



Autorità di Bacino Distrettuale  
dell'Appennino Settentrionale

## PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)

*Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio*

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

### RELAZIONE GENERALE

Ambito di Bacino di rilievo regionale:

**PORA**

Bacino:

**NIMBALTO**

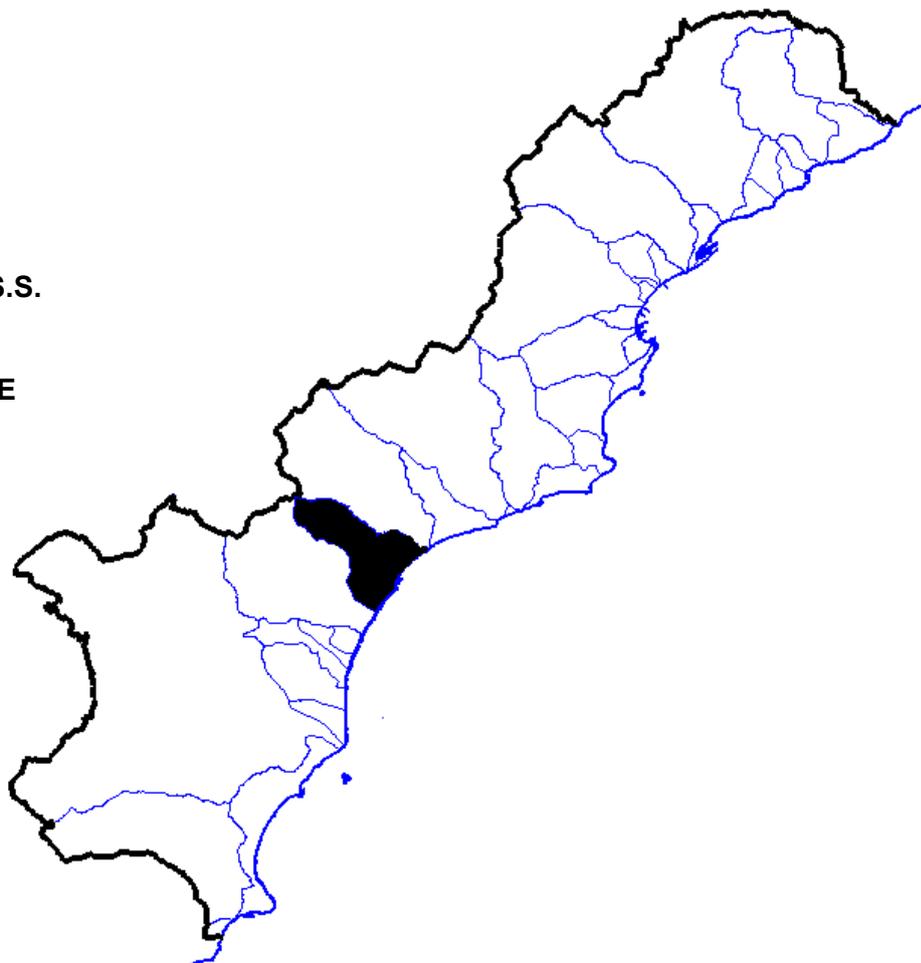
Comuni:

**BOISSANO**

**BORGHETTO S.S.**

**LOANO**

**PIETRA LIGURE**



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Direttore Generale n. 577 del 3/2/2021
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 8 parte II del 24/2/2021

## SOMMARIO

<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO .....	5
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI.....	6
1.2.1 <i>Altri strumenti di pianificazione</i> .....	6
1.3 DATI UTILIZZATI .....	6
<b>2 CARATTERISTICHE DEL BACINO .....</b>	<b>9</b>
2.1 GEOGRAFIA .....	9
2.2 GEOLOGIA.....	11
2.2.1 <i>Metodologia di studio</i> .....	11
2.2.2 <i>Caratteri geologici</i> .....	12
2.2.3 <i>Litostratigrafia e tettonica</i> .....	12
2.2.4 <i>Tettonica e assetto strutturale</i> .....	14
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	15
2.3.1 <i>Caratteri generali</i> .....	15
2.3.2 <i>Reticolo idrografico</i> .....	16
2.3.3 <i>Acclività</i> .....	18
2.3.4 <i>Considerazioni relative allo stato della roccia</i> .....	19
2.3.5 <i>Caratterizzazione delle coperture</i> .....	19
2.3.6 <i>Frane attive e franosità diffusa</i> .....	20
2.3.7 <i>Alluvioni e terrazzi fluviali</i> .....	24
2.3.8 <i>Aree in erosione</i> .....	26
2.3.9 <i>Aree carsiche</i> .....	26
2.3.10 <i>Cave</i> .....	27
2.3.11 <i>Riperti artificiali e discariche</i> .....	27
2.4 IDROGEOLOGIA .....	27
2.5 USO DEL SUOLO .....	30
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA.....	31
2.7 IDROLOGIA DI PIENA .....	31
2.7.1 <i>Premessa</i> .....	31
2.7.2 <i>Metodo C.I.M.A. – 1999</i> .....	31
2.7.3 <i>Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica</i> .....	36
2.7.4 <i>Portate di piena</i> .....	39
2.7.5 <i>Portate di piena di progetto per il bacino Nimbalto (Rif. Normativa di Piano)</i> .....	45
<b>3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO .....</b>	<b>47</b>
3.1 PREMESSA.....	47
3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO .....	48
3.2.1 <i>Suscettività al dissesto dei versanti</i> .....	48
3.2.2 <i>Commento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti</i> .....	52
3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO .....	53
3.3.1 <i>Metodologie di calcolo</i> .....	54
3.3.2 <i>Risultati</i> .....	56
3.3.3 <i>Aree storicamente inondate</i> .....	61
3.3.4 <i>Studi idraulici:</i> .....	67
3.3.5 <i>Mappatura delle fasce di inondabilità</i> .....	71
3.3.6 <i>Fascia di riassetto fluviale</i> .....	72
3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO .....	73
3.4.1 <i>Criticità di tipo geomorfologico</i> .....	73
3.4.2 <i>Criticità di tipo idraulico</i> .....	74
3.4.3 <i>Criticità puntuali</i> .....	75
3.5 CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO.....	80

<b>4</b>	<b>RISCHIO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>83</b>
4.1	PREMESSA.....	83
4.2	ELEMENTI A RISCHIO.....	84
4.3	RISCHIO GEOMORFOLOGICO.....	84
4.4	RISCHIO IDRAULICO.....	85

## PREMESSA

La presente Relazione Tecnica di Piano è stata revisionata a seguito del parere vincolante della Regione Liguria espresso tramite D.G.R. n°1068/2002 e D.G.R. n° 1158/2002.

Il presente piano è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art. 1, comma 1, del decreto-legge 11 giugno 1998, n° 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n° 267 e costituisce parte del piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del piano di bacino completo, di cui alla legge 18 maggio 1989, n°183 e sue modificazioni ed integrazioni. Esso è di conseguenza un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo *"Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98"*, pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

Il percorso di formazione e adozione del piano è quello attualmente previsto in generale per i piani di bacino dalla normativa vigente, con particolare riferimento alla legge regionale 21 giugno 1999, n° 18.

Il presente piano di bacino stralcio viene realizzato ex novo in quanto non esistono studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio e alle problematiche del bacino come avviene per la maggior parte degli altri bacini liguri del versante tirrenico.

Il Comune di Loano, capofila di quelli che insistono sull'area del bacino del Nimbalto e relative estensioni ha incaricato con deliberazione G.C. n° 47 del 07.03.00, il gruppo di lavoro di svolgere gli adempimenti relativi di cui alla legge 183/89, sulla base di un accordo di programma con la Provincia di Savona.

Gli altri comuni che partecipano all'accordo sono: Boissano, Borghetto S.S., Giustenice e Pietra Ligure.

L'incarico per la redazione del piano di bacino del Torrente Nimbalto, esteso ai bacini minori costieri compresi tra quelli del Torrente Maremola e del Torrente Varatella, è stato conferito ai fini della legge 183/89.

Il presente lavoro costituisce la prima parte degli studi di bacino, corrispondente al D.L. 180/98, i quali verranno integrati con quelli non ancora trattati di cui alla L. 183/89 (e dalla L.R. 9/93), secondo i tempi e le specifiche tecniche indicati dalla Regione e dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona.

## 1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

### 1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

Il quadro di riferimento generale per la formazione del Piano di bacino è rappresentato dalle norme contenute nella legge quadro 18 maggio 1989, n. 183. Rilevanza particolare ha inoltre la legge 4 dicembre 1993, 493, che all'art.12 integra l'art. 17 della L. 183/89 con il comma 6 ter che introduce la possibilità di redigere ed approvare i piani di bacino anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Per gli aspetti connessi alla pianificazione di bacino regionale si deve far riferimento alla legge regionale 28 gennaio 1993, n.9, che in sostanza recepisce la L.183/89, regionalizzandone i contenuti e istituendo l'Autorità di Bacino Regionale. Le procedure di approvazione dei piani di bacino sono state in parte modificate dalla legge regionale 21 giugno 1999, n.18.

Un ulteriore impulso alla pianificazione di bacino è stato fornito dal decreto legge 11 giugno 1998 n.180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n.267 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed in favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", modificato dal D.L. 132/99, convertito, con modifiche, dalla L. 262/99. Tale decreto al comma 1 dell'articolo 1 dispone che entro il termine del 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale ed interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottano, ove non si sia già provveduto, piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico redatti ai sensi del comma 6-ter dell'art.17 della L.183/89 e successive modificazioni che contengano in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e le relative misure di salvaguardia.

I criteri relativi agli adempimenti di cui al comma 1 dell'art. 1 del succitato D.L. 180/98, sono stati forniti, come previsto dal comma 2 dell'art.2 del D.L. 180/98, in "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2*", pubblicato sulla G.U. del 5.1.99. Esso, in particolare, pur ribadendo la necessità che le Autorità di Bacino compiano ogni sforzo per accelerare i tempi per l'adozione dei piani stralcio, stabilisce come termine ultimo per l'adozione dei piani stralcio per il rischio idrogeologico il 30 giugno 2001, e quello per l'approvazione il 30 giugno 2002. Specifica inoltre che le attività relative all'individuazione e alla perimetrazione delle aree a rischio di inondazione e a rischio di frana dovranno essere articolate nelle seguenti 3 fasi:

- 1) individuazione aree soggette a rischio idrogeologico;
- 2) perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione di misure di salvaguardia;
- 3) programmazione della mitigazione del rischio.

Il D.L. 180/98, ha inteso quindi, dichiaratamente dare un'accelerazione agli adempimenti della L. 183/89, soprattutto a riguardo l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (inteso come inondazione e frana).

In adempimento al comma 1, art. 1, del suddetto D.L. 180/98, l'Autorità di Bacino di rilievo regionale intende adottare, entro la scadenza posta del 2001, piani di bacino stralcio (ai sensi del comma 6ter, art. 17. L.183) sul rischio idrogeologico, costituiti essenzialmente dalle due tematiche relative al rischio idraulico e rischio geomorfologico (susceptività al dissesto e rischio di frana).

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo. Peraltro è uno stralcio più limitato rispetto allo stralcio per la difesa idrogeologica così come impostato dall'Autorità di bacino di rilievo regionale in Liguria a seguito della L.R. 9/93. Questo tipo di piano, che è elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del piano stralcio per la difesa idrogeologica e del quale sarà quindi parte integrante, così come del piano di bacino nella sua stesura completa.

Esso è quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 18/99.

I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti piani stralcio sul rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di bacino regionale per la redazione dei piani stralcio per la difesa idrogeologica.

In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei piani di bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei piani di

bacino” approvati dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino di rilievo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

Nell’ambito del presente piano stralcio per il rischio idrogeologico, oltre ai citati criteri generali, e a quelli relativi all’”Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98”, sono stati seguiti i criteri contenuti nelle seguenti raccomandazioni o linee guida:

- raccomandazione n.1 *“Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione”*
- raccomandazione n. 3bis *“Documento propedeutico all’informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino”*,
- raccomandazioni n. 4 *“Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di copertura e d’uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi”*
- raccomandazione n. 4 *“Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate”*
- raccomandazione n. 7 *“Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale”*
- raccomandazione n. 8 *“Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino”*
- linea guida 1/1999 *“Nota sul rischio idraulico residuale nell’ambito della pianificazione di bacino regionale”*
- linea guida 2/2000 *“Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti”*
- linea guida 3/2000 *“Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del DI180/98 e ss.mm.ed ii, convertito il Legge 267/98)”*

Si sottolinea, infine, che ai sensi della L. 183/89 il piano di bacino, così come i suoi stralci funzionali, è uno strumento sovraordinato per le parti prescrittive agli altri strumenti di pianificazione settoriale ed urbanistica, con effetto di integrazione e di prevalenza, in caso di contrasto, della pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale.

## **1.2 Strumenti di pianificazione vigenti**

Nell’ambito della pianificazione di bacino risulta di interesse la valutazione delle potenzialità e delle previsioni di sviluppo antropico contenute nei vari livelli di pianificazione. Nel presente piano stralcio, tuttavia, si è stabilito, a livello provinciale, di non sviluppare la presente fase che verrà invece, ampiamente trattata nei successivi studi ed elaborati relativi al Piano di Bacino 183.

### **1.2.1 Altri strumenti di pianificazione**

Relativamente alla Direttiva CEE 92/43/ CEE istitutiva dei siti “bioitaly”, si osserva che nell’ambito del bacino Merula è presente il seguente sito individuato come “SIC” (siti di importanza comunitaria):

IT 1324011 M.Ravinet-Rocca Barbena

IT 1323112 M.Carmo-M.Settepani

IT 1324007 M.Ciazze Secche

## **1.3 Dati utilizzati**

Per la cartografia di base del piano del Nimbalto - e dei corsi d’acqua minori compresi fra i bacini del Varatella e del Maremola - non esistono studi precedenti realizzati ai fini della pianificazione di bacino, per cui è stato necessario richiedere ai Comuni, alla Comunità Montana Pollupice ed alla Provincia di Savona il materiale esistente relativo alla pianificazione urbanistica, a studi idrogeologici e sulla franosità

Al fine della elaborazione del piano sul rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è proceduto alla validazione di quanto acquisito con la revisione, sistemazione ed aggiornamento dei dati mediante verifiche sul terreno.

Il lavoro è stato svolto in tre fasi successive secondo il calendario stabilito dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona, che ha fornito anche le specifiche tecniche prodotte dalla Regione e le prescrizioni operative per il conseguimento di risultati uniformi e confrontabili.

Nella prima fase si sono curate le procedure per la stesura della cartografia di base secondo uno standard comune con i gruppi di professionisti che operano sugli altri bacini, nel rispetto delle linee guida proposte dalla Regione ed è stata redatta una prima stesura della cartografia di analisi.

Poiché partecipano all'analisi dei rischi naturali professionisti di diversa formazione scientifica, si è posta grande attenzione all'aspetto interdisciplinare, per ottimizzare lo scambio e l'uso delle informazioni all'interno del gruppo, pur con tutte le difficoltà ed i limiti derivanti dalle diverse impostazioni culturali e dal fatto di dover comunque affrontare un percorso prestabilito.

Parallelamente si è attivato un processo di analisi bibliografica - i lavori consultati sono citati nei "Riferimenti bibliografici" - e di validazione dei dati, provenienti in prevalenza dai piani regolatori comunali, in modo tale da disporre di una base affidabile sulla quale impostare l'analisi del rischio geomorfologico.

L'esame delle foto aeree generalmente di grande supporto gli studi geomorfologici, non è stato risolutivo nel caso in esame in quanto erano disponibili presso l'A.I.T le sole foto aeree in b/n del volo 1974, di difficile lettura.

Il processo di validazione ha quindi richiesto maggiore impegno nelle verifiche di campagna per l'individuazione delle situazioni più rappresentative sotto il profilo della stabilità dei versanti.

Sono inoltre stati visionati e/o acquisiti dati diversi messi a disposizione dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona su supporto cartaceo ed informatico per la redazione delle singole carte. Sono state altresì utilizzate informazioni diverse fornite dai Comuni e dalla Comunità Montana.

Nella seconda fase l'attenzione si è spostata sulla formulazione di uno schema procedurale rispondente alle peculiarità del bacino per la definizione della pericolosità.

Si è eseguita una prima stesura della carta della suscettività al dissesto dei versanti impostata secondo lo schema predisposto dalla regione, ma con un margine soggettivo di interpretazione.

La stesura finale segue lo schema regionale nei singoli passaggi, ma apporta inevitabili correttivi alle non infrequenti situazioni in cui l'applicazione dell'automatismo non basta a cogliere i fenomeni nella loro globalità ed interazione, come verrà meglio descritto a proposito della cartografia della suscettività al dissesto.

La terza fase è stata di revisione generale in funzione del riconoscimento delle criticità del bacino.

Durante lo svolgimento di quest'ultima fase hanno avuto luogo tre eventi meteorici eccezionali con conseguenti danni alluvionali ed innesco o riattivazione di dissesti lungo i versanti.

Il verificarsi di tali eventi in fase di chiusura dei lavori, con cartografia di base già completata, ha avuto come conseguenza il riaggiornamento della Carta geomorfologica della Carta della Franosità Reale, un intervento più radicale del previsto nella ridefinizione della suscettività al dissesto e, quindi delle priorità nell'indicazione degli interventi.

Come base cartografica è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale) fornita dalla Provincia e dalla Regione.

Questa riporta il bacino nei fogli:

n° 245030 "Magliolo"

n° 245040 "Pietra Ligure"

n° 244070 "Borghetto Santo Spirito"

n° 245080 "Loano"

Tutti i tematismi di base sono stati ridisegnati secondo le specifiche di informatizzazione richieste.

I tematismi delle carte derivate sono stati perimetrati per sovrapposizione dei tematismi delle carte di base, secondo specifiche regionali.

L'area di indagine è coperta dalle basi cartografiche vettoriali in sc. 1:5000, per cui è stato possibile mantenere la georeferenziazione dei limiti geologici e di tutte le rappresentazioni areali e dei contenuti puntuali delle carte, secondo le tolleranze imposte dalla Committenza, nell'elaborazione cartografica in formato dwg secondo le dotazioni di software dei singoli studi professionali: ALLPLAN ed AUTOCAD R14 per i tematismi geologici, AUTOCAD MAP R14 per l'uso del suolo e AUTOCAD 2000 per le elaborazioni topografiche ed idrauliche.

La georeferenziazione utilizza il sistema di coordinate Gauss Boaga.

Le rappresentazioni sono registrate su files e su livelli diversi e sovrapponibili con modalità standard che consentano l'inserimento nel Sistema Informativo Regionale di Bacino (SIREBA) in modo da facilitare interventi successivi secondo le necessità previste dal sistema.

La restituzione su supporto cartaceo viene presentata su base topografica ricavata da raster in formato cit, sc. 1:10000, in quanto la stampa delle basi vettoriali in sc. 1:5000 ridotte alla scala 1:10000, come richiesto dalle specifiche, risulterebbe illeggibile.

La deformazione della base raster rispetto a quella vettoriale può comportare errori nella rappresentazione stampata leggermente fuori tolleranza. Tale passaggio è necessario per rendere la cartografia facilmente disponibile, ma si sottolinea che fanno fede ai fini del lavoro i dati informatizzati sulla base della carta vettoriale.

## 2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

### 2.1 Geografia

Il Bacino del Torrente Nimbalto, esteso ai corsi d'acqua costieri compresi tra quelli del Torrente Maremola e del Torrente Varatella, ricade nell'ambito di "CENTRO", definito dall'Autorità di bacino di rilievo regionale.

Il bacino così definito ha una superficie di 23,49 Km<sup>2</sup>.

I Comuni compresi nell'area sono:

Loano

Boissano

Borghetto Santo spirito

Pietra Ligure

Ha partecipato all'accordo di programma anche il Comune di Giustenice, che ricade nel confinante Bacino del Maremola.

La Comunità Montana di appartenenza nell'ambito della provincia di Savona è la Comunità Montana Pollupice.

Il bacino ha una forma irregolare, stretta ed allungata nella parte alta ed assai più ampia nel tratto a mare, dove si aggiungono le aree foci del Rio Ranzi, del Rio Chiappe, del Rio Rolandette, del Rio Berbena compresi fra il Maremola ed il Nimbalto (a partire da E) e del Rio Casazza fra il Nimbalto ed il Varatella. Tra il Rio Chiappe ed il Rio Rolandette vi è anche un piccolo rio sfociante a mare con asta di secondo ordine.

Lo spartiacque orientale – a partire da NW verso SE – separa il bacino del Nimbalto dal bacino del Maremola. Nella parte a valle il limite corre lungo lo spartiacque del Rio Ranzi.

Ad W il Nimbalto confina con il bacino del Varatella. A mare il limite interessa il Rio Casazza.

Il punto più alto dello spartiacque si raggiunge in corrispondenza del M. Carmo (1389 m s.l.m.).

Il crinale che degrada verso E è individuato essenzialmente dal Bric Pratello (986 m), da Poggio S. Martino (463 m) e da M. Pianosa (409 m).

Ad W il crinale passa per il Bric Giazzalunga (1222 m), per il M. Ravinet (1070 m) e per Bric di Sotto (779 m). Da qui raggiunge M. Marmi (309 m) e scende verso M. Castellaro (110 m).

Gli spartiacque interni all'area studiata sono delineati da rilievi collinari che raggiungono la quota massima di 427 m presso Colle Barbexin, a monte di Ranzi.

Il reticolo idrografico è di tipo dendritico, discretamente organizzato, per quanto riguarda il Nimbalto ed i suoi tributari. In base a considerazioni morfologiche di massima, come tratto vallivo dell'asta principale del Torrente si può considerare quello tra l'autostrada e la foce, che copre una distanza di circa 2 Km in direzione NW - SE.

I corsi d'acqua minori scorrono subparallelamente al Nimbalto per tratti inferiori ai 2,5 km e risultano meno gerarchizzati.

La conformazione di bacino è prevalentemente montuosa e collinare, con le aree pianeggianti poco estese in rapporto al resto del bacino.

Il paesaggio del fondovalle è quello di un'area subpianeggiante allungata tra i monti che, nella parte alta raggiungono quote superiori ai 1300 m (M. Carmo), in gran parte antropizzata, con tessuto urbano discontinuo, ma interessata da attività in parte agricole ed in parte artigianali e commerciali.

Il tessuto urbano diviene fitto ed ininterrotto lungo la costa e si approfondisce nell'entroterra nel settore SW del bacino, sull'asse di collegamento con Boissano. In queste ultime zone risiede la maggior parte della popolazione, che svolge attività legate al turismo.

Le frazioni principali dell'interno sono Fornaci e Losano (verso Boissano), Morteo, sullo spartiacque destro fra Nimbalto e Casazza, a monte dell'autostrada, Verzi e Bogarino in sponda

sinistra del Nimbalto, poco a valle di Poggio S. Martino, e Ranzi, a monte dell'autostrada, in Comune di Pietra Ligure.

Il paesaggio interno è quello tipico delle colline liguri, frequentemente terrazzate, lungo le quali prevale la coltivazione dell'ulivo. In quota diviene più aspro, e, soprattutto verso la cima del M. Carmo assume un carattere di tipo alpino.

Il panorama dal M. Carmo appare contrastato in quanto nello spazio di pochi chilometri si concentrano aspetti del paesaggio che vanno dal quello montano a quello di città di mare a vocazione turistico-balneare.

I monitoraggi meteorologici del bacino avvengono tramite una sola stazione pluviometrica e termometrica ubicata a Verzi (Comune di Loano)

### Stralcio Tabella

#### Elenco delle stazioni e relativi codici.

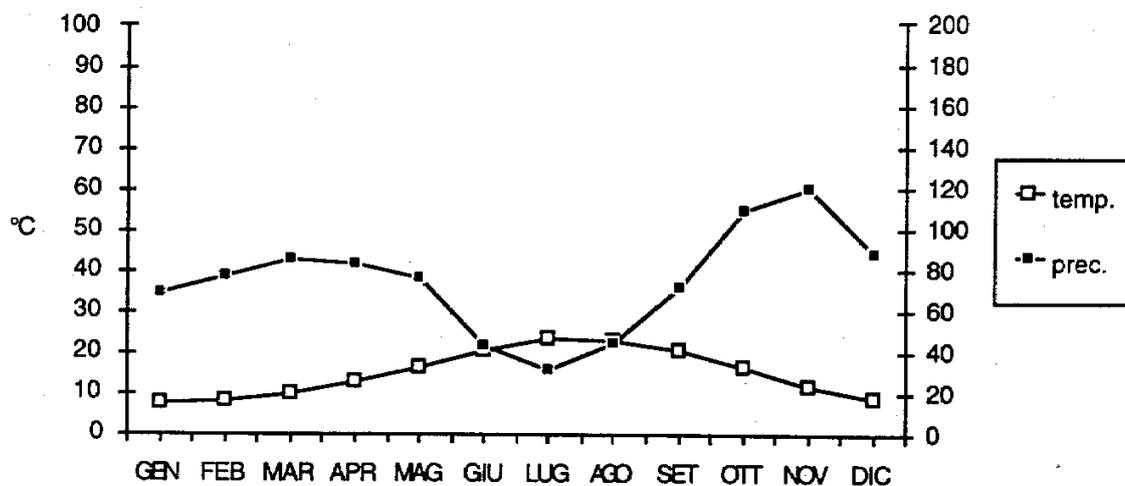
(Z= zona; C= codice stazione; Q= quota sul livello del mare.

Nella colonna T sono indicate le stazioni fornite anche di termometro)

Z	Stazione	C	Q	T
9	Verzi Loano	2050	95	•

Si riporta di seguito il diagramma climatico della stazione di Verzi, con periodo di funzionamento superiore a 40 anni (Brancucci, 1994).

BACINO: B.M. CENTA QUILIANO  
 STAZIONE: VERZI LOANO  
 QUOTA: 95  
 CLIMA: SUBMEDITERRANEO  
 (secondo Bagnouls & Gaussen, 1957)



Dal punto di vista climatico la stazione di Verzi corrisponde al tipo submediterraneo, di transizione fra quella mesomediterranea e quella temperata con 1-2 mesi secchi (Classificazione di Bagnouls e Gaussen del clima).

La situazione della stazione di Verzi ubicata nell'immediato entroterra di Loano, è probabilmente dovuta all'orografia ed all'esposizione a venti più freddi. Tale situazione ha comunque riscontro nel 30 % circa delle stazioni termopluviometriche liguri.

Per analogia con altre situazioni della Riviera di Ponente si può affermare che la fascia costiera rientra nella sottoregione mesomediterranea con precipitazioni che si verificano in massima parte a cavallo dei mesi di autunno e inverno ed in primavera, con una stagione secca di 3-4 mesi.

Quanto sopra è confermato anche dai dati meteorologici raccolti dall'Istituto Ospedaliero di S. Corona in Pietra Ligure (dal 1938 al 1979 escluso il periodo bellico) che possono essere presi come riferimento per la fascia costiera in oggetto.

Qui la piovosità massima si verifica nei mesi di Ottobre, Novembre Dicembre e Febbraio con una media annua di 760 mm (1938-1979). La temperatura media è di 16,3 °C .

Si vedano a tale proposito i diagrammi allegati a conclusione del paragrafo.

Per tutte le stazioni le massime precipitazioni si verificano in autunno e le minime in estate (considerando i dati mensili il massimo si verifica nei mesi di Ottobre-Novembre e il minimo nel mese di Luglio).

Per la parte alta del bacino si fa generalmente riferimento ai dati della stazione del Colle del Melogno (Magliolo) anche se situata fuori bacino.

Le precipitazioni nevose hanno permanenza al suolo molto limitata alle quote altimetriche più elevate per cui l'alimentazione nivale risulta pressoché nulla.

La temperatura è caratterizzata da medie termiche relativamente elevate lungo la costa che si abbassano in maniera sensibile già nella zona collinare, e più ancora in quota.

Le temperature medie annue variano da circa 16° nella zona costiera a 10° per la stazione del Colle del Melogno con valori intermedi di 14°-15° per la zona intermedia. I valori minimi medi annui sono al di sotto dei 10° e i valori medi massimi intorno ai 20°.

L'andamento delle precipitazioni e delle temperature denota quindi un'assetto climatico di tipo mediterraneo, che nella fascia territoriale più elevata (M. Carmo e in genere i rilievi altimetricamente più elevati), risente della quota e della vicinanza dello spartiacque padano.

Il regime dei venti è variabile, con lunghi periodi di calma e vento debole (80%) intervallati da giorni ventosi; per quanto riguarda la provenienza vi è una dominanza dei venti di SW nella stagione estiva e NW nel periodo invernale con subordinate provenienze da S-SE.

## **2.2 Geologia**

### **2.2.1 Metodologia di studio**

L'elaborato grafico di riferimento è la Carta Geolitologica. La definizione stessa indica il risalto che si è voluto dare ai caratteri litologici rispetto all'attribuzione formazionale delle rocce in quanto più rispondente alla caratterizzazione fisica del materiale.

La suddivisione della roccia in base allo stato di conservazione viene tuttavia affrontato nell'elaborazione della Carta Geomorfologica, secondo le specifiche regionali (Raccomandazione 3 bis).

Come si è detto al §1.3 sono stati acquisiti i rilevamenti geologici dei Piani Regolatori, sono state esaminate le cartografie di riferimento più accreditate e sono stati eseguiti rilievi sul terreno.

Le formazioni ed i vari membri delle stesse sono riportati sulla Carta Geolitologica in funzione della litofacies prevalente; i simboli e le sigle di ciascun elemento cartografato corrispondono a quelli delle raccomandazioni per l'inserimento nel sistema informativo regionale di bacino. I terreni alluvionali sono stati suddivisi per tipologia.

### 2.2.2 Caratteri geologici

Il bacino è caratterizzato geologicamente da una buona percentuale di affioramento e dalla presenza di un limitato numero di litologie.

Le formazioni affioranti appartengono principalmente al Dominio Brianzonese ed in piccola parte alle coperture tardo-orogene.

In particolare le Unità Brianzonesi occupano praticamente l'intero bacino mentre le coperture tardo-orogene sono limitate ad un piccolo affioramento nella parte S-W a monte del tracciato autostradale.

Nella parte bassa del bacino sono poi presenti estesi depositi alluvionali terrazzati antichi e recenti.

Nella Zona Brianzonese sono presenti litologie appartenenti al Basamento pre-carbonifero superiore (Gneiss di Albisola), alle Formazioni sedimentarie e vulcaniche del Tegumento permo-carbonifero (Scisti di Gorra, Porfiroidi del Melogno, Formazione di Eze e Formazione di Monte Pianosa), alla Copertura meso-cenozoica (Quarziti di Ponte di Nava, Dolomie di S. Pietro dei Monti, Calcari di Val Tanarello).

La trasgressione marina di età pliocenica è rappresentata dalle Argille di Ortovero, presenti nel bacino con un affioramento assai ridotto realmente, ma significativo dal punto di vista geomorfologico e paleogeografico.

### 2.2.3 Litostratigrafia e tettonica

Come evidenziato al § 2.2.2 il Dominio Brianzonese, a parte la zona costiera caratterizzata dai **depositi terrazzati antichi e recenti e dalle alluvioni mobili attuali**, occupa praticamente tutta la superficie del bacino.

Il Brianzonese ligure, il cui dominio inizia a differenziarsi da quello piemontese nel Trias superiore, costituisce il prolungamento verso SE, dal Colle di Tenda fino al mare, del Brianzonese classico e, come quest'ultimo, rappresenta al tempo stesso parte di un dominio paleogeografico e di un complesso di Unità Tettoniche che si ritiene provengano dalla porzione del paleocontinente europeo più prossima al margine del paleocontinente stesso.

Dal punto di vista paleogeografico si suole suddividere il Brianzonese in tre settori, che, procedendo verso l'avampaese, prendono le qualificazioni di *interno*, *intermedio*, *esterno*.

Anche la serie stratigrafica viene generalmente distinta in tre parti: *basamento cristallino* (interessato da una o più orogenesi prealpine), *tegumento permo-carbonifero* e *copertura meso-cenozoica*.

Il Basamento pre-carbonifero superiore, nell'area in esame, affiora come substrato stratigrafico di successioni brianzonesi interne comportanti un "tegumento permo-carbonifero" ed una "copertura meso-cenozoica".

La massa alloctona, formata da un complesso polimetamorfico, costituisce il cosiddetto **"Massiccio di Loano"**.

Il complesso polimetamorfico è normalmente formato da ortogneiss I derivanti da rocce acide essenzialmente intrusive (granitoidi) e subordinatamente effusive (rioliti), e da paragneiss e micascisti derivati da arenarie e da peliti.

Il Tegumento permo-carbonifero, di origine in parte vulcanica, in parte sedimentaria continentale, si interpone tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica.

Le successioni permocarbonifere presentano grande variabilità di facies e di spessore; la sedimentazione fu accompagnata da un'importante attività tettonica, che generò fosse subsidenti, e da tre episodi vulcanici (precoce, intermedio, principale) caratterizzati da prodotti petrograficamente e chimicamente diversi.

Nel bacino le formazioni metamorfiche di origine sedimentaria sono rappresentate dagli Scisti di Gorra e dalla Formazione di Monte Pianosa.

Gli **Scisti di Gorra**, costituiti essenzialmente da metasedimenti, sono rocce chiare di diversa origine: sedimenti quarzo-micacei, dominanti; tufiti e/o prodotti di rimaneggiamento di vulcaniti acide: Gli spessori, variabili, sono sempre dell'ordine di alcune centinaia di metri.

La **Formazione di Monte Pianosa** è più recente e discordante sia sui sedimenti predetti, sia sulle vulcaniti e forma la base della copertura triassica, alla quale passa transizionalmente. Quando la successione è completa, vi si può distinguere un livello arenaceo basale, proveniente dal rimaneggiamento delle rioliti; segue un livello conglomeratico a prevalenti ciottoli di rioliti K-alcaline rosse, che passa verso l'alto ad un terzo orizzonte costituito da conglomerati a ciottoli anche grossolani di quarzo; questi a loro volta si rilevano nelle soprastanti quarziti scitiche.

L'età permiana superiore della formazione è solo presunta, poiché non è documentata paleontologicamente.

Le Formazioni metamorfiche di origine vulcanica sono rappresentate dalla Formazione di Eze e dai Porfiroidi del Melogno.

La **Formazione di Eze** è costituita da prasiniti e scisti prasinitici, intercalati ai metasedimenti fini stefano-autuniani. Rappresenta l'episodio vulcanico intermedio, durante il quale vennero messi in posto volumi anche considerevoli di lave e piroclastiti andesitiche.

I **Porfiroidi del Melogno** rappresentano la fase più importante - dal punto di vista del volume di materiali emessi - e più recente dell'attività vulcanica, considerata di età essenzialmente permiana inferiore. Sono formati essenzialmente da ignimbriti e sono caratterizzati da numerosi membri e litozone.

La Copertura meso-cenozoica ha inizio nel Trias inferiore con l'ingressione marina e con le **Quarziti di Ponte di Nava**. Queste sono quarziti scitiche, in banchi di spessore variabile, occasionalmente separati da livelli pelitici millimetrici verdi o violacei, passanti transizionalmente a calcari e dolomie grigie di piattaforma del Trias medio (Ladinico) appartenenti alle **Dolomie di S.Pietro dei Monti**.

La successione calcareo-dolomitica è analoga a quelle delle coeve piattaforme orlanti il paleocontinente euro-asiatico-africano che si affacciava sul golfo della Paleotetide.

Durante il Trias superiore cessa la subsidenza della piattaforma, che torna in condizioni prevalentemente sopratidali.

Nel Giurassico inferiore il dominio Brianzese ligure è totalmente emerso e soggetto ad erosione di tipo prevalentemente chimico. Il sollevamento regionale, che verosimilmente si realizza con faglie a gradinata, è massimo nei settori interni, prospicienti il continente paleoeuropeo così nei settori esterni le dolomie ladiniche vengono preservate dall'erosione.

È soltanto con il Malm, in connessione con il progressivo ampliamento dell'oceano piemontese-ligure, che il clima distensivo pare generalizzato: ne deriva una brusca sommersione, per sprofondamento delle terre emerse, di quasi tutto il dominio Brianzese. Salvo eventuali locali isole, non si hanno interruzioni tra la massa d'acqua dell'oceano e quella del epicontinentale che si estende ampiamente verso W, al di sopra dei domini Brianzese, delfinese e provenzale. I sedimenti del Malm sono rappresentati dalla successione calcarea condensata dei **Calcari della Val Tanarello**, calcari marmorei chiari, ceroidi, ben stratificati.

Gli affioramenti pre-quadernari lungo la Riviera di Ponente sono di norma di modesta estensione e, prescindendo da quelli oligocenici dei pressi di Savona, esistono i sedimenti oligo-miocenici della "Pietra di Finale" e del suo "Complesso di base" e quelli pliocenici di un certo numero di piccoli bacini.

Già all'inizio del Pliocene la configurazione delle Alpi Liguri non doveva differire molto da quella attuale, a parte la persistenza - a N - del mare del Bacino Terziario.

I lembi pliocenici della Riviera di Ponente occupano insenature che dovevano esistere durante l'ingressione marina che si verificò all'inizio del periodo.

Alcune rientranze hanno origine fisiografica, corrispondendo alle foci di corsi d'acqua di allora; più spesso esse seguono l'andamento delle strutture tettoniche preesistenti, o quello di sistemi di faglia all'incirca contemporanei della sedimentazione, in parte rimasti attivi anche durante il Quaternario. Questi sistemi (WSW±20°; NW±20°) hanno in genere condizionato l'andamento di gran parte della costa attuale e la struttura, a "gradoni" paralleli alla costa stessa, esistente sul fondo del Mar Ligure.

Le **Argille di Ortovero** sono il prodotto della trasgressione marina che ha formato depositi marnosi e argillosi, di mare aperto e di età pliocenica inferiore. Nel modesto affioramento presente nel bacino la Formazione è rappresentata la facies conglomeratica.

I depositi quaternari sono costituiti da conglomerati e sabbie fluviali, distribuiti in vari ordini di terrazzi, e da sedimenti continentali rossi, provenienti dall'alterazione pedologica di conglomerati pliocenici.

Sui versanti sono diffuse le coperture detritiche, anche abbondanti, spesso associate a prodotti eluviali e colluviali.

#### 2.2.4 Tettonica e assetto strutturale

In prima approssimazione, le falde che formano le Alpi liguri hanno una primitiva vergenza verso l'esterno dell'arco alpino; esse sono state successivamente deformate da una fase principale a vergenza interna ("retroflessioni", "retroscorrimenti"); pertanto, prescindendo da questa ultima e, a parte eccezioni variamente giustificabili, in generale si può ritenere che alle Unità geometricamente più elevate competa una collocazione paleogeografica più interna.

Tralasciando la Zona delfinese-provenzale e la Zona "sub-brianzonese", esterne al bacino, ed analizzando la Zona brianzonese e piemontese si può notare come la sua porzione più profonda, che è anche quella arealmente più estesa, sia costituita dalle Unità brianzonesi geometricamente inferiori, che prendono nomi diversi a E e W della valle del Tanaro. Esse si sovrappongono parzialmente l'una all'altra e, in profondità, sono probabilmente sovrascorse sulla Zona delfinese-provenzale. L'orogenesi non sembra aver modificato sostanzialmente i loro originari rapporti di contiguità.

Sulle Unità predette poggiano le Unità superiori (Unità di Mallare, Unità di M. Carmo e Unità di Castelvechio-Cerisola), completamente sradicate, attualmente formanti lembi isolati, sì che l'intera successione della pila di falde non è visibile in alcun luogo. La correlazione tra i vari lembi, spesso suscettibili di svariate soluzioni, sono essenzialmente fondate sull'identità di posizione geometrica relativa, di successione stratigrafica, di evoluzione tettonica e metamorfica alpina.

La struttura delle Alpi liguri è evidentemente il risultato di un'evoluzione complessa, diversa nelle varie Zone (delfinese, brianzonese, piemontese e piemontese-ligure).

A tutt'oggi sono stati ipotizzati una serie di possibili eventi (da I a VII) responsabili delle varie fasi deformative e metamorfiche.

Nello studio delle fasi alpine la correlazione tra ogni deformazione e metamorfismo all'interno di ogni Unità è necessariamente semplificata in quanto il culmine dell'evento metamorfico può in effetti essere anche immediatamente precedente o posteriore rispetto al piegamento; in generale, i primi eventi deformativi sono documentati da pieghe o scistosità visibili solo alla meso- o alla micro-scala, mentre le megastrutture corrispondenti non sono note.

Non è quindi possibile, allo stato attuale delle conoscenze, verificare se queste siano nate come pieghe coricate, oppure come gigantesche scaglie tettoniche ("duplexes"); al contrario, le ultime fasi di piegamento hanno generalmente lasciato scarse evidenze alla meso-scala, mentre la loro influenza sulle pieghe preesistenti appare chiaramente sotto forma di struttura di interferenza alla grande scala.

L'evoluzione si è compiuta in tre tappe principali.

- *Individuazione e traslazione delle falde verso l'esterno* (eventi I, II e III). Comprende le fasi principali di deformazione e metamorfismo. Esse sono più antiche nei domini interni, dai quali l'orogenesi si è progressivamente propagata verso quelli esterni. L'intensità della deformazione, espressa dalla morfologia delle pieghe e dal carattere della foliazione tettonica associata, è generalmente proporzionale al metamorfismo - per lo più di alta pressione - che si è contestualmente sviluppato. Risultano pertanto energicamente deformate e metamorfiche le Unità ofiolitifere, quelle piemontesi interne e quelle brianzonesi interne, la cui evoluzione strutturale si è compiuta in profondità, mentre sono comparativamente meno deformati e metamorfici i Flysch ad Elmintoidi, le Unità piemontesi esterne e brianzonesi esterne, la cui strutturazione è avvenuta in condizioni relativamente più superficiali.
- *Retroflessioni e retroscorrimenti* (evento IV). Si tratta del primo evento posteriore all'appilamento delle falde, che sono state rideformate con strutture in generale vergenti verso l'interno della catena (tranne quelle del Gruppo di Voltri e della Zona Sestri-Voltaggio che hanno direzione mediana). Questa fase ha intensità decrescente verso le Zone esterne e, su una stessa verticale,

verso l'alto. Il metamorfismo si sviluppa in condizioni di pressione minore rispetto alle fasi precedenti.

- *Fasi tardive* (eventi V, VI e VII). Sono tutte blande e prive di metamorfismo; perciò non è sempre facile identificarle e correlarle a scala regionale. Le strutture più importanti, note nella maggior parte delle Unità, corrispondono a due generazioni di pieghe da aperte a blande, la prima debolmente vergente verso l'esterno della catena, la seconda praticamente priva di vergenza ed avente assi pressoché ortogonali a quelli di tutte le fasi precedenti.

Alla fine dell'Eocene l'edificio delle Alpi liguri è ormai costituito nelle sue linee essenziali e sostanzialmente emerso.

Pur attraverso pause ed anche temporanee e locali inversioni di tendenza, esso continuerà nel complesso a sollevarsi fino ai nostri giorni, senza più essere ricoperto integralmente dal mare, ma costituendo invece un'area di alimentazione per gli ingenti volumi dei depositi post-eocenici.

Benché di gran lunga inferiore a quella precedente, l'attività tettonica persiste ed è sufficiente a produrre nel substrato i piegamenti delle "fasi tardive"; essa è inoltre documentata dai caratteri e dalla distribuzione dei sedimenti oligo-mio-pliocenici.

Nel corso del pliocene e del Quaternario si sono a più riprese verificati dei movimenti tettonici, in prevalenza a componente verticale, che, oltre a determinare nuovi lineamenti morfologici, come scarpate di faglia, deformazione di preesistenti superfici, ecc., hanno spesso provocato sia fenomeni subsidenza sia modifiche all'assetto dell'idrografia e delle linee di costa.

Le principali fasi dell'attività neotettonica si sono succedute, separate da intervalli di relativa stabilità di durata assai diversa, con intensità generalmente decrescente. Una vivace neotettonica (collocabile a circa 1,65 Ma) segnerebbe la separazione tra il Pliocene e il Quaternario, mentre altre due distinte fasi neotettoniche marcherebbero la conclusione del Pleistocene antico (0,7 Ma) e l'inizio dell'Olocene (18 mila anni or sono).

## **2.3 Geomorfologia**

### **2.3.1 Caratteri generali**

Il bacino del Nimbalto presenta pur nella sua ridotta estensione aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico:

- la pianura alluvionale, che va a raccordarsi ai depositi di spiaggia, in gran parte urbanizzata;
- le aree di fondovalle anch'esse caratterizzate da insediamenti ed attività antropiche;
- le zone collinari, abitate ed in gran parte coltivate;
- la zona montana (q max. M. Carmo, 1389 m slm).

Alcuni tratti geomorfologici sono già stati descritti a proposito della caratterizzazione geologica e litostratigrafica.

Infatti il paesaggio morfologico è in gran parte determinato dalle condizioni geologiche e dipende dalla litologia, dallo stato di conservazione della roccia e dalle strutture tettoniche.

Nell'ambito dell'area in esame la zona brianzonese corrisponde alla maggior parte del bacino e dà spesso luogo a versanti acclivi in genere in calcari dolomitico (S. Pietro dei Monti) ed alle Quarziti di Ponte di Nava.

Elevate acclività in tali formazioni si rilevano appunto nella parte alta e medio alta del bacino, a valle di M. Carmo e in sponda orografica destra del Nimbalto.

Le rocce quarzitiche che ricadono nelle metavulcaniti assumono forme più morbide, alle quali corrisponde anche un andamento irregolare delle curve di livello settore NE del bacino.

Una particolarità geomorfologica da segnalare come geotopo è il terrazzo marino impostato su Argille di Ortovero, in facies conglomeratica (foto 2.3.1), soggetto ad erosione di tipo calanchivo lungo le scarpate subverticali (foto 2.3.2).

Le superfici interessate da alluvioni terrazzate antiche presentano in genere deboli pendenze e forme subpianeggianti.

Decisamente pianeggianti appaiono le alluvioni attuali lungo la costa. Queste ultime proseguono nell'interno lungo l'asse del bacino dove assumono l'aspetto di una stretta fascia che si incunea tra i versanti.

Attualmente la deposizione avviene prevalentemente nei tratti più a valle delle aste principali, con alveo in erosione nella parte a monte.

Lungo l'asta principale del Nimbalto il limite fra tratto in erosione tratto in deposizione è posto circa all'altezza dell'autostrada. Infatti le diverse condizioni di regime sono date dal salto morfologico dovuto alla linea tettonica lungo la quale corre l'autostrada.

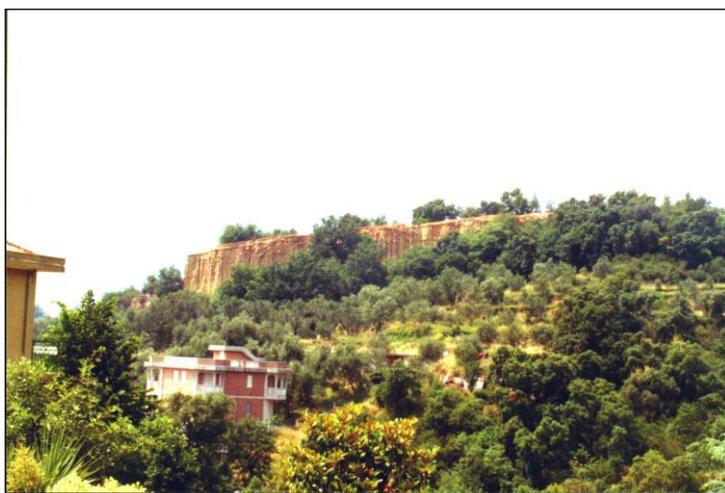


Foto 2.3.1.1 - Terrazzo marino impostato su Argille di Ortovero



Foto 2.3.1.2 - Erosione lungo le scarpate subverticali

I tributari minori del Nimbalto appaiono spesso in forte erosione, in particolar modo la Carta geomorfologica evidenzia una serie di erosioni concentrate di fondo nel tratto intermedio del versante sinistro.

L'impostazione del reticolo idrografico lungo le linee strutturali è spesso evidente anche in corrispondenza dei corsi d'acqua minori.

### 2.3.2 Reticolo idrografico

L'elemento peculiare dell'idrografia dell'area studiata è il Torrente Nimbalto, con origine dai Rii Fissone e Castagnabanca, le cui principali caratteristiche morfometriche ed idrologiche possono essere così elencate:

<i>Superficie del bacino di dominio</i>	<i>12.26 kmq</i>
---	------------------

<i>Lunghezza dell'asta principale</i>	<i>9 Km</i>
<i>Punto più alto del bacino</i>	<i>1389 m</i>
<i>Pendenza media</i>	<i>8%</i>
<i>Afflusso meteorico annuo</i>	<i>1050 mm</i>

Il Nimbato in s.s. ha bacino idrografico non molto esteso delimitato sui versanti settentrionali dal Poggio di S. Martino, Monte Ciazze Secche, Poggio Castello; nella zona dello spartiacque ligure padano dal Monte Carmo; sui versanti meridionali da Bric Giazzalunga, Bric Scotto, M. Marmi, Morteo per poi degradare nella piana costiera.

Per maggiori dettagli si fa riferimento alla documentazione fotografica riportata nell'Allegato alla presente relazione.

Morfologicamente nel Nimbato si distinguono:

- la testata del bacino formata da una conca a ventaglio con versanti ripidi incisi dai corsi d'acqua tributari del Nimbato medesimo;
- una zona di medio corso compresa fra l'abitato di Verzi ed i primi insediamenti di Loano, caratterizzata da una valle alquanto incassata tra versanti acclivi, con rete idrografica secondaria scarsa;
- La zona di basso corso, che dallo sbocco vallivo arriva al mare;

I principali sottobacini sottesi sono: nella zona di testata il Rio di Fissone, Rio Fundia, Rio Moiette, Rio Castagnabanca, Rio Cabrina, Rio Rampino, Rio Battella, Rio Avena ;

Nella zona mediana dal Rio dell'Acqua Calda, Rio delle Cannelle, Rio Cosci, Rio Valloni, Rio Ciangosse, Rio Dabino, Rio Ciapusse, Rio da Rivo, Rio Salice.

In corrispondenza del basso corso scorrono parallelamente al Nimbato i corsi d'acqua minori scolanti direttamente a mare.

Il corso d'acqua principale ha caratteristiche tipicamente torrentizie in un'ambito prevalentemente "montano e/o collinare", l'asta fluviale risulta ad elevata pendenza (circa l'8 %), profondamente incisa nel substrato con tipologia prevalente di "alveo a fondo fisso" con scarsi sedimenti sciolti all'incirca (all'incirca fino all'altezza delle località Orsolani-Seminario).

Nella piana alluvionale l'andamento fluviale acquista progressivamente caratteristiche "di alveo a fondo mobile" inciso, prima, nei sedimenti della "conoide plioleistocenica" (quasi all'altezza del Centro Storico di Loano) per poi interessare i terreni litoranei della piana recente.

La morfologia fluviale è fortemente condizionata dalla presenza della depressione tettonica definita da faglie NW-SE (su cui è impostata l'asta fluviale) e dall'intersecarsi ortogonalmente con i contatti tettonici E-W generando così un'andamento meandriforme dell'alveo (particolarmente evidente l'origine tettonica del meandro nella zona di confluenza del Rio Acqua Calda-Rio Ciosi e delle Cannelle).

L'articolazione del reticolo idrografico denota scarsa gerarchizzazione con aste fluviali ripide (di 1° o 2° ordine) da imputarsi all'elevata acclività dei versanti, alla presenza di litotipi calcarei, e alla complessità dell'assetto tettonico.

Gli altri elementi peculiari dell'idrografia superficiale sono rappresentati da alcuni rii minori che solcano la sottile piana alluvionale (a ponente e levante del Nimbato) con la loro zona di testata individualizzata nei primi contrafforti rocciosi a ridosso della fascia costiera:

- il Rio Ranzi, al confine col bacino del Maremola, ha il bacino più esteso tra i rii minori considerati
  - il Rio Chiappe, la cui parte terminale fa da confine comunale tra Pietra Ligure e Loano
  - il Rio Rolandette;
  - il Rio Berbena;
  - il Rio Casazza, che nasce dal M. Marmi e, nel suo tratto terminale accoglie le acque del Rio Castellaro.

La complessità dello sviluppo della rete idrografica viene caratterizzata attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta

fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler.

Tale gerarchizzazione procede attribuendo un numero d'ordine crescente con l'importanza della ramificazione. Ovvero si attribuisce ordine 1 alle aste che non nascono da precedenti confluenze e si procede come segue:

- un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;
- un'asta di ordine  $n$  e un'asta di ordine  $(n-1)$  congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine  $n$ ;
- due aste di ordine  $n$  congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine  $(n+1)$ .

Nel caso in esame la gerarchizzazione stata condotta sulla base del reticolo idrografico fornito da Provincia e Regione opportunamente revisionato e corretto sulla CTR alla scala 1:10.000.

In base alla gerarchizzazione del reticolo secondo Strahler l'ordine gerarchico dei corsi d'acqua principali del bacino risulta:

- Torrente Nimbalto: *ordine 4*
- Rio Ranzi: *ordine 4*
- Rio Casazza: *ordine 4*
- Rio Berbena: *ordine 3*
- Rio Rolandette: *ordine 2*
- Rio Vignasse: *ordine 2*
- Rio Chiappe: *ordine 1*

Per i tributari di quelli sopraelencati si vedano le tavole relative alla Carta idrogeologica dove il reticolo gerarchizzato viene riportato in colori corrispondenti all'ordine gerarchico secondo legenda.

#### 2.3.2.1 Reticolo idrografico principale (tav. 13)

La Carta del Reticolo Idrografico non costituisce elaborato contenente le previsioni di Piano ma è da considerarsi parte degli elaborati di analisi al Piano stesso. La tavola 13 comprende i corsi d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, (fermo restando che il valore di ufficialità può essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954), gli ulteriori tratti che rivestono significativa rilevanza idraulica nonché tutti i tratti individuati dalla base topografica della cartografia della Carta Tecnica Regionale.

#### 2.3.3 Acclività

La carta dell'acclività ricavata per via informatica, è stata acquisita dalla Regione Liguria tramite la Provincia di Savona.

Il procedimento seguito ha impiegato il modello digitale del terreno con maglia 20x40 m.

Il grid di campionamento utilizzato è di 10x10 m tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.

Dopo l'elaborazione sono stati eliminati i poligoni elementari aventi un'area minore di 50 m<sup>2</sup> al di sotto della tolleranza accettabile con maglia di tale ampiezza.

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

1)	0-10%
2)	10-20%
3)	20-35%
4)	35-50%
5)	50-75%
6)	75-100%
7)	>100%

Le classi 1 e 2 risultano prevalenti nella zona prossima alla foce in corrispondenza dei terrazzi morfologici, in area urbana e lungo gli alvei nelle zone di alluvione. Nella parte alta del bacino le classi 1 e 2 sono rappresentate piccole aree sub-pianeggianti lungo i crinali.

Le zone più acclivi sono presenti nelle parti alte dei sottobacini ed in corrispondenza dei versanti scoscesi generalmente in rocce calcaree.

L'acclività è uno dei fattori utilizzati per la determinazione della suscettività al dissesto. I dati relativi sono riportati al capitolo 3 unitamente alle altre voci analizzate.

#### 2.3.4 Considerazioni relative allo stato della roccia

Le caratteristiche di un ammasso roccioso dipendono dal litotipo, dalla sua tettonizzazione e alterazione.

Nel bacino affiorano molti litotipi con genesi e storia geologica molto diverse tra loro.

Si va da rocce appartenenti al Basamento cristallino precarbonifero, al Tegumento permocarbonifero (con le serie sedimentarie e vulcaniche), alle Coperture meso-cenozoiche, sino alle coperture sedimentarie pre-quadernarie.

Inoltre la complessità dei rapporti tettonici tra le varie Unità, le varie formazioni o all'interno delle stesse la grande variabilità di esposizione agli agenti atmosferici e gli stessi interventi antropici hanno comportato, soprattutto in quei litotipi con una grande estensione areale di affioramento, differenze anche evidenti nello stato di conservazione della medesima roccia appartenente alla stessa formazione.

Si è quindi reso inevitabile operare la suddivisione in classi dello stato della roccia non su una base litologica o formazionale ma raggruppando ammassi rocciosi con caratteristiche di conservazione, alterazione, fratturazione e giaciture simili.

Le rocce sono state suddivise nelle quattro classi che vengono cartografate sulla carta geomorfologica:

- *RO*: roccia subaffiorante con caratteristiche strutturali e tessiturali non rilevabili;
- *R*: roccia in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio;
- *RS*: roccia in buone condizioni con disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio;
- *RF*: roccia in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata.

Ai fini della elaborazione della Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti alla roccia cartografata come *R* non viene attribuito un peso in quanto si ritiene che non incrementi la propensione al dissesto. Analogamente si è fatto per *RS* in quanto non si evidenziano situazioni di fatto sfavorevoli all'assetto di versante per tutta l'estensione delle medesime aree *RS*. Si sono tuttavia rilevate situazioni di instabilità lungo i tagli stradali, trattate in funzione della criticità specifica.

Una particolarità che caratterizza i versanti del bacino, in special modo nella sua parte centrale, è la presenza di massi non in posto di dimensioni molto variabili ed anche ciclopiche.

Questi si presentano in stato apparente di equilibrio, ma non vi sono elementi per garantirne con sicurezza la stabilità, specialmente se dovessero intervenire fattori innescanti attualmente non quantificabili. Tale condizione può infatti venire alterata dalle molteplici cause che agiscono sulla dinamica dei versanti. Tali massi sono generalmente associati a substrato roccioso del tipo *RF*, per cui nella CSDV la loro presenza è stata assimilata a quella della roccia in scadenti condizioni di conservazione.

#### 2.3.5 Caratterizzazione delle coperture

La maggior parte del territorio è interessato da roccia affiorante o subaffiorante al di sotto di 1 m di copertura in materiale sciolto.

La roccia è stata cartografata in base allo stato di conservazione come specificato al paragrafo precedente.

Le coltri eluvio-colluviali hanno spessore generalmente modesto (fino a 3 m) con larghi tratti di roccia affiorante o con litosuoli decimetrici e sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce e coltivati, ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sia pur sottile copertura.

Negli ambiti di versante è infatti molto diffusa la situazione in cui il substrato roccioso appare alternatamente affiorante e subaffiorante, in particolare nelle zone degli spartiacque orografici, in corrispondenza delle dorsali morfologiche, nelle zone più acclivi e nei solchi d'erosione dei rii.

Le coperture sottili, pertanto, non vengono distinte dal substrato roccioso per difficoltà oggettive legate alla loro distribuzione in relazione alla scala di restituzione grafica, ma soprattutto perché caratterizzare le coltri con tanto dettaglio non diviene significativo ai fini della definizione della suscettività.

Per una migliore definizione dei temi legati alle elaborazioni successive si è ritenuto di accorpate roccia affiorante e subaffiorante e di cartografare le coltri di potenza superiore ai 3 m sia sulla Carta Geolitologica che sulla Carta Geomorfologica.

In assenza di dati sulla caratterizzazione geotecnica dei materiali non è stato possibile operare una distinzione certa in base alla granulometria.

In generale si osserva che predominano sui substrati calcarei le "terre rosse" nelle zone più acclivi.

I terreni, composizionalmente eterogenei, hanno comunque scheletro abbondante ad elevata pietrosità, con frammenti litici a spigoli vivi di varia dimensione in una matrice da limo argillosa anche sensibile.

I suoli su substrato permocarbonifero (riferibili nel loro complesso genetico ad un vasto affioramento zonale di rocce metamorfiche "acide") si presentano molto simili tra loro, poco profondi, con tessitura prevalentemente sabbiosa con presenza sensibile delle frazioni limose e argillose; lo scheletro è sempre consistente con pietrosità elevata.

Suoli sabbiosi, generalmente sottili, sono impostati sulle quarziti.

Le coperture sono meno diffuse nella parte alta del bacino e, specialmente in corrispondenza di forte pendenza della superficie topografica, sono praticamente assenti coperture cartografabili in base ai criteri applicati.

Si rilevano le maggiori concentrazioni di coperture, anche di una certa estensione, nel settore E del bacino, su substrato quarzítico.

La carta geomorfologica riporta altresì le coperture originate da movimenti franosi, con l'indicazione relativa allo stato di attività.

Poiché viene presentata una tavola separata denominata Carta della Franosità Reale contenente maggiori informazioni, si rinvia la trattazione al paragrafo successivo.

### 2.3.6 *Frane attive e franosità diffusa*

I movimenti franosi vengono cartografati su un livello apposito della Carta Geomorfologica che ne riporta il simbolo o la perimetrazione, a seconda delle dimensioni della frana, nonché un riferimento in base allo stato di attività.

Il livello corrispondente viene utilizzato, con l'aggiunta di ulteriori informazioni sulla natura del dissesto per la redazione della carta della Franosità Reale, che contiene per ciascuno di questi tutte le informazioni previste dalle specifiche regionali.

Per ciascun dissesto individuato è stata compilata una scheda di censimento secondo il modello riferito alla nota della regione Liguria prot. 114669/1965, recante in allegato l'ubicazione su stralcio C.T.R. in sc. 1:5000 ed una ripresa fotografica.

Le frane sono state cartografate mediante rilevamento diretto sul terreno aggiornato al 31.12.2000.

Alcuni dati sono stati ricavati da studi di pianificazione a scala comunale e controllati sul terreno.

Sono state inoltre censite zone non interessate da movimenti franosi in senso stretto, ma anche le aree soggette ad erosione ed i fronti di cava abbandonati con potenziali problemi di stabilità.

Sulla carta della franosità reale vengono indicati anche cave, riporti artificiali e discariche, trattati ai paragrafi successivi.

Si è detto al §2.3.4 di una particolarità che caratterizza versanti del bacino, in special modo nella sua parte centrale, ovvero la presenza di massi non in posto di dimensioni ciclopiche. Questi sono stati cartografati sulla Carta geomorfologica e ripresi sulla Carta della Franosità Reale, dove sono indicati con una “M” *cerchiata* poiché la legenda ufficiale non prevedeva un simbolo specifico.

Gli eventi meteorologici dell'autunno 2000 hanno consentito di verificare sperimentalmente alcuni aspetti relativi all'equilibrio di scarpate giudicate potenzialmente instabili durante i rilevamenti sul terreno della primavera precedente.

La foto 2.3.6.1 e 2.3.6.2 mostrano la scarpata a monte della strada in Loc. Campuriundo prima e dopo la frana che ha avuto luogo a seguito delle intense piogge autunnali.



Foto 2.3.6.1 – Loc. Campuriundo: scarpata prima della frana



Foto 2.3.6.2 – Loc. Campuriundo: scarpata collassata

La prima foto (2.3.6.1) mostra il taglio stradale in cui un cuneo roccioso appare in aggetto dal fronte, privo di contenimento al piede inserito in un ammasso roccioso disarticolato.

Durante i sopralluoghi dopo i danni autunnali, lo stesso fronte appare crollato per un ampio tratto, con il materiale lapideo totalmente sfatto ed inglobato nella parte eluviale più fine coinvolta nella frana (2.3.6.2).

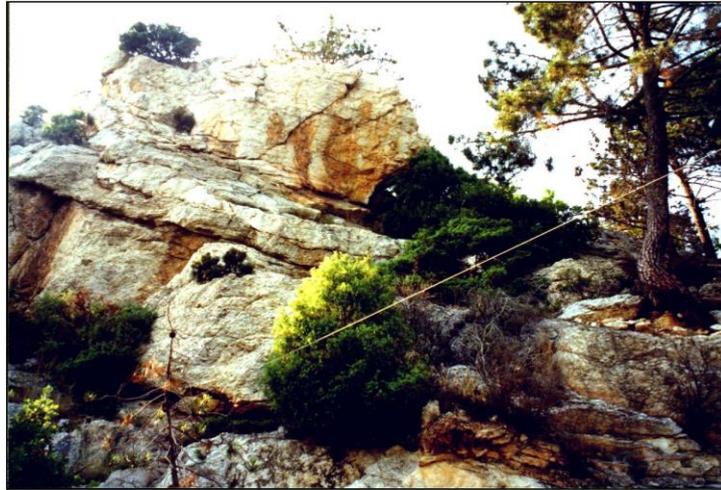


Foto 2.3.6.3 - Piani di scivolamento a franapoggio

In foto 2.3.6.3 si evidenzia un'altra situazione di potenziale instabilità sulla strada di Ranzi, dove un fronte in roccia si presenta in precarie condizioni di equilibrio lungo un piano di scivolamento a franapoggio.

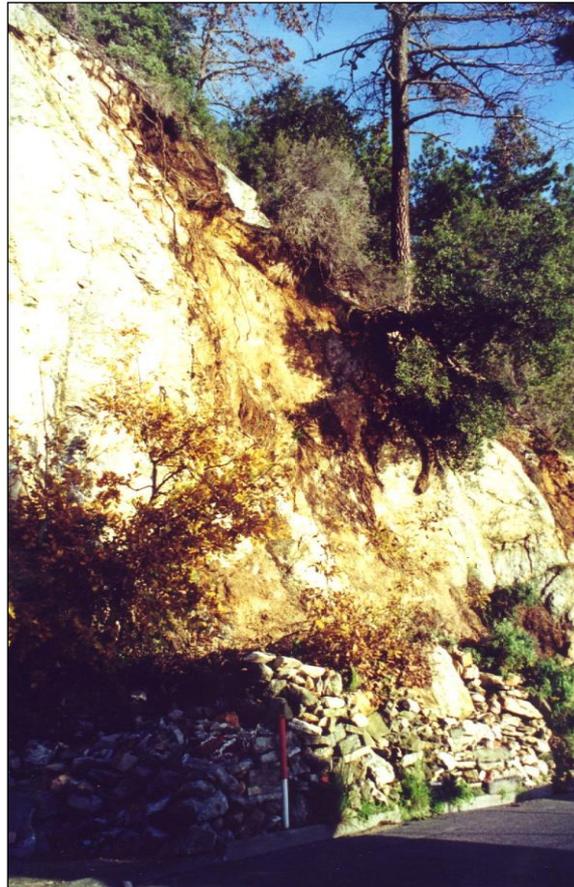


Foto 2.3.6.4 - Frana in roccia al piede del medesimo fronte

Dal medesimo fronte in Loc. Ranzi, durante le piogge dell'autunno 2000 si è verificato il crollo di blocchi di roccia, come mostra la foto 2.3.6.4.

Dall'osservazione della parete si evince che il materiale instabile si è scaricato solo in parte.



Foto 2.3.6.5 - frana di S. Libera riattivata dopo le piogge dell'autunno 2000

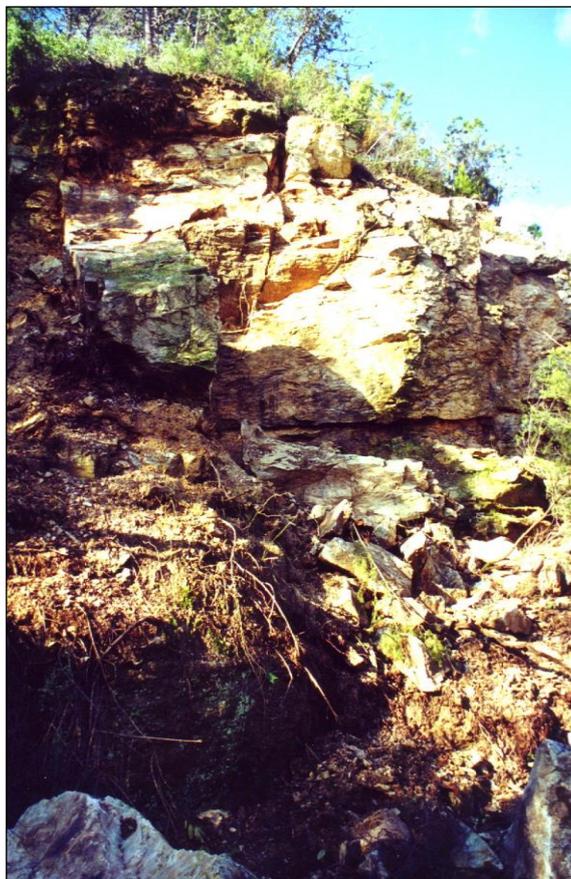
La foto 2.3.6.5 mostra la frana di S. Libera riattivata dopo le piogge dell'autunno 2000.

In loc. S. Sebastiano - foto 2.3.6.6 e 2.3.6.7 - si è verificata una frana in roccia con crollo di blocchi di dimensioni di alcuni decimetri. Il fenomeno fa parte dell'arretramento della rottura di pendio determinata dal fronte roccioso instabile, che ha testimoniato il proprio stato di attività proprio in concomitanza degli eventi meteorici dell'autunno 2000.

I fenomeni sopra richiamati rappresentano alcuni tra i fenomeni per i quali viene formulata una proposta di sistemazione (5. PIANO DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO).



Foto 2.3.6.6 e 2.3.6.7 - Frana in roccia con crollo di grossi blocchi



Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R. 1592/03), Sono state rilevate tre frane puntuali:

nel Comune di Boissano in loc. Losano, nel Comune di Loano in loc. S. Libera e nel Comune di Pietra L. in loc. Vigne.

#### 2.3.7 Alluvioni e terrazzi fluviali

Le alluvioni del Torrente Nimbalto si estendono su un'area non molto vasta nella parte bassa del bacino lungo la fascia costiera, dove si fondono con quelle degli altri corsi d'acqua minori scolanti direttamente a mare e con i depositi di spiaggia.

Per quanto concerne l'origine e le prime fasi evolutive la piana costiera, questa risulta legata alla presenza di una depressione tettonica, impostata su un sistema di faglie dirette e da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure.

Il ciclo sedimentario riferibile al pleistocene e all'olocene risulta abbastanza completo ma in affioramenti poco potenti, mediamente di spessore di circa 20-30 m che, nella fascia pedemontana, sono costituiti da vasti depositi di alluvioni terrazzate; sono osservabili anche terrazzi morfologici di probabile origine marina.

I terreni riferibili al pleistocene risultano in volume sproporzionati rispetto al bacino del Nimbalto e sono individuati da una grande "Conoide fossile" su cui si estende buona parte dell'abitato di Loano. Sono riconoscibili anche terrazzi alluvionali con terreni poligenici non molto caratterizzati sul piano sedimentologico.

Nel contesto litoraneo prendono corpo le alluvioni subattuali oloceniche ed i depositi di spiaggia ad essi correlati. Allo stato attuale pare impossibile con i dati a disposizione tracciare un limite sicuro tra le alluvioni di fondo valle e i depositi di spiaggia ad esse correlate che divengono comunque predominanti nella zona più costiera nell'ambito del nucleo del centro storico di Loano.

Il litorale di Loano si estende tra il Rio Chiappe (a levante) ed il Rio Casazze-Castellaro (a ponente). Importante, nell'ambito costiero, è la presenza del porto turistico ed il relativo ampliamento con prolungamento della diga foranea verso levante.

Procedendo dal Rio Chiappe si rileva, fino al porto turistico esistente, una scogliera artificiale atta a proteggere un tratto di costa completamente eroso dalla combinazione dell'azione diretta delle mareggiate incidenti e dalla deviazione verso il largo del drift di sedimenti globale (diretto verso Est) dovuta alla diga foranea portuale.

A ponente del porto si trova la foce del Torrente Nimbalto, i cui scarsi apporti vengono in pratica spiaggiati solo a ridosso della diga foranea del porto.

Immediatamente a ponente della foce del T. Nimbalto un lungo pennello trasversale delimita a Est la spiaggia di Loano, lunga ca.1700 m e caratterizzata da granulometrie assortite medio-grossolane (sabbie, ciottoli), interessata da una serie di opere di difesa trasversali "a isola" o con pennelli, e con due opere di difesa parallele antistanti la stazione F.S.

Le spiagge del Comune di Loano fanno parte di un'unità fisiografica molto ampia, compresa tra il Capo Caprazoppa (a levante) e Capo Lena (a ponente), che corona una serie di piane alluvionali sottese rispettivamente dai bacini dei torrenti Maremola, Nimbalto, Varatella e da quello del Fiume Centa.

Il litorale loanese è esposto alle traversie dei mari del secondo e terzo quadrante (Scirocco e Libeccio), con la conseguenza di un trasporto solido litoraneo alternato nelle due direzioni da levante a ponente e viceversa a seconda dell'alternarsi degli eventi meteomarinari; dall'analisi delle foto aeree e della cartografia, nonché dalle osservazioni in sito, è evidente la tendenza ad una deriva litoranea netta verso levante (conseguenza del mare dominante di Libeccio), con accumuli sopraflutto alle libecciate in prossimità delle opere di difesa trasversali ed erosioni sottoflutto.

Dal Foglio 92-93 dell'Atlante delle Spiagge Italiane e dai dati acquisiti dai recenti studi per l'ampliamento del porto [Brizzolaro & alii 1988- DANISH IDRAULIC INSTITUTE 1990] si nota una spiaggia sommersa a debole pendenza (con un salto intorno alla batimetrica -2m e una relativa omogeneità fino ai -6m per poi divenire progressivamente verso il largo), caratterizzata da sabbie a granulometria compresa tra 0.062 e 2.000 mm, con avanzamento verso il largo della frazione più grossolana alla foce del Torrente Nimbalto da ricollegarsi ovviamente agli apporti terrigeni del corso d'acqua.

La tendenza evolutiva del litorale è impostata ad un lento ma progressivo arretramento la cui causa principale è da ascrivere alla diminuzione degli apporti solidi da terra (causa la regimazione dei corsi d'acqua, gli interventi di stabilizzazione dei pendii, ecc.) e da mare (costruzione di opere di difesa, e soprattutto del porto turistico, con il conseguente allontanamento dei materiali che seguono la costante deriva litoranea netta del ponente ligure diretta verso levante), nonché all'insediamento di fenomeni di riflessione dovuti all'insediamento urbano loanese ed alle scogliere/massicciate della linea ferroviaria e della strada statale Aurelia costruiti in fregio alle spiagge, che hanno eliminato così il "polmone" di riserva naturale delle spiagge costituito dai cordoni dunari.

I terreni alluvionali presentano spessori diversificati; il materasso alluvionale presenta spessori medi compresi 20-30 m con un netto approfondimento nell'ambito dell'incisione del T. Nimbalto con valori intorno ai 50-60 m. Verso la linea costiera le alluvioni sfumano nei depositi di spiaggia dove gli antichi apparati dunari sono oggi stati completamente obliterati dall'urbanizzazione; ivi la stratigrafia denota depositi superficiali di sabbie franche (particolarmente evidente nell'ambito del Centro storico di Loano).

Le alluvioni terrazzate, sono distinte su vari livelli e con spessori diversificati. Nella struttura della "grande conoide fossile" i terreni hanno matrice argillosa biancastra con inclusi grossi trovanti, massi e ciottoli piuttosto alterati in superficie ("terra dei Gazzi"); il loro spessore è relativamente imponente tra i 30-60 m circa. Dal punto di vista pedologico sono suoli maturi con profilo sviluppato tipico dei "suoli alluvionali".

Sopraelevati dal fondovalle attuale prendono corpo i depositi terrazzati propriamente detti con affioramenti di terreni ghiaioso sabbiosi in matrice limo argillosa a profilo pedologico intermedio e con spessori diversificati da pochi metri (a ridosso dei rilievi) a circa 20 metri nelle zone di massimo spessore.

I dati sopra riportati sono ricavati prevalentemente dagli studi per il Piano Regolatore di Loano curato per la parte geologica dal Dott. F. Saglietto e da studi sedimentologici del Prof. Fanucci.

Per quanto riguarda la rappresentazione delle alluvioni sulla cartografia del piano di bacino, sono considerati come alluvioni attuali, a granulometria prevalentemente sabbiosa, i depositi alluvionali più giovani della piana e quelli di fondovalle, nonché quelli accomunabili alle attuali per morfologia e grado di costipamento.

Questi vengono cartografati sotto la sigla "am" che richiama le alluvioni mobili, per mantenere la rispondenza alla legenda standard. Si sottolinea che la parte mobile di tali depositi è limitata di fatto all'alveo attivo ed ai depositi di spiaggia non protetti da opere marittime, in quanto gli interventi antropici di arginatura, regimazione e l'urbanizzazione in genere rendono non rispondente alla definizione di "alluvioni mobili" la maggior parte delle alluvioni attuali.

A monte della fascia costiera, lato E, su entrambe le sponde del Nimbalto e nel tratto centrale della valle si hanno depositi alluvionali terrazzati recenti a granulometria prevalentemente ghiaiosa.

I materiali della conoide (alluvioni terrazzate antiche) risultano caratterizzati da granulometria prevalentemente ciottolosa, in matrice argillosa.

### 2.3.8 Aree in erosione

Le forme di erosione cartografate sono quelle dovute alle acque superficiali ruscellanti od incanalate.

Il ruscellamento diffuso è associato al colamento di materiale detritico per un lungo tratto al piede del versante in sponda destra del Torrente Nimbalto poco a monte di Verzi, ma sul versante opposto. Il fenomeno, favorito dalla denudazione del terreno, comporta la formazione di colate di detrito /debris flow) che destabilizzano il versante e contribuiscono al trasporto solido del torrente con ulteriori conseguenze sull'erosione e sulle esondazioni a valle.

Le forme di erosione ad opera delle acque incanalate agiscono con gradi di intensità ed aspetti diversi nel caso dei corsi d'acqua minori e di quelli maggiori.

I corsi d'acqua di basso ordine gerarchico scorrono lungo i versanti a pendenza elevata e tendono ad approfondire i loro alvei. Il fenomeno si verifica talora in maniera molto marcata, sia per le condizioni di conservazione del substrato roccioso, e - probabilmente - e anche per effetto della neotettonica.

Molti corsi d'acqua minori nella parte mediana - meno nella parte più alta ed in quella più bassa - operano un'erosione concentrata di fondo.

Anche il corso d'acqua di ordine più elevato nella parte alta del bacino è in erosione per quanto riguarda il fondo alveo.

Fenomeni di erosione laterale delle sponde si rilevano talora lungo l'asta principale del Nimbalto.

Una particolarità geomorfologica è costituita dal terrazzo marino intagliato in un lembo residuo della formazione pliocenica delle Argille di Ortovero, qui costituita da conglomerati in matrice argillosa, che occupa un'area ridottissima.

L'erosione ad opera delle acque superficiali presenta caratteri di tipo calanchivo sulle pareti subverticali che delimitano il terrazzo.

Il fenomeno erosivo in corrispondenza del salto morfologico diviene non cartografabile alla scala del lavoro, ma è documentato dalle foto già riportate al §2.3, dove la foto 2.3.1 inquadra in distanza il terrazzo, ubicato in Comune di Boissano, a monte dell'autostrada e la foto 2.3.2 mostra da vicino le forme di erosione.

### 2.3.9 Aree carsiche

Gli affioramenti soggetti all'erosione carsica presenti nel bacino appartengono a varie formazioni calcaree.

Le pendici del M. Carmo, fino al fondovalle di Verzi, sono caratterizzate da un "paesaggio carsico" con affioramenti di dolomie e calcari dolomitici in contatto tettonico complesso con le quarziti

triassiche e il tegumento permocarbonifero; tale contesto è stato perimetrato come area carsica ai sensi della L.R.3/04/90 n.14 dalla Regione Liguria con delibera n°665 del 29.03.94.

Le forme carsiche ipogee che influenzano la circolazione idrica sono legate alla rete di fratture che caratterizza le rocce calcaree.

Le formazioni carbonatiche del versante tirrenico sono distribuite tra affioramenti discontinui e di età diversa, il che riduce l'importanza dei fenomeni legati alla circolazione sotterranea rispetto a quelle dei ben più grandi serbatoi acquiferi di formazioni estese come accade a breve distanza lungo il versante padano.

Vengono cartografate simbolicamente le forme principali censite dal Gruppo Speleologici Savonese, costituite da tre grotte ubicate nella parte alta del bacino nella formazione delle Dolomie di S. Pietro dei Monti.

Dal punto di vista idrogeologico le formazioni permeabili per carsismo, in base alle specifiche regionali sono state cartografate come una forma particolare di permeabilità per fratturazione, anche se è noto che la permeabilità per fratturazione e la permeabilità per carsismo possono variare di diversi ordini di grandezza.

Di questo e degli altri marcati contrasti di permeabilità si è tenuto conto e nella elaborazione della Carta della Suscettività al Dissesto in quanto fattore innescante, effettivo o potenziale di fenomeni franosi.

#### **2.3.10 Cave**

Le cave vengono cartografate sia sulla Carta Geomorfologica che sulla Carta della Franosità Reale.

Le cave dismesse interessano fronti in roccia calcarea, la cui stabilità non viene in alcun modo monitorata.

Non vi sono cave attive nel territorio del bacino del Nimbalto.

Le tre cave dismesse sono localizzate nel comune di Loano (Borgarino di Verzi) e nel comune di Pietra Ligure (Moilastrino e trabocchetto).

La cava dismessa di maggiore importanza è ubicata in loc. Verzi. Qui l'assetto geomorfologia e idrogeologico risulta particolarmente alterato dai lavori di escavazione e dal conseguente degrado del sito.

#### **2.3.11 Riporti artificiali e discariche**

La Carta Geomorfologica e la Carta della Franosità Reale riportano tra gli interventi antropici anche le discariche e gli altri riporti significativi.

Il riempimento artificiale più importante è rappresentato dalla vecchia discarica comunale di Loano del tipo R.S.U (rifiuti solidi urbani), da molto tempo in disuso, sita in loc. Campolungo.

La discarica è impostata su un ambito di versante, con copertura finale del rifiuto attraverso uno strato di terreno vegetale convenientemente inerbito. Il contesto geomorfologico è di tipo "montano", nella zona di testata in una vallecchia sottesa dal Rio Lucerna che scorre incassato nel fondovalle.

I principali riporti artificiali sono disposti in fregio all'autostrada. Questi non sono generalmente cartografabili in sc. 1:10000 per la loro ridotta estensione. Se ubicati in prossimità di coltri detritiche vengono accorpati a queste ultime.

Fa eccezione il riporto in località "I Boschi", dove sorge il nuovo cimitero di Locano. Qui i riporti autostradali poggiano su detrito; contribuendo ad aggravare i problemi di tipo idrogeologico.

## **2.4 Idrogeologia**

La Carta idrogeologica deriva dalla Carta Geologica per attribuzione dei vari tipi di permeabilità alle formazioni rocciose ed alluvionali.

Ai riporti antropici, alle coperture detritiche ed alle alluvioni attuali e recenti - di ciascuna delle tipologie cartografate - corrisponde *permeabilità per porosità*.

Ai calcari della Val Tanarello, poco carsificati corrisponde *permeabilità per fratturazione*.

Come sottoclasse della permeabilità per fratturazione è stata indicata la permeabilità per carsismo, attribuita alla sola Formazione delle Dolomie di S. Pietro dei Monti.

E' noto, e si è detto a proposito delle forme carsiche, che le formazioni permeabili per carsismo presentano alla scala dell'affioramento permeabilità ben più elevate di quelle delle rocce permeabili per fratturazione, per cui l'accorpamento nella rappresentazione cartografica, è giustificata dall'origine del fenomeno, ma non dagli effetti sulla circolazione idrica. Di tale aspetto si è tenuto conto nelle valutazioni successive.

Le quarziti, gli scisti delle formazioni metavulcanitiche e metasedimentarie, gli gneiss e le alluvioni antiche a matrice argillosa sono riconosciuti come semipermeabili.

Le formazioni argillose plioceniche, presenti solo con un piccolo affioramento, risultano impermeabili.

Ai fini della elaborazione della Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti è stato dato risalto al contrasto di permeabilità fra coperture e substrato, tenuto conto anche dell'acclività del versante.

La Carta idrogeologica riporta anche i pozzi ad uso potabile la cui ubicazione è stata fornita dal Comune di Loano e dalla Provincia di Savona, distribuiti per la maggior parte nella piana alluvionale, e le sorgenti.

Dagli studi per il Piano Regolatore di Loano che fa a sua volta riferimento allo *Studio Ghezzi*, si desumono ulteriori informazioni sul comportamento dei serbatoi acquiferi.

La circolazione idrica sotterranea si esplica sia nelle alluvioni di fondo valle sia nelle formazioni rocciose costituenti i rilievi.

La caratterizzazione idrogeologica del territorio dipende da molteplici fattori, sinteticamente:

- estensione e morfologia del bacino idrografico
- distribuzione areale delle litofacies, loro natura e assetto geologico strutturale della zona, che definiscono la struttura idrogeologica nel suo insieme.
- geometria ed estensione degli acquiferi e loro reciproci rapporti
- permeabilità dei complessi idrogeologici con presenza di una zona "carsica"
- modalità di alimentazione, scorrimento, accumulo delle precipitazioni e rapporti con le reti idrografica e con la tettonica.

Negli ammassi rocciosi, in corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi, la circolazione idrica sotterranea si svolge in prevalenza nelle rocce carbonatiche carsificate e, in misura minore in quelle scistose e gneissiche fratturate.

Gli acquiferi sono complessi e discontinui, e condizionati fortemente dalle variazioni di facies litologica e dalla tettonica, con prevalenza di meccanismi di circolazione profonda: le sorgenti sono per lo più individuate al limite tra gli acquiferi carsificati e il substrato scistoso.

Le vie preferenziali di circolazione ipogea sono le linee di dislocazione tettonica e le fratture negli ammassi rocciosi. Si segnalano, ad esempio, allineamenti di sorgenti lungo il Rio dell'Acqua Calda (da cui l'omonima sorgente) e il Rio Fissone, impostate su fratture e linee di dislocazione tettonica. Inoltre in profondità tra i 40 -70 m circa, al di sotto del materasso alluvionale, nell'ambito del T. Nimbato in Loc. "Fei" e "Bulaxe" l'acquifero produttivo captato dai pozzi comunali si sviluppa sul contatto tra formazioni geologiche diverse (calcari, quarziti e scisti), nell'ambito della depressione tettonica su cui è impostato il corso d'acqua.

Nei depositi alluvionali terrazzati, (in particolare nella vasta conoide fossile plioleistocenica su cui sorge l'abitato di Loano) e nelle coltri detritiche ad elevata matrice argillosa non si sono sviluppati acquiferi significativi poiché la permeabilità è interrotta da presenza di argilla.

Nella piana alluvionale ha sede una discreta falda di subalveo alimentata dal Torrente Nimbato che costituisce la risorsa idrica più importante della valle. Si tratta di una struttura idrogeologica del tipo "multifalda", ma con rapporti diretti tra falda e sistema fluviale.

L'alimentazione è garantita dai processi di dispersione in alveo e in parte da ricariche provenienti essenzialmente dal substrato calcareo carsificato e dalle zone fagliate. L'acquifero alluvionale è caratterizzato da terreni a granulometria ghiaioso sabbioso-limosa in lenti e strati sovrapposti, con variazioni laterali e verticali legate ai fenomeni di deposizione fluviale, con orizzonti a diversa permeabilità.

L'acquifero principale si sviluppa seguendo preferenzialmente il corso del T. Nimbalto ed è delimitato lateralmente dal bed-rock (nel suo tratto montano) e da argille impermeabili nella zona di valle. La falda allo sbocco nella piana litoranea assume una classica forma a ventaglio ad apice verso monte.

Gli strati più profondi risultano in genere grossolani ad alta permeabilità, mentre gli orizzonti più superficiali presentano terreni con lenti sabbiose ghiaiose e frequenti sacche e strati di limi argille a testimonianza dei fenomeni di straripamento ed impaludamento della piana, particolarmente nella zona di levante; verso la linea di costa le alluvioni vengono interdigitarsi con i depositi sabbiosi di spiaggia.

Lo spessore del materasso alluvionale risulta abbastanza variabile ed è condizionato notevolmente da un brusco salto del bed-rock, poco valle del tracciato autostradale, per la presenza di una linea tettonica che determina il ribassamento del lembo lato mare. In genere il substrato oscilla intorno ai -20 m, fino a raggiungere i circa -70 m nella parte terminale della piana.

La tavola d'acqua si trova, in tutta l'area studiata, a bassa profondità, mediamente tra -15 m e 0 m s.l., e l'escursione (tra periodi di magra e di piena) è dell'ordine di qualche metro, valore che va attenuandosi verso la costa per l'effetto dinamico del cuneo salino.

Apporti sotterranei provengono sia dai pendii a monte della piana sia dai rii minori per il tratto compreso tra il Nimbalto e Pietra Ligure, dove i deflussi sotterranei sono condizionati dagli apporti dei corsi d'acqua minori non affluenti del Nimbalto.

La fascia litoranea è interessata dall'acquifero costiero ed è influenzata in modo più o meno uniforme dalla presenza del cuneo salino. Il limite tra le acque dolci e salmastre varia stagionalmente ed è fortemente influenzato dagli emungimenti più prossimali alla linea di costa.

La falda contenuta nel materasso alluvionale presenta un diverso grado di protezione dagli inquinamenti: relativamente basso per la falda più superficiale, dati i rapporti di intercomunicazione tra le acque sotterranee e quelle dei corsi d'acqua; più che discreto per l'acquifero profondo (intorno ai 40-50 m e più) in condizioni di sub-artesianità, con alimentazione non secondaria anche dal substrato e con orizzonti di copertura di materiali fini scarsamente permeabili dotati di buona continuità laterale.

Una valutazione complessiva della vulnerabilità dell'acquifero produttivo, nell'ambito della falda di subalveo, deve necessariamente riferirsi all'intero bacino idrogeologico alluvionale, tenendo sotto controllo, in primo luogo, la qualità dell'acqua del torrente (sia in relazione a fonti di inquinamento sistematico, sia occasionale) e le zone di ricarica della falda direttamente dal bed-rock. Gli acquiferi carsici o comunque legati alla fratturazione degli ammassi rocciosi risultano dal punto di vista idrogeologico (in termini di vulnerabilità) esposti al rischio di inquinamento; tuttavia le aree di alimentazione, per la zona di Loano, ricadono comunque in ambiti montani (nell'alta Valle del Nimbalto) a bassa antropizzazione, scarsamente accessibili; si può quindi ragionevolmente ritenere che gli acquiferi stessi si trovino in un contesto sufficientemente protetto.

Unitamente ai caratteri idrogeologici viene riportato sulla medesima Carta il reticolo idrografico gerarchizzato.

L'attribuzione dell'ordine gerarchico ha richiesto la revisione del reticolo precedentemente fornito dalla Committenza.

Si è proceduto secondo la metodologia proposta da Horton Strahler come specificato al § 2.3.2, mediante la quale si attribuiscono ordini da 1, per i rii minori a 4 per il Nimbalto.

Per i corsi d'acqua di ordine inferiore e per i rii minori scolanti direttamente a mare si vedano le tavole relative alla Carta Idrogeologica dove il reticolo gerarchizzato viene riportato in colori corrispondenti all'ordine gerarchico secondo legenda.

## 2.5 *Uso del Suolo*

La legenda relativa alla Carta di Copertura e d'Uso del Suolo fa riferimento a quanto contenuto nelle 'Raccomandazioni' del Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale, approvati nella seduta dell'8 novembre 1996, nell'ambito dei Criteri per la redazione dei Piani di Bacino. Più precisamente tale legenda riprende le classi previste dal Progetto Comunitario Corine Land-Cover, raggruppando alcune voci ritenute essenzialmente uniformi ai fini delle esigenze del piano di bacino, secondo quanto di seguito riportato.

### 1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

- 1.1 ZONE URBANIZZATE
  - 1.1.1 tessuto urbano continuo
  - 1.1.2 tessuto urbano discontinuo
- 1.2 ZONE INDUSTRIALI COMMERCIALI E RETI DI COMUNICAZIONE
  - 1.2.1 aree industriali o commerciali
  - 1.2.2 reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori
  - 1.2.3 aree portuali
  - 1.2.4 aeroporti
- 1.3 AREE ESTRATTIVE E DISCARICHE
  - 1.3.1 aree estrattive
  - 1.3.2 discariche
- 1.4 ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE
  - 1.4.1 aree verdi urbane
  - 1.4.2 aree sportive e ricreative

### 2. TERRITORI AGRICOLI

- 2.1 SEMINATIVI
  - 2.1.1 seminativi in aree non irrigue
  - 2.1.2 seminativi in aree irrigue
    - 2.1.2.1 seminativi, vivai, colture orto-floricole in piena aria  
T = terrazzati
    - 2.1.2.2 seminativi, vivai, colture orto-floricole in serra  
T = terrazzati
- 2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE
  - 2.2.1 vigneti  
T = terrazzati
  - 2.2.2 frutteti  
T = terrazzati
  - 2.2.3 oliveti  
T = terrazzati
- 2.3 PRATI E PASCOLI
- 2.4 ZONE AGRICOLE ETEROGENEE
- 2.5 EX COLTIVI

### 3. TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI

- 3.1 PRATERIE
- 3.2 ZONE BOScate
- 3.3 ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA
- 3.4 ZONE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE
  - 3.4.1 spiagge, dune
  - 3.4.2 rocce nude
  - 3.4.3 aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detritiche)
  - 3.4.4 aree percorse da incendi inf. a 2 anni

### 4. ZONE UMIDE

- 4.1 ZONE UMIDE INTERNE

## 5. CORPI IDRICI

### 5.1 ACQUE CONTINENTALI

5.1.1 corsi d'acqua, canali largh. minima alveo 10m

5.1.2 bacini d'acqua

### 5.2 ACQUE MARITTIME

In ordine alle definizioni e specificazioni riguardanti la legenda sopra riportata, si precisa che ci si è attenuti a quanto indicato nelle "Raccomandazioni" del Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di Bacino di cui sopra, apportando però le seguenti integrazioni:

#### 2.5.1 Zone agricole eterogenee

Mancando adeguate definizioni e specificazioni, sono state inserite in questa classe le situazioni in cui è presente un mosaico a maglia fine di poligoni, non cartografabili singolarmente alla scala richiesta, riconducibili a tutte le classi relative ai territori agricoli della legenda stessa, ivi compresi gli ex coltivi (codice 2.5), gli arbusteti ormai affermati (codice 3.3) ed il tessuto urbano discontinuo (codice 1.1.2);

#### 2.5.2 Zone umide interne

In questa classe è stata inserita l'area di competenza del T. Nimbalto a monte del concentrico del Comune di Loano e di alcuni brevi tratti di corsi d'acqua minori (Rio Berbena, Rio Casazza): tali aree sono caratterizzate dalla perdurante assenza di deflusso idrico, e ciò consente lo stabile insediamento di una vegetazione igrofila, tipica delle zone paludose, rappresentata da specie come la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) e la canna domestica (*Arundo donax*). Sono altresì sporadici gli elementi arborei (salici, pioppi, ontani) delle formazioni ripariali.

## 2.6 Descrizione della rete idrografica

La rete idrografica del Torrente Nimbalto e dei corsi d'acqua minori scolanti direttamente a mare è stata descritta nei capitoli precedenti sotto l'aspetto geomorfologico ed idrogeologico e viene ripresa in relazione agli aspetti idraulici nei capitoli che seguono.

Negli allegati idraulici viene inoltre prodotta ampia documentazione cartografica e fotografica delle situazioni più significative.

## 2.7 Idrologia di piena

### 2.7.1 Premessa

Nell'ambito della pianificazione di bacino, ai sensi del D.L. 180/98, al fine di individuare aree a diversa pericolosità idraulica e di determinare le portate di progetto, è necessario associare ai valori di portata al colmo di piena una probabilità di accadimento, o in altri termini, un tempo di ritorno.

Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) una convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri (luglio 1999)"; lo studio fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico, ed è la base dati su cui si fondano le successive analisi idrauliche di questo piano stralcio.

### 2.7.2 Metodo C.I.M.A. – 1999

*Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.*

In sintesi il metodo per la valutazione delle portate al colmo di piena in sezioni non strumentate può essere descritto nei seguenti punti:

attraverso un'analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l'informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull'intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state definite

le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all'interno della regione;

- dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è stato derivato l'evento di precipitazione critico per assegnato periodo di ritorno. La durata e la forma di quest'ultimo sono state dedotte attraverso l'applicazione della modellazione afflussi-deflussi, da considerazioni sulla meteorologia della regione, desunte da osservazioni satellitari degli eventi intensi del 1992, da risultati riportati su alcune pubblicazioni su rivista internazionale [Deidda et al., 1999] e dall'analisi di serie storiche di precipitazione ad alta risoluzione, quali quelle della stazione del Dipartimento di Ingegneria Ambientale (DIAM) dell'Università di Genova;
- dalle osservazioni di portata disponibili per l'intero territorio ligure è stata determinata, con procedura regionale analoga a quella utilizzata per le piogge, la forma adimensionale della distribuzione di probabilità delle portate al colmo di piena;

le curve adimensionali sono state dimensionalizzate attraverso la portata indice, definita attraverso la trasformazione afflussi-deflussi dell'evento di precipitazione critico per periodo di ritorno  $T=2.9$  anni. Il modello afflussi-deflussi utilizzato è un modello molto avanzato basato sulle più moderne conoscenze riguardo le interazioni tra la morfologia e la risposta dei bacini ad eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];

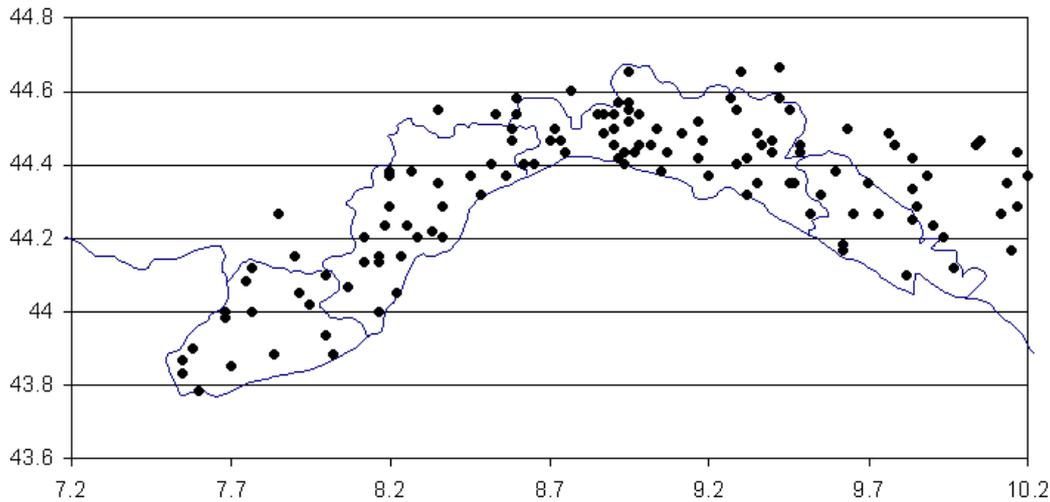
dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno  $T$ .

Elenco delle stazioni pluviometriche utilizzate per l'analisi e relative coordinate;  
nell'ultima colonna è riportata la numerosità campionaria.

	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
1	GENOVA CASTELLACCIO	44.26	3.31	379	24
2	GENOVA SERV. IDROGRAFICO	44.24	3.31	2	27
3	NERVI	44.23	3.24	45	16
4	GENOVA PONTECARREGA	44.26	3.29	26	31
5	PRATO	44.27	3.26	89	22
6	SCOFFERA	44.29	3.2	678	29
7	S. EUSEBIO	44.27	3.28	240	21
8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	47
11	ALBENGA	44.03	4.14	5	39
12	ALTO	44.06	4.27	630	33
13	CALICE LIGURE	44.12	4.1	70	22
14	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.08	4.2	350	50
15	COLLE DEL MELOGNO	44.14	4.16	1000	37
16	FEGLINO	44.13	4.07	160	26
17	MANIE	44.12	4.05	297	19
18	MONTAGNA	44.17	4.05	256	43
19	PIEVE DI TECO	44.03	4.32	240	25
20	POGLI DI ORTOVERO	44.04	4.23	90	48
21	RIALTO	44.14	4.12	976	31
22	FIORINO	44.28	3.45	236	29
23	MADONNA DELLE GRAZIE	44.26	3.42	159	25
24	MELE	44.28	3.43	278	24
25	COLONIA ARNALDI	44.25	3.17	600	37
26	CASSAGNA	44.21	3	432	19
27	CHIAVARI	44.19	3.08	5	57
28	CICHERO	44.25	3.08	480	21
29	GIACOPIANE	44.28	3.03	1016	60
30	NEIRONE	44.28	3.16	332	30
31	PANESI	44.21	3.06	25	46
32	PIANA DI SOGLIO	44.24	3.1	75	40
33	SAN MICHELE	44.26	3.03	170	57
34	SAN PIETRO DI NOVELLA	44.22	3.15	13	32
35	STATALE	44.21	2.59	570	47
36	TIGLIOLO	44.27	3.05	293	55
37	BESTAGNO	43.56	4.27	300	42
38	COLLE S.BARTOLOMEO	44.01	4.3	621	21
39	IMPERIA	43.53	4.26	15	50
40	SAVONA	44.19	3.58	5	36
41	SELLA DI SAVONA	44.21	4.06	473	14
42	ARLIA	44.16	2.2	385	53
43	BOLA DI TRESANA	44.14	2.33	400	47

	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
44	CALICE AL CORNOVIGLIO	44.15	2.37	402	24
45	CHIUSOLA	44.21	2.45	630	42
46	EQUI TERME	44.1	2.18	300	40
47	GUINALDI (Presa Verde)	44.25	2.37	371	31
48	LA SPEZIA	44.06	2.38	5	48
49	LEVANTO	44.1	2.5	2	33
50	MATUCASO	44.17	2.17	581	34
51	MONTALE DI LEVANTO	44.11	2.5	149	35
52	NOVEGINO (già Aulla)	44.12	2.31	55	34
53	PARANA	44.17	2.36	695	29
54	ROCCHETTA (già Tarassola)	44.2	2.37	426	50
55	SARZANA	44.07	2.29	26	54
56	SERO' DI ZIGNAGO	44.16	2.43	630	46
57	S. MARGHERITA VARA	44.16	2.48	200	39
58	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	44.22	2.34	215	51
59	TAVARONE	44.19	2.54	603	44
60	VARESE LIGURE	44.23	2.51	347	43
61	COLLA MELOSA	43.59	4.46	1600	21
62	COLLE BELENDIA	43.45	4.45	1350	31
63	ROCCHETTA NERVINA	43.54	4.52	225	32
64	VALLE TANE	44	4.46	1405	30
65	CASTIGLIONE CHIAVARESE	44.16	2.56	300	39
66	CROCETTA D'ORERO	44.32	3.28	460	31
67	GENOVA UNIVERSITA'	44.25	3.32	21	59
68	ISOVERDE	44.32	3.35	270	57
69	MADONNA DELLA GUARDIA	44.29	3.35	814	35
70	MIGNANEGO	44.32	3.33	250	53
71	MONTE CAPELLINO	44.33	3.3	660	33
72	AIROLE	43.52	4.54	103	38
73	CALVO (gia Torri)	43.5	4.54	57	26
74	VENTIMIGLIA	43.47	4.51	9	32
75	ELLERA	44.22	4	75	15
76	CENTRALE ARGENTINA	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27
78	LERCA	44.24	3.48	110	33
79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22
84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49

	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38
107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.28	3.52	857	32
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	52
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15
112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGO VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDENNA C.LE	44.27	2.4	611	24
119	BOSCHI D'AVETO DIGA	44.35	3.02	630	51
120	BRUGNETO	44.4	3.02	903	19
121	CABANNE	44.29	3.06	812	33
122	LOCO CARCHELLI C.LE	44.33	3.1	610	51
123	LOSSO C.LE	44.39	3.09	416	37
124	ROVEGNO	44.35	3.11	660	16
125	SANTO STEFANO D'AVETO	44.33	3	1014	24



Posizione delle 125 stazioni ricadenti nella regione omogenea individuata sulla base di considerazioni sui meccanismi di generazione delle precipitazioni intense in Liguria. Esse appartengono al SIMI sezione di Genova per la parte tirrenica e sezione di Parma per la parte padana.

**2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica**

Tali curve consentono, per assegnato periodo di ritorno, di definire come variano le altezze massime annuali di precipitazione in funzione della durata considerata.

La forma più comune delle LSPP è:

$$h(d,T) = a(T) d^n$$

con:

- h(d,T) altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T
- a(T) coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno;
- n esponente della relazione di scala.

Nel caso in esame è stato mostrato come per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità possa essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata. In tali condizioni quindi il coefficiente a(T) può essere espresso nella forma:

$$a(T) = K_T \frac{E[H_{d1}]}{d_1^n}$$

con:

- E[H<sub>d1</sub>] valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d<sub>1</sub>
- K<sub>T</sub> coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da  $\frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$  sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice E[H<sub>12</sub>]. La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

$$h(d,T) = K_T E[H_{12}] \left(\frac{d}{d_1}\right)^n$$

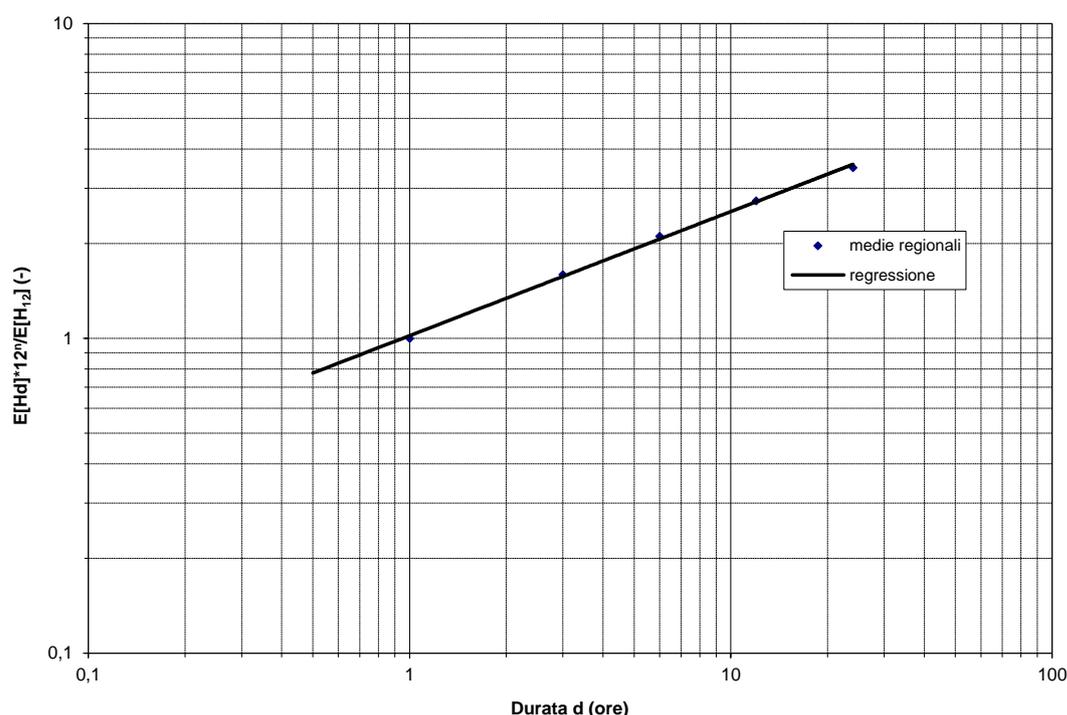
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:



con:

d durata di interesse in ore.

Quindi con una regressione lineare dei logaritmi delle medie regionali dei massimi annuali per le diverse durate sui logaritmi delle rispettive durate si ottiene una stima dell'esponente  $n$ , pari a  $n=0.39$ . Nella figura che segue è riportata la curva di scala con le medie regionali per le diverse durate. Si può osservare come essa si adegui in maniera molto soddisfacente alle osservazioni. Quindi l'ipotesi che i valori attesi della pioggia indice varino con la durata secondo l'espressione della LSPP riportata risulta del tutto accettabile.



Curva di scala valutata sulla base delle medie regionali dei massimi annuali di precipitazione per le durate considerate. La legge di potenza ipotizzata per la curva di scala si adegua in maniera molto soddisfacente alle osservazioni, confermando l'accettabilità dell'ipotesi.

Una volta valutato l'esponente  $n$ , il valore di  $E[H_{12}] / 12^n$  può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto  $E[H_{12}]$ , valutato secondo le modalità esposte al paragrafo precedente.

In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice  $\frac{WAWA}{1.02}$  da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di ritorno  $K_T$  può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno  $T$  sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in *Tabella 2* sono riportati i valori di  $K_T$  per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

1. sulla cartografia regionale si individua la zona di bacino di interesse oppure, se si opera a scala di bacino, la posizione  $x$  del suo baricentro, in longitudine est da Greenwich;

2. con il valore di  $x$  si entra nella Tabella 1 cui corrispondono i rispettivi valori di  $E[H1]$ , eventualmente ricavati per interpolazione tra i due valori (si omettono, ovviamente, le cifre oltre la prima decimale, non significative);
3. si definisce il valore del periodo di ritorno di interesse e dai valori riportati in Tabella 2 si ricava il valore  $K_T$ ;
4. La LSPP assume quindi la forma:

$$LSPP = K_T \cdot E[H1] \quad (1)$$

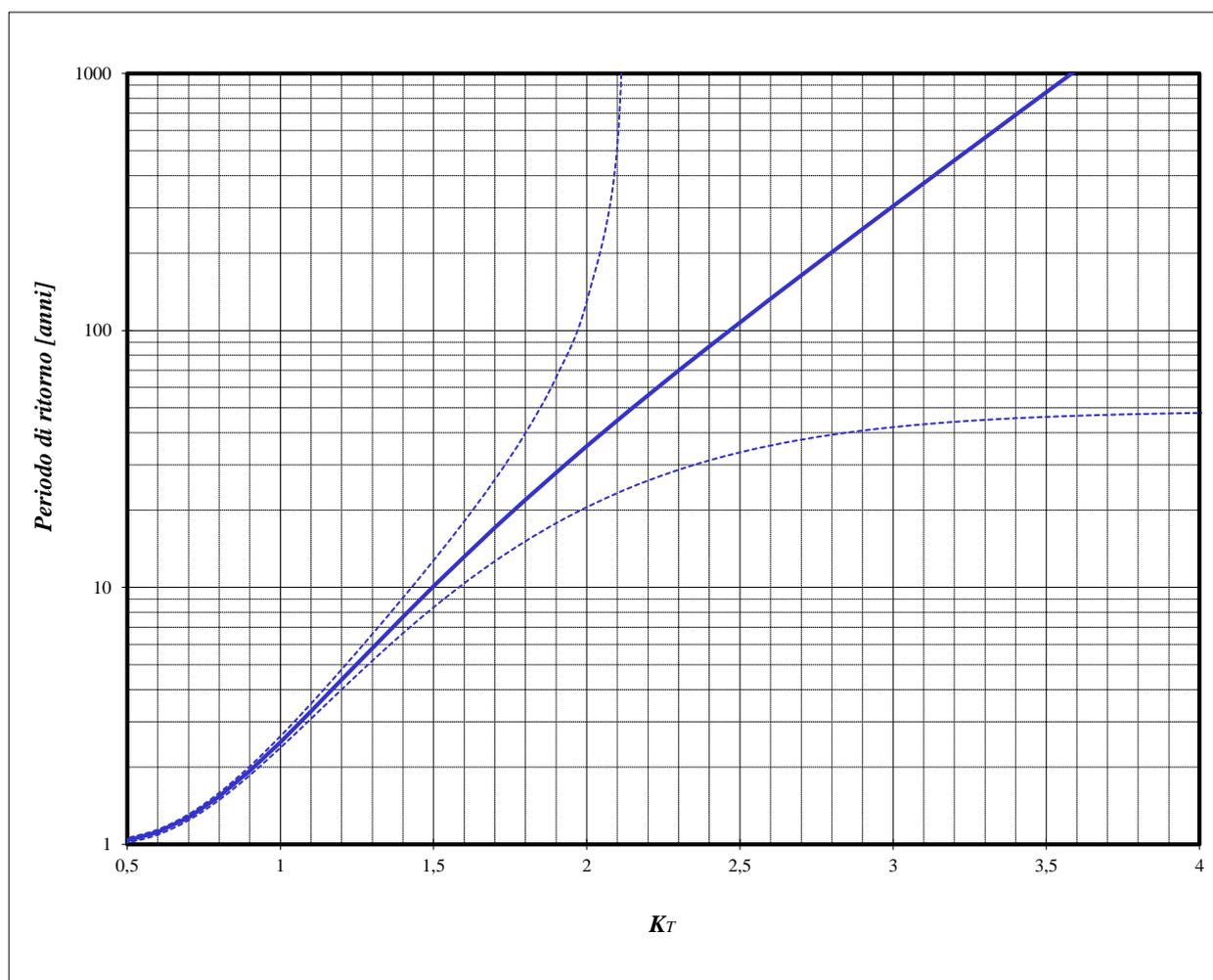
Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino Nimbalto Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.

LONGITUDINE		E[H1]
Gradi	primi	mm
8	10	37
8	12.5	37.4
8	15	37.8
8	17.5	38.1

Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno  $T$ . Per i periodi di ritorno differenti il valore  $K_T$  si può leggere sull'asse delle ascisse nell'apposito grafico, entrando sulle ordinate con il valore del periodo di ritorno.

T [anni]	$K_T$
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

Qualora si volesse stimare la LSPP per un periodo di ritorno non presente in Tabella 2 il parametro legato al tempo di ritorno  $K_T$  può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita regionale. Entrando con il tempo di ritorno  $T$  sulle ordinate (ad esempio  $T=10$  anni) si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro, che in questo caso risulta essere pari a  $K_{10}=1.5$ .



Curva di crescita regionale. Sulle ascisse si legge il valore adimensionale del quantile, il cui periodo di ritorno associato è indicato in ordinata.

#### 2.7.4 Portate di piena

##### 2.7.4.1 La curva inviluppo delle portate al colmo di piena (CATI 1970)

L'informazione idrologica storica relativa alle portate al colmo di piena è sintetizzata, per la Regione Liguria (l.r. 9/93, art. 26), nella cosiddetta "curva inviluppo dei contributi unitari alle portate al colmo di piena" per i bacini liguri con foce al Mar Tirreno, aggiornata dall'allora direttore del Servizio Idrografico - Compartimento di Genova con le osservazioni idrometriche conseguenti all'evento del 1970 nell'area centrale ligure.

Essa venne costruita quindi con lo scopo di fornire un valore di portata al colmo di piena con approccio conservativo, cioè a vantaggio di sicurezza. Per tale motivo essa venne disegnata raccogliendo tutte le informazioni disponibili riguardo alle portate al colmo di piena registrate storicamente sui bacini appartenenti al compartimento idrografico, facendo in modo che il valore del contributo unitario alla portata al colmo di piena che si legge per una determinata area di bacino sottesa sia superiore o uguale a tutti quelli storicamente osservati su bacini della stessa estensione. L'unica valutazione di tipo statistico che è associabile ad una tale procedura si fonda sull'assunto che la popolazione di bacini, nella regione per cui la procedura vale, costituisca un insieme climatologicamente omogeneo, cioè tale che le altezze massime annue di pioggia per le diverse durate abbiano la stessa distribuzione di probabilità, nonché la stessa struttura di ragguglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come

strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto. La relazione analitica che descrive la curva di inviluppo aggiornata in conseguenza della piena dell'ottobre 1970 a cura dell'ing. Cati è la seguente:

$$q=7.92 + 88.92A^{-0.66}$$

dove:

q: contributo unitario [m<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>]  
 A: superficie del bacino [km<sup>2</sup>]

Per bacini di estensione minore di 2 km<sup>2</sup> si applica il massimo contributo unitario pari a 40 [m<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>]

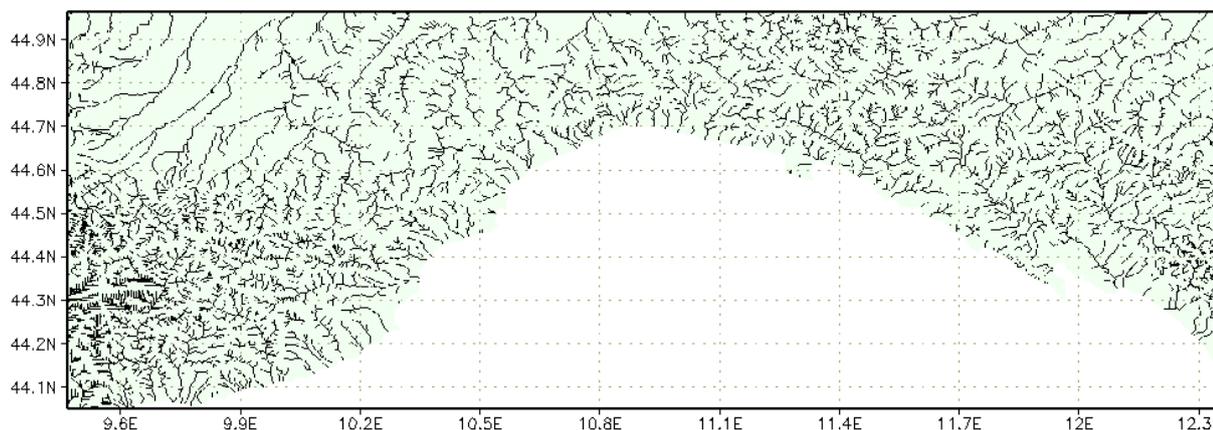
#### 2.7.4.2 Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)

Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della modellazione è indirizzata verso modelli sempre più complessi il cui intento è quello di riprodurre con maggiore accuratezza i processi fisici di interesse; spesso però una sofisticata descrizione di tali processi porta a benefici non paragonabili alla complessità dei modelli. D'altra parte bisogna riconoscere che l'eccessiva semplificazione di alcuni metodi tradizionali (formula razionale) e i metodi usualmente utilizzati per la progettazione (curva inviluppo dei contributi unitari delle portate al colmo di piena) non tengono in conto aspetti importanti quali la variabilità spaziale delle piogge, delle caratteristiche del suolo e della struttura topografica del sistema. Il modello si propone come uno strumento di semplice utilizzo, in grado comunque di interpretare le caratteristiche ritenute di principale importanza nella regione ligure, per la modellazione al colmo di piena. Il modello è stato sviluppato dal CIMA per soddisfare alle esigenze di alcuni ambienti naturali quali quello dell'arco alpino-appenninico caratterizzati da particolari strutture drenanti di dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

Il primo modulo identifica le diverse componenti che costituiscono la rete di drenaggio effettuando la distinzione tra versante e canale. Tale distinzione avviene utilizzando una procedura di filtro con significato morfologico. Questo modulo utilizza come dato di ingresso le informazioni derivanti dai modelli digitali di elevazione del territorio sotto forma di dati di quota, area drenata e un sistema di puntatori per l'individuazione del percorso di drenaggio. Il risultato di questo modulo è la classificazione di ogni cella appartenente al bacino in cella-versante o cella-canale e la determinazione della distanza parziale da una cella a quella successiva secondo la via indicata dal puntatore. La figura che segue rappresenta i reticoli di drenaggio della regione Liguria come risultano individuati nel modello a partire dalle informazioni digitali di elevazione del territorio.



*Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.*

Il secondo modulo utilizza come ingresso i risultati del primo modulo e, attribuendo nella cella-canale una velocità di scorrimento del deflusso superficiale stimata pari a 2.5 m/s e nella cella-versante una velocità stimata pari a 0.16 m/s, determina per ogni cella il relativo tempo di corrivazione individuando l'idrogramma istantaneo unitario. L'IUH è calcolato sommando il contributo di ogni cella, alla quale è associato un tempo di corrivazione calcolato come somma dei tempi trascorsi dal ruscellamento prodotto in quella cella rispettivamente sul versante e nel canale lungo il tragitto che lo collega alla sezione di chiusura.

Il terzo modulo accetta come ingresso le piogge e i tempi di corrivazione determinati dal secondo modulo e, sfruttando le proprietà dei sistemi lineari, effettua la convoluzione degli idrogrammi istantanei unitari. La pioggia lorda viene trasformata in pioggia efficace attraverso la metodologia proposta dal Soil Conservation Service, attraverso il parametro sintetico detto Curve Number (CN) in grado di riassumere informazioni quali litologia, urbanizzazione e uso del suolo. Nell'effettuare la convoluzione si hanno alcune differenze fondamentali rispetto al metodo classico dell'IUH in quanto la variabilità temporale della pioggia in ingresso e spaziale delle caratteristiche del terreno conducono ad un idrogramma istantaneo variabile nel tempo anziché ad un idrogramma istantaneo tempo invariante: l'uscita di questo terzo modulo è l'idrogramma di piena nella prefissata sezione di chiusura.

Si può definire il modello come un modello lineare, semi-distribuito, parziale (non gestisce il deflusso sub-superficiale), in grado di effettuare simulazioni a scala di evento.

L'approccio lineare è stato adottato in quanto, pur semplificando la modellazione, bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata. Il modello gestisce l'evento di piena focalizzando l'interesse sui valori di portata al picco e tempo in cui tale picco si manifesta e non tratta il moto sotterraneo di infiltrazione. Viene definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato in una sezione specifica. Il bacino in analisi viene grigliato con un reticolo georeferenziato a maglia quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.

L'operatività del modello è stata raggiunta dopo una preliminare analisi di sensibilità dei parametri e una successiva calibrazione dei parametri stessi, effettuata valutando il set di parametri che meglio riproduceva i diversi idrogrammi osservati. Il modello è versatile e bene si presta a differenti scopi; effettua la simulazione a scala di evento rappresentando la situazione relativa ad un periodo di tempo limitato da alcune ore a qualche giorno; è inoltre in grado di assumere per ogni evento condizioni di umidità del suolo specifiche da cui iniziare la simulazione.

Il modello è stato pensato come un modello a cinque parametri: due di carattere morfologico per l'individuazione della rete di drenaggio e la distinzione tra le due componenti di tale rete, due di

carattere cinematico, le velocità rispettivamente in canale e sul versante, ed un parametro fisico rappresentante lo stato di umidità del terreno che identifica appunto la situazione fisica di inizio simulazione. Una analisi svolta precedentemente alla calibrazione ha premesso di determinare i valori da attribuire ai parametri morfologici assumendoli, almeno in una regione morfologicamente omogenea, costanti. I valori da attribuire ai parametri cinematici sono stati tarati utilizzando eventi storici. La condizione di antecedente bagnamento del suolo rappresenta un grado di libertà che si deve lasciare al modello e non è quindi un parametro tarabile a priori.

#### 2.7.4.2.1 Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km<sup>2</sup> (CIMA 1999)

La stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale è stata oggetto di una modellazione numerica a parte rispetto alla metodologia sopra proposta.

Si riportano di seguito i singoli elementi che concorrono alla definizione della stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale, indicativamente compresa fra 2 e 10 km<sup>2</sup>:

- scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica;
- stima della precipitazione efficace;
- stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario;
- calcolo dell'evento critico per assegnato tempo di ritorno;
- metodologia di stima della portata per assegnato tempo di ritorno;

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

tipo	Descrizione	CN
<b>A</b>	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	<b>92</b>
<b>B</b>	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	<b>87</b>
<b>C</b>	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	<b>75</b>
<b>D</b>	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	<b>67</b>

Tabella 1: classificazione dei bacini regionali per la stima del valore di CN.

Il riferimento alle condizioni standard sopra riportate consente di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:



$[m^3s^{-1}]$ ;

mentre le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9}$$

$[m^3s^{-1}]$ ;

con  $K_T$  – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla *Tabella 2*. Il coefficiente  $C_Q$  è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, in *Tabella 3*.

<b>T [anni]</b>	5	10	30	50	100	200	500
<b>K<sub>T</sub></b>	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 2: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	10	6,73	5,62	4,30	3,77
8	12.5	6,82	5,70	4,36	3,83
8	15	6,92	5,77	4,42	3,88
8	17.5	7,01	5,85	4,48	3,93

Tabella 3: coefficiente di portata, C<sub>Q</sub>, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

#### 2.7.4.2.2 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 kmq (CIMA 1999)

Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km<sup>2</sup>, un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km<sup>2</sup>.

In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3 s^{-1}];$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in km<sup>2</sup>, U<sub>A=2</sub> è il contributo unitario per area pari a 2 km<sup>2</sup>, espresso in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>, e K<sub>T</sub> il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente U<sub>A=2</sub>, espresso in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>, è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2.

<b>T [anni]</b>	5	10	30	50	100	200	500
<b>K<sub>T</sub></b>	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 1: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	10	8,39	7,00	5,36	4,70
8	12.5	8,51	7,10	5,43	4,77
8	15	8,62	7,20	5,51	4,84
8	17.5	8,74	7,29	5,58	4,90

Tabella.2: contributo unitario, U<sub>A=2</sub> in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

#### 2.7.4.2.3 Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

La fase di verifica della documentazione tecnica relativa ai Piani 180/98 approvati con D.C.P. 43 del 28/10/2002, svolta a seguito del parere vincolante di Regione Liguria e dell'attuazione delle linee di pianificazione previste nel piano stesso, ha determinato la necessità di riordinare la metodologia di calcolo delle portate al colmo di piena, cui fa riferimento la Normativa di Piano, in

alcuni casi specifici che presentavano difformità del valore di portata rispetto alla metodologia suggerita nel piano stesso.

Si riportano di seguito i valori di portata al colmo di piena approvati dal Comitato Tecnico Provinciale nella seduta dell'11/09/2003.

<b>PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% <math>Q[m^3s^{-1}]</math></b>									
<b>IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE</b>			<b>VALORI DI <math>Q [m^3s^{-1}]</math></b>						
<i>Torrente</i>	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA $A [Km^2]$	$T_{indice}$	$T=30$ anni	$T=50$ anni	$T=100$ anni	$T=200$ anni	$T=500$ anni	Curva di inviluppo (CATI)
<i>Nimbalto</i>	<i>Mar Tirreno</i>	13	30	100	110	140	170	200	320

Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno –“Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri” (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

Nelle sezioni dei corsi d'acqua dove il Piano non indica il valore della portata, si segue la metodologia indicata nella tabella sottostante, utilizzando il valore di  $c$  individuato nella prima sezione immediatamente a valle di quella considerata lungo lo stesso tratto di asta fluviale.

Per la determinazione delle portate al colmo di piena del torrente Nimbalto, anche in caso di aree drenanti inferiori ai 10 Km<sup>2</sup>, non si applica la metodologia “Piccoli Bacini”, ma si utilizza la procedura riportata nella seguente tabella:

<b><math>Q=c \cdot A^{0.75}</math></b>									
<b><math>Q=portata\ al\ colmo\ di\ piena,\ quantile\ 50\% [m^3s^{-1}] \quad A=superficie [Km^2]</math></b>									
<b>IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO</b>				<b>VALORI DI <math>C [m^3s^{-1}Km^{-0.75}]</math></b>					
<i>Torrente</i>	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA $[Km^2]$	$T_{indice}$	$T=30$ anni	$T=50$ anni	$T=100$ anni	$T=200$ anni	$T=500$ anni
<i>Nimbalto</i>	<i>Mar Tirreno</i>	<i>Zona Borgarino</i>	13	4.82	13.98	16.73	20.49	24.2	29.11

Valori del coefficiente “C” con assegnato tempo di ritorno per la determinazione delle portate al colmo di piena in qualsiasi sezione –“Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri” (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

<b>PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA</b>									
<b>PORTATA AL COLMO DI PIENA, <math>Q[m^3s^{-1}]</math></b>									
<b>IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE</b>			<b>VALORI DI <math>Q [m^3s^{-1}]</math></b>						
<i>Torrente</i>	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA $A [Km^2]$	$T_{indice}$	$T=30$ anni	$T=50$ anni	$T=100$ anni	$T=200$ anni	$T=500$ anni	
<i>Rio Ranzi</i>	<i>Mar Tirreno</i>	3	20	50	60	70	90	100	

Corso d'acqua	Sezione	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	Cq	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Ranzi	1	2.4	D	8°15'	3.88	40	55	75

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Ranzi (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

<b>PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA</b>									
<b>PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>]</b>									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE					VALORI DI Q [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]				
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON		AREA DRENATA [Km <sup>2</sup> ]	T <sub>indice</sub>	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Casazza	Mar Tirreno		3	20	60	70	80	100	120

Corso d'acqua	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	Cq	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
					T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Casazza	3.3	B	8°15'	5.77	75	110	130

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Casazza (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

La scelta della classe del bacino è stata effettuata secondo le caratteristiche di assorbimento del bacino imbrifero sulla base della verifica sulla Cartografia Tecnica Regionale.

#### 2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Nimbalto (Rif. Normativa di Piano)

Nella tabella sono riportati in corrispondenza di ogni sezione i valori di portata al colmo, relativi ai diversi periodi di ritorno, utilizzati nel calcolo del livello del pelo libero al passaggio dell'onda di piena.

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
T. Nimbalto	1 - 46	13	110	170	200

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Nimbalto

Per il calcolo delle portate in sezioni intermedie si rimanda al capitolo 2.7.4.2.3 - Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P seduta. del 11/09/2003).

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	Cq	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Berbena	1 - 5.2	4	C	8°15'	4.42	69	99	119

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Berbena (Piccoli bacini con dimensioni tra 2 e 10 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	C <sub>q</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Ranzi	1 - 39	2.4	D	8°15'	3.88	40	55	75

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Ranzi (Piccoli bacini con dimensioni tra 2 e 10 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	U <sub>A</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Ciappe	3 - 15	0.5	B	8°15'	7.20	15	20	25

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Ciappe (Piccoli bacini con dimensioni < 2 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	C <sub>q</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Casazza alla foce	1-15	3,30	B	8°15'	5,77	75	110	130
Rio Casazza a monte della confluenza con il Rio Castellaro	15-34	2,22	C	8°15'	4,42	42	61	73

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Casazza (Piccoli bacini con dimensioni tra 2 e 10 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi	U <sub>A</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Castellaro a monte della confluenza con il Rio Casazza	1-18	0,98	C	8°15'	5,52	19	27	33

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Castellaro (Piccoli bacini con dimensioni < 2 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	U <sub>A</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Rolandette	3 - 15	0.4	C	8°15'	5,52	8	11	13,5

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Rolandette (Piccoli bacini con dimensioni < 2 Km<sup>2</sup>)

### 3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

#### 3.1 Premessa

Lo studio fino a questo punto condotto sulle caratteristiche del bacino si pone alla base dell'elaborazione della carta di pericolosità, carta che ha il fine di individuare le criticità del bacino e suddividere il territorio in aree a differente grado di pericolosità.

Dalla sovrapposizione delle classi di pericolosità con gli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, si giunge poi alla carta del rischio.

In linea generale, nell'ambito dell'unitarietà del bacino idrografico e dell'interdisciplinarietà tipica della pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, dovrebbero essere tenuti in considerazione tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità nonché le loro interazioni.

Nell'ambito del presente piano la pericolosità è stata valutata sulla base delle componenti idraulica e geomorfologica. Esse, allo stato attuale, sono state studiate separatamente, soprattutto in ragione della complessità delle metodologie di analisi necessarie per una loro più completa valutazione, complessità spesso non supportata da un'adeguata quantità e qualità dei dati disponibili: si fa riferimento, per esempio, a problematiche di trasporto solido che possono influire sulla determinazione di entrambi i tipi di pericolosità, o alle possibili conseguenze di un evento franoso anche su aree a contorno del dissesto stesso. Tale metodologia è, comunque, compatibile con quanto richiesto dal D.L. 180/98 sulla perimetrazione delle aree a rischio.

Per tale ragione, oltre che per questioni di scala, si è ritenuto di non produrre una carta di pericolosità complessiva ma di far riferimento alle due carte citate come Carte di Pericolosità Idraulica e Suscettività al Dissesto dei Versanti (pericolosità geomorfologica).

A riguardo della pericolosità idraulica, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo e la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità stessa. La carta di pericolosità idraulica consiste essenzialmente nella determinazione delle aree perifluviali che risultino inondabili per portate di massima piena caratterizzate da diversi tempi di ritorno. Sulla base dei criteri dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale, la carta è rappresentata dalla carta delle fasce di inondabilità, nella quale sono perimetrate tre fasce corrispondenti al deflusso della massima piena con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni. La pericolosità per portate superiori è ritenuta trascurabile. Vengono qui inoltre trascurati fenomeni diversi dalle esondazioni dai corsi d'acqua e altri fenomeni che potrebbero contribuire ad aumentare o aggravare le inondazioni oltre all'insufficienza idraulica strutturale.

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, nell'ambito del presente piano, sulla base dei dati a disposizione, essa si ritiene costituita dalla suscettività al dissesto dei versanti, che deve essere intesa come la propensione di una determinata area all'insorgere di movimenti di massa sia in relazione alle caratteristiche intrinseche dei "materiali" sia alla maggiore esposizione nei confronti degli agenti morfogenetici.

In realtà la valutazione del reale stato di pericolosità presente sul territorio intesa come la probabilità che un determinato fenomeno si verifichi, non può essere disgiunta dalla determinazione della dinamica evolutiva del fenomeno stesso. Quest'ultimo aspetto non può essere valutato aprioristicamente, anche attraverso sofisticati modelli di analisi territoriale, poiché dipende strettamente dalla tipologia del fenomeno e dal modello fisico e geotecnico del terreno che è possibile definire solo attraverso specifiche indagini geognostiche ed approfondimenti sul campo.

Il concetto di pericolosità geomorfologica può essere, di massima, definito come:

$$\text{Pericolosità} = ( \text{suscettività} \times \text{cinematica e dimensione del fenomeno} )$$

Da ciò discende che mentre nelle aree ad elevata suscettività al dissesto, o più ancora in quelle a molto alta suscettività, è immediatamente determinabile il grado di rischio associato, nelle aree a bassa suscettività può risultare errata una sua automatica associazione in quanto il grado di pericolosità territoriale non può prescindere dall'analisi delle condizioni al contorno e dalle

caratteristiche delle aree limitrofe del territorio, oltreché da quelle locali. Ad esempio qualora, un'area a bassa suscettività si trovi a valle di un corpo di frana la sua reale pericolosità potrà essere determinata solo a seguito di un'analisi approfondita che riesca a ipotizzare la possibile evoluzione (in termini spaziali, volumetrici e di velocità di movimento) del dissesto.

L'analisi incrociata delle carte della suscettività al dissesto di versante, della franosità reale, delle fasce di inondabilità e dei tiranti idrici, permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico a cui deve far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e lungo termine.

In relazione agli approfondimenti opportuni per giungere ad una carta di pericolosità più approfondita nell'ambito di un piano di bacino più completo ai sensi della L. 183/89 si segnala, come già accennato, la necessità di tenere in debita considerazione le interazioni tra dinamica del versante ed evoluzione del corso d'acqua, caratterizzate da particolari complessità concettuali e metodologiche, ma, comunque, indispensabili per valutare le emergenze del bacino, per fornire delle linee di utilizzo del suolo e le eventuali tipologie di intervento. A tale scopo diviene necessario acquisire dati sperimentali di riferimento per le analisi geomorfologiche ed idrogeologiche.

Questa necessità di acquisizione di dati non è legata solo al bacino idrografico in considerazione, ma è un problema ricorrente per la gran parte dei bacini liguri. A tale proposito si possono evidenziare l'opportunità delle seguenti integrazioni a livello di ambito (o a scala ancora più ampia):

- una rete di misura pluviometrica razionalmente distribuita a scala di ambito e misuratori di portata per i principali corsi d'acqua
- un sistema di monitoraggio del trasporto solido (sia in sospensione che di fondo) per valutazioni quantitative circa l'effetto dei fenomeni erosivi superficiali e di perdita di suolo, particolarmente incidenti sul bacino ed in relazione anche alle interconnessioni con le criticità idrauliche
- una campagna geognostica e di monitoraggio dei fenomeni franosi di particolare rilevanza o rappresentatività (es. R4 e R3 ai sensi della D.G.R. 1444/99), al fine di estrinsecare compiutamente la pericolosità territoriale e quantificare il grado di rischio
- approfonditi rilevamenti geologico strutturali per una più accurata definizione delle condizioni giaciture e dello stato di fratturazione della roccia
- organizzazione di un piano di previsione della cartografia e delle banche dati che preveda in particolare un periodico aggiornamento della franosità reale anche attraverso appositi voli a seguito di eventi alluvionali di particolare intensità.

Di seguito sono riportate le analisi e le elaborazioni per la redazione della carta suscettività al dissesto dei versanti e da quella delle fasce di inondabilità, la cui unione in questo caso rappresenta la pericolosità. Sono inoltre riportati un commento alle carte derivate e le principali criticità puntuali riscontrate nel corso dei rilevamenti.

## **3.2 Problematiche di tipo geomorfologico**

### **3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti**

Nell'ambito dell'analisi del bacino del T. Nimbato è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dall'Autorità di Bacino.

La metodologia predisposta per la realizzazione della CSDV, prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

- Acclività
- Litologia
- Geomorfologia
- Carta di dettaglio dei movimenti franosi (o franosità reale)
- Uso del suolo
- Idrogeologia
-

Le variabili associate a ciascun tematismo considerato nelle fasi di overlay risultano strutturate nei livelli informativi definiti nelle Raccomandazioni emanate dall’Autorità di Bacino di rilievo regionale e sono illustrate nella seguente tabella.

<b>Tematismo</b>	<b>Variabile</b>	<b>Tipo</b>
Carta geolitologica	Litologia	Principale
	Contatti	Aggravante
Carta geomorfologica	Coltri	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
Carta dell’acclività	Classi di acclività	Principale
Carta Idrogeologica	Permeab. substrato	Principale
Carta uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
	Frane quiescenti	Principale

Tab. 3.2.1.1 - Tabella riepilogativa delle variabili considerate

Le variabili di tipo “principale” sono definite come quelle ritenute determinanti, che devono essere sempre prese in considerazione ai fini della elaborazione della suscettività al dissesto di versante. Le variabili “aggravanti” rappresentano quelle la cui interferenza con le caratteristiche di stabilità dei versanti può variare sensibilmente in relazione al contesto territoriale esaminato e che pertanto presentano una variabilità sia tra bacini diversi sia all’interno del singolo bacino.

Nella fattispecie gli elementi di cui sopra rappresentano i parametri di tipo geografico-fisico, geologico geomorfologico ed ambientali s.l., fra quelli previsti negli attuali standard dei Piani di Bacino, che maggiormente condizionano la dinamica di versante nel bacino.

L’attribuzione dei pesi è stata tarata sulle caratteristiche specifiche del bacino del T. Nimbalto e dei Rii minori.

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso indicativo della relativa incidenza sulla suscettività al dissesto di versante, sulla base delle considerazioni riportate alle voci corrispondenti del capitolo 2 come da schema seguente:

ACCLIV.	Alluvioni	Coltri pot.	Roccia
Classe 1	-2	-3	-7
Classe 2	1	0	-3
Classe 3	5	3	0
Classe 4	7	6	2
Classe 5		7	4
Classe 6		7	6
Classe 7			7

LITOLOGIA	Gneiss	Litologie permo-carbonifere	Ortovero	S. Pietro M	V.Tanarello	Quarziti	Alluv. antiche
PESO	9	7	4	4	4	5	2

CONDIZIONI DELLA ROCCIA	R	RS	R0	RF
PESO	0	0	1	2

IDROGEOLOGIA	Coltri su substrato impermeabile	Coltri su substrato semiperm	Coltri su substr permeab.	Alluvioni
PESO	10	8	7	0

USO SUOLO	Aree Urbaniz.	Pascoli Zone Agricole	Ulivi - Vigneti terrazzati	Ex. Coltivi	Boschi	Arbusti	Rocce nude	Spiagge	Cave Discariche
PESO	0	0	-1	0÷2	0÷-1	1	2	0	1

Elem. Aggr.	Erosione conc. alveo	Ruscellamento diffuso	Erosione spondale	Rotture pendio	Nicchie frana	Contatti litologici	Faglie	Franosità diffusa
PESO	0÷2	0÷2	0÷2	0÷2	0÷2	0÷2	0÷2	0÷2

Tab. 3.2.1.2 - Tabelle di attribuzione dei punteggi

I pesi attribuiti alla variabile acclività sono stati differenziati, al variare dell'acclività stessa, tra le alluvioni - coltre - roccia con punteggi compresi tra -7 e +7.

I pesi relativi alle diverse litologie tengono volutamente conto del diverso grado di fratturazione ed alterazione dei litotipi stessi in relazione alla loro rigidità-fragilità nonché storia deformativa; i punteggi sono compresi tra 9 e 2 mentre quelli relativi alle condizioni della roccia sono stati limitati tra 0 e 2.

I pesi relativi alle coltri sono stati differenziati oltre che sulla base della potenza e della granulometria, anche tenendo conto della tipologia e natura del substrato, soprattutto in relazione alla sua permeabilità; pertanto si è ritenuto opportuno assegnare il peso massimo (valore 10) alle coltri potenti fini su substrato semipermeabile/impermeabile (metavulcaniti) in quanto in condizioni di forte impregnazione presenterebbero un drenaggio scarso, propensione all'impregnazione ed una potenziale superficie di scorrimento in corrispondenza del passaggio al substrato. Viceversa non si è ritenuto di attribuire alcun peso idrogeologico a substrato roccioso affiorante/subaffiorante ed alluvioni.

I pesi attribuiti ai fattori di uso del suolo derivano da un'analisi delle fonti bibliografiche e dalla taratura effettuata in campagna sulla loro reale consistenza e rappresentatività. In particolare le aree denudate in substrato roccioso sono state considerate sfavorevoli per l'alterazione indotta nei processi idrologici; similmente anche gli ex-coltivi e le zone arbustive risultano soggetti ad un abbandono generalizzato che ne inficia le caratteristiche di "efficienza idrogeologica".

Al bosco, alle aree terrazzate a vigneto-uliveto è stato viceversa attribuito loro un contributo favorevole alla stabilità.

Per quanto attiene le zone urbanizzate, prevalenti in fondovalle e piede pendio, le zone genericamente coltivate e le praterie si è preferito attribuire un valore neutro.

Infine si è attribuito un punteggio variabile tra 0 e 2 alle condizioni aggravanti quali quelle connesse all'azione delle acque incanalate specie lungo versanti assai acclivi con conseguente elevata velocità di deflusso, alle nicchie di frana, alle rotture di pendio, ecc.

La sovrapposizione degli strati informativi determina una discretizzazione di elementi poligonali elementari ognuno dei quali è caratterizzato da un punteggio che costituisce la somma

algebrica di tutti i pesi relativi a ciascun elemento associato al poligono. Maggiore è il peso totale, maggiore sarà la suscettività al dissesto connessa al poligono elementare.

Nel considerare questi fattori ci si è trovati di fronte a variabili di tipo puntuale o lineare; siccome si è ritenuto difficile, se non impossibile, stabilire a priori una fascia standard di influenza di ciascuna di queste, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile a seconda dei casi.

Attraverso gli incroci dei tematismi precedenti si deriva una carta estremamente frammentata e suddivisa in poligoni, di dimensioni anche molto limitate, ad ognuno dei quali è assegnato un valore numerico derivante dalla somma dei valori associati alle aree dall'intersezione delle quali essi sono stati generati.

Dopo aver esaminato la suddetta carta si sono estrapolati i valori massimo e minimo fra i diversi poligoni, quindi il range di valori dato dalla loro differenza viene suddiviso in 5 classi di suscettività (ALTA, MEDIA, BASSA e MOLTO BASSA) tramite la fusione e l'accorpamento dei poligoni contenuti nella carta.

Sovrapponendo alla carta di cui sopra la carta della franosità reale si sono delimitate le frane attive e quiescenti e le diverse classi di suscettività; le prime vengono assegnate ad una classe a sé (SUSCETTIVITA' MOLTO ALTA) mentre le seconde vengono direttamente inserite in classe di suscettività ALTA.

<b>CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI</b>			
VALORE DI RANGE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
<b>&lt; 5</b>	Aree prive di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo.	<b>MOLTO BASSA</b>	<b>Pg0</b>
<b>5 – 9</b>			<b>Pg1</b>
<b>10 – 15</b>		<b>MEDIA</b>	<b>Pg2</b>
<b>&gt; 15</b>	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	<b>ALTA</b>	<b>Pg3 B</b>
Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:			
<b>Aree di frana Quiescente</b>	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	<b>ALTA</b>	<b>Pg3 A</b>
<b>Aree in Frana Attiva</b>	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	<b>MOLTO ALTA</b>	<b>Pg4</b>
<b>Cave e miniere attive - Discariche in esercizio</b>	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.		<b>tipo A</b>
<b>Ex Cave, ex Miniere</b>	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente). All'interno delle aree speciali di tipo B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub> è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0, Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.	<b>Aree speciali</b>	<b>tipo B<sub>1</sub></b>
<b>Ex Discariche e riporti antropici.</b>			<b>tipo B<sub>2</sub></b>

Tab. 3.2.1.3 – Corrispondenza delle classi di suscettività con i pesi

Nel caso di aree di cava, discariche e riporti ove non esista o non sia vigente una normativa "speciale" è stata attribuita la corrispondente classe di suscettività al dissesto mediante l'aggiornamento della legenda della cartografia tematica di Piano. Tale aggiornamento è avvenuto a seguito di osservazioni di carattere puntuale, esaminate caso per caso, in merito alle caratteristiche di pericolosità dei singoli areali (Rif. D.G.R. 1068/02 e 1158/02), così come riportato al Cap. 2.3.11 Riporti e discariche e Cap. 2.3.10 Cave.

### 3.2.2 *Commento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti*

A seguito dell'applicazione di un'analisi territoriale di tipo "iterativo" eseguita affinando gradualmente sia i pesi delle variabili considerate sia il taglio delle classi si è pervenuti ad un risultato soddisfacente e rispondente ai controlli e alle tarature eseguite sul terreno.

La fase di disegno finale dei poligoni di suscettività al dissesto avviene direttamente a video e/o sulla base topografica. Si tratta quindi dell'unica fase in cui sono presenti elementi di soggettività

alla quale l'operatore indica i confini di zona seguendo prevalentemente limiti di carattere fisiografico (contrafforti, crinali, alvei, cambi di uso del suolo, insediamenti, strade, etc.). In questa fase è altresì possibile estendere la classe di suscettività oltre ai limiti del fenomeno rilevato in funzione della sua dinamica prevedibile, offrendo una valutazione sulla pericolosità di un comparto, in ragione dell'evoluzione di fenomeni ricadenti anche entro perimetrazioni diverse.

La perimetrazione dei distretti di cava, discarica e riporti è stata mantenuta come dalle prescrizioni regionali.

A tali perimetrazioni viene tuttavia attribuita una classe di suscettività non evidenziata in carta, che risulterà nella restituzione del Rischio geomorfologico.

Come si è detto, date le caratteristiche di cave, discariche ed altri riporti presenti nel bacino, a ciascuno di questi si è deciso di attribuire, in base a rilievi più approfonditi, un grado di suscettività alta.

Per il commento relativo alla distribuzione areale della suscettività al dissesto sul territori del bacino si rinvia al § 3.4.1.

### **3.3 Problematiche di tipo idraulico**

Il territorio ligure è esposto ad un elevato grado di rischio da alluvione che, soprattutto nei centri urbani cresciuti e sviluppatasi in prossimità dei fiumi e dei piccoli corsi d'acqua, si manifesta puntualmente arrecando ingenti danni e provocando, talvolta, perdite di vite umane.

Le modalità di sviluppo dei fenomeni di inondazione sono fortemente condizionate dall'andamento orografico e dall'ambiente fisico presente. Il regime prevalentemente torrentizio dei corsi d'acqua, i ridotti tempi di risposta dei bacini, nonché l'entrata in crisi di più corsi d'acqua contemporaneamente in occasione di un singolo evento meteoropluviometrico, sono fattori determinanti e condizionanti nell'ambito di un corretto approccio al problema.

Il quadro meteorologico che può determinare l'entrata in crisi dei corsi d'acqua liguri può essere semplicisticamente schematizzato in una situazione tipica che si concentra prevalentemente nei mesi autunnali e primaverili: permanenza prolungata sul bacino (scala temporale confrontabile col tempo di corruzione) di una cella convettiva che dà origine ad uno scroscio di forte intensità.

La morfologia e le caratteristiche idrologiche del territorio sono, comunque, solo concausa della produzione di danno, rimanendo causa primaria l'antropizzazione, in quanto azione di esposizione dei beni e della vita umana al rischio.

Il riconoscimento della soggezione al rischio idraulico di un determinato territorio si concretizza nella redazione delle mappe delle aree soggette al rischio di inondazione.

La mappatura delle aree esposte a rischio di inondazione è l'insieme di attività finalizzate, sia attraverso l'utilizzo di strumenti semplici che di strumenti sofisticati, a delimitare aree in cui risulti probabile il verificarsi di inondazioni conseguenti ad eventi di piena.

L'analisi delle fenomenologie di piena si è sviluppata secondo una scala di analisi, propedeutica e funzionale alla definizione delle criticità idrauliche ed alla definizione delle linee di pianificazione atte alla mitigazione nel tempo di tali criticità:

- scala globale mirata ad identificare comportamenti prevalenti di tratti di asta torrentizia;

Tale processo analitico metodologico, completato da uno studio storico che ha preso in considerazione gli effetti e la dinamica di alcuni eventi alluvionali pregressi, ha consentito di definire una serie di evidenti situazioni di squilibrio e di realizzare una prima mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione.

Di seguito sono descritti i criteri di scelta delle portate di verifica, le metodologie di calcolo utilizzate e i risultati ottenuti per ciascuna verifica.

#### Portate di verifica

Quali portate di verifica delle sezioni dei tratti d'alveo presi in considerazione sono state adottate quelle con periodo di ritorno cinquantennale, duecentennale e cinquantennale.

Tale scelta è giustificata dalla necessità di salvaguardare il territorio da eventi alluvionali; a ciò si aggiunge il fatto che non risulterebbe giustificato dal punto di vista socio- economico dimensionare opere di protezione e/o sistemazione dell'alveo per valori superiori.

La scelta delle portate cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale quali portate di riferimento è stata estesa a tutti i tratti oggetto delle verifiche indipendentemente dalle caratteristiche degli alvei e delle aree interessate.

Tale approccio consente di rendere omogenei tra loro i risultati delle verifiche e di uniformare gli eventuali interventi di sistemazione sull'intera superficie del bacino, come già avviene allo stato attuale con l'utilizzo della curva inviluppo.

### 3.3.1 Metodologie di calcolo

Le verifiche sono state condotte con una metodologia di calcolo in funzione della criticità (zone storicamente vulnerate), della complessità geometrica dell'alveo (presenza di curve, bruschi restringimenti ecc.) e della documentazione e dei rilievi disponibili.

E' stata seguito un approccio di tipo globale utilizzato per la verifica di un tronco d'alveo critico. Sono state utilizzate le sezioni rilevate nel corso delle indagini di campo. Per le diverse zone esaminate è stata redatta una planimetria in scala 1:1000 ed un numero opportuno di sezioni in scala 1:100.

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state condotte mediante l'ausilio di un software per il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti dovuti alle interazioni con ponti, briglie, tombinature, stramazzi, aree golenali ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto "Standard step method" che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove  $H_1$ [m] ed  $H_2$ [m] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tratto considerato,  $h_f$ [m] sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle

sponde mentre  $h_e$ [m] è un termine aggiunto per tener conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare  $h_f$  dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con  $j_f$  pendenza motrice nel tratto di lunghezza  $L$ [m].

Il calcolo di  $j_f$  è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice  $J$  in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine  $J$  nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \frac{Q}{K}$$

dove  $Q$ [m<sup>3</sup>/s] è la portata di calcolo e  $K$  (denominato conveyance) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove  $A[m^2]$  l'area della sezione liquida,  $R[m]$  il raggio idraulico e  $n[m^{-1/3} s]$  è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente  $n$  è stato determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche dei corsi d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazioni della forma e delle dimensioni delle sezioni.

Il termine  $h_e$  dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

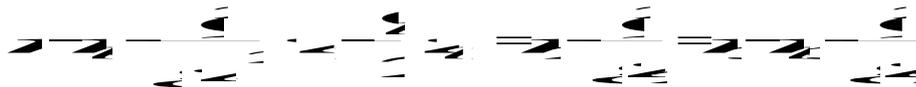
$$h_e = \beta \left( \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_1 \right) - \left( \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_2 \right)$$

dove  $\beta$  è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato,  $V_1$  e  $V_2$  [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tratto e  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più tratti in cui assegnare un valore diverso del parametro  $n$  di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale (denominata main channel) interessata dal deflusso delle portate di magra e di piena ordinaria e due aree laterali golenali (denominate right and left overbanks), interessate dalle portate di piena eccezionali.

Il programma calcola inoltre il deflusso attraverso i ponti mediante una procedura che consente di simulare le tre condizioni di deflusso possibili: deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e combinazione di deflusso in pressione e deflusso con scavalciamento dell'impalcato (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello si basa sull'equazione dei momenti nella forma



dove:

$A_1, A_3$  = sezioni di deflusso a monte e a valle del ponte;

$A_2$  = sezione netta di deflusso attraverso il ponte (area totale - area delle pile);

$A_{p1}, A_{p3}$  = area delle ostruzioni (pile, spalle ecc.) a monte e a valle del restringimento;

$Y_1, Y_2, Y_3$  = distanza verticale tra la superficie dell'acqua ed il centro di gravità delle sezioni di deflusso;

$m_1, m_2, m_3$  =  $A_1 Y_1, A_2 Y_2, A_3 Y_3$ ;

$C_D$  = coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile;

$Y_{p1}, Y_{p3}$  = distanza verticale tra la superficie dell'acqua ed il centro di gravità delle sezioni  $A_{p1}$  e  $A_{p3}$ ;

$mp_1, mp_3 = A_{p1}Y_{p1}$  e  $A_{p3}Y_{p3}$ ;  
 $Q =$  portata;  
 $g =$  accelerazione di gravità.

Se dall'applicazione del metodo dei momenti il moto risulta subcritico viene successivamente utilizzata l'equazione di Yarnell, se invece il moto risulta supercritico o avviene con transizione attraverso lo stato critico viene utilizzata la sola equazione dei momenti.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata defluita attraverso la luce di area  $A[m^2]$ ,  $H[m]$  è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e  $C$  è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

dove  $Q[m^3/s]$  è la portata defluita sulla soglia di larghezza  $L[m]$  e  $H[m]$  è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e  $C$  è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalciamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluite al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Nella verifica di sezioni particolari quali ad esempio le zone di confluenza, dove non sono applicabili le relazioni precedenti, è stato applicato il teorema della quantità di moto.

In particolare è stato individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione:

$$F_e + GM_e = M_e$$

dove  $F_e$  è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo,  $G$  è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso),  $M_U$  ed  $M_e$  le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

### 3.3.2 Risultati

Le verifiche globali hanno riguardato il tratto terminale del torrente Nimbalto, dal ponte stradale in loc. Bulaxe allo sbocco a mare, per una lunghezza complessiva di circa 900 m ed il tratto terminale del rio Berbena per una lunghezza di circa 200 m.

Per ciò che riguarda il rio Ranzi è stato indagato in moto permanente il tratto terminale, per un'estensione di circa 800 m, dalla località Vigne fino alla foce.

Di seguito, per ciascun tronco o sezione analizzata, si riporta la descrizione delle verifiche effettuate e l'analisi dei risultati ottenuti.

I risultati delle verifiche sono riportati nelle VERIFICHE IDRAULICHE Allegate in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati:

- Planimetria con sezioni idrauliche di calcolo in scala 1:1000.
- Profili di rigurgito in scala 1:1000.
- Sezioni trasversali di calcolo in scala 1:100 con l'indicazione delle quote del pelo libero.

Si evidenzia che la scelta di approfondire l'analisi delle verifiche idrauliche in tale tratto è giustificata dal fatto che la zona risulta in assoluto a più alta criticità idraulica, come conferma la mappatura delle aree storicamente inondate e potenzialmente inondabili redatta nell'ambito del Piano stesso; essa si sviluppa interamente in aree fortemente urbanizzate e ad alta densità abitativa, con evidenti implicazioni sia per quanto riguarda la sicurezza delle persone sia per quanto riguarda la valenza economica dei potenziali danni materiali.

*Prima di passare alla descrizione dei risultati si ritiene doveroso, per meglio interpretare e valutare l'entità dei fenomeni studiati, segnalare che tutte le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di "fluido ideale" in assenza di trasporto solido al fondo e/o di materiale galleggiante trascinato dalla corrente. Del trasporto in sospensione si è parzialmente tenuto conto inasprando i coefficienti di resistenza al moto come usualmente operato nella pratica corrente.*

### **Torrente Nimbalto : da ponte stradale in loc. Bulaxe a foce (L $\cong$ 900m)**

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra una sezione posta in corrispondenza del ponte stradale in Loc. Bulaxe e lo sbocco a mare ed ha una lunghezza complessiva di circa 900 m.

Esso ha un andamento planimetrico caratterizzato da un tratto abbastanza rettilineo, la pendenza media del tratto è pari all'1.1 %.

Le larghezze al fondo sono mediamente pari a 15 m circa, con un minimo di 9 m nella sezione 18 ed un massimo di 21 m nella sezione 9.

Il tratto si presenta arginato su entrambe le sponde con muri in varie tipologie costruttive (pietra a secco, calcestruzzo, c.a.) d'altezza compresa tra 3.2 m e 4.8 m in sponda destra e tra 2.2 m e 5.3 m in sponda sinistra. Le aree adiacenti al corso d'acqua sono costituite da zone urbanizzate sia in sponda destra che sinistra, con presenza di edifici in fregio all'alveo.

I ponti attraversati sono in numero di 8; il primo in corrispondenza della foce (sez.1) è stato costruito in seguito all'evento alluvionale del 30 settembre 1961 durante il quale il precedente ponte, era stato gravemente danneggiato.

È stato realizzato in cemento armato precompresso con 9 travi prefabbricate poste ad interasse di 1.18 m, collegate tra loro da altre disposte trasversalmente e soletta sovrastante; ha una luce di 20 m (maggiore della precedente m 18.6) realizzata arretrando le spalle (anch'esse di nuova costruzione) a filo del muro d'argine in modo tale da aumentare la sezione di deflusso delle acque ed evitare pericolose strozzature dell'alveo del torrente; per lo stesso motivo è stato inoltre rialzato di circa 30 cm rispetto al ponte esistente senza creare alcun problema di raccordo con le strade adiacenti. L'opera è stata realizzata in 4 mesi (consegna lavori 12/02/62 fine lavori 11/06/63) ed ha avuto un importo complessivo di L. 13.000.000.

Nel collaudo tecnico amministrativo era stato considerato necessario lo sgombero delle sabbie accumulate almeno ogni 10 anni al fine di mantenere inalterata l'altezza libera dal fondo.

Il ponte delle Ferrovie dello Stato (ponte n°3) è a tre campate con pile dello spessore di 1.5 m che creano una riduzione della sezione di circa l'80 % passando da 18.20 m a 15.17m; la quota dell'intradosso misurata in corrispondenza della parte sommitale dell'arco è di 5.25 m, quella dell'estradosso a 6.70 m.

Il ponte della statale Aurelia (ponte n°4), ad unica campata, è ubicato in corrispondenza di una curva verso sinistra, presenta una larghezza di 12 m, una struttura ad arco con la quota dell'intradosso in corrispondenza della sommità dell'arco a 6 m ed estradosso a 7.50 m.

Il ponte in Loc. Borgo Castello (ponte n°6) è stato costruito nel 1937 per assecondare un desiderio degli agricoltori della regione Costa e per permettere loro uno sviluppo; gli stessi per accedere ai loro terreni dovevano usufruire del ponte esistente risalente all'epoca romana che, data la sua epoca e la sua struttura ad arco a tutto sesto in pietra e rialzato sul livello stradale di quasi 2.50 m, non consentiva il passaggio carraio.

Il ponte è stato realizzato secondo il volere della Sovrintendenza dei Monumenti e Scavi a monte del ponte romano esistente, con travi in cemento armato e soletta la cui

vista è stata mascherata con struttura ad arco ellittico in mattoni richiamante la linea del ponte già esistente.

Il ponte ha una luce di 13.30 m ed una larghezza di 3 m; la sede stradale netta è di 3.60 m fiancheggiata da due muretti di calcestruzzo portanti il parapetto. L'importo dell'opera era di L.19.055,21.

Le portate utilizzate nella verifica, ricavate dalle tabelle dell'Allegato 2, risultano 110 m<sup>3</sup>/s (T=50anni), 170 m<sup>3</sup>/s (T=200anni), 200 m<sup>3</sup>/s (T=500 anni). Si è assunto un valore medio del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.025.

L'integrazione del profilo di rigurgito è stata effettuata utilizzando una condizione di regime misto.

#### Q= 110 mc/s (T= 50 anni)

La corrente si mantiene lenta per gran parte del tratto esaminato con altezze del pelo libero variabili da 1 m e 4,5 m; il modesto franco idraulico in corrispondenza delle zone laterali del tratto terminale fanno ritenere quest'ultima comunque a rischio in caso di portata 50-ennale.

La particolare posizione del ponte della statale Aurelia associato ad un intradosso a quota limitata provoca nel tratto a monte un rigurgito in corrente lenta con il pelo libero a quota 5.5 m s.l.m., superiore alla quota del piano viabile in sponda destra.

Il ponte stradale in loc. Bulaxe (sezione n°17) risulta del tutto insufficiente, con parte della portata che defluisce in pressione al di sotto dell'impalcato e parte che defluisce al disopra del piano viabile, inondando le aree adiacenti. Il pelo libero raggiunge in tale tratto la quota di 12.35 m s.l.m., con un battente di circa 50 cm rispetto alle quote del piano viabile adiacente.

#### Q= 170 mc/s (T= 200 anni)

In corrispondenza della portata 200-ennale numerosi ponti risultano insufficienti.

In corrispondenza del ponte stradale in corrispondenza della foce (sezione n°1) la portata defluisce in pressione al di sotto dell'impalcato e che provoca nel tratto a monte un rigurgito in corrente lenta con il pelo libero a quota 2.88 m s.l.m., che inonda le aree adiacenti. Le aree inondabili sono piuttosto ampie i virtù delle pendenze favorevoli delle strade ad aumentare le superfici interessate dal fenomeno.

Il ponte delle Ferrovie dello Stato (sezione n°6), con le sue pile di notevoli dimensioni, risulta del tutto insufficiente, con parte della portata che defluisce in pressione al di sotto dell'impalcato e parte che defluisce al disopra del piano ferroviario, inondando le aree adiacenti.

La situazione del ponte della statale Aurelia, già pericolosa per la portata 50-ennale, peggiora sensibilmente con esondazione anche in sponda sinistra; anche la situazione del ponte stradale di loc. Bulaxe, già critica per la portata 50-ennale, si inasprisce.

#### Q= 200 mc/s (T= 500 anni)

In corrispondenza di tale portata il ponte stradale in corrispondenza della foce risulta del tutto insufficiente, con parte della portata che defluisce in pressione al di sotto dell'impalcato e parte che defluisce al disopra del piano viabile, inondando le aree adiacenti; il pelo libero raggiunge in tale tratto la quota di 3.00 m s.l.m.

A tutto ciò si associa una inadeguatezza delle arginature sia in sponda destra che sinistra, una favorevole pendenza delle strade adiacenti per cui la zona a rischio inondazione con periodo di ritorno di 500 anni risulta piuttosto estesa.

L'inadeguatezza degli argini e degli intradossi dei ponti già critica per la portata cinquantennale aumenta determinando le stesse aree inondabili.

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra la sezione sottostante il viadotto di Monte Carmelo e lo sbocco a mare ed ha una lunghezza complessiva di circa 200 m.

Esso ha un andamento planimetrico caratterizzato da un tratto abbastanza rettilineo, la pendenza media del tratto è pari all' 0.35 %.

Le larghezze al fondo sono mediamente pari a 7 m circa, con un minimo di 3.3 m nella sezione 4 ed un massimo di 10.60 m nella sezione 1.

Il tratto si presenta arginato su entrambe le sponde con muri in varie tipologie costruttive (pietra a secco, calcestruzzo, c.a.). Le aree adiacenti al corso d'acqua sono costituite da zone leggermente urbanizzate sia in sponda destra che sinistra.

I ponti attraversati sono in numero di 4.

L'integrazione del profilo di rigurgito è stata effettuata utilizzando una condizione di regime misto.

#### Q= 69 mc/s (T= 50 anni)

La corrente si mantiene lenta per gran parte del tratto esaminato con altezze del pelo libero variabili da 1,9 m e 4,5 m; l'assenza di franco idraulico in corrispondenza dei ponti esaminati fa ritenere la zona circostante a rischio in caso di portata 50-ennale.

Il solo ponte sottostante il viadotto di Monte Carmelo risulta essere sufficiente per la portata cinquantennale.

#### Q= 99 mc/s (T= 200 anni)

L' inadeguatezza degli argini e degli intradossi dei ponti già critica per la portata cinquantennale aumenta determinando le stesse aree inondabili.

#### Q= 119 mc/s (T= 500 anni)

L' inadeguatezza degli argini e degli intradossi dei ponti già incontrata per le portate cinquantennale e duecentennale aumenta determinando le stesse aree inondabili; i tiranti d'acqua ovviamente saranno maggiori.



#### **Rio Ranzi**

A partire dai primi anni 2000, sono stati eseguiti alcuni interventi di messa in sicurezza del corso d'acqua; in particolare:

1. opere di allargamento dell'alveo, realizzate da un soggetto privato nell'ambito di una convenzione urbanistica, lungo tutta la sponda destra ed in alcuni tratti in sponda sinistra sino all'imbocco del sottopasso stradale in corrispondenza dell'attuale rotatoria;
2. opere di allargamento dell'alveo realizzate dalla Provincia di Savona, nell'ambito degli interventi relativi alla realizzazione della rotatoria sulla via Aurelia;
3. realizzazione, da parte di RFI, di un nuovo fornace sull'attuale ponte ferroviario per consentire il deflusso della portata di progetto.

Pertanto, al fine di recepire gli esiti di tali interventi nel piano di bacino è stato predisposto, sulla base di un rilievo dell'alveo realizzato ad hoc nel 2019, un nuovo modello idraulico monodimensionale in moto permanente gradualmente variato tramite il software HEC-RAS nella versione 5.0.7, a coprire l'intero tratto già indagato nel Piano, per una lunghezza di circa 800 m, dalla località Vigne fino alla foce.

Le portate utilizzate sono quelle già calcolate nel piano di bacino, pari a 40, 55 e 75 m<sup>3</sup>/s per i tre consueti tempi di ritorno, e quali coefficienti di scabrezza sono stati adottati i valori, in termini di Gauckler-Strickler, pari a 26 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> per i tratti naturali, corrispondente al limite inferiore di tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo, e pari a 35 m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> per i tratti plateati. Quale condizione al contorno di monte è stata assunta la profondità critica; a valle è stata imposta, in accordo con studi analoghi, una quota pari a 1,0 m s.l.m..

I risultati della modellazione dimostrano che la portata cinquantennale risulta ovunque contenuta in alveo, con franco idraulico adeguato, ad eccezione di alcuni attraversamenti, tra cui l'attraversamento di viale Riviera nei pressi della sezione 25, dove il franco si riduce a una decina di cm, e la tombinatura terminale, dove si riduce a meno di 40 cm; pertanto, in accordo con i criteri regionali, per verificare la capienza certa in alveo della corrente, è stata condotta un'ulteriore simulazione in uno scenario con sezioni ridotte, ottenuto alzando il fondo di 50 cm.

Tale verifica di pericolosità residua, ha dimostrato che nel tratto compreso tra le sezioni 30 e 24, la portata cinquantennale non trova capienza certa in alveo e pertanto è stata individuata un'area inondabile sulla base di considerazioni topografiche, verificate con successivo sopralluogo. Nel tratto più a valle la criticità è collegata alla copertura terminale, che lavora parzialmente in pressione causando un rigurgito a monte che risulta comunque contenuto dalle sponde, seppur con franchi minimi.

La criticità per portata duecentennale risulta molto più estesa e interessa praticamente l'intero tratto studiato; più in dettaglio, partendo da monte, tra le sezioni 36 e l'attraversamento di viale Riviera nei pressi della sezione 25, la portata esonda su entrambe le sponde, anche a causa degli attraversamenti esistenti, in particolare quello di viale Riviera; più a valle, la copertura terminale risulta in grado di smaltire al massimo circa 50 m<sup>3</sup>/s per cui la portata esondata risulta nel complesso limitata, pari a 5 m<sup>3</sup>/s, ma interessa, sebbene con tiranti limitati, entrambe le sponde, in quanto la quota del piano di campagna nelle aree circostanti risulta inferiore alle quote spondali.

Infine, la portata cinquecentennale non risulta contenuta in alveo, ad eccezione di un breve tratto tra le sezioni 22 e 17, e pertanto è stata individuata la conseguente area inondabile.

### **Rio Casazza**

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia un'insufficienza dell'alveo e di tutte le opere di attraversamento già per la portata corrispondente al Tempo di Ritorno T=50 anni.

Tale insufficienza deriva dalle limitate dimensioni delle sezioni d'alveo in rapporto alla portata che dovrebbero essere in grado di smaltire. Infatti, soprattutto nel tratto a monte della confluenza con il Rio Castellaro, l'alveo presenta tratti con una larghezza media dell'ordine dei 4-5 m ed un'altezza arginale massima di non più di 3 m.

Il tratto a valle della confluenza con il Rio Castellaro, seppur presentando sezioni più ampie (circa 6 m) e meglio sistemate con argini in cemento armato e fondo alveo plateato, risulta essere gravato dall'aumento di portata derivante dal Rio Castellaro e pertanto risulta essere insufficiente allo smaltimento della portata cinquantennale.

Si riscontrano anche tratti in cui l'alveo si restringe ulteriormente ad una larghezza massima di circa 2,6 m.

Gli attraversamenti presenti, data la limitata luce libera rispetto al fondo alveo e l'insufficienza della sezione di deflusso, contribuiscono a ostacolare il deflusso della portata, portando a fenomeni di rigurgito localizzati e la conseguente esondazione nelle aree limitrofe.

### **Rio Castellaro**

Così come per quanto già analizzato sul Rio Casazza, il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia un'insufficienza dell'alveo e di tutte le opere di attraversamento già per la portata corrispondente al Tempo di Ritorno T=50 anni.

Tale insufficienza deriva dalle limitate dimensioni della geometria delle sezioni di deflusso in rapporto alla portata che dovrebbero essere in grado di smaltire. Infatti, in tutto il tratto a monte della confluenza con il Rio Casazza, l'alveo presenta tratti con una larghezza media inferiore ai 4 m ed un'altezza arginale massima di non più di 2,5 m.

In corrispondenza degli attraversamenti si ha un ulteriore restringimento delle sezioni d'alveo che determina l'insufficienza degli stessi al passaggio della portata cinquantennale, portando a fenomeni di rigurgito localizzati e la conseguente esondazione nelle aree limitrofe.

### **Rio Rolandette**

Il rio Rolandette è stato indagato con verifiche idrauliche a seguito dell'evento alluvionale 2014, la cui mappatura è stata approvata con DGR 59/2015.

I profili di moto permanente del corso d'acqua sono stati calcolati attraverso una modellazione con un infittimento delle sezioni di deflusso tale da sviluppare un profilo di moto permanente significativo. I profili di moto permanente allegati mostrano che il Rio Rolandette ha sezioni idrauliche insufficienti al transito della portata al colmo cinquantennale e duecentennale per gran parte del tratto con grave insufficienza idraulica in corrispondenza degli attraversamenti.

Il Rio Rolandette a monte della sezione 26 viene intubato per tutta la lunghezza del piazzale con una condotta di diametro 125 cm che poi trova sbocco nel rio con canale rettangolare ancora più ridotto alla sezione 26. Da qui si forma il campo di esondazione che coinvolge le aree poste a valle, comprese le aree pertinenziali degli edifici posti in sponda sinistra.

A monte del piazzale e della tombinatura il Rio Rolandette scorre in alveo naturale tra fasce coltivate e sfocia in area libera senza alcuna regimazione. In caso di portate ridotte l'acqua viene raccolta nella tombinatura e rientra in alveo alla sezione 26. In caso di portate associate a fenomeni esondativi la portata scorre sul piazzale ed allaga le aree in sponda sinistra e destra, in parte rientra in alveo.

Nel primo tratto di Rio Rolandette dalla sezione 26 alla sezione 14 il rio mostra sezioni idrauliche sufficienti a contenere circa 2.5 mc/s e ciò a causa dell'attraversamento del "ponte Vignasse" che determina un innalzamento del pelo libero.

Nel secondo tratto dalla sezione 12 alla sezione 5 il rio mostra sezioni idrauliche sufficienti al transito della portata al colmo duecentennale; la sezione è mediamente larga circa 2,5 metri e alta meno di 2,5 metri dal fondo alveo con la presenza di argini di antica realizzazione che si innalzano dal piano campagna.

Il ponte di Via Aurelia posto a valle del tratto è in grado di contenere circa 2.5 mc/s. All'altezza della sezione 7/8 è presente una rottura arginale.

Nel terzo tratto dalla sezione 3 alla sezione 1 il rio mostra sezioni idrauliche sufficienti al transito della portata al colmo duecentennale; la sezione è mediamente larga circa 2,5 metri e alta meno di 2,5 metri dal fondo alveo con la presenza di argini e edifici di antica realizzazione oggi ristrutturati. Il passaggio del rio sotto Via S.Erasmo sino al mare è in grado di contenere meno di 2.0 mc/s.

La portata al colmo di piena trova quindi 4 distinti potenziali punti di esondazione che nel loro insieme consentono di definire le aree inondabili:

- il primo a monte si trova in corrispondenza del passaggio del Rio Rolandette al di sotto del piazzale a monte del tratto di indagine
- Il secondo lungo il primo tratto sino all'attraversamento del "ponte Vignasse"
- il terzo a valle del secondo tratto, all'altezza della Via Aurelia
- il quarto a valle del terzo tratto, all'altezza di Via Sant'Erasmo.

È stata poi analizzata la capacità esondativa in termini di volumi esondabili.

#### 3.3.3 *Aree storicamente inondate*

##### 3.3.3.1 *Premessa*

Una "memoria storica" degli eventi già occorsi nel passato, accompagnata da una valutazione tecnica che ne elabori i dati riuscendo per quanto possibile a ricostruire la dinamica delle esondazioni, risulta indispensabile nella previsione degli eventi futuri e nella tutela e nella salvaguardia delle opere e delle vite umane.

In altre parole, l'individuazione e la caratterizzazione delle zone che nel passato sono state colpite da eventi calamitosi rappresenta un momento fondamentale per la determinazione delle aree potenzialmente inondabili e della loro vulnerabilità ed offre la possibilità di informare i residenti dell'esposizione al rischio.

Di seguito si specificano alcuni termini precedentemente utilizzati ed indispensabili nella comprensione dell'analisi svolta.

**RISCHIO:** si definisce rischio la probabilità che nel corso di un assegnato intervallo temporale, a causa di eventi naturali o per effetto dell'attività dell'uomo, un dato sistema funzionale subisca danni e da questi derivino perdite per la collettività riguardanti determinate risorse.

Per gestione del rischio si intende l'insieme delle valutazioni e delle decisioni volte a stabilire se il rischio è accettabile e, se così non fosse, a selezionare, tra tutti i possibili interventi, quelli tecnicamente, economicamente, socialmente e politicamente più efficaci.

PERICOLOSITA': per pericolosità si intende la probabilità di evenienza in uno specificato periodo di tempo e in una data area di un determinato evento pericoloso di assegnata entità. VULNERABILITA': con il termine di vulnerabilità si intende l'insieme delle perdite di risorse subite in conseguenza di un fenomeno naturale calamitoso di assegnata entità.

RISCHIO SPECIFICO: si intende il rischio relativo ad un sistema puntuale (un uomo, un edificio, un negozio) ed è definito come prodotto tra la pericolosità del singolo sistema (P) e la sua vulnerabilità (V):

$$R_s = P * V$$

Il rischio totale si riferisce invece all'insieme degli elementi a rischio; introducendo il termine E che rappresenta il valore totale della popolazione, delle proprietà, delle attività economiche in una data area, si può quindi esprimere come:

$$R = E * R_s$$

L'analisi del rischio si riduce quindi ad un'analisi di pericolosità e di vulnerabilità.

Per l'analisi di pericolosità è necessario uno studio statistico in grado di quantificare, con una certa precisione, i periodi di ritorno di eventi naturali pericolosi.

Per l'analisi di vulnerabilità, è necessario valutare, per assegnato evento, l'entità dei danni a persone, cose, attività economiche. Anche questo studio può essere svolto in termini statistici, con indagini dirette sul luogo volte a determinare la vulnerabilità dei singoli elementi, in modo da poter ottenere dei valori medi da estendere a tutta l'area in esame.

I fenomeni di inondazione possono essere classificati tra i fenomeni naturali meteorologici ed ad impatto rapido. E' necessario tuttavia distinguere tra rischio idrologico e rischio idraulico.

Per rischio idrologico si intende la probabilità che durante un determinato periodo di tempo si verifichino precipitazioni intense tali da mettere in crisi la rete di drenaggio superficiale e da provocare danni per la collettività, sia in termini di vite umane che di beni mobili o immobili. La quantificazione del rischio idrologico prevede quindi la determinazione della pericolosità idrologica, vale a dire la probabilità di evenienza di eventi pluviometrici intensi, attraverso l'analisi statistica dei dati storici di precipitazione.

Le procedure possono essere diverse ma in ogni caso volte alla determinazione del periodo di ritorno degli eventi.

E' importante osservare che, data la variabilità dei fenomeni di precipitazione piovosa, l'analisi idrologica, propedeutica per la valutazione delle portate di piena al colmo per assegnato periodo di ritorno, deve essere condotta con procedure di stima a

scala regionale e che comunque la sua precisione dipende dal numero di dati disponibili.

Per rischio idraulico si intende la probabilità che, in conseguenza di un evento meteorologico intenso, si verifichi una carenza della rete di drenaggio superficiale in determinate sezioni, e che da essa conseguano danni di qualunque tipo in una determinata area.

Nell'analisi volta alla gestione del rischio da inondazione, si rende quindi necessaria una modellazione afflussi - deflussi che, partendo da dati pluviometrici e note le loro caratteristiche stocastiche, come il periodo di ritorno, consente di valutare le portate con assegnata frequenza temporale. Nelle sezioni di particolare interesse, in base a calcoli idraulici, è possibile determinare la portata critica, vale a dire la portata massima in grado di transitarvi senza dare luogo ad esondazione e confrontandola con le portate di ricorrenza temporale nota, ottenerne il periodo di ritorno.

Quindi per stimare il rischio idraulico di una zona è necessario conoscere l'estensione delle aree che presumibilmente verrebbero interessate dal fenomeno di esondazione causato da una portata con assegnato periodo di ritorno, e stimare, almeno in via approssimativa i danni causati dall'evento.

### 3.3.3.2 Le fonti di informazione

La ricerca dei dati relativi alle aree soggette ad allagamenti in concomitanza di eventi meteorici di rilevante entità, si è articolata su due diversi percorsi:

Il primo ha riguardato la raccolta, di carattere più tecnico - scientifico, degli studi già effettuati e dei dati disponibili sull'argomento:

- Documentazione cartografica in scala 1:25.000 con mappa del rischio di inondazione approvata con delibera regionale n°2615 del 28/12/1998 prodotta ai sensi dell'art.6 della L.R. n°45/94.
- Progetto AVI - Censimento delle Aree Italiane Vulnerate da Calamità Idrogeologiche
- Documentazione tecnica ed amministrativa tratta dall'archivio del comune di Loano.

Il secondo tipo di ricerca ha riguardato la raccolta di documentazione al fine di riuscire, per quanto possibile, a ricostruire la "dinamica" dei singoli eventi: le testimonianze che sono state raccolte erano di carattere orale.

Sono state inoltre esaminate testimonianze storiche su quotidiani in modo particolare su 'Il Secolo XIX' edite in concomitanza con gli eventi alluvionali occorsi negli ultimi anni.

### 3.3.3.3 Le aree inondate

Nel periodo che va dal 1900 al 2000 il bacino del torrente Nimbalto è stato profondamente segnato dall'evento del 30 settembre 1961, in seguito al quale si è reso necessaria la costruzione di un nuovo ponte in corrispondenza della foce nonché il consolidamento del ponte antico di Borgo Castello.

Altri eventi di minore entità sono di seguito riportati:

Data: 30 settembre 1900  
Località: Vignasse  
Danni: Lievi  
Annotazioni: Alberi divelti e allagamenti della campagna verso Pietra Ligure.

Data: 26-27 settembre 1933  
Località: Verzi  
Danni: Gravi  
Annotazioni: Rifacimento del ponte. Con deliberazione n° 94 pubblicata il 10 giugno 1934 si ritiene necessaria la sostituzione del ponte esistente, gravemente lesionato, con un altro in cemento armato tale da consentire anche il transito con i carri (il ponte esistente consente il solo transito pedonale). La viabilità sul medesimo è seriamente compromessa per cui non si può fare a meno di provvedere all'intervento anche per evitare al comune spiacevoli responsabilità inerenti il transito.

La somma necessaria per l'esecuzione dei lavori (L.15.400) verrà stanziata in apposito fondo nel Bilancio del 1935 e considerata la speciale natura delle opere si potrà ottenere il contributo dello Stato in ragione del 50%.

In seguito con deliberazione podestarile n° 38 del 25 aprile 1935 si autorizza la costruzione di un nuovo ponte per l'importo complessivo di L.12.500 con contributo statale del 50%.

I lavori hanno avuto inizio in data 11 settembre 1935 e sono terminati in data 28 febbraio 1936.

Data: 26-27 settembre 1933  
Località: Bolaxe  
Danni: Gravi  
Annotazioni: Danneggiamento ponte. Con deliberazione n° 94 pubblicata il 10 giugno 1934 si ritiene necessaria la riparazione del ponte essendo la viabilità seriamente compromessa. Non si può fare a meno di provvedere all'intervento sia perché in altre eventuali piene potrebbe verificarsi un

danno ben più grave da rendersi irreparabile sia per evitare al comune spiacevoli responsabilità inerenti il transito.

La somma necessaria per l'esecuzione dei lavori (L. 6.400) verrà stanziata in apposito fondo nel Bilancio del 1935 e considerata la speciale natura delle opere si potrà ottenere il contributo dello Stato in ragione del 50%.

I lavori hanno avuto inizio in data 8 giugno 1935 e sono terminati in data 10 luglio 1935.

Data: 28 maggio 1948

Località: Castellaro

Danni: Gravi

Annotazioni: Danneggiamento ponte con crollo del muro d'ala e conseguente infiltrazione di acqua nel rilevato stradale con asportazione di materiale per circa 80 m<sup>3</sup>. Infiltrazione sotto la fondazione del ponte con asportazione di terreno tale da costituire grave pericolo per la stabilità del ponte stesso.

Si ritiene necessaria la riparazione del nuovo ponte per l'importo complessivo di L. 470.000 comprendenti lavori di sottomurazione delle fondazioni, ricostruzione muro d'ala nonché riempimento e sistemazione del piano stradale.

La precipitazione, rilevata dal pluviometro della colonia di Torino, è stata di 221 mm in un'ora.

Data: 28 maggio 1948

Località: Loano

Danni: Gravi

Annotazioni: Danneggiamento di numerose strade comunali con creazione di profondi solchi tali da rendere pericoloso il transito; otturazione della rete di fognatura bianca a

causa della grande quantità di materiale trasportato dalle acque con conseguente allagamento di strade; rottura tubazione principale dell'acquedotto nella zona est dell'abitato con carenza d'acqua per due giorni; crollo di muri di cinta con danni al raccolto.

Con deliberazione della Giunta Comunale n° 78 del 16 settembre 1949 si approvano i lavori di riparazione dei danni alluvionali per un importo complessivo di L. 7.410.000 di cui L.3.705.000 (il 50%) come anticipazione in conto sussidio da parte dello Stato.

Data: 30 settembre 1961

Località: Borgo Castello

Danni: Molto gravi

Annotazioni: Danneggiamenti notevoli al ponte antico di Borgo Castello per cui se ne può temere anche il crollo. Con deliberazione della Giunta Comunale n° 784 del 4 maggio 1962 si approva la perizia relativa ai lavori di consolidamento del ponte per un importo complessivo dei lavori di L.3.000.000.

Gli interventi di rinforzo riguardano la demolizione del ciottolato presente con scoprimento dell'estradosso del ponte, la gettata di calcestruzzo sull'arco isolata con leggero strato di sabbia e il rifacimento di un nuovo ciottolato infisso nel calcestruzzo; dal punto di vista estetico si provvede alla riparazione del parapetto con lastre di pietra di Finale.

I lavori hanno avuto inizio in data 2 settembre 1962 e sono terminati in data 15 ottobre 1962.

Data: 30 settembre 1961

Località: Foce

Danni: Molto gravi

Annotazioni: Travolto il ponte in corrispondenza della foce, l'acqua ha raggiunto in alcuni punti il metro di altezza. Con deliberazione della Giunta Comunale n° 186 del 19 dicembre 1961 si approva il progetto di ricostruzione del ponte gravemente danneggiato per un importo complessivo dei lavori di L.13.000.000.

Il ponte verrà realizzato in cemento armato precompresso con 9 travi prefabbricate poste in opera ad interasse di 1.18 m, collegate tra loro da altre disposte

trasversalmente e soletta sovrastante; avrà una luce di 20 m (maggiore della precedente m 18.60) realizzata arretrando le spalle (anch'esse di nuova costruzione) a filo del muro d'argine in modo tale da aumentare la sezione di deflusso delle acque ed evitare pericolose strozzature dell'alveo del torrente; per lo stesso motivo sarà inoltre rialzato di 30 cm rispetto al ponte esistente senza creare alcun problema di raccordo con le strade adiacenti.

La consegna lavori è avvenuta in data 12 febbraio 1962 e l'ultimazione in data 11 giugno 1962.

Non si hanno dati di precipitazione dal pluviometro sito in località Verzi.

#### 3.3.3.4 Aree storicamente inondate

Il dato relativo alle aree storicamente inondate per il bacino in considerazione deriva dalla mappatura riportata nella DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01).

Del passato più lontano gli storici hanno evidenziato piene e straripamenti paurosi: in uno di questi, quando ancora il corso del Nimbalto veniva attraversato dalle carrozze, perse la vita, per soccorrere i passeggeri in difficoltà, un loanese, il cui cognome Vallino ha dato nome all'archivolto, a lui dedicato nei pressi della sua abitazione.

Il nome Nimbalto infatti non è per nulla popolare e non compare su nessun documento antico: in questi è sempre citato come "fossatus grossus; Nimbalto è un nome settecentesco, attribuito, secondo la moda del tempo da un letterato al fossato di Loano. Forse nella mente del nomenclatore, Nimbalto era la fusione di Nimbus ab alto, per lo spiccato carattere torrentizio del suo corso che, povero di acqua d'estate, diventa impetuoso nei periodi di pioggia, portando verso il mare molti detriti, tanto da formare, a levante della foce, una specie di ampio terrazzo.

Di seguito vengono analizzate le diverse aree cartografate nella planimetria delle 'Aree storicamente inondate'. Tale tavola, è stata compilata traendo informazioni da fonti scritte ed orali, ed indicando, per ciascuna area quando possibile, la data per la quale si è verificato l'allagamento nonché le modalità e le caratteristiche del fenomeno.

E' stato poi effettuato un raffronto, riportato nella tavola Aree Inondate e Inondabili (TAV.14) osservando le che fonti diverse hanno cartografato aree distinte.

Sicuramente le testimonianze, soprattutto orali, che hanno consentito la compilazione della tavola risultano fondamentali in quanto una memoria storica degli eventi dovrebbe risultare indispensabile nella previsione degli eventi futuri e nella salvaguardia delle opere e delle vite umane, tenendo conto però della possibile diversa natura del fenomeno di allagamento (es. insufficienza drenaggio urbano).

TORRENTE NIMBALTO A MONTE DI BORGO CASTELLO: Durante l'evento del 30 settembre 1961, a causa del rigurgito provocato dalla presenza del ponte si è verificata una esondazione in sponda destra e sinistra della zona, con conseguente invasione della sede stradale.

La causa principale dell'esondazione è da ricercare nella presenza di numerosi tronchi d'albero trasportati in superficie che giunti in corrispondenza del ponte, hanno occluso la sezione, caratterizzata da un'altezza fondo alveo-intradosso ridotta, per cui il torrente è rigurgitato, alluvionando la zona circostante; il torrente una volta esondato a monte del ponte, è rientrato negli argini più a valle grazie alla pendenza favorevole delle strade inondate.

Il trasporto solido era piuttosto consistente, non solo tronchi d'albero ma anche pali della luce e grandi quantità di terreno come conseguenza di una violenta tromba marina abbattutasi in località Castagnabanca.

L'allagamento può essere imputato a :

Insufficiente sezione di deflusso del ponte dovuta soprattutto ad un'altezza fondo alveo - intradosso ponte piuttosto ridotta;

TORRENTE NIMBALTO A MONTE DEL PONTE DELL'AURELIA: Durante l'evento del 30 settembre 1961, si è verificata una esondazione in sponda destra della zona a monte del ponte della statale Aurelia, con conseguente invasione della sede stradale per un tratto di circa 80 m.

L'inondazione della sede stradale ha comportato l'allagamento di alcuni scantinati dei civici affacciati; da testimonianze desunte da persone che in quell'anno vivevano nella zona l'acqua ha raggiunto i 90 cm.

La causa principale dell'esondazione è da ricercare nella presenza di numerosi tronchi d'albero trasportati in superficie che giunti in corrispondenza del ponte della Aurelia, hanno occluso la sezione per cui il torrente è rigurgitato, alluvionando la sponda destra. L'esondazione ha riguardato solo la sponda destra sia per il particolare andamento planimetrico del torrente in quel punto, una curva verso sinistra che provoca un sovrizzo all'esterno della curva sia perché è posta ad una quota più bassa di quella di sinistra.

L'evento non ha portato gravi conseguenze al ponte essendo quest'ultimo dotato di una struttura piuttosto massiccia.

La totalità dell'area inondata può essere stimata con una superficie pari a circa 600 m<sup>2</sup>.

L'allagamento può essere imputato a :

Criticità del tratto a monte del ponte della statale Aurelia sia per il particolare andamento planimetrico del torrente sia per un'insufficienza arginatura in sponda destra;

Insufficiente sezione di deflusso del ponte;

TORRENTE NIMBALTO A MONTE DEL PONTE DELLA FERROVIA: Durante l'evento del 30 settembre 1961, si è verificata una esondazione nella zona a monte del ponte delle Ferrovie dello Stato, con conseguente invasione degli scantinati dei civici affacciati in sponda sinistra e di alcuni terreni coltivati in sponda destra.

La causa principale dell'esondazione è da ricercare nella presenza di numerosi tronchi d'albero trasportati in superficie che giunti in corrispondenza del ponte della ferrovia, dotato di due massicce pile di circa 1.5 m di larghezza che provocano un restringimento di circa l'80%, hanno occluso la sezione per cui il torrente ha sormontato l'estradosso del ponte stesso abbattendo il parapetto esistente in mattoni ed il conseguente rigurgito ha provocato la fuori uscita dagli argini sia in sponda destra che in sponda sinistra.

L'allagamento può essere imputato a :

Criticità del tratto compreso tra il ponte della statale Aurelia e della ferrovia sia per il particolare andamento planimetrico sia per la breve distanza dei due ponti, entrambi con sezioni di deflusso insufficienti.

Insufficiente sezione di deflusso del ponte.

TORRENTE NIMBALTO ALLA FOCE: Durante l'evento del 30 settembre 1961, si è verificata una esondazione, in sponda destra, nella zona a monte del ponte sito in corrispondenza della foce e si è resa necessaria la costruzione di un nuovo ponte in cemento armato ad una campata in sostituzione di quello esistente a tre.

La causa del collasso del ponte è stata il cedimento della spalla in sponda destra.

La causa principale dell'esondazione è da ricercare nella presenza di numerosi tronchi d'albero trasportati in superficie che giunti in corrispondenza del ponte della foce dotato di due pile in alveo, hanno occluso la sezione terminale provocando la fuori uscita dell'acqua a monte della stessa allagando in sponda destra il piazzale circostante (Piazzale Cadorna).

Da informazioni desunte da persone del luogo, il livello dell'acqua in alcuni punti di Piazzale Cadorna ha raggiunto il metro di altezza ( vedi pag.15).

Dalle testimonianze raccolte l'acqua ha percorso le principali vie del centro storico (Via Boragine, Via Cavour) per una lunghezza di circa 300 m, a causa dell'effetto canale che si instaurava nella sede stradale divenuta via preferenziale di scorrimento dell'acqua. La totalità dell'area inondata può essere stimata con una superficie pari a circa 5.000 m<sup>2</sup>.

L'allagamento può essere imputato a :

Insufficiente sezione di deflusso del ponte soprattutto per la presenza di due pile in alveo;

Pendenza delle strade che ha incrementato la zona inondata;

Insufficiente sistema di smaltimento delle acque bianche;

Non si è verificato alcun danno in sponda sinistra avendo le sponde un adeguato franco di sicurezza.

### 3.3.3.5 Conclusioni

Rispetto all'evento del 1961 la situazione risulta essere sicuramente migliorata nella zona della foce avendo sostituito il ponte a due campate con uno ad una unica luce, nelle restanti zone la

situazione è rimasta esattamente la stessa del 1961 non avendo effettuato né nuovi interventi di arginature né di risagomatura dell'alveo. Rimane dunque alta la vulnerabilità di tali zone.

L'assenza del restringimento causato dalla pila del ponte dovrebbe evitare qualsiasi evento alluvionale, anche se l'arginatura risulta essere inalterata rispetto quel 1961 e anche se l'intradosso del nuovo ponte risulta essere solo a 2 m dalla quota di fondo alveo.

### 3.3.3.6 Evento alluvionale 2014

Sono state inoltre recepite, ed indicate con apposito segno grafico nella cartografia, le aree interessate da inondazione negli eventi alluvionali dell'autunno 2014, come desunte dalla perimetrazione approvata con DGR 59/2015, classificandole, laddove non adeguatamente studiate con verifiche idrauliche, come fasce c.d. A\* nella cartografia delle fasce di inondabilità.

### 3.3.4 Studi idraulici:

Individuazione dei tratti di studio:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
T. Nimbato	52 - 1	Da località Bulaxe alla foce (giugno 2003)
Rio Berbena	5.2 - 1	Da Borgo Castello alla foce (marzo 2001)
Rio Ciappe	3 - 15	Da località Pinè alla foce (giugno 2002)
Rio Ranzi	1 - 39	Da località Vigne alla foce (aggiornamento 2020)
Rio Casazza	1 - 34	Dalla foce alla località Madonna degli Angeli (marzo 2006)
Rio Castellaro	1 - 18	Dalla confluenza con il Rio Casazza alla località Madonna degli Angeli (marzo 2006)
Rio Rolandette	1-15	Fino alla foce (ottobre 2016)

Tabella 3.3.2.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Nimbato

#### 3.3.4.1 Metodologia di calcolo

Al fine principale dell'individuazione delle criticità idrauliche dei corsi d'acqua del bacino e delle aree soggette a rischio di inondazione è necessario lo svolgimento di un'indagine in merito alla dinamica dei fenomeni di piena. Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\partial Q / \partial x + \partial A / \partial t = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j - \partial(Q/gA) / \partial t$$

dove:

Q = portata liquida	[m <sup>3</sup> /s]
A = area della sezione liquida	[m <sup>2</sup> ]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s <sup>2</sup> ]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q / \partial x = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A [m/s]

R = raggio idraulico della corrente [m]

n = coefficiente di Manning [m<sup>-1/3</sup>s]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \Delta(U^2/2g)$$

dove il coefficiente adimensionale  $\xi$  varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

### 3.3.4.2 Schematizzazione di calcolo

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- Portata costante in ogni tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.
- Riduzione del 20% della luce libera degli attraversamenti dotati di pile in considerazione di possibili ostruzioni in caso di piene rilevanti.

Quest'ultima ipotesi è congruente con quanto indicato nelle raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, con particolare riferimento alla raccomandazione sulle fasce di inondabilità e alla nota "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale", al fine di tenere conto di sezioni che, interessate da opere, non possano assicurare capienza certa alla portata di massima piena.

I programmi utilizzati nella modellazione idraulica sono:

- HEC RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System, della US Army Corps Engineers): il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2} \gamma A V^2 \frac{Q}{g}$$

dove:

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua

Y = profondità

Il programma di calcolo richiede l'inserimento di alcune sezioni aggiuntive in corrispondenza di opere in alveo (ponti, passerelle e tombinature), nonché altre sezioni (indicate con il simbolo “\*”) ottenute per interpolazione dalle sezioni rilevate qualora il loro passo spaziale risultasse troppo elevato ai fini dell'accuratezza del calcolo.

- MIKE 11 (del DHI Water & Environment): il modello idrodinamico simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni: portate laterali, flusso libero o rigurgitato, differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi, resistenze localizzate e perdite di carico concentrate, aree d'espansione, nodi idraulici (biforcazioni e convergenti). La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti). Nel caso di **moto permanente**, le equazioni complete del moto vengono risolte con condizioni al contorno invarianti nel tempo.

#### 3.3.4.2.1 Parametri di scabrezza

I valori di riferimento del parametro di scabrezza  $K_s$  sono riportati in Normativa di Piano.

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto	Coefficiente di scabrezza $K_s$ [ $m^{1/3}s$ ]	Programma di modellazione idraulica utilizzato
T. Nimbalto	52 - 1	Da località Bulaxe alla foce (giugno 2003)		HEC-RAS
Rio Berbena	5.2 - 1	Da Borgo Castello alla foce (marzo 2001)		HEC-RAS
Rio Ciappe	3 - 15	Da località Pinè alla foce (giugno 2002)	30	MIKE 11
Rio Ranzi	1 - 39	Da località Vigne alla foce (2020)	26 -35	HEC-RAS
Rio Casazza	1 - 34	Dalla foce alla località Madonna degli Angeli (marzo 2006)	35 - 40	HEC-RAS
Rio Castellaro	1 - 18	Dalla confluenza con il Rio Casazza alla località Madonna degli Angeli (marzo 2006)	35 - 40	HEC-RAS
Rio Rolandette	1 - 26		30	HEC-RAS

Tabella 3.3.2.2.1: tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Nimbalto con i rispettivi parametri di scabrezza assegnati e i programmi di modellazione utilizzati

#### 3.3.4.2.2 - Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno utilizzate sono state così assunte:

##### **T. Nimbalto – Rio Berbena:**

- a monte: profondità critica;
- a valle: profondità critica

Per il **Rio Ciappe** si sono utilizzati i livelli ottenuti attraverso una scala di deflusso in moto uniforme.

##### **Rio Ranzi:**

- a monte: profondità critica
- a valle (sbocco in mare): livello pari a + 1.0 m slm

##### **Rio Casazza:**

- a monte: profondità critica
- a valle (sbocco in mare): profondità critica

**Rio Castellaro:**

- a monte: profondità critica
- a valle (confluenza con il Rio Casazza): junction

**Rio Rolandette**

- a monte: profondità moto uniforme (pendenza 1,2%)
- a valle: profondità moto uniforme (pendenza 1,5%)

**3.3.4.3 Analisi della capacità di smaltimento delle opere in alveo**

Le principali problematiche emerse dalle indagini condotte sono dovute, da una parte, alle caratteristiche morfologiche intrinseche del territorio, che è caratterizzato da zone altimetricamente depresse cui afferiscono rilevanti bacini scolanti, dall'altra dallo sviluppo delle attività antropiche, che in esso si sono incrementate nel tempo.

Al fine di individuare eventuali criticità localizzate e di determinare se siano causa di condizioni di rischio, è stata esaminata in dettaglio la capacità di smaltimento delle opere in alveo, determinandone la portata massima transitante senza esondazioni.

Nelle tabella seguente vengono riportate per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata. Si è considerata l'opera non verificata se il franco è risultato inferiore a 50 cm.

<b>Torrente Nimbalto</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
48.5	Ponte ad arco	T<500
42.5	Ponte ad arco	T<500
24.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
20.5	Ponte ad arco	T<50
18.5	Ponte ad arco con parapetto in cemento	T<50
15.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<200
11.5	Ponte ad arco	T<50
8.5	Ponte ad arco con tre campate	T<50
5.5	Ponte ad arco	T>500
1.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50

Tabella 3.3.2.3.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T. Nimbalto

<b>Rio Berbena</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
5.1	Ponte ad arco	T<200
4.1	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
3.1	Ponte ad arco	T<50
2.1	Ponte ad arco	T<50
1.1	Attraversamento senza pile in alveo	T<50

Tabella 3.3.2.3.2: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il rio Berbena

<b>Rio Ciappe</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
6	Attraversamento	T < 50
8	Ponte ad arco	T < 50

10	Attraversamento	T < 50
13	Attraversamento	T < 50
14	Ponte ad arco	T < 50

Tabella 3.3.2.3.3: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il rio Ciappe

<b>Rio Ranzi</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
2	Ponte FS	T < 500
6	Tombinatura Aurelia	T < 200
22	Ponte pedonale	T < 200
25	Attraversamento viale Riviera	T < 50
28	Attraversamento	T < 50
35	Attraversamento via Moilastrini	T < 50

Tabella 3.3.2.3.4: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il rio Ranzi

<b>Rio Casazza</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
28-29	Ponte di Via dei Prigliani	T < 50
24-25	Ponticello di accesso a terreno privato	T < 50
21-22	Ponte di Via Cremona	T < 50
12-13	Ponte di Via Parioli (loc. Ponte Romano)	T < 50
7-9	Ponte di Via Aurelia	T < 50
2-6	Copertura Lungomare Marconi e ferrovia	T < 50

Tabella 3.3.2.3.5: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il rio Casazza

<b>Rio Castellaro</b>		
<b>N.° Sezione</b>	<b>Tipologia dell'opera</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
17-18	Ponte di Via Madonna degli Angeli	T < 50
10-11	Passerella pedonale	T < 50
8-9	Ponticello di accesso a terreno privato	T < 50
5-6	Ponte di Via Monte Bianco	T < 50
2-3	Ponte di Via dei Prigliani	T < 50

Tabella 3.3.2.3.6: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il rio Castellaro

### 3.3.5 Mappatura delle fasce di inondabilità

Le analisi e le verifiche idrauliche effettuate lungo l'asta del Torrente Nimbato e del rio Berbena hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni.

La mappatura è attività complessa ed articolata che mira a simulare la propagazione dei volumi d'acqua esondati sulle aree prossime al corso d'acqua interessato. L'attività di mappatura, anche se sviluppata attraverso metodologie semplificate che non si avvalgono di modelli matematici sofisticati di propagazione dei volumi esondati, deve comunque prefigurare scenari di evento in grado di definire le possibili dinamiche di inondazione.

Nell'ambito del presente Piano le analisi conoscitive multidisciplinari effettuate e le simulazioni idrauliche hanno consentito la predisposizione della mappatura delle aree a rischio di inondazione per il tratto terminale del Torrente Nimbato e del rio Berbena, che può essere oggetto di fenomeni di inondazione in concomitanza con gli eventi di piena.

Le aree a rischio di inondazione sono state ottenute attraverso una metodologia semplificata a partire dai risultati delle verifiche idrauliche globali che hanno permesso di caratterizzare la dinamica del deflusso attraverso il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente.

Le aree inondabili sono state individuate, in prima approssimazione, estendendo, alle zone limitrofe adiacenti il corso d'acqua, le altezze idrometriche calcolate attraverso le verifiche; va sottolineato che la metodologia semplificata applicata è da considerarsi cautelativa, in quanto non tiene conto degli effetti di propagazione del relativo idrogramma di piena.

Tali aree sono delimitate planimetricamente sulla Carta delle Aree Inondate ed Inondabili.

Il comportamento di piena del Torrente Nimbalto è confermato dalle informazioni disponibili circa i fenomeni di esondazione verificatisi in passato. I risultati modellistici appaiono in perfetta congruenza con le informazioni storiche disponibili, in quanto le aree storicamente inondate per piene eccezionali e quelle identificate dal modello idraulico come inondabili per piene con periodo di ritorno pari a 50-200-500 anni sono coincidenti planimetricamente. Inoltre, le aree storicamente inondate per piene ordinarie corrispondono in buona parte con le aree inondabili previste mediante il modello per una piena con periodo di ritorno pari a 200 anni.

La valutazione dei risultati della mappatura, debitamente integrati con opportuni studi di scenario e di vulnerabilità, risulta di fondamentale importanza per l'avvio delle azioni proprie della programmazione territoriale finalizzate alla mitigazione degli squilibri connessi al rischio idrogeologico ed idraulico in particolare.

Alla luce dei risultati ottenuti e sintetizzati nella tavola, è possibile formulare una serie di constatazioni:

- il vulnerato ha un ruolo determinante nella taratura del vulnerabile;
- le aree soggette al rischio di inondazione permangono sostanzialmente le medesime ed inoltre, nell'ambito delle singole località interessate, l'estensione delle aree sommergibili non muta. Ciò che può variare sono i tiranti idrici in conseguenza dei volumi esondati e l'entità dei danni occorsi.

I tratti d'asta indagati sono evidenziati negli ALLEGATI "VERIFICHE IDRAULICHE". Dalla carta delle fasce si evincono analogamente i tratti indagati in accordo con i profili delle condizioni di moto permanente allegate.

Le zone ricadenti in aree storicamente inondate ed esterne alla fascia C dedotta dal modello di individuazione delle aree inondabili, derivate dalla mappatura allegata alla DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01), sono state comunque inserite nel perimetro della fascia C della quale seguono il regime vincolistico.

Successivi studi potranno in seguito analizzare eventuali fenomeni di allagamento dovuti non ad inondazioni fluviali ma a fenomeni la cui dinamica oggi non rientra nelle specifiche di questo studio.

A fini di applicazione normativa, inoltre, le aree inondate approvate con DGR 59/2015, laddove più esterne alle vigenti aree di fascia A e non siano state adeguatamente approfondite sulla base di studi idraulici aggiornati, sono state classificate come "*aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche*", con normativa associata di tipo A\* (cfr art. 12, c.2, lett a1, punto 4) delle NdA). Resta fermo che, sulla base di ulteriori studi ed approfondimenti, circa la cause e gli effetti delle inondazioni avvenute, possano essere apportati eventuali ulteriori aggiornamenti degli scenari di inondabilità in termini di tempo di ritorno.

### 3.3.6 Fascia di riassetto fluviale

La fascia di riassetto fluviale comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal presente Piano.

La sua determinazione non è stata ritenuta necessaria sulla base dell'esame degli interventi individuati nel presente Piano; tuttavia potrà essere prevista in fasi successive sulla base di approfondimenti in sede di aggiornamento di Piano o in fase progettuale.

### 3.4 Principali criticità del bacino

#### 3.4.1 Criticità di tipo geomorfologico

Le principali criticità di tipo geomorfologico si individuano in corrispondenza delle aree ricadenti in classe di suscettività alta e molto alta localizzate sul territorio lungo le porzioni inferiori e medie dei versanti vallivi.

Occorre tuttavia rilevare che il bacino è caratterizzato prevalentemente da aree perimetrate in classe di suscettività media e bassa con prevalenza delle prime.

La suscettività molto bassa è riferita alla pianura alluvionale di fondovalle ed alla piana costiera.

Le aree a bassa suscettività si sviluppano nella porzione centrale ed orientale del bacino e nelle zone di spartiacque a Sw ed a N.

La parte media ed alta del bacino nonché il settore meridionale risultano interessati prevalentemente da aree perimetrate in classe di suscettività media.

Le aree ricadenti in alta suscettività comprendono aree in frana quiescente, cave dismesse ed aree la cui classe di suscettività è stata determinata per sommatoria dei punteggi relativi agli elementi principali ed aggravati riportati nella cartografia di base.

Le aree ad alta suscettività risultano prevalentemente nel settore occidentale del bacino (245070) dove si sviluppano su versanti interessati da coltivazioni agricole, e quindi nel settore orientale in località Ranzi e Malastrino (245040).

In suscettività molto alta ricadono zone interessate da dissesti in atto ed anche quiescenti, ma ritenuti facilmente riattivabili in relazione ad acclività e morfologia.

Le principali aree in classe molto alta ricadono nel settore orientale del bacino a monte di Località Verzi (DGPV Loc. Verzi), si segnalano piccole aree in località Santa Libera e a valle di località Morteo.

La zona a suscettività molto alta al piede del versante destro è colpita di fatto per tutta la sua estensione da colate di detrito che provocano uno stato di degrado del versante e vanno ad incrementare il trasporto solido del Torrente Nimbalto che scorre al piede.

A tale proposito si segnala che l'area cartografata a suscettività molto bassa a valle di quella a suscettività molto alta deve essere comunque considerata esposta alle conseguenze dei fenomeni che avvengono a monte.

Data la sua estensione si è ritenuto di non dover forzare il punteggio ricavato dalla somma dei pesi per non introdurre un elemento di arbitrarietà che poteva venire giudicato eccessivo, per cui si è preferito mantenere il rigore procedurale, e segnalare la situazione nella presente relazione esplicativa.

La sistemazione dell'area in debris flow è compresa nell'elenco degli interventi proposti.

A sostegno della scelta di mantenere la classificazione derivante dal punteggio vi è anche il fatto che, a lavori eseguiti (e mantenuti efficienti nel tempo), verrebbero a cadere i motivi per penalizzare una porzione di territorio alquanto estesa.

In altri casi, su porzioni più limitate di territorio e più complesse, si è preferito interpretare il punteggio in funzione delle peculiarità del caso, pur limitando al massimo gli elementi di soggettività.

I margini di interpretazione che si aprono relativamente ad alcuni problemi sono dovuti essenzialmente alla scala di elaborazione dei dati, che non consente un grande dettaglio, ma costituisce o, almeno si ritiene che dovrebbe costituire, una prima fase di inquadramento di massima dei problemi del territorio.

Anche i tempi ristretti di osservazione costituiscono un limite che andrebbe superato con un monitoraggio costante del territorio.

E' quindi diretta conseguenza del tipo di approccio il fatto che la propensione al dissesto di alcune aree venga sovrastimata o sottostimata per l'impossibilità oggettiva di operare con maggiore dettaglio.

Il Rischio geomorfologico, che discende dalla sovrapposizione della Carta degli Elementi a Rischio con la Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti, risulta *molto basso* (R0) per la maggior parte della porzione di bacino rappresentata sul quadrante della C.T.R. sc. 1:10000 245030.

Alcune piccole aree presentano *rischio basso* (R1) o *medio* (R2), una frana attiva presenta *rischio alto* (R3) - l'area interessata è molto piccola - e l'area della cava dismessa, che ha *rischio molto alto*.

Pertanto le zone *R3* ed *R4* sono assai circoscritte e non riguardano centri abitati.

Relativamente al quadrante 245040 della C.T.R. sc. 1:10000 la Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti inserisce la maggior parte del territorio in classe di *suscettività bassa o media* con zone ad *alta suscettività* riferite a situazioni in cui si sommano elementi di criticità. L'area di cava dismessa rientra in *suscettività alta*.

Il rischio geomorfologico è generalmente *basso o molto basso*, ma diviene *medio* in alcune aree relativamente poco estese, *alto o molto alto*, in aree ristrette, ma in alcuni casi antropizzate.

Relativamente al quadrante 245070 della C.T.R. sc. 1:10000 la Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti inserisce in zona a *media suscettività* la maggior parte della porzione di bacino interessata. Nell'angolo NE del Foglio si ha *suscettività bassa e molto bassa* in corrispondenza della fascia alluvionale e, a S, *molto bassa* lungo la costa.

Le aree ad alta suscettività sono anch'esse alquanto estese ed interessano talora zone abitate. Le aree a suscettività molto alta sono assai ristrette e limitate ad alcune frane attive.

Il rischio geomorfologico risulta generalmente *molto basso* a NE ed a S del Foglio, basso in aree estese a macchia di leopardo in una più ampia zona a *rischio R2*.

L'abitato di Pineland ed alcune altre piccole aree ricadono in *R3*.

Emergono anche alcune aree assai ristrette a rischio *R4* nei pressi dell'autostrada ed in corrispondenza di frane attive.

Relativamente al quadrante 245080 della C.T.R. sc. 1:10000 la Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti indica classe *molto bassa o bassa* per la maggior parte della superficie interessata. Alcune zone in coltre, anche urbanizzate, la cava dismessa ed il riporto a valle dell'autostrada ricadono in classe *alta*.

Il rischio *R4* rimane limitato alla cava dismessa ed ad un tratto, abitato, del versante sinistro di Rio Ranzi dove si sommano i pesi dovuti a vari elementi di criticità (coltre acclività etc.)

### 3.4.2 Criticità di tipo idraulico

Le emergenze di carattere idraulico più evidenti sono legate, soprattutto, all'invasione delle aree, un tempo di pertinenza del corso d'acqua, da parte delle aree urbanizzate e di strutture abitative.

Le analisi condotte lungo i tronchi delle aste principali hanno consentito l'individuazione dei tiranti associati al deflusso delle portate con diversi periodi di ritorno, nonché la determinazione delle portate massime smaltibili per ciascun tratto.

In base ai risultati delle verifiche, sono state individuati i tratti di alveo insufficienti che causano l'inondazione delle aree adiacenti in concomitanza di eventi pluviometrici e idrometrici intensi. Ciò ha permesso di campire le aree soggette a rischio di inondazione attraverso l'utilizzo di metodologie semplificate di mappatura utilizzando quale elemento di taratura le aree vulnerate riferite ad eventi pregressi noti.

Risultano particolarmente critici:

per il torrente Nimbalto

- il tratto compreso fra il ponte ferroviario e il ponte della statale Aurelia
- il tratto a monte della passerella pedonale

per il rio Berbena

- l'intero tratto

Sintetizzando i risultati ottenuti del torrente Nimbalto si può osservare che il tronco più critico è quello compreso fra il ponte ferroviario e il ponte della statale Aurelia; la criticità del tronco compreso è dovuta principalmente all'insufficienza del ponte delle F.S. il cui rigurgito si ripercuote verso monte e provoca la messa in pressione del ponte dell'Aurelia e l'esondazione in sponda destra ed in sponda sinistra; ciò si verifica per portate con periodi di ritorno di 200 anni.

E' pertanto presente un'elevata suscettibilità al rischio di inondazione che, a causa dell'elevata densità del tessuto urbano circostante, delinea una situazione di vera e propria emergenza idraulica.

Altra criticità è la presenza della passerella pedonale per la quale la portata indisturbata di massima piena con periodo di ritorno 50-ennale è stata stimata in 110 m<sup>3</sup>/s, valore che supera ampiamente la sua capacità di smaltimento; ciò provoca pericolosi effetti di rigurgito a monte che si ripercuotono nella inondabilità in sponda destra e sinistra dei tratti a monte.

La criticità degli altri tronchi del torrente Nimbalto e dei rii minori analizzati è assai limitata ed è dovuta generalmente alla presenza di elementi critici soprattutto ponti.

Sul Rio Casazza e sul Rio Castellaro l'insufficienza dell'alveo e di tutte le opere di attraversamento già per la portata corrispondente al Tempo di Ritorno T=50 anni, determina esondazione su entrambe le sponde per tutto il tratto indagato di tutte e tre le portate di riferimento con volumi via via maggiori dalla cinquantennale alla cinquecentennale.

Sul Rio Casazza, tra la sez.24 e la sez.21, nei terreni ubicati in sponda sinistra, si riscontra esondazione soltanto per la portata cinquecentennale in quanto il muro d'argine esistente e il muro di confine risultano essere sufficientemente elevati da contenere le altre portate di progetto.

Sul Rio Castellaro, tra la sez.15 e la sez.13, la portata cinquantennale risulta essere contenuta all'interno dell'alveo in sponda destra, grazie ad un muro d'argine in cemento armato di recente costruzione.

### 3.4.3 Criticità puntuali

#### 3.4.3.1 Analisi dell'area

Oggetto di indagine sono tre diverse aree presso Pietra Ligure, attualmente mappata come "Area Storicamente Inondata non indagata" nel Piano di Bacino, adiacenti al Rio Ranzi.

Tali aree sono riportate nello stralcio cartografico sottostante.

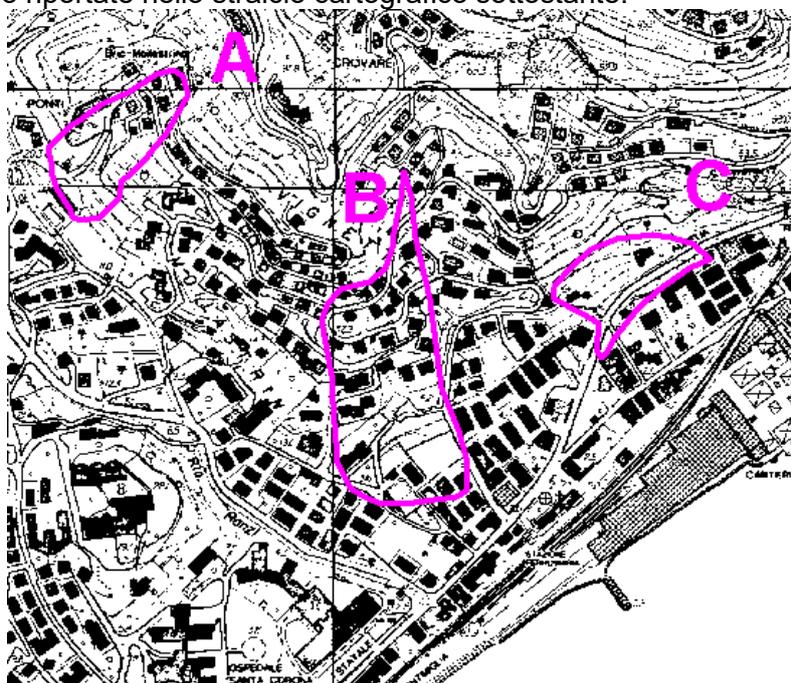


Figura 3.4.3.1.1 – Individuazione delle aree "storicamente inondate"

Al fine di rendere più semplice ed immediata l'analisi delle zone in oggetto, si è scelto di studiare separatamente le tre aree, di seguito denominate rispettivamente "A", "B", "C", secondo la classificazione in figura 3.4.3.1.1.

#### **Area A – Loc. Ponti**

L'area A individua il versante presso l'abitato di Bric Monastrino, posto a quota notevolmente elevata rispetto a loc. Ponti, ove scorre il Rio Ranzi a monte della confluenza con il Rio Croso.

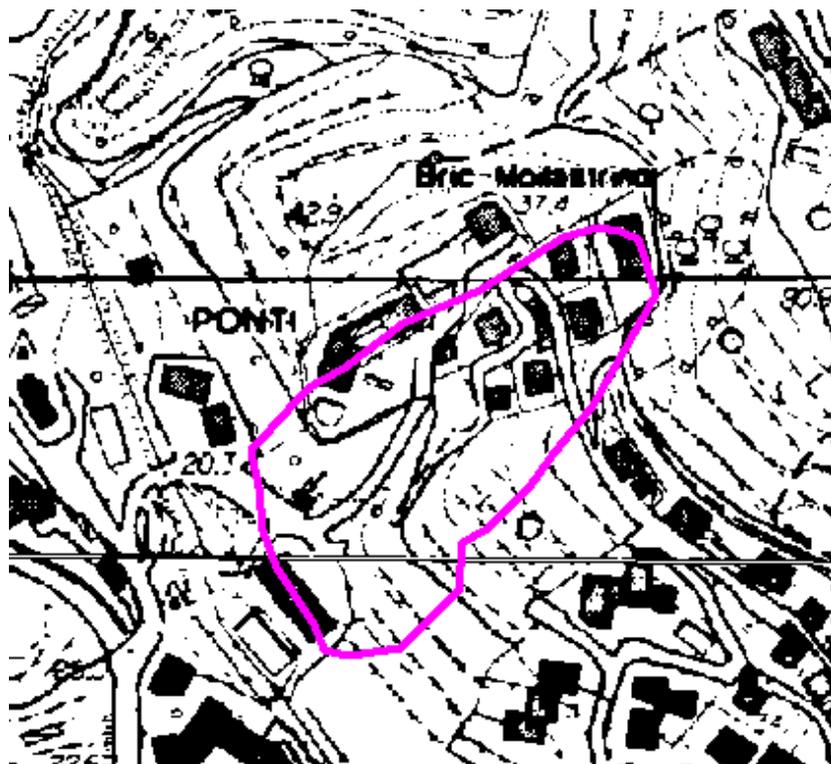


Figura 3.4.3.1.2 – Stralcio dell'area in oggetto

Il sopralluogo sull'area ha evidenziato come la zona indicata come "storicamente inondata" risulti a quota molto più alta del Rio Ranzi che scorre in fondo al versante; la pericolosità della zona non è pertanto riconducibile ad eventuali esondazioni del rio stesso.

Le figure 3.4.3.1.3 e 3.4.3.1.4 riportano la parte bassa dell'area indicata come storicamente inondata. La casa bianca è quella intersecata dalla linea di delimitazione delle aree storicamente inondate in sinistra del rio.

Le foto sono state scattate dalle due sponde del Rio già a quota molto alta rispetto al fondo alveo.



Figura 3.4.3.1.3 – Le aree perimetrate come storicamente inondate cominciano a monte della casa bianca. Si evidenzia lo steccato che delimita l'alveo, a quota molto inferiore.



Figura 3.4.3.1.4 – Particolare del versante indicato come storicamente inondato.

L'area in studio risulta quindi essere solo un versante, peraltro sistemato a terrazzi, ove non sussistono problematiche di inondabilità data l'assenza di corsi d'acqua.

A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa del Piano di Bacino.

Poiché le principali problematiche dell'area sono riconducibili a natura geomorfologica, può essere necessario un approfondimento di tale aspetto per l'area in questione.

#### **Area B – Versante di Vignette**

L'area B individua l'area in sponda sinistra del Rio Ranzi presso la zona di Vignette, evidenziata nella figura 3.4.3.1.5.

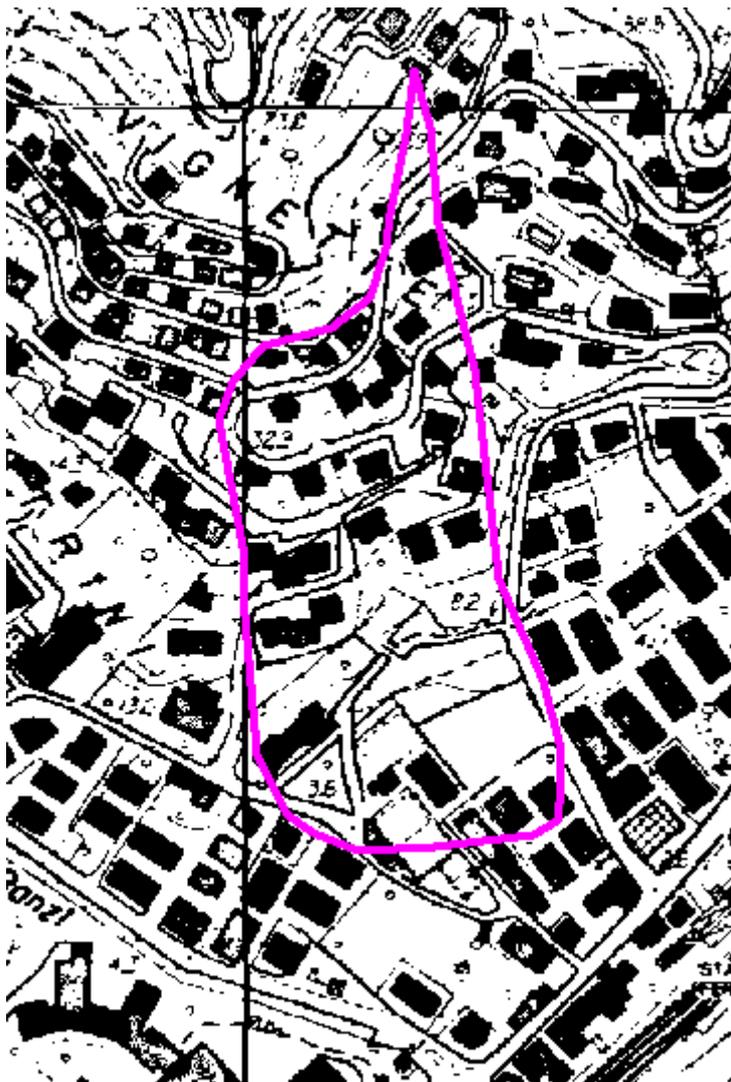


Figura 3.4.3.1.5 – Area storicamente inondata B

L'area si presenta come versante scosceso, con elevato tasso di urbanizzazione, sistemato artificialmente con trincee a difesa della strada che sale a tornanti verso loc. Crovare.

La maggior parte dell'area è occupata dal centro residenziale Le Mimose che si sviluppa su terrazzi. A monte è presente la cava di estrazione dell'Italcementi.

In tutta l'area, versante scosceso privo di corsi d'acqua, non si evidenziano possibili problematiche di tipo idraulico.



Figura 3.4.3.1.6 – Particolare del versante inserito nelle aree storicamente inondate.

Possibili allagamenti localizzati possono essere dovuti ad insufficienze della rete di drenaggio all'occorrere di piogge intense.

E' comunque possibile che l'area sia stata perimetrata come storicamente inondata a causa di un errore. Ulteriori possibili problematiche dell'area risultano essere di natura geomorfologica.

A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa del Piano di Bacino.

#### **Area C – Versante a monte S.S.Aurelia**

L'area in studio è riportata nello stralcio cartografico in figura 3.4.3.1.7.

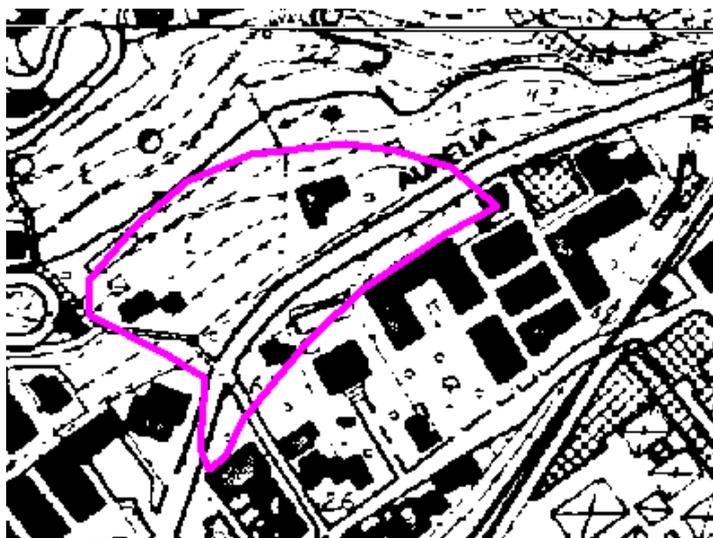


Figura 3.4.3.1.7 – “Area storicamente inondata” C

L'area in oggetto risulta essere il versante a monte della S.S.Aurelia che attraversa Pietra Ligure. Tale area è stata inserita nelle “aree storicamente inondate” a causa di possibili allagamenti della strada statale dovuti a piogge intense sul versante per le quali gli scollamenti di attraversamento della strada risultano insufficienti.

Attualmente l'area è occupata da un cantiere edile essendo in corso la costruzione di un edificio. La situazione è evidenziata dalla seguente figura 3.4.3.1.8.



Figura 3.4.3.1.8 – “Area storicamente inondata” C

A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa del Piano di Bacino.

### **3.5 Considerazioni sul trasporto solido**

Il trasporto solido è un fenomeno che gioca un ruolo importante nella dinamica dell'alveo dei corsi d'acqua, in grado di causare o peggiorare situazioni di rischio idrogeologico in un bacino. L'analisi della dinamica del trasporto solido può assumere quindi una particolare rilevanza per quanto riguarda sia la determinazione delle criticità e della pericolosità sia l'individuazione, la programmazione e la progettazione degli interventi di sistemazione.

Le modalità con le quali il trasporto di sedimenti può interagire con il deflusso di una corrente sono varie. La valutazione dei livelli idrici attesi in un evento di piena, ad esempio, viene comunemente effettuata trascurando il fenomeno del trasporto di sedimenti da parte della corrente e quindi attraverso una modellazione idraulica a fondo fisso che può, tuttavia, fornire risultati anche significativamente sottostimati rispetto ad una soluzione a fondo mobile (fondo che, viceversa, si modifica in funzione del materiale trasportato dalla corrente), molto più onerosa dal punto di vista della modellistica ma certamente più rappresentativa della realtà. Durante l'evento di piena, infatti, possono realizzarsi depositi localizzati che producono forti innalzamenti del livello della corrente. Durante la fase discendente della piena tali depositi possono venire rimossi ma i livelli raggiunti al colmo della piena sono comunque superiori a quelli prevedibili da una modellazione a fondo fisso.

La dinamica del trasporto solido può inoltre avere influenza anche nella determinazione degli interventi di sistemazione: opere in grado di migliorare idraulicamente le caratteristiche locali del deflusso, possono addirittura rivelarsi dannose se vengono tenuti in conto gli effetti del trasporto solido. Un intervento di allargamento di sezione localizzato, ad esempio, produce in caso di corrente lenta una diminuzione della profondità, ma anche un rallentamento della corrente stessa che, non essendo più in grado di trasportare la stessa quantità di sedimenti, provoca la formazione di un deposito che può risultare di entità tale da produrre addirittura livelli idrici più elevati rispetto alla situazione precedente. In questi casi è evidente che il corretto intervento sistematorio dovrebbe consistere quindi in una regolarizzazione della larghezza, piuttosto che in un allargamento localizzato.

La realizzazione di briglie o l'analisi dell'effetto di briglie già esistenti sul corso d'acqua è un altro esempio in cui può essere determinante la considerazione dei fenomeni di trasporto solido, al fine di valutare la possibile evoluzione del fondo e la portata solida che può essere trasportata alla foce e, in particolare, sulle spiagge.

La valutazione del trasporto solido, infine, assume importanza in tutti quei casi in cui la stabilità di opere in alveo possa essere alterata da fenomeni di scalzamento; si pensi ad esempio ai problemi di scalzamento delle pile di ponti o del piede di opere di arginatura provocato dalla capacità erosiva della corrente o anche di stabilità di versanti che, sottoposti al piede all'azione erosiva delle acque, possono causare smottamenti localizzati.

Il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. A questo proposito, è utile sottolineare la sostanziale generale mancanza di dati di campagna sul trasporto solido; la necessità di una sua quantificazione fa emergere pertanto l'opportunità di realizzare stazioni di monitoraggio su alcuni bacini considerati maggiormente significativi per il territorio ligure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.

La modellazione idraulica a fondo mobile è attualmente ancora piuttosto onerosa, soprattutto riguardo alla schematizzazione matematico-numerica, e non facilmente applicabile a casi generali, soprattutto nell'ambito della pianificazione di bacino. La modellazione richiede, in particolare, rilievi topografici e sedimentologici lungo il corso d'acqua che consentano di simulare con sufficiente accuratezza la dinamica dei sedimenti. Informazioni sull'evoluzione storica del profilo longitudinale del fondo del corso d'acqua risultano inoltre di grande utilità sia per la comprensione della tendenza evolutiva dell'alveo sia per la verifica dei modelli matematici di trasporto.

Considerata la rilevanza dell'effetto indotto da interventi in alveo sul trasporto solido (quali gli allargamenti localizzati, restringimenti determinati dalle pile di un ponte, scavo in curva, etc.) che non vengono normalmente tenuti in conto nella usuale modellazione idraulica, la progettazione di opere idrauliche dovrà prevedere consoni franchi.

A titolo di conclusione, per condensare quanto detto sulle difficoltà di calcolo dei fenomeni di trasporto solido e per dare una visione, sia pure di larghissima massima del fenomeno in questione, accontentandosi di schematizzare il tratto terminale del Nimbato con un canale prismatico di larghezza  $b=15$  m,  $if$  0,011 e profondità media tratta dai profili di circa 3 m, 3,90 m, 4,40 m, rispettivamente per la portata cinquantennale ( $T=50$  anni) di  $110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , per quella bicentennale ( $T=200$  anni) di  $170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e di  $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  per la portata semimillennaria ( $T=500$  anni) si può affrontare una valutazione di larghissima massima delle portate solide corrispondenti alle idrauliche elencate.

Riferendosi alla formulazione di G. Pezzoli, che d'altronde dà risultati molto vicini a quella di H.A. Einstein ed a quella di Meyer-Peter e possiede alcuni vantaggi rispetto alle ultime, posto:

$$\frac{Q_s}{db \sqrt{R_i g}} = z \quad (1)$$

$$\frac{R_i}{d (\rho_s/\rho - 1)} = x$$

la formula base di G. Pezzoli che lega le caratteristiche idrauliche della corrente di portata solida in volume  $Q_s$  si scrive (vedi in letteratura):

$$z = 0,9 x^{-1/6} (4,58 \sqrt{x} - 1)^{5/3} \quad (2)$$

che deriva dalla formula base

$$q_s / u_x d = 3/2 (\tau_c / \tau_0)^{1/6} (\sqrt{\tau_c / \tau_0} - 1)^{5/3} \quad (3)$$

inserendo nella (2) le posizioni (1), e ricordando che  $d$  è il diametro “medio”  $d_{50}$  del materiale mobile, assunto per il Nimbalto (ultimo tratto)  $\approx 4$  mm,  $b$  è la larghezza dell'alveo,  $i_f$  la pendenza di fondo,  $Q_s$  la portata solida in volume e  $\rho_s/\rho$  il rapporto della densità del solido rispetto all'acqua ( $\rho_s/\rho \approx 2,7$ ).

Applicando le (2) e (1) si ottiene facilmente, per chi fosse abituato all'uso delle formule di Einstein, che le sue variabili classiche  $\phi$  e  $\psi$  sono legate alle (1) dalla:

$$\begin{aligned} x &= 1/\psi \\ z &= \phi \sqrt{\psi} \end{aligned} \quad (4)$$

Dalle predette (1) e (2) si ha, con i dati già segnalati, per i vari tempi di ritorno delle portate idriche:

T = 50 anni	Q = 110 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	Q <sub>s</sub> = 0,93 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	G <sub>s</sub> = 2500 Kgp s <sup>-1</sup>
T = 200 anni	Q = 170 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	Q <sub>s</sub> = 1,30 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	G <sub>s</sub> = 3500 Kgp s <sup>-1</sup>
T = 500 anni	Q = 200 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	Q <sub>s</sub> = 1,50 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	G <sub>s</sub> = 4068 Kgp s <sup>-1</sup>

Le quantità  $G_s$  indicano le portate solide in peso massime, in quanto le teorie del trasporto solido forniscono in genere la “capacità massima” di trasporto in date condizioni idrauliche.

Solo la formulazione di G.Pezzoli, con altri dati di ingresso, fino ad ora non noti, consente di stabilire se le portate calcolate sono integralmente presenti o vanno comunque ridotte.

Si tenga presente che in ogni modo la portata solida massima in peso non supera il 2 % di quella liquida, sempre ricordando che in ogni caso la considerazione di tempi di ritorno di 200 e 500 anni sia per la fase liquida che per quella solida hanno un senso puramente indicativo in quanto, nei tempi suddetti i luoghi subiscono trasformazioni globali.

## 4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

### 4.1 Premessa

Il concetto di rischio inteso come rischio totale è basato sulla combinazione di più fattori di natura tecnica (nel caso specifico idraulica e idrogeologica), ma anche socio-economica, tramite la nota espressione formale del rischio:

$$R = P \times E \times V,$$

dove:

- P: pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso;
- E: valore degli elementi a rischio, intesi come persone e beni;
- V: vulnerabilità, intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all'evento in considerazione.

L'individuazione delle aree a rischio, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico è una elaborazione prevista nella pianificazione di bacino stralcio dell'Autorità di bacino regionale già in atto, ma anche esplicitamente richiesta dall'*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98*", pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

In questa sede sono state redatte separatamente le Carte del Rischio Geomorfologico e le Carte del Rischio idraulico in quanto si ritiene che la somma dei due rischi su un'unica tavola porti ad una sovrapposizione non leggibile.

In più, la definizione del rischio idrogeologico tiene conto dell'interazione delle due componenti, geomorfologica ed idraulica, assai più complessa di quanto discende dalla sovrapposizione delle relative mappature.

La cartografia del rischio, con le precisazioni di cui sopra, fa quindi parte degli elaborati necessari dei piani stralcio per il rischio idrogeologico e prevede la definizione di alcune classi di rischio attraverso l'incrocio delle classi di pericolosità (in questo caso rappresentate, come già visto, dalle carte delle fasce di inondabilità e suscettività al dissesto di versante) con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.

Lo scopo è essenzialmente quello di individuare aree più a rischio di altre, anche a parità di pericolosità, in dipendenza degli elementi che vi si trovano. Tramite la gradazione del rischio R si individuano infatti le zone in cui ad elevate criticità idrogeologiche è associata una maggiore presenza umana e, di conseguenza, si determinano le zone da difendere prioritariamente.

Le Carte del rischio geomorfologico ed idraulico, quindi, forniscono un quadro della situazione attuale del rischio nel bacino, utile in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta inoltre un importante strumento, anche se non il solo, per determinare con un criterio oggettivo e misure più urgenti di prevenzione e la priorità degli interventi di mitigazione (strutturali ma anche non strutturali).

Nella fase della pianificazione degli interventi si dovranno comunque valutare anche considerazioni di carattere più ampio della sola sovrapposizione delle carte di pericolosità con la carta degli elementi a rischio.

Benché infatti la carta del rischio individui le aree con un maggiore carico insediativo o valore economico che ricadono in classi di alta pericolosità, non è detto che le criticità del bacino si limitino a quelle a più alto rischio evidenziate nella carta, né che la soluzione dello specifico problema debba vedersi esclusivamente come un intervento localizzato.

Nei termini più ampi di gestione integrata del territorio si devono prevedere interventi che, oltre ad essere finalizzati alla mitigazione del rischio esistente, mirino comunque al riequilibrio del bacino nella sua unitarietà, così come previsto nelle dichiarazioni fondative della L. 183/89.

Si noti, infine, che la carta del rischio non sostituisce le mappature del rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio.

Ai piani di protezione civile a livello comunale spetta naturalmente il compito di individuare e dettagliare i singoli elementi presenti in relazione alle loro funzioni, alla loro destinazione d'uso e alla loro specifica vulnerabilità, e soprattutto di individuare le opportune misure (non strutturali) di

prevenzione e mitigazione del rischio per le diverse aree. I piani di protezione civile dovranno stabilire nel dettaglio e mettere in atto tutti gli accorgimenti (informazione, sistemi di allerta, piani di evacuazione, ecc.) per la salvaguardia dei residenti.

#### 4.2 Elementi a rischio

La carta degli elementi a rischio è stata redatta sulla base della carta dell'uso del suolo attraverso la seguente classificazione:

Classe Elementi a rischio	Sigle uso del suolo	Specifiche
E0	2.3 - 2.5 - 3.2 – 3.3 - 3.4 - 3.4.1 - 3.4.2 – 3.4.3	Prati e pascoli – Ex coltivi - Zone boscate - Zone caratterizzate da vegetazione arbustive - Rocce nude - Aree con vegetazione rada o assente
E1	1.3.1 - 1.4.1 -1.4.2 - 2.1.2 - 2.2.3 - 3.4.1	Aree estrattive (dismesse) - Aree verdi urbane - Aree sportive – Seminativi in aree irrigue - Colture permanenti arboree – Oliveti - Spiagge
E2	1.1.2 – <b>1.3.1</b>	Tessuto urbano discontinuo - Infrastrutture viarie principali (al di fuori del tessuto urbano continuo); aree estrattive minori
E3	1.1.1 - 1.2.1 - 1.2.2 - 1.2.2 - <b>1.3.1</b>	Tessuto urbano continuo - Aree industriali e commerciali - Reti autostradali - aree estrattive

#### 4.3 Rischio geomorfologico

Come già evidenziato l'analisi del rischio geomorfologico viene affrontata, con un certo grado di approssimazione, ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una suscettività al dissesto di versante.

La matrice di intersezione utilizzata viene così schematizzata:

ELEMENTI A RISCHIO	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività alta	Suscettività molto alta
<b>E0</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>
<b>E1</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>
<b>E2</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>E3</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>

Per quanto riguarda gli ambiti territoriali interessati da cave attive e discariche in esercizio, ove vige una specifica normativa di settore, si è ritenuto di attribuire a dette aree di rischio "R3 elevata", in considerazione sia dell'intrinseco grado di pericolosità geomorfologica che le caratterizza sia in relazione alla classe di "elemento a rischio" a cui appartengono (Classe E3).

Il commento alla cartografia del rischio geomorfologico è stato anticipato al § 3.4.1 dove viene trattato in parallelo con la suscettività delle aree corrispondenti, in modo da evidenziare le corrispondenze.

<b>E2</b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>E3</b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato ( $R_3$  ed  $R_4$ ) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

#### 4.4 Rischio idraulico

Gli elementi a rischio sono rappresentati in linea generale dalla popolazione, dalle zone urbanizzate residenziali e produttive, dalle attività economiche in genere, dai beni culturali e naturali che possono subire danni in conseguenza del verificarsi di un fenomeno di esondazione.

Gli elementi a rischio presenti sul territorio in esame scaturiscono da una rielaborazione della Carta di Copertura e d'Uso del Suolo, dove gli elementi sono stati accorpati in base alla diversa incidenza urbanistico-territoriale in 4 classi (sono indicati tra parentesi i punti considerati nella carta di copertura e d'uso del suolo):

- E0) aree disabitate o improduttive;
- E1) edifici isolati, zone agricole;
- E2) nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori;
- E3) centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi.

Il rischio cui sono esposti gli elementi del territorio sopra individuati è stato valutato sovrapponendo la loro distribuzione territoriale alla Carta della Fasce Fluviali in precedenza sviluppata. Da tale sovrapposizione è stato possibile assegnare a ciascuno degli elementi a rischio la corrispondente classe di rischio, classificata in moderato, medio, elevato e molto elevato a seconda che l'elemento considerato ricada in zona rispettivamente di bassa, media alta o molto alta pericolosità.

Dalla Carta del Rischio Idraulico così sviluppata è stato possibile derivare la Carta degli Interventi.

elementi a rischio	pericolosità (aree inondabili)		
	P1 200<T<500 fascia C	P2 50<T<200 fascia B	P3 T<50 fascia A
E0	R0	R1	R1
E1	R1	R2	R3
E2	R2	R3	R4
E3	R2	R4	R4