

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

L'indagine fino a qui condotta sulle caratteristiche fisiche del bacino costituisce la base dell'elaborazione della carta della pericolosità, che ha il fine di individuare le criticità del bacino e suddividere il territorio in aree a differente grado di pericolosità.

La sovrapposizione delle classi di pericolosità con gli elementi a rischio, individuati mediante l'analisi dell'uso del suolo, porta infine alla carta del rischio.

Nell'ambito del presente piano la pericolosità è stata valutata sulla base delle componenti idraulica e geomorfologica.

La carta della pericolosità 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 dei versanti.

A riguardo della pericolosità idraulica, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo: la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità stessa. La carta di pericolosità idraulica consiste essenzialmente nella determinazione delle aree perifluviali che risultano inondabili per portate di massima piena caratterizzate da diversi tempi di ritorno.

Nella carta delle fasce di inondabilità sono perimetrare 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.

La pericolosità geomorfologica è rappresentata dalla suscettività al dissesto dei versanti, intesa come la propensione di una determinata area all'insorgere di movimenti di massa sia in relazione alle caratteristiche fisiche dei "materiali" sia riguardo all'esposizione nei confronti degli agenti morfogenetici.

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

Mentre nelle aree ad elevata o molto elevata suscettività al dissesto è immediatamente determinabile il grado di rischio associato, nelle aree a bassa suscettività può risultare errata una sua automatica associazione in quanto il grado di pericolosità territoriale non può prescindere dall'analisi delle condizioni al contorno.

Ad esempio, qualora un'area a bassa suscettività si trovi a valle di un corpo di frana la sua reale pericolosità potrà essere determinata solo a seguito di un'analisi approfondita che riesca a valutare la possibile evoluzione in termini spaziali, volumetrici e di velocità di movimento del dissesto a monte.

In relazione agli opportuni approfondimenti per giungere ad una carta di pericolosità più precisa, nell'ambito di un piano di bacino completo ai sensi della L. 183/89, si segnala la necessità di tenere in considerazione le interazioni tra dinamica del versante ed evoluzione del corso d'acqua, caratterizzate da particolari complessità concettuali e metodologiche, indispensabili per valutare le emergenze del bacino, per fornire delle linee di utilizzo del suolo e individuare le eventuali tipologie di intervento.

A tale scopo, per le successive analisi geomorfologiche ed idrauliche, diviene necessario acquisire ulteriori dati sperimentali ottenibili mediante la realizzazione di:

- una rete di pluviometri razionalmente distribuita a scala di ambito e di idrometri sui principali corsi d'acqua;
- un sistema di misurazione del trasporto solido (sia in sospensione che di fondo) al fine di valutare quantitativamente l'effetto dei fenomeni erosivi superficiali e di perdita di suolo, in relazione anche alle contemporanee criticità idrauliche;
- una campagna geognostica e di monitoraggio dei fenomeni franosi di particolare rilevanza o rappresentatività, al fine di definirne compiutamente la pericolosità e quantificare il grado di rischio;
- approfonditi rilevamenti geologico strutturali per una precisa definizione delle condizioni giaciture e della geometria di fratturazione della roccia;

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

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito dell'analisi del bacino del torrente Armea e del rio Fonti è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dalla Regione Liguria (Assetto del Territorio e Controllo Tecnico) con la linea guida n°2/2000.

La metodologia predisposta per la realizzazione della C.S.D.V., prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

- Geolitologia
- Geomorfologia
- Idrogeologia
- Acclività
- Vegetazione ed uso del suolo

Le variabili associate a ciascun tematismo considerato nelle fasi di overlay sono illustrate nella Tav. 3.2.1.1:

Tematismo	Variabile	Tipo
Carta Geolitologica	Litologia	Principale
Carta Geomorfologica	Coltri potenti	Principale
	Coltri sottili	Principale
	Granulometria delle coltri	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Erosione concentrata fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
Carta dell'acclività dei versanti	Classi di acclività	Principale
Carta idrogeologica	Permeabilità del substrato	Principale
Carta della copertura e uso del suolo	Uso del suolo	Principale

Tav. 3.2.1.1

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

La sovrapposizione dei vari tematismi è stata eseguita manualmente con l'utilizzo di fogli trasparenti.

Si sono quindi realizzate campiture caratterizzate da un numero che costituisce la somma algebrica, manuale, di tutti i pesi relativi a ciascuna variabile: maggiore è il peso totale, maggiore è la suscettività al dissesto.

Pericolosità delle classi di uso del suolo

Per la definizione dell'incidenza sulla suscettività al dissesto delle diverse classi di uso del suolo individuate nell'ambito del bacino è stata valutata l'efficienza idrologica attribuibile ai diversi tipi di soprassuolo, con particolare riferimento alle coperture vegetali.

Gli effetti della presenza di un'adeguata coltre vegetale, infatti, possono essere ricondotti ai seguenti punti:

- aumento dei tempi di corrivazione;
- diminuzione dell'erosione del suolo e, conseguentemente, dell'apporto solido nei bacini torrentizi;
- rallentamento e frazionamento del moto delle acque;
- trattenuta delle piogge nei terreni, con successiva restituzione all'atmosfera per evapotraspirazione.

L'efficienza dei soprassuoli nei confronti dell'intercettazione e della regimazione delle acque è correlata e differisce in funzione di alcuni importanti parametri, quali:

- l'efficienza biologica, meglio definita come "qualità ecologica" dei soprassuoli;
- la struttura dei consorzi vegetali, il grado ed il periodo di copertura del suolo e la stabilità fisica del soprassuolo.

Qualità ecologica

Riguardo alla valutazione ecologica degli elementi individuati, eseguita in funzione della relativa struttura e funzionalità secondo i principi propri della "Ecologia del paesaggio", le diverse categorie di uso del suolo e vegetazionali possono essere definite e classificate come di seguito indicato.

Tessuti urbani, Zone industriali *Tecnosistema in cui la componente naturale risulta assente o quasi, strutturata e con scarsa funzionalità. Dal punto di vista ecologico è caratterizzato da:*

- *instabilità e funzionalità legata agli apporti energetici e alla continua presenza dell'uomo;*
- *fabbisogno energetico elevato;*
- *livello di omeostasi minimo, mantenuto dai pochi elementi autotrofi del sistema.*

Aree estrattive e discariche *Ecosistema antropico che, a seguito del cessare dell'attività, può tornare ad evolversi in modo naturale, sebbene in tempi molto variabili. Le possibilità evolutive sono condizionate dal livello di alterazione delle componenti biotiche ed abiotiche. Nel caso in esame tali aree possono essere equiparate alle aree a vegetazione rada con roccia affiorante e pietrosità.*

Reti autostradali e ferroviarie *Tecnosistema di origine antropica, caratterizzato da:*

- *assenza di componenti biologiche;*
- *funzione di barriera ed interruzione tra ecosistemi a maggiore grado di naturalità;*
- *limitata funzione di trasferimento di componenti biotiche e abiotiche.*

Aree verdi urbane *Ecosistema a differente grado di naturalità, caratterizzato da:*

- *buoni valori di diversità specifica per la presenza, anche, di specie erbacee-arboree-arbustive appartenenti alla vegetazione potenziale;*
- *valori variabili di complessità strutturale in funzione dell'intervento antropico;*

- *buon grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *ottima potenzialità per il trasferimento di elementi biotici ed inorganici;*
- *può subire asporti periodici, talora pressoché totali, della biomassa.*

Seminativi, vivai, colture ortofloricole Agroecosistema a colture erbacee costituito da cenosi antropiche oligo o monospecifiche, caratterizzato da:

- *valori molto bassi di diversità specifica poiché la componente dominante in termini di biomassa coincide con la coltura; la componente di infestanti è marginale;*
- *complessità strutturale molto bassa poiché il biospazio epigeo è occupato solo per pochi decimetri dallo strato erbaceo;*
- *basso grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *subisce rilevanti apporti energetici da parte dell'uomo, talora con effetto negativo sulle componenti biotiche ed abiotiche;*
- *subisce asporti < 1 anno della pressoché totale biomassa.*

Pascoli Ecosistema di origine antropica che, nell'ambito in esame, assume spesso caratteristiche "naturaliformi" in evoluzione verso cenosi più stabili a maggiore complessità strutturale (presenza di uno strato arbustivo). Presenta i caratteri seguenti:

- *da buona a elevata diversità biologica;*
- *buon grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *subisce asporti periodici, ma non totali della biomassa.*

Vigneti, oliveti, frutteti Agroecosistema a colture legnose costituito da consorzi arborei artificiali monospecifici e, spesso, monovarietalì. Presenta:

- *valori molto bassi di diversità specifica poiché la biomassa dominante è costituita dalle piante coltivate, mentre la componente infestante, di tipo erbaceo, ha un peso minimo;*
- *valori molto bassi di complessità strutturale: lo strato dominante è quello uniforme delle viti, olivi o piante da frutta; è talvolta presente uno strato erbaceo;*
- *subisce rilevanti apporti energetici da parte dell'uomo, talora con effetto negativo sulle componenti biotiche ed abiotiche;*
- *limitato grado di soddisfacimento della catena trofica.*

Ex Coltivi Costituiscono uno stadio di transizione tra gli agroecosistemi e gli ecosistemi "naturaliformi" e possono presentare caratteristiche molto variabili della struttura e della funzionalità. In generale si può affermare che la complessità strutturale, la diversità biologica e la funzionalità ecologica progrediscono proporzionalmente al periodo di assenza di interventi antropici ed al conseguente instaurarsi di dinamiche vegetazionali volte al raggiungimento di cenosi stabili. Nell'ambito in esame si tratta, generalmente, di aree da lungo tempo in abbandono, nelle quali i processi evolutivi risultano ben affermati, con forte presenza di specie infestanti, in particolare erbacee ed arbustive.

Praterie Ecosistema naturale costituito da specie erbacee autoctone. Presenta:

- *elevati valori di diversità specifica garantiti da una situazione di equilibrio dinamico tra le varie componenti vegetali;*

- *elevato grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *può subire asporti periodici, ma non totali, della biomassa.*

Arbusteti *Ecosistema naturale originato, nell'ambito in studio, dall'evoluzione di aree in cui sono cessate da lungo tempo la pratica pascoliva e le altre pratiche agricole. E' costituito da specie autoctone ed è caratterizzato da:*

- *valori elevati di diversità specifica;*
- *buona complessità strutturale per la contemporanea esistenza di specie erbacee, anche se discontinue, arbustive ed, a volte, anche arboree;*
- *ottimo grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *in genere non subisce asporti della biomassa.*

Boschi di latifoglie *Ecosistema naturale o naturaliforme costituito da boschi misti di latifoglie termofile o mesofile con grado di copertura variabile. Presenta:*

- *valori generalmente elevati di diversità specifica garantiti da una situazione di equilibrio dinamico tra le varie componenti vegetali, come avviene nelle situazioni di avvicinamento allo stadio climax;*
- *valori elevati di complessità strutturale: il bosco si presenta multiplano per la contemporanea presenza di specie erbacee, arbustive ed arboree;*
- *ottimo grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *se trattato subisce asporti periodici (> 1 anno), ma parziali, della biomassa.*

Ceduo di castagno *Ecosistema seminaturale dominato da una specie da tempo naturalizzata ed equiparabile, dal punto di vista ecologico, a quelle autoctone, in quanto in grado di rinnovarsi e in equilibrio con le specie componenti la vegetazione potenziale. Presenta:*

- *valori rilevanti di diversità specifica poiché, sebbene la biomassa dominante sia costituita dal castagno, è presente un sottobosco arbustivo ed erbaceo. Inoltre sono presenti latifoglie autoctone;*
- *valori rilevanti di complessità strutturale: lo strato dominante è quello uniforme dei polloni di castagno, a cui si associano riserve di specie autoctone, in percentuale variabile, uno strato arbustivo ed uno erbaceo;*
- *buon grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *se trattato subisce asporti periodici (> 1 anno), ma non totali, della biomassa.*

Boschi di conifere *Ecosistema naturale o naturaliforme costituito da boschi di conifere termofile e boschi di conifere mesofile, con grado di copertura variabile. Presenta:*

- *valori rilevanti di diversità specifica poiché è presente un ricco sottobosco arbustivo ed erbaceo di specie autoctone. Sono anche presenti, a livello sporadico, latifoglie autoctone;*
- *valori rilevanti di complessità strutturale per la presenza di uno strato erbaceo ed arbustivo;*
- *buon grado di soddisfacimento della catena trofica;*
- *in genere non subisce asporti della biomassa.*

Rimboschimenti con specie esotiche *Agroecosistema costituito da consorzi arborei artificiali monospecifici, non in equilibrio con le specie componenti la vegetazione potenziale ed in condizioni di instabilità poiché non in grado di rinnovarsi. Presenta:*

- valori generalmente bassi di diversità specifica e complessità strutturale;
- moderato grado di soddisfacimento della catena trofica;
- subisce asporti periodici (> 1 anno) della biomassa.

Rocce nude Ecosistema naturale o naturaliforme costituito, nel caso in esame, da aree con rocciosità affiorante ed elevata pietrosità, scarsamente vegetate da formazioni in prevalenza erbacee ed arbustive. Presenta una discreta diversità biologica ed una modesta complessità strutturale.

Struttura verticale dei consorzi vegetali e copertura del suolo, stabilità fisica del soprassuolo

La valutazione del grado di protezione all'acqua battente e dilavante è strettamente correlata ai valori percentuali di copertura dei diversi strati di vegetazione. Per tale valutazione è applicabile il metodo indicato da Pirola-Montanari-Credaro (1980), proposto dall'Autorità di Bacino Regionale, che prevede la stima di un "indice di protezione dall'acqua cadente (Pe)" e di un "indice di protezione dall'acqua dilavante" (Pd) secondo le due tavole seguenti (Tav. 3.2.1.2 e 3.2.1.3):

copertura media % strati a+b+c+d+e	indice	protezione
>150	1	buona
101-150	2	discreta
1-100	3	ridotta

Tav. 3.2.1.2 Indice di protezione dall'acqua cadente (Pe)

Copertura media % strati D+e	indice	protezione
>61	1	buona
31-60	2	discreta
1-30	3	ridotta

Tav. 3.2.1.3 Indice di protezione dall'acqua dilavante (Pd)

N.B. strati: a arboreo; b arboreo inferiore; c arbustivo; d erbaceo; e muscinale.

Riguardo alla copertura è importante considerare anche per quanto tempo dell'anno e la stagione in cui il terreno è coperto.

In proposito, è evidente che la copertura migliore è quella assicurata dalla vegetazione poliennale, che protegge il suolo per l'intero arco dell'anno: ottimi il bosco, la cotica erbosa dei pascoli permanenti e, in minor misura, i prati poliennali da vicenda come i medicai (Bonciarelli, 1978).

Le colture annuali proteggono il terreno solo per una parte dell'anno, quindi sono meno efficienti ai fini antierosivi delle precedenti: tuttavia il loro potere regimante differisce a seconda che vegetino e, quindi, coprano il suolo durante la stagione piovosa o secca.

Nelle condizioni di clima mediterraneo il terreno è protetto meglio dalle colture a ciclo autunno-primaverile che da quelle a ciclo primaverile-estivo.

Terreno eroso Anni necessari per erodere		
	t/ha anno	18 cm di spessore
terreno nudo	100	24
mais continuo	50	50
frumento continuo	25	100
mais-frumento-trifoglio	7	368
prateria	0,8	3.043

Tav. 3.2.1.4 - Effetto della vegetazione sull'erosione (Baver 1966)

Analogamente, tra le colture permanenti arboree, sono in grado di garantire una maggiore protezione quelle a foglia persistente, come l'oliveto piuttosto che il vigneto o il frutteto che lasciano il terreno privo di copertura nella fase di riposo vegetativo.

Inoltre, nel territorio indagato, l'oliveto è, generalmente, sottoposto a sistemi di coltivazione meno intensivi che favoriscono lo sviluppo anche di uno strato erbaceo, ancorché discontinuo.

Un altro indice correlato all'azione di copertura del suolo è quello proposto per i boschi dall'Autorità di Bacino Regionale, che consente di valutare la "stabilità fisica del soprassuolo" in relazione alla densità dello strato arboreo dominante, stimata in base al rapporto tra l'altezza media del soprassuolo dominante ed il diametro medio dello stesso. Altro aspetto da considerare è quello relativo alla capacità di smaltimento dell'acqua per evapotraspirazione posseduta dai diversi popolamenti vegetali, come risulta dal seguente prospetto (Florineth, 1997):

vegetazione steppica	120-300 l/m ² x anno
prati intensamente coltivati	600-800 l/m ² x anno
prati umidi	1.200-1.500 l/m ² x anno
prati paludosi	2.000-2.500 l/m ² x anno
popolamenti di pino silvestre	120-690 l/m ² x anno
popolamenti di abete rosso	380-570 l/m ² x anno
popolamenti di larice	460-590 l/m ² x anno
popolamenti di faggio	500-550 l/m ² x anno
popolamenti di querce	550-650 l/m ² x anno

Tav. 3.2.1.5

Efficienza idrologica

Come risulta in bibliografia specifica, si è riscontrato che, in genere, a pari condizioni stagionali, il bosco ad alto fusto disetaneo è quello che ottimizza la funzione di regimazione delle idrometeorie, seguito dalle formazioni coetanee, dai boschi cedui, pascoli arbustati, pascoli arborati e pascoli senza vegetazione arborea e/o arbustiva (Rezza, 1998).

Il Talamucci sottolinea il ruolo svolto dalle cotiche erbose dei prati e dei pascoli nei riguardi della difesa del suolo, al pari di quello esercitato dal bosco, nei confronti del quale le cotiche presentano anche alcuni vantaggi, tra cui la più rapida affermazione nel terreno e la più marcata azione sulla struttura dovuta agli apparati radicali che, seppure meno potenti di quelli delle piante arboree, appaiono più fittamente fascicolati (Agricoltura Montana e Submontana, 1975).

L'effetto regimante di ogni soprassuolo, sia esso boschivo o prativo, è, in ogni caso, strettamente connesso alla sussistenza o meno di fenomeni di degrado. Riguardo al bosco, l'azione regimante è massima in una foresta naturaliforme, mentre diminuisce di molto in foreste degradate e

antropizzate; con pari apporto meteorico, si possono avere boschi con valori di ritenzione idrica di 350 mc/ha e boschi con valori pari a 4.800 mc/ha (Susmel, 1988).

Per le tipologie vegetazionali esistenti nel territorio in esame, possono valere le seguenti ulteriori considerazioni:

- ai boschi viene attribuita, in generale, una buona qualità ecologica ed un'elevata efficienza idrologica, analogamente ai soprassuoli a prateria. Tuttavia, una funzionalità regimante inferiore è stata attribuita ai boschi con basso grado di copertura;
- gli ex coltivi, assimilabili ai prati e pascoli o agli arbusteti, sono in grado di limitare l'effetto *splash erosion* della pioggia battente diminuendone l'energia cinetica e, di conseguenza, la capacità di erosione, benché l'effetto regimante sia minore di quello del bosco;
- le colture agrarie, soprattutto a causa della lavorazione del suolo, potenziale innesco di fenomeni erosivi in particolari situazioni, presentano, in generale, una bassa qualità ecologica ed una minore efficienza idrologica. Tuttavia, nell'ambito di tale classe, agli oliveti viene attribuita una maggiore qualità ecologica (presenza di uno strato erbaceo) ed efficienza idrologica (copertura continuativa e pressoché totale del suolo in funzione dell'habitus sempreverde e dell'elevata densità d'impianto adottata nell'imperiese; lavorazione parziale del terreno). Maggiore funzionalità idrologica viene adottata, anche, per le zone agricole eterogenee, in relazione alla sussistenza di una maggiore variabilità colturale (coltivazioni erbacee, orticole e frutticole spesso in consociazione) ed in quanto trattasi, in genere, di aree adibite ad uso familiare sottoposte a regolari interventi manutentivi;
- alle zone scarsamente vegetate, con affioramenti rocciosi e forte pietrosità, comprese nella classe di uso del suolo "rocce nude", alle aree percorse da incendi ed alle zone estrattive e di discarica, caratterizzate da bassa qualità ecologica ed insufficiente od instabile copertura vegetale, viene attribuita, in generale, una scarsa funzionalità regimante ed antierosiva.

Riguardo alle aree urbanizzate, poiché sono pressoché totalmente impermeabili, in relazione all'alterazione indotta nei processi idrologici sono da ritenersi sfavorevoli alle condizioni di stabilità.

Sulla base della valutazione dei parametri in precedenza esposti (*qualità ecologica, struttura, copertura dei soprassuoli, etc.*) e di quanto reperito in bibliografia, nei bacini dell'Armea e del Fonti le diverse categorie di uso del suolo e vegetazionali sono state, quindi, ordinate come segue, per decrescente "efficienza idrologica":

- 1) zone boscate con grado di copertura >50%, praterie;
- 2) zone boscate rade, arbusteti, prati e pascoli, ex coltivi;
- 3) rimboschimenti con specie esotiche, oliveti, aree verdi urbane, aree sportive ricreative, zone agricole eterogenee;
- 4) vigneti, frutteti, seminativi, tessuti urbani, aree industriali e commerciali, reti autostradali, ferroviarie, portuali;
- 5) aree estrattive e discariche, rocce nude, aree percorse da incendi.

Attribuzione dei pesi ai tematismi

a) Classi di uso del suolo

Seguendo le linee guida per la redazione della carta di suscettività al dissesto dei versanti (CSDV), elaborate dall'Autorità di Bacino Regionale, alle diverse classi di uso del suolo sono stati

assegnati pesi mantenendosi all'interno di un range di valori compreso tra -2 e +2, in modo che il peso massimo sia pari al 20% del massimo valore di peso attribuito alla litologia, assunto come riferimento.

In funzione del loro grado di efficienza idrologica, alle classi di uso del suolo perimetrate sulla Carta di Copertura ed Uso del Suolo sono stati, quindi, attribuiti i pesi riportati nella Tav. 3.2.1.6.

Per le zone boscate, si è assunta l'ulteriore suddivisione in bosco rado (BR) e bosco (BB) oltre ai rimboschimenti con specie esotiche (indice 10), come individuati e perimetrati sulla Carta della Vegetazione Reale.

Indice	Descrizione	Peso
1.1.1	tessuto urbano continuo	1
1.1.2	tessuto urbano discontinuo	1
1.2.1	aree industriali o commerciali	1
1.2.2	reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori	1
1.2.3	aree portuali	1
1.3.1	aree estrattive	2
1.3.2	discariche	2
1.4.1	aree verdi urbane	0
1.4.2	aree sportive e ricreative	0
2.1.1	seminativi in aree non irrigue	1
2.1.2	seminativi in aree irrigue	1
2.2.1	vigneti	1
2.2.2	frutteti	1
2.2.3	oliveti	0
2.3	prati e pascoli	-1
2.4	zone agricole eterogenee	0
2.5	ex coltivi	-1
3.1	praterie	-2
3.2	zone boscate (BR bosco rado)	-1
	zone boscate (BB bosco)	-2
	zone boscate (10 rimboschimenti con specie esotiche)	0
3.3	zone caratterizzate da vegetazione arbustiva	-1
3.4.1	spiagge	//
3.4.2	rocce nude	2
3.4.4	aree percorse da incendi recenti	2

Tav. 3.2.1.6 Attribuzione dei pesi al tematismo "Uso del suolo"

b) Litologie, geomorfologia, acclività

L'attribuzione dei pesi alle litologie è avvenuta su base statistica eseguita conformemente alla formula **Guida et al.**, che consente di individuare in maniera oggettiva il peso di suscettività sulla base della franosità reale :

$$\Psi = (1/K) \times \Phi$$

dove:

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

$$\Phi = A'' n/A'n$$

A'n = Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia n

(Km²)

A''n = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o

quiescenti all'interno delle A'n. (Kmq)
 AT = Area totale del bacino (Kmq)

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

Relativamente al territorio indagato i dati ottenuti attraverso l'analisi sopra descritta sono sintetizzati nelle Tav. 3.2.1.7 e 3.2.1.8.

Tipo	Area (mq) [A'n]	Area (mq) [A"n]
Formazione di San Bartolomeo + Complesso di progressione	2,227,890	13,624
Arenarie di Bordighera (facies di frangia)	1,016,326	32,493
Arenarie di Bordighera (facies di canale)	17,549,883	609,991
Calcari di Monte Saccarello	5,003,137	31,021
Marne di Sanremo	3,842,143	28,267
Argille di Ortovero	750,999	17,187
Sabbie plioceniche	24,000	
Conglomerati di Monte Villa	1,329,281	

Tav. 3.2.1.7 Superfici di affioramento delle litologie

CARTA GEOLITOLOGICA

Peso	Litologia
9	Formazione di San Bartolomeo + Complesso di Progressione
9	Arenarie di Bordighera (facies di frangia)
9	Arenarie di Bordighera (facies di canale)
3	Calcari di Monte Saccarello
4	Marne di Sanremo
9	Argille di Ortovero
3	Sabbie plioceniche
3	Conglomerati di Monte Villa

Tav. 3.2.1.8 Attribuzione dei pesi al tematismo "Litologia"

A favore della sicurezza alle Sabbie plioceniche è stato arbitrariamente assegnato un valore pari a 9.

I pesi assegnati alle varie litologie sono stati adeguatamente calibrati a seguito delle osservazioni dirette eseguite sul comportamento dei materiali litoidi in occasione degli eccezionali eventi alluvionali del novembre 2000.

L'operazione si è resa particolarmente opportuna per la formazione delle Arenarie di Bordighera, i cui litotipi, fino ad allora considerati per lo meno discreti per le caratteristiche fisico-meccaniche, hanno evidenziato una notevole, ed inaspettata, debolezza strutturale.

I valori così ottenuti sono stati presi come punto di riferimento per l'assegnazione dei pesi alle altre variabili esposte nelle Tav. 3.2.1.9, 3.2.1.10, 3.2.1.11.

CARTA GEOMORFOLOGICA - STATO DELLA ROCCIA

Peso	Stato della roccia
0	Roccia in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole rispetto al pendio
3	Roccia con disposizione sfavorevole rispetto al pendio
5	Roccia alterata e intensamente fratturata

Tav. 3.2.1.9 – Attribuzione dei pesi al tematismo “Stato della roccia”

CARTA GEOMORFOLOGICA - COLTRI (per coltri a granulometria indistinta)

Peso	Tipo di coltre
4	Coltre potente su roccia permeabile
3	Coltre sottile su roccia permeabile
7	Coltre potente su roccia impermeabile
6	Coltre sottile su roccia impermeabile
5	Coltre potente su roccia semimpermeabile
4	Coltre sottile su roccia semimpermeabile

Tav. 3.2.1.10 – Attribuzione dei pesi al tematismo “Coltri”

Classi d'acclività	Peso su coltre	Peso su roccia
< 10 %	- 7	- 5
10 – 20%	- 5	- 3
20 – 35%	0	- 2
35 – 50%	3	0
50 – 75%	5	4
75 – 100%	7	5
> 100%	7	5

Tav. 3.2.1.11 – Attribuzione dei pesi al tematismo “Acclività”

Sono stati considerati come fattori aggravanti, quantificati caso per caso in base all'influenza che ha ciascun fattore sulla stabilità dell'area, l'erosione concentrata, l'erosione diffusa e il ruscellamento.

Attraverso gli incroci dei tematismi precedenti, fatte le opportune calibrature sulla base delle osservazioni effettuate in occasione degli eventi alluvionali del novembre 2000, si ottiene una carta molto frammentata e suddivisa in piccole aree a diversa classe di pericolosità:

Pg0 pericolosità molto bassa

Pg1 pericolosità bassa

Pg2 pericolosità media

Pg3a-Pg3b pericolosità alta

Pg4 molto alta

L'ultima classe corrisponde alle frane attive.

Le frane quiescenti vengono inserite direttamente nella classe di pericolosità "alta" (Pg3a), mentre le paleofrane vengono direttamente inserite in classe di pericolosità "alta" (Pg3b).

Con la lettera **S** si indica la categoria speciale delle aree interessate dalla presenza di cave attive, discariche che vengono trattate separatamente nel rispetto dei vincoli legislativi a cui sono soggette.

I fronti di cava abbandonati privi di copertura vegetale vengono assimilati alla classe di pericolosità "alta".

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI

Classe	Definizione	Pesi
Pg4	MOLTO ALTA	
Pg3a-Pg3b	ALTA	> 18
Pg2	MEDIA	9 – 18
Pg1	BASSA	2 - 9
Pg0	MOLTO BASSA	< 2
Per i seguenti tematismi vi è un'associazione diretta :		
Frane quiescenti,paleofrane	Classe Pg3	
Frane attive	Classe Pg4	
Cave	"speciali"	
Discariche	"speciali"	

Tav. 3.2.1.12 – Corrispondenza delle classi di suscettività con i pesi

I contributi dei tematismi, riferiti al massimo valore di peso attribuito alla litologia, sono sintetizzati nella Tavola 3.2.1.13.

Tematismo	Peso massimo
Acclività	Peso massimo pari al 70% del valore di litologia
Stato della roccia	Peso massimo pari al 50% del valore di litologia
Coltri di copertura	Peso massimo pari al 70% del valore di litologia
Uso del suolo	Peso massimo pari al 20% del valore di litologia

Tav. 3.2.1.13 – Peso massimo in percentuale rispetto ad ogni tematismo

3.2.2 Carta della pericolosità o suscettività al dissesto dei versanti

A seguito dell'applicazione di un'analisi territoriale di tipo "iterativo", eseguita affinando gradualmente i pesi delle variabili considerate e il taglio delle classi, si è pervenuti ad un risultato rispondente ai controlli eseguiti sul terreno.

Il risultato cartografico finale viene presentato senza apportare alcuna modifica alla carta derivata; si possono, infatti, osservare molti piccoli frammenti (*slivers*) con suscettività differente rispetto alle aree limitrofe.

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

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 è Ceriana.

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.

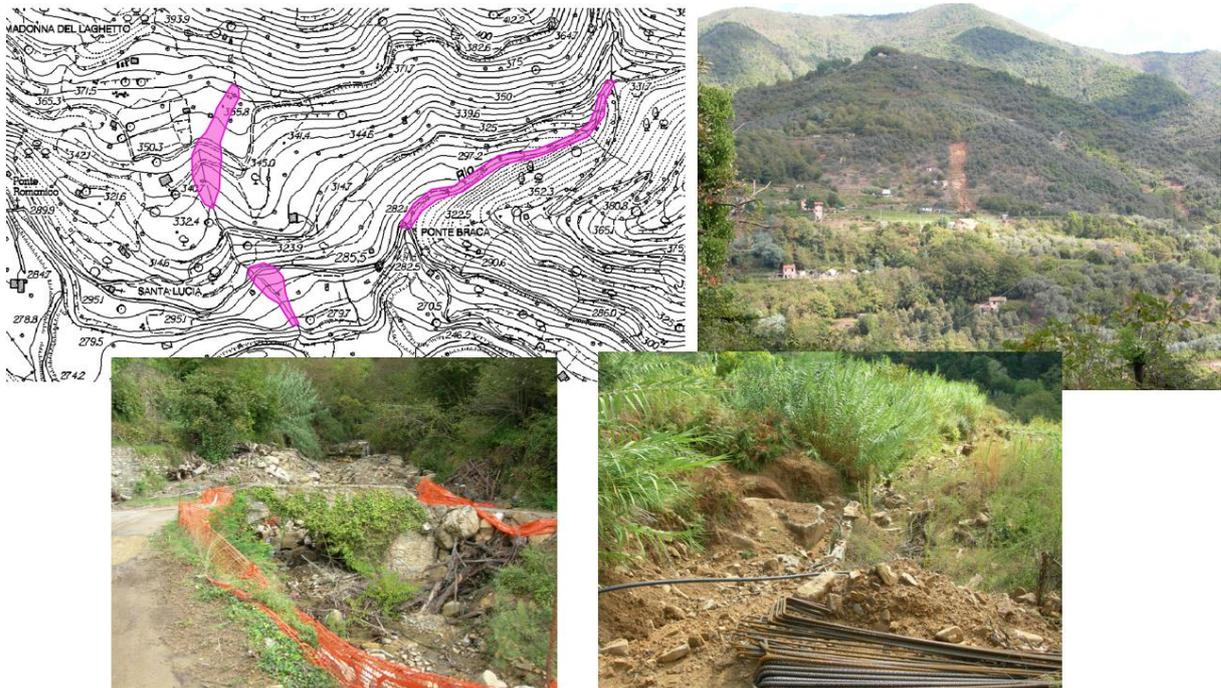
Nella carta della franosità reale del Piano i dissesti sono indicati come "Frane attive relative agli eventi dell'autunno 2019" a tonalità fucsia, a prescindere dalla loro tipologia, al fine di mantenere memoria storica degli eventi alluvionali; sono indicate a tonalità fucsia anche le "frane non cartografabili".

Nel Comune di Ceriana sono stati perimetrati 4 nuovi dissesti cartografabili alla scala di piano di bacino, che hanno interessato peraltro anche le viabilità.



La frana nell'abitato di Ceriana ha comportato pericolo di cedimento per i soprastanti fabbricati di civile abitazione e sono in atto interventi ed opere di sistemazione.

Le frane in loc. Santa Lucia Ponte Braca hanno interessato il corso d'acqua colmandolo di detriti ed asportando i muri di controripa ad esso adiacenti compromettendo il sistema di deflusso del corso stesso, oltre la distruzione del piano viabile. Anche per questi dissesti sono in atto interventi di bonifica e sistemazione



3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Aree storicamente inondate

L'analisi dei dati relativi alle aree storicamente inondate riveste una particolare importanza nell'ambito di un piano di bacino stralcio per il rischio idrogeologico.

Tali dati, illustrativi di criticità idrauliche già note, suggeriscono che, nelle aree interessate da un evento di inondazione verificatosi nel passato più o meno recente, possono presentarsi nuovamente problemi di capacità di smaltimento della portata di piena del corso d'acqua.

Una precisa delimitazione delle aree storicamente inondate rappresenta quindi un elemento di conoscenza fondamentale sia per la scelta dei tratti di alveo da analizzare in maniera approfondita, sia per la verifica dei risultati della modellazione idraulica.

Le informazioni relative alle aree storicamente inondate per il bacino in esame derivano dalla mappatura riportata nella DGR n° 2615/98 e sue successive modificazioni, integrata con l'aggiornamento cartografico, eseguito in scala 1:5000 dal Comune di Sanremo, relativo agli eventi alluvionali del novembre 2000.

Le principali problematiche riscontrate sull'asta terminale del torrente Armea, alla luce dell'evento alluvionale del novembre 2000, procedendo da monte verso valle, sono, in sintesi, le seguenti:

- nel tratto compreso tra località Case Molino dei Bianchi e località San Pietro, immediatamente a valle del viadotto autostradale sono state riscontrate limitate esondazioni su ambedue le sponde con danni alle coltivazioni agricole di fondovalle;
- tra località San Pietro e il nuovo ponte di collegamento alla Casa Circondariale di Sanremo si sono verificati, estesi e disastrosi fenomeni di esondazione, con sormonti anche superiori al metro, che hanno provocato danni diffusi alla viabilità in sponda sinistra, alle attività produttive agricole, industriali e commerciali in fregio alla medesima ed il crollo di due ponti. Il corso d'acqua ha esondato la piana alluvionale in sinistra, ubicata a quota più bassa, fino a 150 mt in larghezza dalla sponda ed ha provocato in sponda destra estesi fenomeni di erosione, con interessamento dell'ex cantiere "Fioroni", minacciando altresì la galleria di servizio della nuova ferrovia a monte; tale tratto era già indicato come storicamente inondato nella mappatura regionale;
- tra il nuovo ponte di collegamento alla Casa Circondariale di Sanremo e le opere di attraversamento del torrente Armea dello svincolo in uscita dell'Aurelia Bis il corso d'acqua ha esondato sempre in sponda sinistra, con danni alle attività produttive; il fenomeno di alluvionamento è stato acuito dall'enorme massa di materiale vegetale flottante accumulatosi in corrispondenza del "Ponte Canale" dell'A.M.A.I.E.;
- tra le opere di attraversamento del torrente Armea dello svincolo in entrata dell'Aurelia Bis e la tombinatura del Mercato dei Fiori si sono verificati più limitati fenomeni di arretramento delle sponde, con accumulo del materiale eroso in corrispondenza del fornice sinistro della copertura che, comunque, ha consentito lo smaltimento della portata di piena;
- il corso d'acqua ha provocato ancora erosione e allagamenti sulla sponda destra, non protetta, dallo sbocco della copertura del Mercato dei Fiori fino alla foce.

Il tratto finale del rio Fonti è indicato come storicamente inondato nella mappatura regionale; i fenomeni di alluvionamento si sono ripetuti, causa la ristrettezza della sezione del corso d'acqua, nel corso dell'evento del novembre 2000.

3.3.2 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Premessa

Per individuare le criticità di tipo idraulico dei corsi d'acqua del bacino e delle aree soggette a rischio di inondazione occorre svolgere un'indagine relativa alla dinamica dei fenomeni di piena che, nel caso in esame, è stata condotta mediante verifica idraulica in ipotesi di moto in regime permanente.

3.3.2.2 Metodologia di calcolo

Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che regolano 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 ³ /s]
A = area della sezione liquida	[m ²]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s ²]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

Compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è reputato necessario schematizzare il fenomeno in moto vario, ma si è ritenuto significativo assumere l'ipotesi di moto permanente.

Secondo tale ipotesi le equazioni di moto e di continuità si riducono 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 mediante una schematizzazione alle differenze finite e con l'introduzione dell'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

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

dove:

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

Le perdite concentrate sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

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

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

Per quanto riguarda le condizioni al contorno 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, ed una condizione di livello a monte, in caso di corrente veloce.

Il programma utilizzato nel calcolo è HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers).

Il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto, scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

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

dove:

γ = peso specifico dell'acqua
 Y = profondità

3.3.2.3 Analisi delle problematiche di tipo idraulico

Le verifiche idrauliche sono state condotte sul torrente Armea nel tratto terminale, compreso tra il viadotto dell'Autostrada dei Fiori e la foce, e sul rio Fonti in quattro tratti già individuati come storicamente critici dal punto di vista idraulico.

I suddetti tratti e le aree d'interesse sono riferiti alle Planimetria delle Sezioni Zona Sud e Zona Nord in scala 1:10.000 ed alla Planimetria sezioni HEC-RAS.

I manufatti interessanti l'alveo vengono indicati con il numero della sezione idraulica corrispondente.

3.3.2.3.1 Verifica idraulica relativa al torrente Armea nel tratto terminale, compreso fra il viadotto dell'Autostrada dei Fiori e la foce.

Le sezioni d'alveo cui si fa riferimento, per il tratto compreso tra il viadotto dell'Autostrada dei Fiori e la foce, sono elencate nella Tav. 3.3.2.3.1.1, che riporta anche l'area del relativo bacino imbrifero ed i valori di portata utilizzati nei calcoli di moto permanente.

Tav. 3.3.2.3.1.1		PORTATE STIMATE ALLE SEZIONI DI CHIUSA – Torrente Armea		
sez. opera	A	TEMPO DI RITORNO (ANNI)		
n.	(Km ²)	50	200	500
35	32.14	276.5	400	481.2
33	32.75	280.6	405.9	488.4
28	34.14	290	419.6	504.8
17	35.97	302.3	437.3	526.1
9	36.89	308.4	446.2	536.8
5	37.36	311.5	450.7	542.2
4	37.83	314.6	455.1	547.6
1	38.00	315.7	456.7	549.5

Nel seguito si descrivono l'alveo e le aree limitrofe, si commenta la verifica idraulica eseguita, si definiscono e commentano le aree inondabili e le fasce fluviali individuate, e si propongono gli interventi più urgenti per la mitigazione o l'eliminazione del rischio idraulico.

Nelle verifiche idrauliche del tratto in parola il coefficiente di scabrezza utilizzato nei calcoli è stato assunto pari a $n=0.03$ di Manning, eccezion fatta per il tratto riguardante la tombinatura del nuovo Mercato dei Fiori, per il quale è stato utilizzato $n=0.022$.

Questo tratto include dodici opere d'attraversamento ed un salto di fondo corrispondenti alle sezioni definite per il calcolo idraulico, come di seguito descritto:

- 1 Ponte F.S.
- 2 Ponte S.S. 1 Aurelia
- 5 Tombinatura Mercato dei Fiori L= 575 m
- 10 Pila in alveo dello svincolo Sud-Aurelia bis

- 11 Ponte carrabile di raccordo
- 12 Viadotto Aurelia bis
- 14 Ponte Svincolo Nord-Aurelia bis
- 17 Ponte canale AMAIE
- 18 Salto della briglia del guado Accossato
- 22 Ponte d'accesso alla casa circondariale
- 27 Ponte privato concessione Augello
- 32 Ponte Bailey
- 34 Viadotto Autostrada dei Fiori.

Verifica Idraulica

I risultati del calcolo di moto permanente sono sintetizzati nei tre profili di rigurgito (distintamente per le portate Q50, Q200 e Q500), nella tabella numerica corrispondente (relativa alle sezioni principali che caratterizzano la geometria d'alveo), e nella tabella numerica che descrive la corrente in corrispondenza delle opere d'attraversamento.

Le portate utilizzate per la verifica idraulica sono quelle corrispondenti alla sezione di chiusa della foce.

La pendenza media del tratto più scosceso (sez. 5 = imbocco tombinatura mercato – sez. 32 = ponte Bailey) è $i = 1.74\%$.

Portata per tempo di ritorno T = 50 anni

La corrente tendenzialmente possiede la caratteristica di corrente veloce dovuta alla pendenza ragguardevole; diventa in alcuni tratti di tipo lento, specialmente a monte delle opere d'attraversamento ed in corrispondenza delle brusche irregolarità del fondo alveo.

È invece critica nei due tratti identificati dalle sezioni estreme n° 18 e 22, n° 27 e 30.

Partendo dalla foce, si individuano le seguenti criticità:

1. esondazione su entrambi i lati a valle del ponte F.S.;
2. esondazione in destra nel tratto compreso tra il ponte n°2 (Aurelia) e la tombinatura del Mercato dei Fiori;
3. esondazione su entrambi i lati immediatamente a monte dell'officina "Ceriolo";
4. esondazione su entrambi i lati del torrente in corrispondenza dell'estremamente elevato viadotto dell'Aurelia bis;
5. esondazione in sinistra immediatamente a monte del ponte Nord – Svincolo Aurelia bis;
6. grave insufficienza idraulica del ponte canale AMAIE in corrispondenza del cimitero di Valle Armea;
7. esondazione in destra immediatamente a monte del guado "Accossato" ;
8. esondazione in sinistra con invasione della strada pubblica esistente nel tratto tra il nuovo ponte d'accesso alla casa circondariale e la confluenza con il rio Cascine sez. n° 30;

Si noti che in condizioni di portata eccezionale Q50, il solo ponte canale non è in sicurezza per mancanza del franco necessario.

Portata per tempo di ritorno T = 200 anni

La corrente tendenzialmente possiede la caratteristica di corrente veloce dovuta alla pendenza ragguardevole; diventa in alcuni tratti di tipo lento, specialmente a monte delle opere d'attraversamento ed in corrispondenza delle brusche irregolarità del fondo alveo.

Resta invece critica, come nel caso della Q50, nei due tratti identificati dalle sezioni estreme n° 18 e 22, n° 27 e 30.

Partendo dalla foce, si individuano le seguenti criticità:

- 1 esondazione su entrambi i lati a valle del ponte F.S.;
- 2 insufficienza idraulica del ponte n°2
- 3 esondazione in destra e sinistra nel tratto compreso tra il ponte n°2 della S.S 1 Aurelia e la tombinatura del Mercato dei Fiori;
- 4 insufficienza della tombinatura n°5
- 5 esondazione su entrambi i lati immediatamente a monte dell'officina "Ceriolo";
- 6 insufficienza idraulica del ponte n° 11
- 7 esondazione su entrambi i lati del torrente in corrispondenza dell'estremamente elevato viadotto dell'Aurelia bis n°12;
- 8 esondazione in sinistra immediatamente a monte del ponte Nord – Svincolo Aurelia bis;
- 9 grave insufficienza idraulica del ponte canale AMAIE n°17, in corrispondenza del cimitero di Valle Armea;
- 10 esondazione in destra da monte del guado "Accossato" n°18 fino alla sezione n° 21;
- 11 esondazione in sinistra con invasione della strada pubblica esistente nel tratto tra il nuovo ponte d'accesso alla casa circandoriale e la confluenza con rio Cascine sez. n° 30;

Si noti che in condizioni di portata eccezionale Q200, i ponti n° 1, 10, 12, 14, 22, 32 e 34 hanno altezza superiore al franco di sicurezza necessario.

Aree inondabili

Una valutazione delle aree inondabili è stata dedotta dal calcolo idraulico sopra presentato con verifica della capacità di esondazione dell'acqua sulla base della conoscenza del territorio.

Il risultato è presentato nella tavola n. 14 delle fasce di inondabilità.

Proposta d'intervento

Gli interventi proposti per la messa in sicurezza del tratto d'alveo in questione sono riportate nelle schede degli interventi idraulici (paragrafo 5.4.4).

Portata per tempo di ritorno T = 500 anni

La corrente nel suo insieme possiede caratteristiche qualitativamente analoghe a quelle descritte nel caso precedente, mentre, ovviamente, cambiano le percentuali delle portate che esondano.

Si noti che anche in condizioni di portata eccezionale Q500, sempre i ponti n° 1, 10, 12, 14, 22, 32 e 34 hanno altezza superiore al franco di sicurezza necessario.

3.3.2.3.2 Verifiche idrauliche relative al rio Fonti.

I tratti d'alveo cui si fa riferimento in questo paragrafo, elencati nella Tav. 3.3.2.3.2.1, sono ubicati lungo l'asta del rio Fonti fra la sezione 1 e la sezione 17. La tabella riporta anche l'area del relativo bacino imbrifero ed i valori di portata utilizzati nei calcoli di moto permanente.

Tav. 3.3.2.3.2.1 – Elenco dei tratti verificati in moto permanente				PORTATE (m³/s)		
Aree corrispondenti dei bacini imbriferi e portate di piena utilizzate.						
Sezione N°	Nome identificativo della sezione di chiusa	Area totale del bacino di influenza (km²)	Q50	Q200	Q500	
15-16-17	Presso Autostrada dei Fiori	0.28	9	13	15	
11-14	Bussana Vecchia	0.45	14	20	24	
6-10	Bussana Vecchia	0.65	19	27	33	
5a-5b	Tomb. Boeri-La Gemma	1.35	36	52	62	
1-4	Foce	1.35	36	52	62	

Nel seguito, per ogni zona individuata, si descrivono l'alveo e le aree limitrofe, si commenta la verifica idraulica eseguita e, se necessario, si definiscono e commentano le aree inondabili e le fasce fluviali individuate.

Tratto presso l'Autostrada dei fiori

Il tratto considerato ha una lunghezza di circa 50 metri; nella parte di monte include un salto di circa 1.00 m.

La sua pendenza è del 10.6%, pendenza al limite della validità per lo sviluppo del calcolo idraulico convenzionale con superficie a pelo libero.

La sezione da considerare è costante (B=2.00 m x h≈1.00 m) ed è rivestita in calcestruzzo, cui è stato attribuito un coefficiente di scabrezza n = 0.02 (Manning).

Verifica Idraulica

Alla parte a monte del salto è stato assegnato un coefficiente di scabrezza molto elevato (n=0.1) per descriverne la rigogliosa vegetazione ed al fine di minimizzare la componente orizzontale dell'energia cinetica della massa d'acqua che cade d'all'alto.

I risultati del calcolo sono sinteticamente rappresentati dai grafici dei profili di rigurgito allegati, in cui si nota che le portate Q200 ne Q500 sono a stento contenute in alveo, con piccoli versamenti d'acqua fuori alveo nella parte iniziale del percorso; successivamente la corrente aumenta in modo rapido la sua velocità, il che le consente di essere nuovamente contenuta negli argini.

Inoltre l'acqua straripa decisamente quando incontra la passerella verso la fine del percorso.

Si consideri che anche la corrente cinquantennale Q50 è contenuta in alveo senza il franco necessario, e che una delle conseguenze della elevata pendenza del corso d'acqua è rappresentata dalle elevate velocità raggiunte dalla corrente, che risultano di discutibile accettabilità (Vmax > 8 m/s per Q200; si veda grafico allegato delle velocità).

Essendo il calcolo al limite di validità, non è assicurato che i livelli di pelo libero ottenuti rappresentino valori prudenziali.

Aree Inondabili

L'eventuale inondabilità che deve essere considerata riguarda le carreggiate dell'Autostrada dei Fiori che s'immettono in galleria.

Proposte di intervento

Vista l'evidenza di estrema pericolosità della situazione, dovuta oltre che alla scarsa sezione di trasporto anche al tracciato del rio che, incanalato, passa sul bordo sovrastante l'imbocco delle gallerie dell'autostrada, si propone in questa sede l'allargamento della sezione del canale (raddoppio della sezione) con aggiunta di un muro in c.a. di altezza 1.50 m.

Si sottolinea tuttavia la necessità di studiare più accuratamente la realizzazione di un'opera che elimini completamente la possibilità all'acqua di invadere la sottostante sede autostradale.

Tratto di Bussa Vecchia

In questo tratto sono incluse quattro opere d'attraversamento o copertura del corso d'acqua, rappresentate da due ponti (Sez. 6 e 7) e da due tombinature, della lunghezza rispettivamente di 40 (Sez. 9) e 65 mt (Sez. 14).

Fra le sezioni 10.1 e 7.1 la pendenza è del 7.7%, mentre fra le sezioni 6.9 e 6.1 raggiunge il 12%.

Verifica idraulica

I risultati del calcolo di moto permanente sono sintetizzati nei tre profili di rigurgito (distintamente per le portate Q50, Q200 e Q500), nella tabella numerica corrispondente (relativa alle sezioni principali che caratterizzano la geometria d'alveo), e nelle tabelle numeriche che descrivono la corrente in corrispondenza dei ponti e delle tombinature.

Le pendenze di 7.7 e 12% che caratterizzano i tratti sopra indicati, sono al limite della validità per lo sviluppo del calcolo idraulico convenzionale con superficie a pelo libero.

Le portate utilizzate per la verifica idraulica sono state le seguenti:

Q50 = 14 m³/s in entrata alla sezione estrema di monte 14.2

Q200 = 20 m³/s in entrata alla sezione estrema di monte 14.2

Q500 = 24 m³/s in entrata alla sezione estrema di monte 14.2

e

Q50 = 19 m³/s in entrata alla sezione 10.1

Q200 = 27 m³/s in entrata alla sezione 10.1

Q500 = 33 m³/s in entrata alla sezione 10.1

Portata per tempo di ritorno T = 50 anni

La corrente possiede le caratteristiche di corrente veloce per la maggior parte del percorso considerato e diventa di tipo lento solamente a monte del restringimento causato dalla presenza della tombinatura tubolare n° 9.

Nel tratto fra le sezioni 9.7 e 10.5, tratto in prossimità del luogo in cui vi è incremento di portata, la corrente risulta critica.

Le tombinature n° 9 e 14, sono caratterizzate da sezione largamente insufficiente, e sono conseguentemente scavalcate rispettivamente dal 40% e dal 96% della portata totale.

Il ponte n°6 è attraversato dalla corrente con franco largamente sufficiente ($F \geq 1.00$ m), mentre il ponte n° 7 è attraversato dalla corrente con un franco di sicurezza ridotto a circa 80 cm.

Gli argini appaiono in gran parte largamente insufficienti a monte della tombinatura tubolare n° 9, mentre per il tratto finale gli argini risultano largamente adeguati.

Portata per tempo di ritorno T = 200 e T = 500 anni

La corrente nel suo insieme possiede caratteristiche qualitativamente analoghe a quelle descritte nel caso precedente, mentre cambiano le percentuali delle portate che passano al di sopra dei ponti inondatai.

Proposte di intervento

Si propone l'eliminazione dei ponti n° 7 e n° 9, con adeguamento sezione dell'alveo, e il rifacimento parziale dell'opera n° 14, che da copertura viene ridotta a ponte di strada comunale.

Tratto della tombinatura Boeri – La Gemma s.a.s.

Questo tratto include una tombinatura avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Sez. n° 5
Lunghezza: 226 m
Larghezza media: $B = 1.55$ m;
Altezza media: $h = 1.75$ m;
Pendenza media: $i = 2.7\%$

Verifica idraulica

I risultati del calcolo di moto permanente sono sintetizzati nei tre profili di rigurgito (distintamente per le portate Q50, Q200 e Q500), nella tabella numerica corrispondente (relativa alle sezioni principali che caratterizzano la geometria d'alveo), e nella tabella numerica che descrive la corrente in corrispondenza della copertura in c.l.s.

Le portate utilizzate per la verifica idraulica sono quelle corrispondenti alla sezione di chiusa della foce.

Essendo la tombinatura rivestita interamente in c.l.s., il coefficiente di Manning è stato assunto pari a $n = 0.02$.

Portata per tempo di ritorno $T = 50$ anni

La corrente tendenzialmente possiede le caratteristiche di corrente veloce, dovuta alla notevole pendenza ed al basso coefficiente di scabrezza, tuttavia diventa di tipo lento a monte dell'opera a causa del restringimento causato dalla presenza della tombinatura, che causa anche lo scavalco dell'opera da parte del 66% della portata totale. L'opera di tombinatura appare largamente insufficiente.

Portata per tempo di ritorno $T = 200$ e $T = 500$ anni

La corrente nel suo insieme possiede caratteristiche qualitativamente analoghe a quelle descritte nel caso precedente, mentre cambiano le percentuali delle portate che passano al di sopra dell'opera.

Proposta d'intervento

Dai calcoli effettuati la tombinatura risulta non verificata con tutti i 3 valori di portata, pertanto si propone la sua completa demolizione ed il ripristino della sezione idraulica a cielo aperto.

Tratto focivo

Il tratto in esame include cinque opere d'attraversamento:

1. Ponte Strada Comunale Litoranea
2. Ponte FS
- 2.5 Ponte S.S. Aurelia
3. Passerella in ferro
4. Tombinatura condominio Isa ($L=60$ m; Pendenza: $i = 8 \%$).

Verifica idraulica

I risultati del calcolo di moto permanente sono sintetizzati nei tre profili di rigurgito (distintamente per le portate Q50, Q200 e Q500), nella tabella numerica corrispondente (relativa alle sezioni principali che caratterizzano la geometria d'alveo), e nelle tabelle numeriche che descrivono la corrente in corrispondenza dei ponti 1, 2, 3, 4 (ma non del ponte n.°2.5 che è stato trascurato).

La pendenza di 8% che caratterizza il tratto tominato n° 4, è una pendenza al limite della validità per lo sviluppo del calcolo idraulico convenzionale con superficie a pelo libero.

Portata per tempo di ritorno T = 50 anni (Q50 = 36 m³/s)

La corrente possiede le caratteristiche di corrente veloce per la maggior parte del percorso considerato, e diventa di tipo lento solamente a monte del restringimento causato dalla presenza del ponte n° 1.

La lunga tominatura n°4, caratterizzata da sezione largamente insufficiente, è facilmente scavalcata dal 77% della corrente.

I ponti 3, 2.5 e 2 sono oltrepassati dalla corrente con franco sufficiente ($F \geq 1.00$ m), mentre il ponte n° 1 è anch'esso scavalcato dalla corrente per una percentuale della portata pari al 39%.

Gli argini appaiono sufficienti ($F \geq 0.50$ m) solamente fra la sez. 3.9 e la 1.46 (poco prima del ponte n° 1).

Portata per tempo di ritorno T = 200 anni (Q200 = 52 m³/s)

La corrente possiede le caratteristiche di corrente veloce per la maggior parte del percorso considerato.

Diventa critica fra le sezioni 3.9 e 2.2, ed in corrispondenza della sezione di valle del ponte n°2. Si trasforma in corrente di tipo lento solamente a monte del restringimento causato dalla presenza del ponte n° 1.

La lunga tominatura n°4 è facilmente scavalcata dal 70% della corrente. Il ponte n° 3 è attraversato dalla corrente con franco insufficiente, mentre non esistono problemi di franco per il ponte n° 2.5.

Il ponte n° 2 è investito dalla corrente che ne rallenta la velocità: il 37% della portata scavalca il ponte.

Il ponte n° 1 è scavalcato dal 65% della portata totale.

Gli argini appaiono sufficienti ($F \geq 0.50$ m) solamente in pochi tratti di lunghezza poco sviluppata.

Portata per tempo di ritorno T = 500 anni (Q500 = 62 m³/s)

La corrente nel suo insieme possiede caratteristiche qualitative analoghe a quelle descritte nel caso precedente, mentre cambiano le percentuali delle portate che passano al di sopra dei ponti inondati.

Proposte di interventi

Dai calcoli effettuati si vede che tutte le opere d'attraversamento, sono insufficienti a lasciar passare la portata duecentennale, con eccezione del ponte 2.5 della S.S. Aurelia.

Inoltre, essendo posta in alveo una strada di accesso a Villa Spinola nel tratto compreso tra le sez. 1.9 e 3.9, che riduce notevolmente la sezione di deflusso della massima piena, ne è stata prevista la rimozione con ripristino della difesa spondale.

In conseguenza di ciò, sono stati previsti i seguenti interventi:

1. Demolizione e ricostruzione dell'esistente ponte della strada comunale litoranea con realizzazione di una nuova opera in c.a. a struttura piana, in corrispondenza della sez. 1.
2. Realizzazione di un parapetto in c.a. in destra nel tratto compreso tra il ponte della S.S. Aurelia ed il ponte ferroviario, per una lunghezza complessiva di 15 m circa;
3. Demolizione della tombinatura contraddistinta dalla sez. 4 con nuova sistemazione a cielo aperto mediante struttura in c.a. ad "U" nella cui parte destra è pure provvista di diaframma in micropali e tiranti atti a stabilizzare l'esistente fabbricato denominato "Condominio Isa"; per una lunghezza complessiva di 60 m circa;
4. Allargamento delle sezioni con muro di sostegno in c.a. a creare un raccordo idraulico con l'alveo preesistente, per una lunghezza di circa 20 m;
5. Rimozione di passerella in acciaio contraddistinta dalla sezione 3;
6. Spostamento di varie tubazioni in alveo presenti nell'intero tratto descritto presumibilmente in trincea di sub-alveo.