



**REGIONE  
LIGURIA**

**Autorità di Bacino  
Distrettuale  
Dell'Appennino  
Settentrionale**



## **PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

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

**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**

**Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico**

### **RELAZIONE**

**Ambito di Bacino di rilievo regionale:**

**MERULA**

**Bacino:**

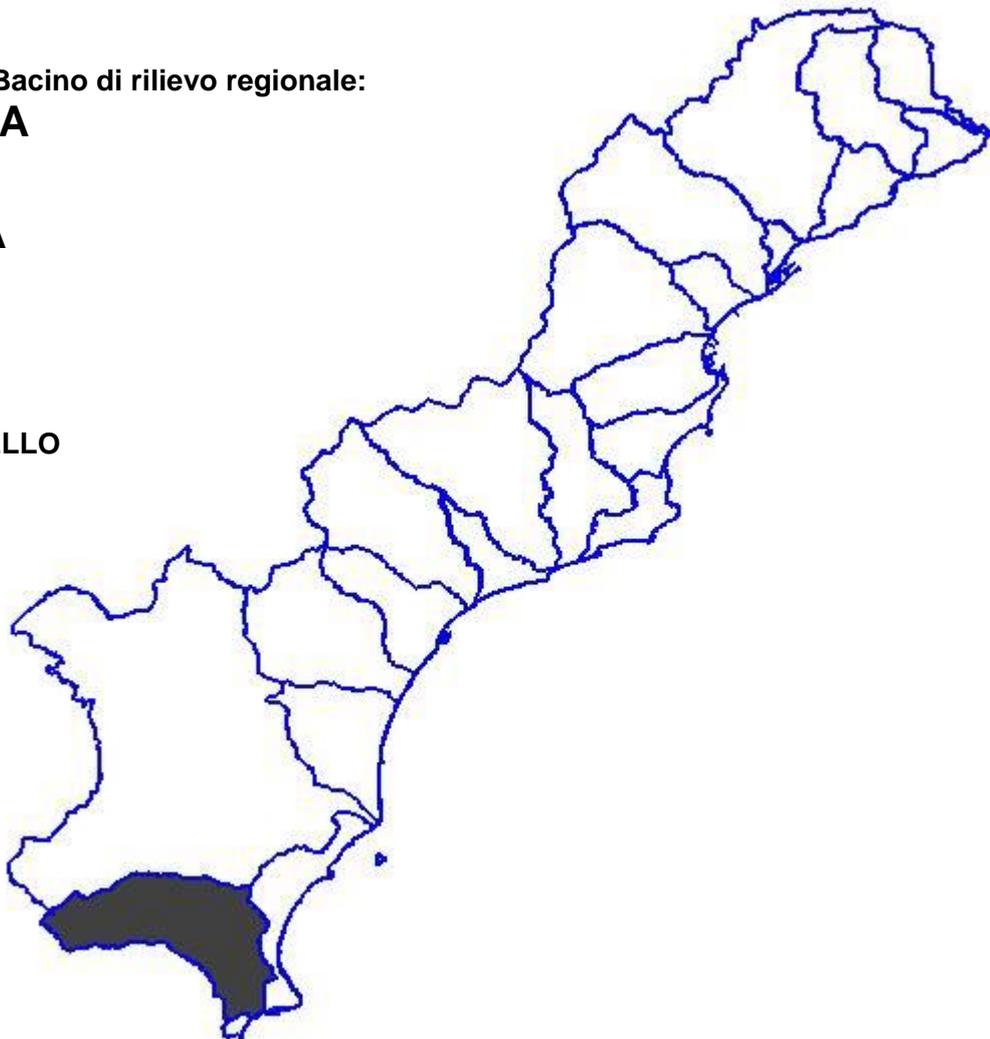
**MERULA**

**Comuni:**

**ANDORA**

**STELLANELLO**

**TESTICO**



<b>APPROVAZIONE</b>	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
<b>ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO</b>	Decreto del Direttore Generale n. 436 del 28/01/2021
<b>ENTRATA IN VIGORE</b>	Pubblicazione sul BURL n. 7 del 17/02/2021- parte II

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

<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Strumenti di pianificazione vigenti .....</b>	<b>6</b>
<i>1.2.1 Altri strumenti di pianificazione .....</i>	<i>6</i>
<b>1.3 Dati utilizzati .....</b>	<b>7</b>
<b>2 CARATTERISTICHE DEL BACINO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Geografia .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Geologia .....</b>	<b>9</b>
<i>2.2.1 Metodologia di studio .....</i>	<i>9</i>
<b>2.2.2 Litostratigrafia .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.3 Tettonica e assetto strutturale .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Geomorfologia .....</b>	<b>11</b>
<i>2.3.1 Metodologia di studio .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.3 Caratterizzazione delle coperture .....</i>	<i>11</i>
<i>2.3.4 Movimenti franosi .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.6 Fenomeni carsici .....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.7 Riperti artificiali e discariche .....</i>	<i>13</i>
<i>2.3.8 Cave .....</i>	<i>13</i>
<i>2.3.9 Acclività .....</i>	<i>13</i>
<b>2.4 Idrogeologia .....</b>	<b>13</b>
<i>2.4.1 Reticolo idrografico .....</i>	<i>14</i>
<b>2.5 Uso del suolo .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5.1. Territori modellati artificialmente .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2 Territori agricoli .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Descrizione della rete idrografica .....</b>	<b>17</b>
<i>2.6.1 Asta principale .....</i>	<i>17</i>
<b>2.7 Idrologia di piena .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.1 Premessa .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.2 Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova. ....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica .....</b>	<b>26</b>
<b>2.7.4 Portate di piena .....</b>	<b>30</b>
<b>2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Merula (Rif. Normativa di Piano) .....</b>	<b>35</b>

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

<b>3</b>	<b>PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO</b>	<b>38</b>
3.1	Premessa	38
3.2	Problematiche di tipo geomorfologico	39
3.2.1	<i>Suscettività al dissesto dei versanti</i>	39
3.3	Problematiche di tipo idraulico	46
3.3.1	<i>Aree storicamente inondate</i>	46
3.3.2	<i>Verifiche idrauliche</i>	46
3.3.3	<i>Fasce di inondabilità</i>	53
3.3.4	<i>Fascia di riassetto fluviale</i>	54
3.4	Principali criticità del bacino	54
3.4.1	<i>Criticità Puntuali</i>	56
3.5	Considerazioni sul trasporto solido	57
<b>4</b>	<b>RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>59</b>
4.1	Premessa	59
4.2	Determinazione del rischio idrogeologico	60
4.3	Carta del rischio idraulico	62
4.4	Carta del rischio geomorfologico	63

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

## **PREMESSA**

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

Il presente piano è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1, comma1, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n 267 e costituisce parte del piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del piano di bacino completo, di cui alla legge 18 maggio 1989, n.183 e sue modificazioni ed integrazioni. Esso è di conseguenza un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo “Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98”, pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

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

Il presente piano di bacino stralcio si è valso degli studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio e alle problematiche del bacino a suo tempo affidati dalle Amministrazioni ed Enti operanti sul territorio in esame.

*L'ultima modifica al presente Piano è stata apportata a dicembre 2020, con l'approvazione della variante inerente l'aggiornamento del quadro della pericolosità idraulica del tratto di Torrente Merula compreso tra il ponte della ferrovia e la foce.*

*L'effettuazione di un rilievo topografico aggiornato, unitamente all'utilizzo delle nuove tecnologie di rilievo e modellazione digitale del terreno, hanno consentito lo sviluppo di una modellazione idraulica bidimensionale congruente con lo stato dei luoghi attuale, con la ridefinizione dei limiti delle fasce di inondabilità per i tre tempi di ritorno, oltre alla possibilità di utilizzare, nelle aree in fascia B duecentennale del tratto di corso d'acqua sopra specificato, il criterio della pericolosità relativa in funzione di tiranti idrici e velocità di scorrimento, con la determinazione di ambiti normativi cd. B0 “a minore pericolosità”, ex D.G.R. 91/2013.*

*La variante al Piano ha recepito tale situazione aggiornate e sono state, conseguentemente, aggiornate anche la carta del rischio idraulico, quella delle aree inondabili e le verifiche idrauliche a supporto dell'analisi.*

## 1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti piani stralcio sul rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di bacino regionale per la redazione dei piani stralcio per la difesa idrogeologica. In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei piani di bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei piani di bacino" approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di rilievo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

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

- raccomandazione n.1 "*Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione*"
- raccomandazione n. 3bis "*Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino*"
- raccomandazioni n. 4 "*Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di copertura e d'uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi*"
- raccomandazione n. 4 "*Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate*"
- raccomandazione n. 7 "*Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale*"
- raccomandazione n. 8 "*Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino*"
- linea guida n. 1/1999 "*Nota sul rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale*"
- linea guida 2/2000 "*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*"
- linea guida 3/2000 "*Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del Dl180/98 e ss.mm.ed ii, convertito in Legge 267/98)*"

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

## **1.2 Strumenti di pianificazione vigenti**

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

### *1.2.1 Altri strumenti di pianificazione*

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

IT 1315602 Pizzo D'Evigno

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

### **1.3 Dati utilizzati**

A tale scopo, è stato particolarmente utile, per gli aspetti generali, il materiale relativo allo "Studio generale di tutto il comprensorio andorese inerente la regimazione delle acque bianche comprendente lo studio della sistemazione attuale e relative proposte di intervento" redatto dallo Studio Tecnico Ing. Pietro Misurale e Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati per conto del Comune di Andora.

Il sopralluogo del tratto terminale del Torrente Merula è stato effettuato da professionisti incaricati dal CIMA nel giugno 2000. Tale rilievo interessa il tratto di torrente compreso nel territorio andorese.

Per quanto riguarda la parte geologica per la cartografia di base del piano vengono utilizzati gli studi propedeutici al Piano di Bacino del Torrente Merula redatti per conto della Provincia di Savona dallo Studio Carieri, e gli studi disponibili presso i vari Enti Pubblici. Tali dati sono stati integrati da verifiche sul terreno ed in base all'esperienza lavorativa maturata dai professionisti nella zona di studio.

I dati e le elaborazioni a carattere idrologico sono stati tratti dallo studio propedeutico citato solo parzialmente, poiché si sono rese necessarie integrazioni ai fini di una descrizione maggiormente dettagliata dell'idrologia del bacino. Per quanto riguarda il rilievo delle sezioni idrauliche si è proceduto ad una prima fase di controllo dei dati disponibili e ad una seconda fase di integrazione con sopralluogo.

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° 259010 – 259020 – 259030 – 259060 – 245130 - 245140

Si sono inoltre visionate le carte dei diversi assetti del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico in scala 1:25.000.

## 2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

### 2.1 Geografia

Il bacino idrografico del Torrente Merula è situato sul versante tirrenico nella parte occidentale della Provincia di Savona e comprende parti del territorio dei Comuni di Andora, Stellanello, Testico.

La superficie del bacino è di poco inferiore a 49 Km<sup>2</sup>, con un perimetro di circa 37 km, si tratta perciò di un bacino di medie dimensioni, caratterizzato da una forma 'a elle', orientata da monte a valle secondo una prima direttrice E-O, quindi NNO - SSE.

Lo spartiacque del bacino, partendo dalla costa al margine di ponente e risalendo in senso orario, segue i crinali di M. Chiappa (541,5 m), Pizzo Aguzzo (757,3 m), M. Mezzogiorno (756,7 m), M. Ceresa (912 m), M. Torre-P.zzo d'Evigno (988,5 m), Pizzo Montin (951,8 m), Passo San Giacomo (755,9 m), Poggio Rovora (555,8 m), M. Carpanea (607,3 m), M. Carchera (510,2 m), M. Pagliassa (460,7 m), Torre Pisana (449,5 m), Bric Alpicella (384,2 m), Poggio Ebra (370,3 m), Poggio Balale (309,7 m), Molino a Vento (233,9 m), S. Damiano (113,4 m).

Il bacino del T. Merula confina con quello del Fiume Centa (T. Lerrone) a nord, con i rii minori confluenti a mare, accorpati nel bacino La Ligia, a est e a sud-ovest, a ovest con i bacini del torrente Cervo e del Torrente Impero.

Dal punto di vista geografico la val Merula comprende i bacini minori del rio delle Armi, rio Pigna, rio Mezzacqua e rio Croso, compresi per ragioni amministrative nel Piano di Bacino del Rio La Ligia.

Il Torrente Merula si forma nella parte alta del bacino, dalla confluenza del Rio di Duranti e del Rio Longan ad una quota di circa 325 m. Il suo corso presenta una lunghezza dell'asta torrentizia di 14,7 km di lunghezza.

I principali affluenti del Torrente Merula sono, a partire da monte, il rio Tigorella e rio Metta in sinistra idrografica e rio Moltedo e rio Domo in destra idrografica.

Per quanto riguarda i dati climatici all'interno del Bacino sono presenti due stazioni di monitoraggio pluviometrico: Stellanello (cod. 2030, quota 141 m), Testico (cod. 2029, quota 470 m).

Dal punto di vista climatico in analogia con i territori circostanti il bacino rientra nella zona climatica mediterranea ed in particolare nella sottoregione submediterranea, con una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale e secondario primaverile, e unimodale delle temperature che registrano il massimo in agosto ed il minimo in gennaio. La fascia costiera, in analogia con il territorio adiacente, appartiene alla sottoregione mesomediterranea.

All'incirca il 60 % delle precipitazioni annue è mediamente distribuito nei mesi invernali ed autunnali, manifestandosi spesso sotto forma di bruschi rovesci concentrati in autunno, periodo nel quale si sono in genere avute le principali piene e i gli episodi alluvionali.

Con finanziamento regionale del 2007 è stato indagato il Torrente Molino, affluente principale di sponda destra idrografica del Torrente Merula, nel tratto transitante nell'abitato di Fraz. Molino nel Comune di Andora. A sua volta, esso riceve i contributi di portata del Rio Garassini e del Rio Domo, suoi affluenti di sponda sinistra.

I tre corsi d'acqua citati sono individuati nella Carta del Reticolo Idrografico Principale del Piano di Bacino Stralcio del Torrente Merula. I bacini idrici di riferimento sono caratterizzati dalle seguenti sezioni di chiusura:

- *Rio Domo alla confluenza con il T. Molino: ha una superficie di circa 1,08 Km<sup>2</sup>;*
- *Rio Garassini alla confluenza con il T. Molino: ha una superficie di circa 0,44 Km<sup>2</sup>;*
- *Torrente Molino alla confluenza con il T. Merula: ha una superficie di circa 2,53 Km<sup>2</sup>;*

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

Sono stati studiati i seguenti tratti:

- *Rio Domo: dalla confluenza con il T. Molino fino a monte per circa 325 m (sez. 112);*
- *Rio Garassini: dalla confluenza con il T. Molino fino a monte per circa 40 m (sez. 3);*
- *Torrente Molino: dalla confluenza con il T. Merula fino a monte per circa 700 m (sez. 28).*

E' stato effettuato un sopralluogo preliminare su tutta l'area oggetto dello studio nel mese di giugno 2007 che ha permesso di individuare i tratti e le sezioni da rilevare e di evidenziare le criticità topografiche-morfologiche di alcune zone.

Sulla base di tali indicazioni è stato svolto il rilievo topografico del corso d'acqua e delle eventuali aree golenali esterne all'alveo, nel mese di giugno 2007.

Sono stati effettuati quindi nuovi sopralluoghi, nel periodo di agosto 2007 e luglio 2010, in seguito alla restituzione delle sezioni rilevate del tratto indagato e alla successiva modellazione idraulica.

Tali sopralluoghi si sono resi necessari in modo da poter verificare la bontà dei risultati della modellazione idraulica e l'eventuale presenza di inesattezze di rilevazione delle sezioni ed anche al fine di poter utilizzare correttamente il metodo topografico per il tracciamento delle fasce d'inondabilità.



*Stralcio C.T.R (fogli 259020) con indicazione dei Rii e relativi bacini idrografici chiuso alle sezioni di chiusura sopra indicate.*

## **2.2 Geologia**

Il bacino è caratterizzato geologicamente dalla presenza di litotipi appartenenti alle Formazioni di Testico, Formazione di San Bartolomeo e Flysch di San Remo (Cretaceo superiore – Eocene) e dalla presenza di alcuni lembi pliocenici di depositi argillosi e conglomeratici ascrivibili alla formazione delle Argille di Ortovero e dei Conglomerati di Monte Villa.

La litologia delle formazioni flyschoidi è eterogenea e rappresentata per lo più da calcari marnosi, arenacei, marne arenacee, arenarie e peliti.

La parte bassa del bacino è caratterizzata dalla prevalenza di depositi alluvionali.

### **2.2.1 Metodologia di studio**

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

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

Pertanto in questo elaborato sono state verificate e raggruppate le formazioni ed i vari membri delle stesse, in funzione della litofacies dominante; allo stesso tempo sono stati inseriti gli acronimi formazionali, riportati negli standards di inserimento dei tematismi geologici nel sistema informativo regionale di bacino. I terreni alluvionali sono stati primariamente suddivisi per tipologia.

Sono state cartografate le giaciture, i sovrascorrimenti fra le unità principali e le discontinuità tettoniche principali.

I dati bibliografici di partenza sono costituiti dagli studi propedeutici al piano di bacino, varie pubblicazioni scientifiche, e dalla consultazione di lavori precedenti (P.R.G. Comunali ove disponibili). I dati di base, ove necessario, sono stati integrati e verificati dal rilevamento geologico sul terreno.

### **2.2.2 Litostratigrafia**

Rimandando alla bibliografia scientifica ed alla cartografia geologica ufficiale per l'inquadramento paleogeografico e tettonico generale delle unità affioranti all'interno del bacino, in questa sede sembra doveroso soffermarci esclusivamente sui caratteri litostratigrafici e tettonici che più sono legati agli aspetti di difesa del suolo ovvero maggiormente influenti sulle condizioni di stabilità del territorio.

Le formazioni affioranti nell'ambito del bacino del Torrente Merula sono:

**CONGLOMERATI DI MONTE VILLA** (Pliocene sup. – medio): sono conglomerati più o meno cementati, legati in superficie da una matrice argillosa rossastra, affioranti nella parte bassa del bacino ai margini della piana alluvionale.

**ARGILLE DI ORTOVERO** (Pliocene medio – inferiore): alternanze stratificate di argille sabbiose sovrastanti argille azzurre, affioranti nella parte bassa del bacino ai margini della piana alluvionale.

**FORMAZIONE DI TESTICO** (Eocene – Paleocene): alternanze ritmiche in strati per lo più sottili, di arenarie quarzose micacee gradate bruno giallastre e di peliti di colore ocreo (membro di Cesio); intercalazione di strati di calcari marnosi e marne grigio chiare; transizione graduale verso il basso ad una successione monotona e mal stratificata di marne (membro di Pieve di Teco) più o meno argillose, calcaree e arenacee, grigio azzurra con caratteristica patina di alterazione giallo grigiastro.

**FORMAZIONE DI SAN BARTOLOMEO** (Cretaceo superiore): alternanze ritmiche in strati sottili di arenarie fini quarzose micacee bruno chiare e di peliti grigio giallastre; peliti a luoghi manganesifere per lo più rosso verdine, mal stratificate, scagliose con rare intercalazioni di strati sottili di arenarie finissime a cemento siliceo con impregnazioni manganesifere di color bruno nerastro.

**FORMAZIONE DEL FLYSCH DI SAN REMO** (Cretaceo superiore): litofacies A megatorbiditi marnoso arenacee; litofacies B strati marnoso arenacei e pacchi di strati arenaceo siltosi.

I depositi quaternari sono costituiti da sedimenti alluvionali da antichi a recenti, e da depositi mobili attuali, fluviali e di spiaggia. Sui versanti sono ampiamente diffuse le coperture detritiche, di natura sia eluviale che colluviale.

Le coperture verranno trattate nella descrizione geomorfologica. Si ricorda che la Carta Geolitologica riporta le sole coperture di potenza stimata superiore ai 3 m.

### **2.2.3 Tettonica e assetto strutturale**

Il bacino del torrente Merula ricade nel settore di accavallamento tra le Unità tettoniche flyschoidi di San Remo – Monte Saccarello nella parte meridionale e Moglio - Testico nella parte centro-settentrionale. Il contatto tra le due Unità è rappresentato dal sovrascorrimento dell'Unità di San Remo su quella di Testico. Il sovrascorrimento dell'Unità di San Remo comporta dal punto di vista della caratterizzazione dei versanti la presenza nella parte alta del bacino di zone intensamente fratturate che generano potenti coltri detritiche.

Dal punto di vista idrogeologico si nota nella fascia di sovrascorrimento una intensa circolazione idrica sotterranea con presenza di numerose emergenze idriche alcune delle quali anche importanti.

L'assetto strutturale delle Formazioni di Testico e San Bartolomeo è caratterizzato da una elevata variabilità delle giaciture con sviluppo di pieghe a scala metrica e plurimetrica mentre la Formazione del Flysch di San Remo presenta una giacitura dominante ad immersione verso sud; significative variazioni dell'assetto giaciturale si rilevano in corrispondenza di Capo Cervo e Capo Mele.

Per quanto riguarda i lembi pliocenici, nei conglomerati è riconoscibile una giacitura monoclinale con immersione sud ed inclinazione attorno a 10°.

## **2.3 Geomorfologia**

Il bacino del Torrente Merula presenta nella sua estensione aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico:

- la pianura alluvionale, in parte urbanizzata in parte coltivata intensivamente.
- le zone collinari terrazzate, con nuclei abitativi sparsi e diffusa coltivazione ad uliveto
- la zona montana (q max. M. Torre o Pizzo d'Evigno 988,5 m).

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

Il versante idrografico sinistro presenta morfologia uniforme da valle sino all'abitato di Stellanello (Rossi) caratterizzata da versanti mediamente acclivi e senza rilevanti asperità e rotture di pendenza.

A monte di Stellanello la zona di fondovalle si presenta stretta e fortemente incassata ed entrambi i versanti sono caratterizzati da rilevanti cambi di pendenza dovuti all'alternarsi di zone acclivi con substrato affiorante a zone di accumulo detritico mediamente acclivi.

Sul versante idrografico destro tale situazione si rileva sino al sottobacino del rio Domo, mentre più a valle i versanti assumono una morfologia più tondeggiante.

### **2.3.1 Metodologia di studio**

Per la redazione della carta geomorfologica e di quella della franosità ad essa legata ci si è avvalsi degli studi propedeutici precedenti dalla consultazione dei P.R.G. Comunali e segnalazioni da parte di Comuni e Comunità Montana, della consultazione del Piano Territoriale delle Attività di Cava, della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Liguria e del Catasto Regionale delle Cavità Carsiche. Il rilevamento è stato effettuato tramite la visione delle foto aree disponibili presso la Provincia di Savona, integrato e completato dal rilevamento sul terreno.

La cartografia è stata redatta secondo le specifiche regionali.

### **2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia**

La suddivisione del substrato è stata effettuata in quattro classi in base allo stato della roccia.

- |    |   |
|----|---|
| Rf | roccia in cattive condizioni di conservazione                                 |
| R0 | roccia subaffiorante e/o con caratteristiche strutturali non ben rilevabili   |
| R  | roccia in buone condizioni di conservazione e giacitura favorevole al pendio  |
| Rs | roccia in buone condizioni di conservazione e giacitura sfavorevole al pendio |

### **2.3.3 Caratterizzazione delle coperture**

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce e coltivati, ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sia pur sottile copertura.

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

Sulla carta geomorfologica vengono cartografate distintamente le coltri significative di potenza stimata fino a 3 m e le coperture detritiche di potenza stimata superiore ai 3 m. La carta geologica riporta le sole coperture di potenza superiore ai 3 m.

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

Le coperture sono diffuse su tutto il territorio. Tuttavia si nota una prevalenza nella parte alta del bacino caratterizzata da substrato fratturato e facilmente alterabile e dal contatto tettonico fra le Unità flyschoidi.

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

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

#### **2.3.4 Movimenti franosi**

Nell'ambito del bacino del Merula risultano ubicati tre fenomeni franosi, già censiti ai sensi del D.L. 180/98 e contraddistinti sulla “*Carta inventario*” e nei relativi “*Estratti*”, rispettivamente, come 059-008-R3; 059-009-R3 ; 060-002-R4 (Roggio).

In aggiunta sono state cartografate diverse zone in frana attiva o potenziale o quiescente, la numerazione di queste nuove aree avviene a partire da valle verso monte in senso orario. Sono state individuate sulla carta della franosità aree caratterizzate da accumuli detritici di paleofrana indicati sulla carta con la lettera “p”.

L'esame delle carte evidenzia che la maggior parte delle frane e paleofrane interessa la parte alta del bacino e significativamente le zone dove sono cartografate rilevanti coperture detritiche su versante; dalle esperienze acquisite le zone in movimento attivo a livello areale sono caratterizzate da una intensa circolazione idrica sotterranea e da zone di impregnazione superficiale.

#### **2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi**

Sono estesamente rappresentati i processi erosivi superficiali ed i movimenti franosi di ridotte dimensioni prevalentemente impostati nei suoli o nei livelli di maggiore alterazione del substrato roccioso. Sono rappresentati anche fenomeni di erosione spondale e di erosione profonda lungo i corsi d'acqua, che spesso innescano piccoli franamenti.

Nella zona dove si forma il Torrente Merula si segnala la presenza di una rilevante conoide detritica derivante da un importante trasporto solido dovuto all'erosione delle coltri sui rii laterali in particolar modo sul versante idrografico destro (rio Costa, rio Duranti, rio Foscardo, rio Ravai).

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

- nel Comune di Andora, nelle loc. Garibbo, Canossi, Conna, Molledo, Molino di Baro, Costa Zerba, Arbaioni;
- nel Comune di Stellanello, nelle loc. di S. Lorenzo, Franti Laurenti, Albereto, Costiere, Ciazza, Monte Corchera;
- nel Comune di Testico, nelle loc. Armati, Vigna, Praello.

#### **2.3.6 Fenomeni carsici**

Sono assenti fenomeni carsici significativi.

### 2.3.7 *Riporti artificiali e discariche*

Nell'ambito del bacino vi sono aree caratterizzate da rilevanti riporti artificiali (ferrovia, autostrada, porto, riporti a mare). Sono state perimetrare diciassette aree di cui dieci sono riferibili ai lavori per la costruzione della rete autostradale Genova-Ventimiglia.

Nel comune di Andora in località Metta è presente una **discarica attiva** di materiali provenienti da terre di scavo e da demolizioni. Tale area risulta sottoposta ad un regime normativo speciale previsto per le discariche.

A seguito della revisione della Normativa di Piano ai sensi della DGR 1208/2012 e conseguente aggiornamento dello stato di attività delle classi speciali A e B, la discarica Metta non risulta più in esercizio ed all'areale associato è stata attribuita la classe di suscettività al dissesto Pg3B (variante approvata con D.G.P. n. 38/2015). L'areale coincidente con la discarica, dopo opportuna sistemazione, è stato reimpiegato per la produzione di energia da pannelli fotovoltaici.

### 2.3.8 *Cave*

Non vi sono cave attive; in passato è stato operato un intenso sfruttamento di cave di argilla, ormai quasi completamente recuperate al paesaggio e pertanto non facilmente rilevabili.

E' segnalata la presenza di una piccola cava dismessa ("Genna") nel comune di Andora in loc. Conna.

Per quanto riguarda le cave dismesse o abbandonate la perimetrazione è stata indicata tramite rilevamento visivo o visione di foto aeree.

### 2.3.9 *Acclività*

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

Il procedimento seguito ha impiegato il modello digitale del terreno, con maglia 20 x 40 m.

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

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

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

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

## 2.4 **Idrogeologia**

La carta idrogeologica è stata derivata dalla sovrapposizione delle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni relative alle fonti di prelievo idrico disponibili (Comuni e studio Italgas).

Sulla carta è stata definita la permeabilità dei vari settori di bacino in riferimento al substrato.

Alle coperture detritiche potenti, alle alluvioni, ai conglomerati pliocenici corrisponde *permeabilità per porosità*.

Ai calcari marnosi della Formazione del Flysch di San Remo corrisponde *permeabilità per fratturazione*.

I calcari marnoso arenacei, le alternanze di arenarie e peliti delle Formazioni di San Bartolomeo e di Testico sono stati classificati come *semipermeabili*, in quanto sempre caratterizzati da presenza di livelli di peliti e argilliti.

Le Argille di Ortovero sono state classificate come *impermeabili*.

#### **2.4.1 Reticolo idrografico**

Sulla carta idrogeologica è evidenziato lo sviluppo della rete idrografica.

Tale sviluppo può essere caratterizzato attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

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

La gerarchizzazione è stata condotta sulla base CTR raster alla scala 1:10.000.

L'asta principale del torrente Merula è del quinto ordine, ed è generata dalla confluenza di due aste del quarto ordine, quella del torrente Merula stesso ed il rio San Bernardo.

Nel bacino del torrente Merula si riconoscono due sottobacini con presenza di area di fondovalle propria: il sottobacino del rio Moltedo e quello del rio di Domo.

Nella parte alta del torrente Merula sono rilevabili sottobacini di ordine elevato ma di limitato sviluppo areale: questo è dovuto all'elevata densità di drenaggio, indice della semipermeabilità del substrato.

Nella parte bassa del bacino la densità di drenaggio è inferiore in concomitanza di litotipi più permeabili (permeabilità per fratturazione).

##### **2.4.1.1 Reticolo idrografico (tav. 13)**

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

## **2.5 Uso del suolo**

La composizione cartografica deriva da una serie di indagini di campagna atte ad individuare il tipo di destinazione del territorio o di porzioni di esso, in rapporto a delle classi di individuazione prestabilite.

Si sono così distinti territori agricoli, superfici con caratteristiche naturali (boschi e vegetazione spontanea), aree urbane, aree produttive (industriali e commerciali), reti di comunicazione (autostrade e ferrovie) e corpi idrici.

Le informazioni ricevute sulle diverse destinazioni dei suoli, si rilevano fondamentali ai fini di una corretta gestione del territorio anche in relazione alle trasformazioni esercitate dall'uomo nel corso del tempo.

Le aree individuate sono state catalogate in base alla legenda del piano.

La carta realizzata in scala 1:10000 è stata elaborata sia sulla fotointerpretazione sia tramite rilievi diretti di verifica in campo.

## **2.5.1. Territori modellati artificialmente**

### *2.5.1.1 ZONE URBANIZZATE*

2.5.1.1.1 Tessuto urbano continuo è rappresentato prevalentemente dal centro abitato di Andora, con superfici nettamente meno estese per i comuni minori della valle e per le frazioni.

2.5.1.1.2 Tessuto urbano discontinuo è formato da piccoli agglomerati e da case sparse.

### *2.5.1.2 ZONE INDUSTRIALI, COMMERCIALI, RETI DI COMUNICAZIONE*

2.5.1.2.1 Aree industriali o commerciali comprendono porzioni del territorio concentrate soprattutto in prossimità del torrente Merula e degli abitati principali, con particolare spicco per l'area prossima ad Andora.

2.5.1.2.2 Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori: si identificano nell'asse autostradale Genova - XX Miglia, nella Strada Statale Aurelia che corre all'interno della ampia pianura del comprensorio albenganese e nella rete ferroviaria (Ferrovie dello Stato) lungo la fascia marina.

### *2.5.1.4 AREE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE*

2.5.1.4.1 Aree verdi urbane: rappresentano piccoli spazi verdi pubblici o privati destinati a giardini e zone di sosta, sono per lo più concentrate nel tessuto urbano e molte volte sono difficilmente cartografabili per le modeste dimensioni, sono in ogni modo insignificanti ai fini dell'uso del suolo.

2.5.1.4.2 Aree sportive e ricreative: si identificano negli impianti sportivi quali i campi di calcio e sono generalmente ben visibili.

## **2.5.2 Territori agricoli**

### *2.5.2.1 SEMINATIVI :*

2.5.2.1.2. Seminativi irrigui: comprendono porzioni del fondovalle, via via più estese procedendo verso la foce. Trattasi di coltivazioni ortive a ciclo continuo molte volte consociate a frutteti ed anche vigneti. Per la maggiore importanza sono unificati tutti nei seminativi irrigui.

2.5.2.1.2.2. Seminativi, vivai, colture in serra: sono presenti soprattutto nella porzione terminale del fondovalle e su alcune pendici.

L'assetto produttivo della pratica agricola si presenta diversificato con dominanza dell'indirizzo ortofloricolo sia in pieno campo sia in serra.

### *2.5.2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE*

2.5.2.2.1 Oliveti terrazzati: la coltivazione è praticata sulle pendici meglio esposte dei rilievi dell'intero Bacino del Merula ed è rappresentata da oliveti coltivati o in stato di abbandono. L'impianto olivicolo terrazzato con muretti a secco è sempre ben leggibile, anche laddove il bosco e gli incendi boschivi hanno determinato la ricolonizzazione della flora spontanea.

Tuttavia la sistemazione ad oliveto terrazzato determina un fitto sistema capillare per la regimazione delle acque meteoriche.

#### **2.5.2.3 PRATI, PASCOLI**

Comprendono porzioni relativamente interessanti della parte più elevata del bacino.

Trattasi in genere di formazioni naturali ricavate in zone dotate di limitata pendenza, ove può ancora essere praticato il pascolo libero da parte di allevatori dei comuni limitrofi dell'entroterra che sfruttano le zone dell'alta collina nei mesi primaverili-estivi. Assai limitata ed in disuso è la pratica dello sfalcio per la fienagione.

#### **2.5.2.4. EX COLTIVI**

In molti casi l'abbandono dell'attività sta favorendo l'instaurarsi di una vegetazione spontanea di tipo arbustivo, per cui molte di queste aree possono essere inserite negli ex coltivi.

### **2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali**

#### **2.5.3.1 PRATERIE**

Comprendono aree limitate ove è in corso un processo di rinaturalizzazione verso forme più stabili. A causa delle caratteristiche edafiche, climatiche, tali areali rimarranno comunque come situazioni di passaggio tra ecosistemi diversi come ad esempio i prati-pascoli, sfruttati dall'uomo e dagli animali, e gli arbusteti, forma di passaggio verso popolazioni più evolute.

#### **2.5.3.2 ZONE BOScate**

Comprendono una vasta percentuale (circa il 45%) del territorio, della quale una gran parte è occupata da cedui misti invecchiati, cedui semplici da fustaie di latifoglie e mesofile (faggete) e, in piccole parti, da conifere termofile derivanti da impianti artificiali con un grado di copertura variabile (dal 30 al 90%) con funzione principalmente protettiva.

Le pinete termofile in gran parte danneggiate dal fuoco occupano le propaggini più basse del bacino.

Buono è spesso l'insediamento di latifoglie con presenza di carpino nero, roverella, frassino che danno luogo a buone coperture di boschi cedui.

#### **2.5.3.3 ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA**

Rappresentano zone di transito da coltivi - prativi, zone comunque sfruttate, a forme naturali quali il bosco: comprendono nocioleti, calluna, sorbo, cisto e ginestre. Sono però anche evidenti le estensioni di macchia e gariga nelle stazioni meno dotate edaficamente e climaticamente e/o percorse ripetutamente da incendi.

#### **2.5.3.4 ZONE CON VEGETAZIONE**

2.5.3.4.1 Spiagge, dune.

2.5.3.4.2 Rocce nude.

Comprende piccole aree situate soprattutto nella porzione medio alta del bacino.

2.5.3.4.3 Aree con vegetazione rada è limitata tra le formazioni rocciose affioranti ove l'esiguo spessore del suolo non permette la crescita di vegetazione importante.

## 2.6 Descrizione della rete idrografica

### 2.6.1 Asta principale

I sopralluoghi effettuati sul torrente Merula, nel giugno 2000 e nel maggio del 2003, hanno permesso di individuare le principali caratteristiche del corso d'acqua che, abbinate ai rilievi topografici delle sezioni, formano un quadro completo per la successiva modellazione idraulica.

Nel tratto che va dall'abitato di Molino Nuovo sino alla prossimità della foce, l'alveo è stato sistemato ed arginato con muri d'argine in terra rivestiti in calcestruzzo di altezza media di 4 m, lasciando ai corsi d'acqua minori affluenti del Merula (tra cui Rio Rinovo e Rio Bevuo) pochi sbocchi e spesso insufficienti. Pur essendo necessari a contenere i livelli di piena all'interno dell'alveo, tali argini costituiscono una vera e propria barriera al deflusso delle acque dalle zone limitrofe, che risultano facilmente allagabili e con ridotte possibilità di smaltimento.

Dal sopralluogo si è notato come l'elevato grado di antropizzazione delle zone lungo il tratto terminale dell'asta in esame abbia portato ad un'accentuazione delle criticità idrauliche, incrementando e concentrando i deflussi con la conseguenza dell'aumento di portata da smaltire nella rete di drenaggio superficiale in concomitanza di eventi anche non particolarmente intensi.

La criticità è stata inoltre accentuata da canalizzazioni e tombinature che sono risultate molto spesso insufficienti e costituiscono tutt'oggi un ostacolo al regolare del deflusso delle acque drenate.

Per quanto riguarda l'alveo del Torrente Merula, procedendo da valle verso monte, si nota che il tratto di alveo che va dalla foce al ponte dell'Aurelia è stato sistemato in sponda destra, mentre nessun intervento è stato eseguito in sponda sinistra, ove è presente un campeggio (Foto 2.6.1.1). Questo tratto ha una lunghezza pari a circa 100 m.



*Foto 2.6.1.1: Torrente Merula – Vista della foce a sinistra e foto del ponte dell'Aurelia a destra. Si noti la presenza di un campeggio in sponda sinistra, prospiciente al Torrente lungo un tratto privo di alcuna protezione.*

Proseguendo verso monte, lungo il tratto che va dal ponte dell'Aurelia al ponte Italia 61 (Foto 2.6.1.2), è presente un'oasi naturalistica caratterizzata da una fitta vegetazione prevalentemente a canne. E' probabile che questo fitto canneto, sebbene di tipo palustre e quindi deformabile sotto la spinta della corrente in caso di piena, non costituendo per questo motivo un ostacolo fisico al deflusso delle acque, possa essere scalzato e diventi perciò possibile materiale di ostruzione del ponte posto subito a valle.

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



*Foto 2.6.1.2: Torrente Merula: Tratto compreso tra il ponte dell'Aurelia e il ponte Italia 61, visto da valle verso monte nella foto a sinistra e ponte Italia visto da monte a destra.*



*Foto 2.6.1.3: Torrente Merula – particolare dei lavori arginali in sponda destra*

La geometria della sezione in questo tratto è pressoché trapezoidale, con argini in terra inclinati di 45° rivestiti da pannelli in c.a. Su entrambe le sponde si è sviluppato il tessuto urbano andrese, in particolare lungo i due argini corrono le strade di Via Vespucci e Via Risorgimento. Lungo il tratto che va dal ponte Italia 61 e il ponte Europa Unita (Foto 2.6.1.3), in sponda destra è stato rialzato l'argine alla quota di quello di sinistra. L'alveo, in questo tratto, presenta un andamento pressoché rettilineo e la sezione ha forma trapezoidale.

Procedendo verso monte si incontra il ponte di Viale Europa Unita (Foto 2.6.1.4).

Dalla foto stessa si nota che, senza necessità di calcoli idraulici, la struttura è di per sé un'evidente fattore di rischio idraulico. Infatti la sua particolare struttura consistente in un travato in c.a. posto circa 70 cm al di sotto della sommità arginale e sostenuto da tre pile in alveo di rilevante spessore, determina una notevole riduzione della luce libera di deflusso.

A monte del ponte Europa Unita si trova il ponte della ferrovia composto da 3 arcate di larghezza media al piede di circa 14 m. Lo spessore medio delle due pile poggianti in alveo è 1.5 m.

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



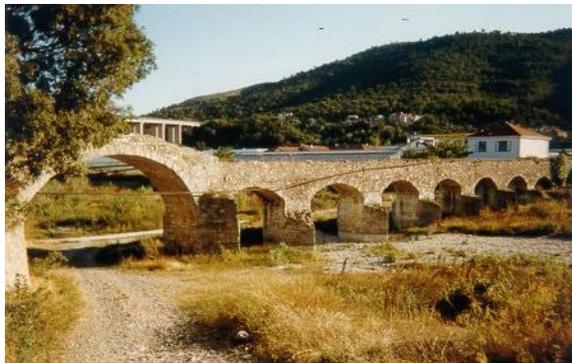
*Foto 2.6.1.4: Torrente Merula - ponte Europa Unita – si noti come la struttura in esame riduca notevolmente la luce libera di deflusso. Sullo sfondo, il ponte della ferrovia ed il viadotto autostradale*



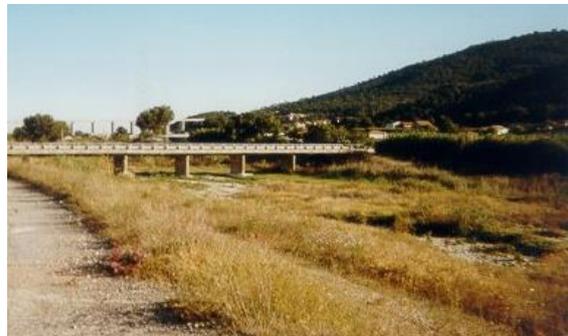
*Foto 2.6.1.5: Torrente Merula – Ponte di Strada S. Caterina visto da monte. Si intravede dietro il viadotto dell'autostrada*

A monte del ponte ferroviario, in alveo poggia una pila del ponte autostradale di spessore pari a circa 6 m e che determina un restringimento della larghezza dell'alveo  $b/b_0$  pari a 0.9.

Subito dietro al viadotto, si incontra il ponte di Strada S. Caterina (Foto 2.6.1.5), il quale poggia su 4 pile in alveo aventi spessore medio di poco inferiore al metro. Inoltre, l'intradosso del ponte si trova ad un livello leggermente inferiore della sommità arginale.



*Foto 2.6.1.6 Torrente Merula – Ponte romano*



*Foto 2.6.1.7 Torrente Merula – ponte di regione Marino*

Circa 250 m a monte del suddetto ponte, è situato il ponte romano, costituito da sette arcate di larghezza media pari a circa 5 m più un'arcata di dimensioni notevolmente maggiori (come si può vedere dalla Foto 2.6.1.6). Si nota come in alveo poggiano sette pile di spessore medio pari a circa 4 m.

All'incirca un km più a monte, è situato il ponte denominato “di regione Marino” (Foto 2.6.1.7), che poggia con 5 pile in alveo aventi spessore medio di circa 0.5 m ed altezza piuttosto bassa.

Proseguendo 600 m verso monte, si incontra il ponte “Marchiano Siccardi” (Foto 2.6.1.8), poggiante con 4 pile in alveo di larghezza media di circa 0.5 m.

La modellazione del tratto del Torrente Merula a monte del ponte di frazione Molino Nuovo (Foto 2.6.1.9), dove il tessuto urbano diviene meno fitto, assumendo una conformazione a “case sparse”, è stata

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

condotta sulla base del rilievo topografico (novembre 2005). L'alveo, procedendo verso monte, si incassa nella Val Merula, aumentando progressivamente la sua pendenza per poi iniziare, in corrispondenza dell'abitato di Stellanello, il tratto montano fino alla sorgente.

E' stato infine osservato che le opere in alveo (briglie e soglie), risultano essere completamente interrate, in particolare quelle ubicate nell'asta terminale.



*Foto 2.6.1.8 Torrente Merula – ponte Marchiano - Siccardi*



*Foto 2.6.1.9 Torrente Merula – Ponte di frazione Molino Nuovo*



*Foto 2.6.1.10 Torrente Merula - foto di una delle tante briglie posizionate nell'alveo del torrente*

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



*Foto 2.6.1.11 Torrente Merula - Guado in corrispondenza della sezione 95 (foto marzo 2006).*



*Foto 2.6.1.12 Torrente Merula - Esempio di briglia e controbriglia nel tratto tra loc. Molino Nuovo e loc. Castellana (sez. 92) (foto marzo 2006).*



*Foto 2.6.1.13 Torrente Merula - briglia sez. 68 e ponte Strada Provinciale N. 13 sez. 72 (foto marzo 2006).*

## 2.7 Idrologia di piena

### 2.7.1 Premessa

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

Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) una convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri (luglio 1999)"; lo studio fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico, ed è la base dati su cui si fondano le successive analisi idrauliche di questo piano stralcio. Per bacini con superficie compresa tra 0 e 10 km<sup>2</sup>, viene utilizzato il metodo semplificato come riportato nello studio suddetto e nella presente relazione di piano.

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

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

- attraverso un'analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l'informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull'intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state definite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all'interno della regione;
- dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è stato derivato l'evento di precipitazione critico per assegnato periodo di ritorno. La durata e la forma di quest'ultimo sono state dedotte attraverso l'applicazione della modellazione afflussi-deflussi, da considerazioni sulla meteorologia della regione, desunte da osservazioni satellitari degli eventi intensi del 1992, da risultati riportati su alcune pubblicazioni su rivista internazionale [Deidda et al., 1999] e dall'analisi di serie storiche di precipitazione ad alta risoluzione, quali quelle della stazione del Dipartimento di Ingegneria Ambientale (DIAM) dell'Università di Genova;
- dalle osservazioni di portata disponibili per l'intero territorio ligure è stata determinata, con procedura regionale analoga a quella utilizzata per le piogge, la forma adimensionale della distribuzione di probabilità delle portate al colmo di piena;
- le curve adimensionali sono state dimensionalizzate attraverso la portata indice, definita attraverso la trasformazione afflussi-deflussi dell'evento di precipitazione critico per periodo di ritorno  $T=2.9$  anni. Il modello afflussi-deflussi utilizzato è un modello molto avanzato basato sulle più moderne conoscenze riguardo le interazioni tra la morfologia e la risposta dei bacini ad eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];
- dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno  $T$ .

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

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

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

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

**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**

*Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*

**bacino: MERULA**

41	SELLA DI SAVONA	44.21	4.06	473	14
42	ARLIA	44.16	2.2	385	53
43	BOLA DI TRESANA	44.14	2.33	400	47
44	CALICE AL CORNOVIGLIO	44.15	2.37	402	24
45	CHIUSOLA	44.21	2.45	630	42
46	EQUI TERME	44.1	2.18	300	40
47	GUINALDI (Presa Verde)	44.25	2.37	371	31
48	LA SPEZIA	44.06	2.38	5	48
49	LEVANTO	44.1	2.5	2	33
50	MATUCASO	44.17	2.17	581	34
51	MONTALE DI LEVANTO	44.11	2.5	149	35
52	NOVEGINO (già Aulla)	44.2	2.31	55	4
53	PARANA	44.17	2.36	695	29
54	ROCCHETTA (già Tarassola)	44.2	2.37	426	50
55	SARZANA	44.07	2.29	26	54
56	SERO' DI ZIGNAGO	44.16	2.43	630	46
57	S. MARGHERITA VARA	44.16	2.48	200	39
58	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	44.22	2.34	215	51
59	TAVARONE	44.19	2.54	603	44
60	VARESE LIGURE	44.23	2.51	347	43
61	COLLA MELOSA	43.59	4.46	1600	21
62	COLLE BELENDIA	43.45	4.45	1350	31
63	ROCCHETTA NERVINA	43.54	4.52	225	32
64	VALLE TANE	44	4.46	1405	30
65	CASTIGLIONE CHIAVARESE	44.16	2.56	300	39
66	CROCETTA D'ORERO	44.32	3.28	460	31
67	GENOVA UNIVERSITA'	44.25	3.32	21	59
68	ISOVERDE	44.32	3.35	270	57
69	MADONNA DELLA GUARDIA	44.29	3.35	814	35
70	MIGNANEGO	44.32	3.33	250	53
71	MONTE CAPELLINO	44.33	3.3	660	33
72	AIROLE	43.52	4.54	103	38
73	CALVO (gia Torri)	43.5	4.54	57	26
74	VENTIMIGLIA	43.47	4.51	9	32
75	ELLERA	44.22	4	75	15
76	CENTRALE ARGENTINA	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27
78	LERCA	44.24	3.48	110	33
79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22

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

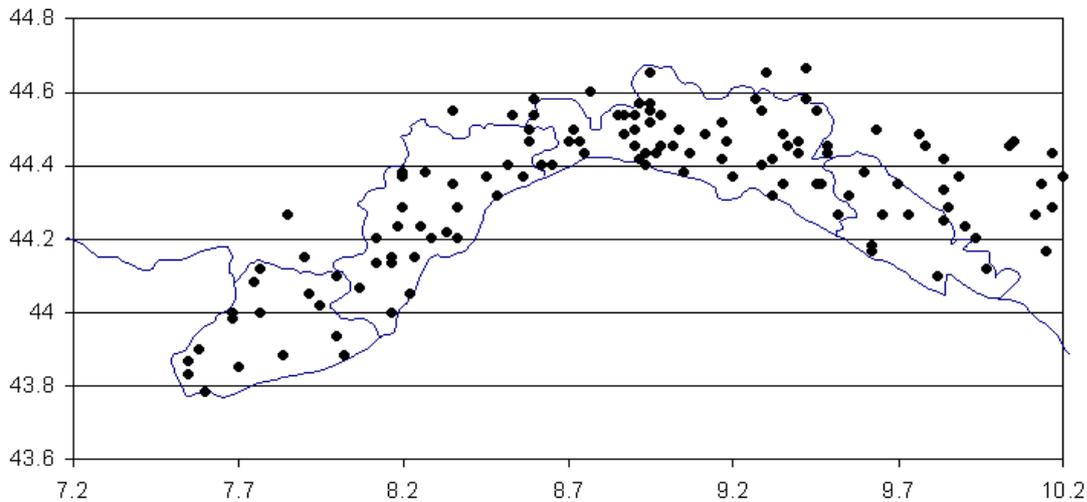
**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**

*Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*

**bacino: MERULA**

84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38
107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.8	3.52	857	2
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	2
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15
112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGO VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDENA C.LE	44.27	2.4	611	24
119	BOSCHI D'AVETO DIGA	44.35	3.02	630	51
120	BRUGNETO	44.4	3.02	903	19
121	CABANNE	44.29	3.06	812	33
122	LOCO CARCHELLI C.LE	44.33	3.1	610	51
123	LOSSO C.LE	44.39	3.09	416	37
124	ROVEGNO	44.35	3.11	660	16
125	SANTO STEFANO D'AVETO	44.33	3	1014	24

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



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

### 2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

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

La forma più comune delle LSPP è:

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

con:

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

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

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

con:

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

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

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

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

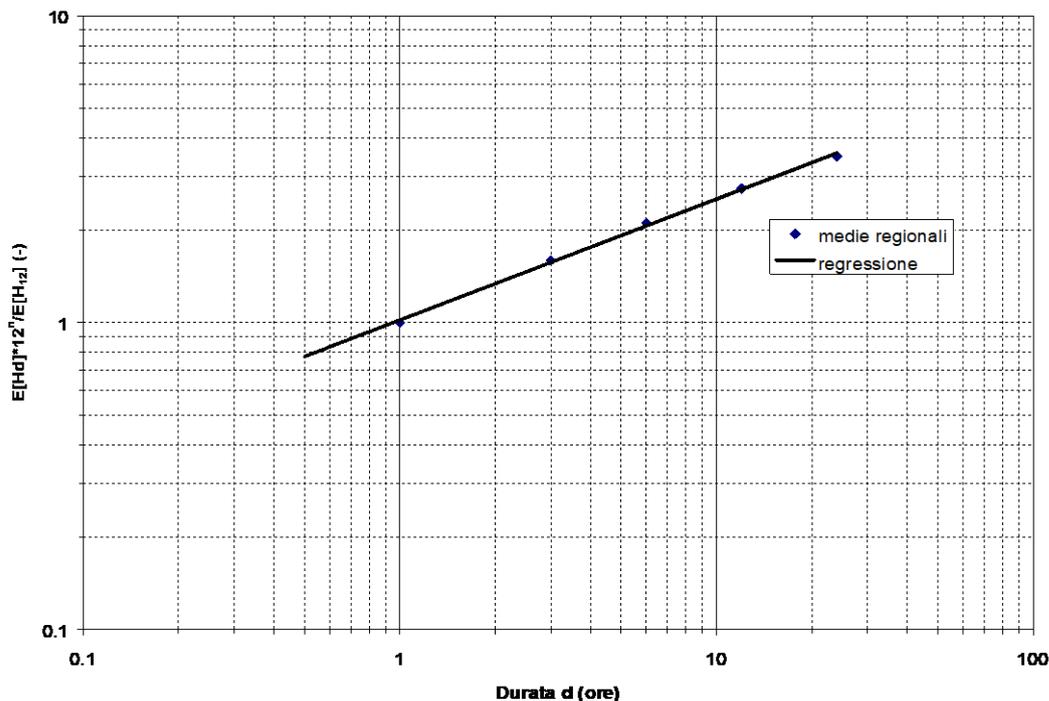
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

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

con:

d durata di interesse in ore.

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



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

Una volta valutato l'esponente n, il valore di  $E[H_{12}]/12^n$  può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto  $E[H_{12}]$ , valutato secondo le modalità esposte al paragrafo precedente. In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice  $E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$  da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di ritorno  $K_T$  può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in *Tabella 2* sono riportati i

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

valori di  $K_T$  per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

1. sulla cartografia regionale si individua la zona di bacino di interesse oppure, se si opera a scala di bacino, la posizione  $x$  del suo baricentro, in longitudine est da Greenwich;
2. con il valore di  $x$  si entra nella *Tabella 1* cui corrispondono i rispettivi valori di  $E[H_1]$ , eventualmente ricavati per interpolazione tra i due valori (si omettono, ovviamente, le cifre oltre la prima decimale, non significative);
3. si definisce il valore del periodo di ritorno di interesse e dai valori riportati in *Tabella 2* si ricava il valore  $K_T$ ;
4. la LSPP assume quindi la forma:

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

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

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

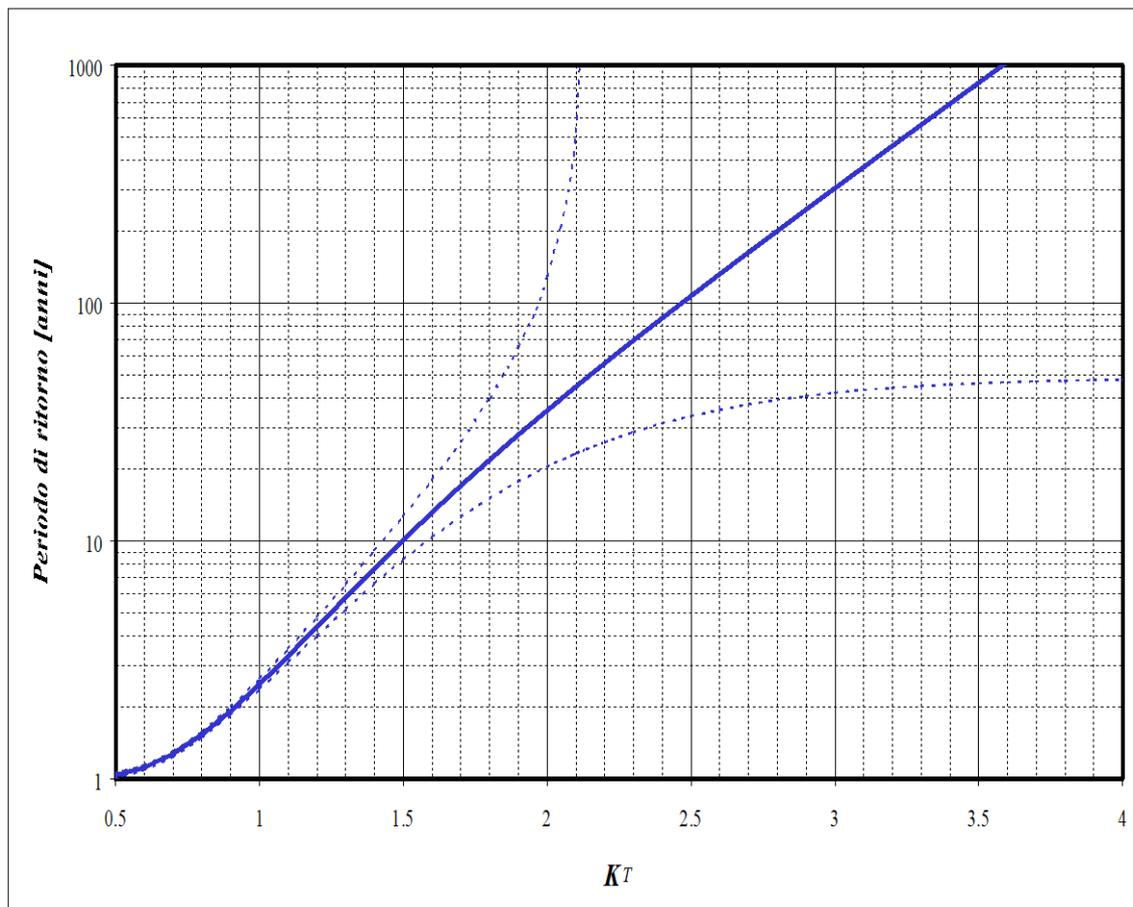
Longitudine		$E[H_1]$
Gradi	primi	mm
8	0	35.4
8	2.5	35.8
8	5	36.2
8	7.5	36.6
8	10	37

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

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

<b>T [anni]</b>	<b><math>K_T</math></b>
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

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



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

## **2.7.4 Portate di piena**

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

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

Essa venne costruita quindi con lo scopo di fornire un valore di portata al colmo di piena con approccio conservativo, cioè a vantaggio di sicurezza. Per tale motivo essa venne disegnata raccogliendo tutte le informazioni disponibili riguardo alle portate al colmo di piena registrate storicamente sui bacini appartenenti al compartimento idrografico, facendo in modo che il valore del contributo unitario alla portata al colmo di piena che si legge per una determinata area di bacino sottesa sia superiore o uguale a tutti quelli storicamente osservati su bacini della stessa estensione.

L'unica valutazione di tipo statistico che è associabile ad una tale procedura si fonda sull'assunto che la popolazione di bacini, nella regione per cui la procedura vale, costituisca un insieme climatologicamente omogeneo, cioè tale che le altezze massime annue di pioggia per le diverse durate abbiano la stessa distribuzione di probabilità, nonché la stessa struttura di ragguaglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto.

La relazione analitica che descrive la curva di inviluppo aggiornata in conseguenza della piena dell'ottobre 1970 a cura dell'ing. Cati è la seguente:

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

dove:

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

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

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

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

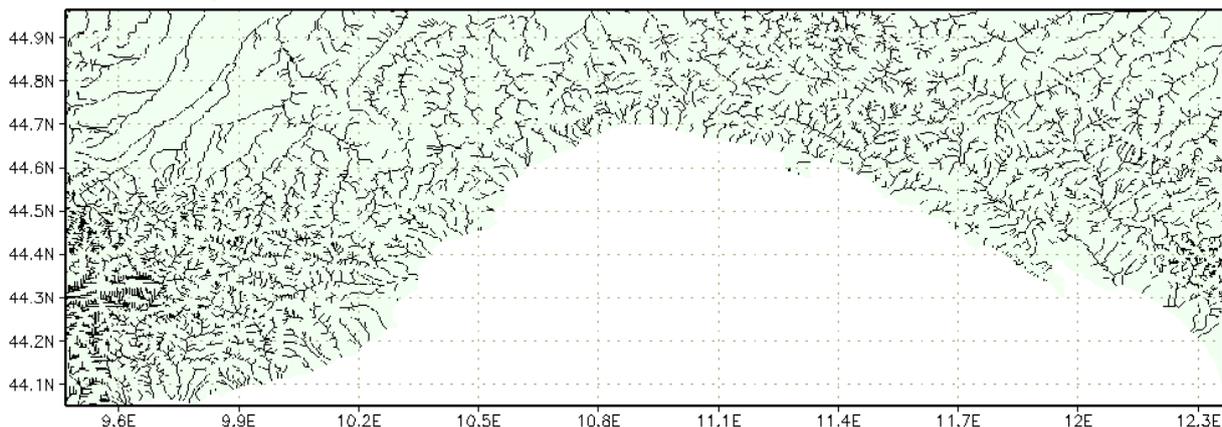
PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO  
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)  
**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**  
*Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*  
**bacino: MERULA**

la modellazione al colmo di piena. Il modello è stato sviluppato dal CIMA per soddisfare alle esigenze di alcuni ambienti naturali quali quello dell'arco alpino-appenninico caratterizzati da particolari strutture drenanti di dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

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

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



*Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la

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

dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Longitudine	Bacino Tipo				
	primi	A	B	C	D
8	0	6.33	5.29	4.05	3.55
8	2.5	6.43	5.37	4.11	3.61
8	5	6.53	5.45	4.17	3.66
8	7.5	6.63	5.54	4.24	3.72
8	10	6.73	5.62	4.3	3.77

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

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

**2.7.4.2.2 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km<sup>2</sup> (CIMA 1999)**

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

In questo caso il valore di portata è pari a:

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

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

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

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

Longitudine	Bacino Tipo				
	primi	A	B	C	D
8	0	7.90	6.59	5.05	4.43
8	2.5	8.02	6.70	5.12	4.50
8	5	8.14	6.80	5.20	4.57
8	7.5	8.27	6.90	5.28	4.64
8	10	8.39	7.00	5.36	4.70

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

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

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

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

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% Q[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]						
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km <sup>2</sup> ]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni	Curva di inviluppo (CATI)
Merula	Mar Tirreno	49	90	270	320	390	460	550	720
Merula	Rio Moltedo	27	60	160	190	240	280	340	490
Moltedo	Torrente Merula	3	40	20	20	30	30	40	140

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

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

Corso d'acqua	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Longitudine Gradi Sessagesimali	Cq	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
					T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Moltedo	3.5	D	8°05'00''	3.66	50	75	90

*Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno per il Rio Moltedo (C.T.P seduta. del 11/09/2003)*

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

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

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

$Q=c \cdot A^{0.75}$									
<b>Q=portata al colmo di piena, quantile 50% [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>] A=superficie [Km<sup>2</sup>]</b>									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI C [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> Km <sup>-0.75</sup> ]					
Torrente	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA MASSIMA [Km <sup>2</sup> ]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Merula	Mar Tirreno	Rio Moltedo	49	4.94	14.32	17.13	20.98	24.79	29.82
Merula	Rio Moltedo	Rio Borgosozzo	27	4.70	13.63	16.31	19.97	23.59	28.38

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

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

Torrente	Tratto (sezioni carta aree inondabili)	Superficie massima bacino [km <sup>2</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Merula Tratto a monte della confluenza con il Rio Moltedo	85 – 125.1	27	190	280	340

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

**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

**bacino: MERULA**

Merula tratto a valle della confluenza con il Rio Molredo	1 - 85	49	320	460	550
--	--------	----	-----	-----	-----

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Merula

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U <sub>A=2</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Crocchi	1c	0,73	D	8°05'00''	4.57	12	17	20

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Crocchi

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U <sub>A=2</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio San Giovanni	22	1,3	C	8°07'30''	5.28	25	35	42

Valori delle portate al colmo di piena per il rio San Giovanni

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	C <sub>Q</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Torrente Molino	1	2,53	D	8°07'30''	3,71	39	57	68

Valori delle portate al colmo di piena per il Torrente Molino (Piccoli bacini con dimensioni < 10 Km<sup>2</sup>)

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U <sub>A=2</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Domo	101	1,08	D	8°07'30''	4,64	17	25	30

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

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

Corso d'acqua	Sezioni tratto indagato (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U <sub>A=2</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Garassini	0.1	0,44	D	8°07'30"	4,64	7	10	12

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

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

### 3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

#### 3.1 Premessa

Lo studio fino a questo punto condotto sulle caratteristiche del bacino si pone alla base dell'elaborazione della carta di pericolosità, carta che ha il fine di individuare le criticità del bacino e suddividere il territorio in aree a differente grado di pericolosità. Dalla sovrapposizione delle classi di pericolosità con gli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, si giunge poi alla carta del rischio.

In linea generale, nell'ambito dell'unitarietà del bacino idrografico e dell'interdisciplinarietà tipica della pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, si dovrebbe aver esaminato tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità, nonché le loro possibili interazioni immediate o a posteriori.

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

La carta di pericolosità nel presente piano viene determinata, quindi, come sovrapposizione delle due componenti idraulica e geomorfologica, costituite in sostanza dalla carta delle fasce di inondabilità e dalla carta della suscettività al dissesto di versante. Per tale ragione, oltre che per questioni di scala, si è ritenuto di non produrre una carta di pericolosità complessiva ma di far riferimento alle due carte citate.

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

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

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

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

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

Da questo ne discende che mentre nelle aree ad elevata suscettività al dissesto, o più ancora in quelle a molto alta suscettività, è immediatamente determinabile il grado di rischio associato, nelle aree a bassa suscettività può risultare errata una sua automatica associazione in quanto il grado di pericolosità territoriale non può prescindere dall'analisi delle condizioni al contorno e dalle caratteristiche delle aree limitrofe del territorio, oltretutto da quelle locali. Ad esempio qualora, un'area a bassa suscettività si trovi a valle di un corpo di frana la sua reale pericolosità potrà essere determinata solo a seguito di un'analisi approfondita che riesca a ipotizzare la possibile evoluzione (in termini spaziali, volumetrici e di velocità di movimento) del dissesto.

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

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

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

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

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

### **3.2 Problematiche di tipo geomorfologico**

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

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

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

Oltre a questo metodo è stata effettuata una interpretazione del dato di sintesi, in funzione della approfondita conoscenza del territorio, da parte dei professionisti incaricati degli studi.

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

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

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

<b>Tematismo</b>	<b>Variabile</b>	<b>Tipo</b>
Carta geolitologica	Litologia	Principale
	Contatti tettonici	Aggravante
Carta geomorfologica	Coltri potenti	Principale
	Coltri sottili	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Scarpate attive	Aggravante
	Coni detritici attivi	Aggravante
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscigliamento diffuso	Aggravante
Carta dell'acclività	Classi di acclività	Principale
Carta idrogeologica	Permeabilità del substrato	Principale
Carta dell'uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
	Frane quiescenti	Principale
	Franosità diffusa	Principale
	D.G.P.V.	Aggravante

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

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

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

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso quantitativo indicativo della relativa incidenza sulla suscettività al dissesto di versante.

La sovrapposizione degli strati informativi determina una discretizzazione di elementi poligonali elementari ognuno dei quali è caratterizzato da un numero che costituisce la somma algebrica di tutti i pesi relativi a ciascun elemento associato al poligono. Maggiore è il peso totale, maggiore sarà la suscettività al dissesto connessa al poligono elementare.

Di seguito si riporta lo schema procedurale della metodologia utilizzata.

L'attribuzione dei pesi alle litologie è avvenuta su base statistica eseguita sulla base della formulazione di Guida et al., che consente di individuare in maniera oggettiva un peso di suscettività sulla base della franosità reale ( $\psi$ ):

$$\psi = (1 / K) \times \varphi$$

dove:

$$K = \sum A''n / A_T$$

$$\varphi = A''n / A'n$$

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 è stabilito di normalizzare a 10 il valore di  $\psi$  □ massimo all'interno del bacino e, conseguentemente, di rapportare a questo valore i pesi ottenuti per le altre litologie.

Relativamente al bacino del torrente Merula i dati ottenuti attraverso l'analisi sopra descritta sono sintetizzati nella sottostante tabella:

<b>Tipo</b>	<b>Peso attribuito</b>
CALCARI MARNOSI (cm)	4
ARENARIE E PELITI (ar-as) CALCARI MARNOSI E ARENARIE (cm-ar)	10
ARGILLE	2
CONGLOMERATI	0
ALLUVIONI	0

Ai calcari marnosi è stato assegnato un valore 4 in relazione alle frane presenti nei bacini costieri che sono da considerarsi in assoluta continuità litologica con la parte inn esame, pur essendo contenuti per ragioni amministrative nel piano del bacino La Liggia.

I valori così ottenuti sono stati presi come punto di riferimento per l'assegnazione dei pesi alle altre variabili che sono esposti nelle seguenti tabelle.

**Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio**

*Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*

**bacino: MERULA**

**CARTA GEOMORFOLOGICA - STATO DELLA ROCCIA**

<b>Peso</b>	<b>Stato della roccia</b>
0	<b>R</b> roccia in buone condizioni di conservazione con giacitura favorevole al pendio
1	<b>Rs</b> roccia in buone condizioni di conservazione con giacitura sfavorevole al pendio
1	<b>Rs</b> roccia subaffiorante e/o con strutture non ben rilevabili
2	<b>Rf</b> roccia fratturata in cattive condizioni di conservazione

**CARTA GEOMORFOLOGICA - COLTRI**

<b>Peso</b>	<b>Tipo coltre</b>
8	Coltri potenti (maggiori 3 m) su rocce semipermeabili o imp.
7	Coltri potenti (maggiori 3 m)
4	Coltri minori di 3 m di spessore su rocce semipermeabili o imp.
3	Coltri minori di 3 m di spessore

**CARTA DELL'ACCLIVITA'**

<b>Peso</b>	<b>Classe di acclività</b>
0	Acclività < 50% su substrato affiorante
1	Acclività > 50% su substrato affiorante
0	Acclività < 35% su coltre affiorante
1	Acclività > 35% < 50% su coltre affiorante
2	Acclività > 50% su coltre affiorante
0	Acclività < 35% su alluvioni
1	Acclività > 35% < 50% su alluvioni
2	Acclività > 50% su alluvioni

**CARTA DELL'USO SUOLO**

<b>Peso</b>	<b>Classe uso del suolo</b>
1	Urbanizzato continuo e discontinuo
1	Cave
1	Discariche
0	Terreni agricoli
1	Serre
0	Prati e pascoli
1	Vegetazione rada o assente
0	Boschi

**FATTORI AGGRAVANTI**

<b>Peso</b>	<b>Fattore peggiorativo</b>
1	Forte contrasto di permeabilità
2	Franosità diffusa e frane puntuali
1	Scarpate attive e quiescenti
1	Coni detritici attivi
1	Erosione concentrata di fondo
2	Ruscellamento diffuso
1	Contatti tettonici
1	Aree percorse dal fuoco
2	Erosione spondale

I pesi attribuiti ai fattori di uso del suolo derivano da un'analisi delle fonti bibliografiche e dalla taratura effettuata in campagna sulla loro reale consistenza e rappresentatività. In particolare ci si è basati su una valutazione di massima dell'efficienza idrogeologica, per cui aree urbanizzate e fortemente alterate

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

dall'uomo corrispondono ad un fattore negativo (impermeabilizzazione dei terreni, insufficienza nella rete di raccolta delle acque ecc.), aree coltivate o boscate sono da considerarsi maggiormente efficienti dal punto di vista idrogeologico. L'uso del suolo non appare un elemento preponderante nel determinare la franosità. Si è notato invece come nell'ambito del bacino siano estremamente importanti i "fattori aggravanti" nel determinare la suscettività al dissesto. E' stata inclusa la voce "franosità diffusa", che non è presente nelle Raccomandazioni cui si è fatto fino ad ora riferimento, in quanto si è ritenuto importante per la finalità del presente lavoro tenere in debito conto le aree interessate da un buon numero di frane di piccole dimensioni (non cartografabili). Nel considerare questi fattori ci si è trovati di fronte a variabili di tipo puntuale o lineare; siccome si è ritenuto difficile, se non impossibile, stabilire a priori una fascia standard di influenza di ciascun parametro anche nell'ambito della procedura informatica, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile a seconda dei casi. Tali pesi sono stati pertanto attribuiti arbitrariamente in base all'esperienza maturata dagli estensori del piano, anche in funzione di quanto rilevabile direttamente sul territorio a mezzo di indagine diretta o aerofotogrammetrica.

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

Dopo aver esaminato la suddetta carta si sono estrapolati i valori massimo e minimo fra i diversi poligoni, quindi il range di valori dato dalla loro differenza viene suddiviso in 4 classi di suscettività (ALTA, MEDIA, BASSA e MOLTO BASSA) tramite la fusione e l'accorpamento dei poligoni contenuti nella carta.

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

Nel caso di aree di cava, discariche e riporti ove non esista o non sia vigente una normativa "speciale" è stata attribuita la corrispondente classe di suscettività al dissesto mediante l'aggiornamento della legenda della cartografia tematica di Piano. Tale aggiornamento è avvenuto a seguito di osservazioni di carattere puntuale, esaminate caso per caso, in merito alle caratteristiche di pericolosità dei singoli areali (Rif. D.G.R. 1068/02 e 1158/02), così come riportato al Cap. 2.3.7 Riporti e discariche e Cap. 2.3.8 Cave.

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

<b>CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI</b>			
VALORE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
<b>&lt; 2</b>	Aree prive di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo.	<b>MOLTO BASSA</b>	Pg0
<b>2 - 6</b>		<b>BASSA</b>	Pg1
<b>7 -14</b>		<b>MEDIA</b>	Pg2
<b>&gt; 14</b>	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	<b>ALTA</b>	Pg3 B
Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:			
<b>Aree di frana Quiescente</b>	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	<b>ALTA</b>	Pg3 A
<b>Aree in Frana Attiva</b>	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	<b>MOLTO ALTA</b>	Pg4
<b>Cave e miniere attive - Discariche in esercizio</b>	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.	<b>Aree speciali</b>	tipo A
<b>Ex Cave, ex Miniere</b>	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente). All'interno delle aree speciali di tipo B1 e B2 è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0, Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.		tipo B1
<b>Ex Discariche e riporti antropici.</b>	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.		tipo B2

La CSDV, elaborata come sopra descritto, evidenzia per il bacino Merula una situazione territoriale in cui è evidente la netta prevalenza delle aree perimetrare in classe di suscettività al dissesto media.

Nel settore occidentale, in Comune di Stellanello e Testico, oltre il 90% del territorio ricade in classe di suscettività media.

Nei settori centrale e orientale, in comune di Andora, la distribuzione territoriale delle aree a diversa suscettività è più equilibrata con una modesta prevalenza delle aree in classe di suscettività molto bassa e bassa.

La classe di suscettività Molto Bassa (MB) include i territori a bassissima acclività della pianura costiera del torrente Merula in comune di Andora e della pianura di fondovalle fino poco a monte dell'abitato dei Rossi in Comune di Stellanello.

La classe di suscettività Bassa (B) è estesa ai versanti vallivi meno acclivi e caratterizzati da basso indice di stabilità litologica. Comprende i settori orientale e centrale del bacino in comune di Andora. In particolare, in comune di Andora, caratterizza il versante sinistro del bacino e parte del versante destro.

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

La classe di suscettività al dissesto Media (M) caratterizza i versanti ad elevato indice di stabilità litologica o con coperture detritiche potenti. In Comune di Stellanello e Testico entrambi i versanti del torrente Merula ricadono in classe di suscettività al dissesto media. In comune di Andora la classe media è sviluppata sui versanti alla destra orografica del torrente Merula.

La classe di suscettività al dissesto Alta (A) è sviluppata lungo i tratti di versante la cui alta potenzialità al dissesto risulta dalla sommatoria dei pesi attribuiti agli elementi principali ed agli elementi aggravanti.

Particolarmente significativa risulta la condizione del bacino in comune di Stellanello e Testico dove ricadono in classe di suscettività alta la parte inferiore del versante sinistro, a monte della frazione Rossi e fino alla frazione Duranti; le incisioni dei principali corsi d'acqua affluenti al torrente Merula e alcune aree di testata dei rii, lungo il versante destro.

In comune di Andora si riscontrano aree in classe di suscettività alta esclusivamente lungo il versante destro nel bacino idrografico del rio Moltedo.

Le porzioni di territorio in classe di suscettività al dissesto Molto Alta (MA) corrispondono a frane attive. Si segnalano modestissime aree in suscettività di classe Molto Alta (MA) in località Poggio, a monte del ponte della S.P. n. 13 sul torrente Merula, in località Villalunga e in località Ferrara.

Le criticità di tipo geomorfologico evidenziate dalla CSDV riguardano il settore occidentale del bacino in cui ampie porzioni della viabilità provinciale, ed in particolare la S.P. n. 13 Stellanello-Testico, la viabilità comunale che collega le frazioni in comune di Stellanello e la frazione Poggio del Comune di Testico ricadono in porzioni di territorio a suscettività al dissesto alta o molto alta.

Anche nella località Roggio risulta la presenza di un'area in suscettività di classe Molto Alta (MA) in relazione ad una frana attiva che ha interessato il nucleo abitato. Per tale frana sono stati realizzati, nel periodo novembre 2000 - aprile 2002, parziali interventi di consolidamento, curati dalla ex Comunità Montana Ingauna, che non hanno condotto ad una risoluzione delle condizioni di criticità generali.

Successivamente, nel 2017, con decreto del Direttore Generale, in esecuzione all'Intesa con l'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale, che segue il Decreto del MATM nr 294 del 25.10.2016, è stata approvata una variante al Piano di Bacino relativa alla ripermutazione della classificazione di suscettività al dissesto dell'areale di Roggio.

Nello specifico è stato modificato lo stato di suscettività al dissesto, da Pg4 a PG3a, per la parte di corpo franoso interessato dai locali interventi di consolidamento, mentre la zona posta in prossimità del margine orientale e tutto il settore in fregio al T. Merula, sottostante l'abitato di Roggio, sono stati riclassificati a molto alta suscettività (classe PG4), inoltre è stata condotta una più generale revisione della mappatura di pericolosità dell'ambito facendo specifico riferimento alle geometrie rappresentate nella cartografia SCAI "Atlante dei centri abitati Instabili", nel volume relativo alla Provincia di Savona (anno 2006).

### 3.3 Problematiche di tipo idraulico

#### 3.3.1 Aree storicamente inondate

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

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

Le ricognizioni, effettuate hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree che sono state maggiormente interessate da eventi alluvionali negli ultimi anni.

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

#### 3.3.2 Verifiche idrauliche

##### 3.3.2.1 Individuazione dei tratti di studio

I tratti indagati nel presente studio sono i seguenti:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
Merula	1 – 101.1	Dalla foce alla località Casa Castellana (marzo 2001 e marzo 2006 completamente tratto di studio)
Merula	101.1 – 125.1	Da località “Casa Castellana” a Stellanello (settembre 2003)
Rio San Giovanni	1 - 22	Da località S. Giovanni fino a confluenza T. Merula (marzo 2004)
Rio Crocchi	1C – 4C	Da tratto a monte fino a confluenza T. Merula (settembre 2003)
Rio Molino (Domo)	1-28	Dalla confluenza con il Merula per 700 m a monte (marzo 2007)
Rio Garassini	1 - 3	Dalla confluenza con il rio Molino
Rio Domo	1 - 12	Dalla confluenza con il rio Molino per 300 m a monte

*Tabella 3.3.2.1.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Merula*

##### 3.3.2.2 Metodologia di calcolo

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A	[m/s]
R = raggio idraulico della corrente	[m]
n = coefficiente di Manning	[m <sup>-1/3</sup> s]

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

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

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

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

### 3.3.2.3 Schematizzazione di calcolo

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

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

Quest'ultima ipotesi è congruente con quanto indicato nelle raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, con particolare riferimento alla raccomandazione sulle fasce di inondabilità e alla nota "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale", al fine di

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

tenere conto di sezioni che, interessate da opere, non possano assicurare capienza certa alla portata di massima piena.

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

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

dove:

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua  
 $Y$  = profondità

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

- Parametri di scabrezza

I valori di riferimento del parametro di scabrezza  $K_s$  proposti dalla Regione Liguria sono riportati in Normativa di Piano.

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto	Coefficiente di scabrezza $K_s$ [ $m^{1/3}s$ ]	Programma di modellazione idraulica utilizzato
Merula	1 – 101.1	Dalla foce alla località “Casa Castellana”	30	HEC RAS
Merula	101.1 – 125.1	Da località “Casa Castellana” a Stellanello	30	HEC RAS
Rio S. Giovanni	1 - 22	Da località S. Giovanni fino a confluenza T. Merula (marzo 2004)	30	HEC RAS
Rio Crocchi	1C – 4C	Da tratto a monte fino a confluenza T. Merula (settembre 2003)	30	HEC RAS
Rio Molino (Domo)	1-28	Dalla confluenza con il Merula per 700 m a monte (marzo 2007)	30	HEC RAS
Rio Garassini	1 - 3	Dalla confluenza con il rio Molino	30	HEC RAS
Rio Domo	1 - 12	Dalla confluenza con il rio Molino per 300 m a monte	30	HEC RAS

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

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

- Condizioni al contorno

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

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

Il modello di simulazione idraulica Hec-Ras 3.0 non restituisce visivamente in maniera ottimale i profili di moto in corrispondenza di salti di fondo e/o briglie in alveo: nello specifico, vista la presenza di diverse briglie completamente interrato lungo il corso d'acqua considerato, durante la valutazione dell'andamento dei profili di rigurgito si è tenuto conto di questa limitazione del modello. Pertanto, situazioni limite, cioè nelle quali l'altezza di tirante era prossima al livello arginale, sono state trascurate quando esse siano dovute alla suddetta interpretazione non completa del fenomeno idraulico che si verifica in realtà in presenza di briglie in alveo.

**Torrente Merula tra la foce e loc. Casa Castellana (da sez. 1 a sez. 101.1):**

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

- Condizione di valle: la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari all'altezza critica, cioè il valore limite di profondità che può raggiungere una corrente veloce.
- Condizione di monte: la condizione di monte per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari all'altezza critica, cioè il valore limite di profondità che può raggiungere una corrente veloce.

**Torrente Merula tra loc. Casa Castellana e Stellanello (da sez. 101.1 a sez. 125.1):**

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

- Condizione di valle: la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari all'altezza critica, cioè il valore limite di profondità che può raggiungere una corrente veloce.
- Condizione di monte: considerata la pendenza media del tratto iniziale nell'asta montana del torrente, caratteristica di correnti veloci, anche la condizione di monte è stata posta pari all'altezza critica.

**Rio Crocchi (settembre 2003):**

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

- Condizione di valle: la condizione di valle è stata posta pari all'altezza critica.
- Condizione di monte: la condizione di monte è stata posta pari all'altezza critica

**Rio S. Giovanni (marzo 2004):**

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

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

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

**Torrente Molino:**

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

- Condizione di valle: confluenza con il T. Merula;
- Condizione di monte: la condizione di monte è stata posta pari alla profondità di moto uniforme per la pendenza media del corso d'acqua.

**Rio Garassini:**

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

- Condizione di valle: confluenza con il rio Domo;
- Condizione di monte: la condizione di monte è stata posta pari alla profondità di moto uniforme per la pendenza media del corso d'acqua.

**Rio Domo:**

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

- Condizione di valle: confluenza con il rio Molino;
- Condizione di monte: la condizione di monte è stata posta pari alla profondità di moto uniforme per la pendenza media del corso d'acqua.

### **3.3.2.4 Profili di moto permanente**

**Torrente Merula: Tratto terminale**

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una leggera insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto nel tratto di asta terminale.

Le cause principali dei problemi di esondazione possono essere individuate nella presenza di manufatti in alveo che non permettono il regolare deflusso della portata, soprattutto nel tratto terminale.

**Torrente Merula: loc. Molino Nuovo – loc.Castellana**

I profili di moto permanente relativi ai tre tempi di ritorno hanno andamenti molto simili seppur con livelli idrici diversi. La corrente è prevalentemente veloce nel tratto a monte, con passaggio per la profondità critica in corrispondenza delle numerose briglie presenti nel tratto indagato. Non si rilevano particolari effetti di rigurgito eccetto in corrispondenza del guado di sez. 95.05.

**Torrente Merula: Stellanello-Castellana (settembre 2003)**

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti, distribuita su tutta l'asta fluviale indagata.

**Rio Crocchi (settembre 2003)**

I profili longitudinali hanno un andamento regolare e non danno luogo ad insufficienze arginali

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

Rio S. Giovanni (marzo 2004)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, distribuita su tutta l'asta fluviale indagata.

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

Torrente Molino (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto in corrispondenza della confluenza con i rii Domo e Garassini e nel tratto terminale.

Rio Garassini (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti localizzata in corrispondenza della tombinatura alla confluenza con il Torrente Molino.

Rio Domo (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto in corrispondenza della confluenza con il Torrente Molino.

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

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

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

Nella tabella seguente vengono riportate per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
85.1	Ponte con 4 pile in alveo	T > 500
72	Ponte Molino Nuovo con 4 pile in alveo	T > 500
59	Ponte Marchiano Siccardi con quattro pile in alveo	T < 500
49	Ponte di Regione Marino con cinque pile in alveo	T < 200
35	Ponte Romano con sette arcate	T < 500
32	Ponte Strada S.ta Caterina con quattro pile in alveo	T < 500
29	Pilone autostradale	T > 500
24	Ponte FF.SS. con tre arcate	T > 500
20	Ponte via Europa Unita con tre pile in alveo	T < 50

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

11	Ponte Italia 61 con quattro pile in alveo	T< 50
5	Ponte Aurelia con tre arcate	T< 50

Tabella 3.3.2.5.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo del tratto del T. Merula da località Castellana alla foce.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
124.1	Briglia	T<50
121.05	Ponte Provinciale	T>500
118.05	Ponte Sede Comunale	T> 500
115.05	Ponte strada Ca di Papi	T> 500
106.05	Ponte strada Villarelli	T> 500
104.1	Guado cavalli	T<50

Tabella 3.3.2.5.2: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo del tratto del T. Merula da monte confluenza Rio Crocchi (Stellanello) fino tratto a valle di "Casa Castellana".

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
20.5	Passerella carrabile	T<200
18.5	Passerella carrabile	T<50
15.5	Passerella carrabile	T< 50
12	Ponte S.P. n° 13	T< 50
5.5	Passerella carrabile	T< 50

Tabella 3.3.2.5.3: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo del tratto del Rio S. Giovanni da loc. S. Giovanni alla confluenza con il T. Merula.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
27.05	Passerella pedonale	T>500
21.5	Ponticello carrabile	T>500
16.05	Ponticello carrabile	T>500
11.05	Passerella pedonale	T< 50
3.5	Ponte carrabile	T>500

Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Torrente Molino nel tratto indagato, da tratto a monte (circa 700 m) alla confluenza con il T. Merula (giugno 2007).

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
0.15	Passerella carrabile	T< 50

Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Garassini nel tratto indagato, da tratto a monte (circa 40 m) alla confluenza con il T. Molino (giugno 2007).

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
106.5	Ponticello carrabile	T< 50

Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Domo nel tratto indagato, da tratto a monte (circa 325 m) alla confluenza con il T. Molino (giugno 2007).

### 3.3.3 Fasce di inondabilità

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **3.3.4 Fascia di riassetto fluviale**

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

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

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, distribuita su tutta l'asta fluviale indagata.

## **3.4 Principali criticità del bacino**

### Torrente Merula: Tratto terminale (da sez 1 a sez 72)

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

Dall'analisi dei profili di rigurgito (consegnata all'Amministrazione Provinciale nell'ottobre 2000) è stato rilevato che la prima sezione nella quale all'aumentare della portata avvengono i primi fenomeni di sormonto, è localizzata all'altezza di via Clavesana (tra le sezz. 6 e 7). In questo punto, la portata cinquantennale non è più contenuta in alveo, e il conseguente fenomeno di esondazione interessa via Risorgimento in sponda destra, mentre in sponda sinistra risultano allagabili via Vespucci, parte iniziale di via Clavesana e la via Aurelia fino all'incrocio con via Caboto. L'area esondabile a valle del ponte dell'Aurelia, che non risulta sormontato perché rialzato rispetto agli argini, comprende, in sponda destra, il "Parco delle farfalle", e in sponda sinistra il Campeggio Ariston e le zone limitrofe.

Per eventi con tempo di ritorno associato pari a 200 anni, la prima sezione, che secondo il modello, potrebbe risultare insufficiente al deflusso delle acque è la sez.21, posta subito a monte del ponte di via Europa Unita.

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

Procedendo verso valle, la situazione più critica è localizzata nel tratto compreso tra la sez. 16 e la foce. Questo tratto è caratterizzato, in sponda sinistra, da una depressione rispetto al piano stradale della via arginale (via Vespucci). L'esonazione arriva ad interessare gran parte del tessuto urbano, nella zona che si estende tra via Marco Polo e via Vespucci.

In sponda destra, la zona interessata dall'esonazione è compresa tra via Risorgimento e via Cavour, ad eccezione della zona nei pressi di piazza del mercato.

Un evento di piena con tempo di ritorno pari a 500 anni andrebbe ad interessare una fascia ancora più estesa di territorio in sponda sinistra, partendo dall'incrocio di via Vespucci con via S. Angela (subito a valle della sez. 18) arrivando a lambire via S. Lazzaro. In sponda destra, la zona colpita dall'esonazione interessa la zona adiacente il Municipio, e termina alla foce ricalcando più a valle la stessa zona interessata dalle piene duecentennali, ovviamente differenziandosi per entità dei tiranti.

Un problema diffuso, infine, risulta l'incapacità di smaltimento delle acque piovane da parte delle reti fognarie: nella carta delle fasce di inondabilità è stata perimetrata un'area, già individuata nella mappatura della delibera DGR n° 2615/98, che secondo le testimonianze dei residenti è frequentemente allagata anche in occasione di eventi meteorici non particolarmente intensi. Allo stato attuale, sulla base delle informazioni raccolte nell'elaborazione del presente piano stralcio di bacino, non risulta possibile andare oltre alla segnalazione del problema, per la cui analisi specifica si rimanda a successivi stralci.

Torrente Merula: da Località Casa Castellana – loc. Molino Nuovo - da sez 72 a sez 101.1 (marzo 2006)

Il tratto in oggetto non è interessato da eventi esondativi, in quanto risulta sufficiente a smaltire anche la portata con tempo di ritorno cinquecentennale.

Si evidenziano esondazioni localizzate in corrispondenza delle sezioni 100 e 98 e del guado di sez. 95.05.

Torrente Merula: Località Crocchi-Castellana da sez 101.1 a sez 125.1 (settembre 2003)

Il tratto del Torrente Merula indagato presenta fasce di inondabilità distribuite su tutta la sua lunghezza.

Un evento di piena con tempo di ritorno cinquantennale interessa il tratto a monte (sez. 125.1 – 124.1) la sponda destra in corrispondenza della località Borgo Nuovo (sez. 115.1) e la sponda sinistra e poi destra del tratto che va dalla sez. 113.1 alla 106.1, e quindi ancora è più a valle interessando per lo più zone agricole.

Un evento di piena duecentennale interessa la strada provinciale posta in sponda sinistra nel comune di Stellanello, interessando quindi le abitazioni adiacenti, oltre ad interessare zone a valle non abitate.

Un evento di piena cinquecentennale interessa zone più ampie rispetto alle precedenti interessando anche la località Moretti in sponda sinistra (sez. 111.1-106.1).

Rio Crocchi (settembre 2003)

Il rio Crocchi non presenta alcuna criticità, in quanto anche la portata con tempo di ritorno cinquecentennale è contenuta all'interno del proprio alveo.

Rio S. Giovanni (marzo 2004)

Il Rio S. Giovanni rappresenta un'elevata criticità dovuta all'insufficienza dell'alveo a smaltire le portate eccezionali ed alla presenza di alcuni attraversamenti, in particolare del ponte della SP n°13 posto a circa 200m dalla confluenza con il T. Merula.

#### Torrente Molino (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto in corrispondenza della confluenza con i rii Domo e Garassini e nel tratto terminale.

In particolare, l'esondazione, per tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, interessa essenzialmente il sedime stradale in sponda destra, che collega la S.P. 13 e le Loc. Brigoleo e basso abitato di Fraz. Domo.

#### Rio Garassini (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti localizzata in corrispondenza della tombinatura alla confluenza con il Torrente Molino.

Risulta infatti insufficiente per i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni il collettore circolare di raccordo tra i due rii inserito nel terrapieno che forma la passerella carrabile ivi presente.

#### Rio Domo (giugno 2007)

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una modesta insufficienza dell'alveo e delle opere di attraversamento per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto in corrispondenza della confluenza con il Torrente Molino.

Si rilevano a monte alcuni tratti di insufficienza arginale e di esondazione, con particolare riguardo al tratto subito a monte e valle della passerella carrabile, che presenta inondazione per tutti e tre i tempi di ritorno.

Alla luce degli studi effettuati sul Rio Domo, Rio Garassini e Torrente Molino risulta necessario un adeguamento degli attraversamenti insufficienti allo smaltimento della portata cinquantennale ed in particolare dei ponticelli carrabili di cui alle sez. 0.15 e 106.5 (Rii Garassini e Domo).

Risulta opportuna la rimozione della passerella pedonale alla sezione 11.05 (T. Molino).

Risulta inoltre necessario un adeguamento della sezione della tombinatura alla confluenza tra il rio Garassini ed il Torrente Molino e in generale l'applicazione periodica di interventi di pulizia e rimozione del materiale litoide in eccesso in alveo e del materiale arbustivo-vegetativo ivi presente, in particolare in corrispondenza dei ponti.

### **3.4.1 Criticità Puntuali**

Dalla verifica idraulica oggetto della presente relazione è rimasto escluso un breve tratto, inserito nella mappatura delle aree inondate ai sensi della D.G.R. 2615/98, localizzato in una zona non abitata, circa 200 m a valle dell'abitato di "Poggio", 650 m a monte della zona "Armati". Tale tratto non è stato indagato in quanto di difficile accesso e di non preminente interesse per la mappatura delle aree inondabili.

Si è assegnato a tale zona la fascia di inondabilità B.

Un'ulteriore zona che era compresa all'interno della mappatura delle aree inondate è quella della via S. Lazzaro in Comune di Andora. Rispetto a tale area, le verifiche idrauliche del T. Merula vennero condotte in sede di pianificazione di bacino e l'area non venne inclusa fra le aree inondabili stimate con i procedimenti descritti precedentemente.

D'altronde da una analisi topografica della zona risulta che la via in questione ha una distanza, dalla sponda sinistra del T. Merula, compresa fra un minimo di 150 m ad un massimo di 380 m. Inoltre le quote riportate sulla CTR in scala 1:10.000 evidenziano come le quote della zona in oggetto siano dell'ordine di

5.0 – 6.0 m s.l.m., contro le quote dell'ordine di 4.5 m s.l.m. delle zone comprese fra l'area in questione ed il corso d'acqua (e che non sono classificate inondabili).

Tali considerazioni portano a dedurre che l'allagamento della zona, che ha portato alla classificazione della zona, non sia dovuto ad esondazione del T. Merula ma a cattivo funzionamento dei collettori delle acque bianche dei viali in oggetto.

A tal proposito il Comune di Andora, con propria nota del 01/07/2003, richiede la cancellazione della medesima area storicamente inondata in quanto la costruzione di un nuovo collettore sulla via S. Lazzaro consentirebbe lo smaltimento delle portate pluviali afferenti alla strada stessa.

In particolare nella relazione tecnica costituente il progetto esecutivo, viene riportato che la nuova canalizzazione "intende garantire un miglioramento degli scarichi di acque bianche che, in particolari circostanze, hanno creato grossi problemi in caso di nubifragi nella zona levante della cittadina".

Da quanto sopra si ritiene, come premesso, che il carattere di inondazione subito, storicamente dalla zona, non sia da attribuire al transito di una portata disalveata dal T. Merula (come peraltro dimostrato dalle verifiche idrauliche condotte dal CIMA in occasione della realizzazione del Piano stralcio) ma ad eventi idrologici locali, uniti a cattivo funzionamento della rete di smaltimento urbana.

### **3.5 Considerazioni sul trasporto solido**

Il trasporto solido è un fenomeno che gioca un ruolo importante nella dinamica dell'alveo dei corsi d'acqua, in grado di causare o peggiorare situazioni di rischio idrogeologico in un bacino. L'analisi della dinamica del trasporto solido può assumere quindi una particolare rilevanza per quanto riguarda sia la determinazione delle criticità e della pericolosità sia l'individuazione, la programmazione e la progettazione degli interventi di sistemazione.

Le modalità con le quali il trasporto di sedimenti può interagire con il deflusso di una corrente sono varie. La valutazione dei livelli idrici attesi in un evento di piena, ad esempio, viene comunemente effettuata trascurando il fenomeno del trasporto di sedimenti da parte della corrente e quindi attraverso una modellazione idraulica a fondo fisso che può, tuttavia, fornire risultati anche significativamente sottostimati rispetto ad una soluzione a fondo mobile (fondo che, viceversa, si modifica in funzione del materiale trasportato dalla corrente), molto più onerosa dal punto di vista della modellistica ma certamente più rappresentativa della realtà. Durante l'evento di piena, infatti, possono realizzarsi depositi localizzati che producono forti innalzamenti del livello della corrente. Durante la fase discendente della piena tali depositi possono venire rimossi ma i livelli raggiunti al colmo della piena sono comunque superiori a quelli prevedibili da una modellazione a fondo fisso.

La dinamica del trasporto solido può inoltre avere influenza anche nella determinazione degli interventi di sistemazione: opere in grado di migliorare idraulicamente le caratteristiche locali del deflusso, possono addirittura rivelarsi dannose se vengono tenuti in conto gli effetti del trasporto solido. Un intervento di allargamento di sezione localizzato, ad esempio, produce in caso di corrente lenta una diminuzione della profondità, ma anche un rallentamento della corrente stessa che, non essendo più in grado di trasportare la stessa quantità di sedimenti, provoca la formazione di un deposito che può risultare di entità tale da produrre addirittura livelli idrici più elevati rispetto alla situazione precedente. In questi casi è evidente che il corretto intervento sistematorio dovrebbe consistere quindi in una regolarizzazione della larghezza, piuttosto che in un allargamento localizzato.

La realizzazione di briglie o l'analisi dell'effetto di briglie già esistenti sul corso d'acqua è un altro esempio in cui può essere determinante la considerazione dei fenomeni di trasporto solido, al fine di

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

valutare la possibile evoluzione del fondo e la portata solida che può essere trasportata alla foce e, in particolare, sulle spiagge.

La valutazione del trasporto solido, infine, assume importanza in tutti quei casi in cui la stabilità di opere in alveo possa essere alterata da fenomeni di scalzamento; si pensi ad esempio ai problemi di scalzamento delle pile di ponti o del piede di opere di arginatura provocato dalla capacità erosiva della corrente o anche di stabilità di versanti che, sottoposti al piede all'azione erosiva delle acque, possono causare smottamenti localizzati.

Il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. A questo proposito, è utile sottolineare la sostanziale generale mancanza di dati di campagna sul trasporto solido; la necessità di una sua quantificazione fa emergere pertanto l'opportunità di realizzare stazioni di monitoraggio su alcuni bacini considerati maggiormente significativi per il territorio ligure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.

La modellazione idraulica a fondo mobile è attualmente ancora piuttosto onerosa, soprattutto riguardo alla schematizzazione matematico-numerica, e non facilmente applicabile a casi generali, soprattutto nell'ambito della pianificazione di bacino. La modellazione richiede, in particolare, rilievi topografici e sedimentologici lungo il corso d'acqua che consentano di simulare con sufficiente accuratezza la dinamica dei sedimenti. Informazioni sull'evoluzione storica del profilo longitudinale del fondo del corso d'acqua risultano inoltre di grande utilità sia per la comprensione della tendenza evolutiva dell'alveo sia per la verifica dei modelli matematici di trasporto.

Considerata la rilevanza dell'effetto indotto da interventi in alveo sul trasporto solido (quali gli allargamenti localizzati, restringimenti determinati dalle pile di un ponte, scavo in curva, ecc) che non vengono normalmente tenuti in conto nella usuale modellazione idraulica, la progettazione di opere idrauliche dovrà prevedere consoni franchi.

## 4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

### 4.1 Premessa

Il concetto di rischio inteso come rischio totale è basato sulla combinazione di più fattori di natura tecnica (nel caso specifico idraulica e idrogeologica), ma anche socio-economica, tramite la nota espressione formale del rischio:

$$R = P \times E \times V,$$

dove:

- P: pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso;
- E: valore degli elementi a rischio, intesi come persone e beni;
- V: vulnerabilità, intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all'evento in considerazione.

L'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico, che porta alla redazione della carta del rischio idrogeologico, è una elaborazione prevista nella pianificazione di bacino stralcio dell'Autorità di bacino regionale già in atto, ma anche esplicitamente richiesta dall'*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98*", pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

La carta del rischio idrogeologico fa quindi parte degli elaborati necessari dei piani stralcio per il rischio idrogeologico e prevede la definizione di alcune classi di rischio attraverso l'incrocio delle classi di pericolosità (in questo caso rappresentate, come già visto, dalle carte delle fasce di inondabilità e suscettività al dissesto di versante) con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.

Lo scopo è essenzialmente quello di individuare aree più a rischio di altre, anche a parità di pericolosità, in dipendenza degli elementi che vi si trovano. Tramite la gradazione del rischio R si individuano infatti le zone in cui ad elevate criticità idrogeologiche è associata una maggiore presenza umana e, di conseguenza, si determinano le zone da difendere prioritariamente.

La carta del rischio idrogeologico, quindi, fornisce un quadro della situazione attuale del rischio nel bacino, utile in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta inoltre un importante strumento, anche se non il solo, per determinare con un criterio oggettivo le misure più urgenti di prevenzione e la priorità degli interventi di mitigazione (strutturali ma anche non strutturali).

Nella fase della pianificazione degli interventi si dovranno comunque valutare anche considerazioni di carattere più ampio della sola sovrapposizione delle carte di pericolosità con la carta degli elementi a rischio. Benché infatti la carta del rischio individui le aree con un maggiore carico insediativo o valore economico che ricadono in classi di alta pericolosità, non è detto che le criticità del bacino si limitino a quelle a più alto rischio evidenziate nella carta, né che la soluzione dello specifico problema debba vedersi esclusivamente come un intervento localizzato.

Nei termini più ampi di gestione integrata del territorio si devono prevedere interventi che, oltre ad essere finalizzati alla mitigazione del rischio esistente, mirino comunque al riequilibrio del bacino nella sua unitarietà, così come previsto nelle dichiarazioni fondative della L. 183/89.

Si noti, infine, che la carta del rischio non sostituisce le mappature del rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli elementi a rischio. Ai piani di protezione civile a livello comunale spetta naturalmente il compito di individuare e dettagliare i singoli elementi presenti in relazione alle loro funzioni, alla loro destinazione d'uso e alla loro specifica vulnerabilità, e soprattutto di individuare le opportune misure (non strutturali) di prevenzione e mitigazione del rischio per le diverse aree. A titolo di esempio, nel caso in esame, lungo l'asta principale si trovano varie abitazioni e viabilità prospicienti l'alveo (come già segnalato anche nel capitolo relativo alle criticità del bacino): i piani di protezione civile dovranno stabilire nel dettaglio e mettere in atto tutti gli accorgimenti (informazione, sistemi di allerta, piani di evacuazione, ecc.) per la salvaguardia dei residenti.

#### **4.2 Determinazione del rischio idrogeologico**

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

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

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

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

$E_0$ : aree disabitate o improduttive

$E_1$ : edifici isolati, zone agricole

$E_2$ : nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori

$E_3$ : centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi

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

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

$R_1$ : rischio moderato

$R_2$ : rischio medio

$R_3$ : rischio elevato

$R_4$ : rischio molto elevato

Si è inoltre ritenuto di introdurre 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. Tale classe è, in pratica, qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

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

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

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

- Elementi a rischio

La carta degli elementi a rischio è stata redatta sulla base della carta dell'uso del suolo attraverso la seguente classificazione:

Classe Elementi a rischio	Sigle uso del suolo	Specifiche
E0	2.3 - 2.5 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.4.1 - 3.4.2 - 3.4.3	Prati e pascoli - Ex coltivi - Zone boscate - Zone caratterizzate da vegetazione arbustive - Rocce nude - Aree con vegetazione rada o assente
E1	1.3.1 - 1.4.1 - 1.4.2 - 2.1.2 - 2.2.3 - 3.4.1	Aree estrattive (dismesse) - Aree verdi urbane - Aree sportive - Seminativi in aree irrigue - Colture permanenti arboree - Oliveti - Spiagge
E2	1.1.2	Tessuto urbano discontinuo - Infrastrutture viarie principali (al di fuori del tessuto urbano continuo)
E3	1.1.1 - 1.2.1 - 1.2.2 - 1.2.2	Tessuto urbano continuo - Aree industriali e commerciali - Reti autostradali

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

- il bacino del T. Merula presenta una significativa porzione ricadente nelle classi E0 - E1 - E2 distribuite su tutto il territorio;
- la classe E3 racchiude prevalentemente il tessuto urbano compatto di fondovalle.

- Rischio geomorfologico

Come già evidenziato l'analisi del rischio geomorfologico viene affrontata, con un certo grado di approssimazione, ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una suscettività al dissesto di versante.

La matrice di intersezione utilizzata può essere così schematizzata:

ELEMENTI A RISCHIO	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività alta	Aree in frana attiva
<b>E0</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>
<b>E1</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>
<b>E2</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>E3</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>

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

Per quanto riguarda gli ambiti territoriali interessati da cave attive e discariche in esercizio, ove vige una specifica normativa di settore, si è ritenuto di attribuire a dette aree di rischio “R3 elevata”, in considerazione sia dell'intrinseco grado di pericolosità geomorfologica che le caratterizza sia in relazione alla classe di “elemento a rischio” a cui appartengono (Classe E3).

**- Rischio idraulico**

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

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

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

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R<sub>3</sub> ed R<sub>4</sub>) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

**4.3 Carta del rischio idraulico**

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

Le situazioni di maggior rischio idraulico (R<sub>4</sub>) sono concentrate nella parte cittadina, specialmente sul centro urbano localizzato in sponda sinistra, a valle di Ponte Italia 61. Le altre zone individuate come classi R<sub>4</sub> corrispondono alle zone comprese tra Via Cavour e l'argine destro e nella zona del “Parco delle Farfalle”. Si segnala inoltre a rischio elevato la zona a valle dell'Aurelia in sponda sinistra.

Emerge inoltre un'elevata criticità idraulica lungo il tratto indagato del Rio S. Giovanni in prossimità e nelle aree contigue all'attraversamento della strada provinciale.

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

In conclusione, dall'analisi della carta del rischio idraulico emerge un'evidente situazione di rischio generalizzato nella parte terminale del torrente Merula.

#### **4.4 Carta del rischio geomorfologico**

La Carta del rischio geomorfologico relativa al bacino Merula evidenzia come sul territorio in esame siano nettamente prevalenti le condizioni di rischio lieve (R0) o moderato (R1) per un'estensione areale pari almeno al 90%.

In effetti tali categorie di rischio risultano estese a partire dalla piana costiera e di fondovalle, ai circostanti versanti e fino alle zone di crinale e caratterizzano le zone a suscettività al dissesto bassa o molto bassa ma anche zone a maggiore suscettività tuttavia prive di elementi a rischio significativi.

Le aree a rischio medio (R2) hanno in genere estensione molto ridotta e riguardano le principali frazioni dei Comuni di Andora, Stellanello e Testico e la viabilità Provinciale S.P. n. 13 tra Stellanello e Testico.

Le situazioni di rischio elevato (R3) ricadono in corrispondenza delle aree in frana attiva e lungo la viabilità principale e specificatamente nel tratto della S.P. n. 13 tra Stellanello e Testico.

Le situazioni di rischio molto elevato (R4) sono individuate lungo la S.P. n.13 tra Stellanello e Testico ed in corrispondenza del nucleo abitato di Poggio (Testico).