



AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE

AMBITO 14 Torrente Sturla



PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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



RELAZIONE GENERALE

PRIMA APPROVAZIONE DEL PIANO	Delibera del Consiglio Provinciale di Genova n. 66 del 12/12/2002
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Delibera della Giunta Regionale n. 998 del 28/10/2016
ENTRATA IN VIGORE	BURL n. 47 del 23/11/2016

INDICE

PREMESSA	1
1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO.....	2
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO	2
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI.....	4
1.2.1 Sintesi della previsione urbanistica a scala di PRG.....	4
1.2.2 Piano territoriale di coordinamento paesistico.....	9
1.2.3 Piano regionale di risanamento delle acque.....	10
1.2.4 Piano regionale di organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti.....	10
1.2.5 Piano della Costa.....	10
1.2.6 Piano Cave.....	10
1.2.7 Altri strumenti di pianificazione.....	11
1.2.8 Vincoli ambientali.....	11
1.3 DATI UTILIZZATI.....	11
2 CARATTERISTICHE DEL BACINO.....	13
2.1 GEOGRAFIA.....	13
2.2 GEOLOGIA.....	15
2.2.1 Metodologia di studio.....	16
2.2.2 Litostratigrafia e tettonica.....	19
2.2.3 Tettonica e assetto strutturale.....	23
2.2.4 Considerazioni relative allo stato della roccia.....	24
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	27
2.3.1 Geomorfologia quantitativa.....	29
2.3.2 Reticolo idrografico.....	31
2.3.3 Caratterizzazione delle coperture.....	35
2.3.4 Frane attive.....	38
2.3.5 Franosità diffusa ed erosione superficiale.....	40
2.3.6 Altri fenomeni gravitativi.....	41
2.3.7 Riporti artificiali.....	41
2.3.8 Cave.....	42
2.3.9 Terrazzi fluviali.....	43
2.3.10 Acclività.....	44
2.4 IDROGEOLOGIA.....	45
2.5 USO DEL SUOLO.....	47
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA.....	50
2.6.1 Asta principale.....	50
2.6.1.1 Tratto III.....	50
2.6.1.2 Tratto II.....	52
2.6.1.3 Tratto I.....	54
2.6.2 Affluenti principali.....	77
2.6.2.1 Rio Pomà.....	77
2.6.3 Affluenti secondari.....	82
2.6.3.1 Rio Penego.....	82
2.6.3.2 Rio Beatella.....	82
2.7 IDROLOGIA DI PIENA.....	82
2.7.1 Premessa.....	82
2.7.2 Analisi idrologica.....	83
2.7.3 Dati pluviometrici.....	83
2.7.4 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.....	86
2.7.5 Portate di piena.....	91
2.7.6 Schema riassuntivo portate di piena di progetto per il bacino.....	100

2.7.6.1	Determinazione delle portate al colmo di piena in sezioni non considerate	101
3	PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO.....	102
3.1	PREMESSA	102
3.2	PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO	104
3.2.1	<i>Suscettività al dissesto dei versanti</i>	<i>104</i>
3.2.2	<i>Commento alla carta della suscettività al dissesto dei versanti</i>	<i>109</i>
3.3	PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO.....	110
3.3.1	<i>Aree storicamente inondate</i>	<i>110</i>
3.3.2	<i>Verifiche idrauliche.....</i>	<i>112</i>
3.3.2.1	<i>Premessa</i>	<i>113</i>
3.3.2.2	<i>Metodologia di calcolo</i>	<i>113</i>
3.3.2.3	<i>Schematizzazione di calcolo.....</i>	<i>115</i>
3.3.2.4	<i>Profili di moto permanente</i>	<i>117</i>
3.3.2.5	<i>Analisi della capacità di smaltimento delle opere in alveo</i>	<i>122</i>
3.3.2.6	<i>Allegati idraulici</i>	<i>123</i>
3.3.3	<i>Fasce di inondabilità.....</i>	<i>124</i>
3.4	PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO.....	126
3.4.1	<i>Raffronto di massima con le principali previsioni del PRG</i>	<i>132</i>
3.5	CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO	133
3.5.1	<i>Premessa</i>	<i>133</i>
3.5.2	<i>Problematiche osservate sul torrente Sturla</i>	<i>134</i>
3.5.3	<i>La tendenza evolutiva del fondo</i>	<i>135</i>
4	RISCHIO IDROGEOLOGICO	138
4.1	PREMESSA	138
4.2	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	139
4.3	CARTE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	141
5	AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	143

PREMESSA

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 dalla Provincia di Genova ad un gruppo interdisciplinare di professionisti.

Il Settore Assetto del Territorio e Controllo tecnico della Regione Liguria ha provveduto a un'opera di sistematizzazione e di integrazione dei dati e delle analisi contenute nei suddetti studi propedeutici, rielaborando le cartografie di base e realizzando le carte derivate. In particolare, tale attività è stata effettuata, con il coordinamento dei funzionari del Settore, dal personale assunto presso la Regione ai sensi del D.L. 180/98, costituito dalle seguenti professionalità: Dott. Geol. Daniele Bottero, Dott. Geol. Carlo Cavallo, Dott. Geol. Edoardo De Stefanis, Ing. Eliana Gerini, Ing. Irene Liconte, Ing. Marina Ozzano, Dott. Geol. Flavio Poggi. Alla redazione della carta dell'uso del suolo ha collaborato A. Topazio.

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, nell' "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2", pubblicato sulla G.U. del 5.1.99. 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 misure di salvaguardia; 3) programmazione della mitigazione del rischio.

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

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 della Liguria a seguito della L.R. 9/93 e precedentemente al D.L. 180/98. Questo tipo di piano, che viene elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del piano stralcio per la difesa idrogeologica del quale risulterà quindi parte integrante, così come del piano di bacino completo.

Esso viene 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 note tecniche:

- 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 “*Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate*”
- raccomandazione “*Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale*”
- nota CTR “*Rischio idraulico residuale nell’ambito della pianificazione di bacino regionale*”
- raccomandazione “*Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino*”
- linea guida “*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*” (attualmente in fase di pubblica inchiesta)

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, essendo disponibili i dati, viene riportata una sintetica descrizione di quanto previsto dai vari strumenti di pianificazione di rilievo sul bacino idrografico.

1.2.1 Sintesi della previsione urbanistica a scala di PRG

Poiché il bacino del torrente Sturla ricade interamente in Comune di Genova l'analisi degli strumenti urbanistici risulta relativamente semplificata; nel seguito si richiamano i concetti ed i contenuti della "Relazione Illustrativa" a corredo del Piano Regolatore Generale, adottato con D.C.C. n° 74 del 16/07/1997.

A livello di analisi urbanistica viene evidenziata un'evidente insufficienza viaria "...che ha il suo elemento più critico nel collegamento principale con l'esterno, al momento rappresentato dalla sola via Posalunga, ove convergono le direttrici per Apparizione, S. Desiderio e Bavari. Soltanto Bavari può fruire di collegamenti alternativi con l'esterno, in direzione della val Bisagno.

Il P.R.G. propone quindi la realizzazione della nuova viabilità della Valle Sturla, adeguamento infrastrutturale connesso con la regimentazione del corso d'acqua e con l'organica sistemazione delle aree circostanti, delle quali è previsto l'utilizzo a spazi pubblici, o dove viene consentita l'eventuale ricostruzione di immobili sostitutivi di quelli eventualmente da demolire per realizzare le viabilità.

Da tali interventi potrà trarre beneficio anche il nucleo di Borgoratti, localizzato lungo i due versanti della parte bassa della valle e caratterizzato, in generale, da un edificato notevolmente disordinato e ad elevatissima densità. Si tratta prevalentemente di insediamenti di epoca post-bellica, con carenze infrastrutturali molto accentuate e difficilmente migliorabili. Nelle zone collinari più acclivi è particolarmente evidente la mancanza di spazi per servizi e parcheggi che risultano limitatissimi o, frequentemente nulli. A tale fine l'edificato in sponda destra, a monte di via Posalunga, è stato indicato come zona di recupero, ritenendo necessari interventi di migioria anche radicali.

Il problema della insufficienza della viabilità è evidente, sia nell'ambito del borgo, che immediatamente all'esterno, soprattutto in corrispondenza della strettoia di via Cadighiara, a ridosso di Borgoratti che il P.R.G. prevede di risolvere con contenute demolizioni ed eventuali ricostruzioni.

L'abitato di Apparizione, costituito da insediamenti posti lungo la strada di impianto o lungo percorrenze laterali, di carattere rurale, cambia connotazione progressivamente, dalla parte bassa a quella alta di via Tanini, con un graduale calo di densità; la parte bassa, prevalentemente di epoca post-bellica, è notevolmente congestionata con conseguenti carenze di spazi per servizi e parcheggi che mettono in evidenza la cronica insufficienza di via Tanini. La parte alta, costituita invece da un insediamento storico, di carattere semirurale e di alta qualità ambientale e paesistica, ancorché in parte compromesso, è connotata da rapporti spaziali assai più equilibrati, ancorché si registri una evidente insufficienza della viabilità secondaria e degli spazi per la sosta.

Al fine di ovviare alla grave situazione viaria il P.R.G. introduce due differenti previsioni: il collegamento con corso Europa nella valle del rio Penego, funzionale ad

alleggerire il volume di traffico, e l'eliminazione della strettoia più critica, da inserire in un progetto di razionalizzazione del primo tratto.

Nell'abitato di S. Desiderio sopravvive una parte del borgo storico, localizzato nel fondovalle, fagocitata e compromessa da un'urbanizzazione realizzata nel dopoguerra, estremamente disordinata. Si registrano criticità sia in termini di insufficienza di spazi, sia per la presenza di situazioni di commistione fra residenza ed attività produttive, talvolta stridenti, come nel caso della civica depositaria che occupa l'area più pregiata e baricentrica della circoscrizione, ottimale per un riuso per servizi di quartiere. In questo caso il P.R.G. prospetta una localizzazione alternativa, in prossimità, per favorire un agevole trasferimento.

L'insediamento di Bavari, suddivisibile nei nuclei di Bavari e della Sella, conserva alcuni caratteri ambientali significativi, in parte compromessi dalla realizzazione di edifici post-bellici che hanno modificato in maniera impropria i tratti salienti dell'insediamento rurale preesistente.

La viabilità principale esistente presenta alcune strettoie, risolvibili con interventi localizzati, mentre la situazione degli spazi liberi e dei servizi è relativamente equilibrata, con limitata carenza nella dotazione di parcheggi.

Sia per Bavari che per S. Desiderio il P.R.G. prevede la possibilità di contenute integrazioni, consone ai caratteri della zona.

Esistono infine alcuni nuclei minori (Nasche, Premanico) che non presentano problemi rilevanti sotto il profilo delle urbanizzazioni".

Sulla base di quanto sopra vengono così individuate, dal P.R.G., le seguenti aree di trasformazione (TR):

TR. n° 9/1

Area di fondovalle del torrente Sturla, densamente edificata in forma casuale, sita fra Borgoratti (piazza Rotonda) e le caserme di via Brigata Salerno. L'area è suddivisa in cinque settori, delimitati in ragione della differente destinazione funzionale (Fig. 1.2.1.1). Tra le iniziative in itinere si segnala il "Progetto per la realizzazione di un edificio residenziale per le forze armate" nell'ambito del settore n.4, connesso con la dismissione della caserma del Lagaccio ed il "Progetto per la realizzazione di un parcheggio privato interrato" nell'ambito del settore n.2.

Obiettivi della trasformazione

Realizzazione della nuova viabilità della valle Sturla connessa con la regimentazione, con sponde naturali, del torrente Sturla; realizzazione di interventi di completamento e di riordino nell'ambito delle aree laterali.

Prestazioni e parametri urbanistici ed edilizi

- Settore n.1: realizzazione della nuova viabilità, a carreggiate sdoppiate sulle sponde opposte, e realizzazione della contestuale regimentazione idraulica del torrente Sturla; il progetto viario deve comprendere i collegamenti con Borgoratti, Apparizione, corso Europa, via Bainsizza, viale Cembrano e via Antica Romana.
- Settore n.2: realizzazione di parcheggi privati interrati, con soprastante sistemazione a impianti sportivi e verde pubblico.
- Settore n.3: eventuale realizzazione, a parità di S.A., di edifici residenziali sostitutivi di quelli esistenti e di quelli da demolire per la realizzazione della viabilità integrati con spazi per verde e parcheggi pubblici; in subordine, le aree possono essere

destinate alla realizzazione di edifici ed impianti per l'assistenza alla mobilità veicolare, con I.U.I., massimo pari a 1,00 mq/mq.

- Settore n.4: realizzazione di un edificio residenziale per le forze armate.
- Settore n.5: razionalizzazione dell'insediamento esistente mediante interventi di demolizione e ricostruzione a parità di S.A. o di nuova costruzione, con I.U.I. massimo pari a 1,00 mq/mq.

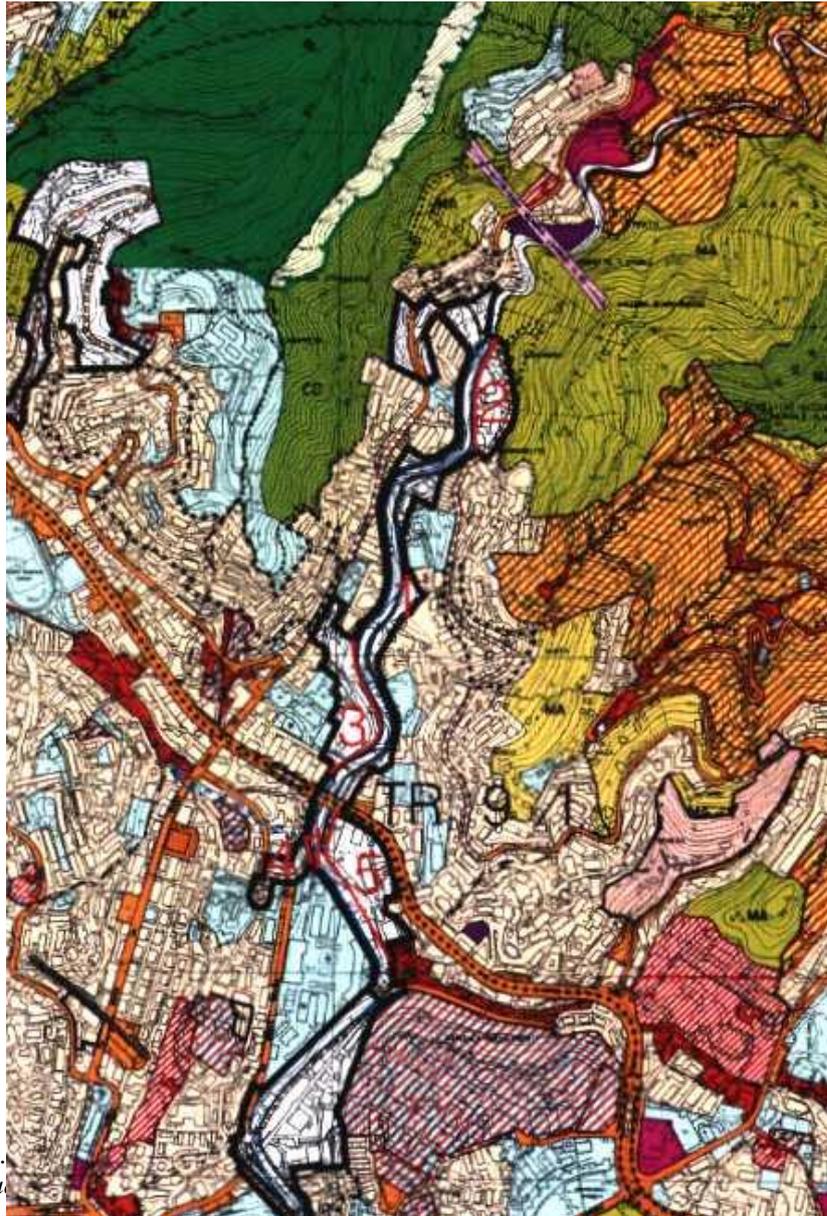


Fig. 1.2.1. (Valle Sturla-Quadrato) : IX levante

TR. n° 9/2

Si compone di tre settori: il primo situato nel fondo valle del torrente Nasche, presso un'area di cava abbandonata, il secondo e terzo, in corrispondenza dell'abitato di San Desiderio, presso Loc. Terre Rosse (Fig. 1.2.1.2).

Obiettivi della trasformazione

Riqualificazione dell'area centrale dell'abitato di San Desiderio, con realizzazione di spazi per parcheggi e servizi previa realizzazione della nuova depositaria in una zona defilata rispetto all'abitato.

Prestazioni e parametri urbanistici ed edilizi

- Settore n. 1: servizi speciali, limitatamente alla realizzazione della nuova depositaria delle auto rimosse
- Settore n. 2: servizi pubblici di quartiere (giardini pubblici, parcheggi).
- Settore n. 3: realizzazione di un fabbricato di carattere produttivo destinato alla localizzazione di piccole attività presenti nella zona o alla localizzazione di nuove iniziative analoghe, con I.U.I. massimo pari a 0,75 mq/mq.

Previsioni infrastrutturali e connessioni con l'intorno:

Realizzazione di un collegamento viario con la valle del rio Pomà, con ramo diretto verso la chiesa di San Desiderio; ripristino viabilità pedonale tra via Canneto di San Desiderio e San Terenziano.

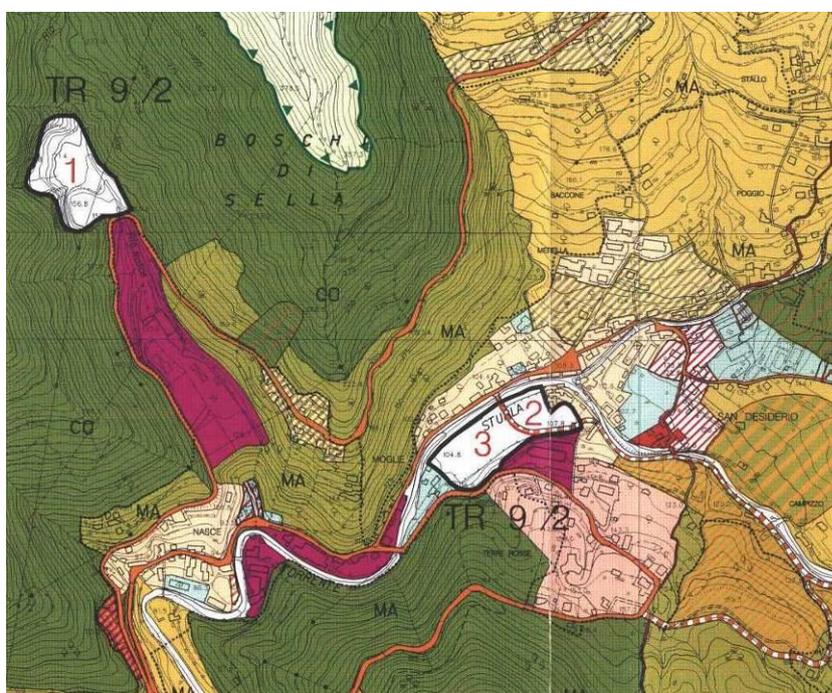


Fig. 1.2.1.2: TR. n 9/2 – Denominazione: area centrale S. Desiderio – Circoscrizione: IX Levante (Valle Sturla)

TR n° 9/3

Area prevalentemente pianeggiante, edificata in maniera casuale, sita lungo il basso corso del T. Sturla tra la foce e il ponte della strada romana; é suddivisa in due settori, posti rispettivamente monte e a valle del ponte ferroviario (Fig. 1.2.1.3).

Obiettivi della trasformazione:

Riordino complessivo della zona, sotto il profilo idraulico, infrastrutturale ed insediativo, con inserimento di funzioni di rilevanza urbana e recupero di aree per parcheggi pubblici.

Prestazioni e parametri urbanistici ed edilizi

- Settore 1: insediamento di un centro commerciale di tipo C, con Superficie Netta di Vendita non superiore a 3.000 mq, integrato con attività di servizio e con attività produttive compatibili, con Indice di Utilizzazione Insediativa (I.U.I.) massimo complessivo pari a 0,5 mq./mq. Transitoriamente é consentito il consolidamento delle facoltà di Farmacia, anche mediante l'acquisizione di nuovi immobili ma subordinatamente all'eliminazione degli ostacoli di carattere idraulico connessi.
- Settore 2 realizzazione di parcheggi pubblici e servizi pubblici, eventualmente integrabili con parcheggi privati interrati ed attività di assistenza alla mobilità veicolare.

Previsioni infrastrutturali e connessioni con l'intorno:

Riordino e adeguamento della viabilità di fondovalle, in relazione agli interventi di adeguamento dell'alveo e alle previsioni di sviluppo dei nuovi collegamenti viari, con la valle Sturla e in direzione levante-ponente.

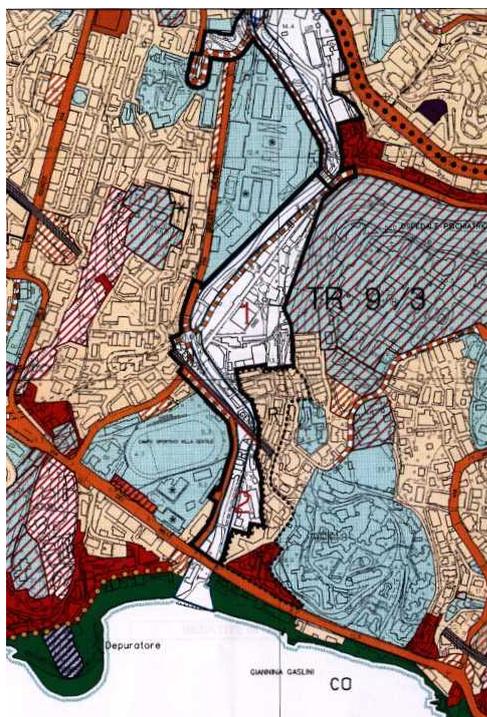


Fig. 1.2.1.3: TR. n 9/3 – fondovalle del T. Sturla . Circostrizione : IX Levante (Valle Sturla)

Analisi delle previsioni in relazione ai contenuti del presente Piano

In linea generale si osserva che il nuovo PRG, prendendo atto della flessione demografica registrata nell'ultimo decennio, prevede una riqualificazione complessiva della città da attuarsi mediante piani di recupero senza significativi incrementi volumetrici e individua un numero relativamente limitato di zone di trasformazione.

In particolare gli interventi connessi alle zone TR 9/1 e 9/3 risultano inseriti in zone inondabili per i quali lo stesso strumento urbanistico prevede una ricollocazione di manufatti che determinano criticità idrauliche ed una preventiva sistemazione idraulica e adeguamento dell'alveo del T. Sturla, per la quale è in fase di realizzazione un progetto a cura del Prof. Marchi.

Relativamente al settore 1 della TR 9/2 viene segnalata la necessità di una bonifica preventiva del fronte di cava: inoltre i settori 2 e 3 risultano ricadere in fascia inondabile ai fini del presente studio.

Con riferimento ai nuclei di Bavari e S. Desiderio dove il P.R.G. ammette la possibilità di contenute integrazioni occorre sottolineare la criticità dell'areale nei confronti della suscettività al dissesto dei versanti.

1.2.2 Piano territoriale di coordinamento paesistico

La valle del torrente Sturla ricade nell'ambito territoriale 53, area di riferimento 53.g Levante.

Gli indirizzi per la pianificazione per l'area n. 53.g prevedono riguardo l'assetto insediativo il regime normativo di Mantenimento. Tale regime normativo "...è volto a tutelare le situazioni di particolare pregio paesistico presenti nella zona, rappresentate per quanto riguarda l'insediamento dalla permanenza di numerosi episodi o brani di tessuto insediativo qualificati, caratterizzati anche dalla presenza di ville suburbane nei terrazzi costieri, nonché di edilizia spontanea a carattere rurale, - prevalentemente lungo le pendici dei versanti. L'obiettivo consiste nell'evitare ulteriori compromissioni della configurazione paesistica attuale soprattutto lungo le dorsali ed i versanti costieri che racchiudono a monte l'ambito stesso. La pianificazione dovrà pertanto seguire la sostanziale conferma dell'assetto territoriale, anche mediante la previsione di selezionati interventi di riqualificazione delle attuali strutture insediative e di valorizzazione delle risorse paesistiche ed ambientali stesse".

Per quanto riguarda l'assetto geomorfologico l'indirizzo per la pianificazione è di consolidamento e "...riguarda tutti gli aspetti e le componenti e va intesa sia come controllo dei rischi e, compromissioni, sia come riqualificazione ambientale dei residui dei valori morfologici ancora" presenti sul litorale (...), sui versanti affacciati a mare (...) e in parte dei bacini interni (...).

Per quanto riguarda l'assetto vegetazionale l'indirizzo è modificabilità: "...l'acclività dei versanti e la densità del tessuto urbano sulle pendici dei rilievi impongono una decisa espansione dei boschi, anche nell'ottica di garantire migliori possibilità ecologico-ricreative ad un gran numero di potenziali fruitori. Sono necessari interventi innovativi sulla composizione delle essenze alcune delle quali fortemente combustibili. Le praterie, di estensione cospicua rispetto alla reale vocazione dei luoghi (idonei allo sviluppo del bosco di latifoglie) sono assai povere di specie buone foraggiere, e mantenute solo grazie al periodico passaggio del fuoco."

1.2.3 Piano regionale di risanamento delle acque

Dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque (DGR n. 53 del 03.07.1991) si ricava che la valle Sturla è servita, per quanto concerne l'approvvigionamento idrico, dall'acquedotto del Brugneto del sistema AMGA, che ricava l'acqua, per le circoscrizioni del levante, dai cinque pozzi nel sub alveo del torrente Bisagno.

Per quanto concerne la rete fognaria e gli impianti di depurazione la valle Sturla (i dati sono relativi al 1993 ndr.) è servita da un impianto di trattamento delle acque nere situato in prossimità della foce del torrente e che scarica in mare mediante condotte sottomarine.

Tale impianto serve circa 58.000 abitanti, praticamente solo civili, con grossi problemi di manutenzione e precario rendimento depurativo, (sulla base di quanto indicato del suddetto Piano). È prevista a Premanico la realizzazione di un piccolo impianto di depurazione di classe 7 (con utenza sino a 500 abitanti complessivi e scarico in acque superficiali).

1.2.4 Piano regionale di organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti

Il bacino dello Sturla è compreso nell'aggregazione A1 (Comuni costieri da Cogoleto a Genova e da Genova a Camogli) dell'Ambito A - Area Metropolitana Genovese. Il Piano in oggetto (DGR n. 145 del 29.12.1992, in Suppl. Straord. al n 25 BUR 23.06.1993), così come poi modificato dalla L.R. 23.08.1993, n. 40 (BUR 19/15.09.1993), non riporta impianti esistenti né formula previsioni di nuove installazioni relativamente all'area del bacino dello Sturla.

1.2.5 Piano della Costa

La zona costiera afferente il bacino del torrente Sturla appartiene all'Ambito di Tutela Attiva n. 11 (Levante Genovese) in cui è prevista la riqualificazione tramite interventi di miglioramento della fruibilità dei siti.

La spiaggia di Sturla (S53) viene considerata quasi priva di alimentazione da parte del torrente a causa del suo scarso trasporto solido; le previsioni di intervento si limitano ad un'indicazione di alimentazione artificiale periodica per evitarne l'erosione.

1.2.6 Piano Cave

Il Piano delle Cave della Regione Liguria classifica l'area estrattiva di Forte Ratti come cava di tipo C, in cui le modalità, le forme di coltivazione e la configurazione del sito presentano condizioni di assetto negativo sia sotto il profilo funzionale che paesistico-ambientale.

Per queste aree si prevede, sulla base di un nuovo progetto di coltivazione, di assicurare lo sviluppo della cava verso un assetto maggiormente equilibrato, senza peraltro prevedere un ulteriore sviluppo in termini quantitativi.

1.2.7 Altri strumenti di pianificazione

Il territorio della valle Sturla non ricade in alcuna delle aree protette regionali. Il Comune di Genova ha individuato invece lungo il crinale tra la Valle Sturla e la Val Bisagno, il Parco dei Forti di Genova.

Relativamente alla Direttiva 92/43/CEE istitutiva dei siti “bioitaly” si osserva come l’areale del Monte Fasce è stato individuato come sito “SIC” (sito di importanza comunitaria).

Torrente Sturla è individuato nella Carta ittica della provincia di Genova ed è considerato di categoria B. Da notare che dalla carta ittica provengono alcune indicazioni generali di comportamento in materia di prelievi idrici.

Il piano Faunistico-Venatorio della Provincia di Genova inserisce il territorio della Valle Sturla nel comprensorio faunistico costiero n° 1 che rappresenta l’ambito territoriale di caccia di Genova, Cogoleto, Arenzano e Mele.

1.2.8 Vincoli ambientali

Il vincolo idrogeologico, secondo il r.d.l. 30 dicembre 1923 n. 3267, assoggetta l’intero territorio collinare della valle Sturla a monte di Via Borgoratti. È inoltre escluso dal vincolo un breve tratto fluviale tra C.so Europa e Borgoratti.

La legge 1497/39 sulla protezione delle bellezze naturali vincola gran parte del territorio della valle. In particolare viene assoggettato a vincolo il versante sinistro dalla foce sino alla località Peietti; quindi il limite si sposta verso il crinale restando 50 ÷ 100 m a valle della Strada Provinciale di Apparizione, sino al monte Bastia dove il limite svalica ed abbandona la valle.

Sono altresì vincolati porzioni del versante destro del Rio Canè, e del Torrente Sturla dalla sorgente a San Desiderio (località Poggio lungo), il Rio senza nome che scende dal monte Castellaro. Infine la L.1497/39 vincola una piccola area alla foce dello Sturla sponda destra tra Vernazzola e il campo sportivo di Villa Gentile.

1.3 Dati utilizzati

Il presente piano si basa sugli studi propedeutici al Piano di Bacino del torrente Sturla redatti per conto della Provincia di Genova. Al fine della redazione del piano sul rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è resa comunque necessaria un’operazione di sistemazione e di integrazione dei dati e delle analisi contenuti nei suddetti studi propedeutici.

Il rilevamento geologico e geomorfologico, sviluppato sulla base dei dati forniti, è stato integrato con l’esame delle indagini geologiche per il Piano Regolatore Generale della città di Genova (cartografia geologica alla scala 1:5.000, aggiornata al 1996) e con la nuova carta geologica con elementi di geomorfologia della Regione Liguria a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Genova (carta di prossima stampa alla scala 1:25.000 con rilevamenti aggiornati al 1997).

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. Si precisa che le sezioni della zona di foce, utilizzate per la realizzazione delle verifiche idrauliche e della determinazione del successivo profilo del pelo libero in varie condizioni di piena, sono state tratte dagli elaborati costituenti il progetto di sistemazione del tratto terminale dell'asta del torrente Sturla elaborato su incarico del Comune di Genova da un gruppo di progettazione coordinato dal Prof. Ing. E. Marchi.

I dati, sia geologici che idraulici, sono stati inoltre integrati dal personale assunto ai sensi del D.L. 180/98 presso il Settore Assetto del Territorio e Controllo Tecnico della Regione Liguria, attraverso rilevamenti originali effettuati nel periodo febbraio – marzo 2000.

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° 213160, 214130, 230040 e 231010. Si sono inoltre visionate le carte dei diversi assetti del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico in scala 1:25.000. L'analisi è stata inoltre condotta con l'ausilio delle fotografie aeree scattate nel volo basso effettuato a seguito dell'alluvione del 1992 in scala 1:5.000, integrate dai voli del 1999 (1:13.000) e le ortofoto AIMA del 1997 (georeferenziate alla scala 1:10.000).

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

Il bacino idrografico del Torrente Sturla fa parte dell'ambito di bacino Regionale n. 14 (T. Bisagno) ed è situato interamente nel territorio amministrativo del Comune di Genova (circostrizione di Levante, N° IX).

La superficie del bacino è di poco inferiore ai 13 Km², mentre la lunghezza del corso d'acqua principale è circa 9 km. Si tratta perciò di un bacino di ridotte dimensioni, particolarmente acclive (classi di acclività prevalenti dal 35 al 75%), caratterizzato dalla forma 'a bandiera', con il tratto medio-terminale orientato circa N/S e la testata deviata in direzione E-W (v. Fig 2.1.1).

A Nord, lo spartiacque segue i crinali di Monte Forte Ratti (570 m), M. Poggiasco (561 m), M. Castellaro (457 m), M. Riega (711 m); ad Est, passa da M. Proi (833 m) e M. Bastia (846 m); a Sud passa da M. Fasce (832 m) e da M. Borriga (538 m).

Il bacino del T. Sturla confina con quello del T. Bisagno a Nord (Rio Fereggiano e T. Lentro), del Rio Chiappeto ad Ovest, e con i bacini dei Torrenti Priaruggia, Castagna, Bagnara San Pietro e Nervi a SE.

Esso nasce all'estremità nordorientale del bacino, dalla confluenza dei Rii Carpanea e Canè ad una quota di 185 m. Il suo corso si presenta regolare, con ampie anse, fino a S. Desiderio dove assume un andamento nettamente meandriforme che mantiene fino a Borgoratti. Da qui le anse ridiventano più ampie fino alla foce. A valle di S. Desiderio, dalla località Molino Maccagno, il Torrente cambia gradualmente direzione, dalla iniziale NE-SO a N-S. Il principale affluente è il Rio Pomà (di sinistra; lungo circa 3 km e con un bacino di circa 3,6 km²), che confluisce a S. Desiderio, dopo aver ricevuto, in sinistra, i Rii Mezzano e Ciapon.

Il clima è caratterizzato da una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale (ottobre con circa 180 mm) e secondario primaverile (marzo con 110 mm), e unimodale delle temperature che registrano il massimo in agosto (Tmax 27°C) ed il minimo in gennaio (Tmin 6°C).

Il 64% 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 più drammatici episodi alluvionali.

Nella valle ricadono paesaggi con caratteristiche notevolmente differenziate.

Il tratto tra la foce ed il viadotto autostradale è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo con presenza sporadica di aree

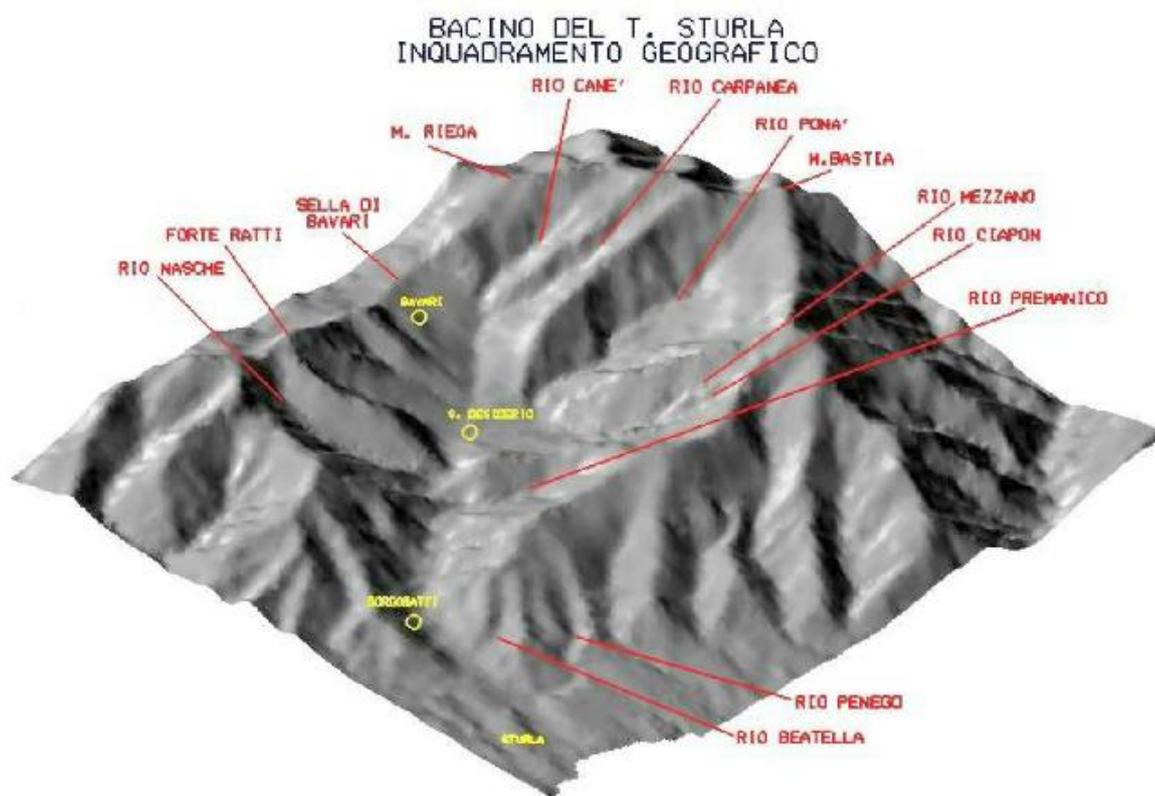


Fig.2.1.1: Modello tridimensionale del bacino del torrente Sturla.

dedicate a parco urbano e strutture sportive, aree con carattere di urbanizzazione discontinua per la presenza di edifici monumentali inseriti in un contesto di ampi spazi dedicati a parco e giardino, aree di edificazione recente sorte all'interno di bacini secondari quali il rio Penego, interposte, canalizzando l'alveo, tra residue coltivazioni olivicole e piccole aree boscate in abbandono; aree (Borgoratti, Apparizione) che mantengono l'impronta data dagli originari caratteri rurali legati allo sfruttamento dell'olivicultura (pratica parzialmente ancora sfruttata), con edifici di minori dimensioni concentrati sui crinali e lungo la strada per il Monte Fasce.

Nel tratto a monte, compreso tra il viadotto autostradale e l'abitato di San Desiderio, la valle si restringe progressivamente ed è caratterizzata da una serie di meandri incassati in roccia, spesso interessati da nuclei abitati insediati a pochi metri dall'alveo.

In corrispondenza delle prime case di San Desiderio, la valle ritorna ad allargarsi per l'affioramento del nucleo argilloscistoso di una grande piega antiforme. Anche in questo tratto l'uomo si è insediato in modo disordinato, con frammistione tra tessuto produttivo e residenziale invadendo aree di pertinenza fluviale con edifici e riporti. La presenza di numerosi fenomeni franosi, in parte attivi, le pessime caratteristiche delle coltri di copertura e del substrato, unitamente alla generalizzata incuria nella regimazione delle acque superficiali, rendono questo tratto estremamente critico dal punto di vista idraulico e geomorfologico.

Infine le valli secondarie alla testata del bacino sono caratterizzate dall'accentuata acclività dei versanti, da coperture ridotte spesso instabili e da interi comparti di versante collassati.

Si tratta di aree a bosco o con vegetazione rada o assente, allo stato abbandonate e spesso coinvolte in incendi.

2.2 Geologia

Il bacino è caratterizzato geologicamente da un'alta percentuale di affioramento, dall'ottima esposizione delle strutture plicative, soprattutto nel settore più settentrionale, e dalla presenza di un limitato numero di litologie.

La figura dominante è data dalla presenza di una mega-antiforme con nucleo argillitico e fianchi in flysch calcareo marnoso che attraversa in senso meridiano il bacino e che ha un marcato controllo sulle strutture geologiche e geomorfologiche di tutta l'area (Fig. 2.2.1).

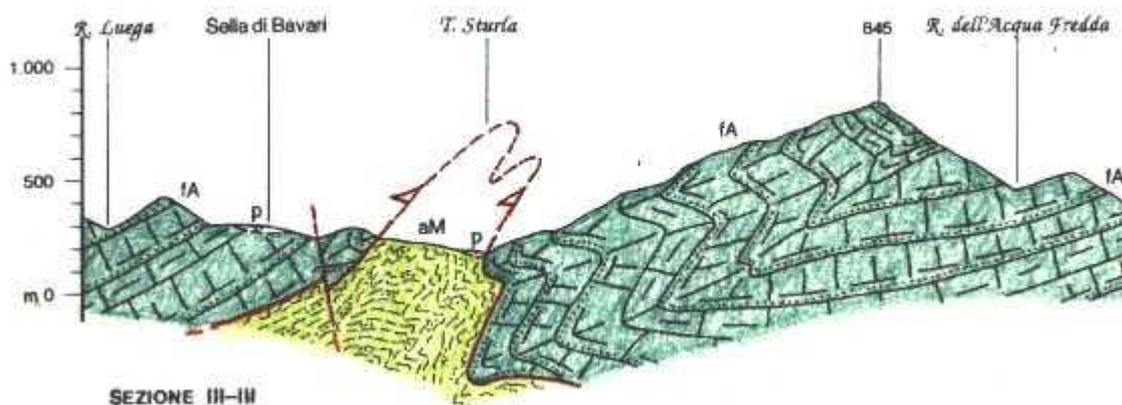


Fig. 2.2.1 - Sezione geologica (WNW-ESE) attraverso la testata del bacino (tratta dalla Carta Geologica Regionale - Marini 1997)

Le formazioni affioranti appartengono tettonicamente all'Unità del M. Antola comprendente le formazioni delle Argilliti di Montoggio e il Flysch di M. Antola.

Si tratta di depositi di corrente di torbida a composizione calcareo marnosa (Formazione del Flysch di M. Antola), sovrastanti un complesso di base prevalentemente emipelagitico (le Argilliti di Montoggio).

Quest'ultimo subaffiora lungo la già citata struttura antiforme nell'area di Bavari e San Desiderio e localmente in piccoli lembi nell'area a Sud dell'abitato di Roncagli.

Nella zona urbanizzata in versante idrografico destro, infine, è rappresentato un limitato affioramento di marne appartenenti alla formazione delle Argille di Ortovero.

2.2.1 Metodologia di studio

Il rilevamento geologico è stato realizzato a partire dai dati forniti dall'Area 06 della Provincia di Genova (Studi Propedeutici al Piano di Bacino), integrati dall'esame delle indagini geologiche per il Piano Regolatore Generale della città di Genova (cartografia geologica alla scala 1:5.000, aggiornata al 1996) e dalla nuova carta geologica con elementi di geomorfologia della Regione Liguria a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Genova (carta di prossima stampa alla scala 1:25.000 con rilevamenti aggiornati al 1997).

Tali dati, infine, sono stati integrati dai tecnici dell'Assetto del Territorio e Controllo Tecnico attraverso rilevamenti originali effettuati nel periodo febbraio – marzo 2000.

La fase di controllo ed integrazione del dato geologico e geologico strutturale è stata realizzata attraverso una metodologia originale che ha previsto un tipo di analisi a campione finalizzata all'articolazione della formazione del Flysch di M. Antola in base ad eventuali differenze a livello di litofacies, all'individuazione delle zone maggiormente fratturate e/o strutturate - già segnalate peraltro sia dal Piano Regolatore Generale del Comune di Genova sia dagli Studi propedeutici al Piano di bacino – ed alle condizioni giaciture medie del versante.

A tale scopo si è proceduto al rilevamento geologico attraverso la compilazione di n. 20 schede di affioramento caratterizzanti il substrato affiorante dal punto di vista litologico e geologico strutturale.

Si tratta di un modello di lavoro ancora in una fase sperimentale e propedeutico ad un approfondimento dei criteri e delle metodologie di rilevamento ed analisi per la determinazione dello stato della roccia, voce peraltro prevista anche dal D.L. 180 e specificata alla sezione geomorfologica delle raccomandazione n. 4 dell'Autorità di Bacino Regionale.

Una tale analisi è necessariamente per molti aspetti ancora non ben definita, eccessivamente dettagliata e fuori della portata di uno studio di bacino finalizzato al rischio, tuttavia rappresenta un primo passo significativo all'interno del processo di costante aggiornamento ed approfondimento richiesto dal Piano di bacino ai sensi della L. 183/89.

Per il momento si riporta semplicemente il modello di 'Scheda rilevamento delle caratteristiche del substrato' predisposto per lo studio delle formazioni di tipo flyscioide, ed utilizzato nell'ambito della fase di controllo degli Studi Propedeutici al Piano di bacino stralcio del T. Sturla (Fig. 2.2.1.1). Ciò al fine di fornire un esempio fra le molte possibili soluzioni metodologiche che potrebbero essere utilizzate nella valutazione delle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato.

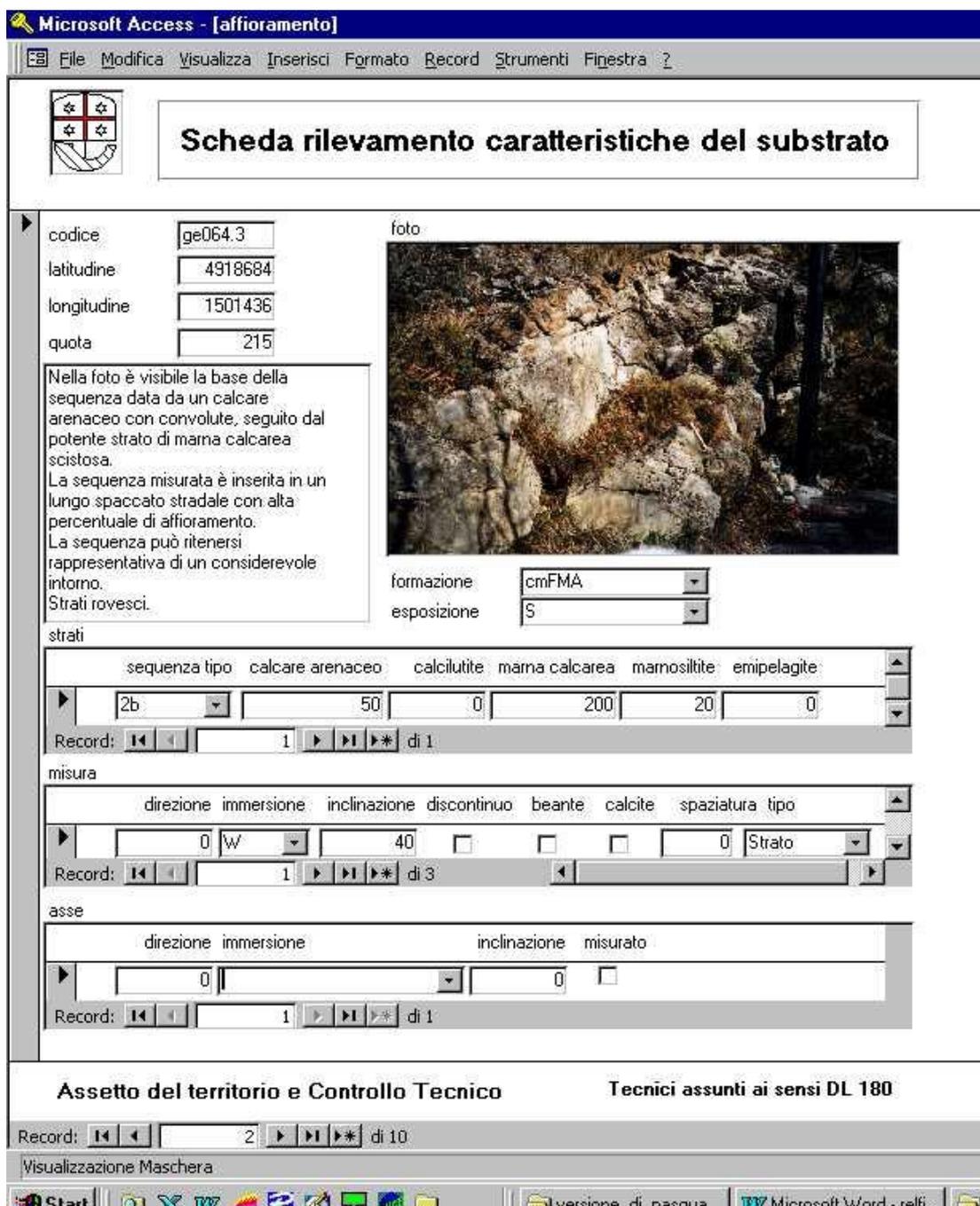


Fig. 2.2.1.1 Esempio di scheda per il rilevamento del substrato.

Rimandando pertanto ancora una volta alla sensibilità e alla professionalità del rilevatore per la valutazione dello stato della roccia, si ritiene comunque che studi analoghi debbano sempre riportare la metodologia utilizzata ed esemplificare e motivare le scelte effettuate.

Venendo alla scheda, si possono distinguere le seguenti sezioni:

1. La prima sezione della scheda identifica e ubica l'affioramento, fornendo un codice progressivo per il bacino idrografico, le coordinate nel sistema di riferimento Gauss Boaga, la quota dedotta dalla CTR, la formazione di appartenenza, l'esposizione media del versante in corrispondenza dell'affioramento, ed eventuali note e fotografie.
2. Segue la sezione denominata strati.
Si tratta di una serie di campi, caratteristici del tipo di formazione e che nel caso del T. Sturla sono stati predisposti in funzione del rilevamento degli strati o sequenze tipo.
Il campo *sequenza tipo* rimanda al lavoro di Marino Marini (Boll. Soc. Geol.1993), finalizzato al riconoscimento di litofacies e di ambienti deposizionali, ma utilizzabile in questa sede al fine di determinare la natura litologica media della formazione e valutazioni in merito allo stato della roccia.
L'Autore propone 3 strati-tipo suddivisi in ulteriori 7 sottotipi a seconda della sequenza litologica e delle facies sedimentarie.
Gli strati tipo sono utilizzabili per tutti i tipi di flysch liguri ed il metodo è pertanto generalizzabile ad una buona percentuale del territorio di competenza dell'Autorità di bacino.
3. La terza sezione contiene le misure raccolte in campagna, ovvero la direzione e l'immersione della giacitura degli strati, le scistosità e/o clivaggi e le principali famiglie di diaclasi.
4. L'ultima parte, infine, raccoglie le eventuali misure di assi di pieghe misurabili.

Le finalità di uno studio così strutturato sono molteplici e vanno da una più completa e moderna forma di archiviazione del dato alla possibilità del riconoscimento di litofacies e pertanto di sequenze di litotipi all'interno di formazioni attualmente identificate come omogenee, ma che in realtà sono particolarmente complesse e che possono influire notevolmente sulla caratterizzazione del territorio ai fini della pianificazione territoriale.

2.2.2 Litostratigrafia e tettonica

Rimandando alla bibliografia scientifica ed alla cartografia geologica ufficiale (Tavoletta “Bargagli” ai sensi della L. 28.3.1989 n. 7) 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 geologiche affioranti nel bacino del T. Sturla appartengono all’Unità tettonica del M. Antola, diffusissima in tutto il levante della Provincia di Genova e facente parte del Dominio Ligure, ovvero del bacino oceanico sviluppatosi a partire dal Giurassico superiore tra le placche europea e africana.

Il tipo di depositi caratteristici di tale unità sono collegati con la fase di chiusura del paleobacino e sono pertanto depositi di colmatazione bacinale rapida, indicati in letteratura come flysch.

In particolare il flysch dell’Antola, ovvero la formazione più giovane appartenente all’Unità è spesso chiamata come Flysch ad Helminthoidea labyrintica per la presenza di bioturbazioni riconducibili a piste di *Helminthoides* e gallerie di *Chondrites*.

La formazione stratigraficamente sottostante al Flysch di M. Antola, denominata Argilliti di Montoggio è invece caratterizzata dal prevalere di depositi emipelagitici (la normale sedimentazione del bacino) ed è considerata il livello di scollamento dell’Unità nel corso del processo orogenetico.

Le due formazioni comprendono l’intervallo di tempo Campaniano - Maastrichtiano.

Dal punto di vista litologico, il Flysch di M. Antola è definito (Marini 1997) come *torbiditi marnose e marnoso-calcaree a base calcareo-arenacea in strati medi e spessi (da submetrici a plurimetrici) con giunti argillitici neri; diffuse tracce di Helminthoides e Chondrites (Icnofacies a Nereites’); talora frequenti intercalazioni di strati di calcilutiti di spessore medio. Livello di torbiditi siltoso-arenacee.*

La composizione tipica del flysch è pertanto data dall’alternanza di marne e marne calcaree (60 - 70%), calcareniti (10 - 20%) ed argilliti (15 - 20%) (dati da Abbate & Sagri, 1967). Gli stessi autori riportano peraltro come queste ultime percentuali possano variare localmente e come passando verso Nord le argilliti raggiungano percentuali del 60 - 70 % a scapito delle marne.

Nel caso del bacino in esame, anche in considerazione delle limitate estensioni dell’area, la variabilità litologica all’interno della formazione è molto ridotta, ritrovandosi sequenze riconducibili agli strati tipo 2b e 2c di Marini, 1992.

Le sezioni misurate nel corso del lavoro hanno confermato la composizione media fornita in letteratura riconoscendo:

<i>Litotipo</i>	<i>Pomà*</i>	<i>Monte Fasce**</i>	<i>Forte Ratti***</i>
Emipelagiti	2%	10%	4%
Calcilutiti	4%	n.d.	0%
Marnosiltiti	12%	5%	8%
Marne calcaree	64%	65%	72%
Calcareniti	18%	20%	16%

Tab. 2.2.2.1 Confronto tra serie misurate nel bacino del T. Sturla: *da Marini 1992 (120 strati su 60 m), **da Sagri (1967), ***Tecnici Assetto del Territorio e C.T. (61 strati su 18 m)

- Calcareniti o arenarie calcaree

con colorazione rossastra o bruna se alterate, spesso con strutture basali di corrente (flute casts), laminazioni convolute e parallele (Intervalli di Bouma ‘c’ e ‘d’), talvolta con strati amalgamati (Fig. 2.2.2.1). La frequenza di tale litologia è piuttosto costante, aggirandosi poco al di sotto del 20% (Tab. 2.2.2.1).

Al contrario, lo spessore dei banchi è più irregolare, trovandosi alternanze di strati variabili tra il metro e il centimetro.

Tale litotipo rappresenta la base della sequenza di torbida ed è pertanto caratterizzato inferiormente da uno stacco netto con il tetto dello strato sottostante.



Fig. 2.2.2.1 - Sequenza nella formazione di Flysch di M. Antola fotografata presso Forte Ratti. Da destra: Marna calcarea – Calcarenite (base della sequenza) – Marne scistose

Il passaggio allo strato sovrastante avviene o con un passaggio graduale (riduzione progressiva del contenuto in sabbia e aumento della componente più fine della torbida - passaggio a calcisiltite) o in modo brusco.

La gradazione della granulometria è sempre modesta e il banco è in genere piuttosto omogeneo.

La risposta alle sollecitazioni tettoniche, di tipo fragile, è pertanto caratterizzata da regolarità e persistenza delle fratture, con l'esclusione degli strati amalgamati o coinvolti in cerniere di pieghe alla mesoscala e a basso raggio interlimb.

- Marne calcaree, marne e calcilutiti

Si tratta dello strato percentualmente dominante (60 - 70%) dato da marne calcaree grigio chiare compatte o debolmente scistose con spessore variabile tra i 20 cm e i 4 - 5 m (mediamente 1 m).

La frattura è a prismi regolari, spesso con superfici ondulate, mentre il clivaggio è sempre mal registrato e di entità modesta ad esclusione delle zone di cerniera (Fig. 2.2.2.2).



Fig. 2.2.2.2 - Affioramento della formazione del Flysch di M. Antola presso M. Proi, sottobacino Rio Pomà. Si noti l'alto angolo tra la scistosità delle marne e la stratificazione

Gli strati più calcarei, infine, mostrano forme pseudocarsiche di entità modesta lungo piani di frattura.

- Marne, marnosiltiti e calcilutiti

Lo strato marnoso calcareo può sfumare gradualmente ad una marnosiltite caratterizzata dalla colorazione grigio chiara o rosata e da un fitto clivaggio, spesso con forme descritte in letteratura come 'a saponetta' (Abbate & Sagri, 1967).

Anche in questo caso la fratturazione avviene a prismi regolari, mentre il clivaggio è sempre molto marcato anche se estremamente modificato per effetto dell'alterazione.

In alternativa alla sequenza tipica calcarenite - marna calcarea - marna - argilloscisti è stata rilevata subordinatamente (valli del T. Pomà e T. Premanico) la sequenza calcilutite - emipelagite.

- *Emipelagiti*

La sequenza è generalmente conclusa da un interstrato emipelagitico, costituito da argilliti grigio scure finemente fogliettate in strati centimetrici o millimetrici e solo raramente superiori al decimetro (Fig. 2.2.2.3).

Localmente come presso M. Borriga, all'interno degli argilloscisti possono comparire straterelli centimetrici di arenarie e siltiti micacee di colore grigio scuro, marrone se alterate. Più in generale, tuttavia, i livelli emipelagitici sono o estremamente ridotti o addirittura assenti.



Fig. 2.2.2.3 - Affioramento della formazione del Flysch di M. Antola presso la cava di Forte Ratti. In primo piano un sottile livello di emipelagite al contatto tra la base calcarenitica dello strato (sinistra) e la marna calcarea (destra)

Le sottostanti Argilliti di Montoggio, sono definite (Marini, 1997) come *argilliti emipelagiche nere, ferromanganesifere, più o meno siltose, con prevalente aspetto scaglioso e con intercalazioni di arenarie torbiditiche quarzose fini* ("quarzareniti" AUCT.) in strati sottili a medi (aM). Al sommo livelli di argilliti franche varicolori (da grigio verdi a rosso vinaccia) (aM').

Nell'ambito del bacino esse affiorano di rado, essendo generalmente localizzate al piede dei versanti o in posizione comunque caratterizzata da abbondanti coperture detritiche.

Tale formazione è sempre confinata lungo la cerniera della struttura antiforale ed è pertanto particolarmente strutturata, attraversata da piani di taglio ed estremamente scistosa. Durante i sopralluoghi sono state riconosciute sia la facies ferromanganesifera (S. Desiderio), sia varicolori (versante Nord M. Borriga).

Il contatto con il sovrastante Flysch di M. Antola, segnalato in letteratura come tettonico, è spesso nascosto al di sotto delle coperture detritiche.

Una sola osservazione effettuata sul versante nord del M. Borriga, sembrerebbe confermare il tipo di contatto di natura tettonica.

Le argille di Ortovero infine affiorano in una piccola zona urbanizzata compresa tra Via Timavo, il ponte di Corso Europa e l'alveo dello Sturla. Si tratta di marne argillose grigiastre alternate a sabbie fini e siltiti.

2.2.3 Tettonica e assetto strutturale

L'assetto strutturale generale è caratterizzato da assi di pieghe in direzione E-W ai quali si sovrappone una seconda fase con direzione da meridiana ad appenninica.

Analisi strutturali regionali hanno riconosciuto tre fasi deformative principali (Marini, 1997):

1. una prima fase che si esplica con pieghe isoclinali coricate, sinscistose, non cilindriche a geometria simile con direzione dell'asse mediamente est-ovest e vergenza Sud;
2. una seconda fase con pieghe approssimativamente cilindriche, con estesi fianchi rovesciati, alla quale si accompagnano crenulazione (nei termini argillitici) e di frattura, a ventaglio divergente rispetto al piano assiale; direzione dell'asse meridiana;
3. una terza fase, con pieghe cilindriche ad ampio raggio con piano assiale verticale e sistemi di frattura subverticali.

L'interferenza tra le due prime fasi è riconoscibile anche all'interno del bacino ed in particolare all'interno della formazione di M. Antola lungo i versanti con esposizione meridionale, come nel caso della Valle del Rio Pomà dove, nella parte alta del versante, si individua una struttura di prima fase ripresa da due pieghe con asse meridiano.

L'assetto strutturale globale è come detto controllato dalla grande antiformentale regionale (seguibile dal Lago di Val di Noci in Val Scrivia, lungo il tratto mediano della Val Bisagno - Prato S. Martino) che porta ad affiorare nella parte centrale del settore nord del bacino la formazione degli argilloscisti di Montoggio.

Si tratta di una piega con evidente lacerazione dei fianchi e piani di taglio paralleli all'asse principale. Quest'ultimo immerge chiaramente in direzione sud, portando progressivamente alla chiusura dell'affioramento di Argilloscisti nel versante nord di M. Borriga.

Le giaciture degli strati sono varie, con frequenti rovesciamenti della serie.

Sul fianco dritto della struttura antiformentale nel settore nord-occidentale del bacino (Rio Nasche e altri affluenti del T. Sturla nel tratto tra Bavari e S. Desiderio) la serie generalmente dritta tende progressivamente al rovesciamento che si realizza presso il M. Poggiasco. L'assetto giaciturale è mediamente a traverpoggio o reggipoggio sul versante destro (esposizione est) e a franapoggio sul sinistro.

Sul fianco rovescio della struttura, nelle vallecole del Rio Pomà e alla testata del T. Sturla (Rio Carpanea e Rio Cané) le giaciture sono debolmente disperse attorno a N180 con immersione prevalente ovest in prossimità del contatto con la Formazione delle Argilliti di Montoggio ed est sul versante destro del Rio Cané.

Le giaciture lungo l'asse della struttura antiformentale si mantengono in direzione meridiana sino all'altezza dell'abitato di Premanico, dove avviene la parziale rotazione del fianco dritto, la chiusura dell'affioramento di argilliti e l'assetto giaciturale medio si attesta attorno a N90 con immersione sud.

Per quanto riguarda la tettonica di tipo fragile, l'analisi fotointerpretativa integrata dalle osservazioni di campagna, ha individuato almeno 3 famiglie di linazioni:

- Lineazione E-W (mediamente N100) può essere considerata come responsabile dell'andamento dei corsi d'acqua sul fianco rovescio dell'antiformentale (Rio Pomà, Rio Cane e Rio Carpanea). In tali aree è spesso rilevabile in affioramento, dove si manifesta con fratture non continue talvolta con deposizione di calcite secondaria

- Lineazione NNW-SSE (mediamente N150), controlla l'andamento di gran parte degli affluenti di destra, si dispone spesso parallelamente alla stratificazione ma con immersione opposta, determinando situazioni di instabilità di versante anche in presenza di stratificazione a reggipoggio (C. Valle Calda - Rio Premanico). All'affioramento è spesso discontinua e non sempre identificabile, talora caratterizzata da deposizione di calcite secondaria e spaziatura decimetrica.
- Lineazione NW-SE riconoscibile in affioramento con spaziatura centimetrica o decimetrica a seconda della litologia e rilevabile anche lungo il corso d'acqua principale.

2.2.4 Considerazioni relative allo stato della roccia

La suddivisione del substrato in tre classi in base dello stato della roccia, secondo quanto indicato dalle raccomandazioni regionali, è stata tratta dalla carta geologica del Piano regolatore generale del Comune di Genova, coincidente peraltro con quanto proposto dall'elaborato restituito dal gruppo di professionisti redattori dello Studio Propedeutico. I due rilevamenti, infatti concordano nel definire come area con roccia in scadenti condizioni di conservazione la fascia tra la cava sul Rio Nasche e il Rio Mezzano - Ciapon.

In merito, rilevamenti lungo la citata fascia effettuati nel corso della fase di collaudo e validazione hanno potuto confermare la presenza di roccia fratturata in corrispondenza di molti affioramenti ed in particolare la presenza di una fascia di diaclasi, riconducibile ad un piano di taglio sul fianco dritto della struttura antiforme lungo la strada per Bavari (Fig 2.2.4.1).

Ciò malgrado, piani di taglio, strati boudinati ed altre forme di strutturazione distensiva sono stati riscontrati anche in altre aree del bacino (Fig. 2.2.4.2).



Fig. 2.2.4.1 - Facies scistosa particolarmente strutturata presso Nasche. Il fenomeno è interpretabile come risultato di un fenomeno di lacerazione lungo il fianco della struttura

Si tratta quasi sempre di affioramenti limitati e di strutture che hanno ridotte implicazioni dal punto di vista del comportamento geomeccanico globale del versante, ma che tuttavia possono risultare determinanti alla mesoscala per effetto di interventi antropici.

Si sottolinea pertanto come anche nelle aree indicate con roccia affiorante o subaffiorante in condizioni giacitureali buone (R0) non sia infrequente la possibilità

dell'instaurarsi di dissesti superficiali (fenomeni di crollo e scivolamento lungo strati o secondo giunti coniugati) in caso di modificazione del profilo del versante.

Una particolare accentuazione delle problematiche di stabilità del versante è inoltre da attendersi in corrispondenza delle cerniere delle principali strutture deformative, dove la giacitura è soggetta a bruschi cambiamenti di direzione e/o inclinazione e la roccia è particolarmente fratturata (Fig. 2.2.4.3 – Fig. 2.2.4.4 - Fig. 2.2.4.5).



Fig. 2.2.4.2 - Strati boudinati e fratturati sul fianco rovescio della struttura anticlinalica (presso M. Riega)

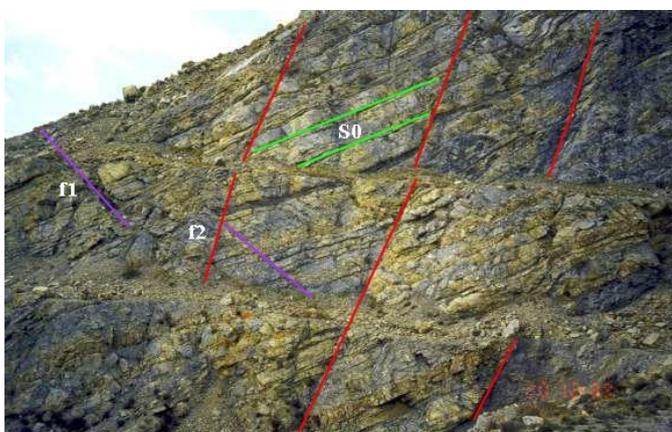


Fig. 2.2.4.3 - Rapporti tra la stratificazione e le principali famiglie di fratture: S0 stratificazione, f1 la lineazione NNW-SSE e f2 la famiglia di fratture E-W. Cava del Forte Ratti



Fig. 2.2.4.4 - Particolare dell'affioramento precedente

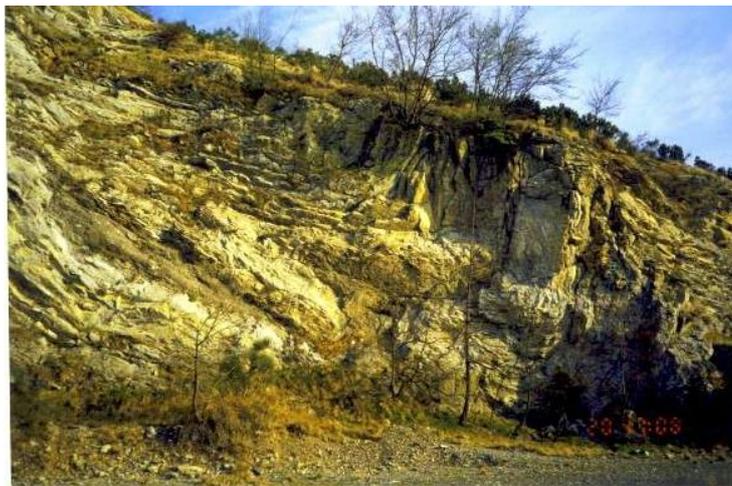


Fig. 2.2.4.5 - Piega alla mesoscala presso la cava del Forte Ratti

2.3 Geomorfologia

Nel bacino del T. Sturla, nonostante i soli 9 km di lunghezza dell'asta principale, si realizza un brusco passaggio da zone periurbane a caratteristiche ancora rurali ad una zona a spinta urbanizzazione, che si estende sulle colline ed arriva ad inglobare centri come Borgoratti e Nasche e ad interessare con nuove edificazioni anche S. Desiderio e Bavari.

In sostanza, si possono distinguere:

- una zona prettamente urbana situata nella parte bassa del bacino;
- una parte mediana della valle (stretta e molto acclive) dove si è esercitata una forte azione antropica di diboscamento (specie in destra), con le ovvie conseguenze sulla conservazione del suolo e la stabilità;
- una parte alta della valle (S. Desiderio, Bavari, Sella di Bavari, ecc.) dove una minore acclività, dovuta alle caratteristiche geolitologico-geomorfologiche, ha consentito l'instaurarsi di attività agricole, silvicole e pastorali.

La testata della valle ha, quindi, subito una razionalizzazione dell'uso del suolo, con mantenimento del bosco (anche se in buona parte snaturato rispetto alla configurazione spontanea), il controllo delle aree destinate a pascolo, la parziale preservazione delle tradizionali coltivazioni terrazzate che si spingevano anche nei versanti più acclivi (se ben esposti). Per contro l'abbandono di parte delle coltivazioni tradizionali (purtroppo povere) origina gravi rischi di erosione accelerata e dissesto gravitativo, in assenza di manutenzione dei presidi idraulico-agrari.

Complessivamente, il reticolo idrografico è più sviluppato ed articolato nella parte nord-orientale del bacino, a monte di S. Desiderio, dove la valle si allarga decisamente e sono presenti i principali affluenti di un certo rilievo. A valle di San Desiderio esistono tre soli affluenti che presentino un qualche sviluppo: il rio Nasche (in destra), il rio Premanico ed il Rio Penego (in sinistra) che, dopo un tratto parallelo allo Sturla, confluisce bruscamente poco a monte della foce.

I corsi d'acqua tributari dello Sturla, brevi e poco ramificati, sono tutti in erosione, in genere forte, con alvei molto incisi e frequenti fenomeni di scalzamento della base dei versanti e conseguenti dissesti gravitativi.

Nello sviluppo e nell'articolazione del reticolo idrografico è evidente il controllo litologico e tettonico-strutturale. Il bacino presenta, così, un tratto più aperto a monte; il corso d'acqua in questa zona segue una direzione NE-SW e presenta un andamento sostanzialmente rettilineo, ed è impostato sulle Argilliti di Montoggio. A partire dalla località Moglie il corso d'acqua incontra la Formazione dei Calcari dell'Antola ed assume un andamento meandriforme cambiando gradualmente direzione, che diventa globalmente N-S; la valle assume una configurazione abbastanza incassata con meandri a curvature anche molto accentuate. Esistono almeno due esempi di anse abbandonate poco a valle della località Molino Maccagno in sponda sinistra e in località Cadighiara in sponda destra.

Per quanto riguarda gli affluenti laterali è possibile evidenziare che mentre quelli di destra hanno un andamento prevalente NW-SE circa perpendicolare al torrente principale, quelli di sinistra hanno un andamento più vicino alla direzione E-W.

Sia l'andamento delle aste dei torrenti, sia la morfologia dei meandri evidenziano un reticolo idrografico strettamente controllato da lineazioni tettoniche a direzioni NE-SW e N-S.

Anche i fossi di sinistra nella parte terminale, Rio Penego e Rio Beatella sono impostati sulle medesime direttrici.

A valle di Borgoratti il torrente scorre sui sedimenti della sua piana alluvionale che gradualmente si apre procedendo verso Sud fino alla foce. L'andamento in questo tratto appare meandriforme con anse ampie che scorrono fra le superfici pianeggianti sopraelevate di poco più di un metro rispetto all'alveo delineate dai terrazzi fluviali, in questo tratto prevalentemente urbanizzati. Gli ampi meandri descritti dal torrente in questo tratto, sebbene potenzialmente liberi di spostarsi sulla piana, sono in realtà completamente irrigiditi da muri in calcestruzzo o a secco.

La forma del Bacino e il modellamento dei versanti risultano influenzati, oltre che dalla tettonica, dall'assetto strutturale e dalla litologia, in particolare dall'erosibilità dei diversi litotipi. Le pendenze sono elevate nelle zone di affioramento dei Calcari dell'Antola mentre, dove affiorano le Argilliti di Montoggio, l'acclività è assai minore.

Un motivo morfologico molto vistoso è rappresentato dall'ampia sella di Bavari (Fig. 2.3.1), perfettamente allineata con altre selle più settentrionali come la Gola di Sisa e la sella di Noceto di Struppa. Essa rappresenta probabilmente una antica superficie morfologica che rappresenterebbe un paleoalveo impostato sul nucleo in Argilliti di Montoggio dell'antiforme già citata precedentemente.

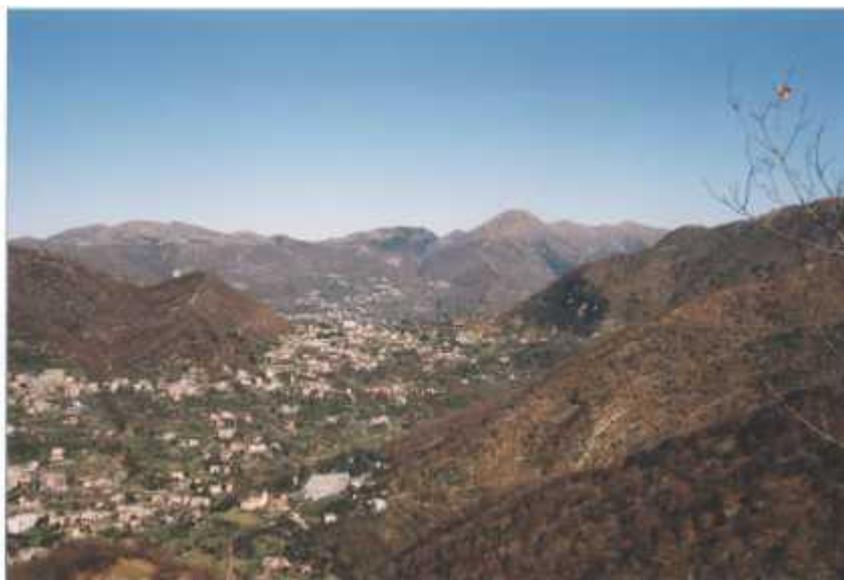


Fig.2.3.1 – Panoramica della parte alta del bacino. Al centro la sella di Bavari con l'area di affioramento delle Argilliti di Montoggio, caratterizzate da bassa acclività

2.3.1 Geomorfologia quantitativa

La delimitazione del bacino idrografico del torrente Sturla è riferita allo scorrimento superficiale, pertanto definita dall'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

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

Superficie: $S = 13 \text{ km}^2$

Perimetro: $P = 18 \text{ km}$

Lunghezza: $L = 9 \text{ km}$

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

$$R_c = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2} = 0.5$$

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot S}} = 1.4$$

$$R_a = \frac{2 \cdot \sqrt{S}}{\sqrt{\pi} \cdot L} = 0.4$$

dove:

S = superficie del bacino [km²]

P = perimetro del bacino [km]

L = lunghezza dell'asta fluviale [km]

La forma “a bandiera” del bacino è determinata dal protendimento maggiormente sviluppato in direzione Est e dalla chiara asimmetria con la sponda sinistra molto più estesa arealmente rispetto alla destra; tale assetto non è infrequente nei bacini liguri tirrenici. La forma asimmetrica del bacino implica anche una evidente disomogeneità nella distribuzione degli affluenti, che sono più numerosi e maggiormente sviluppati e gerarchicamente articolati in sponda sinistra.

L'analisi ipsometrica, realizzata con il supporto del GIS a partire dalla carta delle fasce altimetriche (Fig. 2.3.1.1), sottolinea in maniera chiara come il bacino in esame sia in una fase di evidente squilibrio; la curva ipsometrica (Fig. 2.3.1.2) si presenta, infatti, concava con un integrale, molto basso, decisamente inferiore ai valori di equilibrio (0.5). L'esatto significato dell'andamento della curva non è determinabile, allo stato attuale delle conoscenze, e le teorie classiche in proposito (Strahler, 1952) non soddisfano appieno quanto emerso dallo studio di quest'area.

La curva ipsografica permette di individuare l'altezza media (h_m) e l'altezza mediana (h_{med}). L'altezza media corrisponde alla quota da cui è possibile tracciare la linea di compenso parallela all'asse delle ascisse, e la mediana corrisponde alla quota relativa alla metà della superficie del bacino.

I valori ottenuti sono i seguenti:

$$h_m = 336 \text{ m slm}$$

$$h_{med} = 305 \text{ m slm}$$

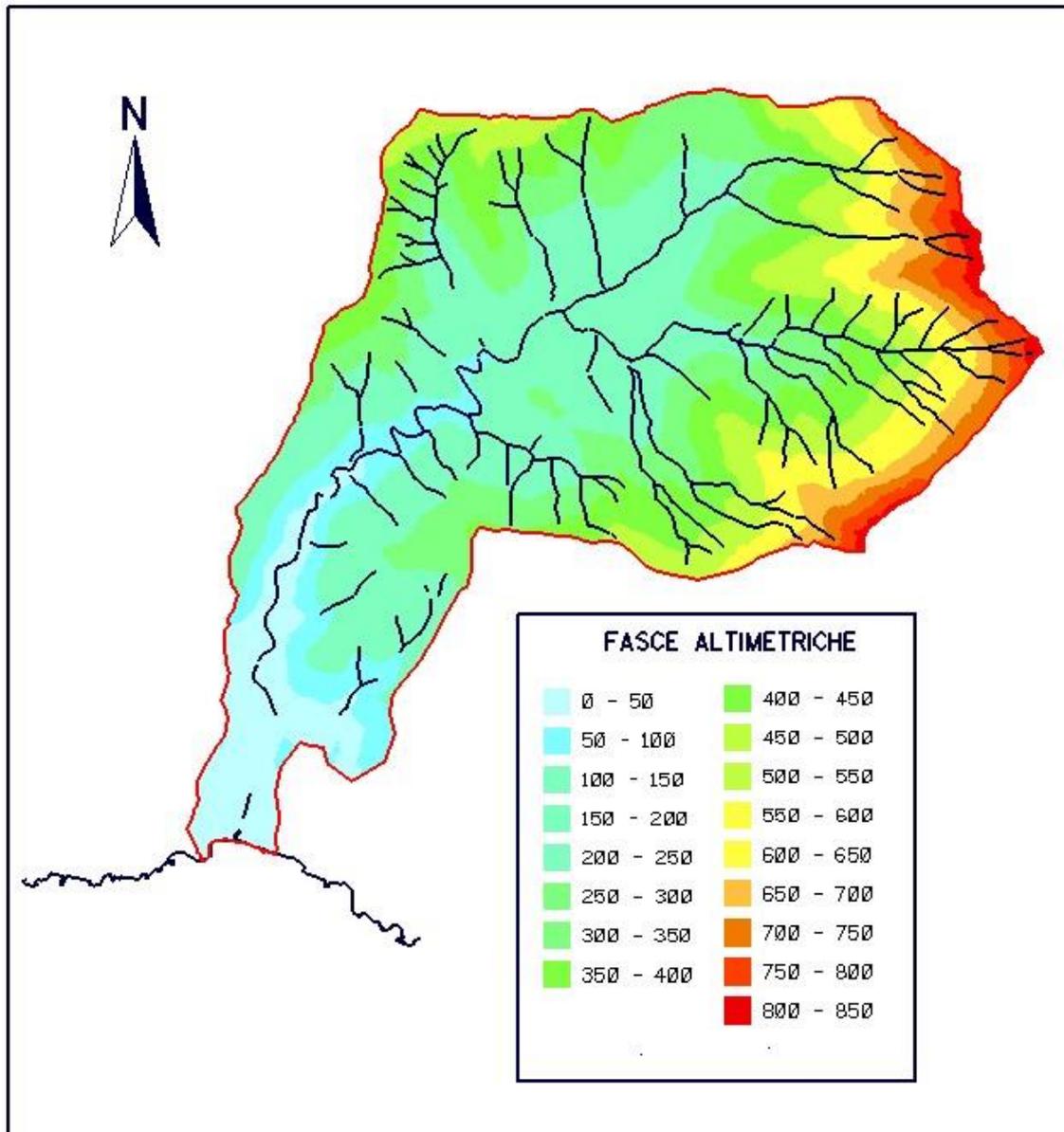


Fig 2.3.1.1 – Fasce altimetrica del bacino del Torrente Sturla

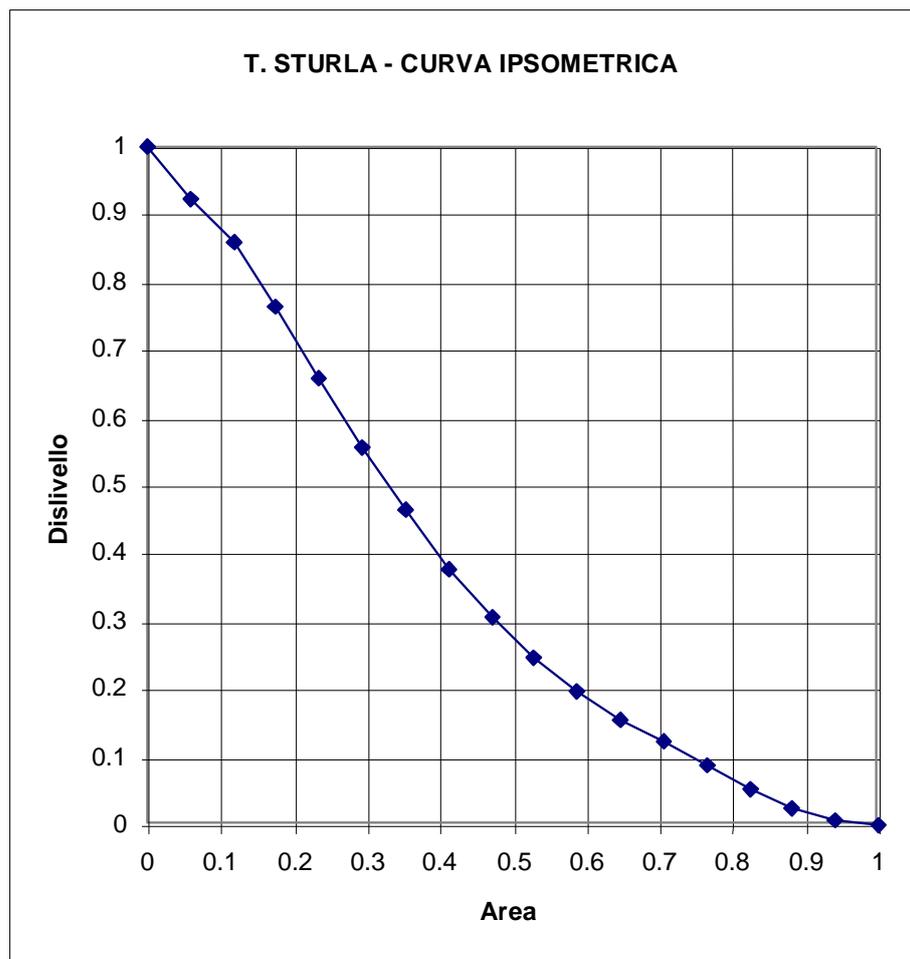


Fig. 2.3.1.2 – Curva ipsometrica del bacino del T. Sturla

2.3.2 Reticolo idrografico

La complessità dello sviluppo della rete idrografica, di cui si riporta un'indicazione schematica in Fig. 2.3.2.1, può essere caratterizzata attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema (Fig. 2.3.2.2):

- 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 $(n+1)$;

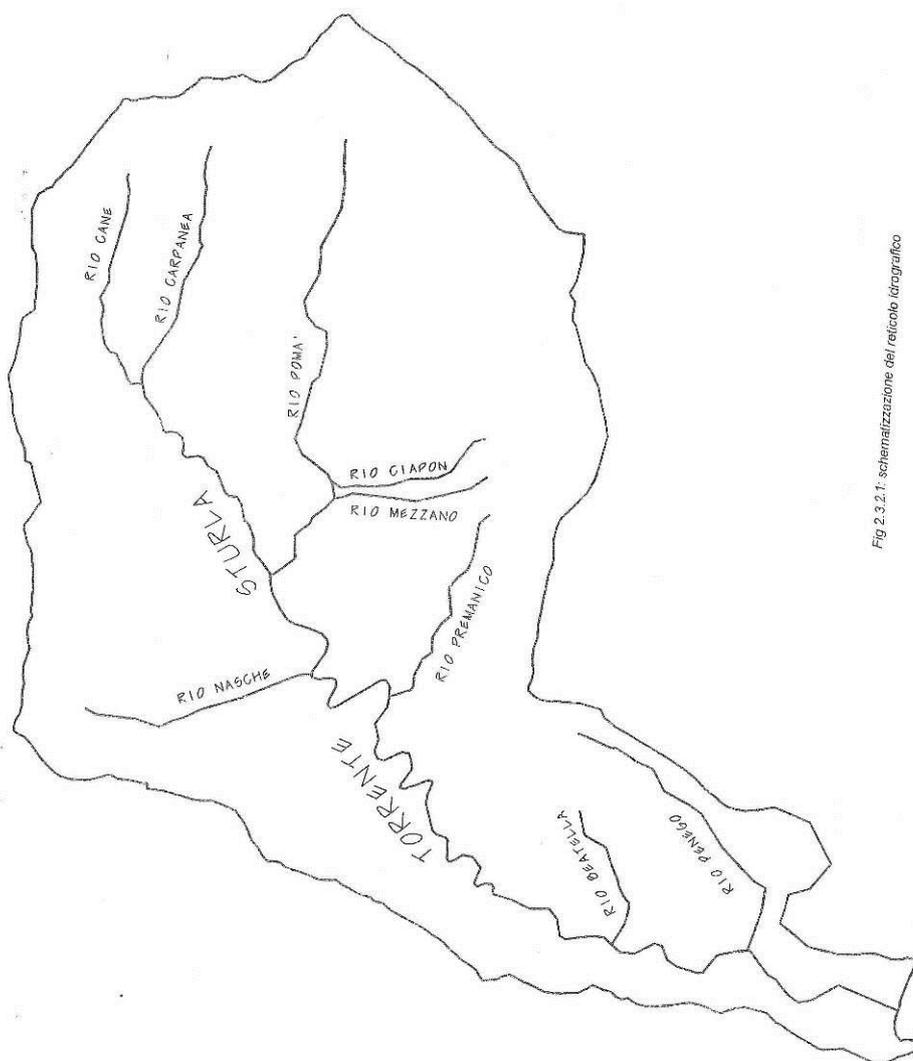


Fig. 2.3.2.1 schematizzazione del reticolo idrografico

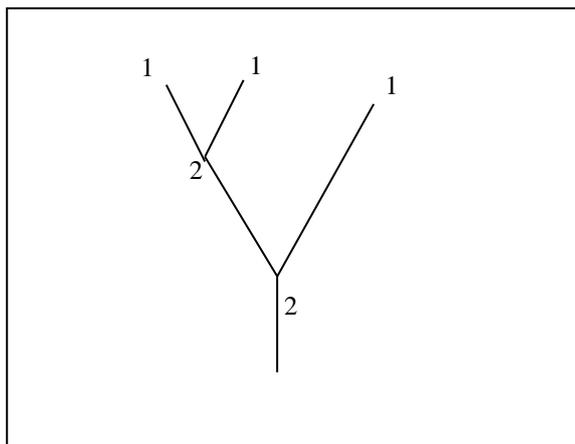


Fig. 2.3.2.2 - Gerarchizzazione secondo Horton Strahler (1957)

Nel caso in esame la gerarchizzazione è stata condotta sulla base del reticolo idrografico prodotto dal SITAR opportunamente revisionato e corretto sulla CTR raster alla scala 1:10.000 (esso viene riportato nell'Allegato G3 - tavola n°6 – Carta idrogeologica).

I principali rii che drenano il versante destro sono :

Rio Canova (ordine 2), Rio Antone (ordine 2), Rio Nasche (o Luega) (ordine 3), Rio Maccagno (ordine 1).

I principali rii che drenano il versante sinistro sono i seguenti:

Rio Canè (ordine 3), Rio Carpanea (ordine 3), Rio Pomà (ordine 4), Rio Premanico (ordine 3), Rio Beatella (ordine 1) e Rio Penego (ordine 2).

L'asta principale del torrente Sturla è caratterizzata da ordine 5 a partire dalla confluenza della parte montana del torrente Sturla con il rio Pomà all'altezza dell'abitato di San Desiderio.

<i>U</i> N° ordine sottobacino	<i>N_u</i> Numero di aste	<i>R_b</i> Rapporto di biforcazion e	<i>N_u+(N_u+1)</i>	<i>R_b x N_u x</i> <i>(N_u+1)</i>	<i>N_d</i> n° di aste <i>N_u</i> che si inseriscono su <i>N_u+1</i>	<i>R_{bd}</i> rapporto di biforcazione diretta
I	111				85	
II	31	3.6	142	511.2	26	2.7
III	7	4.4	38	167.2	4	3.71
IV	2	3.5	9	31.5	2	2
V	1	2	3	6	1	2
TOT		13.5	192	715.9		10.45

Tab. 2.3.2.1 - parametri caratteristici dell'organizzazione del reticolo

L'analisi geomorfica quantitativa evidenzia una distribuzione piuttosto regolare del numero dei bacini in rapporto al loro ordine gerarchico (Fig. 2.3.2.3)

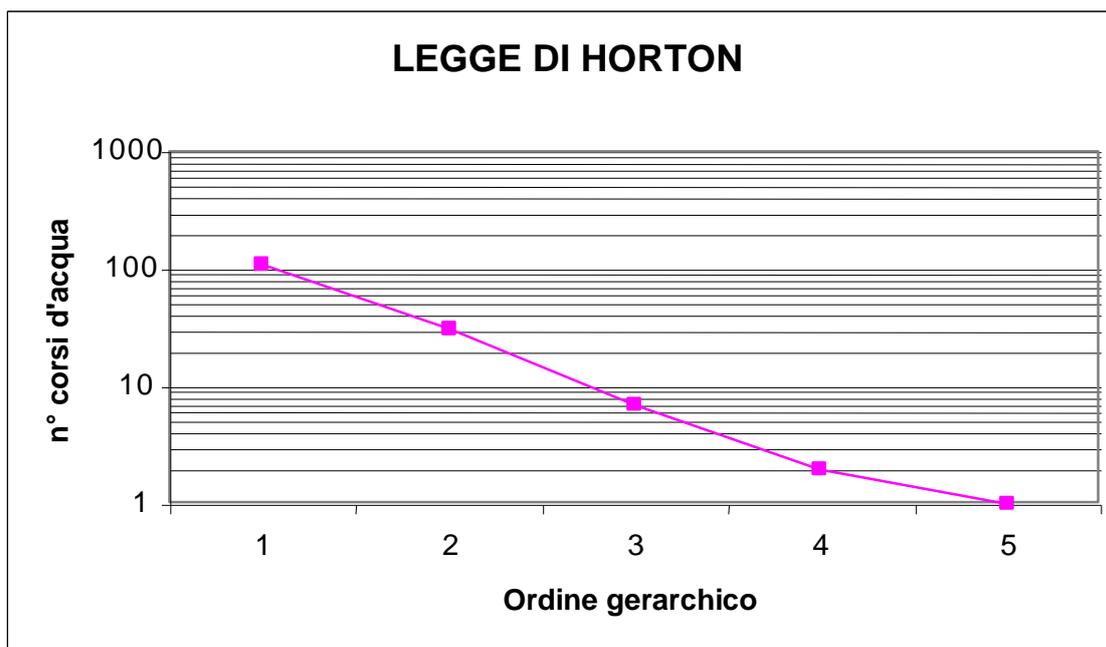


Fig. 2.3.2.3 – N° dei corsi d'acqua in rapporto al loro ordine gerarchico

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

$$R_b = 3.37 \text{ (media aritmetica)}$$

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

$$R_{bd} = 2.6 \text{ (media aritmetica)}$$

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

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

$$\text{Indice di biforcazione } R = R_b - R_{bd} = 0.77.$$

La densità di anomalia gerarchica è un parametro maggiormente raffinato che consente una valutazione più puntuale dell'organizzazione del reticolo.

$$gA = \sum_{i=1}^n a_{i+2} \cdot c_{i+2} / S$$

Dove:

a_{i+2} = numero di aste di ordine i che si immettono in aste di ordine $i+2$
 c_{i+2} = coefficiente moltiplicativo
 S = superficie del bacino (km²)

Pertanto, mentre i valori di R_b e R_{bd} confermano le considerazioni emerse sulla base dell'analisi del grafico in figura 2.3.2.3 ed il valore dell'indice di biforcazione ($R = 0.77$) fornisce ulteriore supporto all'immagine di un bacino molto prossimo alla massima conservatività, la densità di anomalia gerarchica ($gA = 8.51$) fornisce indicazioni di segno opposto. Essa evidenzia, infatti, una scarsa organizzazione del bacino, con molti corsi d'acqua di ordine basso che confluiscono direttamente nel corso d'acqua principale; in questo senso è molto pesante l'influenza dell'asimmetria del bacino, infatti la sponda destra, meno estesa arealmente, è caratterizzata da un minor numero di affluenti scarsamente gerarchizzati che si immettono direttamente nell'asta principale.

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

$$D = L_t / S = 4.65/\text{km}$$

dove:

L_t = lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali [km]
 S = superficie del bacino [km²]

Un tale valore, molto simile a quella di altri bacini liguri tirrenici impostati sulle litologie affioranti nello Sturla, denota secondo la bibliografia classica un'area scarsamente o mediamente drenata in accordo con le caratteristiche di permeabilità della litologia prevalente.

2.3.3 Caratterizzazione delle coperture

Le coperture detritiche presenti nel bacino dello Sturla possono essere distinte in due tipologie principali: accumuli originati da fenomeni franosi di vario tipo e coltri detritiche eluvio-colluviali; per l'elaborazione della cartografia tematica sono state considerate, ove possibile, la granulometria prevalente fine o grossolana e lo spessore maggiore o minore di 3 m. Dove l'informazione è risultata di difficile acquisizione la caratterizzazione è stata comunque effettuata in base a considerazioni empiriche che tenessero conto della litologia di origine e della tipologia del fenomeno. In pratica, ad esempio, ai fini della definizione della permeabilità della coltre si è supposto che le frane originate dai calcari dell'Antola generassero un accumulo prevalentemente grossolano mentre quelle originate dalle argilliti di Montoggio prevalentemente fine. Questo procedimento, se pur non rigorosissimo dal punto di vista oggettivo, si è reso necessario in quanto la potenza e la permeabilità delle coltri devono necessariamente entrare nella valutazione della suscettività al dissesto.

- Coltri eluvio-colluviali

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse in tutta l'area di affioramento delle Argilliti di Montoggio. Queste litologie, quando sono particolarmente alterate, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, questa coltre ha una potenza superiore ai tre metri. Le informazioni sullo spessore delle coltri, in mancanza di dati e di appositi sopralluoghi sul terreno, sono state ricavate dalle carte dell'Atlante Geologico del Comune di Genova.

Spesso le coltri di questo tipo presentano fenomeni di attivazione e morfologie che possono far pensare a movimenti gravitativi, pertanto risulta talvolta sfumata la distinzione fra coltre potente e corpo di frana. Un esempio eclatante di questo tipo è rappresentato dal versante nord del crinale di Premanico (località Terrerosse) dove si evidenziano bruschi cambi di pendenza e forme dolci e mammellonate ma non vi sono evidenze macroscopiche di attività. Questo corpo si sviluppa presumibilmente sopra il contatto Calcari-Argilliti ma la posizione di esso è controversa. Nella Carta Geologica Regionale (Marini, 1997) il corpo viene interpretato come una coltre sottile giacente su Argilliti di Montoggio, mentre secondo l'Atlante Geologico di Genova si tratterebbe di una coltre potente generata in parte da una paleofrana giacente in prevalenza sui Calcari dell'Antola.

Nelle zone di affioramento dei Calcari dell'Antola, se si eccettuano i corpi di frana, le coltri detritiche sono molto scarse ed assumono uno spessore maggiore di un metro solo nelle zone caratterizzate dai terrazzamenti agricoli.

- Coperture originate da fenomeni franosi

La percentuale di territorio coperta da coltri originate da fenomeni franosi raggiunge il 20-25% dell'area di affioramento delle argilliti di Montoggio e il 10% dell'Antola.

Grande importanza rivestono le tipologie di frana legate alla presenza del contatto tra i Calcari dell'Antola e le sottostanti Argilliti di Montoggio, ricorrente spesso nell'areale genovese. I calcari, essendo molto fratturati, hanno una discreta permeabilità "in grande" per cui funzionano da acquifero; le sottostanti argilliti raggiungono così un livello tale di imbibizione da divenire instabili e oggetto di cedimenti. A questo punto i soprastanti calcari franano per cedimento della base di appoggio al piede, riversando sulle argilliti quantità notevoli di roccia e detriti.

Entro il bacino dello Sturla il contatto "Antola-Montoggio" si sviluppa per alcuni chilometri in prossimità della testata; in realtà, proprio per il motivo sopra descritto, risulta difficile individuare esattamente il contatto sul terreno.

Dal punto di vista delle coperture, particolare importanza rivestono due grandi corpi di paleofrana: quello della Sella di Bavari e quello di Pomà.

- Sella di Bavari

Si tratta di una massa detritica a grossi elementi calcarei distaccatasi dal versante SE di Monte Poggiasco (Fig. 2.3.3.1) di volume pari a circa 1,5 milioni di m³ che rientra nella casistica delle frane legate al contatto Calcari-Argilliti. La sua nicchia di distacco, parzialmente obliterata, si trova a quota 400 m circa in località Ciase, in corrispondenza di un tratto di versante attualmente in stato di erosione. Il fenomeno appare sufficientemente stabilizzato e sull'accumulo vi è un'intensa antropizzazione sia sotto forma di coltivazioni terrazzate, sia sotto forma di edifici sparsi anche di grandi dimensioni.



Fig 2.3.3.1 – La paleofrana di Sella di Bavari, su cui si sono insediate le attività antropiche

- Pomà

Rappresenta il più importante movimento franoso, seppur antico, presente nella valle Sturla, con un volume del corpo di frana stimato in 4-5 milioni di m³. Sulla sommità dell'accumulo, contraddistinta da una pendenza assai limitata, sorge il piccolo nucleo abitato di Pomà (Fig. 2.3.3.2). La genesi dell'accumulo parrebbe riconducibile ad una frana "complessa con componenti rototraslazionali" sui calcari, dovute a collasso dell'intero versante, a seguito dell'instaurarsi di movimenti gravitativi (D.G.P.V.).

Al riguardo si segnala che recenti ricostruzioni geologico-strutturali, a seguito degli studi relativi al P.R.G. comunale, indicano la possibile presenza del contatto calcari-argilliti, presso il piede del corpo franoso ed ipotizzano quindi come genesi del fenomeno il "lateral spreading". La massa detritica, nella sua globalità, si è staccata dal versante N di Monte Fasce andando ad invadere il corso del rio Pomà: si nota immediatamente l'andamento anomalo del reticolo idrografico, il quale si è dovuto adattare al corpo di frana, disegnandone i limiti. Il corpo di frana appare nel suo complesso abbastanza permeabile ed il ruscellamento superficiale è assai limitato: le acque di profondità vengono captate da un acquedotto che, ancora oggi, serve la valle Sturla. Il corpo di frana appare generalmente stabile, grazie anche alle fasce presenti nella sua parte inferiore, coltivate fino a tempi recenti; in tal senso è importante preservare tale situazione di equilibrio specie nei confronti di interventi eccessivamente invasivi presso il piede dell'accumulo. Relativamente alla zona di distacco si notano corpi rocciosi in equilibrio precario; tutta la porzione di versante appare coinvolta in un processo erosivo abbastanza pronunciato il cui innesco può essere stato facilitato anche dalla realizzazione del taglio stradale relativo alla S.P. Apparizione-Calcinara. Gli unici interventi realizzati hanno visto la posa di alcune reti paramassi.



Fig.2.3.3.2 – Panoramica della parte alta della frana di Pomà. Si notano la nicchia di distacco e la zona di accumulo subpianeggiante su cui sorge l'abitato

2.3.4 Frane attive

Come già evidenziato, in relazione alla dinamica dei versanti assume grande importanza il particolare assetto geologico caratterizzato dal contatto calcari–argilliti ed il relativo stato di tettonizzazione. In tale contesto nell'areale di S. Desiderio risultano ubicati due rilevanti fenomeni franosi, già censiti ai sensi del D.L. 180/98 e s.m. nell'ambito del "Piano Straordinario volto alla mitigazione del rischio" come da D.G.R. 1411/99, contraddistinti sulla "Carta inventario" e nei relativi "Estratti", rispettivamente, come 025 – 066 – R4 (zona campo Sportivo - Cimitero di San Desiderio) e 025 – 207 – R4 (zona Bavarelli, sponda destra T. Sturla).

Relativamente all'analisi dei dissesti sopracitati si rimanda alle schede e agli elaborati di dettaglio allegati al presente studio, mentre si evidenzia che in linea generale il bacino risulta interessato da fenomenologie "minori" meglio inquadrabili nell'ambito della Franosità diffusa.

In relazione anche ai contenuti dell'O.d.G. n. 7 relativo alla seduta del 25 ottobre 1999 dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale relativamente ai contenuti degli adempimenti della L. 267/98 è possibile definire :

- distretti franosi, ovvero le porzioni di territorio caratterizzati da una suscettività al dissesto molto alta e dalla presenza di frane attive;
- fasce di attenzione, ovvero i settori confinanti le aree di cui sopra per i quali è ragionevole ipotizzare un coinvolgimento a seguito di evoluzioni parossistiche di movimento di massa;
- zone di fragilità, le aree che per le caratteristiche geologico-geomorfologico riscontrate presentano una particolare propensione all'innescio di fenomenologie di tipo erosivo, franosità

diffusa o dove sono chiaramente identificabili forme relitte o quiescenti, anche appartenenti ad aree a suscettività alta.

Con particolare riferimento all'areale di Bavari si osserva che tale settore è caratterizzato da uno stato di instabilità latente a carico dei depositi coltri di copertura che si esplica attraverso dissesti localizzati, inquadrabili come franosità diffusa o meglio come un'area interessata da movimenti plastici a velocità variabile con contorni talora netti, e altre volte sfumati, e con superfici di scorrimento spesso indefinite. E' così possibile, in relazione anche alla presenza di corpi significativi, vedi 025-066-R4, definire una "zona di fragilità" indotta dall'assetto geologico dei luoghi –determinato dalla presenza di un substrato argillitico e dal contatto con la formazione dei calcari di Monte Antola- il cui stato di equilibrio, prossimo alle condizioni critiche, limita la fruibilità dell'area e deve essere salvaguardato sia attraverso la manutenzione delle sistemazioni agrarie e degli interventi volti alla regimazione delle acque superficiali e profonde sia con un'attenta di gestione urbanistica.

A livello esplicativo, ed in termini di larga massima, relativamente al bacino del T. Sturla, è possibile operare una suddivisione approssimativa del territorio secondo i criteri sopra enunciati :

<i>Distretti franosi</i>	<i>Fasce di attenzione</i>	<i>Zone di fragilità</i>
	Settore di versante a monte del corpo di frana di Pomà	Paleofrana di Pomà
		Paleofrana Sella di Bavari
		Paleofrana del Rio Canè
Frana attiva di Bavarelli (ex-R4 D.G.R. 1411/99)		
Frane attive presso Campo Sportivo di San Desiderio (ex-R4 D.G.R. 1411/99)	Settore di versante presso il Campo Sportivo di San Desiderio	Porzione di versante a monte di Già de Musa
		Zona di Bavari e San Desiderio, dalla testata del bacino al fondovalle, caratterizzata da substrato argillitico
Sponda sinistra del Rio Nasche di fronte alla cava Luvega		Valle del Rio Nasche
		Loc. Terre Rosse e sponda sinistra del Rio Mezzano
		Valli del Rio Ciapon e Mezzano
		Aree prossimali alle zone di contatto tra formazioni a differente comportamento geotecnico ed idrogeologico.
		Porzione di versante in sponda destra del T. Sturla a monte di Borgoratti e Cadighiara
		Le aree di cava o riporti presenti nel bacino

Tab. 2.3.4.1 – Suddivisione del territorio in base ai dissesti

2.3.5 *Franosità diffusa ed erosione superficiale*

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.

Fenomeni di erosione superficiale di versante, piccole frane tipo soil-slip collegate anche ad erosione incanalata, sono diffusamente presenti nel sottobacino del Rio Nasche (o Rio Luega) fino alla strada in prossimità dell'attività estrattiva dismessa. (Fig. 2.3.5.1). Entrambi i versanti del sottobacino presentano molteplici dissesti che, in sponda destra, hanno carattere prevalentemente puntuale e superficiale, mentre in sponda sinistra presentano dimensioni più consistenti e sono evidenti le cicatrici dei cigli di distacco in roccia che evidenziano un assetto a traverpoggio tendente a franapoggio.



Fig. 2.3.5.1 – Panorama della valle del rio Nasche. Si notano le cave Forte Ratti e Nasche e vari fenomeni di erosione diffusa lungo i versanti

Una situazione di degrado diffuso si presenta per tutto il versante della "Zampa del Diavolo" dove l'abbandono delle fasce coltivate ha determinato una situazione di vulnerabilità all'erosione piuttosto marcata. Un fenomeno di questo tipo si riscontra immediatamente a monte del complesso sportivo "Tre Pini" dove è presente un debris flow che parte poco a valle del crinale e si esaurisce su un piccolo pianoro. Questo potrebbe rappresentare la testa di un accumulo staccatosi dal crinale il cui piede non è attualmente identificabile a causa dell'urbanizzazione. Esso raggiunge certamente lo sbancamento realizzato per i lavori di ampliamento degli impianti sportivi.

Altri fenomeni erosivi di una certa rilevanza sono costituiti dai processi di erosione collegati al reticolo idrografico; in particolare sono evidenti fenomeni di scalzamento ed approfondimento di alveo nelle valli dei Rii Carpanea e Canè e soprattutto sono marcati i dissesti lungo le sponde del rio Mezzano, affluente di sinistra del Rio Pomà.

In maniera sintetica si osserva che:

- presso il versante a sud dell'allineamento Monte Poggiasco/Monte Castellaro, dal crinale fino a qt. 300 m. circa, sono evidenziabili fenomeni erosivi e dissesti puntuali. In particolare la zona contraddistinta dal toponimo "Ciase" corrisponde verosimilmente alla zona di distacco della paleofrana "Sella di Bavari".

Analoghe situazioni sono riscontrabili presso alcuni versanti in sponda orografica sinistra del T. Sturla:

- Porzione sommitale del versante tra Monte Riega e Monte Proi, compreso tra il crinale e qt. 650 m. circa, anche a seguito degli interventi per la realizzazione del metanodotto e per la destinazione a pascolo dell'area.
- Tratto mediano del versante destro della valle del rio Carpanea.
- Pendici Nord di Monte Fasce.

Come già osservato in precedenza, fenomeni di instabilità della coltre superficiale sono rilevabili in prossimità del taglio provocato dalla strada provinciale Apparizione-Calcinara, presso la testata del bacino..

Appare comunque ricorrente il fatto che, per quanto riguarda i sottobacini di sponda sinistra omogeneamente impostati secondo direttrici E-W, i tratti sommitali dei versanti destri, esposti a sud, risultano sistematicamente soggetti ad azione erosiva, più o meno marcata. Questo non si verifica sui versanti esposti a Nord, generalmente ricoperti uniformemente da una fitta vegetazione, tranne il versante N di Monte Fasce, dove l'uso del suolo e gli incendi ripetuti hanno comportato una maggiore esposizione agli agenti erosivi.

I fenomeni di erosione legati all'alveo principale del torrente Sturla verranno analizzati specificatamente in un apposito paragrafo.

2.3.6 Altri fenomeni gravitativi

A monte di San Desiderio, in sinistra orografica, esiste una zona identificabile come Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.). Si tratta della porzione di versante collassata, con vergenza a W-NW, a valle di Punta Crovino, in cui è riconoscibile la zona di distacco e settori caratterizzati da dinamiche di versante differenti. Tale area viene richiamata nell'analisi della schede frana 15, 14, 21, 18 e 18 bis. Nel bacino non sono presenti altre forme rilevanti di questo tipo.

Per una puntale descrizione dello stato di dissesto interessante il bacino si rimanda alle schede analitiche di censimento dei fenomeni franosi.

2.3.7 Riporti artificiali

La parte bassa della valle del rio Nasche è coperta da una grande discarica ricavata verosimilmente con i materiali provenienti dallo scavo delle gallerie autostradali negli anni '60 (Fig. 2.3.7.1). La superficie della discarica è utilizzata come deposito di camper e roulotte. Il fronte della discarica, seppur abbastanza ripido non risulta aver mai dato problemi di stabilità. Il volume del riporto è stimabile grossolanamente in circa 125.000 m³.



Fig. 2.3.7.1 – La parte bassa del Rio Nasche con la grande discarica che la occupa totalmente

Un'altra discarica di dimensioni rilevanti è quella su cui sono costruiti i campi sportivi di San Desiderio. In questo caso i volumi in gioco sono molto minori ma la discarica è stata ricavata sul corpo della frana attiva e i muri di contenimento del materiale hanno subito alcuni cedimenti significativi. Non è da escludere totalmente l'ipotesi che il sovraccarico indotto dal riporto abbia potuto contribuire alla riattivazione dei movimenti franosi.

A valle di San Desiderio, sulla sponda sinistra dello Sturla, esiste un grande piazzale adibito a deposito di autovetture in demolizione. Pur essendo indicato come riporto artificiale su tutta la cartografia esaminata, la sua morfologia fa pensare ad una superficie ricavata mediante sterro della porzione a monte e riporto verso valle. Il volume complessivo del materiale ed il suo spessore non dovrebbero quindi essere particolarmente rilevanti.

2.3.8 Cave

Nel bacino dello Sturla non sono attualmente presenti cave attive. Le aree di cava abbandonate sono invece sparse un po' ovunque sul territorio sia sulle litologie calcaree sia su quelle argillose.

Le due cave di maggiori dimensioni sono situate nell'area del Rio Nasche: quella di Forte Ratti, alla sommità del sottobacino, e quella detta "Luvega" a monte della strada Borgoratti – Bavari, entrambe nella formazione dell'Antola. Le problematiche maggiori legate a queste due cave sono relative alla stabilità dei fronti, soprattutto per la cava Luvega (Fig. 2.3.8.1), ed alla presenza di materiale sciolto facilmente mobilizzabile durante gli eventi estremi.



Fig. 2.3.8.1 – Il fronte della cava Luvega

Altre cave di calcare marnoso, di dimensioni areali minori ma con fronti subverticali e potenzialmente fonte di pericolo sono situate nella zona di Borgoratti (Via Cadighiara, Via Posalunga) e lungo la strada per Bavari (Nasche), tutte interessate dalla presenza di abitazioni o attività produttive alla base dei fronti.

Piccoli fronti di cava di utilizzo locale sono inoltre presenti un po' ovunque nel bacino ma in genere non danno problemi rilevanti a causa delle esigue dimensioni.

Le ex cave di materiali argillitici, utilizzate nella varietà rossastra-violacea per la produzione di laterizi, sono invece situate nella zona di San Terenziano (cave Terrissi e Laghetto) con uno sviluppo "a trincea" e fronti di altezza piuttosto elevata. La stabilità di questi fronti è problematica a causa delle caratteristiche geomeccaniche della roccia ma le cave sono situate in un'area non interessata da manufatti e quindi non presentano situazioni di rischio in atto.

Tutte le aree di cava che non sono attualmente utilizzate per altri scopi, costituiscono una categoria a parte nella carta geomorfologica e sono state trattate come tali per la suscettività al dissesto.

2.3.9 Terrazzi fluviali

È stato distinto un solo ordine di terrazzi fluviali la cui estensione areale complessiva è piuttosto esigua (circa 0.27 km²); sono posizionati ad una quota non molto elevata rispetto all'attuale alveo, prevalentemente sul lato interno delle numerose anse descritte dal torrente e sono osservabili solo lungo l'asta principale, dalla foce fino all'altezza di S. Desiderio, a quota 110 m s.l.m. Siccome i terrazzi fluviali rappresentano una fra le poche aree pianeggianti in un ambiente generalmente molto acclive, sono stati interamente occupati dall'espansione urbanistica e, nel tratto montano, per scopi agricoli; conseguenza dell'intenso sfruttamento è stata la modificazione ed il mascheramento delle originarie caratteristiche morfologiche. Pressoché ovunque gli orli esterni delle superfici terrazzate sono stati stabilizzati e protetti tramite muretti a secco o in cls (Fig. 2.3.9.1) al fine di impedirne l'erosione da parte degli eventi di piena.

Questo assetto impedisce, in sostanza, l'osservazione diretta dei materiali costituenti i terrazzi fluviali le cui caratteristiche sono, quindi, solo in parte desumibili nelle poche aree dove i muri di contenimento sono crollati; qui si possono osservare terreni decisamente pedogenizzati costituiti da una matrice fine di colore bruno-rossastro inglobante clasti di dimensioni pluricentriche. Le osservazioni eseguite non sono comunque sufficienti a delineare un quadro completo delle caratteristiche di questi materiali e, pertanto, non è possibile formulare ipotesi relativamente alle eventuali differenze nelle modalità di trasporto, sedimentazione e assetto del bacino idrografico fra oggi e il periodo di deposizione delle alluvioni terrazzate.



Fig.2.3.9.1 – Terrazzo fluviale

2.3.10 Acclività

La carta dell'acclività è stata ricavata per via informatica utilizzando il modello digitale del terreno, con maglia 20 x 40 m, disponibile presso la Regione Liguria. Il grid di campionamento utilizzato è di 10 x 10 m tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.

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

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

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

In tabella viene riportato il valore totale delle aree appartenenti alle varie classi di acclività

<i>Classi di acclività</i>	<i>Σ aree m²</i>	<i>Percentuale</i>
1	417.243	3.21

2	975.352	7.50
3	2.718.693	20.91
4	3.503.365	26.95
5	4.889.409	37.61
6	488.225	3.76
7	6.526	0.05

Tab. 2.3.10.1 - Classi di acclività

Le classi 1 e 2 risultano prevalenti nella zona prossima alla foce in corrispondenza dei terrazzi marini in area urbana e lungo l'alveo nelle zone di alluvione. Nella parte alta del bacino le classi 1 e 2 sono rappresentate intorno all'abitato di San Desiderio in corrispondenza dell'affioramento di Argilliti di Montoggio. Altre piccole aree sub-pianeggianti si possono notare in corrispondenza di accumuli di frana (Pomà) e di zone di riporto (campi sportivi e discariche).

La classe più frequente sul bacino è la 5 (50 – 75 %), presente nelle vaste aree di affioramento dei Calcari dell'Antola soprattutto in zone non urbanizzate.

Le zone più acclivi sono presenti nelle parti alte dei sottobacini. Dall'analisi di questi si nota chiaramente come quasi tutti gli affluenti presentino una spiccata asimmetria dei versanti con il versante destro a pendenza maggiore del sinistro indipendentemente dal fatto che si tratti di affluenti di sponda destra o sinistra. (Rio Carpenea, Rio Canè, Rio Pomà e Rio Premanico in sinistra, Rio Nasche e altri bacini minori in destra). Le ragioni di questo sono da ricercare nell'assetto strutturale coerentemente con quanto espresso nel paragrafo sulla geologia.

In Fig 2.3.10.1 viene riportato il grafico delle frequenze delle varie classi di acclività.

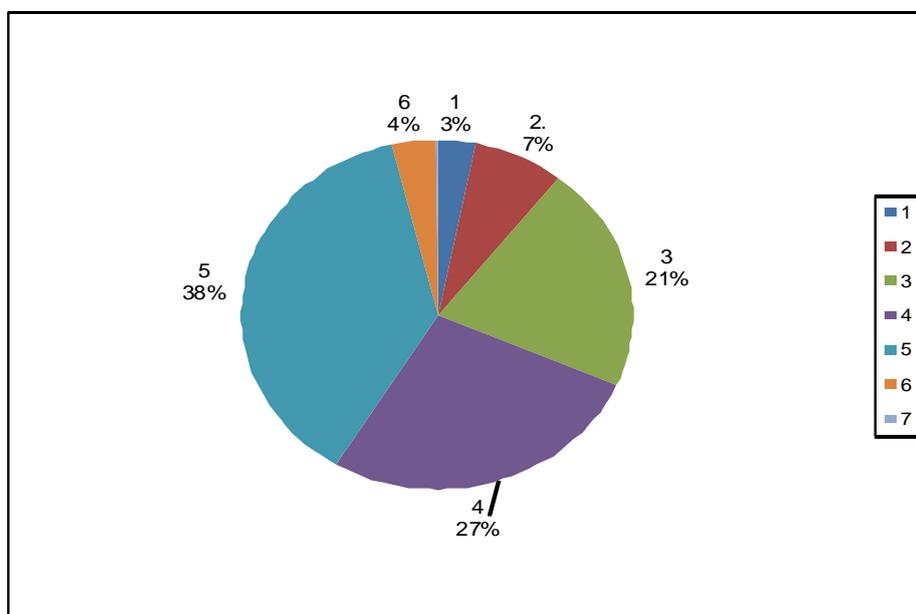


Fig. 2.3.10.1 – Frequenze delle diverse classi di acclività

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.

Le aree di affioramento delle Argilliti di Montoggio possono essere considerate impermeabili mentre la permeabilità della Formazione dell'Antola è molto variabile a seconda

della facies e della sua fratturazione. Nel complesso i calcari marnosi dell'Antola si possono considerare impermeabili localmente ma permeabili a grande scala per fratturazione, talvolta accentuata da corrosione carsica.

Tale caratteristica è molto importante in quanto spesso le acque di infiltrazione formano una vera e propria falda (o meglio "acqua di fondo") al contatto tra i calcari dell'Antola e le sottostanti argilliti generando, nelle zone di affioramento della falda, aree di impregnazione caratterizzate da marcata instabilità.

Le coltri di copertura sono state suddivise in permeabili e semipermeabili in base alla granulometria ed alla percentuale di matrice presente. I grandi accumuli detritici, quali la paleofrana di Pomà, sono considerati permeabili quando alla base dell'accumulo sono presenti scaturigini di una certa importanza.

Le aree urbanizzate, ad elevata densità, sono praticamente impermeabili a causa dell'alto grado di copertura dei suoli e la scarsa presenza di aree a verde pubblico e di superfici esposte che, se presenti, permetterebbero la filtrazione nel sottosuolo.

Le zone di coltre su Argilliti di Montoggio risultano spesso impregnate di acque sotterranee che vengono sfruttate da alcuni pozzi di limitata profondità. A tal riguardo sono state delimitate le zone di impregnazione sature localizzate, appunto, nell'areale in prossimità del toponimo "Sella di Bavari" e presso accumuli franosi quiescenti significativi, frana di Pomà e frana di Canè

Le sorgenti maggiori sgorgano alla base dei grandi accumuli franosi e nelle zone di contatto Calcari-Argilliti. In linea generale sono state rilevate e posizionate in cartografia 28 sorgenti e tre pozzi o derivazioni d'acqua.

La sorgente principale è quella di Pomà che sgorga da tre scaturigini separate con una portata media complessiva di 28 l/s. Altre sorgenti utilizzate per scopi idropotabili sono quelle di Bavari e di Sella di Bavari, entrambe con una portata di circa 4 l/s (RSTA, 1993).

Da segnalare anche, nel bacino del rio Pomà, la presenza di due piccole sorgenti carsiche che fuoriescono da due cavità impostate su bancate più calcaree della Formazione dell'Antola. La maggiore di queste cavità, la Tana Suia (n° Li-5 del Catasto delle Grotte della Regione Liguria), presenta uno sviluppo percorribile di 120 m; l'altra cavità (Pertuso do Paolin, Li-8) ha uno sviluppo di circa 20 m. La portata di magra di queste due sorgenti varia da circa 1 l/s per la Suia a 0.1 l/s per il Pertuso do Paolin.

2.5 Uso del suolo

La successiva analisi sull'uso del suolo, accorpando le superfici secondo le categorie indicate in legenda, permette di ottenere la seguente suddivisione percentuale della superficie del bacino:

• tessuto urbano continuo:	7%
• tessuto urbano discontinuo:	8%
• aree industriali e commerciali:	1%
• aree verdi urbane:	1%
• aree sportive/ricreative:	1%
• bosco:	46%
• prati e pascoli:	10%
• oliveti/culture arboree:	8%
• vegetazione arbustiva:	7%
• vegetazione rada o assente:	7%
• roccia affiorante:	1%
• corsi d'acqua:	1%
• seminativi:	1%

Nel bacino, in cui il punto più elevato è rappresentato dagli 848 m.s.l.m. del M. Bastia, sono compresi i popolamenti vegetali appartenenti ai seguenti orizzonti del piano basale:

- orizzonte delle alofite costiere, scarsamente rappresentato data la forte antropizzazione costiera.
- orizzonte delle sclerofille sempreverdi mediterranee (gariga, macchia, leccete).
- orizzonte delle latifoglie termofile (querceto a roverella, castagneto, bosco misto di caducifoglie a prevalenza di orniello e carpino nero).

Sui crinali esposti a nord, superfici consistenti di territorio sono state dedicate, in seguito a diboscamento e decespugliamento, a prato-pascolo.

Sono inoltre presenti lungo i corsi d'acqua specie tipiche di vegetazione riparia quali ontani e salici.

La presenza di formazioni a robinia ed altre specie infestanti quali ailanto, rovo e vitalba, peraltro non eccessivamente diffuse, si nota maggiormente presso strade, corsi d'acqua, in prossimità dei centri abitati e all'interno di formazioni boschive e colturali abbandonate.

Alle quote più elevate, in prossimità del crinale passante per M. Riega, sono presenti rimboschimenti a pino nero.

Il consorzio boschivo maggiormente rappresentato è il castagneto, entità prevalente della percentuale boschiva calcolata, sfruttato in passato quale coltura con forma di governo principale a ceduo; è presente in maniera preponderante nel settore di sinistra del bacino dall'alveo del torrente sino alle quote medio alte confinanti con le praterie pascolive.

La lecceta e il querceto a roverella sono le formazioni boschive che stanno recuperando ampi spazi di territorio abbandonato da attività agricole, favoriti dalla presenza di nuclei di macchia mediterranea a corbezzolo, ginestra ed erica. La lecceta è maggiormente presente su ambienti rupestri (forra presso Pomà, costoni rocciosi della Sella di Bavari) difficilmente raggiungibili e marginali per le attività contadine, il querceto

a roverella sui pendii maggiormente esposti su substrati calcareo marnosi drenati, con suoli di modesto spessore.

Le attività agricole sono in maniera predominante concentrate sulla coltivazione dell'olivo praticata principalmente sui versanti terrazzati esposti a sud situati tra Bavari e S. Desiderio pressapoco in coincidenza dei terreni a substrato argillitico della "formazione di Montoggio" e con coltivazioni residue attorno a Premanico, Apparizione e Borgoratti.

Una percentuale notevole del bacino è occupata dal tessuto urbano (17%) concentrato maggiormente nel settore costiero con carattere di continuità, e lungo la viabilità principale interna alla valle e lungo l'asta principale del torrente.

Indice di efficienza idrogeologica:

Considerando la notevole superficie di territorio a maggiore pendenza protetto da superfici boscate (benchè in preponderante stato di abbandono) e arbustive, aree dedicate a prato pascolo e attività agricole ancora sfruttate, si può ritenere che la classe da associare all'indice di efficienza idrogeologica sia, nel complesso, media.

Procedendo con un criterio di analisi per settori, l'area del bacino si può, generalizzando, così suddividere:

1) settore da foce a viadotto autostradale

è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo con presenza sporadica di aree dedicate a parco urbano e strutture sportive; aree con carattere di urbanizzazione discontinua per la presenza di edifici monumentali inseriti in un contesto di ampi spazi dedicati a parco e giardino (strutture ospedaliere del Gaslini e dell'ex Manicomio di Quarto); aree di edificazione recente sorte all'interno di bacini secondari quali il R. Penego interposte, canalizzando l'alveo, tra residue coltivazioni olivicole e piccole aree boscate in abbandono; aree (Borgoratti, Apparizione) che mantengono l'impronta data dagli originari caratteri rurali legati allo sfruttamento dell'olivicultura (pratica parzialmente ancora sfruttata), con edifici di minori dimensioni concentrati sui crinali e lungo la strada per il Monte Fasce.

2) asta principale del torrente

lungo il corso del torrente, affiancato dalla strada comunale per S. Desiderio e Bavari, si alternano aree ad urbanizzazione continua ad aree ad urbanizzazione discontinua e a nuclei storici compatti cresciuti attorno ad attività legate allo sfruttamento dell'acqua come forza motrice (mulini ecc.), in seguito sostituite o integrate da strutture ad uso residenziale e industriale; presso l'alveo sono presenti alcune aree adibite a seminativo e pascolo.

In corrispondenza dell'abitato di S. Desiderio si ha la confluenza tra il ramo principale del torrente, generato dalla confluenza tra R. Canè e R. Carpanea, e il R. Pomà che riceve le acque dalla breve asta originata dalla confluenza tra il R. Mezzano e il R. Ciapon; in quest'area, caratterizzata da una minor pendenza, la vicinanza alla città in espansione sta generando fenomeni di suburbanizzazione che portano alla graduale trasformazione di questa località in centro residenziale con l'instaurazione di attività commerciali e industriali (depositi, parcheggi, demolitori) o sportive (campi da calcio, campi da tennis) che occupano parti rilevanti del territorio urbano.

3) frazioni interne al bacino

questi piccoli centri (Bavari, Premanico) presentano caratteri di urbanizzazione discontinua e di ruralità legati alle rilevanti attività agricole ancora presenti con prevalenza della coltivazione dell'olivo; anche in queste località si assiste a una graduale trasformazione in centri di accoglienza periurbana.

Pomà e S. Terenziano mantengono tuttora caratteristiche di isolati minuscoli centri rurali.

4) versante in sponda destra

area caratterizzata da forte acclività dedicata in passato per la sua esposizione prevalente a sud a colture su terrazzamenti e sfalcio.

La minor qualità e redditività delle colture in lavorazione, l'acclività e la lontananza dagli abitati di media e bassa valle hanno portato, più che negli altri versanti, all'abbandono che, in mancanza di manutenzione delle opere in terrazzamento con le relative regimazioni idrauliche, innescano potenziali situazioni di dissesto idrogeologico.

E' inoltre presente in questo settore la quasi totalità di aree dedicate allo sfruttamento per materiali di cava.

L'abbandono e il degrado è inoltre aggravato dal ripetuto succedersi di incendi che hanno ringiovanito a più riprese la dinamica vegetazionale tendente alla ricostituzione del manto arboreo a prevalenza di lecci e roverelle che potrebbe offrire un aiuto concreto all'azione di salvaguardia del suolo.

Si possono quindi osservare, lungo il crinale che dal Chiappeto raggiunge la Sella di Bavari, zone a macchia mediterranea a corbezzolo, erica e ginestra alternate a gariga, bosco (con prevalenza di lecci e roverelle) e vegetazione rada o assente

5) versante in sponda sinistra

settore di maggior estensione in cui gran parte della superficie è prevalentemente coperta da bosco a castagno in prevalente situazione di abbandono; nei versanti esposti a sud, su substrato calcareo talora affiorante (versante destro Rio Pomà), il castagneto è in progressiva trasformazione in bosco termoxerofilo a roverella, alternato a lembi di macchia mediterranea a corbezzolo ed erica e lembi di lecceta nelle zone più impervie. Nelle aree esposte a nord il castagneto subisce l'espansione di un sottobosco prevalentemente a rovo e l'intromissione di specie mesofile quali orniello e frassino.

Un'ampia fascia a cavallo del crinale tra il M. Borrigha, M. Fasce, M. Bastia e M. Riega, è dedicata a prato-pascolo ancora sfruttato.

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 Asta principale

I sopralluoghi effettuati sul torrente Sturla, nel corso del periodo febbraio-marzo 2000, 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.

A partire da San Desiderio si è suddivisa l'asta principale del torrente in tre tratti ritenuti omogenei, nella sezione di chiusura di ciascuno dei quali è stata calcolata la portata di massima piena a vari tempi di ritorno.

- Tratto I: Via Apparizione - Foce*
Tratto II: Molino Maccagno – Via Apparizione (Borgoratti)
Tratto III: San Desiderio – Molino Maccagno

Nel seguito si fornisce una descrizione del corso d'acqua, secondo i tre tratti indicati, procedendo da monte verso valle. Nell'Allegato I4 Tavola 11 sono riportate le sezioni idrauliche: la descrizione verrà effettuata per tratti secondo lo schema indicato in Fig. 2.6.1.1.

La parte più montana del torrente Sturla non viene descritta dettagliatamente nel seguito, poiché non risulta essere stata storicamente soggetta a fenomeni di esondazione e non vi sono particolari elementi a rischio.

2.6.1.1 Tratto III

Il tratto compreso tra San Desiderio, a valle della confluenza con il rio Pomà, e Molino Maccagno presenta un andamento tortuoso, con la formazione di diverse anse, in cui si sono concentrati i principali insediamenti (Nasche, Binella, Cascine, Molino Maccagno), che, spesso, si sono sviluppati lungo il corso d'acqua, senza mantenere la sufficiente distanza di sicurezza. Fino a Nasche l'alveo scorre prevalentemente sulle alluvioni mobili mentre a valle, fino alla confluenza con il Rio Premanico, prevalgono gli affioramenti di roccia. Le principali problematiche di tipo geomorfologico individuabili nella fascia di interazione fra l'idrografia ed i versanti sono costituite da alcuni fenomeni di dissesto la cui riattivazione può essere imputabile anche all'azione erosiva del torrente; in questi dissesti si possono individuare le principali fonti di materiale che alimentano il carico solido del corso d'acqua durante gli eventi di piena. Sulla base di questa considerazione si può pertanto affermare che le piene fluviali possono rappresentare una causa innescante i dissesti di versante e a loro volta questi ultimi possono incrementare, con improvvisi aumenti del carico solido, la pericolosità delle piene. Nella casistica sopra descritta si possono includere la frana a monte della confluenza del Rio Premanico (Fig. 2.6.1.1.1) e quella già descritta di Loc. Cascine (Fig. 2.6.1.1.28), per quanto riguarda il tratto di alveo fino a S. Desiderio, che, tuttavia, coinvolgono volumi modesti di materiale. Consistenza molto più rilevante rivestono, invece, le due frane attive di S. Desiderio e Bavarelli (quest'ultima in Figg. 2.6.1.1.3-2.6.1.1.4), localizzate frontalmente l'una all'altra rispettivamente in sponda sinistra e destra del T. Sturla, a monte della confluenza del Rio Pomà.

L'ampiezza del letto dell'alveo è piuttosto variabile: si mantiene sui quindici metri, con locali allargamenti presso la briglia 24, la briglia 33 e soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento fognario, e restringimenti presso il ponte 9.5 e a valle del ponte 49.5.

Per lunghi tratti si riscontra la mancanza di un'arginatura continua: in particolare, nelle località sopra citate, si è rilevata la presenza di case sulle sponde, soggette a notevole rischio.

La realizzazione dell'attraversamento fognario (sezione 46), che viene a costituire un vero proprio sbarramento del corso d'acqua, ha provocato un notevole deposito a monte, con conseguente rialzo del livello del fondo e del pelo libero: secondo le testimonianze degli abitanti di Binella, detto intervento, in concomitanza con l'ostruzione del ponte 41.5, causa l'inondazione di aree prima in sicurezza. La briglia 46 è inoltre fortemente danneggiata: la spalla sinistra è stata, infatti, scalzata, poiché fondata in un terreno privo delle necessarie caratteristiche di resistenza, trattandosi di un terrazzo fluviale costituito dai depositi alluvionali del corso d'acqua. Fino all'altezza della confluenza del Rio Premanico il torrente scorre sui depositi alluvionali le cui dimensioni granulometriche paiono aumentare in maniera grossomodo graduale procedendo da un punto di massima curvatura al successivo; subito a monte delle anse si trova frequentemente un notevole accumulo di materiale grossolano. Il fatto che a valle della briglia l'alveo sia prevalentemente in roccia mentre a monte sia prevalentemente in alluvioni mobili è imputabile all'interferenza dell'opera in alveo con il trasporto solido.

Per un tratto iniziale, a valle del ponte sulla confluenza con il rio Pomà, vi sono delle case in sponda destra, con finestre dei piani interrati sull'alveo (Fig. 2.6.1.1.2). In occasione dell'alluvione del 1992 la passerella è stata ostruita da alberi e ne è conseguito un locale allagamento.

Procedendo verso valle, in sponda sinistra, presso il ponte, si trova un piazzale utilizzato da un deposito degli automezzi rimossi dal Comune, ed in sponda destra l'argine è costituito da un muro a secco, non in buone condizioni di manutenzione, a tergo del quale transita via E. Bisagno.

Subito a valle della passerella pedonale 9.5, si segnala la presenza in sponda sinistra di un gruppo di case, di poco sopraelevate rispetto al fondo alveo (Fig. 2.6.1.1.5). Tra il ponte 9.5 e il ponte per Premanico (sezione 16.5), l'argine in sponda destra risulta molto discontinuo, con situazione di pericolo dovuto alla presenza di abitazioni in fregio all'alveo (Fig. 2.6.1.1.6 e 2.6.1.1.7). A valle del ponte, in sponda destra, l'argine è costituito da un muretto in calcestruzzo, dietro cui si trova un pianoro e un gruppo di case (Fig. 2.6.1.1.8): la zona risulta storicamente inondata. Poco più a valle in corrispondenza della briglia 19.5 l'argine presenta di nuovo una discontinuità (Fig. 2.6.1.1.9).

Procedendo oltre, il torrente inizia ad assumere un andamento meandriforme: gli interni curva risultano storicamente inondata. Scendendo verso Nasche si incontra, in sponda sinistra, a monte del ponte 21.5, un'altra area pianeggiante non protetta da argini (Fig. 2.6.1.1.10). L'alveo presenta a valle della briglia 24, in corrispondenza di un locale allargamento della sezione, un notevole deposito nella zona centrale (Fig. 2.6.1.1.11), a testimonianza di un forte trasporto solido. In prossimità della confluenza del R. Nasche nell'alveo del T. Sturla si osservano consistenti depositi di materiale grossolano che riduce la capacità di deflusso della sezione afferente del R. Nasche. Nell'interno curva in prossimità della scuola abbandonata di Nasche (sezione 27) sono segnalati sormonti superiori al metro, mentre nella successiva curva sinistra il muro di cinta è stato sfondato dalla corrente in piena: nell'interno curva si continua a riscontrare un notevole accumulo di materiale di pezzatura grossolana.

Dalla sezione 27 inizia in sponda destra la condotta fognaria in bauletto in cls sostenuta da plinti in c.a.

Nella briglia 33 è stata ottenuta una derivazione d'acqua (Fig. 2.6.1.1.12). L'argine in sponda sinistra è discontinuo, probabilmente a causa di crolli e rifacimenti parziali: a sinistra della briglia, si trova un muro privato in cls, che si innesta su un muro a secco probabilmente crollato, con un cancelletto per l'accesso in alveo, che costituisce un varco per l'acqua nel giardino retrostante (Fig. 2.6.1.1.13) e poco più a valle un altro muro in cls si interrompe (Fig. 2.6.1.1.15).

Dalla sezione 33, in località Nasche, fino alla sezione 41 in località Binella, il torrente scorre in una zona di campagna, priva di insediamenti urbani: in sponda destra prosegue la condotta fognaria, con alle spalle un muro a secco, in sponda sinistra, l'alveo è limitato dal versante, che in alcuni punti è in frana (Fig. 2.6.1.1.16). Sono stati rinvenuti dei blocchi di calcestruzzo di dimensione consistente, residui delle opere ausiliarie realizzate per la costruzione della fognatura (Fig. 2.6.1.1.17).

In località Binella, come già riportato, sono segnalate inondazioni recenti limitate (Figg. 2.6.1.1.18 e 2.6.1.1.19). A valle, la traversa realizzata per l'attraversamento della fognatura ha creato le condizioni di inondazioni in destra, provocando il sovralluvionamento del letto del torrente, come testimoniato dai notevoli depositi di materiale (Figg. 2.6.1.1.21, 2.6.1.1.22 e 2.6.1.1.23). Il ponte 41.5 è stato ricostruito non più con una campata a volta, come era originariamente, ma con una pila: questo ha contribuito a creare condizioni sfavorevoli per il deflusso, tanto che nelle recenti eventi alluvioni la sezione è stata quasi completamente ostruita da alberi e lamiere (Fig. 2.6.1.1.20).

Nel tratto compreso tra Località Binella e Cascine, il torrente è limitato in sinistra dal versante, in condizioni di dissesto, e in sponda destra dalla fognatura, con alle spalle un piccolo terreno a prato, sopraelevato di circa 2 m rispetto al fondo alveo.

Nell'ansa successiva, si incontra l'abitato di Cascine, con case lungo entrambe le sponde, poste a quote modeste, dove gli allagamenti sono frequenti (Figg. 2.6.1.1.24 e 2.6.1.1.25). Il letto dell'alveo si presenta roccioso.

Il ponte 49.5, analogo al precedente, ha la pila completamente scalzata (Figg. 2.6.1.1.26 e 2.6.1.1.27); la briglia posta a valle è danneggiata e quindi non svolge la funzione di protezione del piede della pila dall'azione di scavo della corrente. Il ponte successivo (sezione 55.5) presenta anch'esso segni di erosione al piede (Fig. 2.6.1.1.29); verso valle la sezione risulta ristretta per una trentina di metri a causa della presenza di sporgenze rocciose (Fig. 2.6.1.1.30).

Procedendo verso valle, si raggiunge il centro abitato di Molino Maccagno. Le case, soprattutto a monte del ponte 60.5, sono a bassa quota e poste proprio in fregio all'alveo (Fig. 2.6.1.1.31): anche in questo tratto le sporgenze rocciose in alveo riducono significativamente la sezione (Fig. 2.6.1.1.32) e il letto del torrente risulta significativamente sovralluvionato (Fig. 2.6.1.1.33). Nell'impalcato del ponte 60.5 i ferri sono parzialmente scoperti.

2.6.1.2 Tratto II

La porzione di torrente compresa tra Molino Maccagno e via Apparizione prosegue ancora con un andamento meandriforme fino alla sezione 86, a valle dell'autostrada: successivamente il tracciato si presenta più rettilineo, fino alla curva, comunque graduale, dopo il ponte di Borgoratti.

In tutto questo tratto è osservabile un fenomeno che caratterizza anche la parte dell'asta principale, fino a Nasche: in corrispondenza del punto di massima curvatura delle anse descritte dal torrente si incontrano "gradini" naturali (dove questi non sono stati mascherati o obliterati dalla messa in opera di briglie) che comportano un salto nella quota dell'alveo dell'ordine di alcune decine di centimetri. Tali rotture di pendenza sono talora incise nella

roccia del substrato mentre spesso sono rappresentate da accumuli cospicui di depositi alluvionali localizzati frequentemente al centro dell'alveo (Fig.2.6.1.1.14).

Un altro tratto peculiare è la ricorrenza sempre più frequente di affioramenti del substrato in alveo, al punto che si può affermare che fra Molino Maccagno e Cadighiara il torrente scorra in roccia (Fig. 2.6.1.1.30) con presenza di locali accumuli alluvionali, posizionati soprattutto sul lato interno delle anse e costituiti prevalentemente di materiali grossolani.

L'ampiezza della sezione è piuttosto irregolare: si restringe considerevolmente a monte del ponte 71.5, si allarga poi a valle (da 6 m a 37 m), in presenza di un'ampia curva, per restringersi nuovamente a valle dell'autostrada (sezione 85) ad una ventina di metri, arrivando a 15 m nella sezione 91; un locale ampliamento presso la passerella 93.5, che misura 17 m, è seguito dal restringimento dovuto al ponte di Borgoratti (sezione 97.5, con 14 m di larghezza), infine la sezione raggiunge una larghezza di una trentina di metri nel tratto compreso tra i due ponti 103.5 e 109.5.

Entrambe le sponde risultano fortemente antropizzate soprattutto a valle del ponte di Borgoratti, dove inizia il tratto più propriamente cittadino: a monte si incontrano gruppi di case in sponda destra, mentre in sponda sinistra l'alveo è confinato dal versante.

La principale criticità di questo tratto del torrente Sturla consiste proprio nella zona a valle del ponte di Borgoratti, dove in eventi passati si sono verificati battenti superiori al metro e alte velocità di scorrimento con danni fino al ponte successivo.

A valle del ponte 60.5, la sezione si restringe, in corrispondenza di un nucleo di case, per allargarsi nuovamente a valle del ponte 71.5, dove, peraltro, è situato un altro insediamento, con i piani abitati a circa 2 m dal fondo alveo e una strada in sponda sinistra (Figg. 2.6.1.2.1, 2.6.1.2.2 e 2.6.1.2.3). A valle della briglia 74 si è formato un grande accumulo di materiale. Procedendo verso valle, si incontra in destra una zona golenale coltivata ad orti; in sponda sinistra la fognatura fiancheggia l'alveo e alle spalle segue una strada. L'argine destro a monte del ponte 77.5 è molto elevato, mentre a valle delle case insistono sul torrente, a bassa quota rispetto il fondo su entrambe le sponde (Figg. 2.6.1.2.4 e 2.6.1.2.5). Il ponte 77.5, inoltre, presenta un'arcata chiusa per metà da un setto in cls e la sua sezione è ostruita da un forte deposito a monte. Poco a valle è localizzata la briglia 80, interessata da un forte accumulo di materiali a valle (Fig.2.6.1.2.6).

Proseguendo fino a giungere al ponte 86.5, il torrente a sinistra è limitato dal versante e a destra costeggiato dal condotto fognario, di cui sono stati rilevati danni strutturali: in particolare la platea è erosa e un pilastro ha i ferri scoperti (Fig. 2.6.1.2.7). Presso Cadighiara in sponda destra ed a Peietti in sponda sinistra si trovano due evidenti anse abbandonate.

Una situazione di notevole pericolo si registra presso il ponte di Borgoratti, di cui l'unica arcata destinata al deflusso delle acque è parzialmente ostruita da via del Borgo, che durante gli eventi di piena viene a costituire una sorta di secondo alveo con velocità di scorrimento tali da trascinare le auto in sosta (Fig. 2.6.1.2.8).

L'argine destro in cls prosegue fino alla passerella 103.5 e mostra i segni di una forte erosione al piede (Figg. 2.6.1.2.9 e 2.6.1.2.10). Tra la passerella 103.5 (Fig.2.6.1.2.11) e il ponte 109.5, gli argini si mostrano piuttosto discontinui su entrambe le sponde, con un alternarsi di scarpate in stato di degrado e muri in calcestruzzo, non sempre in buone condizioni. Anche in questo tratto ci sono segni di forte trasporto solido, con abbondanti depositi.

2.6.1.3 Tratto I

Il tratto terminale del Torrente Sturla, compreso tra il ponte di Via Apparizione e lo sbocco in mare, presenta le maggiori problematiche in quanto le aree limitrofe all'alveo sono densamente antropizzate e talvolta sono presenti ingombri per il deflusso delle acque all'interno dell'alveo stesso. La parte terminale del torrente Sturla è stata soggetta a fenomeni di inondazione che hanno provocato ingenti danni sia da un punto di vista economico sia in termini di vite umane. L'alveo presenta ancora un andamento tendenzialmente meandriforme, con una brusca curva in corrispondenza del ponte della ferrovia, a valle del quale, poi, è stato rettificato.

A valle dei ponti 109.5 e 113.5 (Fig. 2.6.1.3.1) in sponda sinistra, una strada privata costeggia l'alveo (Fig. 2.6.1.3.2), con muro in cls di circa 2 m di altezza che continua verso valle fino ad una quindicina di metri a monte del ponte successivo, quando inizia a salire per raccordarsi con l'estradosso della passerella; in sponda destra la sezione si allarga ed una parte è occupata da orti, alle cui spalle si alza un muro piuttosto alto (Fig. 2.6.1.3.1). Si riscontra in tale tratto un notevole deposito. Il tronco successivo è caratterizzato dalla presenza di due palazzi: di fronte al primo si erge un muro che prosegue come una scarpata in corrispondenza del secondo. A valle della confluenza del Rio Beatella, affluente di sinistra all'altezza di via Apparizione, in corrispondenza del ponte 113.5, si trova un notevole accumulo di materiali grossolani (> 20 cm) che sovralluvionano l'alveo.

La passerella 120.5 è un ponte privato, molto alto, che permette l'accesso ad un palazzo. Subito a monte del ponte, in sponda destra, c'è un cortile, da cui si può accedere all'alveo, a quota bassa.

La briglia 123 (Fig. 2.6.1.3.3), dopo cui si nota un notevole deposito, dovrebbe, secondo le indicazioni del progetto a cura del Prof. E. Marchi, essere dragata per un tratto della lunghezza di 100 m e una profondità di 1 m, ed il materiale dovrebbe essere rimosso una volta l'anno e dopo gli eventi di piena, così da intercettare gran parte del trasporto solido. Si segnala il crollo, in prossimità della sezione di valle, del muro in cls, di contenimento per via Campanule (Fig. 2.6.1.3.4).

A valle della sezione 127, in destra, il torrente è fiancheggiato dal muro di contenimento di via dell'Arena fino alla passerella al di sotto di Corso Europa. In sponda sinistra l'argine in cls è alto circa 2 m: la zona a tergo è occupata da un pianoro, in cui è stata realizzata una boccifila (Fig. 2.6.1.3.5). In adiacenza della pila del viadotto di C. Europa, la platea risulta completamente scalzata (Fig. 2.6.1.3.6). A valle di Corso Europa, in sponda sinistra, vi è un'area pianeggiante sita al di sopra di una scarpata di 3 m (Fig. 2.6.1.3.7): il muro di cinta della zona militare, ivi collocata, è segnalato come pericolante. A partire da Corso Europa fino a monte del Dipartimento di Farmacia dell'Università di Genova, l'alveo è in materiali sciolti di dimensioni mediamente minori di 20 cm con presenza locale di massi di dimensioni anche superiori. Il primo affioramento roccioso in alveo si incontra in sponda destra all'esterno della prima ansa a valle di Corso Europa; questa evidenza sembra indicare una potenza ridotta del materasso alluvionale della piana.

Il ponte di via delle Casette e via Pontevecchio (sezione 131.5) crea un ostacolo al deflusso della corrente, tanto che nelle indicazioni suggerite dal Prof. Marchi se ne consiglia la ricostruzione senza pila. Procedendo verso valle si è constatato che le aree non edificate limitrofe al torrente, che potrebbero svolgere un'opportuna laminazione della portata di massima piena, sono spesso occupate da baracche e coltivazioni ad orti (Fig. 2.6.1.3.8): il caso più eclatante sono le costruzioni (una baracca, un circolo ricreativo, un laboratorio per la lavorazione del marmo) in alveo, subito a monte del ponte romano in sponda destra, che riducono la sezione di 15 m (Fig. 2.6.1.3.10). In sponda destra, vi sono, come già accennato,

varie costruzioni; la caserma dei Carabinieri è cinta da un alto muro, che però, in corrispondenza del ponte di via Pontevecchio, è interrotta da un cancello. In sponda sinistra, a monte del ponte romano, si presenta una situazione molto variabile: un muro, la cui platea è erosa al piede (Fig. 2.6.1.3.9), porzioni di argini in scogliera e gabbioni in cattive condizioni di manutenzione, e subito a monte del ponte romano abitazioni in fregio al torrente (Fig. 2.6.1.3.11).

Il ponte romano 135.5 è una costruzione massiccia a due arcate, di cui una è parzialmente ostruita da un notevole riporto artificiale a valle (Fig.2.6.1.3.12). In sponda destra il torrente è arginato dai muri di cinta della zona militare, mentre in sponda sinistra non esiste un'arginatura continua, in quanto realizzata da baracche e muri, peraltro molto discontinui (Fig.2.6.1.3.15), di edifici che insistono direttamente sull'alveo: in particolare si segnala l'officina subito a valle del ponte, che risulta frequentemente inondata (Fig. 2.6.1.3.13), un palazzo con piano interrato a bassa quota rispetto al torrente (Fig. 2.6.1.3.14) e una fabbrica abbandonata, più volte allagata in passato.

L'edificio della ex Sutter (Fig. 2.6.1.3.16), ora sede della facoltà di Farmacia, occupa per metà la sezione del torrente, ostacolando il deflusso della piena, anche a causa della presenza di 7 pilastri allineati longitudinalmente in alveo.

Il tratto a valle è stato oggetto di rilevanti interventi di messa in sicurezza, con il rifacimento della tombinatura di via Cembrano, la demolizione di due attraversamenti, il ripristino delle arcate ostruite sotto il ponte della ferrovia e sotto quello dell'Aurelia, nonché la realizzazione di nuovi argini su entrambe le sponde.

Il torrente Sturla sfocia in mare in corrispondenza del quartiere omonimo subito a valle del ponte di via dei Mille; la presenza di una consistente barra di foce (Fig. 2.6.1.3.21) rallenta il deflusso delle acque di magra che, pertanto, generano un laghetto che occupa interamente l'alveo, qui rettificato, fino all'altezza del ponte ferroviario. È molto probabile che l'assetto originario del corso d'acqua fosse caratterizzato dalla presenza di un'ansa anche in quest'ultimo tratto dove la piana alluvionale si estende in maniera irregolare e lobata incassata fra due terrazzi marini.

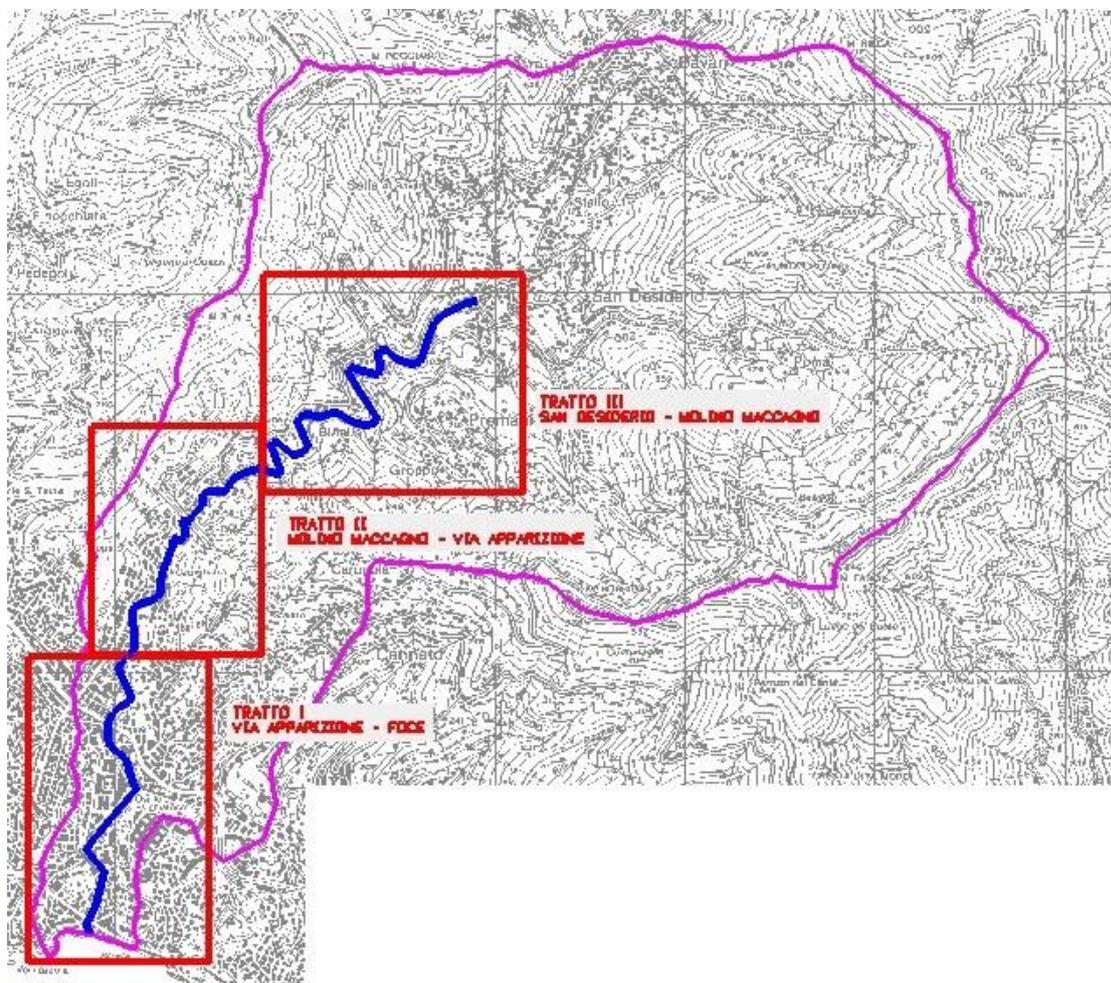


Fig. 2.6.1.1 – Suddivisione schematica dei tratti studiati



Fig. 2.6.1.1.1 - Soil slip in sponda sinistra dello Sturla poco a monte della confluenza con il rio Premanico(v. scheda frana n° 31).



Fig. 2.6.1.1.2 - San Desiderio, passerella sulla confluenza con il rio Pomà: case in alveo.



Fig. 2.6.1.1.3 - Torrente Sturla, a monte di San Desiderio: apporti detritici localizzati (v. scheda frane n°20).

Fig.2.6.1.1.4 - Torrente Sturla, a monte San Desiderio: trasporto solido e vegetazione in alveo, in prossimità di aree soggette a movimenti franosi (v. schede frane n° 10 e 18 bis).





Fig. 2.6.1.1.5 - Sponda sinistra a valle della passerella 9.5: case in fregio all'alveo.



Fig. 2.6.1.1.6 - Sponda destra a monte del ponte per Premanico (sezione 9): per una quindicina di metri l'argine è assente.



Fig. 2.6.1.1.7 - Sponda destra a monte del ponte per Premanico: casa con finestre e porticato in alveo. Si può notare anche il deposito.



Fig. 2.6.1.1.8 - Sponda destra a valle del ponte di Premanico: gruppo di case in fregio all'alveo.



Fig. 2.6.1.1.9 - Briglia 19 vista da valle, dove l'argine si interrompe.



Fig. 2.6.1.1.10 - Sponda sinistra a monte del ponte 21.5: le case non sono protette da argini.



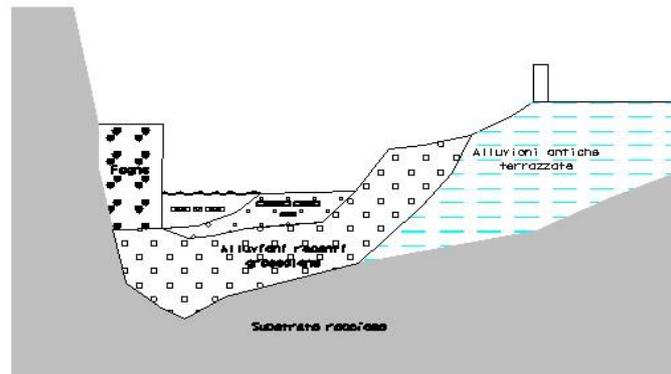
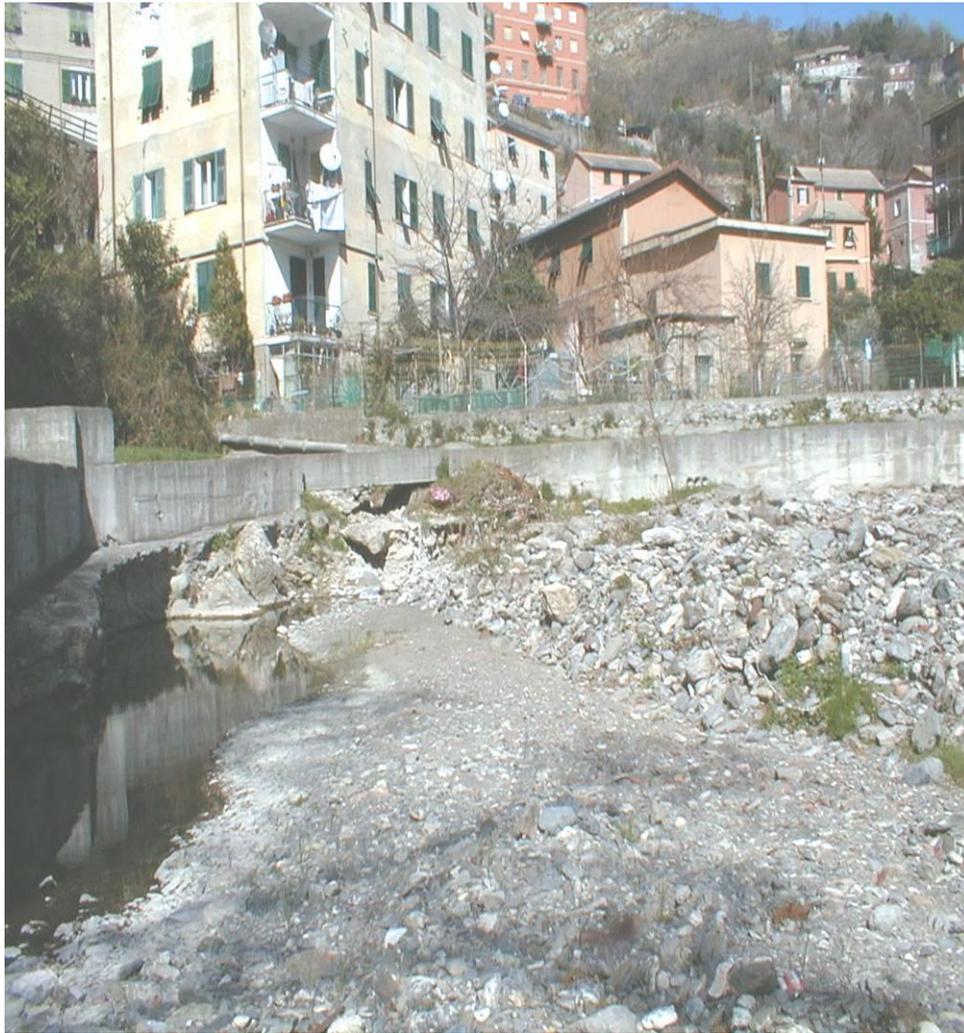
Fig. 2.6.1.1.11 - A valle della briglia 24: accumulo centrale di materiale di pezzatura grossolana.



Fig. 2.6.1.1.12 - Briglia 33 vista da monte: è stata realizzata anche una derivazione d'acqua. Si vede in sponda destra la condotta fognaria.



Fig. 2.6.1.1.13 - Briglia 33 vista da valle: muro privato con accesso in alveo.



2.6.1.1.14 - Gradino morfologico in alveo con sezione interpretativa non in scala, in prossimità della briglia 33.

4



Fig. 2.6.1.1.15 - Sponda sinistra a valle della briglia 33: il muro in cls si interrompe probabilmente in seguito ad un crollo.

Fig 2.6.1.1.16 – Versante sinistro in frana *sull'alveo*, in prossimità del Premanico (v. scheda frana n°31).



Fig. 2.6.1.1.17 - Lastra in calcestruzzo, residuo delle opere di servizio realizzate in occasione della costruzione della fognatura.



Fig. 2.6.1.1.18 - Vista dall'alto di Località Binella.



Fig. 2.6.1.1.19, Località Binella: gruppo di case nell'interno curva. Si può notare il deposito.



Fig.2.6.1.1.20 - Ponte 41.5 visto da valle: il ponte, un tempo con campata a volta, è stato ricostruito con una pila e nelle recenti alluvioni è stato ostruito da alberi e lamiere, provocando l'allagamento delle case adiacenti.



Fig. 2.6.1.1.21 - Briglia 46, realizzata per l'attraversamento fognario, vista da valle. Si vede un cumulo di frana di massi di diametro di circa 1 m.

Fig. 2.6.1.1.22 - Briglia 46 vista da monte. Si può notare il deposito a monte dell'attraversamento.



Fig.2.6.1.1.23 - Briglia 46, la spalla sinistra è crollata.



Fig. 2.6.1.1.24 – Ponte 49.5: in sponda sinistra l'argine si abbassa in corrispondenza di una strada.



Fig. 2.6.1.1.25 - Case in alveo in sponda destra a valle del ponte 49.5.



Fig. 2.6.1.1.26 - Ponte 49.5 vista da valle: la briglia a valle del ponte è danneggiata. Esempio di tratto con alveo in roccia.

Fig. 2.6.1.1.27- Particolare del ponte 49.5: il piede della pila è completamente scalzato.



Fig. 2.6.1.1.28 - Dissesto di modesta entità con il piede in alveo.



Fig. 2.6.1.1.29 - Ponte 55.5:, vista da valle. Segni di erosione al piede delle pile.

Fig. 2.6.1.1.30 - Ponte 55.5 visto da valle: sporgenze rocciose in alveo.



Fig. 2.6.1.1.31 – Ponte 60.5: a monte del ponte, in sponda destra, le case si affacciano sull'alveo. Si può notare l'abbondante deposito.



Fig. 2.6.1.1.32 - Molino Maccagno: letto dell'alveo in roccia.



Fig. 2.6.1.1.33 - Sovralluvionamento.



Fig. 2.6.1.2.1 - Ponte 71.5: a monte del ponte, la sezione si restringe; in sponda sinistra un gruppo di case prospicienti il torrente.



Fig.2.6.1.2.3 - Sponda destra a valle del ponte 71.5: i piani abitati sono a circa 2 m dal fondo alveo, non protetti da argini.



Fig. 2.6.1.2.2 - Ponte 71.5, vista verso valle; si noti il bauletto fognario in sinistra.



Fig.2.6.1.2.4 - Sponda destra a valle del ponte 77.5: le case sono prospicienti l'alveo, con un argine di circa 1 m.



Fig. 2.6.1.2.5 - Sponda destra a valle del ponte 77.5: la casa è in restauro, ed è in opera la costruzione di un muretto.



Fig. 2.6.1.2.6 - Briglia 80: accumulo a valle della briglia.

Fig.2.6.1.2.7 - La fognatura in corrispondenza dell'autostrada presenta danni strutturali.





Fig. 2.6.1.2.8 – Ponte di Borgoratti: via del Borgo viene inondata con alte velocità di scorrimento

Fig. 2.6.1.2.9 – Erosione al piede dell'argine destro.

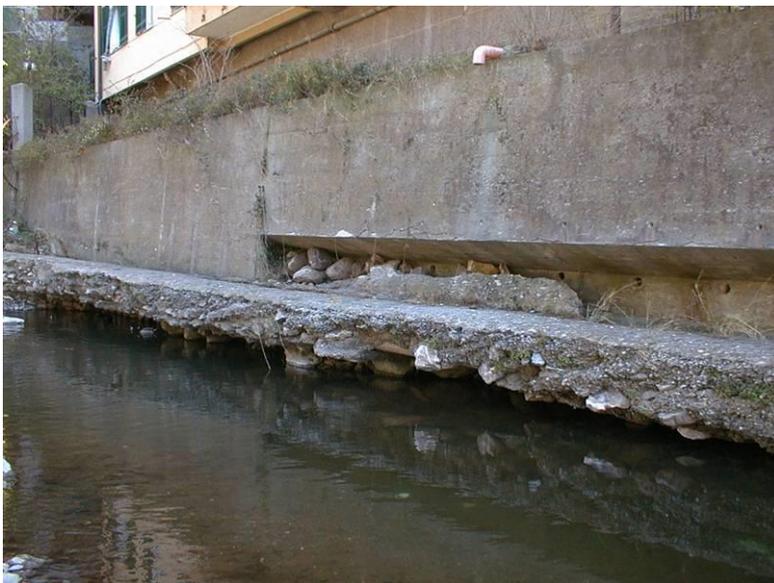


Fig. 2.6.1.2.10 – Argine sinistro a valle del ponte di Borgoratti: segni di erosione al piede



Fig. 2.6.1.2.11 – passerella 103.5: la sponda sinistra è in stato di degrado, alle spalle si allarga un piccolo pianoro coltivato ad orti. In prossimità della passerella c'è un giardino pubblico



Fig. 2.6.1.3.1 e 2.6.1.3.2 - Ponte 113.5, vista verso valle: in sponda sinistra una strada fiancheggia il torrente, in sponda destra, in prossimità di un'ampia curva la sezione si allarga e l'area golenale è occupata da orti. E' visibile anche il palazzo sito in fregio all'alveo.



Fig. 2.6.1.3.3 - Briglia 123 vista da valle: si può notare l'abbondante deposito a valle della briglia.



Fig. 2.6.1.3.4 - Crollo del muro di contenimento di via Campanule, presso la briglia 123.



Fig.2.6.1.3.5 - Corso Europa: in sponda sinistra è collocata una bocciofila, in sponda destra l'alveo è contenuto da un alto muro fino alle pile del ponte di Corso Europa.

Fig. 2.6.1.3.6 - La platea delle pile del ponte di Corso Europa risulta scalzata al piede.



Fig. 2.6.1.3.7 - A monte del ponte 131.5: in sponda sinistra, a tergo della scarpata, è sita una zona militare delimitata da un muro pericolante.

Fig. 2.6.1.3.8 - Ponte 131.5, sponda sinistra a valle: l'alveo è occupato da un orto, con una piccola discarica.



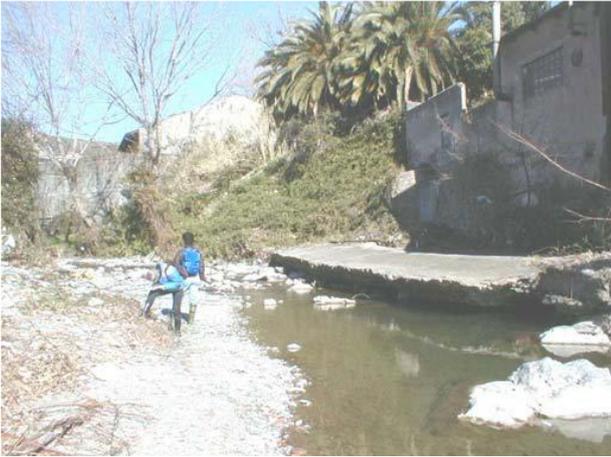


Fig. 2.6.1.3.9 - Sezione 133.5: la platea al piede del muro è completamente erosa.



Fig. 2.6.1.3.10 - A monte del ponte romano: si vede la baracca che provoca il restringimento della sezione subito a monte del ponte.



Foto 2.6.1.3.11 - Sponda sinistra a monte del ponte romano, le case sono a bassa quota rispetto l'alveo, non protette da argini.



Fig. 2.6.1.3.12 - Ponte romano: il ponte romano è a due arcate e crea un notevole ostacolo al deflusso. A valle del ponte si è determinato un deposito considerevole di materiale.



Fig. 2.6.1.3.13 - A valle del ponte romano, in sinistra, l'argine si abbassa in prossimità di un'officina, frequentemente inondata. E' visibile anche lo sbocco del rio Penego.

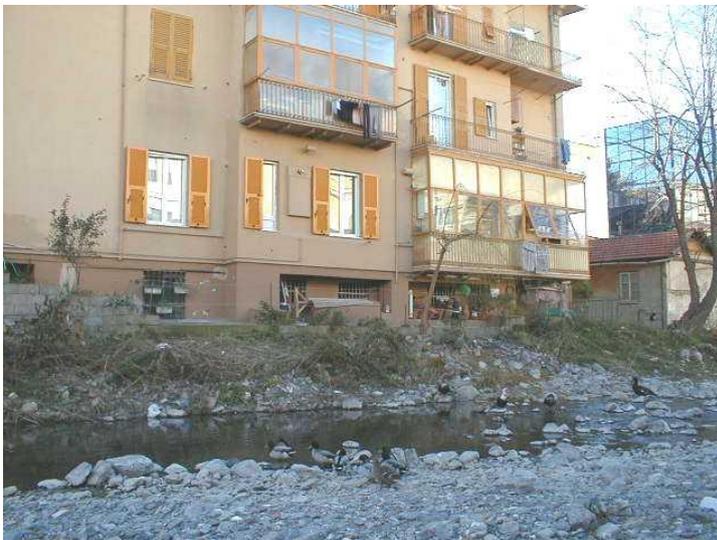


Fig. 2.6.1.3.14 - Casa in fregio all'alveo, con le finestre dei piani interrati sul lato del torrente. In assenza di un argine continuo l'acqua trova inoltre diversi varchi per allagare le aree retrostanti.



Fig. 2.6.1.3.15 - Sponda sinistra a monte della Sutter. Gli argini sono discontinui in quanto sono costituiti da muri perimetrali di vari edifici.



Fig. 2.6.1.3.16 – Ex Sutter: l'edificio, attualmente Facoltà di Farmacia, restringe per metà lo spazio a disposizione del torrente; inoltre crea una grave condizione di rischio a causa dell'utilizzo della struttura come sede universitaria.



Fig. 2.6.1.3.21, - Foce del Torrente Sturla.

Tratto a valle edificio ex Sutter, interessato da interventi

ANTE INTERVENTI	POST INTERVENTI (GENNAIO 2015)
	
<p><i>Fig. 2.6.1.3.20- Ponte dell'Aurelia: la terza arcata è occupata da una rimessa per barche.</i></p>	<p><i>Ponte dell'Aurelia: la terza arcata è stata liberata e contribuisce al deflusso.</i></p>
	
<p><i>Fig. 2.6.1.3.19 - Tratto terminale dello Sturla: in sponda sinistra, la scogliera non difende adeguatamente le case</i></p>	<p><i>Le nuove opere arginali su entrambe le sponde nel tratto terminale</i></p>

ANTE INTERVENTI	POST INTERVENTI (GENNAIO 2015)
	
<p><i>Fig. 2.6.1.3.18 - Ponte della ferrovia: il ponte, sito in corrispondenza di una brusca curva, ha delle pile di grande dimensione, un'arcata è sottratta all'alveo dal passaggio di via Brigata Salerno.</i></p>	<p><i>L'arcata ostruita è stata restituita al deflusso della corrente</i></p>
	
<p><i>Sbocco tombinatura di attraversamento di viale Cembrano</i></p>	<p><i>Sbocco nuova tombinatura viale Cembrano</i></p>
	
<p><i>Fig. 2.6.1.3.17 -Tombinatura di viale Cembrano: ha una larghezza di soli 10 m, contro i 20 m della sezione a monte. L'argine subito dopo la Sutter si abbassa</i></p>	<p><i>Imbocco nuova tombinatura viale Cembrano la larghezza interna minima è ora pari a 20 m, in continuità con il tratto a monte</i></p>

2.6.2 Affluenti principali

Il bacino oggetto del presente studio è caratterizzato da una superficie non particolarmente estesa, di conseguenza anche gli affluenti sottendono bacini di ridotte dimensioni, spesso privi di nuclei abitati in zone limitrofe all'alveo e comunque non mappati in aree storicamente inondate. In relazione a ciò, le analisi condotte su di essi non sono approfondite. L'unico sottobacino che presenta una dimensione tale da giustificare un inquadramento generale è il R. Pomà.

Gli altri affluenti del torrente Sturla, benché visitati in fase di sopralluogo, non sono oggetto di analisi.

2.6.2.1 Rio Pomà

Il rio Pomà, affluente di sponda sinistra del tratto montano del torrente Sturla, sottende un bacino di superficie pari a $S=3.9 \text{ km}^2$ ed ha l'asta principale di ordine 4. La topografia della zona della confluenza, con indicate le posizioni delle opere in alveo di seguito nominate, è riportata in Fig. 2.6.2.1.1.

Il Rio Pomà si immette nel torrente all'altezza dell'abitato di San Desiderio. La confluenza è caratterizzata dalla presenza in alveo di un edificio adibito probabilmente a magazzino, intorno al cui perimetro di base si nota un accumulo di materiale grossolano (i massi hanno diametro dell'ordine del metro); nel tratto immediatamente a monte della confluenza, alcuni edifici hanno pilastri fondati in alveo (Figg. 2.6.2.1.2-2.6.2.1.3). Il rio ha generalmente fondo in roccia e argini piuttosto alti. Gli argini, generalmente in buone condizioni, sono realizzati alternativamente in muratura e in calcestruzzo (Fig. 2.6.2.1.4). Il rio Pomà è caratterizzato da due rami. Il primo ha un reticolo piuttosto articolato e si sviluppa secondo la direzione est-ovest, il secondo è caratterizzato da un breve tratto (lungo circa 600 m) di ordine 3 in cui affluiscono due rii: il rio Ciapon e il rio Mezzano.

I sottobacini del rio Ciapon e del rio Mezzano sono entrambi di forma piuttosto allungata, la struttura del reticolo è infatti poco ramificata.

Percorrendo il rio Pomà dalla confluenza verso monte si nota la presenza di una strada carrabile in sponda sinistra, utile al collegamento tra San Desiderio e le abitazioni del borgo denominato Campizzo. Lungo il tratto che si estende dalla confluenza con il torrente Sturla e l'immissione del rio Mezzano si incontrano diverse opere idrauliche, ossia :

- una passerella pedonale a servizio delle case prospicienti l'alveo (Pos.1);
- un attraversamento della strada carrabile che costeggia dapprima la sponda destra e quindi la sponda sinistra in Pos.2 (Fig. 2.6.2.1.4);
- diverse briglie di cui una in massi naturali angolata rispetto alla direzione della corrente di circa 45° , in Pos.3 (Figg. 2.6.2.1.5-2.6.2.1.6);
- un attraversamento realizzato in cemento armato, per il collegamento con un edificio adibito a civile abitazione collocato in sponda destra, a monte di detta briglia (pos. 4);

Nel tratto in esame si riscontra la sporadica presenza di edifici, tuttavia non sul limitare della sponda, e la strada carrabile adiacente l'alveo. L'altezza degli argini è tale per cui, in relazione alle portate stimate, non si ravvisano situazioni di particolare rischio dal punto di vista idraulico. A conforto di quanto, sopra si precisa l'assenza di aree storicamente inondate della zona del rio Pomà, dato confermato inoltre dagli stessi abitanti del luogo.

Affluente di sponda sinistra del rio Pomà è il rio che deriva dalla confluenza tra il rio Ciapon e il rio Mezzano. La confluenza con il rio principale avviene al di sotto di un attraversamento della strada carrabile, sotto al quale è stata realizzata una briglia che da luogo ad un salto di circa 3 m (2.6.2.1.7).

Il rio Ciapon, piuttosto incassato e caratterizzato da notevole pendenza, è costretto in una sezione piuttosto ridotta in corrispondenza della confluenza con il rio Mezzano (2.6.2.1.8).

Il rio Mezzano, che risulta in parte ostruito alla confluenza con il rio Ciapon, è di ridotte dimensioni (Fig. 2.6.2.1.9).

Si è notato che lungo il rio Ciapon e Mezzano sono presenti numerose briglie.

Le foto mostrano alcune delle situazioni più significative, individuate nelle tracce in Fig. 2.6.2.1.1.

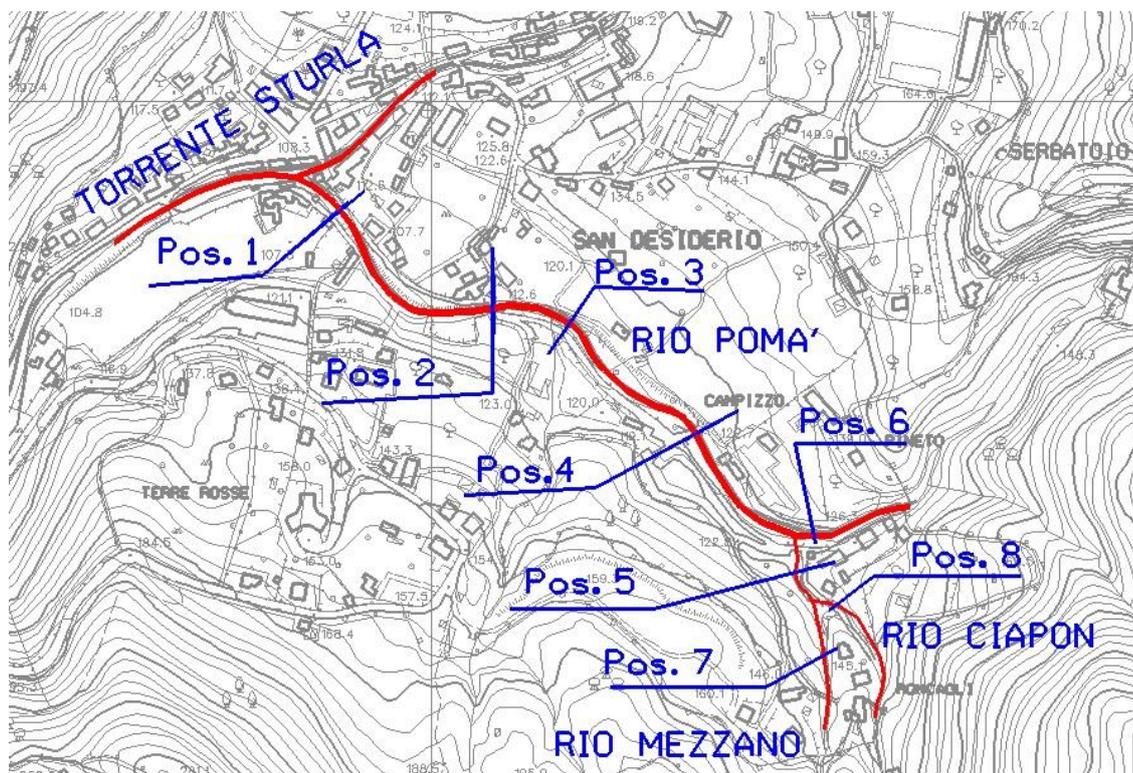


Fig. 2.6.2.1.1 – Posizioni delle opere fotografate



Fig. 2.6.2.1.2 – Immissione del rio Pomà nello Sturla all'altezza di S. Desiderio. E' evidente l'intrusione dell'edificio nella confluenza.



Fig. 2.6.2.1.3 –Pos. 1, tratto terminale del rio Pomà, poco a monte della confluenza con lo Sturla . Si notino i pilastri degli edifici fondati in alveo.



Fig. 2.6.2.1.4 – Arginatura del rio Pomà a monte dell'attraversamento che porta la strada carrabile dalla sponda destra alla sinistra (Pos.2).



Fig. 2.6.2.1.5 – Rio Pomà, nel tratto tra le posizioni 2 e 3, a valle di un attraversamento di servizio di una casa. Si noti la natura rocciosa dell'alveo e, sul fondo, la briglia in massi.



Fig. 2.6.2.1.6 – Serie di briglie in corrispondenza della fine della strada carrabile che costeggia l'alveo, poco a monte della confluenza con i rii Mezzano e Ciapon (pos. 6).

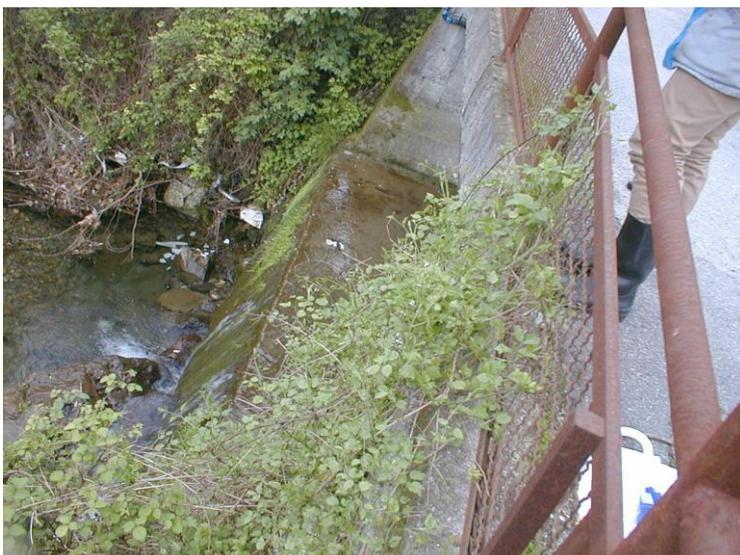


Fig. 2.6.2.1.7 – Confluenza del rio Ciapon/Mezzano nel Pomà, che avviene al di sotto della strada carrabile e in corrispondenza di una briglia, presso la pos. 5.



Fig. 2.6.2.1.8 – Pos.8: confluenza del rio Ciapon con il rio Mezzano, vista da monte. Si noti il restringimento ad imbuto in corrispondenza della copertura che copre la confluenza.



Fig. 2.6.2.1.9 – Pos. 7: Rio Mezzano a monte della confluenza con il rio Ciapon. Il torrente risulta ostruito da ammassi rocciosi, forse derivati da lavori in svolgimento.

2.6.3 Affluenti secondari

Il bacino del torrente Sturla è caratterizzato dalla presenza di numerosi affluenti secondari, spesso di dimensioni talmente ridotte da renderne difficile l'individuazione sul terreno.

Non si segnalano quindi bacini secondari di particolare rilevanza. Ci si è limitati a qualche cenno al Rio Penego ed al Rio Beatella, perché innervati nel tessuto cittadino.

2.6.3.1 Rio Penego

Il rio Penego è un affluente di sinistra del torrente Sturla, in cui confluisce subito a valle del ponte romano. Il rio, che sottende un sottobacino di circa 0.6 km² ed ha un'asta di lunghezza pari a 1,6 km, è tombinato per oltre metà del suo corso.

Il rio nasce in prossimità di località Carupola a 270 m di altezza, scorre per circa mezzo chilometro a cielo aperto, in un'area coltivata prevalentemente ad oliveto, ed è poi tombinato per un tratto di 480 m, in corrispondenza di via Shelley. Scorre per un tratto a cielo libero e raccoglie le acque del rio Zucchetta, e torna quindi ad essere coperto, per circa 380 m, al di sotto del ponte di Corso Europa fino allo sbocco nello Sturla, passando sotto via Romana di Quarto. Il letto dell'alveo è roccioso, con numerosi salti di fondo naturali.

2.6.3.2 Rio Beatella

Il rio Beatella sottende un sottobacino di 0.25 kmq ed ha una lunghezza di circa 1 km. Il rio scorre in un fognone nella parte più alta e poi scorre a cielo libero, in alveo plateato, nella parte sottostante. Il rio è adiacente ad un passaggio pedonale molto utilizzato dagli abitanti della zona, e confluisce nello Sturla all'altezza di via Apparizione.

2.7 Idrologia di piena

2.7.1 Premessa

Nell'ambito della pianificazione di bacino, 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". Lo studio (nel seguito indicato come CIMA) che è attualmente in fase di inchiesta pubblica, fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico.

Con riferimento al presente piano stralcio, nell'ambito dello studio propedeutico è stata inoltre condotta un'analisi idrologica dettagliata e specifica per il bacino idrografico in esame, che viene quindi esaminata nel seguito. Peraltro, i valori determinati da tale analisi e quelli ottenuti nell'ambito dello "studio CIMA" risultano in questo caso in ottimo accordo.

2.7.2 Analisi idrologica

Nell'ambito del bacino non sono presenti stazioni di misura dei livelli idrometrici e delle precipitazioni, tuttavia per questi ultimi è possibile fare riferimento alla stazione di Genova Università che, sebbene localizzata in altro bacino, è sufficientemente vicina al bacino del torrente Sturla per supporre che ne descriva il regime pluviometrico.

I dati registrati dalla stazione di Genova Università, opportunamente elaborati, forniscono l'indicazione delle altezze di pioggia in riferimento alla durata dell'evento e quindi possono essere utilizzati per ipotizzare eventi pluviometrici da inserire in un modello afflussi-deflussi capace di fornire i valori di portata al colmo conseguenti a fenomeni meteorici. Al fine di descrivere realisticamente il fenomeno di piena è stata considerata anche la capacità di ritenzione del terreno per ottenere la pioggia netta, ovvero depurata dalla quantità di acqua infiltrata e trattenuta dal terreno e dalla vegetazione.

L'analisi idrologica effettuata nel presente piano può essere schematicamente articolata in cinque parti fondamentali, ossia:

- individuazione delle stazioni pluviometriche di interesse e relativa analisi delle serie campionarie;
- determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica;
- parametrizzazione del suolo attraverso il metodo del Curve Number (CN);
- trasformazione degli afflussi in deflussi attraverso l'applicazione di un modello distribuito per la determinazione della portata di massima piena alla sezione di chiusura alla foce;
- determinazione della portata di massima piena degli affluenti con metodo semplificato.

2.7.3 Dati pluviometrici

Ai fini dello svolgimento dello studio idrologico è stata condotta un'analisi preliminare delle serie di valori di precipitazione intensa (massimi annuali di precipitazioni per durate da 1 a 24 ore) disponibili nella zona limitrofa al bacino del torrente Sturla. Sulla superficie sottesa dal bacino del torrente Sturla non sono presenti stazioni di misura, tuttavia sono state individuate alcune stazioni pluviometriche ubicate nei bacini confinanti la cui posizione ne giustificerebbe l'uso, ossia la stazione di Genova Nervi, la stazione di Viganego e la stazione di Genova Università. La stazione pluviometrica di Genova Nervi, sebbene ubicata in posizione ottimale per valutazioni relative al bacino del torrente Sturla, è caratterizzata da un campione di dati piuttosto ridotto (16 anni di osservazioni) e pertanto non è stata considerata. Un'altra stazione di misura collocata in prossimità del bacino è la stazione di Viganego che, sebbene dotata di un campione di dati sufficientemente lungo per le elaborazioni statistiche richieste, è priva delle registrazioni relative all'intenso fenomeno meteorico dell'ottobre 1970, pertanto non è stata considerata poiché la mancanza del dato inficia in maniera radicale l'adattamento delle distribuzioni probabilistiche in senso non cautelativo.

Dall'analisi delle serie storiche delle stazioni esaminate è emerso che la stazione di misura più adatta a descrivere fenomeni pluviometrici intensi nell'area in oggetto è la stazione di Genova Università.

Le caratteristiche della stazione di Genova Università sono le seguenti:

<i>Codice</i>	<i>Nome</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>Quota</i>	<i>Anni di osservazioni</i>
2097	GENOVA (Università)	44.25°	3.32°	21 m s.l.m.	59

I valori di precipitazione (mm) di durata 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore registrati dalla stazione pluviometrica di Genova Università sono i seguenti:

n°	Anno	1 h	3h	6h	2h	24h
1	1932	34.80	41.60	43.40	3.80	88.60
2	1933	33.00	51.40	59.20	4.50	78.40
3	1934	78.00	102.80	103.00	04.60	164.40
4	1935	60.00	82.40	83.60	5.00	95.00
5	1936	39.40	46.40	47.20	8.60	99.00
6	1937	33.60	64.60	70.00	71.00	80.00
7	1938	28.00	43.20	63.00	79.40	99.40
8	1939	49.00	59.20	59.60	91.40	180.60
9	1940	80.00	105.60	106.60	122.20	122.40
10	1941	41.80	42.00	69.20	87.60	106.00
11	1942	54.60	120.00	153.40	166.20	203.00
12	1943	26.00	44.60	68.20	92.00	101.00
13	1944	34.60	50.20	67.00	94.80	98.00
14	1945	71.00	152.60	198.20	207.00	256.40
15	1946	29.20	47.00	49.20	49.20	49.20
16	1947	51.00	78.00	103.60	165.40	223.20
17	1948	53.60	74.60	75.20	75.20	83.20
18	1949	29.40	65.40	84.00	126.40	160.60
19	1950	27.20	41.80	50.20	62.40	66.40
20	1951	75.00	105.20	135.60	192.40	272.60
21	1952	27.80	44.20	47.00	61.20	79.20
22	1953	69.40	146.00	214.40	218.80	219.40
23	1954	22.80	60.80	69.00	69.20	82.80
24	1955	34.60	41.40	52.40	85.40	139.80
25	1956	38.20	53.00	60.60	73.20	102.40
26	1957	39.60	47.80	78.20	92.60	93.60
27	1958	29.00	31.40	40.00	66.60	111.40
28	1959	58.00	101.00	156.00	173.20	182.60
29	1960	48.60	69.40	79.40	100.40	121.00
30	1961	66.00	107.00	120.00	137.60	183.20
31	1962	25.20	41.00	53.20	78.60	121.20
32	1963	65.20	70.20	74.00	120.00	121.60
33	1964	54.00	91.00	112.80	118.80	127.60
34	1965	79.80	88.60	88.80	91.20	99.20
35	1966	33.20	35.00	43.20	59.40	85.00
36	1967	53.40	84.20	108.40	118.20	127.80
37	1968	28.60	44.00	63.80	118.60	136.20
38	1969	22.80	26.40	32.00	46.00	59.00
39	1970	76.00	166.00	201.00	256.00	414.80
40	1971	50.40	56.80	62.40	82.80	84.60
41	1972	43.20	89.80	97.20	135.60	183.00
42	1973	39.60	42.60	59.00	66.20	76.60

n°	Anno	1 h	3h	6h	2h	24h
43	1974	37.80	51.80	52.80	75.20	90.60
43	1975	40.00	56.20	78.00	127.80	147.00
44	1976	53.50	76.10	99.20	111.30	124.10
45	1977	108.80	178.40	211.80	224.20	233.40
46	1979	51.80	80.40	135.60	138.40	176.40
47	1980	40.00	63.80	70.40	79.60	80.20
48	1981	85.40	113.00	133.80	168.20	173.00
49	1982	26.80	37.20	57.20	105.20	106.80
50	1983	27.40	65.80	76.00	99.40	108.60
51	1984	76.80	102.80	128.40	146.00	181.80
52	1985	25.60	46.00	71.00	91.80	121.00
53	1986	31.60	53.60	61.20	62.20	105.80
54	1987	95.60	187.40	187.40	187.40	188.60
55	1988	24.40	55.40	99.40	159.20	207.00
56	1989	33.00	33.80	40.00	50.20	71.20
57	1991	63.00	75.20	116.20	117.00	249.00
58	1992	71.00	173.40	229.00	426.00	451.00
Massimi		108.80	187.40	229.00	426.00	451.00

Tab. 2.7.3.1 – Valori di precipitazione di durata 1h – 3h – 6h - 12h – 24h

2.7.4 Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

L'analisi dei dati pluviometrici ha come obiettivo la stima di linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, ovvero di relazioni del tipo:

$$h = a t^n T_r^m$$

dove:

h = altezza di precipitazione	[mm]
t = durata dell'evento meteorico	[h]
T _r = tempo di ritorno	[anni]
a = coefficiente	
n = coefficiente	
m = coefficiente	

Si ricorda che il periodo di ritorno associato ad una certa distribuzione di probabilità è l'inverso della probabilità di superamento del valore di riferimento, e rappresenta il valore atteso dell'intervallo temporale tra due eventi di precipitazione con altezze di pioggia superiori ad un valore dato.

L'applicazione dell'operatore logaritmico all'equazione permette la scrittura delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica nella seguente forma linearizzata:

$$\ln(h) = \ln(a) + n \ln(t) + m \ln(T_r)$$

I dati di partenza, ai fini della stima dei coefficienti necessari per il tracciamento delle linee di probabilità pluviometrica, sono i dati pluviometrici registrati dalla stazione presa in considerazione. Si determinano, infatti, i parametri statistici, quali ad esempio la media e la deviazione standard, della serie storica di altezze massime di precipitazione con durata 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore (vedi i dati riportati al paragrafo precedente). Tali parametri sono utilizzati per l'adattamento alla serie dei massimi di precipitazione, sulle diverse durate, di una distribuzione probabilistica di eventi estremi. Nel caso in esame è stata utilizzata una distribuzione Gumbel, in cui la probabilità di superamento di un valore X da parte della variabile x è calcolata come

$$P_s = P[x > X] = \exp\{-\exp[(X - \beta)/\alpha]\}$$

dove la variabile x in questo caso è rappresentata dall'altezza della precipitazione per data durata.

I coefficienti α e β della distribuzione sono stati stimati, per ogni durata, tramite due differenti tecniche:

- metodo dei momenti: i parametri sono stimati attraverso il calcolo dei primi due momenti della distribuzione probabilistica (media e deviazione standard). Le relazioni che legano valore atteso E[x] e varianza V[x] ai parametri α e β sono le seguenti:

$$E[X] = \beta + 0.57722/\alpha$$
$$VAR[X] = \beta^2/(6 \alpha^2)$$

- metodo dei minimi quadrati: stima di frequenze di superamento “campionarie”, mediante il metodo della “plotting position” ($F[x > X_i] = i/(N+1)$, con $i = 1, \dots, N$ e $X_1 < X_2 < \dots < X_N$). La stima dei parametri della distribuzione è effettuata minimizzando lo scarto quadratico medio tra i valori della frequenza campionaria $F[x > X_i]$ e la probabilità teorica corrispondente agli stessi valori della variabile x , $P[x > X_i] = \exp \{-\exp [(X_i - \beta) / \alpha]\}$.

La stima dei parametri α e β , permette la definizione della probabilità di non superamento.

Il risultato della stima di tali parametri in termini di adattamento della distribuzione alla serie campionaria è mostrato nelle figure 2.7.4.1 – 2.7.4.2 – 2.7.4.3 – 2.7.4.4 – 2.7.4.5, riferite rispettivamente alle durate 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore. Nelle figure sono riportati in ascisse i valori dell’altezza di precipitazione e in ordinate i valori della variabile ridotta di Gumbel, definita come $-\ln(-\ln P)$, dove P è la probabilità di non superamento.

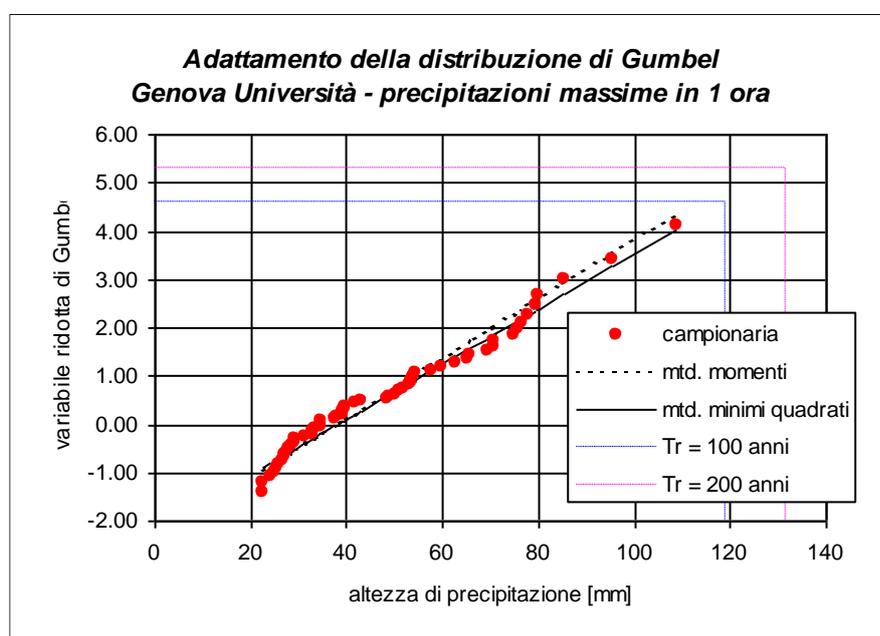


Fig. 2.7.4.1 – Adattamento della distribuzione Gumbel per precipitazioni di durata 1h

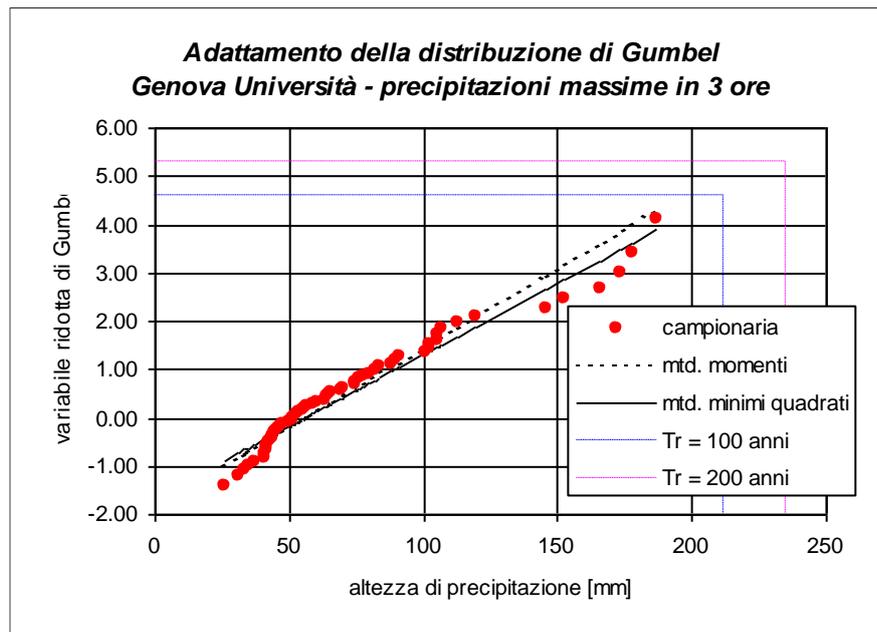


Fig. 2.7.4.2 – Adattamento della distribuzione Gumbel per precipitazioni di durata 3h

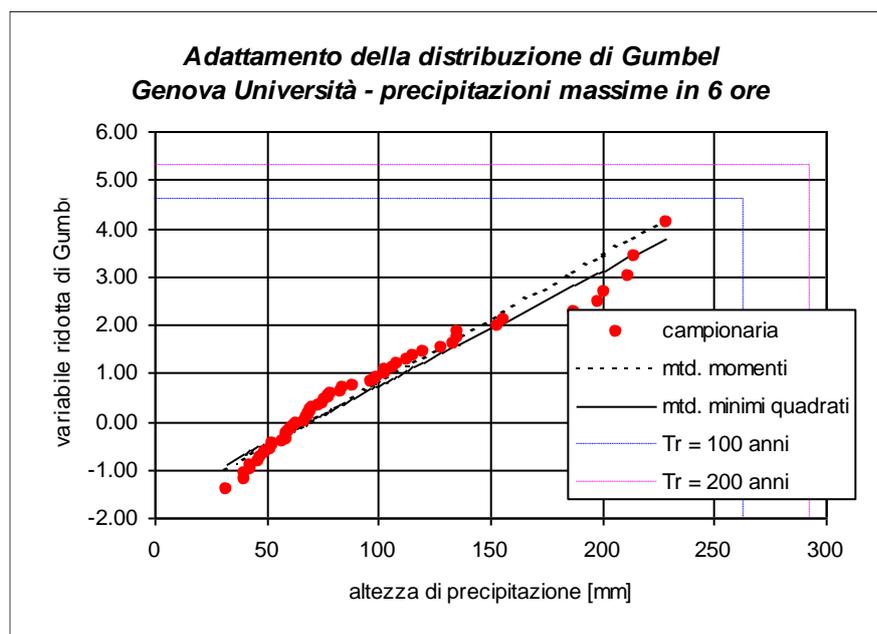


Fig. 2.7.4.3 – Adattamento della distribuzione Gumbel per precipitazioni di durata 6h

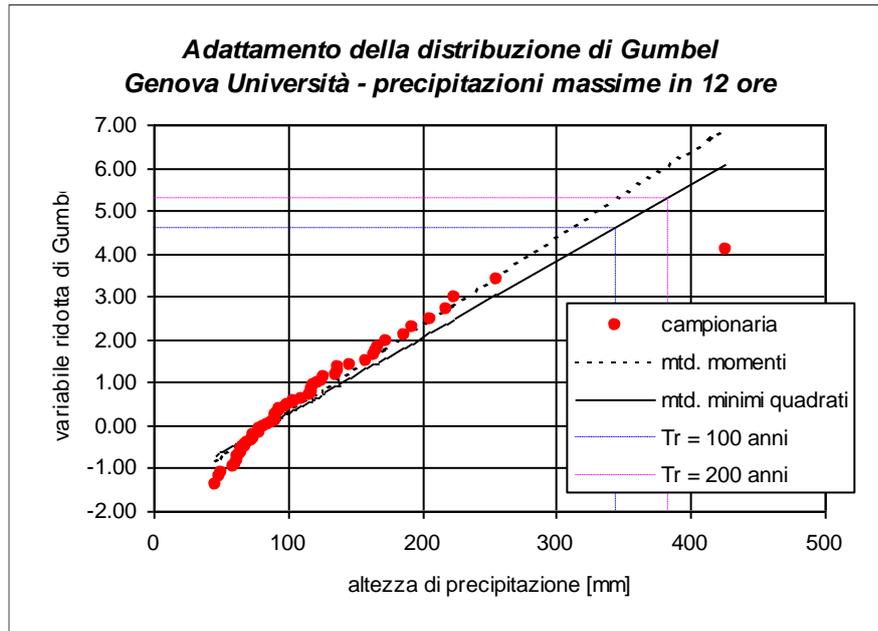


Fig. 2.7.4.4 – Adattamento della distribuzione Gumbel per precipitazioni di durata 12h

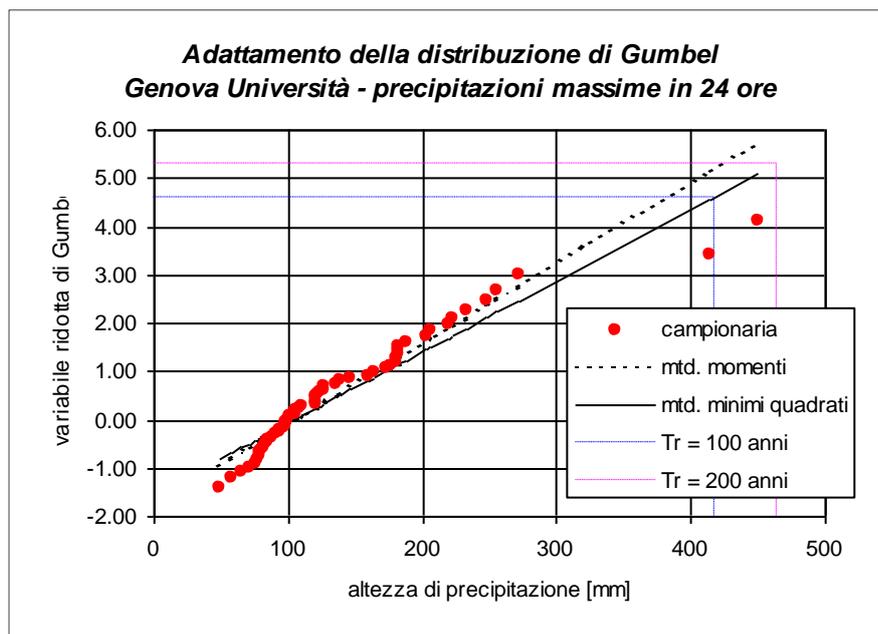


Fig. 2.7.4.5 – Adattamento della distribuzione Gumbel per precipitazioni di durata 24h

I grafici mostrano che l'adattamento della distribuzione teorica ai dati campionari è soddisfacente per le durate 1, 3 e 6 ore. Nel caso della serie dei massimi di precipitazione con durata 12 ore la presenza di un valore fortemente anomalo (426 mm, evento del settembre 1992) conferisce alla serie un'asimmetricità che la distribuzione di Gumbel non può spiegare (si ricordi infatti che una serie di valori aleatori distribuiti secondo la distribuzione di Gumbel presenta un coefficiente di asimmetria costante pari a 1.34). La stessa anomalia, benché meno accentuata, si riscontra anche per la serie delle precipitazioni massime con durata 24 ore. Nonostante le discrepanze riscontrate in corrispondenza delle durate di 12 e 24 ore, si è ritenuto opportuno ritenere valida la distribuzione di Gumbel poiché per le durate di 1,3,6 ore spiega efficacemente il comportamento meteorico e queste durate sono confrontabili con il tempo di risposta idrologica del bacino che è dell'ordine dell'ora. Tra i due metodi di stima dei parametri, si è optato per quello dei minimi quadrati, che fornisce valori più cautelativi (precipitazione più alta a parità di tempo di ritorno).

Considerando il noto legame tra tempo di ritorno T_T e probabilità di non superamento $P = 1 - 1/T_T$ (poiché $T_T = 1/P_s$ con P_s = probabilità di superamento e $P = 1 - P_s$) si possono ricavare i valori delle rispettive altezze di precipitazioni per le diverse durate a dato tempo di ritorno, tramite le rispettive distribuzioni di probabilità. Il set così ricavato di altezze di precipitazione viene utilizzato come variabile dipendente per l'applicazione di una procedura di regressione multipla, con variabili indipendenti dalla durata e dal tempo di ritorno. Dai valori dei coefficienti della regressione lineare si sono quindi ricavati i valori dei coefficienti della linea segnalatrice, che risultano essere:

<i>a</i>	<i>n</i>	<i>m</i>
50.332	0.384	0.197

Nel grafico di Fig. 2.7.4.6 sono visualizzate le curve per i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni.

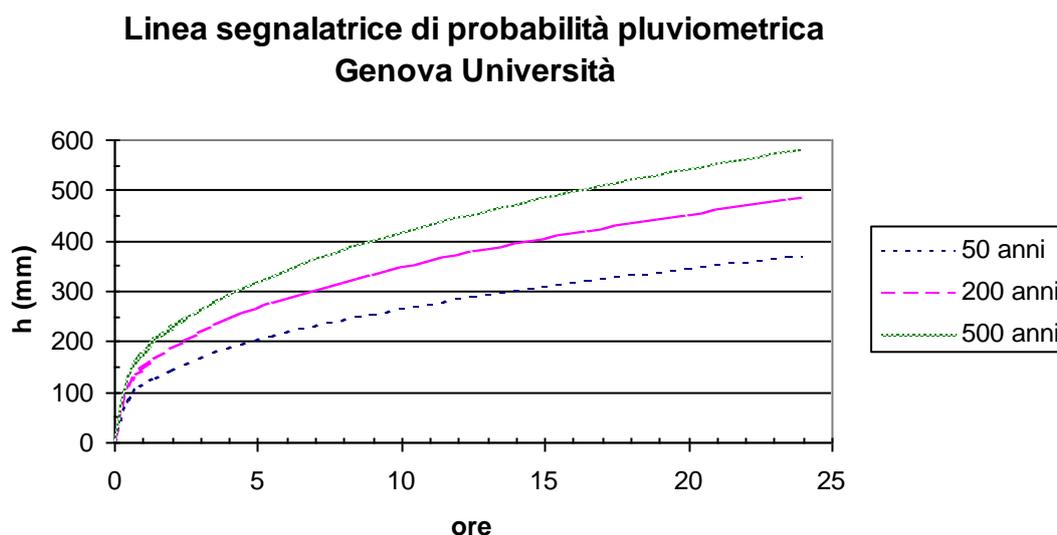


Fig. 2.7.4.6 – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

I risultati ottenuti con l'analisi idrologica sopra esposta sono stati confrontati con i risultati dello studio finalizzato alla regionalizzazione delle linee segnalatrici di possibilità

pluviometrica condotto dal CIMA, nel quale i coefficienti della linea segnalatrice sono funzioni delle coordinate geografiche del sito in esame. Nel grafico sottostante (Fig. 2.7.4.7) si riportano le curve di possibilità pluviometrica corrispondenti al $Tr=200$ anni, determinate nell'ambito del presente studio e nell'ambito dello studio CIMA. Nel caso specifico si riscontra un ottimo accordo tra le due previsioni. In particolare le due curve sono praticamente sovrapponibili nel tratto compreso tra 1 e 6 ore.

Linea segnalatrice di possibilità pluviometrica

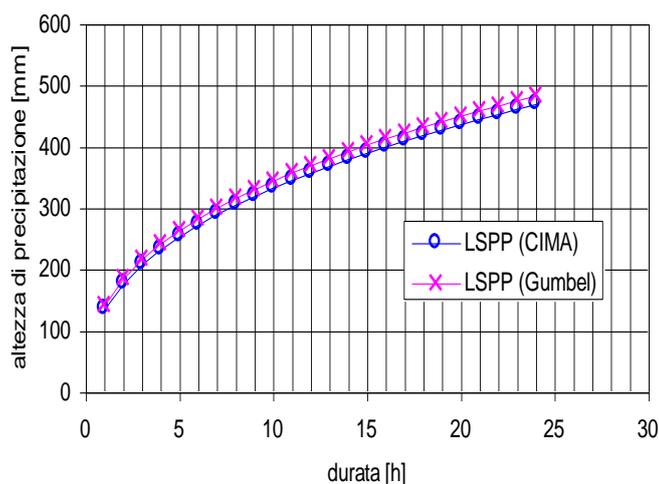


Fig. 2.7.4.7 – Confronto della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica CIMA con Gumbel

Per i valori di durata inferiori ad 1 ora, si è assunta la stessa forma della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica. Questa scelta è dettata sia dall'impossibilità di basare l'adattamento di una distribuzione probabilistica su un congruo numero di dati, sia dalla scelta di una prudenziale condizione a favore della sicurezza.

2.7.5 Portate di piena

Modello afflussi-deflussi

Per la trasformazione degli afflussi, descritti dalla linea segnalatrice sopra descritta, in deflussi si è adottato un modello di tipo distribuito, la cui base di dati cartografici, in formato digitale (raster), è costituita essenzialmente dal modello digitale del terreno (DTM), rielaborato, sulla base del DTM 250x250 m, e dalla mappa dei valori di CN (Curve Number).

Dal punto di vista concettuale il modello si compone di due fasi:

- la stima delle perdite (e quindi il deflusso superficiale);
- la stima delle modalità e dei tempi di trasferimento del deflusso dalle singole celle alla sezione di chiusura del bacino.

Il modello per la stima delle perdite segue l'approccio del metodo SCS-CN. L'ipotesi di base del metodo è che il rapporto fra volume di deflusso e volume di pioggia depurato dalle

perdite iniziali rimanga, ad ogni istante, uguale al rapporto fra il volume delle perdite successive ed il volume massimo teorico delle perdite, indicato quest'ultimo con il simbolo S. Tale parametro è assunto pari a:

$$S = 254 (100/CN - 1)$$

Il valore di CN indica la condizione del suolo intesa come uso del territorio e come grado di saturazione del terreno, pertanto descrive l'influenza del suolo sulla piena. I valori del "numero di curva", o CN, sono stati determinati con la Table 2. "Runoff Curve Numbers for Hydrologic Soil-Cover Complexes (Antecedent Moisture Condition II, and $I_a = 0.2 S$) tratta da: "A guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods – Richhard H. McCuen – 1982- Prentice-Hall" raggruppando le categorie di uso del suolo rilevate nelle più ampie classi di Land use description/Treatment/Hydrologic condition della tavola stessa. Si nota che più il terreno è impermeabile maggiore è il valore di CN (CN=100 S=0).

Dalla sovrapposizione cartografica fra classi di uso del suolo e tipi di suolo sono state individuate delle aree caratterizzate da un determinato numero di curva.

Successivamente il bacino è stato diviso, in base alla fisiografia, in unità idrologiche per ciascuna delle quali si è proceduto a calcolare l'incidenza di ciascuna classe di CN in termini di area. Infine per ciascuna unità idrologica è stato calcolato un valore medio del CN.

Nella tabella seguente si riporta per ogni unità idrologica la superficie relativa a un determinato numero di curva e il valore del CN medio per unità:

Unità idrologica	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
CN1 89	5.5	.0	.9	4.7	.5	3.9	.0	0.0	.0	*
CN2 70	1.0	9.0	.4	9.9	4.6	12.7	6.4	.7	2.6	.8
CN3 83	8.3		.2	3.4	.5	.2	.6	.3	7.0	33.4
CN4 98	.0		8	4.0			.0		0.0	20.7
CN5 77				.0						
CN6 87									0.4	
SUP. TOT.	83.8	3.0	06.3	85.0	4.6	85.8	01.0	3.0	03.0	58.9
CN MEDIO	0.2	5.0	5.0	9.3	2.0	7.2	2.4	.4	7.1	4.0

Tab. 2.7.5.1 – Tabella dei valori di CN sul bacino

Di seguito, in Fig. 2.7.5.1, è riportata la mappa dei valori di CN sul bacino:

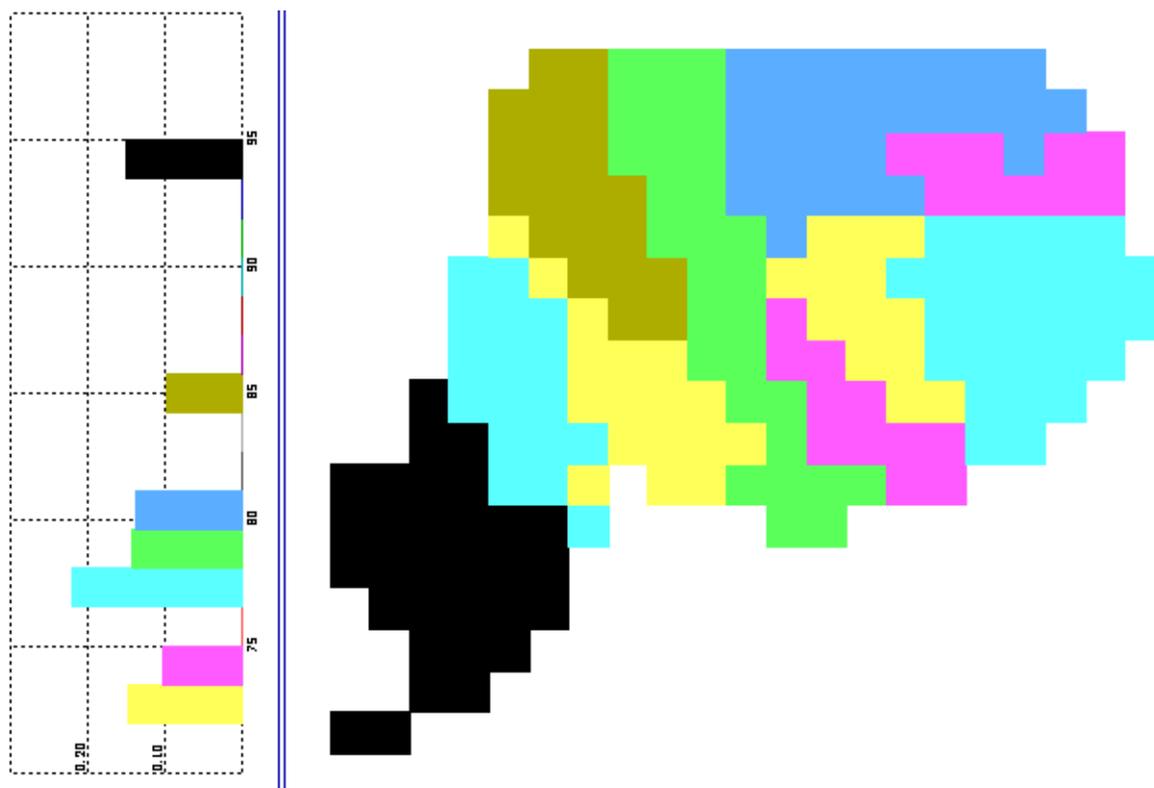


Fig. 2.7.5.1 –Valori di CN

La fase di trasferimento, composta da una parte di modello cinematico e da una di modello serbatoio lineare (tipo Clark), simula la dinamica di trasferimento nel reticolo idrografico dei contributi delle diverse celle, sulla base di un tempo di trasferimento proprio di ciascuna cella. Tale tempo di trasferimento è definito in funzione della sola distanza della cella dalla foce.

Dal DTM sono stati ottenuti, per elaborazione, il raster dei puntatori idrologici e dei tempi di trasferimento. I puntatori idrologici rappresentano, per ogni cella, la direzione di deflusso dettata dalle condizioni di pendenza. A partire da tali puntatori, viene ricavato il raster degli ordini idrologici, in cui ad ogni cella viene associato il numero di celle che contribuiscono al deflusso entrante nella cella stessa (per cui la cella corrispondente alla foce del bacino avrà il più alto valore di ordine). Dal raster dei puntatori, considerando una velocità costante di 1 m/s, si deriva il raster dei tempi di corrivazione: per ogni cella, in base al percorso dettato dai puntatori idrologici, viene calcolato il tempo di percorrenza necessario perché la portata arrivi alla sezione di chiusura.

Le fasi di calcolo possono essere così sintetizzate:

- il bilancio idrologico della cella viene calcolato, ad ogni passo temporale, considerando lo stato di umidità del suolo al passo precedente e quindi ricavando il deflusso superficiale in funzione della capacità di ritenuta del suolo e della velocità d'infiltrazione;
- il deflusso viene trasferito alla sezione di chiusura del bacino seguendo in cascata una fase di trasferimento tipo invaso (svuotamento di una serbatoio lineare) e una tipo

cinematico (velocità di trasferimento costante). I contributi delle diverse celle vanno quindi a comporre il deflusso totale.

Il modello richiede l'assegnazione dei seguenti tre parametri:

- grado di saturazione iniziale;
- rapporto tra il ritardo del modello cinematico e il ritardo del serbatoio lineare [Cinematico / Invaso];
- velocità di trasferimento [m/s].

Per garantire condizioni cautelative, è stato considerata una condizione iniziale di suolo saturo (grado di saturazione iniziale pari a 1); il rapporto cinematico/invaso è stato scelto pari a 0.6 (prevalenza della dinamica di trasferimento cinematico rispetto all'effetto di invasore); la velocità di trasferimento pari a 1.5 m/s.

Portate di piena alla foce dell'asta principale

L'applicazione del metodo descritto fornisce i seguenti valori di portata al colmo di piena nella sezione di chiusura del bacino:

<i>Tempo di ritorno [anni]</i>	<i>Precipitazione [mm]</i>	<i>Precipitazione netta [mm]</i>	<i>Portata [mc/s]</i>	<i>Contributo unitario [mc/s/kmq]</i>
30	97.9	77.2	205	16
50	108.3	87.2	231.1	18
100	118.7	97.4	276.8	22
200	136.1	114.3	324.4	25

Tab. 2.7.5.2 – Tabella riassuntiva delle portate di piena

La metodologia applicata (modello distribuito) permette di individuare oltre ai valori al colmo di piena anche gli idrogrammi di piena nella sezione di foce come rappresentato in Fig. 2.7.5.2.

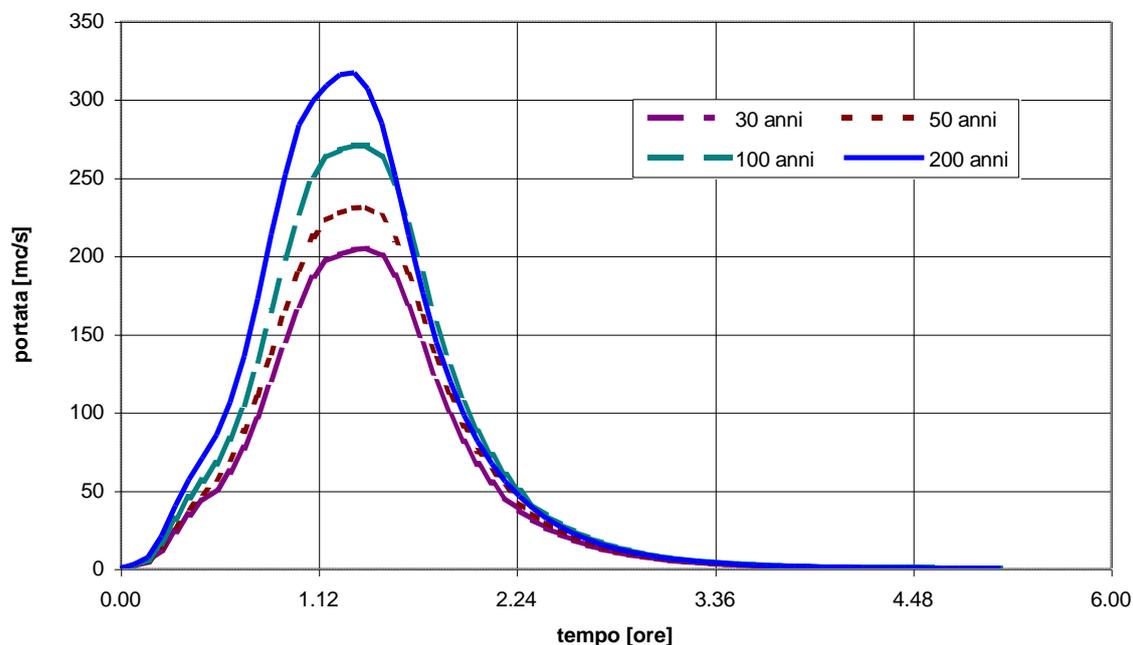


Fig. 2.7.5.2 – Idrogrammi di piena per diversi tempi di ritorno in corrispondenza della sezione di foce

Stima del tempo di corrivazione

La stima del tempo di corrivazione può essere condotta secondo le formule di Giandotti e di Ogrosky-Mockus.

La relazione proposta da Giandotti è la seguente:

$$T_c = \frac{(4A^{0.5} + 1.5L)}{(0.8H^{0.5})}$$

dove:

T _c = tempo di corrivazione	[ore]
A = area del bacino	[km ²]
L = lunghezza dell'asta principale	[km]
H = quota media del bacino riferita alla sezione di chiusura	[km]

La relazione proposta da Ogrosky-Mockus è la seguente:

$$T_c = L^{1.15} C^{-0.38}$$

dove:

C = dislivello fra la quota del punto più distante dalla foce e la quota di quest'ultima.

Per il bacino del torrente Sturla assumendo:

$$A=13 \text{ km}^2$$

$$L=9 \text{ km}$$

$$H=355 \text{ m}$$

$$C=810 \text{ m}$$

si ottengono rispettivamente tempi di corrivazione $T_c=1.78$ ore e $T_c=0.82$ ore.

Le durate critiche di precipitazione calcolate con il modello a parametri distribuiti abbinato al metodo CN per la stima delle perdite fornisce valori della durata critica variabili per tempi di ritorno da 2 a 200 anni comunque compresi tra i valori del tempo di corrivazione calcolato con le due formule.

Confronto con il valore di piena dedotto dalla curva inviluppo

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

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

dove:

q: contributo unitario $[\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2]$

A: superficie del bacino $[\text{km}^2]$

Assumendo un'area del bacino dello Sturla alla foce di circa 13 kmq si ottiene una portata di circa 316 mc/s con un contributo unitario di circa 24 m³/s km². Tale valore risulta praticamente coincidente a quello ricavato nell'ambito del presente studio per la portata con tempo di ritorno 200 anni.

Confronto con i valori desunti dallo studio "Cima"

Il confronto delle portate ottenute precedentemente con i valori CIMA, relativamente alla sezione di foce, appare assai soddisfacente, come risulta dalla seguente tabella:

<i>Tempo di ritorno (anni)</i>	<i>CIMA (m³/s)</i>	<i>Portate calcolate Studio propedeutico (m³/s)</i>
30	180	205
50	210	231
100	260	277
200	300	324

Tab. 2.7.5.3 – Confronto valori di portata con studio CIMA

Calcolo delle portate di piena con periodi di ritorno inferiori a 30 anni alla foce e calcolo delle portate nelle sezioni intermedie

Poiché dal confronto fra le portate determinate con il metodo CIMA e le portate determinate con il metodo sopra esposto, è emersa una congruenza soddisfacente si è utilizzato il metodo CIMA per calcolare le portate con più bassi periodi di ritorno alla foce e le portate in punti intermedi dell'asta del torrente Sturla.

La scelta delle sezioni intermedie in cui determinare i valori della portata di piena è stata effettuata in ordine alla lunghezza dell'asta e alla presenza di confluenze significative. Le sezioni dove sono stati calcolati i valori di portata associati ai diversi periodi di ritorno sono le seguenti:

Sezione: n° 181 Foce	Area drenata A0= 13 km ²
Sezione: n° 112 Via Apparizione	Area drenata A1= 11.75 km ²
Sezione: n° 63 Molino Maccagno	Area drenata A2= 9.92 km ²
Sezione: n° 0.1 S.Desiderio	Area drenata A3= 7.5 km ²

Per la determinazione della portata di piena nelle tre sezioni di chiusura, 63, 112 e 181, per tempi di ritorno 5 e 10 anni, si è utilizzata la seguente formula:

$$Q = K_T \cdot c(T_{\text{indice}}) \cdot A^{0.75}$$

dove:

Q = portata [m³s⁻¹]

K_T = fattore di frequenza = 1.295 per T=5 anni
 = 1.788 per T=10 anni

c(T_{indice}) = coefficiente in funzione di T_{indice} = 8.34 [m³s⁻¹km^{-0.75}]

A = superficie del bacino [km²]

T (anni)	Sez. 181 Q (m3/s)	Sez. 112 Q (m3/s)	Sez. 63 Q (m3/s)	Sez. 0.1 Q (m3/s)
5	75	70	60	49
10	105	95	85	68

Tab. 2.7.5.4– Valori di portata per T=5 e 10 anni

Per la determinazione della portata di piena nelle sezioni 0.1, 63 e 112, per i periodi di ritorno 30, 50, 100, 200 e 500 anni, è stata, invece, adottata la formula:

$$Q = c \cdot A^{0.75}$$

dove:

c = coefficiente in funzione del periodo di ritorno [m³s⁻¹km^{-0.75}]

	<i>T=30 anni</i>	<i>T=50 anni</i>	<i>T=100 anni</i>	<i>T=200 anni</i>	<i>T=500 anni</i>
C	24.18	28.93	35.44	41.86	50.36

Tab. 2.7.5.5 – Valori di *c*

Si ottengono, quindi, i valori:

<i>T (anni)</i>	<i>Sez. 112 Q (m3/s)</i>	<i>Sez. 63 Q (m3/s)</i>	<i>Sez. 0.1 Q (m3/s)</i>
30	155	135	110
50	185	160	131
100	225	200	161
200	265	235	190
500	320	280	229

Tab. 2.7.5.6– Valori di portata per *T=30, 50, 100, 200 e 500 anni*, nelle sezioni 63 e 112.

Determinazione portate al colmo di piena per gli affluenti e Sturla a monte di San Desiderio

Rio Pomà

La portata di massima piena associata a diversi periodi di ritorno è calcolata utilizzando il metodo dei piccoli bacini proposto da CIMA e utilizzando la mappa del CN relativa al bacino in oggetto per quel che riguarda la valutazione del coefficiente C_Q .

La formula per la determinazione della portata di piena con il metodo indicato, si basa sul calcolo della portata con tempo di ritorno 2.9 anni che, moltiplicata per un coefficiente funzione del tempo di ritorno, permette di ottenere la portata di piena a periodo di ritorno desiderato, secondo le seguenti formule:

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

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

dove:

A = superficie del bacino = 3.9 km²

C_Q = coefficiente tabellato in funzione della longitudine del baricentro del bacino (9°) e del CN (tipo di bacino C) = 4.9

K_T = fattore di frequenza, dato nella seguente tabella

<i>Tempo di ritorno</i>	<i>KT</i>
50 anni	3.47
200 anni	5.02
500 anni	6.04

Tab. 2.7.5.7 – Valori di K_T

I valori di portata, riferiti alla sezione di confluenza con il torrente Sturla, sono i seguenti:

Rio Pomà	
Periodo di ritorno	Portata
T=50 anni	Q ₅₀ = 75 m ³ /s
T=200 anni	Q ₂₀₀ = 108 m ³ /s
T=500 anni	Q ₅₀₀ =130 m ³ /s

Tab. 2.7.5.8 – Valori portate di massima piena del Rio Pomà alla confluenza con il Torrente Sturla

Torrente Sturla a monte della confluenza con il rio Pomà

La portata di massima piena associata a diversi periodi di ritorno è calcolata utilizzando il metodo dei piccoli bacini proposto da CIMA e utilizzando la mappa del CN relativa al bacino in oggetto per quel che riguarda la valutazione del coefficiente C_Q .

La formula per la determinazione della portata di piena con il metodo indicato, si basa sul calcolo della portata con tempo di ritorno 2.9 anni che, moltiplicata per un coefficiente funzione del tempo di ritorno, permette di ottenere la portata di piena a periodo di ritorno desiderato, secondo le seguenti formule:

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

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

dove:

A = superficie del bacino = 2.9 km²

C_Q = coefficiente tabellato in funzione della longitudine del baricentro del bacino (9°) e del tipo di bacino (tipo C) = 4.9

K_T = fattore di frequenza, dato nella seguente tabella

Tempo di ritorno	K_T
50 anni	3.47
200 anni	5.02
500 anni	6.04

Tab. 2.7.5.7 – Valori di K_T

I valori di portata, riferiti alla sezione di confluenza con il rio Poma', sono i seguenti:

T.Sturla a monte confluenza Pomà	
Periodo di ritorno	Portata
T=50 anni	Q ₅₀ = 58 m ³ /s
T=200 anni	Q ₂₀₀ = 84 m ³ /s
T=500 anni	Q ₅₀₀ =101 m ³ /s

Tab. 2.7.5.8 – Valori portate di massima piena del Rio Pomà alla confluenza con il Torrente Sturla

Rio Penego

Data l'esiguità del bacino in considerazione si è calcolata la portata del rio Penego adottando un contributo unitario, funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi un'area drenata pari a 2 km², secondo la seguente formula:

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

nella quale

$$A = 0.6 \text{ km}^2$$

$$U_{A=2} \text{ contributo unitario per area pari a } 2 \text{ km}^2 = 9.56 \quad [m^3s^{-1}km^{-2}]$$

Rio Penego	
Periodo di ritorno	Portata
T=50 anni	Q ₅₀ = 20 m ³ /s
T=200 anni	Q ₂₀₀ = 28 m ³ /s
T=500 anni	Q ₅₀₀ =34 m ³ /s

Tab. 2.7.5.9 – Valori portate di massima piena del Rio Penego alla confluenza con il Torrente Sturla

2.7.6 Schema riassuntivo portate di piena di progetto per il bacino

Nella tabella sono riportati in corrispondenza di ogni sezione i valori di portata al colmo di piena relativi ai diversi periodi di ritorno.

	Tempi di ritorno (anni)						
	5	10	30	50	100	200	500
a monte confluenza Pomà (StuA4)	24	33	49	58	71	84	101
a valle confluenza Pomà (StuA3)	49	68	110	131	161	190	229
Molino Maccagno (Sezione 63 – StuA2)	60	85	135	160	200	235	280
Via Apparizione (Sezione 112 – StuA1)	70	95	155	185	225	265	320
Foce (StuA0)	75	105	180	231	277	324	389
Rio Pomà (Pom)	24	34	62	75	91	108	130
Rio Penego (Pen)	7	10	17	20	24	28	34

Tab. 2.7.6.1: Tabella riassuntiva delle portate (m³/s)

Nella tavola “Carta dei sottobacini e di ubicazione delle sezioni di chiusura” sono riportati i sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino e le portate associate ai diversi periodi di ritorno corrispondenti alle varie sezioni di chiusura.

2.7.6.1 Determinazione delle portate al colmo di piena in sezioni non considerate

Per quanto riguarda sezioni intermedie fra quelle considerate o lungo gli affluenti non indagati, la portata al colmo di piena per i vari tempi di ritorno può essere assunta pari al valore di valle del tronco interessato o, in alternativa, si possono utilizzare i metodi, relativi all'area sottesa dalla sezione da indagare, proposti nello studio "CIMA" già citato.

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

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

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

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

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 come carte di pericolosità idraulica e geomorfologica.

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

In realtà la valutazione del reale stato di pericolosità presente sul territorio intesa come la probabilità che un determinato fenomeno si verifichi, non può essere disgiunta dalla determinazione della dinamica evolutiva del fenomeno stesso. Quest'ultimo aspetto non può

essere valutato aprioristicamente, anche attraverso sofisticati modelli di analisi territoriale, poiché dipende strettamente dalla tipologia del fenomeno e dal modello fisico e geotecnico del terreno che è possibile definire solo attraverso specifiche indagini geognostiche ed approfondimenti sul campo.

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

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

Da 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, delle fasce di inondabilità e dei tiranti idrici, permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico a cui deve far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e lungo termine.

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

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

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

- organizzazione di un piano di previsione della cartografia e delle banche dati che preveda in particolare un periodico aggiornamento della franosità reale anche attraverso appositi voli a seguito di eventi alluvionali di particolare intensità.

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

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito della revisione dei Piani ex-D.L. 180/98 si è proceduto ad un aggiornamento che ha comportato modifiche sostanziali alle carte di analisi, in particolare a quelle geomorfologiche; in conseguenza di ciò, vista la difficoltà oggettiva di aggiornare la carta derivata della suscettività al dissesto, si è deciso di "rigenerarla" completamente ottemperando così alle seguenti esigenze:

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

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

- Linea guida relativa alle "indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti" (redatta da Regione Liguria);
- Piano pilota ex-D.L. 180/98 del Torrente Sturla (realizzato da Regione Liguria);
- Piano di bacino del Torrente Polcevera (realizzato dalla Provincia di Genova e già valutato positivamente da Regione Liguria nell'iter di approvazione del piano stesso)

Dall'insieme di queste indicazioni è nata una procedura informatica in ambiente GIS che, tramite l'assegnazione di "pesi" ad ogni elemento giudicato "influyente" ai fini del calcolo della suscettività, porta alla "somma algebrica" di tali pesi e alla realizzazione di una "gradazione di suscettività" che copre l'intero territorio analizzato; tramite la definizione di range si ricava la carta della suscettività al dissesto alla quale vanno sovrimposte alcune categorie tra le quali le frane "quiescenti" e quelle "attive" rispettivamente nelle classi "alta" e "molto alta"; i pesi utilizzati, i relativi range e le classi sovrainposte sono riportati nel paragrafo successivo e sono validi, è importante ricordare, per tutti gli Ambiti in aggiornamento.

La procedura informatizzata si basa sui dati di base georiferiti e strutturati su file Microstation J mediante l'utilizzo del software GIS Intergraph Mge e del database Microsoft Access '97 seguendo le raccomandazioni emanate da Regione Liguria; rispetto a dette raccomandazioni si sono rese necessarie alcune variazioni elencate nella Tabella 1.

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

pregi:

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

limiti:

- Tiene conto di pochi parametri rispetto ai molteplici fattori che influiscono sulla suscettività al dissesto;
- I fattori di cui si tiene conto sono riferibili alla “scala di bacino”; non sono considerati pertanto i fattori locali, come ad esempio opere antropiche di taglio dei versanti, opere di regimazione delle acque, ecc.
- Essendo una procedura automatizzata opera una “generalizzazione” piuttosto spinta e non consente di trattare i casi singolarmente;
- essendo una procedura che analizza contemporaneamente l’intero territorio in questione rende complessa qualsiasi verifica sul territorio che non sia a campione.
- Estremizza i limiti classici della carta della suscettività (valenza e correttezza dei pesi, coerenza dei dati di base utilizzati in riferimento al diverso ordine di grandezza considerato, rappresenta una stima della maggiore o minore probabilità di accadimento, corretta interpretazione del dato di valori di suscettività medio bassi, tale indicazione non esclude il verificarsi di movimenti franosi in tali aree).

Assegnazione dei pesi

Per l’assegnazione dei pesi relativi ad ogni singola classe ci si è riferiti principalmente, dove possibile, a quelli già collaudati per il Piano di Bacino del Torrente Polcevera. Tuttavia sono stati ricalcolati quelli relativi alle formazioni litologiche, sia per derivare il peso delle litologie non presenti nel bacino del Polcevera sia per utilizzare il più ampio spettro di dati rappresentato dalla totalità della superficie degli ambiti.

Nella classe “buffer” sono stati raggruppati tutti gli elementi non areali per i quali è stato necessario realizzare un’area di contorno.

Formazioni litologiche

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

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

dove:

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

$$\varphi = A^n / A^n$$

$$A^n = \text{Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia } n \quad [\text{km}^2]$$

A'n = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle A'n. [km²]
 A_T = Area totale del bacino [km²]

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

I pesi ottenuti mediante la formula di cui sopra sono stati “normalizzati” per ogni Ambito e successivamente mediati tra tutti i 5 Ambiti.

Il risultato finale è stato successivamente modificato su tre pesi:

- la litologia **sns – serpentiniti scistose** è stata equiparata alla **sr – serpentiniti** per analogia di comportamento geomeccanico e per la scarsità areale dell'affioramento;
- per la litologia **cg – conglomerati** si è deciso di alzare il punteggio da 0 a 1 in considerazione dello stato di fratturazione dei conglomerati di Portofino.
- Per la litologia **gn – gneiss** è stato alzato il punteggio da 0 a 4 in considerazione del limitato affioramento e per analogia con i metagabbri.

I pesi finali utilizzati nella procedura sono riportati in Tabella 1.

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

Tabella 1

Acclività dei versanti

Per il calcolo della suscettività è stata utilizzata la Carta dell'Acclività Regionale in scala 1:10.000 derivata dal modello digitale del terreno generato nell'ambito del progetto

IT2000. I pesi assegnati ad ogni classe sono quelli già utilizzati per il Torrente Polcevera e sono riportati in Tabella 2.

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

Tabella 2

Uso del suolo

E' stato utilizzato un peggiorativo per la classe "ex-coltivi"; sono stati inoltre inseriti i pesi per i diversi indici di efficienza idrogeologica, lasciando a zero il peso dell'alta efficienza e attribuendo un peggiorativo alle altre due classi (Tabella 3).

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

Tabella 3

Morfologia

Oltre allo stato della roccia e alle coltri "sottili" sono state prese in considerazione, ove presenti, le ex-cave, le ex-discariche e le aree caratterizzate da ruscellamento diffuso areale (Tabella 4).

STATO DELLA ROCCIA (GXX_MOR.DGN)	<i>sigla</i>	<i>peso</i>
Roccia in buone cond. fav. al pendio	R	0
Roccia in buone cond. sfav. al pendio	RS	2
Roccia in scadenti condizioni	RF	5
Roccia non rilevabili	R0	5
COLTRI SOTTILI (INF. 3 MT) (GXX_MOR.DGN)		
Granulometria indifferenziata	c	6
Granulometria grossolana	cg	6
Granulometria fine	cf	7
AREE SPECIALI		
Ex cave		3
Ex discariche		3

Tabella 4

Buffer

Sono stati creati dei buffer per tutti quegli elementi lineari e puntuali che possono incidere sulla suscettività al dissesto; l'ampiezza dell'area è stata fissata in base ai possibili effetti morfologici causati dagli stessi elementi, tenendo conto anche della scala alla quale il calcolo restituisce i risultati. Per tutti gli elementi lineari si è usato un buffer simmetrico, cioè

si è costruita un'area di uguale ampiezza da una parte e dall'altra dell'elemento, ad eccezione dell'erosione spondale il cui buffer è calcolato sul solo lato esterno. Per gli elementi puntuali il buffer è rappresentato da un cerchio (Tabella 5).

TIPOLOGIA DI BUFFER	<i>buffer</i>	<i>peso</i>
Limite formazionale (<i>gXX_dlt.dgn</i>)	25+25	1
Faglia (<i>gXX_str.dgn</i>)	25+25	2
Erosione concentrata di fondo (<i>gXX_mrf.dgn</i>)	25+25	7
Erosione spondale (<i>gXX_mrf.dgn</i>)	0+25	7
Orlo di terrazzo (<i>gXX_mrf.dgn</i>)	15+15	3
Rottura di pendio (<i>gXX_mrf.dgn</i>)	15+15	3
Frana puntuale attiva (<i>gXX_fra.dgn</i>)	r. 25	25
Frana puntuale quiescente (<i>gXX_fra.dgn</i>)	r. 25	20
Conoide detritica puntuale (<i>gXX_fra.dgn</i>)	r. 25	10
Ciglio di frana attivo (<i>gXX_fra.dgn</i>)	25+25	10
Ciglio di frana quiescente (<i>gXX_fra.dgn</i>)	25+25	2

Tabella 5

Classi di suscettività al dissesto

La sommatoria dei pesi applicati alle singole classi è stata suddivisa in range per la definizione delle classi di suscettività al dissesto, come da Tabella 6.

CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	<i>sigla</i>	<i>range</i>
Molto bassa	Pg0	Pg0<7
Bassa	Pg1	7<=Pg1<14
Media	Pg2	14<=Pg2<20
Elevata	Pg3b	Pg3b>=20

Tabella 6

Classi sovrainposte

In ottemperanza alle raccomandazioni della Regione Liguria ed in conformità con la Normativa del Piano, in considerazione del fatto che la *Carta della suscettività al dissesto* ha anche contenuti normativi, sono state sovrainposte le classi elencate in Tabella 7.

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

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

Tabella 7

3.2.2 *Commento alla carta della suscettività al dissesto dei versanti*

A seguito dell'applicazione di un'analisi territoriale di tipo "iterativo" eseguita affinando gradualmente sia i pesi delle variabili considerate sia il taglio delle classi si è pervenuti ad un risultato soddisfacente e rispondente ai controlli e alle tarature eseguite sul terreno. Il risultato cartografico finale viene presentato senza apportare alcuna modifica alla carta derivata, si possono, infatti, osservare molti piccoli frammenti (*slivers*) con suscettività differente rispetto alle aree limitrofe.

Tale scelta persegue l'obiettivo di restituire un dato originale che non modifichi a posteriori la sua oggettività; revisioni e modifiche potranno e dovranno essere opportunamente apportate in fase di perimetrazione delle aree finalizzata alla definizione dei regimi normativi: in questa fase la carta della suscettività al dissesto di versante dovrà essere tenuta nella massima considerazione evitando, però, di incorrere nell'errore di utilizzare le perimetrazioni del suddetto tematismo senza ragionare nel dettaglio sul loro reale significato.

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

Fra le aree ad alta suscettività, non determinate dalla presenza di frane quiescenti, la più vasta ed evidente è senza dubbio quella sita nella parte alta del bacino compresa fra gli abitati di Stallo e Bavari, allungata in direzione NE-SW: gli elevati valori ottenuti derivano dalla diffusa presenza di coltri, frequentemente anche potenti, a granulometria fine, su un substrato impermeabile e con scadenti caratteristiche geomeccaniche. Tali valori trovano conferma nella presenza di un buon numero di dissesti locali e della frana attiva di Bavarelli. All'interno di questa area ad alta suscettività vi sono due "isole" a suscettività media e bassa determinate dall'assenza di coltri significative, acclività ridotte e da uso del suolo favorevole (oliveti terrazzati in buono stato di conservazione).

Stesse caratteristiche possono essere ascritte anche alla zona ad alta suscettività presso Terre Rosse ed a quella presso Loc. Crosoletta, nel bacino del Rio Mezzano in sponda orografica sinistra.

Si tratta di aree estremamente critiche, particolarmente dal punto di vista idrogeologico, e che richiedono particolare precauzione in fase di intervento ed utilizzo soprattutto per quanto riguarda la circolazione delle acque superficiali e profonde.

Un'altra evidenza che emerge dall'osservazione d'insieme della carta della suscettività al dissesto è la differenza fra la sponda orografica destra e la sinistra: la prima presenta valori medi prevalenti di suscettività, mentre nella seconda prevale la classe bassa. Tale diversità ben si accorda alla realtà territoriale, infatti le acclività sono in media superiori sul versante destro che, oltretutto, si presenta diffusamente brullo e con roccia frequentemente affiorante. Non a caso fra il tracciato autostradale e la valle del Rio Nasche si possono osservare numerosi dissesti sia di dimensioni puntuali che maggiormente consistenti. Nella suddetta valle gioca un ruolo importante anche la presenza di roccia fratturata.

Sono pertanto da considerarsi zone di criticità rilevante entrambi i versanti della valle del Rio Nasche, dove si registrano fenomeni di erosione diffusa e concentrata a spese del

substrato o di coltri di origine franosa con pericolose forme di erosione al piede e possibili implicazioni sul trasporto solido del corso d'acqua, particolarmente in prossimità del riporto tombinato.

Considerata la valenza che riveste il grande fenomeno franoso relitto di Pomà è opportuno sottolineare alcune precisazioni malgrado non siano state riscontrate situazioni di particolare criticità. Il versante in sponda destra del Rio Pomà presenta un'area a media suscettività sotto il monte Proi, mentre poco ad W si trova una zona a bassa suscettività, nonostante il versante mantenga le stesse caratteristiche morfologiche e litologiche. Tale variazione è determinata dalla diversa copertura vegetale: il settore più ad E è denudato, con presenza di prati e roccia affiorante, mentre quello ad W è boscato. Questa stessa caratteristica è la causa della presenza di aree a media suscettività lungo i crinali, fra versanti a bassa suscettività.

Il versante a monte di Già de Musa, a N di S. Desiderio, rientra in classe di suscettività media in conseguenza della presenza di una DGPV che si ritiene possa generare fenomeni di riattivazione localizzata e segni di instabilità diffusa sia a spese delle coltri che del substrato, in realtà già riscontrabili in prossimità del Cimitero e del Campo Sportivo di San Desiderio.

Nella parte bassa del bacino tutte le aree a media suscettività sono caratterizzate dalla presenza di coltri medie in corrispondenza di versanti acclivi e/o interessati da classi di uso del suolo ritenute peggiorative delle condizioni generali di stabilità.

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 relativo alle aree storicamente inondate per il bacino in considerazione deriva dalla mappatura riportata nella DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche, integrato con numerose interviste ai residenti lungo i corsi d'acqua. Le informazioni richieste riguardavano principalmente la individuazione delle aree sommerse, la determinazione dei livelli idrometrici in sezioni ben definite sul terreno, la ricorrenza degli eventi di allagamento, le modalità con cui avveniva l'esondazione, la determinazione di eventuali cause locali di aggravamento delle condizioni di rischio. Le ricognizioni, effettuate anche con la collaborazione della Commissione Intercircostrionale delle Valli dei T. Sturla e Nervi, hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree che sono state maggiormente interessate da eventi alluvionali negli ultimi anni.

Per quanto riguarda il bacino in oggetto, le principali problematiche che sono state riscontrate, procedendo da monte verso valle, sono, in sintesi, le seguenti.

- da San Desiderio fino a località Nasche sono stati riscontrati alluvionamenti localizzati di lieve entità a strutture interne alle sponde quali piani bassi di abitazioni (che probabilmente in passato avevano altre destinazioni d'uso), giardini e annessi.
- da località Nasche il torrente Sturla descrive alcune curve meandriche. In queste anse le parti interne sono state soggette a sormonti consistenti; in particolare nella curva interna in prossimità della scuola abbandonata di Nasche sono stati segnalati sormonti superiori al metro e talora con battenti maggiori mentre nella successiva curva sinistra il muro di cinta prospiciente il torrente è stato sfondato da acque provenienti da monte.
- In località Binella sono state segnalate esondazioni recenti limitate, anche se in molti punti l'acqua ha raggiunto il limite delle strutture di contenimento evidenziando pertanto l'esistenza di condizioni comunque critiche.
- A valle di loc. Binella la traversa realizzata per l'attraversamento della fognatura ha creato le condizioni di esondazione in sponda destra che hanno provocato danni ad alcune abitazioni poste in prossimità dell'alveo. Le acque fuoriuscite hanno interessato l'abitato di loc. Molino posto nell'ansa successiva. In questo nucleo in corrispondenza delle abitazioni in sinistra idrografica sono stati segnalati battenti di circa un metro.
- A valle è stato sormontato l'attraversamento con esondazioni in destra verso località Cascine; in quest'ultima località il torrente è particolarmente stretto e le case sono poste a quote modeste affacciandosi direttamente sul corso d'acqua; gli allagamenti sono frequenti e vengono segnalate vere e proprie onde di caduta a ridosso delle abitazioni lungo la curva esterna in sinistra.
- In prossimità di un'ampia curva in sinistra presso località Molino Maccagno il torrente ha allagato porzioni di abitazioni in corrispondenza di un restringimento ed ha esondato lungo la strada comunale con battenti di oltre un metro arrecando danni consistenti.
- Non si registrano ulteriori allagamenti significativi fino al ponte ad archi di Borgoratti, nell'arcata principale del quale è stata ricavata una viabilità di servizio. Lungo questo asse sono presenti attività produttive e rimesse per auto. La strada è stata allagata con battenti superiori al metro con danni accertati sino al ponte successivo. A valle di questa area sino al ponte di Corso Europa non si segnalano altre esondazioni significative; permane un rischio di esondazione in prossimità dell'area dell'impianto elettrico per l'occupazione di spazi da parte delle recenti costruzioni.
- Successivamente, a ridosso della passerella sottostante al ponte di Corso Europa, si riscontra un marcata erosione in destra ed i primi fenomeni di alluvionamento in sinistra; le esondazioni diventano sempre più ingenti proseguendo verso l'area di attrezzature militari fino al ponte romano; in questo tratto le piene e gli interventi di somma urgenza hanno portato alla demolizione di alcuni fabbricati presenti in alveo. Dal ponte romano fino alla foce sono stati riscontrati i danni più rilevanti, fino addirittura a causare alcune vittime; le acque di piena hanno dilagato lungo via Cembrano e nelle strade laterali prossime al ponte della ferrovia sia in destra che in sinistra. Come è ormai noto gli ingombri dovuti all'edificio dell'università e alla tombinatura hanno determinato una significativa riduzione delle già insufficienti sezioni idrauliche del corso d'acqua, causando la fuoriuscita dall'alveo di grandi masse di acqua con conseguenze disastrose.

L'analisi in merito alle aree inondate è stata poi corredata da una fase di ricerca storica che si è basata sugli eventi registrati dal rapporto MAPPVI (Progetto AVI "Censimento delle aree italiane vulnerate da calamità idrogeologiche" edito dal CNR-GNDICI nel 1994) che ha fornito le date dei principali eventi storici.

6.11.1931

Il Secolo XIX – 7.11.1931- Dalla Cronaca Cittadina – “La pioggia torrenziale”. L’articolo riferisce che molte cantine sono state allagate in prossimità del torrente Sturla ed inoltre riferisce che le seguenti zone sono state inondate: Via Cadighiara, Via Sciaccaluga, Viale Cembrano.

31.07.1937

Il Secolo XIX – 1.08.1937- Dalla Cronaca Cittadina – “Il temporale di ieri sera”. Il giornalista riporta l’inondazione da parte delle acque dello Sturla di Via Brigata Salerno.

29.10.1945

Il Secolo liberale – 30.10.1945- Dalla Cronaca Cittadina – “La grande pioggia”. Nell’articolo si dichiara che il torrente Sturla straripa producendo danni gravissimi.

22.09.1979

Il Secolo XIX – 23.09.1979- Dalla Cronaca Cittadina – “Quando i torrenti scendono dal cielo”. Nell’articolo si dichiara che si sono verificati allagamenti e straripamenti in tutta la città.

27.09.1992

Il Secolo XIX – 29.09.1992 – “Rapiti in casa da un’onda di morte”. L’articolo descrive le tragiche conseguenze dell’evento di piena (2 morti). La tracimazione è avvenuta a monte dell’inizio della copertura di Viale Cembrano; le acque hanno invaso Via Brigata Salerno, Via Era, Via Conforti (dove si sono registrate le vittime) e tutte le vie limitrofe al torrente.

“Così Genova è stata sconvolta” . Una passerella è stata travolta dalle acque nell’alto corso del torrente.

23.09.1993

Il Secolo XIX – 24.09.1993 – “E Genova annega ancora”. L’elenco delle zone della città inondate, riporta anche Viale Cembrano a causa dello straripamento del torrente Sturla.

23.10.1999

Il Secolo XIX – 24.10.1999 – “Nubifragio infernale”. Il torrente Sturla esonda all’altezza della ex Sutter e inonda le vie circostanti. “Salvi nella casa che ha già ucciso”. Si sottolinea che le vie in sponda sinistra del torrente Sturla sono state inondate, in particolare Via Calcapere, Via Conforti.

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.

3.3.2 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Premessa

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. Nel caso in esame l'indagine è stata condotta attraverso la verifica idraulica, in ipotesi di moto in regime permanente, del tratto del torrente Sturla che si estende dall'abitato di San Desiderio sino alla foce.

3.3.2.2 Metodologia di calcolo

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:

$$\begin{aligned} \partial Q / \partial x + \partial A / \partial t &= 0 \\ \partial H / \partial x &= -j - \partial(Q/gA) / \partial t \end{aligned}$$

dove:

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

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

$$\begin{aligned} \partial Q / \partial x &= 0 \\ \partial H / \partial x &= -j \end{aligned}$$

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

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

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A	[m/s]
R = raggio idraulico della corrente	[m]
n = coefficiente di Manning	[m ^{-1/3} s]

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

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

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

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

Il programma utilizzato nel calcolo 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:

γ = peso specifico dell'acqua

Y = profondità

3.3.2.3 Schematizzazione di calcolo

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

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

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

Parametri di scabrezza

Sulla base di quanto riscontrato durante il sopralluogo relativamente alle condizioni di fondo alveo, il coefficiente di Manning è stato adottato pari a $n=0.033 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per tutti i tratti indagati, salvo il tratto compreso tra la tombinatura di viale Cembrano e il ponte della ferrovia, tratto plateato in buone condizioni, per il quale si è assunto il valore $0.020 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.

Sezioni di calcolo

Le sezioni di calcolo rilevate sono circa 190, con numerazione progressiva crescente da monte verso valle. La sezione SM 12, la prima a monte, è localizzata a monte dell'abitato di S. Desiderio; la sezione 181, in cui si impone la condizione di valle, corrisponde alla sezione a monte del ponte dell'Aurelia. Le sezioni indicate con numeri interi seguiti da decimale sono state aggiunte a seguito di successivi rilevamenti.

Il programma di calcolo richiede l'inserimento di alcune sezioni aggiuntive in corrispondenza di opere in alveo (ponti, passerelle e tombinature, indicati da un numero intero seguito da ".5"), 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,

Ciascuna sezione idraulica utilizzata nel calcolo, costituisce la proiezione della traccia della sezione - indicata sulla Carta delle tracce delle sezioni - su un piano normale alla direzione della corrente.

Condizioni al contorno

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 consiste nel calcolo del rigurgito che si verifica, nell'ipotesi di attraversamento della profondità critica in corrispondenza del ponte dell'Aurelia, nella sezione subito a monte del

ponte. L'ipotesi è suffragata dal forte restringimento rispetto alla sezione libera, determinato dalle pile e dall'ostruzione della terza arcata dovuta alla presenza di una rimessa per barche.

Le equazioni utilizzate per il calcolo del rigurgito a monte del ponte sono:

$$1 + \frac{1}{2} \cdot F_M^2 - \frac{3}{2} \cdot \left(F_M \cdot \frac{b_o}{b_r} \right)^{3/2} = 0$$

$$Y_M = k_F \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_o^2 \cdot F_M^2}}$$

Dove:

F_M = numero di Froude della sezione ristretta

b_o = larghezza della sezione libera [m]

b_r = larghezza della sezione ristretta [m]

Y_M = profondità a monte del ponte determinata dal rigurgito [m]

k_F = coefficiente di forma delle pile.

Nel caso del ponte dell'Aurelia si ottiene:

$$\frac{b_r}{b_o} = \frac{33.6 - 8.3}{33.6} = 0.7529$$

Da cui si ricava $F_M = 0.484$.

Con $k_F = 0.9$, per pile rettangolari con fronti semicirculari, tenendo conto che la quota del fondo nella sezione del ponte è $z_F \approx 0.7$ m si ottiene, per le portate alla sezione di chiusura, posta nella sezione subito a monte del ponte, per i tre tempi di ritorno:

$$T=50 \text{ anni} \quad Q_{50}=231 \text{ m}^3/\text{s} \quad Y_M=2.47 \text{ m} \Rightarrow h_M=3.2 \text{ m}$$

$$T=200 \text{ anni} \quad Q_{200}=325 \text{ m}^3/\text{s} \quad Y_M=3.1 \text{ m} \Rightarrow h_M=3.8 \text{ m}$$

$$T=500 \text{ anni} \quad Q_{500}=389 \text{ m}^3/\text{s} \quad Y_M=3.5 \text{ m} \Rightarrow h_M=4.2 \text{ m}$$

Si è, inoltre, verificata l'attendibilità di tale ipotesi calcolando anche il profilo imponendo la profondità critica come condizione nella sezione di chiusura; ne è emerso che il profilo tende velocemente ad assumere la configurazione medesima che presenta se si ipotizza la condizione di corrente lenta sopraddetta.

Condizione di monte: Quale condizione di monte, su tutti i tratti, è stata imposta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta ad adeguata distanza a monte della prima sezione di calcolo, mantenendo la pendenza costante, in modo da avere in quest'ultima un moto già pienamente sviluppato.

3.3.2.4 Profili di moto permanente

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia, anche per la portata cinquantennale, l'insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto nel tratto a valle del ponte di Borgoratti, dove si sono verificati nel passato i danni più ingenti, e in corrispondenza delle anse a monte del viadotto autostradale, dove si concentrano piccoli nuclei urbanizzati.

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, nell'assenza di un'adeguata arginatura in prossimità di centri abitati, comunque spesso realizzati nelle aree di competenza del torrente, nella realizzazione dell'attraversamento fognario (sezione 46), che, come già detto, ha provocato l'innalzamento del letto in un lungo tratto a monte: inoltre variazioni di larghezza delle sezioni o di pendenza possono comportare localmente, come descritto più dettagliatamente nel seguito, l'innalzamento del pelo libero, e quindi aumentare il rischio di inondazioni, mentre si è visto che, in generale, i ponti non influiscono sensibilmente sulla capacità di deflusso, a meno che non vengano ostruiti da alberi o altro materiale.

Nel seguito vengono descritti per i vari tratti i profili di moto permanente ottenuti per le diverse portate. La descrizione è effettuata procedendo da valle verso monte, più opportuna in quanto per lunghi tratti si realizza un profilo di corrente lenta.

Profilo relativo a T=50 anni

Tratto I) Foce -Via Apparizione

A seguito del completamento dei lavori di messa in sicurezza, nel tratto compreso tra la foce e l'edificio ex Sutter, il pelo libero della portata cinquantennale risulta contenuto in alveo con franco adeguato; procedendo verso monte permane la criticità al restringimento causato dalla presenza in alveo dell'edificio ex Sutter.

Nel tratto a monte del ponte di via delle Casette, la criticità è collegata in parte all'inadeguatezza della sponda sinistra, ma soprattutto al ponte di via Pontevecchio che risulta sormontato dalla corrente, provocando un'esondazione diffusa verso valle.

Procedendo ancora verso monte, a causa del limitato franco rispetto alle quote spondali, le aree limitrofe all'alveo, su entrambe le sponde, sono state inserite in fascia A, tenuto conto anche che nel 2011 sono state allagate.

Tratto II) Via Apparizione-Molino Maccagno

Anche la sezione 101 si presenta come una sezione di controllo, dato il graduale allargamento verso valle (da 11.6 a 19.9 m in un tronco di 30 m, sezz. 101-105) e l'allargamento verso monte (da 11.6 a 14.2, sezz. 101-100, circa 110 m). Dalla sezione 101 parte perciò una corrente veloce verso valle, che si raccorda mediante risalto con la corrente lenta che prosegue dalla sez. 107. Verso monte, la corrente lenta tende ad abbattersi sulla profondità critica, a causa di un forte cambio di pendenza, in corrispondenza del ponte di Borgoratti, sez. 97.5, per proseguire poi fino alla briglia in sez. 91, dove si verifica l'attraversamento della profondità critica. A valle del ponte di Borgoratti il torrente esonda in sponda destra.

Verso monte si sviluppa una corrente debolmente lenta, esaltata poi dalla diminuzione di pendenza tra le sez 89 e 88, che si raccorda tramite risalto, tra le sez. 85 e 84, con una corrente veloce, originata in corrispondenza della briglia 84 e favorita dalla pendenza del tronco, pari a 2.1%.

La sezione 79, data la brusca diminuzione di pendenza, diventa sezione di controllo: verso valle parte una corrente critica, che diventa veloce in sez. 82, poco prima del salto della briglia, verso monte una corrente lenta, che si alza ulteriormente a causa del forte restringimento del ponte 77.5, con pile e parzialmente ostruito da un setto, e si raccorda infine con un risalto alla corrente veloce che parte dalla briglia in sez. 75.5.

L'allargamento verso valle tra le sezz. 70-69.5 (da 10 a 6 m in un tratto di 14 m) e l'allargamento verso monte tra la 69.5 e la 69 (da 6 a 12.5 m in circa 60 m), fa sicché la 69.5 funzioni come sezione di controllo, con attraversamento dello stato critico: si sviluppa una veloce verso valle che si abbatte sulla briglia in sez. 75.5; verso monte parte una corrente lenta, che sovrasta la passerella in sez. 67.5, si abbassa di circa 70 cm in corrispondenza de 65, peraltro completamente sommersa, e dopo un breve tratto di corrente critica si raccorda con un risalto con la corrente veloce che si sviluppa dalla briglia a monte (sez 63.5).

La sez. 58, analogamente alla sezione 69.5, è sezione di controllo, (tra le sezz. 58-57.7, la larghezza varia da 10.62 a 15.8 m in un tronco di 100 m, tra le sezz. 58/62, da 10.62 a 17.7 in 50 m): dalla sez. 58 emerge perciò un profilo veloce verso valle fino alla briglia 63.5 e una corrente lenta verso monte, che provoca localmente l'esondazione in sponda sinistra. Il restringimento provocato dal ponte 55.5 induce una transizione attraverso lo stato critico, causando inoltre un forte rigurgito a monte. La corrente lenta si raccorda presto con la corrente veloce che, partita dalla profondità critica per il restringimento imposto dal ponte 49.5, ha una transizione attraverso lo stato critico nella vicinanze della briglia 53. Il rigurgito a monte del ponte 49.5 determina una corrente lenta con andamento costante, fino alla briglia 47.5, con esondazione in sponda destra.

Tratto III) Molino Maccagno - S. Desiderio

Il ponte 41.5 induce la transizione attraverso lo stato critico: verso valle si determina una corrente veloce, che si raccorda tramite risalto con la corrente lenta di valle in prossimità del briglione in sez. 47.5. Dal ponte verso monte, il livello imposto dal rigurgito determina la partenza di una corrente lenta, con esondazioni su entrambe le sponde, profilo che si abbatte presto sulla corrente veloce che parte dalla profondità critica in sez. 39, dove un brusco cambio di pendenza (da 2.3% a 1.2%), abbinato ad un allargamento verso monte (sez. 39/38), determina una corrente critica per un breve tratto, fino al risalto che la raccorda con la corrente veloce che si diparte dalla briglia 38. Dalla briglia in sez. 38 parte una corrente critica, che declina presto verso un profilo veloce che ha origine nella briglia 34.

La passerella 28.5 funziona come luce di fondo rigurgitata, il cui livello si abbassa in corrispondenza della briglia poco a valle dell'attraversamento (sez. 32). Qui nasce una corrente veloce verso valle, che si raccorda con un risalto con la corrente lenta che parte dalla briglia 34. A monte della passerella, si origina una corrente lenta in alveo torrentizio, che si abbatte rapidamente sulla corrente veloce che parte dal salto della briglia 25. Si verificano inondazioni in sponda destra. Verso monte si sviluppa una corrente debolmente lenta, che presto un risalto unisce alla veloce che parte dalla profondità critica in corrispondenza del ponte ad arco, con spalle in alveo, 21.5. Il rigurgito a monte del ponte determina l'esondazione in sponda sinistra: il profilo di corrente lenta in alveo torrentizio si raccorda presto con un risalto idraulico alla corrente veloce che parte dalla briglia successiva a monte (sez. 19.5). Verso monte, tale briglia determina una corrente lenta, che l'alveo non è in grado di far defluire.

La sezione 11.5 funziona come sezione di controllo, a causa delle variazioni di larghezza delle sezioni (da 8.98 a 16.3 m in un tratto di lunghezza di circa 70 m, sezz. 11.5-12 e da 8.98 a 14 m in una decina di m, sezz. 11.5-7.5), inducendo una corrente veloce verso valle che si unisce, con un risalto idraulico, alla corrente lenta di valle, e verso monte una corrente lenta, con ennesimo risalto idraulico per congiungerla alla corrente veloce che parte dalla profondità critica in sez. 7, caratterizzata da un brusco restringimento. Dalla sez. 7 parte verso monte una corrente lenta, che travalica la passerella 5.5 e che si raccorda presto con una corrente veloce, dato il carattere torrentizio dell'alveo.

Profilo relativo a T=200 anni

Il profilo con tempo di ritorno duecentennale è, in molti tratti, fisicamente analogo a quello calcolato con la portata cinquantennale, anche se, ovviamente, con maggiori tiranti. Nella successiva descrizione del profilo ci si limiterà a commentare quei tratti o punti singolari del profilo che si differenziano da quello cinquantennale.

Tratto I) Foce -Via Apparizione

Nel tratto a valle dell'edificio ex Sutter, oggetto di rilevanti interventi di sistemazione idraulica recentemente conclusi, la corrente risulta contenuta in alveo, sebbene non venga garantito ovunque il franco idraulico, in particolare all'interno di alcune sezioni della nuova tombinatura di via Brigata Salerno.

Al fine di valutare la pericolosità residua, è stata condotta anche una verifica con sezione parzializzata del 30% della tombinatura che ha mostrato un funzionamento in pressione della stessa per portata con tempo di ritorno di 200 anni, ma senza significativa esondazione all'imbocco della stessa. Per tale ragione non è stata mappata la fascia B, ma si è preferito inserire l'intera zona in fascia C, in qualità di area ex inondabile.

Più a monte, si verificano esondazioni su entrambe le sponde lungo l'intero tratto preso in considerazione.

Tratto II) Via Apparizione – Molino Maccagno

La passerella a monte del ponte di Borgoratti è travalicata dall'acqua: l'acqua fuoriesce prevalentemente in sponda destra. Il rigurgito a monte imposto dal ponte 86.5 e la relativa corrente lenta verso monte sono molto maggiori rispetto al caso precedente, con inondazioni su entrambe le sponde. Anche il ponte 77.5 non risulta più verificato, e determina un notevole rigurgito a monte: la corrente lenta in alveo torrentizio che si abbatte presto sulla corrente veloce da monte. La corrente lenta che parte dalla sezione 69.5 raggiunge elevati livelli di pelo libero, sommerge completamente la briglia, con inondazioni su entrambe le sponde

Tratto III) Molino Maccagno – S. Desiderio

Il risalto della corrente lenta, localizzato dopo il ponte 60.5, si spinge più a monte rispetto al caso precedente. Uguale considerazione vale per il brusco risalto successivo, a monte del ponte 55.5, completamente sommerso, in regime di luce rigurgitata abbinata ad uno stramazzo. Dalla briglia in sez. 53 ha origine una corrente debolmente lenta, che, esaltata dal rigurgito dovuto al restringimento determinato dal ponte 49.5, cade poi sulla critica a causa della presenza del briglione in sez. 47.5.

Il ponte 41.5 è fortemente rigurgitato e dà luogo ad una corrente lenta con pelo libero notevole, ma andamento analogo a quello del profilo precedente. In corrispondenza della briglia 38 arriva da monte una corrente critica, come nel profilo a tempo di ritorno cinquantennale. Nel tronco compreso tra le sezioni 32-34 si ha una corrente veloce che si

origina alla briglia 32 e, diversamente dal profilo di moto permanente per T=50 anni, la maggior portata defluente nell'evento duecentennale mantiene la corrente veloce fino alla briglia in sez. 34. Completamente sovrastato il ponte 28.5, da cui si sviluppa una corrente lenta il cui risalto è spostato più a monte del profilo precedente. Il ponte 21.5 comporta nuovamente il passaggio della critica, con determinazione di un livello a monte con franco minore a 0.5 m: il ponte non è quindi verificato. Il profilo prosegue fino alla sezione iniziale a monte con andamento analogo a quello del profilo precedente. Si registrano quasi ovunque esondazioni lungo entrambe le sponde.

Profilo relativo a T=500 anni

Il profilo con tempo di ritorno cinquecentennale è, in molti tratti, analogo a quello calcolato con la portata duecentennale. I due profili sono ovviamente differenziati dai più elevati tiranti determinati dalla portata cinquecentennale. Nella successiva descrizione del profilo ci si limiterà a commentare quei tratti o punti singolari del profilo che si differenziano da quello duecentennale.

L'alveo risulta insufficiente per il deflusso della portata cinquecentennale lungo quasi tutto il tratto del torrente considerato.

Tratto I) Foce -Via Apparizione

Il tratto del profilo, fino al ponte romano, è qualitativamente del tutto analogo al precedente.

Tratto II) Via Apparizione – Molino Maccagno

La corrente lenta a monte della briglia 91 si stacca più nettamente dalla critica, rispetto al profilo duecentennale. Il ponte in sez. 86.5 è una luce rigurgitata, con una sottile lama stramazzone. La corrente lenta che ha origine dal livello a monte del ponte soffoca quasi completamente la corrente veloce che nasce dalla briglia in sez. 84. La corrente critica che si diparte dal ponte 77.5, che funziona come luce di fondo, riesce a diventare lenta per un tratto a monte della briglia 84. Il ponte 77.5 provoca un forte rigurgito a monte. Il profilo prosegue verso monte in maniera analoga a quello duecentennale, fino al briglione in sez. 45.7.

Tratto III) Molino Maccagno – S. Desiderio

Il profilo prosegue verso monte con un profilo analogo a quello duecentennale. In corrispondenza della briglia 34 nasce però una corrente veloce, non più critica come nei casi precedenti, che si raccorda con la lenta che parte dalla briglia 38.

La variazione dello stato della corrente dipende dall'aumento della portata. Infatti, in condizioni critiche:

$$if_c = \frac{B}{b \cdot C^2} \approx \frac{1}{C^2}$$

dove:

if_c = pendenza critica

$$C = 6 + 2.5 \cdot \ln \frac{R}{\varepsilon} = 6 + 2.5 \cdot \ln \frac{Y_c}{\varepsilon}$$

$$Y_c \propto Q^{2/3}$$

B= contorno bagnato della sezione idraulica	[m]
b= larghezza della sezione	[m]
C= coefficiente di conduttanza di Chezy	
R= raggio idraulico	[m]
ε = diametro medio del sedimento	[m]

Da queste relazioni si ricava che la pendenza critica diminuisce all'aumentare della portata; quindi, la pendenza del tronco compreso tra le sezioni 38-34, critica per la portata duecentennale, è invece supercritica per la portata cinquecentennale. In tale tronco si sviluppa quindi una corrente veloce, che parte dalla briglia 34. Il ponte 21.5 determina ancora il passaggio attraverso la profondità critica, con maggiore rigurgito verso monte.

3.3.2.5 Analisi della capacità di smaltimento delle opere in alveo

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 riportati per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata. Si è considerata l'opera non verificata se il franco è risultato inferiore a 50 cm. Nel caso particolare del ponte della ferrovia, del ponte di Borgoratti e del ponte dell'Aurelia, punti nevralgici della città, la verifica è stata riferita, per i primi due manufatti, alla capacità di contenimento dell'arginatura sulla sponda destra, che si affaccia sulla strada e per il terzo, si è fatto riferimento all'arginatura in sponda sinistra.

Poiché la problematica maggiore è legata all'insufficienza delle sezioni, è emerso che l'eliminazione delle criticità localizzate individuate nella tabella non porterebbe a diretti sostanziali miglioramenti nel deflusso; permane, ovviamente, la possibilità, assai rilevante, che durante un evento di piena, alberi o altro materiale possano ostruire la sezione libera, aggravando le situazioni di rischio. Fanno eccezione a questa considerazione i ponti 41.5 e 55.5, la cui eliminazione, al contrario, comporta un locale miglioramento nel profilo simulato; l'edificio ex Sutter costituisce l'ultimo grave ostacolo al deflusso nel tratto terminale e la cui demolizione e/o adeguamento è già prevista nel progetto a firma del Prof. Ing. Enrico Marchi.

N° Sezione	Tipologia dell'opera	T di Ritorno
182.5	Ponte dell'Aurelia	T>500
174.5	Ponte della ferrovia	T>500
170.5	Attraversamento senza pile in Via Brigata Salerno	demolito
166.5	Attraversamento senza pile in Via Brigata Salerno	demolito
160.5	Tombinatura di Viale Cembrano	T<500
155.5	Ex-Sutter, attuale sede Facoltà Farmacia	T<5
135.5	Ponte Romano con due arcate di Via delle Casette	T<30
131.5	Ponte con pila in alveo di Via Pontevecchio	T<10
127.5	Ponte senza pile sotto Corso Europa	T<100
120.5	Ponte senza pile in alveo	T<100
113.5	Ponte con due pile in alveo	T<200
109.5	Ponte senza pile in alveo	T<100
103.5	Ponte senza pile in alveo	T>500
97.5	Ponte ad arco di Borgoratti senza pile in alveo	T<30
93.5	Ponte senza pile in alveo	T<50
86.5	Ponte con pila in alveo	T<200
77.5	Ponte con pile in alveo e sotto d'ostruzione	T<100
71.5	Ponte senza pile in alveo	T>500
67.5	Ponte senza pile in alveo	T<30
60.5	Ponte senza pile in alveo	T>500

<i>N° Sezione</i>	<i>Tipologia dell'opera</i>	<i>T di Ritorno</i>
55.5	Ponte con due pile in alveo	T<30
49.5	Ponte con pila in alveo	T<30
41.5	Ponte con pila in alveo	T<30
28.5	Ponte senza pile in alveo	T<30
21.5	Ponte ad arco con spalle in alveo	T<200
16.5	Ponte senza pile in alveo	T<500
9.5	Ponte senza pile in alveo	T<500
5.5	Ponte senza pile in alveo	T<30

Tab. 3.3.2.5.1 – Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere

3.3.2.6 Allegati idraulici

Negli allegati alla relazione idraulica vengono presentati i risultati della simulazione del profilo di rigurgito in moto permanente, per ciascun periodo di ritorno sotto forma di:

- Andamento del profilo sull'asta considerata. I profili sono graficati in scala 1:2000 per l'asse della distanza progressiva, in scala 1:200 per l'asse della quota;
- Sezioni trasversali dell'alveo con relativi livelli liquidi.

Le sezioni utilizzate nel calcolo sono stampate in scala 1:200 per l'asse x, in scala 1:100 l'asse y. Una caratteristica del programma utilizzato è che le sezioni in cui avviene attraversamento della critica riportano stampata solo quest'ultima, senza sovrapporre la linea di pelo libero.

Le sezioni sono riportate sulla Carta delle tracce delle sezioni alla scala 1:5000, per averne una visione complessiva. Sono stati realizzati stralci della carta sopraddetta in scala 1: 2000, per una più precisa individuazione delle sezioni, riportati in Allegato I4 - Tavola n°11.

- Tabelle, contenenti i seguenti campi:
 N° sezione: numero di sezione
 L (m): distanza tra una sezione e la successiva
 Z_F(m): quota minima del fondo
 h (m): carico piezometrico
 h_C (m): carico piezometrico critico
 Y (m): profondità
 H (m): carico totale
 F. S. (m): franco sinistro
 F. D. (m): franco destro
 U (m/s): velocità media nell'alveo
 A (m²): sezione di flusso della corrente
 Fr: numero di Froude
 B (m): larghezza del pelo libero

Si noti che i valori del franco destro e sinistro devono considerarsi puramente indicativi, in quanto gli argini nel calcolo vengono ricostruiti unendo le quote sommitali delle sezioni consecutive, non riproducendo, quindi, le singolarità riscontrate e segnalate nella relazione di sopralluogo: inoltre, per motivi pratici, in alcuni ponti, il franco non è riferito all'intradosso dell'impalcato, come di regola.

- Elenco allegati:

n° 3: Risultati delle verifiche idrauliche per T=50 anni:

- Profilo longitudinale del pelo libero
- Tabelle riassuntive delle grandezze idrauliche significative

n° 4: Risultati delle verifiche idrauliche per T=200 anni:

- Profilo longitudinale del pelo libero
- Sezioni trasversali dell'alveo con relativi livelli del pelo libero
- Tabelle riassuntive delle grandezze idrauliche significative

n°5: Risultati delle verifiche idrauliche per T=500 anni:

- Profilo longitudinale del pelo libero
- Tabelle riassuntive delle grandezze idrauliche significative

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 in base al seguente procedimento:

- 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 del sopralluogo in alveo;
- tracciamento delle linee indicative delle aree inondabili, definite come inviluppo dei punti di intersezione fra la quota idrometrica determinata per le diverse portate di riferimento e la topografia del terreno o le opere spondali esistenti. 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;
- analisi di verifica in campagna in modo tale da verificare la congruenza delle linee tracciate con la morfologia dei luoghi (operazione particolarmente importante per il controllo di situazioni puntuali);
- eventuali correzioni delle fasce a seguito dell'azione di verifica.

La scelta del metodo per la perimetrazione delle aree inondabili è stata condotta sulla base della morfologia del bacino che si presenta incassato quasi fino alla foce. Il metodo utilizzato, infatti, è una schematizzazione il cui limite principale si manifesta nei tratti d'alveo poco incassati, cioè prevalentemente quelli vallivi, dove il prolungamento della linea di pelo libero fino ad intersecare la superficie topografica può dare luogo a superfici inondabili esageratamente estese, perché prive di corrispondenza con i volumi esondabili. In questi casi una soluzione può consistere nell'applicazione di metodi più sofisticati, quale ad esempio una modellazione di tipo bidimensionale. Il metodo utilizzato è cautelativo, in quanto suppone che

il pelo libero si mantenga orizzontale fino all'incontro con il versante o la relativa opera idraulica e si fonda su calcoli in cui si è supposto che tutta la portata venga sempre convogliata alla foce, per cui le aree inondabili costituiscono l'involuppo delle aree potenzialmente inondabili e non le aree realmente inondabili in un unico evento di piena. Tale cautela bilancia l'incertezza da cui sono affette le valutazioni idrauliche a causa delle necessarie assunzioni modellistiche e talvolta dell'insufficienza dei dati disponibili; in particolare permette di tenere conto, almeno qualitativamente, degli eventuali innalzamenti del pelo libero dovuti al trasporto solido che sicuramente si verifica in fase di piena e che non è stato esplicitamente considerato, ed al conseguente possibile sovralzso della quota di fondo che, secondo studi recenti, possono anche risultare dell'ordine del metro. Per tale ragione non si è tenuto inoltre conto del sovralzso del pelo libero in corrispondenza delle curve. Per quanto riguarda il tratto cittadino dello Sturla, densamente urbanizzato, le aree sono, in generale, ancora morfologicamente delimitate in base alla topografia, per cui non si è ritenuto necessario ricorrere ad una modellazione più raffinata.

Nel caso in esame, si è comunque verificato che la schematizzazione scelta per la determinazione delle aree inondabili risulta adatta a descrivere il fenomeno nel caso in esame attraverso una verifica di massima dei volumi esondabili sulla base dell'idrogramma di piena e, in secondo luogo, dell'effettiva capacità di ricezione di tale volume da parte delle aree inondabili. L'idrogramma di piena (che riporta in ascisse il tempo e in ordinate la portata) è stato infatti "tagliato" con il valore indicativo di massima portata smaltibile. Dal calcolo dell'integrale della portata si è ricavato il volume che non trova capienza certa in alveo e si è verificato che la superficie delimitata dalle tre perimetrazioni delle aree (T=50 anni, T=200 anni, T=500 anni) moltiplicata per un valore medio di tirante fornisce un volume congruente, a livello di ordine di grandezza, con il volume determinato a partire dall'idrogramma di piena.

Sulla base della metodologia descritta sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative a i 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 fluviali, 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.

Mentre le fasce A e B corrispondono direttamente alle aree inondabili determinate attraverso il calcolo idraulico e per tale ragione non è stata qui redatta anche la Carta delle aree inondabili, la fascia C, nel caso in oggetto, risulta comprensiva anche di un'area in corrispondenza di un limitato tratto cittadino, a monte del ponte dell'Aurelia individuata nella carta delle aree storicamente inondate. Tale area è indicata sulla carta delle fasce fluviali con una diversa simbologia, poiché non risulta legata direttamente all'inondazione da parte dello Sturla, ma l'allagamento è piuttosto attribuibile ad un'insufficienza delle reti fognarie che, in

base alle testimonianze dei negozianti della zona, si innesca in corrispondenza di eventi anche poco significativi.

Il metodo utilizzato non permette di definire in maniera precisa i tiranti idrici, tuttavia è possibile fornire qualitativamente i tiranti idrici nella zona inondata a partire dai profili del pelo libero determinato con il calcolo idraulico, ovvero dalle singole sezioni con le indicazioni del livello del pelo libero relativo a una specifica portata.

I tiranti, riportati nella Carta dei tiranti idrici relativamente ad ogni portata, sono stati distinti nelle tre classi che permettono di individuare zone a maggiore pericolo in caso di piena:

<i>Classe</i>	<i>Tirante t (m)</i>
Classe 1	$0 < t \leq 0.5$
Classe 2	$0.5 < t \leq 1$
Classe 3	$t > 1$

Tab. 3.3.3.1 –Suddivisione in classi dei tiranti idrici derivanti dalla modellazione

Il metodo con cui sono state definite le fasce non permette inoltre una definizione quantitativa delle velocità di scorrimento, tuttavia, essendo le inondazioni particolarmente concentrate in tratti urbani, si può ragionevolmente ritenere che le maggiori velocità di scorrimento si realizzino lungo la viabilità posta in prossimità dell'alveo che diventa naturalmente sede preferenziale di scorrimento delle acque esondate.

L'indicazione delle zone in cui le acque esondate assumono elevate velocità di scorrimento è riportata nella 'Carta delle fasce di inondabilità'.

In accordo con i criteri dell'Autorità di bacino regionale, inoltre, le aree laddove più esterne alle vigenti aree di fascia A e non siano state adeguatamente approfondite sulla base di studi idraulici aggiornati ovvero non siano presenti elementi che consentano già una definizione dei corrispondenti livelli di pericolosità, vengono in generale come fascia di tipo A* (cfr art. 12, c.2, lett a1, punto 4) delle NdA).

Nel caso specifico, in relazione alle aree inondate ex DGR 59/2015 relative al rio Penego, più ampie in alcuni tratti delle fasce A del piano vigente, si è ritenuto che fossero già classificabili in termini di periodo di ritorno, anche sulla base di valutazioni tecniche, senza necessità di ulteriori approfondimenti modellistici. Le limitate porzioni di aree inondate nell'evento 2014 esterne alle fasce A già perimetrate, sono state pertanto inserite nella fasce A stesse, quale migliore specificazione, in quanto maggiormente coerente con l'effettivo stato dei luoghi .

3.4 Principali criticità del bacino

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

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

Il rilevamento geomorfologico ha riscontrato come gran parte delle criticità sia localizzata in corrispondenza di aree caratterizzate da scarsa copertura vegetale, con assenza

di suolo e fenomeni di erosione sia diffusa che concentrata, e subordinatamente laddove forme di utilizzo del suolo, che prevedevano il drenaggio e la raccolta e l'allontanamento delle acque di corrivazione superficiale, sono state abbandonate. I dati acquisiti portano a ritenere che il Torrente Sturla sia attualmente in una fase di ringiovanimento, soprattutto nel tratto montano ma anche più a valle, dove i tronchi con deposito alluvionale risultano localizzati esclusivamente presso alcune anse del corso d'acqua ed in presenza di briglie o altre opere in alveo. Da questo primo dato, ne deriva come le problematiche geomorfologiche più diffuse all'interno del bacino siano prevalentemente legate all'erosione e si manifestino sia attraverso processi gravitativi, sia come ruscellamento diffuso ed incanalato, sia come frane di crollo localizzate.

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico possono essere individuate senza dubbio nelle due frane attive di S. Desiderio e Bavarelli, che già in passato hanno determinato lesioni negli edifici che insistono sugli accumuli; in taluni casi queste lesioni hanno indotto danni strutturali tali da consigliare l'evacuazione degli stabili. La tipologia dei dissesti in esame, sebbene non sia stata approfonditamente studiata, può essere ragionevolmente assimilata a quella di numerosi altri casi riscontrabili sul territorio regionale: un colamento di coperture detritiche e substrato alterato e disarticolato, entrambi a granulometria fine e ricchi d'argilla, su un substrato impermeabile. Questi dissesti hanno, in genere, cinematica lenta con superfici di scorrimento spesso multiple e non facilmente o univocamente individuabili e velocità variabili da zona a zona all'interno dello stesso accumulo.

Le altre frane attive individuate all'interno del bacino hanno caratteristiche e dimensioni meno importanti e sono determinate dall'assetto giaciturale sfavorevole abbinato a pendenze elevate in aree denudate (frane 17 – Cava Luvega e 22 – Fondo La Sua) o da scalzamento al piede daparte del corso d'acqua principale (frane 31 e 41); fra queste la situazione maggiormente critica è individuabile nella frana 17 – Cava Luvega in quanto l'accumulo ha un volume considerevole e piede nell'alveo del Rio Nasche subito a monte l'imbocco della tombinatura. La mobilitazione di questo accumulo in caso di un evento di piena del Rio potrebbe creare problemi sia alla strada per Bavari immediatamente a valle sia alla tombinatura e, conseguentemente, al riporto che insiste su quest'ultima.

Per quanto riguarda il rischio di inondazione, l'esame delle fasce di inondabilità mostra come ci siano estese aree inondabili già per la portata cinquantennale, soprattutto in corrispondenza del centro urbano limitrofo al tratto terminale: la maggiore criticità idraulica, già a partire dall'asta montana del torrente, all'altezza di San Desiderio, è dovuta alle dimensioni delle sezioni che, infatti, risultano insufficienti. In alcuni punti la capacità di smaltimento della sezione è ulteriormente diminuita a causa del materiale depositato sul fondo dell'alveo per effetto di dissesti di versante attivi o riattivati al piede.

In diversi tratti non esiste una vera e propria arginatura, la sponda è infatti digradante verso il fondo alveo o al più è delimitata da muri a secco di altezza dell'ordine del metro.

Nella fase di sopralluogo si è riscontrata la presenza di numerosi edifici che fungono da argine del torrente. Alcuni edifici hanno finestre e accessi prospicienti l'alveo, pertanto sono allagabili nel caso in cui si verifichi un fenomeno di piena.

Altra problematica associata agli argini è lo stato di conservazione, infatti si sono riscontrati argini in precarie condizioni. Un esempio di quanto sopra è offerto dal muro di delimitazione dell'area militare sita in prossimità di via delle Casette, dove, infatti, è presente un cartello che indica il muro come pericolante. In altri punti si sono osservati muri d'argine realizzati in cemento armato che si innestano su paramenti in muratura a secco. Il punto di

discontinuità delle diverse tipologie costruttive, congiuntamente alle precarie condizioni statiche delle murature in pietra, rendono questi tratti di argine piuttosto vulnerabili.

A livello locale si individuano punti la cui elevata criticità è la somma di svariati fattori, quali l'insufficienza delle sezioni, le condizioni degli argini, la presenza di materiale sul fondo, pile di ponti in alveo, eccetera: caso tipico è Viale Cembrano, dove la copertura del torrente, è preceduta da 7 ordini di pilastri in alveo che sorreggono l'edificio adibito a facoltà universitaria (ex-Sutter).

Le situazioni di maggiore criticità, in conclusione, confermano nella sostanza le criticità rilevate già nell'esame delle aree storicamente inondate. Esse, procedendo da monte verso valle, possono essere così riassunte:

- Il tratto che scorre in San Desiderio, nel quale in sponda destra l'argine è costituito da abitazioni con finestre di scantinati poste a bassa quota, mentre in sponda sinistra si trova un piazzale occupato da un demolitore;
- località Moglie, Località Nasche dove gli argini sono del tutto inadeguati. Alcune case si affacciano con finestre direttamente sull'alveo;
- località Binella: l'attraversamento fognario, di cui più volte si è parlato, costituisce un vero sbarramento dell'alveo, la cui presenza ha presumibilmente provocato un notevole innalzamento del fondo dell'alveo verso monte con conseguente diminuzione della sezione disponibile per la portata di piena. Le case, inoltre, sono state edificate a ridosso dell'alveo, in posizione di pericolo;
- località Cascine, Molino Maccagno dove si trovano abitazioni in fregio al torrente poste a quote modeste;
- a valle del ponte di Borgoratti: l'arcata del ponte risulta parzialmente occupata da via Del Borgo, che risulta inondabile con battenti notevoli. Anche in questo tratto si presenta in sponda destra un'arginatura discontinua, in sponda sinistra l'alveo è costeggiato da una strada il cui muro di contenimento non è sufficiente per il deflusso della piena;
- in corrispondenza del viadotto di corso Europa: risulta inondabile un piccolo pianoro, a bassa quota rispetto il fondo alveo, su cui è stata realizzata una bocciolina e un piazzale di proprietà dei Carabinieri perimetrato da un muro pericolante;
- a valle del ponte di via delle Casette e via Pontevecchio: è l'area che storicamente ha subito i danni più consistenti. Questo tratto è interessato dal progetto di sistemazione del torrente, redatto da un gruppo di progettisti coordinati dal Prof. Ing. E. Marchi, in modo tale da ricondurre il rischio di esondazione entro limiti accettabili. Gli interventi principali previsti dal progetto comprendono: il rifacimento degli argini nel tratto compreso tra il ponte romano e il ponte della ferrovia, la demolizione della parte aggettante in alveo della ex-Sutter, il raddoppiamento della tombinatura che avrà larghezza di 20 m per tutta la sua lunghezza, con un setto centrale, la demolizione delle due passerelle a valle della copertura, l'apertura del terzo fornace del ponte della ferrovia.

Tutti gli interventi risultano ad oggi realizzati, ad eccezione della demolizione dell'edificio ex-Sutter.

E' da segnalare ancora la mappatura in fascia A di un tratto di Via Shelley nel sottobacino del rio Penego.

La parte del rio Penego che si trova a monte della confluenza con il rio Zucchetta è tombinata per un lungo tratto, prima con un tombino scatolare di dimensioni interne 4 x 3 e poi con un tubo di diametro 1500 mm.

Al fine di dare una stima della efficienza dei manufatti suddetti sotto il profilo idraulico si è fatta l'ipotesi cautelativa che il corso tombinato del rio Penego non sia in grado di convogliare verso valle alcun contributo di portata, sia per la sua vetustà e probabile criticità strutturale, sia per le dimensioni contenute che facilitano occlusioni parziali o totali della sezione.

Volendo tuttavia supporre che le sezioni di deflusso del doppio tombino siano libere e sgombre e che possano raccogliere una parte dei contributi di piena, si è effettuato il seguente calcolo:

Si è ipotizzato che:

1. entrambi i collettori abbiano pareti in cemento di non recente fattura e quindi sgretolato in più punti, con presenza di ciottoli e residui solidi sul fondo e caratterizzato da una scabrezza media piuttosto elevata; in via approssimativa, dovendo tenere conto di un valore medio sull'intero sviluppo, si è tenuto conto di un coefficiente K_s di Gauckler-Strickler pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, corrispondente a un valore m di Manning di $0,033 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$.
2. la pendenza media i del tratto tombinato sia uniforme, pari al 14% circa. Tale dato potrebbe non essere affatto veritiero, non potendosi escludere cambi di pendenza intermedi, con conseguente aumento delle perdite di carico.
3. la geometria di ognuno dei due collettori sia uniforme e cilindrica. Anche questo è un dato del tutto arbitrario: è infatti possibile che esistano altre sezioni intermedie di forma e dimensioni molto diverse da quelle di imbocco e sbocco, che - come noto - sono le uniche note.

Con tutte queste premesse si è calcolato, per tentativi, il valore della portata che, all'interno del collettore circolare da 1500 mm, genera una cadente piezometrica avente pendenza pari a quella del tombino stesso. Tale portata infatti rappresenta il limite della massima potenzialità di deflusso del collettore, in quanto, per valori superiori ad essa, la linea dei carichi interseca il profilo dell'intradosso del collettore e provoca la messa in pressione dello stesso, causando un rigurgito che si propaga verso monte e dà luogo alla tracimazione in prossimità dell'imbocco.

Con riferimento alla tubazione circolare presente nel tratto inferiore del corso tombinato del rio Penego, si ha:

di diametro interno	$D = 1,50 \text{ m}$
sezione di deflusso a bocca piena	$A = 1,767 \text{ m}^2$
contorno bagnato	$B = 4,71 \text{ m}$
raggio idraulico	$R = 0,375 \text{ m}$

Facendo uso della formula di stima delle perdite di carico distribuite:

$$j = \frac{U^2}{K_s^2 \cdot R^{4/3}}$$

è possibile risalire al valore della portata Q che porta all'equazione:

$$j = i.$$

Tale valore, nelle ipotesi sopra indicate risulta pari a $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Esso è stato maggiorato ed arrotondato sino a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, per tener conto dell'incertezza nella valutazione dei parametri sopradetti, soprattutto in riferimento alla pendenza longitudinale i e alla scabrezza media ks .

Per verificare quanto sopra affermato si è tentato di verificare il comportamento in moto permanente del sistema di tombini, facendo evolvere diversi valori di portata, compresi tra 1 e $19 \text{ m}^3/\text{s}$, all'interno dei tratti coperti, utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS con specifico riferimento al deflusso in sezioni chiuse (*culvert*). In questo approccio, che viene qui presentato solo come verifica e confronto di quanto sopra affermato, ma che non intende rappresentare un dato oggettivo, mancando come noto i dati puntuali per dare fondamento al calcolo, si è ipotizzato:

TOMBINO SCATOLARE SUPERIORE

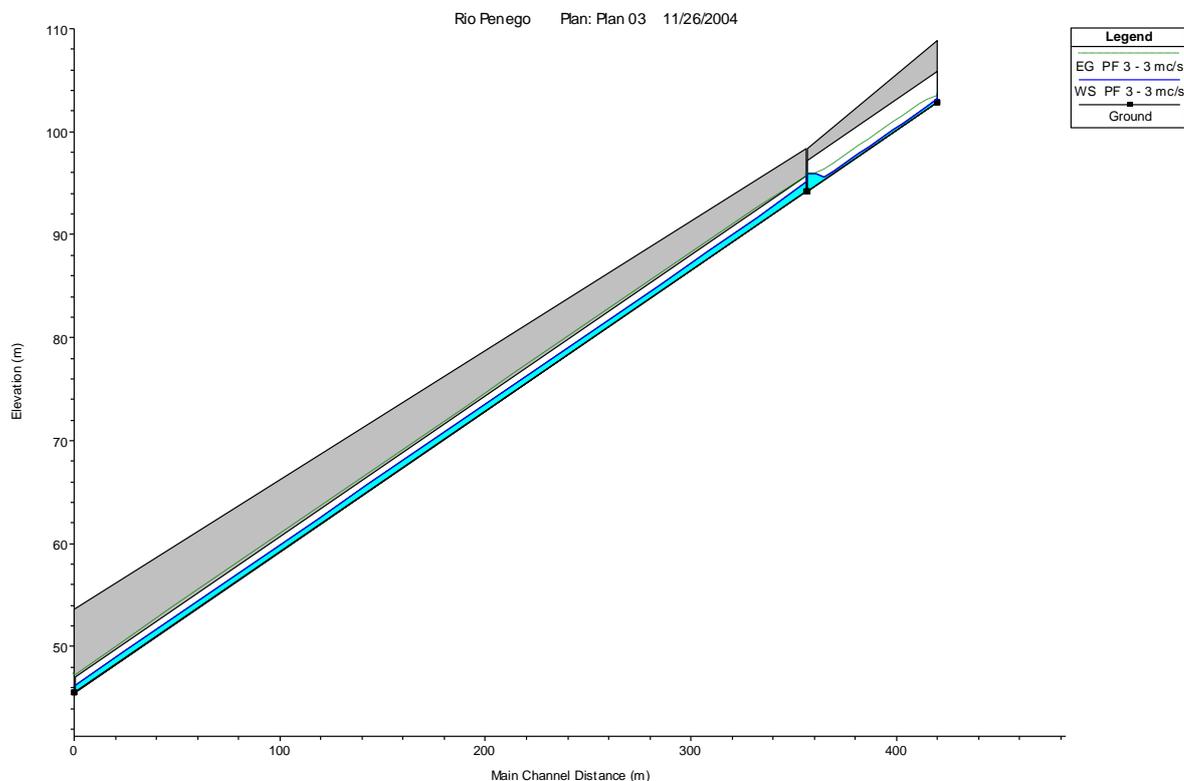
Altezza interna netta	$b = 3,00 \text{ m}$
Larghezza interna netta	$a = 4,00 \text{ m}$
Quota scorrimento imbocco	$Z_{tm} = 102,87 \text{ m s.l.m.}$
Quota scorrimento sbocco	$Z_{tv} = 94,26 \text{ m s.l.m.}$
Lunghezza	$L = 63,03 \text{ m}$
Pendenza media	$i = 0,1366$
Quota strada imbocco	$Z_{sm} = 108,87 \text{ m s.l.m.}$
Quota strada sbocco	$Z_{sv} = 98,36 \text{ m s.l.m.}$
Coefficiente di scabrezza	$K_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s.}$

TOMBINO CIRCOLARE INFERIORE

Diametro interno netto	$D = 1,50 \text{ m}$
Quota scorrimento imbocco	$Z_{tm} = 94,26 \text{ m s.l.m.}$
Quota scorrimento sbocco	$Z_{tv} = 45,60 \text{ m s.l.m.}$
Lunghezza	$L = 356,20 \text{ m}$
Pendenza media	$i = 0,1366$
Quota strada imbocco	$Z_{sm} = 98,36 \text{ m s.l.m.}$
Quota strada sbocco	$Z_{sv} = 53,63 \text{ m s.l.m.}$
Coefficiente di scabrezza	$K_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s.}$

All'ingresso e all'uscita di ogni tombino si sono posti coefficienti correttivi delle equazioni del moto che tengono conto delle perdite concentrate per brusco restringimento (*contraction*) e brusco allargamento (*expansion*), rispettivamente pari a 0,6 e 0,8.

I risultati di tale simulazione con la portata di 3 m³/s sono evidenziati nella figura sottostante. Per portate superiori si verifica la messa in pressione del tombino e la conseguente tracimazione in superficie.



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.

Successivamente all'analisi delle criticità di tipo idraulico e geomorfologico il sistema-bacino è stato studiato in maniera integrata cercando, per quanto ad oggi possibile, di miscelare le conoscenze acquisite anche mediante appositi sopralluoghi congiunti. La principale emergenza evidenziata con questa metodologia è l'interferenza del piede delle due principali frane attive (Bavarelli e S. Desiderio) con l'asta principale del T. Sturla. Tale criticità potrebbe rappresentare un concreto pericolo qualora un evento meteorico estremo causasse una piena nel tratto montano del bacino; l'aumentata capacità erosiva del corso d'acqua potrebbe scalzare il piede dei due dissesti, in una zona oltretutto priva di qualsiasi opera di difesa spondale. Questa eventualità potrebbe determinare sia una mobilitazione delle parti più a monte delle frane per richiamo di materiale dal piede sia un temporaneo sbarramento del corso d'acqua, il cui alveo, peraltro, già allo stato attuale è occupato da detriti di pezzatura grossolana chiaramente provenienti dai versanti limitrofi. Lo sbarramento del corso d'acqua potrebbe evolvere in un evento di piena anomalo.

Qualora la diga formatasi improvvisamente cedesse; si potrebbe verificare un evento anomalo a causa del carico solido particolarmente consistente che si verrebbe ad accumulare e che potrebbe generare una sorta di “mud flow”.

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

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

3.4.1 Raffronto di massima con le principali previsioni del PRG

L'analisi del Piano Regolatore Generale del Comune di Genova ha evidenziato che sono previsti interventi in zone di fondo valle limitrofe al corso d'acqua. Da un'analisi di massima si è riscontrato che aree in cui sono previsti interventi di completamento rientrano nelle aree mappate come inondabili nell'ambito del presente piano, mentre non sono previste significative azioni di intervento in aree di versante.

In particolare emerge che nella zona di fondovalle a=TR 9/1, che si estende da Via Antica Romana di Quarto all'altezza del ponte romano sino alla foce, l'obiettivo della trasformazione consiste nella “realizzazione della nuova viabilità della Valle Sturla, connessa con la regimentazione del torrente e la realizzazione di interventi di completamento e di riordino nell'ambito delle aree laterali”. L'area, tutta in sponda sinistra, ha come funzione caratterizzante la realizzazione di un centro commerciale, previo adeguamento dell'alveo del torrente, e fra le funzioni ammesse sono consentiti servizi pubblici, parcheggi pubblici e privati esclusivamente interrati, viabilità, piccoli esercizi commerciali.

Nella carta delle fasce fluviali la zona classificata a=TR 9/1 risulta essere inondabile con periodo di ritorno cinquantennale e con tiranti superiori al metro.

Nella zona che si estende dal ponte romano di Quarto sino all'altezza del viadotto dell'autostrada, classificata con la sigla TR 9/3, la funzione caratterizzante è la realizzazione di infrastrutture per la viabilità. Nei diversi settori in cui la zona è suddivisa è prevista la realizzazione di parcheggi interrati, piccoli esercizi commerciali, pubblici esercizi e connettivo urbano.

Il tratto limitrofo all'alveo in zona TR 9/3 che si estende dal Ponte romano sino al viadotto di Corso Europa risulta inondabile con tempo di ritorno cinquantennale e tiranti dell'ordine del metro. Nel tratto più a monte ristrette porzioni dei settori in cui sono previsti interventi sono inondabili con periodo di ritorno pari a cinquanta anni, e porzioni più estese sono inondabili al verificarsi di portate con periodi di ritorno di duecento e cinquecento anni.

Infine in un'area ubicata a San Desiderio, zona TR 9/2, in sponda sinistra del torrente, le previsioni di PRG contemplano la realizzazione di servizi pubblici di quartiere (giardini pubblici e parcheggi) e di un fabbricato di carattere produttivo destinato alla localizzazione di piccole attività presenti nella zona.

Parte della zona TR 9/2 risulta inondabile, infatti una stretta striscia limitrofa all'alveo è inondabile con periodo di ritorno pari a cinquanta anni, una porzione è inondabile con periodo di ritorno pari a duecento anni ed una più ampia è soggetta ad inondazioni cinquecentennali.

3.5 Considerazioni sul trasporto solido

3.5.1 Premessa

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

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

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

La realizzazione di briglie o l'analisi dell'effetto di briglie già esistenti sul corso d'acqua è un altro esempio in cui può essere determinante la considerazione dei fenomeni di trasporto solido, al fine di valutare la possibile evoluzione del fondo e la portata solida che può essere trasportata alla foce e, in particolare, sulle spiagge.

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

Il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. A questo proposito, è utile sottolineare la sostanziale generale mancanza di dati di campagna sul trasporto solido; la necessità di una sua quantificazione fa emergere pertanto l'opportunità di realizzare stazioni di monitoraggio su alcuni bacini considerati maggiormente significativi

per il territorio ligure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.

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

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

3.5.2 Problematiche osservate sul torrente Sturla

Per quanto riguarda in particolare il bacino del torrente Sturla due grosse frane si trovano in prossimità dell'alveo e alimentano il trasporto solido: la frana di S. Desiderio (R4 di cod. 025-066) e quella di Bavarelli (R4 cod. 025-207). Inoltre forti apporti concentrati di materiale sono stati localizzati in località Cascine e a circa 150 m a valle della confluenza del Premanico nello Sturla, oltre ad ulteriori zone con apporti detritici puntuali. In effetti, si è riscontrato, durante i sopralluoghi sullo Sturla, il parziale sovralluvionamento del torrente, con presenza di ciottoli calcareo-marnosi di dimensioni pluri-decimetriche: questo è probabilmente in parte attribuibile alle numerose briglie realizzate in alveo, di cui alcune sovralluvionate anche a valle e quindi ormai inattive (per esempio, in sez. 13 esisteva una briglia ora non più funzionante). La presenza delle briglie potrebbe anche essere causa di un ridotto carico solido del torrente alla foce, non sufficiente a bilanciare la quantità di sedimenti erosi dalle mareggiate sulla spiaggia.

Al fine di verificare tali ipotesi e di quantificare la dinamica del trasporto solido, occorrerebbero innanzitutto dati rilevati in situ, non disponibili nell'ambito del presente piano di bacino. Inoltre, per approfondire talune situazioni potrebbero essere necessari studi di maggior dettaglio, che, come detto sopra, determinino il profilo della corrente in ipotesi di fondo mobile attraverso modelli numerico-matematici attualmente ancora piuttosto onerosi.

Nel caso in esame, le modeste dimensioni del bacino, la metodologia applicata per la determinazione delle aree inondabili, largamente cautelativa, la mancanza dei dati di dettaglio sopra citati, non rendono percorribile, almeno allo stato attuale, un approccio di questo tipo.

Nel presente piano, quindi, i calcoli idraulici sono stati effettuati indipendentemente dalle considerazioni sul trasporto solido, la cui incidenza è stata considerata empiricamente in modo semplificato ricorrendo all'ostruzione del 20% dell'area di deflusso di sezioni ristrette da opere dotate di pile in alveo.

Sulla base dei risultati delle verifiche idrauliche, si è comunque voluta modellare la tendenza qualitativa dell'alveo dello Sturla a depositare od erodere lungo i 6 km di asta fluviale in studio, in corrispondenza della portata cinquantennale con un semplice modello di seguito descritto.

Nell'ambito di eventuali ulteriori approfondimenti si ritiene di segnalare una singola criticità dello Sturla, legata alla presenza di un briglia (indicato come sez. 46 sulla Carta delle

tracce delle sezioni idrauliche) utilizzata per l'attraversamento fognario da una sponda all'altra, poco a valle di località Binella. Testimonianze sul notevole innalzamento di livello riscontrato a monte dopo la realizzazione di detta opera richiederebbero un reperimento delle sezioni idrauliche limitrofe alla briglia antecedenti l'edificazione della stessa, per valutare l'effettiva evoluzione del fondo e i diversi conseguenti livelli idrici e aree inondabili precedenti la costruzione dell'opera.

Sono state, inoltre, osservate diverse fondazioni di pile di ponti parzialmente scalzate: a tale proposito si segnala l'utilità, in fase progettuale, delle valutazioni dello scavo determinato dalla corrente di massima piena, desumibili da formule empiriche reperibili in letteratura.

3.5.3 La tendenza evolutiva del fondo

La tendenza evolutiva del fondo dell'alveo di un corso d'acqua può essere determinata, in via semplificativa, associando ai profili di corrente di moto permanente determinati dal calcolo idraulico la capacità della corrente di trasportare sedimenti al fondo, determinando attraverso la conservazione della massa dei sedimenti lungo l'alveo le zone di potenziale erosione e deposito.

Il trasporto solido di fondo è un meccanismo di mobilitazione dei sedimenti tale che le particelle sono, statisticamente, sempre a contatto con il fondo su cui si muovono secondo processi di rotolamento, strisciamento o saltellamento. Il fenomeno è vincolato alla tensione minima necessaria per mobilitare dal fondo un sedimento di diametro definito. Si definisce allora il parametro di Shields θ secondo la seguente formula:

$$\theta = \frac{\tau_o}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot D}$$

dove:

τ_o = tensione tangenziale al fondo media sulla sezione	[N/m ²]
ρ_s = densità del sedimento	[kg/m ³]
ρ = densità dell'acqua	[kg/m ³]
g = accelerazione gravitazionale	[m/s ²]
$D = D_{50}$ = diametro del sedimento rispetto a cui risulta più fine il 50% del peso del sedimento campionato.	[m]

Per il torrente Sturla, in base alle litologie affioranti sul bacino, si può ipotizzare che circa il 70% dei sedimenti siano costituiti da marne calcaree ed il 30% da calcari e calcareniti. Le litologie argillitiche, pur presenti nel bacino con una percentuale di affioramento importante, possono essere considerate trascurabili a livello di presenza in alveo in quanto si suppone che diano un contributo prevalente al trasporto in sospensione come materiale molto fine. In base a queste considerazioni si è assunto un valore medio di $\rho_s/\rho = 2.5$.

Affinché la tensione τ_o sia in grado di innescare il trasporto di fondo, è necessario che il parametro di Shields ad essa associato superi un valore di soglia θ_c . Tale parametro θ_c è determinabile attraverso la relazione:

$$\theta_c = 0.22 \cdot R_p + 0.06 \cdot \exp(-17.77 \cdot R_p^{-0.6})$$

dove il parametro adimensionale R_p (numero di Reynolds della particella) è dato da:

$$R_p = \frac{\sqrt{g \cdot D^3 \cdot (\rho_s - \rho) / \rho}}{\nu}$$

dove:

ν = viscosità cinematica dell'acqua, pari $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Il valore di θ_c è quindi sostanzialmente legato al diametro ed alla natura del sedimento.

Stabilito per ogni diametro di sedimento in esame il relativo θ_c , esso si confronta con il θ determinato dalla tensione τ_o , desumibile dai risultati della modellazione idraulica (tabelle in allegati 3,4,5), in base alla seguente definizione:

$$\tau_o = \rho \cdot u_*^2 = \rho \cdot \frac{U^2}{C^2}$$

Dove:

u_* = la velocità d'attrito [m/s]

U = velocità media nella sezione, riportata per ogni sezione di calcolo, nelle tabelle allegata alla relazione idraulica. [m/s]

C = coefficiente di Chezy, legato al coefficiente di Manning dalla relazione $C \cdot g^{0.5} = 1/n$
 • $R^{1/6}$ (per lo Sturla, adottato $n = 0.033 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$)

Ove risulti $\theta > \theta_c$, sussistono le condizioni per il trasporto di fondo. In tal caso si può valutare la portata solida trasportata applicando allora la formula di Meyer-Peter e Muller, che, in forma adimensionale, si esprime come:

$$\Phi_F = 8 \cdot (g - g_c)^{3/2}$$

e, dimensionalmente:

$$q_s = \Phi_F \cdot \sqrt{g \cdot D^3 \cdot (\rho_s - \rho) / \rho}$$

dove q_s è la portata solida per unità di larghezza.

Nell'ipotesi di assenza di erosione spondale, la tendenza evolutiva del fondo può essere ricavata dall'equazione conservazione della massa dei sedimenti tra due sezioni contigue, nota come equazione di Exner, che in ipotesi di moto monodimensionale si scrive come:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} \cdot (1 - p) = - \frac{\partial q_{sx}}{\partial x}$$

dove:

η = quota del fondo della sezione [m]

q_{sx} = portata solida di fondo nella direzione del moto [m²/s]
 p = porosità, compresa fra 0.3 e 0.4

L'equazione descrive il fenomeno fisico che si verifica in un tronco infinitesimo dx : se, procedendo da monte verso valle, la variazione di portata solida è positiva (ossia $\partial q_{sx}/\partial x > 0$), il fondo tende ad abbassarsi (ossia $\partial \eta/\partial t < 0$), cioè ad andare in erosione; viceversa, se la variazione di portata solida è negativa ($\partial q_{sx}/\partial x < 0$), si ha innalzamento del fondo ($\partial \eta/\partial t > 0$), e quindi la corrente deposita.

Il procedimento sopra descritto è stato applicato sui tronchi d'alveo compresi tra due successive sezioni, definendo quindi a tratti la tendenza evolutiva del corso d'acqua per la portata a tempo di ritorno cinquantennale a partire dalle condizioni attuali del fondo descritte nelle sezioni di calcolo. Come diametro significativo si è assunto, sulla base delle osservazioni di sopralluogo, $D_{50} = 2.5$ cm,

A causa della mancanza di misure granulometriche accurate, si sono inoltre svolte simulazioni utilizzando anche altri valori di diametro ($D=1$ cm, $D=5$ cm), al fine di valutare la sensibilità del modello a tale parametro. Si è verificato che la tendenza del fondo a parità di portata rimane sostanzialmente la stessa, pur con qualche differenza per le zone prive di trasporto di fondo dovuta al differente diametro. Solo per valori di D superiori a 10 cm si è riscontrato che lunghi tronchi d'alveo tendono a non dare luogo ad alcun trasporto di fondo.

Il modello matematico, applicato al tratto esaminato dello Sturla, ha portato alla redazione della Carta della tendenza evolutiva del fondo.

Si rileva la generale prevalenza della tendenza al deposito, specie nei tratti più vallivi, ma anche in lunghi tratti a monte (per esempio, nel tratto tra la sezione 19 e la 46, a causa probabilmente delle numerose briglie che si susseguono, lo Sturla, salvo brevi tratti, tende a depositare), anche se esistono zone tendenti all'erosione (circa 200 m tra la sez. 86 e 90). Il modello adottato presenta alcuni ovvi limiti. Oltre alla necessaria stima di massima del diametro rappresentativo per l'intera asta fluviale a causa alla mancanza di dati sulla distribuzione granulometrica, non si è inoltre tenuto conto delle possibili interazioni tra le variazioni del fondo e variazioni di pelo libero (condizione statica), degli effetti bidimensionali del fenomeno (assunzione di moto monodimensionale) e degli effetti associati alla presenza di curve. Non si è inoltre valutata la possibile influenza del trasporto in sospensione, che peraltro è ritenuto marginale nel caso specifico in esame. Va infine osservato che la modellazione si riferisce ad un evento alluvionale con periodo di ritorno $T=50$ anni (sulla base delle verifiche idrauliche effettuate nell'ambito della stima della aree inondabili); sarebbe opportuna una verifica della sensibilità dei risultati con portate più basse ($T=5, 10$ anni), più significative per la determinazione dell'attuale configurazione dell'alveo.

I risultati della modellazione matematica mostrano comunque un sostanziale accordo con la situazione attuale dell'alveo e si ritiene quindi che nonostante i limiti sopra esposti, lo studio della tendenza evolutiva del fondo presentato possa fornire utili indicazioni di massima sulla morfodinamica del corso d'acqua.

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 delle carte del rischio geomorfologico e del rischio idraulico, 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.

Le carte del rischio geomorfologico e del rischio idraulico fanno quindi parte degli elaborati necessari dei piani stralcio per il rischio idrogeologico e prevedono 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 fluviali e suscettività al dissesto di versante) con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.

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

Le carte del rischio geomorfologico e del rischio idraulico, quindi, forniscono un quadro della situazione attuale del rischio nel bacino, utile in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta inoltre un importante strumento, anche se non il solo, per determinare con un criterio oggettivo 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 fluviali 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.

Le carte del rischio geomorfologico e del rischio idraulico che vengono redatte rappresentano 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

Nel bacino del Torrente Sturla sono presenti due cave abbandonate; le aree estrattive ricadrebbero in generale nella classe E3, ma poiché le cave in questione sono ormai dismesse, si è considerato più opportuno inserirle in classe E1, non presentando più fattori di particolare interesse né sociale né economico.

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

- il bacino del T. Sturla presenta una significativa porzione di territorio ricadente in classe E0 prevalentemente distribuite nella porzione superiore;
- le classi E1 sono localizzate nella zona di S.Desiderio, Bavari, Sella di Bavari, Premanico, la piccola frazione abitata di Pomà, le zone marginali al tessuto urbano di fondovalle, es. Molino Maccagno, ed, infine il complesso sportivo di Villa Gentile ed il parco annesso all'Ospedale Psichiatrico. Come già detto risultano in tale classe le quattro cave dismesse presenti nel bacino;
- le classi E2 sono rappresentate da aree circoscritte comprese generalmente nelle zone E1 e dalle discariche di inerti presso S.Desiderio e Rio Nasche;
- 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:

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

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:

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

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R₃ ed R₄) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

4.3 Carte del rischio idrogeologico

Dall'applicazione delle matrici del rischio geomorfologico ed idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalle carte di suscettività al dissesto, delle fasce fluviali 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 Idrogeologico.

Nel bacino del torrente Sturla si è riscontrato che, come ci si poteva aspettare, le aree a maggiore rischio idraulico sono distinte da quelle ad alto rischio geomorfologico: le prime sono concentrate prevalentemente nelle zone fondo valle e in strisce di territorio site in fregio all'alveo, le seconde sui versanti.

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

R0 (aree a rischio nullo o trascurabile): parte “montana” del bacino, in ragione, anche, dell’assenza di valenze socio-economiche;

R1 (aree a rischio geomorfologico moderato):

- la vallecola del Rio Nasche, malgrado risulti soggetta a fenomeni di erosione diffusa e riattivazioni di dissesti quiescenti – questo perché non si verifica la sovrapposizione con elementi antropici di valenza significativa;
- le porzioni di versante soggette a fenomenologie pregresse tipo DGPV (Già de Musa, Pomà) e più in generale le aree caratterizzate da dissesti quiescenti;

R2 (Aree a rischio geomorfologico medio):

- l’areale circostante il nucleo abitato di Pomà;
- le aree di Sella di Bavari, S.Desiderio, Premanico e Bavari, per la presenza di dissesti quiescenti ed il particolare assetto geologico (contatto calcari-argilliti);

R3 (Aree a rischio geomorfologico elevato):

- alcune porzioni di territorio comprese nell’area R2 di Sella di Bavari, S.Desiderio, Premanico e Bavari, relativamente alle perimetrazioni del tessuto urbano;

R4 (Aree a rischio geomorfologico molto elevato):

- alcune porzioni di territorio ricadenti nell’area R2 di Bavari e S.Desiderio per la sovrapposizione delle perimetrazioni del tessuto urbano con aree di frana attiva (segnatamente Bavarelli e Campo Sportivo S.Desiderio).

Per quanto riguarda il rischio idraulico emerge che le situazioni di maggior rischio idraulico (R4) sono concentrate nella parte cittadina, a valle di Borgoratti. A tale proposito si ricorda che è attualmente in fase di iniziale attuazione un progetto di risistemazione globale del tratto terminale del torrente Sturla, a valle del ponte romano fino alla foce, che dovrebbe portare alla messa in sicurezza di tale area permettendo il deflusso senza esondazioni della portata duecentennale.

Le altre zone individuate come classi R4 corrispondono a piccoli nuclei di case situati in fregio all’alveo, come già relazionato: Molino Maccagno, Località Cascine, Binella e Nasche.

Una considerazione a parte è stata condotta per la zona militare dei Carabinieri, che risulta storicamente inondata e secondo la matrice sarebbe risultata in classe R4. L’area, infatti, è risultata inondabile a causa della presenza di un cancello sito in prossimità del ponte di via Pontevecchio e via delle Casette dove il tirante idrico che si realizza in caso di piena è risultato notevole. E’ sembrato opportuno declassarla ad R3, in ragione della sua bassa vulnerabilità, in quanto l’unico accesso per l’acqua è rappresentato dal suddetto cancello.

In conclusione, dall’analisi delle carte del rischio emerge che le criticità principali si sviluppano lungo le sponde del torrente, su cui sono concentrati gli insediamenti mentre rispetto al confronto con la carta della suscettività al dissesto di versante le situazioni a rischio hanno uno sviluppo areale molto più limitato. Emerge, così, una situazione tipica in altri bacini liguri minori, di pertinenza tirrenica, ovvero un fondovalle densamente urbanizzato che diviene il principale “bersaglio” di eventi idrogeologici estremi a cui si contrappone un entroterra a bassa valenza socio-economica, nel quale l’incrocio con eventuali situazioni di pericolosità, anche elevata, determina situazioni di rischio comunque circoscritte.

5 AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO

Le aree sottoposte a vincolo idrogeologico (Regio Decreto n. 3267/1923), originariamente perimetrate dal Corpo Forestale dello Stato su base cartografica I.G.M. in scala 1:25.000, sono state riportate su cartografia aggiornata C.T.R. alla scala 1:10.000 al fine di renderne più leggibili i contorni e ridurre il margine interpretativo.

A tale scopo si sono utilizzate le mappature originali e le *declaratorie* che descrivevano a parole i confini delle aree soggette a vincolo; per la trasposizione si è tenuto come obiettivo quello di appoggiare detti confini ad oggetti morfologici precisi, come corsi d'acqua o crinali, o a manufatti facilmente riconoscibili anche su cartografia, come strade o muri di contenimento.

In alcuni casi, ove non è stato possibile utilizzare un elemento di quelli citati, si sono seguite linee catastali, perlopiù strade vicinali, utilizzando come base la cartografia catastale.

Solo in limitate circostanze, in particolare in presenza di infrastrutture come nuove strade o autostrade, ci si è discostati sensibilmente dal tracciato originario per seguire un limite più definito e stabile.