



REGIONE  
LIGURIA



Autorità di  
Bacino  
Distrettuale  
dell'Appennino  
Settentrionale

## PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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

*Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio  
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*

### RELAZIONE

Ambito di Bacino di rilievo regionale:  
**LETIMBRO**

Bacino:  
**TEIRO**

Comuni:  
**STELLA**  
**VARAZZE**



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Segretario Generale n. 90 del 25/10/2021
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 47 del 24/11/2021 - parte II

# SOMMARIO

<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO .....	5
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI.....	6
1.2.1 <i>Altri strumenti di pianificazione</i> .....	7
1.3 DATI UTILIZZATI .....	7
<b>2 DESCRIZIONE DEL BACINO</b> .....	<b>9</b>
2.1 GEOGRAFIA.....	9
2.2 GEOLOGIA.....	12
2.2.1 <i>Metodologia di studio</i> .....	12
2.2.2 <i>Caratteri geologici</i> .....	13
2.2.3 <i>Litostratigrafia e tettonica</i> .....	13
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	14
2.3.1 <i>Il controllo tettonico e la qualità della roccia</i> .....	15
2.3.2 <i>Le coperture detritiche</i> .....	16
2.3.3 <i>Frane Attive</i> .....	17
2.3.4 <i>Erosione Superficiale</i> .....	17
2.3.5 <i>Terrazzi marini, fluviali e alluvioni</i> .....	18
2.3.6 <i>Acclività</i> .....	18
2.3.7 <i>Cave</i> .....	19
2.3.8 <i>Riperti</i> .....	19
2.3.9 <i>Evento alluvionale del 4.10.2010</i> .....	19
2.4 IDROGEOLOGIA.....	20
2.4.1 <i>Reticolo idrografico (tav. 13)</i> .....	21
2.5 USO DEL SUOLO.....	22
2.5.1 <i>Zone litoranee – spiagge</i> .....	22
2.5.2 <i>Zone con coltivi consociati</i> .....	22
2.5.3 <i>Aree percorse da incendi recenti</i> .....	22
2.5.4 <i>Corpi idrici</i> .....	22
2.5.5 <i>Distribuzione delle tipologie di zonizzazione d’uso del suolo</i> .....	22
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA.....	24
2.6.1 <i>Asta principale: Torrente Teiro</i> .....	24
2.6.2 <i>Rio Arzocco</i> .....	27
2.6.3 <i>Rio Garombo</i> .....	27
2.7 IDROLOGIA DI PIENA .....	28
2.7.1 <i>Premessa</i> .....	28
2.7.2 <i>Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. (C.I.M.A.)</i> .....	28
2.7.3 <i>Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica</i> .....	32
2.7.4 <i>Portate di piena</i> .....	35
2.7.5 <i>Portate di piena di progetto per il bacino Teiro (Rif. Normativa di Piano)</i> .....	41
<b>3 PROBLEMATICHE E CRITICITA’ DEL BACINO</b> .....	<b>43</b>
3.1 PREMESSA .....	43
3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO .....	44
3.2.1 <i>Suscettività al Dissesto dei Versanti</i> .....	44
3.2.2 <i>Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti</i> .....	47
3.2.3 <i>Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell’autunno 2019</i> .....	48
3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO.....	49
3.3.1 <i>Aree storicamente inondate</i> .....	49
3.3.2 <i>Verifiche idrauliche</i> .....	49
3.3.3 <i>Fasce di inondabilità</i> .....	54
3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO .....	55

3.4.1	<i>Criticità di tipo idraulico</i> .....	55
3.4.2	<i>Criticità di tipo Geomorfologico</i> .....	56
3.5	CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO.....	57
3.6	EVENTO ALLUVIONALE DEL 04.10.2010.....	58
3.6.1	<i>Descrizione generale dell'evento</i> .....	58
<b>4</b>	<b>RISCHIO IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>61</b>
4.1	PREMESSA .....	61
4.2	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	62
4.3	CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO .....	65
4.4	CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO.....	65

## PREMESSA

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

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

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

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

La modifica del Piano di bacino di cui al DSG n.90 del 25/10/2021 aggiorna il presente documento solo con l'inserimento del capitolo 3.2.3 relativo al nuovo quadro dei dissesti per frana conseguenti all'evento alluvionale dell'autunno 2019.

# 1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

## 1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

Il quadro di riferimento generale per la formazione del Piano di Bacino è rappresentato dalle norme contenute nella legge quadro 18 maggio 1989, n. 183. Rilevanza particolare ha inoltre la legge 4 dicembre 1993, 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'articolo 1 dispone che entro il termine del 30 giugno 1999, le Autorità di Bacino di rilievo nazionale ed interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottano, ove non si sia già provveduto, Piani stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico redatti ai sensi del comma 6-ter dell'art.17 della L.183/89 e successive modificazioni che contengano in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e le relative misure di salvaguardia.

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

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

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

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

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo. Peraltro è uno stralcio più limitato rispetto allo stralcio per la difesa idrogeologica così come impostato dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale in Liguria a

seguito della L.R. 9/93. Questo tipo di piano, che è elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del Piano stralcio per la difesa idrogeologica e del quale sarà quindi parte integrante, così come del piano di bacino nella sua stesura completa.

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

I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti Piani stralcio sul Rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di Bacino regionale per la redazione dei Piani stralcio per la difesa idrogeologica.

In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei Piani di Bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

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

- raccomandazione n.1 *"Metodologie per la mappatura delle aree soggette a Rischio di inondazione"*
- raccomandazione n. 3bis *"Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei Piani di Bacino"*,
- raccomandazioni n. 4 *"Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di Copertura e d'Uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi"*
- raccomandazione *"Valutazione della Pericolosità e del Rischio idraulico e idrogeologico-Carte derivate"*
- raccomandazione *"Definizione delle Fasce di inondabilità e di riassetto fluviale"*
- nota CTR *"Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale"*
- raccomandazione *"Redazione della carta del Rischio idrogeologico nei Piani stralcio di bacino"*
- linea guida 2/2000 *"Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di Suscettività al Dissesto dei Versanti"*
- linea guida 3/2000 *"Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un Piano di Bacino stralcio sul Rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del Dl180/98 e ss.mm.ed ii, convertito il Legge 267/98)"*

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

## 1.2 Strumenti di pianificazione vigenti

Nell'ambito della pianificazione di bacino risulta di interesse la valutazione delle potenzialità e delle previsioni di sviluppo antropico contenute nei vari livelli di pianificazione. Nel presente

piano stralcio, tuttavia, si è stabilito, a livello provinciale, di non sviluppare la presente fase che verrà invece, ampiamente trattata nei successivi studi ed elaborati relativi al Piano di Bacino 183.

### **1.2.1 Altri strumenti di pianificazione**

All'interno del Bacino del Teiro ricadono due aree protette regionali. Relativamente infatti alla Direttiva CEE 92/43/CEE, istitutiva dei siti "bioitaly" si osserva che nell'ambito del bacino sono presenti i seguenti siti individuati come "SIC" (siti di importanza comunitaria):

IT 1331578 Beigua-Turchino

IT 1331402 Beigua-M.Dente-Gargassa-Pavaglione.

## **1.3 Dati utilizzati**

A tale scopo, sono stati utilizzati:

- il lavoro intitolato "Valutazioni idrologiche ed idrauliche sulle aste terminali del Torrente Teiro e del Rio Arzocco" commissionato dalla PROMIND Liguria S.r.l. di Varazze per conto e d'accordo con il comune di Varazze all'Università degli Studi di Genova, in particolare al CIMA nel marzo 1997;
- il lavoro intitolato "Progetto preliminare di sistemazione idraulica e viabilistica torrente Teiro e rio Arzocco" commissionato dal Comune di Varazze allo Studio Associato di Ingegneria Ing. P. Misurale – Ing. D. Rocca nel gennaio 1999;
- il lavoro intitolato "Sistemazione idraulica delle aste terminali del torrente Teiro e del rio Arzocco" commissionato dal Comune di Varazze nel dicembre 1999 al gruppo di professionisti formato da:
  - Ing. Alberto Patrone (capogruppo)
  - Ing. Pietro Misurale
  - Arch. Luciano Giacobbe
  - Arch. Ezio Ravera
  - Arch. Pietro Venezia
  - Geol. Roberto De Franchi
- Il lavoro intitolato "Programma di riqualificazione urbana area ex cotonificio ligure" commissionato dal Comune di Varazze allo Studio Associato di Ingegneria Ing. Pietro Misurale – Ing. D. Rocca nel maggio 2000
- Sistemazione idraulica delle aste terminali del torrente Teiro e del rio Arzocco - Studio idraulico finalizzato alla ripermimetrazione delle fasce di inondabilità. ITEC Engineering - 2017

Per quanto riguarda il contesto geologico-geomorfologico sono state utilizzate le seguenti informazioni di base:

- Cartografia di analisi geologica-geomorfologica relativa agli strumenti pianificatori di bacino ex L. 183/89 fornita dalla Provincia di Savona;
- Carta geologica dell'Ente Parco del "Monte Beigua";
- Carta geologica dell'atlante delle carte tecniche della Regione Liguria;

- “Introduzione all’evoluzione metamorfico strutturale del Gruppo di Voltri” Gruppo Strutturale Italiano C.N.R.;
- Foto aeree relative a diversi voli e differenti quote fornite dall’Uff. A.I.T. della Provincia di Savona (indicato di seguiti con A.I.T.);
- Cartografia digitale dei maggiori dissesti franosi realizzata a seguiti D.L. 180/98;
- Indicazioni dei dissesti avvenuti sul territorio del Comune di Varazze nel periodo antecedente e seguente agli eventi alluvionali del Novembre-Dicembre 2000;
- P.R.G. del Comune di Stella, variante geologica;

I dati acquisiti in tal modo sono quindi stati validati mediante rilevamento geologico e geomorfologico con particolare riguardo ai dissesti franosi.

Sulla base dei dati elencati e del lavoro di campagna si è proceduto alla realizzazione degli elaborati orientati al raggiungimento delle finalità dell’incarico ricevuto, ex. L. 267/98.

Lo studio delle foto aeree, normalmente prezioso per l’analisi geomorfologica, non è stato adeguatamente significativo a causa del fatto che la copertura del territorio di competenza, attraverso il materiale disponibile presso A.I.T., si è rivelata solo parziale.

La parte analitica dello studio, realizzata nella primavera 2000, è carente rispetto ai nuovi dissesti occorsi durante gli ultimi eventi alluvionali. Pertanto la successiva fase di sintesi, nella quale sono state redatte le carte della Suscettività al Dissesto di Versante e quindi del Rischio, pressoché terminata nella prima decade del mese di Novembre, non ha potuto recepire che parzialmente la presenza di tali ultimi movimenti franosi.

D’altra parte a seguito di questi episodi si è potuto, purtroppo, verificare a posteriori la validità delle scelte operate, e della metodologia utilizzata, nella realizzazione della cartografia di sintesi. Nella maggior parte dei casi, infatti, i nuovi dissesti di versante ricadono nelle aree classificate con Suscettività media ed elevata. Si rileva infine che l’insieme delle nuove emergenze è stato comunque recepito nella carta degli Interventi.

La metodologia utilizzata è stata quella consigliata dalla Regione Liguria. Per l’applicazione della stessa è stato necessario tuttavia apportare alcune correzioni, come si vedrà meglio nel successivo cap. 3, legate a fattori non compresi nelle informazioni di base previste dall’incarico, ma che pure contribuiscono in maniera rilevante alla formazione della Pericolosità prima e del Rischio poi. La disponibilità di questi dati non ha però un carattere sistematico di copertura del territorio, ed è legata all’esperienza maturata dai singoli professionisti nel corso di incarichi professionali di diversa finalità.

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° 212150-229030-229040.

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

La realizzazione della cartografia tematica numerica è stata eseguita con il pacchetto Bentley Microstation J. I files generati secondo le specifiche primitive, finalizzati all’integrazione del S.I.Re.Ba., hanno subito numerose revisioni imposte dalla necessità di adattare gli stessi alle mutate esigenze di fornire un prodotto stampato a colore pieno, a cui si è arrivati solo dopo diversi aggiustamenti intermedi.

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

## 2 DESCRIZIONE DEL BACINO

### 2.1 Geografia

Il bacino idrografico del Torrente Teiro rientra nell'ambito di Bacino Regionale T. Letimbro e ricade nei territori comunali di Varazze e Stella.

La superficie totale dei bacini raggiunge i 27 Km<sup>2</sup>; si tratta perciò di bacini di ridotte dimensioni, particolarmente acclivi (classi di acclività prevalenti dal 35 al 75%). L'assetto generale è caratterizzato da un tratto medio-terminale orientato circa N/S mentre la testata, nel caso del bacino maggiore, risulta deviata in direzione.

I bacini risultano limitati a settentrione dal crinale delle spartiacque marino-padano, che culmina nella massima elevazione ligure del M.te Beigua.

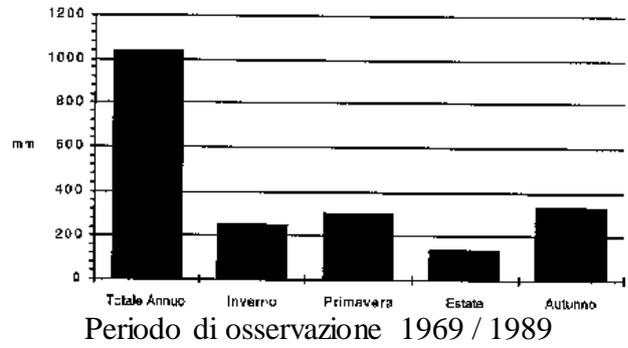
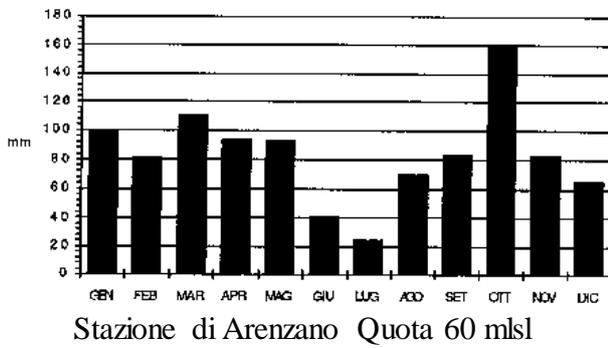
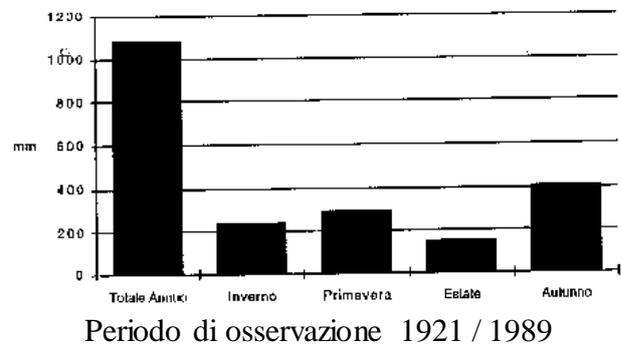
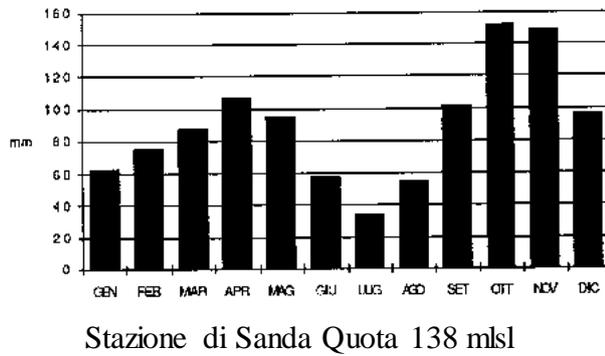
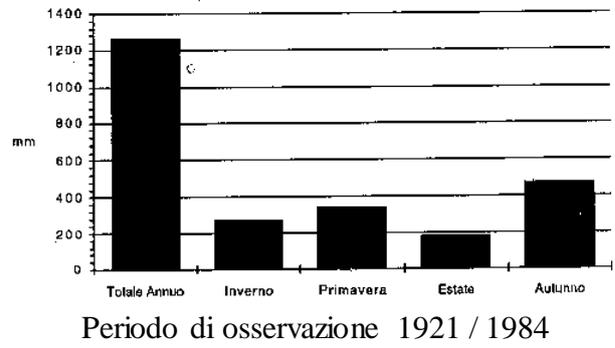
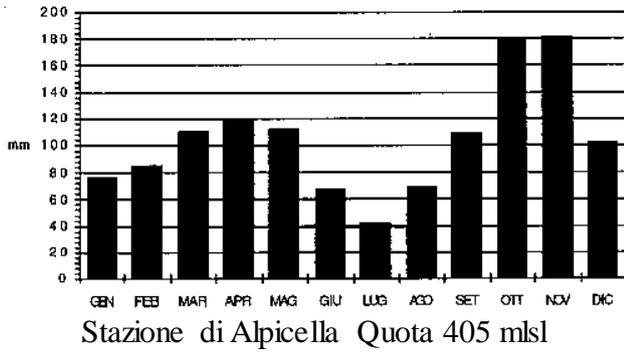
La serie di bacini in parola è limitata ad ovest dalla valle del T. Sanda e ad Est da quella del Torrente Arrestra

Il Torrente Teiro, il maggiore, nasce in prossimità della vetta del M.te Beigua. Si sviluppa per un tratto parallelamente all'alto corso del T. Sansobbia in direzione N-Est S-Ovest, quindi piega decisamente verso Sud a monte dell'abitato della fraz. Alpicella, del Comune di Varazze.

In prossimità della fraz. Pero viene raggiunto, in sponda destra, dalle acque del Rio Malacqua che discende dalla fraz. S. Martino, del Comune di Stella. Il corso d'acqua prosegue quindi in direzione S-Est fino a raggiungere l'abitato di Varazze in loc. Parasio dove, dopo un caratteristico meandro incassato, intraprende il tratto terminale orientato decisamente in direzione Nord Sud fino alla foce.

Il clima è caratterizzato da una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale (ottobre con circa 180 mm) e secondario primaverile (aprile con circa 120 mm), e unimodale delle temperature che registrano indicativamente il massimo in agosto (T<sub>max</sub> 27°C c.a.) ed il minimo in gennaio (T<sub>min</sub> 6°C c.a.) Le immagini sotto riportate identificano compiutamente la situazione in tutta l'estensione del bacino contemplando una situazione nel settore montano, una nel settore intermedio collinare ed una sulla costa. Non disponendo di dati relativi a stazioni costiere direttamente nel settore studiato si è considerata la Stazione di Arenzano come indicativa di una situazione prossimale alla costa attribuibile al tratto di costa studiato.

Andamento della piovosità nel settore studiato



Il 21 % delle precipitazioni annue è mediamente distribuito nei mesi invernali mentre il 37 % è relativo all'autunno ed il 27% alla primavera.

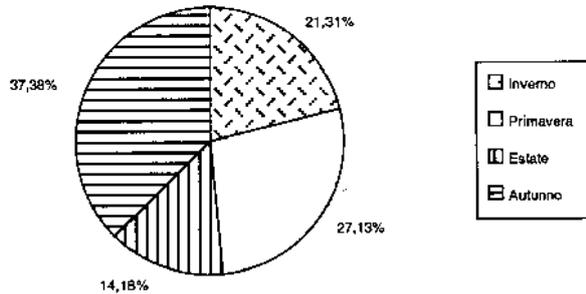
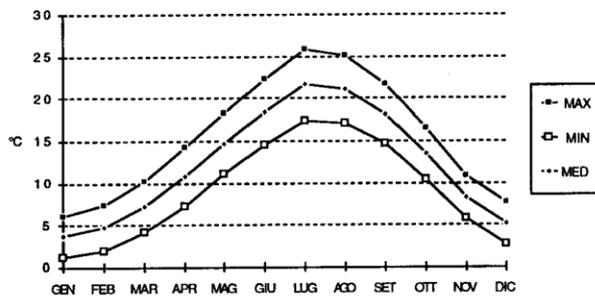


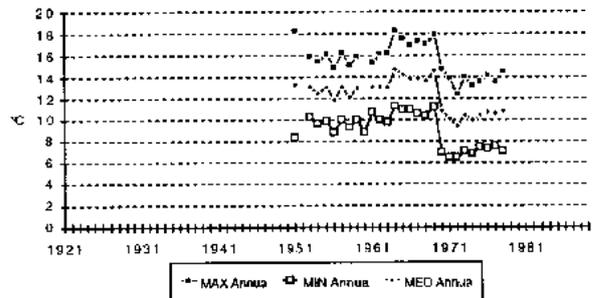
Grafico indicativo della piovosità media

Queste manifestazioni piovose sono generalmente sotto forma di bruschi rovesci concentrati in autunno, periodo nel quale si sono in genere avute le principali piene e i più drammatici episodi alluvionali.

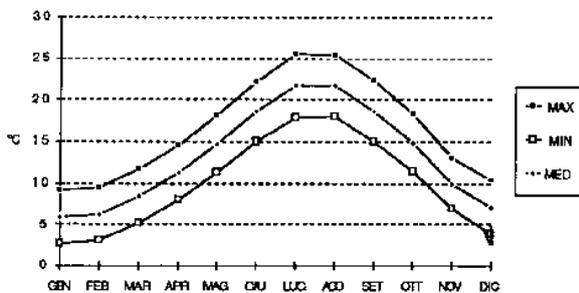
Andamento della temperatura nel settore studiato



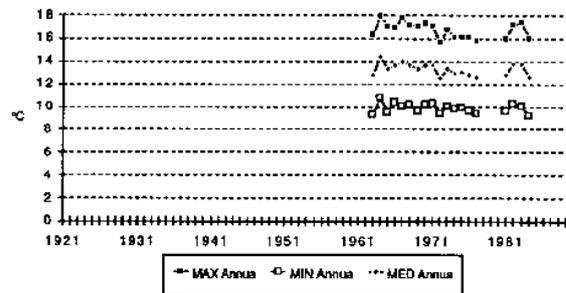
Stazione di Alpicella Quota 405 msl



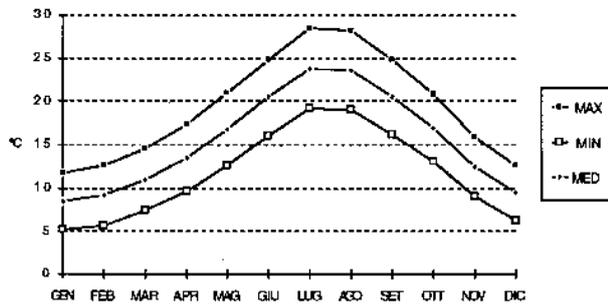
Periodo di osservazione 1921 / 1984



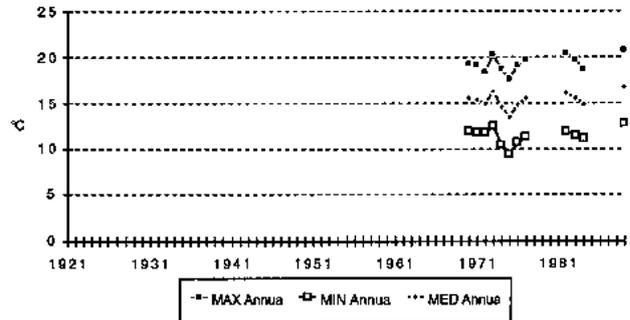
Stazione di Sanda Quota 138 msl



Periodo di osservazione 1921 / 1989

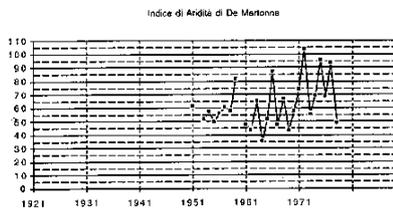


Stazione di Arenzano Quota 60 msl

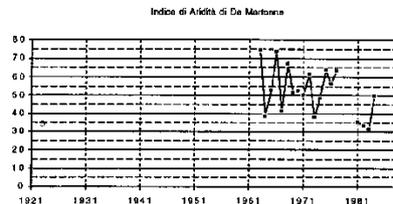


Periodo di osservazione 1969 / 1989

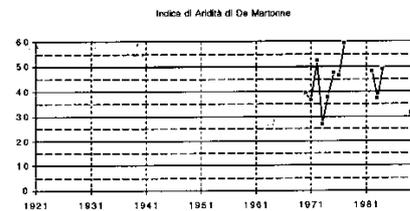
Andamento dell'indice di aridità storico



Stazione di Alpicella



Stazione di Alpicella



Stazione di Arenzano

## 2.2 Geologia

### 2.2.1 Metodologia di studio

L'elaborato grafico di riferimento è la carta Geolitologica. Come successivamente meglio specificato i dati di base per la redazione della cartografia di analisi relativa all'assetto geologico strutturale sono stati desunti sia dalle esperienze dei professionisti incaricati sia dall'analisi critica delle numerose carte Geologiche di dettaglio redatte per i piani Regolatori sia dalla cartografia del Parco del Beigua sia dalle pubblicazioni scientifiche specificatamente dedicate al Gruppo di Voltri. A tal proposito si cita il lavoro "Assetto Strutturale ed Interpretazione Geodinamica del Gruppo di Voltri" [Boll.Soc. Geol.It. 94 (1975) 555-581 Chiesa et al.] che, ancorché datato, costituisce un'efficace sintesi di base essenziale per la comprensione dell'assetto geologico e strutturale della zona.

A tutto ciò si è fatta seguire una fase di analisi puntuale mediante rilievi diretti sul territorio a verifica e puntualizzazione di situazioni poco chiare o comuni, anche in vista dello sviluppo della successiva cartografia di sintesi, meritevoli di particolare attenzione, sempre nell'ottica delle finalità dell'incarico assegnato.

Evidentemente la cartografia redatta è funzionale alla scala di bacino, in particolare sono state eliminate tutte le strutture alla piccola scala che interessano i litotipi dei Calcescisti e delle metabasiti. Tali litologie infatti spesso sono fittamente ripiegate. Piuttosto si è optato per cartografare in funzione della litofacies prevalente.

## 2.2.2 Caratteri geologici

Il settore studiato è caratterizzato dalla presenza essenzialmente di tre unità tettoniche cui fanno capo differenti litotipi metamorfici. Nel settore occidentale affiora significativamente la formazione di Molare che si presenta dislocata in vari lembi. Alcune porzioni di questa formazione oligocenica affiorano anche in posizione prospiciente alla costa nel settore dei Piani di Invrea sovrapposti alle masse metagabbriche e serpentinitiche dell'unità di Varazze.

## 2.2.3 Litostratigrafia e tettonica

### 2.2.3.1 L'unità Beigua.

Questa unità tettonica, molto estesa nella porzione occidentale del Gruppo di Voltri, è rappresentata da una grandiosa brachiantiforme evidenziata dalla giacitura periclinale dei banchi Serpentinitici sul crinale meridionale dei monti Beigua, Rama, Bric del Dente. Il nucleo della struttura è occupato dalla fitta intercalazione di banchi e lenti eclogitici sviluppati nella zona di Vara mentre il fianco occidentale è parzialmente ricoperto dai lembi calcescistoso-prasinotici dell'Unità Alpicella. Un fascio di faglie sub-verticali di direzione est-ovest si sviluppa lungo il fianco meridionale della struttura tra Ellera ed Arenzano separandola dall'Unità Varazze. L'Unità Beigua è interrotta bruscamente a nord dalla faglia Pra' Vallarino-Tiglieto, la cui estremità occidentale pare scindersi in due tronconi delimitanti il lembo oligocenico di M. Calvo. Come già accennato la deposizione di quest'ultimo appare sicuramente controllata dalle faglie citate. Il margine ovest dell'antiforme del M. Beigua è delimitato da una faglia inversa a piano fortemente inclinato ad ovest, la cui attività risulta posteriore al colmamento dei bacini terziari di Sassello e di Santa Giustina, cioè successiva all'Aquitano inferiore (LORENZ, 1969). La stessa faglia interrompe anche la continuità verso ovest della linea Pra' Vallarino-Tiglieto.

### 2.2.3.2 L'unità di Varazze

Costituisce un'unità tettonica addossata al margine meridionale dell'unità del monte Beigua e geometricamente in posizione ribassata rispetto a questa per effetto di un fascio di faglie con andamento E-W; alcune di queste si rinvengono nel corpo dell'Unità stessa e sono evidenziate da scaglie tettoniche di Gabbri. L'unità è rappresentata da ultramafiti e metabasiti con paragenesi di tipo scisti verdi. Le ultramafiti afferenti a quest'area mostrano chiari relitti mineralogici e strutturali di tipo tettonico, mentre i metagabbri hanno localmente chiare strutture magmatiche. Solitamente i metagabbri sono poco deformati e presentano sviluppo di scistosità solamente in prossimità dei contatti tettonici con le ultramafiti. I contatti primari sono sovente accompagnati da processi di rodingitizzazione con sviluppo di paragenesi a diopside, clinozoisite e granato.

### 2.2.3.3 L'unità di Alpicella

Il settore di Alpicella, localizzato nella parte montana del Bacino de Teiro è essenzialmente caratterizzato da tre sistemi plicativi sovrapposti visibili nella zona del torrente Teiro e sintetizzati in una carta strutturale di dettaglio in scala 1/5000, basata principalmente su carte delle superfici stilizzate in scala 1/200 (D'Antonio ed Al. 1984).

Oltre a questi tipi di strutture, il cui stile è prevalentemente di tipo isoclinale, esistono strutture plicative più aperte. Tutte queste strutture sono sinmetamorfiche con sviluppo di foliazioni regionali, estremamente più marcato per le prime due fasi. La dimensione massima riconosciuta per questi sistemi plicativi va da qualche metro per la prima fase, fino al chilometro per la seconda e la terza. Strutture postmetamorfiche più recenti sono rappresentate da fasce di kink-

bands con superfici assiali verticali e da tre gruppi di faglie subverticali. Queste ultime sono state raggruppate sulla base del semplice criterio dell'orientazione; due di questi sistemi sono collegati alla morfologia dei versanti (direzioni NE-SW e NW-SE).

Tre associazioni litologiche sono state distinte nell'area di Alpicella; tali litotipi presentano ancora caratteri giacitureali e tessitureali relitti che permettono di risalire ai protoliti originari.

L'associazione intrusiva comprende:

- 1) Serpentiniti s.l. e Serpentinoscisti antigoritici derivanti presumibilmente da lherzoliti tettonitiche;
- 2) meta – Mg – gabbri, a volte intercalati a meta – Fe – gabbri (Torrente Teiro, Rio dell'Uomo Morto);
- 3) meta – Fe – gabbri talora caratterizzati da pseudomorfosi di pirosseno sodico sui siti del clinopirosseno primario (Bric Montebè).

L'associazione effusiva è principalmente caratterizzata da metabasalti a tessitura listata, al cui interno sono riconoscibili concentrazioni di boudins basici di dimensioni decimetriche, nei quali sono preservate tessiture e paragenesi eclogitiche relitte. Fra i prodotti del detritismo ofiolitico vanno annoverati:

meta – areniti da Mg – gabbro (St. Anna);

meta – areniti e metabrecce da basalto (Torrente Teiro);

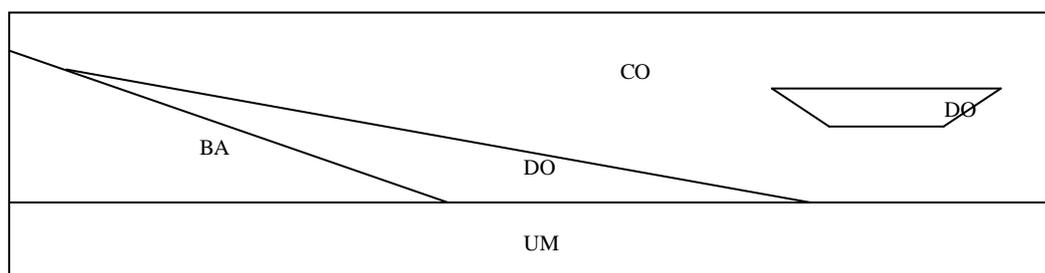
meta – oficalciti (S. Anna).

L'associazione metasedimentaria comprende:

quarzoscisti (Torrente Teiro);

micascisti (St. Anna .Bric del Vento);

Calcescisti s.s. e marmi.



Schema dei rapporti litologico-strutturali

UM : Rocce basiche ultramafite, BA : Basalti, DO : Detrito Ofiolitico di varia natura,  
CO : Copertura indifferenziata (Calcescisti s.l.)

Le rocce basaltiche dell'Unità Alpicella, non costituiscono invece un elemento continuo ed uniforme al di sopra delle Serpentiniti e delle sequenze intrusive, in quanto la sequenza metasedimentaria può poggiare direttamente su Serpentiniti, Gabbri, Basalti, o su loro derivati detritici, da fini a grossolani. Per quanto riguarda i quarzoscisti, il loro complesso assetto tettono – sedimentario non consente di stabilire con certezza la loro posizione basale nella sequenza metasedimentaria.

## 2.3 Geomorfologia

Nel bacino del T. Teiro si realizza un brusco passaggio da zone collinari caratterizzati da insediamenti sparsi che si allargano dai nuclei delle frazioni di insediamento storico, le limitate superfici di fondovalle sono state utilizzate per alcuni insediamenti artigianali/industriali

tradizionalmente indirizzati alla lavorazione della carta. Il tratto di pianura alluvionale dell'asta terminale ospita il centro urbano vero e proprio.

In dettaglio, si possono distinguere:

- una zona prettamente urbana situata nella parte bassa del bacino all'interno della piana alluvionale;
- una parte mediana della valle, mediamente acclive con coperture eluvio colluviali di media potenza, dove si registra un insediamento antropico diffuso attorno alle frazioni storicamente insediate;
- la parte alta del bacino ha caratteristiche montane con aree ad acclività medio bassa quasi unicamente nei settori di crinale o in corrispondenza di accumuli detritici ispessiti.

### 2.3.1 Il controllo tettonico e la qualità della roccia

Sia la rete idrografica che l'assetto geomorfologico generale sono condizionati dalla struttura tettonica.

Dall'esame del reticolo idrografico è evidente una direzione Nord-Sud su cui si imposta il corso medio e basso del Torrente Teiro, la parte alta dello stesso presenta invece un andamento marcatamente condizionato da una direttrice Nord-Est Sud-Ovest. Il maggiore dei due principali affluenti del Teiro, il Malacqua, risente di una direttrice tettonica Nord-Ovest Sud-Est la quale condiziona anche il cambiamento della morfologia del versante in sponda sinistra da fortemente acclive e con scarsa copertura detritica ad acclività medio bassa con coperture medie e potenti.

Tale controllo tettonico è il responsabile del caratteristico meandro, in loc. Parasio, poco prima che il corso d'acqua si immetta nel suo tratto terminale.

Il reticolo idrografico del Torrente Teiro raggiunge, nell'asta terminale dello stesso l'ordine 5, secondo Horton – Strahler, e presenta un assetto dendritico in particolare di tipo "pincer-like" ovvero con aste, specie di 1° ordine, leggermente curve.

Al fine di definire in maniera più dettagliata il comportamento del substrato roccioso, in termini di definizione della Suscettività al Dissesto di Versante, si è provveduto a convertire la generica voce **Rf**, roccia fratturata, in 4 sottoclassi così definite:

- Rf 1 = substrato in condizioni di manifesta fessurazione;
- Rf 2 = substrato marcatamente micro- e macro-fratturato;
- Rf 3 = substrato fogliettato e fratturato;
- Rf 4 = substrato a bande cataclasate.

Sottoclassi di Rf	TEMI GEOLITOLGICI	N. FORMAZIONALE	U. TETTONICA
Rf1	<i>Metabasiti. Metagabbri, talora Serpentiniti massicce.</i>	BEI	ALP-VAR
Rf2	<i>Serpentiniti massicce.</i>	BEI	BPO
Rf3	<i>Calcesisti e Serpentiniti.</i>	TUR	ALP
Rf4	<i>Zone di faglia, Cataclasiti, Miloniti e Serpentinoscisti.</i>		

Nella classe R rientrano i conglomerati della Formazione di Molare e le dolomie di Cogoletto.

Sia il Gruppo di Voltri che il Cristallino Savonese sono costituiti da rocce che sono state oggetto di fenomenologie tettoniche di varia epoca, manifestatesi con la formazione di fitti piegamenti, faglie e superfici tettoniche complesse. La legenda proposta dalla Regione è senza dubbio ben applicabile a condizioni di substrato tipiche di formazioni sedimentarie, quali ad esempio i Calcari dell'Antola o le formazioni flyschoidi, mentre le stesse categorie mal si adattano alle rocce metamorfiche cristalline. Questo perché le stesse rientrerebbero sostanzialmente in un

unica categoria, la Rf, corrispondente al substrato in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata.

L'attribuzione a tali sottoclassi è stata eseguita su considerazioni di tipo sia litologico sia tettonico sia di morfologia di affioramento.

A tale criterio di base si è quindi sovrapposta la considerazione morfologica evidente o interpretabile e tutte le informazioni note agli scriventi dall'esperienza e dalle loro osservazioni sul terreno.

### **2.3.2 Le coperture detritiche**

La maggior parte del territorio è interessato da roccia affiorante o subaffiorante o con coperture detritiche inferiori a 1 m di potenza.

Le coltri detritiche hanno spessore generalmente modesto (fino a 3 m), la loro estensione viene interrotta da larghi tratti di roccia affiorante. Esse sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce e coltivati, ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sia pur sottile copertura.

Negli ambiti di versante è infatti molto diffusa la situazione in cui il substrato roccioso appare alternatamente affiorante e subaffiorante, in particolare nelle zone degli spartiacque orografici, in corrispondenza delle dorsali morfologiche, nelle zone più acclivi e nei solchi d'erosione dei rii.

La cartografia di tali corpi detritici risulta difficile e di incerta affidabilità non essendo disponibili, se non in casi rari, delle informazioni quantitative.

D'altra parte se è vero che accumuli di media potenza, <3m, non sono generalmente sede di dissesti importanti è pur vero che la loro diffusione sul territorio è il fattore principale di controllo del rifornimento di materiale, che rappresenta il potenziale trasporto solido della rete idrografica.

Pertanto l'importanza di queste coperture detritiche, se risulta da un lato sotto il profilo della dimensione del dissesto atteso, dall'altro è invece notevole in termini di diffusione di piccoli dissesti o di estensione di movimenti superficiali e, soprattutto, in termini di difesa del suolo in generale in considerazione del controllo che esercita sul trasporto solido dei corsi d'acqua.

E' il caso delle plaghe presenti in sul versante sinistro della valle compreso fra l'abitato del Pero e il crinale che si spingono fino alla frazione Casanova.

In questi settori la coltre di media potenza è discretamente estesa e la presenza di una rete di drenaggio superficiale mal gerarchizzata, con riferimento ai Rii Borcon e dell'Olmo, denuncia la potenziale presenza di aree di impregnazione sulle quali si possono instaurare movimenti superficiali di scivolamento, colamento, di soil slip o di creep.

I corpi detritici, quali accumuli ispessiti e paleofrane, che superano 3 m di potenza vengono cartografati sia nella carta geomorfologica che in quella geologica.

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

Tuttavia le coltri detritiche hanno origine eluvio-colluviale e presentano perciò un'incerta segnatura sedimentologica essendo costituite da detrito eterometrico ed eterogeneo.

Le coltri detritiche che si sviluppano sulle masse di calcescisti si presentano arricchite nella frazione argillosa, all'interno della matrice limoso argillosa si possono frequentemente rinvenire ciottoli e massi che rappresentano i residui della roccia madre preservati dai processi di alterazione e degradazione.

La natura genericamente più competente dei substrati basici consente il progredire, dei processi di alterazione e degradazione attraverso le fratture dell'ammasso. Il risultato finale è una coltre detritica in cui la frazione argillosa appare meno abbondante ed è frequente una frazione

grossolana, ciottoli e massi. In questi contesti non sono infrequenti movimenti superficiali in settori particolarmente acclivi che danno luogo a movimenti di colamento o scivolamento tipo debris flow, come nel caso dei versanti sovrastanti la galleria autostradale Cavetto, sopra l'abitato di Varazze.

### **2.3.3 Frane Attive**

Le frane censite sul bacino in esame, e rappresentate nella carta geomorfologica, sono state prodotte con gli atti oggetto dell'iter di approvazione.

Nella carta stessa vengono riportati in effetti tutti i dissesti e il loro stato di attività sebbene, fatte salve le considerazioni esposte al precedente paragrafo, le frane di una certa importanza, in termini assoluti riguardo al singolo fenomeno, sono le due frane complesse in corso di studio in frazione Pero e frazione Alpicella, quest'ultima in corso di sistemazione.

La prima delle due è in particolare organizzata in vari corpi con movimenti indipendenti, cause innescanti e cinematica differenti sia in sponda destra che in sponda sinistra del corso del torrente.

La porzione occidentale, in sponda destra, è stata in passato oggetto di lavori di sistemazione che necessitano però di monitoraggi e migliorie in particolar modo sotto il profilo della raccolta e captazione acque.

Gli ultimi eventi alluvionali non hanno causato sensibili peggioramenti della situazione di queste due emergenze mentre hanno mostrato che, come più sopra discusso, le coperture detritiche di media potenza possono essere sede di movimenti che seppur relativamente piccoli, rappresentano una significativa fonte di rischio stante la distribuzione degli insediamenti e soprattutto delle strade di collegamento.

Negli esempi più significativi, si consulti la carta degli interventi aggiornata con gli ultimi dissesti, il caso di frazione Casanova o di frazione Alpicella mostrano come un piccolo movimento rototraslazionale comprometta il collegamento tra gli insediamenti sparsi che fanno capo alle frazioni del Comune.

Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.GR.1592/03), sono state rilevate e cartografate le seguenti frane puntuali: nel Comune di Stella in loc. Villa del Bricco e in loc. C. Nella; nel Comune di Varazze in loc. Rocce Raggiose.

### **2.3.4 Erosione Superficiale**

Data l'energia di rilievo elevata che caratterizza le aree in esame il ruscellamento diffuso e la conseguente erosione incide praticamente su ogni superficie. I problemi che il fenomeno comporta sono relativamente contenuti per quei settori con coltri di copertura di spessore modesto o addirittura nullo. Diventa invece più importante l'impatto di questa erosione areale sui settori interessati da coltri di media potenza o su accumuli ispessiti, specialmente riguardo al contributo proveniente da tali settori al bilancio di disponibilità potenziale di materiali erosi per il carico solido dei corsi d'acqua.

Sotto l'aspetto dell'erosione incanalata si rileva che, pressoché ogni asta del reticolo idrografico di ordine < del 4° è sede di erosione di fondo in quanto le pendenze osservate non consentono l'instaurarsi di tratti in deposizione.

L'azione di tali fenomeni si manifesta più dannosa nello scalzamento al piede di coperture detritiche di differente potenza che interessano i versanti.

Sia i fenomeni di erosione per ruscellamento diffuso che per deflusso incanalato sono di rilevante significato laddove incidono su coltri detritiche di origine antropica come i tipici terrazzamenti a “fasce”. La vetustà dei muri di contenimento e delle opere di canalizzazione e drenaggio delle acque superficiali, causata dall’abbandono e dalla conseguente assenza di manutenzione, rende particolarmente vulnerabili queste coltri a processi erosivi predetti.

### **2.3.5 Terrazzi marini, fluviali e alluvioni**

Per quanto riguarda la rappresentazione delle alluvioni sulla cartografia del piano di bacino, si sono considerati come alluvioni attuali, a granulometria prevalentemente sabbiosa, i depositi alluvionali più giovani della piana e quelli di fondovalle.

Questi sono stati cartografati sotto la sigla “**am**” che richiama le alluvioni mobili, per mantenere la rispondenza alla legenda standard. La parte mobile di tali depositi è limitata di fatto all’alveo attivo ed ai depositi di spiaggia non protetti da opere marittime, in quanto gli interventi antropici di arginatura, regimazione e l’urbanizzazione in genere rendono non rispondente alla definizione di “alluvioni mobili” la maggior parte delle alluvioni attuali.

Su entrambe le sponde del corso principale, dalla foce fino ed oltre la frazione Pero sono presenti una serie di terrazzi alluvionali di incerta età.

Sulla costa si evidenziano una serie di terrazzi di verosimile origine marina, impostati per lo più in corrispondenza dagli affioramenti conglomeratici che testimoniano la trasgressione oligocenica.

I cigli di tali terrazzi possono, ove non consolidati, essere sede movimenti di piccoli o medie dimensioni consistenti nel distacco e crollo del materiale sedimentario causato dalla naturale disgregazione ad opera degli agenti meteorici.

Un analogo fenomeno può interessare i litotipi che costituiscono le falesie le quali, ancorché difese al piede, subiscono un processo di sgretolamento e di lento arretramento ad opera dei medesimi agenti esogeni il cui effetto è amplificato dall’ambiente aggressivo causato dalla salsedine e dall’acqua marina.

### **2.3.6 Acclività**

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

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

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

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

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

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

Le classi 1 e 2 risultano prevalenti nella zona prossima alla foce in corrispondenza dei terrazzi morfologici, in area urbana e lungo gli alvei nelle zone di alluvione. Nella parte alta del bacino le classi 1 e 2 sono rappresentate piccole aree sub-pianeggianti lungo i crinali.

Le zone più acclivi sono presenti nelle parti alte dei sottobacini ed in corrispondenza dei versanti scoscesi generalmente in rocce calcaree.

L'acclività è uno dei fattori utilizzati per la determinazione della Suscettività al Dissesto. I dati relativi sono riportati al capitolo 3 unitamente alle altre voci analizzate.

### 2.3.7 Cave

Nel bacino non sono presenti cave attive mentre si segnala una **cava dismessa**, nel comune di Varazze in Località Monte Beigua denominata "Beigua II". Si tratta di una cava utilizzata in passato per la produzione di inerti ad uso edile stradale. Di dimensioni piuttosto ridotte è caratterizzata da un fronte di cava alto circa 15 m, largo 14 m e profondo circa 40 m.

### 2.3.8 Riporti

I **riporti** detritici individuati nel bacino del T. Teiro, che presentano dimensioni e potenze significative, sono essenzialmente cinque e localizzati come di seguito indicato:

- in corrispondenza dell'imbocco della "Galleria autostradale Don Bosco"; si tratta di materiali detritici eterogranulari derivanti dalla costruzione dell'asse autostradale stessa;
- tra la "galleria Varazze" e la "galleria Cavetto" dell'autostrada Genova-Ventimiglia; la loro origine è analoga ai precedenti;
- in località "Cascina Piccardo", in sponda destra del T. Teiro, il piazzale così ricavato è sede di un piccolo insediamento industriale al quale si accede mediante un ponte carrabile che lo collega alla strada provinciale;
- in località "PisciaCrava" a valle della strada Varazze-Casanova. Il terrapieno è adibito a parcheggio e rimessaggio auto e mezzi agricoli a servizio dell'adiacente agriturismo;
- in località "Fossa du Rusin" è localizzato un piccolo riporto a valle della viabilità sul quale è stata allestita un'area a verde attrezzato.

Nel Bacino non sono presenti **discariche**.

### 2.3.9 Evento alluvionale del 4.10.2010

Nell'ottobre 2010 il territorio regionale di ponente e' stato investito da un fenomeno meteorico di eccezionale intensita' La maggior parte dei dissesti è avvenuta lungo i corsi d'acqua affluenti del T.Teiro; lungo i rii scolanti a mare quali Arzocco, Cavetto,della Mola, Portigliolo e il T.Arrestra. In particolare i corsi d'acqua sono stati interessati da importanti fenomeni di dissesto con erosioni spondali e franamento di versanti che hanno danneggiato infrastrutture ed alimentato la corrente di piena con una notevole quantita' di materiale solido aumentando le criticita' del territorio.

Descrizione dei fenomeni di dissesto

I fenomeni di dissesto osservati sono di tipo puntuale/lineare e areale.

#### a.1) Fenomeni di dissesto di tipo puntuale/lineare

La maggior parte dei fenomeni si può ricondurre a movimentazione del materiale presente nelle incisioni vallive e lungo i versanti sottoforma di colate rapide e di flussi detritici in grado di erodere e trasportare rapidamente materiale solido.

Il trasporto solido è stato influenzato dal tipo di roccia affiorante: fratturato a blocchi, avente matrice talora molto coesiva.

Il solo rilevamento realizzato in urgenza non ha consentito di percepire quale sia stato l'agente preponderante del movimento (gravità, correnti idriche).

L'argilla e i minerali argillosimili che vanno a costituire sia la frazione fine del detrito disponibile alla mobilitazione sia i calcescescisti e le serpentiniti intensamente cataclasate e milonitizzate sono stati responsabili della grande capacità erosiva dei flussi detritici

In sintesi, l'origine dei dissesti è avvenuta perchè si sono verificate le condizioni ottimali:

- la presenza di materiale detritico e/o roccia frantumata su versante o negli alvei dei corsi d'acqua;
- apporto relativamente rapido di grandi quantità d'acqua nella zona di affioramento del detrito, sufficienti per la mobilitazione dei sedimenti;
- pendenza elevata dei versanti o dell'alveo.
- alveo talvolta privo di manutenzione e/o pulizia

#### a.2) Dissesti di tipo areale

I processi di dilavamento hanno provocato sulla superficie del terreno l'asportazione e il trasporto di particelle solide. Localmente si è osservato che il materiale eroso ha prodotto degli accumuli nelle depressioni topografiche. Di tale fenomeno non è stato di facile individuazione il limite tra l'azione delle acque dilavanti tipica delle dinamiche di versante e quella delle acque incanalate riconducibile alla dinamica fluviale.

Le acque incanalate producono erosione concentrata di fondo alveo di tipo lineare che consiste nell'asportazione di materiale dal letto del corso d'acqua che di conseguenza tende ad approfondirsi.

A questo tipo di azione si è talora associata l'erosione di sponda, con richiamo di materiale detritico dal versante producendo un allargamento dell'alveo.

## 2.4 Idrogeologia

La carta Idrogeologica, elaborato di riferimento per questo capitolo, utilizza, come carta di base di analisi, quella Geologica per l'attribuzione dei vari tipi di permeabilità alle formazioni rocciose ed alluvionali.

Essenzialmente per quanto attiene alla permeabilità sono state differenziate due classi: permeabilità per porosità e permeabilità per fratturazione

In particolare a tutti i terreni alluvionali e le coperture detritiche corrisponde la permeabilità per porosità mentre ai vari litotipi affioranti, siano essi sedimentari o metamorfici, corrisponde permeabilità per fratturazione.

Ai fini della elaborazione della carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti è stato dato risalto al contrasto di permeabilità fra coperture e substrato, tenuto conto anche dell'acclività del versante.

La carta Idrogeologica riporta anche i pozzi ad uso potabile, la cui ubicazione è stata fornita dalla Provincia di Savona, e le sorgenti.

La caratterizzazione idrogeologica del territorio dipende da molteplici fattori, sinteticamente:

- estensione e morfologia del bacino idrografico;
- distribuzione areale delle litofacies, loro natura e assetto geologico strutturale della zona, che definiscono la struttura idrogeologica nel suo insieme;
- geometria ed estensione degli acquiferi e loro reciproci rapporti;
- modalità di alimentazione, scorrimento, accumulo delle precipitazioni e rapporti con le reti idrografica e con la tettonica.

Il territorio del bacino oggetto della presente relazione non presenta alcuna grande piana alluvionale, piuttosto è caratterizzata da acclività medio-elevata con sviluppo di depositi detritici anche potenti. Tali depositi sono sede di falda permanente. Nella gran parte del bacino la circolazione idrica ipogea avviene in acquiferi con bassa permeabilità per fratturazione negli ammassi rocciosi. Perciò gli acquiferi sono complessi e discontinui, e condizionati fortemente dalle variazioni di facies litologica nonché dalla tettonica, con prevalenza di meccanismi di circolazione profonda: le sorgenti sono per lo più sorgenti di contatto individuabili in corrispondenza dei contatti tettonici tra differenti litologie. Non si rilevano differenze significative di permeabilità per fratturazione tra le differenti litologie

Limitatamente alla piccola piana alluvionale alla foce del Teiro si rileva la presenza di una falda di subalveo continua intesa superficialmente. Questa falda presenta variazioni stagionali con oscillazione del top di alcuni metri che si attenua rapidamente approssimandosi alla costa per effetto del carico del cuneo salino che si estende all'interno. Tale acquifero costituisce un'importante risorsa idrica anche se la piana alluvionale risulta modesta; ad essa si aggiungono gli sfruttamenti delle sorgenti nella parte "montana" del bacino e gli acquiferi che si sviluppano nei corpi detritici.

Una falda stabile di subalveo si rileva nel settore centrale del bacino in corrispondenza dei terreni alluvionali nella zona del Pero e della confluenza Teiro – Malacqua.

In ultimo, relativamente all'assetto idrogeologico della zona si può notare che la morfologia delle valli e l'assenza di piane alluvionali sono da mettere in relazione con la bassa erodibilità dei litotipi che costituiscono i terreni in cui si sviluppa il bacino nonostante il fatto che il torrente Teiro ha le sorgenti a oltre 1000 m di quota.

Unitamente ai caratteri idrogeologici viene riportato, sulla medesima carta Idrogeologica, il Reticolo idrografico gerarchizzato. L'attribuzione dell'ordine gerarchico ha richiesto la revisione del reticolo precedentemente fornito dall'Amministrazione.

Si è proceduto secondo la metodologia proposta da Horton Strahler mediante la quale si attribuiscono ordini da 1, per i rii minori, fino a 5, per l'asta terminale del torrente Teiro, in funzione della confluenza di rii di pari ordine.

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

La Carta del Reticolo Idrografico non costituisce elaborato contenente le previsioni di Piano ma è da considerarsi parte degli elaborati di analisi al Piano stesso. La tavola 13 comprende i corsi d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, (fermo restando che il valore di ufficialità può essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della

Provincia di Savona pubblicato sulla GU. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954), gli ulteriori tratti che rivestono significativa rilevanza idraulica nonché tutti i tratti individuati dalla base topografica della cartografia della Carta Tecnica Regionale.

## **2.5 Uso del Suolo**

### **2.5.1 Zone litoranee – spiagge**

Le spiagge attrezzate presenti in prossimità della foce dei torrenti sono state classificate con la codifica 1.4.2 e considerate quali “Aree sportive e ricreative”.

### **2.5.2 Zone con coltivi consociati**

Le aree con coltivi consociati (in attualità di coltivazione o trascurati, ma non ancora colonizzati dalla vegetazione infestante) sono stati codificati con la codifica 2.4 “Zone agricole eterogenee”.

Nell’ambito della stessa codifica sono stati riportati i vigneti di ridotta superficie (inferiore ai 1.000 mq), se situati in zona di coltivo misto.

### **2.5.3 Aree percorse da incendi recenti**

Le aree percorse da incendi recenti sono state cartografate con la codifica 3.4.4. a partire dai verbali delle denunce di incendio, acquisiti dal Corpo Forestale dello Stato.

Gli incendi in questione si riferiscono al periodo 1994-1999 e sono stati riportati nella carta di Uso del Suolo solo se:

- cartografati in origine dal verbalizzatore del C.F.S. (su estratto di C.T.R. o di mappa catastale);
- con area effettivamente percorsa dal fuoco di superficie almeno pari a 0,3 ha.

### **2.5.4 Corpi idrici**

L’asta terminale del torrente Teiro è stata codificata col codice 5.1.1 (Corsi d’acqua e canali largh. minima alveo m 10) in quanto non si è ritenuto che nella stessa, a differenza delle foci di altri torrenti dei vicini bacini, prevalesse la caratteristica di “zona umida”.

### **2.5.5 Distribuzione delle tipologie di zonizzazione d’uso del suolo**

#### **2.5.5.1 Territori Modellati Artificialmente**

Le zone urbanizzate, gli insediamenti commerciali ed industriali e le zone verdi non agricole sono concentrate principalmente lungo l’asta terminale del torrente Teiro e in prossimità della foce.

Le aste terminali e le foci dei torrenti che sfociano nell'estremo levante del territorio provinciale non sono caratterizzate dalla presenza di insediamenti urbani, ma dalla presenza di insediamenti sparsi, per lo più a destinazione turistica.

La parte media e bassa del bacino del torrente Teiro è caratterizzata dalla presenza di nuclei insediati "storici" di una certa importanza (Casanova, Pero, Alpicella), intorno ai quali sono situate le zone agricole coltivate di maggiore importanza.

Le grandi reti infrastrutturali (ferrovie, autostrada) attraversano l'asta terminale del Teiro in sopraelevazione; lungo il basso-medio corso del torrente Teiro e del suo affluente Malacqua scorre una Strada Statale che porta al Colle del Giovo e al Piemonte.

La sola discarica di una certa importanza (R.S.U.) si trova nella valle del rio Arenon, in località "Ramognina".

#### 2.5.5.2 *Territori agricoli*

Il bacino del torrente Teiro è caratterizzato dalla presenza di numerose aree agricole, per lo più non specializzate (anche se numerosi sono i lembi di oliveto non consociato ad esse inframmezzate e si nota la presenza di qualche lembo di vigneto puro o di coltivazione intensiva), situate in prossimità del centro urbano e a corona degli insediamenti sparsi sul territorio.

Aree agricole specializzate, condotte a coltura intensiva (anche serricola), si trovano nel versante litoraneo del bacino dei torrenti che sfociano all'estremo levante della Provincia.

Prati e pascoli sono di una certa estensione e sono presenti soprattutto nella parte alta del bacino del Teiro, essendo ancora utilizzati per l'esercizio della zootecnia.

Uniformemente diffuse, anche se non sempre cartografate a causa della loro ridotta estensione, le zone di ex coltivo non ancora colonizzate dall'arbusteto o dal bosco; esse sono spesso inserite in aree con differente – e prevalente – destinazione di uso del suolo.

#### 2.5.5.3 *Territori boscati ed ambienti seminaturali*

Il bosco copre gran parte del territorio del bacino del torrente Teiro; la tipologia vegetazionale (a partire dalle zone alte del bacino), vede bosco mesofilo di faggio e di conifere (quest'ultimo talvolta di impianto artificiale).

A scendere verso la foce prevalgono specie mesotermofile e termofile (castagno e conifere).

Nel bacino dei torrenti Arrestra, Portigliolo e Arenon prevale il bosco termofilo di conifere, fortemente degradato a causa di incendi e fitopatie.

Diffuse le praterie, soprattutto nella parte alta del bacino, nella zona del massiccio del monte Beigua.

Diffuse anche le aree ad arbusteto, presenti sia dove il substrato non consente la crescita del bosco, sia nelle aree dove ripetuti incendi hanno devastato la copertura arborea boschiva (soprattutto sul versante litoraneo dei bacini dell'estremo levante provinciale).

#### 2.5.5.4 Zone umide

Ridottissime e spesso non cartografabili (perché di localizzazione puntuale) le zone umide presenti lungo il corso dei torrenti.

## 2.6 Descrizione della rete idrografica

### 2.6.1 Asta principale: Torrente Teiro

Percorrendo il tratto del torrente Teiro esaminato, si incontrano numerosi attraversamenti il cui ingombro rappresenta, per le portate di piena, una notevole riduzione della luce libera di deflusso.

Da monte verso valle si incontrano: il nuovo ponte “Rissolin”, il ponte del Parasio su cui trova sede la strada statale, il ponte della ferrovia Genova-Ventimiglia, una passerella pedonale, e non ultima nel ruolo di ostacolo alla corrente, una copertura in C.A. che, per tipologia costruttiva, divide il flusso in due fornici di uguali dimensioni.

Allo scopo di recuperare importanti spazi alla viabilità del centro cittadino, l’asta terminale del torrente Teiro è stata coperta per un tratto di circa 250 metri dalla foce fino all’ex ponte della ferrovia nella zona prospiciente il palazzo del Comune, includendo nell’imbocco della stessa l’antico ponte ferroviario senza mutarne le dimensioni. Questa soluzione porta a valori elevati il rischio di esondazione, nelle aree limitrofe all’asta terminale in pieno centro cittadino.

#### *Dall’immissione del Rio Gallo fino al Ponte Rissolin.*

Il Rio Gallo è un modesto affluente in sponda sinistra del Torrente Teiro il cui bacino imbrifero risulta inferiore ad 1 km<sup>2</sup>.

Esso si immette nell’asta principale a metà di un’ampia curva verso destra in corrispondenza dell’incrocio tra la strada statale per Stella e la strada Comunale per Casanova (sez. 66).

Nell’ultimo tratto, prima dell’immissione, il Rio Gallo è stato coperto e sull’intradosso della copertura realizzata in C.A., è stata ricavata la sede stradale.

L’immissione del Rio Gallo avviene perpendicolarmente all’asse del Torrente e, data l’elevata pendenza del tratto terminale e l’irregolarità del fondo e delle sezioni del Teiro, l’interazione delle due correnti in caso di piene simultanee dei corsi d’acqua può generare fenomeni di rigurgito con relativo innalzamento dei tiranti idrici verso monte.

In particolare, in occasione di piene anche a carattere ordinario avvenute in passato, si è registrato il sifonamento delle caditoie dell’acqua piovana site sulla strada con relativo allagamento delle aree circostanti. Per questa ragione, gli ingressi dei piani terra dell’abitato prospiciente il torrente, sono stati dotati di barriere anti-allagamento in legno.

Proseguendo verso valle il torrente è costeggiato per circa un chilometro dalla strada statale sorretta in questo tratto da un muro d’argine in C.A. che, a seguito dell’alluvione del 1994, ha richiesto un intervento di ricostruzione. Immediatamente prospicienti la strada sono ubicati alcuni esercizi commerciali ad elevata vulnerabilità quali un distributore di carburante, una autorimessa ed una sottostazione ENEL che, come i precedenti, ha registrato ingenti danni durante l’alluvione del 1994.

In tutto il tratto, il torrente presenta una sezione sub rettangolare limitata dal muro di sostegno della Strada Statale in sponda sinistra e da una sponda naturale in destra caratterizzata da una diffusa vegetazione.

In corrispondenza della sottostazione ENEL (sez. 63), il torrente era attraversato da un ponte in C.A. denominato “Rissolin”, sostituito ora da un nuovo ponte realizzato circa 100 m più a valle, nella sezione più larga del corso d’acqua, con struttura in c.a. a due campate e pila centrale in alveo della larghezza di 1.6 m.

A valle del ponte “Rissolin” la strada statale abbandona temporaneamente la sponda del torrente per compiere una leggera deviazione verso sinistra ed attraversare una zona depressa prima di superare il passo determinato dall’altura del Parasio.

Anche in questo tratto gli esercizi commerciali dei piani terra risultano attrezzati con paratoie anti-allagamento.

#### *Dal Ponte “Rissolin” al Ponte del Parasio*

A valle del Ponte “Rissolin” l’andamento planimetrico dell’alveo del torrente Teiro presenta una ampia ansa verso destra necessaria per aggirare l’altura del Parasio.

In sponda destra una strada comunale separata dall’alveo da un importante muro d’argine, dopo una leggera depressione, conduce ad un impianto sportivo di recente realizzazione. Detto muro, nel suo punto di minimo, è provvisto di aperture attrezzate anch’esse con paratie mobili necessarie per consentire lo svuotamento della depressione nei casi di allagamento.

In questo tratto il torrente non risulta più costeggiato dalla strada statale né da attività antropiche di rilevante entità e si presenta molto più irregolare, caratterizzato mediamente da una maggiore larghezza.

Tale improvviso allargamento testimonia l’entità effettiva dell’alveo del torrente Teiro in una zona in cui lo scarso interesse verso le zone limitrofe, non servite da alcun collegamento, ne ha limitato la colonizzazione da parte delle attività antropiche.

Gli unici interventi dell’uomo sono costituiti da alcuni tratti di arginature sorti per difendere piccoli insediamenti industriali oggi dismessi, e in due briglie (sez. 59 e 51) atte a limitare la pendenza naturale del torrente e ad evitare l’erosione arginale.

In corrispondenza della seconda briglia si riconosce, nonostante l’avanzato fenomeno di interrimento cui è soggetta, una opera di presa realizzata un tempo per servire gli insediamenti industriali di valle.

Nonostante l’irregolarità delle sezioni questo tratto del torrente non riveste rilevante importanza dal punto di vista dei fenomeni di inondazione a causa della limitata vulnerabilità delle aree limitrofe.

Nella zona terminale tuttavia, un tratto rettilineo regolarizzato da interventi antropici prelude al ponte della strada statale denominato “Ponte del Parasio” (sez. 44 ).

Detto ponte, realizzato su travi in C.A. dello spessore di circa 2 metri copre, su un unica campata, una luce pari a circa 25 metri.

Nonostante la bontà della scelta strutturale, senza pila centrale, anch’esso offre un importante ostacolo alla corrente a causa delle ingombranti spalle che limitano la sezione utile al deflusso e del rilevante spessore delle travi dell’impalcato il cui intradosso si trova a quote tali da interagire con la corrente di piena.

#### *Dal ponte del Parasio al ponte della Ferrovia*

A valle del ponte del Parasio, il Torrente Teiro scorre in una sezione pressoché rettangolare larga circa 25 metri, limitata da due muri d’argine che delimitano due importanti vie di comunicazione: in sponda destra via Montegrappa attualmente adibita al collegamento della strada statale per Stella con il centro della Città, ed oltre con la via Aurelia e con l’autostrada

Genova-Ventimiglia, mentre in sponda sinistra via Piave che attualmente ospita la medesima direttrice in direzione opposta.

In questo tratto ha inizio una modesta piana alluvionale che caratterizza l'asta terminale del torrente fino allo sbocco in mare: l'andamento planimetrico, dopo una prima curva verso destra, tende a rettificarsi così come la pendenza del fondo che risulta ovviamente minore dei tratti finora esaminati.

La nuova passerella pedonale a campata unica è in legno lamellare con lunghezza di circa 26 m e larghezza di 1.8 m.

Verso valle, dopo un brusco allargamento dettato dalla topologia dei luoghi, il torrente Teiro è attraversato dal ponte del viadotto ferroviario la cui pila centrale in muratura riduce la sezione utile di circa due metri rispetto alle precedenti larghezze, mentre non interferisce con la corrente l'intradosso del ponte, situato ad una quota superiore di circa 10 metri più in alto rispetto al fondo del torrente.

In tutto il tratto il fondo risulta costituito da materiale incoerente di consistente pezzatura, tipico delle aste terminale dei torrenti liguri.

Le quote arginali possono essere identificate con le quote stradali poiché i muri spondali assolvono esclusivamente la funzione di parapetto.

#### *Dal ponte della Ferrovia alla foce*

Il tratto del torrente Teiro compreso tra il ponte ferroviario della linea Genova-Savona e lo sbocco a mare presenta un andamento rettilineo con direzione NO-SE con sezioni di forma rettangolare e larghezze al fondo variabili tra 25 m e 27 m nel tratto a monte della copertura, 25 m costanti al suo interno, variabili tra 25 m e 40 m nel tratto terminale sino ad una larghezza di 57 m circa sulla linea di battaglia.

Il fondo alveo risulta interamente plateato nel tratto compreso tra la passerella pedonale e la foce, mentre è naturale nel tratto a monte.

A valle della copertura l'alveo si allarga da 40 a 60 m circa e risulta arginato con argini in muratura di altezza pari a 2.5 m circa e nel tratto finale con due pennelli in scogliera per impedirne l'insabbiamento della foce nei periodi di magra.

La sponda sinistra dal ponte del Parasio fino alla tombinatura è caratterizzata dalla viabilità spondale di Via Piave con quote decrescenti fino alla tombinatura e con la presenza di parapetto continuo.

La sponda destra dal ponte del Parasio fino alla tombinatura è caratterizzata dalla presenza della viabilità spondale di Via Montegrappa con quote decrescenti fino alla tombinatura e con la presenza di parapetto continuo.

In corrispondenza dell'imbocco della tombinatura terminale le quote delle viabilità spondali salgono progressivamente per collegarsi a via Baglietto che si trova ad una quota superiore di circa 1.7 m rispetto alla parte terminale di via Piave e via Montegrappa.

Via Baglietto e piazza Carlo Alberto dalla Chiesa sono ad una quota mediamente pari a 6.0 m slm, superiore rispetto alle aree limitrofe di monte e di valle in quanto occupano il terrapieno dell'ex sede ferroviaria ormai spostata a monte. Il piano viabile sopra la tombinatura è complanare con tali viabilità.

Le aree comprese tra via Baglietto e la SS 1 via Aurelia (via Ciarli, via Gavarone, via Busci, via Battisti, piazza San Bartolomeo) sono poste ad una quota di 4.5 m slm circa e risultano depresse rispetto a queste ultime con quote variabili tra 2.4 e 3.0 m slm.

In corrispondenza della sezione 14 si incontra una passerella pedonale, realizzata su un'unica campata appoggiata alle sponde e sospesa a due archi in C.A attraverso due serie di tiranti.

La larghezza della luce libera per il deflusso delle acque, non risulta limitata dalla presenza della passerella, mentre sono facili i fenomeni di interazione tra la corrente di piena e l'intradosso della passerella che si trova a circa 2.5 metri dal greto.

La pendenza si mantiene costante, diminuendo via via le quote del fondo fino alla foce del torrente. Circa 20 metri a valle della passerella si ha un improvviso innalzamento delle quote arginali anche qui rappresentate dalle quote dei piani strada adiacenti al torrente, che in tal modo risalgono fino all'estradosso dell'attuale copertura finale.

### **2.6.2 Rio Arzocco**

Il rio Arzocco è un affluente di sinistra del torrente Teiro; in corrispondenza della confluenza esso sottende un bacino di 1 km<sup>2</sup>, con una lunghezza dell'asta principale di circa 3 km ed una pendenza media del 12% circa.

Il suo tratto terminale, dal capannone dei servizi comunali in prossimità del viadotto autostradale sino allo sbocco nel torrente Teiro, ha un andamento prevalente in direzione N-S con una "S" nel tratto a cielo aperto a monte del tratto coperto sotto via Milano.

Il tratto a valle di via Milano è stato oggetto di un intervento di sistemazione nell'ambito del progetto più generale di sistemazione del tratto terminale del torrente Teiro, così come il tratto a cielo aperto a monte della copertura dove è stato recentemente realizzato un tratto di arginatura in scogliera lungo la sponda destra a seguito della frana lungo il versante durante l'alluvione dell'4-10- 2010.

Recentemente sono stati completati gli interventi di sistemazione del primo tratto della tombinatura per una lunghezza di circa 175 m e di realizzazione di una vasca di sedimentazione dello sviluppo di circa 25 m in corrispondenza del capannone comunale.

Gli interventi di sistemazione sono stati ottimizzati al fine di garantire il corretto deflusso delle acque all'interno della tombinatura.

La viabilità di via Milano e di via Verdi scorre in discesa da monte verso mare fino a via Baglietto (ex linea ferroviaria) che è posta ad una quota superiore.

L'unico collegamento tra le aree limitrofe a via Milano e via Verdi verso valle è caratterizzato da un sottopasso pedonale.

Rimane ancora visibile il vecchio tracciato scoperto del tratto terminale del rio Arzocco, sebbene non più utilizzato, quando all'epoca della costruzione della prima sede ferroviaria, al termine del 1800, è stato deviato bruscamente verso destra con un angolo prossimo ai 90°, costringendolo attraverso un angusto percorso ad immettersi nel torrente Teiro poco prima dell'inizio della copertura.

### **2.6.3 Rio Garombo**

Il Rio Garombo è un piccolo affluente di destra del t. Teiro, in cui confluisce a valle del ponte ferroviario.

L'asta principale nasce alle pendici del Bric della Crocetta, a quota 233 m s.l.m. e si sviluppa per circa 1 km in direzione NO-SE con una pendenza media del 20% circa; in corrispondenza della confluenza nel torrente Teiro esso sottende un bacino di circa 0.2 km<sup>2</sup>.

Il bacino presenta un elevato grado di urbanizzazione nel tratto terminale, mentre nella parte montana è caratterizzato da zone boscate e da un'urbanizzazione sparsa.

Il tratto terminale del corso d'acqua interferisce con il centro abitato; esso risulta tombinato con una sezione delle dimensioni di 1x1 m e pendenza 5.5% circa sino allo sbocco nel torrente Teiro, per una lunghezza di circa 100 m.

Recentemente è stato realizzato un canale scolmatore in grado smaltire la portata 200-ennale con franco idraulico. Il canale scolmatore è costituito da uno scatolare in c.a. delle dimensioni di 2.0x2.0 m e pendenza variabile tra un minimo del 2% ed un massimo del 15.5%, della lunghezza di 100 m circa e confluisce nel torrente Teiro poco a valle della linea ferroviaria. Il manufatto di sbocco al di sotto di via Montegrappa, è costituito da un allargamento della sezione del canale sino a 3.5 m con muri d'argine sagomati al fine di facilitare lo sbocco nel torrente Teiro

A monte del nuovo scolmatore è stata realizzata una vasca di sedimentazione della lunghezza di 6 m circa e larghezza 4 m, con relativa briglia dell'altezza di 1 m a monte e dente dell'altezza di 0.6 m a valle per la trattenuta del materiale più grossolano trasportato dalla corrente.

## 2.7 Idrologia di piena

### 2.7.1 Premessa

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

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

### 2.7.2 Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. (C.I.M.A.)

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

- attraverso un'analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l'informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull'intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state definite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all'interno della regione;
- dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è stato derivato l'evento di precipitazione critico per assegnato periodo di ritorno. La durata e la forma di quest'ultimo sono state dedotte attraverso l'applicazione della modellazione afflussi-deflussi, da considerazioni sulla meteorologia della regione, desunte da osservazioni satellitari degli eventi intensi del 1992, da risultati riportati su alcune pubblicazioni su rivista internazionale [Deidda et al., 1999] e dall'analisi di serie storiche di precipitazione ad alta risoluzione, quali quelle della stazione del Dipartimento di Ingegneria Ambientale (DIAM) dell'Università di Genova;
- dalle osservazioni di portata disponibili per l'intero territorio ligure è stata determinata, con procedura regionale analoga a quella utilizzata per le piogge, la forma adimensionale della distribuzione di probabilità delle portate al colmo di piena;

- le curve adimensionali sono state dimensionalizzate attraverso la portata indice, definita attraverso la trasformazione afflussi-deflussi dell'evento di precipitazione critico per periodo di ritorno  $T=2.9$  anni. Il modello afflussi-deflussi utilizzato è un modello molto avanzato basato sulle più moderne conoscenze riguardo le interazioni tra la morfologia e la risposta dei bacini ad eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];
- dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno  $T$ .

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

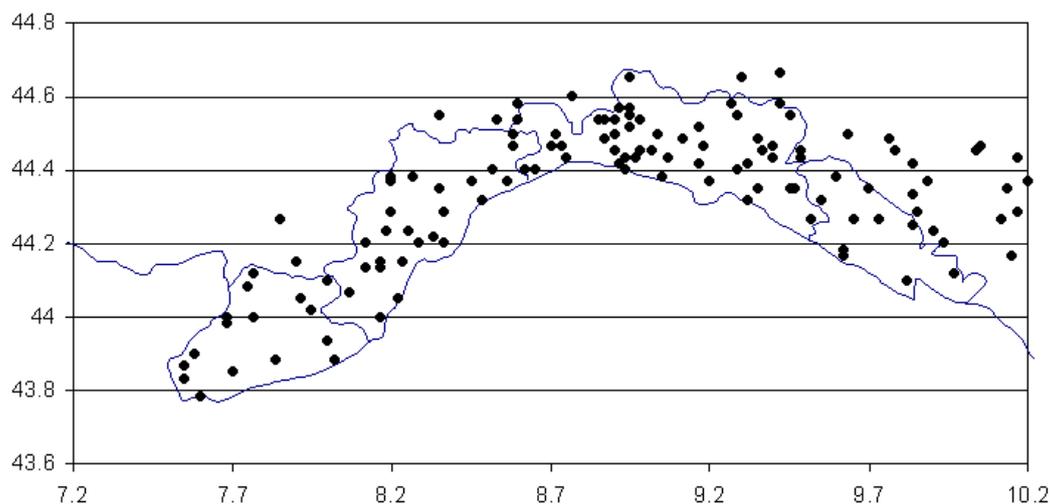
	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
1	GENOVA CASTELLACCIO	44.26	3.31	379	24
2	GENOVASERV. IDROGRAFICO	44.24	3.31	2	27
3	NERVI	44.23	3.24	45	16
4	GENOVA PONTECARREGA	44.26	3.29	26	31
5	PRATO	44.27	3.26	89	22
6	SCOFFERA	44.29	3.2	678	29
7	S. EUSEBIO	44.27	3.28	240	21
8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	47
11	ALBENGA	44.03	4.14	5	39
12	ALTO	44.06	4.27	630	33
13	CALICE LIGURE	44.12	4.1	70	22
14	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.08	4.2	350	50
15	COLLE DEL MELOGNO	44.14	4.16	1000	37
16	FEGLINO	44.13	4.07	160	26
17	MANIE	44.12	4.05	297	19
18	MONTAGNA	44.17	4.05	256	43
19	PIEVE DI TECO	44.03	4.32	240	25
20	POGLI DI ORTOVERO	44.04	4.23	90	48
21	RIALTO	44.14	4.12	976	31
22	FIORINO	44.28	3.5	236	9
23	MADONNA DELLE GRAZIE	44.26	3.42	159	25
24	MELE	44.28	3.43	278	24
25	COLONIA ARNALDI	44.25	3.17	600	37
26	CASSAGNA	44.21	3	432	19
27	CHIAVARI	44.19	3.08	5	57
28	CICHERO	44.25	3.08	480	21
29	GIACOPIANE	44.28	3.03	1016	60
30	NEIRONE	44.28	3.16	332	30
31	PANESI	44.21	3.06	25	46
32	PIANA DI SOGLIO	44.24	3.1	75	40
33	SAN MICHELE	44.26	3.03	170	57

	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
34	SAN PIETRO DI NOVELLA	44.22	3.15	13	32
35	STATALE	44.21	2.59	570	47
36	TIGLIOLO	44.27	3.05	293	55
37	BESTAGNO	43.56	4.27	300	42
38	COLLE S.BARTOLOMEO	44.01	4.3	621	21
39	IMPERIA	43.53	4.26	15	50
40	SAVONA	44.19	3.58	5	36
41	SELLA DI SAVONA	44.21	4.06	473	14
42	ARLIA	44.16	2.2	385	53
43	BOLA DI TRESANA	44.14	2.33	400	47
44	CALICE AL CORNOVIGLIO	44.15	2.37	402	24
45	CHIUSOLA	44.21	2.45	630	42
46	EQUI TERME	44.1	2.18	300	40
47	GUINALDI (Presa Verde)	44.25	2.37	371	31
48	LA SPEZIA	44.06	2.38	5	48
49	LEVANTO	44.1	2.5	2	33
50	MATUCASO	44.17	2.17	581	34
51	MONTALE DI LEVANTO	44.11	2.5	149	35
52	NOVEGINO (già Aulla)	44.12	2.31	55	34
53	PARANA	44.17	2.36	695	29
54	ROCCHETTA (già Tarassola)	44.2	2.37	426	50
55	SARZANA	44.07	2.29	26	54
56	SERO' DI ZIGNAGO	44.16	2.43	630	46
57	S. MARGHERITA VARA	44.16	2.48	200	39
58	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	44.22	2.34	215	51
59	TAVARONE	44.19	2.54	603	44
60	VARESE LIGURE	44.23	2.51	347	43
61	COLLA MELOSA	43.59	4.46	1600	21
62	COLLE BELENDIA	43.45	4.45	1350	31
63	ROCCHETTA NERVINA	43.54	4.52	225	32
64	VALLE TANE	44	4.46	1405	30
65	CASTIGLIONE CHIAVARESE	44.16	2.56	300	39
66	CROCETTA D'ORERO	44.32	3.28	460	31
67	GENOVA UNIVERSITA'	44.25	3.32	21	59
68	ISOVERDE	44.32	3.35	270	57
69	MADONNA DELLA GUARDIA	44.29	3.35	814	35
70	MIGNANEGO	44.32	3.33	250	53
71	MONTE CAPELLINO	44.33	3.3	660	33
72	AIROLE	43.52	4.54	103	38
73	CALVO (gia Torri)	43.5	4.54	57	26
74	VENTIMIGLIA	43.47	4.51	9	32
75	ELLERA	44.22	4	75	15
76	CENTRALE ARGENTINA	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27

	<b>STAZIONE</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Quota</b>	<b>N</b>
78	LERCA	44.24	3.48	110	33
79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22
84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (DigCavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA(C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38
107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.28	3.52	857	32
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	52
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15
112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGÒ VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDENÀ C.LE	44.27	2.4	611	24
119	BOSCHI D'AVETO DIGA	44.35	3.02	630	51
120	BRUGNETO	44.4	3.02	903	19
121	CABANNE	44.29	3.06	812	33

	STAZIONE	Lat.	Long.	Quota	N
122	LOCO CARCHELLI C.LE	44.33	3.1	610	51
123	LOSSO C.LE	44.39	3.09	416	37
124	ROVEGNO	44.35	3.11	660	16
125	SANTO STEFANO D'AVETO	44.33	3	1014	24

"



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

### 2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

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

La forma più comune delle LSPP è:

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

con:

$h(d, T)$  altezza di precipitazione massima annuale per durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$

$a(T)$  coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno;

$n$  esponente della relazione di scala.

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

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

con:

$E[H_{d1}]$  valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento  $d1$

$K_T$  coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da  $\frac{E[H_{d1}]}{d_1^n}$  sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice  $E[H_{12}]$ . La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

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

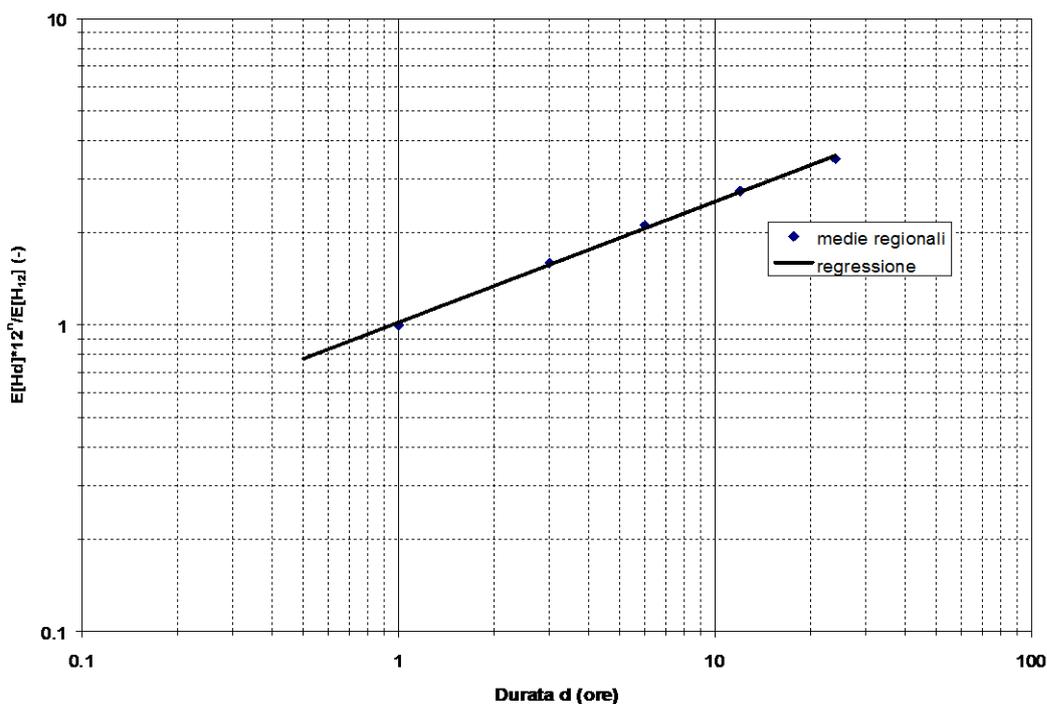
Il valore dell'esponente  $n$  si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

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

con:

$d$  durata di interesse in ore.

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



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

Una volta valutato l'esponente  $n$ , il valore di  $E[H_{12}]/12^n$  può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto  $E[H_{12}]$ , valutato secondo le modalità esposte al paragrafo precedente.

In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice  $E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$  da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di ritorno  $K_T$  può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno  $T$  sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in *Tabella 2* sono riportati i valori di  $K_T$  per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

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

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

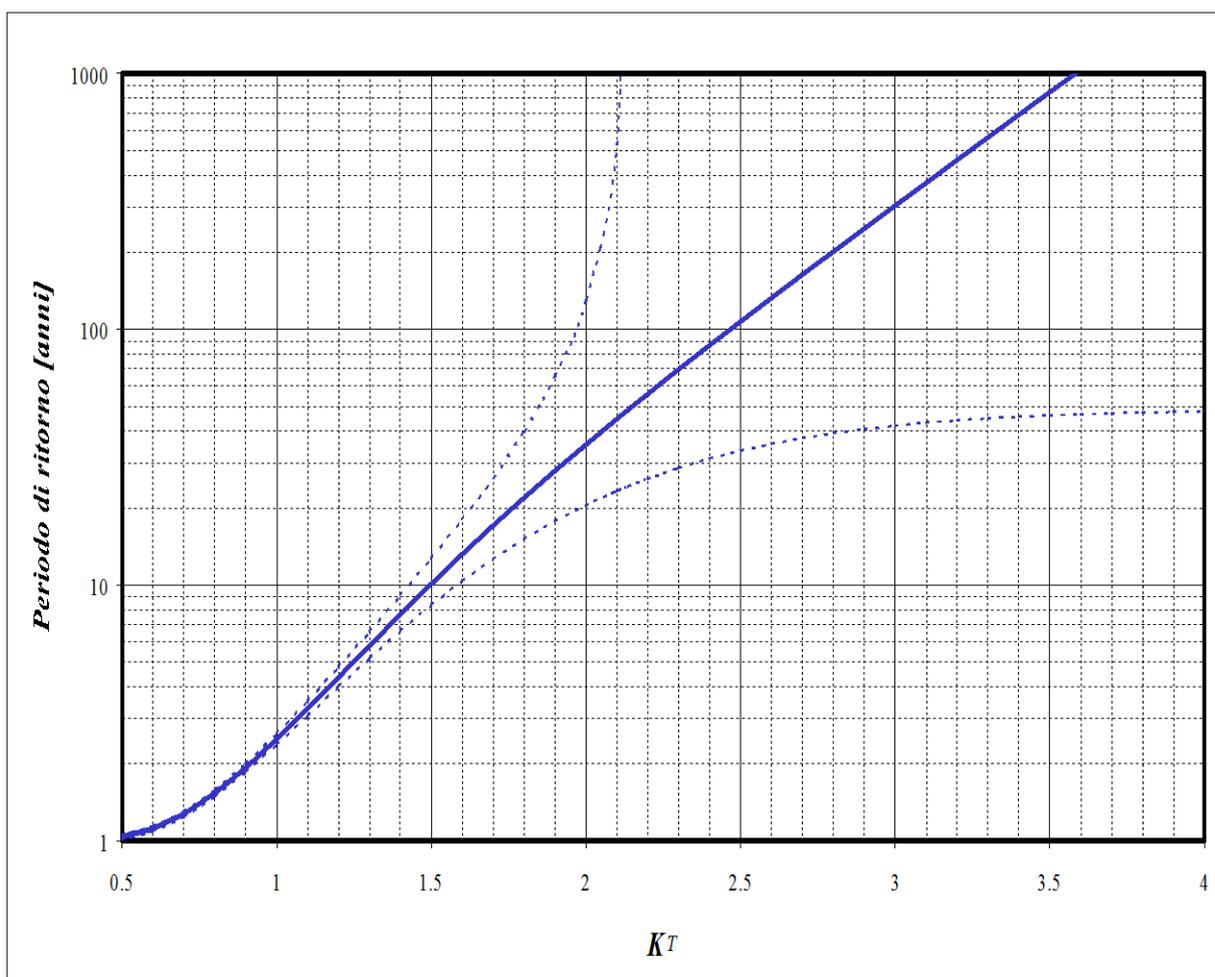
*Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino Teiro. Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.*

LONGITUDINE		$E[H_1]$
Gradi	primi	mm
8	30	39.9
8	32.5	40
8	35	40.2
8	37.5	40.3

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

$T$	[anni]	$K_T$
30		1.88
50		2.10
100		2.43
200		2.78
500		3.28

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



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

## 2.7.4 Portate di piena

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

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

Essa venne costruita quindi con lo scopo di fornire un valore di portata al colmo di piena con approccio conservativo, cioè a vantaggio di sicurezza. Per tale motivo essa venne disegnata raccogliendo tutte le informazioni disponibili riguardo alle portate al colmo di piena registrate

storicamente sui bacini appartenenti al compartimento idrografico, facendo in modo che il valore del contributo unitario alla portata al colmo di piena che si legge per una determinata area di bacino sottesa sia superiore o uguale a tutti quelli storicamente osservati su bacini della stessa estensione.

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

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

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

dove:

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

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

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

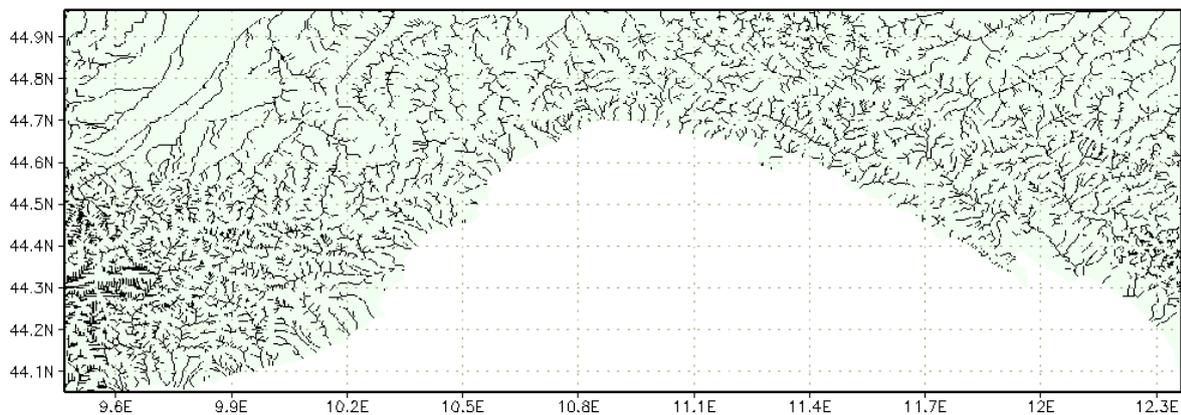
Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della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

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;

- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

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



Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.

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

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

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

L'approccio lineare è stato adottato in quanto, pur semplificando la modellazione, bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata. Il modello gestisce l'evento di piena focalizzando l'interesse sui valori di portata al picco e tempo in cui tale picco si manifesta e non tratta il moto sotterraneo di infiltrazione. Viene definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato

in una sezione specifica. Il bacino in analisi viene grigliato con un reticolo georeferenziato a maglia quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.

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

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

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

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

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

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

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

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

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

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

$$Q_{2,9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

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

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2,9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

con  $K_T$  – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla Tabella 2.

Il coefficiente  $C_Q$  è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, in Tabella 3.

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
$K_T$	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

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

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	30	7.44	6.21	4.75	4.17
8	32.5	7.48	6.25	4.78	4.2
8	35	7.52	6.28	4.80	4.22
8	37.5	7.55	6.30	4.82	4.24

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

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

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

In questo caso il valore di portata è pari a:

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

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

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

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

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	30	9.28	7.74	5.93	5.20
8	32.5	9.33	7.79	5.96	5.23
8	35	9.37	7.82	5.99	5.26
8	37.5	9.41	7.86	6.01	5.28

Tabella.2: contributo unitario,  $U_{A=2}$  in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

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

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

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

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% $Q[m^3s^{-1}]$									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI $Q [m^3s^{-1}]$						
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km <sup>2</sup> ]	T <sub>indice</sub>	T=30 anni	=50 anni	=100 anni	=200 anni	=500 anni	Curva di inviluppo (CATI)
Teiro	Mar Tirreno	27	80	240	290	350	410	500	490
Teiro	Torrente Malacqua	14	50	140	170	210	240	290	330
Malacqua	Torrente Teiro	5	40	30	40	50	60	70	200

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

Corso d'acqua	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	Cq	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
					T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Malacqua	5	D	8°32'50	4.20	80	115	140

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

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

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

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

$Q=c \cdot A^{0.75}$									
<b>Q=portata al colmo di piena, quantile 50% [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>] A=superficie [Km<sup>2</sup>]</b>									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI C [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> Km <sup>-0.75</sup> ]					
Torrente	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA MASSIMA [Km <sup>2</sup> ]	T <sub>indice</sub>	=30 anni	=50 anni	=100 anni	=200 anni	=500 anni
				Teiro	Mar Tirreno	Torrente Malacqua	27	6.98	20.23
Teiro	Torrente Malacqua	Zona Polzemola	14	6.81	19.75	23.63	28.94	34.18	41.13
Malacqua	Torrente Teiro	Rio Giustavino	5	3.37	9.78	11.71	14.34	16.94	20.38

Valori del coefficiente "C" con assegnato tempo di ritorno per la determinazione delle portate al colmo di piena in qualsiasi sezione – "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

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

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

Torrente	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [km <sup>2</sup> ]	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Teiro loc. Lago Scuro	70	26	260	360	430
Teiro confluenza Rio Arzocco	9	27	290	410	500

*Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Teiro*

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

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. <sup>2</sup> ]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U <sub>A</sub>	Portata [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Arzocco	11	1.0	B	8°32'50	7.79	36	52	62

*Valori delle portate al colmo di piena per il rio Arzocco*

### 3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

#### 3.1 Premessa

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

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

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

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

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

Per quanto concerne la Pericolosità geomorfologica essa viene attribuita ad una certa area definendo la possibilità o, per meglio dire, stimando la potenzialità che si verifichi un dissesto di tipo franoso.

Vengono perciò perimetrate le aree ricadenti in differenti classi che, nel loro insieme concorrono a formare la Carta della Suscettività al Dissesto di Versante.

Sulla base dei criteri dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale tale possibilità, organizzata in 5 classi, viene ricavata dall'esame comparato di vari fattori che caratterizzano differenti porzioni di territorio, secondo le modalità più oltre illustrate. I dissesti in atto e le evidenze geomorfologiche del progredire di processi erosivi sono considerati come fattori aggravanti. La definizione della Suscettività al Dissesto di Versante non considera fattori innescanti di natura antropica e non prende in esame rilevati artificiali, discariche e cave che per loro natura dovrebbero essere state verificate in modo dettagliato, sotto il profilo della stabilità.

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

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

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

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

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

## **3.2 Problematiche di tipo geomorfologico**

### **3.2.1 Suscettività al Dissesto dei Versanti**

Nell'ambito dell'analisi del bacino studiato è stata valutata la Suscettività al Dissesto dei Versanti applicando la metodologia proposta dall'Autorità di Bacino, senza peraltro applicare la formula suggerita per dare un peso alla litologia, perché in questo caso produce risultati non accettabili.

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

La metodologia predisposta per la realizzazione della Carta della Suscettività al Dissesto di Versante, prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

Acclività

Litologia

Geomorfologia

Carta di dettaglio dei movimenti franosi (o Franosità reale)

Uso del suolo

Idrogeologia

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

<b>Tematismo</b>	<b>Variabile</b>	<b>Tipo</b>
Carta geomorfologica	Coltri	Principale
	Stato della roccia ( <i>determinato da tipo litologico ed elementi strutturali quali contatti e faglie</i> ) deriva dalla carta geolitologica	Principale
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
	Evidenze geomorfiche ( <i>quali cigli e rotture di pendio</i> )	Aggravante
Carta dell'acclività	Classi di acclività	Principale
Carta Idrogeologica	Permeab. substrato	Principale
Carta uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
Tab. 3.2.1.1 – Tabella sintetica delle variabili considerate e loro tipologia		

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

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

L'attribuzione dei pesi è stata tarata sulle caratteristiche specifiche del territorio in studio. A tal fine si è provveduto a effettuare sopralluoghi mirati a convalidare le informazioni desunte dalle carte di analisi alla luce della finalità del lavoro.

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso indicativo della relativa incidenza sulla Suscettività al Dissesto di Versante come indicato nella matrice seguente:

ACCLIV.	Alluvioni	Detriti sciolti	Detriti cement	Roccia R	Roccia RF1	Roccia RF2	Roccia RF3	Roccia RF4	
Cl. 1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	
Cl. 2	1	2	2	-1	0	0	1	1	
Cl. 3	5	5	3	-1	0	1	2	2	
Cl. 4	7	6	4	-1	0	2	3	4	
Cl. 5	N.O	7	5	0	1	3	4	5	
Cl. 6	N.O	7	5	0	1	4	5	6	
Cl. 7	N.O	N.O	5	1	2	5	6	7	
IDROGEO.	Coltri Imp	Coltri S.Im	Coltri Per	Alluvioni					
Peso	10	8	7	0					
USO SUOLO	Aree Urb. Industr.	Pascoli Praterie Aree verdi	Uliv. Vign. a terrazzi Boschi	Zone agr. Semin. Terrazzi	Ex. Coltivi	Incendi	Arbusti	Rocce nude	Spiagge
Peso	0	0	-1	0	2	3	0	2	1
EAGGR	E.Conc	E.Spond	Tettonica						
Peso	1	1	1						

Tab. 3.2.1.2 - Tabella di sintesi dei pesi attribuiti

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

Nel considerare questi fattori ci si è trovati di fronte a variabili di tipo puntuale o lineare; siccome si è ritenuto difficile, se non impossibile, stabilire a priori una fascia standard di influenza di ciascuna di queste, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile a seconda dei casi.

Attraverso gli incroci dei tematismi precedenti si hanno una serie di carte derivate ed infine si deriva una carta estremamente frammentata, in poligoni di dimensioni anche molto limitate, ad ognuno dei quali è assegnato un valore numerico derivante dalla somma di tutti i valori associati alle aree dall'intersezione delle quali essi sono stati generati, che raggiungono, nel caso, massimi di 24-25.

Si sono quindi raggruppati i poligoni, tramite la fusione e l'accorpamento, in 4 classi di suscettività

Suscettività al Dissesto di Versante			
ALTA	MEDIA	BASSA	MOLTO BASSA
> 18	13÷18	6÷12	<6

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

L'ultimo passaggio previsto nel percorso descritto è quello della delimitazione ed assegnazione ad una categoria speciale delle aree interessate dalla presenza di cave, scariche o grandi riporti alle quali viene comunque attribuita una classe di suscettività speciale.

<b>CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI</b>			
VALORE DI RANGE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
< 6	Aree prive di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo.	<b>MOLTO BASSA</b>	<b>Pg0</b>
6 – 12		<b>BASSA</b>	<b>Pg1</b>
13 – 18		<b>MEDIA</b>	<b>Pg2</b>
> 18	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	<b>ALTA</b>	<b>Pg3 B</b>
Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:			
<b>Aree di frana Quiescente</b>	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	<b>ALTA</b>	<b>Pg3 A</b>
<b>Aree in Frana Attiva</b>	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	<b>MOLTO ALTA</b>	<b>Pg4</b>
<b>Cave e miniere attive - Discariche in esercizio</b>	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.	<b>Aree speciali</b>	<b>tipo A</b>
<b>Ex Cave, ex Miniere</b>	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente).		<b>tipo B1</b>
<b>Ex Discariche e riporti antropici.</b>	All'interno delle aree speciali di tipo B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub> è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0, Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.		<b>tipo B2</b>

Tab. 3.2.1.3 – Criteri di attribuzione delle classi di Suscettività al Dissesto (Tav. 8)

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

### 3.2.2 Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti

Al termine della fase analitica basata sull'applicazione della matrice sopra riportata applicando un metodo di affinamento dei coefficienti di peso “iterattivo” effettuando oggettivamente una sorta di back analysis, si è provveduto ad eseguire una serie di sopralluoghi a rifinitura e

perfezionamento del lavoro. Questa fase di ulteriore analisi critica e verifica dei risultati del processo sintetico ha condotto alla modifica, talvolta anche sostanziale di zone precedentemente identificate in particolari classi di Suscettività al Dissesto.

Queste nuove informazioni hanno condotto il professionista alla redazione finale della carta della Suscettività al Dissesto di Versante, tracciando i confini delle differenti zone sulla base di valutazioni sintetiche cui fanno da solida base le informazioni elaborate e consolidate nei passaggi preliminari sopra descritti.

Il limiti tracciati seguono prevalentemente evidenze di carattere fisiografico (contrafforti, crinali, alvei, cambi di uso del suolo, insediamenti, strade, etc.) o di situazioni non apprezzabili dalla carta dell'acclività in quanto riferite a tratti di valle fortemente incassata, con pareti verticali.

In questa fase è altresì possibile estendere la classe di suscettività oltre ai limiti del fenomeno rilevato in funzione della sua dinamica prevedibile, offrendo una valutazione sulla pericolosità di un settore, in ragione dell'evoluzione di fenomeni ricadenti anche entro perimetrazioni diverse.

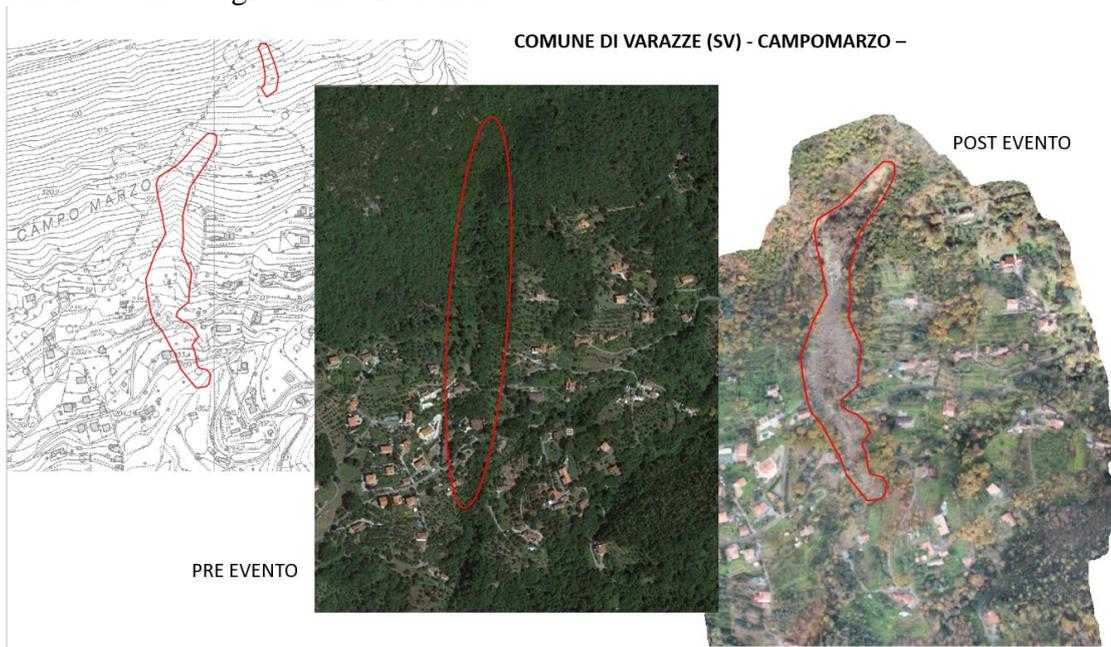
### 3.2.3 Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell'autunno 2019

Nei mesi di novembre e dicembre 2019 il passaggio di intense perturbazioni ha interessato principalmente i bacini idrografici liguri del centro-ponente, dando origine a numerosi fenomeni franosi, causando ingenti danni a edifici di civile abitazione, ma soprattutto alla viabilità, compresa la rete autostradale. Tra i Comuni interessati dai dissesti vi sono Stella e Varazze.

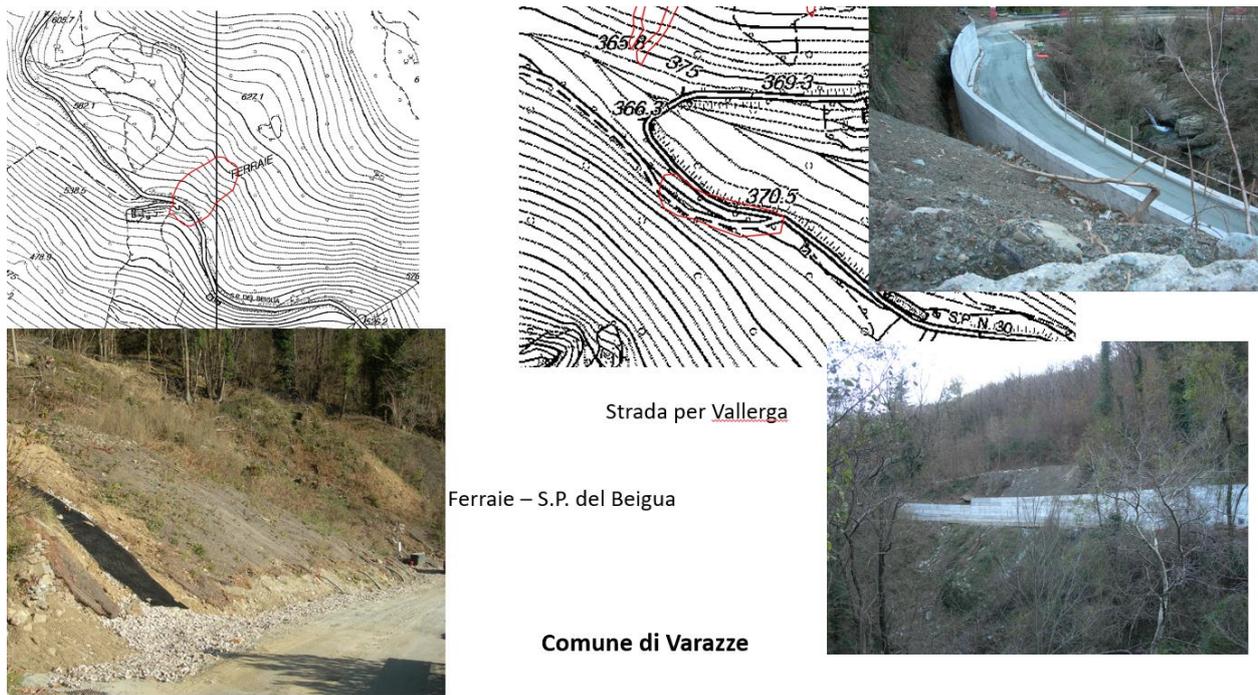
I dissesti sono stati individuati attraverso l'analisi da immagine satellitare, la rassegna stampa regionale, i siti internet locali e le segnalazioni di privati/Enti pubblici, mentre i sopralluoghi diretti sul terreno sono stati effettuati a partire dal mese di settembre 2020, vista l'impossibilità di eseguire sopralluoghi nel corso della primavera 2020 a causa del lockdown istituito a seguito dell'epidemia da COVID-19.

Nella carta della franosità reale del Piano i dissesti sono indicati come "Frane attive relative agli eventi dell'autunno 2019" a tonalità fucsia, a prescindere dalla loro tipologia, al fine di mantenere memoria storica degli eventi alluvionali.

Nel Comune di Varazze sono stati perimetrati i 19 nuovi dissesti cartografabili alla scala di bacino, localizzati in gran parte nei pressi di Alpicella; vasti



dissesti si sono verificati anche a Campo Marzo e lungo la S.P. del Beigua.



Nel Comune di Stella le nuove frane sono localizzate lungo la S.P. n.22 e n. 542.

### 3.3 Problematiche di tipo idraulico

#### 3.3.1 Aree storicamente inondate

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

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

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

#### 3.3.2 Verifiche idrauliche

##### 3.3.2.1 Individuazione dei tratti di studio:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
T.Teiro	313-1	Da località Lago Scuro alla foce
Rio Arzocco	44-1	Dal magazzino comunale a monte viadotto A10 alla confluenza con il T.Teiro
rio Garombo	8-1	Tratto terminale

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

### 3.3.2.2 Metodologia di calcolo

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

### 3.3.2.3 Schematizzazione di calcolo

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

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

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

I programmi utilizzati nella modellazione idraulica sono:

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

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

dove:

$\gamma$  = peso specifico dell'acqua

Y = profondità

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

- MIKE 11 (del DHI Water & Environment): il modello idrodinamico simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'"onda cinematica", dell'"onda diffusiva" e dell'"onda dinamica" e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni: portate laterali, flusso libero o rigurgitato, differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi, resistenze localizzate e perdite di carico concentrate, aree d'espansione, nodi idraulici (biforcazioni e convergenti). La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di

equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti). Nel caso di **moto permanente**, le equazioni complete del moto vengono risolte con condizioni al contorno invarianti nel tempo.

#### - Parametri di scabrezza

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

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto	Coefficiente di scabrezza $K_s$ [ $m^{1/3}s$ ]	Programma di modellazione idraulica utilizzato
T.Teiro	313 - 300	Località Lago Scuro	25	HEC RAS
	217 - 6.5	Dalla sezione di confluenza del Rio Gallo all'imbocco della copertura	33	HEC RAS
	6.4 - 1	Dall'imbocco della copertura alla foce	40	HEC RAS
Rio Arzocco	44 - 26	Tratto di monte a cielo aperto	33	HEC RAS
	26 - 1	copertura via Milano e tratto terminale	40	HEC RAS
Rio Garombo	8 - 6.2	Tratto a cielo aperto a fondo naturale	33	HEC RAS
	6.2 - 1	copertura terminale	45	HEC RAS

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

#### - Condizioni al contorno

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

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

Quali condizioni al contorno per le verifiche sono state assunte quelle della profondità critica ( $Fr=1$ ) per le estremità di monte dei tratti, la profondità di 0.5 m s.l.m. allo sbocco a mare e la risoluzione dell'equazione dei momenti per il nodo di confluenza Teiro-Arzocco.

#### 3.3.2.4 Modello bidimensionale di allagamento

Al fine dell'individuazione degli ambiti normativi ai sensi della DGR 91/2013, è stato implementato, dalla società ITEC Engineering su incarico del Comune, un modello bidimensionale di allagamento, basato sul modello idraulico 2D Infoworks ICM.

La base topografica di partenza importata nel software è costituita dal DTM Regionale, opportunamente integrato e corretto sulla base di rilievi di dettaglio. Il dominio di calcolo è stato

discretizzato generando una *mesh* triangolare a differente superficie, allo scopo di seguire più fedelmente possibile la geometria dei luoghi

I parametri principali relativi alla magliatura assunti nella modellazione sono i seguenti:

- dimensione massima dell' area dei triangoli generati pari a 10 m<sup>2</sup>;
- dimensione minima dell' area dei triangoli generati paria a 5 m<sup>2</sup>;
- magliatura variabile in funzione dell'andamento del terreno in modo che la variazione di quota tra i tre vertici non superi il valore di 0.20 m;
- coefficiente di scabrezza (coefficiente di Manning) di tutto il dominio pari a 0.03.

Tale scelta è dovuta al fatto che l'area indagata è costituita da un'area urbana caratterizzata da viabilità carrabili e marciapiedi.

Il numero totale di triangoli generati dal software è pari a 119.850, ognuno dei quali presenta un valore di quota univoco determinato sulla base della triangolazione dei punti del modello.

Al dominio di calcolo sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- *Condizioni di input:* sono costituite dagli idrogrammi di esondazione individuati nella simulazione con Hec-Ras ubicati nel tratto a monte della copertura terminale in corrispondenza della passerella pedonale.
- *Condizioni di output:* in corrispondenza dell'estremità sud della maglia di calcolo (lato mare, in corrispondenza della spiaggia) si è assunta come condizione la profondità critica ("*Critical Depth*").
- *Condizioni generali della maglia:* nei restanti tratti del dominio di calcolo non interessati dalle condizioni di Input e di Output si è assunta, a favore di sicurezza, la condizione al contorno di "*Vertical Wall*" che corrisponde all'inserimento di una barriera verticale impermeabile infinitamente alta che non lascia uscire l'acqua dal dominio di calcolo qualora in simulazione si verificasse presenza d'acqua al suo perimetro.

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

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

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

Nella tabella seguente vengono riportati per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata. Si è considerata l'opera non verificata se il franco è risultato inferiore a 50 cm.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
305	Ponte con una pila in alveo	T < 200
108	Ponte Rissolin con una pila in alveo	T < 500
44	Ponte Parasio senza pile in alveo	T < 200
16.8	Passerella pedonale senza pile in alveo	T > 500
10.11	Ponte FF.SS. con una pila in alveo	T > 500
10.07	Passerella pedonale ad arco	T < 200
8 -1	Copertura terminale	T < 200

Tabella 3.3.2.5.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T.Teiro

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
24-16	Copertura via Milano	T < 50
6-1	Copertura ad arco	T < 500

Tabella 3.3.2.5.2: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Arzocco

### 3.3.2.6 Analisi della pericolosità residua

Laddove non sia garantito il franco idraulico previsto dalla normativa, è necessario condurre analisi di pericolosità idraulica residua al fine di verificare la capienza certa in alveo della corrente.

Nel presente Piano sono state effettuate delle ulteriori verifiche idrauliche con l'ostruzione parziale delle sezioni di deflusso nei tratti con franco insufficiente. La percentuale di ostruzione per ciascun tratto è stata individuata in funzione del tipo di sezione e/o manufatto (sezione libera, ponte a campata unica, pila in alveo), della portata massima smaltibile in rapporto alla portata 200-ennale di riferimento, del franco residuo rispetto agli argini e/o all'intradosso, della quota del carico cinetico e del rigurgito a monte e varia tra il 15 e il 20%.

Le verifiche in tali condizioni hanno evidenziato come i punti con un rischio residuale maggiore siano quelli della passerella di Via Camogli e a monte del ponte ferroviario, che, se ostruiti, possono generare esondazioni con conseguente allagamento delle aree urbane adiacenti, mentre gli altri tratti, pur in presenza di ostruzioni, mantengono ancora un franco residuo rispetto al deflusso della portata 200-ennale.

Per quanto riguarda il rio Arzocco, la copertura sotto via Milano è in grado di far defluire la portata 200-ennale senza esondazioni anche nel caso di una sua parziale ostruzione; il grado di ostruzione della sezione di imbocco necessario per l'esondazione della portata 200-ennale è di oltre il 50%.

Tuttavia, al fine di tener conto del minor franco nella sezione 18, è stato valutato un rischio residuale considerando come esondabile in tale tratto una portata massima costituita dalla differenza tra la portata 200-ennale e quella di incipiente messa in pressione in tale sezione.

Le verifiche in condizioni di parziale ostruzione hanno consentito di ricalcolare gli idrogrammi delle portate di esondazione su entrambe le sponde sia per il torrente Teiro che per il rio Arzocco.; in base a tali valori sono stati ricostruiti i conseguenti idrogrammi di esondazione che hanno costituito l'input del modello di allagamento delle aree urbanizzate circostanti.

### 3.3.3 Fasce di inondabilità

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

Nel presente piano, la mappatura delle aree inondabili dovute al torrente Teiro, nel tratto a valle del ponte della ferrovia, e al rio Arzocco è stato effettuato tramite modellazione bidimensionale dell'esondazioni e tracciata sulla base dei criteri della DGR 91/13.

Sulla base di tale determinazione, è stata prodotta la Carta delle Fasce di Inondabilità, con la determinazione delle tre fasce:

- Fascia A, aree perfluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni.
- Fascia B, aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni.

- Ambito B0: aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno  $T=200$  anni a “minor pericolosità relativa” rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;
- Ambito BB: aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno  $T=200$  anni a “maggior pericolosità relativa” rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;
- Fascia C, aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno  $T= 500$  anni o, se più estese, aree storicamente inondate.

Sulla base dell'involuppo dei valori massimi dei tiranti e delle velocità per le diverse configurazioni esaminate, sono state in particolare individuate le aree a minore o maggiore rischio idraulico e redatte le carte dei tiranti idrici massimi e delle velocità di scorrimento massime .

### 3.4 Principali criticità del bacino

#### 3.4.1 Criticità di tipo idraulico

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

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

##### 3.4.1.1 Torrente Teiro

###### *Località Lago Scuro*

Il restringimento dell'alveo in sponda destra amplificato dagli attraversamenti presenti provoca esondazioni in sponda destra per portate duecentennali.

###### *Dal ponte di Rissolin alla foce*

Il tratto, a seguito dei diversi interventi realizzati, risulta ora in grado di smaltire la portata duecentennale con franco adeguato, ad eccezione di un breve tratto in corrispondenza della passerella pedonale.

##### 3.4.1.2 Rio Arzocco

Nel rio Arzocco, la portata 50-ennale defluisce con franchi adeguati (maggiori di 1.0 m) rispetto agli argini e mediamente superiori a 1.5 m rispetto all'intradosso nei tratti coperti, con la linea dei carichi contenuta.

La portata 200-ennale ha franchi mediamente superiori a 1.0 m nei tratti a cielo aperto e nei tratti coperti, con un unico breve tratto in prossimità dello sbocco della copertura di Via Milano, in cui il franco rispetto all'intradosso si riduce a 0.3 m circa.

La copertura terminale è in grado di far defluire la portata 200-ennale a pelo libero con il carico inferiore all'intradosso e franchi accettabili (da 0.5 n a 1.5 m, ma con numeri di Froude molto bassi) anche nel caso di rigurgito dovuto alla concomitanza con la piena nel torrente Teiro.

#### *3.4.1.3 Modello 2D di allagamento*

I risultati della simulazione confermano che la portata 50-ennale risulta ampiamente contenuta entro gli argini, quindi non causa esondazione lungo il tratto esaminato compreso tra il ponte del Parasio e il mare, sia per il torrente Teiro che per il rio Arzocco.

La portata 200-ennale esonda solo per il torrente Teiro in sponda sinistra in corrispondenza della passerella pedonale di Via Camogli.

La portata esondata lungo la sponda sinistra nel tratto compreso tra la passerella pedonale e la copertura defluisce verso valle lungo via Piave rimanendo però confinata a monte della sezione di imbocco della copertura (Via Baglietto) con tiranti inferiori a 0.3 m.

### **3.4.2 Criticità di tipo Geomorfologico**

Le maggiori criticità del bacino, già descritte compiutamente nel capitolo 2 ed in particolare ai paragrafi 2.3, sono rappresentate da due grossi movimenti complessi localizzati nel settore dell'abitato del Pero e della frazione di Alpicella. Questi movimenti sono tutt'oggi in corso di studio da parte delle amministrazioni di competenza, ed in particolare la frana di Alpicella è in corso di sistemazione, almeno in alcune sue parti.

In questa sede si ritiene opportuno puntualizzare quale importanza rivestano i molti dissesti minori che interessano il bacino nella sua complessità. Sono questi dissesti minori che, diffusi sul territorio, incidono in modo cospicuo sul rischio proprio a causa della loro distribuzione ed in rapporto al tipo di insediamento, sparso e con strade di collegamento secondarie.

In termini di rapporto tra Pericolosità geomorfologica e insediamento umano è il caso di ricordare, che la relazione che lega la prima con il secondo è in realtà biunivoca. Si verificano, infatti, molto spesso episodi di dissesto innescati da cattiva manutenzione o inadeguata realizzazione od ancora vetustà, di opere funzionali all'insediamento antropico, quali strade, tombinature, contenimenti ecc.

Tale considerazione non è stata utilizzata per la redazione degli elaborati in questione nei quali si considera l'elemento a rischio esclusivamente come soggetto che subisce una situazione di rischio sulla quale non influisce attivamente. La predetta considerazione invece risulta di estrema importanza stante il tipo di insediamento umano, diffuso ed articolato su gran parte del territorio, con ridotta densità. Sarà perciò opportuno approfondire con maggiore dettaglio la casistica locale di questi problemi. Infatti, il termine "dissesto idrogeologico" può non essere adeguato per descrivere la realtà di queste numerose criticità minori che affliggono il territorio, piuttosto si deve osservare come la valle del Teiro sia caratterizzata da un "disordine" diffuso che conduce a un globale dissesto il quale genera condizioni di rischio per gli insediamenti e, conseguentemente, per la popolazione.

Con riferimento a quanto discusso nel paragrafo 2.3, sulla geomorfologia del territorio in studio, e date le considerazioni appena espresse appare evidente che tutta la superficie occupata da coltri detritiche di media potenza (1-3 m) riveste da un lato una rilevante importanza in termini di rischio e dall'altra in termini di potenziale rifornimento del carico solido della rete di deflusso e quindi, in ultima analisi, in termini di difesa del suolo.

Si ritiene opportuno rilevare che la redazione degli elaborati oggetto dell'incarico, non ha utilizzato informazioni relative alle caratteristiche geotecniche dei corpi detritici. Infatti, nei termini dell'affidamento non è compreso il rilevamento di tali informazioni; gli unici dati disponibili sono, perciò, forniti dall'esperienza del singolo consulente e pertanto non garantiscono la necessaria copertura sistematica ed il dettaglio per l'intero bacino. Crediamo opportuno quindi che tali informazioni debbano essere oggetto di ulteriori analisi e studi al fine di ottenere un prodotto realmente descrittivo delle criticità e dei rischi relativi al bacino.

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

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

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

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

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

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

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

figure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.

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

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

### **3.6 Evento alluvionale del 04.10.2010**

#### ***3.6.1 Descrizione generale dell'evento***

Nella mattinata del giorno 04/10/2010 l'areale varazzino è stato colpito da un intenso evento meteorologico che ha fatto registrare, nei pluviometri dell'area, un'altezza complessiva di pioggia pari a circa 300 mm in 18 ore, con un'intensità massima di 96 mm/h concentrata per la gran parte in circa 3 ore nella prima mattinata.

L'altezza di precipitazione oraria massima è stata di 177.4 mm e quella di 3 ore pari a 285.8 mm.

Le precipitazioni si sono concentrate lungo la costa ed in particolare hanno messo in crisi i corsi d'acqua minori immediatamente a monte del centro urbano, mentre il Torrente Teiro è stato contenuto entro l'alveo.

Le conseguenti elevatissime portate hanno prodotto diffusi fenomeni di richiamo di materiali inerti lungo le sponde ed i versanti prospicienti i corsi d'acqua.

Le tipologie di dissesti che si sono manifestate comprendono fenomeni franosi sui versanti, fenomeni franosi incanalati, evolventi in colate detritiche, erosioni incanalate ed esondazioni coinvolgenti le piane di fondovalle.

In particolare l'ingentissimo trasporto solido che ha caratterizzato questo evento, ha determinato l'occlusione dei manufatti idraulici, la loro conseguente tracimazione ed il sovralluvionamento degli alvei stessi.

L'aggiramento dei citati manufatti ha comportato elevati flussi idrici lungo le strade in fregio ai corsi d'acqua, con coinvolgimento di decine di autoveicoli ed allagamento di numerosi fabbricati.

Il fenomeno meteorologico dianzi descritto ha comportato diffusi allagamenti del centro abitato al piede del percorso acclive dei rii interessati.

In particolare il Torrente Arzocco, esondando, ha provocato l'allagamento di un'areale del centro urbano di circa 11 ettari con tiranti anche superiori al metro ed elevate velocità dell'acqua.

La furia delle acque ha provocato il trasporto delle autovetture e lo sfondamento di alcune recinzioni di cortili e giardini accatastando materiale, fango ed autovetture.

Ulteriori porzioni del centro urbano in prossimità di piccoli rii (per circa 7 ettari) sono state interessate da allagamenti.

Nelle aree allagate erano presenti:

- l'edifici della scuola elementare del centro urbano che ha avuto tutto il piano fondi sommerso (mensa, aule speciali didattiche e palestre);
- gli uffici del giudice di Pace (piano terra inagibile e locale caldaia sfondato e allagato);
- biblioteca comunale, con piano terreno allagato;
- magazzini dei servizi tecnici comunali, allagato al piano terra e seminterrato;
- Palazzetto dello Sport (allagamento magazzini al piano seminterrato).

Gravissimi danni sono stati causati alle attività economiche (negozi, alberghi, officine, strutture socio-assistenziali ed attività artigianali). Il numero delle attività economiche interessate è stato di circa 150.

Numerosissime sono state le attività di emergenza attuate che vengono sintetizzate nel seguente riepilogo:

Prosciugamenti	<b>38</b>
Assistenza e trasporto	<b>2</b>
Rimozione fango	<b>7</b>
Verifiche statiche	<b>30</b>
Verifiche frane	<b>14</b>
Verifiche transitabilità	<b>25</b>
Ricerca dispersi	<b>1</b>
Persone evacuate	<b>57</b>
Soccorsi a persona	<b>11</b>
Soccorsi tecnici	<b>85</b>

riferite ai seguenti dati territoriali:

Aree in frane	<b>circa 71.000 mq</b>
Aree esondate/allagate	<b>180.000 mq</b>
Strade inagibili	<b>circa 3,5 Km</b>
Edifici prudenzialmente evacuati	<b>4</b>
Edifici inagibili	<b>3</b>

Circa 400 abitazioni siano state interessate da allagamenti totali o parziali.

Su tutto l'areale interessato dall'evento meteorico numerose strade comunali hanno subito danni. In particolare via Fossello, via Sciandra, via Don Minzoni, via Marconi, ed altre minori, sino ad un numero di circa venti.

Il numero degli edifici danneggiati in modo irreparabile è di tre unità, numerosi altri hanno subito gravi danni.

Ulteriori quattro edifici sono stati sgomberati in via precauzionale e gli abitanti sono stati alloggiati presso parenti o presso le strutture all'uopo attrezzate dalla Protezione Civile.

La stima dei danni, di larga massima, ha portato a valutare nei seguenti valori i danni patiti dalle strutture pubbliche e private:

- danni alle infrastrutture comunali viarie: 1.000.000,00-1.500.000,00 euro
- danni agli edifici ed ai servizi a rete comunali: 400.000,00 euro
- danni a strutture economiche ed esercizi commerciali: 3.000.000,00 euro

- danni a privati cittadini: 4.000.000,00 euro
- opere definitive di sistemazione di corsi d'acqua: 3.000.000,00-4.000.000,00 euro

La rete stradale provinciale interessata dall'evento è quella di fondovalle del torrente Teiro, individuata nella S.P. n. 542 "di Pontinvrea", nel tratto interessato tra la progressiva 27+600 loc S. Anna e la progressiva 29+700 loc. Parasio oltre alla tratta finale (comunale) coincidente con la via Piave.

In tale tratta si sono verificati almeno quattro significativi eventi:

- 1 Loc. s. Anna – esondazione rio S. Anna, che ha prodotto l'allagamento della sede stradale e il cedimento di parte della copertura privata a monte della sede stessa.
- 2 Tratta tra rio S. Anna e il rio Battaglia: interessata da un franamento del versante che ha prodotto il parziale cedimento della rete paramassi di protezione in testa al muro a monte nonché l'asportazioni di circa 60 – 70 m di guard-rail a valle della strada.
- 3 Esondazione del rio Battaglia, che ha prodotto l'invasione della sede stradale da parte di detriti e materiali vari e alcuni allagamenti, nonché l'ostruzione della tombinatura sottostrada.
- 4 Esondazione del rio dei Galli che ha variato il suo tracciato a monte dell'immissione della SP N. 57 "Varazze-Casanova- Stella S. Martino" provocando l'ostruzione con detriti sia dell'intersezione che del tratto a valle, lungo il quale il corso d'acqua si è impropriamente incanalato, sommergendo di fango e detriti la sede stradale fino alla loc. Parasio ed erodendo parte della pavimentazione.

Ulteriore viabilità che ha subito profonde incidenze è la SP n. 57 "Varazze-Casanova-Stella San Martino", che è stata pesantemente interessata da ripetute esondazioni del rio dei Galli e del rio Battaglia che hanno prodotto ingenti trasporti di materiali solidi e rocce, sia nel tratto iniziale (confluenza con SP 542) che in quello intermedio a valle di Casanova (loc. S. Pietro e immediate vicinanze) nonché ancora più a monte con puntuali scalzamenti della fondazione di alcuni muri portanti a valle della strada o di scarpate di contenimento.

In particolare nel primo chilometro, la piena del torrente ha comportato diverse fuoriuscite di materiale solido, detriti e rocce, ed ha ostruito tutti gli attraversamenti sottostrada, producendo significativi dissesti del piano viabile e delle opere di contenimento a valle.

In tale tratta la piena ha prodotto altresì l'asportazione delle contenute opere idrauliche presenti, in particolare erodendo le opere di difesa spondale e provocando fenomeni di dissesto che si sono spinti fino a coinvolgere la sede stradale.

Gli eventi hanno inoltre interessato anche la SP. N. 1 "Aurelia", coinvolta nella tratta tra Varazze ed il confine con la Provincia di Genova, da alcuni smottamenti e/o franamenti che hanno reso necessario l'intervento di un'impresa specializzata per lo sgombero della sede stradale.

Inoltre sul confine con Genova è esondato il torrente Arrestra, producendo l'allagamento del tratto stradale soprastante.

## 4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

### 4.1 Premessa

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

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

dove:

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

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

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

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

La carta del Rischio idrogeologico fa quindi parte degli elaborati necessari dei Piani stralcio per il Rischio idrogeologico e prevede la definizione di alcune classi di Rischio attraverso l'incrocio delle classi di Pericolosità (in questo caso rappresentate, come già visto, dalle carte delle Fasce di inondabilità e Suscettività al Dissesto di Versante) con gli Elementi a rischio derivanti dalla carta di Uso del suolo.

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

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

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

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

Si noti, infine, che la carta del Rischio non sostituisce le mappature del rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli

Elementi a rischio. Ai piani di protezione civile a livello comunale spetta naturalmente il compito di individuare e dettagliare i singoli elementi presenti in relazione alle loro funzioni, alla loro destinazione d'uso e alla loro specifica vulnerabilità, e soprattutto di individuare le opportune misure (non strutturali) di prevenzione e mitigazione del rischio per le diverse aree. A titolo di esempio, nel caso in esame, lungo l'asta principale si trovano varie abitazioni e viabilità prospicienti l'alveo (come già segnalato anche nel capitolo relativo alle criticità del bacino): i piani di protezione civile dovranno stabilire nel dettaglio e mettere in atto tutti gli accorgimenti (informazione, sistemi di allerta, piani di evacuazione, ecc.) per la salvaguardia dei residenti.

## 4.2 Determinazione del Rischio idrogeologico

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

In particolare, si ricorda che si è assunto che la pericolosità  $P$  sia rappresentata dalle carte delle Fasce di inondabilità e di Suscettività al Dissesto.

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

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

$E_0$ : aree disabitate o improduttive;

$E_1$ : edifici isolati, zone agricole;

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

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

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

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

$R_1$ : rischio moderato;

$R_2$ : rischio medio;

$R_3$ : rischio elevato;

$R_4$ : rischio molto elevato.

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio  $R_0$  definita come Rischio lieve o trascurabile, che permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche. Tale classe è, in pratica, qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di Rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

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

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

- Elementi a rischio

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

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

Nel bacino del Torrente Teiro sono presenti tutte le classi sopra elencate. In particolare la parte “montana” del bacino è interessata quasi esclusivamente da zone boscate che sono state inserite, per accordo di gruppo di lavoro, nella classe E0. In questa sede si crede opportuno sollevare l'osservazione che talvolta le zone boscate possono essere considerate come ricadenti in classe E1 in funzione del loro carattere di produttività. Infatti non è infrequente, specie nelle zone limitrofe ad insediamenti sparsi, l'utilizzo delle aree boscate quale approvvigionamento di legname per utilizzi differenti. La cartografia di sintesi prodotta comunque considera tutte le zone boscate alla stregua di aree improduttive e quindi ricadenti nella classe E0. D'altra parte un rilevamento di dettaglio dell'effettivo utilizzo di tali aree non è chiaramente possibile per studi alla scala di bacino, dovendo invece trovare luogo, a giudizio degli scriventi, in più dettagliati piani a livello locale

Le aree prossime ai centri urbani minori o a zone di insediamento sparso sono caratterizzate da terreni ad uso agricolo eterogeneo e per tanto ricadono in classe E1. Queste zone sono principalmente localizzate nel settore “collinare” del bacino in particolare nel settore compreso tra il centro urbano di Varazze, l'abitato di Casanova ed il Pero in sponda destra, nel settore in sponda destra al rio Malacqua e nel tratto d'asta del T.Teiro tra il Pero ed Alpicella.

Le zone E2, invece, essendo rappresentate da tessuto urbano discontinuo interessano tutta la parte meridionale del Bacino, più in generale si ramificano per tutto il territorio studiato poiché, in tale classe, ricadono tutte le infrastrutture viarie minori. Si è scelto di voler includere effettivamente tutte le strutture viarie perché tali manufatti costituiscono un fattore rilevante nella prevenzione del rischio. Si pensi ad esempio al rischio da Incendio. In questo frangente infatti anche le infrastrutture viarie minori e, per estensione, anche le piste forestali risultano di grande importanza per trasferire persone e mezzi in luoghi sicuri e personale di intervento in area operativa.

La classe E3 occupa essenzialmente la parte prospiciente la costa dove il tessuto urbano della città di Varazze si sviluppa.

### - Rischio geomorfologico

Come già evidenziato l'analisi del Rischio geomorfologico viene affrontata, con un certo grado di approssimazione, ponendo a confronto gli Elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una Suscettività al Dissesto di Versante.

La matrice di intersezione utilizzata può essere così schematizzata:

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

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

### - Rischio idraulico

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

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

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

Si noti che nella matrice del Rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R<sub>3</sub> ed R<sub>4</sub>) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il Rischio di inondazione a tempo di ritorno pari

a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

### **4.3 Carta del Rischio idraulico**

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

I tratti del torrente Teiro e del rio Arzocco analizzati si segnalano per la notevole estensione delle zone a Rischio molto elevato ad essi associate; tali zone ricoprono praticamente la totalità delle fasce individuate come inondabili, mentre sono praticamente inesistenti zone a Rischio minore.

Questo evidenzia come lungo questi corsi d'acqua siano dislocati elementi appartenenti alla classe di rischio E3, caratteristica del tessuto urbano continuo e delle aree industriali e commerciali.

Procedendo da monte verso valle, la prima zona a Rischio molto elevato individuata è situata in prossimità del ponte Rissolin ed interessa in particolare la sponda sinistra.

Da questo punto in poi, fatta eccezione per la zona del Parasio leggermente sopraelevata, le zone a Rischio molto elevato si localizzano lungo tutto il corso del Teiro su entrambe le sponde; si segnalano, in particolare, l'area dell'ex cotonificio, subito a valle del monte del Parasio, e quella in corrispondenza della copertura terminale.

Dopo il ponte delle FF.SS., a causa della presenza del rio Arzocco, le aree a Rischio idraulico molto elevato si estendono notevolmente in sponda sinistra e trovano una vasta estensione in corrispondenza della zona foce.

Le aree storicamente inondate comprese nella fascia di inondabilità di tipo "C", non sono state prese in considerazione nell'analisi della Pericolosità e quindi della successiva redazione della carta del Rischio che tiene conto delle aree oggi effettivamente interessate da fenomeni di inondazione.

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

### **4.4 Carta del Rischio geomorfologico**

La carta del Rischio geomorfologico deriva dalla sovrapposizione della carta della Suscettività al Dissesto e della carta degli Elementi a rischio applicando la matrice della determinazione del Rischio come sopra riportato. Questa carta evidenzia zone a differente Rischio mettendo in risalto aree in cui a un'elevata Suscettività al Dissesto, cioè aree in cui la possibilità di verificarsi un evento più o meno grave risulta elevata, corrisponde la presenza di soggetti vulnerabili da tali occorrenze.

Di particolare rilevanza sono tutte quelle aree interessate da elementi in classe E2, cioè essenzialmente insediamenti sparsi, e da coltri di media potenza. Queste aree, come già sopra compiutamente descritto, interessano gran parte del settore "collinare" del bacino e, globalmente, risultano densamente popolate.

Particolare attenzione va posta nell'utilizzo di questo prodotto di sintesi perché, ancorché la Suscettività al Dissesto sia stata redatta con una particolare attenzione allo sviluppo areale delle condizioni di Pericolosità, la carta del Rischio geomorfologico non considera affatto l'evoluzione del territorio a seguito del dissesto.

In particolare si possono evidenziare situazioni per le quali l'evoluzione del territorio a seguito del dissesto genera condizioni di criticità potenzialmente elevata. Ad esempio, le numerose strade di collegamento tra le molte frazioni presenti nell'area di studio in occasione di eventi piovosi quali quelli tipici dei mesi autunnali e subordinatamente primaverili, assumo un ruolo di elemento di drenaggio talvolta rilevante. Piccoli dissesti possono generare sbarramenti al deflusso che altrimenti seguirebbe le vie previste deviando le acque ed incanalandole a monte di coltri che, imbibite, posso modificare le loro caratteristiche geotecniche e rivelarsi instabili. E' possibile indicare situazioni anche più gravi nelle quali un movimento franoso importante, si pensi ad esempio al caso eclatante di Alpicella, interessi il corso di un torrente creando, nel peggiore dei casi uno sbarramento oppure, più probabilmente aumentano notevolmente il carico solido. Tale eventualità genera una migrazione del Rischio verso altri settori. In quest'ottica si ritiene che dovrebbero essere valutati non solo i rapporti tra la Suscettività al Dissesto e gli Elementi a rischio ma anche gli effetti di modifica del territorio a seguito dei potenziali dissesti.