

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>RICERCA STORICA</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>COMMENTO DELLA DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI BASE</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Carta geomorfologica e dei dissesti (Tavole 1A - 1B)</b>	<b>13</b>
4.1.1	Cenni metodologici	13
4.1.2	COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA	13
<b>4.2</b>	<b>Carta geoidrologica (Tavole 2A e 2B)</b>	<b>17</b>
4.2.1	Metodologia applicata	17
4.2.2	Commento della carta realizzata	17
<b>4.3</b>	<b>Carta degli effetti alluvionali (Tavole 3A - 3B)</b>	<b>27</b>
4.3.1	Metodologia applicata	27
4.3.2	Commento della carta realizzata	27
<b>4.4</b>	<b>Carta delle opere di difesa (Tavole 4A - 4B)</b>	<b>28</b>
4.4.1	Metodologia applicata	28
4.4.2	Commento della carta realizzata	28
<b>4.5</b>	<b>Carta litotecnica (Tavole 5a - 5b)</b>	<b>29</b>
4.5.1	Considerazioni generali	29
4.5.2	Commento della carta realizzata	29
<b>4.6</b>	<b>Carta dei bacini idrografici del reticolo minore (Tavola 6)</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Caratterizzazione idrografica</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Analisi morfometrica</b>	<b>32</b>
5.2.1	Generalità	32
5.2.2	Commento ai dati ottenuti	33
<b>5.3</b>	<b>Determinazione curve di probabilità pluviometrica</b>	<b>35</b>
5.3.1	Generalità	35
5.3.2	Metodologia utilizzata	36
5.3.3	Commento dei dati ottenuti	36
<b>5.4</b>	<b>Valutazione delle portate di massima piena</b>	<b>37</b>
5.4.1	Generalità	37
5.4.2	Metodologia utilizzata	39
5.4.3	Commento dei dati ottenuti	40
<b>5.5</b>	<b>Verifica delle sezioni di deflusso</b>	<b>42</b>
5.5.1	Considerazioni generali	42
5.5.2	Metodologia utilizzata	42
5.5.3	Commento dei dati ottenuti	45
<b>5.6</b>	<b>Proposte di intervento</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI VINCOLI PREVISTI DAL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (ALL. 4) IN RAPPORTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI SINTESI</b>	<b>64</b>
<b>7.1</b>	<b>Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (Tavole 7 e 8)</b>	<b>65</b>
7.1.1	Cenni metodologici	65
7.1.2	Commento delle carte realizzate	66
<b>8</b>	<b>CRONOPROGRAMMA</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>70</b>



## ELENCO ELABORATI

<b>TITOLO</b>		<b>1° STESURA</b>	<b>AGGIORNAMENTO</b>	<b>2° AGGIORNAMENTO</b>
Relazione geologica	Rel. 1	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Quadro Normativo di riferimento	Nt 1	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Relazione integrativa	Int. 1	-	-	settembre 2008
Carta geomorfologica e del dissesto	Tav. 1A/1B (Scala 1: 10.000)	Marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Carta geoidrologica	Tav. 2A/2B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Carta degli effetti alluvionali	Tav. 3A/3B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Carta delle opere di difesa	Tav. 4A/4B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Carta litotecnica	Tav. 5A/5B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	-
Carta dei bacini idrografici	Tav. 6 (Scala 1: 20.000)	marzo 2007		-
Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica	Tav. 7A/7B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica alla scala di piano	Tavv. 8A/8B/8C (Scala 1: 5.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Cronoprogramma degli interventi di riassetto	Tavv. 9A/9B (Scala 1: 10.000)	marzo 2007	settembre 2007	settembre 2008
Elaborati idrologici ed idraulici dei corsi d'acqua del reticolo idrografico minore	All. 1a – 1b	marzo 2007	-	settembre 2008
Schede SICOD	All. 2	marzo 2007	-	settembre 2008
Schede dei processi alluvionali	All. 3	marzo 2007	-	-
Stralcio della cartografia PAI	All. 4	marzo 2007	-	-
Relazione tecnica dei rilievi topografici (Studio Geo-Invest)	All. 5	marzo 2007	-	-



## 1 PREMESSA

Per far fronte all'esigenza dell'Amministrazione Comunale di Castellazzo Bormida (AL) di procedere alla verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica del vigente PRGC con il quadro dei dissesti contenuto nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il Bacino Idrografico del Fiume Po (PAI), così come previsto dall'art. 18, commi 2 e 3 delle N.T.A. del PAI, gli scriventi sono stati incaricati di curarne l'indagine geomorfologica e geologica.

Dal punto di vista normativo, l'indagine fa riferimento alla D.G.R. n° 31-3746 del 06.08.2001 *"Adempimenti regionali conseguenti l'approvazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Procedure per l'espressione del parere regionale sul quadro del dissesto contenuto nei PRGC, sottoposti a verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica. Precisazioni tecniche sulle opere di difesa delle aree inserite in classe IIIB, ai sensi della Circ. 7/LAP/96"*, alla D.G.R. n° 45-6656 del 15.07.2002 *"Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico"* e alla D.G.R. n° 1-8753 del 18.03.2003 *"Nuove disposizioni per l'attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) a seguito della modifica dell'art. 6 della Deliberazione n° 18/20001 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po"*.

Per ottemperare a quanto sopra espresso, nel presente studio è stata innanzitutto elaborata la carta geomorfologica e dei dissesti, facendo riferimento a quanto previsto nella "Legenda Regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto dei P.R.G. redatta in conformità alla Circ. 7/LAP e successiva N.T.E./99".

Gli approfondimenti svolti hanno portato alla elaborazione della Carta della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità urbanistica alla scala di piano che fornirà la base per la verifica di idoneità dello strumento urbanistico vigente.

In data 09.05.07 si è riunito il Gruppo Interdisciplinare di lavoro per la valutazione della documentazione proposta. A seguito delle indicazioni emerse dall'incontro si è provveduto ad effettuare le opportune integrazioni (data di aggiornamento elaborati: luglio 2007).

Nel corso del 2° incontro del Gruppo Interdisciplinare, tenutosi ad Alessandria in data 13.02.2008, sono state avanzate alcune richieste di modifiche e di chiarimenti da parte della Direzione Regionale Opere Pubbliche e dell'Arpa, delle quali si è tenuto conto per l'aggiornamento degli elaborati e che vengono specificati nella Relazione Integrativa.



## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale, dal punto di vista della cartografia geologica, ricade nel Foglio n° 70 "ALESSANDRIA" alla scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia (di seguito uno stralcio non in scala).



Dal punto di vista geografico il Comune di Castellazzo Bormida si estende su una superficie di circa 45 Km<sup>2</sup> ed è rappresentato nelle seguenti cartografie:

- Tavole IGM alla scala 1:25.000: IV SO "Castellazzo Bormida"; IV SE "Alessandria", III NE "Bosco Marengo"; III NO "Sezzadio";
- Sezioni CTR alla scala 1:10.000: n.176110 "Cantalupo", n.176120 "Alessandria Sud", n.176150 "Castellazzo Bormida", n.176160 "Casalcermeli" e n.194040 "Predosa".

Il punto di altitudine più elevato (circa 127 m s.l.m.) si colloca all'estremità sud-orientale del territorio in corrispondenza dell'abitato di Fontanasse mentre quello meno elevato (circa 85 m s.l.m.) si trova nei pressi della confluenza tra fiume Bormida e T. Orba, nell'angolo nord-orientale del territorio.

Sotto l'aspetto fisiografico, l'area è compresa nella pianura alessandrina interclusa tra i fiumi Tanaro, Bormida ed Orba e si presenta con una serie di terrazzi poco pronunciati, con sviluppo prevalente sud-ovest/nord-est, raccordati fra loro da modeste scarpate o pendii più o meno evidenti. Le superfici dei terrazzi, in particolare quelle relative alle unità litostratigrafiche più antiche, non risultano completamente piatte, ma sono articolate in blande ondulazioni, direttamente connesse alla loro genesi, relativa a deposizioni pleistoceniche ed oloceniche in



ambiente fluviale.

Dal punto di vista dell'assetto geologico generale, l'area ricade all'interno del cosiddetto Bacino Terziario Ligure Piemontese, che rappresenta un'ampia depressione sinclinalica, con massimo nei pressi di Alessandria, colmata da sedimenti oligo-mio-pliocenici, disposti in regolare successione stratigrafica, e ricoperta da potenti coltri alluvionali pleistoceniche, senza evidenti discontinuità stratigrafiche.

La prima fase deposizionale di questi sedimenti è rappresentata da facies lacustri e fluviolacustri villafranchiane, in diretta successione su facies francamente marine del Pliocene, alle quali si sovrappongono con continuità i depositi pleistocenici di ambiente tipicamente fluviale e di conoide di deiezione in facies distale, rappresentati nella cartografia geologica come Fluviale e Fluvio-lacustre Antico (auct.).

Sotto l'aspetto sedimentologico si tratta di depositi prevalentemente sabbioso-siltoso-argillosi, fortemente alterati coperti da paleosuoli rubefatti ed argillificati.

La sedimentazione prosegue quindi con la deposizione delle coperture alluvionali pleistoceniche ed oloceniche (Fluviale Medio e Recente e Alluvioni postglaciali, auct.) a loro volta leggermente incise e parzialmente ricolmate dai fondovalle degli alvei del Fiume Bormida e del Torrente Orba. Questi ultimi depositi sono caratterizzati da terreni in prevalenza sabbioso – limosi o argillosi, con incremento della frazione grossolana verso il basso e lateralmente, in corrispondenza di antiche barre fluviali.

L'assetto geomorfologico generale è contraddistinto, nel settore meridionale e sud-occidentale, da ampi ventagli, in corrispondenza delle aree di affioramento dei sedimenti del Pleistocene inferiore-medio (Fluviale antico Auct.), che corrispondono alla zona mediana e distale di grandi conoidi di deiezione, relativi ai corsi d'acqua principali che si dirigono verso la piana alessandrina. Il raccordo di monte di questi apparati avviene con gradualità al contatto con i sedimenti mio-pliocenici che caratterizzano i rilievi collinari del Piemonte meridionale; verso valle i suddetti corpi sedimentari sono invece separati, dai sedimenti alluvionali propriamente detti, da scarpate di erosione pronunciate; la sommità dei conoidi, già interrotta nella sua continuità laterale dalle valli fluviali maggiori (Bormida, Belbo, Orba, Scrivia) è stata inoltre dissecata profondamente dal reticolato idrografico minore, a formare strette e profonde valli che si insinuano dalla pianura sino a raggiungere i depositi pliocenici dei settori collinari.

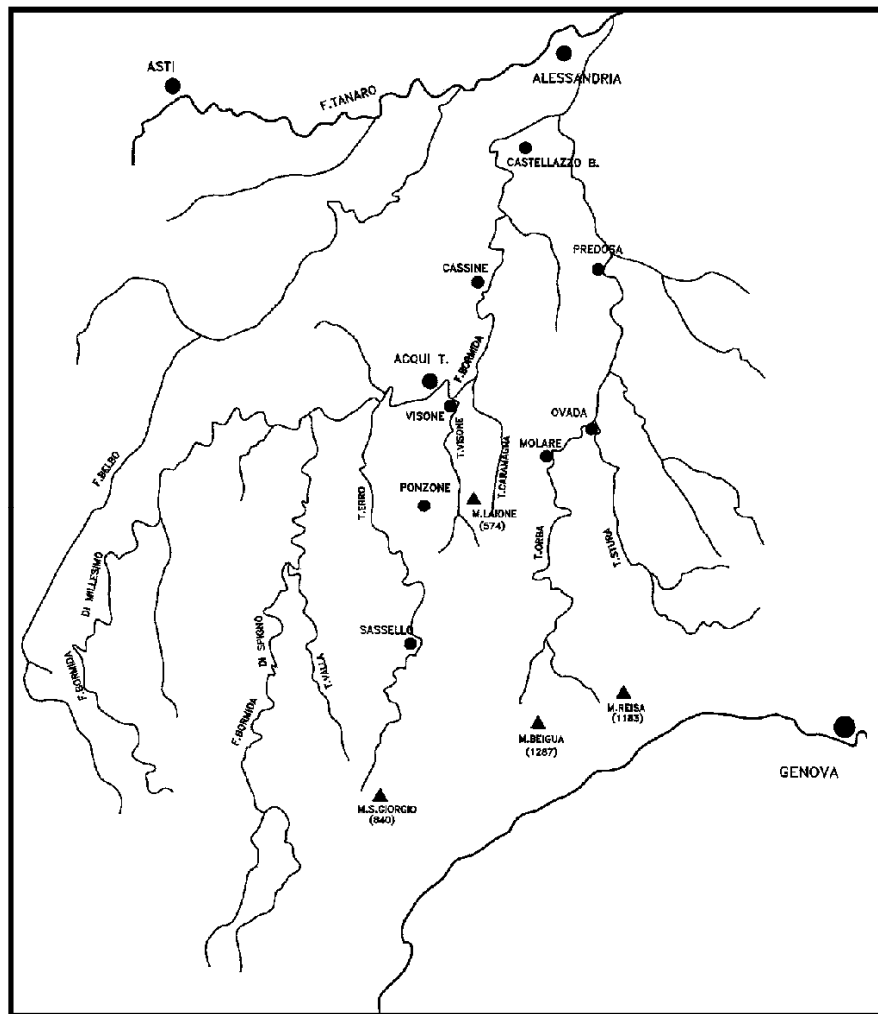
Una seconda fase di aggradazione, con caratteri di transizione tra la facies di conoide e la piana fluviale, è caratterizzata dalle ampie superfici pleistoceniche del Fluviale medio (Auct.), blandamente ondulate e delimitate ai margini da scarpate di erosione fluviale meno evidenti delle precedenti sino al loro annullamento, procedendo verso nord.

Il raccordo graduale con i depositi di piana alluvionale tardo pleistocenici ed olocenici non consente talvolta di individuare con precisione il limite tra le diverse unità litostratigrafiche e geomorfologiche; maggior evidenza assumono invece, nel settore di fondovalle, le forme recenti di erosione e deposizione fluviale, legate alle divagazioni storiche dei corsi d'acqua maggiori.

Il reticolato idrografico principale può essere considerato, nelle sue linee generali, di tipo



conseguente, guidato nel suo assetto dalla presenza della direttrice principale della valle del Fiume Tanaro, orientata da W ad E lungo l'asse della sinclinale astigiana. Il reticolo idrografico minore è caratterizzato anch'esso da andamento in prevalenza conseguente, con taluni tratti collinari dove invece predomina, per meccanismi erosionali, un andamento susseguente; il pattern è generalmente subdendritico con modesto grado di gerarchizzazione che tende a diminuire progressivamente procedendo verso la pianura, nella quale si individuano prevalentemente aste da sinuose a rettilinee non gerarchizzate.



### Reticolo idrografico del F. Bormida



Come previsto dalla Circolare 7/LAP, è stata effettuata la ricerca storica di eventuali dissesti verificatisi nel passato in ambito comunale, con consultazione della Banca Dati Geologica e dell'Ufficio Tecnico comunale. I dati raccolti sono riconducibili esclusivamente a dissesti di natura idraulica, legati alla dinamica fluviale del reticolo idrografico, come d'altronde prevedibile per questo territorio: nella seguente tabella sono riassunti i dati raccolti, in forma schematica.

Le informazioni raccolte provengono dalla pubblicazione "Eventi alluvionali e frane nel bacino del Bormida, studio retrospettivo" di D. Tropeano (Associazione Mineraria Subalpina), da "Raccolta e analisi dei dati storici per la prevenzione del rischio geologico nella Piana Alessandrina" del Settore Studi e Ricerche Geologiche Sistema Informativo Prevenzione Rischi della Regione Piemonte, dal sito on line della Banca Dati Geologica dell'ARPA Piemonte e dal Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI), ideato e gestito dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), del Consiglio Nazionale delle ricerche (CNR), Progetto AVI, del quale si riporta di seguito il catalogo delle informazioni sugli eventi di piena per il Comune di Castellazzo Bormida.




**SISTEMA INFORMATIVO SULLE  
CATASTROFI IDROGEOLOGICHE**

[Home Sici](#)
[Dati Storici](#)
[Dati Bibliografici](#)
[GNDCI](#)
[Dati Idrologici](#)
[Normativa](#)
[Cartografia](#)

martedì 20 marzo 2007

**Progetto AVI - Catalogo delle informazioni sugli Eventi di Piena**


 Seleziona il Comune 

 Nel Comune di **Castellazzo Bormida** sono state censite 41 eventi di piena in 11 Località

Numero Sito	Località	Data	Scheda S4:	Certezza
01006047002	Castellazzo Bormida	2/1733	502030	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	6/8/1750	2500227	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	19/10/1485	502019	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	29/10/1486	502020	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	31/10/1620	2500244	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	8/11/1647	2500240	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	8/12/1823	2500216	Z
01006047003	Castellazzo Bormida	21/12/1825	500065	F
01006047002	Castellazzo Bormida	10/1837	500034	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	19/3/1873	500048	Z
01006047002	Castellazzo Bormida	5/1926	4500022	Z
01006047005	Castellazzo Bormida	5/9/1982	4500135	Z
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	18/10/1482	502018	L
01006047000	Castellazzo Bormida (Comune di)	18/10/1482	502018	LF
01006047004	Castellazzo Bormida (Comune di)	18/10/1482	502018	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	9/1541	2500254	L
01006047000	Castellazzo Bormida (Comune di)	9/1541	2500254	LF
01006047004	Castellazzo Bormida (Comune di)	30/9/1612	2500247	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	1831	2500211	LM
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	8/10/1878	500047	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	26/10/1907	2500334	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	21/10/1891	500044	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	9/1900	500043	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	20/4/1905	2500333	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	16/10/1907	500040	L
01006047004	Castellazzo Bormida (Comune di)	16/10/1907	500040	L
01006047000	Castellazzo Bormida (Comune di)	1/11/1937	500031	LF
01006047000	Castellazzo Bormida (Comune di)	10/2/1951	2500352	LF
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	8/4/1957	2500355	L
01006047004	Castellazzo Bormida (Comune di)	7/10/1977	500006	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	26/11/1982	500002	L
01006047000	Castellazzo Bormida (Comune di)	26/11/1982	500002	IL
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	6/10/1992	6500018	L
01006047007	Castellazzo Bormida (Comune di)	5/11/1994	6500041	L
01006047006	Castellazzo Bormida - Lungo la linea ferroviaria per Alessandria	15/5/1926	500035	L
01006047001	Castellazzo Bormida - Piana alessandrina	5/10/1924	4500016	CL
01006047010	Cusio	10/2/1951	2500352	G
01006047010	Fallita	4/9/1948	500030	G
01006047010	Fallita	11/1951	500029	G
01006047008	Raviaro	10/2/1951	2500352	Z
01006047009	Trinità	5/3/1982	2500273	Z

 Per domande, suggerimenti o commenti, scrivetece. E-mail: [sici@irpi.cnr.it](mailto:sici@irpi.cnr.it)
[\[Home Sici\]](#) [\[Dati Storici\]](#) [\[Dati Bibliografici\]](#) [\[GNDCI\]](#) [\[Dati Idrologici\]](#) [\[Normativa\]](#) [\[Cartografia\]](#)

 Copyright © 1999-2007 Consiglio Nazionale delle Ricerche  
 All Rights Reserved  
[Credits](#)



DATA	LOCALITÀ	CAUSA DISSESTO	EFFETTI	DANNI
Nov. 1174	Campagna alessandrina	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"per le continue piogge di molti giorni", allagata la campagna, stretta d'assedio dal Barbarossa</i>	sommersi <i>"molti soldati, macchine e bagaglio del nemico"</i>
25.12.1221 o 1222	Presso Alessandria	Terremoto	<i>"...per uno spaventevole terremoto, il Tanaro e la Bormida uscirono dai loro letti; cambiarono corso, sportarono alberi ... indicibili danni anche alle case"</i>	Edifici e colture
1254	Alessandria	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"Tanaro e Bormida strariparono"; .... "Non occorre altro di memorabile quest'anno fuorché la straordinaria inondazione che in un subito fecero i fiumi di questa città, il Tanaro e la Bormida; e poi poco dopo ritornarono nei letti loro"</i>	Colture
01.10.1261	Piana alessandrina	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"il Tanaro e la Bormida, gonfiati dalle continue piogge, uscirono dai loro letti e si confusero insieme, allagando e devastando le campagne per modo che le fatiche degli agricoltori andarono quasi interamente perdute"</i>	Colture
Sett. 1317	Nei pressi di Alessandria	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"straordinaria inondazione, per cui furono rovinati molti edifici e perirono molte vittime"</i>	Edifici e colture; vittime
1330	Piana di Alessandria	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"inondazioni di Tanaro e Bormida. Case pericolate e distrutte"</i>	Edifici e colture
1429-30-31, 34, 40, 42-43, 53-54, 69 e 1471	Territorio alessandrino	Inondazioni Bormida		
Nov. 1476	Piana Alessandrina	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"Nel mese di novembre divenuti per le continue piogge molto gonfi li fiumi di Alessandria il Tanaro e la Bormida inondarono con grandissimo danno li circonvicini campi"</i>	Colture
18.10.1482	Castellazzo Bormida	Esondazione di Tanaro, Orba e Bormida	<i>Ingrossati senza ritegno Tanaro e Bormida congiunti con l'Orba allagarono la campagna di Castellazzo sino alle falde de' colli...molte case crollarono...questa inondazione fu tenuta la maggiore di quante altre siano mai state...</i>	Colture, edifici
29.10.1486	Castellazzo Bormida	Inondazioni Bormida	<i>"A Castellazzo furono travolte molte case, gli abitanti, ma non tutti, sfuggirono a stento"</i>	Vittime, edifici
1493 e 1494	Pianura di Alessandria		altre inondazioni senza riferimento specifico alla Bormida	
24 - 25 marzo 1511	Campagna alessandrina	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"inondazione generale" di Tanaro e Bormida</i>	
1514	Campagna alessandrina	Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"inondazione generale" lungo Tanaro e Bormida</i>	
fine ottobre – novembre 1520		Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"Il Tanaro e la Bormida fordimodo cresciuti ed usciti da loro letti portarono via i campi intieri poco innanzi seminati"</i>	
Sett. 1541	Castellazzo Bormida	Esondazione di Tanaro, Orba e Bormida	<i>"le piene concomitanti di Tanaro, Bormida ed Orba causarono la distruzione di oltre 40 case nei territori di Castellazzo e Casalcemelli"</i>	Edifici, colture



29.10.1567		Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"Tanaro e Bormida usciti dalli loro letti con grande impeto, inondarono e distrussero affatto i campi già poco innanzi seminati, oltre a molte rovine che fecero in diversi luoghi alle case campestri"</i>	Morte di molti contadini <i>"improvvisamente assaliti dal furore delle acque affogati"</i>
03.12.1596	Betale (Canale Carlo Alberto?)	Esondazione Bormida	<i>Rovina arrecata dalla terribile inondazione della Bormida sul Betale..</i>	
Fine sett. 1598	Betale (Canale Carlo Alberto?)	Esondazione Bormida e Ghisone	<i>Le piene della Bormida e del Ghisone fecero nuovi guasti nel Betale</i>	
Ottobre – novembre 1605		Esondazione di Tanaro e Bormida	<i>"per la continua pioggia, che fece uscire dai loro letti il Tanaro e la Bormida, seguì nel territorio alessandrino grande inondazione delle acque con gran danno dei campi seminati"</i>	
30.09.1612	Castellazzo Bormida	Esondazione Orba	<i>Per la piena dell'Orba a Casalcermelli e Castellazzo numerosi danni alle persone e alle colture "le case si inumidirono talmente che doveroso per alcun tempo restare inabitabili"</i>	Edifici e colture; vittime
22.11.1614	Campagna alessandrina		<i>"grandissime piogge e i nostri due fiumi cagionarono i soliti inestimabili danni ai seminati"</i>	
31.10.1620	Castellazzo	Bormida	Allagamento edifici	edifici
19.11.1646	Campagna alessandrina	Esondazione di Tanaro, Orba e Bormida		Allagamenti campagna
8.11.1647	Castellazzo	Esondazione di Orba e Bormida	Chiesa inondata col convento <i>"fino all'altezza di 4 piedi"</i>	Danni alla Chiesa di S. Maria della Corte
1677	Piana alessandrina		<i>"replicate inondazioni de' fiumi" con devastazione dei seminati</i>	
06/07.08. 1750	Castellazzo	Inondazione Bormida	Sommerso il Convento e il Borgo di Castellazzo	Edifici, colture
1817	Provincia di Alessandria	Inondazione Bormida	Diffusa esondazione della Bormida	dal territorio di Cassine si spinge fino ad Alessandria
07.11.1821	Castellazzo	piene	Rottura cunetta attraversamento rio Collerame lungo la strada per Raviaro	Infrastrutture
16.02.1824	Provincia di Alessandria	Inondazione Bormida	Diffusa esondazione della Bormida	dal territorio di Cassine si spinge fino ad Alessandria
08.12.1825	Castellazzo	Inondazione Bormida	l'abitato di Castellazzo é circondato dalla Bormida straripata, <i>"la quale si introdusse nei reffossi che circondano il paese"</i>	Colture
21-23.04. 1827	Castellazzo	Bormida	si addentra una lunata del Bormida di fronte all'abitato di Castellazzo	
29.10.1846	Castellazzo	Bormida	Allagamento edifici	Edifici, vittime
1852	Castellazzo	Orbicella	un atto del Comune di Casalcermelli (18 novembre) fa presente che il rio Orbicella <i>"in tempi di piogge esce dal suo ristretto, e troppo angusto corso talmente che innondando..apporta gran danno....inoltre arrecando gravi guasti a questa pubblica strada tendente a Castellazzo attraversandola, ed intercettandola ben sovente".</i>	Strada
Autunno 1855	Castellazzo	Bormida	Nuovo alveo in regione Altafiore	
18 - 21 ottobre 1857	Castellazzo	Piena della Bormida	a Castellazzo é in parte sormontato l'argine a difesa dell'abitato.	



19.03. 1873	Castellazzo		la Bormida minaccia "di farsi un nuovo alveo a grave scapito del territorio e dell'abitato....sopra una lunghezza assoluta di appena 4500 m l'alveo si svolge in una serie di lunate tutte pronunciatissime e del complessivo sviluppo di ben undici chilometri, trovasi in preda a vive corrosioni che già raggiunsero l'argine di difesa dell'abitato"	Colture
08.10.1878	Castellazzo	Bormida	Crollo del ponte stradale e del ponte provvisorio della ferrovia. La strada Alessandria-Voltri, presso il ponte di ferro, pure danneggiato, é tracimata e sbrecciata da Cantalupo a Castellazzo in otto tratti per 400 m complessivi.	Colture, infrastrutture viarie
21.10.1891	Castellazzo	Bormida	é in gran piena la Bormida che allaga le campagne a valle, asporta il ponte di barche di Maranzana e scalza la spalla sinistra del ponte di Castellazzo; é asportato un tratto della tramvia	Infrastrutture viarie
28-29.09. 1900	Castellazzo	Bormida	Piena del fiume Bormida che danneggia le opere di difesa in destra a Castellazzo Bormida	Opere di difesa
20-21.04. 1905	Castellazzo	Bormida	sono danneggiate le opere di difesa in destra Bormida presso Castellazzo	Opere di difesa
16-17.10. 1907	Castellazzo	Bormida e Orba	Allagamento campagne	Colture
26.10.1907	Castellazzo	Rio della Fame	straripa il "colatore pubblico detto il Fosso della Fame", con erosioni diffuse dei terreni e delle massicciate stradali; "inoltre, congiungendosi alle acque già scorrenti nel rio Betale, contribuì fortemente allo straripamento dello stesso", con allagamento di strade e proprietà alla periferia dell'abitato.	Strade
31.10.1914	Castellazzo	Bormida	Allagamento edifici e coltivi	Edifici e colture
15-18.05. 1926	Castellazzo	Bormida	Dissesti arginature e allagamenti campagne	Opere di difesa
1929	Castellazzo	Bormida	per effetto delle piene dell'anno precedente l'erosione in sponda sinistra della Bormida in loc. Capanne presso Castellazzo si addentra di 45 m, con minaccia per la strada	
01.11.1937	Castellazzo	Bormida	Allagamento ferrovia Alessandria-Ovada	Infrastrutture ferroviarie
Sett. 1948	Castellazzo	Orba	l'Orba asporta una notevole distesa di terreni in loc. Fallita, presso Castellazzo	
10-12.02. 1951	Castellazzo	Bormida	Erosione di 40 m di una precedente lunata presso Cusio e Raviaro.	



9-12.11. 1951	Castellazzo	Bormida e Orba	Lungo l'Orba si aprono due profonde lunate, estese varie centinaia di metri, in loc. Fallita presso Castellazzo. Dissesti a difese spondali in regione Toscana. <i>"Bormida, Orba e T. Belbo sono straripati, provocando allagamenti in vaste zone della provincia. I danni prodotti sono ingenti, il livello massimo delle acque venne raggiunto verso le tre di lunedì 12, la Bormida arrivò agli 8 m, il Tanaro aumentò di ben 3 m"</i>	Opere di difesa, colture
8-12.04. 1957	Castellazzo	Bormida	Allagamento campagne	
1-4.11.1968	Territorio di Borgoratto	Bormida	il Bormida straripa in diversi punti e lambisce la statale tra Borgoratto e Cantalupo	Allagamento campagne
Primavera 1969	Casalcerelli	Rio Orbicella	Allagamento campagne	Colture
07.10.1977	Piana alessandrina	Bormida	Allagamento campagne per 30 km <sup>2</sup>	
05.03 e 27.11.1982	Castellazzo	Rio Trinità	Straripamento in concomitanza con la costruzione dell'autostrada che modifica l'assetto del reticolo idrografico	Edifici e colture
26-28.11. 1982	Castellazzo	Rio Orbicella	Esondazione	Colture
4 - 6 novembre 1994	Territorio di Castellazzo B.da	Evento alluvionale	Allagamenti diffusi con tiranti elevati	Colture
Ottobre 2000	Castellazzo	Bormida	Trasporto di materiale fluitati presso c.na Barossi	

Dalle cronache storiche e dagli studi di letteratura si evince innanzitutto che le piene nella zona di pianura si verificano in accordo con il regime pluviometrico dell'area e si raggruppano in due massimi, primaverile ed autunnale (principale), con una punta di concentrazione nel mese di ottobre. Gli eventi di maggiore intensità non si verificano in modo isolato ma si assiste spesso ad una distribuzione di più eventi ripetuti in un intervallo cronologico ristretto con un picco massimo.

Nell'esame degli eventi passati assumono inoltre particolare risalto le notizie relative alla costruzione o ricostruzione delle opere di arginatura, le quali si sono susseguite nel corso dei secoli in modo incessante e che trovano naturale prosecuzione nei lavori di costruzione dei nuovi argini tuttora in corso.

La costruzione dell'argine principale è avvenuta in diverse riprese ed in particolare tra la fine '800 e l'inizio '900, a seguito della grande alluvione dell'8 ottobre 1878, la quale aveva inondato gran parte del paese sormontando e rompendo gli argini realizzati nella prima metà dell'800. La lunghezza complessiva era di circa 3.500 m, oltre ad una seconda diramazione di lunghezza pari a circa 900 m, con direzione NW-SE a monte di C.na Bergamina.

Numerose sono infine le notizie relative a salti di meandro, erosioni spondali e ad altri processi di morfologia fluviale che hanno modificato l'assetto dei due corsi d'acqua principali, unitamente ad opere di sistemazione idraulica avvenute per mezzo di rettifiche artificiali del tracciato.



## 4 COMMENTO DELLA DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI BASE

### 4.1 CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI (TAVOLE 1A - 1B)

#### 4.1.1 Cenni metodologici

Per quanto riguarda la redazione della carta si è fatto innanzitutto riferimento alla bibliografia geologica ufficiale (Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 - Foglio 70 "Alessandria"). Si sono inoltre seguite le indicazioni riportate dal Quaderno Serie III volumi 1 e 4 pubblicati dal Servizio Geologico Nazionale. L'analisi di dettaglio dei processi geomorfologici è stata sviluppata alla scala 1:10.000: per la redazione della suddetta tavola sono state considerate infine anche le linee guida della "LEGENDA REGIONALE PER LA REDAZIONE DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA E DEL DISSESTO DEI P.R.G.C. REDATTA IN CONFORMITÀ ALLA CIRCOLARE P.G.R. N° 7/LAP/96 E SUCCESSIVA N.T.E./99".

Essendo il territorio comunale caratterizzato dalla presenza di depositi superficiali pleistocenici ed olocenici, per la redazione della carta si è proceduto con verifiche sul terreno, anche attraverso l'analisi delle sezioni presenti lungo spaccati naturali e/o artificiali, coadiuvate da analisi fotointerpretativa, utilizzando le fotografie aeree riprese dalla Regione Piemonte (volo Alluvione 2000). Nella Tavola 1 sono riportati gli elementi morfologici principali, che consentono di individuare con immediatezza i sistemi morfogenetici attivi e relitti.

#### 4.1.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Nel territorio comunale sono state rinvenute le seguenti unità litostratigrafiche:

1. *Depositi fluviali e di conoide del Pleistocene inferiore-medio – terrazzo di 1° ordine;*
2. *Depositi fluviali del Pleistocene medio-superiore – terrazzo di 2° ordine;*
3. *Depositi fluviali del Pleistocene superiore – terrazzo di 3° ordine;*
4. *Depositi fluviali del tardo Pleistocene superiore – olocene – terrazzo di 4° ordine;*
5. *Depositi fluviali olocenici – terrazzo di 5° ordine;*
6. *Depositi della piana alluvionale e dei greti dei corsi d'acqua attivi*
7. *Depositi di riporto*

1. Si tratta di sedimenti ghiaioso sabbiosi e ciottolosi, alterati con alternanze di sabbie argillose giallastre intercalate a lenti argillose, coperti da coltri pedogenetiche rubefatte relative a paleosuoli relitti con orizzonte B<sub>t</sub> localmente ben espresso. Sono attribuibili a sedimentazione in ambiente di conoide, in posizione mediana e distale, relativi alla prima grande fase di aggradazione della pianura a seguito della progressiva chiusura del Bacino Padano. Lo spessore dell'unità può essere valutato in circa 50 m ed affiora, nel territorio comunale, unicamente al margine occidentale, al confine con il territorio di Borgoratto e presso il confine con il Comune di Frascaro.
2. L'unità è costituita da sedimenti prevalentemente sabbiosi e limosi, con intercalazioni ghiaiose subordinate, alterate e con coperture pedogenetiche meno evolute rispetto all'unità precedente. Affiorano su una vasta area del territorio comunale, sia in sinistra Bormida



(settore occidentale del territorio comunale) sia nella parte centro-meridionale tra il concentrico e l'abitato di Fontanasse. Una sezione stratigrafica rilevata lungo la strada di collegamento tra Castelspina e Fontanasse, nei pressi del rilevato autostradale, ha messo in luce la presenza di sabbie con ghiaie minute e medie, mal stratificate ed alterate, giallastre, con clasti arrotondati ed appiattiti coperte da sabbie limose giallastre intercalate a livelli lenticolari e decimetrici di sabbie medio-grossolane. Si passa quindi da facies di barra o canale nella zona meridionale a facies di piana esondabile verso nord, confermando un ambiente di deposizione transizionale da conoide medio-distale a pianura alluvionale propriamente detta.

3. Consiste di due corpi disposti lateralmente al terrazzo di 2° ordine, presso Castelspina e Portauova, separati dal precedente da blande evidenze morfologiche e costituiti da sedimenti a tessitura prevalentemente grossolana ai quali si intercalano sabbie e sabbie limose: l'unità è ben rappresentata nel fondovalle del T. Scrivia mentre è ridotta a questi due lembi nel fondovalle in esame.
4. L'unità occupa buona parte del territorio comunale, soprattutto in destra Bormida e in sinistra Orba ed è costituita, come per l'unità precedente, da sedimenti in facies francamente alluvionali, a tessitura prevalentemente fine (sabbie fini e sabbie limose) con corpi e lenti ghiaioso-sabbiose sovente oggetto di attività estrattiva per la commercializzazione di inerti. Lo spessore stimato dell'unità si aggira attorno ai 30 m.
5. I depositi che costituiscono le unità del terrazzo di 5° ordine e la piana alluvionale dei due corsi d'acqua principali, risultano di difficile differenziazione e sono stati distinti chiaramente, su base morfologica, solo grazie alla presenza di modeste scarpate di erosione fluviale in sinistra Bormida e nei pressi di Castelspina. Si tratta di sedimenti con facies da piana esondabile a barra di meandro e di canale e con variazioni granulometriche da ghiaie sabbiose, oggetto di attività estrattiva, sino a sabbie fini limose e localmente argillose.

Dal punto di vista geomorfologico, nell'area si possono riconoscere le seguenti forme:

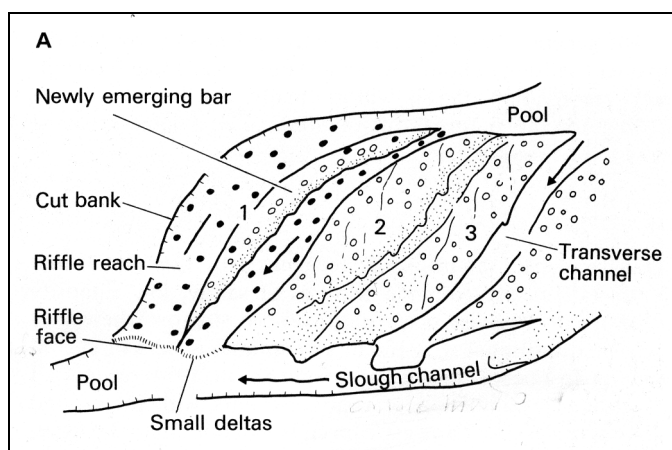
*1. FORME ED ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA:* nella tavola sono individuati gli ambiti caratterizzati da ristagno delle acque superficiali, ubicate in corrispondenza delle depressioni di paleoalveo, i tracciati dei principali corsi d'acqua naturali ed artificiali del reticolo minore ed il tracciato del fiume Bormida e del T. Orba. Per questi ultimi, il tracciato è stato riportato sulla base delle evidenze aereofotografiche del volo Alluvione 2000 della Regione Piemonte, al fine di evidenziare le modifiche recenti degli alvei rispetto ai tracciati della C.T.R. (anno 1991).

*2. FORME FLUVIALI:* si distinguono in forme di erosione e forme di accumulo, subordinatamente in forme attive o riattivabili e non attive. Sono stati riconosciuti e cartografati gli orli di terrazzo, distinti in base alla pendenza (scarpate o pendii). A questo proposito è stata utilizzata anche la cartografia geologica storica raccolta nella pubblicazione digitale dell'APAT "Mapset Repertorio Completo della cartografia geologica d'Italia", per mezzo della quale è stato possibile individuare



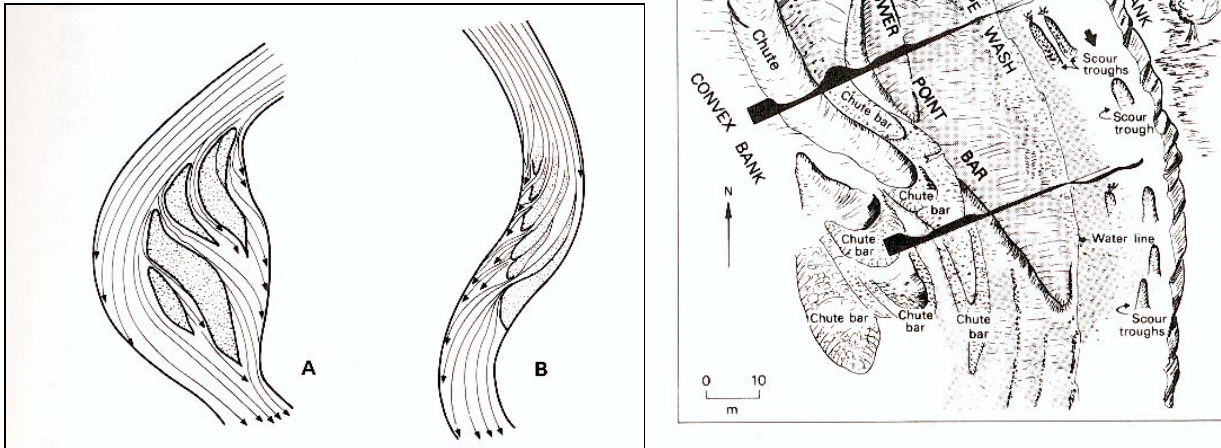
e ricostruire i percorsi degli orli di terrazzo modificati dall'attività antropica dell'ultimo secolo e delimitare con maggior precisione le unità litostratigrafiche precedentemente commentate. Sempre in questo ambito sono stati riconosciuti i principali tracciati di paleoalvei, attivi e inattivi, che, unitamente alle scarpate, consentono di ricostruire con buona approssimazione le modificazioni alle quali è stato soggetto l'alveo del Fiume Bormida, con numerosi tagli di meandro, e limitatamente alla zona di confluenza, anche il Torrente Orba, il quale mostra una evidente migrazione verso ovest del suo tratto finale.

L'analisi del territorio ha consentito inoltre di individuare altre forme legate alla dinamica fluviale, tra le quali si annoverano le rotte fluviali avvenute nel corso dell'evento del 2000, le zone con sponde in erosione, i tratti di canale caratterizzati da rapide (*riffle face*), i canali trasversali e longitudinali di barra (*transverse channel - chute*) ed i canali morti (*slough channel*), così come esplicitato nella figura seguente (*H.G. Reading, Sedimentary Environments and Facies*).



Tra le forme di accumulo sono compresi i sedimenti relativi a facies di canale e di barra mobile e stabilizzata, interessati da dinamica fluviale attiva. Nelle figure successive (da H.G. Reading, op. cit.) sono schematicamente raffigurate le tipologie di barra presenti nel tratto di territorio considerato, e riconducibili principalmente a barre longitudinali (*bank-attached bar*) e di meandro (*point bar*).





Per quanto riguarda i dissesti legati all'attività torrentizia e fluviale, sono stati innanzitutto distinti, sulla base delle informazioni reperibili presso l'Arpa Piemonte (pubblicazioni dell'evento alluvionale del 1994 e sito on line), i limiti delle aree esondate nel corso dell'evento del 2-6 novembre 1994 sia ad opera dei corsi d'acqua principali che del reticolo minore. Ad essi sono state aggiunte anche le aree ritenute oggetto di potenziale esondazione a seguito delle analisi di tipo idraulico, condotte sui corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, che vengono illustrate a parte (Allegato 1).

Sulla base dell'Allegato 2 alla DGR 45-6656/02 "Legenda Regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto di PRGC redatta in conformità alla Circ. 7/LAP e successiva NTE", punto 3 "Dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia", si è proceduto innanzitutto ad una distinzione tra dissesti di tipo lineare e di tipo areale.

Nel primo tipo sono stati inclusi i processi di erosione di sponda, individuati lungo alcuni limitati tratti del reticolo idrografico minore, ai quali è stato attribuito un livello di pericolosità medio/moderato (Eml), data la modesta rilevanza che li contraddistingue.

Nel secondo tipo sono stati inclusi i settori di territorio, adeguatamente rappresentabili alla scala di riferimento cartografico utilizzata, caratterizzati da esondazioni e allagamenti arealmente significativi, prestando particolare attenzione ai tratti del reticolo idrografico interferenti con l'edificato o con manufatti antropici.

A questi settori di territorio, interessati da esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base delle risultanze dell'analisi idraulica, dell'intensità dei processi e delle caratteristiche morfologiche, è stato attribuito un livello di pericolosità elevato (Eba). L'assunzione di questo livello di pericolosità si fonda sui principi enunciati nel suddetto allegato 2, punto 3 e nell'Allegato 3 "Criteri per la valutazione della pericolosità e del rischio lungo il reticolo idrografico", parte seconda, punto 2.3. Nello specifico gli allegati richiamati indicano la necessità



di effettuare modellazioni di tipo idraulico da confrontare con valutazioni di ordine geomorfologico, storico e topografico atte a supportare adeguatamente le delimitazioni e le suddivisioni in classi di pericolosità delle aree esondabili.

Vi è tuttavia da segnalare che nella Relazione Generale del PAI, al capitolo 4.4.2.7. *Interpretazione sintetica delle classi di rischio* in via qualitativa, le classi di rischio sono differenziate in relazione alle conseguenze attese a seguito dei dissesti. In tale accezione, la classe di rischio R3 Elevato viene così definita: (rischio) *“per il quale sono possibili problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l’interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale”*.

Tali conseguenze, alla luce di quanto evidenziato su base storica ed idraulica, appaiono effettivamente sovrastimate rispetto alla realtà locale del reticolo idrografico minore di Castellazzo Bormida.

Nella tavola in parola sono stati riportati anche i tracciati dei rilevati arginali, sia di antica che di recentissima fattura, ed i limiti delle Fasce Fluviali, così come indicati nelle tavole del PAI.

Infine è stata tracciata, per diretta sovrapposizione delle basi cartografiche, la delimitazione delle aree esondabili per eventi di piena duecentennali (cosiddetta fascia B in naturalità) a tergo della fascia B di progetto, utilizzando la cartografia fornita dalla Regione Piemonte, Direzione Difesa Suolo, e relativa al Sottoprogetto SP1 “Piene e naturalità alvei fluviali – 1<sup>a</sup> FASE (stralcio Tanaro)” dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, redatto nel giugno 1995.

Come si evince dalla trasposizione, si possono osservare alcune incongruenze rispetto ai tracciati definiti dalle fasce fluviali del PAI, soprattutto nella zona a sud di Borgoratto, dove la fascia B naturale risulta interna alla fascia B di Progetto, e nei pressi di C.na Campagna, dove la fascia B naturale risulta in alcuni tratti esterna alla fascia C.

4. *FORME ANTROPICHE*: nella carta sono state riportate le aree interessate da riporti recenti e gli orli di terrazzo antropici, oltre alle attività estrattive sia dimesse che tuttora in attività e l’area estrattiva interessata in passato da discariche abusive, attualmente in corso di bonifica da parte della Regione Piemonte.

#### 4.2 CARTA GEOIDROLOGICA (TAVOLE 2A E 2B)

##### 4.2.1 Metodologia applicata

Scopo di questa carta è *“la rappresentazione del territorio sulla base del reticolo idrografico superficiale naturale ed artificiale, dei relativi bacini e sottobacini e dei complessi litologici omogenei dal punto di vista del comportamento geoidrologico”*.

##### 4.2.2 Commento della carta realizzata

In base alle caratteristiche litologiche e tessiturali dei depositi presenti, sono stati distinti quattro complessi litologici aventi comportamento geoidrologico omogeneo. E’ comunque da



evidenziare che la forte eterogeneità delle facies che costituiscono le unità litostratigrafiche presenti nel territorio, influisce fortemente sul grado di conducibilità idraulica dei terreni: le valutazioni sul grado di permeabilità riportate nella legenda della carta geoidrologica sono quindi da ritenersi puramente indicative per un'analisi a livello territoriale e sicuramente da dettagliare nel caso di finalità applicative, soprattutto se mirate all'utilizzo delle risorse idriche sotterranee.

Nel **primo complesso** sono stati inclusi tutti i depositi fluviali da ghiaioso-sabbiosi a sabbioso-limosi, olocenici ed attuali, non alterati, caratterizzati in genere da una permeabilità buona, almeno per le frazioni più grossolane, passante a bassa in presenza delle facies a tessitura fine.

Nel **secondo complesso** sono stati inclusi i depositi alluvionali dei terrazzi olo-pleistocenici, caratterizzati da una permeabilità generalmente buona, con variazioni legate, anche in questo caso, alla presenza di sedimenti sabbioso-limosi ed argillosi.

Nel **terzo complesso** sono stati inclusi i depositi fluviali del Pleistocene medio-superiore, parzialmente alterati, a tessitura più grossolana nella porzione meridionale del territorio e più fine nella parte settentrionale: valgono anche in questo caso le considerazioni espresse in precedenza.

Nel **quarto complesso** sono compresi i depositi fluviali antichi del Pleistocene medio-inferiore, molto alterati, caratterizzati in genere da una permeabilità buona passante a bassa nelle frazioni fini superficiali.

Per i depositi di riporto, non è stato stimato il coefficiente di permeabilità, non conoscendone l'esatta composizione tessiturale.

Dal punto di vista idrogeologico, è stata ricostruita la piezometria della falda freatica di tutto il territorio, con misurazioni nei pozzi di abitazioni private (i pozzi misurati sono evidenziati nella tavola). Non sono stati presi in considerazione per le misure i pozzi comunali, non essendo possibile controllarne il livello statico.

Non tutti i pozzi hanno fornito valori utili per la ricostruzione della superficie freatica, dal momento che non sempre le misure erano accessibili.

Per i pozzi in cui è stato possibile effettuare misurazioni precise, è stata ricavata la soggiacenza e la quota assoluta, espressa in metri s.l.m., della falda e, di conseguenza, è stato ricostruito l'andamento delle linee isofreatiche, riprodotte con equidistanza di 1 m.

La superficie freatica denota chiaramente l'influenza esercitata dalla depressione alessandrina sull'assetto idrogeologico: la direzione di flusso principale ha generalmente verso diretto verso NE tendente a N nella parte orientale del territorio. La configurazione delle linee isofreatiche mette in luce un marcato asse di drenaggio sotterraneo coincidente con il tracciato del rio Cerreta/Rasio e diretto verso la confluenza Bormida-Orba al quale si affianca un altro asse drenante, meno pronunciato, ubicato tra Borgoratto ed il concentrico di Castellazzo Bormida.

Il gradiente idraulico risulta abbastanza regolare per gran parte del territorio comunale e si attesta su un valore compreso tra il 2.5 ‰ ed il 3.5 ‰, con locali aumenti del gradiente sino all'8-9‰ ai piedi del settore collinare.

La soggiacenza media della falda freatica varia da valori minimi di circa 2.5 m, nella zona



occidentale presso C.na Gambarotta, a circa 9 – 10 metri nel settore orientale per approfondirsi sino ad oltre 20 m all'estremità meridionale del territorio (Fontanasse).

L'escursione media stagionale della falda freatica può essere ritenuta pari a 2-3 metri. A questo proposito si deve comunque rilevare che un confronto tra le misure effettuate nell'ambito della *"Relazione geologico-tecnica riguardante lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio comunale, nonché delle aree interessate da nuovi insediamenti residenziali, produttivi, ambientali e da opere pubbliche di particolare importanza previste dalla 2^ Variante di P.R.G.I."*, redatta dal dott. Geol. Luigi Cavalli nel maggio 1998 (misure rilevate nei mesi di marzo-aprile 1998) e quelle rilevate nel presente studio (misure raccolte nel periodo primaverile-estivo del 2006 nei medesimi pozzi: C.na Campagnotta, C.na Campagna, C.na del Boschetto e C.na Gioia) mettono in luce un netto abbassamento della superficie freatica, più evidente nel settore orientale del territorio, secondo la seguente tabella:

POZZI MISURATI	MISURE CAMPAGNA 1998	MISURE CAMPAGNA 2006	DIFFERENZA
C.na Campagnotta	89.50	84.50	-5.0 m
C.na Campagna	91.50	89.50	-2.0 m
C.na del Boschetto	100.40	96.47	-3.93 m
C.na Gioia	104.00	103.25	-0.75 m

Sulla carta geoidrologica è raffigurata anche una sezione idrogeologica costruita con i dati stratigrafici dei pozzi idropotabili comunali (dei quali sono indicate anche le fasce di rispetto ai sensi del D.Lgs. 152/99 e s.m.i.). La sequenza stratigrafica è costituita da una litozona grossolana, con ghiaie argillose o sabbiose e lenti di argilla giallastra, sede dell'acquifero freatico, che si approfondisce sino a circa 40 m di profondità per passare ad una litozona argilloso-sabbiosa, con potenti bancate argillose ed intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, sino a 150 m di profondità, nella quale si individua un acquifero confinato multifalda, oggetto di captazione idropotabile.

In carta è riportato inoltre il reticolato idrografico, sia naturale che artificiale, oltre alle zone di ristagno ed agli attraversamenti dei corsi d'acqua realizzati con manufatti scatolari o tubolari di sezione non adeguata, sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche e delle evidenze di campagna.

A tale proposito si segnalano come particolari criticità idrauliche:

- lungo il Rio Bettale/Bozzole, alcuni attraversamenti con manufatti tubolari o scatolari di sezione ridotta e, in particolare, l'attraversamento della ex S.S. 30 in località Rampina, al confine nord-occidentale del territorio, e l'attraversamento della strada provinciale per Oviglio nei pressi della C.na la Pianosa;
- il tratto intubato del rio Trinità, in corrispondenza del concentrico, il sottopasso autostradale e la confluenza dello stesso rio nel Rio Orbicella;
- il tratto a valle del confine con Castelspina del rio della Fame;
- alcuni attraversamenti stradali del Rio Orbicella;

Nell'ambito del reticolo idrografico sono stati contraddistinti con differente colorazione i corsi



d'acqua pubblici (Fiume Bormida, T. Orba, Rio Acquanegra, rio Ghisone, Rio Rasio/orbicella, Rio della Fame, Rio Baldovara) e quelli contraddistinti da doppio tratto continuo sulle planimetrie catastali fornite dall'Amministrazione comunale (Canale Carlo Alberto, rio Trinità Rio Cerreta). Per quanto riguarda il reticolo pubblico e demaniale, ad esso si applicano i disposti del R.D. 523/1904, di seguito brevemente riassunti:

- i corsi d'acqua iscritti al registro delle acque pubbliche ed i corsi d'acqua naturali con alveo di proprietà demaniale (contraddistinti da doppia linea continua su cartografia catastale) sono delimitati da fasce di rispetto, ai sensi del R.D. 25.07.1904 n° 523, nelle quali sono vietati *"le fabbriche, gli scavi e lo movimento del terreno a distanza del piede dell'argine ... minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località ed, in mancanza di tali discipline, a distanza minore di dieci metri per le fabbriche e per gli scavi"*. La norma non si applica ai corsi d'acqua con alveo privato, alle rogge di derivazione ed ai canali, tranne che per quelli di proprietà demaniale. L'interpretazione corrente della norma, anche ai sensi della Circolare P.G.R. n°14/LAP/PET del 08.10.1998, è che le norme contenute nel P.R.G.C. e relative alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, ai sensi dell'art 29 della L.R. 56/77 o della Circolare P.G.R. 7/LAP del 08.05.1996, costituiscano "disciplina vigente", laddove adottate ed approvate dagli Enti regionali competenti. Eventuali riduzioni delle fasce di rispetto a distanze inferiori a 10 metri, in deroga al R.D. 523, devono essere supportate da idonee indagini geologiche ed idrauliche e devono conseguire il parere favorevole della Direzione Regionale OO.PP. e Difesa Suolo.

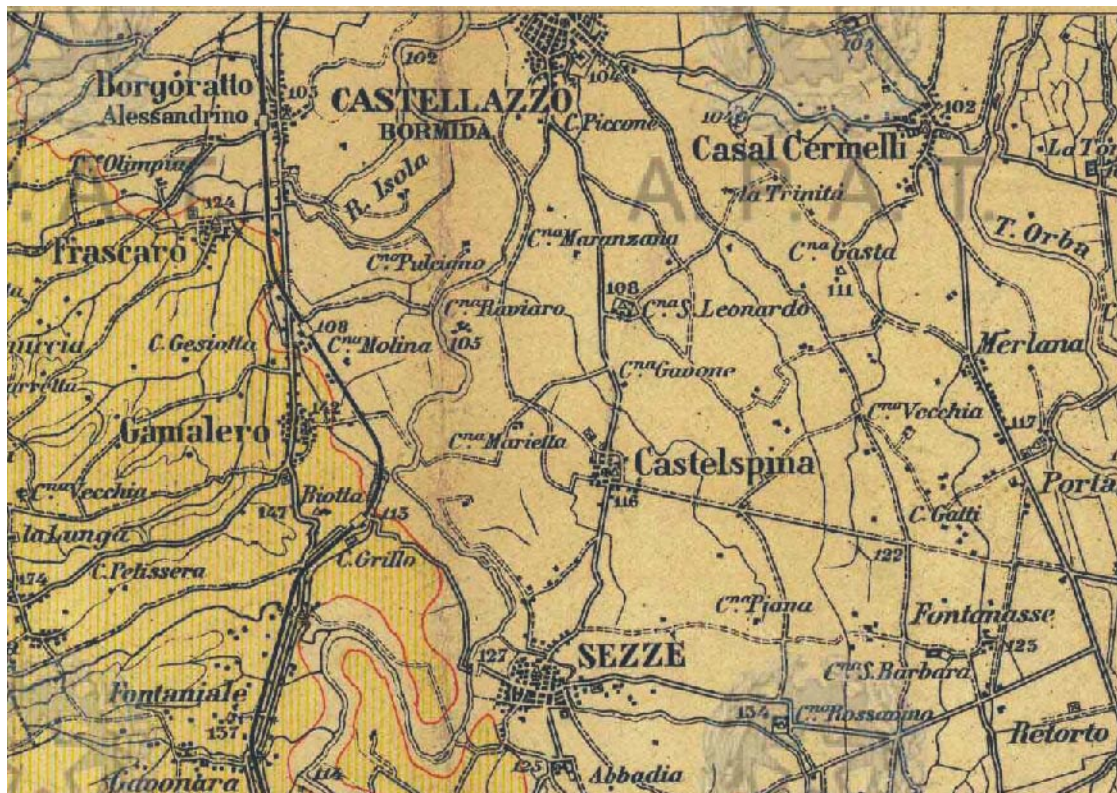
Per la caratterizzazione della dinamica evolutiva del fiume Bormida e del T. Orba, sono stati riportati sulla tavola i tracciati storici, ricostruiti sovrapponendo in via grafica la carta CTR con la cartografia IGM del 1922 e con una carta, verosimilmente di inizio '900, rinvenuta nella cartografia geologica storica digitale dell'APAT, precedentemente citata, e denominata *CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE ATTRAVERSATA DAI TRACCIATI PROGETTATI*, in scala 1:250.000, edita dall'Istituto Geografico De Agostini.

Altre cartografie di più antica fattura sono state esaminate ma non utilizzate, in quanto non si è riusciti ad ottenere una sovrapposizione sufficientemente precisa: vengono pertanto riportate in stralcio, a scopo esemplificativo delle divagazioni storiche dei corsi d'acqua.





Stralcio della "Carta Geologica di Savoia, Piemonte e Liguria" del Commendatore Angelo Sismonda, pubblicata per cura del Governo di S.M. Vittorio Emanuele II, 1866



Stralcio della Carta Geologica Geognostica Agricola dell'Alto Monferrato, Ing. Trabucco, 1:75.000, I.G.M. 1899

Come si evince dal raffronto cartografico, il tracciato del Fiume Bormida è passato



gradualmente da un andamento nettamente meandriforme, secondo le testimonianze cartografiche e geomorfologiche (meandri della Bormida Morta, Isola e Isola Grande, Isoletta, Ponte della Maranzana) ad uno più sinuoso, con meandri evidenti solo nella zona dell'Isoletta e della C.na Altafiore. Tale mutazione di assetto è in parte legata anche agli interventi antropici di taglio e rettifica effettuati nel corso dei secoli, soprattutto nel settore più vicino alla città di Alessandria, ma numerose sono anche le variazioni planimetriche legate alla tendenza di divagazione naturale dell'alveo. In particolare, nei pressi di Castellazzo Bormida si segnala (Tropeano, op. cit.) un salto di meandro nel 1855 e, più in generale, un accorciamento del percorso distale del Bormida di circa 5 km in 120 anni e di quasi 2 km per il T. Orba nel tratto da Predosa alla confluenza con il Bormida, nel medesimo intervallo temporale.

Più stabile appare il percorso dell'Orba, per il tratto di interesse, dove si evidenzia soprattutto una migrazione verso ovest del tratto immediatamente a monte della confluenza nel Bormida, con incremento della rettilineità dell'asta.

Per una quantificazione dei deflussi nel corso degli eventi alluvionali, per il fiume Bormida, sono state prese in considerazione diverse fonti.

1. Nella pubblicazione di Tropeano (op. cit.), si fa rilevare innanzitutto che il periodo di ricorrenza degli eventi alluvionali più gravosi si attesta, per la parte di pianura della Bormida, a circa 30 anni che si riduce a circa 10 anni nelle statistiche che tengono conto di eventi con intensità moderata. Relativamente alle portate massime, calcolate o stimate, si fa riferimento, all'altezza di Gamalero (bacino sotteso di 1604 km<sup>2</sup>), ad una portata unitaria di 1.23 m<sup>3</sup>/s\*km<sup>2</sup> (riferito all'evento del 08.10.1878 secondo l'ufficio tecnico provinciale di Alessandria) che, per un bacino di 1604 km<sup>2</sup> corrisponde ad una portata al colmo di 1972 m<sup>3</sup>/s.
2. La stazione idrometrica di Cassine, prossima al sito in esame, riporta dati idrometrici in corrispondenza di 5 sezioni dalla seconda metà dell'800, seppure in modo discontinuo. Le caratteristiche della stazione sono le seguenti:

Superficie del bacino imbrifero	1483 km <sup>2</sup>
Altezza massima	1385 m
Altezza media	493 m
Quota dello zero idrometrico	120 m

La portata massima registrata risale al 1951

Portata media annua 1947 – 1958	24 m <sup>3</sup> /s
Portata minima 1947 - 1958 (29/7 – 7/8/1947):	0,7 m <sup>3</sup> /s
Altezza idrometrica (10/11/1951):	7.14 m
Portata massima (10/11/1951):	1320 m <sup>3</sup> /s
Portata unitaria massima (10/11/1951):	0,89 m <sup>3</sup> /s*km <sup>2</sup>

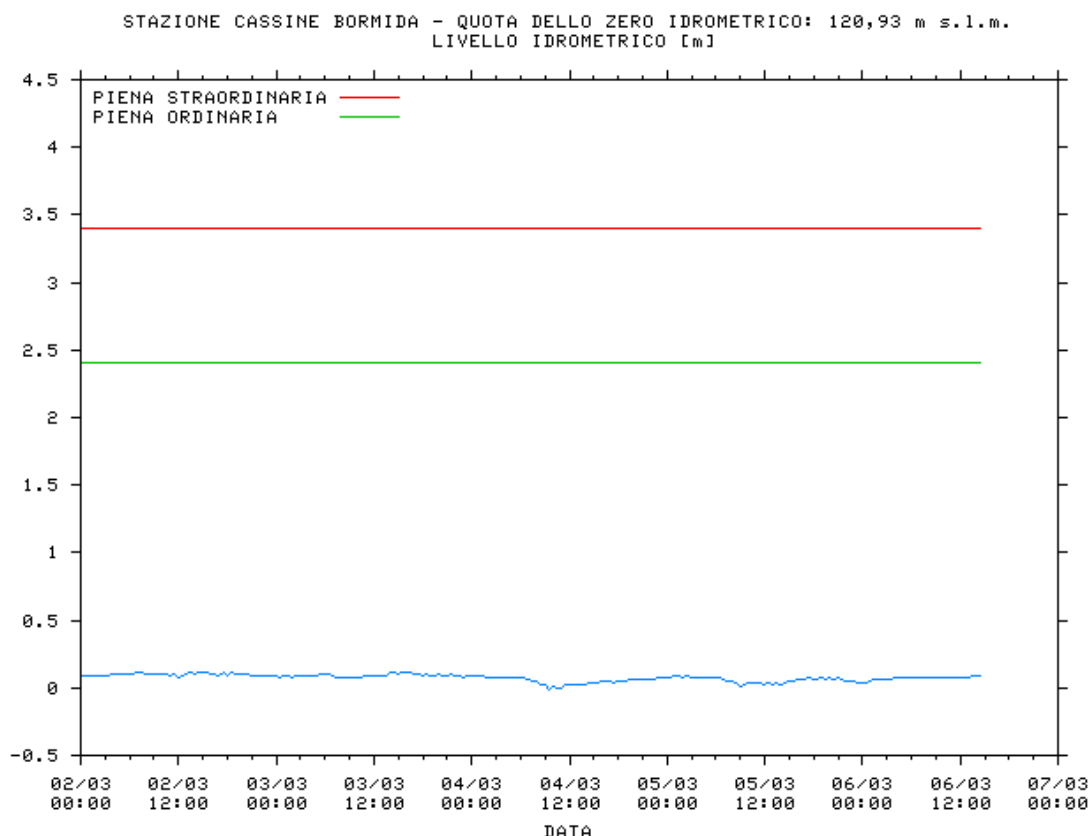
Le altezze idrometriche massime corrispondono agli eventi del 1878 (7 m sullo zero idrometrico), del 1926 (7 m), 1951 (7.14 m) e del 1968 (6.7 m), non più raggiunte negli eventi recenti.

Nel corso dell'ultimo evento alluvionale di particolare rilevanza (2-6/11/94), non è stato



possibile effettuare registrazioni presso la stazione idrografica di Cassine (fuori servizio). I dati rilevati sono relativi solo alle marche di piena, con stime del livello al colmo di circa 4.70 m.

Di seguito si allega un grafico della stazione di Cassine (dal sito della Regione Piemonte) con le registrazioni dell'anno 2003 ed i principali valori di riferimento.



3. Le Norme di Attuazione del PAI, Direttiva 2 "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica del PAI", Allegato 4 "Stazioni di misura dei dati di portata massima al colmo – Serie storiche di portata massima utilizzate", fornisce i seguenti valori:

#### 50295 Bormida a Cassine

Distanza dalla confluenza km	Numero osservazioni	Superficie bacino km <sup>2</sup>	Hmin m s.m.	Hmed m s.m.	Hmax m s.m.
36.0	12	1483	120.00	493.00	1389.0
Anno di misura			Portata massima al colmo		
1947			763.0		
1948			790.0		
1949			675.0		
1950			852.4		
1951			1320.0		
1952			790.0		
1953			540.0		
1954			1270.0		
1955			850.0		
1956			1240.0		
1957			1130.0		
1958			664.0		

Le tabelle 20 e 61 allegate alla Direttiva mostrano i seguenti valori rispettivamente di



portata di piena e delle altezze idrometriche, per la zona di interesse:

Tabella 20: portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Tanaro (Tanaro, Belbo, Bormida, Orba, Stura di Demonte)

Bacino	Corso d'acqua	Sezione		Superficie	Q20	Q100	Q200	Q500	Idrometro
		Progr.( km)	Cod. Denomin.						
				km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	Denominazione
Tanaro	Belbo	30.000		Cravanzana	76	260	380	440	510
Tanaro	Belbo	50.467	37	S: Stefano B.	184	490	710	810	940
Tanaro	Belbo	56.207	34	Canelli	270	560	820	940	1090
Tanaro	Belbo	84.159	17	Castelnuovo B.	430	950	1380	1570	1820
Tanaro	Belbo	102.959	1	Confl. in Tanaro	479	980	1420	1610	1860
Tanaro	Bormida	125.460	38	Acqui Terme	1439	1740	2720	2980	3360
Tanaro	Bormida	147.360	24	Cassine	1483	2010	2750	3020	3400
Tanaro	Bormida	166.066	13	Castellazzo Bormida	1718	2200	2900	3180	3580
Tanaro	Bormida	177.391	5	Alessandria	2540	2510	3310	3640	4100
Tanaro	Orba	47.620	21	Silvano d'Orba	432	1410	1860	2050	2300
Tanaro	Orba	74.070	1	Confluenza in Bormida	792	1690	2230	2450	2760
Tanaro	Stura di Demonte	59.575	55	Vignolo	586	240	500	660	990

Tabella 61: profilo di piena per il fiume Bormida

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)
038	125.460	145.20	2980	025	146.022	121.27		012	167.826	102.51	
037	126.507	143.50		024	147.360	119.93	3020	011	169.168	101.63	
036	127.553	142.11		023	148.965	117.49		010	170.509	100.32	
035	128.586	141.20		022	150.570	115.90		009	171.851	99.09	
034	129.620	140.67		021	152.125	115.09		008	173.701	97.65	
033	131.000	139.92		020	153.680	113.00		007	175.410	96.48	
032	131.519	137.22		019	155.152	109.60		006	176.601	94.53	
031	133.067	134.61		018	156.957	107.82		005	177.391	93.94	3640
030	134.204	132.23		017	158.762	106.47		004	178.143	93.32	
029	135.555	131.20		016	160.567	105.10		003	178.956	92.85	
028	136.918	130.38		015	162.437	104.50		002	180.269	91.94	
027	138.535	129.02		014	163.600	103.00		001	181.464	90.18	
026	143.346	122.95		013	166.066	102.80	3180				

Il confronto dei dati sopra raffigurati induce alcune perplessità nella valutazione delle portate massime del fiume Bormida: i dati di altezza idrometrica e di portata storica (alluvioni 1878 e 1951) riportano valori con altezze di circa 7 m e portata stimata rispettivamente in 1972 m<sup>3</sup>/s e 1320 m<sup>3</sup>/s, quelli calcolati dal PAI mostrano a Cassine (per Tr = 200 anni) rispettivamente valori di 119.93 m (contro uno zero idrometrico di 120 m dell'idrometro) e 3020 m<sup>3</sup>/s; inoltre il valore minimo per Tr = 20 anni è calcolato dal PAI pari a 2010 m<sup>3</sup>/s, ben superiore ai valori storici.

Ulteriori dati sulle stime di portata si ricavano anche dal Rapporto d'Evento del 13-16 ottobre 2000 dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte, dal quale si riporta la seguente tabella:



**Tabella 8 Portate al colmo di piena**

Stazione		Bacino imbrifero sotteso		Stima della portata al colmo		
Corso d'acqua	Sezione	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Altitudine media [m slmm]	Colmo [m <sup>3</sup> /s]	Tempo di ritorno [anni]	Affidabilità
Bormida	Bormida di Spigno a Mombaldone	392	487	730	10	
	Bormida di Millesimo a Camerana	256	765	360	<10	
	Bormida a Cassine	1521	489	1200	<10	
	Bormida ad Alessandria	2568	441	1400	<10	
Orba	Orba a Casalcemelli	798	442	320	<10	
* Strumento in avaria, portata stimata da tracce di piena e da considerazioni di carattere idrologico						

Il confronto con i dati dell'alluvione 1994, riportato nella tabella 14 del citato Rapporto (non rappresentata) mette in luce un'altezza idrometrica di 3.24 m nell'evento 2000 contro un'altezza di 4.70 m per l'evento del 1994.

Si può concludere dunque che le stime di portata effettuate nel corso degli anni, in relazione agli eventi di piena, sono soggette a forti variazioni, verosimilmente legate al tipo di modellistica idraulica utilizzata ed agli spostamenti dell'idrometro di Cassine. Va peraltro detto che nel Rapporto d'Evento sopra citato la stazione di Cassine è inserita nel quadro delle stazioni idrometriche a media affidabilità.

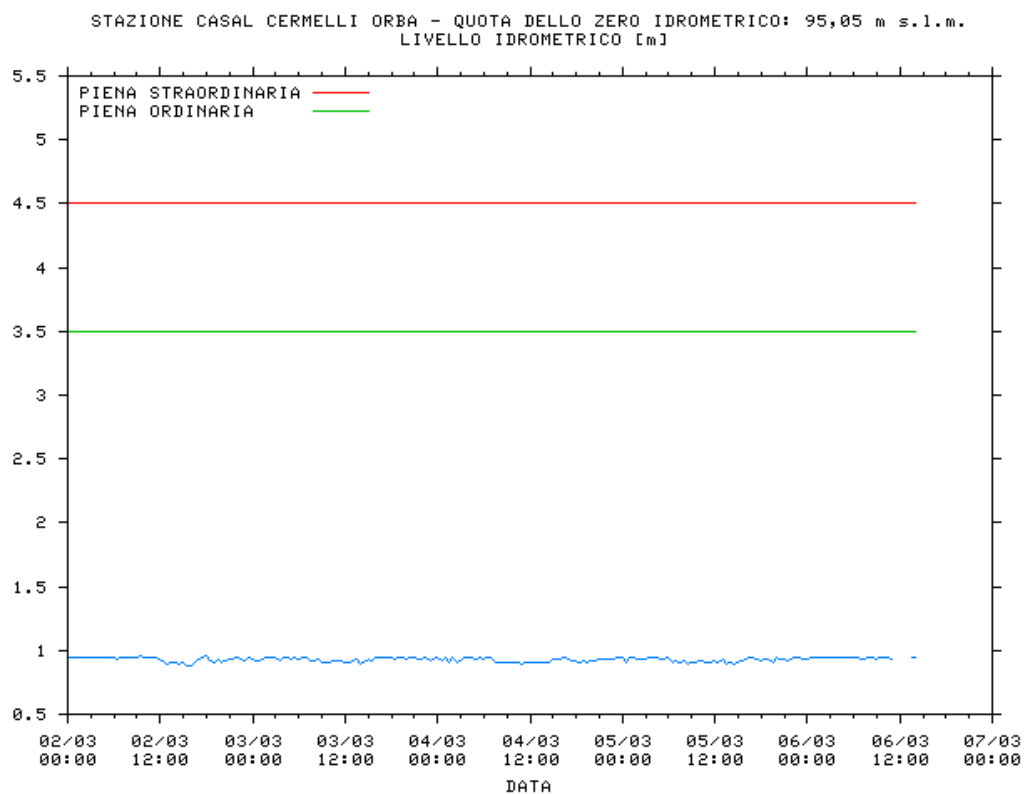
Per il Torrente Orba si riportano i dati di profilo di piena del PAI (tabella 62):

Tabella 62: profilo di piena per il torrente Orba

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m <sup>3</sup> /s)
021	47.620	150.10	2050	014	56.470	129.50		007	67.070	105.94	
020	49.120	148.74		013	57.760	129.26		006	68.370	104.52	
019	50.270	142.55		012	59.070	123.97		005	69.270	101.43	
018	52.070	138.76		011	60.370	121.08		004	70.370	99.88	
017	53.170	137.00		010	61.670	117.84		003	71.470	98.92	
016	54.270	132.47		009	63.037	111.69		002	72.770	98.52	
015	55.370	130.46		008	65.070	109.60		001	74.070	98.24	2450

e quelli della stazione di Casal Cermelli:





Per il T. Orba si riporta anche un dato di portata della Regione Piemonte relativo al 23.09.1993 presso la stazione di Casalcermelli con un valore di livello idrometrico di 2.08 m e una portata di 815 m<sup>3</sup>/s (Bollettino MARIUS (9), novembre 1993).



#### 4.3 CARTA DEGLI EFFETTI ALLUVIONALI (TAVOLE 3A - 3B)

##### 4.3.1 Metodologia applicata

In questa tavola sono riportati gli effetti dell'evento alluvionale verificatosi tra il 2 ed il 6 novembre 1994, oltre che altre informazioni desunte dalla Banca Dati geologica della Regione Piemonte e dalle simulazioni idrauliche effettuate sul reticolo idrografico minore.

Nelle tavole sono state inoltre indicate le quote idrometriche per  $Tr = 200$  anni, in corrispondenza delle sezioni del PAI lungo i due corsi d'acqua maggiori, ed una serie di misure altimetriche rilevate dallo Studio Geo-Invest di Valenza (allegato 5), che sono risultate utili per un confronto diretto tra tiranti idrici di riferimento del PAI ed assetto topografico del territorio.

##### 4.3.2 Commento della carta realizzata

Relativamente all'assetto idrografico, sono state compilate le schede dei processi lungo la rete idrografica (Allegato 3), come richiesto dalla N.T.E. alla Circolare 7/LAP, riferite al tratto di asta fluviale del fiume Bormida e del T. Orba che occupano il territorio comunale e al Rio Trinità, oggetto di esondazione nel 1982.

Per quanto riguarda le aree esondabili è stata riprodotta, in modo semplificato, la carta dell'evento del 1994 tratta dal sito on line dell'Arpa Piemonte. Oltre al perimetro delle aree esondate, rivestono particolare interesse i valori dei tiranti idrici raggiunti in alcuni punti del territorio comunale, con altezze elevate in corrispondenza delle depressioni di paleoalveo. Come si evince dalle tavole, il campo di inondazione del fiume Bormida è stato contenuto quasi ovunque all'interno della Fascia A del PAI, ad eccezione del settore in prossimità del concentrico, dove è avvenuto un aggiramento del tratto di vecchia arginatura nei pressi di C.na Bergamina e le acque hanno colmato una depressione di paleoalveo, rimanendo comunque contenute dall'argine maestro. Nella zona de Il Rotto le acque sono state invece contenute da un orlo di terrazzo, ben all'interno della Fascia A del PAI per divagare invece all'esterno della fascia nella zona della C.na Altafiore e a valle del Ponte della Maranzana, nuovamente riattivando le depressioni di paleoalveo.

Lungo l'Orba l'esondazione in sinistra è stata decisamente contenuta mentre, in destra, è stata riattivata la zona depressa corrispondente al tracciato ottocentesco.

Non particolarmente precisa appare invece la perimetrazione delle aree inondabili indicata nella cartografia della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte la quale, tuttavia, è stata redatta alla scala 1:100.000.

Le aree esondabili perimetrate sulla base delle simulazioni idrauliche, effettuate sui corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, evidenziano le criticità idrauliche legate soprattutto ad attraversamenti non adeguati e a tratti di alveo non ben definiti. La perimetrazione è stata effettuata utilizzando le sezioni topografiche rilevate dello Studio Geo-Invest integrate dai dati del rilievo geomorfologico.



#### 4.4 CARTA DELLE OPERE DI DIFESA (TAVOLE 4A - 4B)

##### 4.4.1 Metodologia applicata

In questa tavola sono riportate le varie opere di regimazione e di difesa idraulica, utilizzando il sistema SICOD (Sistema Informativo Catasto Opere di Difesa) proposto dalla Regione Piemonte – Direzione Difesa del Suolo e CSI "...come strumento per redigere il catasto delle opere idrauliche, così come richiesto dai piani regolatori...".

La documentazione richiesta dalla Direzione Difesa Suolo della Regione Piemonte e compresa negli elaborati formanti il presente lavoro sono: Carta delle opere di difesa, schede cartacee delle opere e data base su CD. Le opere idrauliche presenti sul territorio consistono, prevalentemente, in opere longitudinali, canalizzazioni ed attraversamenti di corsi d'acqua. A ciascuna opera censita è associata una scheda, secondo le indicazioni della Regione Piemonte, contraddistinta da sigla e numerazione relativa.

##### 4.4.2 Commento della carta realizzata

Le opere di difesa idraulica sono presenti lungo il Fiume Bormida ed il T. Orba: l'Allegato 2 - SCHEDE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA riporta le descrizioni delle opere di difesa rinvenute.

Opere di difesa longitudinale: consistono di arginature in terra talora con paramento interno in calcestruzzo, generalmente in buono stato di conservazione e di opere di difesa radente, al piede delle sponde concave dei corsi d'acqua principali e lungo alcuni brevi tratti di quello minore, costituite in prevalenza di primarie di blocchi in cls, non sempre ben conservate. Ad esse si aggiungono le opere di canalizzazione coperte (tubazioni) lungo il tratto del rio Trabete (Rio senza nome tra Betale e Trinità così rinominato per comodità) e Trinità che interessano in settore orientale del concentrico, con criticità idrauliche in corrispondenza degli imbocchi.

Attraversamenti: si tratta in prevalenza di manufatti tubolari e scatolari lungo il reticolo idrografico minore per i quali, sulla base delle verifiche effettuate e delle osservazioni di campagna, sono stati individuati i punti di criticità idraulica, già evidenziati nel commento della Carta Geoidrologica, almeno per quelli di maggiore importanza in relazione alle ricadute su settori di interesse antropico.



#### 4.5 CARTA LITOTECNICA (TAVOLE 5A - 5B)

##### 4.5.1 Considerazioni generali

Sulla base dei dati ottenuti dal rilievo geologico, dalle informazioni della carta geotecnica presente nel sito on line dell'ARPA Piemonte e dei dati di indagini geognostiche e geotecniche eseguite da colleghi geologi in diversi punti del territorio (informazioni fornite dall'Ufficio Tecnico comunale), è stata redatta la carta della caratterizzazione litotecnica con lo scopo di raggruppare i terreni in base alle loro caratteristiche geotecniche. Si specifica che i valori di parametrizzazione geotecnica proposti sono da ritenersi validi solo ai fini della classificazione generale del territorio e non possono essere considerati sostitutivi di valori puntuali necessari per la progettazione di eventuali opere, ai sensi del D.M. 11.03.88.

##### 4.5.2 Commento della carta realizzata

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche dei terreni, il territorio comunale è stato suddiviso in 5 grandi gruppi.

###### Depositi alluvionali olocenici

Caratterizzano l'area di fondovalle dei corsi d'acqua maggiori, dove prevalgono le facies alluvionali con sedimenti a tessitura da fine a grossolana in relazione alle diverse facies presenti; la parametrizzazione geotecnica di riferimento prevede per i sedimenti fini un angolo di attrito interno (di picco) compreso tra  $27^\circ$  e  $35^\circ$ , un angolo di attrito interno a volume costante compreso tra  $20^\circ$  e  $24^\circ$  ed un peso di volume di  $1.7-1.9 \text{ t/m}^3$ ; la coesione può essere considerata pari a  $20-50 \text{ kPa}$ . Per i termini a granulometria grossolana i valori proposti sono i seguenti: angolo di attrito di picco  $34^\circ - 49^\circ$ , angolo di attrito a volume costante  $26^\circ - 32^\circ$ , peso di volume  $1.8-1.9 \text{ t/m}^3$  e coesione nulla.

###### Depositi fluviali tardo pleistocenici-olocenici

In questa unità sono stati riuniti i depositi terrazzati olocenici e tardo pleistocenici caratterizzati da una granulometria prevalentemente fine con intercalazioni medio-grossolane, oggetto di attività estrattive, relativi a facies sedimentarie in ambiente fluviale s.l.. I valori proposti sono in linea con quelli della precedente unità e, segnatamente: (per i terreni fini) angolo di attrito di picco pari a circa  $29^\circ \div 38^\circ$ , angolo di attrito interno a volume costante compreso tra  $20^\circ$  e  $26^\circ$ , coesione pari a  $20-70 \text{ kPa}$  e peso di volume di  $1.8 \div 1.9 \text{ t/m}^3$ . Per i terreni grossolani: angolo di attrito di picco  $34^\circ - 49^\circ$ , angolo di attrito a volume costante  $26^\circ - 30^\circ$ , peso di volume  $1.8-1.9 \text{ t/m}^3$  e coesione nulla.

###### Depositi fluviali del Pleistocene superiore

Si tratta di materiale in genere a granulometria da media a grossolana, ai quali è possibile attribuire un valore di angolo di attrito di picco variabile tra  $34^\circ \div 49^\circ$ , angolo di attrito interno a volume costante compreso tra  $28^\circ$  e  $32^\circ$ , una coesione nulla ed un peso di volume pari a  $1.8 \div 1.9 \text{ t/m}^3$ .



*Depositi fluviali del Pleistocene medio-superiore*

Caratterizzano la porzione occidentale e centro-meridionale del territorio e sono costituite in prevalenza da sabbie limoso-argillose e ghiaiose parzialmente alterate, talora con matrice sabbiosa. A questi depositi può essere attribuita la seguente parametrizzazione geotecnica: (per i terreni fini) angolo di attrito di picco pari a  $29^{\circ} \div 38^{\circ}$ , angolo di attrito interno a volume costante compreso tra  $22^{\circ}$  e  $28^{\circ}$ , coesione 20-100 kPa e peso di volume di  $1.8 \div 1.9 \text{ t/m}^3$ . Per i terreni grossolani: angolo di attrito di picco  $34^{\circ} - 49^{\circ}$ , angolo di attrito a volume costante  $27^{\circ} - 32^{\circ}$ , peso di volume  $1.8-1.9 \text{ t/m}^3$  e coesione nulla.

*Depositi fluviali e di conoide del Pleistocene inferiore-medio*

Sono i depositi pleistocenici antichi e villafranchiani a tessitura variabile da argilloso-ghiaiosa a ghiaioso sabbiosa alterata con matrice argilloso-sabbiosa. I parametri dell'angolo di attrito interno di picco variano da  $29^{\circ}$  a  $49^{\circ}$ , angolo di attrito interno a volume costante compreso tra  $25^{\circ}$  e  $32^{\circ}$ , una coesione compresa tra 0 e 50 kPa, in relazione ai diversi litotipi, ed un peso di volume pari a  $1.8 \div 2.0 \text{ t/m}^3$ .

Ai depositi di riporto ed alle zone umide non sono stati assegnati parametri di riferimento.

Nella tavola sono stati inoltre riportati alcuni istogrammi relativi a prove penetrometriche dinamiche effettuate da colleghi geologici nell'ambito di indagini applicative, distribuiti su differenti unità litotecniche e rappresentativi delle condizioni medie.



#### 4.6 CARTA DEI BACINI IDROGRAFICI DEL RETICOLO MINORE (TAVOLA 6)

Per l'analisi idraulica del reticolo idrografico minore, al fine di individuare i potenziali punti critici lungo le singole aste in relazione ad assegnati tempi di ritorno, è stata innanzitutto redatta la tavola in parola, con la distinzione dei singoli bacini e sottobacini, necessari per acquisire gli elementi fondamentali per le successive simulazioni idrauliche.

L'analisi propriamente detta è riportata nei capitoli seguenti mentre gli elaborati grafici sono riuniti in un apposito allegato (Allegato 1): l'analisi condotta ha permesso di individuare alcune proposte di intervento migliorativo delle situazioni critiche, le quali devono essere intese come indicazioni di massima utili per una successiva fase progettuale finalizzata.

La delimitazione dei bacini idrografici nel territorio in esame, quasi totalmente pianeggiante, è sicuramente influenzata dalle modificazioni dell'andamento dei deflussi, indotte dall'attività antropica (presenza di rilevati stradali, ferroviari, canali di scolo, ecc.) alle quali si aggiunge l'imprecisione della cartografia in scala 1:10.000, in alcuni casi non sufficientemente dettagliata per bacini con pochi metri di dislivello. Tali problematiche sono state risolte, almeno parzialmente, utilizzando i dati del rilievo topografico effettuato dallo studio Geo-Invest di Valenza unitamente ai sopralluoghi di campagna e alle indicazioni fornite dall'Ufficio Tecnico comunale.

I risultati dell'analisi idraulica hanno permesso di individuare le situazioni di criticità illustrate e raffigurate nella cartografia tematica (Carta Geomorfologica e dei dissesti, Carta Geoidrologica e Carta degli effetti alluvionali).



## 5 ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

Nei seguenti capitoli verrà illustrata la metodologia utilizzata per la modellazione idraulica del reticolo idrografico minore di Castellazzo Bormida.

Per il rilevamento delle sezioni di deflusso dei vari corsi d'acqua, compresi i guadi e gli attraversamenti (ponti, scatolari o tubi) è stata effettuata, da parte dello Studio Geo-Invest di Valenza, una dettagliata campagna topografica (Allegato 5), con la quale è stato possibile ricostruire l'andamento dei rii del reticolo idrografico minore all'interno del territorio comunale di Castellazzo Bormida, verificando sezione per sezione le portate idrauliche calcolate per i vari tempi di ritorno (20, 100, 200 e 500 anni), ma ponendo particolare attenzione ai soli volumi duecentennali.

Nei prossimi capitoli viene sviluppata dettagliatamente l'analisi idrologica e le verifiche idrauliche trattate con il programma di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), fornendo da ultimo all'Amministrazione Comunale delle soluzioni tecnico-operative di massima finalizzate al miglioramento della situazione attuale.

### 5.1 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA

Dovendo individuare le aree di potenziale esondazione dei corsi d'acqua del reticolo idrografico minore presenti sul territorio comunale, segnalando in particolare quegli attraversamenti che non sono in grado di smaltire le acque di piena, sono stati tracciati innanzitutto i corrispondenti bacini idrografici e gli annessi sottobacini, in modo da definire con esattezza le caratteristiche idrologiche necessarie alla valutazione delle portate per differenti tempi di ritorno.

Essendo il territorio comunale per la maggior parte pianeggiante, non si nasconde la difficoltà nel tracciare i limiti dei vari bacini: i dislivelli tra quota massima e minima sono in maggioranza compresi tra i 20 e i 45 metri, alcuni sottobacini fanno registrare dislivelli inferiori ai 20 metri, mentre solo il bacino relativo al Rio Ghisone, passando dai 330 m ai 102,8 m s.l.m., evidenzia un dislivello pari a 227,2 m.

Nei paragrafi successivi provvederemo a riassumere per ognuno dei 27 bacini tracciati, i parametri identificativi: la Tavola 6 "Carta dei bacini idrografici del reticolo minore" (scala 1: 20.000) illustra tutti i corsi d'acqua presi in esame, con i bacini, i sottobacini e relativa nomenclatura.

I corsi d'acqua sono poco ramificati, tendenzialmente unicursali e poco incisi.

### 5.2 ANALISI MORFOMETRICA

#### 5.2.1 Generalità

In base a quanto anticipato, trattandosi di bacini modesti con dislivelli minimi, si è ritenuto opportuno calcolare l'altitudine media, semplicemente come media tra le quote massima e minima (quest'ultima coincidente con la sezione di chiusura); solo per il bacino relativo al T. Ghisone si è avuta premura di definire la curva ipsometrica, applicando la metodologia di



seguito descritta.

La curva si traccia in base alle altezze e alle rispettive aree cumulate, suddividendo il bacino in intervalli di quota, da quella minima alla massima, e valutando l'area del bacino che ricade in ogni intervallo. Si devono quindi eseguire i rapporti tra le aree dei singoli intervalli ( $a$ ) e l'area totale del bacino ( $A$ ), e quelli tra i dislivelli degli intervalli rispetto al piano di base ( $h$ ) ed il dislivello totale del bacino ( $H$ ). La funzione della curva che si ottiene è del tipo:

$$y = f(x), \text{ dove:}$$

- $y = h/H$ ;
- $x = a/A$ .

Dalla curva ipsometrica si ricava l'altezza media del bacino, risolvendo il seguente integrale:

$$Hm = (1/A) \cdot \int_A a_i \cdot h_i, \text{ in cui:}$$

- $A$  = area totale del bacino;
- $a_i$  = area del bacino compresa nell'intervallo  $i$ -esimo di quota;
- $h_i$  = altitudine media dell'intervallo di quota  $i$ -esimo.

L'analisi della curva ottenuta permette di valutare il grado di evoluzione raggiunto dal bacino esaminato. In merito allo stadio evolutivo di un bacino si deduce che esso può trovarsi in una delle seguenti fasi:

FASE	CONSIDERAZIONI
GIOVANILE	La curva ipsometrica presenta una prevalente convessità verso l'alto con un valore medio dell'integrale superiore al 60%.
MATURA	La curva ipsometrica presenta un flesso prossimo al 50%.
SENILE	La curva ipsometrica presenta una prevalente concavità verso l'alto con un valore medio dell'integrale inferiore al 30%.

È bene puntualizzare che in una curva ipsometrica la distribuzione relativa delle aree e delle quote è subordinata alla forma della proiezione orizzontale del bacino sulla carta topografica: la curva assume un significato positivo solo se la forma del bacino stesso è regolare e di tipo subrettangolare, cosa difficile da verificarsi. Bisogna quindi limitare l'analisi alla parte centrale della curva ipsometrica, cioè quella compresa tra il 15% e l'85% dell'area totale, in quanto è quella che permette l'indagine appropriata del grado di evoluzione raggiunto.

Si precisa che per tutti i bacini, eccetto quello del Rio Ghisone, non avendo calcolato la curva ipsometrica per i motivi esposti, non si è potuto stimare il loro grado di evoluzione.

Per il bacino del Rio Ghisone è stata calcolata la superficie del bacino sottesa alla sezione di chiusura presa in esame, distinguendo le diverse fasce altimetriche con un dislivello di 50 m (si faccia riferimento alla tavola in scala 1:25.000, proposta nell'Allegato 1); si è quindi determinata l'altezza media e il conseguente grado di maturità.

### 5.2.2 Commento ai dati ottenuti

Si riassumono dapprima i dati relativi a tutti i bacini per i quali l'altezza media è stata calcolata come media: per comodità di lettura sono stati inseriti anche i dati relativi al bacino del Rio



Ghisone, che verrà trattato a parte.

La tabella seguente riassume la situazione: accanto alle colonne relative alle quote massima e minima (quest'ultima coincidente con le varie sezioni di chiusura), all'altezza media di ogni bacino, sono state anche indicate l'area dei bacini e la lunghezza dei rispettivi corsi d'acqua:

N° BACINO CORSO D'ACQUA	SUPERFICIE (kmq)	LUNGHEZZA CORSO D'ACQUA (km)	QUOTA MASSIMA (m s.l.m.)	QUOTA MINIMA (SEZIONE CHIUSURA) (m s.l.m.)	ALTEZZA MEDIA (m s.l.m.)
1 Baldovara	6,97	10,65	204	102,80	153,40
2 Ghisone	25,68	14,76	319	102,80	167,20
1-2 Ghisone- Baldovara	32,65	14,76	319	102,80	-
3 Roccalvone	2,85	3,65	141	106	123,50
4A1 Baraccone	1,46	2,49	141	115	128
4A Bozzole- Baraccone	3,66	4,01	141	105	123
4 Bettale-Bozzole- Baraccone	5,84	7,18	141	100	120,50
5 della Fame	7,69	5,87	175	100	137,50
6 del Tiro a segno	1,34	2,22	115	94	104,50
7B2d1 Valaraudo	0,73	1,52	137	120	128,50
7B2d Valaraudo	1,00	2,29	137	116,20	126,60
7B2c Vallerana	1,38	1,79	140,50	116,20	128,35
7B2cd Vallerana- Valaraudo	2,38	2,29	140,50	116,20	128,35
7B2b Vallerana- Valaraudo-Orbicella	7,87	5,91	140,50	106	123,25
7B2a1 Rossavino	1,06	2,28	124	109	116,50
7B2a Rossavino	1,20	2,79	124	106	115
7B2abcd Valaraudo- Vallerana-Rossavino- Orbicella	9,07	5,91	140,50	106	123,25
7B2 Valaraudo- Vallerana-Rossavino- Orbicella	12,03	9,70	140,50	100	120,25
7B1a Cerreta	3,42	3,96	126	104	115
7B1 Cerreta	3,93	5,34	126	100	113
7B1B2 Valaraudo- Vallerana-Rossavino- Cerreta-Orbicella	15,96	9,70	140,50	100	120,25
7B Valaraudo- Vallerana-Rossavino- Cerreta-Orbicella	17,25	10,89	140,50	98	119,25
7A1a Trinità	0,58	1,62	106,50	100	103,25
7A1 Trabete	1,07	2,68	107	100	106,25
7A Trinità-Trabete	2,38	4,11	107	98	105,25
7AB Valaraudo- Vallerana-Rossavino- Cerreta-Trinità- Trabete-Orbicella	19,63	10,89	140,50	98	119,25
7 Valaraudo- Vallerana- Rossavino-Cerreta- Trinità-Trabete- Orbicella-Rasio	21,61	13,40	140,50	95	117,75

Per quanto riguarda il bacino del Rio Ghisone si vuole puntualizzare che esso si differenzia dagli altri in quanto presenta una fitta ramificazione sia in destra che in sinistra idrografica: il



più importante tra gli affluenti secondari è rappresentato dal Rio Baldovara, che confluisce in destra del Rio Ghisone a una quota di 102,80 m s.l.m., a 1,1 km circa a monte dall'intercettazione del F. Bormida.

L'andamento del corso d'acqua principale dimostra un marcato controllo litologico/strutturale a giudicare dai bruschi cambi di direzione. La forma del bacino è discretamente regolare, lievemente più ampia nella porzione centrale.

La massima quota altimetrica corrisponde alla località denominata C. Frola (319 m s.l.m.), a Ovest di Mombaruzzo, mentre la quota di chiusura è stata fissata a 102,80 m s.l.m.; la lunghezza del corso d'acqua è stata computata pari a 14,76 km.

Le superfici delle fasce altimetriche risultano così ripartite:

FASCIA ALTIMETRICA (m s.l.m.)	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )
> 300	0,04
300 ÷ 250	1,00
250 ÷ 200	3,88
200 ÷ 150	10,45
150 ÷ 100	10,31

Dall'elaborazione della curva ipsografica, l'altitudine media del bacino del Rio Ghisone è risultata pari a 167,20 m s.l.m.; inoltre, dal momento che l'integrale della curva è pari al 28,3%, ne deriva che il bacino si trova in *fase senile* (si veda il grafico riportato nell'All. 1).

### 5.3 DETERMINAZIONE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

#### 5.3.1 Generalità

L'analisi idrologica è stata effettuata al fine di valutare la portata totale afferente a ciascun bacino e sottobacino preso in considerazione.

La stima quantitativa delle portate massime addotte è stata eseguita mediante la determinazione della *curva di probabilità pluviometrica*, ovvero della relazione che correla l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno, mediante l'espressione:

$$h_t = a \cdot t^n$$

in cui  $h_t$  rappresenta appunto il massimo valore annuale di precipitazione di durata  $t$  che può essere eguagliato o superato mediamente una volta ogni  $T$  anni, dove  $T$  è il cosiddetto "Tempo di ritorno", mentre  $a$  ed  $n$  sono due coefficienti caratteristici della curva anch'essi funzione del tempo di ritorno, in particolare  $a$  = altezza di pioggia critica della durata di 1 ora in mm, ed  $n$  = valore costante caratteristico della stazione di riferimento o del bacino in esame.

Al fine di usufruire di una discretizzazione oggettivamente riconosciuta dei dati di precipitazione, sono stati applicati i parametri contenuti nell'Allegato 3 (*Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense - Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per*



*tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni*) della “DIRETTIVA SULLA PIENA DI PROGETTO DA ASSUMERE PER LE PROGETTAZIONI E LE VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA”, nell’ambito del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po.

### 5.3.2 Metodologia utilizzata

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive, definendo i parametri  $a$  ed  $n$  per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Non potendo disporre di dati puntuali su tutto il territorio, al fine comunque di fornire uno strumento per l’analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette, è stata condotta un’interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di probabilità pluviometrica, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

La discretizzazione permette il calcolo delle curve in qualsiasi punto del bacino.

Per il calcolo delle suddette curve di probabilità pluviometrica si è provveduto come prima operazione, a sovrapporre la base topografica con tracciati tutti i bacini presi in esame nel Comune di Castellazzo Bormida, sulla cartografia prodotta dall’Autorità di Bacino del fiume Po, alla scala 1: 250.000. La tavola in questione è suddivisa in un reticolo a maglie quadrate, “celle” di lato 2 km: sovrapponendo i limiti dei bacini in studio si sono calcolate le porzioni areali ricadenti in ciascuna cella, contraddistinta da una sigla. Ogni cella è caratterizzata da una serie di valori per i coefficienti  $a$  ed  $n$ , relativi ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni: conoscendo l’area effettiva compresa in ciascuna “cella”, si è effettuata una media ponderata rispetto all’area complessiva del bacino, arrivando così alla determinazione dei parametri  $a$  ed  $n$ , relativi ai tempi di ritorno indicati, caratteristici di ogni bacino considerato.

### 5.3.3 Commento dei dati ottenuti

Le curve di probabilità pluviometrica, di ciascun bacino, per i *tempi di ritorno*  $T_r$  presi in considerazione 20, 100, 200 e 500 anni sono riportate nella tabella a pagina seguente.

Si precisa che entrambi i parametri  $a$  ed  $n$  variano, in particolare:

- il valore  $a$  aumenta con l’incremento del tempo di ritorno;
- il valore  $n$  diminuisce con il crescere del tempo di ritorno.

Va sottolineato invece che per i seguenti bacini non sono state determinate le curve di probabilità pluviometrica, in quanto:

- ✓ per il bacino 1-2, formato dal Rio Ghisone e dal suo affluente Rio Baldovara, le portate derivano dalla somma dei contributi dei singoli bacini;
- ✓ per i bacini identificati con le sigle 7B2b e 7B2abcd, relativi al corso del Rio Orbicella con chiusura nei pressi di C.<sup>na</sup> Rossina (il primo comprensivo dei contributi derivanti dai rii Valaraudo e Vallerana, il secondo comprendente anche il Rio Rossavino), le portate sono state calcolate moltiplicando la portata al kmq relativa al bacino 7B2 per l’effettiva superficie di ciascun sottobacino;

Le curve di probabilità pluviometrica sono pertanto:



CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA			
BACINO	Tr = 20 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni
1 Baldovara	$h = 38,56 \cdot t^{0,361}$	$h = 50,48 \cdot t^{0,355}$	$h = 55,58 \cdot t^{0,353}$
2 Ghisone	$h = 37,17 \cdot t^{0,365}$	$h = 48,54 \cdot t^{0,358}$	$h = 53,41 \cdot t^{0,356}$
3 Roccalvone	$h = 36,65 \cdot t^{0,346}$	$h = 47,79 \cdot t^{0,338}$	$h = 52,57 \cdot t^{0,336}$
4A1 Baraccone	$h = 36,06 \cdot t^{0,348}$	$h = 46,99 \cdot t^{0,341}$	$h = 51,67 \cdot t^{0,339}$
4A Bozzole-Baraccone	$h = 35,99 \cdot t^{0,343}$	$h = 46,87 \cdot t^{0,336}$	$h = 51,53 \cdot t^{0,333}$
4 Bettale-Bozzole-Baraccone	$h = 36,05 \cdot t^{0,339}$	$h = 46,95 \cdot t^{0,332}$	$h = 51,62 \cdot t^{0,330}$
5 della Fame	$h = 43,05 \cdot t^{0,361}$	$h = 56,69 \cdot t^{0,357}$	$h = 62,52 \cdot t^{0,355}$
6 del Tiro a segno	$h = 40,27 \cdot t^{0,349}$	$h = 52,82 \cdot t^{0,344}$	$h = 58,19 \cdot t^{0,343}$
7B2d1 Valaraudo	$h = 45,70 \cdot t^{0,365}$	$h = 60,39 \cdot t^{0,362}$	$h = 66,66 \cdot t^{0,361}$
7B2d Valaraudo	$h = 45,54 \cdot t^{0,364}$	$h = 60,16 \cdot t^{0,361}$	$h = 66,39 \cdot t^{0,360}$
7B2c Vallerana	$h = 45,60 \cdot t^{0,365}$	$h = 60,24 \cdot t^{0,362}$	$h = 66,49 \cdot t^{0,361}$
7B2cd Vallerana-Valaraudo	$h = 45,57 \cdot t^{0,364}$	$h = 60,20 \cdot t^{0,361}$	$h = 66,45 \cdot t^{0,360}$
7B2a1 Rossavino	$h = 42,69 \cdot t^{0,354}$	$h = 56,16 \cdot t^{0,350}$	$h = 61,92 \cdot t^{0,349}$
7B2a Rossavino	$h = 42,56 \cdot t^{0,353}$	$h = 55,98 \cdot t^{0,349}$	$h = 61,72 \cdot t^{0,348}$
7B2 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Orbicella	$h = 43,53 \cdot t^{0,354}$	$h = 57,33 \cdot t^{0,350}$	$h = 63,22 \cdot t^{0,349}$
7B1a Cerreta	$h = 41,65 \cdot t^{0,350}$	$h = 54,71 \cdot t^{0,346}$	$h = 60,29 \cdot t^{0,345}$
7B1 Cerreta	$h = 41,46 \cdot t^{0,349}$	$h = 54,44 \cdot t^{0,344}$	$h = 60,00 \cdot t^{0,343}$
7B1B2 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	$h = 43,02 \cdot t^{0,352}$	$h = 56,61 \cdot t^{0,348}$	$h = 62,42 \cdot t^{0,347}$
7B Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	$h = 42,80 \cdot t^{0,351}$	$h = 56,30 \cdot t^{0,347}$	$h = 62,07 \cdot t^{0,346}$
BACINO	Tr = 20 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni
7A1a Trinità	$h = 39,49 \cdot t^{0,339}$	$h = 51,66 \cdot t^{0,334}$	$h = 56,87 \cdot t^{0,332}$
7A Trinità-Trabete	$h = 39,38 \cdot t^{0,340}$	$h = 51,51 \cdot t^{0,334}$	$h = 56,71 \cdot t^{0,332}$
7AB Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella	$h = 42,38 \cdot t^{0,350}$	$h = 55,72 \cdot t^{0,345}$	$h = 61,42 \cdot t^{0,344}$
7 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella-Rasio	$h = 42,06 \cdot t^{0,348}$	$h = 55,25 \cdot t^{0,343}$	$h = 60,90 \cdot t^{0,342}$

#### 5.4 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

##### 5.4.1 Generalità

Le procedure adottabili per la stima delle portate di piena di un qualsiasi corso d'acqua si differenziano in funzione della disponibilità di serie storiche di dati idrologici significativi.

La situazione più favorevole si ha quando nella sezione di interesse sono disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; poiché tale situazione si verifica raramente, a causa del modesto numero di stazioni di misura esistenti e del ridotto periodo di osservazione disponibile per alcune di esse, nella maggior parte dei casi si è nelle condizioni di dover stimare i valori delle portate di piena con metodi indiretti.



In tal caso le procedure a cui far riferimento sono le seguenti:

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

Nel caso in esame non disponendo di un modello di regionalizzazione applicabile per il territorio di Castellazzo Bormida si è fatto ricorso alla procedura indicata nella seconda categoria, in particolare all'applicazione del metodo razionale.

La formula di questo metodo risulta:

$$Q_c = 0,277 \cdot c \cdot i \cdot A, \text{ in cui:}$$

- $Q_c$  = portata al colmo ( $\text{m}^3/\text{sec}$ );
- $c$  = coefficiente di afflusso (-);
- $i$  = intensità di pioggia ( $\text{mm/ora}$ );
- $A$  = area del bacino ( $\text{km}^2$ ).

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

- ✓ la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- ✓ la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T_r$  di quello dell'intensità di pioggia;
- ✓ il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- ✓ l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del *tempo di corrivazione*  $t_c$ .

Per tempo di corrivazione s'intende il tempo necessario affinché le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino, rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani del bacino; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione, oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Questo parametro è una costante per ogni bacino, in quanto funzione esclusivamente della morfologia, delle litologie affioranti e della copertura vegetale.

Un'indicazione sommaria dell'ordine di grandezza di  $t_c$  può essere ottenuto dividendo la lunghezza totale dell'asta principale per un fattore compreso fra 1 e 2:

$$t_c(\text{sec}) = L/(1 \text{ o } 2)$$

dove la lunghezza  $L$  viene espressa in metri.

Metodi di calcolo più precisi sono quelli proposti da Giandotti, Pezzoli e F.A.O., le cui formule risolutive forniscono il tempo di corrivazione in ore.

Nel nostro caso, rappresentato da bacini di pianura di modeste dimensioni, sono state utilizzate due formule: la formula di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri, valida per bacini di dimensioni inferiori a  $10 \text{ km}^2$ , e la formula di Pasini, valida per bacini di pianura di dimensioni inferiori a  $40 \text{ km}^2$ .

La formula di Giandotti modificata è così espressa:



$$t_c(h) = \left( \frac{1}{Md} \cdot \sqrt{A_b} + 1,5 \cdot L \right) / (0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0})$$

dove:

- $M$  = costante numerica in funzione del tipo di copertura (nel caso in esame si è assunto un valore pari a 0,167, corrispondente a “terreni coperti da prato permanente”);
- $d$  = costante numerica in funzione della permeabilità (assunta pari a 0,96 per “terreni poco permeabili”);
- $A_b$  (kmq) = superficie del bacino;
- $L_p$  (km) = lunghezza dell’asta principale;
- $H_m$  (m s.l.m.) = altitudine media del bacino sul livello del mare;
- $H_0$  (m s.l.m.) = altitudine in corrispondenza della sezione di chiusura.

La formula di Pasini è invece la seguente:

$$t_c(h) = 0,108 (A \cdot L)^{0,333} / \sqrt{P_{asta}}$$

dove:

- $A$  (kmq) = superficie del bacino;
- $L$  (km) = lunghezza dell’asta principale;
- $P_{asta}$  = pendenza media asta principale definita come: dislivello / distanza della sorgente dal punto di chiusura

La valutazione del **coefficiente di afflusso** è molto difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nel computo della portata. Il parametro tiene conto, in forma implicita, di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l’intensità media di pioggia, ossia:

- ✓ il *coefficiente di ragguaglio*  $R$  della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato. Nel caso in esame tale parametro è stato posto uguale a 1;
- ✓ il fattore di trattenuta del terreno, funzione della capacità di assorbimento del terreno (rapporto tra l’altezza di pioggia netta e l’altezza di pioggia totale);
- ✓ il fattore di laminazione che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

Dalla letteratura scientifica sono desumibili numerosi dati relativi al coefficiente di afflusso.

In particolare, si è fatto riferimento ai coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology (Ven Te Chow, 1964), mediati in funzione delle caratteristiche litologiche medie dei diversi bacini.

#### 5.4.2 Metodologia utilizzata

Nella tabella seguente si riassumono i parametri utilizzati per il calcolo delle portate, ossia il tempo di corrivazione (che si ricorda essere stato ricavato con la formula di Giandotti modificata per i bacini di superficie inferiore a 10 kmq e con la formula di Pasini per quelli con superficie superiore), e il coefficiente di afflusso:



BACINO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO
1 Baldovara	5,70	0,30
2 Ghisone	6,93	0,33
3 Roccalvone	4,78	0,33
4A1 Baraccone	3,91	0,33
4A Bozzole-Baraccone	5,29	0,35
4 Bettale-Bozzole-Baraccone	7,13	0,35
5 della Fame	5,33	0,30
6 del Tiro a segno	4,07	0,28
7B2d1 Valarauto	3,26	0,40
7B2d Valarauto	3,75	0,39
7B2c Vallerana	3,59	0,35
7B2cd Vallerana-Valarauto	4,68	0,35
7B2a1 Rossavino	4,49	0,35
7B2a Rossavino	4,59	0,35
7B2 Valarauto-Vallerana-Rossavino-Orbicella	9,17	0,35
7B1a Cerreta	6,59	0,39
7B1 Cerreta	7,06	0,39
7B1B2 Valarauto-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	10,08	0,36
7B Valarauto-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	11,05	0,36
7A1a Trinità	4,98	0,35
7A1 Trinità	6,24	0,35
7A Trinità-Trabete	9,30	0,35
7AB Valarauto-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella	11,54	0,35
7 Valarauto-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella-Rasio	12,81	0,35

#### 5.4.3 Commento dei dati ottenuti

Attraverso i tempi di corrvazione  $t_c$  indicati, e con i valori di  $a$  ed  $n$  delle curve di probabilità pluviometrica relative ai citati tempi di ritorno (20, 100, 200 e 500 anni), si è quindi passati alla determinazione delle altezze di pioggia: avendo trovato tutti i parametri necessari alla valutazione delle portate di piena con il metodo razionale, si riassumono nella tabella sottostante i rispettivi volumi; si puntualizza che nelle successive fasi di modellazione idraulica per la verifica delle sezioni di deflusso dei vari corsi d'acqua verranno utilizzate solo le portate relative ai tempi di ritorno di **200 anni**:



BACINO	TEMPI DI RITORNO					
	20 anni		100 anni		200 anni	
	h (mm)	Q (m <sup>3</sup> /sec)	h (mm)	Q (m <sup>3</sup> /sec)	h (mm)	Q (m <sup>3</sup> /sec)
1 Baldovara	72,32	7,35	93,69	9,52	102,78	<b>10,44</b>
2 Ghisone	75,33	25,53	97,05	32,89	106,29	<b>36,02</b>
1-2 Ghisone-Baldovara	-	32,88	-	42,41	-	<b>46,46</b>
3 Roccalvone	62,94	3,43	81,15	4,42	88,98	<b>4,85</b>
4A1 Baraccone	57,98	1,98	74,74	2,55	81,97	<b>2,80</b>
4A Bozzole-Baraccone	63,75	4,28	81,98	5,50	89,79	<b>6,06</b>
4 Bettale-Bozzole-Baraccone	70,25	5,58	90,16	7,15	98,67	<b>7,83</b>
5 della Fame	78,69	9,44	102,94	12,35	113,28	<b>13,59</b>
6 del Tiro a segno	65,77	1,68	85,65	2,19	94,10	<b>2,40</b>
7B2d1 Valaraudo	70,40	1,75	92,69	2,30	101,19	<b>2,53</b>
7B2d Valaraudo	73,69	2,12	96,95	2,79	106,86	<b>3,08</b>
7B2c Vallerana	72,67	2,71	95,63	3,56	105,42	<b>3,93</b>
7B2cd Vallerana-Valaraudo	79,99	3,94	105,18	5,18	115,91	<b>5,71</b>
7B2b Vallerana-Valaraudo-Orbicella	-	10,49	-	11,13	-	<b>11,19</b>
7B2a1 Rossavino	72,66	1,66	95,00	2,17	104,59	<b>2,39</b>
7B2a Rossavino	72,90	1,85	95,28	2,41	104,88	<b>2,66</b>
7B2abcd Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Orbicella	-	12,34	-	13,54	-	<b>13,85</b>
7B2 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Orbicella	95,33	12,12	124,47	15,82	136,93	<b>17,41</b>
7B1a Cerreta	80,61	4,52	104,95	5,89	115,44	<b>6,48</b>
7B1 Cerreta	82,01	4,93	106,69	6,41	117,32	<b>7,05</b>
7B1B2 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	97,14	15,34	126,63	19,99	139,26	<b>21,99</b>
7B Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Orbicella	99,51	15,49	129,61	20,18	142,48	<b>22,18</b>
7A1a Trinità	68,04	0,77	88,24	1,00	96,85	<b>1,09</b>
7A1 Trabete	73,17	1,22	94,74	1,58	103,92	<b>1,73</b>
7A Trinità-Trabete	83,97	2,08	108,50	2,69	118,93	<b>2,95</b>
7AB Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella	99,70	16,45	129,70	21,40	142,52	<b>23,51</b>
7 Valaraudo-Vallerana-Rossavino-Cerreta-Trinità-Trabete-Orbicella-Rasio	102,12	16,70	132,67	21,70	145,72	<b>23,84</b>

Trattandosi di bacini modesti impostati nell'ambito di depositi alluvionali e fluvioglaciali non si è calcolato il contributo solido in carico agli impluvi, in quanto del tutto trascurabili e ininfluenti ai fine delle verifiche idrauliche, trattate nel prossimo capitolo.



## 5.5 VERIFICA DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO

### 5.5.1 Considerazioni generali

Il programma HEC-RAS, realizzato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers, è un sistema integrato di software, progettato per uso interattivo in un ambiente multiutente; esso contiene tre moduli di analisi idraulica monodimensionale:

1. analisi del moto permanente a pelo libero ;
2. analisi del moto vario;
3. analisi del trasporto solido in letto mobile (questo modulo non è presente nella versione di HEC-RAS in nostro possesso).

Il modulo 1. del moto permanente a pelo libero, che abbiamo utilizzato per le verifiche idrauliche, può gestire un'intera rete di canali, un sistema ad albero, o singolo ramo ed è in grado di modellare il moto in regime di corrente lenta, in corrente veloce o regime misto.

La procedura di calcolo è basata sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia. Le perdite valutate sono quelle di attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni: ciò si verifica in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a lenta (risalti idraulici) oppure in corrispondenza di ponti o delle confluenze di più rami di una rete. Nei calcoli possono essere considerati gli effetti di punti singolari quali ponti, sottopassi e manufatti con paratoie.

### 5.5.2 Metodologia utilizzata

La GEO - INVEST sas di Valenza (AL) ha effettuato un dettagliato rilievo topografico dei corsi d'acqua citati nel capitolo precedente, fornendo in tal modo numerose sezioni che sono state utilizzate per la modellazione idraulica prevista dal programma HEC-RAS.

Le sezioni sono state distribuite uniformemente sui tratti dei corsi d'acqua oggetto di studio, in modo che terminata la fase di inserimento dei dati geometrici, non si manifestassero problemi nella successiva fase di elaborazione e interpolazione degli stessi dati.

L'ubicazione, l'ampiezza, il numero d'ordine (in rosso e decrescente da monte verso valle) delle sezioni utilizzate nella ricostruzione dei vari corsi d'acqua sono state evidenziate in appositi stralci planimetrici, in scala 1:10.000, riportati nell'Allegato 1; ciascuna di queste tavole grafiche è relativa a uno o più bacini, in particolare nell'ordine ritroviamo:

- ✓ Bacini 1 e 2 ⇒ è relativa al Rio Ghisone e al suo affluente Rio Baldovara;
- ✓ Bacino 3 ⇒ Rio Roccalvone;
- ✓ Bacino 4 ⇒ Rii Baraccone, Bozzole e Bettale (si tratta di un unico corso d'acqua, che cambia nome procedendo verso valle ossia verso la sua confluenza nel F. Bormida);
- ✓ Bacino 5 ⇒ Rio della Fame;
- ✓ Bacino 6 ⇒ Rio del Tiro a segno;



- ✓ Bacino 7 ⇒ la prima tavola relativa a questo bacino è un quadro d'insieme della complicata ramificazione del Rio Orbicella, affluente destro del F. Bormida, che nell'ultimo tratto a partire da C.<sup>na</sup> Ravetti prende il nome di Rio Rasio; essa è stata prodotta in scala 1: 25.000 per comprendere l'intero corso d'acqua e i suoi affluenti: sono stati disegnati in rosso sei riquadri, contraddistinti dalle lettere A, B, C, D, E e F, poi ripresentati a scala 1: 10.000 per un maggior dettaglio:
  - Settore A ⇒ è relativo al tratto iniziale del Rio Orbicella, quando sulla base CTR è indicato con il nome di Rio Rasio (sezioni dalla 1 alla 16);
  - Settore B ⇒ comprende i Rii Trinità e Trabete (due affluenti sinistri del Rio Orbicella), le sezioni dalla 17 alla 34 sul Rio Orbicella e le prime cinque sezioni sul Rio Cerreta, altro affluente sinistro del Rio Orbicella;
  - Settore C ⇒ comprende le sezioni dalla 35 alla 42 sul Rio Orbicella;
  - Settore D ⇒ evidenzia una parte del Rio Cerreta, con le sezioni dalla 6 alla 19 e l'ultima sezione del Rio Trinità;
  - Settore E ⇒ comprende le sezioni dalla 20 alla 26 sul Rio Cerreta, tutte le sezioni dalla 1 alla 14 distribuite lungo il Rio Rossavino e le sezioni dalla 43 alla 54 sul Rio Orbicella;
  - Settore F ⇒ identifica tutte le sezioni dalla 1 alla 8 sul Rio Vallerana e le sezioni dalla 55 alla 62 sul Rio Valaraudo (a monte della confluenza con il Rio Vallerana, l'Orbicella cambia nome divenendo appunto Valaraudo).

Il programma richiede la ricostruzione planimetrica dei corsi d'acqua e l'introduzione di ogni singola sezione (progressive e relative quote altimetriche): per ciascuna sezione sono state specificate le distanze in metri in sponda sinistra, centro canale e in sponda destra dalla sezione di valle, gli argini sinistro e destro dell'alveo, i coefficienti di contrazione e di espansione per la valutazione di eventuali perdite di energia dovute a repentini cambi della sezione di deflusso e i coefficienti di scabrezza (Manning) ricavati dalla letteratura (si faccia riferimento alla tabella dei coefficienti di Manning riportata di seguito).

In corrispondenza dei punti in cui due o più correnti si congiungono o si separano sono state introdotte le confluenze: esse possono essere modellate tramite l'equazione dell'energia o quella della quantità di moto. Nei casi in esame, trattandosi di confluenze regolari, senza il verificarsi di perdite di energie significative, è sempre stata utilizzata l'equazione dell'energia che non tiene conto dell'angolo dell'affluente in entrata e in uscita, a differenza dell'equazione della quantità di moto.

Per quanto riguarda la presenza di ponti e/o sottopassi, il programma calcola la perdita d'energia dovuta a queste strutture, suddividendola in tre parti:

- ✓ la prima parte rappresenta la perdita che si verifica nel ramo immediatamente a valle della struttura, dove avviene un'espansione del flusso;
- ✓ la seconda parte rappresenta la perdita nella struttura stessa;
- ✓ la terza parte rappresenta la perdita di energia nel ramo immediatamente a monte della struttura dove il flusso si contrae per passare attraverso l'apertura.



Da qui la necessità di introdurre per ogni attraversamento un minimo di tre sezioni (infatti sulle planimetrie, in corrispondenza dei ponti la sequenza numerica è identificata con *n.2* per la sezione immediatamente a monte, *n* per quella immediatamente a valle e *n.1* per la struttura stessa, anche se non è stata scritta).

Il programma inoltre, permette di gestire sottopassi a sezione circolare, scatolare, ellittica, ad arco ribassato, a ferro di cavallo e semicircolare.

Una volta inseriti tutti i dati geometrici si è passati al calcolo dei profili idraulici *in moto permanente*: per ciascun sottobacino e/o bacino nell'ambito del quale le condizioni idrauliche rimangono invariate, sono state inserite le sole portate relative ai tempi di ritorno di 100 e 200 anni. Si sono quindi fissate le condizioni al contorno, in base alla tipologia di flusso dei vari corsi d'acqua: trattandosi di impluvi a *regime di corrente lenta* (sezione regolare, pendenze irrilevanti), il programma impone che la condizione al contorno da definire sia quella di valle (se la corrente è lenta non risente di ciò che accade a monte).

In un regime di corrente veloce, la condizione al contorno necessaria è quella di monte; se invece viene effettuato un calcolo in regime di flusso misto, le condizioni al contorno devono essere immesse per entrambe le estremità del sistema.

Le condizioni al contorno disponibili sono quattro:

- ✓ Known Water Surface Elevations (quota nota del pelo libero) - è richiesta la quota del pelo libero per ogni portata introdotta;
- ✓ Critical Depth (altezza critica) - non è richiesta alcuna informazione in quanto il programma calcola automaticamente l'altezza critica per ogni portata e la userà come condizione al contorno;
- ✓ Normal Depth (altezza di moto uniforme) - viene richiesta la pendenza della linea di energia che sarà usata per calcolare l'altezza di moto uniforme, per ogni portata, in quella sezione (equazione di Manning);
- ✓ Rating Curve (scala di deflusso) - sono richiesti i valori di quota idrometrica e delle relative portate; per valori intermedi, in fase di simulazione viene effettuata un'interpolazione lineare.

Nel nostro caso non avendo a disposizione alcun dato di portata misurato durante un evento di piena o un'altezza idrometrica delle acque di deflusso si è scelto di lavorare con la condizione Critical Depth.

Si è infine passati alla verifica delle sezioni, imponendo il tipo regime di flusso, ossia corrente lenta, veloce o mista: come anticipato sopra, nei corsi d'acqua in studio è stato imposto un regime di corrente lenta.

Si sottolinea che le verifiche effettuate non sono state eseguite limitatamente ai singoli sottobacini ma sono state sviluppate per il bacino principale nel suo complesso (identificato coi numeri da 1 a 7), in modo da ottenere, alla sezione di chiusura, dei risultati che tenessero conto di tutti i fattori compresi nel bacino principale stesso.



### 5.5.3 Commento dei dati ottenuti

Le sezioni introdotte sono più di 300, pertanto, per non rendere pesante la lettura, si è deciso di riportare nell'Allegato 1 solo gli schemi grafici delle sezioni d'alveo in corrispondenza di settori significativi (attraversamenti e nuclei abitati). Si è ritenuto d'altra parte opportuno fornire una tabella riassuntiva che comprendesse comunque tutte le sezioni introdotte per la ricostruzione di ogni corso d'acqua esaminato, in modo da avere l'andamento complessivo delle portate di deflusso.

Di seguito si propongono i risultati ottenuti in corrispondenza di tutte le sezioni verificate.

In corrispondenza dei ponti e dei tubi sono state evidenziate anche le sezioni di monte (up) e di valle (down) rispetto alla direzione di scorrimento dell'acqua.

Va specificato che gli attraversamenti identificabili nella tavola delle Opere SICOD con i codici AG051-AG052-AG053 (rio Bozzole) e AG009 (rio Trinità) non sono stati verificati in questa sede in quanto costituiti da tubi di grande diametro (4 m) e ritenuti quindi del tutto sufficienti al deflusso delle portate in esame.

Va inoltre sottolineato che sono stati considerati nelle verifiche come levee solo gli argini con franco di sicurezza superiore ad 1 m.

#### RIO GHISONE

<u>SEZIONE</u> <u>(n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>6</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>

#### RIO BALDOVARA

<u>SEZIONE</u> <u>(n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>2.1dw</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>2.1up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>2.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>5.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>5.2</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>



<u>7</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>8</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>9</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11.1dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11.1up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>12</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>13</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>15</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>16</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>

## RIO ROCCALVONE

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>3.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>3.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>5.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>5.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>

## RIO BOZZOLE

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.2</u>	<u>Modesta esondazione in sponda sx</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>7</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>



<u>8</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>9</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>11</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>11.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>12</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>13</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>14</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>14.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>14.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>14.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>15</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>17</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>17.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>17.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>17.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>18</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>20</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>21</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>22</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>23.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>23.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>23.2</u>	<u>Modesta esondazione in sponda sx</u>
<u>24</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>25</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>25.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>25.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>25.2</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>26</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>27</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>27.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>27.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>27.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>28</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>29</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>30</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>31</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>31.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>31.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>31.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>32</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>



<u>33</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
-----------	--

## RIO DELLA FAME

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>7</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>9</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>11.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>12</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>13</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>14</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>15</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>16</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>17</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>18</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>20</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>21</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>22</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>
<u>23.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>23.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>23.2</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>
<u>24</u>	<u>Sezione adeguata</u>



## RIO DEL TIRO A SEGNO

SEZIONE (n°)	NOTE
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Modesta esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>7</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>8</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>9</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>9.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>9.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>12</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>
<u>12.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>12.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>12.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>13</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>13.2</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>

## RIO ORBICELLA

SEZIONE (n°)	NOTE
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>7</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>



<u>7.2</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>8</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>11</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>12</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>13</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>15</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>15.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>15.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>15.2</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>16</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>17</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>18</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>19</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>19.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>20</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>20.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>20.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>20.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>21</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>22</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>22.1 dw</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>22.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>22.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>24</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>24.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>24.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>24.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>25</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>26</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>27</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>27.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>27.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>27.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>28</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>29</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>30</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>31</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>



<u>32</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>33</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>33.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>33.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>33.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>34</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>35</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>35.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>35.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>35.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>36</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>37</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>37.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>37.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>37.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>38</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>39</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>40</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>41</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>42</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>43</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>44</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>45</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>46</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>47</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>48</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>49</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>50</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>50.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>50.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>50.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>51</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>52</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>53</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>54</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>55</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>56</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>57</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>57.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>57.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>57.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>58</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>58.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>58.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>58.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>59</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>60</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>60.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>60.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>



<u>60.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>61</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>62</u>	<u>Sezione adeguata</u>

RIO CERRETA

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>4</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11</u>	<u>Modesta esondazione in sponda dx</u>
<u>12</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>15</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>17</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>18</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>19</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>20</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>21</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>22</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>23.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>23.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>24</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>25</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>



## RIO ROSSAVINO

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>1.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>1.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>1.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>7</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>8</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>8.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>8.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>9</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>10</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>10.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>12</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>13</u>	<u>Esondazione in sponda sx</u>
<u>14</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>

## RIO VALLERANA

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>7</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>



## RIO TRABETE

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1.1 up</u>	<u>Esondazione in sponda sinistra</u>
<u>1.2</u>	<u>Esondazione in sponda sinistra</u>
<u>2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>6</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>7</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>7.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>

## RIO TRINITÀ

<u>SEZIONE (n°)</u>	<u>NOTE</u>
<u>1</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>2.1 dw</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>2.1 up</u>	<u>Acqua contro il rilevato</u>
<u>2.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>3</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>3.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.1 up</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>4.2</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5.1 dw</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5.14</u>	<u>Esondazione su entrambe le sponde</u>
<u>5.17</u>	<u>Esondazione in sponda dx</u>
<u>5.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>5.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>6</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>7.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>



<u>8.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>8.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>9.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>10.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>11.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>12</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>13.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>14.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>15</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>15.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>15.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>15.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>16.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>17</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>18</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>19</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>19.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>19.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>19.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>20</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>20.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>20.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>20.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>21</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>22</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>22.1 dw</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>22.1 up</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>22.2</u>	<u>Sezione adeguata</u>
<u>23</u>	<u>Sezione adeguata</u>



Per quanto riguarda il Rio Bozzole è stata effettuata un'ulteriore verifica ipotizzando di sommare alle naturali portate di piena del corso d'acqua quelle derivanti dall'apertura della chiusa presente sul Canale Carlo Alberto.

La simulazione è stata considerata solo in caso di eventi meteorici eccezionali, ossia quando si potrebbero manifestare problemi di interferenza tra il canale e il rio.

Dopo aver interpellato l'ente gestore del canale e in base alle misurazioni effettuate sul posto, si è convenuto di fissare in **1,80 mc/sec** la portata che potrebbe essere convogliata nel rio a seguito dell'apertura della chiusa di cui sopra. Sommando questo contributo alla portata di piena di **7,83 mc/sec**, per un tempo di ritorno di 200 anni, si è ottenuta una portata complessiva di **9,63 mc/sec**: questo valore è stato quindi utilizzato per trovare la sezione minima di deflusso per lo smaltimento delle suddette acque senza provocare allagamenti o danni di qualsiasi genere nel tratto citato.

La sezione minima è risultata pari a circa **7 mq**, valore che si precisa dovrà essere rivalutato con verifiche idrauliche di maggior dettaglio in una successiva ed eventuale fase di progetto, anche in funzione delle scelte di ingegneria naturalistica adottate.



## 5.6 PROPOSTE DI INTERVENTO

In quest'ultimo capitolo tratteremo le varie proposte d'intervento di cui si consiglia la realizzazione in modo da apportare miglioramenti allo stato di fatto, favorendo il regolare smaltimento delle acque di piena.

Come già visto nel capitolo precedente, per ciascun bacino, si descriveranno anche se sommariamente gli interventi utili per il ripristino di adeguate sezioni di deflusso, in modo da assicurare il regolare smaltimento delle acque in concomitanza di eventi meteorici a carattere eccezionale (si faccia riferimento alle stesse tavole grafiche per la visualizzazione dei vari tratti oggetto di problematiche).

### RII GHISONE E BALDOVARA

Le verifiche idrauliche hanno messo in evidenza come il tratto in esame del Rio Ghisone sia interessato da esondazioni a valle della B di progetto del PAI, senza alcuna interferenza diretta con l'edificato esistente, sebbene nel corso dell'evento del 1994 l'azione combinata con le acque esondate del fiume Bormida hanno comportato allagamenti presso la C.na Litigata.

Il corso d'acqua affluente invece, costituito dal Rio Baldovara, presenta più punti critici: alla luce dei risultati ottenuti gli interventi di sistemazione possono così riassumersi:

SEZIONI	NOTE
Tratto 14÷8 (S.S. 30)	Pulizia vegetazione infestante e materiali ingombranti, disalveo e manutenzione costante per garantire un regolare deflusso delle acque, soprattutto in corrispondenza dei ponti. Rifacimento ponte in corrispondenza S.S. 30, non adeguato.
Tratto 7÷2	Come nel tratto precedente taglio vegetazione infestante, rimozione materiale ingombrante, disalveo e manutenzione costante. Sistemazione degli attraversamenti inadeguati

### RIO ROCCALVONE

Il tratto di questo corso d'acqua ricadente nel territorio comunale di Castellazzo Bormida è limitato e riconducibile alla porzione distale prima della confluenza con il fiume Bormida.

SEZIONI	NOTE
Tratto 5÷1	Pulizia dell'alveo con taglio vegetazione infestante e rimozione materiali ingombranti. Sistemazione dell'attraversamento ferroviario e dei quello a valle, presso C. Zerba, attualmente non adeguati: nei tratti a monte e a valle del ponte adeguamento delle sezioni d'alveo, assicurando un'area di deflusso non inferiore ai 3,5 mq, per garantire un corretto franco di sicurezza. Si raccomanda la manutenzione annuale delle sponde e del fondo.

### RII BARACCONE, BOZZOLE, BETTALE

Le verifiche idrauliche effettuate lungo il corso d'acqua in questione hanno evidenziato diverse problematiche, che sono riassunte nella tabella sottostante:

SEZIONI	NOTE
33÷32	Pulizia alveo e manutenzione costante nel tratto indicato con adeguamento delle sezioni di deflusso.



30÷28	
Tratto 27÷20	Pulizia del tratto in questione con asportazione del materiale e della vegetazione ingombrante, al fine di agevolare il regolare deflusso delle acque. Adeguamento degli attraversamenti presso C. La Pianosa. Manutenzione obbligatoria.
Tratto 19÷17	Pulizia tratto ed eventuale adeguamento del ponte sulla strada sterrata che porta a C. Bellaria in quanto di sezione non adeguata.
16-15	Anche se le sezioni risultano verificate si raccomanda la costante pulizia del tratto per la presenza del Canale Carlo Alberto. In particolare si consiglia la sistemazione del ponte canale e la verifica dello scarico di troppo pieno del Canale Carlo Alberto nel rio Bozzole, a valle del ponte-canale.
Tratto 14.2÷11	Il tratto compreso tra la linea ferroviaria e l'attraversamento in località Rampina presenta sezioni non adeguate allo smaltimento delle portate: il ponte per l'attraversamento dell'incrocio nei pressi della Fornace provoca addirittura il rigurgito delle acque con allagamento delle aree limitrofe. Necessità di sistemazione del tratto in questione con risagomatura delle sezioni di deflusso.
10÷6	Si consiglia una risagomatura dell'intero tratto (dalla sezione 10 fino all'intersezione con la tangenziale), con annessa pulizia dell'alveo, caratterizzato da opere non idonee, e taglio dell'abbondante vegetazione infestante.

## RIO DELLA FAME

La maggior parte del tratto in esame è caratterizzato da sezioni insufficienti: solo a valle dell'attraversamento sulla strada che porta a C.<sup>na</sup> Raviaro, ossia dalla sezione 5 fino alla confluenza nel F. Bormida, le sezioni risultano adeguate al regolare deflusso delle acque di piena. La situazione può così riassumersi:

SEZIONI	NOTE
Tratto 23÷6	Pulizia vegetazione infestante e materiali ingombranti presenti in alveo, rimozione dei sedimenti depositati in alveo con risagomatura delle sponde laddove necessario. Garantire una manutenzione costante annuale per assicurare il regolare deflusso delle acque, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti, da adeguare.
Tratto 5÷1	Anche se queste sezioni risultano idraulicamente adeguate si consiglia una sistemazione delle sponde con interventi di ingegneria naturalistica per garantire una maggiore protezione alla zona di confluenza nel F. Bormida.

## RIO DEL TIRO A SEGNO

La situazione risulta così schematizzata:

SEZIONI	NOTE
13 (ponte Tiro a segno)	La sezione dell'attraversamento allo stato attuale non assicura alcun franco di sicurezza: si consiglia disalveo fondo con asportazione materiale ingombrante per ampliare sezione di deflusso.
12 (ponte sulla strada per Castelspina)	Adeguamento delle sezioni di deflusso dell'attraversamento.
Tratto 12÷5	Sistemazione del tratto con risagomatura del fondo alveo, asportazione di eventuale materiale ingombrante in modo da contenere le acque di piena e assicurare un maggiore franco di sicurezza al ponte di C. <sup>na</sup> Maranzana. Si raccomanda a favore della sicurezza di svolgere una manutenzione costante lungo l'intera asta fino alla confluenza nel F. Bormida.



## RIO ORBICELLA

Come già fatto nel capitolo precedente, dove per ogni singolo settore sono state elencate le sezioni idraulicamente non verificate, anche per le proposte d'intervento si procederà nello stesso modo.

## ✓ SETTORE F

Lungo il Rio Valaraudo si riscontrano possibili esondazioni in sponda destra solo nell'ultimo tratto in corrispondenza della sezione 55:

SEZIONI	NOTE
Da 55 sino alla confluenza con Vallerana	Risagomatura alveo

Per quanto concerne invece, il secondo ramo rappresentato dal Rio Vallerana la situazione può così riassumersi:

SEZIONI	NOTE
Tratto 6÷1	Accurata pulizia dell'alveo con eliminazione dei materiali ingombranti e risagomatura delle sponde per agevolare il deflusso delle acque. Eventuale ricostruzione dell'antico canale scolmatore del torrente Orba

## ✓ SETTORE E

Questo settore comprende parte del Rio Orbicella, l'intero tratto del Rio Rossavino e la parte alta del bacino del Rio Cerreta. La situazione idraulica risulta molto articolata per tutti i rami in esame e in particolare:

SEZIONI	NOTE
Tratto 54÷43 (Orbicella)	La maggior parte delle sezioni che costituiscono il tratto in esame non sono in grado di contenere le acque di piena: alla luce di quanto ottenuto si consigliano interventi di pulizia con rimozione dei materiali presenti, taglio dell'eventuale vegetazione infestante con risagomatura dell'alveo laddove necessaria. Si raccomanda inoltre, di eseguire annualmente la manutenzione dell'alveo per assicurare sempre lo smaltimento delle acque di piena, anche in prossimità dell'attraversamento nei pressi delle C. <sup>ne</sup> Berretta e Novella, da adeguare. Al fine di migliorare il deflusso in questo tratto e nel settore seguente (settore C) si propone di riattivare l'antico canale scolmatore che dalla località Merlana raggiungeva il T. Orba nei pressi della C.na Merlanotta.
Tratto 13÷1 (Rossavino)	Regolarizzazione del tratto con operazioni di pulizia E disalveo in modo da assicurare lo smaltimento delle acque, adeguamento degli attraversamenti nei pressi di C. <sup>na</sup> Viarmina e di C.na Rossina.
Tratto 25÷20 (Cerreta)	Accurata pulizia del tratto indicato con asportazione del materiale e della vegetazione ingombrante, al fine di regolarizzare le sponde agevolando il normale deflusso delle acque. Adeguamento dell'attraversamento della strada interpodereale per C.na Viarmina.

## ✓ SETTORE D

In questo settore è contemplato il tratto mediano del Rio Cerreta, il cui stato attuale risulta discretamente buono, solo in corrispondenza di C.<sup>na</sup> delle Monache sono stati evidenziati problemi:



SEZIONI	NOTE
Tratto 19÷11	Il corso d'acqua è soggetto a locali erosioni di sponda per le quali si deve prevedere la regolarizzazione dell'intero tratto. Da adeguare l'attraversamento della strada vicinale nei pressi della confluenza tra l'affluente di sinistra ed il rio Cerreta, a valle di C.na Monache.

## ✓ SETTORE C

Le sezioni comprese in questo settore (dalla n. 42 alla n. 35), riguardano il tratto del Rio Orbicella ricadente quasi interamente nel Comune di Casal Cermelli: la zona presenta ampie esondazioni (anche su base foto interpretativa). Va prevista la risagomatura dell'alveo in corrispondenza della sezione 36.

## ✓ SETTORE B

Il settore comprende parte del Rio Orbicella, i Rii Trabete e Trinità e l'ultima parte del Rio Cerreta. La situazione idraulica è la seguente:

SEZIONI	NOTE
Tratto 34÷19 (Orbicella)	È necessario procedere alla sistemazione del tratto con interventi di pulizia, rimozione dei materiali presenti, taglio dell'eventuale vegetazione infestante e risagomatura dell'alveo laddove necessaria: Si rende necessario inoltre provvedere ad adeguare e mantenere gli attraversamenti presenti.
Tratto 5÷1 (Cerreta)	Nessuna particolare problematica.
Tratto 5.2÷5 (Trinità)	Il corso d'acqua non desta alcun tipo di problema nel primo tratto compreso tra l'Autostrada e la località omonima. A metà del tratto interrato il tubo riceve le acque del Rio Trabete, suo affluente sinistro, rendendo critico il deflusso. L'Amministrazione Comunale intende sistemare la zona realizzando uno scolmatore di piena del rio Trabete e del Rio Trinità, da realizzare a monte dei tratti intubati, e convogliando le portate in eccesso lungo la linea ferroviaria sino ad un tubo sider, di diametro 1.8 m, esistente.
Tratto 4÷1 (Trinità)	Sistemazione di questo tratto finale, sino alla confluenza nel Rio Orbicella, con adeguamento delle sezioni di deflusso e degli attraversamenti compreso quello autostradale. Nel rifacimento del tratto si consiglia anche di modificare la confluenza nel Rio Orbicella: tale immissione dovrebbe spostarsi un centinaio di metri più a valle, evitando i problemi al ponte e agevolando la confluenza delle stesse acque non più ad angolo retto ma rivolte nella stessa direzione di scorrimento delle acque del Rio Orbicella.
Tratto 7÷3 (Trabete)	Adeguamento dell'intero tratto con risagomatura delle sezioni di deflusso in modo da garantire in sicurezza lo smaltimento delle acque. Collettamento delle acque come previsto per il rio Trinità.

## ✓ SETTORE A

L'ultimo settore considera il tratto terminale del Rio Orbicella denominato Rio Rasio; la situazione riscontrata è la seguente:

SEZIONI	NOTE
Tratto 16÷12	L'attraversamento sulla strada vicinale non è adeguato allo smaltimento delle portate duecentennali: necessità di rifacimento dello stesso con luce idonea al giusto deflusso delle acque di piena e regolarizzazione dei tratti immediatamente a monte e a valle, in moderata erosione di sponda.



Tratto 11÷7	Si presenta una situazione analoga alla precedente: anche in questo caso necessità di adeguare gli attraversamenti e di sistemare appropriatamente l'alveo.
-------------	---

Al fine di ridurre le portate affluenti lungo il Rio Orbicella, è stata verificata l'ipotesi, brevemente accennata nelle schede precedenti, di riattivare due scolmatori esistenti nel secolo scorso e dei quali rimangono ancora tracce dei canali e delle chiuse di regolazione, che derivavano parte delle acque verso il T. Orba.

Le deviazioni in questione sono identificabili:

- sul Rio Vallerana si realizzerebbe un nuovo tratto di canale per deviare parte delle acque nel fosso esistente sul lato di monte della strada vicinale che dal cimitero della località Fontanasse porta a C.<sup>na</sup> Nuova/M° di Retorto. I calcoli eseguiti hanno evidenziato che la portata derivabile con questa opera può essere considerata pari a **1 mc/sec**;
- sul Rio Orbicella, all'altezza della località Merlana potrebbe essere riattivato il canale esistente, tramite opportuna chiusa, che sarebbe in grado di far defluire una portata massima di **2 mc/sec**.

Alla luce di queste considerazioni "l'alleggerimento" complessivo di 3 mc/sec comporterebbe un decisivo miglioramento della situazione lungo il Rio Orbicella.

In fase progettuale, qualora si approvasse il progetto di riattivazione dei suddetti canali, si potrebbe prendere in considerazione l'ipotesi di sistemare gli scolmatori in modo da deviare maggiori quantitativi d'acqua rispetto ai 3 mc/s sopra indicati ed apportare ulteriori miglioramenti all'attuale deflusso delle acque.



## 6 ANALISI DEI VINCOLI PREVISTI DAL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (ALL. 4) IN RAPPORTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO

L'adozione del PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO, preceduta dal DPCM 24.07.98 "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali", ha comportato l'imposizione di misure di salvaguardia nei territori delimitati dalle fasce fluviali e di quelli interessati da dissesto. Nell'ambito della stesura del presente studio geologico, è dunque necessario effettuare un confronto tra la situazione vincolistica prevista dal PAI e le analisi di dettaglio sopra commentate. Nell'allegato 4 sono riportati gli stralci delle tavole PAI relative alle "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali", scala 1:25.000, Foglio 176 sezione II e Foglio 194 sezione 1, del PAI oltre allo stralcio del Foglio 176 sezione II "Delimitazione delle aree in dissesto".

DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI – Innanzitutto va detto, come già commentato in precedenza, che si nota un discreto accordo tra il limite di fascia A PAI e quanto rilevato nel corso dell'evento alluvionale del novembre 1994 lungo il fiume Bormida ed il T. Orba, con le eccezioni viste per la zona di C.na Bergamina, di C.na Altafiore e del Ponte della Maranzana. Una ulteriore eccezione si individua in sinistra Bormida dove evidentemente si è verificato un rigurgito attraverso i fornici della S.S. 30 nei pressi della zona C.na Corazza-Cantalupo, con esondazione nelle aree interne alla Fascia C del PAI.

Il limite delle aree esondate nel 1994 peraltro ha un andamento corrispondente alla situazione morfologica del territorio, soprattutto alla disposizione dei paleoalvei, dei terrazzi e dei tracciati storici dei fiumi in parola.

L'assenza di dati topografici di dettaglio non ha consentito di effettuare valutazioni complete per individuare le porzioni di territorio a tergo della B di progetto interessata da piena per tempi di ritorno di 200 anni. E' stato quindi utilizzato, a tale scopo, lo studio dell'AdBPo "Sottoprogetto SP1" (giugno 1995), citato in precedenza, che propone una delimitazione delle aree esondabili per tempi di ritorno di 200 anni. Il raffronto tra la suddetta delimitazione e le fasce istituite dal PAI mette in evidenza alcune incongruenze nell'andamento dei tracciati, che non appaiono attribuibili unicamente ad imprecisioni cartografiche, come ad esempio nella zona a sud di Borgoratto, dove la fascia B naturale risulta interna alla fascia B di Progetto, e nei pressi di C.na Campagna, dove la fascia B naturale risulta in alcuni tratti esterna alla fascia C.

Inoltre, nella zona del concentrico di Castellazzo, la comparazione tra i tiranti idrici (sezione S14, 103.00 m) per  $Tr = 200$  anni e le quote del rilievo topografico (punti quotati presso Torrione, C.na Fiorentina e lungo la strada provinciale proveniente da NW, pari rispettivamente a 103.334 m, 103.031 m e 102,797 m), consente di confermare le individuazioni dei paleoalvei potenzialmente riattivabili, indicati nella cartografia geomorfologica, e di supportare le perimetrazioni elaborate nella successiva cartografia di sintesi.

Analogamente, i confronti tra quote topografiche, seppur discontinue, valori dei tiranti idrici del PAI ed effetti alluvionali permettono di valutare le condizioni di pericolosità degli edifici agricoli ubicati all'interno delle fasce A e B del PAI, o a tergo della B di progetto, che hanno portato alla definizione del grado di idoneità urbanistica espresso nelle tavole di sintesi. In particolare le



cascine Marietta, Raviaro, Pulciano, Barossi sono difese da arginature con sommità poste a quote superiori ai tiranti idrici di riferimento del PAI; le cascine Maranzana, Fallita, Scacca e Campagnotta sono poste a quote anch'esse superiori ai valori di Q200 del PAI mentre le cascine Litigata e Il Rotto appaiono interessate da tiranti di altezza pari a circa 0.5 metri. Più elevati sembrano essere i tiranti idrici che possono interessare, per la piena di riferimento, le cascine Altafiore e Toscana.

ALTRI DISSESTI – come si evince dalla Carta Geomorfologica, e da quella degli effetti alluvionali, sono stati individuati dissesti di tipo torrentizio lungo il reticolato idrografico minore, che contribuiranno ad aggiornare il quadro dei dissesti del PAI, il quale evidenzia problematiche di natura idraulica e geomorfologica solo lungo il corso del rio Cerreta e Rasio e lungo il tratto del Rio Baldovara al confine con il Comune di Gamalero.

Si ritiene dunque che il presente studio fornisca un quadro dell'assetto del territorio, dal punto di vista del rischio geomorfologico reale e potenziale, decisamente articolato e che, in definitiva, risponda alla richiesta di approfondimento dell'analisi geologica, nelle aree soggette a particolare situazione di rischio, nell'ambito della revisione dello strumento urbanistico.



## 7 DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI SINTESI

La conclusione delle analisi geologiche, geomorfologiche ed idrauliche sopra illustrate è sintetizzata dalla carta di pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, redatta per l'intero territorio comunale sia in scala 1:10.000 su base CTR che a scala di piano su base catastale.

Dall'esame dei dati raccolti nel corso dell'intero lavoro, è possibile suddividere il territorio comunale in aree definite in base a diverse classi di idoneità alla trasformazione urbanistica, in relazione anche ai vincoli esistenti.

La circolare 7/LAP distingue tre diverse classi di zonizzazione:

### **CLASSE I**

*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.*

### **CLASSE II**

*Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.*

*Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.*

### **CLASSE IIIA**

*Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti... Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*

### **CLASSE IIIB**

*Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico. Per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77. Nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità.*

### **CLASSE IIIC**

*Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio, per le quali non è proponibile un'ulteriore utilizzazione urbanistica neppure per il patrimonio esistente, rispetto al quale dovranno essere adottati i provvedimenti di cui alla Legge 9.7.1908 n° 445. Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*



Si tiene a precisare che, in fase di elaborazione e stesura della suddetta carta, è stata effettuata una suddivisione della Classe IIIB, che meglio risponde ai diversi tipi e livelli di rischio presenti, come previsto nella N.T.E. alla Circolare 7/LAP.

In base a quanto previsto dal PAI (Norme di Attuazione, art. 31, comma 5; Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico, Allegato 3), per i territori a tergo della fascia B di progetto devono essere valutate "le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle Norme di Attuazione del PAI relativi alla fascia B".

Pertanto, sulla base delle analisi esperite, è stata distinta una Classe IIIB<sub>2</sub>, per i territori a tergo della B di progetto, suscettibili di inondazione in naturalità, alla quale andranno applicate temporaneamente le norme della fascia B del PAI sino al completamento dell'iter procedurale di realizzazione e collaudo delle nuove opere di arginatura.

Per la Classe IIIB si propone dunque la seguente schematizzazione:

**CLASSE IIIB** (Enunciato generale, comune a tutte le sottoclassi) - *Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico. Per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*

- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>1</sub>** – non presente;
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>2</sub>** – *a seguito della realizzazione delle opere sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti;*
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>3</sub>** – *a seguito della realizzazione delle opere di riassetto, sarà possibile solo un modesto incremento del carico antropico (ristrutturazioni); non sono ammesse nuove unità abitative e completamenti.*
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>4</sub>** – non presente.

#### 7.1 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (TAVOLE 7 E 8)

##### 7.1.1 Cenni metodologici

Nella legenda delle tavole 7 ed 8 sono riportati per ciascuna classe:

- la normativa della Circolare 7/LAP
- il livello di pericolosità geomorfologica, definito indicando l'agente morfogenetico prevalente e il grado (da irrilevante ad elevato)
- la vulnerabilità, di cui viene indicata la causa, e il valore esposto
- il rischio totale (da nullo ad elevato)
- gli interventi proposti per la riduzione o la minimizzazione del rischio: viene fatta una distinzione tra gli interventi di riassetto generali, locali, il controllo e la manutenzione delle opere esistenti, per i quali si dichiara se sono necessari o meno, e le norme tecniche eventualmente da rispettare



- l'idoneità urbanistica, definita mediante un elenco di condizioni a cui deve sottostare un'area appartenente ad una determinata classe.

La carta della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica ha lo scopo di evidenziare lo stato del territorio sotto il profilo della sua pericolosità e rappresenta la sintesi dei dati raccolti per la redazione della cartografia di base.

Le tavole 7A e 7B rappresentano la carta di sintesi per l'intero territorio comunale (seconda fase della Circolare 7/LAP). Per le aree urbanizzate e di prevista urbanizzazione sono state redatte le tavole 8A e 8B utilizzando come base cartografica le tavole di azionamento del PRGI vigente (tavv. 3.1 e 3.2. ridotte alla scala 1:5.000 per comodità di consultazione), ottemperando a quanto previsto dalla Circ. 7/LAP nell'ambito della terza fase.

#### 7.1.2 Commento delle carte realizzate

##### **CLASSE I**

In questa classe sono inclusi tutti i terreni che non presentano problematiche dal punto di vista urbanistico. Si ricorda tuttavia che anche per queste aree le nuove edificazioni devono essere eseguite nel rispetto della normativa vigente ed in particolare di quanto previsto dal D.M. 11.03.1988.

##### **CLASSE II**

In questa classe sono stati raggruppati settori di territorio caratterizzati da differenti condizioni di pericolosità, ancorché moderata, di seguito descritte; alcuni luoghi possono essere condizionati da più di un fattore concomitante.

Zone potenzialmente soggette ad esondazioni a bassa energia: corrispondono alle aree prossime ai corsi d'acqua del reticolo idrografico minore che potrebbero essere interessate da lame d'acqua centimetriche a bassa energia nel corso di eventi meteorici eccezionali. Sono inoltre comprese in queste zone le aree poste in fascia C del PAI.

Terreni di copertura con mediocri caratteristiche geotecniche: in questa classe sono incluse le aree caratterizzate dalla presenza di sedimenti sabbioso-limosi e di riporto.

Aree con bassa soggiacenza della superficie freatica: si tratta della zona tra M.no Zerba e la C.na Gambarotta nella quale è stata individuata la superficie freatica a ridotta profondità.

##### **CLASSE IIIA**

Si tratta di aree inedificate non idonee a nuovi insediamenti antropici. Comprende le fasce di rispetto degli alvei attivi, di larghezza variabile, stimata in base a valutazioni di tipo geomorfologico ed idraulico dei corsi d'acqua. Comprende inoltre le aree inedificate incluse nelle fasce fluviali A e B del PAI.



## **CLASSE IIIB2**

Corrisponde nella quasi totalità ai settori posti a tergo della fascia B di progetto, per i quali si applicano temporaneamente, sino alla delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po di presa d'atto del collaudo delle opere di arginatura, le norme della fascia B. In questa classe è compresa anche l'area di loc. Rampina, potenzialmente esondabile a causa della criticità idraulica dell'attraversamento del rio Bettale sotto la strada provinciale per Cantalupo. Per questa zona nuove edificazioni e completamenti sono inibiti sino alla realizzazione ed al collaudo delle opere di riassetto indispensabili per la difesa degli edifici.

## **CLASSE IIIB3**

Comprende piccole porzioni di territorio edificate, limitrofe a corsi d'acqua del reticolo idrografico minore o inserite nelle fasce fluviali del reticolo principale, potenzialmente soggette ad esondazioni. Sono aree nelle quali non è consigliabile prevedere espansioni urbanistiche, in considerazione degli intensi processi geomorfologici che le caratterizzano.

## **COERENZA DELLA CLASSIFICAZIONE 7/LAP CON LE NORME DI CUI ALL'ART. 9 DELLE N.T.A. DEL PAI**

Nell'ambito della classificazione dei dissesti presenti nel territorio di Castellazzo Bormida sono state perimetrate alcune aree, poste lungo i corsi d'acqua del reticolo minore, soggette a dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia e classificate come Eba (processi areali ad intensità elevata) e Eml (processi lineari ad intensità medio/moderata).

Tali aree sono stati classificati in classe III nella cartografia di sintesi. Le norme previste per queste zone, esplicitate nel Quadro Normativo di Riferimento NT1 allegato, risultano pienamente coerenti con i disposti di cui all'art. 9 delle NTA del PAI, commi 6 e 6bis, con i disposti della Legenda Regionale più volte citata e con quanto riportato dall'Allegato 1 "Indirizzi per l'attuazione del PAI in materia urbanistica", punto 2, 6° capoverso lettera b) della D.G.R. 15.07.02 n. 45-6656, laddove si specifica che le norme d'uso dell'art. 9, "a seguito di studi di dettaglio condotti secondo gli standard e le procedure regionali di seguito descritte, potranno essere definite anche con scostamenti dalle indicazioni del PAI purché in sintonia con i criteri cautelativi dallo stesso PAI rappresentati".

### **7.2 MOSAICATURA DEI PIANI**

Al fine della verifica della sintonia della carta di sintesi con i piani dei comuni limitrofi, sono state visionate le seguenti carte di sintesi:

1. Comune di Casalcermelli: si nota una difformità nella zona Cascinetta, a nord dell'abitato di Casalcermelli dove si trovano a contatto una zona in classe IIIA (Castellazzo B.) ubicata all'interno della fascia B in naturalità e una zona in classe II (Casalcermelli); nella zona di Fontanasse è presente una larga fascia di rispetto lungo il Rio Vallarauto (Casalcermelli) che non ha trovato motivazione nelle verifiche idrauliche svolte; non è presente alcuna fasciatura del Rio Orbicella in prossimità del confine con Castellazzo B. nei pressi di C.na S. Cristoforo.



2. Comune di Castelspina: sostanziale uniformità con leggere differenze per le fasce di rispetto del Rio della Fame (perimetrato come EeA nel tratto di pertinenza di Castelspina);
3. Comuni di Predosa, Gamalero, Oviglio, Frascaro: sostanziale uniformità; solo al confine con Frascaro, all'estremità sud- occidentale di Castellazzo Bormida nei pressi del rio Baldovara , vi è una difformità di classificazione dovuta al contesto morfologico differente (più acclive il versante di Frascaro)
4. Comune di Borgoratto: sostanziale uniformità; si segnala che il limite della Fascia B in naturalità tracciato dal professionista incaricato dal Comune di Borgoratto, sulla base delle sezioni di progetto delle nuove arginature redatte dall'AIPO, differisce in modo sostanziale da quello proposto dal Sottoprogetto SP1 del PAI.

Per il Comune di Alessandria il confine comunale corrisponde agli alvei del T. Bormida e T. Orba.



## 8 CRONOPROGRAMMA

In questa fase viene redatto anche il documento di massima relativo agli interventi di riassetto necessari per la minimizzazione o l'eliminazione della pericolosità geomorfologica delle aree in classe IIIB (tavole 9A e 9B), documento che dovrà essere elaborato in dettaglio nella fase attuativa di piano regolatore. Per le aree già interessate da opere di difesa, dovrà essere compito dell'Amministrazione comunale verificarne la validità, in base a valutazioni tecniche redatte da professionisti competenti in collaborazione con l'Ufficio Tecnico Comunale, che dovranno stabilire se l'area risulta a rischio minimizzato oppure se necessitano ulteriori opere di completamento.

La procedura per la realizzazione delle opere di riassetto potrà essere gestita dall'Amministrazione comunale o, in alternativa, da altri soggetti pubblici o da privati che hanno specifico interesse nell'attuazione delle previsioni urbanistiche. Gli interventi dovranno essere finalizzati alla messa in sicurezza dell'intera area classificata IIIB e non potranno quindi essere ridotti alla scala del singolo lotto edificatorio, o delegata a professionisti in fase di progettazione esecutiva.

Al completamento delle opere, che hanno specifica valenza di messa in sicurezza dell'area ad esse sottesa, ai fini urbanistici, sarà compito dell'Amministrazione comunale verificare il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione del rischio e consentire l'attuazione delle previsioni del piano regolatore. Nel quadro normativo di riferimento (allegato NT1), che dovrà divenire parte integrante delle Norme di Attuazione di Piano, saranno esplicitate le procedure di utilizzo delle aree in classe IIIB, successivamente alla realizzazione delle opere di riassetto.

Secondo quanto riportato al punto 7.10 della N.T.E. alla Circolare 7/LAP, per interventi che rivestono una certa importanza, è possibile prevedere una ottimizzazione dei tempi di esecuzione, avviando contemporaneamente la costruzione dell'opera di riassetto e la realizzazione delle opere di urbanizzazione o di edificazione, consentendo però la fruibilità degli edifici solo a seguito del completamento delle procedure previste dal cronoprogramma. Inoltre si rammenta che parte integrante della messa in sicurezza dell'area è il programma di manutenzione ordinario e straordinario delle opere di riassetto presenti, con particolare riguardo ad una verifica periodica (almeno annuale e a seguito di ogni evento di piena) dello stato di consistenza delle arginature, e la redazione del Piano di Protezione Civile, quale misura non strutturale di intervento, che tenga in particolare considerazione le zone inserite in classe III di idoneità urbanistica.



## 9 BIBLIOGRAFIA

- APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici – "Mapset Repertorio completo della cartografia geologica d'Italia". – DVD.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA. - F. 70 *Alessandria*, scala 1:100.000, Roma.
- CASTIGLIONI G.B. - "Geomorfologia" UTET 1979
- CHORLEY R.J. (EDITED BY) - "Introduction to fluvial processes" 1969 Methuen & Co Ltd
- DUCHAUFOUR P. – "Pédogenèse et classification", 1983 – MASSON, PARIS.
- READING H.G. (edited by) – "Sedimentary Environments and Facies" second edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1986.
- REGIONE PIEMONTE – "Eventi Alluvionali in Piemonte, 2-6 novembre 1994, 8 luglio 1996, 7-10 ottobre 1996", Torino 1998
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE - Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000) - Guida al rilevamento, (1992) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Quaderni Serie III, Volume 1.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE - Carta Geomorfologica d'Italia (Scala 1:50.000) - Guida al rilevamento, (1994) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Quaderni Serie III, Volume 4.
- STRAHLER A. H. - "Geografia fisica" - Edizione italiana a cura di G. B. Pellegrini, U. Sauro, G. Zanon - ED. PICCIN 1984
- TROPEANO D. – "Eventi alluvionali e frane nel bacino della Bormida. Studio retrospettivo." – Associazione Mineraria Subalpina, Quaderni di Studio e Documentazione, 10, Torino, 1989.
- TROPEANO D. – "Eventi di piena nella valli Bormida e Orba" – Memorie e note GEAM, dicembre 1994.