



Provincia di Genova

AMBITO REGIONALE DI BACINO 17

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

(ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)

Torrente PETRONIO

RELAZIONE GENERALE



Approvato con DCP n. 68 del 12/12/2002
Modificato con DGP n. 130 del 10/04/2007
Modificato con D.C.P. n. 55 del 09/11/2011
e modificato con D.G.P. n. 121 del 18/11/2013

Elaborato	Verificato	Regolarità tecnica	Data	Rev.
Ufficio Pianificazione territoriale	Arch. Andrea Pasetti	Arch. Andrea Pasetti	18/11/2013	6

INDICE

PREMESSA	5
1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	6
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE E NORMATIVO DI RIFERIMENTO	6
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI	7
1.2.1 PIANO TERRITORIALE PAESISTICO	7
1.2.1.1 Assetto insediativo	8
1.2.1.2 Assetto geomorfologico	8
1.2.1.3 Assetto vegetazionale	8
1.2.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE FORESTALE	9
1.2.3 PIANO TERRITORIALE PROVINCIALE	10
1.2.4 PIANI REGOLATORI COMUNALI	11
1.2.4.1 Comune di Sestri Levante	11
1.2.4.2 Comune di Casarza Ligure	11
1.2.4.3 Comune di Castiglione Chiavarese	12
1.3 DATI UTILIZZATI	12
1.4 LIMITI DEL PIANO DI BACINO	12
2 CARATTERISTICHE DEL BACINO	14
2.1 GEOGRAFIA	14
2.2 GEOLOGIA	15
2.3 GEOMORFOLOGIA	18
2.3.1 ROCCIA AFFIORANTE	18
2.3.2 DEPOSITI SUPERFICIALI	19
2.3.3 FORME E PROCESSI GRAVITATIVI	20
2.3.4 FORME E PROCESSI DOVUTI ALL'AZIONE DELL'ACQUA	21
2.3.5 FORME ANTROPICHE	22
2.3.6 CARTA DELLA FRANOSITÀ REALE	23
2.4 IDROGEOLOGIA	25
2.4.1 ORDINE GERARCHICO DEI CORSI D'ACQUA	26
2.5 USO DEL SUOLO	27
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	32
2.7 IDROLOGIA DI PIENA	33
2.7.1 DEFINIZIONE DEL BACINO IDROLOGICO	33
2.7.2 SOTTOBACINI E PARAMETRI CARATTERISTICI	34
2.7.3 PLUVIOMETRIA	35
2.7.3.1 Analisi dei dati storici	35
2.7.3.2 Elaborazioni statistico-probabilistiche	37
2.7.4 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	39
2.7.4.1 Modello afflussi-deflussi	39
2.7.4.2 Metodo CIMA	44

3	<u>PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO</u>	45
3.1	PREMESSA	45
3.2	PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO (PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA O SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO)	45
3.3	PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO	55
3.3.1	GLI EVENTI STORICI DI PIENA DOCUMENTATI	55
3.3.2	MAPPATURA DELLE AREE STORICAMENTE INONDATE	58
3.3.3	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CRITICHE	58
3.3.3.1	Portate di verifica	58
3.3.3.2	Metodologia di calcolo	59
3.3.3.3	Risultati	62
3.3.4	MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI	72
3.4	PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO	74
3.5	CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO	76
3.5.1	VALUTAZIONE DEL MATERIALE MOVIMENTABILE	76
3.5.2	ANALISI DEL TRASPORTO SOLIDO POTENZIALE PER SINGOLI EVENTI	78
3.5.3	CONSIDERAZIONI FINALI	79
4	<u>RISCHIO IDROGEOLOGICO (GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO)</u>	81
4.1	PREMESSA	81
4.2	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO)	82
4.2.1	ELEMENTI A RISCHIO	82
4.2.2	RISCHIO GEOMORFOLOGICO	83
4.2.3	RISCHIO IDRAULICO	83
4.3	CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO	84
4BIS	<u>AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO</u>	84
5	<u>PIANO DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO</u>	85
5.1	PREMESSA	85
5.2	INTERVENTI LUNGO IL CORSO D'ACQUA	87
5.2.1	PREMESSA	87
5.2.2	INTERVENTI PUNTUALI	87
5.3	INTERVENTI RELATIVI AL DISSESTO DEI VERSANTI	92
5.3.1	INTERVENTI PUNTUALI	92
5.3.2	INTERVENTI DIFFUSI	99
5.4	PRIORITÀ DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI	104
6	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	109

ALLEGATI

- ALLEGATO 1: Documentazione fotografica
ALLEGATO 2: Schede di censimento dei movimenti franosi
ALLEGATO 3: Valutazioni idrologiche
ALLEGATO 4: Verifiche idrauliche
ALLEGATO 5: Norme di attuazione

CARTOGRAFIA

TAVOLA 1:	Carta dell'acclività	scala 1:10000
TAVOLA 2:	Carta geologica	scala 1:10000
TAVOLA 3:	Carta geomorfologica	scala 1:10000
TAVOLA 4:	Carta idrogeologica	scala 1:10000
TAVOLA 4b:	Carta della rete idrografica significativa	scala 1:10000
TAVOLA 5:	Carta della franosità reale	scala 1:10000
TAVOLA 6:	Carta delle aree percorse da incendio	scala 1:10000
TAVOLA 7:	Carta dell'uso del suolo	scala 1:10000
TAVOLA 8:	Carta della pericolosità geomorfologica	scala 1:10000
TAVOLA 9:	Carta degli elementi a rischio	scala 1:10000
TAVOLA 11:	Carta delle aree storicamente inondate	scala 1:5000
TAVOLA 12:	Carta delle tracce delle sezioni idrauliche	scala 1:5000
TAVOLA 13:	Carta delle fasce di inondabilità	scala 1:5000
TAVOLA 14:	Carta dei tiranti idrici per aree inondabili a T=50 anni	scala 1:5000
TAVOLA 15:	Carta dei tiranti idrici per aree inondabili a T=200 anni	scala 1:5000
TAVOLA 16:	Carta del rischio idraulico	scala 1:5000
TAVOLA 17:	Carta del rischio geomorfologico e idraulico	scala 1:10000
TAVOLA 18:	Carta degli interventi	scala 1:10000
TAVOLA 19:	Carta della fascia di riassetto fluviale	scala 1:5000

PREMESSA

Il presente Piano è stato redatto quale Piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1 comma 1 del decreto-legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n. 267 e costituisce parte del Piano di bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, alla L.R.n.9/93 e loro modificazioni ed integrazioni. Esso, perciò, risponde a quanto richiesto 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 gennaio 1999 e a tutte le raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino della Regione Liguria e dal proprio Comitato Tecnico.

Il percorso di formazione e adozione del presente Piano, in particolare, è quello attualmente previsto dalla 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.

Gli studi propedeutici al Piano sono stati eseguiti dal Gruppo interdisciplinare composto da Ernesto La Barbera, ingegnere, Umberto Bruschini, forestale, Enrico Pesenti, geologo, Mauro Tita, naturalista, Mauro Traverso, architetto, Roberto Boni, ingegnere, Roberta Cevasco, naturalista, Monica Corsiglia, architetto, Marco Gariglio, geologo, Paolo Lazzari, forestale, nell'ambito delle rispettive competenze.

La Regione Liguria e la Provincia di Genova hanno provveduto a un'opera di sistematizzazione e di integrazione dei dati e delle analisi contenenti nei suddetti Studi propedeutici, rielaborando le cartografie di base e realizzando le carte derivate.

Alla redazione del presente Piano di bacino stralcio del torrente Petronio ha provveduto l'area 06 - Difesa del suolo, Opere ambientali e Piani di bacino della Provincia di Genova e la struttura assetto del territorio e controllo tecnico del dipartimento tutela e gestione del territorio della Regione Liguria, con il controllo del Comitato Tecnico Provinciale della Provincia di Genova e l'apporto istruttorio del Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di Bacino della Regione Liguria.

Il piano è stato curato da Alessandro Tomaselli, geologo, e Sara Delucchi, ingegnere, con il coordinamento di Mauro Lombardi e Aurelio Giuffrè, geologi, dell'Area 06 (Difesa del suolo, Opere ambientali e Piani di bacino) dell'Amministrazione Provinciale di Genova. Hanno collaborato all'archiviazione informatica dei dati ed alla loro resa grafica Francesca Battini ed Elisa Bruzzo, dottori in geologia, Benedetto Prazzoli, architetto; per le schede frane ha collaborato la Dott.Geol. Michela Raccosta.

1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale e normativo di riferimento

Il quadro di riferimento generale per la formazione del Piano di bacino è rappresentato dalle norme contenute nella legge quadro 18 maggio 1989 n. 183. Rilevanza particolare ha inoltre la legge 4 dicembre 1993 n. 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'art. 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 gennaio 1999. 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 dell'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 6-ter dell' art. 17 della L. 183/89) 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 dicembre 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*";
- raccomandazione 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 C.T.R. "*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*".

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

1.2.1 Piano territoriale paesistico

1.2.1.1 Assetto insediativo

Il PTCP regionale nelle indicazioni degli ambiti territoriali n. 86 (Sestri Levante e Casarza) e n. 88 (Val Petronio) prevede indirizzi per la pianificazione dell'assetto insediativo in termini di Consolidamento: nel primo caso per una modificabilità delle aree del fondovalle del Petronio al fine di potenziare gli insediamenti artigianali e residenziali e le relative infrastrutture, nel secondo al fine di mantenere l'attuale assetto strutturale senza alterare l'organizzazione originaria della struttura insediativa a nuclei di mezzacosta.

1.2.1.2 Assetto geomorfologico

Per l'Ambito territoriale 86 nel PTCP prevale l'indirizzo di Consolidamento, per le numerose e diffuse situazioni di compromissione: la piana di fondovalle può considerarsi quantitativamente modificabile, se ciò comporta anche una sua riqualificazione, mentre il litorale è complessivamente equilibrato, ma richiede la disciplina del consolidamento per gli aspetti qualitativi e strutturali.

Per l'Ambito territoriale 88 prevale l'indirizzo di Consolidamento, affiancato da una marcata polarizzazione sul Mantenimento per gli aspetti quantitativi di tutte le componenti (tranne le discariche), dovuta alla presenza di diffusi valori di emergenze geologiche e morfologiche.

1.2.1.3 Assetto vegetazionale

BA CO	(bosco di angiosperme, consolidamento)
BAT CO	(bosco di angiosperme termofile, consolidamento)
BAM CO	(bosco di angiosperme mesofile, consolidamento)
BCT TRZ BAT	(bosco di conifere termofile, trasformazione in bosco di angiosperme termofile)
PR TRZ BAT	(prateria, trasformazione in bosco di angiosperme termofile)
PR TRZ BAM	(prateria, trasformazione in bosco di angiosperme mesofile)
PRT TRZ BA	(prateria termofila, trasformazione in bosco di angiosperme)
PRT TRZ BAM	(prateria termofila, trasformazione in bosco di angiosperme mesofile)
PRM MA	(prateria mesofila, mantenimento)
COL ISS	(colture, insediamenti sparsi)
CE	(conservazione)

Dalle Schede di livello territoriale relative all'assetto vegetazionale degli ambiti in esame (86 - Sestri Levante - Casarza e 88 Valle Petronio) si possono sintetizzare i seguenti aspetti:

Ambito n° 86

B.3 - Assetto vegetazionale: modificabilità-modificabilità

- mantenimento della superficie forestale
- miglioramento soprassuoli forestali esistenti, con specie meno combustibili ed autoctone

- rispetto delle tendenze evolutive delle praterie, con affermazioni di formazioni arbustive ed arboree di latifoglie termofile

Ambito n° 88

B.3 - Assetto vegetazionale: consolidamento-modificabilità

- mantenimento della superficie forestale
- miglioramento soprassuoli forestali esistenti
- mantenimento delle praterie, in parte interessate da formazioni arbustive ed arboree

1.2.2 Strumenti di pianificazione forestale

Le attività e gli indirizzi di pianificazione ed intervento nei territori silvo-pastorali della Liguria sono normati dalla Legge Forestale Regionale n° 22 del 16 aprile 1984. In particolare, la legge ha stabilito la elaborazione di almeno due strumenti di regolamentazione e pianificazione in campo silvo-pastorale; tali elaborati sono il Regolamento delle prescrizioni di massima e di polizia forestale, istituito con l'art. 34, ed il Piano di assestamento ed utilizzazione del patrimonio silvo-pastorale, istituito con l'art. 8.

Per quanto riguarda il Regolamento delle prescrizioni di massima, si fa presente che in esso sono contenute tutte le norme tecniche ed amministrative alle quali si deve attenere qualsiasi intervento sul territorio rurale e forestale, come, ad esempio, il decespugliamento di ex-coltivi, il taglio di boschi cedui, gli interventi di miglioramento boschivo, ecc.. Il Regolamento interessa le ordinarie attività agro-silvo-pastorali e definisce anche le sanzioni pecuniarie relative alle trasgressioni delle norme indicate. Ai fini della gestione del territorio, e quindi anche di un bacino idrografico, è pertanto evidente che le indicazioni del Regolamento in oggetto devono essere valutate e rispettate in qualunque fase di progettazione, esecuzione, manutenzione, ecc., oltre che, preventivamente, in fase di pianificazione.

Di maggiore rilevanza in fase pianificatoria è lo strumento del Piano di assestamento ed utilizzazione del patrimonio silvo-pastorale, che consiste in uno studio di dettaglio dei parametri forestali, pedologici, floristici, ecc., finalizzato alla pianificazione delle attività di miglioramento e/o utilizzazione dei terreni in esso compresi, per un periodo di 10 anni. Il Piano prevede, oltre alla definizione di obiettivi di gestione, sviluppo ed evoluzione del territorio silvopastorale perseguibili a lungo termine (anche oltre i 10 anni del piano), anche la definizione di interventi puntuali per singola particella, sia nella localizzazione che nella scansione temporale nel periodo di validità.

Secondo le indicazioni della L.R. 22/84, i primi soggetti obbligati a dotarsi del Piano di assestamento forestale sono i Comuni e gli altri Enti Pubblici proprietari di terreni a bosco ed a pascolo, che, singolarmente, hanno provveduto alla loro redazione, avvalendosi di appositi finanziamenti regionali e/o comunitari.

La rilevanza di queste sintetiche considerazioni sulla normativa forestale regionale è determinata dalla presenza, all'interno del bacino del T.Petronio, di terreni di proprietà dei Comuni di Casarza Ligure e Castiglione Chiavarese che sono stati oggetto di pianificazione forestale.

Infatti la Comunità Montana, su delega formale dei Comuni, ha provveduto alla redazione dei Piani di assestamento forestale relativi ai terreni di proprietà dei Comuni .

I Piani interessano una superficie totale di circa 108 ha, così distribuite:

- Casarza Ligure ha 47
- Castiglione Chiavarese ha 61

Indicativamente, i terreni silvo-pastorali di proprietà comunale sono localizzati nelle seguenti aree:

Casarza Ligure: un unico perimetro in loc. M. Zenone - P.so del Bocco

Castiglione Chiavarese: tre perimetri, così localizzati:

- loc. Cresta degli Stronzi ha 2,7
- loc. Monte Groppi ha 12
- loc. Vallegrande ha 46

Quest'ultimo perimetro (Vallegrande) ricade in Comune di Maissana, nel bacino idrografico del Fiume Vara. Pertanto la superficie assestata all'interno del bacino del T.Petronio ammonta a soli 62 ha, corrispondenti all'1,2 % della superficie totale.

I Piani sono attualmente vigenti, essendo stati approvati con apposite Deliberazioni di Giunta Regionale negli anni 1991-1992, con validità per il decennio successivo. A norma di legge, i Piani sono equiparati alle Prescrizioni di massima e di Polizia forestale e indirizzi pianificatori ed interventi in essa previsti sono vincolanti per la gestione dei territori in essi compresi.

Gli interventi del Piano di assestamento forestale sono comunque coerenti con le indicazioni del P.T.C.P. Assetto Vegetazionale, alle quali si attengono anche le indicazioni del presente Piano di Bacino, ritenendole corrette.

Tuttavia si segnala come in loc. M. Zenone - P.so del Bocco (perimetro in comune di Casarza L.) risulti una ampia zona di PRM MA (prateria mantenimento) che in parte è interessata da una giovane fustaia a prevalenza di pino nero di origine artificiale, per la quale l'indirizzo corretto e coerente con le scelte del P.T.C.P. per situazioni analoghe sarebbe BCT TRZ BA o BAM (bosco di conifere mesofile, trasformazione in boschi di angiosperme o angiosperme mesofile).

1.2.3 Piano territoriale provinciale

La Provincia di Genova ha in corso di definizione il proprio PTC, già adottato in sede di Giunta ma non ancora posto all'attenzione del Consiglio in quanto ancora in fase di illustrazione ai comuni.

Esso prevede la divisione del territorio in strutture e articolazioni in base alle quali il territorio della Val Petronio ricade nella struttura n. 1.6 Tigullio orientale con indirizzo generale di conservazione e riqualificazione.

Per tutto il fondovalle e per i crinali insediati dell'alto tratto vallivo presidiato da Castiglione è presente l'indicazione CA-RU (campagna abitata - riqualificazione urbanistica a indicazione

diffusa) che prevede una buona libertà di interventi ed insediamenti con i soli vincoli del non stravolgimento del sistema organizzativo territoriale e del non sostanziale aggravio del peso insediativo.

Per i restanti crinali sono previsti i regimi di TNI-CE (territorio non insediato - conservazione) e TR-PR (territorio rurale - presidio) con apertura per quest'ultimo caso a insediamenti turistici (agriturismo) e potenziamento di infrastrutture.

Più a valle, principalmente in sponda sinistra del Petronio in corrispondenza dell'abitato lineare di Casarza, è previsto il potenziamento degli insediamenti produttivi con le sigle IP-Poi e AI-TRZ-IP (ambiti infrastrutturali - trasformazione - insediamenti produttivi, IP-Riu (insediamenti produttivi - riqualificazione urbanistica), mentre in sponda destra TUP-Riu (tessuto urbano periferico - riqualificazione urbanistica diffusa), tutte indicazioni che consentono sostanziali e sostanziosi incrementi insediativi in linea per altro con il PTCP a livello territoriale, ad eccezione della spalla verso la zona Parco di Monte Baffe ove è prevista la conservazione di aree non insediate.

A livello infrastrutturale viene confermata l'ipotesi di nuova viabilità confermando il progetto di variante della SS 523 redatto dall'ANAS anche se a livello di progetto preliminare.

1.2.4 Piani regolatori comunali

1.2.4.1 Comune di Sestri Levante

Il comune di Sestri Levante ha di recente adottato con deliberazione del C.C. la variante integrale al proprio PRG che è oggi in fase di osservazioni e controdeduzioni prima di essere trasmesso alla Regione.

Per il tratto terminale del T. Petronio in prossimità di Riva non sono previste sostanziali modifiche rispetto al precedente strumento urbanistico che tendeva al mantenimento e consolidamento della situazione attuale; a livello normativo si nota una generale maggior attenzione all'uso del verde tramite indicazioni di mantenimento e nuova previsione, alle tematiche legate alla permeabilità dei suoli e, in alcuni casi critici inerenti le pertinenze residenziali, il divieto a realizzare autorimesse totalmente interrate.

1.2.4.2 Comune di Casarza Ligure

Il comune di Casarza Ligure ha invece scelto la strada di adottare una variante parziale riguardante le norme tecniche di attuazione e una nuova definizione delle zone agricole, già approvata dalla regione con DPGR n.386/96, tendente a garantire una quota di edificabilità a fini di presidio localizzata principalmente nei primi contrafforti vallivi.

Per le altre indicazioni restano le previsioni tendenti a saturare il fondo vallivo sino agli argini dell'asta fluviale con pochissime eccezioni.

Anche la Provincia di Genova ha concorso alla definizione della variante attraverso uno studio particolareggiato degli insediamenti produttivi, studio che ha portato a proporre un incremento degli insediamenti lungo l'asta fluviale e una contestuale contrazioni di quelli previsti lungo le valli trasversali minori.

Le norme sono puramente parametriche e non prevedono cautele o vincoli legati all'abbattimento dei rischi alluvionali.

1.2.4.3 Comune di Castiglione Chiavarese

Anche il comune di Castiglione Chiavarese ha di recente adottato una variante generale al PRG; in essa si confermano, con maggiori attenzioni al rispetto del PTCP e agli aspetti paesaggistici in generale, le previsioni di consolidamento degli insediamenti esistenti che però, tranne uno sporadico caso di zona produttiva, sono siti non sul fondo valle, che qui è molto inciso, bensì a mezza costa in ambito non a rischio di esondazioni.

1.3 Dati utilizzati

Il presente piano si basa sugli studi propedeutici al Piano di Bacino del torrente Petronio 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 ed integrazione dei dati e delle analisi contenuti nei suddetti studi propedeutici.

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.

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.

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° 213060, 213070, 213090, 213100, 213110, 213140.

1.4 Limiti del Piano di Bacino

I risultati che si ottengono in qualsiasi lavoro variano in funzione della scala e del metodo di indagine che si utilizza entro certi limiti. Il metodo seguito in questo studio prende spunto da quanto lo stato dell'arte ha prodotto fino ad oggi in questo campo. Ciononostante, i dati utilizzati nel presente piano possono contenere gli errori di vario tipo che sono insiti in qualsiasi operazione di misura e gli errori di valutazione insiti in qualsiasi metodo; ulteriori approssimazioni si possono aggiungere nelle successive elaborazioni: ad esempio nella presente pianificazione si attraversano i campi della pericolosità e del rischio, per la determinazione dei quali si adottano criteri e metodi che contengono alcuni margini di soggettività; la somma delle incertezze può ripercuotersi nei prodotti finali e quindi essere riscontrabile sia nelle carte allegate che nel testo.

Ad esempio, sia per ciò riguarda la pericolosità geomorfologica che per quella idraulica, derivata per le classi più alte soprattutto dalla presenza di frane e aree inondabili, la sua

attendibilità è legata alla precisione con cui le stesse sono state rilevate. In un Piano di Bacino, rilevato da analisi di superficie o aerofotogrammetriche su carte in scala 1:5000 e restituito su carte in scala 1:10000 si possono sommare, ad esempio, le incertezze dovute al dettaglio della carta con quelle proprie di un rilievo non strumentale.

L'errore che è lecito attendersi per le frane e per le aree inondabili, per le zone pericolose e a rischio, nella media è dell'ordine di grandezza di qualche decina di metri, mentre quello massimo è stimabile in 150m, specie se il rilievo è solo aerofotogrammetrico.

La carta dell'acclività, inoltre, è stata elaborata con un sistema semi-automatico, utilizzando i dati disponibili al 1997, con equidistanza tra le isoipse pari a 100 m; pertanto la carta ottenuta ha il relativo livello di dettaglio; tale limite è stato giustamente evidenziato dal Comitato Tecnico Regionale nell'apporto istruttorio; in conseguenza di ciò è stato eseguito un ulteriore controllo a campione ma non è possibile escludere del tutto errori dovuti a sviste o imprecisioni.

Da queste minime considerazioni occorre ricavare che il piano consente "solo" una visione globale del bacino in merito ai pericoli e ai rischi analizzati.

Si sottolinea, perciò, che la mancanza di eventi franosi o di aree inondabili o l'assenza di zone a pericolo e rischio alto e molto alto in una qualsiasi porzione dell'area indagata non esclude immediatamente che essa non sia suscettibile a franare o a essere inondata in futuro per il cambiamento delle condizioni al contorno.

Ciò significa che il presente piano non può essere utilizzato per valutazioni di stabilità o pericolosità idrauliche di un singolo sito, per il quale studi e indagini geologiche e idrauliche puntuali dovranno comunque essere realizzate.

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

L'area presa in esame, appartenente ai fogli 94 e 95 della Carta d'Italia, è compresa nelle tavolette I.G.M. in scala 1:25000 *Sestri Levante* e *Castiglione Chiavarese* ed interessa il territorio, in Provincia di Genova, dei Comuni di Sestri Levante, Casarza Ligure e Castiglione Chiavarese.

Il bacino del Torrente Petronio ha una superficie di circa 61 km² ed è delimitato dallo spartiacque passante per i rilievi indicati in senso orario, partendo dalla località di Riva Trigoso a quota 0.00 m s.l.m. e seguendo un perimetro approssimativamente triangolare:

- M. Pagano q.75, M. Caddio q.390, M. Bomba q.608, M. Fucisa q.700, M. Tregin q.870, M. Roccagrande q.970, M. Bocco q.1021;
- M. Zenone q.1053, M. Alpe q.1094, M. Colello q.792, M. Bastia q.760, M. Arpecello q.643, M. Traversa q.835, M. Groppi q.868, Cima Stronzi q.846, M. San Nicolao q.847;
- M. Pietra di Vasca q.801, M. Merelle q.636, M. Salto del Cavallo q.611, colle del Bracco q.412, M. Moneglia q.521, punta Baffe q.252, colle Cantagallo q.171, colle Bardi q.96, Riva Trigoso q.0.00.

Il Torrente Petronio, asta principale del bacino, ha un corso complessivo di km 15.5 circa, con una pendenza pari a circa il 17% nella parte alta del bacino, circa il 6% nella parte pedemontana e circa l'1% nel tratto terminale, e sfocia in mare nel Comune di Sestri Levante presso l'abitato di Riva Trigoso.

Il bacino del T. Petronio è compreso in un ben definito settore climatico, per l'importanza fondamentale dell'influenza del mare, essendo l'andamento della Val Petronio all'incirca parallelo alla costa, e lo spartiacque appenninico distante in media dalla costa solo qualche km.

Tale situazione comporta l'esposizione ai venti umidi e tiepidi dal mare, con la protezione dei rilievi settentrionali nei confronti dei venti freddi del Nord.

In tali condizioni si osserva generalmente una temperatura piuttosto mite, una scarsa umidità invernale, escursioni termiche ridotte in tutte le stagioni, piogge abbondanti (condizionate dalla posizione altimetrica) e buoni valori per ogni stagione della radiazione globale effettiva.

I cicli stagionali vedono praticamente l'alternarsi di dominio fra gli anticicloni dell'Europa continentale e le depressioni localizzate nella zona del Golfo di Genova; tale situazione climatica fa sì che si verifichino precipitazioni nevose, soprattutto nelle parti alte del bacino, tra Dicembre e Marzo.

I dati di temperatura del bacino sono caratteristici di un clima mediterraneo, (min 2°- max 28°), quindi in generale si può affermare che è un clima marittimo, con piovosità notevole e

frequenti precipitazioni di intensità e violenza temporalesca, abbastanza ripartite tra le varie stagioni.

Morfologia

La Val Petronio è un sistema vallivo delimitato a Nord-Est dallo spartiacque che lo separa dalla Val Graveglia e dalla Val di Vara, in cui emergono i monti Roccagrande, Bocco, Zenone e Alpe, a Ovest dal crinale che dal monte Roccagrande scende al monte Tregin sino alla confluenza tra il torrente Petronio e il Bargonasco, a Sud dallo spartiacque che dal Bracco scende verso Punta Manara.

Nell'ambito si distingue la valle secondaria del torrente Bargonasco per ricchezza di emergenze morfologiche e geologiche, di numerose piane in quota, la zona umida di Pian di Lago, le miniere di manganese abbandonate.

Vegetazione e colture

Nel fondovalle e sul versante destro del Petronio sino a quota 400 s.l.m. prevalgono colture terrazzate a oliveto e vigneto, mentre in prossimità dell'abitato di Bargone dominano frutteto e colture specializzate; oltre quella quota si estende il bosco con pini, pinastri, castagni, misti. Sui versanti più elevati del bacino del Bargonasco si estendono praterie montane in evoluzione verso arbusteto.

Insedimenti

L'insediamento in valle è organizzato prevalentemente lungo il versante destro costituito da aggregati a sviluppo lineare connessi da una percorribilità di mezza costa, baricentrico rispetto alla fascia agricola terrazzata.

Più a valle, lungo la piana, l'edificazione ha carattere diffuso, disorganizzato ed eterogeneo sino a concludersi con l'aggregato di Trigoso ed il nucleo costiero di Riva.

2.2 Geologia

La geologia del bacino del Torrente Petronio è stata studiata da numerosi studiosi appartenenti a diverse scuole geologiche; esistono ancora notevoli divergenze sulla ricostruzione dei rapporti stratigrafici tra le diverse unità, mentre del tutto insoddisfacenti sono le conoscenze ed i rilevamenti per quanto concerne il quaternario ed in genere le coperture incoerenti o semi-incoerenti. Nella stesura delle note di commento ci si è pertanto attenuti alle interpretazioni litostratigrafiche e strutturali comunemente accettate.

Per lo studio del bacino del torrente Petronio ci si è riferiti al foglio Spezia, n° 95 della carta geologica d'Italia, alle carte geologiche a scala 1: 25.000 rilevate rispettivamente da Decandia ed Elter (1972) nell'area Levanto-Val Graveglia ed alla cartografia più recente degli autori toscani (vedi ad es., Bortolotti e Gianelli, 1976, Galbiati et al., 1976) relativa alla parte centrale del bacino, con nuove interpretazioni dei contatti fra le ofioliti.

La serie stratigrafica presente nel bacino del Petronio è costituita essenzialmente da *ofioliti* alla base e *copertura sedimentaria* soprastante.

Le ofioliti della Liguria Orientale sono distribuite in due masse principali: la prima è il complesso Bargonasco - Val Graveglia, la seconda è il massiccio del Bracco.

L'insieme degli elementi tettonici del massiccio del Bracco si immerge assialmente al di sotto delle Argille a Palombini della Val Petronio, mentre il complesso Bargonasco-Val Graveglia risulta essere tettonicamente sovrapposto al massiccio del Bracco.

Le ofioliti del Bargonasco affiorano su un'area di circa 30 kmq e fanno parte dell'allineamento ofiolitico Levanto-Ottone, costituendo parte del tratto in cui le ofioliti si trovano in giacitura primaria, sotto la successione sedimentaria costituita da diaspri di M.te Alpe, calcari a Calpionelle ed argille a Palombini.

In generale nelle sequenze ofiolitiche dell'Appennino settentrionale, resti della crosta oceanica giurassica della Tetide occidentale, si distinguono due porzioni principali:

- una basale, costituita da peridotiti di mantello (serpentinitiche) e da rocce magmatiche gabbro-peridotitiche e filoniane;
- una sommitale, costituita da brecce ofiolitiche, basalti e sedimenti.

Nell'area indagata ritroviamo, come termini ofiolitici , sia la porzione basale che quella sommitale, rappresentate dalle seguenti formazioni, qui indicate in serie stratigrafica, partendo dal termine più basso:

- serpentiniti massicce, localmente molto tettonizzate e fratturate, a relitti di strutture cumulitiche e tettoniche con diffusi relitti mineralogici di originarie lherzoliti in facies a spinello ; si trovano localmente associate facies ad oficalciti, brecce serpentinitiche con matrice o cemento di carbonato di calcio (M.Bianco e M.te Croce dei Tozzi), sfruttate come pietre ornamentali;
- gabbri eufotidi (Bargonasco, M.Pù, M.Groppi e M.San Nicolao) in genere a cristallizzazione ben evidente, a volte stratificati-cumulitici, alterati nelle superfici esposte, con colorazione giallognola;
- brecce ofiolitiche , distinte in inferiori e superiori a seconda che si trovino sotto o sopra il livello basaltico; quelle inferiori sono formate da clasti provenienti dal basamento, principalmente da quello serpentinitico (br. di Case Boeno), quelle superiori sono costituite in prevalenza da clasti di gabbro (br. di M. Zenone)o sono a composizione poligenica anche con frammenti di basalto a pillow (br. di M. Rossola), mentre brecce miste con frammenti di Fe-gabbri ed Mg-gabbri, plagiograniti e rare serpentiniti possono giacere su ambedue i basamenti (br. di M.Capra);
- basalti, in colate a pillow e brecce basaltiche (M.Groppi, M.Pù, M.Zenone), più raramente massicci con filoni basaltici.

La copertura sedimentaria è costituita invece dai seguenti termini:

- diaspri rossi e verdi (M.Tregin, M.Pù, M.Alpe), fittamente straterellati, a tratti brecciati, spesso fortemente manganiferi (livelli basali); la porzione inferiore della formazione è più radiolaritica e silicea, ed è dovuta alla precipitazione chimica di silice colloidale e di organismi a scheletro siliceo (radiolari), o di entrambi, ed alla base contiene livelli di arenarie ofiolitiche ; la porzione sommitale è man mano più argillosa e passa ai calcari a calpionelle o alle argille a palombini ;
- calcari a Calpionelle (versante Est di M.Tregin, M.Pù, zona tra M.Alpe e R.Frascarese), compatti, micritici, di colore biancastro, frequentemente selciferi, ben stratificati, talvolta in eteropia con le argille a Palombini; la formazione presenta variazioni di spessore notevoli, da pochi metri a 200 m, ed ha caratteristiche pelagiche (di mare aperto), derivanti dalla risedimentazione di fanghi calcarei originati da accumulo di microrganismi a scheletro di carbonato di calcio; verso l'alto della formazione gli strati si riducono di spessore e si ha frequente interposizione di giunti argillitici;
- argille a Palombini, molto diffuse in Val Petronio , nel settore occidentale ed orientale di entrambi i versanti vallivi , spesso associate con i diaspri ed i calcari a calpionelle (M.Tregin, M.Pù); si tratta di una formazione pelagica o emipelagica in facies di pre-flysch, rappresentata da alternanze di argilloscisti grigio-scuri, fogliettati, (dominanti verso l'alto della formazione), in strati da centimetrici a decimetrici, con calcari silicei grigio chiari, palombini, compatti, con potenza variabile nell'ordine dei decimetri, e con marnoscisti grigio-cenerini e straterelli di arenarie siltose; si ritiene che questa facies , con gli apporti di tipo terrigeno (arenarie siltose -quarzareniti) e con le brecce (olistostromi) presenti in bacini contigui, rappresenti l'inizio della chiusura del bacino della Tetide, dopo le fasi di espansione oceanica a cui è collegato il magmatismo ofiolitico;
- formazione della Val Lavagna, sovrapposta alle argille a palombini nei settori occidentale ed orientale del bacino, oltre che al confine meridionale, con alternanze torbiditiche di siltiti, arenarie siltose e peliti sia argillitiche che marnose e con intercalazioni di marne grigio-plumbee (ardesie);
- arenarie del M.te Gottero, torbiditiche, quarzoso-feldspatiche , datate al Cretaceo superiore-Paleocene, affioranti nel settore occidentale e sudoccidentale del bacino, caratterizzate da passaggio graduale, verso il basso, alla formazione di Val Lavagna, e verso l'alto alle argilliti di Giaiette, attraverso una lacuna con discordanza; rappresentano una tipica facies di flysch, dovuta ad accumulo di materiale terrigeno in conoidi alla base della scarpata continentale e/o lungo la stessa;
- argilliti di Giaiette, costituite da alternanze di argilliti lamellari, varicolori, arenarie e calcareniti a grana finissima, calcari marnosi, talvolta con facies convergente ai palombini; gli affioramenti sono limitati all'ultimo tratto del T.Petronio, in versante sinistro (Colle Bardi e zona di Riva Trigoso); costituiscono una facies tipicamente emipelagica (Paleocene).

Le fasi di evoluzione tettonica che hanno interessato il bacino , descritte in letteratura, sono essenzialmente tre, di cui due riconoscibili alla scala del bacino:

- *la fase plicativa ricollegabile all'orogenesi appenninica* si è manifestata plasticamente con pieghe a sviluppo plurichilometrico con assi circa NS e NNW-SSE, che hanno influenzato l'impostazione della rete idrografica, fatta eccezione per l'asta principale, come vedremo nel seguito, e vergenza Est e Nord Est rispettivamente: un esempio si ha nella serie del Bargonasco, dove il M.Pù rappresenta, secondo Decandia ed Elter, 1972, il fianco inverso di una piega sinclinale ad ampio raggio parzialmente fagliata, mentre "grazie ad un'isola di erosione, a S.Pietro Frascati nella Valle del Petronio. al di sotto delle ofioliti, compaiono i Calcari a Calpionelle e le Argille a Palombini", sempre in serie rovesciata (da Castiglione Chiavarese fino al M.Chiappozzo, fuori dalla Valle del Petronio, per oltre 15 km);
- *una successiva fase tettonica* complessivamente a stile più rigido è caratterizzata da direttrici di faglia aventi direzione N-S (o NNS-SSE) ed E-W approssimativamente, entrambe ben visibili nell'ambito del complesso ofiolitico del Bargonasco; le seconde nella gran parte dei casi appaiono più recenti, in quanto rigettano le prime, con spostamento medio attorno a 100-150 m; un perfetto esempio di controllo strutturale è costituito dall'asta principale del T.Petronio, che appare bene orientata in direzione E-W, in particolare nel tratto centrale vallivo.

In merito all'osservazione del Comitato Tecnico Regionale riguardante le limitate rappresentazioni giaciture si evidenzia che sono state indicate esclusivamente le misure riportate nello studio propedeutico e che la limitatezza dell'intervallo di tempo intercorrente tra la trasmissione dell'apporto istruttorio e la consegna del piano alla Giunta Provinciale per la successiva approvazione del Consiglio non ha consentito l'implementazione dei dati.

2.3 Geomorfologia

L'influenza della litologia sulla morfologia è evidente nell'ambito del bacino: si passa infatti da versanti acclivi, interessati da erosione e denudamento diffusi, nel dominio delle rocce ofiolitiche (serpentiniti - gabbri -basalti) oppure nelle arenarie del Gottero, tutte formazioni rigide e tenaci, prive di minerali argillosi, a versanti molto più dolci, modellati su formazioni a comportamento plastico quali le argille a palombini, la formazione di Val Lavagna, le argilliti di Giaiette.

L'influenza dell'assetto tettonico più recente si è esercitata sulla morfologia, per effetto della separazione in blocchi del substrato originario, e sulla rete idrografica, impostata frequentemente sulle direttrici tettoniche recenti (controllo strutturale).

Nella stesura della carta geomorfologica ci si è attenuti, con alcune semplificazioni riguardanti in particolare la classificazione degli spessori delle coltri detritiche sciolte, alla legenda indicata dalla Circolare n. 2077 del 27.04.88 del Servizio Difesa del Suolo e Servizio Strumenti Urbanistici della Regione Liguria.

Per conformità con detta legenda si sono rappresentate sulla carta geomorfologica le aree su cui sono presenti i fenomeni di seguito descritti:

2.3.1 Roccia affiorante

Aree caratterizzate dalla presenza di roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino ad 1 metro di spessore

Aree di questo tipo, che rappresentano praticamente tutto il territorio, sono state indicate con la sigla "R" nel caso in cui il substrato roccioso, affiorante e/o subaffiorante, mostri una disposizione favorevole alla stabilità delle proprie strutture (strati e fratture) rispetto al pendio "Rs" nel caso di disposizione sfavorevole di dette strutture, e di "Rf" nel caso, molto più comune rispetto al precedente, di substrato in scadenti condizioni di conservazione, alterato e fratturato e/o con ricorrente variabilità giaciturale.

2.3.2 Depositi superficiali

Aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche e di depositi eluvio-colluviali con potenza maggiore di 3 metri

Costituiscono prevalentemente le coltri di materiali sciolti derivanti dall'alterazione in posto (eluvio) delle formazioni descritte, oppure rimosse ed asportate dalle acque dilavanti ed accumulate in zone depresse (colluvio) od ancora le fasce detritiche pedemontane più grossolane ed eterogenee ai piedi dei rilievi di antica detrizione.

Le coltri risultano composte, data la loro genesi da substrati eterogenei, da frammenti litici di grandezza variabile fino a ciottoli e blocchi immersi in una matrice spesso fortemente argillosa e ossidata; si differenziano, in funzione della granulometria, in coltri a grana prevalentemente grossolana e/o media, dominanti nel bacino in particolare nell'ambito delle sequenze ofiolitiche basali e sommitali, ed a prevalente grana fine, localizzate di preferenza sulle formazioni delle argille a palombini, della val Lavagna e sulle argilliti di Giaiette, ove presenti.

Si evidenziano in particolare sul versante destro dell'alta Val Petronio gli accumuli detritici nell'ambito delle serpentiniti di M.Roccagrande, a margine delle direttrici tettoniche attorno a N-S ed E-W rilevate nel complesso ofiolitico del Bargonasco, e nell'ambito delle ofioliti in genere (serpentiniti-basalti-gabbri), lungo la faglia appenninica orientata da M.Roccagrande a M.Pù ed oltre, e lungo altre due lineazioni tettoniche ortogonali alle precedenti, che vanno da M.Pù a M.Frascati e da i Casali a Masso e ad Acquafredda rispettivamente, sul versante sinistro e destro del T.Petronio.

In molti settori del bacino sono presenti coltri detritiche sovrastate da forme riconoscibili come coronamenti di frana. La maggior parte di queste viene considerata come "corpo di frana" mentre per alcune la natura colluviale non è evidenziata (come osservato dal Comitato Tecnico Regionale nell'apporto istruttorio): in questi casi l'analisi di superficie non ha permesso una distinzione netta rispetto alla natura eluviale.

Depositi alluvionali

Le alluvioni interessanti l'alveo attuale sono depositi di entità minima, in quanto l'attività di trasporto dei corsi d'acqua determina mancanza di deposizione in concomitanza con locali frequenti fenomeni di erosione spondale .

Unici relitti morfologici di attività alluvionale si riscontrano sporadicamente laddove pianori laterali e sopraelevati rispetto ai corsi d'acqua possono essere riferiti a terrazzi di antica erosione e successivo deposito.

Il riconoscimento di queste forme morfologiche appare difficile in alcuni casi sia a causa della sovrapposizione di depositi colluviali discesi dai pendii soprastanti o addirittura di vere e proprie frane antiche, sia per il notevole rimaneggiamento; così nella parte bassa del bacino è parso più opportuno indicare i depositi alluvionali (a) distinguendo unicamente al loro interno quelli mobili e attuali (am); viceversa si sono riconosciuti sicuramente come terrazzi alluvionali i settori pseudopianeggianti nei pressi della località Casali nonché, risalendo ancora il torrente, i settori di fondovalle fino alle località Cotarsa di Fondo e Cotarsa di Mezzo.

2.3.3 Forme e processi gravitativi

Corpi di frana

Si sono distinte, ed ubicate sulla carta, forme attive e forme quiescenti , con la distinzione desunta dalla letteratura geologico-applicativa ufficiale - ZARUBA Q. & MENCL V., Landslides and their control, 1969, VARNES D.J., Landslides types and processes, 1978 - , ripresa più recentemente da una Nota del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, Boll.Soc. Geol. It., Vol.CVI, Fasc.2, 1987, pgg.199-221, dove si dice :“Le forme **attive** comprendono quelle prodotte da processi in atto all'epoca del rilevamento e quelle dovute a processi non in atto a quell'epoca, ma ricorrenti a ciclo breve (frequenti, stagionali). Occorre precisare che la Regione Liguria (1997) raccomanda di distinguere le frane in attive e quiescenti: perciò nel presente studio sono definite attive tutte le frane **attive** secondo la definizione dell'UNESCO (1993) e cioè le attive, le sospese e le riattivate. Si considerano invece **quiescenti** in senso stretto le forme per le quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze (dirette, storiche, ecc...) di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico e che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno possibilità obiettiva di riattivarsi”, mentre quiescenti (in senso lato) si considerano tutte le frane **inattive** e cioè le quiescenti in senso stretto (non si sono mosse negli ultimi 12 mesi ma possono riattivarsi), le abbandonate, le stabilizzate e le relitte (paleofrane).

Nel bacino del torrente Petronio sono frequenti i corpi di frana relitta originatisi per collasso gravitativo di intere porzioni di versante, di potenza talvolta anche maggiore di 6 m, spesso a margine di direttrici di faglia "appenniniche" (paleofrana nei gabbri di Costa della Vasca) o delle faglie NS ed EW che interessano la serie ofiolitica del Bargonasco, con particolare riferimento a paleoaccumuli di serpentiniti e gabbri collassati; tuttavia spesso i processi di riattivazione in corso pongono il problema di una loro riclassificazione nel regime geomorfoclimatico attuale.

La granulometria dei paleoaccumuli è alquanto variabile: la differente distribuzione granulometrica a grande scala nei corpi delle coltri potenti, con prevalenza di elementi di grandi dimensioni nelle parti superiori ed abbondanza di materiale più fine in quelle inferiori, è certamente dovuta, in gran parte, alla mobilitazione ed al trasporto ad opera delle acque di infiltrazione e di ruscellamento che, in concomitanza con l'azione della forza di gravità, hanno disgregato le zolle di dimensioni più grandi ed hanno trasportato le frazioni più fini, accumulandole verso il basso.

Corone di frana

Analogamente a quanto sopra, si sono distinte le zone di origine-distacco dei corpi franosi in attive e quiescenti.

Nell'ambito dei versanti in roccia si sono riconosciute molte situazioni di instabilità antiche, riconducibili a cigli di distacco che originarono i potenti accumuli di detrito di falda o le paleofrane.

Cartograficamente alcune di queste zone sono state classificate attive e quindi di potenziale arretramento geomorfologico, essendo esse stesse in condizioni di acclività, struttura ed assetto geomorfologico tale da non escludere il riattivarsi di seppur modesti fenomeni di crollo o di scivolamento.

Rotture di pendio

Sono quasi sempre di origine antropica, frequenti all'interno delle aree di cava (cfr. Forme antropiche)

Direzione di mobilizzazione dei materiali sciolti

Si tratta di un parametro riconoscibile, in particolare, nell'ambito delle formazioni, e relative coltri derivate, a componente argillosa, che sono infatti limitate, nell'ambito del bacino, alle argille a palombini ed alla formazione di Val Lavagna, con pochi casi significativi.

2.3.4 Forme e processi dovuti all'azione dell'acqua

Erosione concentrata di fondo

La maggior parte della rete idrografica presenta fenomeni di erosione concentrata di fondo nei settori caratterizzati da roccia affiorante o subaffiorante, indipendentemente dal grado dei segmenti fluviali, sempre in relazione alla velocità dei corsi d'acqua, data la condizione generale di ringiovanimento postquaternario della rete stessa.

L'assenza di copertura vegetale-arborea sui versanti è inoltre la condizione a cui più frequentemente si accompagnano tali fenomeni.

Erosione spondale

Il fenomeno dell'erosione spondale è localizzato in alcune aree lungo l'alveo del T.Petronio, laddove il corso d'acqua scorre tra versanti a diverso comportamento nei confronti dell'erosione sia per eterogeneità litologica e/o geomorfologica (contatti formazionali - contatti tra versanti in roccia ed in materiali sciolti) sia per motivi dipendenti dall'uso del suolo (coltivi abbandonati, piazzali di cava o di attività industriali in genere non sufficientemente protetti dall'erosione). Nei casi in cui l'azione gravitativa è risultata rilevante si è preferita una classificazione all'interno delle frane.

Ruscellamento diffuso

Sono frequenti zone di ruscellamento diffuso delle acque superficiali in tutta l'area del bacino del T.Petronio.

Orli e radici di terrazzo

Sono riconoscibili lungo l'asta del T.Petronio nei settori terrazzati già indicati (zona di Casali, di Cotarsa di Mezzo e Cotarsa di Fondo).

2.3.5 Forme antropiche

Cave abbandonate

Si sono indicati in carta e censiti nelle apposite schede delle attività estrattive i cigli, ove riconoscibili, delle cave non più attive da tempo, presenti su entrambi i versanti, localmente accompagnati a fenomeni già descritti come corone di frana attive, coni detritici pedemontani e zone franose.

Cave attive

Le cave tuttora in attività interessano soprattutto i materiali ofiolitici (basalti in particolare e, in subordine, le serpentiniti) utilizzati per ricavare inerti, materiali da sottofondo e da riempimenti, sabbia e massi (più raramente); sono cave a cielo aperto, in cui i materiali lapidei sono estratti in grandi blocchi di forma irregolare, e anche in frammenti di pezzatura minore, trattati successivamente negli impianti di frantumazione e macinazione.

Miniere abbandonate

Sono presenti su entrambi i versanti, con particolare concentrazione sul versante sinistro, nella zona del Rio Acqua Fredda, nei pressi della cava attiva di basalto, antiche gallerie di estrazione di minerali, in particolare cupriferi, che meriterebbero un censimento di dettaglio, sia per la loro importanza storica sia per valutarne l'incidenza attuale in termini di drenaggio dei versanti, da parte delle gallerie di coltivazione, e di concentrazione degli afflussi; ciò vale in particolare per la zona del Rio dell'Acqua Fredda, dove i fenomeni franosi in atto potrebbero essere ricollegati alla presenza di numerose miniere abbandonate.

Riporti e sbancamenti

Si sono censiti in particolare i grossi riporti, e gli sbancamenti, collegati alla realizzazione del tratto autostradale Sestri Levante -Livorno. Laddove tali riporti presentano segni di instabilità come cigli o rotture di pendio, tali elementi sono stati considerati criticamente nella redazione della carta della pericolosità geomorfologia anche secondo quanto indicato dal Comitato Tecnico Regionale nell'apporto istruttorio.

Discariche

Sono frequenti nell'area del bacino discariche di materiali inerti , derivanti dall'accumulo di materiali di risulta degli scavi autostradali, o di materiali di altra provenienza, ad esempio industriale (discarica in loc. la Fornace del Comune di Castiglione Chiavarese, discarica sul Rio Gavornie) che richiedono un approfondimento di censimento e classificazione , anche al di fuori delle competenze del presente studio. Analogamente ai riporti, comunque, laddove si evidenziano segni di instabilità come cigli o rotture di pendio, tali elementi sono stati considerati criticamente nella redazione della carta della pericolosità geomorfologia anche secondo quanto indicato dal Comitato Tecnico Regionale.

2.3.6 Carta della franosità reale

In questo elaborato, molto significativo ai fini dello studio e della interpretazione evolutiva dei fenomeni di dissesto che hanno interessato il bacino, confluiscono gli elementi rilevati direttamente durante la redazione del presente piano (2000-2001), i dati rilevati sul territorio nel 1996/97 per lo studio propedeutico, le segnalazioni dei movimenti franosi fornite dalla Comunità Montana della Val Petronio e dai comuni di Casarza Ligure, Casiglione Chiavarese e Sestri Levante, le osservazioni sulle foto aeree relative a voli eseguite in diversi periodi, anche post-alluvionali, ed i dati derivanti da studi eseguiti in precedenza dal geologo E.Pesenti o da altri operatori.

L'elaborazione complessiva dei dati e delle osservazioni ha consentito la stesura di una carta, in scala 1: 10.000, in cui si sono classificati e censiti i fenomeni di dissesto registrati nell'intero bacino, con indicazioni riguardanti la seguente **datazione di massima**.

- ◆ Eventi pre-umani
- ◆ Eventi dal 1970 al 1974
- ◆ Eventi successivi al 1974

La suddivisione operata discende dal fatto che, oltre agli eventi pre-umani per cui si è fatto riferimento ai fenomeni quiescenti già riportati sulla carta geomorfologica, si è utilizzata per gli altri eventi la seguente documentazione:

- ◆ *Per gli eventi dal 1970 al 1974:* foto aeree a colori messe a disposizione della Regione Liguria;
- ◆ *Per gli eventi successivi al 1974:* rilevamenti a scala 1: 5000 eseguiti nell'ambito del presente studio e foto aeree del 1995 consultate presso la Regione Liguria.

All'interno del bacino la frana su cui è disponibile la maggiore quantità di dati è quella di Campegli, oggetto, fra l'altro, di una osservazione del Comitato Tecnico Regionale. Su questa zona sono state eseguite in due riprese misurazioni inclinometriche dalla SNAM (Formigoni et al., 1986; Olcese et al., 1991) e dalla Comunità Montana "Val.Petronio" (1999). Per la perimetrazione della zona attiva, secondo le indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale, il presente piano fa riferimento al rilievo tecnico della Comunità Montana che conferma i risultati ottenuti dalla SNAM. La parte non risultante attiva allo stato attuale è comunque perimetrata come frana e ad essa fanno riferimento le norme relative alla pericolosità elevata.

Per quanto riguarda la tipologia dei dissesti, i movimenti franosi veri e propri sono stati raggruppati in quattro categorie, secondo le classificazioni di D.J.VARNES (1978) e della Regione Liguria (1997):

Soil slip: frane di scorrimento superficiali, indotte dall'elevata fluidificazione dei suoli, in materiali sciolti eluvio colluviali non protetti da vegetazione boschiva; interessano generalmente spessori di terreno attorno al metro o inferiori ed aree ridotte.

Si tratta di fenomeni molto rapidi, poco frequenti nel bacino in esame, che si innescano frequentemente durante eventi alluvionali quando l'intensità delle precipitazioni supera la velocità di infiltrazione dell'acqua nel suolo e nel substrato.

La coltre superficiale, che rappresenta la componente geoambientale più vulnerabile durante le precipitazioni di breve durata ed elevata intensità., caratterizzata da più alta permeabilità anche per la diffusa presenza di radici vegetali e di cavità connesse a forme di attività biologica, viene rapidamente saturata ed al suo interno si genera una temporanea falda acquifera che defluisce parallelamente al versante, a volte concentrandosi lungo linee di drenaggio sotterraneo preferenziali.

Debris flow: sono colate di detrito, di regola molto rapide, o colamenti (più lenti) che interessano sia coltri di materiali sciolti che zone di substrato molto alterato, assimilabile a materiale sciolto; fenomeni di questo tipo sono presenti nel settore orientale del bacino, sul versante destro, ed in particolare sono localizzati sulla formazione degli argilloscisti della Val Lavagna ed al contatto con le argille a Palombini, nel sottobacino del Rio dei Guacci.

Scorrimenti (o scivolamenti - slides) : Si tratta nella gran parte dei casi di movimenti che avvengono al contatto tra le coltri eluvio-colluviali e/o di detrito di falda ed il substrato lapideo, o perlomeno la parte più alterata e fratturata dello stesso, per scivolamento lungo superfici più o meno piane, coincidenti con il contatto coltri-substrato oppure discontinuità strutturali quali in particolare passaggi tra strati e/o giunti in diverse condizioni di conservazione.

Nel bacino del Petronio si è rilevato che la maggior parte dei dissesti non complessi osservati sul territorio presentano le caratteristiche di scorrimenti di questo tipo, diffusi un po' su tutte le formazioni, con spessori di suolo minimi, substrato affiorante o subaffiorante sotto forma di cappellaccio alterato, sulla superficie di scivolamento, su versanti con pendenze variabili, non comunque eccessivamente elevate (mediamente attorno al 25-50%), in zone già sede di erosione diffusa e ruscellamento concentrato.

Solo localmente, ad esempio nel caso della frana di Masso, nel sottobacino del Rio dell'Acqua Fredda, si rilevano spessori di coltre più potenti, forse in relazione con cause antropiche di destabilizzazione, come la presenza di una rete di gallerie minerarie abbandonate e di altre attività estrattive, che drenano il versante, modellato nelle coltri detritiche derivanti dai basalti e dalle brecce di Case Boeno, costituendo zone di concentrazione e diffusione degli afflussi meteorici nel sottosuolo, causa di smottamenti e ribassamenti improvvisi all'atto di precipitazioni forti e continuate.

Frane per crollo o ribaltamento: sono causate dal distacco improvviso di masse di roccia da pareti assai ripide, con una componente verticale prevalente; si è rilevata una frana di questo tipo sul versante orografico destro del Rio Frascaiese, nella frazione di Campegli; la concomitanza di fattori quali l'erosione, sia al piede che lungo il versante, l'alterazione e fratturazione dell'ammasso roccioso, hanno causato un evento franoso che ha coinvolto un tratto dell'acquedotto locale, danneggiandolo in modo non irreparabile.

Frane complesse: Si tratta della gran parte dei casi rilevati; sono costituite dall'insieme di una o più delle tipologie precedenti. Possono essere meglio definite solo in presenza di indagini di maggior dettaglio in profondità.

2.4 Idrogeologia

Nell'ambito del rilevamento generale del territorio si sono valutate le caratteristiche ed il comportamento delle varie formazioni sotto il profilo idrogeologico; in particolare sono state analizzate le condizioni di drenaggio naturale e la permeabilità, utilizzate per la classificazione riportata nella carta idrogeologica secondo il seguente schema:

Formazioni permeabili per porosità

Le alluvioni attuali e di fondovalle, antiche e recenti, a granulometria sabbioso-ghiaiosa, come pure le coltri detritiche ed eluvio colluviali, presenti sui versanti con vari spessori e granulometrie, rientrano nelle formazioni permeabili per porosità.

Formazioni permeabili per fessurazione e fratturazione

Rappresentano la categoria più numerosa e più frequente nell'ambito del bacino del T.Petronio, in quanto vi rientrano tutte le rocce verdi (serpentiniti, gabbri, basalti) interessate da percolazione idrica nei sistemi di fratture da cui sono interessate, le formazioni a base calcarea (calcari e arenarie), interessate anche solo localmente da una circolazione di tipo carsico favorita dalla dissoluzione parziale del calcare (fenomeni di carsismo attenuato) lungo le fratture esistenti, tutte le brecce e i diaspri.

Formazioni semipermeabili per fessurazione e fratturazione

Rientra in questa categoria la formazione delle argille a palombini, tipicamente costituita da alternanze di livelli argillosi, impermeabili o poco permeabili, con livelli calcarei permeabili per fessurazione e fratturazione.

Formazioni impermeabili o poco permeabili

Sono rappresentate dalla formazione della Val Lavagna e dalle argilliti di Giaiette, a dominante composizione argillitica

2.4.1 Ordine gerarchico dei corsi d'acqua

Questa proprietà lineare è stata studiata relativamente al bacino idrografico del Torrente Petronio e dei suoi principali affluenti utilizzando il metodo di A. N. Strahler (1958), che rappresenta la rete idrografica stessa attraverso una serie di segmenti, interconnessi da nodi; si sono definiti in particolare i "rami sorgenti" cioè i tratti che drenano esclusivamente i versanti e che non hanno rete a monte: ad essi si è attribuito l'ordine gerarchico 1. E' stato quindi attribuito un ordine a tutti i successivi "links" della rete, utilizzando le seguenti regole:

- 1) il ramo che nasce dall'unione di due rami di uguale ordine "n" assume ordine "n + 1";
- 2) il ramo che nasce dall'unione di due rami di ordine diverso assume ordine pari al maggiore degli ordini dei rami confluenti;
- 3) l'ordine del bacino è il maggiore ordine fra gli ordini dei rami .

Dall'osservazione della carta si evince che l'ordine del bacino è 5, pari a quello dell'asta principale del T. Petronio, che a sua volta è originata dalla confluenza di più rami secondari di ordine 4, nella parte medio-alta del bacino, e di ordine < 4 nella parte inferiore del bacino.

Analisi e valutazioni di carattere statistico sono state desunte dalla tesi di Laurea del Dott. Giovanni Rizzi, "Problemi di protezione idrogeologica nella Valle del T. Petronio" 1983-84, relativamente ai parametri caratteristici del bacino e precisamente:

Rapporto di biforcazione $Rb = N_n / N_{n+1}$ definito come rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine presenti nel bacino ed il numero dei segmenti dell'ordine immediatamente successivo; indica il grado di organizzazione gerarchica di un bacino idrografico e tende ad assumere un valore costante compreso tra 3 e 5 nei casi in cui sono presenti uguali condizioni climatiche, stessi tipi di rocce e stesso stadio di evoluzione; il minimo teorico, difficilmente determinabile in casi reali, è 2, a cui corrisponde il massimo grado di organizzazione gerarchica, mentre valori superiori a 5 generalmente si riscontrano solo in presenza di terreni impermeabili o di condizioni di notevole influenza della tettonica;

Densità di drenaggio $Dd = \Sigma L / A$ definita come il rapporto tra la somma delle lunghezze di tutti i segmenti fluviali compresi nel bacino e la sua area di drenaggio;

Frequenza di drenaggio $Fd = N / A$ definita come il numero medio dei segmenti fluviali compresi nell'unità di area del bacino.

Come noto a litologie resistenti all'erosione, pur permeabili attraverso la rete di fratture esistenti (ad esempio le arenarie, i conglomerati, le quarziti, le rocce ofiolitiche in genere,

corrispondono in generale bassa densità e frequenza di drenaggio, mentre rocce argillose e marnose, impermeabili ed erodibili, sono caratterizzate di regola da alta densità e frequenza.

Altri fattori che intervengono nello sviluppo della rete idrografica sono l'esposizione dei versanti, la presenza o meno di copertura vegetale, il regime pluviometrico, l'altimetria e la giacitura della stratificazione, ove presente.

Nel lavoro citato, eseguito alla scala 1:25.000, si sono calcolate la densità e la frequenza di drenaggio relative a 283 celle, ciascuna di area pari a 0,25 km², rilevando in particolare la densità più bassa lungo spartiacque e crinali, evidentemente per influenza prevalente della morfologia.

Le zone a densità più alta sono state individuate principalmente lungo le aste del Rio Vallegrande, nel settore SW del bacino, e del Rio dei Guacci, nel settore ENE, entrambe in corrispondenza di affioramenti di argille a palombini, ed a monte del paese di Bargone, nell'ambito di coltri detritiche di paleofrana derivanti da rocce serpentinitiche e gabbriche, prevalentemente.

Per quanto riguarda il rapporto di biforcazione, calcolato su 61 sottobacini, i valori dello stesso sono risultati compresi tra 2,5 e 4,4, ad indicare una limitata influenza della tettonica, tranne il caso del Rio Vallegrande, con $R_b = 5,3$, in cui si è invece evidenziata l'influenza della composizione prevalentemente argillosa.

2.5 Uso del suolo

La valutazione dello stato e della consistenza del sistema suolo-soprassuolo contribuisce all'inquadramento del bilancio idrologico dei bacini agroforestali e definisce un rilevante parametro per la determinazione delle portate di massima piena, comunemente denominato coefficiente di deflusso.

Come richiesto specificatamente dall'Amm.ne Prov.le in relazione alla stesura dei primi Studi propedeutici (T.Varenna, T.Leiro, ecc.) sono stati adottati gli indici di efficienza biologica e di funzionalità idrogeologica proposti in quella fase di studio, avendoli ritenuti utili per un inquadramento dello stato di salute e di funzionalità della copertura del suolo, in modo meno approssimativo e superficiale rispetto a quanto consentito dalle attuali conoscenze del bacino.

In relazione all'autonomia ed alla leggibilità che gli elaborati degli Studi propedeutici del T.Petronio devono poter avere in tema di metodologia e criteri tecnici di elaborazione, si richiamano di seguito alcuni concetti generali relativi al funzionamento dell'intero sistema suolo-soprassuolo, sottolineando come l'assetto idrogeologico sia strettamente legato al funzionamento sia della parte aerea (la copertura vegetazionale) sia della parte ipogea (apparati radicali e suolo).

Rimandando agli aspetti pedologici il dettaglio della situazione nel bacino, si richiamano di seguito alcuni concetti relativi alle interazioni del suolo con il soprassuolo in tema di funzionalità idrogeologica.

Le difficoltà pedogenetiche e la rilevante funzione di regolazione dei deflussi svolta dal suolo rendono evidente quanto sia indispensabile, nella gestione di un bacino idrografico e del territorio in generale, la conservazione della risorsa suolo.

Il suolo può essere immaginato come magazzino di nutrienti ed acqua per gli individui vegetali oltre che come semplice supporto meccanico per gli stessi.

Pertanto, l'azione erosiva delle precipitazioni attenta non solo all'integrità del profilo pedologico ma, in ultima analisi, all'intero ecosistema naturale; la dinamica e l'economia di ogni consorzio vegetale prevede quindi la difesa del suolo e dell'acqua in esso contenuta, regolando il deflusso delle eccedenze piovose in maniera graduale, evitando, per quanto possibile, eccessive asportazioni di terreno.

Non tutti gli ecosistemi vegetali presentano però pari efficacia in quest'opera di difesa: i soprassuoli forestali risultano infatti notevolmente più efficienti di consorzi vegetali quali quelli prativi ed arbustivi e questo per una serie di funzioni e di motivi che qui di seguito indicheremo.

Le principali funzioni svolte sono le seguenti:

- **intercettazione delle precipitazioni**

consiste nell'intercettazione meccanica delle piogge effettuata dalla parte area della copertura vegetazionale (prevalentemente le chiome) e lo scorrimento superficiale lungo i fusti (stemflow).L'intercettazione della pioggia può essere indicata in percentuali comprese tra il 5 ed il 15 % delle precipitazioni, in relazione alla diversa struttura del soprassuolo, della diversa conformazione della massa fogliare, dell'intensità di pioggia, ecc..

La struttura più funzionale è rappresentata dalla copertura di un bosco con le seguenti caratteristiche:

- densità normale
- struttura verticale stratificata (piani alto arboreo, basso arboreo, alto arbustivo, basso arbustivo ed erbaceo)
- struttura disetanea
- composizione specifica mista

- **consumo fisiologico ed evapotraspirazione**

All'azione di intercettazione, si accompagna il ruolo svolto dal consumo fisiologico delle cenosi vegetali e dalla restituzione dell'acqua all'atmosfera sotto forma di vapore.

Il consumo fisiologico assume notevole rilevanza in terreni caratterizzati da ristagno idrico, spesso segnalati sui versanti da nuclei di canneto e/ di specie igrofile (salici, ontani, ecc.) e caratterizzati da elevati valori di biomassa

- **riduzione dell'energia cinetica delle piogge**

La stratificazione della struttura del bosco consente la riduzione dell'energia cinetica delle gocce di pioggia che, al contrario, in consorzi a scarsa copertura arborea, esplicano

pienamente la loro azione risultando talvolta responsabili di una delle più elementari forme di erosione del suolo, definita splash erosion.

- **riduzione della velocità di scorrimento superficiale dell'acqua**

Ai movimenti dell'acqua sul terreno, la vegetazione e la lettiera oppongono una serie di ostacoli che rallentano la velocità dell'acqua per aumento del coefficiente di scabrezza del territorio e con il trattenimento del terreno grazie al reticolo radicale ipogeo; a titolo esemplificativo e riferendosi a bibliografia esistente, si può valutare una velocità di scorrimento dell'acqua in un area boscata in condizioni ottimali pari ad 1/4 di quella in area nuda e poiché l'energia erosiva dell'acqua varia con il quadrato della sua velocità ne deriva che alla diminuzione della velocità ad 1/4 corrisponde una diminuzione dell'energia erosiva ad 1/16.

L'acqua pervenuta al terreno e non trattenuta da questo, forma poi una sottile pellicola che scorre per gravità, dando in alcuni casi origine a fenomeni di erosione laminare e che, concentrandosi poi in rugosità del terreno, può originare, in casi di particolare gravità, insolcazioni per fenomeni di ruscellamento (rill erosion).

- **ritenzione idrica**

Tessitura, struttura e, in definitiva, quantità e dimensioni dei pori, definiscono la capacità di un suolo di ritenere acqua, disponibile o meno per i vegetali.

Tale caratteristica viene determinata in base alla composizione granulometrica degli orizzonti superficiali ed al tenore in Carbonio organico e permettono di definire la CRIM di un suolo ovvero la sua Capacità di Ritenzione Idrica Massima.

L'acqua delle precipitazioni, pervenuta nel terreno si infiltra rapidamente e penetra tra i pori del suolo. Se l'intensità della precipitazione è inferiore o uguale al tasso di infiltrazione non si ha scorrimento superficiale fino a quando la capacità di ritenzione idrica non venga completamente saturata.

La velocità di infiltrazione, massima nel primo periodo dell'evento piovoso, tende a diminuire con il progressivo saturarsi in acqua del suolo.

Suoli ben conformati sotto coperture forestali integre rappresentano la situazione più funzionale alla riduzione dello scorrimento superficiale dell'acqua, e consentono la migliore regimazione dei deflussi fino alla saturazione del suolo, che avviene, ovviamente, in tempi più lunghi rispetto ad altre situazioni (ad es. consorzi prativi su suoli superficiali).

Qui la velocità di infiltrazione del suolo diminuisce notevolmente; i dati sperimentali parlano anche di velocità di venti volte inferiori, e il deflusso superficiale della pioggia aumenta considerevolmente e con esso i fenomeni erosivi ad esso legati.

- **consolidamento**

Tutte le funzioni predette contribuiscono alla difesa del suolo, ma la funzione di consolidamento del terreno viene svolta principalmente dall'azione meccanica di trattenuta del suolo svolta dagli apparati radicali della vegetazione.

Anche in questo caso, la funzionalità è migliore in soprassuoli a composizione specifica mista, disetanei e strutturati in diversi piani, in quanto queste situazioni (soprattutto la

presenza di specie diversificate) consentono differenti sviluppi radicali ed il consolidamento di diversi orizzonti del suolo

Nella funzionalità del suolo assume fondamentale importanza la presenza di sostanze organiche. Tali s.o. si legano tra loro e con la frazione inorganica del substrato pedogenetico e permettono la costituzione di complessi argillo-humici che favoriscono l'instaurarsi della struttura glomerulare del suolo, estremamente porosa per pori di grosse e medie dimensioni. In questi ultimi, l'acqua viene sottratta all'azione della gravità ed è disponibile per le piante mentre nei macropori l'acqua può scorrere verso il basso con una velocità proporzionale alle dimensioni delle cavità.

Nei suoli poveri di sostanze organiche, al contrario, risulta proporzionalmente maggiore la percentuale di pori di dimensioni piccole (micropori), nei quali l'acqua viene trattenuta con una forza tale da non essere più disponibile per le piante.

Seppur molto sinteticamente, gli argomenti appena accennati evidenziano la necessità di supportare la pianificazione di bacino con valutazioni puntuali della funzionalità idrogeologica di suolo e vegetazione.

A tale fine, nella carta dell'uso del suolo, sono stati inseriti gli indici relativi alla funzionalità delle tipologie vegetazionali e di uso del suolo rappresentate in cartografia.

Sono stati pertanto utilizzati gli indici di efficienza biologica e di funzionalità idrogeologica (carta dell'uso del suolo). Le caratteristiche comuni degli indici sono le seguenti:

- **distribuzione di indici per 3 classi:**

	efficienza biologica	funzionalità idrogeologica
classe 1	alta	alta
classe 2	media	media
classe 3	bassa	bassa

- **attribuzione dell'indice per singola tipologia:**

l'indice delle classi esprime l'efficienza e/o la funzionalità nell'ambito della singola tipologia a cui si riferisce e non deve essere confrontata tra diverse tipologie; tale criterio consente infatti di individuare il CN relativo ad ogni tipologia e relativa classe considerate.

- **valutazione qualitativa del valore dell'indice**

nella presente fase di studio (propedeutica ad un Piano stralcio) sono stati valutati gli indici riferendosi ai criteri ed alle indicazioni emerse da alcune riunioni preliminari all'avvio della redazione dei Piani, successivamente prescritte dall'Amm.ne Prov.le.

Si ricorda comunque che, pur avendo applicato criteri meno soggettivi rispetto a quelli utilizzati nei precedenti Studi, la valutazione degli indici risulta sostanzialmente qualitativa, non essendo stato ritenuto necessario procedere a determinazioni analitiche di eccessivo dettaglio per la presente fase di studio.

La distinzione tra gli indici dell'efficienza biologica e quelli della carta dell'uso del suolo (funzionalità idrogeologica) è stata necessaria in relazione all'opportunità di individuare una sola carta di riferimento per il calcolo del CN, considerando che l'applicazione dello stesso indice, per quanto su tipologie differenti, avrebbe determinato possibili situazioni di incertezza nella scelta del metodo e degli indici.

Si è ritenuto che la carta dell'uso del suolo fosse lo strumento più adatto allo scopo, in relazione alla maggiore semplicità e facilità di lettura, anche da parte di tecnici non specializzati nell'uso e nell'interpretazione di carte della vegetazione.

Come metodologia, si è provveduto inizialmente alla redazione di una carta della vegetazione, caratterizzata da rilievi di dettaglio ed utilizzata successivamente come strumento propedeutico all'elaborazione della carta dell'uso del suolo.

Nella carta della vegetazione sono stati individuati gli indici di efficienza biologica delle singole tipologie; tali indici esprimono, in sintesi, le condizioni attuali del sistema suolo-soprassuolo, in relazione soprattutto a parametri biologici, mentre la definizione della funzionalità idrogeologica, tenendo conto degli indici di efficienza biologica, è stata effettuata nei riguardi del comportamento del sistema suolo-soprassuolo relativamente alle funzioni di regimazione acque, intercettazione piogge, ecc., precedentemente indicati. I parametri utilizzati come base di valutazione sono stati quelli indicati dall'Amm.ne.

L'indice di efficienza biologica (ed i parametri che concorrono alla sua valutazione) rappresenta pertanto un aspetto propedeutico alla individuazione dell'indice di funzionalità idrogeologica, caratterizzato da un complesso di informazioni più completo.

Come detto, l'indice di funzionalità idrogeologica indirizza la scelta del CN per ogni tipologia di uso del suolo; al fine di agevolare i calcoli delle portate che necessitano l'individuazione del valore del CN (su tutto il bacino, per sottobacini, ecc.) si indicano di seguito alcuni valori indicativi relativi alle tipologie più rappresentate, distinti per tipologia d'uso del suolo e classe di funzionalità

Tipologia d'uso del suolo	classe 1 CN	classe 2 CN	classe 3 CN
Bosco	55-65	66-75	76-85
Arbusteti e incolti arbustati	60-70	71-80	81-88
Pascoli e incolti prativi	62-72	73-85	86-90
Coltivi, prati a sfalcio	55-65	66-78	79-90

Si ritiene importante sottolineare che i valori appena espressi devono essere intesi come largamente indicativi, in quanto determinati con criteri soggettivi sulla base di tabelle reperite in letteratura e sulla base di valutazioni complessive della situazione delle diverse tipologie nel bacino del T. Petronio, oltre che sulla base delle indicazioni degli Studi precedenti.

2.6 Descrizione della rete idrografica

L'analisi idraulica del torrente Petronio inizia in loc. Casali, a monte della confluenza col rio Frascaiese. In questo tratto il corso d'acqua è contenuto in sponda sinistra dal versante e in destra da un terrazzo alluvionale destinato a coltivi. In adiacenza al ponte a tre arcate della Statale n. 523 (sez. PE99), si nota un gruppo di case in sponda destra. Più a valle il torrente scorre in un alveo stretto e incassato, fiancheggiato dalla strada in sponda sinistra. Il nuovo tracciato della Statale, non ancora visibile sulla cartografia tecnica regionale, costeggia il corso d'acqua sino in loc. Battilana, dove lo attraversa con un ponte a campata unica. Il vecchio ponte a due campate, di cui una parzialmente ostruita da deposito alluvionale, è ormai in disuso e costituisce ostacolo al regolare deflusso.

Il tratto compreso tra il ponte suddetto e la confluenza col torrente Bargonasco è stato oggetto di un recente intervento di sistemazione idraulico-forestale a cura della Comunità Montana Val Petronio, che ha comportato l'allargamento delle sezioni d'alveo e la realizzazione di una scogliera in massi su entrambe le sponde. Poco a valle della confluenza in sponda sinistra col rio Gavotino, si rileva la presenza di un guado. L'alveo è limitato dal versante in sponda sinistra e dalla piana di Battilana, destinata prevalentemente a uso agricolo, in sponda destra.

Dopo la confluenza in sponda destra col torrente Bargonasco, il corso d'acqua scorre tra due sponde naturali sino alla briglia a monte del ponte di accesso a Villa Ricci, a valle della quale inizia in sponda destra una scogliera in massi di recente costruzione e a sinistra un muro d'argine in c.a., a protezione di un edificio posto in fregio all'alveo. Su entrambe le sponde, la quota del terreno adiacente il torrente è inferiore a quella della sommità arginale. Anche questo tratto è stato oggetto di intervento di allargamento della sezione idraulica, come testimonia l'aggiunta dell'ultima campata di destra del ponte. Nell'ambito della previsione di nuovi insediamenti in loc. Pian Tangoni, è in corso di esecuzione il progetto della nuova viabilità in sponda sinistra che prevede inoltre la sostituzione della passerella pedonale metallica con un ponte carrabile a due campate.

In loc. Casarza Ligure, confluiscono nel Petronio il rio Vallegrande in sponda sinistra e il rio Cacarello in destra. Il torrente è attraversato in rapida successione dal nuovo ponte di Casarza e dal vecchio ponte con tre pile in alveo, in corrispondenza del quale il corso d'acqua è fiancheggiato in sponda destra dalla Statale e in sinistra da un agglomerato di case poste a quota inferiore rispetto a quella del ponte.

Il Petronio si restringe leggermente e in loc. Vallescura, a monte della briglia, riceve il rio Nuovo in sponda sinistra. Su entrambe le sponde naturali si notano fenomeni di forte erosione spondale.

Lungo questo ultimo tratto, quasi rettilineo, si susseguono salti di fondo ormai nascosti dalle alluvioni. In loc. Francolano, lungo la sponda destra, priva di adeguata arginatura, corre la strada del nuovo quartiere residenziale. In corrispondenza del depuratore, l'alveo va restringendosi progressivamente per poi curvare verso sud.

In loc. Sara, il Petronio è attraversato da un ponte carrabile con due pile in alveo, con problemi di stabilità strutturale dovuti al distacco della platea di fondazione dalla spalla sinistra del ponte.

A valle del viadotto autostradale, il corso d'acqua è contenuto tra due muri d'argine, che proteggono le adiacenti aree urbanizzate, depresse rispetto alle sommità arginali. La sezione risulta, poi, ridotta in corrispondenza del doppio attraversamento dei ponti dell'Aurelia e della Ferrovia Genova-Pisa, entrambi con pila in alveo.

A valle della linea ferroviaria, il Petronio scorre fiancheggiato in sponda destra dalla strada che conduce a Riva Trigoso e in sinistra dal versante. All'altezza della briglia (sez. PE14), in

curva, l'alveo subisce un brusco restringimento, in corrispondenza del quale si rileva la presenza di un edificio-argine in sponda sinistra e poco più a valle, nel punto più stretto, l'attraversamento del ponte romano a schiena d'asino.

Nel suo tratto terminale, il torrente Petronio scorre tra muri d'argine di altezza variabile nel centro abitato di Riva ed è attraversato dal ponte comunale, prima di sboccare in mare.

Per una caratterizzazione più approfondita del torrente Petronio e dei suoi affluenti, si rimanda al Capitolo delle verifiche idrauliche della presente relazione e all'Allegato fotografico.

2.7 Idrologia di piena

2.7.1 Definizione del bacino idrologico

Il Torrente Petronio nasce dalla confluenza dei Rii Traversa e Vasca, alle pendici di Cresta degli Stronzi, ad una quota di circa 280 m s.l.m. Il corso del torrente si sviluppa, con andamento sinuoso, in direzione prevalente Est a Ovest, fino all'abitato di Casarza Ligure, dove piega verso Sud andando a sfociare in corrispondenza di Riva Trigoso.

I principali affluenti di sponda destra sono i seguenti:

- Rio dei Guacci
- Rio Frascarese
- Rio Campegli
- Torrente Bargonasco
- Rio Cacarello

mentre quelli di sinistra sono:

- Rio di Rove
- Rio Baracchino
- Rio Giannelli
- Rio Gavotino
- Rio Vallegrande
- Rio Valle Bardi.

Il bacino idrografico confina con il bacino del Torrente Gromolo a Est, del Torrente Graveglia a Nord, del Torrente Vara a Nord-Est e del Torrente Castagnola a Sud, ed è limitato dal crinale compreso tra il Monte Bomba (610 m s.l.m.), Monte Tregin (870 m s.l.m.), Monte Roccagrande (971 m s.l.m.), Monte Zenone (1055 m s.l.m.), Monte Alpe (1093 m s.l.m., la vetta più alta del Bacino), Cima Stronzi (812 m s.l.m.) sul versante destro, Monte San Nicolao (845 m s.l.m.), Monte Salto del Cavallo (609 m s.l.m.), Monte Moneglia (521 m s.l.m.) sul versante sinistro ed ha una superficie totale pari a circa 61 km².

Il bacino presenta una forma decisamente asimmetrica, infatti il versante sinistro è decisamente meno sviluppato superficialmente del destro. Di conseguenza gli affluenti di destra risultano più sviluppati di quelli di sinistra, in particolare il Rio Frascarese, il Torrente Bargonasco ed il Rio Cacarello presentano una superficie complessiva pari a circa 25 km², oltre il 40% della superficie del Bacino.

La lunghezza complessiva dell'asta principale è di circa 15,5 km, con una pendenza media pari, nella parte alta del bacino, a circa il 17%, a circa il 6% nella parte pedemontana e a circa l'1% nel tratto terminale.

L'alveo si presenta, nella parte alta, incassato in roccia, mentre a valle della confluenza con il Rio Frascaiese, le aree adiacenti il fiume diminuiscono la loro pendenza, fino ad assumere le caratteristiche di una piana alluvionale in corrispondenza dell'abitato di Casarza Ligure.

Come già detto la quota massima del bacino è pari a 1093 m s.l.m., in corrispondenza del Monte Alpe, mentre la quota media è di circa 410 m s.l.m.

Dal punto di vista dell'assetto insediativo si può osservare come il bacino si presenta scarsamente urbanizzato nella parte medio-alta, mentre nella parte bassa il grado di urbanizzazione è decisamente più elevato. In particolare, nella parte alta si trovano alcuni insediamenti sparsi, tra cui i principali sono Velva, Castiglione Chiavarese e Bargone. Tutti questi piccoli centri, però, non si trovano nelle immediate vicinanze del Petronio o di uno dei suoi affluenti significativi. Come si preciserà meglio nel seguito, ciò provoca una scarsità di fenomeni di rischio idraulico rilevanti nella parte medio-alta.

Nella parte bassa, soprattutto a valle della confluenza del Torrente Bargonasco, la situazione si presenta decisamente diversa. In questa zona sono infatti localizzati gli abitati di Casarza Ligure e di Riva Trigoso.

In particolare, in corrispondenza dell'abitato di Casarza Ligure, la pressione antropica è decisamente rilevante, e le aree prossime al corso d'acqua risultano in gran parte insediate. In particolare la confluenza del Rio Cacarello risulta tombinata, mentre sono presenti diversi ponti di attraversamento carrabili sul Petronio. Il tratto terminale a valle del ponte ferroviario, in corrispondenza dell'abitato di Riva Trigoso risulta arginato con continuità. L'area fociva è urbanizzata densamente sia in destra che in sinistra.

2.7.2 Sottobacini e parametri caratteristici

Al fine della determinazione delle portate di piena, il bacino è stato suddiviso in 40 sottobacini ed in 19 aree scolanti. Nell'Allegato 1 è riportata una corografia in scala 1:50.000 del bacino con la suddivisione in sottobacini ed aree scolanti, unitamente ad una planimetria schematica del bacino con riportate le sezioni di chiusura.

Le sezioni di chiusura dei sottobacini sono state numerate da 1 a 29, da monte verso valle, mentre le sezioni di chiusura sull'asta principale sono contraddistinte da una lettera compresa tra A e M, anche in questo caso procedendo da monte verso valle.

Tali sezioni sono state determinate in maniera tale che, mediamente, i bacini da essi sottesi avessero una superficie inferiore ai 2 km².

Successivamente sono stati calcolati, per ogni bacino, sottobacino ed area scolante i seguenti parametri fisici:

- Superficie [km²]
- Quota media [m s.l.m.]
- Quota massima [m s.l.m.]
- Quota sezione di chiusura [m s.l.m.]
- Lunghezza asta principale [km]

- Pendenza media dell'asta [%]
- Pendenza media dei versanti [%]

In Allegato 3 sono riportate le tabelle contenenti i suddetti parametri per tutte le sezioni di interesse.

2.7.3 Pluviometria

2.7.3.1 Analisi dei dati storici

Ai fini della determinazione delle portate di piena con assegnati periodi di ritorno, sono stati, in prima fase, raccolti ed esaminati i dati di pioggia registrate nelle stazioni all'interno del bacino o limitrofe ad esso pubblicati dal Servizio Idrografico Nazionale, aggiornati fino al 1996.

Le stazioni pluviometriche dell'Istituto Idrografico Nazionale posizionate all'interno o in posizione limitrofe al bacino sono le seguenti:

<i>STAZIONE PLUVIOMETROGRAFICA</i>	<i>COORDINATE GAUSS-BOAGA</i>	<i>QUOTA [m s.l.m.]</i>
CHIAVARI	1526000, 4907000	5
PANESI	1528321, 4909562	25
STATALE	1538625, 4910587	570
TAVARONE	1543862, 4906824	503
MATTARANA	1549800, 4899850	465
PIAZZA	1544650, 4898000	184
CASTIGLIONE CHIAVARESE	1541083, 4902508	300
CASARZA LIGURE	1536107, 4902356	30

Nel seguito si esaminano le caratteristiche delle serie storiche disponibili ai fini della descrizione delle precipitazioni estreme sul bacino in esame.

CHIAVARI

La stazione pluviometrica di Chiavari è posizionata sul mare, ad una quota pari a 5 m s.l.m. ed ad una distanza minima dal confine occidentale del bacino del T. Petronio pari a circa 9 km. Il numero di osservazioni delle piogge massime per durata assegnata disponibile è decisamente elevato rispetto alla media delle stazioni della Regione Liguria, sugli Annali idrologici sono infatti riportati 57 anni di osservazioni. La stazione ha funzionato in maniera continuativa dal 1939 al 1989, anno oltre il quale non sono disponibili ulteriori dati.

I suddetti dati risultano quindi sicuramente adatti ad elaborazioni statistico-probabilistiche volte alla determinazione delle piogge estreme con periodo di ritorno assegnato.

PANESI

Tale stazione è posizionata ad una quota di 25 m s.l.m. all'interno del bacino del T. Entella, ad una distanza minima di 3,5 km dalla linea di costa, e di 8,5 km dal confine occidentale del bacino del Petronio.

Anche in questo caso la serie storica presenta una lunghezza che la rende adatta alle elaborazioni (sono infatti disponibili 50 anni di osservazioni) in quanto la stazione ha funzionato, in maniera non continuativa, dal 1935 ad oggi.

STATALE

La stazione di Statale è situata all'interno del bacino del Torrente Graveglia, affluente dell'Entella, ad una quota di 570 m s.l.m. La distanza minima dal confine del bacino del Petronio è di circa 2,5 km.

Anche in questo caso la serie storica delle osservazioni pluviometriche è sufficientemente lunga, essendo disponibili 51 anni (la stazione ha iniziato la sua attività nel 1935 ed è tuttora attiva).

TAVARONE

La stazione di Tavarone è situata all'interno del Bacino del T. Vara, ad una quota di 503 m s.l.m ed ad una distanza minima dal confine Nord-Orientale del bacino del Petronio pari a circa 2 km. La stazione ha funzionato in maniera non continuativa dal 1934 ad oggi, sono di conseguenza disponibili 48 anni di osservazioni. Di conseguenza anche questa serie storica è adatta ad elaborazioni statistico-probabilistiche volte alla determinazione dei quantili delle precipitazioni.

MATTARANA

Il pluviometro di Mattarana è posizionato all'interno del bacino del Torrente Vara, ad una quota di 465 m s.l.m., e dista circa 4,5 km dal confine orientale del bacino del Petronio. La serie storica delle osservazioni è meno estesa delle precedenti, infatti la stazione ha funzionato in maniera non continuativa dal 1957 al 1992, anno in cui ha cessato di operare. In tutto sono disponibili 26 anni di osservazioni.

PIAZZA

La stazione di Piazza è situata all'interno del bacino del torrente Castagnola, ad una quota di 184 m s.l.m. ed ad una distanza minima dal confine Sud del bacino del Petronio pari a circa 2,5 km. La suddetta stazione ha funzionato in maniera non continuativa dal 1968 al 1988, anno in cui ha cessato di funzionare. Di conseguenza la serie storica presenta una lunghezza limitata, pari a 22 anni.

CASTIGLIONE CHIAVARESE

La stazione di Castiglione Chiavarese è situata all'interno del bacino del Petronio, in posizione all'incirca baricentrica, ad una quota di 300 m s.l.m. La stazione ha funzionato in maniera non continuativa dal 1937 al 1991, anno in cui ha cessato di operare. La serie storica ha quindi una lunghezza complessiva di 39 anni, valore sicuramente sufficiente per procedere ad una attendibile elaborazione statistico-probabilistica.

CASARZA LIGURE

Anche la stazione di Casarza Ligure è posizionata all'interno del bacino del Petronio, e più precisamente nella parte valliva del bacino, ad una quota di 30 m s.l.m. Tale stazione ha iniziato a funzionare solo di recente, dal 1985 ed ha funzionato fino ad ora in maniera non

continuativa. Sono di conseguenza disponibili solamente 10 anni di osservazioni, numero assolutamente inadatto per attendibili elaborazioni statistiche.

In Allegato 3 sono riportate le tabelle con i dati di pioggia registrati in tutte le stazioni considerate.

2.7.3.2 Elaborazioni statistico-probabilistiche

Scelta delle stazioni significative

Dopo aver analizzato le caratteristiche delle serie storiche registrate dai pluviometri situati all'interno del bacino o nelle immediate vicinanze di esso, si è proceduto alla scelta delle stazioni più significative per descrivere le caratteristiche degli eventi pluviometrici intensi all'interno del bacino considerato.

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, è stata scartata dalle successive elaborazioni la stazione di Casarza Ligure, a causa della insufficiente lunghezza della serie storica.

Successivamente si è proceduto alla valutazione delle aree di influenza dei pluviometri secondo il metodo dei poligono di Thiessen o topoietai. Tale operazione ha consentito di effettuare le seguenti considerazioni:

La maggior parte del bacino del Torrente Petronio risulta compresa all'interno dell'area di competenza del pluviometro di Castiglione Chiavarese. Ciò è dovuto essenzialmente alla posizione all'incirca baricentrica della stazione.

Le stazioni di Panesi, Chiavari e Mattarana risultano troppo distanti dal bacino del Petronio per poter essere considerate per la determinazione della distribuzione degli eventi piovosi estremi

Le stazioni di Statale, Tavarone e Piazza comprendono all'interno delle rispettive aree di competenza parte di alcuni sottobacini, in particolare il poligono della stazione di Statale interessa i sottobacini Rio della Magia, Rio della Gaia, la stazione di Tavarone i sottobacini Rio della Foce, Rio Frascaiese, Rio del Poggio e quella di Piazza Rio Vasca e Rio Baracchino. Detti sottobacini sono tutti posizionati nella parte alta del Petronio.

L'operazione dei poligoni di Thiessen si basa esclusivamente su un criterio di natura geometrica, in particolare non tiene conto della presenza di rilievi tra le diverse stazioni. Nel caso in esame, ad esempio, pur essendo le stazioni di Statale, Tavarone e Piazza decisamente prossime al bacino, esse sono separate da esso da dei crinali che presentano delle quote medie superiori anche ai 1000 metri, mentre le quote delle suddette stazioni valgono circa 500 metri. Di conseguenza, pur essendo planimetricamente ad una distanza maggiore, la stazione di Castiglione Chiavarese risulta sicuramente più significativa per descrivere il regime pluviometrico anche dei sottobacini posti all'interno delle aree di competenza degli altri pluviometri. Detta stazione, oltre ad essere posta in posizione centrale del bacino, è posta anche ad una quota molto vicina alla quota media del bacino stesso.

Sulla base delle suddette considerazioni si è deciso di utilizzare, per le successive elaborazioni, solo ed esclusivamente la stazione di Castiglione Chiavarese.

L'ipotesi di integrare i dati mancanti di Castiglione Chiavarese con quelli della stazione Casarza Ligure è stata altresì scartata in quanto le registrazioni dell'unico anno di

sovrapposizione delle due stazioni (il 1991) presentano dei valori decisamente differenti (vedi Allegato 3) con delle differenze anche superiori al 50%.

In conclusione il regime pluviometrico degli eventi estremi verrà valutato in base alle altezze di pioggia massime per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore registrate presso la stazione pluviometrografica di Castiglione Chiavarese.

Elaborazione dei dati

Le elaborazioni statistiche sono state condotte regolarizzando le altezze di pioggia annuali per le durate considerate utilizzando la legge probabilistica asintotica del valore estremo o EV1, meglio nota come legge di Gumbel. Tale distribuzione viene comunemente utilizzata per rappresentare i valori estremi di una possibile realizzazione di una variabile aleatoria.

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

$$F_H(h) = e^{-e^{-K_1(h-K_2)}}$$

dove K_1 e K_2 sono i due parametri della distribuzione e valgono rispettivamente:

$$K_1 = \frac{1.283}{s(h)}$$

$$K_2 = m(h) - \frac{0.577}{K_1}$$

Per le serie di dati pluviometrici di ciascuna durata si sono quindi dedotte le stime dei parametri utilizzando, per la stima di $m(h)$ e $s(h)$, il metodo dei momenti, e successivamente sono state ricavate le stime delle funzioni di probabilità cumulata $F_H(h)$.

La scelta della distribuzione di Gumbel è stata quindi validata utilizzando il test statistico di Kolmogorov-Smirnoff. Tale test è basato sulla valutazione tra la distanza massima della frequenza osservata dei valori del campione e quella teorica ottenuta mediante la legge di Gumbel. Tale distanza viene confrontata con un valore critico dipendente dalla lunghezza del campione e dal livello di confidenza. il test ha esito positivo se la prima risulta inferiore al secondo. In allegato 3 sono riportate su carta probabilistica di Gumbel le serie osservate, la distribuzione teorica e le fasce fiduciarie ottenute con il metodo sopra descritto e relative ad un intervallo di confidenza pari al 90%. Come si può notare tutti i campioni (per le diverse durate) superano il test di ipotesi in quanto tutti i valori osservati ricadono all'interno delle fasce fiduciarie.

Si sono quindi costruite le curve di possibilità pluviometrica per diverso periodi di ritorno nella forma:

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

dove h [mm] rappresenta l'altezza di pioggia per la durata d [ore] dell'evento mentre a ed n sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di a ed n sono stati ricavati per diversi tempi di ritorno T [anni] mediante interpolazione ai minimi quadrati, sul piano logaritmico, dei valori di h [mm] al variare della durata d [ore] per un prefissato valore T [anni]. In particolare i valori di h per prefissato valore di T valgono:

$$h = K_2 - \frac{1}{K_1} \ln \left(- \ln \frac{T-1}{T} \right)$$

In Allegato 3 sono riportate, in forma tabellare, le curve di possibilità climatica della stazione di Castiglione Chiavarese per i periodi di ritorno di 5, 10, 20, 25, 50 100, 200 e 500 anni.

Ragguaglio delle precipitazioni al bacino

Non essendo disponibili, in letteratura, attendibili modelli per la determinazione del coefficiente di ragguaglio areale delle precipitazioni (i modelli disponibili sono infatti stati ottenuti per aree geograficamente distanti e morfologicamente differenti da quella in esame, come la procedura di Wallingford o le relazioni di Columbo e Puppini), si è deciso, agendo a favore di sicurezza, di imporre tale coefficiente pari a 1.

2.7.4 Valutazione delle portate di piena

Le elaborazioni statistiche e le metodologie di calcolo di seguito riportate sono finalizzate alla determinazione delle portate di piena, con assegnato periodo di ritorno, in un certo numero di sezioni significative della rete idrografica del corso d'acqua esaminato.

Il metodo utilizzato nella valutazione delle portate è necessariamente di tipo indiretto, basato cioè sulla modellazione afflussi-deflussi dei dati di pioggia.

Non sono stati utilizzati i dati idrometrici della stazione di misura di Riva Trigoso in quanto in genere le misurazioni dirette di portata risultano molto precise per le portate di morbida o di magra, ma perdono significatività in condizioni di piena estrema, in quanto crolli di arginature, elevato trasporto solido, esondazioni laterali o ostruzioni parziali delle sezioni di deflusso portano in genere ad una sottostima di tali portate, con una conseguente sottostima dei quantili conseguenti all'analisi statistica.

É stata inoltre calcolata, per tutte le sezioni prese in esame, la portata di piena dedotta dalla Curva Inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua liguri aventi versante tirrenico, edita dal Servizio Idrografico di Genova ed aggiornata dopo l'alluvione del 1970. Queste ultime portate sono state quindi confrontate con quelle desunte dall'analisi idrologica, al fine di associare ad esse un valore del periodo di ritorno.

2.7.4.1 Modello afflussi-deflussi

Il modello adottato per passare dalle informazioni pluviometriche alle portate di piena è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in pioggia netta, depurata cioè della parte di infiltrazione, basata sull'interpretazione Hortoniana (non lineare)

del processo di assorbimento da parte del terreno, e da una seconda parte basata su un modello di trasformazione della piena attraverso la rete idrografica, attraverso il Modello di Nash.

I passi principali della metodologia utilizzata si possono così sintetizzare:

- stima del tempo di corrivazione t_c di ogni bacino;
- valutazione degli ietogrammi con periodo di ritorno assegnato attraverso le curve di possibilità pluviometrica e della pioggia netta attraverso la parametrizzazione geologica e vegetazionale dei versanti, per ogni bacino;
- calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo e dell'idrogramma di piena per periodo di ritorno assegnato tramite procedimento di convoluzione, per ogni sezione considerata;
- valutazione della portata per periodo di ritorno assegnato in ogni sezione considerata.

Si esaminano ora, nel dettaglio, i diversi passi della metodologia utilizzata.

Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c del bacino è stato stimato attraverso due formulazioni, ed è stato assunto pari al valore minimo di quelli calcolati, agendo così a favore di sicurezza. In particolare sono state utilizzate le formulazioni di:

Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A + 1.5 \cdot L}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}} \quad [\text{ore}]$$

in cui $A [km^2]$ è l'area del bacino sotteso, $L [km]$ è la lunghezza dell'asta principale, H_m e $H_0 [m \text{ s.l.m.}]$ sono rispettivamente la quota media del bacino e la quota alla sezione di chiusura;

Viparelli:

$$t_c = \frac{1}{3600} \frac{L}{v} \quad [\text{ore}]$$

con $L [m]$ lunghezza dell'asta principale, v velocità media $[m/s]$ di percorrenza della rete (posta pari a 1 m/s).

Le suesposte formulazioni sono state ritenute le più idonee per l'area in esame. In particolare la prima delle due formulazioni (Giandotti) è quella consigliata dalla Circolare della Regione Liguria del 31/05/1993 riguardante il regime transitorio della Legge Regionale 9/93.

Altre formulazioni sono state ritenute inadatte perché ricavate sulla base di osservazioni eseguite in aree geograficamente distanti e morfologicamente differenti da quella esaminata.

I tempi di corrivazione calcolati con entrambe le formulazioni ed il tempo di corrivazione assunto alla base dei successivi calcoli, per tutte le sezioni di chiusura considerate, sono tabellati nell'Allegato 3.

Valutazione degli ietogrammi

Successivamente sono stati valutati gli ietogrammi per periodo di ritorno assegnato, sulla base delle curve di possibilità climatica della stazione di Castiglione Chiavarese.

Nel caso in esame sono stati adottati ietogrammi di tipo Chicago ad intensità crescente sino al valore massimo in corrispondenza della fine dell'evento pluviometrico considerato. Tali ietogrammi sono caratterizzati dalla proprietà di mantenere, per ogni durata, l'intensità media di precipitazione congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica dalla quale sono stati generati.

La durata dell'evento di pioggia è stata posta pari a 4 volte il tempo di corrivazione della sezione. In corrispondenza di eventi estremi, infatti, solitamente si verificano i massimi storici su tutte le durate (1, 3, 6, 12 e 24 ore). Imporre quindi la durata dell'evento critico pari al tempo di corrivazione (che per il bacino in esame assume il valore massimo di 200 minuti in corrispondenza della foce del Petronio) può portare ad una sottostima della quantità di acqua che scorre superficialmente e non si infiltra nel suolo.

Depurazione delle piogge

Successivamente si è proceduto, per ogni ietogramma, al calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale, ottenuta depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service.

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

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

dove h_n [mm] è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento, h_r [mm] è il volume specifico affluito ragguagliato all'area, pari, in questo caso, al volume specifico affluito, S [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso, mentre I_a [mm] rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di S viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

La stima del parametro CN dipende dalla natura idrologica del suolo in relazione alla permeabilità e all'uso del territorio;

I valori del CN sono stati valutati sulla base della cartografia di carattere geologico, geomorfologico e vegetazionale facente parte del presente studio, tramite delle medie pesate sulle aree dei valori attribuiti a ciascun sottobacino od area scolante. I valori così calcolati

sono stati aumentati ipotizzando la condizione del terreno di tipo III, con condizioni antecedenti all'evento molto umide¹

Modello di Nash

In seguito si è provveduto al calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH), per ogni bacino considerato; esso rappresenta la risposta del sistema ad una sollecitazione di tipo impulsivo, avente cioè intensità infinita e durata infinitesima (e quindi area unitaria). L'idrogramma unitario istantaneo racchiude quindi sinteticamente in sé le caratteristiche fisiche del bacino in esame, quali la pendenza media, la morfologia, la densità media della rete etc, attraverso la dipendenza dal tempo di corrivazione del bacino t_c .

Il calcolo dell'IUH è stato effettuato tramite il modello di Nash che simula il comportamento del bacino con una cascata di n serbatoi posti in serie; esso assume la forma :

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

dove k è la costante caratteristica dei serbatoi che simulano il comportamento del bacino, e n il numero degli stessi. Nel caso in esame si è assunto:

$$\begin{aligned} n &= 3 \\ K &= 0.5 \cdot t_c / (n-1), \end{aligned}$$

in cui t_c è il tempo di corrivazione del bacino precedentemente calcolato.

Una volta disponibili gli ietogrammi di progetto e l'idrogramma unitario, sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per ogni periodo di ritorno considerato, attraverso l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = S \cdot \int_0^t I(t-\tau) \cdot p(\tau) \cdot d\tau$$

il quale permette di legare la portata uscente $Q(t)$ dalla sezione di chiusura del bacino considerato (output del sistema), all'intensità della pioggia netta $p(t)$ (input del sistema), attraverso l'IUH che, come detto, sintetizza la risposta del bacino (risposta del sistema).

L'integrazione è stata effettuata utilizzando metodi numerici con passo temporale variabile in funzione del tempo di corrivazione; il risultato dell'integrazione ha fornito quindi i valori della funzione $Q(T)$, la quale assume la tipica forma "a campana", caratterizzata da un ramo crescente di formazione della piena, da un colmo, e da una coda di esaurimento. Il valore al colmo dell'idrogramma fornisce la portata massima per il periodo di ritorno considerato.

Di seguito e in Allegato 3 sono riportati i valori delle portate di piena ricavate con l'analisi idrologica per i periodi di ritorno di 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni, confrontati con

¹ Cfr. R. Bras "Hydrology"

quelli del Cati, per tutte le sezioni di chiusura considerate, unitamente allo schema del bacino principale, sul quale sono riportate le sezioni di chiusura stesse.

Sez.	$Q_{T=5}$ m^3/s	$Q_{T=10}$ m^3/s	$Q_{T=20}$ m^3/s	$Q_{T=25}$ m^3/s	$Q_{T=50}$ m^3/s	$Q_{T=100}$ m^3/s	$Q_{T=200}$ m^3/s	$Q_{T=500}$ m^3/s	Q_{Cati} m^3/s
1	27	34	41	43	50	57	64	73	56
2	21	27	32	34	39	44	49	56	50
A	62	76	89	94	106	119	132	149	140
3	19	24	29	31	36	40	45	51	35
B	69	85	99	104	119	133	147	166	171
4	28	35	41	43	49	55	61	69	59
5	4	5	6	7	8	9	10	11	5
6	56	69	81	85	97	108	120	135	135
C	121	148	174	182	207	232	256	289	267
7	34	42	50	52	60	67	74	84	73
D	129	156	182	191	216	241	266	298	354
8	27	34	40	41	47	53	59	66	50
E	162	196	228	238	269	300	331	371	412
9	47	56	65	67	76	84	93	104	90
10	24	29	34	36	41	45	50	56	47
11	91	109	126	131	148	165	181	203	199
F	218	262	305	318	359	400	441	494	488
12	21	25	29	30	34	38	42	48	41
G	220	264	307	320	362	403	446	500	506
13	53	65	75	79	89	100	110	124	112
H	247	296	343	357	403	448	493	553	542
14	52	62	72	75	84	93	103	115	98
15	53	69	73	77	86	96	105	118	103
16	91	109	126	131	147	163	179	201	184
17	24	30	35	36	41	46	51	57	40
18	108	129	149	155	175	194	213	239	235
19	28	35	42	45	52	58	65	74	70
20	133	159	184	192	216	240	264	295	276
21	27	32	37	39	44	49	54	61	53
22	149	178	206	215	242	268	295	330	337
I	330	394	456	476	536	595	654	732	691
23	36	43	50	53	59	66	72	81	57
24	24	29	34	36	41	45	50	56	24
25	56	66	77	80	90	100	110	124	90
26	12	15	18	19	21	24	27	30	16
27	61	74	87	91	103	115	127	143	162
28	30	37	43	45	50	56	62	70	79
L	368	440	509	530	598	664	730	817	807
29	51	61	71	74	83	93	102	115	117
M	370	443	512	534	601	668	734	821	856

2.7.4.2 Metodo CIMA

A titolo di confronto, si sono determinati per le sezioni di chiusura più significative del bacino i valori di portata col metodo della regionalizzazione (CIMA) per i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni.

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti.

Sez.	$Q_{T=50}$ m^3/s	$Q_{T=200}$ m^3/s	$Q_{T=500}$ m^3/s
D	136	197	237
E	164	238	286
F	240	347	418
G	252	364	438
H	276	399	480
I	437	632	761
L	510	738	888
M	538	778	936
11	70	101	122
20	114	165	198
22	141	204	245

Poiché tra le portate del torrente Petronio ottenute col metodo di Nash e quelle fornite dallo studio CIMA è emersa una congruenza soddisfacente, per il calcolo della portata di piena del Rio Nuovo, escluso dalla modellazione afflussi-deflussi, si è utilizzato il metodo CIMA per bacini piccoli aventi superficie inferiore a $2 km^2$.

Le portate dei vari bacini per i periodi di ritorno considerati si sono ricavate con la seguente formula:

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

nella quale:

A è la superficie drenata espressa in km^2

$U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a $2 km^2$, espresso in $m^3 s^{-1} km^{-2}$, fornito in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica (longitudine)

K_T è il fattore di frequenza delle portate tabellato in funzione del periodo di ritorno.

A favore di sicurezza, per il bacino in questione si è assunta un'estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%, e quindi un valore di CN medio pari a 87.

Si riportano di seguito, i valori di portata del rio Nuovo per vari tempi di ritorno.

Sez.	$Q_{T=5}$ m^3/s	$Q_{T=10}$ m^3/s	$Q_{T=30}$ m^3/s	$Q_{T=50}$ m^3/s	$Q_{T=100}$ m^3/s	$Q_{T=200}$ m^3/s	$Q_{T=500}$ m^3/s
30	11	15	25	30	36	43	52

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

Le principali problematiche del bacino trattate nel presente piano sono quelle riferite a fenomeni franosi, eventi di piena ed incendi boschivi.

L'esigenza prioritaria dell'intero piano è quella di individuare le criticità presenti sul territorio e stabilire le priorità di intervento. A tal fine, si è operato mediante il confronto tra l'analisi delle caratteristiche del territorio, rappresentata negli specifici elaborati cartografici e le problematiche del bacino. Ciò significa che per avere un quadro complessivo dei problemi sia idraulici che geologici, idro - geologici e geomorfologici occorre riferirsi a tutto il complesso delle analisi svolte all'interno del presente piano e non limitarsi alla sintesi che per comodità dell'utente e del lettore viene qui di seguito presentata.

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico (pericolosità geomorfologica o suscettività al dissesto)

Le problematiche di tipo geologico, geomorfologico e idro – geologico sono state evidenziate attraverso una procedura complessa di indicizzazione delle cause e degli effetti predisponenti ed innescanti i fenomeni franosi e di sua taratura e revisione critica.

Tale procedura ha dato luogo ad una valutazione della pericolosità idro-geo-morfologica, attraverso l'elaborazione di una carta in scala 1:10.000, riguardante tutto il territorio della Val Petronio, ossia ad una "carta di sintesi sulla pericolosità, intesa come probabilità che un certo fenomeno idraulico-idrogeologico e geomorfologico si verifichi nel bacino".

Il punto di partenza è stato il lavoro eseguito nello studio propedeutico (Provincia di Genova, 1997), precedente all'emanazione della linea guida della Regione Liguria (2000) in materia di pericolosità geomorfologica e quindi dotato di una metodologia propria ad incrocio di tematismi, non molto dissimile dal metodo regionale. In tale studio è compresa l'analisi statistica di seguito esposta; tale analisi è stata aggiornata con gli elementi rilevati nella stagione 2000-2001.

Sono stati utilizzati i dati sulla franosità nel bacino del T. Petronio, ricavati dalla Provincia di Genova (1987) nell'ambito del "Programma provinciale di studio e di intervento sul territorio, inerente i bacini del Petronio, dello Sturla e del Gromolo, con riferimento alla Legge 8.12.70, n.° 996, per la Protezione Civile".

Lo studio, oltre ad elaborare a fini di protezione civile i dati del rischio acquisiti a conclusione di ricerche d'archivio e rilevamenti sul territorio durati un anno, ha incrociato i dati relativi alla franosità con altri parametri significativi quali le pendenze e la litologia, come indicato nelle tabelle in allegato, valutando in conclusione una *franosità totale per tipo di dissesto, per litologia e per classi di pendenza*. Il metodo utilizzato è simile a quello proposto dalla Commissione "De Marchi" (1974). L'analisi è stata aggiornata al 2000 sulla base dei dati del piano stralcio di bacino.

In base a tale ricerca le rocce ofiolitiche contribuiscono con un valore percentuale del 54,285% alla totalità dei dissesti nel bacino del T.Petronio, nella fascia di pendenza oltre il 35 %.

Il dato è confermato dai rilevamenti attuali che segnalano ad esempio i basalti come caratterizzati da dissesti in atto generalizzati, quasi sempre ubicati in zone di disturbo tettonico (zona di Battilana, alta valle del Bargonasco, ecc.) e/o di contatto con formazioni a diverso comportamento strutturale; analoga considerazione vale per le serpentiniti (cfr. dissesti sul versante destro dell'alta Val Petronio nel bacino del Rio Rigattaio, e sul versante sinistro, a monte della confluenza che origina il Rio Cacarello, ed ancora nell'alta valle del Rio Bargonasco, o in prossimità del contatto con i basalti di M.Zenone, a Nord).

Ciò in quanto le varie fasi tettoniche che hanno interessato la zona, l'orogenesi appenninica in particolare, hanno determinato una separazione in blocchi delle *formazioni a comportamento rigido (basalti-serpentiniti-arenarie)* che hanno reagito agli eventi tettonici che hanno interessato il bacino con fenomeni cata - clastici e laminandosi "in grande", oltrechè fornendo terreno favorevole alle successive alterazioni ed erosioni, con un processo che dura tuttora, mentre hanno disteso in ampie pieghe sinclinali ed anticlinali le *formazioni a comportamento plastico (argilliti di Giaiette-argille a palombini-formazione di Val Lavagna)*. Nella classe delle rocce ofiolitiche sono state comunemente distinti ed analizzati poi separatamente i gabbri dalle serpentiniti e dai basalti.

Le formazioni a prevalente composizione argillosa contribuiscono, nella stessa fascia di pendenza, alla totalità dei dissesti con una percentuale del 34,286%; i dissesti sono concentrati nella parte alta del bacino e nelle argille a palombini, alterabili soprattutto nella componente argillosa, con frequente localizzazione dei fenomeni al contatto con le soprastanti serpentine (cfr. allineamento M.Bomba-parte alta del Rio Cacarello), seguendo il motivo del contrasto di permeabilità al contatto tra formazioni, più volte indicato come causa predisponente i dissesti.

Nella parte inferiore del bacino si rilevano analoghe situazioni al contatto tra le argille a palombini e le serpentiniti di M.Croce dei Tozzi, sul versante sinistro, mentre altre ancora sono state segnalate nella zona di Velva, nel Comune di Castiglione Chiavarese.

Tabella 3.2/I - Distribuzione delle aree di affioramento per classi di pendenza

LITOLOGIA SCHEMATICA	AREA D'AFFIORAMENTO		AREA DI AFFIORAMENTO PER CLASSI DI PENDENZA - kmq			
	Kmq	%	0-10%	10- 20%	20-35%	35-100%
ROCCE PREVALENTEMENTE ARGILLOSE	17,6076	35,08	0,6428	0,9565	0,9276	15,0807
ROCCE PREVALENTEMENTE CALCAREE E DOLOMITICHE	0,7413	1,48	-----	0,0051	0,0254	0,7108
ROCCE PREVALENTEMENTE ARENACEE	4,0667	8,10	0,1486	0,1229	0,5533	3,2419
ROCCE PREVALENTEMENTE SILICEE	0,7526	1,49	-----	-----	-----	0,7526
ROCCE CONGLOMERATICHE E BRECCIOIDI	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ROCCE OFIOLITICHE	22,7615	45,35	0,3434	1,8812	1,4493	19,0876
COPERTURE DETRITICHE	2,3266	4,64	0,0784	0,6387	0,3653	1,2441
SEDIMENTI FLUVIALI, LACUSTRI, MARINI	1,9388	3,86	1,8673	0,0051	0,0254	0,0410
Kmq	50,1950	-----	3,0805	3,6095	3,3433	40,1587

Tabella 3.2/II - Distribuzione dell'area totale in dissesto per litologia

LITOLOGIA SCHEMATICA	AREA D'AFFIORAMENTO		AREA IN DISSESTO		% dell'area totale in dissesto
	kmq	%	kmq	%	
ROCCE PREVALENTEMENTE ARGILLOSE	17,6076	35,078	0,024	0,136	34,286
ROCCE PREVALENTEMENTE CALCAREE E DOLOMITICHE	0,7413	1,476	0,004	0,539	5,714
ROCCE PREVALENTEMENTE ARENACEE	4,0667	8,101	0,002	0,049	2,857
ROCCE PREVALENTEMENTE SILICEE	0,7526	1,499	-----	-----	-----
ROCCE CONGLOMERATICHE E BRECCIOIDI	-----	-----	-----	-----	-----
ROCCE OFIOLITICHE	22,7615	45,346	0,038	0,167	54,285
COPERTURE DETRITICHE	2,3266	4,635	0,002	0,086	2,857
SEDIMENTI FLUVIALI, LACUSTRI, MARINI	1,9388	3,862	-----	-----	-----
kmq	50,1950	-----	0,07	-----	-----

* il calcolo dell'area in dissesto è stato eseguito attribuendo ad ogni movimento franoso una superficie di 0,2 ha (valore minimo)

Tabella 3.2.3/III - Distribuzione dell'area totale in dissesto per classi di pendenza

CLASSI DI PENDENZA	AREA D'AFFIORAMENTO		AREA IN DISSESTO		% dell'area totale in dissesto
	kmq	%	kmq	%	
0-10 %	3,0805	6,1370	0	0	0
10-20%	3,6095	7,1909	0,004	0,11	5,71
20-35%	3,3463	6,6666	0	0	0
35-100%	40,1587	80,005	0,066	0,16	94,28
KMq	50,1950	-----	0,07	-----	-----

* il calcolo dell'area in dissesto è stato eseguito attribuendo ad ogni movimento franoso una superficie di 0,2 ha (valore minimo)

Tabella 3.2.4/IV - Franosità totale per tipo di dissesto, per litologia e per classi di pendenza

LITOLOGIA FORMAZIONI	PENDENZE	AREA DI AFFIORA- MENTO kmq	AREE IN DISSESTO		FRANOSITA' TOTALE
	%		kmq	FRANOSITA' %	
ROCCE PREVALENTEMENTE ARGILLOSE	0-10	0,6428	-----	-----	-----
	10-20	0,9565	-----	-----	-----
	20-35	0,9276	-----	-----	-----
	35-100	15,0807	0,024	0,159	34,286
ROCCE PREVALENTEMENTE CALCAREE E DOLOMITICHE	0-10	-----	-----	-----	-----
	10-20	0,051	-----	-----	-----
	20-35	0,0254	-----	-----	-----
	35-100	0,7108	0,004	0,562	5,714
ROCCE PREVALENTEMENTE ARENACEE	0-10	0,1486	-----	-----	-----
	10-20	0,1229	0,002	1,627	2,857
	20-35	0,5533	-----	-----	-----
	35-100	3,2419	-----	-----	-----
ROCCE PREVALENTEMENTE SILICEE	0-10	-----	-----	-----	-----
	10-20	-----	-----	-----	-----
	20-35	-----	-----	-----	-----
	35-100	0,7526	-----	-----	-----
ROCCE CONGLOMERATICHE E BRECCIOIDI	0-10	-----	-----	-----	-----
	10-20	-----	-----	-----	-----
	20-35	-----	-----	-----	-----
	35-100	-----	-----	-----	-----
ROCCE OFIOLITICHE	0-10	0,3434	-----	-----	-----
	10-20	1,8812	-----	-----	-----
	20-35	1,4439	-----	-----	-----
	35-100	19,0876	0,038	0,19	54,285
COPERTURE DETRITICHE	0-10	0,0784	-----	-----	-----
	10-20	0,6387	0,002	0,313	2,857
	20-35	0,3653	-----	-----	-----
	35-100	1,2441	-----	-----	-----
SEDIMENTI FLUVIALI, LACUSTRI, MARINI	0-10	1,8673	-----	-----	-----
	10-20	0,0051	-----	-----	-----
	20-35	0,0254	-----	-----	-----
	35-100	0,0410	-----	-----	-----
KMq		50,1950	0,07		

L'aggiornamento a tutto il 2000, per i litotipi presenti nelle raccomandazioni della Regione Liguria (1997) ha evidenziato che le argilliti (AG) coprono una superficie totale di 14.559Km², di cui 0.376 Km² risultano in frana; le arenarie (AR) coprono una superficie di 4.630Km² di cui 0.028Km² in frana; gli argilloscisti (AS) coprono 4.002Km² di cui 0.081Km² in frana; le brecce (BC) 3.823Km² (0.140Km² in frana); i calcari (C) 1.055Km² (0.021Km² in frana); i gabbri 5.143Km² di cui 0.375Km² in frana; le serpentiniti (SR) 7.675Km² di cui 0.422Km² in frana; i diaspri 0.920Km² (0.041Km² in frana); i basalti (DB) 8.198Km² di cui 0.293 in frana; per ciò che riguarda i materiali sciolti le alluvioni (a) coprono una superficie di 1.836Km² (0.048Km² in frana); le alluvioni mobili (am) 0.323Km² di cui 0.005Km² in frana; le alluvioni terrazzate recenti (ar) 0.180Km² (0.0006Km² in frana); le coltri potenti eterogenee (dt) coprono 4.828Km² di cui 3.285 in frana; le coltri potenti fini (dt1) 0.406Km² di cui 0.069Km² in dissesto; le coltri potenti grossolane (dt2) 6.057Km² di cui 0.287Km² in frana. Tale aggiornamento conferma nell'andamento generale l'analisi del 1987.

L'analisi statistica ha consentito di verificare che all'interno dei parametri scelti è possibile adottare delle classi di diversa propensione al dissesto:

Nell'ambito di ogni parametro è possibile operare le seguenti suddivisioni:

Per la litologia:

L1 - arenarie e calcari

L2 - argilliti e argilloscisti

L3 - gabbri, serpentiniti, brecce, diaspri e diabasi

Per le pendenze :

B1 - $p < 25 \%$

B2 - $25 \% < p < 75 \%$

B3 - $p > 75 \%$

Per l'uso del suolo:

C1 - Copertura e condizioni di drenaggio da buone a sufficienti

C2 - Copertura e condizioni di drenaggio mediocri o comunque irregolari

C3 - Copertura insufficiente con pessime condizioni di drenaggio

Per le condizioni idrogeologiche :

D1 - Aree/terreni permeabili per porosità

D2 - Aree/rocce permeabili per fessurazione e fratturazione

D3 - Aree/rocce semipermeabili (per fessurazione e fratturazione), poco permeabili, impermeabili, zone di impregnazione

Successivamente all'analisi statistica lo studio propedeutico propone una sintesi confrontabile con studi ed esperienze già realizzati in campo geologico-applicativo, tra cui in particolare la metodologia proposta da P.VISINTAINER & M.C.TURRINI (1995). E' stato cioè utilizzato

un metodo in cui le frane ed altri processi geomorfologici sono stati suddivisi in classi A1, A2, A3, A4 e confrontati con i seguenti parametri significativi: Pendenze, Uso del suolo e Condizioni idrogeologiche.

A – Per la franosità

La classe **A1** comprende il territorio senza frane; la classe **A2** riguarda frane e cigli di frana quiescenti; la classe **A3** comprende fenomeni erosivi (erosione concentrata, spondale e ruscellamento diffuso) e frane superficiali attive; la classe **A4** contiene le frane e i cigli di frana attivi.

In base a questo criterio le zone A4 sono state prevalentemente localizzate nell'ambito del complesso ofiolitico del Bargonasco, oltrechè nella zona di contatto con le argille a palombini, ad ovest, e nell'ambito della stessa formazione delle argille a palombini, mentre le zone A3 sono risultate distribuite un po' in tutto il territorio del bacino.

B - Per le pendenze :

B1 - $p < 25 \%$

B2 - $25 \% < p < 75 \%$

B3 - $p > 75 \%$

Per l'uso del suolo:

C1 - Copertura e condizioni di drenaggio da buone a sufficienti

C2 - Copertura e condizioni di drenaggio mediocri o comunque irregolari

C3 - Copertura insufficiente con pessime condizioni di drenaggio

Per le condizioni idrogeologiche :

D1 - Aree/terreni permeabili per porosità

D2 - Aree/rocce permeabili per fessurazione e fratturazione

D3 - Aree/rocce semipermeabili (per fessurazione e fratturazione), poco permeabili, impermeabili, zone di impregnazione.

L'incrocio fra i parametri sopra riportati ha consentito di eseguire una prima suddivisione del territorio in quattro classi e precisamente:

1 – Aree a suscettività molto bassa

2 – Aree a suscettività bassa

3 – Aree a suscettività media

4 – Aree a suscettività elevata

Il risultato ottenuto nello studio propedeutico è stato analizzato criticamente in sede di redazione del piano con l'obiettivo di una sua generale congruenza con la franosità osservata nello studio e durante l'aggiornamento/integrazione, oltrechè di un suo adeguamento ai criteri della linea guida della Regione Liguria (2000) e alle indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale della Provincia di Genova.

In particolare è occorso riequilibrare l'estensione delle classi basse e aggiungere la classe di pericolosità molto alta coincidente con le frane attive. Tale calibratura ha consentito una migliore separazione delle cause (i parametri considerati) dagli effetti (i dissesti) ed una valutazione di massima sulle aree di cava (che saranno oggetto dello studio specifico in sede di redazione del piano ex L.n.183/89).

Per questa fase di integrazione e taratura è stato utilizzato il sistema informativo geografico realizzato secondo gli standard della Regione Liguria (1998) adottando in questo caso una procedura semi-automatica in ambiente MGE (Modular Environmental GIS, Intergraph, 1998) in cui si è tenuto conto oltrechè delle frane attive (pericolosità molto alta) e di quelle quiescenti (pericolosità alta) anche dei contributi apportati dai comuni (vedi ad es., Comune di Castiglione Chiavarese, 2001) su indicazione del Comitato Tecnico Provinciale, di tutte le rotture di pendio cartografabili, della frequenza statistica delle frane rispetto ai litotipi con aggiornamento al 2000-2001, delle alte pendenze sia di per sé che in relazione alle coltri potenti, delle rocce fratturate e a giacitura sfavorevole, dei cigli rilevati durante l'aggiornamento 2000-2001, delle coltri sottili.

Scendendo nei dettagli del processo di analisi, come richiesto dal Comitato Tecnico Regionale nel suo apporto istruttorio, si specifica che sono stati realizzati diversi strati informativi, ciascuno contenente una classe di pericolo (alta, molto alta, media etc.) derivata da una o più possibili cause fra quelle indicate nella raccomandazione della Regione Liguria (2000) anche sulla base dell'esperienza. I diversi strati sono stati successivamente sovrapposti secondo il criterio della prevalenza della classe a maggior pericolo rispetto a quella inferiore.

Lo strato di fondo è costituito da un poligono contenente l'intero bacino del Petronio vestito con un unico colore corrispondente alla pericolosità molto bassa (MB).

I due strati successivi sono costituiti da poligoni della classe bassa (B) derivati dallo studio propedeutico secondo il metodo sopra descritto e dall'incrocio di alcune aggravanti nel poligono ricompreso nella classe "molto bassa dello studio propedeutico; in questo passo sono state considerate quali aggravanti la presenza di argilliti e argilloscisti coerentemente con la statistica di cui sopra.

Gli strati relativi alla classe media di pericolosità (M) sono 4: quello risultante dallo studio propedeutico secondo il metodo sopra citato; quello relativo alle classi 6 e 7 di acclività (>75%) e alle coltri detritiche potenti (>3m) in zona acclive (>50%); quello derivante da altre aggravanti nel poligono ricompreso nella classe "molto bassa dello studio propedeutico e cioè la presenza di litotipi fragili risultanti dalla statistica di cui sopra (gabbri, serpentiniti, breccie, diaspri e diabasi) o di frane di limitate dimensioni; quello ricavato dalla valutazione tecnica del Comune di Castiglione Chiavarese (2001) secondo le indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale.

Gli strati relativi alla classe di pericolosità alta (A) sono tre: quello proveniente dallo studio propedeutico secondo la metodologia sopra esposta; quello riguardante elementi aggravanti come le scarpate, i cigli attivi e le rotture di pendio attive; quello ricavato dalla valutazione tecnica del Comune di Castiglione Chiavarese (2001) secondo le indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale.

L'ultimo strato è costituito, coerentemente con le indicazioni della linea guida della Regione Liguria (2000), da un livello di pericolosità alta (A) attribuito alle frane inattive e da un livello di pericolosità molto alta (MA) assegnato alle frane attive.

Occorre aggiungere che a seguito dell'incendio di particolare estensione e rilevanza dei giorni 6, 7 e 8 Settembre 2004, su sollecitazione del Dipartimento di Protezione Civile e della Prefettura, sono state modificate le carte degli incendi e geomorfologica. A seguito di tali modifiche peggiorative delle condizioni di suscettività dei versanti, sono state variate, solo per l'area interessata (località Cantagallo) anche la carta di pericolosità geomorfologica e quella del rischio.

Il risultato finale è una carta che suddivide il bacino Petronio in 5 classi:

- 1 - Aree a pericolosità molto bassa**
- 2 - Aree a pericolosità bassa**
- 3 - Aree a pericolosità media**
- 4 - Aree a pericolosità elevata**
- 5 - Aree a pericolosità molto elevata**

In base a questo criterio le zone a pericolosità molto alta, pur nel complesso a non significativa incidenza sul territorio, risultano localizzate prevalentemente nell'ambito dei complessi ofiolitici, mentre le zone ad alta pericolosità comprendono anche la zona di contatto e la stessa formazione delle argille a palombini, mentre le zone a pericolosità media sono risultate distribuite un po' in tutto il territorio del bacino.

Si osserva inoltre che gran parte delle aree ad alta suscettività è localizzata dove si incrociano le peggiori condizioni di copertura e drenaggio (incolti aventi pessimo indice di efficienza idrogeologica), il substrato roccioso alterato ed in erosione, e/o le tipologie di vegetazione aventi la più bassa efficienza biologica.

CLASSI SOVRAIMPOSTE

Frane attive	Molto elevata	Pg4
Frana quiescente	elevata	Pg3a
Frana relitta o stabilizzata e DGPV	elevata	Pg3b
Area a franosità diffusa attiva	elevata	Pg3a
Area a franosità diffusa quiescente	elevata	Pg3b
Frana superficiale – Soil Slip quiescente	elevata	Pg3b
Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Area speciale	Tipo A
Ex cave, ex miniera	Area speciale	Tipo B1
ex discariche e riporti antropici	Area speciale	Tipo B2

3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Gli eventi storici di piena documentati

Al fine di valutare le aree storicamente inondate, primo passo per la determinazione del rischio idraulico cui sono soggette le aree adiacenti il corso d'acqua, è stata svolta un'indagine bibliografica storica corredata da sopralluoghi ed incontri con i residenti sui luoghi interessati e con gli Enti locali (Comunità Montana e Comuni) volta alla datazione degli eventi storici di piena ed alla valutazione degli effetti associati a tali eventi. Si noti che, soprattutto per gli eventi meno recenti, le ricostruzioni operate presentano delle inevitabili incertezze basate sulla scarsità e inadeguatezza del materiale storico e sulla soggettività delle testimonianze raccolte.

La documentazione esaminata consiste principalmente in:

- Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane), rapporto di sintesi per la Liguria, C.N.R.-G.N.D.C.I.;
- Programma Provinciale di studio ed intervento sul territorio con riferimento alla Legge n° 996/70 per la Protezione Civile - Primo stralcio riguardante i bacini del Petronio, del Gromolo e dello Sturla (denominato nel seguito "Programma Provinciale di studio);
- Pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale;
- Articoli di quotidiani.

La suddetta ricerca ha portato alla individuazione dei seguenti eventi di piena:

1. Evento del 21/10/1901
2. Evento del 10/09/1937
3. Evento del 18-19/02/1955
4. Evento del 13/12/1957
5. Evento del 10/01/1970
6. Evento del 20-21/09/1979
7. Evento del 10/09/1981
8. Evento del 8/11/1982

Si esaminano, nel seguito, gli eventi di piena citati in dettaglio.

Evento del 21/10/1901

É il primo evento di piena documentato, riportato sul citato progetto AVI, ma di esso sono disponibili scarsissime informazioni. Sicuramente ha interessato il Comune di Casarza Ligure, ma non è chiaro quali sono state le aree interessate da esondazione. La notevole distanza temporale induce a pensare che allora i luoghi presentassero urbanizzazione e morfologia estremamente diversa da quella attuale, riducendo quindi l'interesse per l'evento stesso.

Evento del 10/09/1937

Tale evento è documentato in maniera decisamente dettagliata, in quanto una descrizione di esso è riportata in una pubblicazione dell'Istituto Idrografico-Sezione Autonoma di Genova, datata 1939, epoca in cui era direttore della Sezione l'Ing. Armando Piccoli.

In tale pubblicazione viene esaminata la portata di piena in corrispondenza della sezione dotata di idrometro posta alcune decine di metri a monte del Ponte della Linea ferroviaria Genova-La Spezia, in località Riva Trigoso. viene specificato che *“la piena in esame oltre che essere la massima del periodo di osservazione, ha superato, a detta dei locali, ogni altra verificatasi nell'ultimo trentennio ed ha provocato notevoli danni, tra cui l'asportazione del ponte di riva Trigoso”*. Sulla base di rilievi effettuati subito dopo la piena, venne stimata la portata massima al colmo di piena pari a 490 m³/s, corrispondente ad un contributo unitario pari a 8,6 m³/s/km². Tale piena fu causata da intense precipitazioni verificatesi dalle ore 4 A.M. alle 19 circa del giorno 10 Settembre. Al pluviometro di Castiglione Chiavarese si registrarono 179 mm in 5 ore e 198 in 10. I valori registrati per le durate di 1, 3, 6 e 12 ore costituiscono tuttora i massimi storici.

Documentazione di tale evento è riportata anche sul progetto AVI, che indica però come località colpita Casarza Ligure e non Riva Trigoso.

Ulteriori descrizioni dell'evento sono riportate sulla scheda del “Programma Provinciale”, in cui viene specificato che l'evento ha colpito tutta la vallata del torrente e particolarmente il fondo valle, provocando l'asportazione di due ponti in c.a. ed una vittima.

Evento del 18-19/02/1955

Documentazione dell'evento è riportata nel “Programma Provinciale” che indica come zona colpita Riva Trigoso, con l'allagamento di via Genova (situata in sponda sinistra). Dall'osservazione della serie storica delle precipitazioni registrate a Castiglione Chiavarese non si nota che le precipitazioni registrate non superarono il valore di 77 mm in 24 ore, valore sicuramente non eccezionale. Si deduce che l'evento interessò solo in parte il bacino e, in particolare, la parte valliva. Probabilmente gli allagamenti riportati nelle cronache non furono dovuti al T. Petronio ma bensì alla fallanza della rete bianca della zona.

Evento del 13/12/1957

Anche per questo evento l'unica fonte di informazioni è il progetto AVI, che indica come località colpita Riva Trigoso.

Evento del 10/01/1970

Tale evento è riportato nel “Programma Provinciale di Studio”, che indica come zona colpita, Casarza Ligure. Il danno maggiore causato dalla piena fu l'asportazione della pila di un ponte che causò l'isolamento della frazione Case Nuove, posizionata in sponda sinistra di fronte all'abitato di Casarza. Non vengono descritti danni ad altre località. Probabilmente l'intensità dell'evento non fu estrema, ed il crollo della pila del ponte fu causato probabilmente da difetti strutturali della stessa. Le precipitazioni registrate a Castiglione Chiavarese raggiunsero il valore di 173,80 mm in 24 ore.

Evento del 20-21/09/1979

Si tratta dell'evento alluvionale più grave documentato con dettaglio. Detto evento interessò sia il bacino del Petronio che quello del Gromolo.

La zona fu investita da violente precipitazioni nella notte tra il 20 ed il 21 Settembre. Il centro di scroscio si posizionò probabilmente sul bacino del T. Gromolo, dove causò il maggior danno, ed interessò solo parte del bacino del Petronio. A suffragio di tale ipotesi vi sono i

valori registrati a Castiglione Chiavarese: infatti per la durata di tre ore (corrispondente all'incirca alla durata critica del bacino) si registrò un valore dell'altezza di pioggia pari a 109,40 mm, cui è attribuibile, attraverso l'analisi statistica, un periodo di ritorno inferiore ai 50 anni.

Ciononostante i danni furono diversi e distribuiti in gran parte del bacino. In sintesi le zone più colpite furono le seguenti:

- l'abitato di Casarza Ligure, con gravi danneggiamenti a rete stradale e fognaria, argini e muri di contenimento saltati, numerose frane e smottamenti;
- il tratto terminale dell'alveo del Rio Cacarello, con erosione ed asportazione del muro spondale in sinistra per una lunghezza complessiva pari a 30 m
- la zona di confluenza del T. Bargonasco con il T. Petronio in Comune di Casarza Ligure, con erosione spondale ed asportazione di circa 2 ettari di terreno agricolo in sponda destra del Petronio.
- la zona di confluenza tra il Rio Gavotino ed il T. Petronio, con asportazione di terreni agricoli e esondazione sui terreni circostanti. L'evento alluvionale depositò forti quantità di materiale alluvionale nei pressi della confluenza, causando un innalzamento del fondo dell'alveo ed una diminuzione della capacità di smaltimento del corso d'acqua. La causa fu attribuita all'apporto di materiale proveniente da una discarica del cantiere dell'Autostrada Genova-Rosignano.
- il sottobacino del Rio Vallegrande, soprattutto nel tratto prossimo alla confluenza con il Petronio. In particolare le arginature in sponda destra subirono fenomeni di erosione e scalzamento al piede.

Evento del 24/9/1981

L'evento catastrofico del Settembre 1979 fu seguito a distanza di due anni da un evento avente caratteristiche analoghe, che colpì contemporaneamente i bacini del Gromolo e del Petronio. Le località più colpite furono Casarza Ligure (con l'allagamento di via Sara e Via Annuti) e Riva Trigoso (con l'allagamento di via Palermo, Vattuone e Pian del Fiume ed il crollo di un'arginatura in sponda sinistra). Purtroppo non sono disponibili registrazioni pluviometriche per tale evento.

Evento dell'8/11/1982

É il più recente evento documentato. Furono nuovamente colpite le località Battilana e Gea, con danni alle colture ed ai fabbricati agricoli, unitamente alla contrada Pestella, in cui si verificò il crollo di alcuni tratti di arginatura. Danni furono inoltre causati dagli affluenti Bargonasco e Cacarello. Anche in questo caso non sono disponibili le registrazioni alla stazione di Castiglione.

L'analisi storica degli eventi alluvionali evidenzia come le località più colpite siano quelle di fondovalle comprese tra il Ponte di Battilana (in comune di Casarza Ligure) e la foce del Torrente Petronio. Risultano critici in particolar modo i nodi di confluenza del Rio Gavotino, del Torrente Bargonasco, del Rio Cacarello e del Rio Vallegrande, la località Pestella e la località Sara e l'abitato di Riva Trigoso.

Si è inoltre evidenziato come le cattive condizioni di manutenzione dei piccoli rii che drenano le aree di fondovalle e l'innalzamento del fondo causato dall'elevato trasporto solido (dovuto alla presenza di frane, cave e discariche abusive) abbiano aggravato gli effetti degli eventi

alluvionali rendendo difficoltoso lo smaltimento delle acque meteoriche e delle portate esondanti fino a diventare una delle maggiori cause dei danni a persone e cose.

In conclusione si osserva inoltre che, pur essendo stati effettuati negli ultimi anni diversi interventi di arginatura che hanno portata ad un indubbio abbassamento del livello di pericolosità idraulica, vi è stato unitamente un notevole incremento del livello di urbanizzazione delle aree pianeggianti adiacenti l'alveo (come in località Francolano ed in località Case Nuove in Comune di Casarza Ligure) che hanno portato ad un netto incremento della vulnerabilità delle aree, fenomeno che verrà meglio approfondito nei punti seguenti riguardanti la mappatura delle aree inondabili.

3.3.2 Mappatura delle aree storicamente inondate

L'analisi degli eventi storici svolge un ruolo primario nell'identificazione delle zone soggette a possibili inondazioni. Infatti l'individuazione e la caratterizzazione delle aree che in passato sono state colpite da eventi calamitosi, rappresenta un momento essenziale per determinare, almeno in prima approssimazione, le aree potenzialmente inondabili, e per definire una gerarchizzazione delle situazioni di rischio.

In particolare, dove non siano avvenuti cambiamenti radicali nella struttura urbana e nella rete idrografica, i dati storici possono essere utilizzati per definire le aree vulnerabili.

Per mappatura delle aree storicamente inondate si intende l'individuazione delle aree interessate da inondazioni, con riferimento alla frequenza con la quale tali eventi calamitosi si sono verificati.

In particolare sono state considerate la perimetrazione, attualmente vigente, della D.G.R. n° 2615, in scala 1:25000, e quella fornita dalla Comunità Montana Val Petronio.

Si è fatto inoltre riferimento alle testimonianze raccolte sul luogo e agli articoli di quotidiani, che presentano però scarso carattere tecnico e forti caratteristiche di soggettività che ne possono ridurre l'attendibilità. Il materiale raccolto è stato esaminato in maniera critica sulla base della morfologia attuale e di quella passata, reperita tramite cartografie precedenti gli eventi alluvionali.

È stata quindi realizzata una carta sulla quale è stato perimetrato e campito in azzurro l'involuppo delle aree storicamente inondate.

3.3.3 Analisi e verifica delle sezioni critiche

3.3.3.1 Portate di verifica

Sulla base di quanto dedotto dall'analisi storica degli eventi alluvionali e della morfologia dell'alveo, sono stati individuati lungo l'asta del Torrente Petronio e dei suoi affluenti principali alcuni tratti che, data la presenza di manufatti o di particolari situazioni di rischio idraulico, potrebbero non consentire il deflusso delle portate di piena, e causare quindi inondazioni.

Le verifiche idrauliche tratte degli Studi propedeutici al Piano di bacino del torrente Petronio sono state in parte rielaborate e integrate, assumendo i rilievi contenuti in alcune pratiche in

possesto dell'Amministrazione Provinciale. Si sono effettuate, inoltre, misure dirette di sezioni in corrispondenza di manufatti idraulici.

Data l'eterogeneità dei rilievi disponibili, è parso più opportuno elaborarne distintamente i profili. Nelle sezioni in cui i vari rilievi si uniscono, infatti, possono riscontrarsi differenze piano-altimetriche, poco influenti tuttavia sul modello idraulico.

Al fine di caratterizzare secondo classi di rischio le aree circostanti il corso d'acqua, le verifiche sono state svolte per le portate aventi periodo di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni, ipotizzando l'intera portata di piena contenuta all'interno della sezione idraulica, considerando gli argini con altezza infinita. È stata inoltre determinata la portata minima esondante tra quelle calcolate in sede di analisi idrologica, al fine di definire le priorità degli interventi strutturali in sede di pianificazione.

Si sono quindi prodotte, in sintesi, una Carta in scala 1:5.000 con l'ubicazione delle sezioni di calcolo, la documentazione fotografica dei tratti più significativi, il profilo idraulico in forma grafica ed in forma tabellare e le sezioni trasversali con indicazione del pelo libero, riportate in allegato.

3.3.3.2 Metodologia di calcolo

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

Sono stati seguiti due approcci, uno di tipo generale utilizzato per la verifica di un tronco d'alveo critico, una zona di confluenza, una tombinatura, l'altro di tipo locale utilizzato per i tratti d'alveo la cui criticità è dovuta principalmente all'insufficienza di singoli manufatti (ponti, passerelle, coperture, ecc.).

Le verifiche in condizioni di moto permanente hanno riguardato, per tratti, il torrente Petronio, dalla foce alla località Battilana, e alcuni affluenti principali (rio Nuovo, rio Cacarello, rio Vallegrande e torrente Bargonasco).

Verifiche in moto permanente

Il profilo teorico della superficie fluida è stato ottenuto tramite l'applicazione del cosiddetto "standard step method"² per il calcolo delle caratteristiche del moto gradualmente variato in alvei non prismatici, che si basa sulla semplice equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

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

²Cfr. R. French, "Open Channel Hydraulics", 1973

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

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

$$h_f = J_f \cdot \Delta x$$

ove J_f rappresenta la pendenza motrice nel tratto di lunghezza Δx , ottenibile come media dei valori corrispondenti nelle sezioni 1 e 2.

Per il termine J è stata adottata la formulazione di Manning:

$$J_f = \left[\frac{n \cdot Q}{R^{\frac{2}{3}} \cdot A} \right]^2$$

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

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

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

in cui k è un coefficiente di contrazione o espansione, dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tratto, e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Alla base dei calcoli si è assunto un valore del coefficiente n variabile a seconda dei tratti esaminati. In particolare per i tratti di fondo valle è stato utilizzato un valore più basso (0,028 $m^{-1/3}s$), mentre per i tratti di monte è stato utilizzato un valore pari a 0,033 $m^{-1/3}s$.

In prossimità di ponti o attraversamenti aventi pile in alveo o di presenza di bruschi restringimenti di altro genere è necessario verificare, in base ai valori del carico specifico della corrente, se si possa verificare o meno l'attraversamento della profondità critica attraverso la sezione ristretta. Nel caso in cui si realizzi tale attraversamento e la sezione di deflusso possa considerarsi rettangolare (con la formazione di un profilo di corrente lenta verso monte) si è valutato il rialzo a monte, generato dal rigurgito della corrente lenta, utilizzando la formula di Marchi:

$$Y_m = K^3 \sqrt{\frac{Q^2}{g b_m^2 F_L^2}}$$

in cui K è un fattore di forma delle pile (tabellato), b_m [m] è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite (valutato tramite grafico), funzione del rapporto di restringimento (rapporto fra la lunghezza della sezione ristretta e quella di monte).

Nei casi in cui non si è verificata la transizione attraverso le condizioni critiche, la sopraelevazione è stata valutata tramite la formula di Yarnell:

$$DY/Y_0 = k_2(k_2 - 0.6 + 5 \cdot Fr_0^2) \cdot [1 - b/b_0 + 15 \cdot (1 - b/b_0)^4] \cdot Fr_0^2$$

ove:

DY= sopraelevazione del pelo libero dovuto al restringimento;

Y₀= profondità della corrente indisturbata;

Fr₀= numero di Froude della corrente indisturbata;

b= larghezza della sezione ristretta;

b₀= larghezza della sezione indisturbata;

k₂= fattore di forma delle pile.

Nel caso di forma irregolare della sezione, l'effetto del restringimento sulle quota del pelo libero è stato valutato mediante il principio di conservazione della quantità di moto.

Le sopraelevazioni del pelo libero sul lembo esterno delle curve planimetriche del tracciato del corso d'acqua possono essere valutate, in regime subcritico, con la relazione:

$$\Delta Y = \frac{U^2 \cdot b}{g \cdot r_m}$$

essendo ΔY [m] il dislivello totale fra la sopraelevazione sulla sponda esterna e la depressione sulla sponda interna, U [m/s] la velocità media, r_m [m] il raggio medio della curva e b [m] la larghezza della superficie libera.

Nel caso di regime supercritico si instaura, all'interno della curva, un'onda stazionaria, la cui massima sopraelevazione, rispetto al livello medio del pelo libero, può essere assunta pari al doppio di quella che si verificherebbe in regime di corrente lenta a parità di condizioni.

Nel caso di confluenze, si è applicato il teorema della conservazione della quantità di moto, calcolata in una sezione di controllo a valle ed in una a monte, con le rispettive portate, valutando quindi le altezze del pelo libero. La relazione utilizzata è

$$F_e + G = M_u + M_e$$

in cui F_e è la risultante delle forze di superficie agenti sul volume fluido di controllo, G è la risultante delle forze di massa agenti sullo stesso volume di controllo (peso), M_u e M_e sono le quantità di moto delle masse che, nell'unità di tempo, entrano ed escono dalle sezioni di controllo. Gli addendi dell'uguaglianza sono funzioni della profondità della corrente, che quindi si può ricavare dalla soluzione dell'equazione implicita.

Verifiche locali

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente nelle condizioni critiche in ciascuna delle sezioni di interesse.

Poiché le sezioni esaminate sono risultate prevalentemente di forma regolare, per semplicità di calcolo sono state assimilate a sezioni rettangolari equivalenti.

Sotto tali ipotesi è stata valutata la profondità critica Y_c [m] mediante la:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}}$$

dove Q [m^3/s] è la portata, b [m] la larghezza della sezione, g [m^2/s] l'accelerazione di gravità.

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Vista la natura torrentizia degli alvei in studio, tale scelta risulta cautelativa in quanto la corrente indisturbata presenta nella maggior parte dei casi le caratteristiche di corrente veloce.

Il calcolo è stato eseguito mediante l'utilizzo della formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L^2}}$$

dove K è un fattore di forma delle pile, b_m [m] è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

3.3.3.3 Risultati

① T. Petronio - Loc. Riva Trigoso - Ponte comunale

Al fine di determinare l'esposizione al rischio dell'abitato di Riva Trigoso (frazione del Comune di Sestri Levante) è stato valutato il deflusso nel tratto compreso tra la foce ed una sezione situata circa 130 m a monte del ponte comunale (sez. PE01-PE07). Da una prima analisi, basata sia sulla morfologia dell'alveo che sulla ricerca storica degli eventi alluvionali operata, si è notato che la zona risulta critica per diverse cause, tra cui le principali sono la vicinanza con la foce del torrente, la presenza delle pile in alveo del ponte comunale e l'insufficiente altezza delle difese spondali.

Si noti che un'eventuale esondazione del tratto causerebbe l'allagamento di gran parte dell'abitato di Riva Trigoso, con gravi conseguenze.

Le verifiche sono state condotte, con le modalità riferite nel paragrafo precedente, per i tre valori di portata, con periodo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a 601 m^3/s , 734 m^3/s e 821 m^3/s .

Dai calcoli si evince che il tratto in esame non riesce a smaltire la portata cinquantennale, che risulta essere inoltre la portata minima esondante.

In particolare, le verifiche sono state svolte imponendo come condizione al contorno la profondità critica allo sbocco in corrispondenza della barra litoranea, considerata asportata parzialmente (ipotesi a favore di sicurezza) ed integrando l'equazione dei profili di rigurgito verso monte.

Si è potuto constatare che l'esondazione della portata avviene in sponda sinistra a causa dell'innalzamento del pelo libero dovuto all'ostruzione parziale delle pile del ponte comunale. Si noti che, in assenza delle pile stesse, la portata minima esondante diverrebbe quella centennale (pari a $668 \text{ m}^3/\text{s}$). Un intervento che preveda, oltre che la demolizione del ponte attuale e la ricostruzione di un attraversamento a campata unica, l'allargamento dell'alveo in sponda sinistra di 10 m ridurrebbe ulteriormente la pericolosità di esondazione da 100 a 200 anni.

È necessario notare, infine, che l'intervento proposto prevede che si realizzi un livello del pelo libero, all'interno dell'alveo, superiore, in alcuni punti, alla quota del terreno a tergo degli argini. Ciò rende indispensabile costruire delle congrue arginature ed un nuovo sistema di smaltimento delle acque bianche con collettori principali che scarichino direttamente in mare, onde evitare allagamenti dovuti ad eventi idrologici.

In Allegato 4 sono riportate la planimetria, il profilo e le sezioni idrauliche.

② T. Petronio - Riva Trigoso - Loc. Pian del Fiume

Il torrente Petronio, circa 400 m a valle del Ponte Ferroviario, presenta una curva verso sinistra molto pronunciata, unitamente ad un restringimento della larghezza media dell'alveo che passa da circa 40 a meno di 20 m. Inoltre, in corrispondenza di tale restringimento, è situato un antico ponte ad arco in muratura, le cui spalle possono dar luogo ad interferenza con la portata di piena. Subito a monte della curva, esiste una briglia in c.a. avente un'altezza del paramento pari a circa 4.2 m.

L'analisi in condizioni di moto permanente è stata applicata al tratto a cavallo della suddetta briglia (sez. PE08-PE15), individuando nel complesso 8 sezioni idrauliche.

È stato ipotizzato un moto subcritico, imponendo come condizione al contorno la profondità di moto uniforme a valle.

Le verifiche sono state eseguite per i tre valori di portata, con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a $601 \text{ m}^3/\text{s}$, $734 \text{ m}^3/\text{s}$ e $821 \text{ m}^3/\text{s}$.

I risultati hanno evidenziato che la portata minima esondante è pari a quella cinquantennale e l'esondazione avviene a monte della briglia. La causa dell'esondazione è dovuta alle insufficienti dimensioni dell'alveo, che, in corrispondenza della diminuzione della pendenza del fondo, immediatamente a monte della briglia, non consentono lo smaltimento in sicurezza della portata.

È stata inoltre valutata la differenza del livello del pelo libero tra il lato interno ed il lato esterno della curva, che risulta, per la portata di $601 \text{ m}^3/\text{s}$, essere pari a circa 50 cm, con una sopraelevazione massima sul livello medio del pelo libero pari a 25 cm, valore pressoché trascurabile.

Si noti che la casa-argine situata in sponda sinistra nel tratto compreso tra la briglia ed il ponte ad arco è soggetta ad inondazioni da parte di portate aventi periodo di ritorno anche inferiore

ai 50 anni. L'edificio non causa l'esondazione, anzi contribuisce a contenere la portata all'interno dell'alveo.

Risultando l'evento decisamente pericoloso per l'incolumità degli occupanti, si ritiene opportuno sopraelevare gli argini a difesa dell'abitazione e stabilire precisi vincoli all'uso della stessa, specie nel piano inferiore, ad alto rischio di allagamenti.

L'innalzamento di tale argine non peggiorerebbe il deflusso idraulico, in quanto anche allo stato attuale la sezione è limitata dalla topografia naturale dei luoghi.

③ T. Petronio - Loc. Riva Trigoso - Ponti FF.SS. e Aurelia

L'analisi della morfologia dell'alveo e la ricerca storica degli eventi alluvionali hanno portato ad individuare il tratto dell'alveo a cavallo del ponte ferroviario e della S.S. n° 1 Aurelia (sez. PE16-PE24) come una zona sicuramente critica per il deflusso di piena. La maggiore criticità della zona è costituita dalla presenza in alveo delle pile del Ponte Stradale e, pochi metri a valle sullo stesso allineamento, del ponte ferroviario.

Le verifiche sono state eseguite per i tre valori di portata, con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a 598 m³/s, 730 m³/s e 817 m³/s.

Dai calcoli si evince che anche la portata cinquantennale non riesce a transitare all'interno dell'alveo, a causa dell'innalzamento causato dalla presenza delle pile: con tale portata l'impalcato della Via Aurelia viene raggiunto dal livello idrico.

La portata minima esondante è pari a 370 m³/s, che corrisponde ad un tempo di ritorno di soli 5 anni. Si noti che per tale portata né la sede stradale, né tantomeno la sede ferroviaria, vengono interessate dall'esondazione, mentre particolarmente colpite sono la zona in sponda destra a monte ed a valle della strada.

In particolare, nella zona in sponda destra a monte dei due ponti interessata dall'esondazione, sono presenti tre edifici adibiti a civile abitazione di recente costruzione e di notevoli dimensioni, sviluppati in elevazione su 5 piani. Questo fatto rende estremamente vulnerabile l'area, fatto che, unito alla pericolosità idraulica del sito, la pone sicuramente tra le aree sottoposte a maggior rischio idraulico di tutto il bacino in esame. Si noti però che le velocità di scorrimento della corrente esondante, con esclusione della fascia immediatamente adiacente al corso d'acqua, sono decisamente basse a causa dell'estensione della superficie interessata.

La pericolosità idraulica della zona è evidenziata dal fatto che essa è l'unica area inondata dal torrente Petronio riportata sulla mappatura in possesso della Regione Liguria.

Si ritiene opportuno suggerire l'innalzamento della quota dell'intradosso del ponte stradale, mediante la nuova realizzazione dello stesso in calcestruzzo armato: ciò consentirebbe di aumentare la luce utile al deflusso, migliorando sensibilmente le condizioni dell'area e minimizzando il rischio idraulico.

Tale intervento, seppur di costo elevato, consentirebbe di eliminare la sezione più critica dell'intero alveo per il deflusso delle portate di piena: il passaggio della rete viaria e ferroviaria rende l'area ad alto rischio in caso di crisi dell'alveo, in quanto potrebbe generare gravi pericoli al notevole traffico transitante.

Inoltre si può eventualmente prevedere un parziale allargamento dell'alveo in sponda destra a valle dei due ponti, in modo da regolarizzare l'alveo in larghezza e ridurre l'effetto imbuto che contribuisce a generare le critiche condizioni di deflusso nelle sezioni interessate dalle strutture dei due ponti stessi.

④ T. Petronio - Loc. Sara - Ponte stradale

L'analisi degli eventi storici di esondazione ha portato a definire, in prima fase, la località Sara come una delle zone a rischio di esondazione. È stata quindi eseguita la verifica in moto permanente di un congruo tratto situato a cavallo del ponte che congiunge la località Sara con l'agglomerato in sponda sinistra (sez. PE25-PE29).

Le portate di calcolo, con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni, sono rispettivamente $598 \text{ m}^3/\text{s}$, $730 \text{ m}^3/\text{s}$ e $817 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le verifiche hanno evidenziato che la portata minima esondante risulta essere pari a $664 \text{ m}^3/\text{s}$, cui è associabile un periodo di ritorno pari a 100 anni.

Ciò rende soggetta ad inondazione un'ampia area edificata situata in sponda destra. Si noti però che, essendo la zona pianeggiante soggetta ad inondazione molto ampia, le velocità della corrente esondante ed i tiranti idrici non raggiungono valori elevati, diminuendo così lievemente il livello di rischio dell'area, che risulta comunque decisamente elevato, soprattutto in base al grado di vulnerabilità della zona.

⑤ T. Petronio - Casarza Ligure - Loc. Francolano

Le verifiche sono state svolte tra le sezioni corrispondenti alle gavete delle due briglie a monte e a valle dell'area (sez. PE30-PE40), sulle quali si genera la transizione attraverso lo stato critico, utilizzate come condizioni al contorno per l'integrazione dell'equazione dei profili di rigurgito.

Si sono assunte le portate, con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a $598 \text{ m}^3/\text{s}$, $730 \text{ m}^3/\text{s}$ e $817 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il calcolo ha evidenziato come, con esclusione delle sezioni corrispondenti alle briglie, il deflusso avvenga principalmente in condizioni subcritiche, tuttavia presentando numerosi passaggi dalla corrente lenta alla veloce, testimonianza di una pendenza media prossima alla critica.

I franchi di sicurezza rispetto alla sommità degli argini sono generalmente superiori a 50 cm.

Tali risultati indicano che il tratto considerato del Torrente Petronio consente un deflusso in sicurezza per tutte le portate.

La strada in sponda destra ricade per buona parte in area demaniale: per essa è prevista una sistemazione ad uso dei nuovi fabbricati commerciali e residenziali in fase di realizzazione.

Si propone di proteggerla mediante la realizzazione di una scogliera d'argine: tale proposta non deriva da pericoli di esondazione del torrente Petronio, ma dalla necessità di definire con chiarezza il confine demaniale lungo la sponda destra, al fine di preservare l'area da interventi in alveo.

⑥ T. Petronio - Casarza Ligure - Loc. Vallescura

Le verifiche idrauliche hanno riguardato il tratto compreso tra le due briglie immediatamente a monte della confluenza con il rio Nuovo (sez. PE40-PE43).

Le condizioni attuali dell'alveo sono scadenti dal punto di vista idraulico, idrogeologico e dell'assetto vegetazionale. In particolare, manca una struttura stabile di arginatura, che

consenta di contenere le portate di piena all'interno dell'alveo inciso, preservando le aree in sponda destra e sinistra.

Da recenti sopralluoghi effettuati, è emerso che la briglia posta in corrispondenza della sezione PE43 è completamente interrata a monte ed a valle, pertanto svolge solo la funzione di stabilizzazione del fondo, senza influenzare il regime idraulico.

Le verifiche sono state eseguite con le portate con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a $598 \text{ m}^3/\text{s}$, $730 \text{ m}^3/\text{s}$ e $817 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nel tratto in esame, il deflusso della corrente avviene in condizioni subcritiche, a causa del rigurgito che si crea verso monte, a partire dalla briglia della sezione PE40.

La portata con Tr 50 anni genera allagamenti in sponda sinistra e destra, limitati alle porzioni aderenti all'alveo.

La portata con Tr 200 anni causa allagamenti in sponda sinistra e destra, interessando un'area più vasta, che si sviluppa sempre parallelamente all'alveo.

⑦ T. Petronio - Casarza Ligure - Confluenza coi Rii Cacarello e Vallegrande

All'interno del nucleo urbano di Casarza Ligure è stato analizzato il tratto del T. Petronio, compreso tra le sezioni PE44 e PE56, in corrispondenza delle due successive confluenze con il Rio Vallegrande (affluente di sinistra) e con il Rio Cacarello (affluente di destra).

A valle di tali confluenze sono presenti due ponti con pile in alveo, la presenza delle quali restringe la sezione utile di deflusso.

La verifica è stata condotta ipotizzando le seguenti portate di calcolo:

	Q (Tr=50)	Q (Tr=200)	Q (Tr=500)
T. Petronio (valle)	$598 \text{ m}^3/\text{s}$	$730 \text{ m}^3/\text{s}$	$817 \text{ m}^3/\text{s}$
Rio Cacarello	$103 \text{ m}^3/\text{s}$	$127 \text{ m}^3/\text{s}$	$143 \text{ m}^3/\text{s}$
Rio Vallegrande	$50 \text{ m}^3/\text{s}$	$62 \text{ m}^3/\text{s}$	$70 \text{ m}^3/\text{s}$

L'analisi è stata condotta ipotizzando la profondità critica nella sezione di valle del torrente Petronio: seguendo il profilo idraulico nel suo sviluppo verso monte, si ha una corrente lenta.

Il restringimento provocato dalla geometria dell'alveo e dalle pile del ponte stesso crea le condizioni di transizione del moto e genera una sopraelevazione del livello idrico a monte.

Tale perturbazione, per la portata cinquantennale, non provoca esondazioni e non modifica in maniera significativa le condizioni di deflusso, che avverrebbe in corrente lenta anche nell'ipotesi di assenza del ponte.

La minima portata esondante è quella duecentennale, che genera un rigurgito tale da creare allagamenti in una piccola area in sponda sinistra del Petronio, depressa rispetto alla sponda destra.

La portata cinquecentennale provoca l'allagamento di un'area più ampia in sponda sinistra, ove è presente una piana urbanizzata a quota depressa rispetto al ponte, interessando anche un tratto a valle del ponte stesso sia in sponda sinistra sia in destra, e crea pericoli per l'attraversamento in sicurezza del ponte stesso.

Il profilo di corrente lenta si propaga fino al secondo ponte: anche questo restringimento genera una sopraelevazione del livello idrico, causando il rigurgito della corrente nei tratti terminali dei due affluenti Cacarello e Vallegrande.

Il deflusso del rio Cacarello (sez. CA01-CA08) viene governato dal livello idrico imposto da valle: il franco al di sotto della copertura è insufficiente per il deflusso in condizioni di sicurezza già con la portata cinquantennale. Inoltre le condizioni dell'alveo nel tratto tombinato generano una corrente di moto uniforme con valori molto prossimi alla profondità critica: ciò rende la corrente soggetta ad improvvisi innalzamenti anche in presenza di modeste perturbazioni delle condizioni di deflusso, con il conseguente funzionamento in pressione del tratto tombinato e la creazione di notevoli battenti idrici all'imbocco della copertura.

Il deflusso nel rio Vallegrande viene influenzato dal torrente Petronio, senza peraltro generare situazioni di rischio idraulico significativo, solo fino alla briglia della sezione VA03, a monte della quale il moto è uniforme in corrente veloce. Il tratto terminale del Vallegrande è comunque soggetto a periodiche esondazioni, a causa della conformazione precaria dell'alveo.

Dalle considerazioni suesposte, si rende opportuno il rifacimento della copertura del rio Cacarello fino ad una quota almeno pari a quella della strada, in modo da realizzare sezioni di deflusso compatibili con le portate che devono essere smaltite e ridurre di conseguenza il rischio al quale è soggetta l'area nelle attuali condizioni.

Sul rio Vallegrande è stato ultimato di recente un intervento di sistemazione del tratto finale, con rifacimento di una passerella e rinforzo delle difese arginali.

⑧ T. Petronio - Loc. Pian Tangoni di Bergamin

L'alveo del torrente Petronio, nel tratto in esame (sez. PE57-PE70), è stato oggetto negli anni '80 di un intervento di allargamento della sezione di deflusso: a testimonianza visibile di tale allargamento, sono presenti numerose briglie che si interrompono all'interno dell'alveo, mentre le nuove briglie realizzate coprono tutta la nuova sezione.

Le verifiche hanno riguardato un tratto di corso d'acqua a cavallo del ponte di accesso a Villa Ricci, avente 3 pile in alveo, dopo l'aggiunta, nell'ambito del progetto sopra citato, di una campata alla struttura originale.

Il ponte permette l'accessibilità agli abitanti delle poche case in sponda sinistra, per lo più villette con terreno adiacente.

Le pile del ponte provocano un restringimento dell'alveo, che passa da 40 m a 33.85 m, mentre la luce netta di passaggio compresa tra il fondo alveo e l'intradosso del ponte è in media pari a 3.20 m. La pendenza media dell'alveo nel tratto è pari all'1.90 %.

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con le portate, aventi periodo di ritorno 50, 200 e 500 anni, rispettivamente pari a $536 \text{ m}^3/\text{s}$, $654 \text{ m}^3/\text{s}$ e $732 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il restringimento, anche con portate cinquantennali, provoca il raggiungimento a monte di una quota del pelo libero superiore a quella dell'intradosso del ponte. Il deflusso avviene parzialmente al di sotto dell'impalcato con il comportamento tipico delle *luci a battente* mentre al di sopra si hanno condizioni di *stramazzo in parete grossa*.

Tale comportamento provoca l'allagamento delle aree in sponda destra, protette da argini in scogliera che hanno una quota massima inferiore a quella del ponte; in sponda sinistra l'abitazione adiacente al ponte è protetta, a monte dell'impalcato, da un muro di altezza sufficiente ad impedire l'allagamento delle aree, mentre la strada sterrata di collegamento alle

abitazioni in sponda sinistra può convogliare parte delle acque nella strada stessa, delimitata ai lati da due muretti di altezza pari a circa 1 m.

Le aree a maggior rischio sono, pertanto, le superfici agricole situate in sponda destra del torrente, dalla zona immediatamente a monte del ponte fino a circa 200 m a valle dello stesso; in tali aree sono possibili fenomeni di esondazione, con caratteristiche di espansione della portata simili ad *allagamenti*, con battenti limitati e velocità ridotte, e successivo ritorno in alveo della portata stessa più a valle.

La zona di Pian Tangoni è stato oggetto di studio nell'ambito dei lavori compresi nel *Patto Territoriale Tigullio - Fontanabuona* relativi alla realizzazione di un ponte carrabile sul torrente Petronio in sostituzione dell'esistente passerella metallica e al completamento funzionale della viabilità tra via Tangoni e via Ricci, al fine di migliorare il collegamento con le aree ubicate in sponda sinistra di prossima espansione a carattere industriale (vedi CdS n.211).

Con riferimento al rilievo di 10 sezioni d'alveo desunto dalla relazione idraulica datata maggio 2000 in possesso dell'Amministrazione Provinciale, sono state condotte le verifiche idrauliche dello stato attuale per i tre tempi di ritorno considerati. E' stato ipotizzato un moto subcritico, imponendo come condizione al contorno la profondità critica a valle.

Le verifiche hanno evidenziato la possibilità di esondazione su entrambe le sponde nelle sezioni di monte per portate pari e superiori alla duecentennale.

⑨ T. Petronio - Confluenza col torrente Bargonasco

Le verifiche idrauliche hanno riguardato un tratto di corso d'acqua a cavallo della confluenza col torrente Bargonasco, che è stato oggetto negli anni '80 di un intervento di allargamento della sezione di deflusso a cura della Comunità Montana Val Petronio (sez. PE71-PE86).

Le sezioni sono state tratte dal suddetto *Progetto generale di sistemazione idraulica del torrente Petronio nel tratto compreso tra la confluenza col torrente Bargonasco ed il ponte della S.S. n.523, in Comune di Casarza Ligure*, realizzato per lotti successivi.

Le verifiche sono state condotte in condizioni di moto permanente per i tre valori di portata 50, 200 e 500-ennale, rispettivamente pari a 536 m³/s, 654 m³/s e 732 m³/s.

Il coefficiente di Manning adottato, data la natura dell'alveo, è pari a $n=0.028$.

Dai calcoli il tratto risulta inondabile per portate pari o di poco superiori alla duecentennale.

⑩ T. Petronio - Loc. Battilana - Confluenza col rio Gavotino

Nell'area di localizzazione della confluenza del torrente Petronio col rio Gavotino è stato ultimato un progetto di sistemazione idraulico-forestale ed idrogeologica.

Nell'ambito del progetto sono stati effettuati i seguenti interventi:

- allargamento delle sezioni di deflusso, nel tratto compreso tra le sezioni PE90 e PE95, mediante eliminazione della porzione di terreno in sponda destra;
- realizzazione di nuova arginatura in sponda destra nel tratto suddetto, costituita da scogliera in massi naturali del peso compreso tra 3 e 5 tonnellate a completamento dei due tratti esistenti a monte ed a valle dell'area di intervento;

- adeguamento della sezione della briglia-guado (PE89) mediante abbassamento della stessa e potenziamento dei tubi per il deflusso delle portate minime e medie;
- risagomatura delle sezioni di deflusso e formazione di alveo di minima;
- taglio raso della vegetazione in alveo e taglio selettivo della vegetazione ripariale.

Le verifiche idrauliche, nel tratto compreso tra le sezioni PE87 e PE97, sono state condotte in moto permanente con i seguenti valori di portata:

	Q (Tr=50)	Q (Tr=200)	Q (Tr=500)
T. Petronio (valle)	403 m ³ /s	493 m ³ /s	553 m ³ /s
T. Petronio (monte)	362 m ³ /s	446 m ³ /s	500 m ³ /s
Rio Gavotino	41 m ³ /s	47 m ³ /s	53 m ³ /s

Il progetto ha consentito di mettere in sicurezza l'area in sponda destra nei pressi della confluenza, che nelle condizioni precedenti era ad elevato rischio di inondabilità. Si fa presente, tuttavia, che le condizioni di rischio dell'area sono state valutate per un utilizzo prevalentemente agricolo delle stesse, pertanto nell'eventualità di usi del territorio di diverso tipo, specie con previsioni di maggiori pressioni antropiche, è da valutare la necessità di migliorare ulteriormente le difese in sponda destra.

Ex ponte SS 523 in loc. Battilana

E' stato analizzato il deflusso del torrente Petronio al di sotto dell'ex ponte della SS 523 in località Battilana, attualmente in disuso, essendo stato sostituito da un nuovo ponte in c.a. a campata unica.

Di seguito viene riportata l'analisi idraulica del deflusso al di sotto del ponte e la valutazione degli effetti del restringimento dell'alveo causato dalla presenza della pila del ponte stesso.

La larghezza della sezione indisturbata è pari a 28 m; la pendenza dell'alveo è pari all'1% e la luce libera massima al di sotto delle arcate è pari a 7.2 m.

Allo stato attuale l'arcata sinistra risulta libera da ostruzioni, mentre l'arcata destra è parzialmente occupata da deposito di materiale detritico, che ne limita la luce a circa 3.7 m.

La profondità di deflusso nella sezione indisturbata è pari a 2.66 m.

Il rapporto di restringimento, per effetto della pila del ponte, è pari a 0.93 e provoca la transizione attraverso lo stato critico.

La profondità di monte necessaria affinché il torrente attraversi tale restringimento, valutata attraverso la formula di Marchi, è pari a:

	Q (m ³ /s)	Yl (m)
Tr=50	362	3.43
Tr=200	446	3.94
Tr=500	500	4.25

Tali profondità risultano pertanto inferiori rispetto alla luce libera media delle arcate.

La portata massima transitabile al di sotto del ponte a pelo libero risulta pari a 645 m³/s, quella in pressione 474 m³/s.

Si ritiene, pertanto, che il deflusso al di sotto del ponte avvenga in condizioni di sicurezza, senza generare pericoli di esondazione della corrente: tuttavia si suggerisce l'opportunità di una rimozione dello stesso, in quanto si presenta come un ostacolo al deflusso, senza che abbia una propria funzionalità infrastrutturale.

Rio Nuovo

Il tratto del Rio Nuovo interessato dalla verifica idraulica, evidenziato nell'allegata corografia in scala 1:5.000, è ubicato a circa 300 m dalla confluenza nel torrente Petronio, in località Valle Scura del Comune di Casarza Ligure (sez. NU02-NU09).

Il rilievo delle sezioni è stato desunto da una Pratica per il rilascio di nulla-osta idraulico, relativo alla realizzazione di opere di difesa spondale in fregio al rio, in possesso dell'Amministrazione Provinciale (vedi NO133/95).

Il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo piuttosto regolare, con sezioni di forma approssimativamente trapezia, ed ha un andamento planimetrico pressoché rettilineo, con ampie curvature, con direzione SE-NO.

La pendenza media dell'alveo, considerata su una lunghezza di circa 130 m, risulta dello 0.016. Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza, si è ritenuto di adottare un valore di Manning pari a 0.033.

Il bacino sotteso dalla sezione di chiusura ha una superficie di circa Km² 0.9 e si presenta come una valle con discreto pendio, con aree agricole e boschive ricche di vegetazione e terreni stabilizzati.

Le portate assunte nel calcolo, ricavate col metodo CIMA per piccoli bacini, per i tre tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, sono pari rispettivamente a 30 m³/s, 43 m³/s e 52 m³/s.

Il Rio Nuovo presenta un'arginatura in sponda destra che si estende, a partire dalla confluenza con il Petronio fino al termine delle aree occupate da insediamenti produttivi.

Nel tratto in esame, a monte di quello arginato, la quota dell'alveo è prossima a quella della piana in sponda destra e la sezione ridotta risulta insufficiente a contenere la portata cinquantennale, che pertanto si espande nella piana allagando le aree limitrofe al torrente, con battenti d'acqua molto limitati data l'esigua superficie drenata dal bacino.

E' stata inoltre verificata puntualmente la sezione di imbocco della tombinatura a valle.

Rio Cacarello

Le verifiche idrauliche, relative a due tratti del corso d'acqua, sono state condotte in condizioni di moto permanente per i tre valori di portata 50, 200 e 500-ennale, rispettivamente pari a 103 m³/s, 127 m³/s e 143 m³/s.

Il coefficiente di Manning adottato, data la natura dell'alveo, è pari a n=0.033.

La parte terminale del torrente a monte della copertura (sez. CA08-CA15), già oggetto di *interventi di manutenzione idraulico-forestale* da parte della *Comunità Montana Val Petronio*, dal cui Progetto si è tratto il rilievo delle sezioni (vedi NO00409), non è risultata esente da criticità idrauliche (franchi insufficienti rispetto agli argini e sotto passerelle esistenti). L'alveo si presenta con sezioni rettangolari e/o trapezoidali parzialmente ostruite in più punti da accumuli di materiale lapideo e folta vegetazione, per cui necessita di periodiche operazioni di pulizia.

Nel tratto a monte, compreso tra le sezioni CA16 e CA26, i calcoli idraulici, eseguiti sulla base di un rilievo effettuato per l'ottenimento di una *concessione idraulica per l'allargamento di un ponticello esistente* (vedi CI04643), dimostrano che il deflusso della portata di piena 50-ennale nel rio Cacarello avviene con esondazioni di sponda, soprattutto a causa della presenza di alcuni ponticelli.

Sono state condotte, inoltre, verifiche puntuali in corrispondenza di singoli manufatti idraulici, per conoscere la vulnerabilità attuale di alcune zone a monte, mappate dalla DGR n. 2615.

Rio Vallegrande

Le verifiche idrauliche in moto permanente hanno interessato un tratto del rio Vallegrande, compreso tra il ponte di via S. Lazzaro e la briglia a monte della confluenza nel torrente Petronio (sez. VA03-VA08), dello sviluppo di circa 150 m. Le sezioni di calcolo sono state ricavate da un rilievo effettuato per l'ottenimento del *nulla osta per il ripristino del muro in sponda sinistra del tratto terminale del rio Vallegrande* (vedi NO 119/95).

Le portate per i tre tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni risultano rispettivamente pari a 50 m³/s, 62 m³/s e 70 m³/s. Si è adottato un coefficiente di scabrezza medio di Manning pari a 0.033.

La conformazione dell'alveo risulta piuttosto irregolare a causa di restringimenti, salti e variazioni delle pendenze del fondo.

I profili di rigurgito per i periodi di ritorno considerati sono superiori alla quota degli argini esistenti.

E' stata condotta, inoltre, una verifica puntuale in corrispondenza di un ponticello a monte (sez. VA09), la cui sezione di deflusso risulta insufficiente per tutte le portate.

Torrente Bargonasco

Le verifiche idrauliche hanno riguardato due tratti del torrente Bargonasco di circa 400 m., a valle e a monte della Statale n. 523, per un totale di 19 sezioni.

Il primo tratto, subito a monte della confluenza col torrente Petronio, è costituito da 3 sezioni tratte dal *Progetto dei lavori di sistemazione idraulica del torrente Bargonasco in Comune di Casarza Ligure*, a cura della Comunità Montana Val Petronio.

Il rilievo del tratto a monte, comprendente un ponte e due briglie, è stato desunto da una pratica in possesso dell'Amministrazione Provinciale redatta nel giugno 1999 dalla FILSE S.p.A. per conto del Comune di Casarza nell'ambito del *Programma operativo Resider II - Azione A - Recupero siti per risanamento ambientale e paesaggistico* (vedi NO00504).

Le sezioni si presentano di forma regolare in discrete condizioni. Il tronco compreso tra il salto di fondo alto 1.5 m e la sezione a valle del ponte risulta inoltre plateato mediante soletta in c.a. A tal proposito si è considerato quale valore di scabrezza $n=0.030$ per ogni sezione ad esclusione di BA10, BA11 e BA12 per cui vale $n=0.025$.

Le verifiche sono state condotte in condizioni di moto permanente per i tre valori di portata 50, 200 e 500-ennale, rispettivamente pari a 242 m³/s, 295 m³/s e 330 m³/s.

Dall'analisi dei risultati ottenuti si evince quanto segue:

- Il tratto compreso tra le sezioni BA01 e BA03 permette il deflusso della portata 200-ennale entro gli argini del torrente.

- Il tratto a monte, già oggetto di intervento per la sistemazione della strada che dalla Statale n. 523 conduce alla zona industriale in sponda sinistra, risulta insufficiente per lo smaltimento di tutte le portate di piena.

Loc. Casali: Confluenza T. Petronio - Rio Frascarese

Sono state condotte, infine, alcune verifiche puntuali in corrispondenza di manufatti idraulici in località Casali, nella zona di confluenza del torrente Petronio col rio Frascarese, per valutare la vulnerabilità attuale delle aree perimetrate ai sensi della DGR n. 2615. Dai calcoli emerge la possibilità di locali esondazioni per portate superiori alla 50-ennale.

Per i dettagli si rimanda alla Carta delle tracce delle sezioni idrauliche in scala 1:5000, alle schede di verifica contenute in Allegato 4 e alla Carta delle fasce di inondabilità.

3.3.4 Mappatura delle aree inondabili

Per mappatura delle aree inondabili si intende la determinazione dell'estensione planimetrica delle aree che, in caso di esondazione, possono essere interessate da tale evento e la stima del periodo di ritorno con cui tali aree vengono presumibilmente colpite.

La mappatura delle aree inondabili, secondo il documento ISMES "Studio di fattibilità tecnico-economica per un progetto di intervento generale finalizzato alla prevenzione e gestione delle emergenze connesse alle calamità idrogeologiche" (realizzato dalla ISMES S.p.A. per conto del Dipartimento della Protezione Civile) e secondo i più recenti orientamenti delle Autorità di Bacino, è la concretizzazione della valutazione del rischio idraulico a cui soggiace un certo territorio.

La carta contenente la mappatura delle aree inondabili deve tenere conto dello stato attuale, o presumibile futuro, della rete idrografica; inoltre la rappresentazione degli eventi di piena deve essere correlata dalla loro stimabile probabilità di accadimento.

Partendo quindi dalle verifiche delle sezioni critiche, effettuate in moto permanente, si sono valutati, in caso di crisi della sezione, i tiranti idraulici esondanti correlabili al volume di acqua che, non potendo transitare all'interno dell'alveo, ne fuoriesce ed invade le aree circostanti ed la rete urbana.

L'analisi planimetrica delle aree inondabili è stata realizzata tramite studio topografico delle zone interessate dall'esondazione, ricavando, con una certa approssimazione, la dinamica della portata esondante ed i suoi effetti.

Essendo le portate di calcolo contrassegnate da un certo periodo di ritorno, si sono valutate le aree soggette ad inondazione per effetto della specifica portata, ottenendo quindi la mappatura delle aree inondabili associata ai diversi periodi di ritorno, ovvero alle diverse frequenze.

Sulla base di tale determinazione, secondo i criteri dell'Autorità di bacino regionale, è stata prodotta in scala 1:5000 la Carta delle fasce di inondabilità, sulla quale si sono adottati i seguenti tematismi:

- con il colore azzurro si è indicato l'alveo di piena;
- in rosso è stata rappresentata la Fascia A, costituita dalle aree inondabili con periodo di ritorno inferiore a 50 anni, ovvero dalle aree che sono soggette ad evento alluvionale con alta frequenza;
- in arancione la Fascia B, comprendente le aree inondabili con periodo di ritorno superiore a 50 anni ed inferiore a 200;
- in verde chiaro la Fascia C, costituita dalle aree inondabili con periodo di ritorno pari a 500 anni;
- in verde scuro le aree, esterne alle precedenti, soggette ad evento di tipo idrologico.

Le fasce A, B e C corrispondono direttamente alle aree inondabili determinate attraverso il calcolo idraulico. Le aree allagabili sono state indicate sulla carta delle fasce d'inondabilità con una diversa simbologia, poiché non legate direttamente all'inondazione da parte del Petronio, ma all'insufficienza della rete di smaltimento delle acque superficiali.

La rete bianca nelle zone adiacenti l'alveo, infatti, risulta molto spesso sottodimensionata, e, in concomitanza della piena del T. Petronio, non riesce a smaltire neanche portate modeste, provocando l'allagamento di vaste aree. Tale fenomeno è particolarmente evidente, procedendo da valle verso monte, per l'abitato di Riva Trigoso (nel tratto compreso tra il torrente e Via Genova in sponda sinistra e le vie Vattuone, Caboto e Balbi in destra), per la località Sara in Comune di Sestri Levante, per la località Francolano (situata in sponda destra a valle di Casarza Ligure), per le località Case Nuove, Pian Tangoni di Bergamin e Battilana.

Il metodo utilizzato non ne permette la definizione in maniera precisa, tuttavia è possibile fornire qualitativamente i tiranti idrici nella zona inondata a partire dai profili del pelo libero determinato con il calcolo idraulico.

I tiranti, riportati nelle Carte dei tiranti idrici per aree inondabili a T=50anni e T=200anni, 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	$t > 1$

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.

Dall'analisi della Carta delle fasce di inondabilità emerge che le aree inondabili con periodo di ritorno inferiore a 50 anni, interessano essenzialmente l'abitato di Riva Trigoso a monte del Ponte Comunale e nei pressi del Ponte Romano, la zona a monte dei Ponti della SS Aurelia e della ferrovia Genova-Pisa., la località Sara, la zona di confluenza col rio Nuovo, la località Pian Tangoni.

Si evidenzia come, nel corso degli anni, le opere di regimazione idraulica realizzate lungo il corso del T. Petronio abbiano contribuito a ridurre il rischio di esondazione: tuttavia l'incremento delle aree urbanizzate ha creato nuove situazioni di rischio, come risulta dalle ulteriori verifiche idrauliche riportate.

3.4 Principali criticità del bacino

Le situazioni di maggiore criticità possono essere così riassunte:

Criticità idrauliche

T. Petronio

- Tratto a monte del ponte comunale (sez. PE03) in loc. Riva Trigoso;
- Tratto a cavallo della briglia (sez. PE14) con casa argine in sponda sinistra;
- Tratto a cavallo del ponte dell'Aurelia (sez. PE20) in loc. Lavagnina;
- Ponte carrabile con due pile in alveo in loc. Sara (sez. PE27);
- Tratto a monte della briglia (sez. PE40) all'altezza della confluenza col rio Nuovo;
- Zona di confluenza con rii Cacarello e Vallegrande in loc. Casarza;
- Ponte di accesso a Villa Ricci in loc. Pian Tangoni (sez. PE68);
- Zona di confluenza col rio Gavotino in loc. Battilana;
- Tratto a monte della confluenza col rio Frascarese.

Affluenti

- Rio Nuovo - Tratto a monte della confluenza col torrente Petronio;
- Rio Cacarello - Tombinatura, attraversamenti pedonali e carrabili lungo via Barletta;
- Rio Vallegrande - Tratto a monte della confluenza col torrente Petronio;
- T. Bargonasco - Tratto a monte della Statale n. 523, in zona industriale;
- Rio Gavotino - Zona di confluenza col torrente Petronio;
- Rio Frascarese - Tratto terminale in loc. Casali.

Criticità geomorfologiche

Frane di Campegli

La zona franosa di Campegli è nota almeno dal 1986 ed è stata parzialmente controllata attraverso inclinometri in due fasi successive: prima dalla SNAM (Formigoni et al., 1986; Olcese et al., 1991); successivamente dalla Comunità Montana "Val.Petronio" (1999). Tali dati sono stati confrontati con quelli provenienti dallo studio propedeutico al presente Piano (Provincia di Genova, 1997), con la mappatura eseguita l'anno successivo dalla Comunità Montana "Val Petronio" (1998) e con quella eseguita dal comune di Castiglione Chiavarese (2001). La vasta documentazione esistente e i sopralluoghi eseguiti sul terreno fanno ritenere in riattivazione le frane circostanti l'abitato di Campegli. Per ciò che riguarda la perimetrazione della zona attiva, in merito all'osservazione del Comitato Tecnico Regionale, il presente piano fa riferimento al rilievo tecnico più dettagliato esistente (in accordo con le indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale): si tratta dello studio redatto per conto della Comunità Montana; esso conferma, tra l'altro i risultati ottenuti dalla SNAM. La parte non

attiva è comunque perimetrata come frana e ad essa fanno riferimento le norme relative alla pericolosità elevata.

Frana di Masso

La situazione attuale rivela un movimento complesso in cui lo scivolamento planare sembra essere il meccanismo prevalente; si tratta di una frana attiva molto estesa con sintomi estremamente evidenti (trincee, corone, scarpate) fra le cui cause non sono da escludersi le attività estrattive passate e recenti.

Frane di Bargone

Fenomeni di scivolamento, riattivati. L'abitato risulta a rischio R4. In loc. Bargone, sotto M.Tregin, esiste una ampia zona in erosione superficiale.

Frana di Verici inferiore

Movimento franoso che insiste sulla strada comunale

Campegli-Rio Frascarese

Una frana di crollo ha interessato un ramo in sponda destra del Rio Frascarese, con danni leggeri all'acquedotto e sbarramento parziale del corso d'acqua secondario.

Frana di Missano - Casa del Monte

L'area presenta lesioni significative su case e manufatti, e ulteriori danni possono essere provocati al nucleo rurale ed ai campi coltivati. Vi è stata una riattivazione nella stagione 2000-2001, il cui successivo intervento non sembra aver risolto il problema.

Frana di Conio

L'azione concomitante dell'erosione spondale e del ruscellamento superficiale, in zona caratterizzata dalle condizioni di abbandono delle aree boschive, ha causato fenomeni di dissesto quali lesioni sulle strade (comunale e pedonale) e nel nucleo abitato.

Frana di Cardini

Il movimento franoso, con caratteristiche di colamento (flusso lento), interessa un ampio settore modellato nelle coltri a componente prevalentemente argillosa, oggetto di impregnazione da parte di acque superficiali non regimate.

Frana di Velva

Il fenomeno di scivolamento detritico interessa marginalmente un tratto della SS. 523.

Frane di Novano

L'area è interessata da una frana complessa quiescente e da una serie di coronamenti attivi, suscettibili di aggravamento in caso di precipitazioni persistenti, a causa del ruscellamento superficiale e dell'impregnazione delle coltri; la pericolosità risulta alta e così anche il rischio per l'abitato e la strada interessati.

San Pietro Frascati

Si tratta di una frana di scivolamento che induce un pericolo alto; interessa il nucleo abitato e la strada statale n.523; dove il rischio risulta molto alto.

Lago di Bargone (o del Bocco)

Sono presenti alcuni fenomeni di dissesto in prossimità della zona umida

Cava di Battilana

E' ubicata sul versante sinistro del T.Petronio ed era adibita all'estrazione, prima dell'interruzione avvenuta nei primi anni 70, di materiale basaltico, la cui destinazione prevalente era inerte per calcestruzzi e conglomerati bituminosi, materiale per massicciate e scogliere, pietrisco e sabbia. Le modalità di coltivazione impiegate, per subissamento e con abbattimento per mezzo esplosivi, hanno reso la cava poco sicura.

Frane dell'abitato di Castiglione Chiavarese

Si tratta di una fascia franosa a monte della strada statale in cui i dissesti e le lesioni ai manufatti a tratti si concentrano. In occasione di eventi piovosi di intensità non eccezionale il sistema di regimazione delle acque fortemente lacunoso va in crisi aumentando il ruscellamento superficiale e influenzando negativamente sulla stabilità delle coperture detritiche sottili e potenti.

3.5 Considerazioni sul trasporto solido

Premesse le indeterminazioni da cui è naturalmente affetta l'analisi, in questo paragrafo viene presentata una valutazione dell'ordine di grandezza del trasporto solido nel bacino del Petronio, a carattere generale, sulla base delle conoscenze acquisite sul bacino stesso.

3.5.1 Valutazione del materiale movimentabile

Si espone, ai fini della valutazione del materiale solido trasportabile nel bacino, una sintesi della valutazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

La notevole quota del crinale destro determina condizioni di acclività media dei versanti sottostanti, in funzione dell'ampia superficie sottesa e della distanza dall'asta principale del T. Petronio; nel versante sinistro, a fronte di una quota media inferiore, si riscontrano valori di acclività generalmente più elevati. Tuttavia, in entrambi i versanti le condizioni di acclività risultano generalmente attestate su valori medi, solo localmente rappresentati da aree a forte pendenza, in corrispondenza di affioramenti rocciosi e di alvei in roccia incisi.

L'influenza della litologia sulla morfologia è evidente nell'ambito del bacino: si passa infatti da versanti acclivi, interessati da erosione e denudamento diffusi, nel dominio delle rocce ofiolitiche (serpentiniti - gabbri - basalti) oppure nelle arenarie del Gottero, tutte formazioni rigide e tenaci, prive di minerali argillosi, a versanti molto più dolci, modellati su formazioni a comportamento plastico, quali le argille a palombini, la formazione di Val Lavagna, le argilliti di Giaiette.

Le alluvioni interessanti l'alveo attuale sono depositi di entità minima, in quanto l'attività di trasporto dei corsi d'acqua determina mancanza di deposizione in concomitanza con locali frequenti fenomeni di erosione spondale.

Sono molto frequenti i corpi di frana quiescenti, o paleofrane, originatisi per collasso gravitativo di intere porzioni di versante, di potenza talvolta anche maggiore di 6 m, spesso a margine di direttrici di faglia "appenniniche" o delle faglie NS ed EW che interessano la serie ofiolitica del Bargonasco, con particolare riferimento a paleoaccumuli di serpentiniti, basalti e gabbri collassati.

La granulometria dei paleoaccumuli è alquanto variabile: la differente distribuzione granulometrica a grande scala nei corpi delle coltri potenti, con prevalenza di elementi di grandi dimensioni nelle parti superiori ed abbondanza di materiale più fine in quelle inferiori, è certamente dovuta, in gran parte, alla mobilitazione ed al trasporto ad opera delle acque di infiltrazione e di ruscellamento che, in concomitanza con l'azione della forza di gravità, hanno disgregato le zolle di dimensioni più grandi ed hanno trasportato le frazioni più fini, accumulandole verso il basso.

La maggior parte della rete idrografica presenta fenomeni di erosione concentrata di fondo nei settori caratterizzati da roccia affiorante o subaffiorante, indipendentemente dal grado dei segmenti fluviali, sempre in relazione alla velocità dei corsi d'acqua, data la condizione generale di ringiovanimento postquaternario della rete stessa. L'assenza di copertura vegetale-arborea sui versanti è inoltre la condizione a cui più frequentemente si accompagnano tali fenomeni.

Il fenomeno dell'erosione spondale è localizzato in poche aree lungo l'alveo del T.Petronio, laddove il corso d'acqua scorre tra versanti a diverso comportamento nei confronti dell'erosione sia per eterogeneità litologica e/o geomorfologica (contatti formazionali - contatti tra versanti in roccia ed in materiali sciolti) sia per motivi dipendenti dall'uso del suolo (coltivi abbandonati, piazzali di cava o di attività industriali in genere non sufficientemente protetti dall'erosione).

Sono frequenti zone di ruscellamento diffuso delle acque superficiali in tutta l'area del bacino del T. Petronio, con particolare riferimento alle aree di affioramento delle formazioni a componente argillosa, poco permeabili (argiloscisti della Val Lavagna) o semipermeabili (argilliti a palombini). Da studi precedenti eseguiti da E. Pesenti nell'ambito del 1° Stralcio del Piano di Protezione Civile nei bacini del torrenti Sturla, Gromolo e Petronio, per la Provincia di Genova (1987), risulta una percentuale di rocce impermeabili o poco permeabili pari al 35% circa.

Le formazioni permeabili per fessurazione e fratturazione rappresentano la categoria più numerosa e più frequente nell'ambito del bacino del T. Petronio, in quanto vi rientrano tutte le rocce verdi (serpentiniti, gabbri, basalti) interessate da percolazione idrica nei sistemi di fratture da cui sono interessate, le formazioni a base calcarea (calcari e arenarie), interessate anche solo localmente da una circolazione di tipo carsico favorita dalla dissoluzione parziale del calcare (fenomeni di carsismo attenuato) lungo le fratture esistenti, tutte le brecce e i diaspri. Sulla base degli studi citati, la percentuale di rocce permeabili per fessurazione e fratturazione raggiunge quasi il 58%, mentre molto più modesta, attorno al 6% circa, risulta l'incidenza delle formazioni permeabili per porosità (coltri detritiche, paleofrane, ecc.).

Dalle considerazioni sopra esposte, dall'analisi dell'uso del suolo e dal confronto con dati disponibili in letteratura riguardanti bacini limitrofi (Entella e altri), è possibile valutare il

trasporto medio annuo su valori dell'ordine di $50 \div 100 \text{ m}^3 / \text{km}^2 \text{ anno}$, corrispondenti ad un trasporto solido totale per il bacino di circa $3000 \div 6000 \text{ m}^3 / \text{anno}$.

3.5.2 Analisi del trasporto solido potenziale per singoli eventi

Il tratto di alveo del T. Petronio in cui si è ritenuto opportuno effettuare valutazioni sulla portata solida è quello in comune di Casarza, a valle della confluenza con il Rio Cacarello. In questo tratto l'alveo si presenta geometricamente regolare ad assetto approssimativamente cilindrico e la portata è molto simile a quella alla foce, avendo il Petronio ricevuto i contributi degli affluenti più significativi.

Tali caratteristiche rendono possibile la stima semplificata delle grandezze riguardanti il trasporto solido, le cui formule si basano su condizioni geometriche e idrodinamiche uniformi e costanti.

Nel tratto in esame, le caratteristiche geometriche e di granulometria del T. Petronio sono state valutate come segue:

- larghezza alveo $b = 65 \text{ m}$
- pendenza alveo $if = 0.5\%$
- granulometria: sono state ipotizzate due configurazioni, per valutare la sensibilità del parametro nei confronti dei risultati finali:

- 1: $D_{50} = 25 \text{ mm}$ $D_{90} = 100 \text{ mm}$
- 2: $D_{50} = 10 \text{ mm}$ $D_{90} = 50 \text{ mm}$

Sono stati valutati eventi a differenti tempi di ritorno e i parametri dei singoli eventi utilizzati nella formula del trasporto solido sono stati stabiliti secondo i seguenti criteri, valutati sulla base della forma dell'idrogramma di piena e del tempo di corrivazione:

- portata di calcolo Q^* pari al 75% della portata di picco Q
- durata dell'evento pari a 2 ore (il tempo di corrivazione nella sezione è pari a circa 3 ore).

La stima del trasporto solido potenziale durante un singolo evento di piena è stata elaborata applicando la formulazione di Engelund e Hansen, una delle più diffuse in letteratura:

$$\Phi_s = 0.05 \cdot C^2 \cdot \mathcal{G}^{\frac{5}{2}}$$

dove C è il coefficiente di Chezy, \mathcal{G} la tensione adimensionale di Shields e Φ la portata solida volumetrica adimensionale totale per unità di larghezza.

Dal valore di Φ_s è possibile ottenere la portata solida per unità di larghezza q_s mediante la relazione:

$$\Phi_s = \frac{q_s}{\sqrt{(s-1) \cdot g \cdot d_s^3}}$$

Applicando tale formula si ottengono i seguenti risultati, suddivisi in funzione dei diametri di riferimento e dei tempi di ritorno considerati.

D 50 = 25mm - D 90 = 100mm					
Tr (anni)	10	50	100	200	500
Q (m ³ /s)	368	598	664	730	817
Q* (m ³ /s)	276	449	498	548	613
Yu (m)	1.74	2.35	2.50	2.65	2.84
θ	0.21	0.28	0.30	0.32	0.34
φ	0.13	0.32	0.38	0.46	0.56
qs (m ³ /s m)	0.00212	0.00507	0.00611	0.00725	0.00885
Qsf (m ³ /s)	0.13755	0.32976	0.39695	0.47102	0.57542
t evento (ore)	2	2	2	2	2
Q solida (m ³)	990	2374	2858	3391	4143

D 50 = 10mm - D 90 = 50mm					
Tr (anni)	5	50	100	200	500
Q (m ³ /s)	368	598	664	730	817
Q* (m ³ /s)	276	449	498	548	613
Yu (m)	1.65	2.23	2.38	2.52	2.70
θ	0.50	0.68	0.72	0.76	0.82
φ	1.50	3.55	4.27	5.05	6.16
qs (m ³ /s m)	0.00602	0.01429	0.01716	0.02033	0.02479
Qsf (m ³ /s)	0.39131	0.92871	1.11571	1.32155	1.61120
t evento (ore)	2	2	2	2	2
Q solida (m ³)	2817	6687	8033	9515	11601

3.5.3 Considerazioni finali

Nonostante non sia propriamente esatto confrontare i risultati ottenuti nei due paragrafi precedenti, in quanto i metodi di valutazione non sono correlati tra di loro ed i concetti alla base delle analisi sono profondamente diversi, è possibile effettuare alcune considerazioni sugli ordini di grandezza dei fenomeni in gioco.

La prima considerazione che emerge è che il trasporto solido in un bacino è un fenomeno strettamente legato all'idrologia del bacino stesso: in un singolo evento di piena ad elevato periodo di ritorno può essere movimentato in pochi minuti tutto il materiale che verrebbe movimentato in diversi mesi in condizioni *ordinarie*: la portata solida non è una funzione lineare della portata liquida, ma viene attivata, in funzione dei diversi diametri considerati, solo al di sopra di determinati valori di soglia, per cui materiale di diametro elevato può non essere movimentato fino al verificarsi di piene con determinati tempi di ritorno.

La seconda considerazione, che deriva dall'analisi delle tabelle della portata solida potenziale, è che il trasporto solido cresce più velocemente della portata liquida: se la portata liquida raddoppia, il trasporto solido aumenta di 3÷4 volte: da ciò deriva che gli eventi di piena intensi determinano in maniera determinante l'assetto dell'alveo.

Dall'analisi delle grandezze ottenute e dallo studio di eventi di piena pregressi, risulta determinante, ai fini dello studio del trasporto solido, l'analisi dell'assetto dell'alveo immediatamente dopo eventi di piena ad elevato tempo di ritorno. In tali occasioni è più facile verificare i tratti dell'alveo ove si sono verificati i più significativi fenomeni di sovralluvionamento o erosione (ad esempio, a monte e a valle di ponti con pile in alveo o nei pressi di variazioni brusche di geometria) ed è possibile misurare, seppur con le logiche approssimazioni, i materiali movimentati, prima che le piene di più modesta entità provvedano alla redistribuzione del materiale lungo l'alveo e alla nuova modifica dell'assetto di equilibrio.

Anche ai fini della valutazione del rischio, in tal modo, è possibile effettuare la taratura dei modelli idrodinamici di simulazione delle piene, considerando l'influenza del trasporto solido, che può, specie in eventi di piena rilevanti, modificare in maniera determinante l'assetto degli alvei e pertanto determinare condizioni di rischio differenti da quelle ipotizzate in simulazioni a fondo fisso.

4 RISCHIO IDROGEOLOGICO (GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO)

4.1 Premessa

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

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

dove:

P: pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso;

E: valore degli elementi a rischio, intesi come persone e beni;

V: vulnerabilità, intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all'evento in considerazione.

L'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico, che porta alla redazione della carta del rischio geomorfologico e 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.

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

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

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

Nella fase della pianificazione degli interventi si dovranno comunque valutare anche considerazioni di carattere più ampio della sola sovrapposizione delle carte di pericolosità con la carta degli elementi a rischio. Benché infatti la carta del rischio geomorfologico e idraulico 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 geomorfologico e idraulico 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.

4.2 Determinazione del rischio idrogeologico (geomorfologico e idraulico)

4.2.1 Elementi a rischio

Sul territorio di fondo valle percorso dal torrente Petronio, così come nelle residue aree alluvionali laterali rimaste libere, sussistono forti antropizzazioni e forti domande di nuova antropizzazione, richieste volte essenzialmente a sviluppare ulteriormente o razionalizzare l'apparato produttivo.

Grazie però alla conformazione del suolo, più inciso nel tratto a monte, e alle tipologie insediative storicamente consolidate, possiamo differenziare nettamente in due diversi casi di rapporto tra insediamenti e rischi il territorio oggetto del nostro studio: i circa due terzi del bacino vallivo complessivo nel tratto più alto del Petronio e nelle valli laterali, in cui non vi sono stretti rapporti tra insediamenti, infrastrutture e torrente in quanto gli insediamenti si sono sviluppati a mezza costa per guadagnare una migliore esposizione alle aree coltivabili, e il terzo finale sito più a valle, ove era presente la maggiore disponibilità di comode aree alluvionali in cui oggi sono concentrati i maggiori insediamenti e le maggiori domande d'uso antropico del territorio.

Per il primo tratto, leggendo la cartografia degli elementi a rischio unitamente a quella delle curve di livello, si può affermare che non sussistono per le aree insediate, decisamente inferiori a quelle del secondo tratto, forti rischi di danni causati dalla possibilità di fuoriuscita del torrente dal suo alveo.

Diverso il discorso per il tratto più prossimo alla foce che percorre nel suo percorso terminale la piccola ma intensamente insediata piana alluvionale di Riva e Trigoso.

Qui l'alveo del torrente scorre poco incassato e tra cortine di insediamenti di diversa natura ma appartenenti per la maggioranza alla classe E3 dei centri urbani e dei grandi insediamenti industriali e commerciali.

Intrecciando questa mappa con quella delle aree inondate si può immediatamente comprendere la dimensione del rischio.

Per quanto riguarda la classe da attribuire all'alveo come elemento a rischio, in assenza di un indirizzo specifico nelle raccomandazioni, si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dal Comitato Tecnico Provinciale.

4.2.2 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 pericolosità geomorfologica di versante.

La matrice di intersezione utilizzata può essere così schematizzata:

SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI					
ELEMENTI A RISCHIO	Susceptività molto bassa	Susceptività bassa	Susceptività media	Susceptività 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

4.2.3 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 ($50 < T < 200$ anni) e uno basso ($200 < T < 500$ 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	$200 < T \leq 500$ Fascia C	$50 < T \leq 200$ Fascia B	$T \leq 50$ 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 (R_3 ed R_4) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

4.3 Carta del rischio geomorfologico e idraulico

Per la elaborazione della carta del rischio geomorfologico e idraulico si sono utilizzate la carta degli elementi a rischio, la carta di pericolosità geomorfologica e quella delle fasce di inondabilità, incrociando le classi dei tre elaborati sopracitati, e deducendo dai risultati le classi corrispondenti a rischio rispettivamente molto basso, basso, medio, alto e molto alto.

Dall'applicazione delle matrici del rischio geomorfologico ed idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalle carte di pericolosità geomorfologica, delle fasce di inondabilità e degli elementi a rischio già elaborate per lo specifico bacino si è individuata la zonizzazione in classi di rischio riportata nella Carta del Rischio geomorfologico e idraulico. La carta del rischio geomorfologico e idraulico è stata ottenuta dalla sovrapposizione delle aree a pericolo idraulico e a pericolo geomorfologico con gli elementi a rischio, secondo il criterio della prevalenza, in ogni punto del bacino, del rischio più elevato tra quelli forniti dai vari incroci. Nel bacino del torrente Petronio 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 di fondo valle e in strisce di territorio site in fregio all'alveo, le seconde sui versanti.

4bis 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.

5 PIANO DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

5.1 Premessa

Il piano degli interventi è stato realizzato mediante sovrapposizione delle carte di pericolosità e degli elementi a rischio, come indicato dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, unitamente agli altri strumenti cartografici, che supportano la fase propositiva, realizzati a conclusione della fase di analisi.

Le informazioni a disposizione in tali strumenti cartografici hanno consentito di individuare gli obiettivi da raggiungere e stabilire le priorità, relativamente al livello di approfondimento del presente studio, con la oggettività assicurata dal metodo di incrocio dei parametri più significativi utilizzato per la sua redazione.

La carta degli interventi rappresenta a sua volta la sintesi delle strategie e delle priorità di intervento, con tipologie concordate a livello interdisciplinare, da porre in atto per la salvaguardia e la tutela del territorio, avendo come obiettivo la correzione e l'inversione graduale della tendenza all'abbandono ed al degrado, ove presente, e la valorizzazione delle risorse e delle iniziative corrette nei confronti del territorio.

Le analisi eseguite evidenziano condizioni di sofferenza del territorio, mai generali, ma più spesso puntuali, legate alle condizioni geologico-strutturali, come più volte evidenziato (zone di contatto tettonico tra le ofioliti del Bargonasco e le argille a palombini) o a locali situazioni di abbandono di attività antropiche (frana di Masso, in zona di antica attività mineraria) o di abbandono e degrado sotto il profilo idrologico ed agrovegetazionale (frana di Campegli, frane di Novano).

Fenomeni più diffusi e frequenti di erosione e sovralluvionamenti si sono evidenziati nelle aree di fondo valle, a rischio di esondazione, soprattutto lungo l'asta principale del Petronio nel tratto urbanizzato di Riva Trigoso, e di erosione ed esondazione in corrispondenza di alcuni affluenti (Cacarello e Gavotino).

Gli obiettivi da raggiungere, a fronte di queste problematiche e criticità locali, devono essere i seguenti:

- realizzazione prioritaria di interventi di eliminazione e/o riduzione del rischio nei casi riconosciuti come più urgenti in base alle analisi eseguite e relativa individuazione delle opere da progettare con priorità assoluta;
- previsione di un quadro di sistemazione generale del bacino nei tratti in erosione o in sovralluvionamento lungo le aste torrentizie, in corrispondenza delle zone sui versanti ad alta densità di fenomeni franosi e/o erosivi superficiali, da attuare gradualmente con finalità di ricostituzione e miglioramento della copertura vegetazionale, regimazione dei deflussi e riduzione dell'erosione;
- verifica di conformità, rispetto al quadro di sistemazione così definito, degli interventi in corso di realizzazione e dei progetti di infrastrutture (interventi sulla viabilità, con particolare riferimento alla S.S. n.523).

Come principio generale da applicare in fase progettuale, già utilizzato nell'ambito di altri piani stralcio, si ritiene che dovranno essere valutate attentamente le alternative progettuali relative ai singoli interventi, ai fini di scegliere sempre e comunque le soluzioni tecniche caratterizzate dal maggiore livello di inserimento ambientale possibile, secondo un principio proprio della valutazione di impatto ambientale. Ciò consentirà sia la progettazione di opere interamente realizzabili con criteri di compatibilità ambientale (ingegneria naturalistica) sia l'utilizzo di tecniche "integrate" tra metodi tradizionali e metodi a più o meno forte componente naturalistica.

In relazione a quanto sopra ed a titolo di esempio, gli interventi da realizzare con ricorso ad opere in c.a., tra cui in particolare il consolidamento di alcuni movimenti franosi, dovranno essere "minimizzati" quanto ad impatto sull'ambiente mediante utilizzo di rivestimenti in pietrame locale e ricariche con terreno di riporto rinverdito, mentre altre opere quali briglie, argini e scogliere potranno essere realizzate direttamente con utilizzo di pietrame e massi provenienti dalle cave della zona o recuperati dagli alvei in sovralluvionamento.

L'impianto di specie vegetali, con funzione di riduzione degli impatti e di consolidamento dei movimenti di terra eseguiti, concorrerà all'inserimento ambientale delle opere.

Il consolidamento dei movimenti franosi, se richiederà opere speciali di contrasto e stabilizzazione (paratie intirantate, muri in c.a., contrafforti in c.a.,ecc.) sarà comunque integrato da interventi di regimazione dei deflussi e di riduzione dell'erosione da attuarsi con le tecniche dell'ingegneria naturalistica, con un giusto equilibrio tra l'una e l'altra tipologia tale da assicurare un rimodellamento meno artificiale possibile dei versanti.

5.2 Interventi lungo il corso d'acqua

5.2.1 Premessa

Lo studio delle fasce di inondabilità ha permesso di individuare le principali criticità, nonché i fattori che le determinano, che insistono lungo il T. Petronio; dalla carta del rischio geomorfologico e idraulico, ottenuta dalla sovrapposizione della pericolosità e degli elementi a rischio, emergono le zone nelle quali è necessario intervenire prioritariamente.

Lo scopo primario che gli interventi proposti intendono perseguire è quello di ridurre il rischio a livelli socialmente compatibili, in particolare per quanto riguarda gli interventi sui corsi d'acqua; l'obiettivo, almeno a lungo termine, è quello di permettere il deflusso della portata duecentennale senza esondazione. Tale obiettivo deve essere coniugato, per quanto possibile, con quello della riqualificazione e rinaturalizzazione del corso d'acqua.

Sulla base degli interventi proposti è stata determinata la fascia di riassetto fluviale per il T. Petronio, costituita nel caso specifico da locali allargamenti della sezione d'alveo. Tale fascia è stata riportata in scala 1:5000 nella Tav. 19: si tratta di porzioni di terreno lungo le sponde del torrente che possono essere recuperate per il deflusso, su cui dovrà essere posto un regime vincolistico restrittivo al fine di non pregiudicare ulteriormente i successivi interventi di sistemazione idraulica.

Qualora, in sede di progettazione preliminare, sulla base delle risultanze di studi di maggiore dettaglio, risultasse opportuno, per problemi legati alla fattibilità dell'intervento, adottare una diversa soluzione rispetto a quella indicata nel piano di bacino, la scelta effettuata dovrà essere motivata in modo approfondito.

5.2.2 Interventi puntuali

Nel presente paragrafo vengono esposti sia gli interventi che sono già in fase di esecuzione, o che comunque sono già stati previsti dagli enti competenti e pertanto sono in corso di progettazione od appalto, sia gli interventi proposti a seguito degli studi propedeutici al Piano di Bacino Stralcio del T. Petronio.

Gli interventi di carattere idraulico previsti evidenziano i lavori che si ritengono opportuni per migliorare il deflusso del T. Petronio in aree particolarmente critiche. Essi fanno riferimento alle verifiche idrauliche riportate in Allegato 4; solo alcuni sono desunti da segnalazioni della Comunità Montana Val Petronio.

1 Ripristino arginatura in sponda sinistra del Torrente Petronio

È stato di recente ultimato, da parte della Provincia di Genova, l'arginatura in scogliera, su entrambe le sponde, del tratto terminale del torrente, dove l'alveo attraversa il litorale sabbioso. L'opera, resasi necessaria per limitare la formazione della barra costiera a seguito delle mareggiate, necessita del ripristino di un breve tratto in sponda sinistra.

2 Modifica della sezione di deflusso del Torrente Petronio in corrispondenza del ponte comunale della strada litoranea a Riva Trigoso

Il ponte è strutturato con tre campate ad intradosso ad arco, poggiate su due pile in alveo; conseguentemente il deflusso del torrente avviene attraverso tre luci di larghezza pari a 14 metri e altezza variabile da 1,50 a 3,00 metri circa.

Come risulta dalle verifiche idrauliche, detta sezione è insufficiente per il deflusso della portata avente periodo di ritorno superiore a 50 anni.

Il rifacimento del ponte a campata unica (o doppia) con impalcato ad intradosso piano, consentirebbe lo smaltimento di una portata con tempo di ritorno pari a 100 anni, con incremento della portata smaltibile da 600 a circa 670 m³/s.

Detto intervento, unitamente all'ipotesi di allargamento dell'alveo in sponda sinistra (vedi intervento n° 3) consentirebbe di incrementare ulteriormente la portata smaltibile a circa 730 m³/s, associata a un tempo di ritorno pari a 200 anni.

3 Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Petronio nel tratto a monte del ponte comunale della strada litoranea a Riva Trigoso

Nel tratto di circa 200 m, parte a valle e parte a monte del ponte, le attuali sezioni di deflusso sono sufficienti a smaltire la portata di piena associabile al tempo di ritorno di 50 anni, conseguentemente le aree urbanizzate circostanti, sia in sponda destra che in sponda sinistra, sono da considerarsi ad alto rischio di esondazione.

Considerata la ridottissima pendenza dell'alveo, la vicinanza con lo sbocco a mare e la topografia del luogo, l'unico intervento possibile di rimodellamento delle sezioni di deflusso consiste nell'allargamento in sponda sinistra, ove l'alveo subisce un restringimento per la presenza di una strada e adiacente parcheggio. L'eventuale allargamento, mediante demolizione dell'attuale muro d'argine ed allargamento delle sezioni attualmente occupate dalla strada, potrebbe essere attuato a seguito di una ridefinizione della viabilità locale e degli accessi ai fabbricati, tuttavia consentirebbe, contestualmente all'intervento n° 2, di ridurre la pericolosità di esondazione fino a 200 anni.

4 Modifica e sopraelevazione dell'argine in sponda sinistra del Torrente Petronio in corrispondenza del fabbricato di civile abitazione in località Pian del Fiume e adeguamento delle sezioni idrauliche per eliminare l'esondabilità in sponda destra in corrispondenza della viabilità pubblica

Il fabbricato è soggetto a rischio di esondazione con portate di piena associate a periodo di ritorno inferiore a 50 anni, mentre la viabilità in sponda destra risulta inondabile con tempo di ritorno di poco superiore ai 50 anni.

L'esecuzione di lavori di sopraelevazione della muratura d'argine a difesa dell'abitazione nonché l'eventuale realizzazione di un canale aggiuntivo al di sotto della viabilità in sponda destra, si presume, potrebbero consentire la riduzione del rischio d'esondazione sino alla portata duecentennale.

Sino all'esecuzione, quantomeno, dei primi interventi di messa in sicurezza, si suggerisce l'applicazione di misure di protezione civile, quali la dichiarazione di inabitabilità del piano terreno.

5 Modifica della sezione di deflusso del Torrente Petronio in corrispondenza del ponte della SS n° 1 Aurelia

Il tratto di alveo del torrente Petronio a cavallo della linea ferroviaria e della SS n° 1 Aurelia si presenta estremamente critico a causa del restringimento di sezione imposto dalle pile dei due ponti adiacenti e dall'impalcato del ponte dell'Aurelia.

La portata minima esondante nell'area è infatti pari a $370 \text{ m}^3/\text{s}$, associabile ad un periodo di ritorno di soli 5 anni. Con portate dell'ordine dei $600 \text{ m}^3/\text{s}$ ($T=50$ anni), l'impalcato del ponte dell'Aurelia verrebbe raggiunto dal livello idrico, con ulteriore incremento del rischio, oltre che per l'esondabilità delle aree, anche per la crisi dell'importante via di comunicazione.

Gli interventi ipotizzabili consistono, oltre che nella sopraelevazione degli argini nei punti critici, nel rifacimento dell'impalcato del ponte della SS Aurelia, con struttura a fondo piano anziché ad arco e del minimo spessore consentito, con quota dell'estradosso più alta, compatibilmente con la viabilità.

5 b Modifica della sezione di deflusso del Torrente Petronio in corrispondenza del ponte in località Sara e consolidamento strutturale dello stesso

Dai calcoli idraulici si evince l'insufficienza del ponte in esame per portate con periodo di ritorno inferiore a 50 anni. Si ritiene, pertanto, opportuno intervenire con opere atte all'ampliamento della sezione idraulica, che potranno riguardare il fondo dell'alveo, le sponde o l'opera stessa.

6 Consolidamento dell'argine in sponda destra del Torrente Petronio in località Francolano

L'area in esame non comporta rischi idraulici dovuti ai livelli idrici raggiunti dalle portate di piena. La portata smaltibile, infatti, è superiore a $817 \text{ m}^3/\text{s}$, associabile ad un tempo di ritorno superiore a 500 anni. Ciò ha comportato la destinazione delle vaste aree in sponda destra a fini di urbanizzazione; dette aree sono oggetto di piani particolareggiati, che prevedono edificazioni ed infrastrutture, tuttora in corso di attuazione.

Il rimaneggiamento di tali aree ha comportato la realizzazione di una strada lungo la sponda del torrente, che in parte ricade in area demaniale, limitata da una scarpata costituita da disordinati riporti di terra e materiali: essi, in caso di eventi di piena, potrebbero essere soggetti a fenomeni erosivi e di sifonamento.

Si rende necessario, pertanto, un intervento di definizione esatta e consolidamento dell'argine destro mediante scogliera o tipologie similari: ciò consentirà la riconfigurazione dei limiti demaniali, oltre che la sistemazione della strada e delle opere di urbanizzazione ad essa connesse in via definitiva.

6 b Riprofilatura della sezione di deflusso del Torrente Petronio in corrispondenza della confluenza col Rio Nuovo

Dalle verifiche idrauliche si evince l'esondabilità del tratto a monte della briglia già per la portata cinquantennale. Si propone quindi la sistemazione delle sponde e la protezione delle stesse da evidenti fenomeni di erosione, estesa alla zona R4 in sponda destra.

7 Interventi di regolarizzazione delle sezioni di deflusso del Rio Nuovo, affluente di sinistra del Torrente Petronio

Il rio Nuovo ha un bacino di circa 0.85 km^2 : nel suo tratto terminale presenta sezioni insufficienti per il deflusso delle portate di piena ordinaria, con conseguente esondazione delle acque nelle aree in sponda destra.

Tali zone sono parzialmente urbanizzate con presenza di insediamenti produttivi e commerciali.

L'alveo, inoltre, è caratterizzato da una foltissima e disordinata vegetazione, oltre che da ostruzioni dovute a detriti e manufatti abbandonati.

Si ritiene opportuno provvedere alla regolarizzazione delle sezioni mediante allargamento dell'alveo in sponda destra, consolidamento degli argini e manutenzione della vegetazione;

ciò allo scopo di preservare le aree nei pressi della confluenza con il T. Petronio dall'attuale rischio di esondazione.

8 *Adeguamento delle sezioni di deflusso del Rio Cacarello nel tratto tombinato mediante rifacimento della copertura*

L'attuale tratto tombinato del rio Cacarello si estende per una lunghezza di circa 60 m: come risulta dalle verifiche idrauliche, le sezioni sono insufficienti a smaltire le portate con periodi di ritorno superiori a 50 anni, in quanto, in caso di contemporanea piena del T. Petronio, si genera un rigurgito da valle che si propaga dalla confluenza fino alla copertura, non permettendo lo smaltimento della portata in condizioni di sicurezza. La pendenza dell'alveo, inoltre, è molto prossima alla critica ed eventuali ostruzioni della copertura, dovute alla vegetazione trasportata dalla piena, possono provocare il deflusso in pressione all'interno della stessa, con pericoli di esondazione a monte.

Si ritiene necessario, pertanto, un intervento per adeguare le sezioni di deflusso e permettere il regolare smaltimento delle portate di piena.

9 *Sistemazione delle sezioni di deflusso del Rio Cacarello nei tratti a monte della copertura*

Il rio Cacarello lungo via Barletti risulta insufficiente al deflusso della portata cinquantennale, per cui si consiglia un intervento di adeguamento della sezione. A tale proposito, è stato ultimato di recente, da parte della Comunità Montana Val Petronio, un intervento di ripristino della piena funzionalità del torrente, nel tratto subito a monte della copertura, mediante rimozione di materiale di sovralluvionamento, taglio e rimozione di vegetazione, risagomatura di alcune sezioni di deflusso e ripristino di alcune protezioni spondali. Indagini e/o interventi vanno estesi a monte fino al settore R4, interessato, nel Novembre 2000 dall'evento alluvionale ed al versante in R4, sul versante destro del Torrente Petronio, a monte della confluenza.

10 *Sistemazione del Rio Vallegrande nel tratto a monte della confluenza con il T. Petronio*

Il rio Vallegrande, nel tratto a monte della confluenza col Petronio, risulta insufficiente al deflusso della portata cinquantennale, per cui si consiglia un intervento di adeguamento della sezione. Sono stati realizzati di recente dal Comune vari interventi di sottomurazione degli argini, demolizione di una passerella precaria con successiva ricostruzione ed adeguamento del passaggio, interventi strutturali.

10 b *Modifica della sezione di deflusso del Torrente Petronio in corrispondenza del ponte di accesso a Villa Ricci in località Pian Tangoni*

La zona di Pian Tangoni è attualmente interessata dal progetto della nuova viabilità in sponda sinistra che tra l'altro prevede la sostituzione della passerella metallica con un ponte carrabile con pila in alveo. Al termine dei lavori si può prevedere la possibilità di demolire il ponte di Villa Ricci, principale causa di esondazione nel tratto in esame.

11 *Interventi di manutenzione della vegetazione ripariale*

Il tratto del T. Petronio compreso tra le confluenze con i rii Vallegrande e Bargonasco è interessato da vegetazione arborea ed arbustiva di notevole sviluppo e densità, presente sia in prossimità degli argini, sia in alveo, in corrispondenza di depositi di materiale solido.

Tale vegetazione potrebbe costituire un ostacolo al regolare deflusso in condizioni di piena, oltre a determinare accumuli di materiali solidi con conseguenti riduzioni di sezione.

Occorrono pertanto interventi mirati alla manutenzione e regolarizzazione della vegetazione presente.

11 b Sistemazione del Torrente Bargonasco nel tratto a monte della SS n° 523

Il tratto del t. Bargonasco nella zona industriale risulta inodabile con periodo di ritorno inferiore a 50 anni. E' in corso di esecuzione un intervento di allargamento della sezione di deflusso e di sopraelevazione degli argini, che tuttavia non risolve il problema in quanto interessa un tratto limitato. Si consiglia pertanto di estendere l'intervento a monte.

12 Interventi di ripristino briglie e opere spondali nel rio Rigattaio nel tratto tra il viadotto della A12 e la confluenza con il T. Petronio

Diverse briglie nel tratto terminale del rio Rigattaio presentano scalzamenti ed aggiramenti. Esse necessitano, quindi, di ripristino e manutenzione straordinaria.

13 Sistemazione del T. Petronio alla confluenza con il Rio Gavotino

E' stato ultimato di recente l'intervento di sistemazione idraulico-forestale del tratto di alveo del T. Petronio alla confluenza con il Rio Gavotino, che ha consentito di mettere in sicurezza l'area in sponda destra. Si rileva tuttavia che nell'eventualità di uso del territorio diverso da quello agricolo, specie con previsioni di maggiori pressioni antropiche, è da valutare la necessità di migliorare ulteriormente le difese spondali.

14 Allargamento della sezione di deflusso del T. Petronio in località Battilana

Il vecchio ponte stradale in località Battilana è ormai inutilizzato a seguito della costruzione del nuovo ponte stradale della S.S. n° 523: le pile dello stesso ed il riporto di materiale detritico al di sotto del nuovo impalcato ostruiscono in maniera significativa la sezione di deflusso del T. Petronio.

Si ritiene necessaria la rimozione del materiale terroso in sponda destra sotto il nuovo ponte e la demolizione del vecchio ponte inutilizzato.

15 Sottomurazione di briglia scalzata sul Rio Gavornie

La briglia in c.a. sul rio Gavornie, nel suo tratto terminale immediatamente a monte della confluenza con il rio Gavotino, presenta scalzamento alla base.

Occorre, pertanto, procedere ad interventi di sottomurazione e ripristino strutturale.

15 b Sistemazione del Rio Frascaiese nel tratto a monte della confluenza con il T. Petronio

In località Casali, sul rio Frascaiese, è stata rilevata una sezione idraulica dell'alveo insufficiente al deflusso della portata duecentennale. In questo punto è presente un ponte pedonale con pila in alveo. Si ritiene opportuno un intervento di ampliamento della sezione idraulica che potrà riguardare il fondo dell'alveo, le sponde o l'opera stessa.

16 Manutenzione idraulico - forestale e sottomurazione argini del T. Petronio nel tratto compreso tra S. Pietro di Casareggio e Cotarsa Mandrella

In questo tratto l'alveo del torrente Petronio è invaso da una folta vegetazione in stato di manutenzione insufficiente, inoltre diversi muri d'argine presentano problemi strutturali e necessitano di sottomurazioni e rinforzi.

Parte dell'intervento è già stato realizzato dalla Comunità Montana Val Petronio, tuttavia si ritiene che per la definitiva sistemazione del tratto sia necessario integrare i lavori svolti con altre operazioni di completamento.

In località Cotarsa di Mezzo, alla confluenza tra il T. Petronio ed il Rio Arteggi, è presente una casa rurale utilizzata anche come abitazione, ubicata in area di evidente pertinenza fluviale. Alla luce della sua localizzazione, qualsiasi intervento di protezione risulterebbe del tutto inefficace, pertanto si ritiene opportuno provvedere alla delocalizzazione.

17 *Ristrutturazione passerella sul T. Petronio*

La passerella comunale sul T. Petronio all'altezza di Castiglione Chiavarese risulta in condizioni non ottimali di manutenzione, con scalzamenti alla base dei piedritti. Essa pertanto necessita di interventi di ripristino strutturale.

17 b *Consolidamento argini e passerella sul rio dei Guacci*

La passerella e un tratto di arginatura lungo il rio dei Guacci, a monte della confluenza col torrente Petronio, in loc. Torsili, risultano in precarie condizioni di stabilità, per cui se ne prevede il ripristino strutturale.

5.3 Interventi relativi al dissesto dei versanti

5.3.1 Interventi puntuali

Nel presente paragrafo vengono esposti sia gli interventi che sono già in fase di esecuzione, o che comunque sono già stati previsti dagli enti competenti e pertanto sono in corso di progettazione od appalto, sia gli interventi proposti a seguito degli studi propedeutici al Piano di Bacino Stralcio del T. Petronio.

Gli interventi di carattere geologico evidenziano le aree a rischio di stabilità per le quali sono necessari interventi di consolidamento.

18 *Frane di Novano*

L'area è interessata da una frana complessa quiescente e da una serie di coronamenti attivi, suscettibili di aggravamento in caso di precipitazioni persistenti, a causa del ruscellamento superficiale e dell'impregnazione delle coltri; la pericolosità risulta alta e così anche il rischio per l'abitato e la strada interessati. Si considera quindi prioritaria un'indagine di dettaglio con misure di movimento dei terreni sia attraverso periodici sopralluoghi a scadenze programmate che con misure inclinometriche. L'indagine sarà finalizzata ad interventi di disciplina delle acque superficiali e sottosuperficiali, con canalizzazioni e trincee drenanti, a cui potranno seguire la gradonatura e la riprofilatura del versante, sostenuto a valle da gabbioni e/o muri tirantati.

Per questo intervento è stato richiesto un finanziamento di 258228.4€ (500 milioni di lire) dalla C.M. Val Petronio, ai sensi della Legge 183/89. Indagine e interventi vanno estesi anche alla località Case Nuove in R4.

19 *Frana di Verici inferiore*

E' stato richiesto, per la riattivazione del movimento franoso che insiste sulla strada comunale, un finanziamento di 154940€ (300 milioni di lire) dalla C. M. Val Petronio, ai sensi della L.R. 46/96; l'intervento prevede la sistemazione del dissesto con dei muri di protezione a valle e con la disciplina delle acque mediante canalizzazioni, fossi di guardia e

trincee drenanti. Occorre che sia preceduto da un'indagine geognostica finalizzata alla quantificazione dei movimenti e della loro estensione.

20 Frana di Cardini

Il movimento franoso, con caratteristiche di colamento (flusso lento), interessa un ampio settore modellato nelle coltri a componente prevalentemente argillosa, oggetto di impregnazione da parte di acque superficiali non regimate.

Si ravvisa la necessità di uno studio geologico di dettaglio con posa in opera di strumenti atti a stimare l'entità e l'estensione dei movimenti finalizzati a successivi interventi di disciplina delle acque superficiali, con canale di gronda all'apice del movimento e canalette intermedie, integrate nella zona di maggiore impregnazione da trincee drenanti spinte fino a 2-3 m di profondità; le indagini geognostiche puntuali (sondaggi e misure del livello piezometrico) consentiranno di fornire i parametri geotecnici per il calcolo delle opere di contrasto, da ubicare preferibilmente a protezione dei manufatti e delle infrastrutture (in particolare strade) esistenti. Parte delle indagini vanno estese alla zona di Vittoria, più a sud, lungo la stessa strada, data la presenza di un'area R4 di piccole dimensioni, dovuta a cause più estese. Il costo del monitoraggio è stimabile in 1032.91€/ anno (2000000€/anno).

21 Frane di Masso

La situazione attuale rivela uno scivolamento planare abbastanza esteso, con rischio per il nucleo abitato sottostante; gli interventi ad oggi previsti, da ottimizzare a seguito di studi geologici di dettaglio e di una campagna di indagini geognostiche con sondaggi, prove SPT in foro e misure di livelli piezometrici, consistono nell'esecuzione di almeno 2 opere di contrasto, fondate su micropali e tirantate, nella porzione medio-bassa del versante, coadiuvate dalla messa in opera di un canale di gronda nel settore a monte e di canalette e trincee drenanti lungo il corpo di frana; dovrà inoltre essere assicurato un sistema di monitoraggio e controllo dell'area, ad esempio con l'utilizzo di strumentazione inclinometrica che consentirà di effettuare misure di controllo prima e dopo gli interventi. L'intervento dovrà essere rispettoso delle eventuali testimonianze preistoriche presenti nella zona.

E' stato richiesto un finanziamento dalla Comunità Montana Val Petronio di 500 milioni, secondo la Legge 183/89. Le indagini devono approfondire anche la zona R4, da una parte, e il bacino del rio Canneto dall'altra che, allo stato attuale delle conoscenze, è conseguenza della reincisione di una frana dallo stato di attività fra i più incerti.

La complessità del fenomeno comporta che gli interventi siano suddivisi in tre lotti funzionali.

Il primo lotto deve prevedere la campagna geognostica, i rilevamenti strutturali e il successivo monitoraggio che dovrà avere durata non inferiore ai 12 mesi.

Nel secondo lotto, in funzione di quanto emerso dalle indagini di prima fase, potranno essere progettate, appaltate ed eseguite le relative opere di bonifica.

Il terzo ed ultimo lotto prevede il prolungamento del monitoraggio, la manutenzione ed il costo di esercizio delle opere, che nel caso di drenaggi profondi potrà anche essere prolungato per parecchi anni.

Le indagini di **prima fase** (I) dovranno consistere in:

- a) Rilievo topografico alla scala 1:1.000 dell'area in frana per un totale di circa 5 ha;
- b) Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio finalizzato alla ricostruzione del corpo di frana e alla migliore ubicazione dei sondaggi;

- c) Campagna geognostica costituita indicativamente da 7 sondaggi a rotazione e a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati, prove in situ (SPT e permeabilità), installazione di tubi inclinometrici e piezometri, prospezioni geofisiche ad integrazione delle stratigrafie puntuali, pozzetti di saggio geognostico anch'essi con prelievo di campioni e prove di permeabilità in situ, rilievo strutturale degli edifici e installazione di fessurimetri in corrispondenza delle principali lesioni;
- d) Monitoraggio freaticometrico, strutturale ed inclinometrico con frequenza trimestrale per la durata complessiva di anni due;
- e) Redazione del rapporto geologico preliminare contenente l'analisi geologico – geomorfologica corredata di cartografia e sezioni di dettaglio con individuazione della geometria tridimensionale del corpo di frana, dei principali piani di scivolamento, delle oscillazioni della superficie freatica correlate ai dati meteo e raccolta di tutti i dati derivanti dalla campagna geognostica
- f) Redazione del progetto preliminare di bonifica corredata di analisi dettagliata dei costi e dei benefici dell'intervento di sistemazione e i risultati attesi nel breve e lungo periodo, il programma e i costi per l'esercizio e la manutenzione delle opere.

La **seconda fase** (II) dovrà prevedere la redazione del progetto definitivo, l'affidamento e l'esecuzione delle opere. A titolo puramente indicativo queste potranno consistere in:

- a) Disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiali, da attuarsi attraverso la realizzazione di una razionale rete di raccolta costituita da cunette, canalette, fossi di guardia e sistemi di raccolta e corretto convogliamento delle acque delle gronde e dei pluviali, nonché da locali e puntuali interventi di drenaggio subsuperficiali e semiprofondi, ubicate e progettate sulla base delle risultanze dello studio geognostico;
- b) Intervento di ripristino delle funzioni collettrici e drenanti dei colatori laterali ed interni del corpo di frana, attraverso radicale pulizia, sagomatura e interventi di ingegneria naturalistica;
- c) Rimodellamento morfologico del pendio, volto all'alleggerimento di situazioni di sovraccarico locale e alla correzione del profilo, anche tramite la realizzazione di terrazzature e ciglionature, o interventi di manutenzione straordinaria sulle stesse, ove presenti e recuperabili;

La **terza fase** (III) prevederà la manutenzione annuale delle opere di ingegneria naturalistica, pulizia dei colatori e monitoraggio sia di superficie (periodici rapporti) che inclinometrico, freaticometrico e strutturale. La durata di quest'ultimo può essere stimata in circa 5 anni.

Quantificazione dell'impegno economico necessario

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

FASE	DESCRIZIONE	COSTO/1000
I	Campagna geognostica, incluso rilievo topografico planoaltimetrico, geofisica, analisi di laboratorio, monitoraggio e relazione geologico tecnica al termine del primo anno	51.65€ (100.000€)

PIANO DI BACINO STRALCIO"AMBITO 17" - T. PETRONIO - Relazione generale

I	Per IVA	10.33€ (20.000£)
II	Interventi di cui al punto a: 800 ml di canalette a cielo aperto in struttura deformabile; 400 ml di trincee drenanti subsuperficiali	41.32€ (80.000£)
II	Interventi di cui al punto b: pulizia, sistemazione e interventi di ingegneria naturalistica sui colatori per complessivi 600 ml	10.33€ (20.000£)
II	Interventi di cui al punto c: rimodellamento morfologico del pendio, interventi di manutenzione dei terrazzamenti	51.65€ (100.000£)
II	Per spese generali, tecniche e collaudi	18.08€ (35.000£)
II	Per acquisizione immobili, espropri e servitù	10.33€ (20.000£)
II	Per imprevisti	10.33€ (20.000£)
II	Per IVA	26.34€ (51.000£)
III	Monitoraggio (annuale)	6.2€ (12.000£)
III	Manutenzione delle opere (annuale)	5.16€ (10.000£)
III	Iva	2.27€ (4.400£)

FASE	DESCRIZIONE	COSTO/1000	COSTO/1000 con IVA
I	Studio geologico, geognostica e monitoraggio pre intervento	51.65€ (100.000£)	61.97€ (120.000£)
II	Intervento di bonifica	142.03€ (275.000£)	168.36€ (326.000£)
III	Manutenzione e monitoraggio post intervento (x anni 5)	11.36€ (22.000£)	13.63€ (26.400£)
TOTALE		205.03€ (397.000£)	243.97€ (472.400£)

Tempi per l'esecuzione

Si ritiene che il tempo necessario per la prima fase sia di 425 gg di cui sessanta per la campagna geognostica e i rilievi e 365 per il monitoraggio e la raccolta dati.

Il tempo stimato per la progettazione esecutiva e l'esecuzione dell'intervento è stimato in gg 200 a cui debbono essere aggiunti i tempi per l'acquisizione di autorizzazioni, assegnazioni, collaudi, ecc.

22 Frane di Bargone

I due fenomeni di scivolamento, riattivati, necessitano di disciplina delle acque superficiali e sottosuperficiali, con canalizzazioni, fossi di guardia, e drenaggi, ed interventi di contrasto a valle, mediante muri di protezione.

Su tutta l'area intorno all'abitato, risultante a rischio R4, tuttavia, va condotta un'indagine estesa alla totalità delle frane adiacenti.

Occorre prevedere una campagna geognostica, rilevamenti strutturali e il successivo monitoraggio che dovrà avere durata non inferiore ai 12 mesi.

Successivamente, in funzione di quanto emerso dalle indagini, potranno essere progettate, appaltate ed eseguite eventuali opere di riduzione del rischio o sistemi di allerta.

Le indagini dovranno consistere in:

Rilievo topografico alla scala 1:1.000 dell'area in frana;

Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio finalizzato alla ricostruzione del corpo di frana e alla migliore ubicazione dei sondaggi;

Campagna geognostica costituita indicativamente da 7 sondaggi a rotazione e a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati, prove in situ (SPT e permeabilità), installazione di tubi inclinometrici e piezometri, prospezioni geofisiche ad integrazione delle stratigrafie puntuali, pozzetti di saggio geognostico anch'essi con prelievo di campioni e prove di permeabilità in situ, rilievo strutturale degli edifici e installazione di fessurimetri in corrispondenza delle lesioni;

Monitoraggio freaticometrico, strutturale ed inclinometrico con frequenza trimestrale per la durata complessiva di anni due;

Redazione del rapporto geologico preliminare contenente l'analisi geologico – geomorfologica corredata di cartografia e sezioni di dettaglio con individuazione della geometria tridimensionale del corpo di frana, dei principali piani di scivolamento, delle oscillazioni della superficie freatica correlate ai dati meteo e raccolta di tutti i dati derivanti dalla campagna geognostica.

Quantificazione dell'impegno economico necessario

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

DESCRIZIONE	COSTO/1000
Campagna geognostica, incluso rilievo topografico planoaltimetrico, geofisica, analisi di laboratorio, monitoraggio e relazione geologico tecnica al termine del primo anno	5.16€ (100.000€)
Per IVA	10.33€ (20.000€)
TOTALE	61.97€ (120.000€)

Tempi per l'esecuzione

Si ritiene che il tempo necessario per le indagini sia di 425 gg di cui sessanta per la campagna geognostica e i rilievi e 365 per il monitoraggio e la raccolta dati.

23 Frane di Campegli

Segnali già rilevati fanno ritenere in riattivazione la frana soprastante l'abitato di Campegli; misure inclinometriche condotte in più riprese hanno confermato lo stato di attività della frana. In merito all'osservazione del Comitato Tecnico Regionale occorre sottolineare che la perimetrazione della parte attiva è coerente con i risultati delle indagini condotte dalla Comunità Montana "Val Petronio" (1999) e con le indicazioni del Comitato Tecnico Provinciale. Le indagini e gli interventi vanno estesi a tutte le zone R4. Per garantire la sicurezza del versante occorre realizzare preliminarmente interventi di disciplina delle acque superficiali e sottosuperficiali, mediante canale di gronda a monte e canalizzazioni e drenaggi nelle aree delle fasce, e ripristinare i muri a secco spanciati e crollati; altri interventi potranno essere studiati a seguito del prolungamento della campagna di sondaggi già intrapresa, da estendere al settore lungo l'allineamento M.te Brana-Costa del Brana- C.se Lago; anche in questo caso è da prevedere il monitoraggio del corpo franoso, mediante misure inclinometriche e di livello piezometrico, delle zone di scarpata attraverso periodici sopralluoghi e dei manufatti attraverso rilievo delle lesioni. In funzione delle indagini andranno previsti opportuni sistemi di allerta.

Dovranno essere previsti, perciò, un prolungamento della campagna geognostica con i rilevamenti strutturali ed il monitoraggio che dovrà avere durata non inferiore ai 12 mesi.

In funzione di quanto emerso dalle indagini, potranno essere progettate, appaltate ed eseguite relative opere di riduzione del pericolo o del rischio.

Nel dettaglio è possibile prevedere:

Rilievo topografico alla scala 1:1.000 dell'area in frana;

Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio finalizzato alla perimetrazione di dettaglio delle frane e alla migliore ubicazione dei sondaggi;

Campagna geognostica costituita indicativamente da 7 sondaggi a rotazione e a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati, prove in situ (SPT e permeabilità), installazione di tubi inclinometrici e piezometri, prospezioni geofisiche ad integrazione delle stratigrafie puntuali, pozzetti di saggio geognostico anch'essi con prelievo di campioni e prove di permeabilità in situ, rilievo strutturale degli edifici e installazione di fessurimetri in corrispondenza delle principali lesioni;

Monitoraggio freaticometrico, strutturale ed inclinometrico con frequenza trimestrale per la durata complessiva di anni due;

Redazione del rapporto geologico preliminare contenente l'analisi geologico – geomorfologica corredata di cartografia e sezioni di dettaglio con individuazione della geometria tridimensionale del corpo di frana, dei principali piani di scivolamento, delle oscillazioni della superficie freatica correlate ai dati meteo e raccolta di tutti i dati derivanti dalla campagna geognostica

Redazione del progetto preliminare di riduzione del pericolo o del rischio corredata di analisi dettagliata dei costi e dei benefici dell'intervento di sistemazione e i risultati attesi nel breve e lungo periodo, il programma e i costi per l'esercizio e la manutenzione delle opere.

Quantificazione dell'impegno economico necessario

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle

conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

DESCRIZIONE	COSTO/1000
Campagna geognostica, incluso rilievo topografico planoaltimetrico, geofisica, analisi di laboratorio, monitoraggio e relazione geologico tecnica al termine del primo anno	5.16€ (100.000£)
Per IVA	10.33€ (20.000£)
TOTALE	61.97€ (120.000£)

Tempi per l'esecuzione

Si ritiene che il tempo necessario per il monitoraggio sia di 425 gg di cui sessanta per la campagna geognostica e i rilievi e 365 per il monitoraggio e la raccolta dati.

24 Campegli-Rio Frascarese

Una frana di crollo ha interessato un ramo in sponda destra del Rio Frascarese, con danni leggeri all'acquedotto e sbarramento parziale del corso d'acqua secondario; per l'intervento, che dovrebbe prevedere la rimozione dei detriti e la messa in opera di gabbioni ben incastrati nel versante, a monte dell'acquedotto, è stato richiesto un finanziamento di 41320€ (80 milioni di lire) dalla C. M. Val Petronio, secondo la L.R. 46/96.

25 San Pietro Frascati

Si tratta di un intervento per cui è stato richiesto un finanziamento di 100 milioni dalla C. M. Val Petronio, secondo la L.R. 46/96; sono previste opere di regimazione superficiale e disciplina delle acque, tramite canale di gronda a monte, canalizzazioni intermedie delle acque superficiali, e trincee drenanti.

26 Frana di Missano - Casa del Monte

L'area presenta lesioni significative su case e manufatti, e ulteriori danni possono essere provocati al nucleo rurale ed ai campi coltivati; il progetto risulta già finanziato, con L.R. 46/96, per 300 milioni ed alcuni interventi sono stati recentemente realizzati riuscendo solo a tamponare una situazione critica di limitata estensione; la tipologia più opportuna di intervento dovrebbe considerare un canale di gronda a monte del ciglio di frana, seguita da una briglia in alveo per ridurre il trasporto solido e contrastare l'erosione al piede, e da almeno un'opera fondata su micropali e tirantata, a difesa delle case ubicate a monte del movimento franoso; si sottolinea anche in questo caso la necessità di un'indagine di dettaglio estesa a tutta la frana e alla zona a rischio R4, con monitoraggi del costo di 1032.91€/anno (2000000£/anno) per un minimo di due anni.

27 Frana di Conio

L'azione concomitante dell'erosione spondale e del ruscellamento superficiale, in zona caratterizzata dalle condizioni di abbandono delle aree boschive, ha causato fenomeni di dissesto quali lesioni sulle strade (comunale e pedonale) e nel nucleo abitato; si richiedono quindi, estese a tutta la zona R4, sia sistemazioni idraulico-forestali, che comprendano pulizia dell'alveo e briglie o traverse per ridurre l'erosione, che interventi di consolidamento e stabilizzanti, quali ad esempio opere fondate su micropali, tirantate, da ubicare nella parte alta del dissesto, a monte delle case lesionate e gabbionate da posizionare al piede del dissesto. E' stato richiesto un finanziamento di 103290€ (200 milioni di lire) dalla C. M. Val Petronio, secondo la L.R. 46/96.

28 *Frana di Velva*

Il fenomeno di scivolamento detritico interessa marginalmente un tratto della SS. 523. Si ravvisa la necessità di uno studio geologico di dettaglio, esteso a tutta la superficie della frana e alla zona a rischio R4, con posa in opera di strumenti atti a stimare l'entità e l'estensione dei movimenti finalizzati a successivi interventi di regimazione delle acque superficiali sul corpo di frana, mediante canalette e trincee drenanti e messa in opera di briglie e di difese spondali in corrispondenza dei due rivi soggetti ad erosione. Interventi di contrasto mediante muri opportunamente tirantati completeranno la sistemazione dell'area. Le indagini geognostiche puntuali (sondaggi e misure del livello piezometrico) consentiranno di fornire i parametri geotecnici per il calcolo delle opere di contrasto. Il costo del monitoraggio è stimabile in 1032.91€/anno (2000000€/anno).

29 *Frane di Riva Trigoso e Colle Bardi*

I fenomeni interessano elementi a rischio tali da determinare zone R4. Si ravvisa la necessità di uno studio geologico di dettaglio, esteso alle frane e alle zone a rischio R4, con stima dell'entità e dell'estensione, finalizzato a successivi interventi di regimazione delle acque e stabilizzazione dei versanti. Le indagini puntuali consentiranno di fornire i parametri geotecnici per il calcolo delle opere di contrasto. Il costo è stimabile in 5164.57€ (10.000.000€).

5.3.2 Interventi diffusi

Per tutto il bacino deve essere eseguita la catalogazione sistematica degli eventi franosi con almeno l'acquisizione dei perimetri, della data e della tipologia. In un secondo tempo si dovrà completare la schedatura secondo gli standard regionali.

Per ciò che riguarda il territorio non interessato da proposte di intervento puntuale, dovranno essere eseguiti gli interventi estensivi individuati sulla carta degli interventi, diffusi su alcune porzioni del bacino.

Si evidenzia, in particolare, che deve essere recuperato, nell'ambito della gestione futura sul bacino del T.Petronio, il concetto di sistemazione del territorio montano e quello di integrazione tra opere di tipo intensivo ed opere di tipo estensivo e diffuso, nel quadro del riassetto complessivo del territorio, soprattutto in considerazione del fatto che lo stato attuale del bacino è relativamente soddisfacente ma potrebbe essere suscettibile di peggioramento, anche in tempi relativamente brevi, in assenza di interventi di sistemazione e gestione del territorio.

Con riferimento alla Carta degli Interventi, si sono quindi individuate, dall'analisi comparata di tutte le carte tematiche prodotte nel presente lavoro, le tipologie di aree e le relative opere di seguito indicate.

La localizzazione inserita nella carta degli interventi individua le situazioni prioritarie di intervento, fermo restando che interventi estensivi e diffusi dovrebbero essere realizzati anche in molte altre situazioni esistenti sul territorio del bacino.

A tale proposito, risulta necessario evidenziare come, in un bacino in discrete condizioni ma potenzialmente a rischio per i prossimi decenni, assuma fondamentale importanza il concetto di manutenzione del territorio, che deve essere attuata con interventi di modesta entità unitaria, ma diffusi sul territorio e continui nel tempo.

Proprio in relazione alle contenute esigenze del territorio montano in termini di interventi urgenti, è possibile applicare il concetto di prevenzione del dissesto che in molte altre zone della Liguria risulta relegato ad una fase successiva all'intervento di emergenza.

Pertanto, nella carta degli interventi sono indicati alcuni interventi prioritari, mentre verranno indicati criteri di intervento applicabili a molte situazioni del territorio montano.

Inoltre, considerati i costi unitari degli interventi, ma soprattutto le notevoli superfici che dovrebbero essere interessate dalla loro realizzazione, si ritiene opportuno specificare che, realisticamente, nei prossimi anni possano essere avviati solo gli interventi di maggiore urgenza.

Gli interventi localizzati nella carta interessano:

1. aree boscate percorse dal fuoco o in cattive condizioni di funzionalità idrogeologica, esposte al rischio di attacchi fitopatologici, dove prevedere interventi di miglioramento boschivo connessi ad interventi di conservazione del suolo
2. aree ad alta densità di fenomeni franosi superficiali per i quali prevedere interventi di sistemazione e recupero con opere quali palizzate semplici, palificate in legname, gradonate, etc.
3. zone di prioritario taglio e manutenzione della vegetazione ripariale

Per quanto riguarda gli interventi di cui al punto 1, si tratta di interventi da realizzarsi in pinete degradate dal passaggio del fuoco, dove si sono innescati fenomeni erosivi superficiali sfavorevoli per la ripresa vegetativa del soprassuolo; sono previsti interventi anche in aree rade a bassa funzionalità ed in zone esposte a prossimi attacchi fitopatologici.

In generale, gli interventi potranno essere applicati in quelle zone dove l'erosione superficiale, indotta anche da fenomeni antropici (in prevalenza da incendi), rappresenta un fattore limitante per l'evoluzione naturale della copertura vegetazionale.

Proprio per consentire la conservazione del suolo (fattore fondamentale per l'evoluzione del futuro soprassuolo) dovranno essere realizzati interventi di stabilizzazione superficiale dei versanti, con tecniche di ingegneria naturalistica, scelti tra i seguenti:

- realizzazione di strutture in legname e materiale vivo (palizzate semplici, palificate in legname a parete semplice e doppia, gradonate, ecc.)
- posa in opera di reti biodegradabili (Juta, cocco, fibra di legno, ecc.)
- posa a dimora di piantine di latifoglie autoctone
- semina di specie erbacee ed arbustive, anche mediante idrosemina potenziata (con concimi, mulch, ecc.)

Si evidenzia la possibilità di effettuare interventi estensivi di semina di specie arbustive ed arboree (oltre che erbacee) utilizzando l'elicottero e sementi trattate; con tale tecnica si ottengono elevati risparmi rispetto ai metodi tradizionali, soprattutto su ampie superfici di intervento. I limitati costi di intervento consentirebbero inoltre la realizzazione di più passaggi e relative semine, a favore dell'attecchimento delle specie e della possibilità di ricostruire diverse fasi evolutive della vegetazione.

Considerato l'ambiente di intervento (versanti ad esposizione calda) si ritiene necessario limitare l'impiego di salici, rivolgendosi prevalentemente agli arbusti mediterranei ricostruttori come materiale vegetale.

Rientrano in questa fase tutte le operazioni classiche del rimboschimento (scelta dei metodi di impianto, del materiale vegetale, della successiva manutenzione, ecc.), oltre ad interventi selvicolturali preparatori alla ricostituzione del soprassuolo, consistenti in diradamenti selettivi a favore delle latifoglie esistenti, eliminazione di esemplari colpiti da fitopatie e deperienti, ecc..

E' previsto l'intervento in loc. Costello dei Bussi (danni da incendio, erosioni), lungo alcuni versanti del Bargonasco ed a monte di Casarza; in quest'ultima area sono già presenti esiti di attacchi di cocciniglia, che potrà estendersi agli altri perimetri, oltre che a pinete attualmente in migliori condizioni.

Gli interventi di cui al punto 2 riguardano la sistemazione delle aree a maggiore densità di frane superficiali individuate dalla carta della franosità e dai sopralluoghi sul terreno; si tratta prevalentemente di zone interessate da soil slips, dove sono ipotizzabili interventi di sistemazione che consentano il completo recupero ambientale dei dissesti. In linea generale, gli interventi dovranno prevedere il consolidamento al piede con muri a secco, palificate in legname, gabbioni, ecc., lo scoronamento delle parti instabili ed il modellamento del terreno ed il rivestimento vegetativo, da attuare con inerbimenti e posa a dimora di specie arbustive ed arboree autoctone, caratterizzate da elevate qualità biotecniche (apparato radicale sviluppato, equilibrato rapporto tra parti aeree e radicali, resistenza a danni meccanici, capacità di prosciugamento, ecc.). Una rapida attuazione degli interventi previsti consentirà di limitare i costi delle opere e di agire in prevenzione su probabili evoluzioni negative dei fenomeni.

Questi interventi dovranno essere applicati, quando possibile, in tutti gli interventi di sistemazione dei movimenti franosi segnalati nella carta degli interventi, nei limiti della loro fattibilità ed anche in completamento di interventi di tipo ingegneristico tradizionale.

E' stato localizzato un intervento in loc. Bargone, sotto M.Tregin, dove esiste una ampia zona in erosione superficiale, sicuramente recuperabile con tecniche di ricostruzione del versante.

Sono presenti alcuni fenomeni di dissesto in prossimità della zona umida detta Lago di Bargone (o del Bocco), per la sistemazione dei quali devono essere applicate tecniche di ingegneria naturalistica, curando inoltre che ogni intervento non interferisca con l'equilibrio del biotopo esistente.

Nel punto 3 rientrano gli interventi di manutenzione della vegetazione ripariale, che devono essere realizzati prioritariamente in loc. Casa del Fabbro, sul Rio del Guacci, presso il traforo di Velva, proprio per l'altissima densità di fusti molto sviluppati, in prossimità della tombinatura. In questo caso l'intervento dovrà prevedere il taglio raso della vegetazione in alveo, provvedendo all'asportazione di tutto il materiale legnoso dalle sezioni d'alveo interessate dalla portata di massima piena.

Non si è ritenuto opportuno indicare tutti i tratti che dovrebbero essere sottoposti a manutenzione della vegetazione in alveo, anche in considerazione della localizzazione diffusa su molti rami secondari, soprattutto in prossimità di abitati, dove si sono sviluppate coperture a forte densità, con notevole presenza di infestanti (rovi, vitalbe, ecc.); si tratta in molti casi di brevi tratti, nell'ordine di poche decine di metri di sviluppo.

Per i corsi d'acqua principali, soprattutto nei tratti montani, non si individuano interventi puntuali, ma si ribadisce che la vegetazione attuale, in discrete condizioni di stabilità e densità, dovrà comunque essere soggetta ad interventi di manutenzione, da programmare nei prossimi anni, in modo da mantenere soprassuoli giovani ed elastici, con limitati problemi di instabilità fisica.

Nella realizzazione degli interventi di manutenzione si dovrà mantenere la composizione specifica attuale, con presenza sporadica ma significativa di specie importanti anche per gli aspetti faunistici.

Notevole rilevanza ed importanza sull'assetto idrogeologico del bacino dovrebbero avere anche gli interventi di miglioramento dei boschi esistenti (trasformazione di fustaie di resinose in fustaie miste di resinose e latifoglie e, successivamente, fustaie di latifoglie, recupero di cedui invecchiati, avviamento all'alto fusto dei cedui, ecc.). Le operazioni colturali di miglioramento consentirebbero il passaggio delle attuali tipologie vegetazionali verso strutture selvicolturali caratterizzate da migliori funzionalità idrogeologiche e migliori condizioni di equilibrio con l'ambiente.

Anche in questo caso, i costi, per quanto inferiori di circa il 40-50 % rispetto ai rimboschimenti, sono piuttosto elevati (mediamente 3000€ ovvero 5-6 milioni ad ha) e determinano la necessità di attuare delle scelte di priorità, in parte evidenziate sulla cartografia.

Considerate le notevoli azioni di disturbo antropico esistenti su ampie porzioni del bacino (incendi, pascolo abusivo, dissesti erosivi, ecc.) si evidenzia che in molti casi sarebbe

sufficiente eliminare tali disturbi per consentire l'evoluzione della copertura vegetazionale verso forme di maggiore funzionalità idrogeologica.

Nel corso della relazione si è più volte citata l'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica; ricordando che, per definizione, tale tecnica prevede la realizzazione di opere caratterizzate dall'impiego di materiali tradizionali "morti" (legname, pietrame, ferro, reti di vario tipo, ecc.) con materiali vivi (piante, parti di piante, sementi, ecc.), si segnala che le qualità più evidenti dei lavori realizzati con tali tecniche, riconducibili all'inserimento ambientale (nei diversi aspetti ecologici), alle caratteristiche funzionali di difesa del suolo, alla riduzione dei costi di molte opere ed alla fattibilità in molte zone di difficile accesso, consentono di soddisfare l'orientamento generale di miglioramento della qualità ambientale del bacino.

Rientrano in questo ambito anche alcuni interventi che dovrebbero essere realizzati lungo l'asta principale del Petronio per la sua rinaturalizzazione, consistenti nella formazione di rampe in pietrame per la risalita dei pesci, attualmente impedita dalla presenza di numerose soglie di fondo.

Sulla cartografia degli interventi, ai singoli interventi localizzati è stato affiancato un apposito simbolo relativo all'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica, sia per opere progettate che di futura progettazione.

L'intervento di sistemazione di dissesti diffusi a Castiglione Chiavarese va esteso a tutta la zona a monte della strada statale e alle aree R4: occorrono monitoraggi, regolazione delle acque, sia per la strada sterrata di monte che per la porzione di versante interessato, la sistemazione delle fasce e la manutenzione dei muri; nello stesso modo a Massasco devono essere previste anche indagini riguardanti la zona R4 e, sul versante opposto, la R4 di Battilana.

Le indagini, il recupero e stabilizzazione superficiale della vasta area di Monte Croce dei Tozzi, esteso alle aree R4, è a priorità molto alta, data l'interferenza con l'elemento a rischio autostradale.

Le zone di versante a rischio R4, dalla zona della confluenza del torrente Bargonasco col valletto Gallinara, fino all'area della confluenza col torrente Petronio, vanno indagate e sistemate con la disciplina delle acque superficiali e il rimodellamento dei corpi franosi, anche con l'uso dell'ingegneria naturalistica (priorità molto alta).

L'intervento di sistemazione di dissesti diffusi nel versante destro idrografico del rio Bargonasco a valle di Nansola v esteso a tutto il versante interessato dalla relativa frana e in particolare alla zona R3.

Ribadendo il concetto della manutenzione del territorio, si ricordano alcuni aspetti fondamentali:

- manutenzione ordinaria e straordinarie della viabilità agricola e forestale esistente (sistemazione e recupero ambientale delle scarpate, opere di regimazione delle acque e sistemazione del fondo, da mantenere naturale)

- sistemazione, recupero e manutenzione dei terrazzamenti e delle opere di sistemazione idraulico agraria
- sistemazione e manutenzione dei sentieri e delle mulattiere
- manutenzione della vegetazione ripariale, partendo dalle zone poste in prossimità di infrastrutture (ponti, tombinature, ecc.)
- mantenimento e sviluppo dell'attività agricola, potenziamento di quella selvicolturale

5.4 Priorità degli interventi strutturali

La priorità degli interventi è stata determinata sulla base del grado di rischio idrogeologico, ponendo particolare attenzione alla incolumità pubblica, al carattere definitivo e all'organicità delle opere proposte.

Prescindendo dall'attuazione degli interventi, azione indispensabile e non procrastinabile così come quella dell'apposizione e del rispetto delle regole pianificatorie (interventi non strutturali) specie nelle zone a maggior rischio, è l'elaborazione del piano di protezione civile comunale, ai sensi della L.R. 9/2000, in cui dovranno essere stabiliti tutti i provvedimenti, sia di prevenzione sia di emergenza, atti a garantire la sicurezza dei residenti, soprattutto nella fase transitoria che precede la realizzazione delle opere previste e ponendo particolare attenzione a quelle zone in cui è stata segnalata la necessità di misure non strutturali di prevenzione. In questa sede non viene indicato il grado di priorità di tale piano né dei necessari interventi di monitoraggio in quanto esula dalle competenze del piano di bacino, ma se ne sottolinea l'urgenza e il ruolo fondamentale nella prevenzione e nella mitigazione del rischio.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo degli interventi previsti, distinti in classi di priorità, la cui descrizione dettagliata è riportata nei paragrafi precedenti.

Priorità molto alta

Intervento	Costo stimato
2 Adeguamento ponte comunale	1032910€ (2.000.000.000€)
3 Allargamento sezione a Riva Trigoso	206580€ (400.000.000€)
4 Sopraelevazione argine in corrispondenza di edificio in loc. Pian del Fiume e realizzazione di eventuale canale aggiuntivo al di sotto della viabilità in sponda destra per il contenimento della portata 200-ennale	826330€ (1.600.000.000€)
5 Adeguamento sezione e rifacimento ponte Aurelia	1549370€ (3.000.000.000€)

<i>5 b Adeguamento sezione e ponte in loc. Sara</i>	1549370€ (3.000.000.000€)
<i>6 b Riprofilatura sezioni t. Petronio in loc. Vallescura</i>	154937€ (300.000.000€)
<i>8 Adeguamento tombinatura sul rio Cacarello</i>	1549370€ (3.000.000.000€)
<i>9 Riprofilatura alveo, ripristino arginature sul rio Cacarello, ricognizione ed eventuale consolidamento delle R4 dovute all'evento alluvionale 2000</i>	154937€ (300.000.000€)
<i>10 Sottomurazione argini, rifacimento passerella sul rio Vallegrande</i>	516460€ (1.000.000.000€)
<i>10 b Adeguamento sezione e ponte di Villa Ricci</i>	258230€ (500.000.000€)
<i>11 b Adeguamento sezione e ponte sul t. Bargonasco</i>	516460€ (1.000.000.000€)
<i>19 Frana di Verici inferiore</i>	154937€ (300.000.000€)
<i>20 Frana di Cardini</i>	3098740€ (6.000.000€ - 3 anni di monitoraggio)
<i>21 Frana di Masso</i>	243970€ (472.400.000€)
<i>22 Frane di Bargone</i>	61970€ (120.000.000€)
<i>23 Frane di Campegli</i>	61970€ (120.000.000€)
<i>25 San Pietro Frascati</i>	51650€ (100.000.000€)
<i>26 Frana di Missano – Casa del Monte</i>	154937€ (300.000.000€)

<i>27 Frana di Conio</i>	154937€ (300.000.000€)
<i>28 Frana di Velva</i>	3098740€ (6.000.000€ - 3 anni di monitoraggio)
<i>29 Frane di Riva Trigoso e Colle Bardi</i>	5164.57€ (10.000.000€).
Interventi diffusi: sistemazione dei dissesti diffusi a Castiglione Chiavarese, esteso a tutta la zona dell'abitato, a monte della statale e alle zone R4.	516460€ (1.000.000.000€)
Interventi diffusi: sistemazione in località Casa del Fabbro	154937€ (300.000.000€)
Interventi diffusi: località Massasco e Battilana	309870€ (600.000.000€)
Indagini, recupero e stabilizzazione superficiale della vasta area di Monte Croce dei Tozzi e delle R4 adiacenti	154937€ (300.000.000€)
Interventi diffusi e ingegneria naturalistica: indagini e sistemazioni dei versanti nelle R4 dalla confluenza del Bargonasco col Gallinara alla confluenza col T.Petronio.	154937€ (300.000.000€)
Totale interventi	10.496.680€ (20.334.400.000€)

Priorità alta

Intervento	Costo stimato
<i>6 Costruzione arginatura a Francolano</i>	309870€ (600.000.000€)
<i>7 Allargamento sezione, consolidamento argine, pulizia alveo sul rio Nuovo</i>	1032910€ (2.000.000.000€)
<i>12 Ripristino briglie sul rio Rigattaio</i>	154937€ (300.000.000€)

<i>14 Pulizia alveo, demolizione ponte ex S.S. n. 523</i>	516460€ (1.000.000.000€)
<i>15 Sottomurazione briglia sul rio Gavornie</i>	51650€ (100.000.000€)
<i>15 b Adeguamento sezione e ponte rio Frascarese</i>	516460€ (1.000.000.000€)
<i>16 Pulizia alveo e sottomurazione argini tra S. Pietro di Casareggio e Cotarsa Mandrella</i>	154937€ (300.000.000€)
<i>18 Frane di Novano</i>	516460€ (1.000.000.000€)
Indagini e interventi diffusi dal rio Bargonasco alla frana di Nansola e Campo Albaro	309870€ (600.000.000€)
Totale interventi	3305320€ (6.400.000.000€)

Priorità media

Intervento	Costo stimato
<i>I restanti interventi diffusi</i>	516460€ (1.000.000.000€)
Totale interventi	516460€ (1.000.000.000€)

Priorità bassa

Intervento	Costo stimato
<i>I Ripristino arginatura foce</i>	51650€ (100.000.000€)
<i>11 Pulizia alveo tra rii Vallegrande e Bargonasco</i>	154937€ (300.000.000€)

<i>17 Consolidamento passerella a Castiglione C.</i>	206580€ (400.000.000€)
<i>17 b Consolidamento argini e passerella sul rio Guacci</i>	206580€ (400.000.000€)
<i>24 Campegli - Rio Frascarese</i>	41316.55€ (80.000.000€)
Totale interventi	712710€ (1.380.000.000€)

Si noti che gli interventi di manutenzione, per la cui specificazione si rimanda ai paragrafi precedenti, sono stati qui riportati in priorità bassa, benché se ne ribadisca la primaria importanza ai fini della prevenzione del rischio. La manutenzione deve estesa a tutto il torrente, con particolare attenzione ai ponti e alle tombinature: risulta, quindi, difficile quantificare l'effettivo costo globale sull'intero corso d'acqua sulla base dei dati a disposizione a scala di bacino.

L'attuazione della regolare manutenzione del corso d'acqua, deve essere programmata, con cadenza regolare e dopo ogni evento di piena, in un piano complessivo da parte dell'Ente competente: la priorità della manutenzione può aumentare in funzione delle specifiche condizioni delle diverse porzioni dell'alveo e del sottobacino sotteso, nonché a singoli eventi non prevedibili, ma si ricorda ancora una volta come la mancata manutenzione possa ridurre significativamente l'efficacia di tutte le soluzioni proposte.

6 BIBLIOGRAFIA

- Andreotti A., Casu L., 1991. Guida naturalistica del Fiume Entella, Provincia di Genova
- AA VV. Piano di Bacino del Torrente Bisagno - Regione Liguria Settore Difesa del Suolo
- AA VV. Studio di fattibilità tecnico-economica per un progetto finalizzato alla prevenzione e gestione delle emergenze connesse a calamità idrogeologiche - ISMES SpA per il Dipartimento della Protezione Civile
- AA.VV., 1987. Guida dell'entroterra ligure, De Agostini Editore
- AA.VV., 1989. Atlante degli uccelli nidificanti in Liguria - Microart's Ed.
- Abu-Zeid N., Mazzini E., Semenza P., Turrini M.C., 1994. Applicazione di un metodo cartografico-numerico al bacino dell'Alpago (Bl) per la zonazione della pericolosità potenziale da frana - Geologia tecnica ed ambientale 3/94, pp. 45-55, Roma
- AMGA Genova, 1993. Aggiornamento del censimento quali-quantitativo dei corpi idrici della regione Liguria, Regione Liguria
- BARTON H., 1995. "Land Use Planning" in A Guide to Local Environmental Auditing, Earthscan Publication Ltd, London.
- BERRINI M., 1996. "Le Politiche Ambientali a livello locale in Italia : problemi di applicazione e prospettive" tratto dalla Conferenza "Agire Localmente Pensando all'Europa . Dopo la Conferenza Habitat II, quali politiche ambientali a supporto dell'azione Locale ?", Roma (21 giugno 1996)
- Bortolotti V., Gianelli G., 1976. Le rocce gabbriche dell'Appennino settentrionale: dati recenti su rapporti primari, posizione stratigrafica ed evoluzione tettonica - Ofioliti, A.I, n°2, pp. 99-105
- Bras R.- Hydrology An introduction to Hydrologic Science
- Bruschini U., 1987. Studio statistico-cartografico sugli incendi boschivi in provincia di Genova, Provincia di Genova
- Campeol G., 1996. "La Valutazione ambientale nella Pianificazione Territoriale e Urbanistica" tratto da "Valutazione e processo di Piano" a cura di Stanghellini S., Alinea, Firenze
- Carrara A., D'Elia B., Semenza E., 1983. Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi - Geologia Applicata ed Idrogeologia, vol. XVIII, Parte III, Bari
- Castany G., 1982. Idrogeologia, principi e metodi - Libreria Dario Flaccovio Editrice.
- CISPEL, 1996. Confederazione Italiana Servizi Pubblici Enti Locali), Sintesi del "Manuale per la Pianificazione Energetica Ambientale alla scala Comunale" (Milano, maggio 1996) realizzato dall'Istituto di Ricerche Ambiente Italia
- CNR-GDCI, 1995. Rischio di inondazione da piene naturali - Modulo 1994/95 della Scuola di Protezione Civile, CIMA, Università di Genova
- Commissione delle Comunità Europee, 1990. "Libro Verde sull'Ambiente Urbano". Lussemburgo 1990.
- Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo (De Marchi), 1974. *Atti della Commissione*, vol. 2°, parte prima, Roma, pagg. 71-104.
- Comune di Castiglione Chiavarese, 2001. Perimetrazioni aree ad alta pericolosità nell'ambito del territorio del comune di Castiglione Chiavarese. Nota (prot.n.2795) trasmessa alla Provincia di Genova (prot.n.31735), 11pp.
- Comunità Montana Val Petronio, 1998. Mappatura dei principali dissesti nel territorio della Comunità Montana Val Petronio, rapporto conclusivo, 95pp.

- Comunità Montana Val Petronio, 1999. Progetto "Campegli", monitoraggio del movimento franoso della frazione di Campegli in Comune di Castiglione Chiavarese, rapporto conclusivo, 19pp.
- Da Deppo L., Datei C. e Salandin P., 1995. Sistemazione dei corsi d'acqua - Libreria Cortina Padova.
- Decandia F.A., Elter P., 1972. La "zona" ofiolitifera del Bracco nel settore compreso fra Levante e la Val Graveglia (Appennino Ligure) - Mem. Soc. Geol. It., V. 11, suppl., pp. 503-530
- Donati P., Terranova R., Viviani A., 1990. Guida al Parco Monte Serro Punta Mescio, SAGEP Editrice
- French R., 1994. Open Channel Hydraulics - Mc Graw-Hill International Editions.
- Formigoni G., Olcese A. e Giusti G., 1986. Studio di un intervento di consolidamento in terreni di copertura di rocce ofiolitiche. Atti del XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, Bologna, 14-16 Maggio 1986. Associazione Geotecnica Italiana, 2, 69-76.
- Galbiati B., Gianelli G., Principi G., 1976 Nuovi dati sulle ofioliti del Bargonasco e tentativo di una loro ricostruzione paleogeografica - Ofioliti, A.1, n°3, pp. 391-406
- Galli M., Bezzi A., 1969. Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure - Nota XI- Le Rodingiti di Bargonasco e di Bargone - "Rend.Soc.Ital.Min.Petr.", Vol. XXV, fasc.II
- Gambino R. "La dimensione dell'area vista nelle pratiche di pianificazione del territorio"
- Ghetti P. F., Bonazzi G., 1981 - I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. Collana del Progetto finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente". CNR AQ/1/127. PP. 294
- Ghetti P.F., 1986. Manuale di applicazione: i macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Provincia di Trento
- Govi M., Mortara G., Sorzana P.F., 1985. Eventi idrologici e frane - Geologia Applicata e Idrogeologia, 20 (2), pp. 359-375
- Govi M., Sorzana P.F., 1980. Landslide susceptibility as a function of critical rainfall amount in Piedmont basin (North-Western Italy) - Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 14, pp. 43-61
- Heit M., Shortreid A. (Eds), 1991. GIS applications in natural resources. Gis World Inc. Loveland, CO (USA), pp.381
- Kipar A., 1996. "Studio del sistema ecologico ambientale" in Urbanistica Quaderni , n° 1 / 1996, pp 115-124.
- INTERGRAPH, 1998. MGE Basic Nucleus, version 07.01.00. Programma per calcolatore di gestione sistemi informativi geografici.
- Malcevschi S., 1996. "Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale", Il Verde Editoriale, Milano
- Mariotti M., 1996. Dal Tigullio al Bracco, ERGA Edizioni
- Martini E., 1992. Boschi in fiamme, SAGEP Editrice, GE
- Moisello U., 1985. Grandezze e fenomeni idrologici - La Goliardica Pavese.
- Olcese A., Vescovo C., Boni S. e Giusti G., 1991. Slope stability engineering developments and applications. The Institution of Civil Engineers, 15-18 April 1991, The Cliff Tops Hotel, Isle of Wight, 297-302.
- Provincia di Genova, 1987. Programma provinciale di studio e di intervento sul territorio, inerente i bacini del Petronio, dello Sturla e del Gromolo, con riferimento alla Legge 8.12.70, n.996 per la Protezione Civile

- Provincia di Genova, 1991. Monitoraggio dello stato dei corsi d'acqua della provincia basato su metodi biologici (1990-1991). Provincia di Genova. pp. 409, tavv. XXXIX
- Provincia di Genova, 1995. Piano stralcio di bacino del T. Varenna.
- Provincia di Genova, 1997. Piano stralcio di bacino del T. Petronio, studi propedeutici.
- Regione Emilia Romagna, 1991. Progetto di indagine sperimentale sul deperimento e sulla protezione delle foreste contro l'inquinamento atmosferico, Bologna, pp. 30
- Regione Liguria. Piano di bacino del torrente Nervia: relazione
- Regione Liguria, 1997 - Criteri per la redazione dei Piani di Bacino
- Regione Liguria, 1997. Legge Urbanistica Regionale 4 settembre 1997 n. 36, Bollettino Ufficiale Regionale
- Regione Liguria, 1997. "Prime istruzioni per l'applicazione della Legge Ufficiale Regionale 4 settembre 1997 n.36
- Regione Liguria, 1998. 1^a Conferenza di Pianificazione ex. art. 6 L.r. 4 settembre 1997 n. 36, "Le verifiche di sostenibilità ambientale nel PTR e nei PTC provinciali" (Genova 16 novembre 1998), a cura del Dipartimento Ambiente e Territorio della Regione Liguria
- Regione Liguria, 1998 – Standard informatici per l'acquisizione degli elementi territoriali dei piani di bacino in riferimento al modulo M dei criteri per l'elaborazione dei piani di bacino. Servizio Sistemi Informatici, 196pp.
- Regione Liguria, 2000 – Linea guida relativa alle "indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti", 15pp.
- Regione Toscana, 1998. 3^a Conferenza sullo stato dell'ambiente in Toscana, Documento Conclusivo, Gruppo di lavoro "Sviluppo sostenibile" (Firenze, 11-12 giugno 1998), a cura dell'Area extradipartimentale "Sviluppo sostenibile e controllo ecologico" della Regione Toscana
- Rizzi G., 1984. Problemi di protezione idrogeologica nella valle del T.Petronio - Tesi di laurea, Atti Ist. Scienze Geologiche
- Rovereto G., 1904. Geomorfologia delle valli liguri - in "Atti R. Univ. Genova", pp. 226
- Siligardi M. (Ed.), 1985. Esperienze e confronti nell'applicazione degli indicatori biologici in corsi d'acqua italiani. Atti del convegno. Provincia autonoma di Trento, pp. 293
- Tatti M., Checco F., 1994. Sinergie d'azione forestale - Quaderni di Biologia Forestale dell'Università di Camerino, 11, II 123-131
- Terranova R., 1966. La serie cretacea degli "argilloscisti" fra le valli dei torrenti Entella e Petronio (Appennino Ligure) - Atti Ist. Geol.Univ. Genova, V. 4, f. 1, pp. 109-175
- UNESCO, 1993. The multilingual landslide glossary. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party for World Landslide Inventory.
- Vanossi M., Cortesogno L., Galbiati B., Messiga B., Piccardo G. & Vannucci, 1984. Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi - Mem. Soc. Geol. It., 28, pp. 5-75
- Varnes D.J., 1978. Slope Movements Types and processes - in Landslides: Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Chapter 2
- Vignali G., Vanini A., Gherardi L., 1994. Studio dello stato di vitalità dei boschi mediante riprese aeree IRFC nell'area dei Boschi di Carega (PR). Monti e Boschi 3: 20-26
- Visintainer P., Turrini M.C., 1995. Carta della pericolosità di eventi naturali della Val Duron (Trentino Alto Adige) - Geologia Tecnica e Ambientale, 2/95, pp 17-33, Roma
- WILLIAMS HUGH E., 1990. "Ambiente e Sviluppo Urbano" tratto da "Ambiente Urbano" edito da Commissione delle Comunità Europee.

- XVIII Conferenza Italiana di Scienze Regionali “ Parchi e territorio in Europa: nuovi orientamenti per la pianificazione dello sviluppo sostenibile”