non risultano peraltro più attive nel periodo oggetto della ricostruzione storica (1882-2001).

In condizioni di magra il contorno bagnato ovvero la superficie occupata da canali attivi è inferiore al 15% della fascia braided, mentre in alcuni tratti l'alveo è secco, con circolazione di subalveo.

Il corso d'acqua non sembra avere subito nel tempo approfondimento (e conseguente unicursalizzazione), in relazione soprattutto alla presenza di subaffioramenti del substrato (soglie naturali) e opere trasversali di derivazione e stabilizzazione del fondo alveo.

Per analogo motivo, ovvero per il subaffioramento lungo i versanti, oltre che per la diffusa presenza di opere longitudinali, i fenomeni di erosione spondale sono piuttosto contenuti ($\approx 5\%$ dello sviluppo spondale complessivo), ovvero largamente inferiori rispetto a quanto normalmente riscontrabile in un corso braided.

4.1.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche

Il corso d'acqua si presenta fortemente artificializzato. In particolare lo sviluppo complessivo delle difese longitudinali (prevalentemente scogliere in massi e primate) è di poco inferiore al 35% della lunghezza complessiva del tratto di corso d'acqua misurata lungo l'asse. Le stesse interessano praticamente ogni tratto in cui non è presente subaffioramento del substrato a vincolare l'evoluzione laterale, determinando nel complesso la stabilizzazione dell'andamento planimetrico ovvero della fascia di divagazione dell'alveo braided.

Sono inoltre presenti nel tratto quattro opere trasversali, che determinano come detto, unitamente alla presenza del substrato subaffiorante, un profilo di fondo verosimilmente stabile.

L'opera più rilevante e di maggior impatto visivo è costituita dalla protezione messa in opera in fregio al terrapieno ospitante i serbatoi di stoccaggio carburanti all'altezza di Arquata, e costituita da un muro in alveo della lunghezza di 1350 circa, con a tergo il rilevato arginale rivestito in lastre di CLS, carrabile sulla prima berma.

4.1.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

Sulla base delle aerofoto messe a disposizione dal C.N.R.-I.R.P.I. di Torino, è stato possibile ricostruire gli effetti sulla fascia fluvio-geolenale dell'evento di piena del 6-8/10/77.

La fascia inondata riportata in cartografia ha ampiezza massima superiore a 400 m. Sono distinti i settori caratterizzati dal transito di correnti veloci con rilevanti battenti idrici ("settore d'alveo modellato dall'evento") dalle zone marginali raggiunte per espansione delle acque in piena a bassa energia.

Nel complesso sono risultati molto limitati i fenomeni di inondazione di aree abitate (settori prossimi al corso d'acqua a monte del ponte di Serravalle Scrivia).

4.1.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

Con riferimento al settore interessato dalla cartografia dell'uso del suolo e naturalità, si riscontra un'incidenza degli ambienti "naturali" del 69.2% sull'area totale.

Tale dato non deve trarre in errore in quanto dipende dall'elevata incidenza areale dell'alveo di piena dello Scrivia, largo e ramificato, e caratterizzato da "aree prive di vegetazione" o da "vegetazione spontanea in evoluzione" e pertanto da ambienti naturali.

Escludendo tali settori, gli ambienti "naturali" scendono al 44% della superficie complessiva.

Infatti, la naturalità della regione fluviale è complessivamente bassa, per la pressione esercitata dalle attività antropiche (insediamenti abitativi e produttivi, agricoltura) fino a ridosso del corso d'acqua.

Tuttavia si riscontrano settori di ampiezza rilevante, sempre a ridosso dell'alveo, caratterizzati da vegetazione spontanea prevalentemente arborea (26%) e localmente erbacea arbustiva (4%), prevalentemente nel settore superiore del tratto in esame.

4.2 Caratterizzazione del T. Borbera nel tratto dalla confluenza del t. Gordonella alla confluenza nello Scrivia

Tratto tra la confluenza del T. Gordonella e la confluenza del T. Besante

4.2.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

L'alveo di piena del Borbera nel tratto in oggetto è largo e ramificato, esteso ad occupare l'intero fondovalle e delimitato dai versanti collinari. Lo stesso presenta, a monte della confluenza con il T.Sisola, ampiezza relativamente costante in media intorno a 250-300 m; nel settore immediatamente a valle di tale confluenza il corso presenta l'ampiezza massima, di poco inferiore a 450 m, per poi restringersi nuovamente in relazione alla diminuzione di ampiezza del fondovalle collinare, fino alla "stretta" a valle della confluenza con il T.Besante.

In relazione al vincolo determinato dai versanti, la fascia di fondovalle occupata dall'alveo braided è risultata storicamente costante, mentre evidentemente è continuo il cambiamento di posizione dei canali, in funzione di tassi di sedimentazione e portate estremamente variabili.

Non si osservano se non a livello locale e nelle immediate adiacenze dell'alveo attivo forme relitte evidenzianti andamenti pregressi dell'alveo braided sostanzialmente diversi dall'attuale.

In condizioni di magra il contorno bagnato ovvero la superficie occupata da canali attivi è inferiore al 15% della fascia braided, mentre in alcuni tratti l'alveo è secco, con circolazione di subalveo.

Il corso d'acqua non sembra avere subito nel tempo approfondimento e conseguente unicursalizzazione, in relazione soprattutto alla presenza di subaffioramenti del substrato (soglie naturali) e opere trasversali di derivazione e stabilizzazione del fondo alveo (solo a monte del T.Sisola).

A valle della confluenza Sisola, l'alveo è moderatamente sovralluvionato, non osservandosi peraltro situazioni critiche anche in relazione alla sicurezza degli attraversamenti e alla funzionalità delle opere idrauliche.

4.2.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche

In relazione al vincolo determinato dai versanti collinari all'evoluzione laterale dell'alveo di piena, il grado di artificializzazione dello stesso è moderato, con opere localizzate unicamente in corrispondenza dei principali abitati e infrastrutture.

Lo sviluppo complessivo delle difese spondali (sponda destra + sinistra) è di il 25% della lunghezza complessiva del tratto di corso d'acqua misurata lungo l'asse.

Le difese spondali sono generalmente costituite da muri verticali in alveo, che in corrispondenza degli abitati sono sopraelevati rispetto al piano campagna e assumono funzione arginale.

E' inoltre frequente la presenza di pennelli in alveo, in destra idrografica, con l'obiettivo di allontanare le linee di corrente dai principali abitati, e in alcuni casi di recuperare superfici utili per l'espansione degli abitati stessi.

I pennelli appaiono in alcuni casi realizzati in più riprese, evidentemente per accentuare l'azione di indirizzo delle linee di corrente verso il centro alveo.

La situazione più evidente è quella di Cabella Ligure, dove tramite i pennelli è stato imposto un marcato restringimento all'alveo di piena, proprio in corrispondenza di un ponte stradale con pile in alveo.

Un ulteriore marcato restringimento, sempre realizzato con i deflettori di corrente in alveo, caratterizza il settore di Cantalupo Ligure, immediatamente a valle della confluenza Sisola.

Poco frequente è la presenza di opere trasversali, tutte a monte della confluenza con il Sisola e limitate alla protezione locale delle fondazioni in alveo dei ponti.

4.2.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

La ricostruzione delle piene storiche ha riguardato, come evidenziato in precedenza, i seguenti eventi:

- autunno '93 (ricostruzione Regione Piemonte);
- primavera '71 (da fotointerpretazione aerofoto CNR-IRPI).

Confrontando i due eventi si nota come le aree inondate risultano quasi ovunque più ampie nel caso della piena '93, che ha evidentemente determinato livelli idrici più elevati.

Le aree allagate raggiungono l'ampiezza massima, superiore a 500 m, a valle della confluenza con il T. Sisola. Per l'evento del '93 l'inondazione ha interessato l'abitato di Rocchetta Ligure, per riattivazione di un antico canale alla confluenza del Borbera con il Sisola.

Sono inoltre stati inondati alcuni settori di Cabella Ligure (anche verosimilmente per rigurgito a monte del citato restringimento d'alveo), e l'area più prossima al corso d'acqua (presenza di impianti e aree estrattive) di Cantalupo Ligure.

4.2.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

Le condizioni di naturalità della regione fluviale sono elevate fino immediatamente a monte di Cabella Ligure, con buona conservazione e continuità della fascia arborea ripariale.

Più a valle, la medesima fascia ripariale è spesso assente, in relazione all'utilizzo agricolo del territorio fino alle sponde del corso d'acqua. In tale settore, per motivi fisiografici, ovvero di difficile coltivabilità, la fascia ripariale è più sviluppata in sinistra idrografica, che risulta scarsamente abitata ed antropizzata fino a Rocchetta Ligure.

A valle della confluenza del Sisola, il settore sinistro idrografico è totalmente naturale, in relazione alla forte acclività del versante che rende disagiata l'utilizzo antropico del territorio. La fascia di vegetazione ripariale alla base del versante è generalmente continua, interrotta solo nei settori di affioramento diretto del substrato nel corso d'acqua. In destra idrografica, la fisiografia del versante favorisce l'antropizzazione del territorio, e la naturalità è conseguentemente bassa, con estensione dell'attività agricola (oltre ad aree estrattive e abitati) fino alla sponda del corso d'acqua e interruzione frequente della fascia arborea ripariale.

Tratto tra la confluenza del T. Besante e la confluenza nel T. Scrivia

4.2.5 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

Nel tratto compreso tra la confluenza del T. Besante e l'abitato di Cerreto Ratti, il Borbera scorre all'interno di uno stretto fondovalle scavato nei Conglomerati di Savignone. In questo settore l'alveo attivo occupa l'intero fondovalle e solo in alcuni tratti marginali sono presenti delle fasce di vegetazione ripariale. Sui pendii è visibile una linea ideale che segna il limite tra vegetazione arborea e gli affioramenti di roccia nuda.

Poco a monte di Cerreto Ratti il fondovalle si apre e il Borbera si trasforma in un torrente pluricursale, con un alveo attivo ciottoloso molto ampio, contenuto tra 2 terrazzi alti circa 25 m. Le superfici terrazzate sono abbastanza ampie e segnano lo sviluppo dell'originale fondovalle che in tempi relativamente recenti dal punto di vista geologico, comunque sicuramente precedenti alla realizzazione di insediamenti stabili, è stato profondamente inciso per un rapido abbassamento del livello di base del Borbera. Va ricordato a questo proposito che tale conformazione, talora caratterizzata in altri corsi d'acqua dalla presenza di meandri incassati, è tipica dell'intero settore appenninico della Provincia di Alessandria.

Per quanto riguarda il Borbera, questa facies morfologica si mantiene per tutto il suo restante sviluppo fino alla confluenza nello Scrivia, anche se a valle del ponte della SP 140 i ripiani terrazzati in destra spariscono quasi completamente e l'alveo attivo corre ai piedi dei rilievi collinari.

Il Borbera presenta un alveo a bordi pieni molto più ampio di quello di magra. Quest'ultimo è generalmente ramificato e cambia assetto ad ogni evento di piena, divagando liberamente pressoché per l'intero fondovalle. Il letto ciottoloso copre pertanto buona parte della sezione di deflusso di piena. Aree golenali alberate si sviluppano con molta difficoltà e hanno comunque, a meno dell'intervento dell'uomo, un periodo di vita breve, dell'ordine al massimo di qualche decina di anni.

L'analisi statistica delle caratteristiche dell'alveo mostra che si tratta di un'asta pluricursale moderatamente sinuosa (indice di sinuosità pari a 1.06 nel 1884, 1.11 nel 1954, 1.08 nel 1999). L'indice di ramificazione è infatti generalmente elevato (1.31 nel 1884, 1.61 nel 1954, 1.13 nel 1999) e molto variabile. Mentre non si evidenziano trend storici significativi, tenendo anche presente che l'indice di ramificazione può essere fortemente influenzato, in particolare modo nel caso in oggetto, dalle variazioni stagionali delle condizioni idrologiche, per contro va rilevato l'estrema variabilità del tracciato dell'alveo di magra, tanto che ciascuna delle foto aeree o delle cartografie disponibili, comprendendo anche le foto aeree del 1977 e del 2000 e le CTR della Regione Piemonte, presenta un tracciato dell'asta torrentizia ben distinto dalle altre.

Va infine osservato che su tutto il tratto il Borbera appare in evidente ripascimento. Purtroppo la mancanza di sezioni topografiche di confronto impedisce di quantificare il fenomeno che comunque appare piuttosto intenso, probabilmente anche dell'ordine di 0.5-1 m nell'ultimo decennio. Tale fenomeno può pertanto accrescere il rischio di alluvionamento delle aree di fondovalle, per altro limitate, in cui sono presenti insediamenti o servizi.

4.2.6 Caratterizzazione delle opere idrauliche

Il Borbera presenta una fascia fluviale ancora quasi intatta, in cui il livello di antropizzazione è modesto. Le opere idrauliche sono pertanto limitate sia come estensione che come importanza. Si tratta essenzialmente di difese di sponda, di argini golenali di limitata estensione e di opere di derivazione.

Le opere di derivazione consistono in 2 traverse poste rispettivamente 900 m a monte e 600 m a valle del ponte della SP 140. Entrambe sono gravemente danneggiate. Quella di monte, che presenta un varco nel settore centrale, alimentava l'area industriale di Borghetto di Borbera. La traversa posta a valle del ponte è in funzione. La derivazione è mantenuta attiva a seguito della realizzazione di un rilevato provvisorio con materiale alluvionale d'alveo in quanto lo sbarramento fisso è collassato nel settore centrale.

Argini golenali sono presenti a protezione di alcuni insediamenti realizzati nel fondovalle alluvionale (o per meglio dire nelle aree golenali). Si tratta in particolare della Borgata Fraccia a Persi, di una cascina posta a piedi del centro storico di Borghetto di Borbera, del parco giochi posto in destra subito a valle del ponte della SP 140 e del campo sportivo di Vignole Borbera. Si tratta per lo più di opere incomplete verso valle che tendono a creare una sorta di cono d'ombra dell'onda di piena a valle dei rilevati artificiali o delle prominenze delle scarpate del sistema di terrazzi principali. Nel caso della borgata Fraccia sono associate a difese di sponda.

Le difese spondali infine sono costituite da difese longitudinali in massi di cava, prismi di calcestruzzo o muri in calcestruzzo e da pennelli. Sono concentrate nei pressi delle spalle dei ponti, a protezione di alcuni insediamenti nel fondovalle (borgata Fraccia, abitato basso e area industriale di Vignole Borbera) e ad evitare un possibile aggiramento della traversa posta a valle del ponte della SP 140. Generalmente tali opere sono in cattivo stato di conservazione con problemi di erosione e collasso sia delle difese longitudinali che dei pennelli. In cattivo stato di conservazione appaiono soprattutto le opere a difesa degli edifici residenziali posti nei pressi del campo sportivo di Vignole Borbera, dove per altro sono visibili nell'alveo attivo i resti di una prismata ormai completamente erosa. Anche la situazione della borgata Fraccia, tuttavia, desta qualche preoccupazione a causa del cedimento del sistema di pennelli.

4.2.7 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

Per il tratto di Borbera in oggetto i 2 eventi per i quali è stato possibile ricostruire le aree di alluvionamento sono quelli verificatisi il 6-8 ottobre '77 e il 23-24 settembre '93. Per l'evento del 1977 vi è stata la disponibilità di foto aeree realizzate nei giorni immediatamente successivi alla piena, dalle cui tracce sono state desunte le aree di alluvionamento. Per l'evento del 1993 erano disponibili direttamente le carte delle aree allagate realizzate dal Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte.

L'analisi dei 2 eventi permette di trarre le seguenti conclusioni.

1. L'evento del 1993 è stato verosimilmente più gravoso di quello del 1977, anche se sull'estensione delle aree allagate può avere influito il metodo di lavoro. In particolare è probabile che per l'evento del 1993 vi siano state delle verifiche in loco che ovviamente, per il 1977, non è stato possibile realizzare in retrospettiva.
2. Nel corso degli eventi alluvionali più gravosi il Borbera tende ad invadere interamente le aree comprese tra le scarpate dei due sistemi di terrazzi principali.
3. In entrambi gli eventi alluvionali sono state invase le seguenti aree attualmente edificate o dotate di infrastrutture: il campo sportivo e l'area stoccaggio rifiuti ingombranti di Cerreto Ratti, il campo pozzi presso Castel Ratti, il campo sportivo di Vignole Borbera.
4. Inoltre, nel solo evento del 1993, sono state invase le seguenti aree attualmente edificate o dotate di infrastrutture: la borgata Fraccia presso Persi, il mulino di Cerreto Ratti, la cascina posta ai piedi della scarpata su cui è edificato il centro storico di Borghetto Borbera, il depuratore presso il ponte della SP 140 e in parte l'attiguo parco giochi con ristorante e piscina, il mulino di Vignole Borbera in località Chiesa del Chioccale, la Masseria Zolfi in prossimità della confluenza nello Scrivia.

Oltre alle aree sopra nominate appaiono critiche, per motivi di carattere geomorfologico, l'area residenziale posta nei pressi del campo sportivo di Vignole Borbera e l'area industriale di Vignole Borbera in località Precipiano.

Occorre inoltre segnalare che vi sono alcune situazioni di rischio potenziale dovute al pericolo di cedimento delle scarpate per l'erosione al piede del Borbera. Di queste la situazione più grave è senz'altro quella di Castel Ratti ove il cedimento della scarpata, anche in assenza di erosione al piede, rischia di coinvolgere chiesa e cimitero. Attualmente l'alveo attivo è ad alcune decine di metri di distanza, tuttavia una ulteriore

migrazione verso sinistra rischia di mettere in grave pericolo, oltre alla chiesa e al cimitero, anche il centro abitato.

Situazioni da tenere sotto controllo, anche se allo stato attuale non vi sono rischi significativi, sono inoltre quelle del centro storico e dell'area industriale di Borghetto di Borbera, e del centro storico di Vignole Borbera.

4.2.8 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

La fascia di pertinenza fluviale del Borbera è essenzialmente di tipo naturale. In base all'uso suolo 85% delle superfici sono occupate da aree naturali, in massima parte costituite dall'alveo attivo ciottoloso (35%) e dai boschi ripariali o planiziali (40%). Le aree agricole sono circa il 5% e sono equivalenti alle aree edificate (6%).

Viene quindi confermata l'elevata naturalità dell'alveo legata al fatto che si tratta di aree interessate periodicamente da eventi alluvionali.

La necessità di preservare gli insediamenti esistenti deve essere coniugata, con l'esigenza di ricostituire il più possibile le naturali aree di espansione.

4.3 Caratterizzazione del T. Orba da Castel Cerreto (comune di Molare) a Silvano d'Orba

Tratto tra Castel Cerreto e la confluenza del T. Stura di Ovada

4.3.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

Il T. Orba nel tratto di interesse presenta un'alveo monocursale sinuoso contenuto tra varie serie di terrazzi, la prima delle quali presenta un'altezza di circa 20 m, la seconda di circa 40 m. Le superfici terrazzate sono abbastanza ampie, anche se non continue, e segnano lo sviluppo dell'originale fondovalle che in tempi relativamente recenti dal punto di vista geologico, ma comunque precedenti alla realizzazione di insediamenti stabili, è stato profondamente inciso per un rapido abbassamento del livello di base del dell'Orba. Tale abbassamento ha avuto luogo piuttosto rapidamente, tanto che è ancora ben visibile una struttura a meandri incassati, in parte comunque già rimodellata da processi di erosione di sponda che hanno determinato, a tratti, un ampliamento della fascia golenale. Pertanto il tracciato delle aree golenali è di tipo meandriforme, mentre l'alveo in senso stretto è di tipo monocursale sinuoso. Quest'ultima forma è quella in equilibrio nelle condizioni attuali e tende ad affermarsi su quella relitta a meandri. Va ricordato a questo proposito che tale conformazione è tipica dell'intero settore appenninico della Provincia di Alessandria, a testimonianza del fatto che è in corso un processo complessivo di riassetto del reticolo idrografico.

Nel complesso l'alveo a bordi pieni presenta un'estensione media pari a 2-4 volte l'alveo di magra. Le fasce golenali sono generalmente vegetate e risultano ampie soprattutto sulla riva interna dei meandri incassati. La presenza di estesi e ricorrenti tratti in cui il substrato marnoso affiora lungo il letto del corso d'acqua indica che il T. Orba presenta una forte tendenza all'erosione di fondo.

L'analisi statistica delle caratteristiche dell'alveo mostra che si tratta di un'asta meandriforme (indice di sinuosità pari a 1.28 nel 1884, 1.31 nel 1954, 1.21 nel 1999). L'indice di ramificazione è variato nel tempo anche se nelle attuali condizioni è da alveo francamente monocursale, mentre nel 1954 alcuni settori erano ramificati (1.05 nel 1884, 1.28 nel 1954, 1.00 nel 1999).

Si evidenzia pertanto, negli ultimi decenni, una tendenza ad una semplificazione e rettificazione dell'asta fluviale, fenomeno tipico dei corsi d'acqua in cui prevale l'erosione di fondo rispetto al sovralluvionamento.

4.3.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche

A monte di Molare l'alveo dell'Orba presenta sostanzialmente caratteri naturali. Le uniche opere presenti sono una difesa di sponda in massi a protezione del canale di scarico della centrale idroelettrica presso Castel Cerreto e una briglia presso la confluenza del T. Amione.

Sempre in prossimità di Castel Cerreto, ma a valle della centrale idroelettrica, sono presenti i resti di una traversa collassata e successivamente dismessa.

A partire da Molare, viceversa, le opere di sistemazione idraulica presentano una certa sistematicità con argini golenali sui lobi di meandro, difese di sponda sulle rive esterne e briglie nei tratti di collegamento tra meandri.

Gli argini sono generalmente incompleti, nel senso che non chiudono l'intero lobo di meandro ma creano una sorta di zona d'ombra del flusso di corrente impedendo l'allagamento da monte, ma non l'ingresso delle acque da valle. Le aree così protette sono poi in parte destinate all'agricoltura e in parte sono state edificate per la realizzazione di servizi (essenzialmente campi sportivi) o aree industriali. Si tratta di argini in terra, spesso rivestiti dalla vegetazione e scarsamente o per nulla protetti dall'eventuale erosione di acque correnti. Si tratta pertanto di interventi che non garantiscono, in linea di massima, un sufficiente grado di sicurezza ma per contro riducono le aree di laminazione.

Le difese di sponda, spesso in precarie condizioni di stabilità per erosione diretta e scalzamento al piede, sono finalizzate al consolidamento del piede delle scarpate dei ripiani terrazzati sui quali sono edificati, tra l'altro, i centri storici di Molare e Ovada. Mentre tuttavia questi ultimi paiono sufficientemente protetti, altri tratti presentano un certo grado di criticità e si segnala in particolare la SP 204 (strada del Mezzano) presso Cascina Rossa e la zona di Corso Saracco ad Ovada.

Nel primo caso il rilevato stradale della SP 204 è parzialmente collassato a seguito di un movimento gravitativo innescato dall'erosione dell'Orba al piede del versante, nonostante la presenza di 2 pennelli che, per altro, sono in pessimo stato di conservazione. Nella zona di corso Saracco non vi sono dissesti in atto, ma il sistema di difese di sponda a protezione del piede della scarpata è in cattive condizioni e potrebbe collassare, in caso di evento gravoso, con conseguente pressione sulla scarpata del terrazzo sovrastante, estesamente edificato.

Le opere trasversali sono rappresentate da 2 briglie, una nei pressi dell'ex maneggio di Molare e l'altra in prossimità della stazione di Molare; entrambe sono in discreto stato di conservazione, senza danni strutturali apparenti.

Si segnala infine la presenza dei resti di una vecchia traversa collassata presso il ponte della SP 104.

4.3.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

L'unico evento storico documentato da foto aeree resosi disponibile per questo studio è quello relativo all'alluvione dell'ottobre 1977 che, per la verità, non ha colpito questo tratto di torrente in modo particolarmente pesante, come invece ha fatto per lo Stura di Ovada e il basso Orba.

In assenza di ulteriore documentazione, pertanto, è stata recuperata la carta "Aree inondabili 1:100.000" redatta dalla REGIONE PIEMONTE - Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi.

Dal confronto di tale materiale documentale si possono trarre le seguenti conclusioni.

1. Nel 1977 le aree con evidenti segni di alluvionamento sono rimaste contenute all'interno delle golene senza interessare aree abitate o urbanizzate.
2. Durante tale evento non sono state interessate da allagamenti 2 zone per le quali, nel corso dei sopralluoghi, sono state segnalati da abitanti del luogo ricorrenti alluvionamenti (tempo di ritorno stimabile intorno a 20 anni). Si tratta dell'area posta in sponda destra, subito a valle del ponte di Molare, e della zona industriale di Ovada in Regione Carlovini (stabilimenti in sponda destra subito a valle del ponte della SP 204).
3. Sulla carta della Regione Piemonte sono indicati come settori a rischio di esondazione, oltre a quelli segnalati al punto 2, il capannone industriale posto sulla sponda destra dell'Orba in località Fornace, l'area del campo sportivo e delle attigue zone residenziali presso strada Grillano a Ovada, l'area industriale in sinistra idrografica subito a monte del ponte sulla SP185.

In conclusione sono a rischio di esondazione, in diversa misura, tutti i principali lobi di meandro, sui quali, in effetti, non vi sono insediamenti storici. Tali aree sono state urbanizzate a partire dal dopoguerra con realizzazione in prevalenza di aree industriali e campi sportivi.

La possibilità di arretramento delle scarpate di terrazzo principali è un fenomeno del tutto naturale in relazione all'assetto del T. Orba in questo settore, ma comunque potenzialmente pericoloso nel medio e lungo termine, anche per gli insediamenti storici. Allo stato attuale tuttavia, l'unico dissesto attivo è la frana che interessa la SP 204.

L'abbassamento del fondo dell'alveo sembra viceversa procedere con relativa lentezza, in quanto il substrato marnoso, ormai diffusamente messo allo scoperto, è più difficilmente erodibile del materasso alluvionale. In generale non vi sono, pertanto, grossi problemi per gli attraversamenti. Viceversa il sifone della fognatura di Molare presso il ponte ferroviario, benché di recente realizzazione, è stato messo a vista dall'azione delle acque correnti, anche perché, una volta scavato, il substrato marnoso non è in grado di resistere all'erosione.

Da segnalare infine la posizione particolarmente esposta del campo pozzi posto in golena sinistra, di fronte alla stazione di Molare.

4.3.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

La fascia di pertinenza fluviale dell'Orba a monte della confluenza dello Stura di Ovada è prevalentemente di tipo naturale, ma le aree coltivate e soprattutto quelle urbanizzate interessano superfici tutt'altro che trascurabili. In base all'uso suolo 68% della superficie è occupata da aree naturali, per lo più boschi. Le aree coltivate sono circa il 15%, quelle urbanizzate il 14%.

Si osserva che le aree edificate sono un parte non irrilevante della fascia di pertinenza fluviale. Tale condizione è dovuta essenzialmente alla progressiva urbanizzazione delle aree poste nel fondovalle alluvionale a partire dall'abitato di Molare verso valle. In particolare la diffusa urbanizzazione dei lobi di meandro, destinati ad accogliere in prevalenza, oltre ad impianti di lavorazione inerti e aree di stoccaggio, campi sportivi ed aree industriali, ma anche, in certi casi, quelle residenziali, ha incrementato di molto il rischio di alluvionamento di zone abitate. Così l'importante stabilimento industriale posto in regione Carlovini ad Ovada è impostato su un'area golenale un tempo interamente occupata da orti periodicamente alluvionati. La realizzazione di un argine in corrispondenza del muro perimetrale dello stabilimento, se da un lato ha ridotto il pericolo di esondazione, senza permettere tuttavia una completa messa in sicurezza dell'area, dall'altro ha eliminato una estesa area di laminazione peggiorando l'assetto idraulico del corso d'acqua nel suo complesso.

A monte di Molare l'alveo presenta condizioni di buona naturalità ed anzi vi sono vecchi coltivi in fase di abbandono e rinaturalizzazione spontanea. Il tratto prospiciente Castel Cerreto, con il letto torrentizio chiuso da pareti scavate nei conglomerati, presenta anche interessanti valenze paesaggistiche e, probabilmente, naturalistiche. Tale settore andrebbe pertanto preservato.

Tratto tra la confluenza del torrente Stura di Ovada e la confluenza del torrente Piota a Silvano d'Orba

4.3.5 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

In questo settore l'Orba ha un andamento moderatamente sinuoso. E' contenuto, come più a monte, tra superfici terrazzate che si sviluppano prevalentemente in destra idrografica, dove il piano principale del fondovalle è posto ad un'altezza di circa 20 m rispetto all'alveo attivo. In destra, a partire dalla confluenza dello Stura, è osservabile un secondo ripiano terrazzato, interno rispetto a quello principale, posto a circa 10 m di altezza sul piano golenale.

Al contrario dei tratti più a monte, in questo settore non vi sono tracce di meandri incassati e le stesse linee di scarpata corrono grosso modo parallele all'alveo dell'Orba, intercalate da rientranze scavate dagli affluenti minori. In sinistra, a tratti, l'alveo dell'Orba corre alla base dei sovrastati rilievi collinari.

L'alveo a bordi pieni presenta un larghezza pari a 2-3 volte l'alveo di magra. Le golene non sono molto larghe, strette tra l'alveo attivo e le scarpate che delimitano i ripiani terrazzati.

Localmente si osserva l'affioramento sul letto del torrente del substrato marnoso-arenaceo, sintomo di una tendenza all'abbassamento del profilo di fondo che, tuttavia, pare essere meno intensa di quella osservata nei settori più a monte.

L'analisi statistica delle caratteristiche dell'alveo mostra che si tratta di un'asta da sinuosa a meandriforme (indice di sinuosità pari a 1.29 nel 1884, 1.19 nel 1954, 1.29 nel 1999). L'indice di ramificazione è variato nel tempo: nelle attuali condizioni è da alveo francamente monocursale, mentre nel 1954 alcuni settori erano ramificati (1.00 nel 1884, 1.29 nel 1954, 1.00 nel 1999).

Si evidenzia pertanto, negli ultimi decenni, una tendenza ad una semplificazione dell'asta fluviale, fenomeno tipico dei corsi d'acqua in cui prevale l'erosione di fondo rispetto al sovralluvionamento. L'aumento della sinuosità suggerisce tuttavia che vi sia, contemporaneamente, una certa ripresa dell'erosione di sponda, con tendenza all'ampliamento delle aree golenali.

4.3.6 Caratterizzazione delle opere idrauliche

Le opere di difesa idraulica realizzate nell'area oggetto di studio sono finalizzate al contenimento dei livelli e alla stabilizzazione dell'alveo attivo. Le prime sono state realizzate nei primi 2 chilometri. Le seconde sono concentrate a valle della traversa e sono destinate essenzialmente alla protezione delle principali vie di comunicazione, ovvero, la linea ferroviaria Alessandria-Ovada e l'Autostrada Alessandria-Voltri (A26).

Nel primo tratto sono stati individuati 3 rilevati arginali.

Il primo, da monte, è posto in destra, a cavallo della confluenza con lo Stura di Ovada. Parte dalla spalla del ponte della SP 155 e ha uno sviluppo di circa 300 m. L'opera non è completa in quanto si interrompe senza riconnettersi in quota con la scarpata del terrazzo retrostante. Le aree difese da tale opera possono quindi essere invase da valle dalle acque.

Il secondo è situato in sinistra, si stacca dal rilevato ferroviario, corre inizialmente sulla sponda di un affluente minore e da qui, dopo circa 500 m, va a riconnettersi con l'opera di presa della traversa posta presso Case Belarda. È stato realizzato essenzialmente a protezione di un depuratore, anche se attualmente è in fase di realizzazione un capannone industriale nell'appezzamento adiacente. L'opera ha inoltre la funzione di prevenire un aggiramento, da parte delle acque in piena, degli organi di regolazione dell'opera di presa della traversa.

Il terzo rilevato arginale è di fatto una continuazione del secondo. Si stacca infatti dal canale di derivazione della traversa e corre lungo la sponda sinistra per circa 400 m per poi riconnettersi al canale stesso andando a chiudere una superficie, dell'ordine di 3 ettari, occupata da un pioppeto. Quest'ultima opera è in pessime condizioni di conservazione, è interrotta per un breve tratto ed è erosa al piede per buona parte del suo sviluppo.

A valle della traversa l'asta dell'Orba è stata fissata da una serie di difese di sponda poste sulle rive esterne delle anse. Si inizia pertanto con una prismata, a tratti con segni di cedimento, in destra. Segue poi una serie di difese di sponda in massi in sinistra destinate alla protezione del rilevato ferroviario. Tali opere sono verosimilmente in continuità per tutto il tratto in cui la ferrovia corre lungo l'area golenale dell'Orba, anche se la

fitta vegetazione non permette di verificarlo per lunghi tratti (pertanto non indicati nella cartografia tematica). Il rilevato ferroviario non presenta segni di cedimenti anche se il primo tratto di difesa in massi appare rifatto di recente.

Vi è infine, poco a monte della confluenza del T. Piota, una difesa di sponda in destra; ha inizio immediatamente a monte dell'attraversamento autostradale ed è costituita da una prismata in cattivo stato di conservazione; cedimenti sono osservabili in più punti anche se non vi sono, almeno per il momento, tratti collassati.

L'unica opera trasversale è rappresentata dalla già citata traversa presso Case Belarda. Si tratta di uno sbarramento in calcestruzzo, dell'altezza approssimativa di 3-4 m, con moderati problemi di scalzamento al piede. Non presenta per ora segni di cedimento. Gli organi di derivazione sono ubicati in prossimità della spalla sinistra.

In conclusione la principale criticità è rappresentata dall'area industriale e residenziale posta nei pressi del ponte della SP 155. L'argine a valle della traversa è in pessimo stato di conservazione, tuttavia un suo cedimento non avrebbe conseguenze dirette immediate. Per quanto riguarda l'argine in sinistra, a monte della traversa, non sono stati individuati segni di dissesti, anche se lo stato di abbandono in cui versa non permette un esame completo dell'opera; la stessa presenza di alberi sul rilevato arginale rappresenta un fattore di debolezza per il rischio che questi vengano sradicati dalla corrente e quindi possano aprire dei varchi nel corpo arginale.

Le difese di sponda in destra versano in un cattivo stato di conservazione. Non sono stati osservati punti di collasso e, per altro, un loro cedimento non avrebbe immediate ripercussioni aree abitate, rischierebbe però di pregiudicare la stabilità della spalla destra del ponte autostradale. Le difese in massi in sinistra sono verosimilmente in buone condizioni di conservazione, anche in questo caso, tuttavia, la fitta vegetazione impedisce di affermarlo con certezza.

L'impressione generale è che le opere abbiano ristretto eccessivamente l'alveo attivo, fattore questo che può essere causa di instabilità. Da valutare, a questo proposito, la possibilità di dismettere parte delle prismate in destra e l'argine a valle della traversa in sinistra.

4.3.7 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

L'unico evento storico documentato da foto aeree, resosi disponibile per questo studio, è l'alluvione dell'ottobre 1977 che ha colpito, in modo abbastanza pesante, l'Orba a valle della confluenza con la Stura di Ovada.

In assenza di ulteriore documentazione, pertanto, è stata recuperata la carta "Aree inondabili 1:100.000" redatta dalla REGIONE PIEMONTE - Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi.

Dal confronto di tale materiale documentale si possono trarre le seguenti conclusioni.

1. L'evento di piena del 1977 presenta una distribuzione diversa da quella indicata sulle carte delle aree inondabili della Regione Piemonte.
2. Nel 1977 gli allagamenti hanno raggiunto l'area industriale e residenziale presso il ponte della SP 155; inoltre le acque hanno aggirato l'opera di presa della traversa presso Case Belarda invadendo il canale di derivazione e andando, di conseguenza, ad allagare alcune abitazioni presso Case Canale di Sotto nonché un tratto della SP 185. Le acque hanno anche raggiunto un ampio settore golenale in destra, subito a monte della confluenza del T. Piota, ex area di cava.
3. Nelle carte delle "Aree inondabili" della regione Piemonte vengono viceversa individuate come zone a rischio una parte degli edifici posti in sponda sinistra tra la SP 185 e l'Orba, a valle del ponte della SP 155. Le aree esondabili sono inoltre estese in destra fino a comprendere la località Guastarina;
4. Nella carta delle "Aree inondabili" sono individuate come a rischio delle aree edificate e delle infrastrutture che per ragioni altimetriche sono, invece, fuori pericolo. Si tratta delle abitazioni costruite sulla scarpata di terrazzo in località Guastarina, del fabbricato posto nei pressi della spalla sinistra del ponte autostradale e del rilevato dell'autostrada A26 a valle del ponte sull'Orba.

La principale criticità è pertanto rappresentata dalle aree abitate in sinistra e, soprattutto, in destra idrografica a valle della confluenza del T. Stura di Ovada.

Una seconda criticità è costituita dalla derivazione della traversa attraverso la quale le acque in piena possono passare al canale di derivazione e andare ad allagare i settori a tergo della ferrovia e della strada provinciale.

La terza criticità è rappresentata dal rilevato ferroviario tra Case Canale e S. Carlo. In questo settore la spinta dell'Orba per un arretramento della sponda è molto forte. Si tratta pertanto di un settore da tenere strettamente sotto controllo.

4.3.8 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

La regione fluviale dell'Orba tra la confluenza dello Stura di Ovada e quella del T. Piota è in prevalenza occupata da aree naturali (55%), per lo più boschi (21%) e cespuglieti (21%). Le aree antropizzate sono rappresentate per lo più da campi coltivati (30%), soprattutto seminativi (24%). Le aree edificate occupano il 12% della superficie totale.

In questo settore l'espansione delle aree edificate nella regione fluviale si è concentrata subito a valle della confluenza della Stura di Ovada. Più a valle le aree urbanizzate sono poste sulle superfici terrazzate, ad un'altezza sull'alveo inciso sufficiente per scongiurare il rischio di esondazioni. Viceversa è impostato sulla golena sinistra un tratto di rilevato ferroviario, in prossimità di Rocca Grimalda.

In questo contesto è opportuno favorire il ripristino della fascia di vegetazione ripariale.

4.4 Caratterizzazione del T. Stura di Ovada tra il ponte della Linea Ferroviaria Ovada-Genova e la confluenza nell'Orba

4.4.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

Il T. Stura di Ovada nel tratto di interesse presenta un alveo monocursale sinuoso contenuto tra varie serie di terrazzi, la prima delle quali presenta un'altezza di circa 10 m, la seconda di circa 20 m. Le superfici terrazzate sono abbastanza ampie, anche se non continue, e segnano lo sviluppo dell'originale fondovalle che, in tempi relativamente recenti dal punto di vista geologico ma comunque precedenti alla realizzazione di insediamenti stabili, è stato profondamente inciso per un rapido abbassamento del livello di base dello Stura. Tale abbassamento ha avuto luogo piuttosto rapidamente, tanto che è ancora ben visibile una struttura a meandri incassati, in parte comunque già rimodellata da processi di erosione di sponda che hanno determinato, a tratti, un ampliamento della fascia golenale. Pertanto il tracciato delle aree golenali è di tipo meandriforme, mentre l'alveo in senso stretto è di tipo monocursale sinuoso. Quest'ultima forma è quella in equilibrio nelle condizioni attuali e tende ad affermarsi su quella relitta a meandri. Va ricordato a questo proposito che tale conformazione è tipica dell'intero settore appenninico della Provincia di Alessandria, a testimonianza del fatto che è in corso un processo complessivo di riassetto del reticolo idrografico.

Nel complesso l'alveo a bordi pieni presenta un'estensione media pari a 2-4 volte l'alveo di magra. Le fasce golenali sono generalmente vegetate e risultano ampie soprattutto sulla riva interna dei meandri incassati. La presenza di ricorrenti tratti in cui il substrato marnoso affiora lungo il letto del corso d'acqua mostra che il T. Stura presenta una forte tendenza all'erosione di fondo.

L'analisi statistica delle caratteristiche dell'alveo mostra che si tratta di un'asta monocursale sinuosa (indice di sinuosità pari a 1.11 nel 1884, 1.14 nel 1954, 1.21 nel 1999). L'indice di ramificazione è variato abbastanza nel tempo anche se nelle attuali condizioni è da alveo francamente monocursale, mentre nel 1954 alcuni settori erano ramificati (1.09 nel 1884, 1.27 nel 1954, 1.00 nel 1999).

Si evidenzia pertanto, negli ultimi decenni, una tendenza ad una semplificazione dell'asta fluviale, fenomeno tipico dei corsi d'acqua in cui prevale l'erosione di fondo rispetto al sovralluvionamento.

4.4.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche

Nel tratto di studio gli interventi di sistemazione idraulica sono stati finalizzati essenzialmente al consolidamento e stabilizzazione della sponda sinistra alle spalle della quale si sviluppa l'abitato di Ovada. Una serie di difese di sponda, per lo più in massi, contengono l'espansione dello Stura verso la zona residenziale e commerciale posta a tergo della SS 456 del Turchino. In tale settore è presente anche un rilevato arginale, parziale e comunque in parte interrotto, che, a giudicare dalle condizioni in cui versa, è stato probabilmente dismesso.

Più avanti la base della scarpata del terrazzo su cui è impostata la città vecchia è protetta da un cordolo di calcestruzzo, in buone condizioni di conservazione.

Il lobo di meandro prospiciente il cimitero è in parte protetto da un breve rilevato arginale aperto verso valle e che pertanto non permette di garantire in modo completo la sicurezza dell'area retrostante. Le opere difensive

in sponda sinistra sono completate da un muro in cemento armato a protezione della spalla sinistra del ponte sulla SP 155

In destra le difese consistono in 2 scogliere in massi di recente realizzazione in corrispondenza della riva esterna dell'ultimo meandro prima della confluenza. Quella più a monte è posta a protezione della base della scarpata del terrazzo sovrastante e di un'abitazione privata, quella di valle è a protezione di un'area residenziale posta subito a monte della SP 155. In corrispondenza della confluenza Nell'Orba, l'area industriale a valle della SP155 è protetta da un breve rilevato arginale, incompleto verso valle e quindi insufficiente per la protezione dell'area.

Sempre in sponda destra si segnala, in corrispondenza del ponte ferroviario, la presenza di difese spondali (scogliere e pennelli) a protezione delle fondazioni delle pile del viadotto autostradale.

L'assetto idraulico del tratto è completato da una traversa posta subito a valle del ponte della SP 170. Tale opera alimenta una derivazione irrigua in destra ed era collegata in origine ad un mulino. Rifatta in epoca recente è ora in buone condizioni di conservazione. Più a valle, in prossimità del cimitero, sono visibili i resti di un seconda traversa o forse, più propriamente, di un attraversamento a raso di una diramazione del canale alimentato dalla derivazione più a monte. L'opera è in completo dissesto e, verosimilmente, è stata abbandonata.

4.4.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

L'unico evento storico documentato da foto aeree resosi disponibile per questo studio è quello relativo all'alluvione dell'ottobre 1977 che ha colpito la Stura di Ovada in modo abbastanza pesante.

In assenza di ulteriore documentazione, pertanto, è stata recuperata la carta "Aree inondabili 1:100.000" redatta dalla REGIONE PIEMONTE - Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi.

Dal confronto di tale materiale documentale si possono trarre le seguenti conclusioni.

1. La piena del 1977, a parte alcune aree marginali in sponda destra presso cascina Orsotto, è stata più gravosa di quanto previsto nelle carte delle aree inondabili della Regione Piemonte.
2. Nel 1977 sono state alluvionate le seguenti aree edificate: una parte dell'area residenziale e commerciale posta a tergo della SS 456 del Turchino, le abitazioni poste sul terrazzo prospiciente il cimitero di Ovada, una consistente parte delle aree residenziali e industriali, nonché l'impianto di lavorazioni inerti posto in destra presso il ponte della SP 155 (strada Novi).
3. Sempre nel corso dell'evento del 1977 la SS 476 del Turchino è stata gravemente danneggiata e parzialmente erosa per arretramento della sponda sinistra con grave rischio anche per i fabbricati retrostanti.

In questo settore sono pertanto a rischio diverse aree edificate che vanno protette sia dal pericolo di esondazione sia da quello di erosione per migrazione dell'asta principale.

La situazione più grave è sicuramente quella relativa all'area retrostante la SS 456 del Turchino. Qui si è proceduto nel dopoguerra all'urbanizzazione di una (ex) area golenale, ancora raggiungibile dalle acque di piena e che può essere tuttora interessate dalle divagazioni dell'asta fluviale nel fondovalle.

In tale contesto è quanto mai importante mantenere libere da insediamenti le aree in destra idrografica permettendo al corso d'acqua di divagare almeno in quella direzione.

Il lobo di meandro presso il cimitero di Ovada, per ragioni di carattere morfologico, è prevalentemente a rischio di esondazioni, mentre appare meno probabile l'arretramento delle sponde, mentre è possibile nel medio o lungo termine un taglio meandro.

4.4.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

La regione fluviale dello Stura di Ovada è in larga misura antropizzata e, a tratti, urbanizzata. In base alla carta uso suolo il 46% della superficie è occupata da aree naturali, in prevalenza boschi. Le aree coltivate sono circa il 21%, quelle urbanizzate il 26%.

L'espansione dell'abitato di Ovada è infatti andata ad interessare, soprattutto sulla sponda sinistra, aree golenali. In sponda destra, l'unico settore edificato è quello nei pressi del ponte della SP155, mentre, soprattutto a monte di Ovada, prevalgono le aree agricole ed in particolare gli orti e i frutteti. E' pertanto importate che questo settore venga preservato nelle condizioni attuali. In questo modo l'asta fluviale avrà un certa libertà di divagazione e si manterrà una importate area di laminazione.

Nella zona del cimitero di Ovada sono presenti alcune abitazioni e casine nell'area golenale.

Sarebbe inoltre opportuno, dal punto di vista ambientale e paesaggistico, il completamento e potenziamento di una fascia di vegetazione ripariale lungo la sponda sinistra, con funzione di filtro e, secondariamente, di stabilizzazione delle sponde stesse.

4.5 **Caratterizzazione del T. Stura del Monferrato**

4.5.1 Caratteristiche geomorfologiche e morfometriche, evoluzione storica dell'alveo

Il corso della Stura nel tratto di studio ha andamento monocursale meandriforme, con indice di sinuosità $I_s \approx 1.29$.

Tale andamento meandriforme è caratteristico del corso d'acqua in tutto il periodo oggetto della ricostruzione storica (1884-2001), anche se nel dettaglio si sono riscontrati modesti accorciamenti del corso d'acqua per taglio di alcuni meandri, verosimilmente anche per azione antropica, finalizzata al recupero di superfici utili ad uso agricolo.

L'evoluzione dell'alveo nel periodo oggetto della ricostruzione è praticamente nullo nel tratto approssimativamente compreso tra Murisengo e Valcerrina, in relazione allo stretto vincolo determinato dai

versanti collinari, mentre maggiori variazioni si riscontrano a valle di Castagnone e nel tratto di pianura fino alla confluenza in Po.

In particolare la maggiore diffusione ed evidenza di forme relitte connesse ad andamenti pregressi del corso d'acqua si riscontra a valle di Valcerrina (ampio paleocorso in destra presso loc. Garoppi), e tra Castagnone e Pontestura (numerosi paleocorsi in destra e sinistra).

4.5.2 Caratterizzazione delle opere idrauliche

In considerazione della stabilità complessiva dell'alveo, e della presenza molto saltuaria di infrastrutture significative a ridosso del corso d'acqua, la presenza di opere idrauliche è ridotta.

Come evidenziato negli elaborati cartografici, la presenza di difese spondali è limitata al tratto immediatamente a monte e a valle di alcuni ponti (primate e gabbionate), oltre che dei pochi settori caratterizzati da significative esigenze di protezione: aree abitate e impianti produttivi in località Valcerrina (case Cappello, Garoppi), Castagnone.

Riguardo le opere trasversali, queste sono assenti nel tratto a monte di Valcerrina, verosimilmente per la stabilità del profilo di fondo connessa alla presenza di subaffioramento del substrato collinare.

A valle di Valcerrina, e in particolare di Garoppi-Case Cappello, è diffusa la presenza di soglie di fondo generalmente a protezione di fondazioni in alveo, condizione che evidenzia per il settore più prossimo alla confluenza una tendenza recente all'approfondimento del profilo di fondo, analoga a quella riscontrata per l'alveo di Po nel medesimo tratto.

Non sono presenti rilevati arginali, fatta eccezione per limitate opere di protezione locale.

4.5.3 Eventi alluvionali recenti storicamente documentati: aree allagate e modalità di propagazione sul territorio golenale delle correnti di piena

Sulla base delle aerofoto messe a disposizione dal C.N.R.-I.R.P.I. è stato possibile ricostruire gli effetti conseguenti al transito della piena '74 (riprese 1-10/03/'74, colore) .

L'evento ha avuto conseguenze rilevanti sull'asta fluviale, evidenziate dall'abbattimento di numerosi ponti in conseguenza principalmente dell'erosione laterale delle sponde in corrispondenza delle spalle.

Il buon dettaglio delle aerofoto ha consentito la ricostruzione delle aree inondate nel corso dell'evento. L'estensione di tali aree, riportate nella cartografia allegata, potrebbe localmente risultare sottostimata, per la presenza di settori inondata a bassa energia, non evidenziabili dalla sola osservazione delle aerofoto.

Con riferimento a tale elaborato, i fenomeni di esondazione dello Stura nel corso dell'evento in oggetto possono essere sintetizzati come segue.

- Nel tratto tra Murisengo e Valcerrina, vi sono numerosi settori di esondazione, seppure di ampiezza limitata, in relazione alla morfologia dei versanti; i fenomeni più rilevanti di esondazione entro la piana di fondovalle, anche con il coinvolgimento dei settori abitati più prossimi al corso d'acqua, sono localizzati nel tratto compreso tra le loc. di S.Candido e Pozzo. A valle di Pozzo, i punti di esondazione sono vari ma con estensione molto contenuta delle aree inondate. La presenza di tracce di esondazione a monte di numerosi ponti, evidenzerebbe un'inadeguatezza generale della sezione idraulica degli stessi, e conseguente rigurgito.
- Nel tratto compreso tra Valcerrina e Castagnone, la portata di piena è generalmente contenuta nell'ambito delle sponde dell'alveo inciso, salvo locali zone esondate, generalmente in corrispondenza di paleoalvei meandriformi disattivati da tagli naturali o artificiali, ancora caratterizzati da depressioni morfologiche più o meno evidenti.
- Anche nel tratto a valle di Castagnone le aree inondate hanno ampiezza molto limitata, e per estesi settori l'alveo è risultato adeguato al contenimento delle portate di piena. Fa eccezione il tratto immediatamente a valle del ponte della S.S. 457 di Moncalvo, in cui è risultato inondato un ampio settore in destra idrografica, per concomitante esondazione della roggia denominata Rio Sturella.

4.5.4 Uso del suolo e naturalità della regione fluviale

La naturalità della fascia lungo il corso dello Stura nel tratto in oggetto è complessivamente molto bassa. Infatti tutto il territorio è stato trasformato dall'attività agricola, a prevalenti seminativi e frutteti.

La vegetazione spontanea ripariale è limitata ad una fascia di ampiezza approssimativamente costante, non superiore a 45-50 m in asse al corso d'acqua, ovvero pressochè alle sole fasce spondali e localmente ai settori immediatamente a tergo delle stesse. In alcuni casi la vegetazione spontanea ripariale è conservata nell'ambito dei paleoalvei più recenti, riattivabili per eventi idrologici significativi e pertanto non di interesse per l'attività agricola.

Con riferimento al settore interessato dalla cartografia dell'uso del suolo e naturalità, si riscontra un'incidenza degli ambienti "naturali" pari ad appena il 12% dell'area totale.

Gli ambienti "antropizzati" (88%) corrispondono alle seguenti tipologie di uso del suolo:

- tra gli ambienti "non naturali" è largamente prevalente l'ambiente agricolo, che interessa l' 82.7% del territorio complessivo (seminativi 74.2%; coltivazioni legnose/ pioppeti 4.9%, frutteti/vigneti 3.6%); il tessuto urbano discontinuo e infrastrutture interessa il 4.1% del territorio;
- tra gli ambienti "naturali" è prevalente la vegetazione spontanea arborea (11.0% della superficie totale), limitata in gran parte alle fasce ripariali.

5. PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO

La definizione delle aree esondabili richiede particolare attenzione nell'individuazione dell'idrogramma di progetto e nella schematizzazione dei tratti del corso d'acqua omogenei rispetto ai contributi di piena degli affluenti e delle porzioni di bacino laterali.

Lo studio idrologico è stato finalizzato alla definizione delle portate e degli idrogrammi di piena con tempi di ritorno 20,50,100,200,500 anni, necessari alle successive analisi idrauliche per la definizione delle fasce fluviali nei tratti interessati dal presente studio.

L'analisi idrologica ha riguardato i seguenti due tratti dei corsi d'acqua interessati dallo studio:

- T.Scrivvia a monte della delimitazione delle fasce fluviali, dal confine regionale a Serravalle;
- T.Borbera nel tratto dal la confluenza con il T.Gordonella fino alla confluenza nel T.Scrivvia;
- T.Orba nel tratto dal confine regionale alla confluenza del torrente Piota;
- T.Stura del Monferrato nel tratto dal confine provinciale alla confluenza in Po.

Si evidenzia che la procedura di analisi idrologica è stata applicata indistintamente anche alle sezioni di chiusura per le quali le portate sono già state fissate nella Direttiva "Piena di Progetto"¹ dell'Autorità di Bacino del Po. Questo al fine di trovare un riscontro tra i valori dello studio e quelli fissati dalla direttiva, validando così la metodologia qui applicata.

Lo studio è stato condotto secondo le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base (IGM, scala 1:10.000) e del modello digitale del terreno a maglia 50m x 50m e tracciamento dei bacini idrografici di riferimento allo studio in oggetto, chiusi su sezioni trasversali del corso d'acqua a monte di sensibili cambiamenti di area drenata e, quindi, di portata;
- interpretazione della cartografia e ricerca delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati (superficie, altitudine massima, media e minima, lunghezza e pendenza media dell'asta principale, pendenza media dei versanti);
- analisi della piovosità derivante dai dati di regionalizzazione delle precipitazioni intense per assegnato periodo di ritorno contenuti nella specifica Direttiva "Piena di Progetto" dell'Autorità di Bacino del Po;
- determinazione delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno secondo la procedura prevista dal disciplinare tecnico con riferimento al PSFF e al PAI ed alla Direttiva "Piena di Progetto";
- determinazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena mediante applicazione del modello UHM del Danish Hydraulic Institute Water & Environment, al fine di consentire una modellazione idrodinamica anche in moto vario;
- assunzione delle portate di piena e degli idrogrammi da usare ai fini della modellazione idraulica.

Nella valutazione delle portate massime probabili, per la mancanza di osservazioni dirette sul tratto in esame, si è quindi fatto riferimento principalmente a schemi di calcolo basati su una determinazione indiretta, partendo dalle precipitazioni, attribuendo alle piene sintetiche calcolate con tale criterio lo stesso tempo di ritorno delle precipitazioni che le hanno generate.

¹ "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" (AdBPo, Delibera C.I. 26/04/01 n. 18).

I tratti d'asta oggetto di indagine sono stati suddivisi seguendo un criterio di significatività basato sul contributo di portata derivante dall'area drenata a monte.

I sottobacini sono stati chiusi in corrispondenza di affluenti laterali in grado di apportare un sensibile aumento della portata in alveo.

Nel seguito vengono indicati gli idrogrammi di riferimento e i criteri di assegnazione degli input di portata lungo i corsi d'acqua.

Per la numerazione delle sezioni si fa riferimento alla numerazione del PAI vigente, pertanto le sezioni dei tratti dello Scrivia e dell'Orba oggetto dell'indagine continuano, crescendo verso monte, la serie della numerazione esistente, mentre le sezioni del Borbera, dello Stura di Ovada e dello Stura del Monferrato sono di nuova numerazione, crescente verso monte a partire dalla sezione n.1 posta alla confluenza nei loro ricettori

5.1 Torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle

Il bacino del torrente Scrivia risulta suddiviso in tre sottobacini chiusi alle sezioni sotto indicate:

- bacino del torrente Scrivia chiuso a monte della confluenza con il T. Spinti, sez 58;
- bacino del torrente Scrivia chiuso a monte della confluenza con il T. Borbera, sez 54;
- bacino del torrente Scrivia chiuso a monte di Serravalle., sez 51.

Gli idrogrammi risultanti dall'analisi idrologica sono stati introdotti nel modello idraulico come input puntuali quando riferiti alla sezione di monte dell'asta.

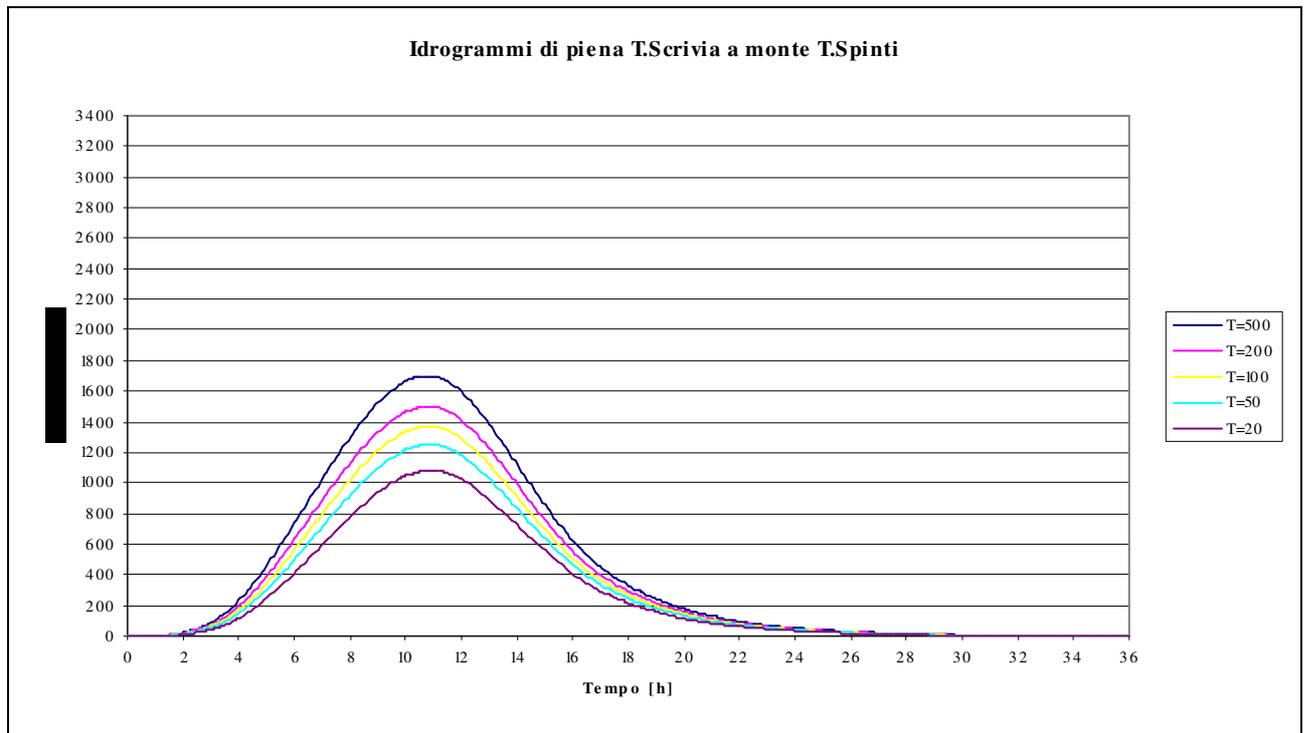
Il contributo delle aree residue, invece, è stato inserito come apporto localizzato in corrispondenza degli affluenti principali del t.Scriviva nel tratto considerato.

La tabella seguente riporta i valori di progetto delle portate al colmo per ciascuna sezione di chiusura, al variare del tempo di ritorno, arrotondate alla decina di m^3/s . Si nota in particolare che i valori al colmo delle portate dello Scrivia a Serravalle, sono uguali ai precedenti valori assegnati nel PAI.

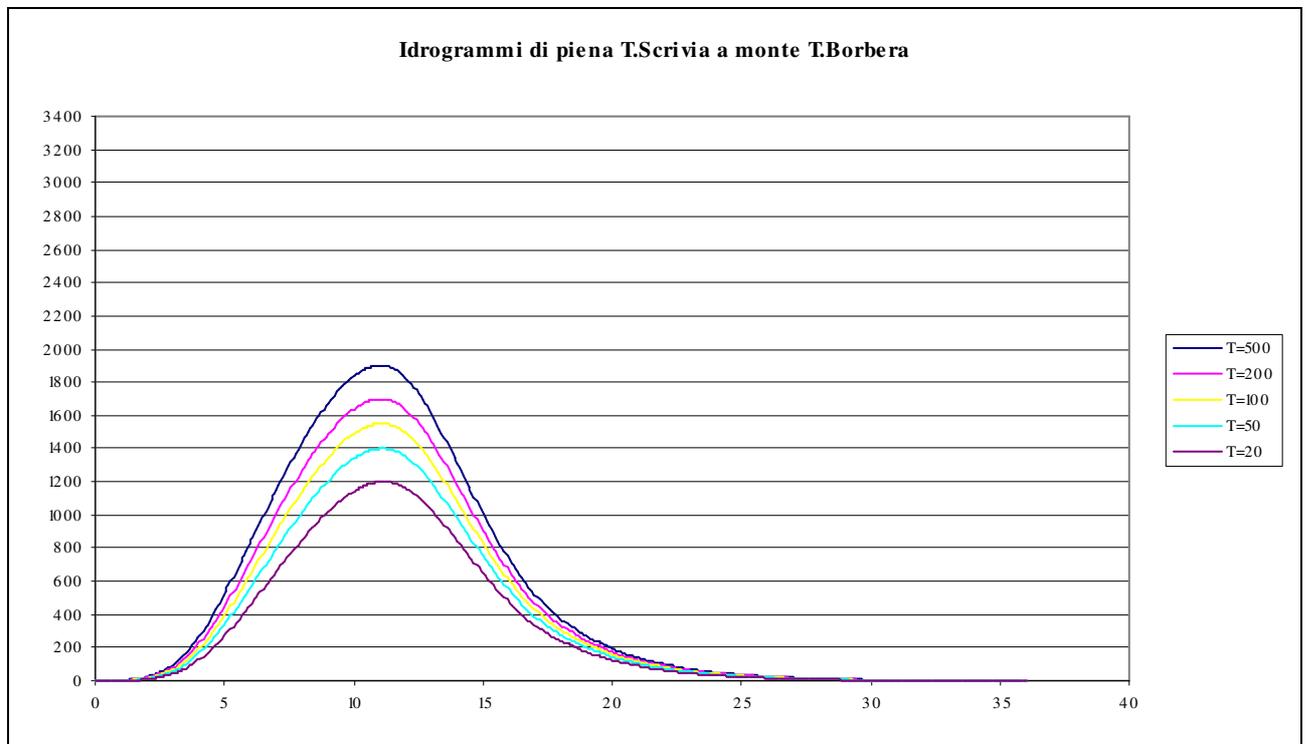
Bacino	sez.n°	S	Q (TR20)	Q (TR50)	Q (TR100)	Q (TR200)	Q (TR500)
		(km ²)	(m ³ /s)				
Monte T.Spinti	58	306	1080	1250	1370	1500	1700
Monte T.Borbera	54	366	1200	1400	1550	1700	1900
Serravalle S.	51	605	1530	1800	2000	2300	2600

Valori di progetto delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei singoli sottobacini del T.Scriviva per assegnato tempo di ritorno.

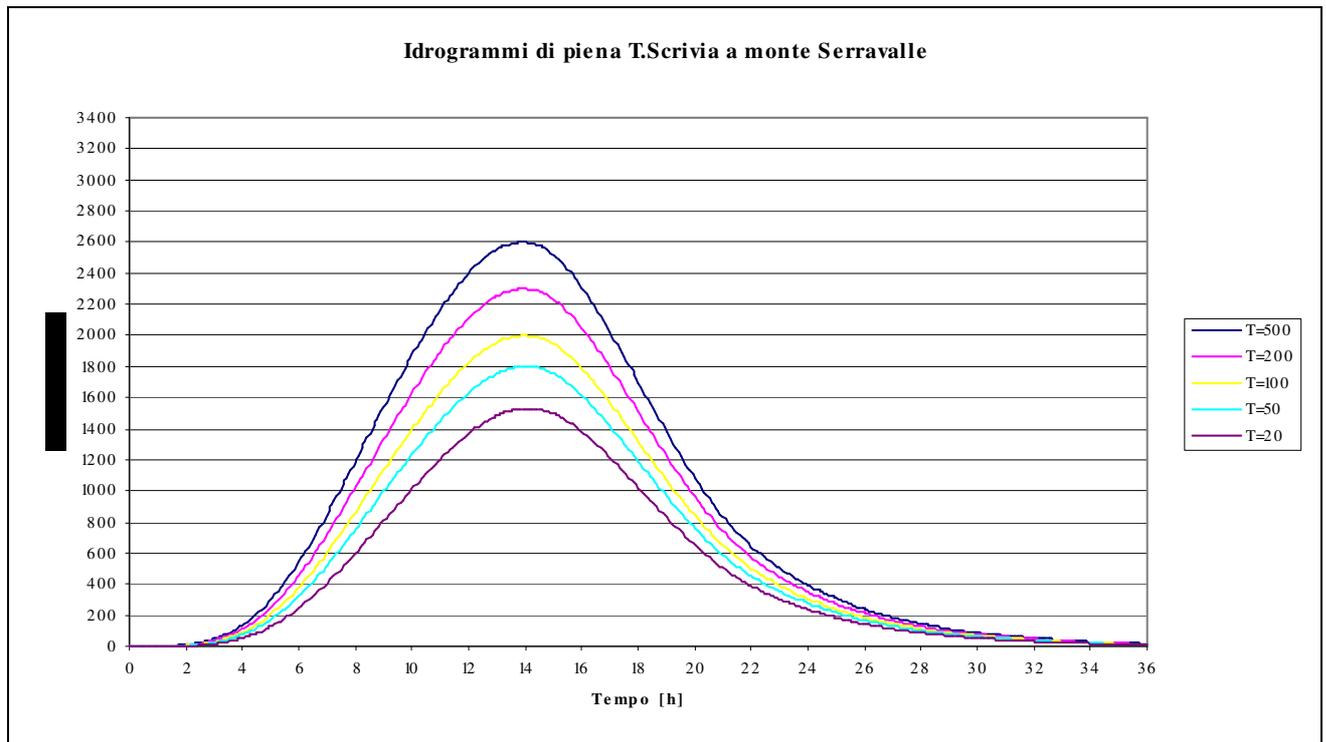
Nelle figure seguenti vengono presentati gli idrogrammi utilizzati nel modello numerico di simulazione Mike 11.



Idrogrammi di portata nella sezione 58



Idrogrammi di portata nella sezione 54 del T.Scrivvia



Idrogrammi di portata nella sezione 51 del T.Scrivvia

5.2 Torrente Borbera

Il bacino del torrente Borbera è stato suddiviso in cinque sottobacini chiusi alle sezioni sotto indicate:

- bacino del torrente Borbera chiuso a monte della confluenza con il T. Sisola, sez. 44.
- bacino del t. Borbera chiuso a monte della confluenza con il t. Besante, sez. 36;
- bacino del t. Borbera chiuso in località Cerreto, sez. 25;
- bacino del t. Borbera chiuso in località Borghetto, sez. 15;
- bacino del t. Borbera fino alla confluenza con il t. Scrivia, sez. 1.

Gli idrogrammi risultanti dall'analisi idrologica sono stati introdotti nel modello idraulico come input puntuali quando riferiti alla sezione di monte dell'asta.

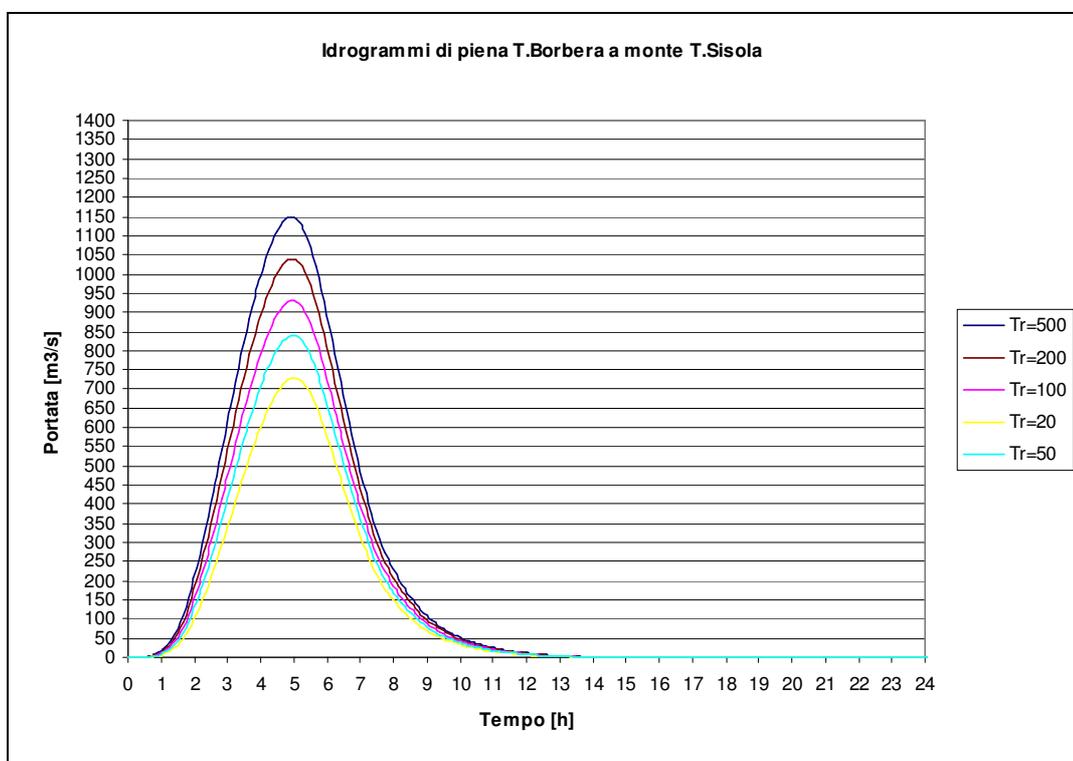
Il contributo delle aree residue, invece, è stato inserito come apporto localizzato in corrispondenza degli affluenti principali del t. Borbera nel tratto considerato.

La tabella seguente riporta i valori di progetto delle portate al colmo per ciascuna sezione di chiusura, al variare del tempo di ritorno, arrotondate alla decina di m³/s.

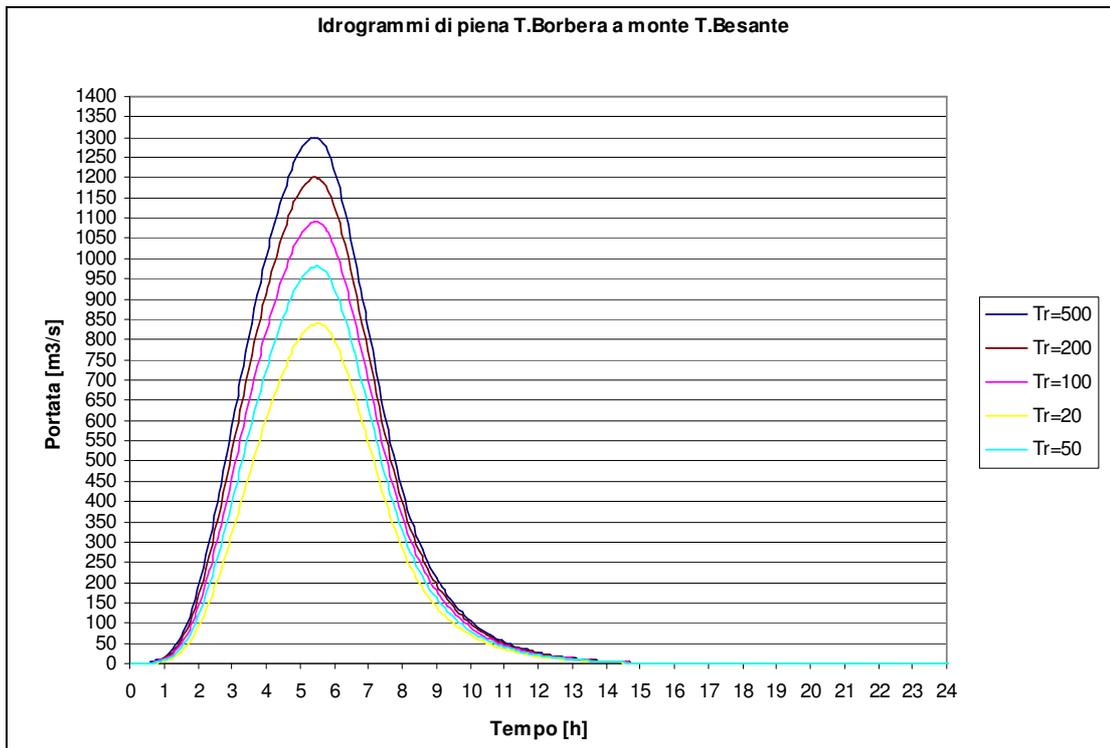
Bacino	sez.n°	S (km ²)	Q (TR20) (m ³ /s)	Q (TR50) (m ³ /s)	Q (TR100) (m ³ /s)	Q (TR200) (m ³ /s)	Q (TR500) (m ³ /s)
Monte T.Sisola	44	137	730	840	930	1040	1150
Monte T.Besante	36	196	840	980	1090	1200	1300
Cerreto	25	212	810	940	1040	1140	1280
Borghetto	15	237	850	990	1090	1200	1300
Conf. In Scrivia	1	248	870	1020	1120	1230	1330

Valori di progetto delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei singoli sottobacini del t. Borbera per assegnato tempo di ritorno.

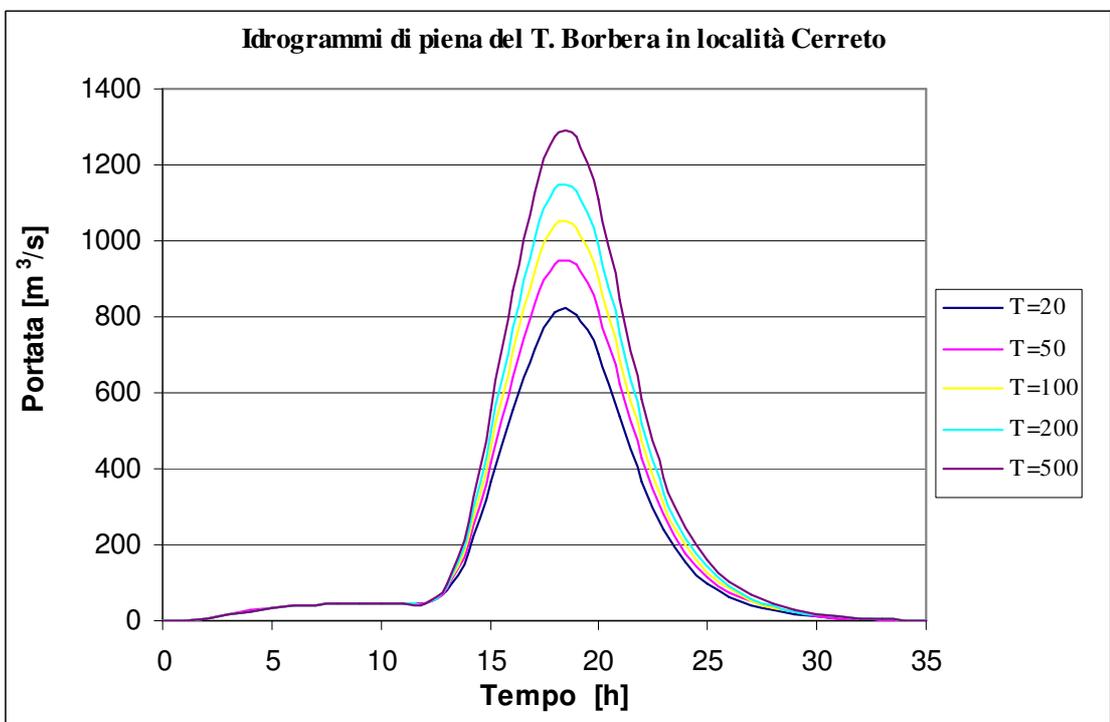
Nelle figure seguenti vengono presentati gli idrogrammi utilizzati nel modello numerico di simulazione.



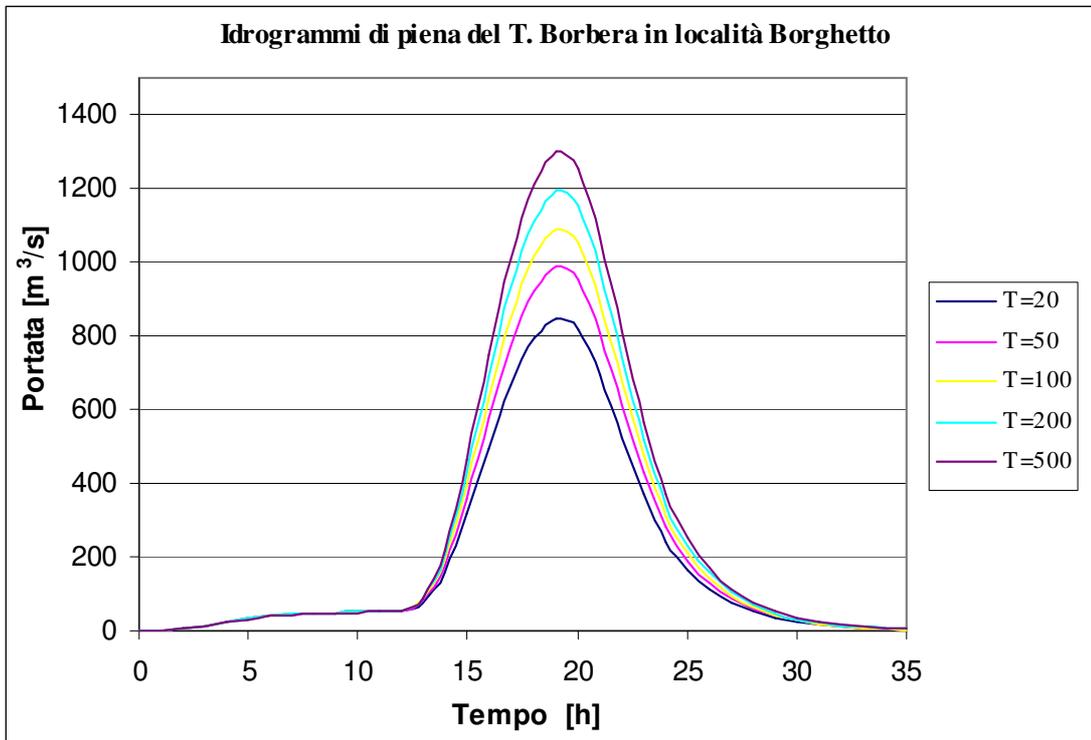
Idrogrammi di portata nella sezione 44 del T.Borbera



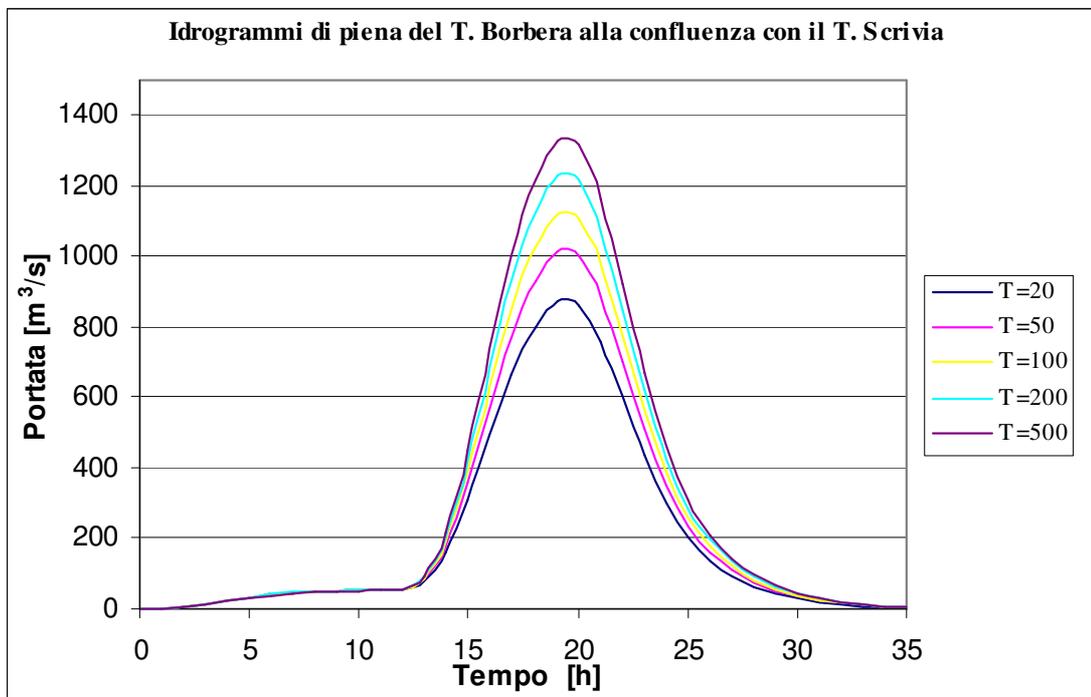
Idrogrammi di portata nella sezione 36 del T. Borbera.



Idrogrammi di portata nella sezione 25 del t. Borbera.



Idrogrammi di portata nella sezione 15 del t. Borbera.



Idrogrammi di portata nella sezione 1 del t. Borbera.

5.3 Torrente Orba nel tratto compreso fra il confine regionale e la confluenza con il torrente Piota

Il bacino del torrente Orba risulta suddiviso in quattro sottobacini (rif. allegato 1) chiusi alle sezioni sotto indicate:

- bacino del t. Orba chiuso in prossimità della località Albareto, sez. 51;
- bacino del t. Orba chiuso in prossimità della località Belletto, sez. 38;
- bacino del t. Orba chiuso in località Ovada, sez. 32;
- bacino del t. Orba fino alla confluenza con il t. Piota, sez. 21.

Gli idrogrammi risultanti dall'analisi idrologica sono stati introdotti nel modello idraulico come input puntuali quando riferiti alla sezione di monte dell'asta.

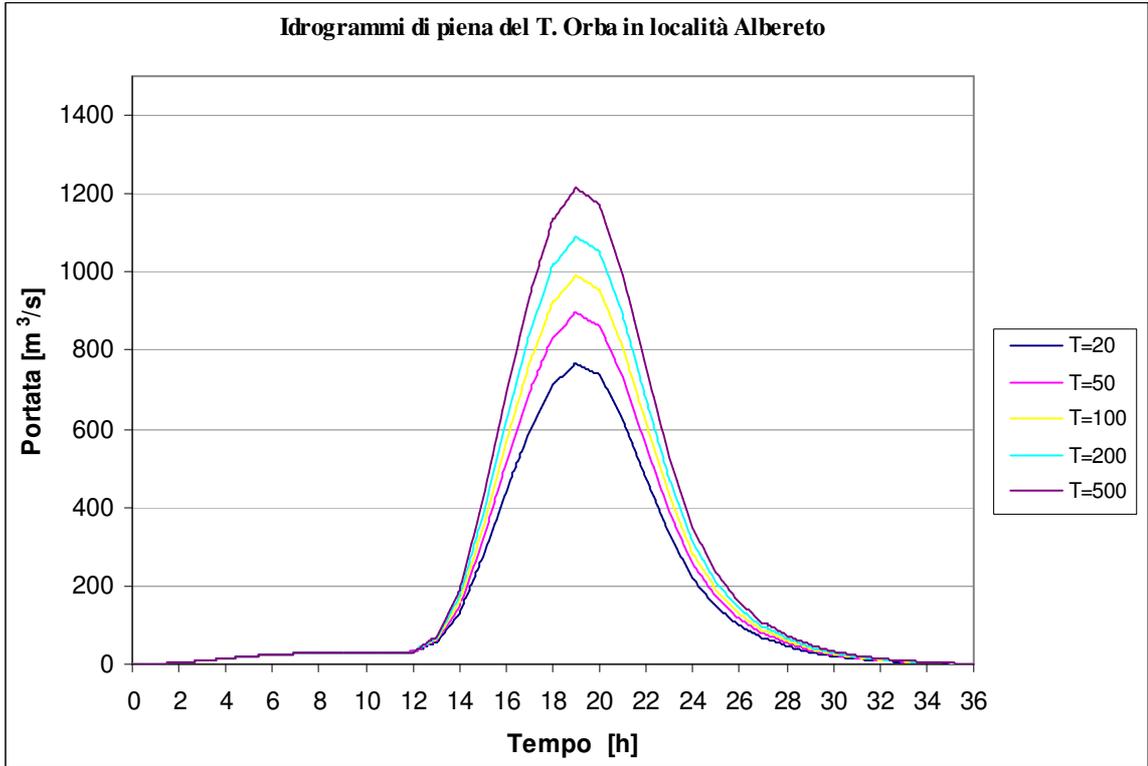
Il contributo delle aree residue, come per il torrente Borbera, è stato inserito come apporto localizzato in corrispondenza degli affluenti principali del t. Orba nel tratto considerato.

La tabella seguente riporta i valori di portata al colmo per ciascuna sezione di chiusura, al variare del tempo di ritorno, arrotondate alla decina di m³/s. Si nota in particolare che i valori al colmo delle portate dell'Orba a valle della confluenza del torrente Stura di Ovada, sono molto simili ai precedenti valori assegnati nel PAI, con differenze massime inferiori al 10 %.

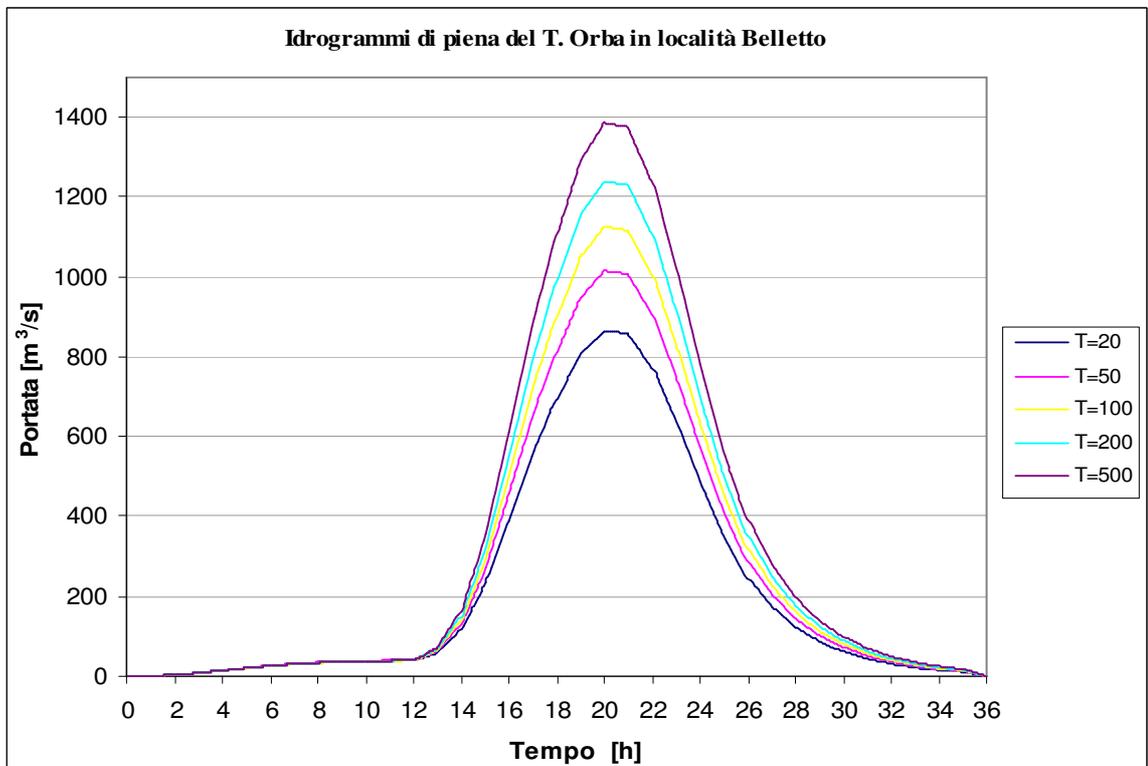
Bacino	sez.n°	S (km ²)	Q (TR20) (m ³ /s)	Q (TR50) (m ³ /s)	Q (TR100) (m ³ /s)	Q (TR200) (m ³ /s)	Q (TR500) (m ³ /s)
Albareto	51	143	760	890	990	1090	1210
Belletto	38	176	870	1020	1130	1240	1390
Valle Stura d'Ovada	31	323	1440	1690	1870	2060	2310
Monte T.Piota	21	360	1520	1790	2000	2190	2450

Valori di progetto delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei singoli sottobacini del torrente Orba per assegnato tempo di ritorno.

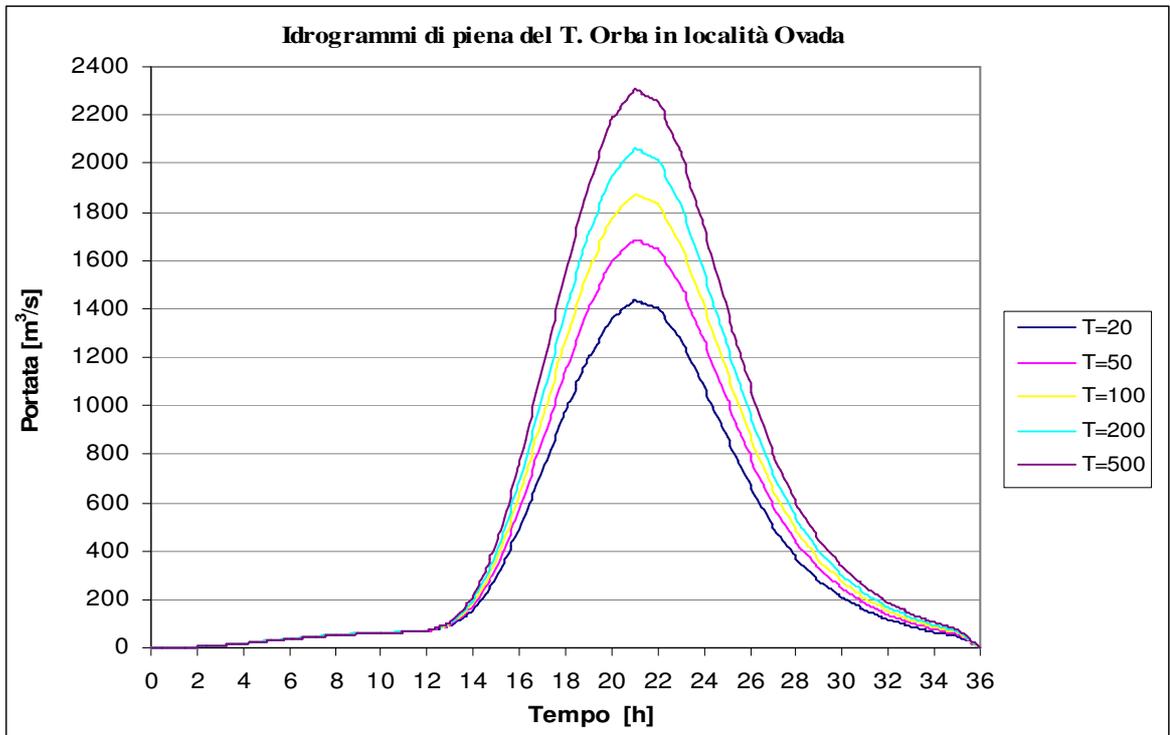
Nelle figure seguenti vengono presentati gli idrogrammi utilizzati nel modello numerico di simulazione Mike 11.



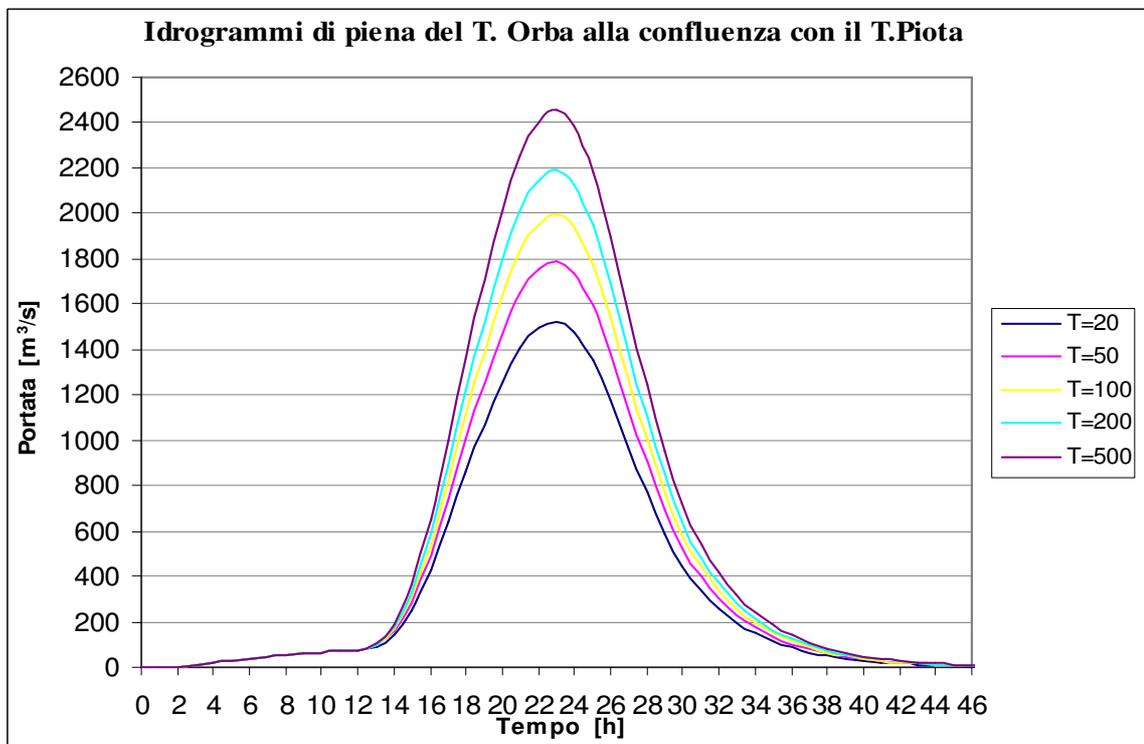
Idrogrammi di portata nella sez. 51 del t.Orba.



Idrogrammi di portata nella sez. 38 del t.Orba.



Idrogrammi di portata nella sez. 31 del t.Orba.



Idrogrammi di portata nella sez. 21 del t.Orba.

5.4 Torrente Stura del Monferrato

Il bacino del torrente Stura risulta suddiviso in quattro sottobacini chiusi alle sezioni sotto indicate:

- bacino del torrente Stura chiuso a monte della confluenza con il Rio della Valle, sez 31;
- bacino del torrente Stura chiuso a monte della confluenza con il T. Gaminella, sez 20;
- bacino del torrente Stura chiuso a monte del Rio Colobrio, sez 10;
- bacino del torrente Stura chiuso a monte della confluenza con il Fiume Po, sez 1.

Gli idrogrammi risultanti dall'analisi idrologica sono stati introdotti nel modello idraulico come input puntuali quando riferiti alla sezione di monte dell'asta.

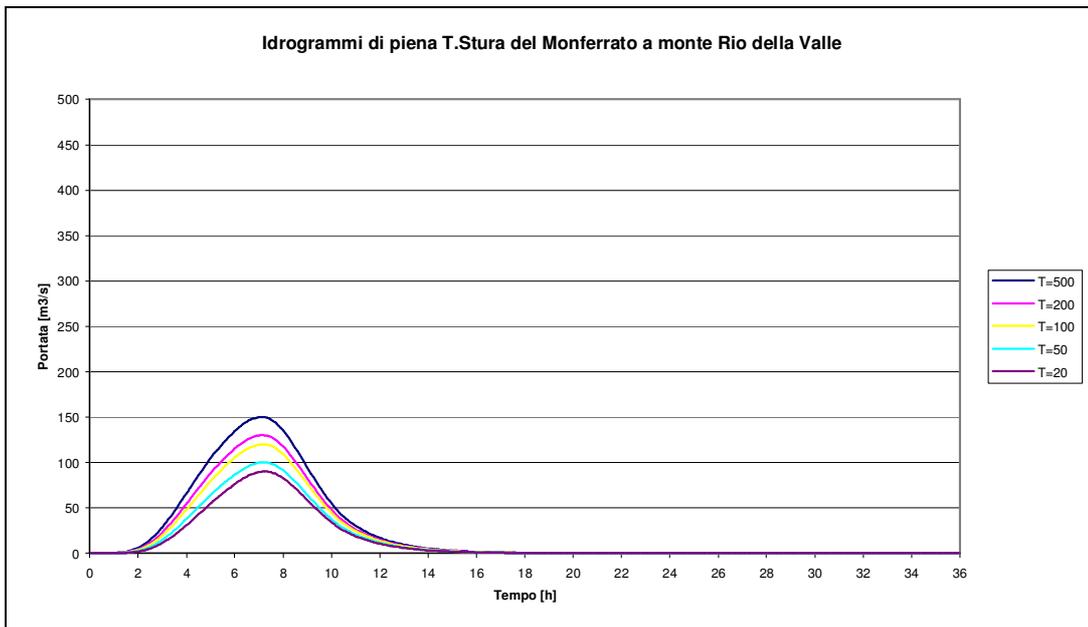
Il contributo delle aree residue, invece, è stato inserito come apporto localizzato in corrispondenza degli affluenti principali del t.Stura nel tratto considerato.

La tabella seguente riporta i valori di portata al colmo per ciascuna sezione di chiusura, al variare del tempo di ritorno, arrotondate alla decina di m³/s.

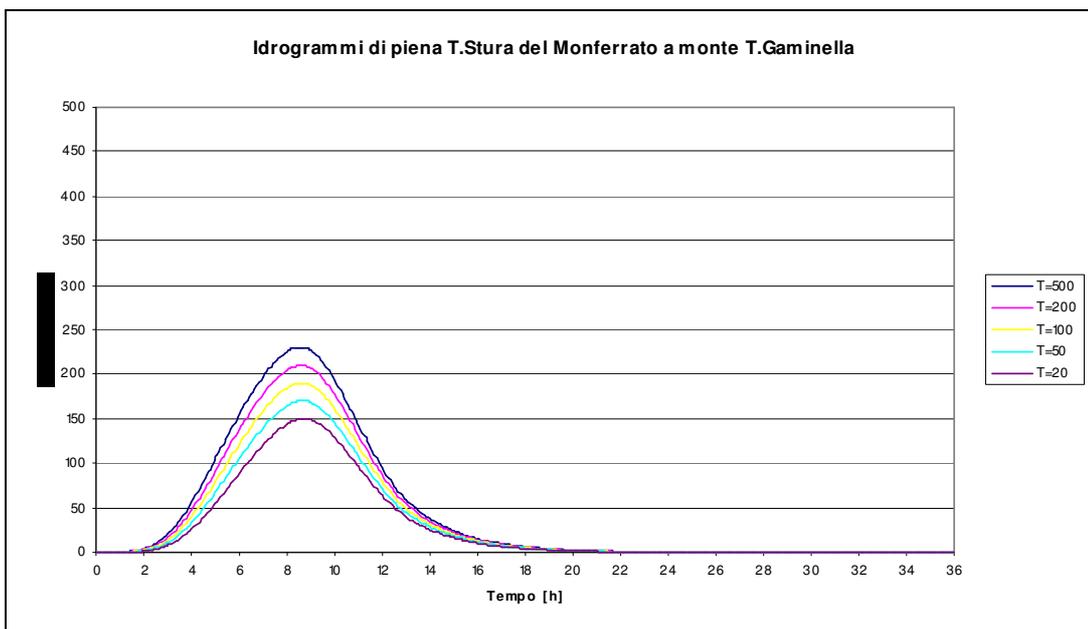
Bacino	sez.n°	S (km ²)	Q (TR20) (m ³ /s)	Q (TR50) (m ³ /s)	Q (TR100) (m ³ /s)	Q (TR200) (m ³ /s)	Q (TR500) (m ³ /s)
Monte rio della Valle	31	33	90	100	120	130	150
Monte rio Graminella	20	61	150	170	190	210	230
Monte rio Colobrio	10	108	190	230	250	280	300
Confl. In Po	1	191	280	320	360	400	450

Valori di progetto delle portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei sottobacini del T.Stura per assegnato tempo di ritorno.

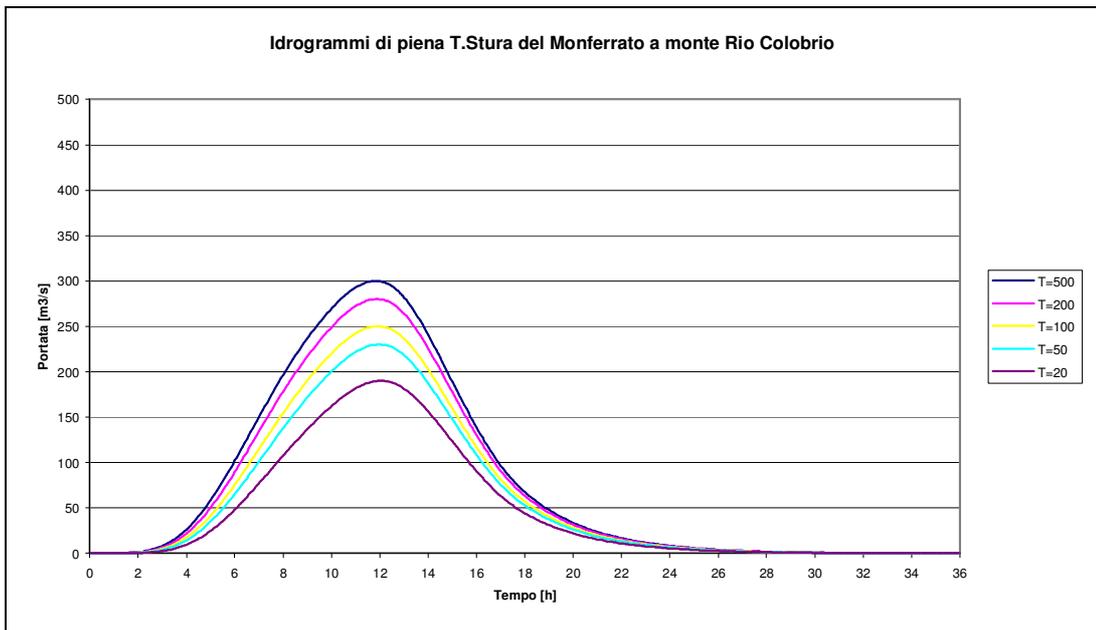
Nelle figure seguenti vengono presentati gli idrogrammi utilizzati nel modello numerico di simulazione.



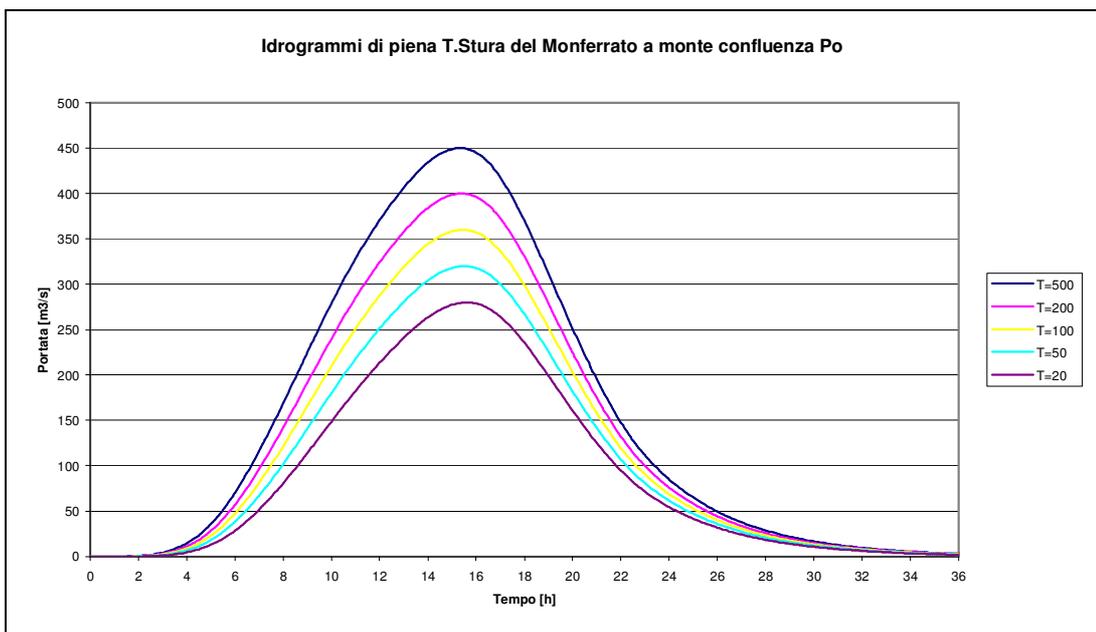
Idrogrammi di portata nella sezione 31 del T.Stura.



Idrogrammi di portata nella sezione 20 del T.Stura.



Idrogrammi di portata nella sezione 10 del T.Stura.



Idrogrammi di portata nella sezione 1 del T.Stura.

6. DESCRIZIONE, MESSA A PUNTO E APPLICAZIONE DEI MODELLI IDRODINAMICI

6.1 Caratteristiche del modello numerico

Le verifiche idrauliche in moto vario sono state condotte mediante applicazione di modellistica numerica, utilizzando il codice di calcolo Mike 11 del Danish Hydraulic Institute Water & Environmental per la cui descrizione sintetica si rimanda alla relazione specifica dello Studio della Provincia di Alessandria.

Il supporto geometrico di è costituito dal rilievo topografico eseguito nella specifica attività dello Studio della Provincia di Alessandria. I risultati delle analisi idrauliche sono tutti riferiti a tale rilievo.

Nei paragrafi che seguono vengono descritte le caratteristiche dei modelli allestiti sui 4 tratti di corso d'acqua in studio.

6.1.1 Condizioni di simulazione

La simulazione viene condotta considerando singolarmente i tronchi di corso d'acqua individuati nell'analisi idrologica, compresi tra due sezioni idrauliche di riferimento nel calcolo degli idrogrammi di piena e delle portate massime di assegnato tempo di ritorno.

Si procede partendo dal tronco dell'estremità di valle e si prosegue verso monte.

Al tronco di valle vengono assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- livello idrico costante a valle pari al valore del livello idrometrico di pari tempo di ritorno della simulazione considerata (20, 50, 100, 200 e 500 anni), relativo al corso d'acqua ricettore per il quale risultano già definite le fasce fluviali;
- idrogramma di portata concentrato nella sezione di monte del tronco considerato, relativo all'intero bacino imbrifero sotteso da tale sezione;
- idrogrammi di portata residui applicati agli affluenti secondari presenti e globalmente corrispondenti all'apporto del bacino residuo compreso tra gli idrogrammi di monte e di valle lungo il tronco considerato, al bacino imbrifero residuo di competenza del tronco stesso.

Ai tronchi di monte vengono assegnate analoghe condizioni al contorno; in particolare come condizione al contorno di valle vengono utilizzati gli idrogrammi di livello di assegnato tempo di ritorno precedentemente determinati con le corrispondenti simulazioni condotte sul tronco di valle.

6.1.2 Risultati

I profili di piena delle simulazioni relative al tempo di ritorno di riferimento per la delimitazione delle fasce fluviali sono riportati nelle tabelle allegate, in cui è indicata la progressiva PAI. Tale progressiva è calcolata a partire dalla sorgente del corso d'acqua, a differenza di quella utilizzata dal modello numerico di simulazione che ha come inizio la prima sezione di monte del tratto modellato.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le progressive utilizzate nel modello numerico di simulazione mantenendo sempre il riferimento della sezione PAI, indicata con apposito segno grafico nelle tavole di delimitazione delle fasce fluviali.

Nel modello sono state inserite, quando mancanti, una sezione di monte e una di valle per ogni struttura intersecante il corso d'acqua. Le lettere m e v indicano la posizione rispettivamente a monte e a valle della struttura stessa.

E' necessario tenere presente che il riferimento per le quote assolute è il rilievo topografico eseguito dalla Provincia di Alessandria. Trattandosi pertanto di un rilievo diverso e più aggiornato di quello disponibile alla data della redazione del PAI, il confronto con le quote dei profili delle tabelle 62 (torrente Orba) e 65 (torrente Scrivia) della Direttiva sulle portate di piena del PAI potrà non risultare immediato.

6.2 Torrente Scrivia dal confine regionale a Serravalle

6.2.1 Schematizzazione geometrica del corso d'acqua

Nella verifica idraulica sono stati utilizzati i dati relativi a 16 sezioni trasversali d'alveo di rilievo, per rappresentare le caratteristiche di geometria e di scabrezza del reticolo idrografico in esame. Le sezioni sono comprese fra le seguenti progressive chilometriche:

- progr. sezione 16 di monte: km 0,000 del modello, km 41,988 PAI;
- progr. sezione 0 di valle: km 10,020 del modello.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle sezioni di rilievo con le progressive longitudinali adottate nel modello di simulazione.

torrente Scrivia

N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)
68	16	0	-	11v	2600	54	4	7843
67	15	285	60	10	3547	53	3	8490
-	15v	295	59	9	4303	-	3v	8500
66	14b	503	-	9v	4313	52	2	9338
65	14a	727	58	8	4797	51	1	9828
64	13b	951	57	7	5793	-	1v	9839
63	13a	1359	56	6	6275	-	0	10200
62	12	1830	-	6v	6285			
61	11	2591	55	5	6886			

Torrente Scrivia - tratto dal confine regionale a Serravalle Scrivia: elenco sezioni trasversali.

Nelle simulazioni sono stati considerati cautelativamente i seguenti valori di scabrezza C di Strickler:

- per il fondo alveo e i tratti di sponda non vegetati o scarsamente vegetati $C = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- per le sponde boscate e le aree golenali $C = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

6.2.2 Opere di attraversamento

Nel modello sono stati inseriti i 6 attraversamenti rilevanti che intersecano il corso d'acqua concettualizzati come culvert (deflusso libero e/o in pressione) più stramazzo (nel caso di sormonto), caratterizzati dai valori delle rispettive luci libere di deflusso, dalle quote dell'estradosso e dalle dimensioni della luce sfiorante.

Sono state inoltre inserite le sezioni di valle di ciascun manufatto di attraversamento mediante duplicazione della sezione di monte e caratterizzate dalla lettera "v" come "valle" a seguito della sezione di provenienza.

6.3 **Torrente Borbera**

6.3.1 Schematizzazione geometrica del corso d'acqua

Nella verifica idraulica sono stati utilizzati i dati relativi a 62 sezioni trasversali d'alveo di rilievo, per rappresentare le caratteristiche di geometria e di scabrezza del reticolo idrografico in esame. Le sezioni sono comprese fra le seguenti progressive chilometriche:

- progr. sezione 61 di monte: km 0,000 del modello, km 1.564 PAI;
- progr. sezione 1 di valle: km 26,890 del modello.

In aggiunta a queste sono state inoltre considerate altre 12 sezioni di pertinenza del torrente Sisola che confluisce nel t.Borbera in corrispondenza dell'abitato di Rocchetta Ligure.

Dal momento che i dati geometrici relativi all'uno ed all'altro corso d'acqua sono stati acquisiti mediante due diverse campagne di rilievi (nello specifico, quella sul Sisola è precedente quella sul Borbera), le sezioni del t.Sisola sono contraddistinte da un numero e da una lettera, la "o" di "old", che sottolinea la differente provenienza dei dati.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle sezioni di rilievo con le progressive longitudinali adottate nel modello di simulazione.

torrente Borbera						torrente Sisola					
N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)
61	61	0	39	39	9130	15	15	21336	-	18o	0
60	60	846	38	38	9654	-	15v	21346	-	17o	100
-	60v	858	37	37	10350	14.1	14.1	21606	-	16o	349
-	60wm	888	36	36	10556	14	14	21658	-	15o	481
-	60ww	890	-	36v	10566	13.1	13.1	21951	-	14o	645
59	59	1400	35	35	11119	13	13	21961	-	13o	800
58	58	1822	34	34	11678	12	12	22283	-	12o	950
57	57	2215	33	33	12057	11	11	22946	-	11o	1087
-	57v	2225	32	32	12670	10	10	23237	-	10o	1274
56	56	2570	31	31	13041	9	9	23865	-	5o	1450
55	55	3157	30	30	13485	8	8	24443	-	4o	1676
54	54	3806	29	29	13890	7	7	25044	-	3o	1939
53	53	4162	28	28	14434	-	7v	25054	-	confl	1982
52	52	4645	27	27	15028	6	6	25794			
51	51	5278	26	26	15619	5	5	26053			
50	50	6045	25	25	16266	4	4	26348			
49	49	6468	24	24	16563	-	4v	26358			
48	48	6760	-	24v	16573	3	3	26555			
47	47	7423	23	23	17214	-	3v	26565			
46	46	7551	22	22	17906	2	2	26575			
45	45	7679	21	21	18502	-	2v	26587			
44	44	7826	-	21v	18512	1	1	26890			
-	44v	7834	20	20	18828						
43	43	7960	19	19	19112						
42	42	8273	18	18	19664						
41	41	8513	17	17	20150						
40	40	8889	16	16	21031						

Torrente Borbera: elenco sezioni trasversali.

Per la valutazione dei coefficienti di resistenza al moto da inserire nel modello si è fatto riferimento ai dati di letteratura, all'esperienza acquisita nel campo della modellistica numerica idraulica e ai valori assegnati dagli studi pregressi "S.P.145 "Di Val Sisola" Variante in corrispondenza di Rocchetta Ligure – Studio idrologico-idraulico della confluenza dei torrenti Borbera e Sisola" realizzato per la Provincia di Alessandria nell'ottobre 2000 e "Redazione di studi idraulici, geomorfologici e topografici su corsi d'acqua in Provincia di Alessandria" eseguito per la Provincia di Alessandria nel mese di luglio 2003. Il coefficiente di scabrezza K_s di Strickler in particolare, è stato determinato secondo le indicazioni fornite dalle tabelle di "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions (tab. 1 e 2) che ne prevede la valutazione a seguito di un'accurata ricognizione dei luoghi e della considerazione delle caratteristiche specifiche dei materiali che ne compongono l'alveo, la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali adiacenti interessate dal deflusso.

Nella seguente tabella sono riportati i valori di scabrezza Ks di Strickler adottati nelle simulazioni idrauliche.

Progressive [m]	Coefficiente di Strickler dell'alveo inciso [m ^{1/3} s ⁻¹]
0 – 15028	20.00
15028-26890	22.00

Coefficienti di scabrezza attribuiti all'alveo inciso del torrente Borbera.

6.3.2 Opere di attraversamento

Nel modello sono stati inseriti gli 11 attraversamenti che intersecano il corso d'acqua concettualizzati come culvert (deflusso libero e/o in pressione) più stramazzo (nel caso di sormonto), caratterizzati dai valori delle rispettive luci libere di deflusso, dalle quote dell'estradosso e dalle dimensioni della luce sfiorante.

Sono state inoltre inserite le sezioni di valle di ciascun manufatto di attraversamento mediante duplicazione della sezione di monte e caratterizzate dalla lettera "v" come "valle" a seguito della sezione di provenienza.

6.4 Torrente Orba

6.4.1 Schematizzazione geometrica del corso d'acqua

Nella verifica idraulica sono stati utilizzati i dati relativi a 31 sezioni trasversali d'alveo di rilievo, per rappresentare le caratteristiche di geometria e di scabrezza del reticolo idrografico in esame. Le sezioni sono comprese fra le seguenti progressive chilometriche:

- progr. sezione 31 di monte: km 0,000 del modello, km 32,483 PAI;
- progr. sezione 1 di valle: km 15,070 del modello.

Inoltre sono stati utilizzati i dati di 8 sezioni trasversali rilevate sul torrente Stura di Ovada. Le sezioni sono comprese fra le seguenti progressive chilometriche:

- progr. sezione 12.7 di monte: km 0,000 del modello, km 33,151 PAI;
- progr. sezione 12v di valle: km 3,883 del modello.

Per la simulazione del deflusso nello Stura di Ovada gli idrogrammi di portata di input sono stati ottenuti a partire dai risultati dall'analisi idrologica svolta sul bacino dell'Orba, ricavandoli per differenza tra l'idrogramma a monte e quello a valle della confluenza dello Stura di Ovada

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle sezioni di rilievo con le progressive longitudinali adottate nel modello di simulazione.

torrente Orba

N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)
51	31	0	35	15	9265
50	30	1024	-	15v	9275
49	29wm	1497	34	14	9463
-	29wv	1501	33	13	9738
48	28	2137	32	12	9900
47	27wm	2710	-	12v	9910
	27wv	2714	31	11	10387
46	26	3415	-	11	10387
-	26v	3425	30	10	10952
45	25	3622	29	9wm	11395
44	24	3920	-	9wv	11405
-	24v	3930	28	8	11629
43	23	4299	27	7	11958
42	22	5511	26	6	12531
41	21	6099	25	5	12964
40	20	6615	24	4	13476
39	19	7049	23	3	13932
38	18	7553	-	3v	13942
37	17	8100	22	2	14637
-	17v	8110	21	1	15070
36	16	8774			

Torrente Orba: elenco delle sezioni trasversali.

torrente Stura di Ovada

N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)
8	12.7	0
-	12.7v	10
7	12.6	661
-	12.6v	671
6	12.5wm	817
-	12.5wv	820
5	12.4	1663
4	12.3	2239
3	12.2	2647
2	12.1	3401
1	12	3873
-	12v	3883

Torrente Stura di Ovada: elenco sezioni trasversali.

Per la valutazione dei coefficienti di resistenza al moto da inserire nel modello si è fatto riferimento ai dati di letteratura, all'esperienza acquisita nel campo della modellistica numerica idraulica e ai sopralluoghi in situ. Il coefficiente di scabrezza K_s di Strickler in particolare, è stato determinato secondo le indicazioni fornite dalle tabelle di "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions (tab. 1 e 2) che ne prevede la valutazione a seguito di un'accurata ricognizione dei luoghi e della considerazione delle caratteristiche specifiche dei materiali che ne compongono l'alveo, la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali adiacenti interessate dal deflusso.

Nella seguenti tabelle sono riportati i valori di scabrezza K_s di Strickler adottati nelle simulazioni idrauliche per i torrenti Orba e Stura di Ovada.

Progressive [m]	Coefficiente di Strickler dell'alveo inciso [$m^{1/3} s^{-1}$]
0 – 15070	20.00

Coefficienti di scabrezza attribuiti all'alveo inciso del torrente Orba.

Progressive [m]	Coefficiente di Strickler dell'alveo inciso [$m^{1/3} s^{-1}$]
0 – 3883	20.00

Coefficienti di scabrezza attribuiti all'alveo inciso del torrente Stura di Ovada.

6.4.2 Opere di attraversamento

Nel modello sono stati inseriti i 6 attraversamenti che intersecano il corso d'acqua concettualizzati come culvert (deflusso libero e/o in pressione) più stramazzo (nel caso di sormonto), caratterizzati dai valori delle rispettive luci libere di deflusso, dalle quote dell'estradosso e dalle dimensioni della luce sfiorante.

Sono state inoltre inserite le sezioni di valle di ciascun manufatto di attraversamento mediante duplicazione della sezione di monte e caratterizzate dalla lettera "v" come "valle" a seguito della sezione di provenienza.

6.5 Torrente Stura del Monferrato

6.5.1 Schematizzazione geometrica del corso d'acqua

Nella verifica idraulica sono stati utilizzati i dati relativi a 44 sezioni trasversali d'alveo di rilievo, per rappresentare le caratteristiche di geometria e di scabrezza del reticolo idrografico in esame. Le sezioni sono comprese fra le seguenti progressive chilometriche:

- progr. sezione 44 di monte: km 0,000 del modello, km 11,698 PAI;
- progr. sezione 1 di valle: km 28,384 del modello.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle sezioni di rilievo con le progressive longitudinali adottate nel modello di simulazione.

Torrente Stura del Monferrato

N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)	N° sez. PAI	N° sez. rilievo	Prog. mod (m)
44	44	0	20	20	15008
43	43	1347	19	19	15472
-	43v	1355	18	18	16016
42	42	2310	-	18v	16026
41	41	2830	17	17	16560
-	41v	2838	16	16	17551
40	40	3312	-	16v	17561
-	40v	3320	15	15	18295
39	39	3878	14	14	19225
-	39v	3886	13	13	19933
38	38	4667	12	12	20803
37	37	5176	-	12v	20813
36	36	5795	11	11	21120
-	36v	5803	10	10	21507
35	35	5840	-	10v	21522
34	34	6732	9	9	21864
33	33	7582	8	8	22137
-	33v	7590	-	8v	22147
32	32	8117	7	7	22729
31	31	8726	6	6	23538
-	31v	8734	5	5	24406
30	30	9340	4	4	25424
29	29	9843	-	4v	25430
28	28	10309	3	3	26551
-	28v	10317	2	2	27497
27	27	10779	-	2v	27505
26	26	11321	1	1	28912
-	26v	11331			
25	25	11927			
-	25v	11935			
24	24	12498			
23	23	12925			
-	23v	12933			
22	22	13744			
21	21	14227			
-	21v	14235			

Torrente Stura del Monferrato: elenco sezioni trasversali.

Nelle simulazioni sono stati considerati i seguenti valori di scabrezza C di Strickler:

- per il fondo alveo e i tratti di sponda non vegetati o scarsamente vegetati $C = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- per le sponde e le aree golenali $C = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

6.5.2 Opere di attraversamento

Nel modello sono stati inseriti i 19 attraversamenti rilevanti che intersecano il corso d'acqua concettualizzati come culvert (deflusso libero e/o pressione) più stramazzo (nel caso di sormonto), caratterizzati dai valori delle rispettive luci libere di deflusso, dalle quote dell'estradosso e dalle dimensioni della luce sfiorante.

Per ogni ponte sono state inserite nel modello due sezioni d'alveo, una a monte ed una a valle della struttura stessa.

7. DELIMITAZIONE DELLE AREE ALLAGABILI

Per il tracciamento delle aree esondabili sono stati utilizzati i livelli idrometrici risultanti dalle simulazioni idrauliche riportati in dettaglio nelle tabelle allegate. Sulla base di queste informazioni ed avendo a disposizione i punti quotati del rilievo, è possibile individuare, in planimetria, l'esatta ubicazione del limite delle aree esondabili.

E' evidente come la delimitazione delle aree allagabili non possa tenere in conto esclusivamente il risultato numerico delle simulazioni idrauliche: è infatti necessario che un corretto studio geomorfologico del territorio e le informazioni relative alle opere di protezione idraulica e alle precedenti alluvioni si affianchino ai dati derivanti dall'analisi prettamente idraulica.

Per questo motivo è stata seguita una procedura di tracciamento delle aree di esondazione per i diversi tempi di ritorno multicriteria, che è stato supportato dai seguenti dati, quando disponibili:

- ortofoto;
- foto aeree e carte degli allagamenti delle piene storiche;
- aree di esondazione ottenute in modo digitale dall'intersezione dei DEM con i livelli delle piene di riferimento per i differenti tempi di ritorno;
- profili idrici risultanti dalla simulazione idraulica per i diversi tempi di ritorno;
- opere idrauliche esistenti;
- discontinuità geomorfologiche e forme fluviali riattivabili;
- fasce delimitate nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico sul torrente Scrivia da Serravalle alla confluenza in Po e sul torrente Orba da Silvano d'Orba alla confluenza in Bormida.

Nei paragrafi che seguono vengono evidenziate le principali problematiche riscontrate nella delimitazione delle aree allagabili.

8. TRACCIAMENTO DELLE FASCE FLUVIALI

La delimitazione delle fasce fluviali, sulla base delle simulazioni idrauliche oltre che dello studio geomorfologico, è stata effettuata secondo la metodologia definita nell'Allegato 3 alle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle fasce Fluviali.

Per mantenere la più ampia coerenza possibile con il metodo, sono state riviste le proposte di delimitazione delle fasce fluviali contenute all'interno dello Studio della Provincia di Alessandria. Esaminati nel dettaglio la documentazione topografica, i risultati delle analisi idrauliche e le carte relative alle caratteristiche morfologiche e alle evoluzioni planoaltimetriche, è stata ritenuta necessaria una revisione per tenere conto, in modo adeguato, delle caratteristiche morfologiche, delle condizioni di deflusso all'esterno dell'alveo inciso, delle caratteristiche dell'uso del suolo in atto in relazione alle condizioni di pericolosità di esondazione e di stabilità planoaltimetrica dell'alveo, dell'entità delle differenze di quota tra aree interne ed esterne alle fasce.

Per la delimitazione della fascia A si è ritenuto inoltre necessario tenere in considerazione, in modo particolare, le caratteristiche morfologiche e idrauliche dei tratti dei corsi d'acqua presi in esame. Sia lo Scrivia a monte di Serravalle, sia l'Orba a monte di Silvano d'Orba, sia lo Stura di Ovada e il Borbera sono di genere spiccatamente torrentizio, caratterizzati da deflussi di piena con velocità notevoli e forte energia, mentre lo Stura del Monferrato si può ritenere appartenente al reticolo idrografico minore di pianura. Mentre per i primi il metodo di delimitazione del PAI appare ancora adeguato alle loro caratteristiche e porta a individuare una fascia A prevalentemente coincidente con la B e distinta solo per brevi tratti e con differenze modeste, per l'ultimo, esso risulta difficilmente applicabile sulla base delle informazioni disponibili.

Infatti per buona parte del tratto di Stura del Monferrato preso in esame, al verificarsi dell'esondazione dalle sponde dell'alveo inciso, le aree interessate dalle esondazioni possono risultare ampie, con difficoltà di rappresentazione del fenomeno con lo schema monodimensionale adottato nello studio idraulico di riferimento. In particolare risulta difficile definire con sufficiente approssimazione le velocità al di fuori dell'alveo inciso. E' stato pertanto ritenuto preferibile non riferirsi alla piena di tempo di ritorno di 200 anni, valutandone la porzione rappresentativa del deflusso di almeno l'80% della portata e all'esterno della quale la velocità sia ovunque minore di 0,4 m/s. Si è optato piuttosto per assumere a riferimento la piena con tempo di ritorno di 50 anni, identificando il limite della fascia A con quello delle aree allagabili per tale evento, verificando quindi la rispondenza di tale metodo a rappresentare gli obiettivi perseguiti nel PAI mediante le fasce fluviali. Si è constatato infatti che tale metodo permette di individuare, nella maggior parte dei casi, aree all'esterno delle quali la piena con tempo di ritorno di 200 anni è caratterizzata da bassi tiranti, cui si possono associare basse velocità di deflusso e quindi una bassa pericolosità.

In merito ai criteri e ai risultati ottenuti si riportano nelle pagine seguenti le osservazioni sulle criticità riscontrate durante il tracciamento delle fasce per ciascun corso d'acqua e l'analisi della compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti.

In particolare sono riportate, per ciascun corso d'acqua, le seguenti caratteristiche relative alle opere di attraversamento:

- il numero o la denominazione delle sezioni trasversali d'alveo in corrispondenza dei manufatti;
- le distanze progressive (m) sul profilo longitudinale;
- le quote di fondo alveo (m s.m.);
- i livelli idrici di piena per il tempo di ritorno T_r 200 anni (m s.m.);
- le quote di intradosso (m s.m.);
- le quote di estradosso (m s.m.);
- la quota di intradosso da normativa (m s.m.);
- il franco di sicurezza minimo sull'intradosso di riferimento (m).

La quota di intradosso di normativa è stata valutata secondo le direttive della normativa citata, che prescrive che "il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore."

Le criticità rilevate sono ascrivibili a:

- a. necessità di prevedere nuove difese arginali locali a protezione di centri abitati, individuate dai limiti di progetto tra la fascia B e C;
- b. necessità di rivedere le perimetrazioni di aree RME alla luce degli esiti delle verifiche idrauliche e delle opere realizzate;
- c. presenza di infrastrutture, edifici, aree di stoccaggio, manufatti interferenti in fascia fluviale;
- d. situazioni di criticità derivanti da fenomeni di instabilità planoaltimetrica e da processi di erosione, trasporto, deposizione di sedimenti.

In generale sono previsti:

nel caso "a", nuove arginature di carattere locale e adeguata regolamentazione dell'uso del suolo in relazione allo stato attuale di criticità;

nel caso "b", verifiche delle condizioni di rischio attuale, in relazione agli interventi recentemente realizzati al fine della riduzione del rischio nell'area delimitata come RME;

nel caso "c", interventi locali di riduzione del rischio ad un livello compatibile mediante diminuzione della vulnerabilità o rilocalizzazione;

nel caso "d", frequenti controlli (biennali e dopo le principali piene) della morfologia dell'alveo, per individuare l'eventuale presenza di processi di abbassamento dell'alveo in atto e la correlazione di questi con la presenza di opere di difesa spondale ovvero depositi in grado di condizionare lo stato di sicurezza idraulica degli insediamenti (in particolare per quanto riguarda il torrente Borbera nei pressi di Cabella Ligure, Rocchetta Ligure e San Nazzaro) e delle infrastrutture;

la presenza di processi erosivi dovrà essere messa in relazione con la presenza di opere di difesa spondale, individuando quelle che concorrono a causare tali processi e, in relazione alla richiesta di protezione del territorio, quelle che possono essere ritenute strategiche, quindi da mantenere, e quelle non strategiche, che dovranno essere dismesse;

inoltre deve essere realizzato uno specifico programma di gestione dei sedimenti per la manutenzione delle sezioni d'alveo in presenza di criticità dovute all'accumulo di materiale di deposito. Tali operazioni andranno evidentemente valutate e inserite all'interno di un quadro più ampio di pianificazione degli interventi relativi alla gestione dei sedimenti alluvionali, alla scala del bacino complessivo.

8.1 Torrente Scriva dal confine regionale a Serravalle

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati dell'analisi idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti sul torrente Scriva relativamente al tratto in esame.

TORRENTE SCRIVIA tratto dal confine regionale a Serravalle Scrivia							
N° sez PAI	Progr. mod. (m)	Fondo alveo (m s.m.)	P.L. (Tr200) (m s.m.)	Quota int. (m s.m.)	Quota est. (m s.m.)	Quota int. normativa (m s.m.)	Franco (intr. - P.L.) (m s.m.)
67	285	232.54	241.36	262.42	264.59	259.00	17.64
67v	295	232.54	240.80				
61	2591	225.31	228.90	231.73	233.37	231.41	2.51
61v	2600	225.31	228.86				
59	4303	218.54	222.86	226.69	228.21	225.35	2.49
59v	4313	218.54	221.74				
56	6275	206.63	212.44	219.74	221.84	218.32	5.88
56v	6285	206.63	211.91				
53	8490	196.64	203.37	219.22	222.15	217.90	14.53
53v	8500	196.64	203.31				
51	9828	192.20	200.27	202.43	205.06	201.80	1.53
51v	9839	192.20	198.75				

T. Scrivia da confine regionale a Serravalle. Dati idraulici relativi ai ponti.

Dal confronto dei livelli idrometrici derivanti dalla simulazione con la portata di progetto rispetto al franco minimo di sicurezza, si evince che tutti i ponti analizzati risultano compatibili.

Si segnalano inoltre criticità ascrivibili a:

- presenza di infrastrutture, edifici, manufatti interferenti in fascia fluviale (punto 2 dell'elenco seguente);
- situazioni di criticità derivanti da fenomeni di instabilità planoaltimetrica e da processi di erosione, trasporto, deposizione di sedimenti (punto 1 dell'elenco seguente).

Dettaglio delle criticità:

1. nel tratto compreso tra le sezioni 56 e 59, in corrispondenza dell'area della raffineria, si rileva la necessità di eseguire un'analisi di dettaglio del grado di stabilità delle opere di difesa esistenti in relazione ai fenomeni di erosione e alla loro capacità di realizzare un'efficace protezione rispetto ai medesimi fenomeni, al fine di prevedere eventuali interventi di consolidamento e definendo uno specifico programma di manutenzione delle strutture;
2. a valle dell'area della raffineria, nei pressi della sezione 55 è presente un guado provvisorio facilmente ostruibile dal materiale flottante trasportato dalla corrente durante gli eventi di piena, per il quale deve essere verificata la compatibilità in relazione alla presenza degli insediamenti esistenti a valle in sponda destra.

8.2 Torrente Borbera

Nella tabella seguente viene riportata l'analisi di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti sul torrente Borbera relativamente al tratto in esame.

Torrente BORBERA									
N° sez.	Prog. (m)	Fondo (m s.m.)	P. L. (Tr200) (m s.m.)	Quota intr. (m s.m.)	Franco (m)	Quota intr. Norm. (m s.m.)	Franco (m)	Quota Estr. (m s.m.)	Franco (m)
60	846	495.91	498.86	501.13	2.27			502.33	3.47
60v	858	495.91	498.40						
57	2214	470.66	474.94	480.45	5.51	477.05	2.11	481.5	6.56
57v	2224	470.56	473.48						
44	7826	385.93	391.30	392.93	1.63	392.03	0.73	393.93	2.63
44v	7834	385.85	389.94						
36	10556	347.43	359.52	358.21	-1.31			359.24	-0.28
36v	10566	347.43	358.13						
24	16563	295.15	298.10	299.73	1.63			300.88	2.78
24v	16573	295.15	297.97						
21	18502	276.49	280.02	281.95	1.93			283.54	3.52
21v	18512	276.49	279.12						
15	21336	249.41	254.17	255.94	1.77	254.75	0.58	257.69	3.52
15v	21346	249.41	252.94						
7	25044	218.53	222.32	223.86	1.54			225.26	2.94
7v	25054	218.53	222.11						
4	26348	207.9	213.80	215.74	1.94	214.79	0.99	217.72	3.92
4v	26358	207.9	213.05						
3	26555	207.02	212.00	215.89	3.89	214.19	2.19	218.11	6.11
3v	26565	207.02	211.91						
2	26575	206.77	211.81	214.62	2.81			218.38	6.57
2v	26587	206.77	211.05						

Torrente Borbera: dati idraulici relativi ai ponti.

Dal confronto dei livelli idrometrici derivanti dalla simulazione con la portata di progetto rispetto al franco minimo di sicurezza, si evince che il ponte sulla sezione 44 conserva un franco di sicurezza rispetto alla quota massima di intradosso di 1.60 m circa rispetto alla piena dell'evento con tempo di ritorno T=200 anni, ma essendo ad arco, solo di 0.70 m circa rispetto alla quota di riferimento della normativa. Il rigurgito indotto dal ponte risulta dell'ordine di 0.45 m; per rendere compatibile la struttura potrebbe dunque risultare sufficiente allargare la luce netta della sezione.

Sulla sezione 36 il manufatto che non risulta verificato consiste in una passerella pedonale ad arco che collega le due sponde del corso d'acqua.

Sulla sezione 15 si incontra il ponte ad arco che collega Borghetto Borbera a Variano, che risulta conservare un franco dell'ordine di 1.8 m sull'intradosso geometrico, assicurando invece unicamente un franco di circa 0.6 m sull'intradosso di normativa.

Si segnalano inoltre criticità ascrivibili a:

- necessità di prevedere nuove difese arginali locali a protezione di centri abitati, individuate dai limiti di progetto tra la fascia B e C (punto 2 dell'elenco seguente);
- necessità di rivedere le perimetrazioni di aree RME alla luce degli esiti delle verifiche idrauliche e delle opere realizzate (punti 1 e 2 dell'elenco seguente);
- presenza di infrastrutture, edifici, manufatti interferenti in fascia fluviale (punti 5,6,7,8,9,11,12,13 dell'elenco seguente);
- situazioni di criticità derivanti da fenomeni di instabilità planoaltimetrica e da processi di erosione, trasporto, deposizione di sedimenti (punti 1,2 e 4 dell'elenco seguente).

Dettaglio delle criticità:

1. nel PAI in corrispondenza di Cabella Ligure è delimitata un'Area a rischio idrogeologico molto elevato (RME) per fenomeni di esondazione del torrente Borbera e del torrente Liassa. Le esondazioni degli eventi di piena del 1971 e 1993 hanno infatti interessato parte del centro abitato. Tuttavia i risultati delle analisi idrauliche, eseguite sulla base dei rilievi topografici del 2002, evidenziano che, ad oggi, le sponde risultano sufficienti a contenere la piena di progetto, anche se non è assicurato ovunque un franco di almeno 1 m. Non si ritiene quindi necessario prevedere un limite di progetto della fascia B a protezione del centro abitato. Permangono criticità per fenomeni di erosione di sponda per contrastare i quali è stato costruito un articolato sistema di difese di sponda e pennelli repellenti.
2. Nel PAI in corrispondenza di Rocchetta Ligure è delimitata un'Area a rischio idrogeologico molto elevato (RME) per fenomeni di esondazione del torrente Sisola, alla confluenza nel torrente Borbera. Le analisi a supporto della delimitazione delle fasce fluviali hanno riguardato anche il tratto terminale del torrente Sisola, basandosi su un rilievo precedente al 2002, evidenziando che ad oggi, le sponde risultano sufficienti a contenere la piena di progetto. Tuttavia il torrente Sisola non è oggetto di delimitazione delle fasce fluviali. Le analisi idrauliche hanno però evidenziato l'inondabilità di parte dell'abitato anche da parte delle acque esondabili dal torrente Borbera, pertanto vi è la necessità di prevedere un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C.
3. in corrispondenza del centro abitato di S. Nazzaro risulta necessario prevedere il mantenimento e l'eventuale consolidamento delle difese della sponda destra del Borbera dall'azione erosiva della corrente di piena;
4. Presso il centro abitato di Persi si osserva una difesa longitudinale, a protezione delle abitazioni di Borgata Fraccia, ubicate nelle aree limitrofe al torrente. Si nota la tipologia della difesa, la notevole capacità di trasporto solido del torrente e i pennelli danneggiati dai recenti eventi di piena. I risultati delle simulazioni rivelano aree di esondazione che interessano alcune abitazioni a partire da eventi con tempo di ritorno T_r 20 anni, fatto confermato peraltro dalle aree allagate nel corso dell'evento di piena del 1993. La criticità del sito deriva non solo dalle condizioni della difesa longitudinale ma anche dalla possibilità di rigurgito dal tratto a valle della sezione 24 che consente l'allagamento delle zone depresse, e dai due corsi d'acqua che confluiscono nel Borbera, fra cui il torrente Dorbera. Occorre verificare la stabilità delle difese longitudinali e si individua un limite di progetto della fascia B a protezione degli effetti di rigurgito del tratto di valle.
5. Sulla sponda destra del torrente, a valle della sezione 22, il vecchio mulino risulta allagabile per eventi di piena con tempo di ritorno superiore ai 100 anni.
6. A valle del ponte ad arco della sezione 21, risultano in fascia A il campo sportivo e un'area sede dello stoccaggio rifiuti sulla sponda sinistra. Si segnala inoltre la criticità dell'area su cui sorgono la chiesa e il cimitero di Castel Ratti per la notevole instabilità del pendio.

7. In sponda destra, a valle della sezione 20, esiste un rilevato arginale a protezione di un'abitazione che sorge nella sede di un vecchio ramo laterale. La difesa non risulta in grado di contenere le piene con tempo di ritorno superiore a Tr 20 anni, per il quale le aree di esondazione si estendono sino a interessare l'intera area golenale.
8. Presso Castel Ratti, a valle della sezione 19, si segnalano 5 pozzi ad uso potabile che risultano in alveo attivo a causa della migrazione verso sinistra del letto del torrente Borbera.
9. A valle del ponte della sezione 15 sorge in fascia B lo stabilimento turistico-ricreativo "Bolle Blu", . L'area è protetta dal rilevato stradale e da un rilevato arginale, ma risulta comunque allagabile dagli eventi di piena rappresentati in quanto aggirabile da valle. Dalle quote del DEM risulta allagabile anche la zona retrostante, interessando il depuratore e uno stabilimento produttivo.
10. La traversa sulla sezione 14.1 risulta semi-smantellata mentre la traversa 13.1 risulta funzionante seppure con un'apertura verso la sponda destra.
11. A valle della sezione 9 si rileva un vecchio mulino che risulta allagabile per eventi con tempo di ritorno Tr 50 anni.
12. A valle della sezione 7 sorge un centro abitato e il campo sportivo di Vignole Borbera in un'area facilmente raggiungibile dalla piena. La difesa longitudinale si rivela discontinua e di altezza insufficiente a garantire un adeguato franco di sicurezza. Si prevede una fascia B di progetto che possa consentire la messa in sicurezza dell'insediamento abitativo.
13. a monte del ponte sulla sezione 4 è presente un'area industriale. I risultati delle simulazioni rivelano un adeguato franco di sicurezza sulle difese della sezione 5, mentre risultano più limitate le difese di valle. In particolare l'esondazione coinvolge alcune aree industriali di Precipiano, che ricadono all'interno della fascia B.

8.3 Torrente Orba

Nella tabella seguente viene riportata l'analisi di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti sul torrente Orba relativamente al tratto in esame.

Torrente ORBA									
N° sez.	Prog. (m)	Fondo (m s.m.)	P. L. (Tr200) (m s.m.)	Quota intr. (m s.m.)	Franco (m)	Quota intr. Norm. (m s.m.)	Franco (m)	Quota Estr. (m s.m.)	Franco (m)
46	3415	184.56	189.49	195.35	5.86	194.16	4.67	197.25	7.76
46v	3425	184.56	189.35						
44	3920	181.89	187.00	195.27	8.27			199.52	12.52
44v	3930	181.89	186.88						
37	8100	166.51	172.52	179.09	6.57	177.17	4.65	179.67	7.15
37v	8110	166.51	172.45						
35	9265	162.23	168.99	179.42	10.43	175.12	6.13	177.44	8.45
35v	9275	162.23	168.74						
32	9900	159.68	166.89	171.39	4.50	169.93	3.04	172.35	5.46
32v	9910	159.68	166.08						
23	13932	147.02	155.27	157.70	2.43			160.73	5.46
23v	13942	147.02	154.67						

Torrente Orba: dati idraulici relativi ai ponti.

Dal confronto dei livelli idrometrici derivanti dalla simulazione con tempo di ritorno Tr 200 anni rispetto al franco minimo di sicurezza da normativa PAI, i ponti risultano complessivamente adeguati.

Si segnalano inoltre criticità ascrivibili a:

- presenza di infrastrutture, edifici, manufatti interferenti in fascia fluviale (punti 1,2,3,4,5,6, dell'elenco seguente);
- situazioni di criticità derivanti da fenomeni di instabilità planoaltimetrica e da processi di erosione, trasporto, deposizione di sedimenti (punti 2,3,4,6,7 e 8 dell'elenco seguente).

Dettaglio delle criticità:

1. presso il centro abitato di Molare, a valle del ponte stradale ad arco della sezione 46, sono presenti degli insediamenti in sponda sinistra all'interno della Fascia A che risultano allagabili per gli eventi di piena con tempo di ritorno Tr 50 anni.
2. Presso località Montaggio, il tratto di sponda sinistra compreso fra le sezioni 41 e 42 risulta protetto dalle piene grazie alla difesa longitudinale, che si presenta comunque discontinua e irregolare. Il campo pozzi ubicato a monte della sezione 42 risulta all'interno della Fascia A ed è allagabile per eventi di piena con tempo di ritorno superiore ai 20 anni.
3. Il tratto di torrente a valle della sezione 40, risulta allagabile in sponda destra per eventi di piena con Tr 20 anni: ricadono in fascia A alcuni insediamenti ivi esistenti. A valle della sezione 39 invece, la sponda sinistra risulta protetta da una difesa longitudinale che si manifesta irregolare e dunque capace di contenere unicamente le piene con ridotti tempi di ritorno, mentre eventi di piena con tempi di ritorno superiori a Tr 100, risultano esondare, interessando le aree sportive e gli insediamenti limitrofi, che pertanto ricadono in fascia B. Si segnala inoltre il grado di dissesto della sponda destra a monte del ponte sulla sezione 37, per la quale si prevede il consolidamento.
4. A valle del ponte stradale stesso, in sponda sinistra, le abitazioni risultano protette da difese arginali che risultano aggirate da valle in occasione degli eventi di piena con i maggiori tempi di ritorno e ricadono pertanto in fascia B. In sponda destra, l'area industriale ricade in fascia B. Essa risulta protetta da un rilevato arginale con un franco di sicurezza, relativamente alla sezione 36, dell'ordine di 2 m rispetto alla piena con tempo di ritorno Tr 200 anni. Tale difesa risulta non attestarsi sulla spalla del ponte ferroviario della sezione 35, inducendo allagamenti che si propagano a monte verso l'area industriale stessa e verso gli insediamenti limitrofi.
5. A valle del ponte ferroviario si osserva un'allargamento delle aree di esondazione sino ad interessare alcuni insediamenti su entrambe le sponde, che ricadono in fascia B.
6. A valle del ponte stradale della sezione 32, avviene la confluenza del torrente Stura di Ovada nel torrente Orba. In sponda destra, in un vecchio ramo secondario del torrente Stura, sorge un'area industriale che risulta protetta da un rilevato arginale. Gli eventi con tempo di ritorno superiore a Tr 100 anni comportano comunque un effetto di aggiramento dell'arginatura che coinvolge parzialmente l'area industriale stessa e alcuni insediamenti abitativi, ricadenti in fascia B.
7. Nel tratto a valle di Ovada le aree di esondazione risultano contenute fra il terrazzo fluviale in sponda destra e la strada statale in sponda sinistra. L'argine che affianca il corso d'acqua fra la sezione 30 e la sezione 27 risulta sormontato, riattivando il paleoalveo in sponda sinistra.
8. Una criticità è rappresentata dal rilevato ferroviario tra Case Canale e S. Carlo, tra le sezioni 27 e 23. ove la spinta dell'Orba per un arretramento della sponda è molto forte. Si tratta pertanto di un settore da tenere strettamente sotto controllo.

Nella tabella seguente invece, viene riportata l'analisi di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti sul torrente Stura di Ovada.

Torrente STURA DI OVADA									
N° sez.	Prog. (m)	Fondo (m s.m.)	P. L. (Tr200) (m s.m.)	Quota intr. (m s.m.)	Franco (m)	Quota intr. Norm. (m s.m.)	Franco (m)	Quota Estr. (m s.m.)	Franco (m)
8	0	180.66	187.37	198.53	11.16	196.9	9.53	200.51	13.14
8v	10	180.66	187.20						
7	661	178.28	183.42	187.9	4.48			190.65	7.23
7v	671	178.28	183.34						
1	3873	159.77	165.62	168.91	3.29			171.49	5.87
1v	3883	159.77	165.58						

Torrente Stura di Ovada: dati idraulici relativi ai ponti.

Dal confronto dei livelli idrometrici derivanti dalla simulazione con la portata con tempo di ritorno di 200 anni rispetto al franco minimo di sicurezza da normativa PAI, i ponti risultano complessivamente adeguati.

Si segnalano inoltre criticità ascrivibili a:

necessità di prevedere nuove difese arginali locali a protezione di centri abitati, individuate dai limiti di progetto tra la fascia B e C (punto 2 dell'elenco seguente);

- necessità di prevedere nuove difese arginali locali a protezione di centri abitati, individuate dai limiti di progetto tra la fascia B e C (punto 2 dell'elenco seguente);
- presenza di infrastrutture, edifici, manufatti interferenti in fascia fluviale (punto 1 dell'elenco seguente);

Dettaglio delle criticità:

1. Presso Ovada, a valle della sezione 6, le aree di esondazione risultano allargarsi su entrambe le sponde, con estensione crescente al crescere dei tempi di ritorno degli eventi di piena, riattivando alcuni rami abbandonati e alcuni paleoalvei, interessando in particolare alcune abitazioni in sponda sinistra. Presso la confluenza nel torrente Orba, a monte del ponte sulla sezione 1, le aree di esondazione risultano interessare alcune abitazioni in occasione degli eventi di piena con tempo di ritorno superiore a Tr 100 anni.
2. Le difese longitudinali esistenti non appaiono sufficienti a contenere la piena con tempo superiore ai 100 anni sull'intero tratto, sebbene la piena Tr200 risulti contenuta sulla sponda sinistra della sezione 5 con sufficiente franco di sicurezza. Risulta necessario però un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C che prolunghi a monte e valle la difesa esistente.

8.4 Torrente Stura del Monferrato

Nella tabella seguente viene riportata l'analisi di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti sul torrente Stura relativamente al tratto in esame.

TORRENTE STURA DEL MONFERRATO							
N° sez	Progr. (m)	Fondo alveo (m.s.m.)	P.L. (Tr200) (m.s.m.)	Quota int. (m.s.m.)	Quota est. (m.s.m.)	Quota int. normativa (m.s.m.)	Franco (intr. - P.L.) (m.s.m.)
43	1347	224.73	228.80	228.58	229.11		-0.22
43v	1355	224.73	228.57				
41	2830	214.56	219.56	218.94	219.49		-0.62
41v	2838	214.56	218.54				
40	3312	211.29	216.40	214.89	215.72	214.36	-2.04
40v	3320	211.29	214.91				
39	3878	207.86	212.01	211.00	211.44	210.64	-1.37
39v	3886	207.86	211.67				
36	5795	201.76	206.30	206.84	207.80		0.54
36v	5803	201.76	205.11				
33	7582	192.47	196.87	197.52	198.64		0.66
33v	7590	192.47	196.25				
31	8726	184.45	189.92	189.49	190.65		-0.43
31v	8734	184.45	188.95				
28	10309	177.23	181.36	180.96	182.20		-0.40
28v	10317	177.23	180.78				
26	11321	168.55	174.79	172.52	173.74		-2.27
26v	11331	168.55	173.26				
25	11927	165.68	170.89	169.32	170.49		-1.57
25v	11935	165.68	169.99				
23	12925	160.67	165.76	165.44	166.80		-0.32
23v	12933	160.67	165.23				
21	14227	155.10	160.59	160.96	162.29		0.37
21v	14235	155.10	160.21				
18	16016	148.47	154.25	153.76	155.07		-0.49
18v	16026	148.47	153.81				
16	17551	143.55	150.05	148.94	150.68		-1.11
16v	17561	143.55	149.54				
12	20803	135.73	142.74	141.80	143.69	141.03	-1.71
12v	20813	135.73	140.83				
10	21507	130.75	138.20	139.15	141.09		0.95
10v	21522	130.75	138.00				
8	22137	130.85	137.22	140.75	142.95		3.53
8v	22147	130.85	136.87				
4	25424	124.16	130.78	130.58	131.66		-0.20
4v	25430	124.16	130.42				
2	27497	119.59	125.81	127.72	129.25	125.89	0.08
2v	27505	119.59	125.63				

Torrente Stura del Monferrato - Dati idraulici relativi ai ponti.

Dal confronto dei livelli idrometrici derivanti dalla simulazione con la portata di progetto rispetto al franco minimo di sicurezza, risulta che numerosi ponti sono complessivamente inadeguati. In particolare, i ponti ubicati in corrispondenza delle sezioni 10, 33 e 36 risultano non avere adeguato franco di sicurezza

sull'intradosso. Analizzando l'effetto di rigurgito sul profilo del pelo libero, per adeguarli alle condizioni di sicurezza può rivelarsi sufficiente aumentare la larghezza della luce libera di deflusso di ciascun ponte. I ponti ubicati in corrispondenza delle sezioni 2, 4, 12, 16, 18, 21, 23, 25, 26, 28, 31, 39, 40 e 41 risultano da adeguare sia rispetto alla larghezza della luce di deflusso, sia in termini di elevazione della quota dell'intradosso. Il ponte ubicato in corrispondenza della sezione 43 risulta tracimato e dunque inadeguato per la sicurezza dell'infrastruttura, ciononostante può risultare compatibile con le fasce.

Si segnalano inoltre criticità ascrivibili a:

- necessità di prevedere nuove difese arginali locali a protezione di centri abitati, individuate dai limiti di progetto tra la fascia B e C (punti 2 e 3 dell'elenco seguente);
- presenza di infrastrutture, edifici, manufatti interferenti in fascia fluviale (punto 1 dell'elenco seguente);

Dettaglio delle criticità:

1. in corrispondenza dell'abitato di San Candido, il ponte sulla sezione 40 risulta ostruire sensibilmente il deflusso della corrente con il conseguente effetto di rigurgito che risulta evidente dal tracciamento delle aree di esondazione. Il centro abitato di San Candido risulta interessato in sponda sinistra sin dall'evento con tempo di ritorno $T=50$ anni, con le aree di esondazione che raggiungono le abitazioni situate in prossimità del corso d'acqua. Si prevede l'adeguamento del ponte e interventi locali di riduzione del rischio ad un livello compatibile mediante diminuzione della vulnerabilità o rilocalizzazione.
2. in corrispondenza dell'abitato di Valle Cerrina la fascia B risulta comprendere alcune abitazioni sulla sponda sinistra del torrente Stura, così come in sponda destra risultano coinvolte le strutture di Cascina Nuova. Risulta necessario un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C a difesa di tali insediamenti; sui tracciati indicati (sia in sponda sinistra che in sponda destra) dovrà essere realizzata una idonea arginatura di contenimento dei livelli;
3. in corrispondenza dell'abitato di Castagnone, la disponibilità di ulteriori rilievi di dettaglio dell'area ha consentito una analisi di maggior dettaglio verificando la possibile interferenza di alcuni affluenti minori con gli effetti di esondazione del torrente Stura. Tale esame ha condotto all'estensione della fascia B sino ad interessare alcune abitazioni in sponda sinistra del torrente Stura e la fascia C sino ad includere pressoché integralmente il centro abitato. Risulta necessario un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C a difesa dell'intero centro abitato di Castagnone, lungo il cui tracciato dovrà essere definita una idonea arginatura per il contenimento dei livelli.