



PROVINCIA DI SAVONA

SETTORE TUTELA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE

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

Ambito di Bacino di rilievo regionale:

PORA

Bacino:

CROVETTO

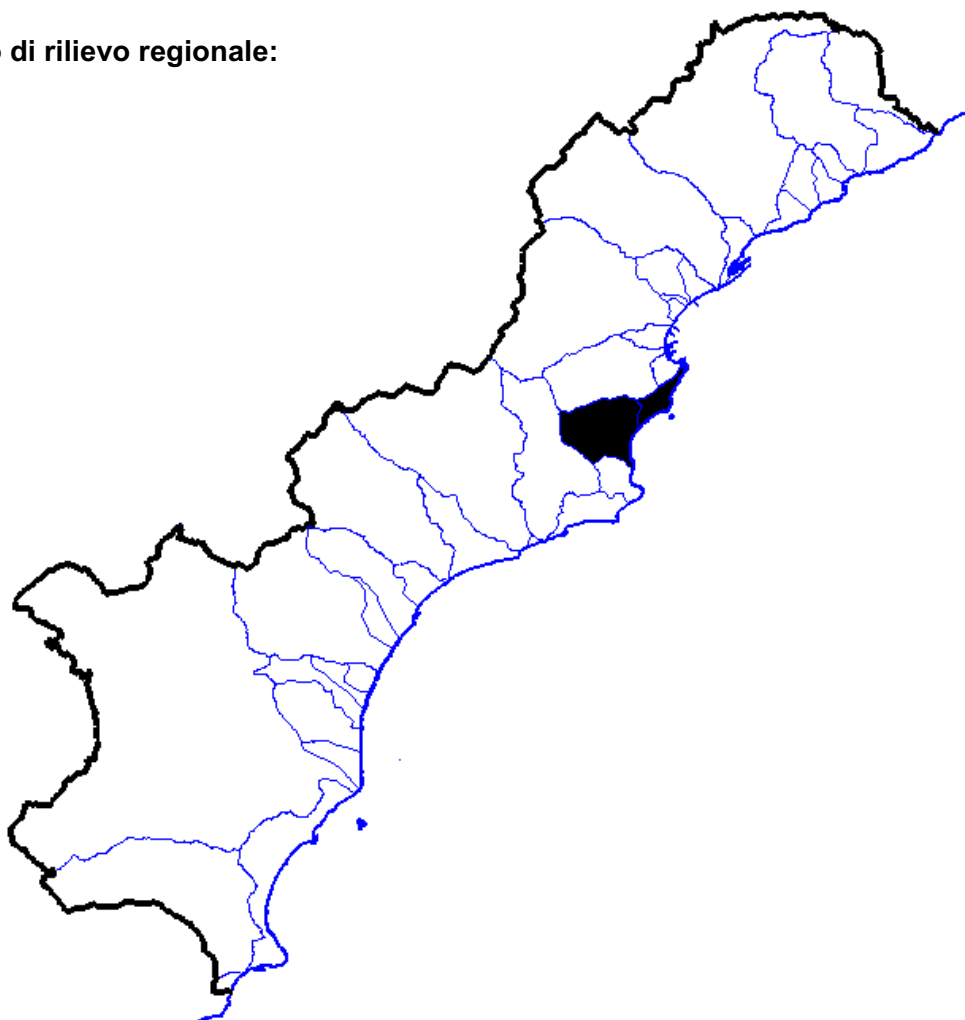
Comuni:

VEZZI PORTIO

NOLI

SPOTORNO

BERGEGGI



Approvata con D.C.P. n. 47 del 25/11/2003

SERVIZIO PIANI DI BACINO E LAVORI IDRAULICI

Via Amendola 10 – tel. 019/83131 – fax. 019/8313517 – Sito Internet: www.Provincia.Savona.it

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
bacino: CROVETTO

PREMESSA	3
1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	4
1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento	4
1.2 Strumenti di pianificazione vigenti	6
1.2.1 Altri strumenti di pianificazione	6
1.3 Dati utilizzati	6
2. CARATTERISTICHE DEL BACINO	9
2.1 Geografia	9
2.2 Geologia	10
2.2.1 Metodologia di studio	10
<i>Caratteri geologici generali</i>	10
2.2.2 Litostratigrafia e tettonica.....	13
2.2.3 Tettonica e assetto strutturale	19
2.2.4 Considerazioni relative allo stato della roccia	23
2.3 Geomorfologia	23
2.3.1 Geomorfologia quantitativa	24
2.3.2 Reticolo idrografico.....	25
2.3.2.1 Tavola del reticolo idrografico (tav. 13).....	26
2.3.3 Caratterizzazione delle coperture	26
2.3.4 Frane attive	27
2.3.5 Franosità diffusa ed erosione superficiale.....	28
2.3.6 Riporti artificiali e discariche.....	29
2.3.7 Cave.....	29
<i>Nel bacino Crovetto non sono attualmente presenti cave attive.</i>	29
2.3.8 Alluvioni e terrazzi fluviali.....	30
2.3.9 Acclività.....	31
2.4 Idrogeologia	32
2.5 Uso del Suolo	33
2.6 Descrizione della rete idrografica	35
2.6.1 Sopralluogo dell'asta principale	35
2.6.2 Descrzione della rete idrografica – bacini minori.....	40
2.7 Idrologia di piena	45

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
bacino: CROVETTO

2.7.1 Premessa	45
2.7.2 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.	46
2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica ..	50
2.7.4 Portate di piena.....	53
2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Crovetto (Rif. Normativa di Piano) 60	
3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	62
3.1 Premessa	62
3.2 Problematiche di tipo geomorfologico	64
3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti	64
3.2.2 Sintesi dei relativi rapporti tra i fattori considerati.....	67
3.2.3 Commento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti	68
3.3 Problematiche di tipo idraulico	69
3.3.1 Aree storicamente inondate	69
3.3.2 Verifiche idrauliche	69
3.3.3 Fasce di inondabilità	75
3.3.4 Fascia di riassetto fluviale.....	76
3.4 Principali criticità del bacino	77
3.5 Considerazioni sul trasporto solido	79
4 RISCHIO IDROGEOLOGICO	81
4.1 Premessa	81
4.2 Determinazione del rischio idrogeologico	82
4.3 Carta del rischio idraulico.....	85
4.4 Carta del rischio geomorfologico	85
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	87

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
bacino: CROVETTO

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 del Torrente Crovetto 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.

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).

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
bacino: CROVETTO

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 D180/98 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.

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
bacino: CROVETTO

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 Crovetto sono presenti i seguenti siti individuati come "SIC" (siti di importanza comunitaria):

IT 1323203 Rocca dei Corvi – Mao – Mortu

IT 1323202 Isola di Bergeggi – Punta Predoni

1.3 Dati utilizzati

Per la cartografia di base del piano del Crovetto non esistono studi precedenti realizzati ai fini della pianificazione di bacino, per cui è stato necessario richiedere ai Comuni di Noli-Spotorno-Bergeggi-Vezzi Portio, alle Comunità Montana Pollupice e Giovo 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.

Per l'esame delle foto aeree del territorio è stato fatto riferimento ai voli 1973/74 e 1993/95; per ovvi motivi d'aggiornamento 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 specie per quanto attiene i fenomeni di denudamento da parte degli incendi boschivi.

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
bacino: CROVETTO

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 dalle Comunità Montane.

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 i noti eventi meteorici eccezionali dell'ottobre/novembre 2000 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. Inoltre questi eventi hanno messo in luce nuove situazioni (che per quanto possibile sono state registrate), e soprattutto hanno mostrato a chiare lettere che l'evoluzione del territorio è continua e costante nel tempo e che quindi il lavoro fatto è solo la fotografia di un attimo (dicembre 2000) e non può essere considerato come una base fissa ed immutabile per qualsiasi tipo di pianificazione, avendo necessità di essere continuamente aggiornato con studi specifici maggiormente mirati.

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

Questa riporta il bacino nei fogli:

n°229100 "Vado Ligure"

n°229130 "Noli-Vezzi Portio"

n°229140 "Spotorno"

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. 1:5.000, 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.

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.

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
bacino: CROVETTO

La restituzione su supporto cartaceo viene presentata su base topografica ricavata da base raster in formato tiff, sc. 1:10.000, in quanto la stampa delle basi vettoriali in sc. 1:5.000 ridotte alla scala 1:10.000, come richiesto dalle specifiche, risulterebbe incompleta.

La deformazione della base raster, rispetto a quella vettoriale, è stata opportunamente minimizzata attraverso procedimenti di georeferenziazione a controllo d'errore. In ogni caso 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 Crovetto ricade nell'ambito di "CENTRO", definito dall'Autorità di bacino di rilievo regionale.

Il bacino così definito ha una superficie di 16,6 Km².

I comuni compresi nell'area sono: Noli, Spotorno, Bergeggi, Vezzi Portio

La Comunità Montana di appartenenza nell'ambito della provincia di Savona è la Comunità Montana Pollupice (Noli, Spotorno e Vezzi) e del Giovo (Bergeggi).

Il bacino ha una forma irregolare, stretta ed allungata, ed ampiamente svasata verso mare dove al T.Crovetto ss si aggiungono le aree foci dei Rii compresi tra il Laiolo ed il S.Nicolò.

Il bacino del Crovetto è delimitato a N da quello del T.Segno, a W da quello dello T.Sciusa ed infine a S da quello del Rio Noli; ad E il confine è delimitato dal mare.

Il punto più alto dello spartiacque si raggiunge in corrispondenza del Bric Berba (585m slm). Al margine N lo spartiacque è assai ben definito in quanto costituito dal crinale Bric Berba (585m slm) - Bric Colombino (431m slm) - Monte Mao (429m slm) - Monte S.Eleno (338m slm) - Forte S.Stefano (165m slm) - Forte S. Giacomo.

Al lato W lo spartiacque, sempre partendo da Bric Berba, è individuato dal crinale di S.Libera (832m slm) - Bric Carè (488m slm) - Bric dei Monti (411m slm) - Piagge (345m slm). Ed infine a S dalla dorsale Piagge (345m slm) - Voze (239m slm) - Bric Groppino (260m slm) - Villa Ada.

Il reticolo idrografico è di tipo dendritico, discretamente organizzato, per quanto riguarda il Crovetto ed i suoi tributari. In base a considerazioni morfologiche di massima, come tratto vallivo dell'asta principale del Torrente si può considerare quello tra la sella Berba-Colombino e la foce il cui sviluppo longitudinale è di circa 4,6Km.

La conformazione di bacino è prevalentemente montuosa e collinare, con le aree pianeggianti poco estese è strettamente limitate alla piana di Spotorno.

Il paesaggio del fondovalle è quello di un' area subpianeggiante allungata in direzione E-W tra i monti e marcatamente svasata verso mare dove, nella porzione terminale, risulta antropizzata con tessuto urbano pressochè compatto; una marcata antropizzazione è inoltre rilevabile in corrispondenza di Torre del Mare-Bergeggi.

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 prevalgono i boschi e le praterie.

Le frazioni principali dell'interno del bacino sono rappresentate da Voze, Magnone e Tosse, tutte ubicate nell'entroterra in prossimità dello spartiacque.

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.

Caratteri geologici generali

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

Le formazioni affioranti appartengono pressoché esclusivamente al Settore Orientale del Dominio Brianzonese Ligure mentre nella parte bassa del bacino sono poi presenti estesi depositi alluvionali terrazzati antichi e recenti.

Sotto il profilo puramente geologico-strutturale e paleogeografico 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 cristallino (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 e 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 sebbene mediamente dell'ordine delle centinaia di metri; 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.

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
bacino: CROVETTO

La Copertura meso-cenozoica ha inizio nel Trias inferiore con l'ingressione marina e con la deposizione di materiali detritici molto rielaborati (quarziti), passanti transizionalmente a calcari e dolomie grigie di piattaforma del Trias medio (Ladinico).

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 brianzonese 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 brianzonese. 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 brianzonese, delfinese e provenzale. I sedimenti del Malm sono rappresentati da successione calcaree condensate.

Gli affioramenti pre-aterni 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 ($WSW \pm 20^\circ$, $NW \pm 20^\circ$) 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.

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.

Nel particolare nella zona in esame sono riconoscibili litologie appartenenti alle seguenti Unità Strutturali di varia pertinenza paleogeografica del Dominio Brianzonese delle Alpi Liguri:

Unità di Monte Carmo:

Di pertinenza brianzonese intermedio-esterna è caratterizzata da potenti coperture mesozoiche comprendenti sia quarziti Scitiche (Quarziti di Ponte di Nava/Verrucano) che sequenze calcareo-dolomitiche Anisico-Ladiniche (Dolomie di S.Pietro ai Monti) e, localmente ed esternamente all'area in studio, lembi di calcari marmorei del Malm (Calcari di

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
bacino: CROVETTO

Val Tanarello). Il basamento paleozoico dell'unità (tegumento), ove presente, è costituito da metasedimenti pelitico-tufacei fini e metavulcaniti acide di età permiana.

Elementi di questa unità costituiscono come klippen la dorsale Monte Mao-Torre del Mare e di Bric dei Monti (Manie)-Capo Noli.

Unità di Mallare:

Di pertinenza brianzonese intermedio è caratterizzata da un tegumento permocarbonifero ben rappresentato costituito da metasedimenti pelitico-tufacei fini e metavulcaniti acide di età permiana e localmente depositi marmorei del Malm (calcari di val Tanarello) direttamente trasgressivi.

Elementi di questa unità costituiscono tutta la porzione centro-meridionale del bacino.

Unità Brianzonese Interna a successione Brianzonese ridotta:

Di pertinenza interna o intermedio-interna è caratterizzata dalla presenza di un Tegumento Permo-Carbonifero rappresentato sia da formazioni detritiche continentali (Formazione di Ollano), che da scisti di derivazione pelitico-tufacea (F. di Gorra e Viola) con sporadiche intercalazioni lentiformi di metavulcaniti (Porfiroidi del Melogno e Metaprasiniti di Eze).

Le coperture mesozoiche di tipo brianzonese sono praticamente assenti o fortemente ridotte; localmente sono possibili delle trasgressioni di calcari marmorei del Malm direttamente sul tegumento.

Strutturalmente (zona di monte S.Elena e monte Rocchetto - Bergeggi) questa unità risulta sovrascorsa ed embricata su quella di Monte Carmo mentre nella zona SW del bacino risulta sottoposta (zona Manie).

Unità di Murialdo:

Di pertinenza Brianzonese interna è costituita essenzialmente da parascisti filladici carboniosi di età carbonifera (F.di Murialdo) con intercalate lenti di prasiniti. Il basamento di questa unità è verosimilmente rappresentato da rocce gneissico-granitoidi dell'unità cristallina di Calizzano - Savona.

L'unità di Murialdo, presente esclusivamente nella zona NE del bacino (Bergeggi) è tettonicamente sovrascorsa ed accavallata a quella brianzonese interna ridotta con ricoperture superiori a 5Km; nella zona a N di Torre del Mare questa Unità arriva addirittura ad accavallare quella di Monte Carmo.

Tale situazione si realizza mediante sovrascorrimenti lungo un'unica superficie variamente inclinata, ma talvolta secondo più superfici (Zona del Custo) che delimitano corpi intermedi.

Unità cristallina di Calizzano Savona:

Di pertinenza brianzonese molto interna (zoccolo) è presente come falda di copertura geometricamente elevata e praticamente priva di tegumento.

E' costituita da rocce gneissiche (orto e paraderivate), metagranitoidi e migmatiti. Queste rocce sono caratterizzate da impronte metamorfiche polifasiche sia alpine che prealpine (facies scisti blu e verdi).

Elementi di questa unità sono esclusivamente affioranti tra i paralleli della Batteria e Porto Vado in posizione tettonicamente sovrapposta per accavallamento sull'unità di Murialdo; l'entità della ricopertura è dell'ordine dei 3/5Km.

La trasgressione marina di età terziaria e pliocenica non è formazionalmente rappresentata all'interno di bacino in esame.

2.2.2 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.

Rocce granitoidi

Graniti del Torrente Letimbro (LET/gr)

Sotto questo simbolo sono stati raccolti tutti i litotipi d'origine magmatica intrusiva d'età precarbonifera derivanti da rocce acide essenzialmente intrusive (granitoidi) e subordinatamente effusive (rioliti), successivamente coinvolti negli eventi metamorfici sia ercinici che alpini, ed intensamente milonitizzati con facies petrograficamente rappresentate da ortogneiss granitoidi.

Queste rocce affiorano esclusivamente nella porzione NE del bacino tra i paralleli di Porto Vado e della Colonia S. Sebastiano.

In affioramento la roccia è caratterizzata da tessitura scistosa, in parte obliterante gli originari caratteri magmatici, evidenziata dall'allineamento di letti di minerali micacei e quarzosi con abbondanti porfiroblasti centimetrici di natura feldspatica più o meno deformati fino ad assumere forme lenticolari.

L'ammasso roccioso conseguentemente alla sua storia deformativa manifesta un'estrema variabilità dell'orientazione delle giaciture e della densità di fratturazione; localmente, specie in prossimità dei contatti o in corrispondenza di strutture intraformazionali di tipo inverso, sono comuni estese fasce cataclastiche (brecce di frizione) in cui la roccia è trasformata in un deposito assolutamente incoerente.

Complessivamente l'ammasso roccioso è geomeccanicamente riconducibile alla III - IV e occasionalmente V Classe della Classificazione Rmr di Bieniawski.

L'elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso favorisce i fenomeni d'alterazione per detritazione e termoclastismo con formazione di potenti manti detritici, accumulanti nelle depressioni morfologiche del substrato, rappresentati da granulometrie variabili dalla ghiaia breccioide alle sabbie fini (**dt2**).

Metasedimenti Permocarboniferi

Formazione di Ollano (OLL/ar-cg)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate le litologie di età permocarbonifera a facies eminentemente arenaceo-conglomeratica stratigraficamente riconducibili alla Formazione di Ollano e tettonicamente connesse all'Unità di Murialdo.

Tale litotipo affiora esclusivamente nella porzione NE del bacino in posizione altimetricamente elevata, morfologicamente coincidente con la dorsale Monte S. Elena-Monte Rocchetto, lungo il crinale di S. Stefano e tettonicamente sottoposta alle rocce granitoidi in corrispondenza del serbatoio dell'acquedotto.

La facies più ricorrente è rappresentata da metaconglomerati monogenici minuti costituiti da ciottoli quarzosi di colore grigio-bianco con dimensioni variabili, ma mediamente compresi tra 1-5cm, ben arrotondati e cementati in una fine matrice arenaceo-pelitica di colore grigio verdastro.

In affioramento il litotipo si presenta in facies generalmente massiccia sebbene sia localmente ancora riconoscibile l'originaria natura sedimentaria; l'elemento tessiturale

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
bacino: CROVETTO

caratterizzante è la deformazione di alcuni granuli la cui direzione d'allungamento è indicativa del senso d'accavallamento dell'unità tettonica.

L'ammasso roccioso ha risposto in modo prevalentemente fragile alle azioni deformative con un'estrema variabilità dell'orientazione e della densità di fratturazione; localmente sono rilevabili estese fasce cataclastiche in cui il litotipo è trasformato in un deposito incoerente quarzoso, descrivibile come una fine polvere bianca, di cui è impossibile discernere l'origine arenacea o conglomeratica. (zona del serbatoio dell'acquedotto, Monte S.Elena).

Complessivamente l'ammasso roccioso è mediamente riconducibile alla III - IV Classe della Classificazione Rmr.

L'elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso nonché l'isotropia del litotipo favoriscono i fenomeni d'alterazione per detritazione e termoclastismo con formazione di manti detritici a comportamento eminentemente granulare e dimensione variabile dalla ghiaia grossolana alle sabbie fini (**dt1-dt2**).

Formazione di Murialdo (FMU/mf)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate le litologie di età permocarbonifera a facies eminentemente filladico-scistosa stratigraficamente e tettonicamente riconducibili alla Formazione di Murialdo presenti esclusivamente nella porzione NE del bacino.

La litologia più ricorrente è costituita da micascisti carboniosi (metapeliti) di colore bruno nerastro con frequenti filoni o vene di quarzo più o meno deformate, ripiegate e contorte. Localmente, come ad esempio lungo il versante E di Monte S.Elena, sono presenti intercalazioni lentiformi a giacitura filoniana non cartografabili separatamente e spesso geometricamente discordanti rispetto alla roccia inglobante, di metavulcaniti e prasiniti riconducibili ai litotipi propri dei Porfiroidi del Melogno e delle Metandesti di Eze, mentre lungo la via Aurelia a valle dell'abitato di Bergeggi e al Custo sono rilevabili lenti, sempre non cartografabili separatamente, di scisti metapelitici bruno verdastre ascrivibili alla Formazione di Gorra

L'incertezza nel riconoscimento macroscopico dei campioni è dovuta alla presenza sia di termini a carattere transizionale che di frequenti scaglie tettoniche con probabile raddoppio di serie, connesse alla dinamica d'accavallamento dell'unità di Murialdo che, come già accennato nell'inquadramento strutturale, risulta tettonicamente sovrapposta a S, con fronte orientato circa WNW/ESE, a quella di Monte Carmo mentre a N è sottoposta ai metagranitoidi del basamento cristallino.

In affioramento il litotipo FMU appare caratterizzato da forte anisotropia planare legata ad una scistosità assai pervasiva e da elevata alterabilità superficiale con formazione di potenti manti detritico eluvio-colluviali a granulometria variabile, sebbene prevalentemente fine e comportamento eminentemente coesivo. (**dt1**)

Nel complesso gli ammassi rocciosi della facies filladico-scistosa sono mediamente riconducibili alla IV Classe della Classificazione Rmr.

Formazione di Gorra (GRR/sq)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate le litologie di età permocarbonifera a facies eminentemente scistosa stratigraficamente riconducibili alla Formazione di Gorra e tettonicamente connesse all'Unità di Mallare di cui ne costituiscono il tegumento.

La litologia più ricorrente è costituita da micascisti, Sericitoscisti, Cloritoscisti, Micascisti, Scisti quarzosi e Scisti gneissici a forte anisotropia planare originati da sedimenti fini arenaceo-pelitici, tufiti e piroclastiti depositatisi sia in ambiente marino che continentale, durante la detritazione del basamento cristallino e, successivamente interessati da

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
bacino: CROVETTO

metamorfismo alpino di basso grado (facies scisti verdi) e spesso con intercalazioni lentiformi, non cartografabili separatamente, di rocce metandesitiche della F. di Eze.

In affioramento queste rocce appaiono caratterizzata da forte anisotropia planare legata ad una scistosità assai pervasiva ed elevata alterabilità superficiale con formazione di potenti manti detritico eluvio-colluviali a granulometria variabile, sebbene prevalentemente fine e comportamento eminentemente coesivo (**dt1**).

Nel complesso gli ammassi rocciosi della facies filladico-scistosa sono mediamente riconducibili alla IV Classe della Classificazione Rmr.

Metavulcaniti permo-carbonifere

Formazione di Eze (EZE/pr)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate i principali affioramenti di litologie d'età permocarbonifera a facies eminentemente massiccia stratigraficamente riconducibili alla Formazione di Eze e tettonicamente connesse all'Unità di Mallare di cui ne costituiscono il tegumento.

Il litotipo della Formazione di Eze, diffusamente presente lungo la dorsale di Gropino, è riconoscibile in affioramento e distinguibile dalla roccia inglobante grazie al suo aspetto generalmente massiccio ed al colore verde scuro o bruno molto intenso. Petrograficamente il litotipo è rappresentato da meta-andesiti sia con giacitura filoniana che effusiva, talvolta trasformate, con metamorfismo alpino (facies scisti verdi a Glaucofane) in prasiniti o scisti prasinitici verdi.

Alcuni affioramenti hanno evidenziato la natura eminentemente piroclastica o lavica della roccia; sono altresì frequenti fenomeni di idrotermalizzazione che si manifestano in affioramento, con vene da centimetriche a decimetriche, spesso contorte, di quarzo, feldspati, tormalinite e calcite.

Nel complesso il litotipo appare di qualità medio-buona e pertanto riconducibile alla III Classe della Classificazione Rmr mentre le coltri detritiche associate appaiono generalmente a granulometria eminentemente fine (**dt1**).

Porfiroidi del Melogno (PDM/po)

I Porfiroidi del Melogno derivano da estese effusioni ignimbritiche acide a composizione da riolitica a riodacitica d'età Permiana, interessate da metamorfismo Alpino di bassa temperatura (scisti verdi) e localmente di bassa temperatura e alta pressione (facies di transizione scisti verdi - scisti blu).

Il litotipo dei Porfiroidi del Melogno si presenta come roccia generalmente massiva con anisotropie planari sviluppate e, localmente molto pervasive e talora polifasiche: il litotipo più frequente si presenta di colore verde, se su superficie fresca, o marrone su superficie alterata, finemente scistosa, con tessitura a bande millimetriche, alternativamente biancastre e verdastre con relativamente pochi fenocristalli subcentimetrici di quarzo e K-feldspato.

Nel complesso questi litotipi appaiono mediamente riconducibili alla III Classe della Classificazione Rmr mentre le coltri detritiche associate appaiono generalmente a granulometria eminentemente fine (**dt1**).

**Verrucano Brianzone (Formazione di M. Pianosa)
e Quarziti di Ponte di Nava (QPN/qz)**

Come accade in molte altre zone dell'Unità di Monte Carmo del Brianzone Ligure risulta molto difficile distinguere, e quindi delimitare arealmente, le facies spiccatamente conglomeratiche o arenaceo-pelitiche, attribuibili al Verrucano Brianzone di età Permiana

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
bacino: CROVETTO

(o Formazione di Monte Pianosa) da quelle arenaceo-conglomeratiche delle quarziti triassiche della Formazione di Ponte di Nava.

Infatti, anche se in generale, si ha la sottoposizione dei conglomerati verrucani rispetto alle quarziti, è frequente una certa eteropia fra le due facies, complicata anche da episodi conglomeratici intercalati all'interno della facies arenacea. E' inoltre da tener presente che quando rocce della serie quarzitica, sono interessate da ingenti deformazioni tettoniche, come nell'area qui in esame, spesso si genera una cataclasite quarzosa descrivibile come una fine polvere bianca di cui è impossibile discernere l'origine arenacea o conglomeratica.

Le rocce del complesso quarzitico affiorano strettamente associate, talvolta con contatto disturbato tettonicamente, con le dolomie sia al margine settentrionale che meridionale del bacino e, nella zona di Torre del mare individuano la cerniera della piega di Monte Mao: ovviamente questa particolare condizione strutturale comporta alcune difficoltà nella definizione della polarità delle serie stratigrafiche.

Il litotipo conglomeratico o "verrucano s.l." affiora all'interno del bacino solo nella porzione N (Costa dei Ginepri ed Eliceto) e si presenta appunto come un conglomerato poligenico minuto ben stratificato, costituito da frammenti ben arrotondati e cementati di quarzo di colore rosato, bianco, o più spesso da ciottoli violacei di vulcaniti acide, con diametro variabile ma mediamente compreso tra 2 e 5cm, immersi in una fine matrice arenaceo-pelitica di colore grigio, violaceo o verdastro.

Una facies particolarmente interessante affiora localmente lungo la Costa dei Ginepri, dove il conglomerato è a granulometria minuta di colore viola scuro in quanto arricchito in ematite primaria.

Lungo la Via Aurelia, immediatamente a N della cava, e in corrispondenza di bric Morton la roccia presenta granulometria più fine fino alla dimensione di sabbia grossolana ben stratificata in bancate subdecimetriche di colore grigio, bruno o giallo rosato.

Il passaggio tra verrucano e quarziti non è mai direttamente esposto ma verosimilmente di tipo transizionale: lungo il versante a valle di Case Mei il passaggio stratigrafico avviene attraverso l'interposizione di alcuni metri di quarziti conglomeratiche a ciottoli grossolani che, salendo nella serie, si fanno sempre più fini diventando delle arenarie quarzose grossolane a scarso cemento siliceo a stratificazione spesso confusa.

La stratigrafia delle quarziti s.s. è viceversa relativamente omogenea lungo tutti gli affioramenti, sebbene localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzoscistiche: il litotipo più frequente è costituito da bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine di colore grigio o verdino generalmente ben cementate (fascia Bric Carè-Voze, bric Colombino).

Le principali variazioni sono rilevabili verso la sommità della formazione: in alcuni casi le quarziti in alto sono bruscamente separate, con netta superficie tettonica dalla soprastante serie calcareo-dolomitiche (Zona a NW di Torre d'Ere), in altri luoghi (Costa dei Ginepri, Inalea di Magnone) compaiono per uno spessore di alcuni metri alternanze di quarziti fini verdoline e scisti rossiccio, violacei o verdastri fortemente alterati: questa facies, denominata Formazione delle Peliti di case Valmarenca (Vanossi 1974) è costituita da peliti muscovitico-sericitico-cloritiche con frazione siltosa e quarzosa, e rappresenta il termine di transizione tra le quarziti e la soprastante serie carbonatica mesotriassica.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce del complesso quarzitico presentano, ad eccezione della facies cataclasitica, un'elevata tenacità e buona compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente. Altra caratteristica

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
bacino: CROVETTO

comune alle rocce del complesso quarzítico è la loro elevata alterabilità per detritazione termoclastica spesso associata a propensione al dissesto per frana di crollo: tale processo determina alla base dei rilievi in quarziti la formazione di estesi depositi di materiale sciolto eterogranulare a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito (**dt2**).

Questi ammassi rocciosi sono riconducibili alla II e III Classe della Rmr.

Dolomie di S. Pietro dei Monti (SPM/dp)

Le rocce calcareo-dolomitiche affiorano diffusamente in corrispondenza della dorsale Bric Colombino-Monte Mao-Torre del Mare ed in corrispondenza dell'assise delle Manie generalmente associate alle quarziti e talvolta agli scisti.

Il litotipo è rappresentato da dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, calcari e calcareniti appartenenti alla formazione mesotriassica di San Pietro ai Monti, strutturalmente connessa all'Unità di Monte Carmo.

In considerazione dell'intensa deformazione, sia duttile che fragile, della roccia e delle molte litofacies in essa esposte, risulta estremamente difficile costruire delle correlazioni atte a definire una serie unica o serie-tipo, per la cui definizione sarebbe necessario uno studio sedimentologico di tipo specialistico, il che esula dagli scopi di questo lavoro.

In generale il litotipo più frequente della copertura mesotriassica è costituito da alternanze di calcari dolomitici grigio chiaro e scuro disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica con giunti di strato evidenziati da spalmature argillose rossastre; sono inoltre frequenti intercalazioni decimetriche di peliti siltose e di breccie intraformazionali autoclastiche.

Sono inoltre rilevabili facies particolari e del tutto caratteristiche quali:

- calcari pseudomarmorei di colore grigio-nocciola;
- calcareniti di colore ocraceo-rossastro
- calcare dolomitico grigio chiaro ben stratificato in banchi decimetrici, con passate pelitiche violacee-nerastre e siltitiche ocracee, con abbondanti dendridi arborescenti di manganese;
- successioni monotone di dolomie grigio chiare e scure a stratificazione spesso confusa con livelli metrici di breccie autoclastiche intraformazionali a clasti eterometrici anche di grossa pezzatura;
- dolomie e calcari dolomitici microcristallini molto compatti di colore grigio nocciola a patina d'alterazione biancastra o giallastra, con spalmature ematitiche rossastre e frequenti breccie intraformazionali a clasti minuti;

Sotto il profilo geomeccanico le rocce calcareo-dolomitiche presentano in generale buona tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente con block sizing anche subdecimetrico. Analogamente alle rocce quarzitiche anche quelle calcareo-dolomitiche appaiono alterabili per detritazione termoclastica con formazione alla base dei rilievi di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito (**dt2**).

Il processo d'alterazione più importante è però sicuramente rappresentato dalla formazione di suoli rossastri di potenza variabile denominati "Terre Rosse", essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati. (**dt1 -tr**)

Gli ammassi rocciosi calcareo-dolomitici sono mediamente riconducibili alla II e III Classe della Classificazione Rmr.

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
bacino: CROVETTO

Calcari di Val Tanarello (TAR/c)

Le rocce calcaree della formazione di Val Tanarello affiorano sporadicamente nella porzione SW del bacino direttamente trasgressive su substrato metamorfico del tegumento.

Il litotipo è rappresentato da calcari cristallini ceroidi chiari ad aspetto marmoreo strutturalmente connessi all'Unità di Mallare / Cerisola.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce calcareo-marmoree presentano in generale buona tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente con block sizing anche subdecimetrico. Analogamente alle rocce calcareo-dolomitiche anche i marmi appaiono alterabili per detrizione termoclastica con formazione alla base dei rilievi di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito (**dt2**).

Il processo d'alterazione più importante è però sicuramente rappresentato dalla formazione di suoli rossastri di potenza variabile denominati "Terre Rosse", essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati. (**dt1 -tr**)

Gli ammassi rocciosi calcareo-marmorei sono mediamente riconducibili alla II e III Classe della Classificazione Rmr.

Detriti di falda e brecce di pendio (dt2-bc)

Sotto questo simbolo sono stati cartografati i principali depositi clastici di falda d'origine gravitativa, relativamente comuni ai piedi dei versanti con substrati di natura carbonatica e subordinatamente quarzitica che a causa della loro continuità assurgono ad una definizione di tipo formazionale.

Queste brecce, sono costituite da elementi clastici a granulometria variabile dal centimetrico al plurimetrico di natura prevalentemente carbonatica e solo localmente quarzitica talvolta fortemente cementati dai prodotti di precipitazione chimica, con abbondante matrice sabbioso-pelitica o terrosa (terre rosse) e livelli sciolti localmente gradati e pseudo- stratificati; sono inoltre relativamente frequenti i depositi travertinosi associati alle piccole sorgenti ubicate a letto delle brecce, specie quando queste riposano sui metasedimenti scistosi.

L'affioramento più cospicuo di brecce di pendio è rilevabile ai piedi dell'assise carbonatica delle Manie dove costituisce una fascia pressochè continua tra Voze e Magnone; altri affioramenti significativi sono rilevabili all'Acqua Novella, in regione Mianda, a Torre d'Ere e localmente lungo il promontorio di Torre del Mare.

Sotto il profilo geomeccanico le caratteristiche di questi depositi sono estremamente variabili in quanto direttamente condizionate sia dalla granulometria che dal loro grado di cementazione.

Depositi marini pleistocenici

Si tratta di brecce e conglomerati poligenici minuti a matrice argillosa rossastra od ocrea con faune marine Tirreniane, che affiorano localmente lungo le falesie di Torre del Mare e fossile del Merello.

Questi depositi si rinvencono in cavità carsiche, insenature, solchi di battente, spianate di terrazzi d'erosione marina e all'interno di diaclasi, situate ad una quota compresa tra 1,5 e 10m rispetto al livello marino attuale, e non sono cartografabili alla normale scala di rilevamento.

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
bacino: CROVETTO

Depositi di spiaggia recenti ed attuali (as)

I depositi di spiaggia sono costituiti d'alternanze decimetriche di ghiaie, sabbie e sabbie siltose; gli strati più profondi sono compattati e talvolta leggermente cementati fino a formare una vera e propria Beach Rocks.

L'utilizzo negli anni '70 di discariche a mare per l'eliminazione dello smarino dei lavori autostradali o della centrale ENEL di Vado L. ha prodotto il ripascimento artificiale delle spiagge di Bergoggi e Spotorno modificandone notevolmente sia la morfologia (avanzamento della linea di riva localmente dell'ordine dei 30-40m) che la composizione e granulometria. Ovviamente l'equilibrio sedimentologico di tali arenili è attualmente completamente sbilanciato in quanto l'alimentazione naturale è del tutto insufficiente a compensare le perdite con conseguente arretramento degli arenili stessi.

Depositi alluvionali terrazzati recenti (ar)

Tali depositi, costituiti da alternanze di ghiaie e ciottoli con sabbie limose, sono esclusivamente rilevabili lungo la porzione sommitale della piana alluvionale in fregio all'alveo del Crovetto, Canin e Coreallo.

Depositi alluvionali (a)

Tali depositi occupano interamente la porzione mediana-terminale della piana costiera di Spotorno e della località Maremma e sono costituite da alternanze ed interdigitazioni di depositi sabbiosi d'origine eminentemente marina e limoso-sabbioso di deposizione alluvionale. Nella porzione centrale della piana la loro potenza è dell'ordine dei 20-30m.

Depositi alluvionali mobili attuali (am)

Tali depositi occupano esclusivamente l'alveo attivo del Coreallo-Crovetto e sono costituiti da prevalenti sabbie e ghiaie.

2.2.3 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.

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
bacino: CROVETTO

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.

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
bacino: CROVETTO

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).

Nel dettaglio del bacino del Crovetto è riconoscibile uno schema di evoluzione orogenetica sufficientemente conforme a quella generale delle Alpi Liguri.

E' infatti appunto riconoscibile una migrazione dei sovrascorrimenti dalle zone paleogeografiche più interne, e quindi più antiche, verso quelle più esterne (avampaese) con conseguente accavallamento ed embricatura delle falde sovrascorse ed apparente inversione della polarità delle serie stratigrafiche. Ciò è assai ben rilevabile nella porzione NE del bacino dove, procedendo da Torre del Mare verso Porto Vado, elementi dell'Unità intermedio-esterna di Monte Carmo risultano accavallati da elementi intermedio-interni Unità Brianzonese Interna a successione Brianzonese ridotta, a loro volta accavallati da elementi dell'Unità di Murialdo (pertinenza interna) ancora accavallati da elementi dell'Unità cristallina di Calizzano Savona (pertinenza molto interna).

Per contro all'interno del bacino si rilevano anche anomalie da retroflessione rappresentate da retroscorrimenti di Klippen dell'Unità di Monte Carmo (Bric dei Monti e Monte Mao) su Unità paleogeograficamente più interne.

Questa situazione strutturale di tipo eminentemente compressivo è ulteriormente complicata dalla presenza di deformazioni sia duttili che fragili.

A livello di deformazioni duttili assume particolare importanza la piega disarmonica di Monte Mao, classificabile come sinclinale antiforme retroflessa cioè con senso di coricamento verso l'interno (N) dell'Arco Alpino, che ha interessato interamente gli elementi dell'unità di monte Carmo e parzialmente l'Unità Brianzonese interna a successione ridotta.

Sempre a Torre del Mare, nel tratto costiero compreso tra la Punta del Maiolo e quella delle Grotte, sono rilevabili numerose pieghe parassite sia Nordvergenti che Sudvergenti associate a questo piegamento principale.

Piegamenti assai meno imponenti, ma pur sempre importanti per l'inquadramento strutturale della regione, sono rilevabili nelle rocce scistose permo-carbonifere: qui appaiono prevalenti le pieghe isoclinali e quelle di trascinamento a "Chevron". Al primo tipo di piega sono generalmente associate scistosità di flusso assai penetrative mentre alla seconda, specie quando risulta molto serrata in corrispondenza della cerniera, sono associate scistosità di piano assiale con marcati clivaggi.

Altri elementi strutturali testimoni di fasi deformative di tipo duttile sono rappresentati dai "boudinage" lungo i fianchi delle pieghe e dal senso d'allungamento dei ciottoli dei conglomerati permo-carboniferi.

A livello di tettonica fragile sono stati individuati, sia per fotointerpretazione che per riscontro diretto sul terreno, numerosi sistemi di lineazione aventi direzione variabile ed

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
bacino: CROVETTO

interagenti tra loro con frequenti dislocazioni e disassamenti e controllo diretto dell'impostazione del reticolo idrografico.

In via del tutto descrittiva partendo dalla ricorrenza delle direttrici tettoniche è riconoscibile come il territorio del bacino sia suddivisibile nei seguenti settori:

- Zona degli accavallamenti permocarboniferi
- Zona della dorsale Torre del mare-Cava S.Elena
- Zona di Monte Mao
- Zona del tegumento centrale
- Zona del Klippe di Bric dei Monti.

La prima zona comprende il territorio compreso tra il Castello di S. Giacomo ed il fronte del sovrascorrimento principale a S di Monte S. Elena. Qui il sistema più ricorrente è quello con direzione E / W o WNW / ESE che determina lineazioni di tipo prevalentemente inverso a comparto settentrionale sovrascorso e spesso con componente secondaria di tipo trascorrente.

Questo sistema di tipo eminentemente compressivo appare associato alla dinamica di accavallamento delle falde delle Unità sovrascorse; un secondo sistema, cronologicamente più recente, è quello orientato circa NNE / SSW di tipo trascorrente sinistro impostato lungo il rio S. Nicolò.

La seconda zona coincide con la dorsale Torre del Mare-Cava S. Elena ed è caratterizzata dalla presenza di più direttrici tettoniche: un primo sistema, prevalentemente di tipo inverso, è quello orientato E/W, cioè circa parallelo al fronte di sovrascorrimento principale, che individua una struttura tipo "Ramp and Flat" con scaglie quarzitiche a tetto delle dolomie; un secondo sistema di tipo eminentemente trascorrente è quello orientato N/S o NNW/SSE che risulta dislocare sia l'orlo dei fronti di sovrascorrimento che lo stesso sistema E/W.

Esistono inoltre altri sistemi di tipo neotettonico distensivo a prevalente componente trascorrente che hanno interessato il promontorio di Torre del Mare con ingenti dislocazioni: questi sistemi sono riconducibili alle direzioni NE/SW (Faglia del rio Torre d'Ere), SE/NW e ENE / WSW.

La zona di Monte Mao è quella, posta a W dell'asse Rio Eliceto - Rio Calcinara, caratterizzata da una tettonica fragile sia di tipo distensivo che compressivo a prevalente componente trascorrente. In particolare lungo l'asse dei due citati rivi è riconoscibile un sistema compressivo di tipo inverso orientato circa N/S tettonicamente collegato al sovrascorrimento principale ed evidenziato dall'allineamento di alcune scaglie quarzitiche embricate.

La tettonica distensiva, sebbene associata a componenti trascorrenti, ha profondamente interessato il massiccio carbonatico del Klippe di Monte Mao secondo due sistemi principali circa ortogonali tra loro: il primo apparentemente più antico è quello orientato NW/SE o WNW/ESE ed interessando lo spartiacque verso il bacino del Segno appare condizionare i deflussi idrici profondi, mentre il secondo sistema, apparentemente più recente, è orientato SW/NE.

La zona di tegumento centrale (Unità Monte Carmo) è viceversa caratterizzata da una tettonica fragile di tipo apparentemente distensivo con marcata componente trascorrente: I sistemi principali sono orientati E-W e NW-SE con vicariante N-S.

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
bacino: CROVETTO

La zona del klippe di Bric dei Monti ricalca in parte quella del Klippe di Monte Mao. Qui infatti, oltre al sovrascorrimento principale, è evidente una prevalente tettonica distensiva orientata NE-SW con componente trascorrente che inevitabilmente condiziona i deflussi profondi indirizzandoli verso il bacino dello Sciusa.

2.2.4 Considerazioni relative allo stato della roccia

Le caratteristiche di un ammasso roccioso dipendono dal litotipo stesso, dal suo grado di fratturazione-tettonizzazione e dal grado e natura d'alterazione.

Nel bacino in esame affiorano litotipi con genesi e storia geologico/deformativa assai diverse tra loro che vanno dalle rocce ortogneissiche del Basamento cristallino precarbonifero alle Coperture sedimentarie meso-cenozoiche.

Nel dettaglio del bacino del Crovetto la complessità dei rapporti tettonici tra le varie Unità e formazioni unitamente alle variabilissime condizioni giaciturali, specie in relazione ai giunti di fratturazione, anche in ambiti assai ristretti intraformazionali non consente una suddivisione nelle quattro classi Ro - R - Rs - Rf come proposto dalle Raccomandazioni Regionali bensì, in quanto decisamente più realistica della situazione del bacino, una suddivisione in due sole classi con accorpamenti di ammassi rocciosi con caratteristiche di conservazione, alterazione, fratturazione e giaciturali simili:

Ro: roccia affiorante/subaffiorante con caratteristiche tessiturali-giaciturali variabili

Rf: roccia in scadenti condizioni di conservazione e/o particolarmente fratturata

Al primo gruppo sono ascrivibili la quasi totalità delle dolomie e dei calcari marmorei, delle quarziti e "Verrucano", dei conglomerati di Ollano, delle metandesiti di Eze ed una parte dei porfiroidi del Melogno.

Al secondo gruppo sono invece ascrivibili la totalità degli ortogneiss granitoidi, degli scisti filladici di murialdo e scisti di gorra nonché una non trascurabile frazione dei porfiroidi unitamente ad alcune fasce cataclastiche in quarziti e dolomie.

2.3 Geomorfologia

Il bacino del Crovetto presenta pur nella sua ridotta estensione aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico anche a causa dell'inglobamento nel bacino di aree esterne allo stesso quali la zona di Maremma-Bergeggi.

In linea di massima sono riconoscibili le seguenti zone dotate di una certa convergenza morfologica:

- pianura alluvionale del Crovetto, subpianeggiante ed in gran parte urbanizzata, in posizione di raccordo e transizione tra piede pendio e fascia costiera;
- pendici del rilievo a cornice della piana alluvionale caratterizzate da modesta acclività ed insediamenti antropici;
- le zone collinari a cornice delle piana alluvionale, generalmente ad intermedia acclività, prevalentemente interessata da attività agricola con tessuto urbano discontinuo ad insediamenti sia isolati che a nucleo;
- la zona montana di cornice prevalentemente ad elevata acclività con copertura boschiva o a prateria ed insediamenti in genere a nucleo;
- versante della Maremma-Bergeggi piuttosto acclive e bruscamente interrotto a valle dalla stretta piana costiera senza alcuna fascia clinometrica di transizione;

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
bacino: CROVETTO

tessuto urbano pressoché compatto lungo la fascia costiera della Maremma e a Torre del Mare - Bergeggi e boschivo e prateria con edifici isolati nella zona NE del bacino.

- versante NW di Bric dei Monti altimetricamente interrotto dall'Altipiano delle Manie.

Il paesaggio morfologico è in gran parte controllato sia da processi geomorfologici che dalle condizioni geologiche, specie in relazione all'erosibilità dei litotipi e coperture: in generale a litotipi più tenaci (dolomie, quarziti, ecc..) corrispondono versanti più acclivi ed uniformi mentre quelli in substrato più "tenero" appaiono meno acclivi e spesso interessati da rotture di pendenza e da alvei secondari molto incisi.

Complessivamente, il reticolo idrografico del bacino risulta sufficientemente sviluppato solo in corrispondenza del dominio del rio Crovetto mentre tutti i rii minori con sbocco diretto a mare, specie a N del Crovetto, risultano decisamente poco sviluppati ed organizzati ed uniformemente interessati da fenomeni erosivi di tipo concentrato visualizzabili da alvei molto incisi, spesso in vere e proprie forre, a stretto controllo litologico e tettonico-strutturale.

Il rio Crovetto nella sua porzione medio-terminale e fino alla foce presenta un andamento decisamente lineare e risulta arginato con murature spondali in pietrame e cls ed alveo plateato in cls; lungo l'asta principale del Crovetto il limite fra tratto in erosione tratto in deposizione è posto circa all'altezza della linea FFSS.

2.3.1 Geomorfologia quantitativa

La delimitazione del bacino idrografico del torrente Crovetto s.s. , e cioè trascurando i rii minori con sbocco diretto a mare, è riferita allo scorrimento superficiale, pertanto definita dall'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

Esistono alcuni parametri planimetrici e geomorfici che sono, solitamente, utilizzati per descrivere quantitativamente le caratteristiche morfologiche di un bacino idrografico. Le principali caratteristiche planimetriche sono la misura dell'area proiettata su di un piano orizzontale (S), la lunghezza del contorno del bacino (P), la lunghezza del bacino intesa come la distanza tra la foce e lo spartiacque misurata lungo l'asta principale (L), ossia:

Superficie: $S = 11,5 \text{ km}^2$
Perimetro: $P = 15,2 \text{ km}$
Lunghezza: $L = 4,6 \text{ km}$

L'indicazione della forma del bacino è descritta da alcuni parametri quali ad esempio il rapporto di circolarità R_c dato dal rapporto tra l'area S del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P, il coefficiente di uniformità R_u definito come rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area S, il rapporto di allungamento R_a , ottenuto come rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area S e la lunghezza L dell'asta fluviale:

$R_c = 0,62$ $R_u = 1,26$ $R_a = 0,83$

La forma del bacino discende da un maggior sviluppo degli affluenti in sponda sinistra rispetto a quelli in sponda destra nonché dal senso d'allungamento in direzione E-W.

L'analisi ipsometrica evidenzia come il bacino in esame sia in una fase di sufficiente maturità con un integrale $I=3,6$ e altezza mediana $h_{med} = 206,9 \text{ m s.l.m.}$

2.3.2 Reticolo idrografico

La complessità dello sviluppo della rete idrografica può essere 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 del torrente Crovetto s.s. è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler.

Viceversa non sono stati computati i piccoli bacini (ordine max 2^o) con sbocco diretto a mare posti a N e S della foce del Crovetto.

- Rio Chiariventi (ordine 2);
- Rio Siaggia (ordine 2);
- rio Laiolo (ordine 2);
- rio Maremma (ordine 1);
- rio Eliceto (ordine 2);
- Rio Mianda (ordine 2);
- Rio d'Ere (ordine 1);
- Rio Prodani (ordine 1);
- Rio Tasso (ordine 1);
- Rio Chiappa (ordine 1);
- Rio Valle d'Adda (ordine 1);
- Rio Canale (ordine 1);
- Rio Monte (ordine 2);

Il torrente Crovetto ss è suddivisibile in 3 sottobacini:

rio Coreallo (ord.4-sponda dx); Rio Crovetto alto (ord.4), Rio Canin (ord.3-sponda sx).

L'asta principale del torrente Crovetto ss è caratterizzata da ordine 5 a partire dalla confluenza Crovetto alto/Coreallo posta poco a valle della linea FFSS.

<i>U</i> <i>N° ordine sottobacino</i>	<i>N_u</i> <i>Numero di aste</i>	<i>R_b</i> <i>Rapporto di biforcazione</i>	<i>N_u+(N_u+1)</i>	<i>R_b x N_u x (N_u+1)</i>	<i>N_d</i> <i>n° di aste N_u che si inseriscono su N_u+1</i>	<i>R_{bd}</i> <i>rapporto di biforcazione diretta</i>
I	116				86	
II	24	4,8	140	672,0	20	4,3
III	5	4,8	29	139,2	5	4,0
IV	2	2,5	7	17,5	2	2,5
V	1	2,0	3	6,0	1	2,0
TOT	148	14,1	179	834,7	114	12,8

Un parametro caratteristico è il rapporto di biforcazione (R_b) che esprime il rapporto tra il numero di segmenti fluviali di un dato ordine e il numero dei segmenti dell'ordine successivo.

$$R_{bm}=3.52 \text{ (media aritmetica)}$$

L'organizzazione gerarchica viene meglio definita con il rapporto di biforcazione diretta (R_{bd}) inteso come rapporto tra il numero di segmenti di un dato ordine che affluiscono in segmenti di ordine superiore ed il numero di questi ultimi.

$$R_{bdm}= 3,2 \text{ (media aritmetica)}$$

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
bacino: CROVETTO

E' stato poi calcolato l'indice di biforcazione, inteso come la differenza tra i due parametri precedentemente espressi, poiché fornisce informazioni sulla struttura media della porzione anomala dell'intero reticolo idrografico.

Valori prossimi allo 0 rappresentano bacini che hanno raggiunto un alto grado di organizzazione gerarchica.

$$\text{Indice di biforcazione } R = R_{bm} - R_{bdm} = 0.32.$$

Pertanto i valori di R_b e R_{bd} confermano le considerazioni emerse sulla base dell'analisi ipsometrica ed il valore dell'indice di biforcazione ($R = 0.32$) fornisce ulteriore supporto all'immagine di un bacino molto prossimo alla massima conservatività e maturità.

La densità di drenaggio è calcolata in base alla seguente relazione:

$$D = L_t / S = 5,4/\text{km}$$

dove:

$$\begin{array}{ll} L_t = \text{lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali} & = 62,1 \quad [\text{km}] \\ S = \text{superficie del bacino} & = 11,5 \quad [\text{km}^2] \end{array}$$

Un tale valore denota secondo la bibliografia classica un'area mediamente drenata in accordo con le caratteristiche di semipermeabilità della litologia prevalente.

2.3.2.1 Tavola del reticolo idrografico (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 Caratterizzazione delle coperture

Il territorio del bacino è caratterizzato da una distribuzione pressoché equa di coperture sciolte, siano esse potenti o medie-sottili, e substrato roccioso affiorante/subaffiorante al di sotto di coperture submetriche.

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 mentre quelle di potenza compresa tra 1 e 3 m sono cartografate esclusivamente sulla carta geomorfologica.

La distribuzione delle coperture sciolte, specie quelle potenti, ricalca in modo abbastanza fedele la natura del substrato roccioso di letto: in particolare le coperture potenti, e generalmente a granulometria medio-fine a componente coesiva (dt1), sono ben rappresentate in corrispondenza delle zone di raccordo morfologico piana-pendio con substrati rocciosi metapelitici scistosi (Gorra e Murialdo e Porfiroidi) e spesso associate a corredi eluviali (cappellaccio d'alterazione) assai potenti costituiti da argille d'alterazione con abbondante frazione clastica eterogranulare.

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
bacino: CROVETTO

Viceversa le coperture detritiche in corrispondenza delle rocce tenaci (dolomie, calcari, quarziti, metaconglomerati, metandesiti ed alcune facies massive dei porfiroidi) sono generalmente modeste a granulometria medio-grossolana (dt2) e comportamento granulare o, limitatamente alle rocce carbonatiche, terre rosse (dt1-r).

Una situazione particolare è rilevabile alla base delle assise carbonatico-quarzitiche di Monte Mao, Torre del Mare o Bric dei Monti dove sono rilevabili potenti depositi di detrito di falda a clasti eterogranulari spesso ricementati dai sali di precipitazione delle acque di percolazione ricche in carbonato di calcio con matrice terrosa in terre rosse.

Dal punto di vista geomorfologico le coltri di maggior potenza sono rilevabili in corrispondenza di rotture di pendenza di tipo convesso dei versanti riconducibili ad accumuli di paleofrana mentre, sempre in ambito di versante, è molto diffusa la situazione in cui il substrato roccioso appare alternatamente affiorante e subaffiorante come in corrispondenza degli spartiacque orografici, delle dorsali morfologiche, nelle zone più acclivi e nei solchi d'erosione dei rii.

Situazioni di paleofrana sono ad esempio riconoscibili in corrispondenza di Cassigliano (n°27-30), Cà Badin (n°16-18) e del casello autostradale (n°34-36) unitamente ad un ampio tratto di versante alla Bruxea e Custo di Bergeggi (via XXV Aprile / n°65-67) nonché al piede dell'assise carbonatica di bric dei Monti (n°7, 10-12 e n°19-24).

Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R.1592/03), sono stati verificati e localmente modificati i perimetri delle aree caratterizzate dalle coltri di copertura ridefinendo, in tal modo, i rapporti con le aree interessate dal substrato roccioso in affioramento o subaffioramento.

2.3.4 Frane attive

I movimenti franosi attivi sono stati cartografati su un livello apposito della Carta Geomorfologica che ne riporta il simbolo e, qualora la dimensione lo consenta, la perimetrazione; il censimento è stato aggiornato al dicembre 2000.

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

Le schede delle frane censite sul bacino in esame, e rappresentate nella Carta Geomorfologica e della Franosità Reale, sono state prodotte con gli atti oggetto dell'iter di approvazione.

Per ciascun dissesto individuato è stata compilata una scheda 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.

Alcuni dati sono stati ricavati da studi di pianificazione a scala comunale e controllati sul terreno nonché opportunamente integrati dei fenomeni dissestivi verificatisi nel corso/causa dell'evento meteorico dell'ottobre/novembre 2000.

Sulla carta della franosità reale vengono indicati anche cave dismesse, riporti artificiali e discariche e le aree soggette ad erosione sia concentrata che diffusa, trattati ai paragrafi successivi.

In generale i più significativi fenomeni di franosità reale, tutti per crollo di materiale lapideo, sono ubicati in corrispondenza di aree intensamente modificate antropicamente quali la cava dismessa di Inalea (n°9), la scarpata del Monte di Bergeggi (n°68 e 69) e le due cave relitte verso Porto Vado (n°73 e 74). Una situazione particolarmente preoccupante è rappresentata dal recente scivolamento della porzione frontale del rilevato della discarica R.S.U. abbandonata di Masca Bruciata (n°45).

Altri episodi di minor entità, ma sempre significativi, sono rilevabili in loc. Pian Garoli (n°37-43), ampi tratti della strada Tosse-Vado, Laiolo di Spotorno (n°56), e loc. Groppino di Voze (n°03) dove un dissesto di tipo rotazionale rischia di occludere interamente un affluente del Coreallo.

2.3.5 Franosità diffusa ed erosione superficiale

In cartografia sono inoltre rappresentati i fenomeni di franosità latente, i movimenti franosi di ridotte dimensioni ed i fenomeni di franosità quiescente (paleofrane). Vengono inoltre rappresentati i processi erosivi superficiali sia di tipo diffuso che concentrato.

Una situazione di degrado diffuso si presenta nella porzione centrale del bacino (loc. Pineta-Coreallo-pian Garoli) ed è strettamente connessa al susseguirsi di episodi di incendi boschivi cronologicamente ravvicinati che, a causa dell'azione di ruscellamento/dilavamento delle acque meteoriche, hanno determinato la pressoché totale asportazione della copertura sciolta fino alla formazione di embrioni calanchivi impostati in substrato roccioso meno tenace e conseguente colamento di materiale detritico per un lungo tratto al piede dei versanti del Torrente Coreallo con anomali trasporti solidi da parte del torrente stesso.

Situazione simile, ma meno accentuata, è rilevabile in località Forte S. Stefano in Comune di Bergeggi.

Altri fenomeni erosivi di una certa rilevanza sono costituiti dai processi di erosione collegati al reticolo idrografico che, come già enunciato, risulta in gran parte impostato secondo direttrici tettoniche; in particolare sono evidenti fenomeni di scalzamento ed approfondimento di alveo in corrispondenza dei corsi d'acqua d'ordine inferiore ad elevato gradiente di pendio specie se impostati in substrati teneri o in copertura detritica; in tal caso è riconoscibile un approfondimento dell'alveo (erosione concentrata di fondo) fino alla formazione di vere e proprie forre spesso associate a fenomeni di scalzamento al piede versante (erosione spondale).

I corsi d'acqua d'ordine più elevato, specie nella porzione mediana, appaiono interessati da fenomeni di erosione spondale come ben documentato sia nel Crovetto che nel Coreallo e Canin mentre nella porzione terminale, a valle della linea FFSS, si registra una situazione di tipo prevalentemente deposizionale.

Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R.1592/03), sono state rilevate e cartografate le seguenti criticità:

- S.P. n°45 Finale Ligure – Manie in località Bric Groppino: frana puntuale a monte della sede stradale.
- S.P. n°54 Finale Ligure – Magnone in località Magnone inferiore: frana puntuale a valle della sede stradale.
- S.P. n°8 Finale Ligure – Spotorno – Vezzi Portio in località Magnone e Bassadonia: due frane puntuali a monte della sede stradale.

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
bacino: CROVETTO

- Abitato di Berteggi, località Torre del Mare e a poco più a valle del campo sportivo/cimitero: due frane puntuali.
- Comune di Spotorno lungo il versante in sponda sinistra del tratto terminale del Rio Ericeto: ciglio di arretramento morfologico (rottura di pendio) attivo.
- Settore sud-occidentale del bacino in corrispondenza dei versanti attraversati dalla galleria della ferrovia Genova-Ventimiglia e in località Magnone inferiore: aree interessate da ruscellamento areale diffuso.

2.3.6 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 R.S.U. di Masca Bruciata da molto tempo in disuso ed interessata da un vistoso dissesto nel corso dell'ultimo evento alluvionale di ottobre-novembre 2000.

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

Altri riporti artificiali di una certa importanza sono riconoscibili in corrispondenza della zona portuale al margine NE del bacino (Porto Vado), nella discarica per ripascimento a mare della Serra, in fregio all'autostrada, lungo la linea FFSS e la Ss1 Aurelia (rilevati).

E' importante sottolineare come la valle del T. Crovetto s.s. sia trasversalmente interessata, da versante a versante, da due rilevati continui, quello della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia a monte e quello della ex S.S. n.1 "Aurelia" a valle. Non è da escludere che tali rilevati, oltre a condizionare il deflusso superficiale, esercitino con il loro sovraccarico un disturbo alla circolazione idrica subsuperficiale del materasso alluvionale di sedime.

2.3.7 Cave

Nel bacino Crovetto non sono attualmente presenti cave attive.

Le aree di cava dismesse sono invece sparse un po' ovunque sul territorio sia sulle litologie calcareo-dolomitiche che quarzitiche e, limitatamente al territorio di Bergeggi, metaconglomerati e ortogneiss.

Le cave di maggiori dimensioni sono:

l'"**Inalea**" in località Magnone Inferiore (quarziti) nel Comune di Vezzi Portio; la cava "**Pian di Verne**" nel comune di Noli (calcare dolomitico); "**Punta delle Grotte**" nel comune di Bergeggi (calcare dolomitico); "Pian del Prete" nel comune di Bergeggi (calcare) e la cava "**Monte Sant'Elena**" (granito).

Le problematiche maggiori legate a queste cave sono relative alla stabilità puntuale dei fronti (non oggetto di studio puntuale) ed alla presenza di materiale sciolto facilmente mobilizzabile durante gli eventi estremi.

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
bacino: CROVETTO

Per le attività estrattive concluse precedentemente all'adozione della L.R.12/79 non è previsto alcun controllo qualificato sullo stato dei luoghi, contrariamente a quanto avviene per i complessi estrattivi in esercizio, per i quali i gestori devono ottemperare alle norme vigenti in materia di coltivazione e sicurezza. Il controllo sui relativi adempimenti è esercitato dalla Regione Liguria.

2.3.8 Alluvioni e terrazzi fluviali

Le alluvioni del Torrente Crovetto si estendono su un'area non molto vasta posta nella parte bassa del bacino lungo la fascia costiera dove, svasandosi, si fondono, interdigitandosi, con quelle degli altri corsi d'acqua minori scolanti direttamente a mare (Laiolo-Nechiazze-Serra e Chiariventi) e con i depositi di spiaggia; viceversa tra Punta S. Antonio ed il limite di NE del bacino la piana alluvionale è pressoché assente in quanto l'acclive pendio retrostante termina direttamente a contatto con la piana costiera in depositi di spiaggia recenti ed attuali.

Per quanto concerne l'origine e le prime fasi evolutive della piana costiera, questa risulta legata alla presenza di una depressione tettonica intervallata da più promontori rocciosi, impostata su un sistema di faglie dirette a direzione E-W e NW-SE da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure.

Il ciclo sedimentario riferibile al pleistocene e all'olocene vede la deposizione alluvioni terrazzate a margine dell'alveo attuale del Crovetto-Coreallo in posizione pedemontana rispetto al retrostante pendio lungo il quale sono riconoscibili terrazzi morfologici di origine marina.

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 Spotorno.

Il litorale di Spotorno si estende tra la discarica a mare Serra (a ponente) e la Punta Maiolo (a levante) intervallato da tre pennelli trasversali (Sirio, Lido S. Antonio) mentre quello di Bergeggi è compreso tra Punta Maiolo e Punta Bergeggi (levante). Le spiagge del Comune di Spotorno fanno parte di un'unità fisiografica molto più ampia, compresa tra il Capo Noli e Punta Maiolo mentre quella dell'arenile di Bergeggi sono riconducibili all'unità fisiografica Punta Maiolo - Punta Bergeggi.

Il tratto di litorale del bacino 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; in realtà è evidente la tendenza ad una deriva litoranea netta da ponente verso levante (conseguenza del mare dominante di Libeccio), con accumuli sopraflutto alle libecciate in prossimità delle opere di difesa trasversali ed erosioni sottoflutto.

Allo stato attuale la configurazione degli arenili del bacino appare fortemente influenzata dalle opere di sversamento a mare degli anni '50-'80 e quindi in gran parte artificiale (del tutto nel caso di Bergeggi) e gli scarsi apporti naturali dei rii sfocianti appaiono del tutto insufficienti a compensare le perdite (bilancio sedimentologico negativo).

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
bacino: CROVETTO

In tal situazione è inevitabile una tendenza evolutiva degli arenili di tipo erosivo particolarmente evidente nei paraggi compresi tra il molo Sirio-molo Lido, molo Lido-molo S. Antonio ed immediatamente a levante di quest'ultimo mentre la condizione di arretramento è pressoché uniforme per tutto l'arenile di Bergeggi.

I terreni alluvionali presentano spessori massimi stimabili dell'ordine dei 30 m; verso la linea costiera le alluvioni sfumano nei depositi di spiaggia dove gli antichi apparati dunari sono oggi stati completamente oblitterati dall'urbanizzazione.

Le alluvioni terrazzate, presenti in unico livello, sono presenti solo in fregio all'alveo attuale del Rio Crovetto, Coreallo e Canin nella porzione mediana del loro corso, ad una quota non molto elevata rispetto all'attuale alveo (circa 2 m)

L'elevata antropizzazione dell'area di piana alluvionale e la presenza pressoché costante di argini in muratura o cls limita l'osservazione diretta dei materiali costituenti i terrazzi fluviali ai soli tratti dove i muri di contenimento sono crollati; qui si possono osservare terreni decisamente pedogenizzati costituiti da una matrice fine di colore bruno-rossastro inglobante clasti di dimensioni pluricentriche (rio Coreallo).

Le osservazioni eseguite non sono comunque sufficienti a delineare un quadro completo delle caratteristiche di questi materiali e, pertanto, non è possibile formulare ipotesi relativamente alle eventuali differenze nelle modalità di trasporto, sedimentazione e assetto del bacino idrografico fra oggi e il periodo di deposizione delle alluvioni terrazzate.

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 "a" che richiama le alluvioni mobili "am", 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 "as" 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.

2.3.9 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 20 x 40 m, il grid di campionamento utilizzato è di 10 x 10 m tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.

Dopo l'elaborazione sono stati eliminati i poligoni elementari aventi un'area minore di 50 m² al di sotto della tolleranza accettabile con maglia di tale ampiezza.

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di acclività:

- | | |
|----|---------|
| 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 del Crovetto e lungo la piana costiera nonché in corrispondenza dei terrazzi morfologici mentre lungo i versanti sono limitate a piccole aree sub-pianeggianti lungo i crinali.

Le zone più acclivi (classe 6 e 7) sono presenti nelle parti alte dei sottobacini ed in corrispondenza dei versanti scoscesi generalmente in rocce calcaree, quarziti o metamorfiti compatte ed in particolare nelle falesie di Chiariventi, Torre del Mare e Bergeggi.

Le classi 3 e 4 e parzialmente 5 sono tipiche dei versanti con coperture sciolte o con substrati rocciosi scistosi a bassa qualità.

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 grossolane (dt2), alle brecce di pendio (dt2-bc), alle alluvioni attuali e recenti corrisponde *permeabilità per porosità. (pp)*

Alle coperture detritiche fini (dt1), spesso associate a manti eluviali argillosi, ed ai substrati rocciosi scistosi corrisponde una condizione di *semipermeabilità. (sp)*

Ai substrati rocciosi metavulcanitici massivi, ortogneiss metaconglomerati e quarziti corrisponde una condizione di *permeabilità per fratturazione. (pf)*

Alle rocce carbonatiche (dolomie e calcari), potenzialmente carsificati o carsificabili, corrisponde una sottoclasse della permeabilità per fratturazione indicata come *permeabilità per carsismo (pfc)*.

Sono state inoltre delimitate le aree caratterizzate da fenomeni di *impregnazione diffusa* connessi a marcati contrasti di permeabilità (*p*).

Relativamente alle aree carsiche la loro delimitazione è avvenuta tenendo conto sia della distribuzione dei substrati carbonatici che delle perimetrazioni ai sensi della L.R.3/04/90 n.14.

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

I pozzi sono ubicati in zona di piana alluvionale e subordinatamente in corrispondenza di potenti coperture detritiche lungo pendio; discorso a parte meritano alcuni depositi detritici lungo la porzione sommitale della dorsale n del bacino e le zone in detrito di falda lungo l'asse Voze-Magnone che idrogeologicamente costituiscono veri e propri acquiferi di monte alimentati anche dalle precipitazioni occulte.

Le principali sorgenti sono riconducibili ai complessi carbonatici in prossimità di loro contatto con il substrato permocarbonifero scistoso pertanto di tipo da soglia di permeabilità mentre altre scaturiscono da fratturazioni in rocce metavulcanitiche. Una situazione particolare è riconoscibile nella galleria FFSS Monte Mao dove nel corso dello scavo all'interfaccia calcari/substrato scistoso si è intercettata la "falda di base" con completo prosciugamento delle emergenze a valle. Discorso analogo, ma meno drastico, merita la galleria S. Giacomo drenante in rocce metavulcanitiche.

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
bacino: CROVETTO

Tutta la zona di piana alluvionale è sede di falda di subalveo alimentata dal Torrente Crovetto 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 a monte della plateazione in cls 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 interdigitazione tra depositi fluviali e marini, con orizzonti a diversa permeabilità.

La tavola d'acqua si trova, in tutta l'area studiata, a bassa profondità, mediamente tra -8 m e 0 m s.l.m. 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.

Una valutazione complessiva della vulnerabilità dell'acquifero 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 ricadono comunque in ambiti montani (nell'alta Valle del Crovetto) a bassa antropizzazione, scarsamente accessibili in cui l'unica potenziale sorgente di inquinante è rappresentata dalla discarica dismessa di Masca Bruciata; si può quindi ragionevolmente ritenere che gli acquiferi stessi si trovino in un contesto sufficientemente protetto.

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.

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

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
bacino: CROVETTO

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

TERRITORI AGRICOLI

2.1 SEMINATIVI

- 2.1.1 seminativi in aree non irrigue
- 2.1.2 seminativi in aree irrigue

terrazzati 2.1.2.1 seminativi, vivai, colture orto-floricole in piena aria T =
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

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

ZONE UMIDE

4.1 ZONE UMIDE INTERNE

CORPI IDRICI

5.1 ACQUE CONTINENTALI

5.1.1 corsi d'acqua, canali larghezza minima alveo 10 m

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.

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 Sopralluogo dell'asta principale

- Torrente Crovetto: tratto a monte della confluenza

La sezione subito a monte del ponte di Loc. Prelo (fig. 2.6.1.1) ha forma trapezia con una larghezza di circa 9 m e un'altezza di circa 3 m.

Il ponte ha un'altezza a centro alveo di circa 2,4 m.



Figura 2.6.1.1: T. Crovetto – Sezione a monte ponte di Loc. Prelo

A valle del ponte sopra citato, il Torrente Crovetto lambisce una zona altimetricamente depressa rispetto al circostante piano campagna. Questa zona è particolarmente vulnerabile in quanto è urbanizzata in sponda sinistra mentre in destra ospita un campeggio (fig. 2.6.1.1)

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
bacino: CROVETTO



Figura 2.6.1.2: T. Crovetto – tratto a valle di Loc. Prelo – da notare la presenza di un campeggio in sponda destra

Nel tratto a monte dell'attraversamento ferroviario (fig. 2.6.1.3) il corso procede in modo praticamente rettilineo, per poi effettuare una leggera curva verso destra circa 50 m prima di imboccare la copertura delle FFSS.



Figura 2.6.1.3: T. Crovetto - Tratto a monte dell'attraversamento ferroviario

Spostandosi a valle dell'attraversamento ferroviario, si nota la discontinuità della difesa arginale in sponda destra per un tratto di circa 10 m, mentre in sponda sinistra l'argine è costituito da muretti di delimitazione di giardini in proprietà privata (fig. 2.6.1.4). La sezione di deflusso si allarga da 10 m allo sbocco della copertura fino a circa 18 metri in prossimità del ponte.

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
bacino: CROVETTO



Figura 2.6.1.4: T. Crovetto – tratto tra l'attraversamento FFSS ed il ponte di Via Francia

Rio Coreallo

Circa 50 m. a valle del ponte di Via Francia il Rio Coreallo si immette in destra nel Torrente Crovetto (fig. 2.6.1.5); all'altezza della confluenza sono presenti una strada di accesso all'alveo ed una cancellata che provocano una discontinuità del sistema arginale.

Da segnalare in particolare la criticità del tratto terminale del Rio Coreallo, avente una sezione di dimensioni molto ridotte rispetto a quelle del Torrente Crovetto. La criticità è ulteriormente aggravata dalla presenza di un ponte e di una passerella che impediscono notevolmente il libero deflusso delle piene.



Figura 2.6.1.5: T. Crovetto – confluenza con Rio Corallo

Il tratto del Rio Coreallo su cui sono stati effettuati il sopralluogo e la modellazione idraulica si estende per circa 350 m a monte della confluenza con il Torrente Crovetto. La criticità maggiore, riscontrata visivamente, è riscontrata presso l'imbocco della nuova copertura posta 10 m circa a valle dell'attraversamento ferroviario (Fig. 2.6.1.6).

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
bacino: CROVETTO



Figura 2.6.1.6: Rio Coreallo – imbocco copertura

La recente copertura stradale impone un brusco abbassamento delle quote arginali (di quasi 2 m) e della luce verticale, provocando una potenziale strozzatura al libero deflusso della piena.

L'alveo a monte della copertura ferroviaria (Fig.2.6.1.7) ha forma pressoché rettangolare, larghezza variabile tra i 5 ed i 6 m con argini alti circa 3,6 m da entrambe le sponde.



Figura 2.6.1.7 – Rio Coreallo: copertura attraversamento ferroviario

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
bacino: CROVETTO



Figura 2.6.1.8 – Rio Coreallo: tratto a monte dell'attraversamento ferroviario

Torrente Crovetto – tratto focivo a valle della confluenza con il Rio Coreallo

Il tratto d'alveo compreso tra il ponte della S.S. Aurelia e la copertura (fig. 2.6.1.9) è plateato, con una canalina di scolo centrale di circa 0,8 m.



Figura 2.6.1.9: T. Crovetto – tratto plateato a monte della copertura

Il Torrente Crovetto incontra quindi la copertura, che termina sulla spiaggia. Elemento disturbante del deflusso delle portate di piena è la spessa pila centrale di sostegno alla copertura, avente una larghezza di circa 2 m. La copertura presenta due luci di 6 m di larghezza e 3 m di altezza dall'intradosso.

2.6.2 Descrzione della rete idrografica – bacini minori

2.6.2.1 RIO DELL'ELICETO – RIO DELLA MIANDA

Il bacino idrografico dei rii Eliceto e della Mianda si estende per un'area di circa 3 km² nella zona a levante dell'abitato di Spotorno.

La rete di drenaggio ha come asta principale quella del rio dell'Eliceto, che si sviluppa singolarmente per circa 1 km nella parte a ponente del bacino drenando le acque dei versanti del Pian del Prete e della Mianda.

A circa 400 metri dalla costa, il rio dell'Eliceto si unisce al rio della Mianda che, estendendosi nella parte di levante del bacino, drena le acque provenienti dalla Costa dei Ginestri.

Proseguendo verso mare, i due corsi d'acqua corrono in unica asta, che conserva il nome di rio dell'Eliceto.

Il sopralluogo effettuato nella parte terminale del corso d'acqua ha evidenziato lo scarso grado di urbanizzazione del territorio circostante, caratterizzato nella parte terminale dalla presenza di un parcheggio – campeggio in sponda destra e da un complesso residenziale in sponda sinistra.

La prima sezione di interesse che si è indagata è quella dell'imbocco del corso d'acqua sotto l'Aurelia. La sezione (fig. 2.6.2.1.1) ha forma di volta a botte con altezza all'imposta dell'arco di circa 1.5 m, larghezza di 4 m e altezza centrale di circa 3.5 m.



*Figura 2.6.2.1.1 – Rio dell'Eliceto –Mianda:
sezione sotto la via Aurelia.*

La sezione di fig. 2.6.2.1.1 ,in relazione all'area drenata, appare sufficiente a smaltire portate con tempo di ritorno cinquantennale, mentre presumibilmente risulta insufficiente allo smaltimento di portate duecentennali e cinquecentennali, creando però in questi casi allagamenti solo in sponda destra, le cui sponde sono molto basse e pressochè coincidenti con il piano dell'adiacente parcheggio.

In sponda sinistra invece, le sponde sono alte fino quasi al piano stradale dell'Aurelia, garantendo così una difesa dagli allagamenti duecentennali e cinquecentennali.

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
bacino: CROVETTO

Proseguendo circa 50 m a monte, l'unica sezione di particolare interesse idraulico è quella in corrispondenza del pontino che collega il parcheggio in sponda destra e l'abitato residenziale in sponda sinistra.

Come si può vedere in fig. 2.6.2.1.2, il tratto di alveo compreso tra la sezione di fig.1 e il pontino è caratterizzato dalla presenza di abbondante vegetazione e come tale necessita di interventi di sistemazione e pulizia.

Il pontino è presumibilmente causa in caso di portate di piena di rigurgiti a monte, vista la ridotta sezione dell'alveo, come si può osservare in fig. 2.6.2.1.3.



Figura 2.6.2.1.2 – Rio dell'Eliceto – Mianda: tratto amonte della sezione sotto l'Aurelia.



Figura 2.6.2.1.3 – Rio dell'Eliceto –Mianda : tratto a monte del pontino del parcheggio.

Anche in questo caso, nel caso di esondazione le aree allagate si localizzano in sponda destra, nella zona occupata dal parcheggio in quanto, come si osserva dalla fig. 2.6.2.1.3 in sponda il complesso residenziale è protetto da un muro d'argine in pietra di altezza stimabile intorno ai 3 metri.

2.6.2.2 RIO NECHIAZZE – RIO LAIOLO

Il bacino idrografico dei rii Laiolo e Nechiazze è ubicato nella parte a ponente dell'abitato di Spotorno, per un'area drenata inferiore al kmq.

Il bacino è formato dalle due aste dei rii, i quali scorrono separati nella parte montana per poi unirsi poco prima dell'abitato di regione Fornaci e regione Cappuccini.

In particolare, il rio Laiolo drena il versante di levante del bacino, mentre il rio Nechiazze drena il versante di ponente.

Il tratto montano dei due corsi d'acqua è praticamente irriconoscibile alla vista, poichè la copertura arborea e vegetale della zona risulta particolarmente fitta e gran parte del territorio è costituito da proprietà private.

A circa 400 m dalla costa, lungo la strada principale che si inerpica sulla collina i due rii si uniscono per correre per un certo tratto sulla strada stessa. Non è stato possibile, per i motivi sopra esposti, scoprire e fotografare il punto esatto in cui si incontrano i due corsi d'acqua.

Ad un certo punto lungo la strada, si riconosce una griglia, larga come la strada, che raccoglie le acque dei due rii e le convoglia in copertura fino a mare (fig. 2.6.2.2.1).



Figura 2.6.2. 2.1 – Rio Nechiazze – Rio Laiolo: griglia che segna l'inizio della copertura.

All'interno della griglia si può osservare la struttura della copertura, costituita da uno scatolare di c.a. prefabbricato (fig. 2.6.2.2.2). Da notare che, osservando la fig. 2.6.2.2.1, a destra vi sono garages la cui quota altimetrica è sensibilmente inferiore al piano stradale, e che in caso di forti piogge risultano allagabili.

Difficilmente, infatti, la griglia di cui sopra è in grado di intercettare le acque di piena che provengono dalla strada, la quale risulta in forte pendenza.

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
bacino: CROVETTO



Figura 2.6.2.2 – Rio Nechiazze –Rio Laiolo: particolare dello scatolare in c.a. della copertura.

Lo sbocco a mare è situato nei pressi dello stabilimento balneare Bagni Rosita. Prima di immettersi nel tubo che porta le acque a mare, la corrente passa sotto una griglia situata in un sottopassaggio per pedoni che attraversa la via Aurelia, largo circa 2 m (fig. 2.6.2.2.3). In caso di forti piene tutto il sottopassaggio risulta inondabile.



Figura 2.6.2.3 – Rio Nechiazze-Rio Laiolo: sottopassaggio della via Aurelia.

Al termine del sottopassaggio il rio si immette in una tubazione, parzialmente cementata e interrata, di calcestruzzo che convoglia l'acqua a mare passando sotto la spiaggia.(fig. 2.6.2.2.4).



Figura 2.6.2.2.4 – Rio Nechiazze – Rio Laiolo: tubazione che porta l'acqua a mare.

2.6.2.3 RIO CHIARIVENTI

La superficie drenata dal bacino del rio Chiariventi è inferiore al km². Il bacino si trova nella parte a levante dell'abitato di Spotorno, poco prima del promontorio che separa Spotorno da Varigotti.

Il bacino comprende l'asta del rio Chiariventi propriamente detta, che drena il versante di ponente della collina Groppino, e l'asta del rio Torboro che drena la parte a levante. Le due aste confluiscono a circa 150 m dalla costa, per poi confluire a mare in un unico corso d'acqua.

Nel tratto a monte dell'Aurelia il rio si presenta con un piccolo alveo inciso, in sponda destra guardando verso valle, a forma rettangolare, che corre accanto alla strada, che rappresenta l'alveo di piena del rio.

In sponda sinistra è riconoscibile l'antico argine in pietra del rio, mentre in sponda destra si innalza il muro di contenimento della strada che porta verso l'Hotel Tripodoro (fig. 2.6.2.3.1).



Figura 2.6.2.3.1 – Rio Chiariventi: alveo subito a monte dell'Aurelia. Il muro dell'argine sinistro ha altezza costante di circa 1.6 m, mentre in sponda destra l'argine ha altezza variabile. La strada è larga circa 2.9 m.

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
bacino: CROVETTO

Circa 100 m a monte dell'Aurelia l'alveo si restringe leggermente, curva e scorre incassato tra gli edifici (fig. 2.6.2.3.2).



Figura 2.6.2.3.2 – Rio Chiariventi: situazione verso monte.

Per attraversare l'Aurelia, l'alveo inciso è stato incanalato con un tubo di calcestruzzo per le acque di magra (fig. 2.6.2.3.3), mentre le portate di piena transitano in strada, allagando l'antistante SS Aurelia, che si trova a circa 1.5 m più in basso della quota di fuoriuscita delle eventuali portate esondanti.



Figura 2.6.2.3.3 – Rio Chiariventi: tubo di attraversamento della SS Aurelia.

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

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
bacino: CROVETTO

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. Per bacini con superficie compresa tra 0 e 10 km², viene utilizzato il metodo semplificato come riportato nello studio suddetto e nella presente relazione di piano.

2.7.2 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.

	STAZIONE	Lat.	Long.	Quota	N
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

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
bacino: CROVETTO

8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	7
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	7
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
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

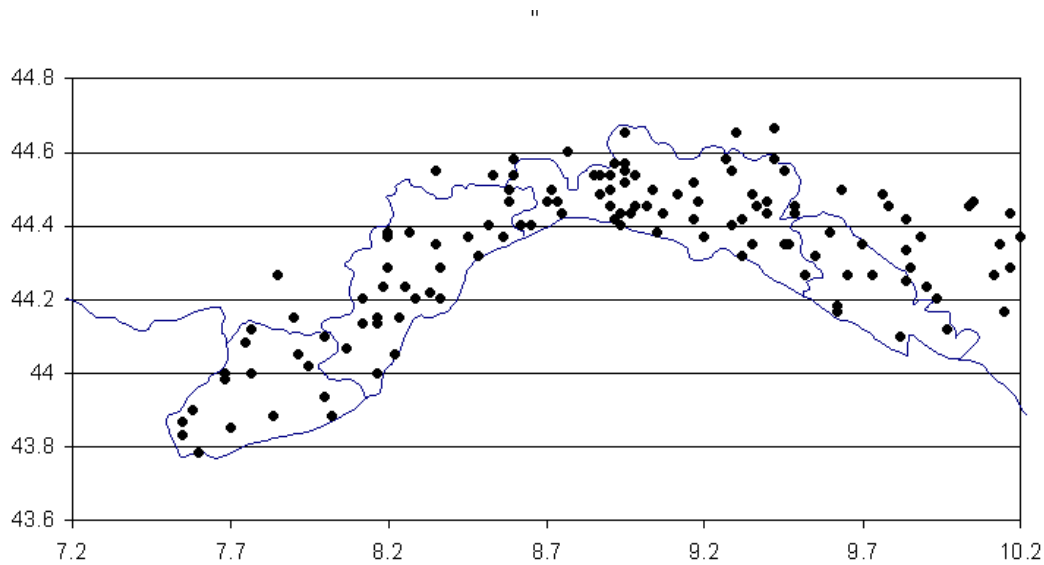
PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: CROVETTO

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
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17

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
bacino: CROVETTO

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	44.5	4.42	1310	9
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

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
bacino: CROVETTO



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:

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

con:

$E[H_{d_1}]$ valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d_1

K_T 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

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
bacino: CROVETTO

valutazione delle portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice $E[H_{12}]$. La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

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

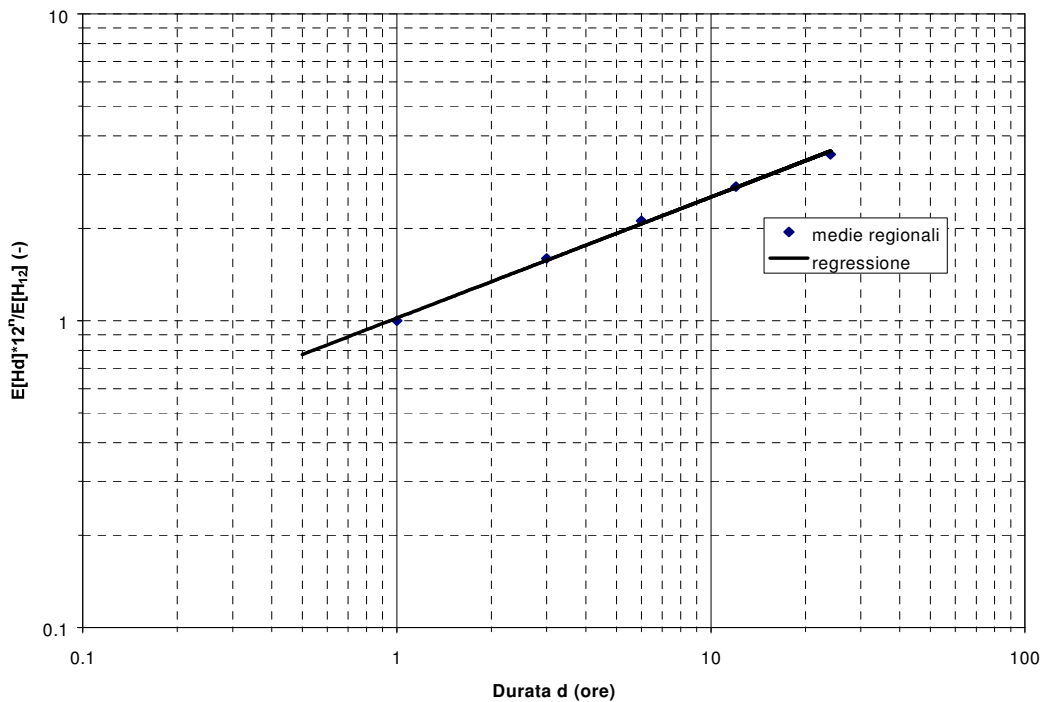
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

$$E[H_d] = E[H_{12}] \left(\frac{d}{12} \right)^n$$

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 espone al paragrafo precedente. In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice

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
bacino: CROVETTO

$E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$ 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 $E[H_1]$, 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:

$$h(d, T) = K_T * E[H_1] * d^{0.39} \quad (1)$$

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

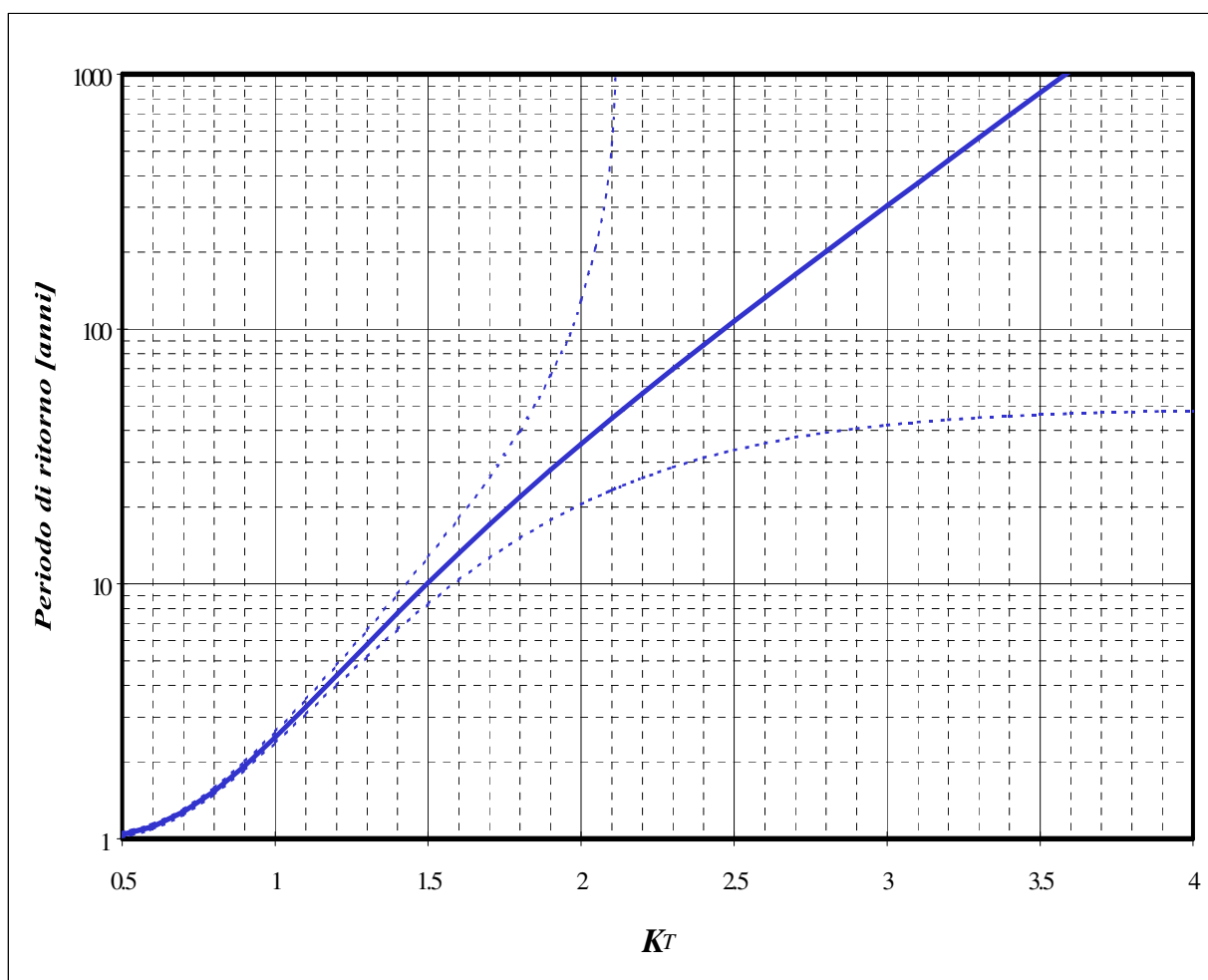
Longitudine		$E[H_1]$
Gradi	primi	mm
8	20	38.5
8	22.5	38.9
8	25	39.2
8	27.5	39.6

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

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
bacino: CROVETTO

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

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
bacino: CROVETTO

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 ragguaglio 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	$[m^3/s \cdot km^2]$
A: superficie del bacino	$[km^2]$

Per bacini di estensione minore di 2 Km^2 si applica il massimo contributo unitario pari a $40 [m^3/s \cdot km^2]$

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

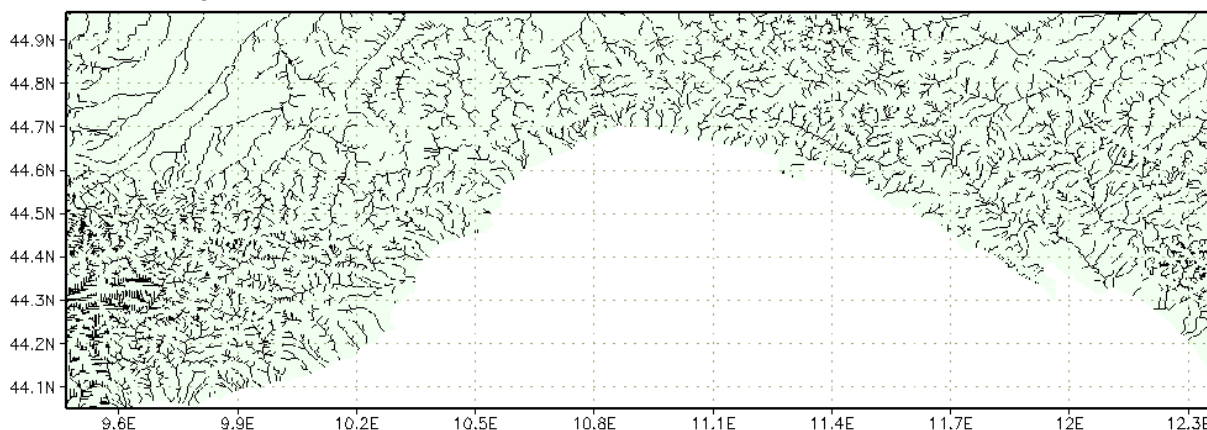
Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della 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.

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
bacino: CROVETTO

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.

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
bacino: CROVETTO

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 Km² (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 km²:

- 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

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
bacino: CROVETTO

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

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:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

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

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

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*.

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	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	20	7.1	5.93	4.54	3.98
8	22.5	7.19	6	4.59	4.03
8	25	7.28	6.07	4.65	4.08
8	27.5	7.36	6.14	4.7	4.13

Tabella 3: coefficiente di portata, C_Q , in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

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
bacino: CROVETTO

2.7.4.2.2 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km² (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 km², un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km².

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 km², $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 km², espresso in m³s⁻¹km⁻², e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente $U_{A=2}$, espresso in m³s⁻¹km⁻², è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2.

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	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	20	8.85	7.39	5.66	4.97
8	22.5	8.96	7.48	5.73	5.03
8	25	9.07	7.57	5.79	5.09
8	27.5	9.17	7.66	5.86	5.15

Tabella.2: contributo unitario, $U_{A=2}$ 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.

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
bacino: CROVETTO

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% $Q[m^3s^{-1}]$									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI $Q [m^3s^{-1}]$						
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km2]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni	Curva di involuppo (CATI)
Crovetto	Mar Tirreno	12	30	80	100	120	140	170	300
Crovetto	Rio Coreallo	6	20	40	50	60	80	90	210
Coreallo	Rio Coreallo	6	20	50	60	70	80	100	200

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 dei torrenti Crovetto e Coreallo, anche in caso di aree drenanti inferiori ai 10 Km², non si applica la metodologia “Piccoli Bacini”, ma si utilizza la procedura riportata nella seguente tabella:

Q=c.A 0.75 Q=portata al colmo di piena, quantile 50% $[m^3 s^{-1}]$ A=superficie $[Km^2]$									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI $Q [m^3s^{-1}Km^{-0.75}]$					
Torrente	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	DALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km2]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Crovetto	Mar Tirreno	Rio Coreallo	12	4,42	12,83	15,35	18,8	22,2	26,72
Crovetto	Rio Coreallo	Rio Moglio	6	3,84	11,14	13,32	16,32	19,28	23,19
Coreallo	Rio Coreallo	Zona Gondoglia	6	4,59	13,3	15,92	19,5	23,03	27,71

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)

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
bacino: CROVETTO

2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Crovetto (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	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Crovetto	27	6	50	80	90
Crovetto	14	12	100	140	170

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Crovetto

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Coreallo	14	6	60	80	100

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Coreallo

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Canin	25	1.7	30	44	53

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Canin

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superfici e bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	C _q	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio dell'Eliceto	1	0.6	C	8°22.5'	5.73	12	17	21

Valori delle portate al colmo di piena per il rio dell'Eliceto

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
bacino: CROVETTO

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superfici e bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	C _q	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Comunale	1	0.2	C	8°22.5'	5.73	4	6	7

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Comunale

Per il calcolo delle portate in sezioni intermedie si rimanda al capitolo 2.8.4.2.3 - Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P. seduta del 11/09/2003).

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, si dovrebbe aver esaminato tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità, nonché le loro possibili interazioni immediate o a posteriori.

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 compatibile con quanto richiesto dal D.L. 180/98 sulla perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico.

La carta di pericolosità nel presente piano viene determinata, quindi, come sovrapposizione delle due componenti idraulica e geomorfologica, costituite in sostanza dalla carta delle fasce di inondabilità e dalla carta della suscettività al dissesto di versante. 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.

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 periferuali 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 perimtrate 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 alla 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'innescio 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,

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
bacino: CROVETTO

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:

Pericolosità = (suscettività x 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, oltre che 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 ad 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 e delle fasce di inondabilità assieme alle considerazioni sui possibili valori 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 medio-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:

- 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.

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
bacino: CROVETTO

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. Crovetto è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dall'Autorità di Bacino. Oltre a questo metodo è stata effettuata una reinterpretazione del dato di sintesi, in funzione della approfondita conoscenza del territorio, da parte dei professionisti incaricati degli studi.

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.

<i>Tematismo</i>	<i>Variabile</i>	<i>Tipo</i>
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

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
bacino: CROVETTO

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 Crovetto 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.	Coltri sott.	Roccia	Brecce
Classe 1	-2	-3	-5	-7	-6
Classe 2	1	0	-1	-3	-2
Classe 3	5	3	2	0	1
Classe 4	7	6	4	2	3
Classe 5		7	6	4	5
Classe 6		7	7	6	7
Classe 7				7	7

LITOL.	Muraldo	Gorra	Ollano/ Graniti	melogno	Eze	Quarziti	Dolomie/ Tanarello	Brecce	Alluvioni
--------	---------	-------	--------------------	---------	-----	----------	-----------------------	--------	-----------

PESO	10	9	8	7	6	8	5	3	0
------	----	---	---	---	---	---	---	---	---

COND. ROCCIA	R	RS	R0	RF
-----------------	---	----	----	----

PESO	0	0	1	3
------	---	---	---	---

IDRO	C. fini P. substrato semiperm	C. fini P. substrato perm.	C. grs. P. substrato semiperm	C. grs. P. substrato perm.	C. fini S. substrato semiperm	C. fini S. substrato perm.	C. grs. S. substrato semiperm	C. grs. S. substrato perm.	Alluvioni/ Roccia
------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	----------------------

PESO	10	7	7	4	8	5	5	3	0
USO SUOLO	Aree Urb.	Pascoli	Uliv. a terrazzi	Vign. agric.	Ex. Coltivi	Boschi	Arbusti	rocce nude	Spiagge

PESO	0	0	-1	0	1	-1	1	2	0
------	---	---	----	---	---	----	---	---	---

Elem. Aggr.	Erosione concent.	Erosione spondale	Erosione Diffusa	Incendio	Tettonica
----------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------	-----------

PESO	1	1	1	3	2
------	---	---	---	---	---

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
bacino: CROVETTO

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 un peso maggiore alle coltri potenti fini su substrato semipermeabile/impermeabile (scisti di Gorra/Murialdo) in quanto in condizioni di forte impregnazione presenterebbero un drenaggio scarso ed una potenziale superficie di scorrimento in corrispondenza del passaggio al substrato. Le coltri indistinte da un punto di vista granulometrico sono state assimilate a quelle fini, adottando il criterio di porsi nelle condizioni maggiormente negative.

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 urbanizzate sono state considerate sfavorevoli per l'alterazione indotta nei processi idrologici; similmente anche il bosco, le aree terrazzate, le aree prative e gli ex-coltivi, risultano soggetti ad un abbandono generalizzato che ne inficia le caratteristiche di "efficienza idrogeologica". Relativamente agli oliveti, ubicati in prevalenza nella parte medio bassa del bacino, sono risultati in buono stato di manutenzione e tuttora utilizzati a fini agricoli; pertanto pur essendo disposti su fasce terrazzate è stato attribuito loro un contributo favorevole alla stabilità.

Per quanto riguarda "fattori aggravanti" è stata inclusa la voce "erosione diffusa/incendi boschivi" con punteggio = 3, che non è inclusa nelle Raccomandazioni cui si è fatto fino ad ora riferimento, in quanto si è ritenuto importante e caratterizzante per la finalità del presente lavoro tenere in debito conto delle aree interessate da successivi e ravvicinati episodi di incendio ed attualmente soggette ad ingenti fenomeni erosivi di tipo accelerato.

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.

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.

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

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
bacino: CROVETTO

una classe a sé (SUSCETTIVITA' MOLTO ALTA) mentre le seconde vengono direttamente inserite in classe di suscettività ALTA.

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI				
				PESI
CLASSE (AA)	Pg4	MOLTO ALTA		
CLASSE A	Pg3 (Pg3a-Pg3b)	ALTA		> 20
CLASSE M	Pg2	MEDIA		13 – 20
CLASSE B	Pg1	BASSA		07 – 12
CLASSE MB	Pg0	MOLTO BASSA		00 – 06
Per i seguenti tematismi vi è una associazione diretta a:		N.B. La classe di Suscettività al dissesto elevata (Pg3) comprende: (Pg3a) aree in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi e (Pg3b) aree, in cui sono presenti indicatori indiretti valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici e di uso del suolo anche se prive al momento di movimenti gravitativi.		
Frane quiescenti	Classe A			
Frane attive	Classe (AA)			
Cave e discariche attive	“speciali”			

Tab. 3.2.1.2 – 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. 2.3.7 Cave e al Cap. 2.3.6 Riporti artificiali e discariche.

3.2.2 Sintesi dei relativi rapporti tra i fattori considerati

Come già detto prendendo come riferimento il massimo valore di peso attribuito alla litologia sono stati derivati i contributi degli altri “elementi” nei confronti della suscettività al dissesto dei versanti, in particolare:

Tematismo	Peso massimo
Acclività	peso massimo pari al 70% del valore di litologia
Stato della roccia	peso massimo pari al 30% del valore di litologia
Coltri di copertura	peso massimo pari al 100% del valore di litologia
Uso del suolo	peso massimo pari al 20% del valore di litologia
Elementi “Aggravanti”	peso massimo pari al 30% del valore di litologia, per ciascuno di essi

Tab. 3.2.2.1 – Peso massimo in percentuale rispetto ad ogni tematismo

3.2.3 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/riaggiustamento 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.

Nel seguito sono analizzate le aree maggiormente significative, soprattutto per quanto riguarda le classi di suscettività al dissesto alta e media che determinano rischio elevato; non verranno descritte le aree in frana attiva (suscettività molto alta) o quiescente in quanto già analizzate nel paragrafo relativo alla geomorfologia e franosità reale.

L'esame della C.S.D.V. evidenzia che il territorio del bacino Crovetto la classe di suscettività prevalente risulta quella di media suscettività che si sviluppa per circa il 60-70% della superficie del bacino. Le aree a bassa e molto bassa suscettività si sviluppano per circa il 30-20% della superficie del bacino mentre le aree ad alta suscettività comprendono la rimanente porzione del bacino.

Per quanto riguarda la distribuzione territoriale si rileva quanto segue.

- Le aree a *suscettività al dissesto molto bassa* (MB) si sviluppano in modo preponderante lungo la ristretta fascia pianeggiante costiera e nella piana di fondovalle del Torrente Crovetto comprendendo buona parte del centro urbano di Spotorno. Modeste aree a suscettività molto bassa si osservano nella zona centrale del bacino alla sommità delle dorsali vallive.

- Le aree a *suscettività al dissesto bassa* (B) si sviluppano nelle zone di dorsale del bacino, dove si hanno i minori valori di acclività, ed in corrispondenza dei tratti di versante che comprendono gli abitati di Spotorno e Bergeggi.

L'area superficialmente più estesa è quella a contorno della dorsale di Monte Mao-Punta S. Antonio.

- Le aree a *suscettività al dissesto media* (M) si sviluppano per tutto il bacino lungo i tratti inferiore e medio dei versanti vallivi e lungo il versante della dorsale costiera tra i Comuni di Bergeggi e Vado Ligure. Comprendono alcune frazioni del Comune di Spotorno, in minima parte lo stesso abitato di Spotorno ed in comune di Bergeggi buona parte dell'abitato.

In classe di suscettività media rientrano tutte le coperture sciolte anche sottili presenti sui versanti più acclivi unitamente ai substrati scistosissimi molto alterati e fratturati e pressoché tutta la zona percorsa dal fuoco anche in corrispondenza di versanti poco acclivi.

In classe media rientrano inoltre le falesie di Spotorno e Torre del mare in calcari dolomitici in quanto oggettivamente esposte al rischio di localizzate frane di crollo coinvolgenti la sottostante ex S.S. n.1 "Aurelia".

- Le aree a *suscettività al dissesto alta* (A) comprendono aree in frana quiescente e aree che presentano una particolare fragilità geomorfologica evidenziata dalla sommatoria degli elementi di suscettività al dissesto. Si tratta in particolare di zone di fondovalle dove si hanno sensibili manifestazioni di erosione fluviale di fondo e di sponda.

Le aree ad alta suscettività si concentrano prevalentemente nella porzione nordoccidentale del bacino. Qui sono presenti numerosi fenomeni di frana quiescente lungo versanti con

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
bacino: CROVETTO

diffusa presenza di coltri, frequentemente anche potenti, a granulometria fine, su un substrato a bassa permeabilità e con scadenti caratteristiche geomeccaniche e quindi fenomeni di erosione concentrata di fondo e di erosione spondale lungo l'asta principale e alcuni rami secondari dei reticoli idrografici dei torrenti Crovetto e Coreallo.

Altre significative aree ad alta suscettività sono presenti nell'area nordorientale del bacino e in particolare nella zona del Capo Vado dove esiste una diffusa pericolosità per frane di crollo in corrispondenza della scarpata controripa alla ex S.S. n.1 "Aurelia" impostata in rocce filladico-scistose (Murialdo).

- Le aree a *suscettività al dissesto molto alta* (MA) comprendono tutte le zone in cui sono sviluppati fenomeni di frana attiva.

Si tratta generalmente di aree di modesta estensione presenti nei settori occidentale ed orientale del bacino.

Nel settore occidentale si segnalano un tratto del versante sinistro del rio Ruggio in loc. Groppino di Voze; il fronte della cava dismessa di Inalea a valle della località Pra Antonio, la porzione frontale del rilevato della discarica R.S.U. abbandonata di Masca Bruciata; la zona di testata degli elementi secondari del reticolo idrografico a valle del casello della A10 in loc. Pian Garoli.

Nel settore centrale si rileva un modestissimo tratto del versante sinistro del rio Laiolo.

Nel settore orientale si segnalano tre aree a monte della ex S.S. n. 1 "Aurelia": l'area della Punta di Bergeggi, l'area in località Faro e l'area in località Castello.

3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Aree storicamente inondate

L'analisi delle aree già sede di eventi alluvionali nel passato riveste una particolare importanza nell'ambito di un piano stralcio per il rischio idraulico. Tali dati, infatti, evidenziano criticità già note, ed è ipotizzabile che, laddove si sia verificato un evento di inondazione, possano presentarsi problemi di capacità di smaltimento del corso d'acqua. Una precisa definizione delle aree storicamente inondate rappresenta quindi un elemento di riferimento fondamentale sia per la scelta dei tratti di alveo da indagare in maniera approfondita, sia per verificare i risultati della modellazione idraulica.

Non vi sono dati relativi alle aree storicamente inondate per il bacino in considerazione.

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).

3.3.2 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Individuazione dei tratti di studio

I tratti indagati nel presente studio sono i seguenti:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
T. Crovetto	27 - 1	Da loc. Prelo alla foce (marzo 2001)
T. Coreallo	14 - 1	Da loc. Coreallo alla confluenza con T. Crovetto (marzo

SETTORE TUTELA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE
SERVIZIO PIANI DI BACINO E LAVORI IDRAULICI

69

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
bacino: CROVETTO

		2001)
Rio Canin	25-1	Dal rilevato ferroviario alla confluenza con T. Crovetto (marzo 2004)
Rio dell'Eliceto	1 - 6	Tratto focivo (settembre 2003)
Rio Comunale	1 - 6	Tratto focivo (settembre 2003)

Tabella 3.3.2.1.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Crovetto.

3.3.2.2 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 ³ /s]
A = area della sezione liquida	[m ²]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s ²]
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 ^{-1/3} s]

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
bacino: CROVETTO

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 ξ 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.

3.3.2.3 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:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

γ = 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

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
bacino: CROVETTO

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.

- Parametri di scabrezza

I valori di riferimento del parametro di scabrezza K_s proposti dalla Regione Liguria 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. Crovetto	27 - 21	Da loc. Prelo tratto monte copertura FF.SS.	30	HEC-RAS
T. Crovetto	20 - 17	Da sez. valle copertura FF.SS. a ponte Piazza Napoleone	35	HEC-RAS
T. Crovetto	16 - 1	Da ponte Piazza Napoleone alla foce	40	HEC-RAS
T. Coreallo	14 - 1	Da loc. Coreallo alla confluenza con T. Crovetto	30	HEC-RAS
Rio Canin	25 - 1	Dal rilevato ferroviario alla confluenza con T. Crovetto	35	HEC-RAS
Rio dell'Eliceto	1 - 6	Tratto focivo	20	MIKE 11
Rio comunale	1 - 6	Tratto focivo	20	MIKE 11

Tabella 3.3.2.3.1: tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Crovetto con i rispettivi parametri di scabrezza assegnati e i programmi di modellazione utilizzati

- Condizioni al contorno

- Torrente Crovetto e Torrente Coreallo

In particolare il modello HEC-RAS integra il profilo a partire dalla condizione di monte con tirante pari al valore critico se la corrente che si instaura, per il valore di portata di deflusso impostata, si trova in condizioni di regime idraulico veloce, ovvero valore di Froude maggiore di 1. Il modello integra, invece, a partire dalle condizioni di valle pari alla condizione di deflusso critica se il regime idraulico che si instaura è lento, ovvero con numero di Froude minore di 1.

Le condizioni di regime idraulico del profilo, ovvero lento o veloce o critico, variano lungo l'asta presa in esame in accordo con le variazioni di sezioni e di portata che si impongono nel modello di calcolo.

- Rio Canin

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico

SETTORE TUTELA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE
SERVIZIO PIANI DI BACINO E LAVORI IDRAULICI

72

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
bacino: CROVETTO

piezometrico h:

- Condizione di valle: la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari al livello del pelo libero con corrispondente tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del T. Crovetto in corrispondenza della sezione di confluenza;
- Condizione di monte: la condizione di monte è stata posta pari all'altezza critica.

- Rio dell'Eliceto

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico h:

- a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
- a valle: scala di deflusso in moto uniforme.

- Rio comunale

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico h:

- a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
- a valle: scala di deflusso in moto uniforme.

3.3.2.4 Profili di moto permanente

- Torrente Crovetto

Dalle elaborazioni effettuate si può chiaramente desumere che, per il tratto d'asta considerato, una portata con tempo di ritorno di 50 anni provoca fenomeni di esondazione in sponda destra nel tratto compreso tra il ponte di Via Francia ed il ponte ex FFSS, dovuti principalmente alle discontinuità arginali che caratterizzano il tratto in esame. La situazione di rischio viene aggravata in questa zona dall'immissione nel Torrente Crovetto del Rio Coreallo, anch'esso avente sezione insufficiente allo smaltimento delle piene già cinquantennali.

Il resto del tratto esaminato apparentemente sembra non essere interessato da fenomeni di inondazione, ad eccezione del tratto terminale, ove si riscontra l'insufficienza degli argini su entrambe le sponde.

Una portata avente tempo di ritorno associato pari a 200 anni provoca esondazioni significative su entrambe le sponde nella zona a monte del ponte di Località Prelo e sormonto dello stesso ponte, con conseguente allagamento della strada e delle zone subito a valle, peraltro depresse rispetto al piano campagna circostante. Per portate di questa entità, potrebbero verificarsi esondazioni anche nel tratto tra la copertura ferroviaria ed il ponte di Via Francia, vista la discontinuità arginale in entrambe le sponde (sono presenti infatti una stradina di accesso all'alveo e cancelli di accesso a giardini in proprietà privata).

Anche il tratto tra la copertura alla foce ed il ponte ex FFSS risulta idraulicamente insufficiente per la portata duecentennale, che sormonterebbe anche l'attraversamento della SS Aurelia. Il franco di sicurezza non è garantito per quest'ultima nemmeno per eventi cinquantennali.

Situazione analoga per eventi con tempo di ritorno associato pari a 500 anni, con differenze però nei volumi esondanti.

- Rio Coreallo

Dalle elaborazioni effettuate si può chiaramente desumere che, per il tratto d'asta considerato, l'alveo è insufficiente allo smaltimento di portate già cinquantennali. Situazioni particolarmente critiche si rilevano nel tratto a monte dell'attraversamento ferroviario ed

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
bacino: CROVETTO

all'imbocco del ponte della nuova strada subito a valle della copertura ferroviaria: il ponte di recente costruzione infatti presenta una luce libera di deflusso capace di smaltire portate con tempo di ritorno nemmeno trentennale. Il rigurgito provocato da suddetto ponte provoca il sormonto dello stesso ed esondazioni, soprattutto in sponda destra ove la zona è altimetricamente depressa rispetto alla quota stradale.

- Rio Canin

L'intero tratto studiato risulta insufficiente allo smaltimento delle portate già cinquantennali: le possibili esondazioni interessano il centro urbano in maniera significativa. Il ponte ad arco di Via Verdi e la tombinatura di Viale Europa risultano particolarmente critici poichè sormontati dalla piena 50-le.

- Rio dell'Eliceto

L'intero tratto studiato presenta arginature inesistenti od inadeguate al contenimento dei livelli di piena. Le possibili esondazione, già per eventi con tempo di ritorno cinquantennale, interessano per lo più le aree adibite a parcheggio in sponda destra essendo ad una quota inferiore, e, parzialmente, il piazzale della struttura residenziale in sinistra. Il ponticello di attraversamento (sez (2-3) risulta inadeguato in quanto ostruisce quasi interamente la luce utile al deflusso.

- Rio comunale

La criticità del rio è dovuta all'insufficienza dello scatolare che convoglia le acque sotto la S.S. Aurelia fino alla spiaggia. Tale insufficienza è evidente già per valori di portata al colmo con tempo di ritorno cinquantennale.

Per ulteriori dettagli a proposito delle criticità idrauliche si invita il lettore alla visione dell'Allegato "Verifiche Idrauliche" contenente profili di rigurgito in moto permanente per i diversi periodi di ritorno e le sezioni trasversali utilizzate per le elaborazioni.

3.3.2.5 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.

Nella tabella seguente vengono riportato 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.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
T. CROVETTO		
24.5	Ponte loc. Prelo	T < 50
20.5	Ponte FFSS	T < 500
16.5	Ponte P.zza Napoleone	T > 500
9.5	Ponte ex FFSS	T < 500
7.5	Ponte S.S. Aurelia	T > 500

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
bacino: CROVETTO

2.5	Copertura foce	T < 50
T. COREALLO		
12.5	Passerella a monte copertura FFSS	T < 50
8.5	Ponte FF.SS.	T < 500
5.5	1 ponte a valle copertura FFSS	T < 50
2.5	passerella confluenza	T < 50
RIO CANIN		
24.5	Ponte FF SS	T < 500
14.5	Ponte Via Verdi	T < 50
3.5	Copertura Viale Europa	T < 50
RIO DELL'ELICETO		
2-3	Ponticello di attraversamento	T < 50
RIO COMUNALE		
5	Scatolare	T < 50

Tabella 3.3.2.5.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo

3.3.3 Fasce di inondabilità

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate per le portate prescelte si individuano le aree perifluviali inondabili in caso di eventi di piena. Tale determinazione può essere effettuata con diverse metodologie a diverso grado di approssimazione e complessità.

Nel presente piano, il tracciamento delle linee che delimitano le aree inondabili con i diversi periodi di ritorno, è stato svolto a partire da :

- una valutazione dei tratti e delle sezioni in cui il pelo libero ha quota superiore alla quota delle sponde come da profilo di rigurgito, determinato tramite le precedenti verifiche idrauliche. Le verifiche condotte con il software utilizzato permettono di visualizzare oltre al livello di pelo libero, anche le linee indicative della sponda destra e sinistra, pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde. E' utile ribadire che, data la necessaria schematizzazione nel tracciamento dei limiti di sponda, nel definire le fasce si è tenuto in debito conto di quanto rilevato in occasione dei sopralluoghi effettuati in sito. La determinazione delle aree inondabili, cioè le superfici che vengono sommerse dal relativo ipotetico evento di piena, è stata condotta essenzialmente sulla base dei criteri per l'elaborazione dei piani di bacino, suggeriti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale della Regione Liguria al punto 3 della Raccomandazione n°1 "Metodologia per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione" (1995). Si è inoltre proceduto all'individuazione dei tratti critici del corso d'acqua (quali ponti, tombinature, coperture, ecc.) e alla loro verifica con i dovuti franchi di sicurezza;
- qualora gli argini non fossero continui perché danneggiati, o perché costituiti da edifici inframmezzati da varchi, si è considerato il defluire delle acque attraverso di essi e di conseguenza l'inondabilità delle aree limitrofe;
- una analisi di verifica in campagna in modo tale da verificare la congruenza delle fasce tracciate con la morfologia dei luoghi (operazione importante per il controllo di particolari situazioni puntuali).

In generale i metodi per la valutazione effettiva delle aree inondabili sono suddivisi secondo tre diverse famiglie, che rispondono a tre differenti filosofie di approccio al problema e partono da ipotesi di lavoro differenti.

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
bacino: CROVETTO

I tre modelli, topologico, curve di livello ed idrogramma di piena, sono già stati analizzati e di ognuno sono stati evidenziati i limiti e le capacità di interpretazione dei fenomeni, nonché le difficoltà di calcolo e di modellazione incontrate, all'interno dello studio CIMA. Dal momento che i tre metodi sono complementari, una loro combinazione fornisce i migliori risultati, consentendo di superare i limiti intrinseci di ciascuno di essi.

Sulla base della metodologia qui adottata, ovvero la combinazione dei suddetti tre metodi, che consente una valutazione senz'altro maggiormente attendibile, sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Sulla base di tale determinazione, secondo i criteri dell'Autorità di bacino regionale, è stata prodotta la Carta delle Fasce di Inondabilità, con la determinazione delle tre fasce:

- Fascia A, aree perfluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni.
- Fascia B, aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ anni.
- Fascia C, aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni o, se più estese, aree storicamente inondate.

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.

3.3.4 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.

Sulla base dell'esame degli interventi individuati nel presente Piano, nel bacino Crovetto è stata prevista una fascia di riassetto che interessa la sponda destra del T. Crovetto a valle della confluenza del T. Coreallo.

Ulteriori perimetrazioni o modifiche potranno essere previste in fasi successive sulla base di approfondimenti in sede di aggiornamento di Piano o in fase progettuale.

3.4 Principali criticità del bacino

L'analisi delle carte di pericolosità redatte porta in primo luogo a riconoscere eventuali caratteri comuni all'interno delle criticità.

Alla scala di bacino, comunque, le criticità più evidenti e pressanti risultano essere di tipo idraulico, con particolare riferimento all'insufficienza idraulica del tratto terminale densamente urbanizzato. La problematica generale che si ripete lungo tutta l'asta del torrente è l'insufficienza idraulica delle sezioni e la presenza di edificazione in aree di competenza del corso d'acqua a cui si aggiunge la mancanza di un'arginatura adeguata.

Il rilevamento geomorfologico ha riscontrato come gran parte delle criticità sia localizzata in corrispondenza di aree caratterizzate da scarsa copertura vegetale a causa degli incendi boschivi con assenza di suolo e fenomeni di erosione sia diffusa che concentrata o di aree intensamente modificate ed abbandonate (cave dismesse e discarica), o infine dove la presenza di coperture sciolte ricada su pendii acclivi o con substrati rocciosi di natura scistosa quali i versanti orientali della dorsale di Bergeggi-Capo Vado, la zona del casello autostradale di Spotorno o la porzione sommitale del sottobacino del Crovetto ss.

Situazioni di criticità sono inoltre riconoscibili in corrispondenza di insufficiente/assente sistemazione delle acque di ruscellamento superficiale.

I dati acquisiti portano quindi a riconoscere come le problematiche geomorfologiche più diffuse all'interno del bacino siano prevalentemente legate all'erosione e si manifestino sia attraverso processi gravitativi, sia come ruscellamento diffuso ed concentrato, sia come frane localizzate.

Per la valutazione delle aree inondabili associate alle portate di piena con tempi di ritorno $T=50$, $T=200$ e $T=500$ anni, sono stati stimati, a partire dai rispettivi profili di rigurgito, i volumi d'acqua che non trovano più recapito in alveo, e che quindi vanno ad inondare le zone circostanti ai punti di fuoriuscita dell'acqua. La propagazione dell'inondazione è stata quindi effettuata considerando l'orografia del terreno circostante (metodo topologico) cercando di rispettare comunque l'equazione di continuità sui volumi.

-Torrente Crovetto

Le sezioni critiche, nelle quali all'aumentare della portata si verificano i primi fenomeni di sormonto, sono localizzate a monte del ponte di Località Prelo ed all'altezza della confluenza tra il Torrente Crovetto ed il Rio Coreallo. In quest'ultima sede, le esondazioni sono dovute soprattutto al Rio Coreallo, il cui alveo, per tutto il tratto analizzato, è incapace di smaltire portate anche cinquantennali, ed alle discontinuità arginali presenti in sponda destra subito a valle della confluenza.

Il metodo utilizzato per la determinazione delle fasce di inondabilità evidenzia la suscettibilità alle esondazioni anche della zona compresa tra Località Prelo e l'attraversamento ferroviario sia in sponda destra sia in sinistra, a causa della depressione altimetrica di suddetta area.

Situazioni di allagamento per eventi con tempo di ritorno associato pari a 50 anni sono probabili a causa di fenomeni di rigurgito provocati dalla copertura alla foce. Le aree interessate dalle acque esondanti sarebbero la vecchia "Aurelia" e il tessuto urbano su entrambe le sponde nel tratto tra la copertura e la ex S.S. n.1 "Aurelia".

-Rio Coreallo

Portate con tempo di ritorno associato pari a 50 anni provocherebbero esondazioni su entrambe le sponde lungo tutto il tratto analizzato a monte dell'attraversamento ferroviario.

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
bacino: CROVETTO

In seguito a successivi rilievi sul torrente, infatti, l'analisi per la determinazione delle aree inondabili è stata eseguita partendo da una zona più a monte del tratto d'asta studiato con verifiche idrauliche. Una volta accertata l'insufficienza idraulica anche per portate con tempo di ritorno associato pari a cinquanta anni, è stato osservato che l'alveo a monte della zona analizzata ha dimensioni del tutto simili, come sezione e quote arginali, all'ultima sezione rilevata.

La presenza di un ponte in tale zona, con una luce libera per il deflusso di piccole dimensioni, comporta senza dubbio una situazione di criticità, evidenziata sulla carta delle fasce con la Fascia A.

Eventi con tempo di ritorno maggiore nella zona in esame andrebbero ad aggravare la criticità più per l'altezza maggiore dei tiranti esondanti che per l'estensione dell'area interessata.

Fenomeni esondanti significativi si verificherebbero anche in sponda destra a causa dei fenomeni di rigurgito provocati dal ponte di nuova costruzione, la cui luce, come precedentemente accennato, risulta insufficiente allo smaltimento di portate cinquantennali. L'acqua esodata andrebbe ad interessare il nuovo percorso stradale (ovviamente non riportato in cartografia), e tutta la zona a ponente di essa data la situazione di depressione altimetrica.

Un problema diffuso, infine, risulta l'incapacità di smaltimento delle acque piovane da parte delle reti fognarie: nella carta delle fasce di inondabilità è stata perimetrata un'area, già individuata nella mappatura della delibera DGR n° 2 615/98, che secondo le testimonianze dei residenti è frequentemente allagata anche in occasione di eventi meteorici non particolarmente intensi. Allo stato attuale, sulla base delle informazioni raccolte nell'elaborazione del presente piano stralcio di bacino, non risulta possibile andare oltre alla segnalazione del problema, per la cui analisi specifica si rimanda a successivi stralci.

- Rio Canin

L'intero tratto studiato presenta sezioni di deflusso inadeguate al contenimento dei livelli di piena per tutti i tempi di ritorno. Risultano particolarmente critici gli attraversamenti presenti che vengono sormontati già dalla piena 50-le (Ponte di Via Verdi e tombinatura di Viale Europa). Le esondazioni delle portate eccezionali interessano in maniera significativa il centro urbano di Spotorno. In particolare la topografia delle aree in sponda sinistra, favoriscono il propagarsi delle inondazioni lungo corso Europa, determinando allagamenti diffusi e piuttosto estesi che potrebbero svilupparsi sino alla strada litoranea.

- Rio dell'Eliceto

L'intero tratto studiato presenta arginature inesistenti od inadeguate al contenimento dei livelli di piena. Le possibili esondazione, già per eventi cinquantennale, interessano le aree adibite a parcheggio in sponda destra e, parzialmente, il piazzale della struttura residenziale in sinistra.

E' necessaria la realizzazione di opportune strutture di contenimento delle acque.

Il ponticello di attraversamento (sez. 2-3) risulta inadeguato in quanto ostruisce quasi interamente la luce utile al deflusso. E' necessario l'abbattimento dello stesso e la sostituzione con un attraversamento adeguato.

- Rio comunale

La criticità del rio dipende dall'inadeguatezza dello scatolare che convoglia le acque sotto la S.S. Aurelia fino alla spiaggia (sez. 5). A fronte di una sezione utile larga circa 2 metri, l'imbocco dello scatolare ha dimensione irregolare di circa 0.7 x 0.8 cm. E' pertanto necessario un allargamento di tale imbocco al fine di garantire il libero deflusso delle acque

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
bacino: CROVETTO

che attualmente si accumulano a monte formando un battente notevole che può sormontare il muretto a protezione della strada.

Successivamente all'analisi delle criticità di tipo idraulico e geomorfologico il sistema-bacino è stato studiato in maniera integrata cercando, per quanto ad oggi possibile, di miscelare le conoscenze acquisite. La principale emergenza evidenziata con questa metodologia è l'interferenza del piede di alcune paleofrane con coperture detritiche potenti con l'asta principale del Crovetto e Coreallo e subordinatamente Canin, unitamente ad una frana attiva (Groppino di Voze) con un affluente di destra del Coreallo. Tali criticità potrebbero rappresentare un concreto pericolo per l'abitato di Spotorno qualora un evento meteorico estremo causasse una piena nel tratto montano del bacino; l'aumentata capacità erosiva del corso d'acqua potrebbe scalzare il piede i paleoaccumuli in una zona oltretutto priva di qualsiasi opera di difesa spondale. Questa eventualità potrebbe determinare sia una mobilitazione delle parti più a monte delle frane per richiamo di materiale dal piede sia un temporaneo sbarramento del corso d'acqua, il cui alveo, peraltro, già allo stato attuale è occupato da detriti di pezzatura grossolana chiaramente provenienti dai versanti limitrofi. Lo sbarramento del corso d'acqua potrebbe evolvere in un evento di piena anomalo con conseguente carico solido particolarmente consistente che si verrebbe ad accumulare e che potrebbe generare una sorta di "mud flow".

Tuttavia l'eventualità ora prospettata appare ragionevolmente piuttosto remota sia perché ci si trova in un tratto montano dell'asta che, pertanto, drena un'area limitata, sia perché le caratteristiche delle frane interessate indicano una cinematica lenta e che difficilmente potrebbe coinvolgere gli accumuli di frana nella loro interezza.

In conclusione, quindi, questa criticità, che non emerge attraverso gli studi svolti con i metodi convenzionali, allo stato attuale delle conoscenze non può essere correttamente inquadrata in una precisa classe di pericolosità e, quindi, di rischio. Pertanto, in fase di sistemazione del bacino si dovrà tenere conto anche di questa problematica pur senza considerarla fra le emergenze prioritarie.

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.

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
bacino: CROVETTO

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, ecc) che non vengono normalmente tenuti in conto nella usuale modellazione idraulica, la progettazione di opere idrauliche dovrà prevedere consoni franchi.

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 idrogeologico, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico, che porta alla redazione della carta del rischio idrogeologico, 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.

La carta del rischio idrogeologico 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.

La carta del rischio idrogeologico, quindi, fornisce 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 le 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

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
bacino: CROVETTO

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, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli elementi a rischio. 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. A titolo di esempio, nel caso in esame, lungo l'asta principale si trovano varie abitazioni e viabilità prospicienti l'alveo (come già segnalato anche nel capitolo relativo alle criticità del bacino): 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 Determinazione del rischio idrogeologico

Il rischio idrogeologico, che ai sensi del D.L. 180/98 è costituito da rischio idraulico e rischio geomorfologico, è stato determinato tramite l'approccio sopra descritto. Il metodo è stato applicato (così come suggerito anche dall'atto di indirizzo relativo al citato D.L.) in modo più qualitativo che quantitativo. Non è stato cioè individuato il valore degli elementi a rischio in termini quantitativi né la specifica vulnerabilità dei singoli elementi, ma si è fornita una valutazione più globale e qualitativa che consente di individuare i fattori essenziali attraverso una procedura semplificata e che permette una sua gradazione in classi.

In particolare, si ricorda che si è assunto che la pericolosità P sia rappresentata dalle carte delle fasce di inondabilità e di suscettività al dissesto.

Si è inoltre assunta uniforme, e quindi pari a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, volendo dare un maggior peso alle caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, dato di difficile valutazione allo stato di conoscenza attuale nell'ambito del presente piano, anche per ragioni di scala dell'analisi.

La definizione degli elementi a rischio, secondo quanto indicato nella raccomandazione n. 4 dell'Autorità di bacino Regionale si basa sull'analisi della carta di uso del suolo e sull'individuazione delle seguenti quattro classi:

- E_0 : aree disabitate o improduttive
- E_1 : edifici isolati, zone agricole
- E_2 : nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori
- E_3 : centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi

Secondo la definizione del Comitato Tecnico Regionale i diversi gradi di rischio si determinano attraverso una matrice nella quale vengono posti in relazione le classi di pericolosità (idraulica e geomorfologica) con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla carta dell'Uso del suolo.

Da tale intersezione, si ottengono le seguenti quattro classi di rischio:

- R_1 : rischio moderato
- R_2 : rischio medio

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
bacino: CROVETTO

R₃: rischio elevato

R₄: rischio molto elevato

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio R₀ definita come rischio lieve o trascurabile, che permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche. Tale classe è, in pratica, qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

La carta del rischio idrogeologico che viene redatta rappresenta quindi le cinque classi di rischio sopra individuate e ha come finalità principale l'evidenziazione delle situazioni di maggiore criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Per la determinazione del rischio si sono adottate due matrici di rischio differenti per la parte idraulica e geomorfologica, in quanto il concetto di pericolosità P che si adotta nei due casi può assumere un significato fisico diverso.

- 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 rischio	Sigle uso del a 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 - 1.3.1	Tessuto urbano discontinuo - Infrastrutture viarie principali (al di fuori del tessuto urbano continuo) - Attività estrattive minori
E3	1.1.1 - 1.2.1 - 1.2.2 - 1.2.2 - 1.3.1	Tessuto urbano continuo - Aree industriali e commerciali - Reti autostradali - Attività estrattive

Nel bacino del Torrente Crovetto sono presenti alcune cave abbandonate e prive di qualsiasi controllo o monitoraggio nonchè talvolta interessate da fenomeni di dissesto di una certa entità: per tale ragione si è ritenuto di inserirle nella classe E3.

Dall'analisi della carta degli elementi a rischio risulta che:

- il bacino del T. Crovetto presenta una significativa porzione di territorio ricadente in classe E0 prevalentemente distribuite nella porzione superiore;
- le classi E1 sono localizzate a macchia di leopardo sempre nella porzione montana (nuclei insediativi agricoli) nonchè due vaste aree a monte degli abitati di Spotorno e Bergeggi (zone marginali al tessuto urbano);
- le classi E2 sono rappresentate sia da aree circoscritte comprese generalmente nelle zone E1 che da aree più ampie, spesso articolate secondo le vie di comunicazione secondarie, indicanti tessuto urbano discontinuo;
- la classe E3, oltre alle cave dismesse, la discarica, l'area portuale e la sede autostradale, individua il tessuto urbano compatto di Spotorno e Bergeggi interconnessi dalla sede della ex S.S. n.1 "Aurelia".

SETTORE TUTELA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE
SERVIZIO PIANI DI BACINO E LAVORI IDRAULICI

83

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
bacino: CROVETTO

- 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 può essere così schematizzata:

ELEMENTI A RISCHIO	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività alta	Aree in frana attiva
E0	R₀	R₀	R₀	R₁	R₁
E1	R₀	R₁	R₁	R₂	R₃
E2	R₀	R₁	R₂	R₃	R₄
E3	R₀	R₁	R₂	R₄	R₄

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).

- Rischio idraulico

La pericolosità, per quanto riguarda il rischio di inondazione, è legata al tempo di ritorno della portata di massima piena. Come già visto sono stati individuati essenzialmente tre livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio (T=200 anni) e uno basso (T=500 anni).

Il rischio idraulico è stato determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio, secondo le intersezioni indicative riportati nella matrice seguente:

ELEMENTI A RISCHIO	FASCE DI INONDABILITÀ		
	200 < T ≤ 500 fascia C	50 < T ≤ 200 fascia B	T ≤ 50 fascia A
E0	R₀	R₁	R₁
E1	R₁	R₂	R₃
E2	R₂	R₃	R₄
E3	R₂	R₄	R₄

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R₃ ed R₄) 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.

4.3 Carta del rischio idraulico

Dall'applicazione delle matrici del rischio idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalla carta delle fasce di inondabilità e degli elementi a rischio già elaborate per lo specifico bacino si è individuata la zonizzazione in classi di rischio riportata nella Carta del Rischio Idraulico.

Le situazioni di rischio molto elevato (R4) sono localizzate, per quanto riguarda il Torrente Crovetto, in Località Prelo, subito a valle dell'attraversamento ferroviario (in sponda destra) e nei pressi della copertura alla foce.

Il Rio Canin determina una criticità molto elevata lungo tutto il tratto indagato, dal rilevato ferroviario alla confluenza con il T. Crovetto.

La criticità più elevata dovuta al Rio Coreallo si riscontra nella fascia prospiciente l'alveo a monte dell'attraversamento ferroviario ed, in sponda sinistra, in corrispondenza del ponte di nuova costruzione.

Il rischio decresce poi da "elevato" (R3) a "moderato" (R1) in sponda destra distanziandosi dal corso d'acqua.

4.4 Carta del rischio geomorfologico

Per quanto riguarda il rischio geomorfologico l'analisi della carta evidenzia la seguente classificazione del bacino:

R0 (aree a rischio nullo o trascurabile):

- parte "montana" del bacino, in ragione, anche, dell'assenza di valenze socio-economiche;

R1 (aree a rischio geomorfologico moderato):

- la zona di versante infregio alla ex S.S. n.1 "Aurelia" a N del Custo di Bergeggi interessata da fenomeni di frane di crollo.
- Alcune vallecole trasversali a via XXv Aprile di Bergeggi interessate da presenza di coperture sciolte potenti al limite di stabilità:
 - valle Mianda e Valle d'Adda a Bergeggi con coperture al limite di stabilità;
 - porzione pedemontana N dell'abitato di Spotorno con coperture sciolte potenti;
 - asse autostradale dell'A10 con coperture al limite di stabilità;
 - asse Tosse-Ca' Badin con coperture al limite di stabilità;
 - asse della S.P. Spotorno-Magnone con coperture al limite di stabilità;
- Zone localizzate del bacino con problemi di stabilità di vario genere.

R2 (Aree a rischio geomorfologico medio):

- nucleo dell'abitato di Bergeggi.
- Falesie di Torre del Mare, Maremma e S. Antonio.
- Vallecole a margine dell'abitato di Spotorno e zona Trevo.
- Zone localizzate lungo l'asse dell'A10 e della S.P. Spotorno-Magnone.
- Zone localizzate dell'asse Tosse-cà Badin.

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
bacino: CROVETTO

- Ponte Gambino e Magnone.
- Zone localizzate a Voze e Chiariventi.
-

R3 (Aree a rischio geomorfologico elevato):

- alcune piccole frane attive/quiescenti alla Maremma, Magnone, Groppino e Chiariventi.

R4 (Aree a rischio geomorfologico molto elevato):

- falesia a monte della Aurelia in corrispondenza dell'area portuale di Bergeggi.
- Tre aree piuttosto vaste lungo l'asse della A10.
- La discarica dismessa di Masca Bruciata e la cava dismessa Inalea.
- Il fronte e piede cava urbanizzata in loc. Fornaci di Spotorno.

Per le altre cave dismesse, salvo diversa indicazione di rischio specifico, si è preferito considerarle in una classe a se stante.

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
bacino: CROVETTO

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] R.Ajassa-M.Motta: *Osservazione sui suoli della zona dell'altipiano delle Manie – Monte – Capo Noli*
- [2] A.Biancotti-G.Brancucci-M.Motta: *Note illustrative alla carta geomorfologica dell'altipiano delle Manie e dei bacini idrografici limitrofi (Liguria Occidentale)*
- [3] A.Biancotti-G.Brancucci-M.Motta: *Note illustrative alla carta geomorfologica dell'altipiano delle Manie e dei bacini idrografici limitrofi (Liguria Occidentale)*
- [4] Boni A. Vanossi M. (1972) "Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s." Atti Ist. Geol. Univ. Pavia – Vol.XXIII – Tav. XXIV.
- [5] G. Brancucci (1994) "Il clima della Liguria " – Osservatorio permanente Corpi Idrici della Liguria.
- [6] Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (1970) Foglio n° 92-93 "Alberga-Savona" Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- [7] G.B. Castiglioni "Geomorfologia" – UTET
- [8] D.Costantini "Il rischio geomorfologico e gli incendi boschivi: il caso del torrente Crovetto" tesi di laurea - Università di Genova - AA 1998/99
- [9] R. Garbarino " Lineamenti idrogeologici del territorio di Noli" tesi di laurea - Università di Genova - AA 1990/91
- [10] "Guide Geologiche Regionali- Alpi Liguri" (1991) - Società Geologica Italiana
- [11] A. Menardi Noguera (1982) "tettonica polifasata nel settore centro orientale del brianzonese ligure" boll . soc. geol, it. v.100
- [12] G.Pilla-S.Seno (1987): *Senso di taglio, direzione di trasporto, mesostrutture nello sviluppo di alcuni sovrascorimenti brianzonesi (Finalese- Alpi Liguri)*
- [13] P.Streiff (1956) *Zur Geologie des Finalese (Ligurien – Italien)* – Mitt. Geol. Inst. Zurich, 67, 1-88
- [14] M. Vanossi (1971): *Contributi alla conoscenza delle unità stratigraficheo-strutturali del Brianzonese ligure s.l. I° Le strutture tettoniche della zona tra Bardineto e Noli.* Atti Ist. Geol.Univ. Pavia- Vol XXI, 37-66
- [15] M. Vanossi, L. Cortesogno e Altri (1984) " Geologia delle alpi liguri: dati problemi ipotesi" mem . soc. geol, it. v.28
- [16] G. Vicino (1982): *Il Paleolitico inferiore in Liguria. Atti XXIII Riun. Scient. Ist. It. Di Preistoria e Protostoria-* 109-122, Firenze
- [17] CIMA "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri"
- [18] Ing. Giovanni Ciarlo "Progetto preliminare – 1° lotto - per il riassetto viario ed urbanistico delle aree interessate dall'attraversamento della SS n°1 Aurelia, nel tratto compreso fra i Comuni di Noli e Bergeggi "Analisi del rischio di esondazione del Torrente Crovetto e proposta di miglioramento della capacità di smaltimento"