



PROVINCIA DI GENOVA

# TORRENTE BRANEGA

**PIANO DI BACINO STRALCIO  
PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO**  
(ai sensi dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)



## **RELAZIONE GENERALE**

*Approvato con D.G.P. n. 29 del 23/04/2013*

Elaborato	Verificato	Regolarità tecnica	Data	Ed.	Rev.
Ufficio Pianificazione territoriale	Arch. Andrea Pasetti	Arch. Andrea Pasetti	23/04/2013	0	0

## **INDICE**

<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE E NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....	5
1.2 DATI UTILIZZATI .....	9
<b>2 . CARATTERISTICHE DEL BACINO</b> .....	<b>10</b>
2.1 GEOGRAFIA.....	11
2.2 GEOLOGIA .....	12
2.3 GEOMORFOLOGIA .....	14
<b>2.3.1 Reticolo idrografico</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3.2 Acclività</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3.3 Caratterizzazione delle coperture</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.4 Frane attive e franosità diffusa</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.5 Aree in erosione</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3.6 Fenomeni antropici</b> .....	<b>24</b>
2.4 IDROGEOLOGIA .....	26
2.5 USO DEL SUOLO .....	28
<b>2.5.1 Considerazioni generali</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5.2 Analisi delle categorie</b> .....	<b>29</b>
<b>2.5.3 Indice di efficienza idrogeologica</b> .....	<b>34</b>
2.5.3.1 L'indice di efficienza idrogeologica attribuito alle diverse tipologie di uso del suolo .....	36
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA .....	39
<b>2.6.1 Determinazione dei parametri caratteristici dei bacini</b> .....	<b>39</b>
2.6.1.1 Parametri fisici .....	39
<b>2.6.2 Catasto delle opere idrauliche</b> .....	<b>43</b>
2.7 IDROLOGIA DI PIENA.....	45
<b>2.7.1 PLUVIOMETRIA</b> .....	<b>50</b>
<b>2.7.2 PORTATE DI PIENA</b> .....	<b>61</b>
<b>3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO</b> .....	<b>64</b>
3.1 PREMESSA .....	64
<b>EVENTI DI PIENA – ASPETTI INDICATIVI DEI FENOMENI</b> .....	<b>64</b>
<b>ATTIVITA' A SCALA DI BACINO</b> .....	<b>66</b>
3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO (SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DI VERSANTI) .....	67
<b>3.2.1 Metodologia applicata</b> .....	<b>67</b>
3.2.2 COMMENTO.....	75
3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO (VERIFICHE IDRAULICHE ED AREE INONDABILI) .....	76
<b>3.3.1 Aree storicamente inondate</b> .....	<b>76</b>
<b>3.3.2. Verifiche idrauliche</b> .....	<b>77</b>
3.3.2.1 Verifiche globali .....	78
3.3.2.2 Risultati .....	81
<b>3.3.3 Aree inondabili</b> .....	<b>87</b>
3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO .....	90
<b>3.4.1 Sintesi delle criticità idrauliche</b> .....	<b>92</b>
<b>3.4.2 Sintesi delle criticità geomorfologiche</b> .....	<b>93</b>
<b>4. RISCHIO IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>96</b>
4.1 ELEMENTI A RISCHIO .....	96
4.2 RISCHIO IDRAULICO.....	97
4.3 RISCHIO GEOLOGICO .....	98
4.4 COMMENTO.....	99
INTERAZIONI EROSIONE-USO DEL SUOLO .....	101
AREE SOTTOPOSTE AL VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	106

## **PREMESSA**

I Piani di bacino, secondo quanto previsto dalla legge regionale n. 9/93, nascono per integrare tutte le conoscenze sul bacino, anche al fine di affrontare in modo multidisciplinare le problematiche idrauliche, geologiche, ambientali, urbanistiche e legate all'uso del territorio. La struttura complessiva del Piano di Bacino, così come previsto dalle leggi vigenti, necessita di studi molto complessi ed onerosi, non ottenibili in tempi brevi, con il rischio di ritardare l'efficacia dello strumento stesso anche per temi particolarmente urgenti.

*La decisione, presa dall'Amministrazione Provinciale, è stata quindi quella di predisporre i Piani di Bacino secondo stralci relativi a settori funzionali che devono, in ogni caso, costituire fasi sequenziali ed interrelate con i contenuti generali dei piani, come previsto dalla L. n° 493/93, al fine di dotare tempestivamente i soggetti competenti di efficaci strumenti di governo del territorio e di fronteggiare adeguatamente le emergenze cui la Provincia di Genova è frequentemente assoggettata.*

Tali stralci, anche secondo quanto suggerito nei «Contenuti generali e finalità» dei Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino ed in considerazione degli ulteriori criteri più recenti, redatti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale, riguardano in particolare i seguenti temi:

- rischio idrogeologico,
- situazione geologico - geomorfologica,
- revisione dei vincoli,
- definizione delle fasce fluviali

Per la predisposizione del Piano di Bacino stralcio del Torrente Branega nella sua prima redazione approvata con D.C.P. n. 53/2002, si sono resi necessari studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio, alle problematiche e criticità del bacino, che sono stati affidati ad un gruppo interdisciplinare di professionisti (in ogni gruppo è stata richiesta la presenza di almeno un geologo, un ingegnere idraulico, un forestale, un agronomo, un naturalista) al fine di definire, anche mediante apposita cartografia, il quadro conoscitivo completo ed organico su cui basare le scelte generali di politica di bacino in rapporto a tutte le azioni gestionali.

Successivamente il Comitato Tecnico Provinciale, previa la validazione dei dati effettuata a campione e l'integrazione del materiale elaborato da parte di alcuni giovani

neolaureati con l'incarico di consulenti, ha elaborato le linee della pianificazione, comprensive di una sintesi degli aspetti economici e finanziari, ha analizzato i canali di finanziamento possibili e stimato la loro prevedibile alimentazione, ha definito le modalità di attuazione del piano con norme, vincoli e direttive finalizzate a regolamentare le azioni ed i comportamenti dei soggetti operanti nel bacino, ha formulato i programmi di attuazione del Piano stralcio.

L'elaborazione del presente Piano di Bacino stralcio adempie a quanto indicato nel DPR del 18/7/1995 "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino" ed è intesa ad adeguarsi a quanto stabilito dall'art. 8 della L.R. n° 9/1993 che, in conformità alla L. n° 183/1989, agli artt. 2 e 15 detta le attività programmatiche e di pianificazione relative ai Piani di Bacino idrografico.

Si evidenzia che la redazione degli studi propedeutici relativi al bacino del torrente Branega è stata completata in epoca antecedente all'emanazione delle Raccomandazioni e dei criteri dell'Autorità di bacino regionale.

A seguito del parere vincolante espresso dalla Giunta Regionale con DGR 778/2011 e trasmesso dall'Autorità di bacino regionale con nota n. PG/2011/108362 del 27/7/2011, si è provveduto ad una revisione complessiva del Piano sia a livello normativo che cartografico, al fine di omogeneizzare la metodologia di redazione della Pianificazione di bacino su tutto il territorio provinciale, andando nell'ottica di un "Piano di bacino per la tutela dal rischio idrogeologico", riallineando quindi i contenuti del Piano di bacino, approvato con DCP 53/2002, ai criteri approvati a partire dal 2001 da parte dell'Autorità di bacino regionale.

Il Piano di Bacino Stralcio del torrente Branega approvato con D.C.P. n.53/2002 è stato redatto dall'Amministrazione Provinciale che si è avvalsa del parere del Comitato Tecnico Provinciale composto da:

Ing. Paolo TIZZONI Presidente - Dott. Geol. Michele BONFANTE esperto in materie geologiche - Prof. Ing. Paolo BARTOLINI, esperto in materia di ingegneria idraulica - Dott. Nat. Ilda VAGGE esperta in discipline naturalistiche - Dott. Geol. Mauro LOMBARDI Provincia di Genova - Arch. Pierpaolo TOMIOLO Provincia di Genova - Dott. Agr. Claudio CELLA Comunità Montana Valli Aveto-Graveglia-Sturla - Dott. Arch. Adriano BIAMONTI Comunità Montana Argentea - Geom. Mauro VIGO Comunità Montana Alta Val Polcevera - Geom. Sergio PIERGALLINI Comunità Montana Alta Val Trebbia - Geom. Angelo ALISMO Comunità Montana Valli Stura ed Orba - Geom. Giovanni GARAVENTA Comunità Montana Fontanabuona - Dott. Geol. Pierluigi TIMOSSI Comunità Montana Alta Valle Scrivia - P.A. Aldo

MASSA Comunità Montana Val Petronio - Sig.ra Tiziana BRIZZI e dott. ssa Valeria FLORIS segreteria e l'Ing. Cinzia ROSSI, quale rappresentante della Regione Liguria, senza diritto di voto.

Gli studi propedeutici al Piano sono stati eseguiti dal Gruppo interdisciplinare composto da: Dott. Ing. Pietro MISURALE; Dott. Agr. Angelo CONSIGLIERI, Dott. For. SACCHI, Dott. Cristina Rossi, Dott. Geol. Claudio SEBASTIANI; Dott. Geol. Francesco CIPOLLA (coadiuvati dal Dott. Geol. Paolo DI GIOVANNI )

Il Comitato è stato supportato dal Servizio Pianificazione, Programmazione e Realizzazione opere dell'Area 06 dell'Amministrazione Provinciale, composto dal Dott. Geol. Aurelio GIUFFRE', dal Dott. Geol. Stefano ODDONE, dall'Arch. Clara STERLICK, dal Dott. Geol. Lorenza CASALE, dal Dott. Geol. Maria FERRANDO, dall' Ing. Emanuela MARAGLINO, dal Dott. Paolo SPOTORNO, coadiuvati a tempo parziale dal Geom. Fabrizio BRICHETTO.

Hanno collaborato alla redazione del Piano il Dott. Geol. Alessandro TOMASELLI, il Dott. Geol. Claudio FALCIONI, il Dott. For. Luca IACOPI, il Dott. Nat. Paolo GENTA, il Dott. Nat. Sabrina BERTOLOTTO, il Dott. Arch. Anna COLOMBO, il Dott. Ing. Sara DELUCCHI, consulenti dell'Amministrazione Provinciale.

Il Piano di Bacino stralcio è stato adeguato, integrato, aggiornato, completato ed omogeneizzato dall'**Amministrazione Provinciale di Genova** che si è avvalsa di:

**A) Personale interno Ufficio Pianificazione di Bacino e Protezione Civile:**

- Dott. Mauro LOMBARDI - Dott. Biol. Maria TRAVERSO
- Dott. Geol. Aurelio GIUFFRE' - Dott. Geol. Lorenza CASALE
- Dott. Paolo SPOTORNO - Dott. Ing. Paolo PERSICO

**B) Collaboratori assunti a tempo determinato:**

Dott. Ing. Enrico POLLAROLO, Dott. Ing. Elisa CIRRI, Dott. Geol. Claudio DASSERETO, Dott. Biol. Chiara BELOTTI, Dott. For. Alessio PERCIVALE, Dott. Arch. Barbara GARRONE, Dott. Arch. Mariangela PERSANO, Geom. Elisa MARANGONI.

La presente edizione infine è stata aggiornata dall'Ufficio pianificazione territoriale con la supervisione del Direttore di Direzione.

## **1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO**

### **1.1 Quadro istituzionale e normativo 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 e più in generale da tutte le normative che definiscono l'ordinamento istituzionale, le attribuzioni di competenza e le relative responsabilità delle istituzioni rappresentate nelle Autorità di Bacino. In particolare, la legge 183/1989 «Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo» definisce finalità, strumenti e modalità dell'azione della pubblica amministrazione in materia di difesa del suolo, introducendo importanti innovazioni nella normativa vigente e soprattutto nella filosofia con cui affrontare in maniera più integrata ed organica il complessivo delle azioni intese a pianificare «il bacino». Inoltre, ai sensi anche della L.R. 36/97, il Piano di bacino, così come i suoi stralci funzionali, vincola, nelle indicazioni di carattere prescrittivo, la pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale con effetto di integrazione della stessa e, in caso di contrasto, di prevalenza su di essa. Per gli aspetti connessi alla pianificazione di bacino di rilievo regionale, il primo riferimento, in ordine temporale, è costituito dalla legge regionale 28 gennaio 1993, n. 9, di cui alcuni articoli sono stati abrogati dalla legge regionale 21 giugno 1999, n. 18. L'assetto dell'Autorità di bacino di rilievo regionale istituito con la L.R. 9/93 è stato modificato dapprima con la L.R. 18/99 e poi, più recentemente, dalla legge regionale 4 dicembre 2009 n. 58 che ha di fatto soppresso i Comitati tecnici preesistenti istituendo un unico Comitato tecnico di bacino e nuovi percorsi e tempistiche per l'approvazione dei piani e delle loro varianti. Tali criteri sono peraltro stati integrati nel tempo e formano oggi un mosaico complesso di determinazioni volte ad omogeneizzare e migliorare l'attività pianificatoria in campo regionale. Di questo corso di leggi occorre, in questa fase della pianificazione di bacino, sottolineare la legge 4 dicembre 1993, n. 493 ed in particolare l'art. 12 che integra l'art.17 della L.n.183/1989 con il comma 6 ter che recita: *«I Piani di Bacino idrografico possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali che in ogni caso devono costituire fasi sequenziali ed interrelate rispetto ai contenuti di cui al comma 3»* (richiama l'art. 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183).

Risulta necessario infine richiamare il Dlgs. n. 152/2006 che ha rivisto le norme in materia ambientale. Di seguito, viene riportata la tabella 1.1 in cui sono indicate le principali leggi relative alla pianificazione di bacino o comunque ad essa collegate.

Tabella 1.1: Riferimenti normativi attinenti la pianificazione di bacino

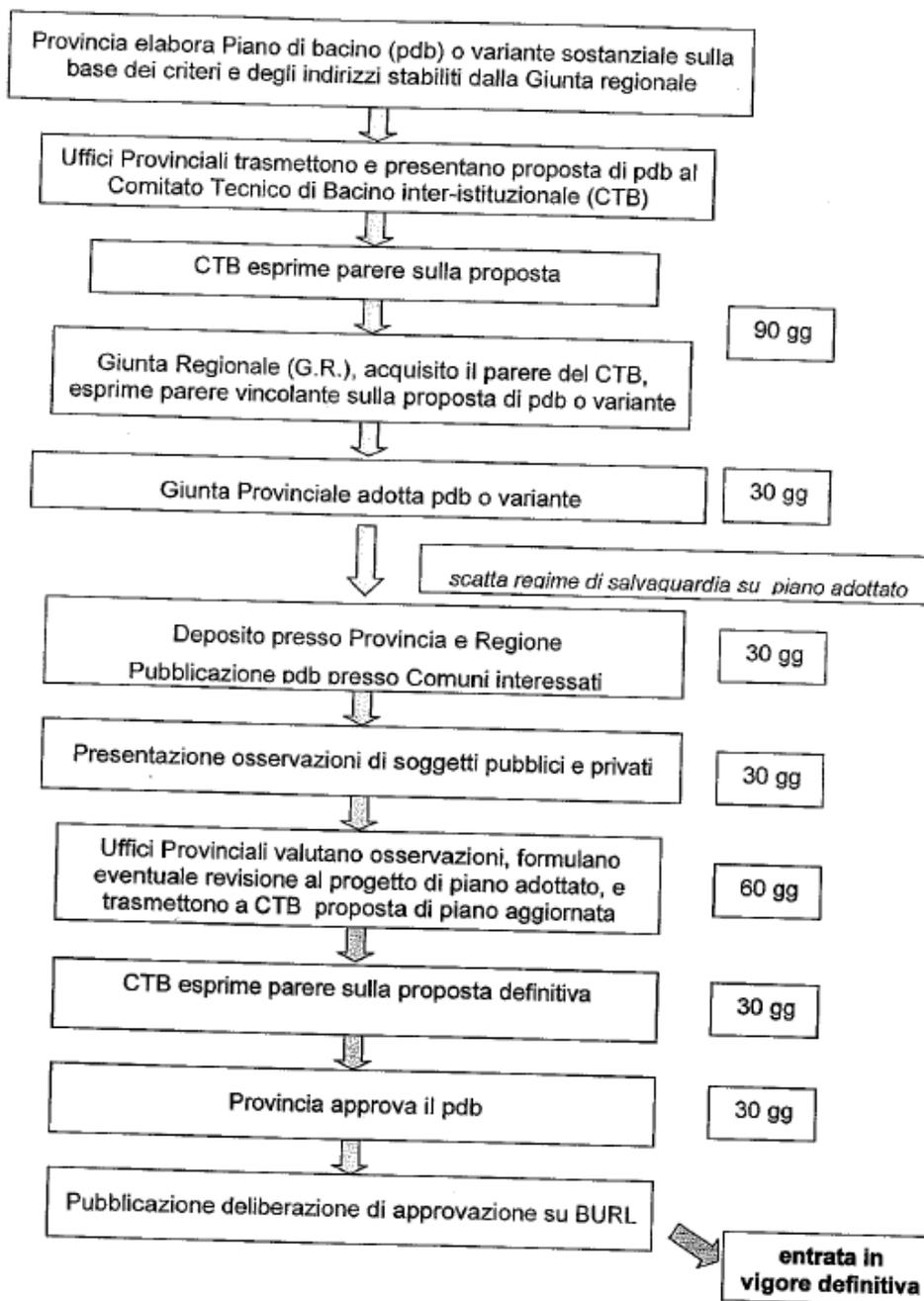
R.D. 523/1904	Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
D. lgs. lgt. 1019/1918	Modificazioni e aggiunte al D.L.Lgt. 4/10/1917 n. 1679, recante provvedimenti per opere pubbliche a favore di varie province del regno
R.D.L. 3267/1923	Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani
Legge 319/1976	Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento
D.P.R. 236/1988	Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'rt. 15 della legge 16/4/1987, n. 183
Legge 183/1989	Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
D.P.C.M. 23/3/1990	Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18/5/1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
Legge 142/1990	Riforma delle autonomie locali
Legge 253/1990	Disposizioni integrative alla legge 183/1989, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
L.R. 9/1993	Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n. 183
Legge 236/1993	Interventi urgenti a sostegno dell'occupazione
Decreto legislativo 275/1993	Riordino in materia di concessioni di acque pubbliche
Legge 493/1993	Disposizioni per l'accelerazione degli investimenti ed il sostegno dell'occupazione e per la semplificazione dei procedimenti in materia edilizia
Legge 36/1994	Disposizioni in materia di risorse idriche
Legge 37/1994	Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche
L.R. 45/1994	Norme in materia di sicurezza urbana da rischi idrogeologici
Legge 97/1994	Nuove disposizioni per le zone montane
Legge 22/1995	Interventi urgenti a favore delle zone colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche e dagli eventi alluvionali nella prima decade del mese di novembre 1994
Legge 265/1995	Modifiche e conversione del D.L. 154 Aumento di alcune provvidenze del D.L. 691 ed ulteriori correzioni al D.L. 646
D.P.R. 18/7/1995	Criteri per la redazione dei Piani di bacino, atto di indirizzo e coordinamento
L.R. 46/1996	Norme finanziarie in materia di difesa del suolo ed ulteriori modifiche alla L.R. 28/1/1993 n. 9 (Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n. 183). Modifiche alla L.R. 16/4/1984 n. 22 (Legge forestale regionale)
L.R. 36/1997	Legge urbanistica regionale
Legge 267/1998	Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania
Decreto legislativo 112/1998	art. 57 – Pianificazione territoriale di Coordinamento e pianificazione di settore, art. 87 – Approvazione Piani di bacino
L.R. 4/1999	Norme di foreste e di assetto idrogeologico
L.R. 18/1999	Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia
Legge 365/2000	Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000
Decreto legislativo 267/2000	Testo unico delle leggi sull'ordinamento degli enti locali.
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
D. lgs. 152/2006	Norme in materia ambientale.
L.R. 14/2006	Regime transitorio per l'esercizio delle funzioni delle Autorità di bacino di rilievo regionale ed interregionale.
L.R. 20/2006	Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale.
D.M. 14-01-2008	Norme tecniche per le costruzioni.
L.R. 58/2009	Modifiche all'assetto dell'Autorità di bacino.
L.R. 7/2011	Disciplina di riordino e razionalizzazione delle funzioni svolte dalle Comunità montane soppresse e norme di attuazione per la liquidazione.

Si fornisce di seguito il percorso per la formazione e l'approvazione dei piani di bacino così come previsti dalla legge regionale 4 dicembre 2009 n. 58.

L.R. 58 del 4/12/2010  
PROCEDURE PER FORMAZIONE E APPROVAZIONE PIANI DI BACINO

**PIANO DI BACINO E LORO VARIANTI SOSTANZIALI**

**Art. 9 e art. 10, c.4 della l.r. 58/2010**



Un 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.

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, nell’ “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.

Le attività previste dal DL 180/98 relative all’individuazione e alla perimetrazione delle aree a rischio di inondazione e a rischio di frana dovranno essere articolate nelle seguenti tre fasi:

- 1) individuazione aree soggette a rischio idrogeologico;
- 2) perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione 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 dell’individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (inteso come inondazione e frana).

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo, ma rappresenta una parte del Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del quale risulterà quindi parte integrante, inteso come Piano di bacino completo.

Esso viene quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 58/2009 e s.m.i..

Nell’ambito del presente Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico, sono stati seguiti le raccomandazioni, i criteri e gli indirizzi emanati dall’Autorità di bacino regionale a partire dal 2001.

## **1.2 Dati utilizzati**

Per la redazione del Piano sono stati utilizzati innanzi tutto i documenti testuali e cartografici relativi al Piano approvato con DCP n. 55/2002, successivamente le foto aeree in dotazione all'Amministrazione Provinciale ed alla Regione Liguria, le cartografie geologiche e geomorfologiche redatte dal Comune di Genova per la predisposizione del nuovo Piano Urbanistico Comunale adottato con DCC n. 92/2011, i dati interferometrici satellitari e la Cartografia del progetto CARG, insistenti sul territorio in esame.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale), che riporta il bacino nei fogli n° 213100 e 213140.

## **2 . CARATTERISTICHE DEL BACINO**

Lo studio è stato finalizzato all'individuazione dei lineamenti geolitologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici del bacino del Torrente Branega.

L'individuazione dei diversi fattori geologici, geomorfologici e dei parametri morfometrici è stata attuata riferendosi agli usuali standard di indagine geologica e geomorfologica.

In particolare, in una prima fase di analisi, si è svolta una ricerca documentale utilizzata quale base informativa. A ciò ha fatto seguito un'indagine diretta sul territorio effettuata sia mediante rilievi di campagna, sia utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografie aeree.

In questa fase sono stati individuati e descritti tutti quei fattori ritenuti rilevanti ai fini della valutazione delle condizioni di stabilità dei pendii ed acquisibili, ovvero cartografabili per aree vaste.

In particolare, i parametri rilevati in modo puntuale (per campione), ovvero tutti quegli elementi che presentano variazioni a scala locale, sono stati rappresentati su area vasta mediando il comportamento e cioè individuandone l'andamento prevalente.

Infine, in una terza fase operativa di lavoro, sono state effettuate le elaborazioni dei dati acquisiti finalizzate alla produzione delle sintesi finali.

La documentazione prodotta costituisce elemento base di conoscenza finalizzato alla programmazione di piccola e media scala (scala di bacino). Ogni applicazione dei risultati ottenuti ad areali più ristretti, ovvero a scala puntuale, attuata senza opportuni controlli e verifiche, potrà ingenerare valutazioni erronee non coerenti con la scala di riferimento.

## 2.1 Geografia

- *Ambito di bacino: Ambito 12 - Leiro*
- *Superficie: 4,8 kmq*
- *Comuni territorialmente competenti: Comune di Genova*
- *Quota massima del bacino: 881 m s.l.m. – Monte Cuccio*
- *Numero di dissesti principali: n. 13*
- *Lunghezza asta principale: 5 Km*
- *Opere idrauliche censite: n. 27*
- *Portata di piena: 115 mc/sec. (T=200 anni)*

Il bacino del torrente Branega è ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, a monte dell'abitato di Palmaro, tra Voltri e Prà, circa 14 Km a Ovest del centro di Genova.

Esso risulta compreso tra le coordinate geografiche 44° 25' e 44° 28' di latitudine Nord e 8° 47' e 8° 48' di longitudine Est.

E' delimitato dai bacini del rio Madonnette e del torrente Leiro a Ovest e a Nord-Ovest, dalla parte montana del bacino del torrente Varenna a Nord-Est, dal bacino del torrente S.Pietro a Est e dal Mar Ligure a Sud.

L'area complessiva del bacino è poco meno di 5 Kmq; la sua superficie è compresa interamente in comune di Genova. La sua forma è stretta e allungata con dimensioni pari a 5 Km circa di lunghezza e 1 Km circa di larghezza media.

Partendo dalla foce e proseguendo in senso orario, lo spartiacque si sviluppa secondo una direttrice S-N al confine con il bacino del rio Madonnette attraverso il Bric del Vento (205.4 m s.l.m.), per piegare poi leggermente verso Ovest raggiungendo il confine con il bacino del torrente Leiro sul monte Amandola (350.3 m s.l.m.). Da qui prosegue verso Nord-Est attraverso il Bric Suga (338.0 m s.l.m.), il Bric Colla (432.4 m s.l.m.) ed infine il Monte Cuccio (881.3 m s.l.m.) all'apice settentrionale del bacino. Piegando verso Sud lo spartiacque separa il bacino del torrente Branega dalla parte montana del bacino del torrente Varenna attraverso il Monte Riondo (709.7 m s.l.m.) ed il Bric Scogli Neri (616.9 m s.l.m.); esso prosegue infine verso Sud-Ovest prima e verso Sud poi, secondo una linea di separazione con il bacino del rio S.Pietro delimitata dal Bric Fagaggia (257.6 m s.l.m.), dal Bric Ciantavigna (175.7 m s.l.m.) e dal Bric Bacciocco (123.9 m s.l.m.) per scendere poi progressivamente sino al livello del mare.

La cima più alta è il Monte Cuccio (881.3 m s.l.m.) che si trova all'estremità settentrionale

del bacino.

L'asta principale del torrente Branega ha origine dalla confluenza tra il rio Bianco (con un bacino di 0.46 Km<sup>2</sup>) ed il rio Laira (con un bacino di 1.43 Km<sup>2</sup>) e del bacino, alla quota di circa 150 m s.l.m.

Il reticolo drenante è costituito da un'asta principale molto lunga in cui confluiscono una serie di affluenti, per la maggior parte in sponda destra, secondo una direzione sostanzialmente perpendicolare.

Il bacino risulta fortemente urbanizzato nella sua parte valliva per un tratto di circa 1 Km a monte del suo sbocco a mare; esso è attraversato in senso longitudinale dalla strada di collegamento tra Palmaro e le località Casette, Fabbrica Muraldo e, più a Nord, Case Prialava all'interno del sottobacino del rio Laira e, in direzione Nord-Ovest, Case Colla, sullo spartiacque con il bacino del torrente Acquasanta. La linea ferroviaria Genova-Ovada taglia trasversalmente la parte settentrionale del bacino attraversando i rii Laira, Bianco e dei Canali a monte della località Case Prialava.

Il tratto terminale del torrente Branega, è interessato, da monte verso valle, dall'attraversamento dell'Autostrada Genova-Savona (A10), con due viadotti affiancati, e, in prossimità dello sbocco a mare, dal doppio attraversamento ferroviario della linea Genova-Ventimiglia e dalla strada statale n.1 Aurelia. Lo sbocco a mare avviene all'estremità occidentale del canale di rispetto realizzato a seguito del completamento del porto di Voltri ed è interessato dalla nuova linea ferroviaria.

## **2.2 Geologia**

Relativamente agli aspetti strettamente geologici del bacino del t. Branega, si è fatto riferimento alla cartografia ed alle note illustrative del “Foglio Genova” nell’ambito del progetto nazionale “CARG” (il “Progetto CARG” =CARTografia Geologica, avviato nel 1988, prevede la realizzazione di fogli geologici e geotematici, alla scala 1:50.000, per la copertura dell’intero territorio nazionale).

L’area compresa nel “Foglio Genova” è da sempre considerata un’area di transizione tra la catena Alpina e quella Appenninica. Le Alpi liguri sono caratterizzate dalla sovrapposizione di Unità di crosta oceanica e di mantello, rappresentate da:

- Unità tettonometamorfica Figogna,
- Unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio

- Unità tettonometamorfica Palmaro-Caffarella
- Unità tettonometamorfica Voltri.

In particolare, le Unità tettonometamorfica Palmaro-Caffarella e Voltri, oltre alla Successione del bacino terziario piemontese, interessano l'intero bacino del t. Branega.

Nel redigere la carta geolitologica, sono state accorpate le litologie simili presenti nelle unità sopra riportate (ad es. tutti gli argilloscisti insieme) secondo il seguente schema:

Carta geolitologica "Piano di bacino"	CARG
Argilliti	Argilliti di Montoggio
Gessi	Gessi del Rio Riasso
Calcescisti	Calcescisti della Val Branega + Quarzoscisti di S. Alberto + Calcescisti del Turchino + Quarziti di Case Tavernino
Metabasiti	Metabasalti della Val Varenna + Metabasiti di Rossiglione + Metabasalti di Cravasco
Metagabbri	Bric Fagaggia + Metagabbri di Carpenara + Metagabbri eclogitici della Colma + Metagabbri di Gherzi + Metagabbri di Rocca Crescione + Metagabbri di Monte Lecco
Serpentiniti	Serpentiniti di S. Carlo Cese + Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente + Serpentiniti di Case Bardane
Lherzoliti-peridotiti	Peridotiti lherzolitiche del monte Tobbio
Brecce	Brecce della Costa di Cravara + Metaoficalciti di Pietralavezzara
Conglomerati	Formazione di Molare + Conglomerati di Savignone
Calcari marnosi (e flysch):	formazione del Monte Antola
Argilloscisti	Argilliti di Montanesi + Argilliti di Mignanego + formazione di Ronco + Argilloscisti di Costagiutta + Argilloscisti di Murta + metacalcari di Erzelli + Scisti filladici del monte Larvego + Meta-argilliti di Bessega
Diaspri	Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia + Metasedimenti silicei dell' Osteria dello zucchero
Calcari	Calcari di Voltaggio + Calcari di Lencisa + Calcari di Gallaneto
Dolomie	Dolomie del Monte Gazzo

Per la descrizione specifica di ogni litologia si rimanda alle "note illustrative" allegate al foglio Genova. Nella carta geolitologica sono stati riportati dalla carta CARG solo gli affioramenti che presentano un'estensione minima pari a mezzo ettaro.

Esaminando la "carta geolitologica" emerge che la maggior parte del bacino è caratterizzata dalla presenza di serpentiniti. La testata del bacino è contraddistinta dalle lherzoliti in contatto tettonico con le serpentiniti. Tale contatto è fortemente alterato e dà origine ad un'ampia fascia cataclastica. Tale situazione si ripete anche nella parte centrale del bacino.

I metagabbri affiorano sia nella parte centrale che nella parte terminale del bacino, così come i calcescisti. Nella zona dell'Acqua Sulfurea ed a nord-est di Case Fagaggia si

individuano le Breccie di Costa Cravara.

Le metabasiti sono localizzate nella zona dell'Acqua Sulfurea -a sud di Case Colla- ed a confine col Quartiere Canova, nei pressi di Monte Superiore. La parte terminale del t. Branega, nel tratto fortemente urbanizzato, è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali.

## 2.3 Geomorfologia

L'analisi dei lineamenti morfologici ha avuto lo scopo di individuare le forme e la dinamica morfologica dell'area. In rapporto alle finalità del lavoro, sono stati studiati gli elementi più caratteristici di instabilità geomorfologica. In particolare sono stati analizzati:

- l'andamento areale delle coperture detritiche superficiali e le caratteristiche generali di comportamento in relazione alle diverse litologie di substrato;
- le forme ed i processi geomorfologici connessi alla gravità;
- le forme ed i processi legati all'azione delle acque correnti superficiali;
- l'esame dei fenomeni antropici che determinano un'elevata influenza sulla stabilità dei versanti.
- Lo stato di conservazione della roccia affiorante e subaffiorante e la relativa disposizione delle strutture rispetto al versante.

Per i diversi elementi si è analizzato lo *stato di attività* individuando forme e processi attivi e quiescenti e stabilizzati.

Sono stati considerati **elementi attivi** quelle forme e processi che risultavano in atto al momento del rilevamento, mentre sono stati considerati **quiescenti** quelle forme e quei processi che, pur non risultando attivi, sono suscettibili di riattivazione nell'ambito dell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico; infine sono considerate **stabilizzate** quelle forme che non sono più soggette alle cause che le hanno originate. Le indagini sono state condotte sia attraverso rilievi di campagna, sia utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografie aeree.

L'indagine di telerilevamento si è svolta su fotogrammi di epoca diversa<sup>(1)</sup>: ciò ha permesso di individuare l'evoluzione del territorio per una finestra temporale di circa

---

<sup>1</sup> (1) Riprese aeree scala 1:13000 - anno 1974 (fotogrammi in bianco e nero); Riprese aeree scala 1:13000 e

30 anni.

### 2.3.1 Reticolo idrografico

La gerarchizzazione è stata effettuata mediante il metodo di Horton-Strahler, che prevede le seguenti procedure di ordinamento:

- le aste che hanno origine da una sorgente o che non presentano comunque affluenti sono definite come aste del primo ordine;
- quando due aste di ordine  $i$  confluiscono, l'asta ricevente assume l'ordine  $i+1$ .
- quando due aste di ordine diverso confluiscono, l'asta successiva assume l'ordine maggiore fra quelli delle due aste affluenti.

In base a tale metodologia il bacino del torrente Branega è classificabile di ordine 4. Il numero complessivo delle aste individuate è 95, di cui 74 di ordine 1, 16 di ordine 2, 4 di ordine 3 e 1 di ordine 4.

Nella “Carta idrogeologica” è riportata in scala 1:10000 la gerarchizzazione del reticolo idrografico unitamente ai limiti del bacino principale.

La schematizzazione è stata condotta suddividendo l'intero bacino in unità fisiografiche elementari che formano i sottobacini principali del torrente Branega. Tali sottobacini sono quelli individuati dalle chiusure intermedie dell'asta principale e dai principali affluenti. Per ciascuna delle chiusure individuate sono stati tracciati i limiti di bacino individuando i relativi spartiacque sulla cartografia tecnica regionale in scala 1:5000.

Sono state identificate 19 chiusure, a ciascuna delle quali è stato assegnato un numero di riferimento. Tale suddivisione ha consentito di individuare all'interno del bacino anche una serie di aree scolanti delimitate dagli spartiacque dei singoli sottobacini e dagli stessi nodi del reticolo.

La suddivisione dei sottobacini e le relative sezioni di chiusura sono riportate in scala 1:10000 nella “Carta dei sottobacini e di ubicazione delle sezioni di chiusura” e in scala 1:25000 nell’Allegato “Parametri caratteristici del bacino”. Nell’ Allegato “Parametri caratteristici del bacino” è inoltre riportato lo schema del reticolo

---

1:1000 - anno 1993 (fotogrammi a colori)

idrografico con l'indicazione dei nodi del reticolo e delle relative aree scolanti. Con riferimento alla gerarchizzazione di Horton-Strahler i reticoli idrografici sottesi dalle 19 sezioni di chiusura hanno in tre casi “ordine 2”, in dieci casi “ordine 3”, in sei casi “ordine 4”. Per ciascuna delle sezioni individuate sono state predisposte delle schede tecniche riassuntive riportate nell' Allegato “Parametri caratteristici del bacino” contenenti tutte le informazioni e i parametri caratteristici dei bacini sottesi tra cui il numero d'ordine.

### **2.3.2 Acclività**

L'esame dei parametri morfologici ha come scopo fondamentale l'individuazione di elementi di riferimento che, unitamente a fattori geologici, geomorfologici e di uso del suolo, sono ritenuti importanti per la determinazione della suscettività al dissesto.

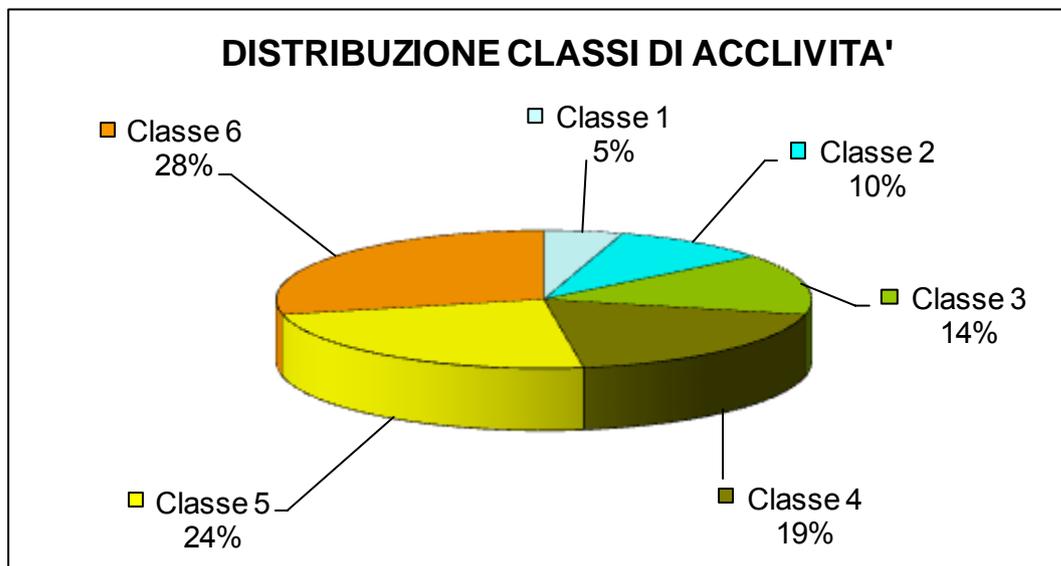
Molteplici sono i parametri morfometrici associati ai versanti che possono costituire elementi discriminanti della franosità. In particolare sono ritenuti importanti: l'area, il perimetro, indice di forma, la quota media, la magnitudo, la pendenza media e l'orientamento. Nell'ambito dell'attività svolta sono stati presi in considerazione quei parametri che più usualmente vengono utilizzati quali elementi di riferimento: l'acclività e l'orientamento dei versanti.

Per poter esprimere valutazioni di maggiore dettaglio è stato necessario redigere la “Carta dell'acclività”, per la quale è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Genova. Sono state distinte sette classi di acclività evidenziate con colori percentuali in tono crescente secondo l'intervallo della pendenza del terreno. I valori sono espressi in percentuale, da un minimo di 0%, che corrisponde alla pendenza nulla (pianura), ad un massimo di 100%, che corrisponde a 45° di pendenza.

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri. Le variazioni di pendenza sono state valutate individuando sette classi di riferimento e così suddivise:

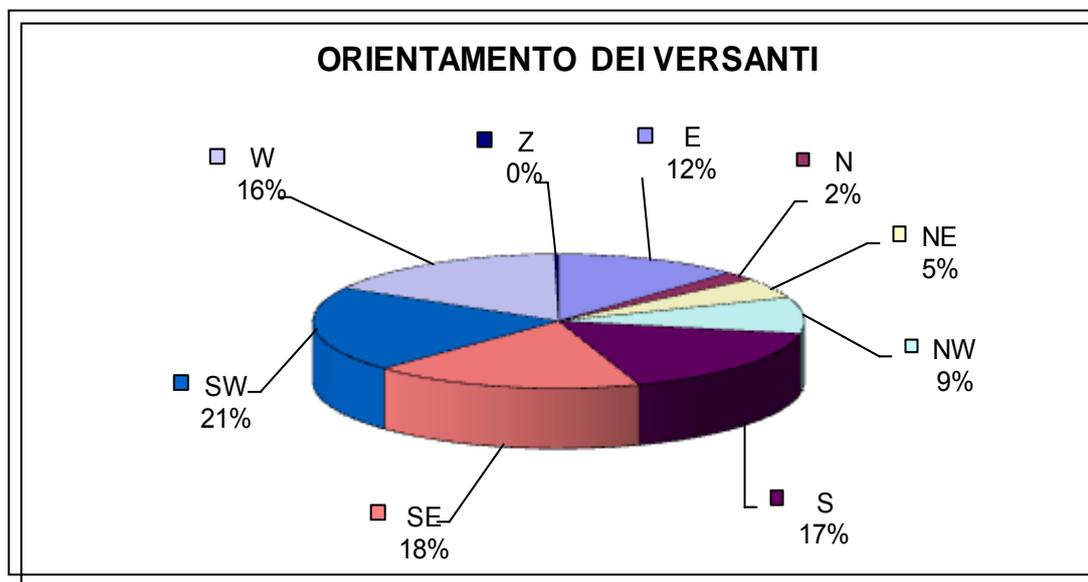
- classe 1, acclività 0%-10%;
- classe 2, acclività 10%-20%;
- classe 3, acclività 20%-35%;

- classe 4, acclività 35%-50%;
- classe 5, acclività 50%-75%;
- classe 6, acclività 75%-100%;
- classe 7, acclività >100%;



Nel territorio in esame si è riscontrato che le classi maggiormente rappresentate risultano la classe 5 e la classe 6. Non si rilevano nell'area versanti con acclività  $\geq 100\%$ .

Anche la Carta dell'orientamento dei versanti è stata ricavata da quella regionale ottenuta mediante il DTM del 2001. Nell'analisi dell'orientamento dei versanti sono state associate nove classi di riferimento: nord, est, sud, ovest, nord-est, sud-est, sud-ovest, nord-ovest e zenitale. La maggior parte dei versanti presenta un orientamento verso sud-ovest.



### 2.3.3 Caratterizzazione delle coperture

La presenza di roccia affiorante ovvero di depositi detritici superficiali rappresenta parametri importanti nella valutazione e caratterizzazione della stabilità dei versanti.

Sono stati, perciò, distinti settori a prevalente roccia affiorante ed aree con copertura detritica. Quest'ultima è stata distinta, inoltre, in base agli spessori.

Le aree caratterizzate dalla presenza di roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino ad 1 metro di spessore, sono state suddivise in quattro classi:

- ➡ *“Ro” nel caso in cui la roccia subaffiorante si presenti con caratteristiche strutturali e tessiturali non visibili;*
- ➡ *“R” nel caso in cui il substrato roccioso, affiorante e/o subaffiorante, mostri una disposizione favorevole o indifferente alla stabilità delle proprie strutture (strati e fratture) rispetto al pendio*
- ➡ *“Rs” nel caso di disposizione sfavorevole di dette strutture*
- ➡ *“Rf” nel caso, molto più comune rispetto al precedente, di substrato in scadenti condizioni di conservazione, alterato e fratturato e/o con ricorrente variabilità giaciturale*

I diversi settori sono stati campiti mediante valutazioni puntuali ed analisi su aree campione dove è stato individuato il comportamento prevalente dei diversi litotipi di substrato.

Sono state, infine, effettuate valutazioni in rapporto alla pendenza dei versanti ed all'assetto vegetazionale.

L'informazione ottenuta ha permesso così una discretizzazione del territorio del bacino del Torrente Branega in *settori ad andamento prevalente* che si ritiene assai significativa in rapporto al livello di scala del lavoro.

In particolare, aree caratterizzate da roccia affiorante con copertura eluvio-colluviale discontinua inferiore ad un metro con caratteristiche tessiturali non visibili (*Ro*), si trovano prevalentemente nella porzione Nord-orientale, occidentale e meridionale del bacino; mentre le aree caratterizzate da roccia in buone condizioni di conservazione, si riscontrano prevalentemente in corrispondenza del complesso ultramafitico (serpentiniti e lherzoliti) nei settori nord-orientale e centrale del bacino.

Le aree con roccia fratturata seguono una direttrice Nord-Sud e vanno ad interessare in maniera prevalente, il complesso serpentinitico. Infine, le aree caratterizzate da roccia in buono stato di conservazione ma con disposizione delle strutture sfavorevoli rispetto al pendio, sono di modesta ampiezza e si sviluppano lungo l'asta fluviale del Torrente Branega.

L'elevata predisposizione alla disgregazione ed alterazione dei calcescisti e micascisti spesso non permette una distinzione netta tra il terreno di copertura ed il substrato roccioso.

Generalmente si riscontra, infatti, la presenza di uno strato intermedio di alterazione, "*cappellaccio*", talvolta di potenza elevata, le cui caratteristiche meccaniche risultano scadenti e paragonabili a quelle dei terreni di copertura.

Nell'ambito del complesso ultramafitico, gli accumuli detritici con potenze importanti risultano localizzati in porzioni limitate di versante e non facilmente cartografabili in rapporto alla scala del lavoro. Le coperture superficiali sono rappresentate prevalentemente da conoidi di falda pedemontana a tessitura grossolana che si rilevano ai piedi dei versanti interessati da fenomeni di crollo e scivolamento nelle parti medio-alte.

Nei settori del bacino in cui prevale il complesso dei calcescisti, generalmente, si rileva la presenza di una copertura eluvio-colluviale.

Gli spessori delle coperture risultano mediamente compresi tra 1 e 3 metri (*coltri sottili*). Non si rilevano estese porzioni di aree, cartografabili alla scala del lavoro, con potenza superiore ai 3 metri (*coltri potenti*).

Di fatto, accumuli con potenze superiori ai 3 metri, si riscontrano localmente in corrispondenza di corpi di frana, di fasce e di zone fortemente tettonizzate, ai piedi dei versanti ed in zone caratterizzate da livelli elevati di alterazione del substrato roccioso.

Nell'ambito dell'analisi delle coperture superficiali è stata valutata, inoltre, la distribuzione delle alluvioni di fondovalle.

Le alluvioni presentano una diffusione areale ridotta, occupando l'alveo e limitate aree adiacenti i torrenti principali.

Le alluvioni antiche e recenti risultano generalmente terrazzate e spesso miste a detrito di fascia pedemontana.

#### 2.3.4 Frane attive e franosità diffusa

L'analisi dei lineamenti geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici è stata diretta principalmente all'individuazione della franosità reale.

I risultati delle indagini sono stati sintetizzati su una serie di cartografie tematiche realizzate utilizzando quale base di riferimento cartografico la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

I fenomeni di instabilità di versante sono processi di modificazione del territorio che si realizzano in rapporto a diversi fattori di ordine geologico, morfologico, climatico ed antropico.

Tali fenomeni si sviluppano con modalità diverse nei diversi “ambienti” geologici e geomorfologici, sotto le più diverse condizioni climatiche e si evolvono attraverso meccanismi e cinematismi estremamente variabili.

La franosità si esplica, inoltre, sia come risultato dell'azione a lungo termine di una serie di fattori responsabili, sia come processo connesso a modificazioni parossistiche o comunque di breve durata. La franosità risulta, dunque, un processo variabile nello spazio e nel tempo.

E' evidente, quindi, come sia necessario un'analisi del problema in modo sistematico, compatibilmente con le difficoltà connesse alla generalizzazione del problema stesso.

L'analisi della franosità reale è momento fondamentale nell'indagine finalizzata all'identificazione del comportamento di *area vasta*; dalla conoscenza della franosità reale si traggono sia informazioni sull'assetto attuale del territorio sia utili elementi di predizione del comportamento potenziale nello spazio del territorio stesso.

La valutazione della probabile distribuzione temporale dei fenomeni risulta di difficile attuazione soprattutto in rapporto alla mancanza di dati statistici sistematicamente raccolti con continuità e necessari per la determinazione della ricorrenza dei processi franosi.

Nel bacino del Torrente Branega le indagini sono state condotte effettuando sia rilievi di campagna sia utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografie aeree.

L'indagine di telerilevamento è stata condotta su fotogrammi di epoca diversa: ciò ha permesso di individuare l'evoluzione del territorio per una finestra temporale di circa 30 anni.

E' stata valutata la presenza di movimenti franosi di “*grandi*” dimensioni e sono stati rilevati tutti quei dissesti che, in rapporto al livello scala del lavoro ed alle metodologie di indagine utilizzate, determinano significativi squilibri in rapporto alle unità geomorfologiche di riferimento (versanti principali o embacini).

Sono stati altresì rilevati quei fenomeni di ridotte dimensioni che hanno rilevanza tipicamente puntuale e che spesso risultano in stretta connessione con modificazioni antropiche del territorio ed elencati sotto la voce di “*frane non cartografabili*”. In particolare sono state classificate come zone a franosità diffusa tutte quelle aree nelle quali si sono rilevate concentrazioni di movimenti diffusi superficiali, non cartografabili singolarmente, i quali assumono comunque rilevanza nell'ambito dell'evoluzione complessiva del versante.

E' significativa l'ampia zona a franosità diffusa attiva che si estende a sud del Bric Colla e che comprende la località Penna, così come la porzione di versante a valle del Bric Ciantavigna che insiste sul Torrente Branega, sponda sinistra. Risultano invece quiescenti sia l'area sita presso la zona di testata del Rio Fontana Marsa, a S-E del M. Amandola, sia l'area a S-E del Bric del Vento e che comprende l'abitato di Ravaso.

Particolarmente significative risultano le nicchie di erosione quiescenti poste nei pressi dell'abitato di Penna e nella zona di testata del Rio Rivassa. Altri fenomeni di arretramento morfologico sono localizzati presso “Pian Grande” nella parte media del bacino, versante destro.

Infine, sulla base dei dati disponibili, è stato analizzato il comportamento del terreno in rapporto a fenomeni pluviometrici intensi e concentrati.

In generale i diversi fenomeni franosi individuati sono stati classificati in base alla geometria, tipologia, età, attività; sono stati, inoltre, evidenziati i principali parametri identificativi ed i principali attributi geoambientali nonché i probabili fattori predisponenti ed innescanti.

In particolare i fenomeni osservati sono stati classificati individuando “*zone a franosità diffusa*” e cioè aree interessate da movimenti diffusi e mal cartografabili singolarmente e “*corpi di frana*” e cioè movimenti in cui gli elementi morfologici (nicchia di distacco e accumulo) risultano ben individuabili.

In relazione alla tipologia sono stati distinti movimenti franosi per *scivolamento*, *crollo* e *colamento*; sono stati inoltre definiti *complessi* quei fenomeni dove le diverse

tipologie risultavano associate.

Sostanzialmente i fenomeni franosi *complessi* sono interpretati come il risultato della combinazione, nello spazio e nel tempo, dei tre tipi fondamentali di movimento, ognuno dei quali contribuisce in modo diverso a definire il carattere cinematico complessivo del dissesto.

I diversi movimenti franosi sono stati classificati rispettivamente attivi, quiescenti e stabilizzati, in rapporto alle evidenze dirette ed indirette osservate nel corso delle attività di rilevamento. L'età è stata individuata utilizzando i rilievi effettuati su fotografie aeree di epoca diversa. In particolare, nel territorio esaminato, si rileva che, in rapporto all'andamento meteorologico medio degli ultimi trenta anni, non si sono verificate frane di prima generazione di dimensioni importanti. Rilevante, invece, è l'attività connessa a riattivazioni di situazioni pregresse.

Questo andamento evolutivo, anche se non utilizzabile come elemento predittivo assoluto, evidenzia una tendenza abbastanza generalizzata, in rapporto alle attuali condizioni meteo-climatiche medie, per cui i fenomeni franosi sono caratterizzati da prevalenti processi di riattivazione di movimenti pregressi e subordinatamente da movimenti di prima generazione. Nell'ambito dell'analisi della franosità reale particolare attenzione è stata rivolta all'individuazione di movimenti di “grandi” dimensioni. Si tratta di frane *ereditate* da epoche passate che generalmente risultano in stato di quiescenza da lungo tempo e che, talvolta, sono suscettibili di riattivazioni parziali o totali.

In fase di pianificazione l'individuazione di tali fenomeni riveste un'importanza fondamentale in rapporto agli interventi antropici soprattutto di grandi dimensioni; molte delle casistiche generalmente osservate, infatti, evidenziano un forte *nesso causale* tra rimobilizzazioni ed interventi antropici.

Solo in corrispondenza del Rio Rivasso (affluente sinistro del Torrente Branega), il cui originario sviluppo è probabilmente connesso alle caratteristiche tettoniche e strutturali, la presenza di una particolare morfologia è stata interpretata come una antica frana.

Durante l'evento alluvionale dell'autunno 2000, si è verificato nella zona di testata del rio Nuccio (affluente del rio Bianco) un esteso movimento franoso, tuttora attivo, che ha interessato la linea ferroviaria Ge-Ovada.

Da ultimo è stato valutato il comportamento del territorio in particolari condizioni

meteoclimatiche.

In corrispondenza di piogge intense e concentrate, infatti, si sviluppano, lungo i versanti, fenomeni di instabilità del terreno di copertura superficiale che in grandissima prevalenza corrispondono tipologicamente a colamenti rapidi (prevalentemente *soil-slip*). Si tratta in genere di movimenti di ridotte dimensioni che in rapporto alle caratteristiche dell'evento possono raggiungere elevatissime concentrazioni per unità di superficie (Es. Zona nei pressi di loc. Penna e tra il Bric del Vento e Monte Superiore). Altro esempio più recente, è rappresentato dal movimento franoso che si è verificato in corrispondenza della confluenza tra il rio Anassi inferiore ed il t. Branega nel settembre 2010.

Sostanzialmente l'attivazione e il grado di concentrazione di tali fenomeni è condizionato dalle caratteristiche di sviluppo dell'evento, dai quantitativi di pioggia cumulata e dall'intensità di pioggia che si verifica durante l'evento stesso. Alcuni autori hanno proposto “*soglie*” pluviometriche per l'insacco di tali fenomeni basate sull'analisi statistica di uno o più eventi catastrofici. Tuttavia per ottenere stime significative occorre disporre di attendibili dati pluviometrici, della distribuzione dei movimenti franosi occorsi nell'evento, nonché dei probabili tempi di innesco. Questa metodologia di valutazione risulta però allo stato attuale di difficile generalizzazione ed applicazione.

Infine, vale la pena ricordare come durante l'evento alluvionale del 23 settembre 1993 nell'area del bacino del Torrente Branega la distribuzione dei movimenti franosi abbia avuto una ridotta incidenza. E' evidente che, in prima approssimazione, tale comportamento può essere giustificato dalla prevalenza di roccia affiorante presente nel bacino.

### **2.3.5 Aree in erosione**

Sono state analizzate forme e processi di *erosione idrica* sia perché esse possono costituire importante elemento di dissesto, sia per lo stretto rapporto che, talora, tale elemento ha con i movimenti di massa.

In particolare si è osservata l'erosione lungo le aste torrentizie, laterale e di fondo, nonché i fenomeni erosivi diffusi sui versanti.

Lungo i versanti sono state rilevate tutte quelle zone in cui si è riscontrata una

propensione al denudamento, sia dei terreni di copertura che dei materiali disgregati derivanti da disfacimento del substrato roccioso.

Sostanzialmente sono state identificate quelle zone scarsamente vegetate presenti in corrispondenza di versanti ad elevata pendenza, di forma prevalentemente allungata che influenzano la concentrazione del ruscellamento.

In alcune situazioni si è spesso rilevato che l'azione erosiva e l'azione gravitativa sono in stretto rapporto. In tali casi il termine *erosione* è stato utilizzato nel suo significato più ampio.

I processi di erosione spondale sono stati segnalati soprattutto in corrispondenza di zone in cui tale fenomeno risulta marcatamente evidente e per tratti d'alveo in curva dove l'azione dell'acqua può determinare scalzamenti di materiale lungo le sponde esterne.

Vale la pena citare la forte erosione spondale lungo il torrente Branega poco a valle della confluenza tra il Rio delle Figlie e il Rio Monte Cuccio, a monte della confluenza con il Rio Lagaccio ed a valle dell'abitato di Casette.

Sono stati, infine, individuati i tratti d'alveo con evidenti incisioni di fondo ovvero quei tratti dove, in rapporto ad un'evoluzione a lungo termine, si riscontra una prevalente erosione di fondo dell'alveo stesso.

Questo tipo di fenomeni è localizzato principalmente lungo gran parte dell'asta principale del torrente Branega ed in corrispondenza dei Rii Monte Cuccio, Pian delle Figlie, Bianco, Anassi e Fontana Marsa.

Fortemente sviluppato è anche il ruscellamento diffuso arealmente individuabile nella zona di testata del torrente Branega e, soprattutto, lungo i versanti tra il Monte Amandola ed il Bric Colla.

### **2.3.6 Fenomeni antropici**

E' noto come i fenomeni antropici determinano forti interferenze con l'assetto dei versanti e l'evoluzione geomorfologica naturale del territorio.

Per alcuni elementi antropici si è analizzata la rilevanza che questi hanno sul territorio esaminato; in particolare si sono individuate modificazioni connesse ad attività estrattive di cava ed alla realizzazione di sbancamenti e riporti di importanza rilevante. Per quanto riguarda le attività estrattive si evidenziano modificazioni nel territorio del bacino di limitata incidenza. Sono presenti infatti alcune cave di ridotte

dimensioni attualmente dismesse, nei pressi degli abitati di Casette e Garago. In rapporto a modificazioni connesse a sbancamenti e riporti non si rilevano situazioni che abbiano determinato trasformazioni di forte incidenza sul territorio.

## 2.4 Idrogeologia

Le valutazioni delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area del bacino del Torrente Branega hanno carattere generale ed indicativo in quanto ottenute dall'esame della permeabilità relativa delle diverse litologie presenti.

Nel definire il grado di permeabilità si sono analizzate le diverse caratteristiche litologico-strutturali, nonché la presenza o meno di contatti di permeabilità o particolari zone di impregnazione idrica.

Il territorio è stato così suddiviso in settori a diverso grado di permeabilità associati a differenti comportamenti idrogeologici.

Nel definire il grado di permeabilità non si è tenuto conto dell'influenza di parametri quali la pendenza, l'uso del suolo, lo stato di saturazione del terreno e l'intensità pluviometrica che, a parità di litologia, determinano risposte idrogeologiche diverse e che risultano fondamentali, per esempio, nel calcolo delle portate di piena prevedibili derivate dall'analisi delle piogge efficaci. Tale aspetto è stato compiutamente affrontato nell'analisi idraulico-idrologica.

Sono state individuate due classi fondamentali di permeabilità associate ai complessi litologici principali presenti nell'area: le ultramafiti in genere, il complesso dei calcescisti.

Le ultramafiti sono state classificate *permeabili per fratturazione*, con circuiti idrici, anche profondi, fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle diverse discontinuità presenti.

In rapporto al tipo di circolazione (circolazione in mezzo *non darcyano*) è importante segnalare che il meccanismo e la dinamica d'infiltrazione influenzano la genesi di movimenti franosi in tali ammassi rocciosi. In particolare, mentre in condizioni di precipitazioni di normale entità si determina un'elevata infiltrazione d'acqua, in condizioni di piogge intense e concentrate la capacità di infiltrazione si riduce notevolmente e lungo le discontinuità si generano incrementi di pressione interstiziale che possono risultare causa scatenante di movimenti franosi.

Il complesso dei calcescisti è stato classificato come *semipermeabile per fratturazione*. Il ridotto grado di permeabilità relativa è fortemente connesso ai fenomeni di alterazione che interessano tali materiali. I prodotti d'alterazione, infatti,

tendono ad intasare le discontinuità presenti rallentando e limitando i processi di circolazione idrica.

Nell'ambito del bacino, quindi, l'infiltrazione nel complesso dei calcescisti va ad alimentare una circolazione idrica prevalentemente superficiale caratterizzata da una rete di flusso discontinua.

In corrispondenza delle coperture detritiche le circolazioni idriche sono riconducibili ad uno schema di flusso lungo orizzonti ben determinati e spesso isolati. In particolare, in prossimità del substrato roccioso, fenomeni di impregnazione idrica del terreno di copertura possono essere connessi con sorgenti poste nel substrato, mentre in corrispondenza del piano campagna la circolazione idrica è in stretta connessione con gli apporti meteorici.

Al verificarsi di eventi intensi e concentrati gli strati più superficiali dei terreni di copertura vengono, generalmente, a trovarsi in condizioni di elevata saturazione. Tale condizione, oltre a ridurre l'infiltrazione verso orizzonti più profondi è la principale causa innescante di fenomeni franosi, tipici dei terreni di copertura, classificabili in colate rapide con elevato contenuto in acqua.

I terreni più recenti di età quaternaria, oltre che dalle coperture detritiche, sono rappresentati da alluvioni di fondovalle che risultano caratterizzate da elevata permeabilità per porosità e che, per le ridotte estensioni areale, risultano poco significative nel tematismo in esame e non compaiono nella cartografia.

## 2.5 Usodelsuolo

### 2.5.1 Considerazioni generali

Il lavoro ha avuto come oggetto la realizzazione della **“Carta dell’uso del suolo”**.

La revisione è stata effettuata mediante rilievi di campagna che hanno interessato tutta l’area di studio.

Il supporto cartografico utilizzato per il controllo in campo è stato approntato con carte tecniche regionali in scala 1:10000 con evidenziazione dei crinali e degli altri elementi morfologici utili alla georeferenziazione.

L’unità minima cartografabile è 1 ettaro (1 ha) = 10.000 m<sup>2</sup>, pari in cartografia ad un quadratino di 1 cm di lato. Le superfici inferiori all’unità minima cartografabile sono state ricomprese nella tipologia contigua più simile con riferimento alle caratteristiche idrogeologiche.

Con i dati raccolti sono state operate, laddove necessarie, le opportune modifiche alla “Carta dell’uso del suolo” del Piano approvato con DCP n.53/2002 fino ad ottenere la carta definitiva. Per la restituzione grafica sono state utilizzate le Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000.

Nell’individuazione delle categorie d’uso del suolo e nella successiva revisione della carta è stata seguita la Raccomandazione n° 4A/1996, (“Legende per: Carta della vegetazione reale - Carta di copertura e di uso del suolo - Carta di dettaglio dei movimenti franosi - Scheda per il censimento dei movimenti franosi”) dei “Criteri per l’elaborazione dei Piani di Bacino” della Regione Liguria.

All’interno della categoria “zone urbanizzate” (1.1) è stata inserita la voce “nuclei di case sparse” (1.1.3).

Contestualmente all’individuazione delle categorie di uso del suolo è stato attribuito anche l’indice di efficienza idrogeologica seguendo le indicazioni riportate nell’allegato della Raccomandazione n° 2/2000 (“Indicazioni metodologiche per la redazione della carta di suscettività al dissesto dei versanti”) dei “Criteri per l’elaborazione dei Piani di Bacino” della Regione Liguria.

## 2.5.2 Analisi delle categorie

### TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

**Superficie totale:** 0,24 Km<sup>2</sup>, pari a 24 ha (5,01% della superficie del bacino).

Suddivisa in:

- ⇒ 1.1.1 Tessuto urbano continuo: 0,21 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 1.2.2 Reti autostradali, ferrovie e spazi accessori: 0,01 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 1.3.1 Aree estrattive: 4443 m<sup>2</sup>
- ⇒ 1.4.2 Aree sportive e ricreative: 0,02 Km<sup>2</sup>

#### Descrizione generale e localizzazione nel bacino

Viene classificato come “tessuto urbano continuo” l'area occupata dalle abitazioni per una superficie superiore all'80%, che interessa gli abitati di Voltri e Prà e rappresenta il 4,37% del territorio oggetto di analisi.

Il bacino in esame è attraversato dall'autostrada A10 con andamento est-ovest, e dalle ferrovie Genova-Ventimiglia e Genova-Ovada. L'autostrada e la ferrovia Genova-Ventimiglia attraversano il bacino nella parte bassa all'interno del tessuto urbano mentre la ferrovia Genova-Ovada attraversa il bacino nella parte mediana e risulta particolarmente suggestiva in quanto il suo percorso interessa ambienti incontaminati.

## TERRITORI AGRICOLI

**Superficie totale:** 0,48 Km<sup>2</sup>, pari a 48 ha (10,26 % della superficie del bacino).

Suddivisa in:

- ⇒ 2.1.2.2 Seminativi in aree irrigue: 0,02 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 2.3 Prati e pascoli: 0,18 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 2.4 Zone agricole eterogenee: 0,25 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 2.5 Ex-coltivi: 0,03 Km<sup>2</sup>

### Cenni storici

Nella tesi di laurea dal titolo "Tipo geometrico degli effetti dell'III. Sig. Ambrogio Negrone nel Capitanato di Voltri (1736)" di G.Tagliavini (presentata e discussa presso la Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Genova nell'anno accademico 1980/81) troviamo una carta elaborata dal Carbonara nel 1736, relativo all'uso del suolo del bacino del Torrente Branega e zone limitrofe, tutte di proprietà del Sig. Negrone.

Dall'analisi di questa tesi si possono elencare le tipologie agricole dell'epoca:

- Seminativo;
- Vignativo;
- Olivativo;
- Castagnativo;
- Vignativo con alberi di castagno.

Il vignativo (attualmente vigneti) e l'olivativo (attualmente oliveti) essendo ad oggi rappresentati da superfici molto esigue intervallate con colture erbacee sono indicate come "colture eterogenee".

Una coltura in passato piuttosto rappresentata era il "vignativo con alberi di castagno", attualmente definita "vite maritata", dove la vite era consociata con il castagno che svolgeva la funzione di tutore. Questo tipo di consociazione era

caratteristico della coltura promiscua ligure, ma ora non è più utilizzato.

Sempre dall'analisi della tesi suddetta è stata rilevata la contrazione dei territori agricoli che nella metà del '700 coprivano l'80% della superficie mentre attualmente occupano il 10,26%.

#### Descrizione generale e localizzazione nel bacino

La tipologia agricola più rappresentata sono i prati e pascoli, quasi esclusivamente prati poiché sono gestiti attraverso lo sfalcio del foraggio, mentre si effettua un pascolamento sui ricacci estivi oppure in primavera. La produzione del foraggio principalmente è destinata all'autoconsumo aziendale mentre in misura minore è un'attività di presidio del territorio che evita che superficie non più coltivate vengano invase da vegetazione infestante.

I seminativi occupano superfici piuttosto limitate e sono dislocati nella parte bassa del bacino; più diffuse sono le colture eterogenee caratterizzate dalla coesistenza, sulla stessa superficie, di diverse tipologie colturali (colture annuali associate a colture permanenti) oppure si rileva una superficie molto frammentata di piccoli appezzamenti ("orti per pensionati" e simili). Questa scelta colturale è finalizzata ad ottenere una varietà assortita di prodotti agricoli da riservare all'autoconsumo.

Gli ex-coltivi occupano una superficie molto esigua e sono localizzati lungo l'asta principale nella parte bassa del bacino. La ridotta estensione degli ex-coltivi indica che, in tempi recenti, il fenomeno dell'abbandono nell'area in esame si è notevolmente attenuato, anche se molte volte la gestione delle aree agricole è lo sfalcio in quanto queste superfici, come già detto, sono state convertite in prati.

## TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI

**Superficie totale:** 3,97 Km<sup>2</sup>, pari a 397 ha (84,67% della superficie del bacino).

Suddivisa in:

- ⇒ 3.1 Praterie: 0,04 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 3.2 Zone boscate: 3,32 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 3.3 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva: 0,53 Km<sup>2</sup>
- ⇒ 3.4.2 Roccia nuda: 0,08 Km<sup>2</sup>

Le zone boscate sono molto importanti nell'esercitare la funzione di controllo del deflusso idrico.

L'ecosistema forestale, in equilibrio con l'ambiente, influisce sui processi idrologici e sui fenomeni erosivi, sostanzialmente, attraverso la capacità di aumentare la velocità di infiltrazione dell'acqua nel suolo, di ridurre la velocità di scorrimento superficiale e, infine, di trattenere una maggiore quantità di acqua nel terreno.

La presenza degli ecosistemi forestali è in grado di ridurre fortemente il ruscellamento superficiale, da ciò consegue una riduzione della torrenzialità dei piccoli rivi che fuoriescono dal bosco. Di conseguenza, al fine di un miglioramento della regolazione dei deflussi di piena, è fondamentale l'opera di intervento e di manutenzione della componente boschiva.

Perché si realizzino tutti questi effetti benefici da parte dell'ecosistema forestale è importante che questo risulti il più possibile in equilibrio con le caratteristiche stagionali e climatiche. Altrimenti, tanto più i boschi si discostano da tale equilibrio maggiormente risultano fragili, soggetti alle avversità naturali ed antropiche, con necessità di interventi di sistemazione e di manutenzione. Il degrado degli ecosistemi forestali è già stato individuato dal "Piano di Assestamento forestale delle proprietà silvo-pastorali del Comune di Genova", (1992) nel quale si prevedono anche interventi volti al miglioramento delle fitocenosi.

Infatti nel suddetto piano vengono prescritti: avviamenti all'alto fusto delle

formazioni di angiosperme; tagli fitosanitari a carico delle pinete; rimboschimenti nelle pinete rade percorse dagli incendi, sistemazioni ambientali in aree degradate, ecc.

La necessità di effettuare miglioramenti è, inoltre, sottolineata dall'assenza di tagli a scopi commerciali.

Il sistema forestale nel bacino del torrente Branega è in condizioni ecologiche precarie, per diversi motivi:

- forte pressione antropica nel passato, con sostituzione delle specie arboree con una grande prevalenza delle pinete;
- forte pressione antropica attuale, in particolare a causa degli incendi che hanno interessato gran parte del patrimonio boschivo;
- problemi fitosanitari: processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*);
- fenomeni fisici, galaverna, precipitazioni nevose con neve bagnata e quindi "pesante", gelate tardive in primavera quando è già iniziata l'attività vegetativa;
- abbandono delle tradizionali cure colturali del bosco per il suo mantenimento e mancanza di interventi volti al cambio di governo e di gestione;
- estrema frammentarietà della proprietà forestale privata che rende particolarmente oneroso qualsiasi intervento di utilizzazione o di miglioramento del patrimonio boschivo;
- perdita di valore economico del legname, in particolare per la legna da ardere.

Tutto questo ha portato alla presenza di consociazioni forestali scarsamente naturali, non più mantenute e molto fragili.

Le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva sono dislocate lungo i crinali su terreni sottili, il vento e gli incendi inoltre, rallentano l'evoluzione della vegetazione verso il climax caratterizzato dal bosco.

### 2.5.3 Indice di efficienza idrogeologica

L'indice di efficienza idrogeologica, associato alle diverse tipologie di uso del suolo, esprime, mediante un giudizio numerico, una valutazione sintetica e qualitativa sulla funzionalità delle diverse categorie di uso del suolo.

L'indice assume una rilevante importanza nella difesa del suolo in quanto associa all'informazione sulla distribuzione delle diverse tipologie, un'informazione specifica sulla capacità di regimazione delle acque e di controllo dell'erosione superficiale da parte della copertura del suolo.

L'indice d'efficienza idrogeologica, riferito alla singola categoria di uso del suolo, viene assegnato sulla base delle seguenti valutazioni preliminari:

1. stratificazione della struttura verticale della fitocenosi e copertura del suolo;
2. stabilità fisica del soprassuolo, sulla base della densità del soprassuolo arboreo ed il rapporto tra altezza e diametro degli individui;
3. presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata.

1. Stratificazione della struttura verticale della fitocenosi e copertura del suolo.
--

Valutazione del grado di protezione dell'acqua battente e dilavante derivato dai valori percentuali di copertura dei diversi strati di vegetazione (a: arboreo, b: arboreo inferiore, c: arbustivo, d: erbaceo, e: muscinale) secondo il metodo di Pirola-Montanari-Credaro (1980) modificato come segue:

#### **Indice di protezione dall'acqua cadente (Fe):**

Copertura media % strati a+b+c+d+e	Indice	Protezione
>151	1	buona
101-150	2	discreta
1-100	3	ridotta

### **Indice di protezione dall'acqua dilavante (Pd):**

Copertura media % strati d+e	Indice	Protezione
>61	1	buona
31-60	2	discreta
1-30	3	ridotta

2. Stabilità fisica del soprassuolo, sulla base della densità del soprassuolo arboreo ed il rapporto tra altezza e diametro degli individui:

- a) densità del soprassuolo arboreo da normale a rada, sia in fustaia che ceduo con  $H_m < 100 D_m$  ( $H_m$ = altezza media del soprassuolo dominante;  $D_m$ = diametro medio del soprassuolo dominante);
- b) densità del soprassuolo arboreo da alta a molto alta sia in fustaia che in ceduo con  $H_m \geq 100 D_m$ .

3. Presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata:

- a) assenza di erosione o erosione idrica incanalata con rigagnoli e canaletti di erosione, scarsi e profondi pochi centimetri;
- b) erosione incanalata moderata, contraddistinta da canaletti e rigagnoli che non superano i 20-40 centimetri di profondità o piccoli movimenti franosi superficiali di pochi metri quadri di superficie e di profondità inferiore ad 1 metro ed interessano meno di un terzo della superficie;
- c) erosione idrica incanalata e movimenti franosi superiori a quanto indicato nel punto precedente.

⇒ Dalla somma dell'indice di protezione dell'acqua cadente (Fe) e dell'acqua dilavante (Pd) si ottiene il **grado di protezione**.

Il valore finale di **efficienza idrogeologica (Id)** si determina a seconda della maggiore o minore influenza dei punti 2 e 3 sopra analizzati.

I valori di efficienza idrogeologica calcolati sono stati raggruppati secondo le seguenti classi:

1	alta	$2 \leq Id \leq 3$
2	media	$3 < Id \leq 5$
3	bassa	$Id > 5$

- d) Ad ogni tipologia di uso del suolo, in relazione all'indice di efficienza idrogeologica, è stato attribuito un parametro chiamato CN (Curve Number) compreso fra 0 e 100.
- e) Questo parametro valuta la capacità di ogni singola tipologia, di assicurare una maggiore o minore infiltrazione idrica ed una maggiore o minore erosione superficiale.
- f) Il Curve Number è determinato in base all'uso del suolo, alle lavorazioni e al tipo di suolo dove valori più bassi corrispondono a suoli in grado di garantire una maggiore capacità di assorbimento idrico.
- g) Nella tabella 2.2 si riportano i valori attribuiti alle singole tipologie suddivise per grado di efficienza idrogeologica.

Tab. 2.2: *Valori di capacità di infiltrazione idrica per le diverse tipologie e classi di efficienza idrogeologica (basata sull'indice CN).*

<b>TIPOLOGIE</b>	<b>EFFICIENZA ALTA</b>	<b>EFFICIENZA MEDIA</b>	<b>EFFICIENZA BASSA</b>
Boschi	45-66	66-77	77-83
Prati	49-69	69-79	79-84
Pascoli	39-61	61-74	74-80
Coltivi	62-71	71-80	78-81

### 2.5.3.1 L'indice di efficienza idrogeologica attribuito alle diverse tipologie di uso del suolo

Analizzando le categorie di uso del suolo del torrente Branega alle quali è stato attribuito un indice di efficienza idrogeologica, si può osservare che queste coprono 4,46 Km<sup>2</sup> del territorio preso in esame, cioè il 94,89% del totale.

Tab. 2.3: Distribuzione della superficie del territorio nelle tre classi di efficienza in valore assoluto (Km<sup>2</sup>), in percentuale e in ettari (ha).

<b>classe</b>	<b>EFFICIENZA IDROGEOLOGICA</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
1	ALTA	0,35	35	7,87
2	MEDIA	3,35	335	75,16
3	BASSA	0,76	76	16,97
	<b>TOTALE</b>	<b>4,46</b>	<b>446</b>	<b>100</b>

Le formazioni vegetazionali con funzionalità idrogeologica maggiore sono rappresentate dalle formazioni boscate ad angiosperme anche se a causa del regime di abbandono delle attività selvicolturali di utilizzazione, le ceppaie eccessivamente appesantite dai polloni sono soggette a sradicamento con conseguenti fenomeni di erosione accelerata ed incanalata preliminari a fenomeni franosi di maggiori proporzioni.

Le formazioni a pino marittimo risultano avere funzionalità media a causa del degrado causato dagli attacchi di *Matsucoccus feytaudi*.

Gli arbusteti frequentemente hanno un soprassuolo che è caratterizzato da una densità che non è colma, dando origine a disformità nell'intercettazione delle piogge e nelle altre funzioni di difesa del suolo, conseguentemente l'indice di efficienza attribuito è medio.

Gli ex coltivi sono una tipologia caratterizzata da una forte predisposizione al dissesto idrogeologico, in quanto si tratta di superfici che, nel passato, sono state ottenute e mantenute per azione diretta dell'uomo; venendo a mancare questa azione di presidio umano, vengono meno gli apporti di energia esterna indispensabili al mantenimento di situazioni artificiali. In molti casi, l'affermazione di vegetazione spontanea consente l'evoluzione del soprassuolo verso forme più stabili ed in maggiore equilibrio con l'ambiente, con migliori condizioni di funzionalità idrogeologica.

Quando gli ex coltivi sono su superfici terrazzate, l'evoluzione del soprassuolo potrebbe non verificarsi a causa dei fenomeni di dissesto idrogeologico che possono instaurarsi.

Le colture eterogenee ed i seminativi hanno un indice di efficienza bassa a causa della scarsa protezione esercitata nei confronti dell'acqua cadente e dilavante.

Trattandosi di una tipologia colturale legata all'attività antropica, la definizione delle classi di funzionalità idrogeologica è stata determinata in larga misura dalle condizioni attuali di coltivazione delle singole aree; inoltre, in particolare per quanto riguarda la funzionalità idrogeologica, assume grande importanza tutta la fase di manutenzione delle opere di regimazione idraulico-agraria.

## 2.6 Descrizione della rete idrografica

Gli aspetti idrologici e idraulici costituiscono un elemento essenziale per una corretta conoscenza dell'assetto idrogeologico del bacino. Unitamente agli aspetti relativi alle altre discipline coinvolte, essi contribuiscono alla predisposizione di uno strumento utile nelle fasi di pianificazione e successiva gestione del piano.

Nell'ambito del presente Piano Stralcio tali aspetti sono stati finalizzati in particolare alla caratterizzazione geometrica, geomorfologica e idraulica del reticolo idrografico, all'aggiornamento e sistematizzazione della idrologia di piena e al catasto delle opere idrauliche.

### 2.6.1 Determinazione dei parametri caratteristici dei bacini

Sulla base della schematizzazione descritta al punto precedente, si è proceduto alla determinazione, per ciascuna chiusura individuata, di una serie di parametri caratterizzanti dal punto di vista fisico e idrologico il bacino sotteso.

I parametri fisici, da una parte, forniscono utili indicazioni sulle caratteristiche fisiche e morfologiche dei bacini e, dall'altra, risultano necessari alla determinazione di parametri idrologici (ad esempio il tempo di corrivazione  $t_c$ ) e alla determinazione qualitativa di fenomeni quali il trasporto solido e la stabilità dei versanti.

I parametri idrologici dipendono dalle caratteristiche fisiche e morfologiche del bacino e consentono l'identificazione e la taratura della risposta idrologica del bacino stesso alle sollecitazioni pluviometriche.

#### 2.6.1.1 Parametri fisici

Per ciascun nodo di chiusura sono stati determinati i seguenti parametri:

- area sottesa  $A$  [ $km^2$ ]
- quota media  $H_m$  [ $m$  s.l.m.]
- quota massima  $H_{max}$  [ $m$  s.l.m.]
- pendenza media dei versanti  $i_v$  [%]
- lunghezza dell'asta principale  $L$  [ $km$ ]

- quota massima dell'asta principale  $H_a$  [m s.l.m.]
- quota della sezione di chiusura  $H_o$  [m s.l.m.]
- pendenza media dell'asta principale  $i_a$  [%]

Quale base cartografica di riferimento per la determinazione di tali parametri è stata utilizzata la cartografia tecnica regionale in scala 1:5000.

L'area  $A$  sottesa a ciascuna chiusura è stata calcolata come media di più misure effettuate con planimetro digitale.

L'area totale del bacino del torrente Branega è 4,8 km<sup>2</sup>; l'area sottesa più piccola è quella del rio Anassi Inferiore, affluente di destra del torrente Branega, pari a circa 0,3 km<sup>2</sup>.

La determinazione della quota media  $H_m$  è stata effettuata suddividendo ciascun sottobacino in fasce altimetriche con scansione ogni 100 m di dislivello, calcolando l'area sottesa da ciascuna fascia e quindi la quota media con la formula:

$$H_m = \frac{\sum H_i \cdot A_i}{A_t}$$

dove  $H_i$  rappresenta la quota media di ciascuna fascia altimetrica,  $A_i$  la relativa area sottesa e  $A_t$  l'area complessiva del sottobacino.

La quota media del bacino del torrente Branega è 288 m s.l.m.

Le quote medie maggiori si riscontrano nella parte settentrionale del bacino, a monte della località Case Prialava (nodo 11) con 471 m s.l.m. del rio Laira (nodo 11), 562 m s.l.m. del rio Pian delle Figlie (nodo 14) e 596 m s.l.m. del rio Monte Cuccio (nodo 13).

Le quote medie degli affluenti in sponda destra diminuiscono progressivamente da Nord a Sud da 260 m s.l.m. circa del rio dei Canali (nodo 16) a 200 m s.l.m. circa del rio Fontana Marsa (nodo 19).

La quota massima  $H_{max}$  di ciascun bacino è stata ricavata direttamente dalla cartografia tecnica regionale.

Si osserva in proposito come la quota massima di tutto il bacino sia costituita dal Monte Cuccio (881 m s.l.m.), ubicato all'estremo settentrionale del bacino sullo spartiacque con i bacini del torrente Leiro a Nord-Ovest e del torrente Varena a Nord-

Est.

Sul versante occidentale del bacino le quote massime diminuiscono progressivamente dai 434 m s.l.m. del Bric Colla (sottobacino rio dei Canali) ai 205 m s.l.m. del Bric del Vento (sottobacino rio Fontana Marsa); sul versante orientale la quota massima è rappresentata dal Monte Riondo (710 m s.l.m.) sullo spartiacque con il torrente Varenna (sottobacino rio Pian delle Figlie).

Con procedura analoga a quella utilizzata nella determinazione della quota media dei bacini è stata calcolata la pendenza media dei versanti  $i_v$  utilizzando la Carta dell'Acclività in scala 1:10000 redatta nell'ambito del presente studio nella quale è riportata, per ciascuna falda scolante elementare, la relativa classe di pendenza.

Le classi di pendenza utilizzate sono quelle da 0% a 25% (classe A), da 26% a 50% (Classe B), da 51% a 100% (classe C) e oltre il 100% (classe D).

Per ciascuna chiusura e per ciascuna classe di pendenza è stata calcolata l'area di competenza e successivamente la pendenza media del bacino con la formula :

$$i_v = \frac{\sum i_i \cdot A_i}{A_t}$$

dove  $i_i$  rappresenta la pendenza media di ciascuna classe,  $A_i$  la sua area di competenza e  $A_t$  l'area complessiva del sottobacino.

La pendenza media dei versanti del bacino del torrente Branega è 52%.

La pendenza media maggiore si riscontra nel sottobacino del rio Pian delle Figlie, nella parte settentrionale del bacino, con il 75%, la minore è quella del bacino del rio Anassi Inferiore, con il 26%.

La lunghezza dell'asta principale  $L$ , intesa come il percorso più lungo dalla sorgente alla sezione di chiusura, è stata calcolata con l'ausilio di un curvimetro per il rilevamento delle distanze sulle carte geografiche.

L'asta del torrente Branega ha una lunghezza complessiva di quasi 6 km, di cui circa 1,6 km nella parte valliva a valle della confluenza con il rio Fontana Marsa, che risulta l'ultimo affluente di un certo rilievo.

Le quote massima  $H_a$  e alla chiusura  $H_o$  dell'asta principale sono state ricavate direttamente dalla cartografia tecnica regionale.

L'asta del torrente Branega si sviluppa dalla quota 0 m s.l.m. di sbocco a mare

sino alla quota massima di 760 m s.l.m. alle pendici del monte Cuccio, sul rio Monte Cuccio.

La pendenza media dell'asta principale  $i_a$ , con riferimento alla simbologia già descritta precedentemente, è stata calcolata con la formula:

$$i_a = \frac{H_a - H_0}{L}$$

La pendenza media dell'asta del torrente Branega è 13% circa.

Le pendenze medie maggiori si riscontrano nella parte settentrionale del bacino, con un massimo del 41% circa in corrispondenza del rio Pian delle Figlie.

La pendenza media minore tra quelle degli affluenti è quella del rio dei Canali con il 17% circa.

Tutti i valori dei parametri di cui sopra sono riportati, per ciascuna chiusura, nelle schede tecniche riassuntive dell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino".

Una serie di parametri fisici sono stati calcolati anche per le aree scolanti dove, oltre all'area e alla pendenza media della falda, sono state calcolate la lunghezza media  $L_1$  [km] della falda scolante e la lunghezza del tratto di asta sottesa  $L_2$  [km].

Sono state individuate complessivamente 12 aree scolanti di area variabile tra 0,01 km<sup>2</sup> e 0,49 km<sup>2</sup>.

L'area scolante maggiore è quella sottesa in sponda sinistra dal rio Laira (tra i nodi 11 e 12) con 0,49 km<sup>2</sup>, una lunghezza media  $L_1$  pari a 410 m ed una lunghezza  $L_2$  di asta sottesa pari a 1,2 Km; la minore è quella sottesa in sponda destra dall'asta del torrente Branega fra le confluenze dei rii Anassi Superiore e Anassi Inferiore (tra i nodi 5 e 6), con 0,01 km<sup>2</sup>, una lunghezza media  $L_1$  pari a 100 m ed una lunghezza  $L_2$  di asta sottesa pari a 100 m.

Le pendenze medie delle falde variano tra 38% e 75%; le aree a maggior pendenza sono quelle sottese in sponda sinistra dal tratto 5-6 ed in sponda sinistra dal tratto 7-8, mentre quelle con pendenze minori sono quelle sottese dal tratto 9-10.

I valori dei parametri di ciascuna area scolante sono tabulati nell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino".

## **2.6.2 Catasto delle opere idrauliche**

Nell'ambito dell'analisi conoscitiva del bacino si è proceduto al censimento delle opere idrauliche presenti lungo l'asta principale del torrente Branega.

In tale contesto come opere idrauliche si sono intese sia quelle propriamente dette (briglie, soglie, argini, traverse, dighe, ecc.) che tutti i manufatti di attraversamento (ponti, passerelle, coperture, ecc.).

Il censimento e la redazione del catasto delle opere idrauliche si sono svolti attraverso le seguenti attività:

- individuazione sulla cartografia in scala 1:1000 del Servizio del Genio Civile della Provincia di Genova aggiornata all'anno 1972 e sulla cartografia Regionale in scala 1:5000;
- sopralluoghi di verifica e integrazione lungo le aste;
- predisposizione e compilazione di schede tecniche di censimento.
- restituzione su cartografia tematica dei risultati del censimento.

L'individuazione sulla cartografia in scala 1:1000 del Genio Civile ha consentito, pur trattandosi di un rilievo aerofotogrammetrico del 1972, di effettuare un primo passo conoscitivo circa il numero e la tipologia delle opere idrauliche presenti lungo le aste del Leiro e dei suoi affluenti principali.

Per il tratto montano iniziale dell'asta del torrente Branega, non coperto dalla cartografia in scala 1:1000, è stata utilizzata la cartografia Regionale in scala 1:5000.

Una volta individuate e identificate le opere sulla cartografia, sono stati effettuati diversi sopralluoghi risalendo direttamente gli alvei dei corsi d'acqua allo scopo di verificare e integrare le informazioni e i dati precedentemente acquisiti.

Nel corso dei sopralluoghi ciascuna opera è stata fotografata e identificata con un codice di riferimento. Si sono inoltre effettuate misurazioni speditive per identificarne le dimensioni principali e ne è stato analizzato visivamente lo stato di conservazione.

Il codice di riferimento dell'opera è suddiviso in cinque parti composte di due caratteri distinti: le prime due identificano il bacino principale ed il sottobacino, la terza il numero progressivo dell'opera all'interno del sottobacino, la quarta la tipologia del manufatto, la quinta il numero progressivo per tipologia all'interno del sottobacino (lungo una stessa asta si hanno numerazioni indipendenti a seconda della tipologia

dell'opera).

Le tipologie e relative codifiche utilizzate sono:

PT ponte o passerella;  
TB tombinatura;  
DS difesa spondale;  
BR briglia;  
BS briglia selettiva;  
BD briglia con derivazione;  
DG diga;  
PL platea;  
SG soglia.

Nell' Allegato "Catalogo delle principali opere insistenti sugli alvei" sono riportate tutte le schede delle opere idrauliche censite.

In ciascuna scheda oltre al codice ed al bacino di appartenenza sono riportati la località, l'allegato cartografico di riferimento, la tipologia, lo stato di conservazione, le dimensioni principali e la foto dell'opera.

Le opere censite sono state inoltre restituite su apposita cartografia tematica in scala 1:1000 (1:5000 per il tratto montano iniziale).

Le opere censite non riportate sul rilievo aerofotogrammetrico del 1972 sono state ubicate con apposita simbologia sulla cartografia in scala 1:1000 del Piano. Non essendo stato eseguito il rilievo di dettaglio delle opere censite tale ubicazione è da intendersi come semplice aggiornamento catastale e non topografico.

Lungo l'asta del torrente Branega sono state identificate e censite 27 opere di cui 4 briglie con derivazione, 1 briglia di sistemazione, 1 passerelle pedonali, un attraversamento ferroviario della linea Genova-Ventimiglia, 9 ponti carrabili, 1 attraversamento dell'Autostrada Genova-Savona, 1 guado, 1 tombinatura e 8 tratti di difesa spondale.

## 2.7 Idrologia di piena

Per ciascun nodo di chiusura sono stati determinati i seguenti parametri:

- *CN* (Curve Number)
- rapporto di biforcazione  $R_b$
- fattore di forma di Horton  $F$
- tempo di corrivazione  $t_c$  [min]

Il Curve Number è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo.

La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e all'uso del suolo.

Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato specialmente nella letteratura scientifica americana come frutto dell'analisi di molti esempi applicativi.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi del grado di umidità del terreno in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato: molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi caratterizzate rispettivamente da potenzialità di deflusso scarsa, moderatamente bassa, moderatamente alta e molto alta.

La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende invece terreni coltivati con e senza trattamento di conservazione, terreni da pascolo in buone o cattive condizioni, praterie, terreni boscosi o forestati con diverse tipologie di sottobosco, spazi aperti con prati rasati o parchi con diverse percentuali di copertura erbosa, aree commerciali, distretti industriali, aree residenziali, strade, parcheggi ecc.

Nell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino" è riportata la tabella dell'indice *CN* secondo le classificazioni di cui sopra.

Nel caso in esame è stato ricavato per ciascun sottobacino un valore medio del parametro *CN* suddividendo l'intera superficie in aree omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso.

Il valore risultante è stato ottenuto come media "pesata" di tali valori sull'intera area con la:

$$CN = p_1 \cdot CN_1 + p_2 \cdot CN_2 + \dots + p_n \cdot CN_n$$

dove  $p_1, p_2, \dots, p_n$  sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a  $CN_1, CN_2, \dots, CN_n$ .

Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si è fatto riferimento alla Carta dell'uso del suolo e alla Carta Vegetazionale redatte nell'ambito del presente studio.

In base al tipo ed all'uso del suolo all'interno del bacino del torrente Branega sono state individuate diverse zone omogenee accorpando più aree della carta di uso del suolo e ad esse si è attribuito un determinato valore del parametro CN.

Nella scelta del CN si è fatto riferimento alla tabella 2.2 (valori di capacità di infiltrazione idrica per le diverse tipologie e classi di efficienza idrogeologica) elaborata ai fini dell'efficienza idrogeologica di alcune tipologie di uso del suolo. Nel particolare si sono attribuiti valori del parametro CN ad ogni zona omogenea in base alla determinazione di una media pesata delle classi di efficienza.

Le zone omogenee individuate sono le seguenti:

- Terreno coltivato (con interventi di conservazione),  $CN=78$
- Terreno da pascolo in buone condizioni,  $CN=80$
- Terreno da pascolo in cattive condizioni (prati su notevoli pendenze),  $CN=86$
- Bosco ceduo di castagno o misto (sottobosco e copertura buoni),  $CN=70$
- Pineta (terreno sottile, con sottobosco povero),  $CN=77$
- Pineta rada,  $CN=82$
- Bosco misto termofilo (sottobosco e copertura buoni),  $CN=70$
- Tessuto urbano (aree residenziali, distretti industriali, strade, parcheggi),  $CN=94$
- Roccia affiorante (sostanzialmente impermeabile, con forti acclività),  $CN=94$

Nelle schede dell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino" sono riportati per ciascun sottobacino individuato i valori medi del parametro  $CN$  unitamente ad una corografia in scala 1:25000 con l'indicazione delle aree omogenee individuate.

Il bacino del torrente Branega è caratterizzato da un valore medio del parametro  $CN$  pari a 82.

I valori più elevati del parametro si riscontrano nella zona urbanizzata di valle e all'estremità Nord-orientale del bacino, mentre i valori più bassi si riscontrano nella zona centrale.

Il rapporto di biforcazione  $R_b$  è definito, con riferimento alla gerarchizzazione di Horton-Strahler, come il rapporto tra il numero delle aste di ordine  $(n-1)$  ed il numero delle aste di ordine  $n$ ; tale parametro, secondo Horton, dovrebbe tendere ad un valore costante all'interno di uno stesso bacino, qualunque sia l'ordine di riferimento.

Esso esprime in sostanza il grado di ramificazione di un sistema di drenaggio, caratterizzando la forma dell'idrogramma di risposta del bacino.

Il suo valore varia in genere tra 3 e 5: ad un valore più elevato (ad esempio un bacino caratterizzato da un'asta molto lunga con molti affluenti) corrisponde un idrogramma caratterizzato da un picco meno pronunciato e di forma più allargata, mentre ad un valore meno elevato (ad esempio un bacino caratterizzato da numerose aste, ciascuna con pochi affluenti) corrisponde un picco più pronunciato ed una forma più affusolata dell'idrogramma.

Il valore di  $R_b$  è stato ricavato per ciascun sottobacino diagrammando su scala semilogaritmica in ascisse i valori di  $i$  (ordine delle aste) ed in ordinata i corrispondenti valori dei logaritmi di  $N_i$  (numero di aste dello stesso ordine  $i$ ).

I dati sperimentali sono stati interpolati con linee rette esprimibili analiticamente nella forma:

$$\text{Log}(N_i) = a + bi$$

Il valore di  $R_b$  è stato quindi ottenuto mediante la

$$R_b = 10^{-b}$$

Il bacino del torrente Branega è caratterizzato da un rapporto di biforcazione pari a 4.2, indice di un bacino di forma allungata, che da' luogo in genere ad un idrogramma di piena di forma più allargata con picchi meno pronunciati.

L'analisi è stata condotta per ciascuno dei sottobacini individuati ed ha portato a constatare una sostanziale omogeneità nei valori del parametro  $R_b$ , tutti intorno al valore medio ricavato per l'intero bacino, soprattutto lungo l'asta principale.

Nelle schede dell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino" è riportato per ciascuna sezione il relativo rapporto di biforcazione.

Al fine di esprimere analiticamente la forma dei bacini e valutare così l'influenza che essa riveste sul tipo di idrogramma e sull'entità del picco di piena è stato calcolato per ciascun sottobacino il fattore di forma proposto da Horton:

$$F = \frac{A}{L_b^2}$$

dove  $A$  è la superficie del bacino e  $L_b$  è la distanza in linea d'aria tra la sezione di chiusura ed il punto più lontano dello spartiacque.

Tale parametro fornisce una indicazione sulla forma del bacino.

A titolo puramente indicativo si può osservare che per la forma circolare  $F=0.79$ , per un quadrato con la sezione di chiusura nel punto medio di un lato  $F=1$ , per un quadrato con la sezione di chiusura in corrispondenza di un angolo  $F=0.5$ .

Nell'Allegato "Parametri caratteristici del bacino" sono riportati i valori di tale parametro per ciascun sottobacino individuato.

Il fattore di forma per il torrente Branega è circa 0.2, indice di una forma stretta e allungata.

Il tempo di corrivazione  $t_c$  di un bacino è definito genericamente come il tempo che impiega una particella d'acqua a giungere dal punto più lontano del bacino alla sezione di chiusura.

Con riferimento ai simboli dei parametri precedentemente descritti il tempo di corrivazione  $t_c$  [minuti] di ciascun bacino è stato stimato attraverso le seguenti formulazioni:

*Ventura:*

$$t_c = 76.2 \cdot \frac{A^{0.5}}{i_a}$$

*Giandotti:*

$$t_c = 60 \cdot \frac{4 \cdot \sqrt{A+1.5} \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Viparelli:

$$t_c = 16.667 \frac{L}{v}$$

dove  $v$  [m/s] rappresenta la velocità media di percorrenza dell'asta assunta pari a 1 m/s.

Merlo:

$$t_c = 237.6 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \frac{A}{L^2} \cdot \frac{i_a^{0.5}}{i_v^{0.72}}$$

CN:

$$t_c = 34.2 \cdot \frac{L^{0.8} \cdot \frac{1000}{CN} - 9^{0.7}}{i_v^{0.5}}$$

Nell' Allegato "Parametri caratteristici del bacino" è riportata una tabella riassuntiva con indicati i valori di tutti i parametri fisici e idrologici relativi a ciascuna chiusura, unitamente ai valori di progetto del tempo di corrivazione e a quelli calcolati con le formulazioni di cui sopra.

I valori di progetto del parametro  $t_c$  sono inoltre riportati nelle schede riassuntive di ciascun sottobacino.

L'analisi condotta ha evidenziato come ci sia una sostanziale concordanza tra i valori calcolati con le diverse formule per uno stesso sottobacino: tale concordanza si è rivelata molto buona soprattutto tra le formule di Ventura, Giandotti e Merlo; la formula del CN ha la tendenza a sottostimare i valori di  $t_c$ , mentre quella del Viparelli ha la tendenza a sovrastimarli.

Il tempo di corrivazione totale del bacino del torrente Branega è stato assunto pari a 65 minuti.

I valori minimi si riscontrano per il sottobacino del rio Pian delle Figlie (nodo 14) con 10 minuti e dei rii Monte Cuccio (nodo 13), Anassi Inferiore (nodo 18) e

Fontana Marsa (nodo 19) con 15 minuti.

Come si può notare nei nodi subito a valle delle confluenze di due o più rami, il tempo di corrivazione risulta leggermente superiore (differenze <10%) a quello massimo fra le aste confluenti.

Tali discontinuità sono dovute alla natura non rigorosamente analitica delle formule utilizzate nel calcolo di  $t_c$  che dipendono strettamente dalla stima dei parametri geomorfologici del bacino sotteso.

Per questioni di omogeneità di calcolo, vista la modesta entità delle differenze riscontrate e la scarsa influenza di queste ultime sul valore di picco della portata di piena, si sono mantenuti, anche per questo tipo di nodi, i valori di  $t_c$  ricavati con la metodologia precedentemente descritta.

Il parametro  $t_c$  è stato calcolato anche per tutte le aree scolanti individuate nella schematizzazione proposta. Il suo valore è stato determinato in tal caso mediante l'utilizzo della sola formula del Viparelli, considerando una lunghezza pari alla somma della lunghezza dell'asta sottesa ( $L_2$ ) e della larghezza trasversale media del versante ( $L_1$ ) ed una velocità media di percorrenza pari a 1.5 m/s per tener conto della elevata pendenza dei versanti.

I tempi variano da un minimo di 5 minuti ad un massimo di 20 minuti.

### 2.7.1 PLUVIOMETRIA

Al fine di raccogliere tutti gli elementi necessari alla determinazione delle portate di piena lungo il reticolo idrografico del bacino è stata effettuata un'indagine conoscitiva volta alla determinazione delle fonti e della disponibilità dei dati pluviometrici all'interno del bacino e/o in aree limitrofe.

L'indagine è stata condotta con riferimento ai dati di precipitazione massima annuale con durate inferiori alle 24 ore.

Le stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale tuttora in funzione e ricadenti nelle aree limitrofe del bacino del torrente Branega sono quelle di *Stazione di Mele*, *Santuario di Nostra Signora delle Grazie* e *Madonna della Guardia*.

La prima è ubicata presso la stazione ferroviaria di Mele alla quota di 278 m s.l.m. nella parte Nord occidentale del bacino del torrente Leiro, circa 5 Km a Nord-

Ovest; la seconda è ubicata presso il Santuario di Nostra Signora delle Grazie (S.Nicolò), alla quota di 159 m s.l.m. nella parte Nord-occidentale dell'abitato di Voltri, circa 2.5 Km a Ovest; la terza sul monte Figogna, alla quota di 804 m s.l.m., circa 9 Km a Nord-Est.

Altre stazioni, attualmente fuori servizio, sono quelle di *S.Alberto*, *Pegli* e *Voltri*, il cui periodo di funzionamento è risultato inferiore a 10 anni e pertanto non utilizzabili ai fini delle elaborazioni idrologiche.

Nell'Allegato "Idrologia" è riportata una tabella contenente le caratteristiche e gli anni di funzionamento di ciascuna stazione.

Oltre alle stazioni del Servizio Idrografico esiste una stazione meteorologica ubicata presso l'aerostazione di Genova attualmente gestita dalla Sezione Meteorologica dell'Azienda Autonoma Assistenza al Volo Aeroporto Cristoforo Colombo.

Per questa stazione risultano disponibili le strisce pluviometriche in forma saltuaria per un periodo compreso tra la seconda metà degli anni '70 sino ad oggi.

Prima di tale data lo strumento era in gestione all'Aeronautica Militare che inviava le strisce direttamente ai propri archivi di Roma.

A partire dal 1990 circa è stata affiancata allo strumento tradizionale una strumentazione elettronica che registra, oltre ad altri parametri meteo-climatici, i totali di pioggia con scansione temporale di 5 minuti.

Vista la natura dei dati e le difficoltà incontrate nella loro acquisizione, non è stato possibile disporre di un congruo ed omogeneo numero di valori tale da consentirne l'utilizzo nelle elaborazioni idrologiche.

Anche l'acquedotto De Ferrari Galliera gestisce due strumenti di misura della precipitazione ubicati a Pegli e Voltri. Gli strumenti misurano soltanto la precipitazione totale giornaliera e non sono pertanto utilizzabili ai fini del presente studio.

Pegli ha funzionato dal 1957 fino agli inizi degli anni 80, Voltri dal 1957 ed è tuttora in funzione.

Considerata pertanto l'ubicazione delle stazioni, le serie storiche disponibili e la tipologia dei dati si è optato per l'utilizzo dei dati registrati alla stazione di *Madonna delle Grazie*, per la quale sono disponibili 29 anni di osservazioni a partire dal 1952.

Nell' Allegato "Idrologia" è riportata, su una corografia in scala 1:25000,

l'ubicazione della stazione rispetto al bacino.

Fra i dati storici disponibili sono stati individuati e analizzati quelli delle precipitazioni massime annuali con durate 1, 3, 6, 12, 24 ore e quelli delle precipitazioni di forte intensità e breve durata (inferiore all'ora).

Tale scelta è giustificata da una parte dalle finalità dell'indagine idrologica, che riguarda l'individuazione delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno in diverse sezioni del reticolo idrografico, dall'altra dalla limitata estensione dei bacini esaminati i cui tempi di risposta sono certamente contenuti al di sotto delle 24 ore.

I dati ufficialmente pubblicati dal Servizio Idrografico arrivano sino al 1989; dopo tale anno sono disponibili solo le strisce pluviometriche (pluviogrammi) dei singoli strumenti la cui lettura non è stata ancora effettuata e/o ufficialmente pubblicata.

Poiché il periodo dal 1990 al 1994 è stato caratterizzato da una serie di eventi meteorologici intensi che hanno provocato esondazioni e danni diffusi nell'area allo studio, si è provveduto per tali anni alla lettura diretta dei pluviogrammi a scansione settimanale della stazione di *Madonna delle Grazie* al fine di integrare la serie storica precedente.

La lettura è stata effettuata utilizzando un software dedicato di digitalizzazione delle strisce, che ha consentito di estrapolare i valori massimi annui di pioggia con durate pari a 15 minuti, 30 minuti, 45 minuti, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore.

La scelta di un intervallo minimo pari a 15 minuti è stata dettata dalla scansione settimanale della striscia che non consente letture attendibili per intervalli più brevi.

Per quanto riguarda i dati pubblicati dal Servizio Idrografico, quelli con durate comprese tra 1 e 24 ore costituiscono un campione omogeneo in quanto riferiti a prefissati intervalli temporali; ciò non è verificato per i dati con durate inferiori ad 1 ora che costituiscono un campione storico non omogeneo e meno esteso per la estrema variabilità degli intervalli temporali di riferimento utilizzati e per la non continuità delle letture.

Al fine di controllare e sistematizzare i valori massimi di precipitazione per durate inferiori a 1 ora e controllare nel contempo l'affidabilità delle letture effettuate per il periodo 1990/94 si è proceduto alla lettura degli stessi eventi estremi riportati sugli annali per il periodo di funzionamento precedente.

Tali elaborazioni hanno consentito di verificare la coerenza tra i valori pubblicati e quelli letti per durate superiori e uguali ad 1 ora, e di unificare gli intervalli di riferimento (15 minuti, 30 minuti, 45 minuti) per durate inferiori ad 1 ora per l'intero periodo di funzionamento dello strumento.

Il confronto diretto fra i dati pubblicati e quelli risultanti dalla digitalizzazione delle strisce ha messo in evidenza un'ottima corrispondenza per i massimi annuali con durate superiori o uguali a 1 ora; ciò non è invece stato riscontrato per i valori massimi con durata inferiore ad 1 ora dove, nei casi in cui è stato possibile il confronto (eventi di ugual durata), si sono verificate in alcuni casi differenze significative.

Allo scopo di interpretare correttamente tali difformità, le strisce in oggetto sono state analizzate anche manualmente fornendo risultati più vicini a quelli ottenuti attraverso la digitalizzazione.

Alla luce delle considerazioni di cui sopra, al fine di utilizzare un campione omogeneo sia dal punto di vista della natura del dato che della metodologia di acquisizione, nelle elaborazioni idrologiche nel seguito descritte, per le durate maggiori o uguali all'ora si sono utilizzati sino all'anno 1989 i dati pubblicati dal Servizio Idrografico, mentre per il periodo 1990-94 quelli risultanti dalla lettura diretta delle strisce.

Per le durate inferiori all'ora si è invece optato per l'utilizzo, per l'intero periodo di funzionamento dello strumento, dei valori ricavati dalla digitalizzazione dei pluviogrammi.

Nell'Allegato "Idrologia" sono riportati anno per anno i valori massimi di precipitazione così ricavati unitamente alle tabelle comparative fra i dati degli annali e quelli ricavati dalla lettura diretta delle strisce.

I valori delle precipitazioni intense così raccolti hanno fornito la base dell'analisi probabilistica, finalizzata alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica per durate da 1 a 24 ore e inferiori ad un'ora per assegnati periodi di ritorno.

Le elaborazioni sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia massime annuali per ciascuna durata utilizzando diverse leggi probabilistiche ed individuando quella che meglio si adatta a rappresentare il fenomeno.

In particolare, indicando con  $h[mm]$  la variabile altezza di pioggia, con  $P(h)$  la sua probabilità cumulata, con  $m(h)$  la media e con  $s(h)$  lo scarto quadratico medio, sono state utilizzate:

*Distribuzione asintotica del massimo valore del tipo I (di Gumbel):*

$$P(h) = \exp\left[-\exp\left\{-a \cdot (h - u)\right\}\right]$$

con:

$$a = \frac{1.283}{s(h)}$$

$$u = m(h) - \frac{0.577}{a}$$

*Distribuzione log-normale a due parametri (di Galton):*

$$P(h) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}u^2} \cdot du$$

con:

$$u = a \cdot \ln(h) + b$$

$$a = \ln \left( 1 + \frac{s(h)}{m(h)} \right)^{-0.5}$$

$$b = \frac{0.5}{a} - a \cdot \ln m(h)$$

*Distribuzione Gamma a due parametri (di Pearson):*

$$P(h) = \frac{\alpha^\gamma}{\Gamma(\gamma)} \cdot e^{-\alpha h} \cdot h^{\gamma-1} \cdot dh$$

con:

$$\alpha = \frac{m(h)}{s^2(h)}$$

$$\gamma = \frac{m(h)}{s(h)}$$

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} e^{-u} \cdot u^{\gamma-1} \cdot du$$

Per le serie di ciascuna durata e per ognuna delle tre distribuzioni di probabilità

si sono dedotte le stime dei parametri caratteristici utilizzando per la stima di  $m(h)$  e  $s(h)$  il metodo dei momenti. Successivamente sono state ricavate le stime delle funzioni di probabilità cumulata  $P(h)$ .

Per il calcolo delle frequenze osservate è stata utilizzata la formula di Gringorten per la stima della "plotting position":

$$F(i) = \frac{i - 0.44}{N + 0.12}$$

dove  $i$  è il numero d'ordine delle osservazioni e  $N$  il numero totale delle osservazioni.

Nell'Allegato "Idrologia" sono tabellate per ciascuna durata, accanto ai valori massimi di precipitazione ordinati in senso crescente, le frequenze osservate messe a confronto con quelle teoriche calcolate con le tre distribuzioni esaminate.

Dovendo identificare la distribuzione teorica che porge globalmente la miglior regolarizzazione dei campioni sperimentali si è eseguito il test di adattamento del chi-quadro (o di Pearson).

In particolare per ciascuna durata si è suddiviso il campo di esistenza della variabile altezza di precipitazione in un numero di intervalli tali da rispettare il principio dell'equiprobabilità, in modo che ogni classe individuata contenesse almeno cinque osservazioni sperimentali.

I risultati delle verifiche sono riassunti nell'Allegato "Idrologia" in cui per ciascuna distribuzione e per ciascuna durata esaminata sono riportati i valori della variabile  $\chi^2$  risultante e della sua probabilità di superamento per le due distribuzioni a  $(k-1)$  e  $(k-1-n)$  gradi di libertà, avendo indicato con  $k$  il numero delle classi e con  $n$  il numero dei parametri della distribuzione esaminata.

Dall'analisi dei risultati dei test la condizione di probabilità di superamento della variabile  $\chi^2$  superiore a 0.05 (livello di significatività del test, corrispondente alla probabilità di rifiutare l'ipotesi giusta) risulta soddisfatta nella quasi totalità dei casi esaminati.

Le distribuzioni di probabilità che porgono globalmente i valori più bassi della variabile  $\chi^2$  sono risultate la Log-normale a 2 parametri per le durate da 15 minuti a 45

minuti e da 3 a 24 ore e la Gamma per la durata di 1 ora.

Nell'Allegato "Idrologia" sono riportati i grafici delle curve di probabilità cumulata per ciascuna durata esaminata calcolate con tali leggi di probabilità messe a confronto con i valori sperimentali dei relativi campioni.

Verificata la bontà dell'adattamento delle suddette leggi di probabilità ai valori storici osservati sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno nella forma:

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

dove  $h[mm]$  rappresenta l'altezza di pioggia per la durata  $t[ore]$  dell'evento, mentre  $a$  ed  $n$  sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di  $a$  e di  $n$  sono stati ricavati per i tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 anni mediante interpolazione ai minimi quadrati dei valori di  $h[mm]$  al variare della durata  $t[ore]$  per ciascun valore del tempo di ritorno  $T[anni]$ .

L'andamento dei valori massimi di precipitazione presenta, per qualunque valore del tempo di ritorno, una discontinuità all'incirca in corrispondenza della durata di 1 ora tipica del regime pluviometrico dell'area

Per rappresentare al meglio tale comportamento sono stati ricavati due diversi valori  $n_1$  e  $n_2$  del parametro  $n$  validi per durate rispettivamente inferiori e superiori ad 1 ora, mantenendo inalterato il valore del parametro  $a$ .

Tali curve sono tabellate nell' Allegato "Idrologia".

E' stata poi effettuata un'ulteriore analisi idrologica finalizzata a valutare l'influenza del dato mancante relativo all'evento dell'ottobre 1970 nel calcolo delle curve di probabilità pluviometrica per assegnati tempi di ritorno della stazione di Santuario di Nostra Signora delle Grazie.

L'analisi è stata condotta attraverso la rielaborazione statistica ed il confronto con i dati di pioggia registrati, per il periodo di funzionamento comune (1951-1994), alle stazioni di riferimento di Genova Università e Madonna della Guardia, che, oltre ad essere ragionevolmente prossime al bacino in esame, risultano essere le più affidabili tra quelle che hanno comunque registrato i valori relativi all'evento del 1970.

Lo studio è stato articolato in particolare nelle seguenti fasi operative:

- Ricostruzione delle serie storiche dei valori di precipitazione massima annuale per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore registrate alle due stazioni di Genova Università e

Madonna della Guardia per il periodo 1951-1994;

- Ricerca della correlazione tra i valori massimi di precipitazione per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore registrati alla stazione di N.S. delle Grazie e alle due stazioni di riferimento di Genova Università e Madonna della Guardia negli anni di funzionamento comuni;

- Ricostruzione dei valori massimi di precipitazione della stazione di N.S. delle Grazie relativi all'evento mancante del 1970 a partire dai valori registrati nello stesso anno alle due stazioni di riferimento;

- Calcolo delle nuove curve di probabilità pluviometrica per assegnati tempi di ritorno per la stazione di N.S. delle Grazie e confronto con quella elaborata con i soli dati storici.

- Elaborazione statistica dei valori di precipitazione delle due stazioni di riferimento di Genova Università e Madonna della Guardia per gli anni di funzionamento comuni, nelle due configurazioni di presenza e assenza dei dati relativi all'evento del 1970.

-Valutazione dell'influenza dei dati relativi all'evento del 1970 nel calcolo della curva di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno;

I risultati sono sintetizzati in forma numerica nelle tabelle dell'Allegato "Idrologia".

Nell' Allegato "Idrologia" è inoltre riportato il confronto tra i dati di registrati alle stazioni di N.S. delle Grazie e Genova-Università per il periodo di funzionamento comune.

Dalla tabella emerge come i valori registrati alla stazione di Genova Università risultino mediamente superiori a quelli registrati alla stazione di N.S. delle Grazie di una percentuale pressoché costante per tutte le durate, pari al 70% circa.

Va tuttavia rilevato che il coefficiente di correlazione tra i valori delle due stazioni risulta assai basso, indice di una scarsa correlabilità tra i dati esaminati.

In mancanza di misure dirette, si è comunque utilizzata tale correlazione al fine di ricostruire il valore atteso della precipitazione massima per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore relative all'anno 1970 per la stazione di N.S. delle Grazie.

I risultati mostrano come i valori di pioggia associati a tale evento risultino

inferiori per tutte le durate a quelli del 1991, mentre per la sola durata di 1 ora esso risulta inferiore a quella registrata nel 1951, 1952, 1959 e 1991, a dimostrazione che quello del 1970 è stato un evento eccezionale per le durate maggiori, ma non per quelle dell'ordine di 1 ora.

Analogamente nell' Allegato "Idrologia" è riportato il confronto tra i dati registrati alle stazioni di N.S. delle Grazie e Madonna della Guardia per il periodo di funzionamento comune; ciò che emerge è come i valori registrati alla stazione di Madonna della Guardia risultino mediamente superiori a quelli registrati alla stazione di N.S. delle Grazie di una percentuale variabile tra il 30% circa per la durata di 1 e l'80% circa per la durata di 24 ore.

In questo caso il coefficiente di correlazione tra i valori delle due stazioni risulta più elevato (intorno a 0.7), ma sempre indice di una modesta correlabilità tra i dati esaminati.

In base a tale correlazione è stato comunque ricostruito il valore atteso della precipitazione massima per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore relative all'anno 1970 per la stazione di N.S. delle Grazie.

Tali valori non si discostano in maniera significativa da quelli ricavati mediante correlazione con la stazione di Genova Università.

In questo caso i risultati ottenuti mostrano come i valori di pioggia associati a tale evento risultino inferiori, per la sola durata di 1 ora, a quelli registrati nel 1951, 1959 e 1993, mentre in tutti gli altri casi essi risultano prossimi o superiori a quelli registrati negli altri anni di funzionamento; ciò conferma ancora una volta che quello del 1970 è stato un evento eccezionale per le durate maggiori, ma non per quelle dell'ordine di 1 ora.

La ricostruzione dei valori delle precipitazioni intense relative all'evento del 1970 ha consentito la determinazione delle nuove curve di probabilità pluviometrica per durate da 1 a 24 ore per assegnati periodi di ritorno per la stazione di N.S. delle Grazie nella forma:

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

dove  $h$ [mm] rappresenta l'altezza di pioggia per la durata  $t$ [ore] dell'evento, mentre  $a$  ed  $n$  sono parametri rappresentativi della stazione.

Le elaborazioni sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia

massime annuali per ciascuna durata utilizzando la legge Log-normale a 2 parametri, che meglio si adatta a rappresentare il fenomeno.

I valori di  $a$  e di  $n$  sono stati ricavati per i tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni mediante interpolazione ai minimi quadrati dei valori di  $h$ [mm] al variare della durata  $t$ [ore] per ciascun valore del tempo di ritorno  $T$ [anni].

Nell' Allegato "Idrologia" sono riportati i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve così ricavate per la stazione di N.S. delle Grazie nelle tre ipotesi seguenti:

- a) senza i valori del 1970;
- b) con i valori del 1970 ricavati per estrapolazione dai corrispondenti valori della stazione di Genova-Università;
- c) con i valori del 1970 ricavati per estrapolazione dai corrispondenti valori della stazione di Madonna della Guardia;

Nella stessa tabella sono inoltre riportati i valori delle altezze di precipitazione calcolate per una durata di 65 minuti, pari al tempo di corrivazione del bacino del torrente Branega alla foce, nelle tre configurazioni sopra esposte, con i relativi scostamenti percentuali.

I risultati mostrano una forte similitudine tra i casi b) e c), con scostamenti percentuali tra i casi b) ed a) e tra i casi c) ed a) pari al 2% circa per l'evento 50-ennale, al 17% circa per l'evento 200-ennale e all'8% circa per l'evento 500-ennale.

I valori così ottenuti mettono in evidenza la sostanziale ininfluenza del dato mancante del 1970 ai fini della determinazione della curva di probabilità pluviometrica della stazione di N.S. delle Grazie.

Ciò è comunque spiegabile con il fatto che la stringa dei dati storici utilizzata nelle elaborazioni di Piano comprende già una serie di eventi meteo-climatici intensi, confrontabili con quello del 1970, come il 1951, 1959, 1991 e 1993.

In particolare l'evento del 1993 è stato caratterizzato da valori di precipitazione sensibilmente superiori a quello del 1970 per le durate inferiori e prossimi allo stesso evento per durate superiori.

Al fine di comprendere meglio l'influenza dell'evento del 1970 nella determinazione della curva di probabilità pluviometrica, si è infine proceduto all'elaborazione statistica dei valori di precipitazione delle due stazioni di riferimento di

Genova Università e Madonna della Guardia per gli anni di funzionamento comuni a quelli della stazione di N.S. delle Grazie, nelle due configurazioni di presenza e assenza dei dati relativi all'evento del 1970.

I risultati sono riassunti in forma numerica per ciascuna stazione nelle tabelle IV e V, in cui sono evidenziati per ciascuna durata i valori delle precipitazioni massime per assegnati tempi di ritorno nelle due configurazioni sopra esposte, con i rispettivi valori dello scostamento percentuale risultante.

L'analisi dei risultati mostra una sostanziale omogeneità di comportamento per le due stazioni esaminate, con valori dello scostamento più contenuti per la stazione di Genova-Università; in tutti e due i casi lo scostamento percentuale aumenta all'aumentare della durata con valori variabili tra l'1 % circa per durate prossime a 1 ora e l'8% circa per la durata di 24 ore per la stazione di Genova Università e tra l'1 % circa per durate prossime a 1 ora ed il 30% circa per la durata di 24 ore per la stazione di Madonna della Guardia.

Ciò conferma che la curva di probabilità pluviometrica risulta poco sensibile alla presenza o meno dei dati del 1970; ciò è tanto più vero per le altezze di pioggia della durata di 1 ora, prossima al tempo di corrivazione del torrente Branega, per le quali lo scostamento percentuale risulta assai modesto.

Tali valutazioni si traducono in un incremento assai modesto dei valori di portata massima al colmo, contenuto in meno del 10% circa.

Le curve di probabilità pluviometrica forniscono la base per la determinazione degli ietogrammi da adottare nelle successive fasi di calcolo delle portate di piena.

Nel caso in esame si sono adottati ietogrammi di tipo crescente la cui caratteristica saliente è costituita dal fatto che per ogni durata l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di probabilità pluviometrica da cui è stato generato; si sono scelti ietogrammi con picco della precipitazione finale per essere nella condizione più gravosa per il terreno già saturo.

Sono stati esaminati diversi ietogrammi di eventi intensi ricavati dalla lettura diretta delle strisce, in modo particolare degli eventi dell'Ottobre 1990 e 1991, Settembre 1993 e Novembre 1994, riportati nell'Allegato "Idrologia".

Sulla base dell'analisi condotta è emerso che gli eventi di pioggia più significativi hanno durata di base variabile fra le 4 e le 6 ore, per cui per gli ietogrammi di progetto si è assunto un tempo base pari a 400 minuti.

## 2.7.2 PORTATE DI PIENA

Le elaborazioni e le metodologie di calcolo di seguito riportate sono state finalizzate alla determinazione delle portate di piena, con assegnato periodo di ritorno, in ciascuna sezione individuata nell'ambito della schematizzazione del reticolo idrografico.

Quali tempi di ritorno di riferimento sono stati scelti quelli relativi a 50, 200 e 500 anni.

Il calcolo non è stato esteso a periodi di ritorno superiori perché da una parte il campione dei dati disponibili non consentiva stime attendibili e dall'altra non risulta giustificato dal punto di vista socio economico dimensionare opere di protezione e/o sistemazione dell'alveo per valori superiori.

Non essendo disponibile all'interno del bacino alcuna stazione idrometrica, la portata di piena è stata calcolata attraverso l'uso di un modello seriale di trasformazione afflussi-deflussi.

Il modello è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in volume specifico di ruscellamento, basato sull'interpretazione Hortoniana (non lineare) del processo di assorbimento e da una seconda parte caratterizzata da un modello lineare di formazione della piena attraverso la rete idrografica basato sul modello di Nash.

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuato depurando gli ietogrammi precedentemente individuati dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

Come noto tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusura sulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{h_r - I_a^2}{h_r - I_a + S}$$

dove  $h_n [mm]$  è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento,  $h_r [mm]$  è il volume specifico affluito,  $S [mm]$  è il potenziale specifico massimo di

assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso, mentre  $I_a$  [mm] rappresenta la quota parte del volume affluito che si infila prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di  $S$  viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \cdot \frac{100}{CN} - 1$$

La stima del parametro  $CN$  è stata effettuata secondo le procedure già descritte al paragrafo precedente.

Quale valore di  $I_a$ , al posto della relazione suggerita dal Soil Conservation Service ( $I_a=0.25$ ), si è adottato un valore pari a 3 mm come consigliato da diversi autori nelle applicazioni pratiche al fine di non sottostimare eccessivamente il volume di piena.

L'idrogramma unitario è stato calcolato con il modello di Nash che simula il comportamento del bacino con una cascata di  $n$  serbatoi posti in serie; l'IUH del modello assume la forma:

$$I(t) = \frac{1}{K \cdot n-1!} \cdot \frac{t^{n-1}}{K} \cdot e^{-\frac{t}{k}}$$

dove  $k$  è la costante caratteristica dei serbatoi e  $n$  il numero degli stessi. Nel caso in esame si è assunto:

$$n = 3$$

$$K = 0.5 \cdot t_c / (n-1).$$

Una volta disponibili gli ietogrammi di progetto e l'idrogramma unitario, sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per ciascuna sezione considerata attraverso l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = S \cdot \int_0^t I(t-u) \cdot p(u) \cdot du$$

il quale, noti lo ietogramma di riferimento e l'idrogramma unitario istantaneo del bacino in esame, permette di legare la portata uscente  $Q(t)$  all'intensità della pioggia netta  $p(t)$ .

Nell'Allegato "Idrologia" sono tabulati per ciascuna sezione i valori delle portate

di piena così ricavate per i periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, confrontati con i valori ricavati dalla "Curva Inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua Liguri con versante tirrenico", edita dal Servizio Idrografico sezione di Genova.

A titolo di esempio, sempre nell'Allegato "Idrologia", sono inoltre riportati, per i 3 tempi di ritorno di riferimento, i grafici degli idrogrammi di piena alla chiusura del bacino (nodo 1).

Lungo l'asta principale i valori della portata cinquecentennale risultano inferiori del 15% circa di quelli ricavati dalla curva inviluppo, alla quale sono pertanto associabili tempi di ritorno superiori.

Per i bacini con area inferiore a 2 km<sup>2</sup> il confronto con la curva inviluppo non è stato effettuato in quanto per tali bacini la curva non è più applicabile.

Allo stesso modo sono stati calcolati i contributi unitari e le portate di piena per assegnati periodi di ritorno delle 12 aree scolanti individuate, trattando le stesse in maniera indipendente come singoli sottobacini.

### **3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO**

#### **3.1 Premessa**

La valutazione del rischio di inondazione costituisce la base razionale nell'impostazione delle scelte prioritarie per il controllo delle piene e quindi il passaggio fondamentale nella stesura di un piano di abbattimento dei danni ad esse dovuti.

La sua trattazione è problema assai complesso ed ampio, implica l'analisi e la reciproca interrelazione di molteplici fattori geo-fisico-ambientali ed è di pertinenza propria degli studi di pianificazione e programmazione, siano essi Piani di Bacino che Piani di Protezione Civile.

#### **EVENTI DI PIENA – ASPETTI INDICATIVI DEI FENOMENI**

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

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

Il quadro meteorologico che può determinare l'entrata in crisi dei corsi d'acqua liguri può essere semplicisticamente schematizzato in due situazioni tipiche che si concentrano prevalentemente nei mesi autunnali e primaverili:

- permanenza prolungata sul bacino (scala temporale confrontabile col tempo di corrivazione) di una cella convettiva intensa associata ad un sistema frontale
- verificarsi di una *shower* (scroscio di forte intensità all'interno della cella convettiva) su di un bacino o su di una porzione dello stesso, con tempi di

permanenza anche inferiori ai tempi di corrivazione.

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

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

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

E' evidente che all'interno delle aree identificate come a rischio il *contenuto informativo ultimo* deve riportare elementi relativi alle possibili dinamiche di evento ed al diverso grado di vulnerabilità, pericolosità e rischio.

E' però altrettanto evidente che, a causa della complessità del problema, il raggiungimento di un tale *livello informativo*, seppure finalità necessaria nell'ambito di una corretta pianificazione di bacino, è obiettivo ambizioso e difficile che non può esaurirsi all'interno del presente Piano Stralcio.

Ad esso dovranno fare seguito successivi studi ed approfondimenti di settore, mirati specificatamente ad un'analisi di vulnerabilità comprensiva di analisi di *scenario* e di *rischio*.

Tenendo conto dei limiti sopra indicati, l'analisi delle fenomenologie di piena si è sviluppata secondo due diverse scale di analisi, entrambe propedeutiche e funzionali alla definizione delle criticità idrauliche ed alla definizione delle linee di pianificazione atte alla mitigazione nel tempo di tali criticità:

- una scala di bacino mirata ad identificare comportamenti prevalenti di tratti di asta torrentizia;
- una scala puntuale finalizzata a verificare la criticità idraulica di singole sezioni e/o tratti di riferimento.

Tale processo analitico metodologico, completato da uno studio storico che ha

preso in considerazione gli effetti e la dinamica di alcuni eventi alluvionali pregressi, ha consentito di definire una serie di evidenti situazioni di squilibrio e di realizzare una prima mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione.

## **ATTIVITA' A SCALA DI BACINO**

Individuato un quadro di riferimento base delle problematiche tipiche dell'area in esame, si è proceduto ad approfondimenti attraverso un'analisi tipicamente *morfologica*. Questa ha implicato l'esecuzione di un'indagine documentaria puntuale e morfologica attraverso la quale si è pervenuti ad una valutazione qualitativa della propensione all'inondazione delle aree in esame.

Lo studio, condotto su basi analitiche geomorfologiche attraverso attività di fotointerpretazione e sopralluoghi diretti, ha identificato i processi geomorfici prevalenti connessi con l'eventualità del verificarsi di un fenomeno di esondazione.

L'attività ha perciò assunto la tipicità di uno studio di sintesi nel quale sono confluite tutte le informazioni acquisite nel corso della fase conoscitiva del Piano.

Attraverso l'analisi a scala di bacino è stato quindi svolto un primo screening, anche con l'ausilio delle informazioni storiche raccolte ed interpretate, individuando, le zone del bacino nelle quali eseguire i successivi approfondimenti puntuali di dettaglio, a scala tipicamente idraulica.

## 3.2 Problematiche di tipo geomorfologico (susceptività al dissesto di versanti)

### 3.2.1 Metodologia applicata

Nell'ambito della revisione del presente Piano si è proceduto ad un aggiornamento che ha comportato modifiche sostanziali alle carte di analisi, in particolare a quelle geomorfologiche; in conseguenza di ciò, vista la difficoltà oggettiva di aggiornare la carta derivata della suscettività al dissesto, si è deciso di "rigenerarla" completamente ottemperando così alle seguenti esigenze:

- aggiornare il tematismo "susceptività" alle carte di base modificate;
- uniformare i criteri di calcolo della suscettività tra un bacino idrografico e l'altro, in quanto in una prima fase erano stati usati criteri differenti;
- adeguare detti criteri alle raccomandazioni e alle indicazioni di Regione Liguria.

I documenti che sono stati presi come riferimento per la strutturazione della procedura di generazione della carta sono i seguenti:

- Linea guida relativa alle "indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti" (redatta da Regione Liguria);
- Piano pilota ex-D.L. 180/98 del torrente Sturla (realizzato da Regione Liguria);
- Piani di bacino stralcio per il rischio (Ambiti ex D.L. 180/98 e s.m.i.) aggiornati in seguito al recepimento dei pareri vincolanti espressi da Regione Liguria

Dall'insieme di queste indicazioni è nata una procedura informatica in ambiente GIS che, tramite l'assegnazione di "pesi" ad ogni elemento giudicato "influyente" ai fini del calcolo della suscettività, porta alla "somma algebrica" di tali pesi e alla realizzazione di una "gradazione di suscettività" che copre l'intero territorio analizzato; tramite la definizione di range si ricava la Carta della suscettività al dissesto alla quale vanno sovrimposte alcune categorie tra le quali le frane "quiescenti" e quelle "attive" rispettivamente nelle classi "elevata" e "molto elevata"; i pesi utilizzati non sono stati ricalcolati sul presente bacino idrografico ma sono stati presi direttamente dalla procedura già collaudata sui Piani di bacino stralcio per il rischio (Ambiti ex D.L. 180/98 e s.m.i.); questa scelta è dovuta sostanzialmente a due motivazioni:

- *i pesi precedentemente calcolati erano riferiti all'intera superficie dei cinque ambiti regionali (12/13, 14, 15, 16 e 17) e pertanto già sufficientemente rappresentativi dell'intero territorio provinciale per il versante tirrenico;*

- *mantenendo gli stessi pesi, range di riferimento e classi sovrainposte, si è ottenuto un livello informativo omogeneo e confrontabile.*

La procedura informatizzata si basa sui dati di base georiferiti e strutturati su file Microstation J mediante l'utilizzo del software GIS Intergraph Mge e del database Microsoft Access '97 seguendo le raccomandazioni emanate da Regione Liguria; rispetto a dette raccomandazioni si sono rese necessarie alcune variazioni.

La procedura utilizzata ha diversi pregi e alcuni innegabili limiti che brevemente si elencano:

*pregi:*

- ☺ *Risulta la procedura più "oggettiva" tra quelle sino ad ora utilizzate;*
- ☺ *Consente di uniformare i calcoli svincolandosi dalle considerazioni soggettive e quindi non omogenee dei rilevatori;*
- ☺ *Consente di collegare direttamente il dato di sintesi "susceettività" con i dati di analisi ed è quindi facilmente rigenerabile in caso di aggiornamento;*

*limiti:*

- ☹ *Tiene conto di pochi parametri rispetto ai molteplici fattori che influiscono sulla suscettività al dissesto;*
- ☹ *I fattori di cui si tiene conto sono riferibili alla "scala di bacino"; non sono considerati pertanto i fattori locali, come ad esempio opere antropiche di taglio dei versanti, opere di regimazione delle acque, ecc.*
- ☹ *Essendo una procedura automatizzata opera una "generalizzazione" piuttosto spinta e non consente di trattare i casi singolarmente;*
- ☹ *essendo una procedura che analizza contemporaneamente l'intero territorio in questione rende complessa qualsiasi verifica sul territorio che non sia a campione.*

### 3.2.1.1. Assegnazione dei pesi

Per i criteri utilizzati per l'assegnazione dei pesi si riporta per completezza la procedura utilizzata nella redazione dei già citati "Piani per il rischio".

#### ■ Formazioni litologiche

I pesi relativi all'influenza delle differenti tipologie litologiche sono stati calcolati mediante la formula proposta da Regione Liguria che mette in relazione la superficie di affioramento con la totalità della superficie in frana sull'affioramento medesimo.

$$P_n = \frac{A'_n}{A_T} \times P_n$$

dove:

$$P_n = \text{peso litologico n}$$

$$A'_n = \text{area parziale di primo ordine}$$

$A'_n$  = Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia n [km<sup>2</sup>]

$A''_n$  = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle  $A'_n$ . [km<sup>2</sup>]

$A_T$  = Area totale del bacino [km<sup>2</sup>]

Si precisa che per rendere più significativi i calcoli sulle superfici sono stati "ipotizzati" i limiti litologici anche al di sotto delle coltri potenti (con spessore maggiore di metri 3), dato non presente nel livello informativo della carta geolitologica; questo espediente si è reso necessario per non trascurare l'incidenza di tutti quei fenomeni geomorfologici coltri potenti.

I pesi ottenuti mediante la formula di cui sopra sono stati "normalizzati" per ogni Ambito di Bacino di Rilievo Regionale della provincia di Genova e successivamente mediati tra tutti i 5 Ambiti.

Il risultato finale è stato successivamente modificato su tre pesi:

- la litologia **sns** – **serpentiniti scistose** è stata equiparata alla **sr** – **serpentiniti** per analogia di comportamento geomeccanico e per la scarsità areale dell'affioramento;

- per la litologia **cg – conglomerati** si è deciso di alzare il punteggio da 0 a 1 in considerazione dello stato di fratturazione dei conglomerati di Portofino.
- Per la litologia **gn – gneiss** è stato alzato il punteggio da 0 a 4 in considerazione del limitato affioramento e per analogia con i metagabbri

I pesi finali utilizzati nella procedura sono riportati in Tabella 2.4.

<b>LITOLOGIA (GXX_DLT.DGN)</b>	<b>sigla</b>	<b>peso</b>
Argilliti	<b>ag</b>	<b>10</b>
Brecce	<b>bc</b>	<b>7</b>
Argilloscisti	<b>as</b>	<b>6</b>
Calcari	<b>c</b>	<b>5</b>
Serpentiniti	<b>sr - sns</b>	<b>4</b>
Calcescisti	<b>cs</b>	<b>4</b>
Metagabbri	<b>mg</b>	<b>4</b>
Gabbri	<b>gb</b>	<b>4</b>
Calcari marnosi	<b>cm</b>	<b>4</b>
Gneiss	<b>gn</b>	<b>4</b>
Diabasi e basalti	<b>db</b>	<b>3</b>
Marne	<b>ma</b>	<b>3</b>
Metabasiti	<b>mb</b>	<b>2</b>
Arenarie	<b>ar</b>	<b>1</b>
Conglomerati	<b>cg</b>	<b>1</b>
Diaspri	<b>d</b>	<b>0</b>
Calcari arenacei	<b>car</b>	<b>0</b>
Dolomie	<b>do</b>	<b>0</b>
Lherzoliti	<b>lh</b>	<b>0</b>
Quarziti	<b>qz</b>	<b>0</b>
<b>COPERTURE DETRITICHE (G056_DLT.DGN)</b>		
Coltri detritiche potenti (sup. 3 mt)	<b>dt dt1 dt2</b>	<b>10</b>
Depositi alluvionali terrazzati rec.	<b>ar</b>	<b>5</b>
Depositi alluvionali terrazzati ant.	<b>aa</b>	<b>3</b>
Depositi alluvionali mobili attuali	<b>am</b>	<b>0</b>
Grossi riporti	<b>gr</b>	<b>10</b>

**Tabella 2.4**

**■ Acclività dei versanti**

Per il calcolo della suscettività è stata utilizzata la Carta dell'Acclività Regionale in scala 1:10.000 derivata dal modello digitale del terreno generato nell'ambito del progetto IT2000. I pesi assegnati ad ogni classe sono quelli già utilizzati per il torrente Polcevera e sono riportati in Tabella 2.5

<b>CLASSE DI ACCLIVITÀ (GXX_ACL.DGN)</b>	<b>sigla</b>	<b>peso</b>
Classe 1 (0 – 10 %)	<b>1</b>	<b>0</b>
Classe 2 (10 - 20 %)	<b>2</b>	<b>0</b>
Classe 3 (20 - 35 %)	<b>3</b>	<b>3</b>
Classe 4 (35 - 50 %)	<b>4</b>	<b>4</b>
Classe 5 (50 - 75 %)	<b>5</b>	<b>10</b>
Classe 6 (75 - 100 %)	<b>6</b>	<b>12</b>
Classe 7 (>100 %)	<b>7</b>	<b>13</b>

**Tabella 2.5**

**■ Uso del suolo**

E' stato utilizzato un peggiorativo per la classe "ex-coltivi"; sono stati inoltre inseriti i pesi per i diversi indici di efficienza idrogeologica, lasciando a zero il peso dell'alta efficienza e attribuendo un peggiorativo alle altre due classi (Tabella 2.6).

<b>CLASSE DI USO DEL SUOLO (GXX_USO.DGN)</b>	<b>sigla</b>	<b>peso</b>
Ex coltivi	<b>2.5</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DI EFF. IDROGEOLOGICA (GXX_USO.DGN)</b>		
Efficienza idrogeologica alta	<b>1</b>	<b>0</b>
Efficienza idrogeologica media	<b>2</b>	<b>1</b>
Efficienza idrogeologica bassa	<b>3</b>	<b>2</b>

**Tabella 2.6**

### ■ **Geomorfologia**

Oltre allo stato della roccia ed alle coltri “sottili”, sono state prese in considerazione, ove presenti, le ex-cave, le ex-discardiche e le aree caratterizzate da ruscellamento diffuso areale e da erosione diffusa areale (Tabella 2.7).

<b>STATO DELLA ROCCIA (GXX_MOR.DGN)</b>	<b>sigla</b>	<b>peso</b>
Roccia in buone cond. fav. al pendio	<b>R</b>	<b>0</b>
Roccia in buone cond. sfav. al pendio	<b>RS</b>	<b>2</b>
Roccia in scadenti condizioni	<b>RF</b>	<b>5</b>
Roccia non rilevabili	<b>RO</b>	<b>5</b>
<b>COLTRI SOTTILI (INF. 3 MT) (GXX_MOR.DGN)</b>		
Granulometria indifferenziata	<b>c</b>	<b>6</b>
Granulometria grossolana	<b>cg</b>	<b>6</b>
Granulometria fine	<b>cf</b>	<b>7</b>
<b>AREE SPECIALI</b>		
Ex-cave		<b>3</b>
Ex-discardiche		<b>3</b>
<b>FENOMENI EROSIIVI (GXX_MRF.DGN)</b>		
Ruscellamento diffuso	<b>rusc</b>	<b>5</b>
Erosione diffusa	<b>eros</b>	<b>5</b>

**Tabella 2.7**

### ■ **Buffer**

Sono stati creati dei buffer per tutti quegli elementi lineari e puntuali che possono incidere sulla suscettività al dissesto; l’ampiezza dell’area è stata fissata in base ai possibili effetti morfologici causati dagli stessi elementi, tenendo conto anche della scala alla quale il calcolo restituisce i risultati. Per tutti gli elementi lineari si è usato un buffer simmetrico, cioè si è costruita un’area di uguale ampiezza da una parte e dall’altra dell’elemento, ad eccezione dell’erosione spondale il cui buffer è calcolato sul solo lato esterno. Per gli elementi puntuali il buffer è rappresentato da un cerchio (Tabella 2.8).

<b>TIPOLOGIA DI BUFFER</b>	<b>buffer</b>	<b>peso</b>
Limite formazionale ( <i>gXX_dlt.dgn</i> )	<b>25+25</b>	<b>1</b>
Faglia ( <i>gXX_str.dgn</i> )	<b>25+25</b>	<b>2</b>

Erosione concentrata di fondo ( <i>gXX_mrf.dgn</i> )	<b>25+25</b>	<b>7</b>
Erosione spondale ( <i>gXX_mrf.dgn</i> )	<b>0+25</b>	<b>7</b>
Orlo di terrazzo ( <i>gXX_mrf.dgn</i> )	<b>15+15</b>	<b>3</b>
Rottura di pendio ( <i>gXX_mrf.dgn</i> )	<b>15+15</b>	<b>3</b>
Frana puntuale attiva ( <i>gXX_fra.dgn</i> )	<b>r. 25</b>	<b>25</b>
Frana puntuale quiescente ( <i>gXX_fra.dgn</i> )	<b>r. 25</b>	<b>20</b>
Conoide detritica puntuale ( <i>gXX_fra.dgn</i> )	<b>r. 25</b>	<b>10</b>
Ciglio di frana attivo ( <i>gXX_fra.dgn</i> )	<b>25+25</b>	<b>10</b>
Ciglio di frana quiescente ( <i>gXX_fra.dgn</i> )	<b>25+25</b>	<b>2</b>

**Tabella 2.8**

**Classi di suscettività al dissesto**

La sommatoria dei pesi applicati alle singole classi è stata suddivisa in range per la definizione delle classi di suscettività al dissesto, come da Tabella 2.9.

<b>CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO</b>	<b>sigla</b>	<b>range</b>
Molto bassa	<b>Pg0</b>	<b>Pg0&lt;7</b>
Bassa	<b>Pg1</b>	<b>7&lt;=Pg1&lt;14</b>
Media	<b>Pg2</b>	<b>14&lt;=Pg2&lt;20</b>
Elevata	<b>Pg3b</b>	<b>Pg3b&gt;=20</b>

**Tabella 2.9**

**Classi sovrainposte**

In ottemperanza alle raccomandazioni della Regione Liguria ed in conformità con la Normativa del Piano, in considerazione del fatto che la Carta della suscettività al dissesto ha anche ricadute normative, sono state sovrainposte le classi elencate in Tabella 2.10.

Si precisa che alle aree speciali “cave attive, miniere attive e discariche in esercizio” non è stata attribuita alcuna classe di suscettività in quanto dette aree sono normate da specifici Piani di Settore; per quanto riguarda le altre aree speciali (es. ex cave, ecc.), la classe sovrainposta è stata resa “trasparente” per lasciare visibile anche la suscettività calcolata.

<b>CLASSE SOVRAIMPOSTA</b>	<b>Classe di suscettività</b>	<b>sigla</b>
Frana attiva	Molto elevata	Pg4
Frana quiescente	elevata	Pg3a
Frana relitta o stabilizzata	elevata	Pg3b
DGPV	elevata	Pg3b
Area a franosità diffusa attiva	elevata	Pg3a
Area a franosità diffusa quiescente	elevata	Pg3b
Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Area speciale	Tipo A
Ex cave, ex miniere	Area speciale	Tipo B1
Ex discariche e riporti antropici	Area speciale	Tipo B2

**Tabella 2.10**

### 3.2.2 Commento

Il territorio appartenente al bacino del Torrente Branega è, in relazione alla suscettività al dissesto, ripartito in maniera disomogenea. La classe maggiormente rappresentativa risulta essere quella ad *elevata suscettività non dovuta a frane quiescenti (Pg3b)*, la quale si estende in maniera più o meno uniforme per tutto l'areale del bacino, con maggiori concentrazioni lungo la parte centrale del bacino. In particolar modo sono da evidenziare la grande zona di deformazione gravitativa profonda (DGPV), in località Pian Grande e le frane stabilizzate a nord di Case Fagaggia, ad ovest di Case Valle ed in loc. Garago.

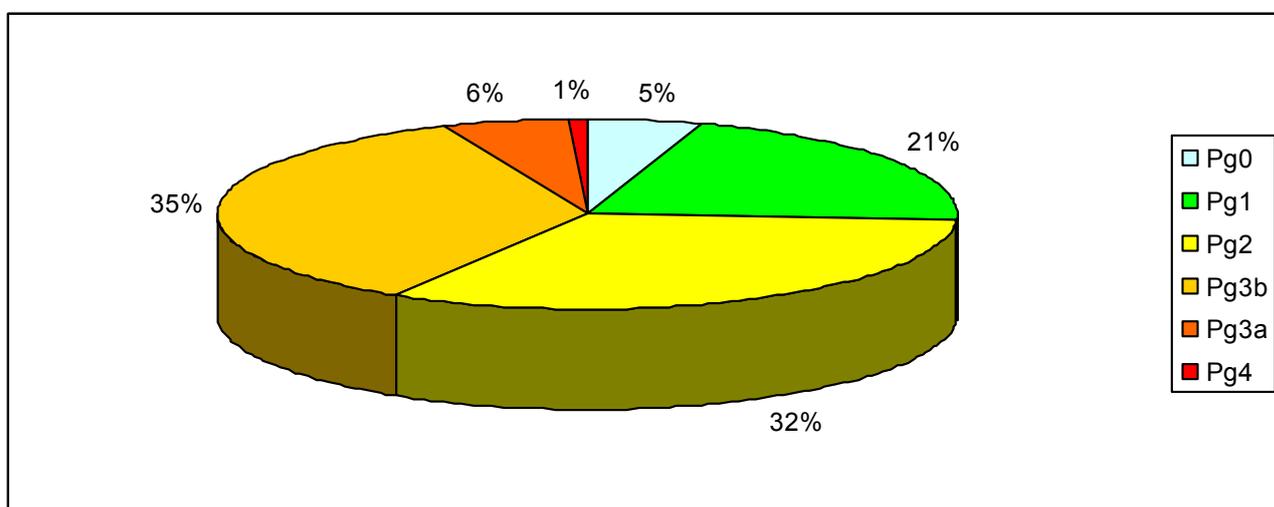
I versanti con elevata acclività, riscontrabili soprattutto in testata al bacino, presentano una suscettività al dissesto *media (Pg2)*; mentre le zone più pianeggianti ed i crinali, sono rappresentati dalla classe *bassa (Pg1)*.

Le aree a suscettività *molto bassa (Pg0)*, sono perlopiù concentrate in corrispondenza della foce del Torrente Branega.

Localmente si ritrovano anche zone a suscettività *elevata (Pg3a)* e *molto elevata (Pg4)* nella zona medio-bassa del bacino e nei pressi della località Acqua Sulfurea.

Le classi della suscettività al dissesto, sono arealmente così ripartite:

- Pg4: 1 %
- Pg3a: 6 %
- Pg3b: 35%
- Pg2: 32%
- Pg1: 21%
- Pg0: 5%



### **3.3 Problematiche di tipo idraulico (verifiche idrauliche ed aree inondabili)**

Individuati tratti e sezioni significativi, sia attraverso le indagini morfologiche a scala di bacino, sia attraverso la ricostruzione storica della criticità idraulica pregressa, nel presente paragrafo ci si propone di analizzare e verificare i tratti e le sezioni d'alveo che allo stato attuale risultano critici in concomitanza di eventi di piena significativi.

Questa analisi consente, da una parte, di determinare le portate massime smaltibili nei tratti oggetto di verifica e, dall'altra, contribuisce all'individuazione delle dinamiche dei fenomeni di esondazione e conseguentemente alla determinazione del livello di criticità del sistema e, più in particolare, di ciascun tratto o sezione.

Tutto ciò costituisce lo strumento tecnico di base indispensabile per l'individuazione degli interventi necessari alla messa in sicurezza dei vari tronchi delle aste principali del bacino.

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

#### **3.3.1 Aree storicamente inondate**

Nell'analisi delle aree soggette a rischio di inondazione il primo e spesso determinante livello di conoscenza è costituito dall'individuazione di quanto vulnerato nel passato.

In particolare, dove, rispetto al passato, non sussistono cambiamenti radicali della struttura urbana e della rete idrografica è possibile utilizzare i dati storici associati ad opportune verifiche, quale mezzo per definire le aree vulnerabili.

Ciò è tanto più vero per il tipico ambiente ligure dove la modellazione della dinamica di un evento idraulico e delle sue interazioni con le strutture ed infrastrutture circostanti risulta di maggiore difficoltà rispetto ad altri ambienti.

Dall'analisi storica si hanno informazioni preziose per formulare una prima gerarchizzazione delle diverse situazioni di rischio presenti sul territorio.

Per quanto riguarda il bacino del Torrente Branega, l'analisi storica sviluppata ha consentito di individuare alcune esondazioni significative verificatesi nelle aree urbanizzate di fondovalle in questo ultimo secolo. In particolare si ricordano quella del 6 novembre 1906, quella del 7 settembre 1955 e quella del 23 settembre 1993.

Gli studi di settore sviluppati recentemente, soprattutto ad opera del G.N.D.C.I.<sup>(1)</sup>, hanno ampiamente dimostrato come le caratteristiche di ripetitività dei fenomeni di inondazione, fanno ritenere che una aliquota consistente degli eventi dannosi che potranno verificarsi nel futuro, sia costituita da eventi che sostanzialmente si ripropongono con caratteristiche in parte analoghe a fenomeni verificatisi nel passato.

L'indagine storico retrospettiva degli eventi di piena costituisce di fatto la principale base per la definizione e la mappatura del rischio di inondazione, nonché elemento di taratura per ogni ulteriore elaborazione del *vulnerabile*.

Per quanto riguarda in particolare le aree urbane di pertinenza del bacino del Torrente Branega, ma questo è da ritenersi valido anche a scala regionale, l'analisi degli effetti dovuti agli eventi intensi del passato ha messo in luce come eventi estremi anche di entità diversa abbiano prodotto danni di grado diverso pur vulnerando spazialmente aree omologhe.

Da qui l'importanza di aumentare il livello di conoscenza della dinamica degli eventi andando a costruire opportuni scenari.

Nella *Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate* vengono riportate le aree già oggetto di inondazione, così come individuate dagli studi propedeutici al Piano oppure dalla D.G.R. 594/2001.

### **3.3.2. Verifiche idrauliche**

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

E' stato utilizzato un rilievo di dettaglio in scala 1:200 fatto eseguire da AMGA nel Maggio 1983 in occasione della posa del metanodotto che dalla località Bric Ciantavigna scende parte lungo l'alveo del torrente Branega, parte lungo la via Branega verso la foce del corso d'acqua dove è ubicata un'area adibita allo stoccaggio del metano. I tratti non coperti dal rilievo sono stati integrati utilizzando come base la

---

<sup>1</sup> Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche

cartografia in scala 1:1000 dell'Ufficio del Genio Civile e, nel tratto a monte, un secondo rilievo di dettaglio in scala 1:200 del tratto di alveo antistante la cabina di riduzione di AMGA, aggiornato al Marzo 1994. I rilievi sono stati controllati, integrati ed aggiornati mediante rilevazioni dirette e indagini di campo.

### 3.3.2.1 Verifiche globali

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state invece condotte mediante l'ausilio di un software<sup>1</sup> per il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti dovuti alle interazioni con ponti, briglie, tominature, stramazzi, aree golenali ecc.

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

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove  $H_1[m]$  ed  $H_2[m]$  sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tratto considerato,  $h_f[m]$  sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre  $h_e[m]$  è un termine aggiunto per tener conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

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

$$h_f = j_f \cdot L$$

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

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

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

$$J = \left[ \frac{Q}{K} \right]^2$$

dove  $Q[mc/s]$  è la portata di calcolo e  $K$  (denominato conveyance) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

forma

$$m_1 - m_{p1} + \frac{Q^2}{g \cdot (A_1)^2} \cdot \left( A_1 - \frac{C_p}{2} \cdot A_{p1} \right) = m_2 + \frac{Q^2}{g \cdot A_2} = m_3 - m_{p3} + \frac{Q^2}{g \cdot A_3}$$

dove:

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

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

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

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

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

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

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

$m_{p1}, m_{p3}$  =  $A_{p1} Y_{p1}$  e  $A_{p3} Y_{p3}$ ;

$Q$  = portata;

$g$  = accelerazione di gravità.

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

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

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

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

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

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

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

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

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

$$F_e + G = M_u - M_e$$

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

### 3.3.2.2 Risultati

Il tratto esaminato si estende da località Casette fino allo sbocco a mare per un lunghezza di circa 1.8 km

Le portate utilizzate nella verifica, ricavate dalle tabelle dell'Allegato "Idrologia", risultano, per l'intero tratto esaminato:

T (anni)	50	200	500
Portata [m <sup>3</sup> /s]	<b>86</b>	<b>115</b>	<b>136</b>

Si è assunto un valore medio del coefficiente di scabrezza di Manning pari a  $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$  per l'intero tronco d'alveo.

Di seguito, si riporta la descrizione delle verifiche effettuate e l'analisi dei risultati ottenuti.

Nell' Allegato "Verifiche idrauliche" sono riportati, per ciascuna verifica, i risultati in forma grafica e numerica, in particolare, per i tratti oggetto di verifiche di tipo globale, sono riportati:

- sezioni trasversali
- profilo longitudinale
- tabelle riassuntive dei risultati;

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

#### *Torrente Branega da località Casette alla località Garsa*

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso fra una sezione posta circa 38 m a monte della briglia (BRBR08D03) ubicata in località Fabbrica Muraldo e la briglia di derivazione ormai in disuso posta circa 700 m a valle.

Esso ha una lunghezza complessiva di circa 690 m con una pendenza media del 2.4 % circa. L'andamento planimetrico è curvilineo (a forma di S) con due curve, la prima, più ampia, verso destra e la seconda, più secca, verso sinistra; il corso d'acqua è attraversato da tre ponti carrabili di via Branega:

- sez BRA-52 (BRBR09PT05),
- sez BRA-49 (BRBR10PT06),
- sez BRA-38 (BRBR13PT07).

Le larghezze risultano mediamente pari a 17 m circa con un minimo di 13.5 m nella sez BRA-42, nel tratto prospiciente alla cabina di riduzione AMGA, ed un massimo di 28 m nella sez. BRA-53, circa 200 m più a monte.

L'alveo risulta arginato sulla sponda destra tra le sezioni BRA-50 e BRA-41 con un muro in c.a. di altezza variabile tra 2.5 m e 3 m rispetto al fondo alveo ed in sponda sinistra tra le sezioni BRA-40 e BRA-30 con un muro in c.a. a di sostegno di via Branega di altezza variabile tra 2.5 m e 4 m; la sponda sinistra nel tratto a monte e la sponda destra in quello a valle sono costituite dal versante naturale con pendenze di oltre il 50 %; il fondo alveo è costituito dal substrato roccioso affiorante.

I ponti carrabili BRA-49 e BRA-38 sono del tipo a campata unica con impalcato in struttura mista acciaio calcestruzzo e spalle in pietra e malta. Il ponte carrabile BRA-52 è del tipo a campata unica con impalcato in calcestruzzo armato e spalle in pietra e malta ed ha una larghezza di 11 m e luce libera ad deflusso di 3.4 m. Il ponte BRA-49, ubicato al termine di un brusco cambiamento di direzione del corso d'acqua, presenta una larghezza di 11 m e luce libera di 2.8 m. , Il ponte BRA-38, ubicato circa 200 m più a valle, ha una larghezza al fondo di 11 m con una luce libera di 2 m.

La corrente si mantiene veloce con altezze del pelo libero variabili tra 1 e 3.3 m circa per la portata 50-ennale, tra 1.1 e 3.78 m per la portata 200-ennale e tra 1.2 m e 4.7 m circa per la portata 500-ennale.

A monte della briglia ubicata in loc. Casette, in sponda sinistra, è presente un tratto in cui gli argini sono inadeguati a contenere le portate di piena. L'inondazione interessa, già per la portata cinquantennale, una piana su è cui è presente un nucleo di case sparse.

I tratti caratterizzati dalle maggiori velocità e da altezze del pelo libero inferiori sono quelli a valle dei ponti carrabili a causa dell'espansione della corrente in uscita dalle sezioni ristrette dei ponti stessi; al contrario i tratti a monte delle sezioni ristrette dei ponti presentano invece velocità minori e altezze del pelo libero maggiori. Si possono osservare tre risalti con tutte e tre le portate: il primo è dovuto alla presenza del ponte BRA-38, il quale genera un profilo di corrente lenta che si raccorda con un profilo di corrente veloce a valle della sezione BRA-40; il secondo, localizzato presso la sezione BRA-44, è causato dall'incontro della corrente lenta formatasi alla sezione BRA-41 e la corrente veloce formatasi a valle del ponte BRA-49; il terzo risalto, localizzato in corrispondenza della sezione BRA-33, è generato dal brusco

restringimento dell'alveo tra le sezioni BRA-30 e BRA-31.

Il ponte ubicato in SEZ BRA-39 non presenta franco adeguato rispetto alla portata 50-ennale e, con la portata 200-ennale, il deflusso avviene parte in pressione al di sotto dell'impalcato e parte a stramazzo al di sopra del piano viabile. La portata che fuoriesce si incanala lungo via Branega non potendo rientrare subito in alveo a causa del parapetto in c.a. della strada.

In corrispondenza della sezione BRA-31 è presente un accesso pedonale all'alveo che presenta un franco inferiore a 20 cm rispetto alla portata 200-ennale.

Più a monte, l'area in cui è situata la cabina di riduzione di AMGA risulta inondabile in corrispondenza delle sezioni sez BRA-41,42,43. Analogo comportamento si ha per la portata 500-ennale.

Sotto il ponte BRA-49 la portata 200-ennale transita con franco ridotto di 30 cm, mentre per la portata 500-ennale il deflusso avviene in pressione al di sotto dell'impalcato. Sotto il ponte BRA-52 la portata 200-ennale transita con franco di circa 80 cm. La portata che fuoriesce in prossimità dei ponti si incanala lungo via Branega percorrendola per un lungo tratto, non potendo rientrare in alveo, soprattutto nella parte inferiore del tratto, a causa della presenza del parapetto in c.a. di separazione tra la strada ed il corso d'acqua. L'area in cui è situata la cabina di riduzione di AMGA risulta inondabile, così come l'intero tratto che va dal primo ponte (sez BRA-38) alla briglia (sez BRA-30).

#### *Torrente Branega da località Garsa a viadotto Autostradale A10*

Il tratto d'alveo si estende da località Garsa (Sez BRA-30) al viadotto Autostradale A10 in corrispondenza della Sez BRA-19 .

Esso ha una lunghezza complessiva di circa 700 m con una pendenza media del 5.6 % circa dalla sezione BRA-30 a BRA 25 e di circa 1.7 fino alla sezione BRA-19

La corrente si mantiene veloce con altezze del pelo libero variabili tra 0.7 e 2.4 m circa per la portata 50-ennale, tra 0.9 e 2.95 m per la portata 200-ennale e tra 1 m e 3.3 m circa per la portata 500-ennale

La portata cinquantennale dà luogo ad esondazione in sponda destra nell'area compresa tra le sezioni BRA-24 e BRA -23 dove sono presenti edifici in stato di abbandono. Nel restante tratto le tre portate legate ai tre tempi di ritorno risultano

ampiamente contenute all'interno degli argini senza perciò provocare ulteriori esondazioni.

#### Torrente Branega da viadotto Autostrada A10 a sbocco a mare

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra una sezione posta in corrispondenza del viadotto d'attraversamento dell'Autostrada A10 Savona-Genova e lo sbocco a mare ed ha una lunghezza complessiva di circa 370 m.

Esso ha un andamento planimetrico caratterizzato da un primo tratto rettilineo in direzione NE-SO seguito da un tratto a forma di S con due curve brusche la prima verso sinistra e la seconda verso destra e infine da un ultimo tratto rettilineo in direzione NO-SE sino allo sbocco a mare; la pendenza media del tratto è pari all'1.3 %.

Le larghezze al fondo sono mediamente pari a 15 m circa, con un minimo di 10 m ed un massimo di 29 m entrambi in prossimità del tratto curvilineo, tra un guado carrabile ed un edificio in sponda sinistra.

Il tratto si presenta arginato su entrambe le sponde con muri in varie tipologie costruttive (pietra a secco, calcestruzzo, c.a.) d'altezza compresa tra 3.2 m e 4.8 m in sponda destra e tra 2.2 m e 5.3 m in sponda sinistra. Le aree adiacenti al corso d'acqua sono costituite nel tratto compreso tra il viadotto autostradale e la prima curva da campi coltivati e serre in sponda destra e da zone intensamente urbanizzate in sponda sinistra, con presenza di edifici in fregio all'alveo, tra cui una scuola; il secondo tratto sino allo sbocco a mare è invece caratterizzato dalla presenza in sponda destra di una stretta strada asfaltata delimitata da un parapetto in c.a. e dal muro di confine del cimitero di Prà, in sponda sinistra dal muro di cinta del retrostante piazzale di servizio di AMGA.

Oltre che dal viadotto autostradale della A10, il corso d'acqua è caratterizzato dalla presenza di un guado ubicato in prossimità del tratto curvilineo, circa 200 a monte dello sbocco a mare, da un ponte carrabile all'altezza di via Borghetto, circa 40 m a valle e infine, in prossimità dello sbocco a mare, dalla copertura realizzata per consentire il transito della strada statale n.1 Aurelia e della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia.

Il guado è costituito da una soglia in c.a. della larghezza di 10 m circa e consente l'accesso carrabile al piazzale antistante l'edificio ubicato in sponda sinistra su terreno di pertinenza del corso d'acqua; il ponte di via Borghetto, ubicato poco a valle, è

costituito da un impalcato in c.a. con travi a coltello ed ha una larghezza di 9.6 m con una luce libera di 1.9 m; la copertura terminale, realizzata in pietra e mattoni, ha una lunghezza di 35 m con una sezione rettangolare della larghezza di 12 m con volta ad arco ribassato. L'altezza rispetto al centro della volta è di 3.3 m, la luce libera di deflusso è pari a 29.4 mq.

Al termine del tratto coperto è ubicato inoltre un ulteriore attraversamento ferroviario di recente realizzazione che presenta un impalcato in c.a. con luce libera di 17 m di larghezza e 4.2 m d'altezza.

Per la portata 50-ennale il deflusso all'interno della copertura avviene a pelo libero con franchi rispetto alla volta compresi tra 1.3 m nella sezione di sbocco e 1 m nella sezione di imbocco; la presenza di un franco idraulico fanno ritenere la copertura terminale in condizioni di 'relativa' sicurezza.

Il deflusso della portata 200-ennale all'interno della copertura avviene a pelo libero con franchi rispetto alla volta compresi tra 1.28 m nella sezione di sbocco e 0.25 m nella sezione di imbocco. L'assenza di franco idraulico in corrispondenza delle zone laterali della copertura terminale e, all'imbocco, i modesti franchi in mezzeria, fanno ritenere quest'ultima comunque a rischio per tali condizioni di portata a causa del trasporto solido di piena e del materiale galleggiante che può ostruirne la luce con conseguente parziale messa in pressione del manufatto e innalzamento del pelo libero a monte.

La portata 500-ennale defluisce sotto la copertura a pelo libero con franchi rispetto alla volta compresi tra 1.1 m nella sezione di sbocco e nullo nella sezione di imbocco. L'assenza di franco idraulico in corrispondenza delle zone laterali della copertura terminale e i modesti franchi in mezzeria fanno ritenere quest'ultima, per la portata 500-ennale, insufficiente con possibilità di tracimazione sulla soprastante via Aurelia.

Il restringimento di sezione all'imbocco della copertura provoca nel tratto a monte un rigurgito in corrente lenta con il pelo libero pressochè orizzontale a quota 4 m s.l.m. per la portata 200-ennale e 4.5 m s.l.m. per la portata 500-ennale, superiori alla quota del piano viabile in sponda destra.

Il ponte di via Borghetto (sez BRA-9) risulta già insufficiente per la portata 50-ennale. Il rigurgito che si propaga verso monte provoca esondazioni in sponda sinistra con interessamento degli edifici presenti.

In particolare per le portate 200-ennale e 500-ennale risulta del tutto insufficiente, con parte della portata che defluisce in pressione al di sotto dell'impalcato e parte che defluisce al disopra del piano viabile, inondando le aree adiacenti. Il pelo libero raggiunge in tale tratto rispettivamente le quote di 5.7 m s.l.m e 6.1m s.l.m che sono superiori alla quota del piano viabile in sponda destra.

In prossimità del guado, circa 30 m a monte del ponte, nella sezione più stretta del tratto (sez BRA-11), per le tre configurazioni di portata si instaura nuovamente la profondità critica e da qui ha inizio un nuovo profilo di rigurgito in corrente lenta verso monte.

In particolare per le portate 200-ennale e 500-ennale, in questo secondo tratto, le quote del pelo libero si mantengono prossime rispettivamente ai 6.7 m s.l.m e 7 m s.l.m. sino alla sez BRA-14. L'area adiacente all'edificio in sponda sinistra in prossimità del guado risulta inondabile; nel tratto a monte il deflusso della portata di piena risulta contenuto entro gli argini.

### **3.3.3 Aree inondabili**

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

Nell'ambito del presente Piano Stralcio le analisi conoscitive multidisciplinari effettuate ed il livello informativo raggiunto hanno consentito di giungere alla predisposizione *della mappatura delle aree a rischio di inondazione* per tratti idraulicamente indipendenti relativi all'asta terminale del Torrente Branega ed al suo tratto intermedio sino in prossimità della confluenza con il Rio Fontana Marsa.

Il *vulnerabile*, come detto, è stato ottenuto a seguito di un approccio metodologico *semplificato* che ha preso avvio dai risultati e dalle valutazioni emersi dalle verifiche idrauliche dirette di tipo globale.

Questa analisi idraulica, ampiamente trattata nei capitoli precedenti, ha consentito di individuare il livello di criticità dei diversi tratti di alveo, in relazione al

deflusso di portata di piena per diversi tempi di ritorno.

In particolare è stato possibile caratterizzare la dinamica del deflusso attraverso il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente.

Le verifiche hanno portato ad individuare i tratti di alveo insufficienti lungo i quali si verifica esondazione.

Le aree inondabili sono state individuate in prima approssimazione estendendo alle zone limitrofe adiacenti il corso d'acqua, le altezze idrometriche calcolate attraverso le verifiche.

L'analisi dei risultati, unitamente alla conoscenza della topografia ed alla distribuzione sul territorio delle principali strutture ed infrastrutture, hanno consentito di formulare alcune ipotesi sulla dinamica dell'esondazione e sulla conseguente modalità di propagazione dei volumi d'acqua esondati.

La bontà dell'analisi è stata verificata attraverso una taratura per confronto del *vulnerato*.

In base ai risultati delle verifiche è stato individuato, per i tronchi esaminati, il grado di criticità in funzione della probabilità di accadimento della portata che dà luogo ad esondazione (portata limite smaltibile): le aree esaminate risultano inondabili per valori di portata con tempo di ritorno da uguali a inferiori ai 200 anni per i tratti più a valle, mentre risultano inondabili con tempi di ritorno di circa 200 anni i tratti più a monte.

Pur non essendo ricorsi a modelli più complessi e sofisticati che simulano la diffusione dei volumi esondati attraverso un'analisi bi e tridimensionale del fenomeno, viste le caratteristiche e la tipicità del territorio in esame, si ritiene che i risultati della mappatura siano, in prima approssimazione, più che soddisfacenti ed esaustivi delle problematiche in gioco.

L'analisi del vulnerabile è stata fatta tenendo conto primariamente degli effetti dell'esondazione dell'asta principale ed in minor misura di quelli dovuti alle carenze delle reti di smaltimento delle acque meteoriche. In realtà localmente i due effetti si sommano risultando spesso indistinguibili proprio per la loro reciproca interazione. Ciò ha determinato l'accorpamento, sia delle aree soggette storicamente ad inondazione che a quelle soggette ad elevato rischio idrologico

Alla luce dei risultati ottenuti, è possibile formulare una serie di constatazioni che assumono di fatto valore di *linee guida* nell'ambito delle procedure di mappatura

delle aree urbane di pertinenza fluviale dei tratti terminali dei torrenti liguri:

- l'applicazione di metodologie *semplificate* appare una scelta congruente in rapporto alle condizioni geo-ambientali presenti;
- il *vulnerato* ha un ruolo determinante nella taratura del *vulnerabile* contribuendo, inoltre, ad una corretta identificazione delle reali dinamiche evolutive del fenomeno;
- in rapporto al susseguirsi di eventi estremi nel tempo anche di diversa intensità, le aree soggette al rischio di inondazione permangono sostanzialmente le medesime ed inoltre, nell'ambito delle singole località interessate, l'estensione delle aree sommergibili non muta. Ciò che può variare sono i tiranti idrici in conseguenza dei volumi esondati e l'entità dei danni occorsi
- è spesso difficile ed a volte impossibile distinguere gli effetti dovuti all'insufficienza delle reti di smaltimento delle acque meteoriche, da quelli imputabili effettivamente alla fuoriuscita dagli argini del corso d'acqua;
- la definizione di scenari d'evento costituisce azione fondamentale per conferire validità ad ogni azione di mappatura.

Le procedure di mappatura sono perciò da intendersi come *strumento conoscitivo di base* proprio sia del Piano di Bacino che del Piano di Protezione Civile per il rischio di inondazione.

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

### **3.4 Principali criticità del bacino**

Il Piano Stralcio del Bacino del Torrente Branega ha sviluppato il tema delle aree a rischio idrogeologico riconosciuto come settore funzionale di interesse primario.

Attraverso l'analisi degli aspetti idrologici, idraulici, geologici, geomorfologici, sono stati evidenziati gli squilibri presenti nel territorio.

Il disequilibrio primario emerso è dovuto all'incompatibilità tra l'andamento plano-altimetrico della rete idrografica e l'attuale assetto delle aree urbanizzate.

La situazione è da mettere in relazione con il modello di sviluppo urbanistico che nella continua ricerca di spazi utili non ha rispettato alcun vincolo naturale.

Tale andamento è stato accentuato, nel corso degli anni, da una serie di interventi sistematori a macchia di leopardo, frutto della mancanza di una cultura di pianificazione che tenesse conto di tutti gli aspetti coinvolti.

Le emergenze di carattere idraulico più evidenti sono legate, soprattutto, all'invasione delle aree un tempo di pertinenza del corso d'acqua da parte delle aree urbanizzate, nonché alla presenza di ostacoli strutturali quali pile di ponti, coperture, sottoservizi, briglie e alla variabilità della geometria delle sezioni di deflusso.

In particolare, le criticità idrauliche risultano molto evidenti lungo il tratto terminale del torrente Branega, dall'attraversamento autostradale della A10 corsia Sud sino allo sbocco a mare e nel tratto d'alveo compreso fra le località Casette e Garsa.

Per quanto riguarda la franosità, i disequilibri sono da riferirsi sostanzialmente a processi di riattivazione di fenomeni pregressi tipologicamente riconducibili a colamenti e scivolamenti ed all'innescò di fenomeni superficiali di prima generazione tipo colamento rapido ovvero fenomeni di crollo.

In rapporto alle caratteristiche di urbanizzazione presenti all'interno del bacino non si osservano situazioni significative di attivazioni di fenomeni di importanti dimensioni che abbiano come causa innescante l'attività antropica. Solo a livello puntuale l'intervento dell'uomo determina ridotti fenomeni di squilibrio spesso ubicati lungo la rete viaria.

Nell'ambito del bacino non si rilevano fenomeni di "grandi" dimensioni e non sono presenti problematiche di instabilità che coinvolgano interi centri abitati.

Frane di prima generazione si manifestano soprattutto in corrispondenza di

eventi pluviometrici intensi e concentrati. Questa tipologia di dissesto costituisce la principale fonte di alimentazione del trasporto solido che acquisisce particolare rilevanza soprattutto in concomitanza con il verificarsi di condizioni pluviometriche estreme; in tali casi gli effetti delle piene risultano fortemente amplificati da fenomeni di sovralluvionamento delle aste principali.

### **3.4.1 Sintesi delle criticità idrauliche**

Le emergenze di carattere idraulico più evidenti sono legate, soprattutto all'invasione delle aree un tempo di pertinenza del corso d'acqua da parte delle aree urbanizzate e di strutture industriali e/o abitative.

In particolare ciò appare in tutta la sua drammaticità lungo l'asta terminale del torrente Branega, dove il disordine urbanistico ha costretto il deflusso delle acque in veri e propri canali artificiali caratterizzati dalla presenza di ostacoli quali ponti, coperture e dalla variabilità anche repentina della geometria delle sezioni.

Un'ulteriore criticità è dovuta allo sbocco a mare del corso d'acqua all'interno del canale di calma del porto di Voltri che risulta fortemente condizionato sia dagli aspetti costruttivi del canale stesso (larghezza, profondità, tipologia delle protezioni spondali del rilevato portuale) che dagli aspetti manutentivi legati alla pulizia ed al dragaggio di tale specchio acqueo.

Le analisi condotte lungo i tronchi dell'asta principale hanno consentito l'individuazione dei tiranti associati al deflusso delle portate con diversi periodi di ritorno, nonché la determinazione delle portate massime smaltibili per ciascun tratto.

In base ai risultati delle verifiche sono state individuati i tratti di alveo insufficienti che causano l'inondazione delle aree adiacenti in concomitanza di eventi pluviometrici e idrometrici intensi. Ciò ha permesso di campire le aree soggette a rischio di inondazione attraverso l'utilizzo di metodologie semplificate di mappatura utilizzando quale elemento di taratura le aree vulnerate riferite ad eventi pregressi noti.

Risultano particolarmente critici:

- il tratto terminale del torrente Branega dall'attraversamento autostradale della A10 corsia Sud sino allo sbocco a mare a causa della sua particolare conformazione planimetrica e della presenza di sezioni critiche quali la copertura terminale, il tratto in fregio al cimitero di via S.S. Trinità, il ponte di via Borghetto e il guado subito a monte dello stesso.
  
- il tratto d'alveo del torrente Branega compreso fra località Casette e località

Garsa a causa della presenza dei due ponti carrabili della via Branega che presentano una sezione inadeguata.

Oltre alle criticità idrauliche primarie sopra indicate, si riscontra l'inefficienza della rete di drenaggio delle acque meteoriche in ambiente urbano. L'insufficienza e, spesso, la vera e propria mancanza dei collettori fognari, contestualmente all'incapacità di assorbimento dei corpi ricettori, causano, anche a seguito di eventi pluviometrici di modesta entità, danni rilevanti a persone e cose.

### **3.4.2 Sintesi delle criticità geomorfologiche**

L'area del Bacino del Torrente Branega (superficie totale pari a 4.8 km<sup>2</sup>) è stata suddivisa in tre complessi litologici principali (si è trascurata la presenza dei litotipi terziari, vista la ridotta estensione nell'area del bacino):

- un complesso caratterizzato da ultramafiti (area 2,9 km<sup>2</sup>);
- un complesso caratterizzato da metagabbri e metabasiti (area 0,5 km<sup>2</sup>);
- un complesso costituito prevalentemente da calcescisti e micascisti con intercalazioni di serpentiniti, serpentinoscisti e metabasiti (area 0,7 km<sup>2</sup>).

Il complesso delle ultramafiti, che costituisce quasi la totalità del bacino, è rappresentato da serpentiniti e lherzoliti; la morfologia di questo complesso è caratterizzata da elevata energia del rilievo. I versanti sono lunghi e regolari, la loro geometria è controllata dall'assetto geologico e più in particolare dall'andamento delle discontinuità (faglie e fratture).

L'evoluzione dei versanti è fortemente condizionata dal comportamento rigido del materiale e la franosità è tipica di un *mezzo discontinuo* in cui i fenomeni di instabilità sono connessi alle caratteristiche dei parametri meccanici ed alle condizioni idrauliche lungo le discontinuità. Nella testata del Rio di Pian delle figlie è stata individuata una zona di contatto tettonico tra serpentiniti e lherzoliti, caratterizzata da rocce fortemente fratturate che danno origine ad una fascia cataclastica.

Nel complesso delle ultramafiti la percentuale di area in frana attiva e quiescente è pari a circa il 16% (percentuale di area in frana rapportata all'area del

complesso)<sup>2</sup> con tipologie riconducibili a movimenti di crollo, scivolamento e soprattutto complessi.

Numerosi sono i movimenti di piccole dimensioni, non cartografabili alla scala del lavoro, che spesso si rilevano in associazione con fenomeni erosivi di versante soprattutto nelle zone in cui l'ammasso roccioso risulta disgregato.

Di fatto, nel complesso delle ultramafiti, la franosità è concentrata in località Acqua Sulfurea, dove si rileva la presenza di una “zona a franosità diffusa” di estensione pari a circa 20 ettari.

La franosità risulta distribuita in modo omogeneo su tutto l'areale del complesso, eccezion fatta per la porzione Nord-orientale dove sono frequenti fenomeni di erosione diffusa che interessano direttamente l'ammasso roccioso di substrato, caratterizzato da ridotte caratteristiche meccaniche e da elevata alterabilità.

La parte centrale e meridionale del bacino è caratterizzata dalla presenza di metagabbri e metabasiti che si presentano spesso in contatto tettonico con le serpentiniti o le lherzoliti. Nella zona di contatto tra le lherzoliti ed i metagabbri presso la confluenza tra il t. Branega ed il rio Lagaccio si sono individuate due frane attive. La percentuale di area in frana è pari a quasi il 6% (percentuale di area in frana rapportata all'area del complesso).

Nel complesso dei calcescisti la percentuale di area in frana è pari al 7% (percentuale di area in frana rapportata all'area del complesso) con tipologie dei movimenti riconducibili a meccanismi di scivolamento e colamento che generalmente nell'evoluzione dei fenomeni rilevati sono associati determinando cinematismi di tipo “*complesso*”.

La principale causa innescante dei fenomeni è connessa al verificarsi di fenomeni pluviometrici concentrati o ricorrenti su lungo periodo.

La riattivazione di movimenti pregressi ha come ulteriore causa innescante i fenomeni erosivi spondali che determinano rimobilizzazioni soprattutto in prossimità del piede degli accumuli.

Frane di prima generazione si manifestano soprattutto in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi e concentrati. Si tratta soprattutto di collassi rapidi di piccole dimensioni che, in rapporto alla dinamica evolutiva, comportano un elevato

---

<sup>2</sup> Il dato relativo alla percentuale di area in frana rapportata all'area del complesso assume significato nell'ambito del bacino in esame, mentre non può essere utilizzato come dato assoluto del comportamento del litotipo in questione.

grado di pericolosità (fenomeni a cinematica veloce).

Per questi fenomeni si rileva una evidente propensione all'innescare nelle aree caratterizzate da coltivi ed ex-coltivi terrazzati. In concomitanza con eventi meteorologici rari, anche le zone boscate non sono esenti dall'instaurarsi di simili movimenti.

Nell'area del bacino rilevante è l'erosione dei versanti che si manifesta, nell'ambito delle ultramafiti, soprattutto in corrispondenza di quelle zone di versante caratterizzate dalla presenza di substrato roccioso disgregato, come ad esempio nella zona di testata del Rio di Pian delle Figlie.

#### **4. RISCHIO IDROGEOLOGICO**

Nell’ambito della pianificazione di bacino, è prevista la determinazione del grado di rischio idrogeologico, inteso come rischio di inondazione, o idraulico, e rischio geologico. Tale grado di rischio, suddiviso in opportune classi, viene rappresentato nelle “Carta del rischio idraulico” e “Carta del rischio geologico” che derivano, rispettivamente, dalla sovrapposizione delle fasce di inondabilità (pericolosità idraulica) e dei dissesti di versante (pericolosità geomorfologica) con gli elementi a rischio derivanti dall’analisi dell’uso del territorio.

##### **4.1 Elementi a rischio**

Gli elementi a rischio sono rappresentati dalla popolazione, dalle abitazioni, dalle attività economiche e dai beni culturali che possono subire danni in conseguenza del verificarsi del fenomeno franoso o idraulico, pertanto per l’individuazione delle classi, ci si è basati sull’analisi della carta dell’ uso del suolo, ottenendo quattro classi, riportate nella “Carta degli elementi a rischio”:

<b>Classe Elementi a Rischio</b>	<b>Codici Uso del Suolo</b>	<b>Descrizioni</b>
<b>E0</b>	<b>2.3 – 2.5 – 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4.2 – 5.1.1</b>	<b>Prati e pascoli – Ex coltivi – Praterie – Zone boscate – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva – Rocce nude –</b>
<b>E1</b>	<b>1.4.1 – 1.4.2 – 2.1.1 – 2.1.2.1 – 2.2.1 – 2.2.2 – 2.2.3 – 2.4</b>	<b>Aree verdi urbane – Aree sportive e ricreative– Seminativi in aree non irrigue – Seminativi, vivai, ecc. in piena aria - Vigneti – Frutteti – Oliveti – Zone agricole eterogenee</b>
<b>E2</b>	<b>1.1.2 – 1.3.1</b>	<b>Tessuto urbano discontinuo – Aree estrattive</b>
<b>E3</b>	<b>1.1.1 – 1.2.1 – 1.2.2 – 1.3.1 – 1.3.2</b>	<b>Tessuto urbano continuo – Aree industriali o commerciali – Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori – Aree estrattive – Discariche</b>

La classe di “elemento a rischio” più diffusa nel bacino del torrente Branega è la E0, corrispondente alle aree disabitate e/o improduttive. La classe E3 è localizzata lungo la fascia

di fondovalle dell’asta principale e sui versanti più prossimi alla foce. La classe E1 è individuata a ridosso dell’area urbana (E3) e lungo lo spartiacque con il bacino del t. Leiro. La classe E2 è rappresentata, essenzialmente, dalle infrastrutture viarie minori, come la linea ferroviaria Genova-Ovada e la strada carrabile (Via Branega) che presenta, inizialmente, un andamento parallelo a quello del t. Branega per poi inerpicarsi verso l’abitato di Case Penna fino a raggiungere ed oltrepassare lo spartiacque con il bacino del t. Leiro.

## 4.2 Rischio idraulico

Per quanto riguarda il rischio di inondazione, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo del rischio idraulico; la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità P.

Si ricorda che il periodo di ritorno T è l’inverso della probabilità annua di superamento di un valore di portata di riferimento e rappresenta, in media, l’intervallo temporale atteso tra due eventi di piena massima annuale con portate superiori al valore di riferimento stesso.

L’obiettivo generale a medio/lungo termine è quello della riduzione del rischio di inondazione a tempo di ritorno T pari a 200 anni, che rappresenta quindi il livello al quale ci si prefigge di ricondurre il rischio idraulico attraverso gli interventi strutturali. Vengono individuati essenzialmente due livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio - basso (T=200-500 anni).

Il rischio idraulico viene determinato dalla sovrapposizione delle due fasce suddette con gli elementi a rischio secondo i risultati indicativi riportati nella matrice rappresentata nella tabella sottostante.

ELEMENTI A RISCHIO	FASCE DI INONDABILITÀ		
	200 < T <= 500 fascia C	50 < T <= 200 fascia B	T <= 50 Fascia A
E0	R <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
E1	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
E2	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
E3	R <sub>2</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>4</sub>

Dove:

$E_0$  = aree disabitate o improduttive

$E_1$  = edifici isolati e 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

e altre quattro classi di rischio:

$R_1$  = rischio moderato

$R_2$  = rischio medio

$R_3$  = rischio elevato

$R_4$  = rischio molto elevato

E' stata aggiunta anche un ulteriore classe di rischio  $R_0$ , 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.

### **4.3 Rischio geologico**

I diversi gradi di rischio di carattere geologico sono stati determinati attraverso matrici nelle quali vengono posti in relazione le classi di suscettività con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla "Carta dell'uso del suolo". L'individuazione del rischio geologico ha perciò, come finalità principale, l'evidenziazione delle situazioni di maggior criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Il rischio geologico è stato affrontato ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti.

Si tratta tuttavia di un approccio differente rispetto a quello adottato per il rischio idraulico per vari aspetti. Si consideri per esempio che le classi di suscettività al dissesto di versante non possono essere determinate in termini di tempi di ritorno di un evento, ma esclusivamente come probabilità che un dato evento si verifichi in un'area per la presenza di uno o più fattore innescanti. Per questo motivo, a differenza di quanto avviene per le fasce fluviali, le aree a minore suscettività geomorfologica sono aree del bacino in cui si prevede che il dissesto abbia la minore possibilità di scatenarsi, spesso a prescindere dalla dimensione del fenomeno e quasi sempre a fronte di assoluta indeterminatezza temporale. Inoltre il verificarsi di un evento franoso in un'area a media suscettività non implica

automaticamente che se ne verifichino altri nelle zone a maggior suscettività.

Con le precisazioni e considerazioni appena esposte, la “carta della suscettività” individua quattro classi di suscettività al dissesto dei versanti più una classe aggiuntiva rappresentata dalle aree di frana attiva. In queste aree il dissesto è in atto e quindi si può parlare di pericolosità conclamata, mentre le altre classi si riferiscono ad aree a crescente potenzialità stimata al dissesto.

Per la redazione della carta del rischio geologico si è fatto riferimento alla seguente matrice:

Elementi a rischio	Suscettività al dissesto dei versanti				
	Pg0 Suscettività molto bassa	Pg1 Suscettività bassa	Pg2 Suscettività media	Pg3a e Pg3b Suscettività elevata	Pg4 Suscettività molto elevata
E0	R0	R0	R0	R1	R1
E1	R0	R1	R1	R2	R3
E2	R0	R1	R2	R3	R4
E3	R0	R1	R2	R4	R4

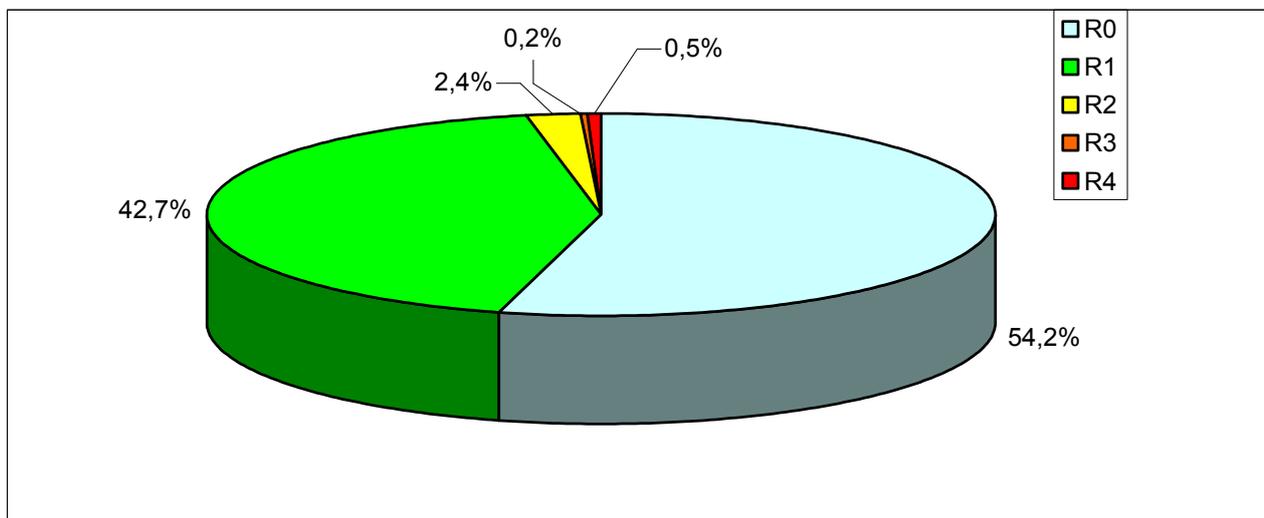
#### 4.4 Commento

Nella “carta del rischio geologico”, ottenuta con una procedura strutturata in ambiente GIS, le classi di rischio lieve (R0) e moderato (R1), ricoprono la stragrande maggioranza del bacino (quasi il 97%), con una distribuzione areale che vede prevalere le zone a rischio lieve nelle parti centrali ed alte delle testate dei corsi d’acqua, mentre le aree a rischio moderato sono perlopiù concentrate nel corpo centrale del bacino, in corrispondenza dei movimenti franosi attivi o quiescenti.

Le zone a rischio medio (R2), sono concentrate nella parte bassa del bacino, mentre le zone a rischio molto alto (R4) si ritrovano nella porzione del bacino a sud di C. Garsa ed interessano il fronte di una ex-cava, una zona a franosità diffusa quiescente, una frana stabilizzata ed una frana quiescente. Rientrano in R4 anche alcuni tratti di strada in località Acqua Sulfurea. Infine, le zone a rischio alto (R3), sono individuate in corrispondenza delle frane attive localizzate presso C. Colla ed in prossimità della confluenza del Rio Rivassa con il T. Branega.

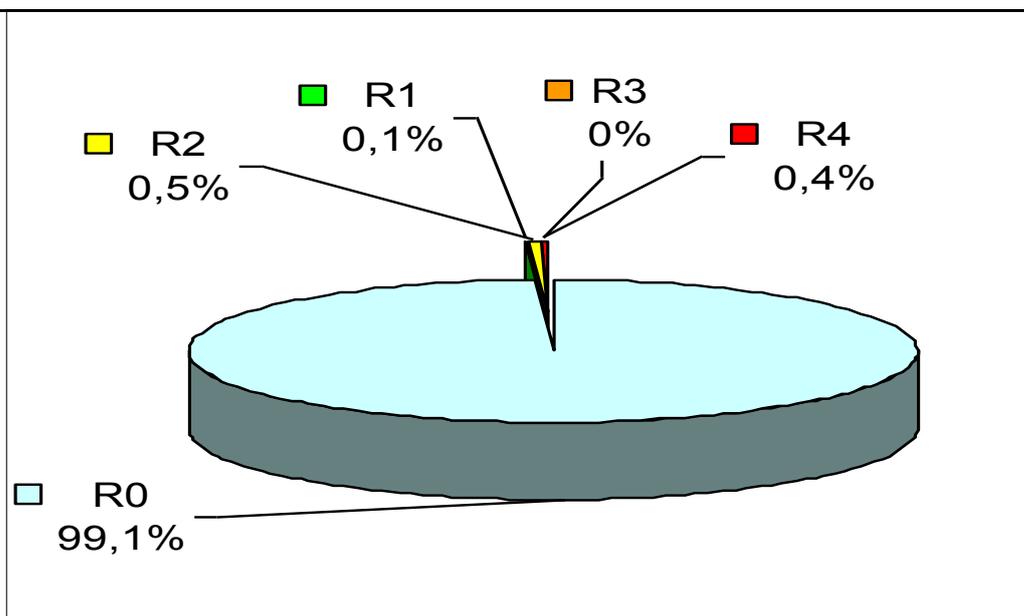
Le classi del rischio geologico, sono arealmente così ripartite:

1. R4: 0,5%
2. R3: 0,2%
3. R2: 2,4%
4. R1: 42,7%
5. R0: 54,2%



Per quanto riguarda il rischio idraulico, le superfici interessate dalla potenziale esondazione sono estremamente ridotte rispetto alla superficie totale, per cui oltre il 99% del bacino ricade in classe di rischio 0.

1. R4: 0,4%
2. R3: 0%
3. R2: 0,5%
4. R1: 0,1%
5. R0: 99,1%



## INTERAZIONI EROSIONE-USO DEL SUOLO

Dall'analisi dell'uso del suolo emerge che la copertura boschiva risulta la componente principale di uso del suolo del bacino e che la porzione coltivata è ancora rilevante, pari a circa un quarto della superficie complessiva, mentre le aree urbanizzate interessano una superficie pari al 5%.

Da quanto sopra, potrebbe apparire che la situazione complessiva del bacino fosse più che accettabile, con un impatto antropico non particolarmente rilevante.

Invece, se si analizzano più in dettaglio i dati disponibili, tenendo sempre presente che siamo in un bacino con caratteristiche fortemente montane (elevate pendenze, valle profondamente incisa), il quadro cambia decisamente.

Inoltre è possibile rilevare la scarsa valenza ecologica delle consociazioni boschive (prevalentemente pinete): in un ambiente quale quello del bacino del Torrente Branega l'associazione vegetale prevalente dovrebbe essere il bosco di querce termofile con il predominio del leccio (*Quercus ilex*); in realtà questa associazione è ormai praticamente scomparsa, essendo ridotta a meno dell'1,4 % della superficie complessiva e relegata alle zone pendenti e con terreno poco profondo.

Gli arbusteti e le praterie sono ormai abbandonati e l'evoluzione vegetazionale risente molto di fattori antropici quali gli incendi e la costipazione del terreno, che facilitano lo sviluppo di flora infestante, in particolare del rovo e delle felci.

Fermo restando le analisi già ampiamente sviluppate in merito ai diversi "sistemi" di uso del suolo, si vuole evidenziare la forte riduzione di naturalità e l'abbandono del territorio e la sua conseguente fragilità.

Un tempo tutta la superficie del bacino era coltivata, anche i soprassuoli arborei erano asserviti non solo alla produzione di legname ma anche dei frutti (castagne) oltre ad altre utilizzazioni minori (raccolta frasche e terreno per coltivazioni sotto copertura, ecc.)

L'abbandono ha avuto inizio nelle zone di crinale, ad eccezione di aree pianeggianti, ed è poi avanzata verso il mare.

Nelle zone a valle si trovano, seppur limitati, i tipici terrazzamenti ancora oggi in buona parte utilizzati.

L'urbanizzazione della costa e dei centri abitati ha, negli ultimi decenni,

occupato in modo crescente spazi verso monte, anche se è tuttora limitata al fondovalle.

L'evoluzione delle condizioni socio-economiche ha portato l'uomo ad un progressivo abbandono del territorio rurale per concentrarsi sulle aree urbane.

E' così venuto meno quell'equilibrio legato alla presenza secolare dell'uomo sul territorio, lasciando quest'ultimo praticamente in mano a madre natura.

Ciò ha determinato in primo luogo un mutamento di quel reticolo idrografico minore (sistemazioni idraulico-agrarie e idraulico-forestali) costruito e mantenuto dall'uomo per ottimizzare la capacità di ritenzione idrica del terreno e la capacità di deflusso superficiale delle acque di scorrimento.

In secondo luogo l'evoluzione del bosco è stata tale che ha portato a:

- sradicamento e caduta dai versanti fino ai compluvi di piante insane e vecchie, con trascinarsi verso valle di altre piante e porzioni di terreno unite all'apparato radicale, creando inoltre focolai di erosione diffusa ed incontrollata;
- diffusione di essenze arbustive infestanti del sottobosco, potenziale materiale di innesco e diffusione degli incendi;
- crescita incontrollata di vegetazione arborea in alveo che ostacola e rallenta la velocità di deflusso delle acque, con conseguente deviazione del corso ed innalzamento del livello dell'acqua durante le piene.

Si è venuta così a creare una situazione di degrado che partendo dai crinali si è via via diffusa lungo i versanti, i corsi d'acqua e nelle aree urbane.

Di conseguenza si sono verificati: una minore capacità di infiltrazione dell'acqua nel terreno, un maggior ruscellamento superficiale, una concentrazione dei deflussi, erosioni diffuse ed incanalate, tutti fattori che sono in buona parte causa di frane, smottamenti, trasporto solido in generale nei corsi d'acqua e scalzamento al piede dei versanti.

I terrazzamenti collinari, coltivati o meno, sono le aree più fragili, dove i deflussi si concentrano in maniera tale da provocare effetti destabilizzanti non solo sulle sistemazioni idrauliche, ma sulla sistemazione montana nel suo complesso.

Nei corsi d'acqua principali, la velocità di deflusso delle acque risulta: nei tratti a

monte ostacolata e rallentata dalla presenza di vegetazione arborea in alveo; nei tratti presso la foce e dove attraversa i centri abitati, canalizzata e velocizzata per le opere di protezione degli argini.

Soprattutto nelle aree urbanizzate queste condizioni determinano fattori predisponenti al verificarsi di fenomeni di esondazione.

L'analisi di questa criticità comporta necessariamente una concentrazione di risorse volte a fronteggiare l'emergenza nelle aree a rischio di inondazione, senza tralasciare aspetti legati allo stato di salute del territorio montano ed ai conseguenti interventi coerenti per la difesa del suolo di tutto il bacino, così come è nello spirito della Legge 183/89, art. 3 (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo).

Questi non possono prescindere dall'individuazione puntuale delle vocazioni e delle funzioni del territorio collinare e montano qualificandolo innanzitutto come agricolo, di presidio ambientale e non insediabile, intendendo il tutto come risorsa territoriale disponibile, irripetibile e/o ripetibile a costi elevati e a lungo termine.

Tenendo conto delle criticità emerse a seguito delle analisi degli aspetti agroforestali e di uso del suolo del Bacino del Branega, si ritiene di focalizzare l'attenzione su alcune tipologie di intervento in ottica di *difesa del suolo*.

- **Taglio alberature in alveo:** taglio ed eliminazione di alberi e di altra vegetazione che condizionano negativamente il regolare deflusso delle acque negli alvei, al fine di ridurre, durante le piene, i rischi di esondazione nei centri abitati.
- **Manutenzione pulizia alveo:** eliminazione di alberature cadute in alveo dai versanti, diradamento e controllo di germogli vegetativi sviluppati da ceppaie in seguito al taglio degli alberi in alveo (punto precedente). E' questa una forma di manutenzione ordinaria (con costi bassissimi) degli alvei che dovrebbe essere eseguita un anno dopo l'intervento straordinario di taglio di alberi in alveo e in seguito con cadenza biennale, limitandosi alle zone più critiche. Sono questi i tratti di alveo dove vi è, o vi è stata, una elevata densità di alberature, che in seguito al taglio possono costituire un ceduo che peggiorerebbe il regolare deflusso delle

acque.

- **Miglioramenti colturali del bosco:** l'abbandono dei castagneti da frutto e dei cedui ha comportato l'invecchiamento ed il degrado dei boschi di latifoglie, mentre gli incendi e le fitopatie hanno compromesso molte fustaie di pino. Tale situazione determina, fra l'altro, una scarsa capacità di assorbimento dell'acqua piovana e l'assenza di regimazione idrica con fenomeni di caduta, sradicamento ed effetto domino di piante con conseguente erosione superficiale e/o incanalata. Pertanto si rendono necessari interventi colturali sul soprassuolo boschivo atti a migliorare le condizioni fitosanitarie, a modificare la forma di governo passando dal ceduo all'alto fusto, a ridurre la presenza delle infestanti.

- **Prevenzione incendi boschivi:** questa tipologia è strettamente collegata alla precedente in quanto il passaggio del fuoco spesso determina la scomparsa, parziale o totale del soprassuolo arboreo con perdita di fertilità del suolo e forti rischi di erosione. Gli incendi colpiscono tutte le diverse tipologie di bosco, anche se l'entità dei danni può risultare differente. Inoltre sui suoli colpiti dal fuoco si sviluppano le infestanti; queste ostacolano il riformarsi del bosco e sono un'esca per nuovi incendi. Interventi mirati alla prevenzione degli incendi boschivi sono la costruzione di punti di rifornimento acqua per autobotti e mezzi aerei, la creazione di acquedotti antincendio nelle zone più a rischio ed in vicinanza dei centri abitati, la realizzazione di viali taglia fuoco e il favorire, a lungo periodo, lo sviluppo di specie vegetali più resistenti agli incendi.

- **Imboschimento e rimboschimento:** sui terreni ormai abbandonati dall'agricoltura e non più utilizzabili da questa, oppure dove il fuoco ha distrutto il bosco è necessario effettuare i rimboschimenti per limitare la perdita di fertilità del suolo provocata dall'erosione superficiale delle acque meteoriche. Gli interventi di rimboschimento dovranno essere affrontati ponendo molta attenzione alle condizioni stagionali ed al soprassuolo che in futuro verrà a formarsi. Purtroppo gli studi e le esperienze nel settore risultano insufficienti per essere sicuri della riuscita di tali interventi, specialmente sui terreni più difficili come è nel caso delle serpentiniti. Nell'effettuare i rimboschimenti è necessario realizzare anche le opere di sistemazione idraulico forestale in grado di ridurre l'erosione superficiale, limitare i rischi di frane e smottamenti e, nel contempo, assicurare condizioni più favorevoli alle piantine poste a dimora.

- **Sistemazione idrogeologica dei versanti:** opere ed attività di buon governo (idronomia) dei deflussi superficiali, a cominciare dal crinale, per stabilizzare e/o ricostituire le maglie del reticolo idrografico minore (sistemazioni idraulico agrarie e idraulico forestali) che caratterizzano e interessano direttamente gli emissari di scarico dei bacini (corsi d'acqua naturali).

- **Regimazione acque a monte dei corpi di frana:** tale tipologia è consequenziale ed altrettanto necessaria alla sistemazione dei corpi di frana e dovrà essere mirata, se possibile, alla risoluzione del problema alla fonte e non limitato ad interventi di mantenimento.

Per quanto riguarda la *sistemazione dei corpi di frana* non è possibile codificare a priori tipologie specifiche di intervento: queste potranno scaturire ed essere programmate solo a fronte di approfonditi studi preventivi di indagine puntuale.

In sintesi si tratta di tipologie di intervento strettamente legate alla vocazione, funzione e relativo uso del territorio; infatti la caratterizzazione biologica, fisica e geografica assume ruolo prevalente, anche se non esclusivo in quanto si richiede collateralmente l'impiego ordinato di apposite e differenziate tecniche idrauliche.

Il D.P.R. del 14 aprile 1993 " Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale" e la comunicazione n. 1866 del 15 marzo 1995 del "Servizio Difesa del Suolo" della Regione Liguria forniscono precisi criteri sulle scelte delle priorità degli interventi da attuare per la difesa del suolo.

Sulla base di queste indicazioni è possibile indirizzare gli interventi oggetto del presente Piano Stralcio, suddividendoli nel tempo, definendo singoli periodi a seconda delle risorse finanziarie disponibili.

## **AREE SOTTOPOSTE AL VINCOLO IDROGEOLOGICO**

A seguito anche di quanto previsto dalla DGR 1795/2009 *“Approvazione dei criteri in materia di vincolo idrogeologico – aggiornamento della cartografia di riferimento. Integrazione dei criteri di cui alla DGR 357/2001”* sono state ripериметrate le aree da sottoporre al vincolo idrogeologico e riportate nella *“carta dei principali vincoli territoriali”*. La metodologia applicata prevede di inserire, oltre alla perimetrazione prevista dal Piano di bacino del t. Branega approvato con D.C.P. n. 53 del 25/09/2002 e indicata nelle norme di attuazione – art. 5 del fascicolo4-, le aree ricadenti in suscettività al dissesto elevata (pg3a e pg3b) e molto elevata (pg4). Nel caso specifico del t. Branega oltre al perimetro suddetto sono state inserite un’area *“pg3a”* ed una *“pg3b”*, che ricadevano al di fuori dell’area precedentemente sottoposta a vincolo idrogeologico.