



Autorità di Bacino Distrettuale
dell'Appennino Settentrionale

TORRENTE SAN LORENZO

Ambito di Bacino n. 5 – PRINO

PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO



RELAZIONE GENERALE (CAP. 1-4)

APPROVAZIONE	Delibera della Giunta Provinciale di Imperia n. 91 del 16/02/2004
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 93 del 28/10/2021
ENTRATA IN VIGORE	BURL n. 47 del 24/11/2021 – parte II

SOMMARIO

PREMESSA	3
CAPITOLO 1 – QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	4
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO (<i>PARAGRAFO MODIFICATO CON D.S.G. N. 93 DEL 28/10/2021</i>)	4
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI	7
1.3 OBIETTIVI	9
1.4 DATI UTILIZZATI	10
2 CAPITOLO 2 – CARATTERISTICHE DEL BACINO	11
2.1 GEOGRAFIA	11
2.2 GEOLOGIA	14
2.3 GEOMORFOLOGIA	20
2.4 IDROGEOLOGIA	30
2.5 CARTA DELLA VEGETAZIONE REALE	32
2.6 COPERTURA ED USO DEL SUOLO	48
2.7 ASSETTO IDROLOGICO	52
2.8 CATASTO DELLE OPERE IDRAULICHE	62
2.9 VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA	63
2.10 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE STORICAMENTE INONDATE	75
2.11 VERIFICA DELLO STATO DI MANUTENZIONE DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE, IDRAULICO FORESTALE ED IDRAULICO AGRARIE E MAPPATURA DELLE SITUAZIONI DI DEGRADO IN ATTO	76
3 CAPITOLO 3 – PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	78
3.1 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI	78
3.2 NOTE ILLUSTRATIVE AL METODO ADOTTATO PER LA COSTRUZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ O SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO (PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA)	80
3.3 COMMENTO ALLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ O SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI	86
3.4 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO (<i>PARAGRAFO E RELATIVI SOTTOPARAGRAFI MODIFICATI CON D.S.G. N. 93 DEL 28/10/2021</i>)	86
3.5 CONCETTI GENERALI (<i>PARAGRAFO MODIFICATO CON D.S.G. N. 93 DEL 28/10/2021</i>)	96
3.6 SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) – ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)	97
4 CAPITOLO 4 - RISCHIO IDROGEOLOGICO	99
4.1 PREMESSA	99
4.2 DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO	99

- 4.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PARAGRAFO MODIFICATO CON D.S.G. N. 93 DEL 28/10/2021) 100
- 4.4 CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PARAGRAFO MODIFICATO CON D.S.G. N. 93 DEL 28/10/2021) 101

PREMESSA

Il presente piano è stato redatto quale piano stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento dell'art.1, comma 1, del decreto legge 11 giugno 1998, convertito con modificazioni, nella L.267/98, ai sensi del comma 6-ter dell'art.17 della legge 18 maggio 1983, n°183 e successive modificazioni ed integrazioni. Il piano è quindi un primo stralcio che risponde nei contenuti a quanto richiesto nel 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 nella G.U. del 5.1.1999.

Il percorso di adozione è quello attualmente previsto in generale per i piani di bacino dalla normativa vigente, con particolare riferimento alla L.R.21 giugno 1999, n.18.

Lo studio propedeutico del piano è stato redatto dai seguenti professionisti e studi tecnici:

- STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA Ing. T. DE SILVESTRI – Arch. C. ROGGERI – Arch. L. VERCESI;
- STUDIO TECNICO Ing. S. CORRADO;
- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA Dott. Geol. G.LIGORINI - Dott. Geol. G.LEPRE;
- GEOSTUDIO Studio Tecnico Associato Ing. G. ACCATTINO – Arch. P. DOSIO – Ing. Geol. G. BIOLATTI;
- Dott. Forestale G. ULIANA;
- Hanno inoltre collaborato, per aspetti specifici:
- Dott. Ing. A. TRICERRI,
- Studio GES.TER,
- Geom. M. PEIRANO

La presente Relazione Generale di Piano è stata da ultimo modificata con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 93 del 28/10/2021, con cui è stata approvata la variante relativa alla ripermimetrazione delle fasce di inondabilità nello stato attuale del tratto terminale del torrente S. Lorenzo.

In dettaglio, con la suddetta Variante sono stati modificati i seguenti paragrafi del presente documento: 1.1, 2.12 (paragrafo eliminato), 3.4 (paragrafo e relativi sottoparagrafi), 3.5, 4.2, 4.3. Sono stati inoltre modificati il paragrafo 5.5 del Piano degli Interventi di mitigazione del rischio (Cap. 5) e l'art. 2 c. 2 delle Norme di Attuazione (Cap. 6). Conseguentemente, sono stati aggiornati gli elaborati collegati: Carta delle Fasce Fluviali, Carta del Rischio Idraulico, Carta degli Interventi, Allegati relativi alle Verifiche Idrauliche.

CAPITOLO 1 – QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento *(paragrafo modificato con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021)*

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

A livello regionale fra le leggi e le deliberazioni in materia di organizzazione della difesa del suolo, si ritiene opportuno citare la Deliberazione del Consiglio Regionale n° 94 del 21.11.1990, la Legge Regionale 28 gennaio 1993 n°9, la Legge Regionale 1994 n° 45 e la Legge Regionale 16 aprile 1984 n° 22.

Nella deliberazione citata, "Delimitazione definitiva degli ambiti relativi ai bacini di rilievo regionale", è riportata in allegato la descrizione dei diversi ambiti di bacino della Liguria. La delimitazione dell'ambito consiste, talvolta, nell'accorpamento di diversi bacini, limitrofi per posizioni ed analoghi per caratteristiche, e talvolta coincide con i limiti dello spartiacque di un preciso bacino imbrifero.

La Legge Regionale 28 gennaio 1993 n° 9, "Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della Legge 18 maggio 1989 n° 183" stabilisce le attività di programmazione e pianificazione, le attività competenti alla Regione, alle province, alle città metropolitane e alle comunità montane. Al Titolo II, "Autorità di bacino", sono definite le autorità di bacino di rilievo regionale, il comitato istituzionale, il comitato tecnico regionale, il comitato tecnico provinciale e della città metropolitana, le conferenze provinciali e della città metropolitana di Genova, l'Autorità di bacino del fiume Magra, l'Autorità di bacino del fiume Po' ed infine i compensi ai componenti dei diversi comitati tecnici. I contenuti del piano di bacino sono illustrati al Titolo III "Piani di bacino e programmi triennali".

Tra le "Norme transitorie e finali", Titolo IV, si sottolinea l'importanza dell'art. 26 nel quale al 1° comma si stabilisce che, sino all'approvazione dei piani di bacino, non sono autorizzabili nei corsi d'acqua pubblici tutti quegli interventi che, per la loro rilevanza o impatto ambientale, impediscano il naturale evolversi e l'equilibrio dei corsi d'acqua da un punto di vista idraulico, idrogeologico e idrogeomorfologico. In particolare con il 2° comma sono vietati interventi come coperture e tombinature dei corsi d'acqua pubblici, nuove edificazioni ad una distanza inferiore ai venti metri (all'interno dei centri urbani) o a metri quaranta (all'esterno) a partire dai limiti demaniali del corso d'acqua.

La Legge Regionale 16 agosto 1994 n° 45, si propone la disciplina degli interventi orientati alla difesa dalle calamità naturali ed alla salvaguardia dell'ambiente. Particolare attenzione è rivolta alle attività che, nel contesto della difesa del suolo, mirano ad una maggiore sicurezza urbana, ossia: a) azioni informative e previsionali, consistenti nella predisposizione di una rete di monitoraggio degli eventi meteorologici, nella stesura di mappe delle aree inondate, nell'informazione da parte dei comuni agli abitanti delle stesse aree, nell'adozione di sistemi informativi, quali ad esempio adeguata segnaletica in zone a rischio; b) la manutenzione di ecosistemi fluviali, consistenti nella azioni atte a ricondurre a situazioni di corretto governo il

deflusso delle acque della rete idrografica; c) interventi strutturali, consistenti in opere volte alla riduzione delle condizioni di rischio idrogeologico.

In materia di rischio idrogeologico è stato emanato il decreto legge 11 giugno 1998, n° 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", sull'onda di quanto avvenuto nella provincia di Salerno il 5 e 6 maggio 1998. Nell'art. 1, comma 1, è ribadita l'importanza di effettuare la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e la necessità di raccogliere tutti dati disponibili sul territorio da parte delle regioni e delle provincie. A tal fine, con il comma 3, il decreto prevede che, entro 15 giorni dall'entrata in vigore dello stesso, tutti gli enti in possesso di documentazione li comunichino alle regioni e alle provincie competenti. Nel comma successivo si stabilisce che gli organi di protezione civile dispongano, per le aree a rischio idrogeologico, piani urgenti di emergenza contenenti le misure per la salvaguardia dell'incolumità delle popolazioni, compreso il preallertamento, l'allarme e la messa in salvo preventiva. Il comma 5 affida alle regioni il compito di individuare "le infrastrutture e i manufatti di ogni tipo che determinano rischi idrogeologico, per i quali i soggetti proprietari possono accedere alle misure di incentivazione allo scopo di adeguare le infrastrutture e di rilocalizzare fuori dell'area a rischio le attività produttive e le abitazioni private". Decade il diritto a risarcimento di eventuali danni a seguito di calamità naturali, per quei soggetti che, pur avendone diritto, non abbiano usufruito delle incentivazioni proposte. Altro punto importante è riportato al comma 7, in cui si ribadisce che le regioni devono adottare un programma per il potenziamento della rete di monitoraggio meteo-idro-pluviometrica. Il decreto citato è in realtà una precisazione, nonché specificazione, di quanto già presente nella Legge n° 183.

E' evidente l'impegno da parte del legislatore in materia di difesa del suolo, in particolare emerge chiaramente la presa di coscienza delle responsabilità dell'uomo nei disastri naturali. Infatti nell'ultima legge citata è specificata la necessità di perimetrare le aree soggette a rischio idrogeologico e la conseguente messa in atto di provvedimenti tali da diminuire il rischio del verificarsi di danni a persone o cose. L'incentivazione per lo spostamento delle attività produttive e dei manufatti ubicati in aree a rischio, indica che deve essere recepito un importante concetto, ossia che il territorio a rischio deve essere rispettato e non ci si deve porre nella condizione che al rischio intrinseco del sito sia associato un danno a causa dell'antropizzazione.

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 nel 30 Giugno 2001 ed approvare entro il 30 giugno 2002, piani di bacino stralcio (ai sensi del comma 6 ter art.17 L183) 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. E viene approvato con le procedure ordinarie dalla L.R.18/99.

In materia forestale le leggi che regolamentano la gestione del patrimonio vegetazionale sono la L.R.n° 22 del 16 aprile 1984 con le relative circolari esplicative e la L.R. 4/99 che propongono di concorrere al miglioramento delle condizioni di vita e di sicurezza delle popolazioni, di conseguire il recupero delle forestazioni di terreni nudi o comunque abbandonati, di promuovere le funzioni ecologiche e paesaggistiche, di concorrere alla tutela dell'ambiente ed alla difesa idrogeologica.

Gli scopi citati sono perseguiti attraverso la conservazione, valorizzazione e sviluppo del patrimonio silvo-pastorale nonché la sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria.

L'ambito di applicazione delle leggi di cui sopra, riguarda il patrimonio silvo-pastorale della Regione, dei Comuni e degli altri enti pubblici nonché dei soggetti privati. Gli interventi ammessi al fine di conseguire gli scopi della legge comprendono il rimboschimento e la ricostituzione boschiva, la valorizzazione e l'incremento del patrimonio silvo-pastorale, la difesa e la lotta fitosanitaria, l'assistenza tecnica, la propaganda, la ricerca e la sperimentazione di interesse regionale, la coltura ed il potenziamento dei vivai forestali, la prevenzione e la difesa dei boschi dagli incendi, la viabilità forestale.

La presente trattazione, "Piano di bacino dell'ambito n° 5 Prino Caramagna – T.San Lorenzo ai sensi della L.R. n°267/98 stralcio riguardante la difesa idraulica ed idrogeologica", fornisce la base cognitiva, per la futura realizzazione di interventi utili ad un ottimale uso del territorio, con particolare riferimento all'aspetto idraulico ed idrogeologico.

Il presente lavoro si propone un duplice obiettivo, ovvero fornisce una descrizione del territorio del bacino in esame attraverso opportune indagini, e propone una serie di interventi atti a ripristinare situazioni di disequilibrio.

Il lavoro è stato strutturato in base alle indicazioni proposte dal documentato "Raccolta dei criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" pubblicato dalla Regione Liguria "Autorità di bacino di rilievo regionale" – Comitato Tecnico Regionale.

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 n°180/98, sono stati seguiti i criteri contenuti nelle seguenti raccomandazioni o note tecniche.

- Raccomandazione N°1/1995 "Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione"

Raccomandazione n° 3 bis/1999 "Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino"

Raccomandazione n°4 /1996 "Standard cartografici relativi alle legende per la carta di copertura del suolo, censimento dei fenomeni franosi"

Raccomandazione n°7/99 "Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale."

Raccomandazione n°8/2000 "Redazione della carta del rischio"

idrogeologico nei piani stralcio di bacino"

Linea Guida n°1/1999 "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale"

Linea guida n°2/2000 "Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti"

Linea guida n°3/2000 "Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di Bacini stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del D.L.180/98 convertito con modifiche in L.267/98)"

Si evidenzia che dal 17/02/2017, con l'entrata in vigore del D.M. 294/2016, le Autorità di Bacino distrettuali ai sensi dell'art. 63 del D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" sono subentrate alle Autorità di Bacino ex L. 183/1989, contestualmente soppresse, tra le quali l'Autorità di Bacino regionale della Liguria e

l'Autorità di Bacino interregionale del fiume Magra. In particolare, a queste è subentrata l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, competente sull'omonimo distretto idrografico definito dall'art. 64 del D.Lgs. 152/2006 che comprende i seguenti bacini: Arno, Serchio, Magra, bacini della Liguria e bacini della Toscana.

Al fine di gestire la fase di transizione dal precedente al nuovo sistema di pianificazione nei bacini regionali liguri e nel bacino interregionale del fiume Magra, sono stati siglati atti diversi – intese e accordi – tra l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale e la Regione Liguria per lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune in materia di difesa del suolo e tutela delle acque, mediante l'avvalimento delle strutture regionali.

Tra l'altro, in forza del disposto dell'art. 170 c. 11 del D.Lgs. 152/2006, nelle more dell'approvazione del Piano di Bacino Distrettuale o dei suoi stralci funzionali, continuano ad essere vigenti i Piani di Bacino Stralcio, adottati ai sensi della L. 183/1989, relativi ai bacini regionali liguri e al bacino interregionale del fiume Magra.

1.2 Strumenti di pianificazione vigenti

1.2.1 Aspetti generali

Il Piano di Bacino rappresenta un tipico caso di "pianificazione sovracomunale di settore". Si tratta, cioè, di uno strumento di pianificazione a scala territoriale, esteso su più Comuni e coordinato da Enti gerarchicamente superiori al Comune, ma limitato ad alcuni aspetti temi specifici (per quanto molto estesi ed interdisciplinari, come già si è detto). Esso delinea prescrizioni e definisce vincoli e destinazioni del territorio, che devono essere recepiti dalla pianificazione locale.

In termini formali, 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. Ne consegue il vincolo alle Autorità competenti di adeguare tutti i piani ed i programmi vigenti sul territorio in esame, per quanto con effetto non immediato (a differenza degli strumenti urbanistici comunali dove si ha invece una prevalenza "automatica").

Nel seguito vengono pertanto descritti i Piani Territoriali, dei Programmi e degli strumenti urbanistici vigenti allo scopo di valutare l'interferenza su di essi del presente piano.

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.

1.2.2 Contenuti del piano Territoriale di Coordinamento Paesistico

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico, approvato con D.C.R. n. 6 del 26.2.1990 contiene indicazioni a livello territoriale e locale sull'assetto insediativo, geomorfologico e vegetazionale.

Con riferimento a livello territoriale il Piano reca indicazioni aventi valori di indirizzo, di proposta e di recepimento ognuna con una funzione differente: le indicazioni di indirizzo rivestono la funzione più importante in quanto considerano l'aspetto paesistico ambientale e pertanto devono essere prese in considerazione in sede di pianificazione; le proposte suggeriscono una migliore fruizione delle risorse paesistiche mentre i recepimenti valutano la compatibilità di grandi opere infrastrutturali con i contenuti del Piano.

A livello locale il Piano reca indicazioni aventi valore prescrittivo nei confronti degli interventi modificatori degli assetti insediativo, geomorfologico e vegetazionale in atto, di parti del territorio individuato nella cartografia del Piano stesso in scala 1: 25.000, in funzione di tali assetti. Interessano direttamente gli interventi edilizi (assetto insediativo), le opere idrauliche ed i consolidamenti (assetto geomorfologico) e gli interventi di forestazione (assetto vegetazionale). Tali norme prevalgono sulle previsioni degli strumenti urbanistici comunali ove siano più restrittive.

Il bacino indagato ricade all'interno dell'ambito territoriale n. 19 "Valle San Lorenzo"; le indicazioni del P.T.C.P. a livello locale per i diversi assetti vengono qui di seguito sintetizzate:

a) Assetto insediativo: la quasi totalità del territorio ad eccezione della fascia costiera e della zona centrale del bacino risulta classificata "area non insediata da mantenere" (ANI-MA), in cui la normativa è volta al mantenimento dell'integrità paesaggistica delle zone collinari preservandone le componenti più significative: l'uliveto e la struttura del sistema insediativo.

Subordinatamente a quelle sopra descritte, sono seconde per estensione le aree classificate "insediamento sparso" (IS): anche in questo caso la normativa è volta al mantenimento.

Infine, superfici più piccole, in corrispondenza dei principali abitativi, risultano classificati come "nucleo isolato" (NI) o "insediamento diffuso" (ID): in questo caso l'indirizzo normativo non è volto al solo mantenimento ma anche al consolidamento e, nel caso dell'abitato di San Lorenzo al mare, di modificabilità di tipo "A" (lungo il fondovalle, nel tratto compreso tra il centro del paese ed il limite comunale settentrionale).

Secondo i contenuti del piano, l'indirizzo di consolidamento consente i interventi di nuova edificazione e di urbanizzazione, nonché di integrazione ed eventuale sostituzione delle preesistenze, mirati a completare l'impianto urbano ed a completare il tessuto edilizio, garantendo una corretta definizione paesistico ambientale dell'insieme.

Le aree sotto regime di modificabilità (MO) possono invece essere soggette ad interventi di qualificazione.

b) Assetto geomorfologico : l'intero ambito è praticamente classificato come area assoggettata a modificabilità di tipo A o di tipo B (MO-A e MO-B), con l'esclusione della fascia decorrente lungo la dorsale Rovereo – M. Pian delle Vigne – M. Selletta – M. Faudo, dove l'indirizzo normativo è di mantenimento.

Nelle aree MO i fattori geomorfologici e/o idrogeologici non sono tali da imporre limitazioni di ordine quantitativo, qualitativo o strutturale agli interventi. L'obiettivo della disciplina è quello di evitare alterazioni nei rapporti tra il fattore antropico del paesaggio ed i suoi caratteri geomorfologici ed idrogeologici. Sono pertanto ammessi interventi che si adeguino ai fattori idrogeomorfologici del territorio.

Nelle aree MA gli interessi di ordine ecologico sono preminenti in considerazione della relativa integrità dell'ambiente o della presenza di rilevanti fenomeni morfologici. L'obiettivo è di assicurare l'evoluzione naturale dell'ecosistema verso una configurazione di crescente stabilità.

c) Assetto vegetazionale: buona parte del territorio viene classificata come colture agricole con impianti sparsi di serre (COL-ISS); tale zona è assoggettata al regime normativo di mantenimento e sono consentite le costruzioni di nuovi impianti distanziati in modo da non creare concentrazioni ed opportunamente ubicati in funzione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali dei luoghi.

Oltre all'area sopra descritte, il piano individua, nell'ambito di bacino, zone caratterizzate da boschi di angiosperme sotto regime di consolidamento (BAT-CO) in cui le condizioni di manto arboreo sono nel complesso soddisfacenti; l'obiettivo è quello di garantirne la continuità nel tempo permettendo tutti gli interventi volti a migliorare le condizioni complessive del bosco e a regolando il suo sfruttamento economico.

Con pari estensione delle precedenti, sono poi presenti zone di boschi di conifere termofile (BCT-TRZ-BAT) e praterie assoggettate a regime di trasformazione (PRT-TRZ-BAT) dove le condizioni dello strato arboreo sono insoddisfacenti per la presenza di essenze che contrastano il dinamismo della vegetazione spontanea o dove lo sfruttamento economico ha dato luogo ad effetti negativi per l'integrità idrogeologica dei versanti; in tal caso l'obiettivo è quello di ripristinare condizioni di equilibrio ecologico e la graduale sostituzione dello strato arboreo esistente con specie idonee.

1.3 Obiettivi

Il Piano persegue le finalità della difesa idrogeologica e della rete idrografica, il miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, di recupero delle aree interessate da particolari fenomeni di degrado e dissesto, di salvaguardia della naturalità mediante la definizione :

- a) del quadro della pericolosità e del rischio idrogeologico in relazione ai fenomeni di inondazione e di dissesto considerati;
- b) dei vincoli e delle limitazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di pericolosità;
- c) delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti in funzione del loro livello di efficacia in termini di sicurezza;
- d) degli interventi per la sistemazione del dissesto dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;
- e) degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- f) di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

In sintesi, l'obiettivo fondamentale del piano è di annullare, o quanto meno mitigare, le criticità idrauliche ed idrogeologiche alla base delle situazioni di rischio, definendo un rischio idraulico residuale compatibile con le aspettative urbanistiche presenti nel territorio di pertinenza al piano. Tale obiettivo risulterà perseguibile con un attento piano di difesa idraulica ed idrogeologica, ovvero l'insieme di interventi finalizzati

al ripristino dell'efficienza idraulica, all'eventuale recupero di aree golenali e di espansione, alla bonifica delle zone in frana, alla difesa attiva e passiva delle zone abitate.

Le tecniche di riqualificazione saranno preferibilmente orientate alla rinaturalizzazione degli alvei ed al ripristino del dissesto idrogeologico con opere preferibilmente di ingegneria naturalistica; saranno individuati come prioritari tutti gli interventi mirati a ridurre i rischi e pericoli per la pubblica e privata incolumità ove siano stati individuati danni significativi durante gli ultimi eventi alluvionali.

In conclusione, le scelte strategiche generali, di base possono essere riassunte nei seguenti punti:

- definizione del rischio residuale al quale commisurare la pianificazione urbanistico – territoriale, i sistemi di misura e di controllo e quelli di gestione straordinaria ed ordinaria;
- interattività tra gestione idraulica dei corsi d'acqua, la gestione dei versanti e la gestione urbanistica degli insediamenti agricoli, urbani ed industriali;
- definizione dei pesi e dei ruoli da attribuire rispettivamente alle difese attive e passive, tenute presenti anche le conseguenze economiche, le onerosità degli interventi straordinari, i costi sociali ed i limiti legati alle difese passive.

1.4 Dati utilizzati

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:10.000 e sc. 1: 5.000 (in formato raster e vettoriale) ed i fogli interessati sono i seguenti:

- 258110 Taggia.
- 258120 S. Lorenzo al mare.
- 258080 Dolcedo.
- 258070 Badalucco.

Sono stati utilizzati i dati climatici registrati da due stazioni pluviometriche, Dolcedo (77 m s.l.m.) e Tavole (500 m s.l.m.), situate entrambe all'esterno del bacino, unitamente ai dati registrati dall'osservatorio meteorologico di Imperia (15 m s.l.m.) che registra, oltre alle precipitazioni, anche le temperature e da cui sono stati desunti i dati inerenti all'umidità relativa dell'aria ed alla direzione dei venti.

Si rileva, comunque, che i dati reperiti per la stazione di Dolcedo sono aggiornati solamente al 1983 (attualmente la stazione è dismessa) e che la stazione di Tavole non è più funzionante dal 1976.

2 CAPITOLO 2 – CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

Il bacino del torrente San Lorenzo costituisce, appartiene all'ambito n. 5 "Prino".

Dal punto di vista orografico ed idrologico, tuttavia, esso è a tutti gli effetti un bacino idrografico completo, organicamente strutturato, ben delimitato da spartiacque naturali a NE (ove confina con il bacino del torrente Prino e con il piccolo bacino del rio dell'Inferno, anch'essi appartenenti all'ambito n. 5 "Prino") e a SO (ove confina con il bacino del torrente Argentina).

Presenta una forma grossomodo ellittica, con asse maggiore orientato in direzione NO – SE, ed una superficie di circa 26 km².

Il corso d'acqua principale è costituito dal torrente San Lorenzo, che, nella parte mediana e terminale del percorso, è orientato in direzione parallela all'asse longitudinale del bacino, ma in posizione disassata rispetto a questa: il settore in sinistra orografica presenta un'estensione alquanto minore di quello in destra orografica, anche perché quest'ultimo è occupato in parte significativa dai sottobacini dei rii Fossarelli e Fontanabona, che confluiscono nel San Lorenzo solo nel tratto terminale di quest'ultimo, in corrispondenza dell'ingresso nel centro abitato di San Lorenzo al Mare.

Oltre ai due corsi d'acqua citati, il principale affluente è il rio Meree, che confluisce nel San Lorenzo da sinistra nella parte alta del bacino.

Il bacino del torrente S. Lorenzo si sviluppa in corrispondenza dell'omonima cittadina ed è compreso a livello amministrativo nei comuni di San Lorenzo, Dolcedo, Cipressa e Costarainera, appartenenti tutti alla provincia di Imperia.

L'asta torrentizia, procedendo da monte verso mare, segue una direzione NW-SE; il bacino è allargato, più a monte, dal rio Tana che, in corrispondenza di Frantoio Panta, si congiunge con il rio S. Siro ed il rio del Passo formando il rio di S. Lorenzo.

Nei pressi dell'abitato di Torre Paponi il rio di S. Lorenzo, congiungendosi al rio Meree, forma il torrente S. Lorenzo propriamente detto.

Lo spartiacque di destra è costituito dal M.te Cianbelin (106,3 m s.l.m.), dall'abitato di Civezza (218,0 m s.l.m.), dal M.te Cinque Bourche (380,0 m s.l.m.), dal M.te Carmo (484,1 m s.l.m.), da S. Brigida (450,0 m s.l.m.) e dal M.te Cantagallo (604,0 m s.l.m.) fino a raggiungere il Passo Bastia (767,5 m s.l.m.).

Lo spartiacque di sinistra è costituito da Torre del Poggio (204,6 m s.l.m.), dal M.te Sabini (296,3 m s.l.m.), dal M.te della Costa (400,3 m s.l.m.), dal M.te Pian delle Vigne (537,9 m s.l.m.), dal M.te Selletta (580,1 m s.l.m.), dal M.te Croce (682,3 m s.l.m.) e dal M.te Sette Fontane (793,8 m s.l.m.).

Attraverso il M.te Follia (1.033,0 m s.l.m.) ed il M.te Faudò (1.148,8 m s.l.m.), cime di discreta altitudine considerando la vicinanza alla costa, si ha la chiusura del bacino nella parte più a monte.

Di seguito si descrivono con maggior dettaglio i corsi d'acqua affluenti, con i rispettivi bacini di competenza.

La suddivisione in sottobacini è evidenziata nell'allegato Carta della suddivisione dei sottobacini:

2.1.1 Sottobacino rio Meree

Il bacino del rio Meree ha un'estensione totale di 6,20 km², delimitato a Nord dal M. te Faudo (1.148,8 m s.l.m.), dal Passo Bastia (767,5 m s.l.m.), dal M.te Cantagallo (604,0 m s.l.m.) e da S. Brigida (450,0 m s.l.m.) e a Sud dal M.te Follia (1.033,0 m s.l.m.) e dalle coste Figarea, dei tre Cammini e dell'Amandola che lo separano dai rii Cà Sottane, Tana e di S. Lorenzo.

Lungo l'asta mancano opere di regimazione idraulica od interventi antropici sino in corrispondenza di un ponte in muratura denominato Ponte Meree.

Nel suo restante corso si rilevano sei opere che interferiscono con il deflusso di cui cinque ponti ed una tombinatura.

Le pendenze del corso d'acqua in oggetto sono state valutate utilizzando la cartografia disponibile.

Da tale esame si evince come il rio Meree presenti un andamento più ripido nella parte iniziale (i = 20÷25 %) per poi diminuire gradualmente nel tratto finale in corrispondenza di Frantoio del Ponte (i = 10 %).

2.1.2 Sottobacino rio di S. Lorenzo

Il bacino del rio di S. Lorenzo ha un'estensione totale di 8,74 km², delimitato a Nord dal M.te Follia (1.033,0 m s.l.m.) e dalle coste Figarea, dei tre Cammini e dell'Amandola che lo separano dal rio Meree.

Si tratta di un bacino caratterizzato da una notevole densità e ramificazione del reticolo idrografico.

La parte superiore del bacino è attraversata da tre corsi d'acqua di lunghezza simile che, da Nord verso Sud, risultano essere:

- il rio Braia che riceve gli apporti di vari rii da sinistra, il principale dei quali è il rio Fassei;
- il rio Balozzo che riceve l'apporto da sinistra del rio Bozza e del rio Buccallo;
- il rio Campo.

I tre corsi d'acqua in esame si uniscono in corrispondenza dell'abitato di Pietrabruna dando origine al rio Cà Sottane il quale riceve gli apporti di vari rii, soprattutto da destra, trasformandosi nel rio Tana.

Tale rio, come riportato in precedenza, in corrispondenza di Frantoio Panta si congiunge con il rio S. Siro ed il rio del Passo formando il rio di S. Lorenzo.

Lungo l'asta mancano opere di regimazione idraulica od interventi antropici sino in corrispondenza dell'abitato di Pietrabruna.

Successivamente si rilevano in destra quattro ponti e sei tombinature ed in sinistra quattro ponti ed una tombinatura.

Sull'asta del rio di S. Lorenzo sono inoltre presenti un ponte in muratura in corrispondenza di Frantoio del Ponte ed un ponte in c.a.p. 1 km circa a monte.

Dall'esame della cartografia disponibile si evince come il rio di S. Lorenzo presenti nel tratto finale una pendenza pari a circa il 10÷15 %.

2.1.3 Sottobacino torrente S. Lorenzo

Il torrente S. Lorenzo ha origine dall'unione del rio Meree e del rio di S. Lorenzo in località Frantoio del Ponte, a circa 5 km dalla foce e ad una quota di circa 500 m s.l.m..

Si è considerato un primo tratto dal punto di origine anzidetto sino al viadotto autostradale della A10 Genova - Ventimiglia, per una lunghezza complessiva di circa 3,2 km.

In tale tratto infatti il torrente ha caratteristiche differenti dal tronco vallivo, in quanto presenta pendenze medie più elevate ed una minore densità del tessuto urbano di contorno.

Nel tratto vallivo invece il torrente, interessato dal reticolo urbano, ha un'estensione complessiva di circa 1,8 km.

In località Molino Bianco avviene infine una confluenza tra il torrente S. Lorenzo ed il rio S. Lorenzo che, come specificato in seguito, risente degli apporti di Lingueglietta e Costarainera.

Nel suo corso il torrente incontra una serie numerosissima di opere che interferiscono con il deflusso; complessivamente si rilevano quattordici opere di cui otto ponti, due guadi, due briglie, un'alveolatura ed una copertura.

2.1.4 Sottobacino rio Fontana Bona

Il bacino del rio Fontana Bona ha un'estensione totale di 3,35 km², delimitato a Nord dal M.te Casarazzi (470 m s.l.m.), che lo separa dal rio di S. Lorenzo, e dal Piano del bue, che lo separa dal torrente S. Lorenzo, e a Sud dal M.te Pian delle Vigne (537,9 m s.l.m.), dalle strade comunali dei Prati e di Porto Maurizio, dal M.te Sabini (296,3 m s.l.m.) e da Torre del Poggio (204,6 m s.l.m.).

Il rio Fontana Bona riceve, 150 m circa a monte del viadotto autostradale, l'apporto in destra del rio Fossarelli che, come specificato in seguito, risente degli apporti di Costarainera, trasformandosi nel rio S. Lorenzo.

La prima opera di regimazione idraulica rilevata è un ponte in muratura sito 3 km circa a monte del viadotto autostradale.

Nel restante corso del rio si rilevano quattro ponti, una tombinatura ed un guado.

Le pendenze del corso d'acqua in oggetto sono state valutate utilizzando la cartografia disponibile.

Da tale esame si evince come il rio Fontana Bona presenti un andamento più ripido nella parte iniziale ($i = 20\div 30 \%$) per poi diminuire gradualmente nel tratto finale ($i = 2 \%$).

2.1.5 Sottobacino rio Fossarelli

Il bacino del rio Fossarelli ha un'estensione di 2,18 km², delimitato a Nord dalle strade comunali dei Prati e di Porto Maurizio che lo separano dal rio Fontana Bona e a Sud dal M.te della Costa (400,3 m s.l.m.) e dal M.te Sabini (296,3 m s.l.m.).

Il rio Fossarelli ha un'estensione complessiva di 2.300 m circa e gli apporti principali sono costituiti dal fosso Scause e dal fosso S. Antonio, entrambi in destra.

Le uniche due opere di regimazione idraulica rilevate sono un ponte in muratura ubicato a Sud dell'abitato di Lingueglietta ed un ponte in legno alcune centinaia di metri a monte dell'immissione nel rio Fontana Bona.

Le pendenze del corso d'acqua in oggetto sono state valutate utilizzando la cartografia disponibile.

Da tale esame si evince come il rio Fossarelli presenti un andamento ripido sia nella parte iniziale ($i = 30 \%$) che nel tratto finale ($i = 20 \%$).

2.2 Geologia

2.2.1 Paleogeografia e litostratigrafia

L'area in esame è situata dal punto di vista geologico formazionale all'interno del complesso sedimentario denominato come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale". Si tratta di sedimenti attribuiti ad una fossa bacinale e datati al Cretaceo che, in seguito a chiusura dell'originale oceano di deposizione, oceano esistente fra il Continente Paleoeuropeo e la Zolla Insubrica, sono state scollate dall'originale substrato ed hanno subito un trasporto tettonico verso l'esterno, fino a raggiungere l'attuale posizione alloctona (zona dei flysch) intermedia fra il dominio Prepiemontese e Brianzone a levante e quello Delfinese Provenzale a ponente (Fig. 1).



Fig. 1 - Schema strutturale dell'area in esame da Guida Geologica delle Alpi Liguri (1991)

L'unità tettonica dominante l'intero ambito è quella conosciuta come unità di Sanremo - Monte Saccarello; in particolare tale unità risulta scollata a livello basale lungo un orizzonte di emipelagiti (Argilliti del colle San Bartolomeo) non affioranti nel territorio esaminato.

2.2.2 Geolitologia

Tralasciando l'ampia bibliografia storica reperibile su tale area viene riportata la più recente suddivisione su base litologico stratigrafica come evidenziata nella carta geologica regionale (scala 1:25000 – 1:10000); in particolare si distinguono:

Arenarie di Bordighera ar BOR

si tratta di un potente conoide sottomarino poggiante al di sopra delle Argilliti di San Bartolomeo costituite da probabili sedimenti derivanti dallo smantellamento del massiccio Sardo Corso; tale placca che

mostra nel suo sviluppo tipico di conoide sottomarino mostra estreme variazioni negli spessori e nelle granulometrie dei sedimenti deposti in relazione alla posizione relativa delle fasi di accumulo, per l'ambito esaminato, trovandoci di fronte alle ultime propaggini di tale complesso (che sparisce completamente nell'imperiese) mostra frequenti intercalazioni con la dominante deposizione sovrastante. Nel bacino esaminato le A.d.B. rappresentano (unitamente ai sedimenti di periodi geologici differenti) i litotipi il cui contatto stratigrafico risulta meno problematico all'identificazione sia in ragione della differente deposizione litologico granulometrica sia per il diverso processo alterativo superficiale; permangono tuttavia numerose problematiche derivanti dall'intercalazione con i calcari del monte Saccarello e dalle strutture plicative i cui tale complesso risulta coinvolto; in relazione a tali considerazioni pertanto nella carta litologica allegata al P.d.B sono stati modificati i limiti stratigrafici solo unicamente ove si è rilevata con certezza la presenza di tale motivo deposizionale, adottando per le restanti porzioni in relazione alla presenza di coltri detritiche e di intercalazioni calcarenitiche i contatti riportati dalla C.G.R.

Calcari del Monte Saccarello:

poggianti stratigraficamente al di sopra delle arenarie costituiscono la sedimentazione a prevalenza calcareo marnosa della fossa bacinale; dominante per la maggiore porzione lungo l'area collinare – montana del bacino mostrano prevalente deposizione di fanghi calcarei a diversa componente terrigena con frequente intercalazione di calcareniti fini. Non sempre il passaggio stratigrafico al membro sovrastante risulta ben delineato sia in ragione dell'analogia di sedimentazione sia per possibili intercalazioni esistenti fra gli stessi; pertanto nella cartografia adottata si è ritenuto opportuno accettare le identificazioni riconosciute regionalmente.

Marne di Sanremo:

costituiscono il termine della sedimentazione oceanica (a seguito della quale iniziano i movimenti di inversione che porteranno alla chiusura dell'originale bacino di deposizione) con prevalenti torbide a carattere terrigeno, pur conservando la massiccia presenza di fanghi calcarei; nell'ambito esaminato esiste un'ampia area caratterizzata dalla massiccia presenza di arenarie fini (di norma a prevalenza micacea), già riconosciuta al punto da dare luogo a toponimi (regione avregghi, dal locale dialetto avrego o avregu con cui si identifica l'arenaria) intercalate a potenti banchi marnosi e sottili passate argilloscistose; mantenendo in relazione all'ufficialità della fonte i contatti delineati dalla carta tecnica regionale si evidenzia tuttavia, in probabile relazione alla vicinanza con il contatto stratigrafico la massiccia presenza di banchi calcilutitici (a maggiore analogia la membro sovrastante) lungo il tratto terminale a monte della sede autostradale i sponda sinistra del torrente San Lorenzo

Il complesso flyschoidale, come si vedrà in seguito nel capitolo dedicato alla tettonica raggiunge l'attuale posizione entro il Miocene Superiore, seguendo così l'evoluzione della catena alpina; secondo le più recenti teorie il complesso subisce dapprima (Pliocene Inferiore) un'ingressione marina con formazione piuttosto rapida di bacini di media profondità e di acque calme (deposizione di fanghi "argillosi", più correttamente marnosi, grigio azzurri, a cui segue una fase di innalzamento delle aree interne con deposizione di conglomerati e sabbie; ad oggi non sono stati rinvenuti affioramenti attribuibili con univocità al Pliocene Superiore.

Per l'ambito esaminato tali considerazioni valgono parzialmente in quanto il livello basale del lembo Pliocenico di Costa Terre Bianche, presente in sinistra orografica, consta di un livello basale, non sempre continuo e talora difficilmente rilevabile di conglomerati grossolani e talora brecce spigolose, talvolta con strutture di deposizione caotiche, a cui segue un episodio a prevalente deposizione di limi sabbio-argillosi, con massiccia presenza verso l'alto di banchi di arenarie grossolane ben cementate e crostoni panchinoidi. In relazione alla difficile identificazione del piano basale, si è preferito cartografare l'intero complesso come Sabbie di Costa Terre Bianche, tralasciando l'identificazione del livello basale delle Brecce di Taggia presente nella C.G.R.

L'ulteriore evoluzione che porta all'attuale configurazione del territorio avviene dal Quaternario ai giorni nostri con basculamento dell'assisa Pliocenica e generale innalzamento della linea di costa, basculamento guidato dalla tettonica (vedi capitolo successivo) con generazione di lineazioni lungo cui si sviluppa il reticolo idrografico.

In tale fase si sviluppano le potenti coperture detritiche (paleofrane) in relazione anche alla sismicità locale identificate nella carta geolitologica e le alluvioni fluviali legate al trasporto solido del torrente San Lorenzo; le alluvioni occupano una limitatissima porzione dell'ambito comunale, in genere nel tratto terminale del bacino, mostrando un reticolo in fase di ringiovanimento, con frequenti tratti incassati in roccia. Solo l'ultima porzione presso l'abitato di San Lorenzo raggiunge potenze nell'ordine dei dieci metri.

Viene di seguito riportata la descrizione puntuale dei litotipi rilevati (dai più recenti ai più antichi) con le foto più rappresentative degli orizzonti individuati, con tutte le riserve legate alle locali variazioni all'interno del complesso.

am DEPOSITI ALLUVIONALI MOBILI ATTUALI: sono costituiti in prevalenza da ciottoli di pezzatura mediamente grossolana all'interno dell'attual letto del torrente San Lorenzo; lungo l'alveo principale la matrice risulta scarsa, mentre nel tratto di affluenza del Rio Fossarelli esiste un'abbondante frazione sabbiosa collegata ai litotipi presenti nel bacino. In genere mostrano scarsa potenza, con ampi affioramenti del substrato roccioso sottostante fino al ponte della strada Provinciale per Pietrabruna.

ar DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI RECENTI costituiscono le piane di fondovalle in genere come precedentemente citato di limitata estensione areale e di limitata potenza; nel tratto montano del Rio San Lorenzo a valle dell'abitato di Pietrabruna occupano piccolissime porzioni del fondovalle con sedimentazione di materiale fine sabbioso-limoso, mentre a valle dell'abitato di Torre Paponi, ove iniziano ad assumere maggiore rilievo prevalgono i ciottoli in matrice sabbiosa e limosa; l'evento alluvionale del settembre 1998 ha inoltre ridistribuito lungo la piana alluvionale il materiale. Il raccordo con i versanti di tali sedimenti è quasi sempre mascherato da una sottile coltre detritica di tipo "pedemontano" e talora il terrazzamento operato dall'uomo maschera il limite originario.

dt1 COPERTURE DETRITICHE POTENTI SUPERIORI A mt 3

Sono state cartografate le coperture detritiche con potenza superiore a 3 m costituite generalmente da sedimenti a granulometria. Sono presenti lungo tutto il territorio indagato obliterando spesso il substrato roccioso. La maggiore porzione areale di tale categoria è occupata dai numerosi paleoaccumuli la cui origine è da ricercare nell'attività sismica unitamente all'assetto giaciturale ed alla rapida erosione lineare con

scalzamento delle sponde da parte dei rii: si tratta di potenti accumuli costituiti da blocchi e talora da interi pacchi di strati immersi in una matrice prevalentemente argillosa. La porzione superficiale è quasi ovunque costituita da terreno vegetale terrazzato. Tale classe include inoltre le coltri di origine colluviale (generate dal trasporto da parte delle acque dilavanti e ruscellanti di frammenti di suolo da una zona ad un'altra posta topograficamente più in basso) hanno una tessitura basata su una matrice limoso argillosa nella quale sono inclusi dei piccoli clasti spigolosi di natura calcareo marnosa ed arenacea che diminuiscono in quantità dalla base fino alla parte superiore, in relazione alla maturità dei sedimenti. Si riscontrano altresì coltri di tipo misto (eluvio-colluviale); la parte più superficiale delle coltri detritiche sopra menzionate si è spesso evoluta in suolo vegetale. Per quanto riguarda la loro genesi è generalmente dovuta all'azione degli atmosferici sui litotipi affioranti: pioggia, vento, cicli di gelo e disgelo intaccano le rocce sgretolandole in percentuale inversamente proporzionale alla loro tenacità; le particelle derivate da questo sgretolamento possono poi subire o meno un trasporto sia ad opera delle acque dilavanti che a causa di fenomeni gravitativi.

sCTB SABBIE DI COSTA TERRE BIANCHE

Si tratta di sedimenti Pliocenici (plioc. Inf) con prevalente granulometria grossolana alla base (conglomerati ben cementati) che lasciano il posto a sedimenti più fini verso l'alto, con presenza di limi e sabbie; sondaggi geognostici eseguiti recentemente a monte dell'abitato di San Lorenzo lungo il crinale hanno permesso di individuare un orizzonte al di sopra dei conglomerati di limi sabbiosi ed argillosi con rarissimi ciottoli e forti fenomeni ossidativi a cui segue l'intervallo sabbioso limoso che costituisce la linea di spartiacque con presenza di banchi di arenarie quarzose ben cementate in banchi di spessore contenuti entro i 50 cm e presenza di crostoni panchinoidi (in genere di potenza contenuta entro i 10 cm) formati da gusci di prevalenti lamellibranchi cementati; sono inoltre presenti piccole lenti con fenomeni di boudinage di marne siltose grigie. Il complesso mostra in genere colore grigiastro, tuttavia sottoposto all'azione degli agenti atmosferici assume una caratteristica colorazione giallastra e talora ocrea.

maELM FLYSCH DI SANREMO LITOTIPI PREV. MARNOSO ARENACEI

Corrispondono al complesso identificato nella C.G.R. come Marne di Sanremo; rappresentano l'intervallo terminale della formaione del Flysch e sono caratterizzate dall'aumento della componente terrigena e sabbiosa nel complesso torbiditico che porta alla litificazione di potenti bancate marnose con frequente intercalazione di arenarie ad elevata componente micacea e sottili passate argilloscistose. Le marne e le argilliti registrano aggiornamente gli sforzi deformativi subiti con sviluppo di piani di fissilità (sleaty cleavage) che riducono le bancate esposte agli agenti atmosferici in scaglie minute; le arenarie, in genere a grana fina, si presentano di colore grigio con caratteristica alterazione superficiale di colore marrone.

Si rinvengono spesso livelli caotici (tipo "slumping), argilliti siltose nere, calcari micritici tipo "alberese", livelli a calcari marnosi nodulari immersi in matrice arenitica, con fenomeni di "boudinage" (Fig. 8); i livelli arenitici mostrano frequenti impronte e contrimpronte di limiviri e tracce di corrente.

Il complesso (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?) affiora lungo la porzione Sud e Sud Ovest del comprensorio indagato.

cmELM FLYSCH DI SANREMO LITOTIPI PREV. CALCAREO MARNOSI

Occupano la porzione collinare-montana del bacino e vengono identificate nella C.G.R. come Calcari del Monte Saccarello; si tratta di una sedimentazione torbiditica principalmente costituito da sedimenti calcareo

marnosi. Pur mostrando ampio spettro, sia per quel che riguarda la potenza degli strati che per la loro natura, possono essere individuate in linea di massima due prevalenti motivi deposizionali: il primo, rappresentante la facies tipica è data da calcari micritici compatti grigi (denominati localmente "colombino") della potenza media dei 50 - 100 cm alternati a scisti marnosi e sottili passate argilloscistose tipicamente affiorante lungo la linea di crinale, il secondo è rappresentato da potenti banchi calcareo marnosi alternati a calcareniti e rari banchi argilloscistosi.

Nel passaggio col membro sottostante mostra frequenti intercalazioni di arenarie e calcareniti, a causa dell'interdigitazione con il conoide sottostante.

Al passaggio con il membro sovrastante aumenta nella sedimentazione la frazione fine determinando potenti banchi marnosi, sottili marne calcaree, e piccole passate arenitiche.

Dal punto di vista paleontologico la frequente presenza di Icnofacies ad *Helmintoida labyrinthica* ha determinato la dizione flysch ad Elmintoidi (Fig. 6); si trovano inoltre frequenti tracce di *Condrites*, talora di dimensioni anche plurimillimetriche (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?)

arBOR ARENARIE DI BORDIGHERA

Affiorano al nucleo di una struttura plicativa a valle del monte Cantagallo secondo una striscia allungata in direzione SE-NW. Si tratta dell'ultima propaggine del conoide sottomarino che mostra frequenti interdigitazioni con il soprastante flysch calcareo marnoso (scomparendo totalmente verso Levante), determinando interpretazioni talora problematiche per quanto riguarda il contatto stratigrafico fra i due membri. Secondo le linee indicate dall'amministrazione si è preferito mantenere i contatti ufficialmente segnalati sulle tavolette, tuttavia dal rilievo puntuale l'area a monte, procedendo in direzione di San Bernardo mostra maggiore affinità alla facies arenacea che a quella calcarea.

Il membro, come indicato nella legenda della tavoletta Regionale, è costituito da bancate di arenarie grossolane, con una caratteristica patina di alterazione marrone brunastra, organizzate secondo bancate dell'ordine del metro; la granulometria passa da media a grossolana, con granuli a prevalente composizione quarzoso feldspatica (riferibili a grovacche), con frequenti episodi microconglomeratici alla base. Nei frammenti litici si riconoscono graniti, porfidi quarziferi, gneiss ecc.; si rinvencono inoltre frequenti intercalazioni di piccole sequenze di strati torbiditici siltosi arenacei medio sottili. Maastrichtiano - Campaniano Sup.

2.2.3 Tettonica

L'unità Sanremo-Monte Saccarello associata alle altre tre unità, Colla Domenica-Leverone, Borghetto D'Arroscia-Alassio e Moglio-Testico costituiscono la zona del Flysch della Liguria occidentale.

Tali unità sono sradicate a livello del complesso di base ed hanno subito una traslazione tettonica ed un cambiamento di posizione relativa nel periodo compreso fra il Cretaceo superiore e l'Eocene superiore in cui le unità occupavano una posizione relativa presumibilmente analoga all'attuale.

Per quanto riguarda l'unità Sanremo-Monte Saccarello i vari autori sono concordi ad attribuire una posizione in origine interna rispetto alle unità sopraccitate, posizione che sarebbe cambiata in seguito all'appilamento delle falde con un carreggiamento dell'unità Sanremo-Monte Saccarello in posizione esterna.

Non si conosce il substrato originale dell'unità flyschoidi perché come abbiamo detto esse risultano scollate a livello della formazione di San Bartolomeo, ma si presume che il flysch si sia depositato su un fondo oceanico analogo a quello delle unità della riviera di Levante.

Esistono infatti diverse analogie fra il flysch della Liguria occidentale e quelli dell'Appennino settentrionale (in particolare il flysch del Monte Antola) che inducono a riportare le unità in una posizione paleogeografica contigua, sebbene Boni & Vanossi siano propensi a considerare i sedimenti come provenienti da due bacini diversi evolutisi nel Cretaceo superiore in maniera analoga.

Lo stile deformativo dell'unità presa in considerazione è di tipo plicativo polifasico ed ha avuto luogo nella traslazione e messa in posto dell'edificio a falde in direzione circa N-S attraverso meccanismi gravitativi.

MARINI (1986) ha individuato in un primo tempo cinque fasi deformative:

- a) una prima fase divisibile in subfasi sin- e post- appilamento falde che identifica la traslazione gravitativa verso ed entro i bacini terziari, con direzione di trasporto WNW o NW (EUROPA-VERGENTE);
- b) una seconda fase con pieghe Sud-vergenti coricate a S o SSW (AVANVERGENTI);
- c) terza fase con smembramento dell'edificio attraverso piani di taglio poco inclinati (AVANVERGENTI);
- d) una quarta fase identificabile con la crenulazione sulle strutture precedenti con direzione E - W o WNW - ESE asimmetrica a N e NNE;
- e) quinta fase di età Plio-Pleistocenica con deformazioni distensive a carattere regionale di tipo rotazionale.

Queste fasi individuano un fenomeno di sovrascorrimento delle falde di tipo eminentemente gravitativo.

Tale fenomeno risulta sinsedimentario rispetto alle porzioni terziarie dei flysch e progredisce da Est verso Ovest in due momenti diversi successivi:

- un primo evento Europa-vergente con l'appilamento delle falde e le fasi di taglio e sovrascorrimento;
- un secondo evento con spostamento di masse Sud-vergente.

In seguito MERIZZI & SENO (1991) hanno individuato due sistemi di pieghe coassiali: la prima generazione (F_1) è costituita da pieghe decametriche visibili evidentemente solo nel complesso di base; la seconda (F_2) costituisce il motivo dominante nell'area da noi esaminata con un'alternanza di anticlinali e sinclinali plurichilometriche ristrette, isoclinali rovesciate, con piano assiale avente direzione NW-SE, immersione verso E-SE e vergenza verso S-SW, che giungono a diventare pieghe-faglia.

Tale motivo dominante non facilmente rilevabile direttamente nella zona da noi presa in esame, ma risulta evidente percorrendo la Valle Argentina situata ad Ovest della nostra zona.

Gli autori interpretano solo le pieghe di fase F_1 come compatibili con un regime di tipo gravitativo, mentre la seconda generazione di pieghe viene attribuita ad una distribuzione disomogenea dell'attrito lungo le superfici di scorrimento

I lineamenti principali che regolano l'attuale paesaggio sono da ricercare nella Neotettonica: esiste infatti un basculamento della costa, con progressivo innalzamento dello spartiacque Ligure-Padano con generazione di lineazioni a grande scala, con correlata fratturazione all'interno del complesso secondo due principali direttrici NO-SE e NE-SW, e dislocazione anche a quote elevate dei terreni marini. Proprio a tali linee di dislocazione tettonica viene attribuiti l'attività sismica dell'area.

Per quanto riguarda l'ambito esaminato sono state riportate le lineazioni indicate nella C.G.R. tuttavia in relazione talora all'interpretazione problematica di alcune strutture si è optato, in accordo con l'Amministrazione di mantenere le stesse ove le emergenze morfologiche ne portassero l'evidenza.

In particolare esiste una linea di sovrascorrimento (che talora porta a contatto il membro dei Calcari del Monte Saccarello con le sovrastanti Marne di Sanremo) interpretabile talora come piega faglia ed evidente in maniera particolare lungo l'area a Sud di Pian del Bue (ove esiste una cava di materiale lapideo in cui ben si notano gli stress tettonici subiti dal complesso) mentre risulta più difficilmente interpretabile nell'area circostante a Boscomare anche in relazione alla presenza di potenti coltri detritiche.

Di particolare imponenza risulta lo specchio di faglia presente a Sud di Costa dell'Amandola che corre in direzione circa E-W/SE-NW ove esiste un fronte roccioso di circa 30 m d'altezza.

Vengono inoltre segnalati per l'interesse prettamente geologico due affioramenti in cui è possibile osservare il nucleo delle strutture plicative di tipo cilindrico rovesciato lungo la strada Provinciale n° 45 per Pietrabruna (in cui tuttavia è possibile lungo il fianco rovescio della piega osservare la disomogeneità degli stress subiti) ed immediatamente a monte del ponte della medesima strada in località Frantoio del Ponte.

2.3 Geomorfologia

La carta geomorfologica riveste un ruolo prioritario in quanto evidenzia tutti i fenomeni in atto sulla parte superficiale del territorio descrivendone la tipologia ed evoluzione, assumendo quindi un ruolo di grande rilevanza nelle scelte di pianificazione territoriale dell'ambito studiato.

L'esame del territorio è stato effettuato mediante l'ausilio delle fotografie aeree in visione stereoscopica esaminando fotogrammi relativi ad anni differenti in modo da poter individuare anche eventuali modificazioni del territorio avvenute negli ultimi due decenni. In una successiva fase di rilievo sul terreno si sono integrati i dati in possesso e si è verificata l'attendibilità delle informazioni ricavate a tavolino.

Sulla base delle informazioni raccolte viene evidenziato un territorio a morfologia tipicamente collinare con prevalente terrazzamento a fasce eseguito ad opera antropica, con una corona a spartiacque tuttavia caratterizzata da monti a discreta altitudine.

L'evoluzione morfogenetica dei versanti pertanto si sviluppa pertanto sulle opere eseguite dall'uomo in tempi remoti ed in frequente stato di sfacelo legato all'abbandono ed alla mancanza di manutenzione. I processi gravitativi naturali tendono al collasso della coltre un tempo terrazzata con evoluzione "a cascata".

Le piane di fondovalle, che mostrano processi morfogenetici limitati alle aree circostanti l'asta torrentizia, si sviluppano per estensioni molto limitate e sono state interessate da interventi antropici edificatori prevalentemente solo nel tratto terminale dell'alveo.

2.3.1 Considerazioni sullo stato della roccia

Vengono qui di seguito commentati in dettaglio i processi geomorfologici in atto ed i tematismi più significativi che sono stati cartografati.

Roccia affiorante

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio (R)

In questa classe vengono cartografate le aree in roccia generalmente a reggipoggio senza fratturazione spinta talora con sottili coltri di spessore inferiore al metro. Si tratta di ambiti geomorfologici che non presentano particolari problemi di stabilità, talora con problematiche locali non cartografabili.

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione con disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio (Rs)

In tale classe sono state cartografate aree con caratteristiche simili a quelle della classe precedente ma con disposizione dei giunti di discontinuità sfavorevole rispetto al pendio. La giacitura a franapoggio costituisce un piano preferenziale di scivolamento per gli strati e pertanto è penalizzante dal punto di vista della stabilità, specie in funzione della presenza di letti argilloscistosi ed in relazione all'acclività ove è possibile registrare potenziali fenomeni di scivolamento a cuneo o di strato su strato.

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio (RF)

Si tratta di aree al limite della stabilità in cui l'alterazione superficiale spinta o l'intensa fratturazione può indurre fenomeni franosi che, secondo la classificazione delle frane di Varnes adattata alla situazione geologica italiana da Carrara, D'Elia e Semenza rientrano nella categoria dei crolli (falls), ribaltamenti (topples) e scorrimenti (slides) a seconda dell'orientamento dei giunti di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso. L'intensa fratturazione è riconducibile a seconda dei casi ad attività tettoniche e alla circolazione idrica superficiale e sotterranea.

2.3.2 Le coperture detritiche

cf – cg Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri:

Coperture detritiche generate dall'alterazione in posto della roccia o con limitato trasporto da parte delle acque superficiali, generalmente caratterizzate da granulometria fine (cf) con piccoli inclusi spigolosi riferibili alla roccia madre; quasi ovunque sono riorganizzate ad opera antropica secondo terrazzamenti eseguiti con muri a secco; si tratta della classe a maggiore sviluppo areale. Nel tratto in destra orografica del Rio Merea si evidenziano alcune coltri a granulometria maggiore collegate all'estrema fratturazione della roccia madre ed all'assetto strutturale che porta allo scivolamento di piccoli blocchi.

dt1 Coperture detritiche potenti superiori a 3 metri:

Coltri colluviali già identificate nella carta geolitologica (ad esclusione dei paleoaccumuli e delle frane attive).

- Depositi alluvionali (aa - ar)

Depositi alluvionali già identificati nella carta geolitologica

2.3.3 Movimenti franosi

FrA – FrA* Corpo di frana attivo:

si tratta di aree instabili con mobilitazione di masse in fase evolutiva, dovuti a fluitazione di materiali di origine gravitativa per elevata acclività dei pendii e scalzamento del piede. Generalmente occupano per l'ambito interessato piccole porzioni, talora estensioni non cartografabili alla scala del piano. Più spesso data la superficialità dei fenomeni e la mancanza di un vero e proprio accumulo

di frana si è preferito cartografarle come cigli di arretramento (rotture di pendio) attivi. Si impostano per instabilità incipiente e successivo collassamento ai margini delle aree di paleoaccumulo o in relazioni a locali fenomeni fratturazione ed acclività con il contributo della circolazione superficiale. La sigla * indica i movimenti avvenuti in seguito all'evento alluvionale del novembre 2000.

Le frane, a cui è associata una scheda censimento fenomeni franosi, sono riportate sulla carta geomorfologica con un codice che identifica la tipologia dei movimenti franosi, il comune a cui appartiene ed il numero. Dall'analisi della carta si evince che sono predominanti le frane superficiali di tipo, scivolamento o colamento-debris flow e frane di crollo

FrQ Corpo di frana quiescente:

occupano aree talora estese, essendo collegate a eventi gravitativi antichi che hanno interessato generalmente le coltri o il substrato. Allo stato attuale risultano stabilizzate ma, in condizioni particolari quali sisma alluvioni ecc., possono dare luogo a nuove mobilitazioni di masse. Le maggiori problematiche si rilevano in genere presso il piede o lungo i Rii che le percorrono, ove esistono fenomeni di erosione regressiva.

P Paleofrana:

si tratta di movimenti gravitativi antichi che hanno interessato le coltri, il substrato o intere scaglie. Allo stato attuale risultano stabilizzate per la maggiore porzione, occupando areali in genere vasti ed essendo ormai riorganizzate secondo terrazzamenti o comunque ricoperte dalla vegetazione arborea. Le maggiori problematiche si rilevano in genere presso il piede o lungo i Rii che le percorrono, ove esistono fenomeni erosivi

FP Deformazione gravitativa profonda:

si tratta di movimenti gravitativi antichi che indicano zone con scaglie profonde di roccia collassata talora già individuate sulla cartografia ufficiale (Carta Geologica regionale sc.1:10000)

2.3.4 Forme antropiche

Cave:

Vengono identificate tutte le forme antropiche realizzate per l'estrazione di materiale dal suolo e dal sottosuolo; per l'ambito indagato sono stati rilevati numerosi piccoli sbancamenti realizzati anticamente per ricavare materiale lapideo per i muri di contenimento ad oggi abbandonati e spesso sfruttati per l'abbandono di materiale dismesso (in genere elettrodomestici) o derivante da piccoli lavori di ristrutturazione. In relazione alla loro superficie trascurabile (non occupano superfici maggiori ai 200 m²) sono state indicate con simboli puntuali.

L'unica attività estrattiva attiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita in località Pian del Bue meglio descritta al paragrafo 2.12.

Ri Grossi riporti:

aree occupate da depositi di materiali inerti derivanti principalmente dalla costruzione dell'autostrada dei Fiori e della nuova sede della ferrovia. A causa della scarsa compattazione rappresentano aree facilmente soggette a fenomeni di erosione e dilavamento con potenziali fluitazioni di materiale durante gli eventi meteorici più persistenti, in considerazione dell'elevata frazione argillosa; per la porzione di suolo esaminata i

materiali si trovano in stato di equilibrio. Sono stati inoltre cartografati i riporti in cui sono stati smaltiti i materiali trasportati dal torrente durante l'evento alluvionale del novembre 2001 che hanno invaso l'abitato di San Lorenzo.

Sb Sbancamenti:

sono stati cartografati le opere di sbancamento eseguite per la realizzazione dell'autostrada dei fiori, unici ad essere degni di menzione; per la maggiore porzione sono stati contenuti con muri in calcestruzzo, tuttavia talora ove esiste la roccia nuda, in relazione alla locale fratturazione o alterazione si instaurano fenomeni di ruscellamento diffuso.

DISC IN Discarica Inerti:

rappresenta per estensione il riporto di maggiore importanza, derivante dalla sistemazione degli inerti provenienti dalla realizzazione della nuova sede ferroviaria;

2.3.5 Processi morfogenetici

Sono stati cartografati i processi erosivi legati sia all'azione diretta dell'impatto della pioggia sul terreno, sia a quella dello scorrimento dell'acqua in superficie:

Erosione concentrata di fondo: si sviluppa ove l'alta acclività unita alla presenza di lineazioni preferenziali fornisce notevole energia alle acque meteoriche raccolte, con la possibilità di problemi di stabilità per lo scalzamento del piede dei versanti. L'individuazione di questo fenomeno riveste notevole importanza in quanto il progressivo approfondirsi dei solchi determina un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque di ruscellamento con progressivo aumento delle testate delle incisioni. Strettamente legato a tale processo erosivo si ha poi l'erosione spondale: si tratta di scalzamenti delle sponde ad opera dell'azione erosiva dei rii con mobilitazione di materiale e potenziale sbarramento del corpo d'acqua del materiale franato.

Ruscellamento diffuso: si instaura in maniera preferenziale sulle aree con scarsa copertura detritica ed elevata acclività con particolare dissesto generalizzato ed asportazione della porzione superficiale di suolo, determinando fenomeni di denudazione.

Rotture di pendio attive/quiescenti: vengono ricondotti in tale classe le rotture di pendio significative derivate da erosione progressiva o da cause tettoniche; rientrano in tale classe anche i cigli di arretramento morfologico.

Ciglio di frana attiva o quiescente: ove riconoscibili sono stati cartografati i cigli lungo cui si sono verificate la rottura che hanno generato gli accumuli gravitativi;

Terrazzi morfologici: distinti in orlo di terrazzo fluviale e sepolto. Sono generalmente collegati al condizionamento strutturale o tettonico; in particolare nell'ambito esaminato risultano talora derivanti dalla struttura tabulare degli strati che ove hanno basso angolo di inclinazione favoriscono il formarsi di piccoli pianori (più correttamente terrazzi morfologici).

2.3.6 Acclività

La Carta dell'Acclività è stata realizzata suddividendo i versanti in sette zone a seconda della pendenza reale media. Le zone, secondo i criteri stabiliti dall'Autorità di Bacino della Regione Liguria, sono le seguenti:

Zona 1 = 0-10%

Zona 2 = 10-20%

Zona 3 = 20-35%

Zona 4 = 35-50%

Zona 5 = 50-75%

Zona 6 = 75-100%

Zona 7 = oltre 100%

L'importanza di questa carta risulta evidente quando essa venga considerata non già singolarmente, bensì insieme alla Carta Geomorfologica e Idrogeologica in quanto l'acclività risulta un fattore importante al fine di determinare il rischio globale di una ben determinata area. In effetti, se si considerano, per esempio, le coperture detritiche, è chiara la differente pericolosità che esse possono avere se si trovano in una zona poco acclive di fondo valle o su un versante con elevata energia del rilievo. È altresì evidente come una medesima litologia, a parità di giacitura, si comporti in modo differente in relazione all'angolo che assume il versante: per questo motivo nella redazione della Carta della pericolosità o suscettività al dissesto all'acclività è stato assegnato un punteggio superiore di quello attribuito alla litologia.

I confini tra due zone limitrofe ma non continue (es. tra una Zona 2 ed una Zona 4) sono obbligatoriamente indicativi poiché, in prima approssimazione, essi dovrebbero essere quanto meno sfumati, non esistendo quasi mai – tranne, per esempio, nel caso di falesie – una soluzione di continuità tra due classi.

Ai fini del rischio di movimenti gravitativi in coltri risultano pericolose le zone al di sopra della 3, poiché il pendio assume un angolo che è prossimo o supera quello di riposo caratteristico della media dei materiali incoerenti che costituiscono le coltri superficiali (in linea di massima compreso tra 20° e 27°) e che dunque potrebbero essere mobilizzate con minima energia.

2.3.7 Caratteristiche geomorfiche del bacino

2.3.7.1 Coefficienti di forma

Il bacino in esame assume, con andamento sub-perpendicolare alla costa, un andamento a ventaglio nella parte a monte mentre presenta una strozzatura nella parte a valle.

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

L'indicazione della forma del bacino è descritta da alcuni parametri quali ad esempio il coefficiente di forma C_f , il rapporto di circolarità R_c dato dal rapporto tra l'area S del bacino e l'area del cerchio di uguale

perimetro P , il coefficiente di uniformità R_u definito come rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area S , il rapporto di allungamento R_a , ottenuto come rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area S e la lunghezza L dell'asta fluviale:

$$C_f = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}} \quad R_c = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2} \quad R_u = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot S}} \quad R_a = \frac{2 \cdot \sqrt{S}}{\sqrt{\pi} \cdot L}$$

dove:

- S = superficie del bacino [km²]
- P = perimetro del bacino [km]
- L = lunghezza dell'asta fluviale [km]

Nel caso in esame si ottengono i valori riportati in Tabella A.

2.3.7.2 Curve ipsografiche

L'analisi ipsometrica, realizzata analizzando le fasce altimetriche, è finalizzata alla costruzione della curva ipsografica.

Tale curva rappresenta la ripartizione delle aree topografiche nelle varie fasce altimetriche e si traccia considerando la successione dei valori delle superfici poste al di sopra di prefissati valori della quota.

Essa consente di determinare l'estensione di un bacino al di sopra o al di sotto di una certa quota.

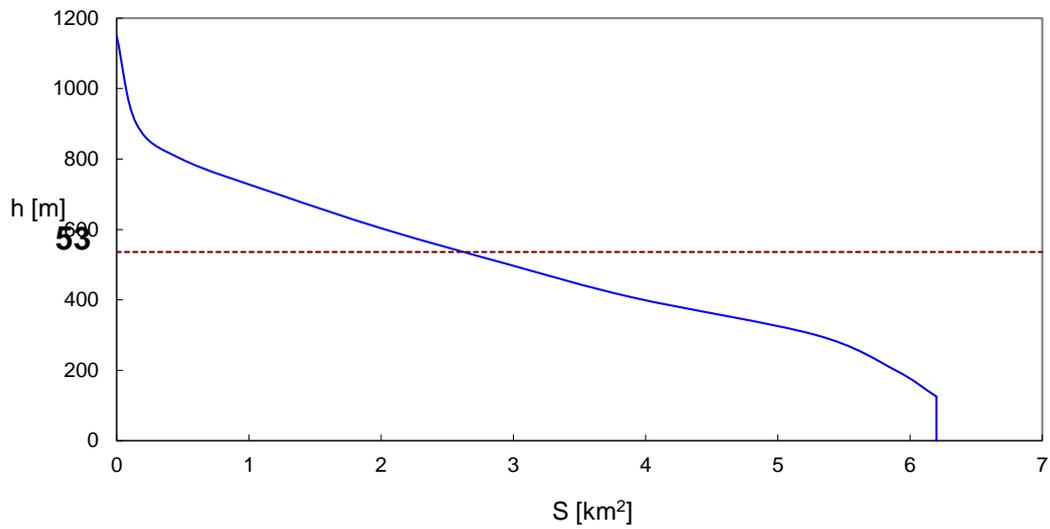
L'altezza media di un bacino è data dall'area compresa tra la curva ipsografica e gli assi coordinati divisa per l'area del bacino.

Nel caso in esame si ottengono i valori riportati in Tabella A in cui compaiono anche l'altitudine massima e la quota della sezione di chiusura, parametri importanti idrologicamente in quanto intervengono, come specificato nel seguito, nelle formule che forniscono il tempo di corrivazione.

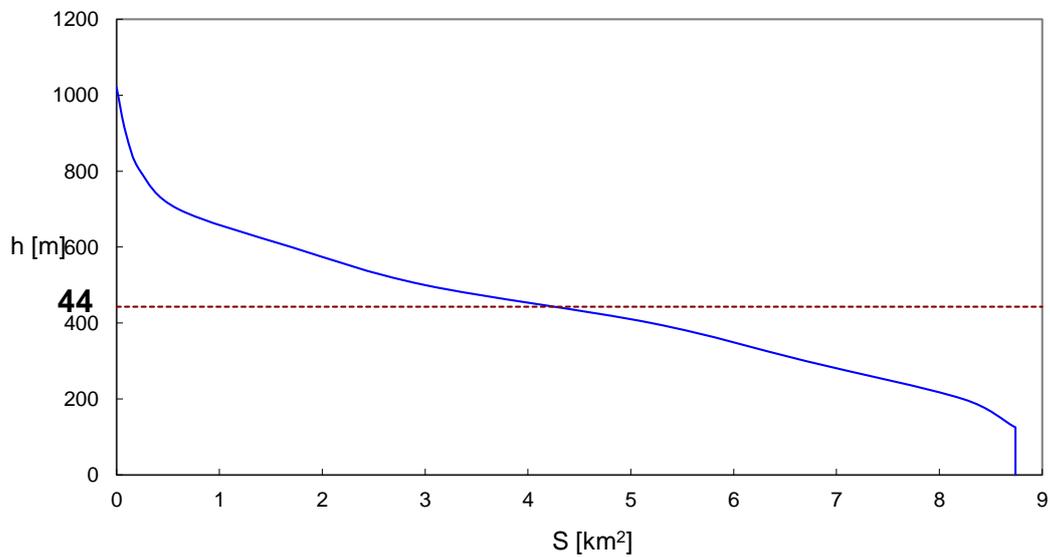
L'esame della curva ipsografica consente di trarre utili informazioni sulle caratteristiche di un bacino.

Dalle curve riportate nel seguito si evince infatti una forte pendenza del tratto terminale (torrente S. Lorenzo) che implica una valle fluviale incassata essendovi notevoli dislivelli con piccole variazioni di superficie.

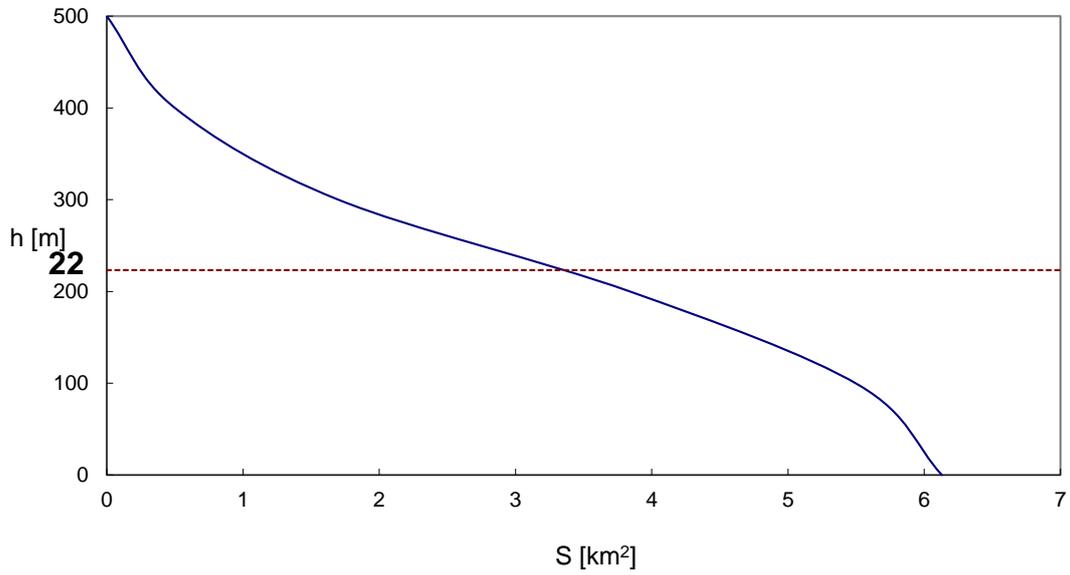
**Curva ipsografica Rio Meree:
determinazione dell'altitudine media del bacino**



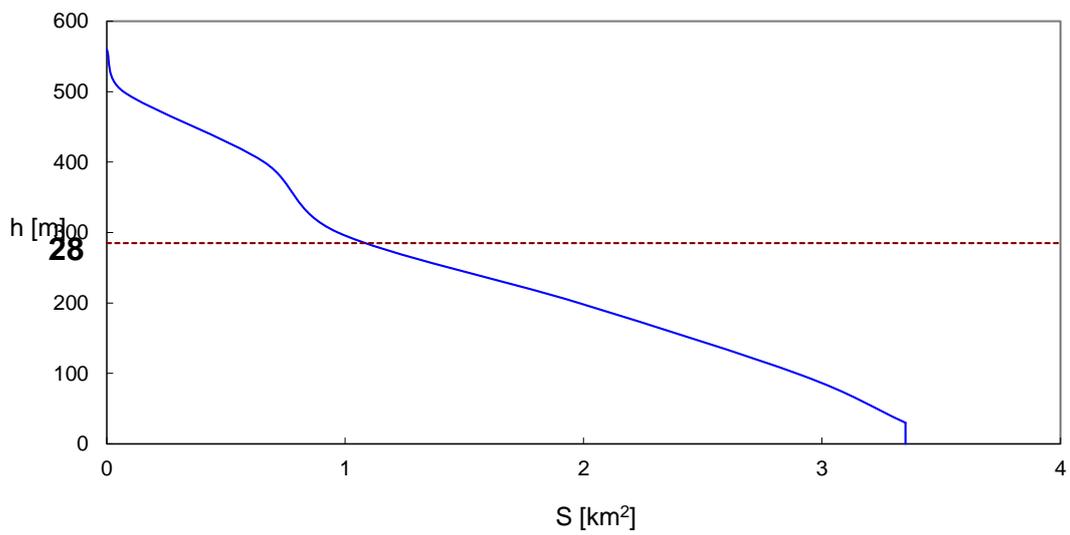
**Curva ipsografica Rio di S.Lorenzo:
determinazione dell'altitudine media del bacino**



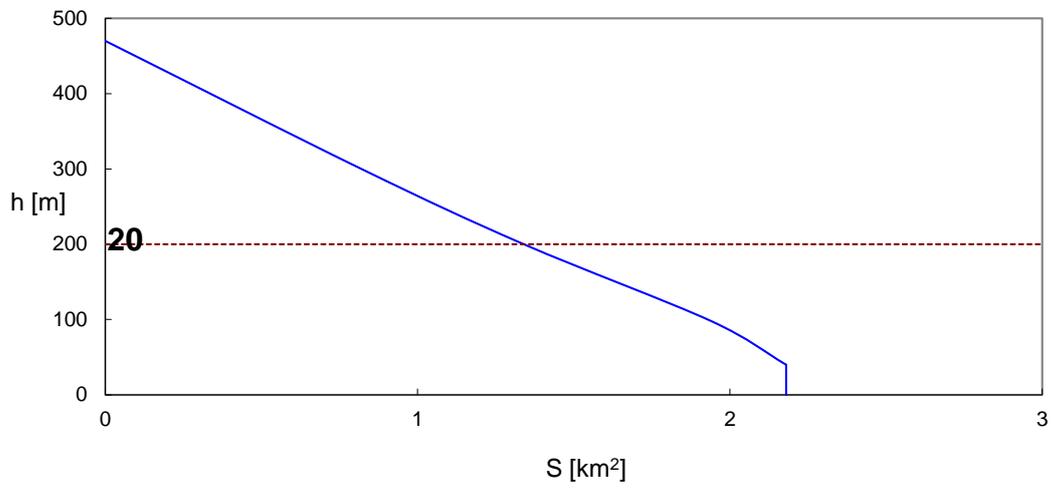
**Curva ipsografica T. San Lorenzo:
determinazione dell'altitudine media del bacino**



**Curva ipsografica Rio Fontana Bona:
determinazione dell'altitudine media del bacino**



**Curva ipsografica Rio Fossarelli:
determinazione dell'altitudine media del bacino**



2.3.8 Reticolo idrografico

2.3.8.1 L'ordinamento secondo Strahler

La rete idrografica dell'area esaminata è stata analizzata in termini quantitativi per ottenere parametri valutabili e confrontabili oggettivamente che potessero essere impiegati in ulteriori indagini idrologiche per l'interpretazione delle caratteristiche di risposta.

Si è adottata l'impostazione dello schema di ordinamento ed analisi geomorfologica delle reti di drenaggio proposte in origine da Horton (1945) e successivamente sviluppate da Strahler (1964).

Il principio su cui si basa l'analisi geomorfico-quantitativa è quello di elaborare, con metodi statistici, i dati ottenuti da misurazioni effettuate su carte topografiche: l'obiettivo è il riconoscimento e la valutazione degli stadi evolutivi della rete idrografica, in base a relazioni quantitativamente espressive dei rapporti tra i dati ottenuti ed il contesto ambientale (litologia, rilievo, condizioni geostrutturali, clima) della zona.

Definiti come sorgenti gli estremi di monte della rete idrografica, chiusura l'estremo di valle, nodi i punti della rete dove si uniscono non più di due canali, indicati come rami, per originare un ramo unico, i criteri di ordinamento dei rami della rete sono, secondo Strahler, i seguenti:

- le sorgenti originano rami di ordine 1;
- la somma di due rami di ordine i e j ha ordine $k = \text{MAX} \{i, j, \text{int}[1 + (i + j) / 2]\}$;
- due o più rami di ordine i originano un ramo di ordine $k = i + 1$;
- l'ordine N del bacino alla chiusura è pari a quello del ramo di ordine massimo.

La gerarchizzazione del reticolo risultante è riportata in Tavola 8.

2.3.8.2 I rapporti di biforcazione

L'indagine geomorfico-quantitativa effettuata sui sottobacini in oggetto si avvale dei seguenti dati numerici:

- gerarchizzazione fluviale (tabelle B e C);
- indici morfometrici dei bacini di drenaggio (tabella D).

La scala gerarchica parte dagli affluenti minori (ordine indicato con la lettera u) ed un bacino raggiunge la gerarchizzazione quando le aste di un ordine N_u sono esattamente il doppio di quello successivo N_{u+1} .

Se un corso d'acqua si inserisce in un altro con un salto d'ordine si ha un'anomalia gerarchica.

La rappresentazione grafica è una regressione lineare di forma esponenziale negativa (prima legge di Horton sul numero dei corsi d'acqua).

Gli indici morfometrici sono invece funzione dello stadio di evoluzione del bacino più che dello stato di gerarchizzazione del reticolo essendo direttamente collegabili al regime delle precipitazioni, alla litologia ed alla tettonica (seconda e terza legge di Horton sulla lunghezza e pendenza dei corsi d'acqua).

Più precisamente in tabella B si considerano i segmenti fluviali e le confluenze indicando con:

- N = ordine gerarchico del bacino;
- N_u = segmenti di ordine u ;
- N_{du} = numero dei segmenti di ordine u che confluiscono direttamente in un segmento di ordine $u+1$.

In tabella C si considerano i rapporti ed indici di biforcazione ed i parametri di anomalia gerarchica e di conservatività indicando con:

- $R_b = (N_u/N_{u+1})$ = rapporto di biforcazione;
- R_{bm} = media aritmetica dei rapporti di biforcazione;
- $R_{bd} = (N_{du}/N_{u+1})$ = rapporto di biforcazione diretta;
- R_{bdm} = media aritmetica dei rapporti di biforcazione diretta;
- $R_m = R_{bm} - R_{bdm}$;
- G_a = numero di anomalia gerarchica;
- Δa = anomalia gerarchica = G_a/N_1 ;
- Cag = coefficiente di anomalia gerarchica = $(N_1 \cdot 100)/(G_a + N_1)$;
- Ig = indice percentuale di segmenti del primo ordine necessari per eliminare le anomalie = $(100 - Cag)$.
- In tabella D si considerano i parametri morfologici indicando con:
- A = area del bacino in km^2 ;
- L = lunghezza dell'asta principale in km;
- D = densità di drenaggio = L/A ;
- C = costante di permanenza del canale;
- M = rapporto di Melton = $(N \cdot A/L^2)$.

Occorre precisare che il rapporto di biforcazione R_b , il cui valore ottimale è pari a 2, oscilla tra 3 e 5 (oltre 5 vi è un controllo tettonico) mentre il numero di anomalia gerarchica G_a rappresenta il numero minimo di segmenti del primo ordine necessari ad un reticolo perfettamente gerarchizzato.

Infine il valore ottimale per l'indice di Melton è 0,694, valori più alti indicano bacini maturi, valori minori bacini giovanili.

Analizzando i risultati ottenuti mostrano una buona gerarchizzazione per i bacini del Rio di S. Lorenzo e del Rio Fossarelli, una disposizione discreta del reticolo idrografico per i bacini del Torrente S. Lorenzo e del Rio Fontana Bona mentre il bacino del Rio Meree presenta una condizione ancora piuttosto lontana dalla massima organizzazione gerarchica.

I parametri relativi allo stadio di evoluzione, rappresentati sinteticamente dal rapporto di Melton, mostrano la fase di equilibrio evolutivo raggiunta dai bacini del Torrente S. Lorenzo e del Rio Fontana Bona mentre i bacini del Rio Meree, del Rio di S. Lorenzo e del Rio Fossarelli si trovano in una fase di maggiore maturità.

2.4 Idrogeologia

L'idrogeologia locale è legata essenzialmente alla tipologia litologica: il diverso tipo infatti di infiltrazione e di sviluppo del reticolo idrico sotterraneo, così come la permeabilità, ricalca arealmente la diversa evoluzione dei materiali presenti in sito.

In particolare sono state distinte le seguenti formazioni a comportamento idrogeologico analogo:

PP Terreni permeabili per porosità

Si tratta delle coltri sottili, delle coperture detritiche, degli accumuli di paleofrana, dei depositi alluvionali e delle Sabbie di Costa Terre Bianche.

Nelle coltri la permeabilità presenta valori molto variabili in funzione della frazione argillosa presente e dallo stato di aggregazione dei materiali stessi; le acque meteoriche infiltrandosi dalla superficie giungendo a contatto con la roccia in posto formano una zona di saturazione la cui fluttuazione è funzione della pendenza e della frequenza degli eventi atmosferici. All'interno dei paleoaccumuli il contrasto con il substrato risulta di maggiore entità con la presenza di una vera e propria falda.

Nelle alluvioni la circolazione idrica sotterranea risulta anisotropa e il deflusso si concentra lungo le lenti di materiale a granulometria più grossolana (sabbie e ghiaie). Anche in tal caso il contrasto di permeabilità in corrispondenza del substrato favorisce la presenza di una falda che può essere libera o imprigionata.

All'interno delle Sabbie di costa terre bianche esiste una circolazione molto limitata, legata alla porosità del substrato a livello superficiale, in cui il materiale risulta decompresso e permette una discreta infiltrazione, tuttavia procedendo in profondità le acque tendono a concentrarsi all'interno dei banchi conglomeratici poco cementati dando luogo a piccole sorgenti; l'abbondante frazione fine limita comunque l'infiltrazione

PF Terreni permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo

Rientrano in tale classe i litotipi appartenenti al Flysch di Sanremo con litotipi prevalentemente calcareo marnosi all'interno del quale è presente una circolazione localizzata lungo gli strati rocciosi più alterati e fratturati e lungo le principali linee di dislocazione dove, a causa dell'elevata cataclasizzazione, si ha un locale aumento della permeabilità. All'interno delle bancate a maggiore componente calcarea si possono sviluppare fenomeni dissolutivi di tipo pseudocarsico.

Tale fenomenologia porta alla formazione di colate di travertino in corrispondenza delle venute a giorno delle acque sotterranee e lungo i salti morfologici dei rii colate che possono raggiungere dimensioni plurimetriche.

La presenza di passate argillose, se integre, divide il substrato in compartimenti stagni. Da numerose trivellazioni eseguite per ricerche acqua ad uso domestico in tale tipologia di terreni si ottengono opere di presa di discreta portata in aree ad elevata cataclasi, limitate generalmente entro i primi cento metri di substrato. Tali opere tuttavia risentono in maniera considerevole degli eventi atmosferici.

SP Terreni semipermeabili

Sono stati cartografati in tale classe i litotipi del Flysch di Sanremo a prevalenza marnoso arenacea dove la presenza di numerosi intercalari impermeabili permette il deflusso sotterraneo solo in corrispondenza dei livelli maggiormente fratturati e delle dislocazioni tettoniche. Si tratta in genere di terreni a permeabilità molto bassa.

TU Copertura urbana

Sono state cartografate nella carta idrogeologia le coperture urbane compatte in quanto le opere di urbanizzazione determinano un'impermeabilizzazione della superficie con aumento del deflusso superficiale.

Sulla carta idrogeologica, che ben rappresenta il sistema di interazione fra l'idrosfera ed il suolo sono state inoltre cartografati i pozzi e le sorgenti ad uso potabile, industriale ed irriguo.

2.5 Carta della vegetazione reale

2.5.1 Metodologia d'indagine

La metodologia d'indagine adottata è riassunta nei seguenti "steps":

- ricerca di materiale bibliografico esistente in materia;
- definizione del supporto cartografico in scala 1: 10.000 e delimitazione dell'ambito d'indagine;
- prima definizione di unità omogenee, attraverso fotointerpretazione di ortofotocarte (scala 1: 10.000) e di aerofotogrammetrie messe a disposizione dalla provincia di Imperia, e stesura di cartografia approssimativa delle unità omogenee;
- campagna di ricognizioni in campo, nell'ambito della quale sono effettuati rilievi vegetazionali attraverso aree elementari, ed a seguito della quale è stato possibile verificare l'effettiva omogeneità delle unità individuate al precedente step e l'attribuzione, per ognuna di esse, della rispettiva tipologia vegetazionale. I rilievi sono stati condotti secondo la metodologia fitosociologica semplificata. Si è avuto cura di effettuare almeno un rilievo per unità vegetazionale.
- stesura definitiva della "Carta della vegetazione reale" secondo quanto indicato nelle già citate "Raccomandazioni ed indicazioni metodologiche per la redazione dei Piani di Bacino".

Si sottolinea che, coerentemente a quanto definito in simili studi ⁽¹⁾, è stata definita la soglia di 1 ha quale unità minima cartografabile; le superfici inferiori a tale soglia sono state inserite nelle unità vegetazionali prossimali più simili.

Il bacino idrografico del Torrente S. Lorenzo è definito da un sistema vallivo torrentizio, delimitato da crinali prevalentemente degradanti dal Monte Faudò, che è il sito più elevato del bacino stesso.

L'assetto vegetazionale della zona è decisamente condizionato dall'uso antropico, attuale e pregresso, del territorio; di fatto, predominano le colture agrarie e più precisamente, con l'eccezione di una limitata presenza, sui versanti a mare, di colture specializzate, la coltura dell'olivo, in forma intensiva ed a fini produttivi.

In effetti, l'assetto vegetazionale del bacino risulta fortemente caratterizzato da estesi oliveti, mentre le superfici boscate risultano confinate in superfici modeste, in rapporto alle condizioni ecologiche zonali.

Ciò premesso, ai fini della presente indagine, si è optato di sviluppare lo studio vegetazionale sui seguenti due piani, cioè:

- fitoecologico, utilizzando quale strumento di valutazione le serie vegetazionali, al fine di determinare i possibili raggruppamenti bioclimatici ed i relativi dinamismi riconducibili all'area di studio;
- tipologico, utilizzando quale strumenti gli approcci fitosociologici e tipologici, al fine di identificare le entità vegetazionali reali, riconducendo quest'ultime alle tipologie predefinite dalla Regione Liguria per gli studi propedeutici di bacino.

¹ Cfr. "Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive del Torrente Chiaravagna"

Da tale procedura è scaturita una prima individuazione delle tipologie presenti nell'area d'indagine; queste sono poi state abbinare alle tipologie definite dalla Regione Liguria ⁽²⁾, di seguito elencate con i relativi codici ⁽³⁾:

1. PRATERIE
2. PRATI E PASCOLI
3. ARBUSTETO
 - 3.1 macchia mediterranea
 - 3.2 arbusteto mesofilo o submontano
 - 3.3 arbusteto subalpino e montano
4. FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE
 - 4.1 a prevalenza di leccio
 - 4.2 a prevalenza di roverella
 - 4.3 formazioni miste (roverella, leccio, orniello, etc.)
5. FORMAZIONE DI CONIFERE TERMOFILE
 - 5.1 pino marittimo
 - 5.2 pino d'Aleppo
 - 5.3 pino domestico
6. FORMAZIONI MISTE DI CONIFERE E ANGIOSPERME TERMOFILE
7. FORMAZIONE DI ANGIOSPERME MESOFILE
 - 7.1 a prevalenza di faggio
 - 7.2 a prevalenza di castagno
 - 7.2.1. fustaia (da frutto)
 - 7.2.2 ceduo
 - 7.3 formazioni miste (carpino nero, castagno, acero, rovere, cerro, sorbo, etc.)
8. FORMAZIONI MISTE DI ANGIOSPERME E CONIFERE MESOFILE
9. FORMAZIONI DI CONIFERE MESOFILE
 - 9.1 a prevalenza di pino silvestre
 - 9.2 a prevalenza di pino nero
 - 9.3 a prevalenza di abete bianco
 - 9.4 a prevalenza di abete rosso
 - 9.5 a prevalenza di larice
 - 9.6 formazioni miste

² Cfr. REGIONE LIGURIA – AUTORITA' DI BACINO REGIONALE: Raccolta dei criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino – Raccomandazione n° 4/1996.

³ Le voci riportate in grassetto identificano le tipologie effettivamente riscontrate nell'area di indagine e riportate sulla "Carta della vegetazione reale".

10. RIMBOSCHIMENTI CON SPECIE ESOTICHE (pino strobo, abete di Douglas, robinie, ailanto, quercia rossa etc.)

11. FORMAZIONI RIPARIALI (ontano nero, salice, pioppo)

12. AREE NUDE O CON VEGETAZIONE SPORADICA

13. FORMAZIONI DI ZONE UMIDE D'ACQUA DOLCE

14 AREE AGRICOLE

14.1 utilizzate

14.1.1. sottoutilizzate invase da infestanti

14.2 non utilizzate in evoluzione naturale

2.5.2 Rilievi della composizione e della struttura della vegetazione

Con riferimento alle unità definite con la Raccomandazione n. 4, nell'ambito del bacino indagato sono state individuate le seguenti tipologie vegetazionali.

2.5.2.1 Praterie

Le praterie comprendono le superfici la cui copertura del suolo è data da cotici erbacei continui; si tratta di praterie paranaturali, da tempo utilizzate a pascolo, in cui vari fattori stagionali (ivi compreso il passaggio del fuoco), indipendentemente dall'azione dell'uomo, impediscono o comunque rallentano fortemente il potenziale ritorno del bosco.

Esse caratterizzano la zona cacuminale e la alte pendici della testata del bacino, con un arco pressochè continuo dalla dorsale del Monte Pian delle Vigne fino alla Costa Rabea; in particolare, le praterie trovano la loro massima estensione in corrispondenza della zona del Monte Faudo.

Dal punto di vista vegetazionale, nell'ambito dell'unità si possono distinguere tre varianti:

- una facies mesofila, caratterizzante le praterie del Monte Faudo, in cui la cotica erbosa risulta caratterizzata per ca. il 45% da graminacee delle quali le più frequenti sono *Festuca rubra*, *Danthonia decumbens*, *Brachypodium caespitosum*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne* e *Bromus erectus*, da ca. il 25% da leguminose tra le quali *Lotus corniculatus*, *Trifolium medium*, *Trifolium pratense* e *Trifolium campestre*. Sono presenti alcune zone di recente abbandono, caratterizzate da coperture arbustive a *Rubus* ssp. e *Rosa canina*.
- una facies più degradata rispetto alla precedente, in cui si notano zone in cui v'è una netta tendenza evolutiva verso la prateria arbustata. Essa caratterizza la fascia da Monte Pian delle Vigne fino a Monte Croce e Monte Follia. La vegetazione erbacea è costituita per ca. il 60% da graminacee, fra le quali predominano *Bromus erectus*, *Brachypodium caespitosum* e *Festuca rubra*, per ca. il 15% da leguminose, tra le quali le più frequenti sono *Ononis spinosa*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium montanum* e *Trifolium pratense* e per ca. il 25% da altre specie, fra le quali la più presente è *Carex flacca* e, in subordine, *sanguisorba minor*, *Taraxacum officinalis*, *Teuchrium chamamedris*, *Knautia dipsacifolia*. Come già accennato, in alcune zone v'è una considerevole presenza di arbusti, tra i quali predomina *Spartium junceum*, (solo nella zona di M, Pian delle Vigne), *Rubus* ssp. e *Prunus spinosa*. Sulla dorsale tra monte Pian delle Vigne a Monte Selleta, il cotico si arricchisce di specie a carattere più termofilo, quali *Thymus gr.*, *serpyllum*, *Lynum tyginum*, *Lavandula officinalis* (probabilmente derivante da pregresse forme

colturali), *Satureja montana*, *Carum carvii*, *Minuartia laricifolia*, *Stachys officinalis*; anche il manto arbustivo vede la presenza, oltre alle specie già citate, di *Cistus salvifolius* e *Cistus albidus*.

2.5.2.2 Prati e pascoli

Si tratta di superfici caratterizzate da coperture erbacee più o meno continue, attualmente utilizzate, che differenziano dalla precedente unità in quanto, se vengono a cessare gli utilizzi colturali, evolvono più o meno rapidamente verso il bosco originario. Vengono fatte rientrare in questa unità anche i prati e pascoli arborati, in cui la copertura delle chiome risulta inferiore al 50%, mentre le aree prato – pascolive terrazzate sottoutilizzate o di più o meno recente abbandono, in cui sia ancora riconoscibile la pregressa utilizzazione colturale, sono state fatte rientrare in altre tipologie.

Nell'ambito del bacino indagato, i prati ed i pascoli sono concentrati in tre zone: al di sopra di Pietrabruna, sotto la dorsale Passo Bastia – M. Cantagallo (loc. Cianzerbo) e d in un tratto del versante in dx orografica del Torrente San Lorenzo, tra la S.P. di Pietrabruna e lo spartiacque tra il succitato torrente ed il Rio Fontanabuona.

Delle tre entità, la seconda ed una minima parte della prima sono pascoli arborati, in cui il soprassuolo arboreo è costituito dalla roverella (*Quercus pubescens*), e nell'ambito del quale sono compresi alcune superfici di modesta estensione ormai evolute in bosco. Il cotico erbaceo, abbastanza chiuso ed omogeneo, è costituito da *Brachypodium rupestre*, *Carex flacca*, *Festuca rubra*, *Bromus erectus*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium campestre*, *Trifolium ochroleucum*.

I cotici delle restanti aree a prato – pascolo sono invece caratterizzate da cotici raramente compatti ed uniformi, le specie prevalenti sono *Brachypodium rupestre*, *Bromus erectus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca gr. rubra*, *Festuca gr. ovina*, *Lathyrus latifolium*, *Ononis spinosa*, *Vicia ssp.*, *Bellis perennis*, *Carex flacca*.

2.5.2.3 Formazioni di angiosperme termofile a prevalenza di roverella

Si tratta del tipo che caratterizza la maggior parte della copertura boschiva del bacino; Le aree boschive riconducibile a tale tipologia caratterizzano:

- la maggior parte delle superfici del sottobacino del Rio S. Lorenzo, tra le località Terre Rosse e Fontanelle, tra Boscomare e Torre Paponi e lungo le zone di displuvio nell'intorno di Pietrabruna;
- la dorsale compresa tra il sottobacino succitato e la valle del Rio Meree, nonché buona parte del sottobacino afferente a quest'ultimo;
- alcune zone dei pendii compresi tra il Carmo ed il Monte Cantagallo.

In realtà, se fisionomicamente tutte le aree afferenti al tipo sono identificabili come querceti di roverella e riferibili, di massima, al *Quercetalia pubescentis*, è possibile effettuare alcune distinzioni. dal punto di vista sia vegetazionale che strutturale e dinamico – evolutivo.

In merito al primo parametro, facendo riferimento alle specie di sottobosco rilevate ed alla vegetazione potenziale dell'area, si distinguono:

- una facies a carattere mediterraneo, probabilmente riconducibile, pro parte, all'associazione *Lathyro – Quercetum pubescentis* Barbero, Gruber, Loisel 1970, in cui il sottobosco risulta compenetrato da specie mediterranee quali *Phyllirea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Cistus salvifolius*, oltre che da specie più mesofile quali *Brachypodium rupestre*, *Carex flacca*, *Festuca rubra*, *Bromus erectus*; *Spartium junceum*;

- una facies a carattere submediterraneo, riconducibile, pro parte, all'associazione Orno – *Quercetum pubescentis* Klika 1938. Si tratta di un ostrio – querceto in cui però, rispetto al tipo classico, risulta del tutto assente l'orniello (*Fraxinus ornus*). La specie dominante del piano arboreo è sempre la roverella (*Quercus pubescens*) accanto alla quale compare, in forma sporadica e quasi esclusivamente nelle zone d'impluvio, il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*); il sottobosco, rispetto all'entità precedente, non presenta specie d'ambito mediterraneo. I riferimenti fitosociologici del tipo coincidono, di massima, con le alleanze *Quercion pubescentis* e Orno – *Ostryon*.

Premesso che le due facies sovente si compenetrano, si rileva che la prima di esse è quella avente maggior estensione. Si tratta di cedui matricinati talora invecchiati, con età media intorno a 30 anni o oltre, la cui attuale estensione è dovuta, probabilmente, all'abbandono di vecchi pascoli arborati a roverella, con la successiva colonizzazione della rinnovazione di quest'ultima.

I soprassuoli referenti al sottotipo, per caratteristiche strutturali e dinamico – evolutive, risultano relativamente omogenei: la struttura è pressoché monoplana, benché la distribuzione in classi diametriche non evidenzia situazioni di coetaneità: nelle chiarie ed ai margini dei boschi, risulta molto abbondante la rinnovazione di roverella. La densità varia da media ad elevata.

Il piano dominante, di altezza variabile da 10 a 15 m, è occupato, come già definito, dalla sola roverella, con l'eccezione di qualche sporadico esemplare di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*) e, nella parte sommitale del versante sud – ovest dell'impluvio del Rio Meree, tra S. Brigida ed il Monte Cantagallo, di leccio (*Quercus ilex*); il piano arbustivo, a tratti discontinuo, è costituito principalmente da macchie a ginestra (*Spartium junceum*) e salvia selvatica (*Cistus salvifolius*), inoltre, sui versanti più solatii ed in quelli più vicini al mare, compaiono specie ascrivibili alla macchia mediterranea quali *Phyllirea latifolia*, *Pistacia lentiscus* e *Rhamnus alaternus*.

Il piano erbaceo è caratterizzato da un cotico abbastanza continuo, in cui le specie più frequenti sono *Brachypodium rupestre*, *Carex flacca*, *Festuca rubra*, *Bromus erectus*, *Koeleria vallesiana*, *Ononis spinosa*, *Agrostis tenuis*, *Teucrium chamaedris*, *Saponaria ocymoides*, *Staelina dubia*.

La seconda facies, caratterizza i soprassuoli "di forra", ed in particolare i boschi situati lungo gli impluvi del reticolo idrografico del sottobacino e le parti basali dei sottobacini del Rio S. Lorenzo e del Rio Meree.

Come nel caso precedente, si tratta di cedui invecchiati, in cui però la struttura varia da monoplana ad irregolare; la densità è sempre superiore al 50%, la rinnovazione anche in questo caso è relativamente abbondante, e comprende sia la roverella che il carpino nero.

I piani dominati, se presenti, sono costituiti da carpino nero e, nelle chiarie, da rari esemplari di acero campestre (*Acer campestre*) e prugnolo (*Prunus spinosa*); come nella situazione precedente, anche in questo caso sono frequenti macchie arbustive in cui però risulta quasi sempre presente la sola ginestra (*Spartium junceum*).

Il sottobosco, a tratti molto fitto, è costituito da *Brachypodium rupestre*, *Knautia arvensis*, *Filipendula vulgaris*, *Hedera helix*, *Antoxantum odoratum*, *Teucrium chamaedris*, *Hieracium sylvaticum*, *Rubus* gr. *ulmifolius*.

2.5.2.4 Formazioni di conifere termofile

Si tratta, in quanto ad estensione del secondo tipo forestale riscontrabile nell'ambito del bacino; esso caratterizza le pendici più elevate al di sotto della dorsale Monte della Costa – Monte Pian delle Vigne, interessandone anche la fascia cacuminale..

La copertura è data da formazioni in cui risulta predominante il pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), a cui è subordinato il pino marittimo (*Pinus pinaster*), quest'ultimo risulta più frequente nella zona al di sotto del M. Pian delle Vigne, dove il tipo tende a sfumare nel bosco misto di angiosperme e conifere termofile.

Indipendentemente dalla predominanza dell'una o dell'altra specie, essi sono popolamenti di origine artificiali, derivanti da antichi rimboschimenti e poi evolutisi, con difficoltà, per rinnovazione naturale.

Si tratta di soprassuoli in parte degradati da pregressi incendi, in evoluzione verso il bosco misto di roverella (*Quercus pubescens*) che è presente con un'a fitta rinnovazione.

Dal punto di vista strutturale e dinamico evolutivo, essi sono caratterizzati da una struttura monoplana, con densità da media a rada.

Il piano arbustivo assume a tratti carattere di macchia, ed è costituito in prevalenza di *Cistus salvifolius*; la ginestra, rispetto ai boschi di roverella, è meno presente, mentre compaiono più frequentemente specie di macchia mediterranea quali *Calicotome spinosa* e *Pistacia lentiscus*.

Il piano erbaceo non è dissimile, in quanto a composizione specifica, da quello dei boschi di roverella: il brachipodio è presente con un maggior grado di copertura; altre specie significative sono *Agrostis tenuis*, *Bromus erectus*, *Sanguisorba minor*, *Ononis natrix*, *Antoxantum odoratum*, *Hypericum perforatum*.

2.5.2.5 Formazioni miste di angiosperme e conifere termofile

Sono compresi in tale tipologia boschi misti di roverella (*Quercus pubescens*), pino marittimo (*Pinus pinaster*) e pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*); essi sono localizzati sulle superfici a cavallo della dorsale che separa la valle del Rio Fontanabuona dalla valle principale, tra il Monte Casarazzi e Piano del Bue.

Si tratta, probabilmente, di vecchi rimboschimenti fortemente degradati da passati incendi, ed in cui la roverella ha progressivamente rimpiazzato le conifere.

La struttura verticale del soprassuolo varia da biplana ad irregolare: è in genere presente un piano dominante costituito da pino d'Aleppo, pino silvestre e roverella ed un piano intermedio in cui v'è esclusivamente quest'ultima specie.

La densità, così come la struttura, è fortemente disomogenea: la copertura varia da rada a media.

2.5.2.6 Aree agricole utilizzate

Nell'ambito di tale tipologia vengono fatte rientrare tutti i territori agricoli attualmente coltivati: a sottolineare l'utilizzo agricolo dell'area di bacino.

La tipologia comprende seminativi (costituiti soprattutto da ortive), colture specializzate in serra, ed uliveti: quest'ultimi consistono nella forma vegetazionale più estesa nell'ambito del bacino d'indagine.

Le superfici agricole risultano, nell'ambito del bacino quasi completamente terrazzate, con l'ovvia eccezione delle aree subpianeggianti di fondovalle e di alcune zone a debole acclività cacuminali.

Dal punto di vista vegetazionale, è stato possibile definire ovviamente solo gli oliveti, caratterizzandone il cotico erbaceo di fondo, che è per lo più costituito, oltre che da annuali, da *Brachypodium rupestre*, accompagnato da *Dactylis glomerata*, *Festuca gr. ovina* *Pserolea bituminosa*, *Galium* ssp.

2.5.2.7 Aree agricole sottoutilizzate invase da infestanti

Comprende seminativi ed oliveti di recente abbandono colturale, in cui sono presenti specie avventizie e infestanti, senza che tuttavia si sia instaurato un vero e proprio processo di rinaturalizzazione. Si tratta di superfici marginali, con un contenuto sviluppo arbustivo a *Inula viscosa* e *Rubia peregrina*.

2.5.2.8 Aree agricole non utilizzate in evoluzione naturale

Comprende superfici ex agricole che, per abbandono o per passati incendi, non sono state più coltivate; esse si presentano attualmente occupate da arbusteti riferibili alle associazioni pioniere delle serie interessanti l'area di indagine.

Nel dettaglio, si riconoscono le seguenti situazioni.

- **ex coltivi di prati arborati, in evoluzione naturale con colonizzazione di formazioni arbustive mesotermofile e arboree a roverella.** Si tratta di soprassuoli in cui l'evoluzione verso il bosco risulta favorita dalla pregressa presenza di esemplari di roverella, costituenti l'antica copertura arborea del prato arborato. La componente arbustiva è costituita da cisto (*Cistus salvifolius*), ginestra (*Spartium junceum*) *Rubus fruticosus*, *Rubia peregrina*; la cotica erbacea risulta piuttosto rada, ed è costituita da *Brachypodium rupestre*, *Bromus erectus*,
- **ex coltivi terrazzati, derivanti da pregressi incendi, con ricolonizzazione di arbusti mesotermofili:** si tratta di un sottotipo caratterizzante una zona di versante posta in sx orografica del T. san Lorenzo, che interessa , dalla dorsale principale fino a quasi il fondo valle, il tratto compreso tra il Carmo ed il M. Cinque Bourche. Nello studio della copertura vegetazionale si riconoscono elementi di un pregresso uso agricolo (probabilmente prati arborati ed oliveti), abbandonato a seguito di incendi. Attualmente risulta significativa la presenza di arbusteti di ricolonizzazione, costituiti quasi esclusivamente da *Cistus salvifolius* e *Spartium junceum*, in mosaico con cotici erbacei fortemente degradati, sfumanti in forme di "pseudogariga", con esemplari isolati di *Quercus pubescens*, testimonianza, unitamente a terrazzamenti ancora presenti, del pregresso utilizzo a prato arborato
- **ex coltivi in evoluzione naturale con colonizzazione di specie afferenti alla macchia mediterranea:** sottotipo caratterizzante gli ex coltivi situati nella parte bassa del bacino, in particolare nei sottobacino del Rio Fossarelli e del rio Fontanabuona, in cui è più forte l'influenza mediterranea. Si tratta di arbusteti discontinui in cui, oltre ai "soliti" *Cistus salvifolius* e *Spartium junceum*, sono presenti specie della macchia mediterranea propriamente dette, quali *Calicotome spinosa*, *Pistacia lentiscus*, *Ruscus aculeatus* e *Viburnum tinus*.

2.5.3 Elenchi vegetazionali relativi alle principali tipologie

Si riportano di seguito gli elenchi vegetazionali di sintesi, parametrizzati secondo l'approccio tipologico (4), desunti dai rilievi di campagna e raggruppati in base ai tipi descritti per il bacino indagato .

Formazioni di angiosperme termofile a prevalenza di roverella sottotipo mediterraneo

Caratteri fisionomici:		querceto di roverella con presenza di sottobosco arbustivo a carattere mediterraneo
Strutture		da monoplana a irregolare
Stratificazione		A 85%; B 5%; C 25%; D 60%
Rif. fitosociologici		Quercetalia pubescentis con elementi del Quercetalia ilicis
Strato	Specie	Copertura specie (5)
A	Quercus pubescens	5
	Pinus pinaster	1
	Quercus ilex	+
B	Quercus pubescens	2
C	Spartium junceum	1
	Cistus salvifolius	1
	Quercus pubescens	1
	Phyllirea latifolia	+
	Rhamnus alaternus	+
D	Brachypodium rupestre	5
	Bromus erectus	1
	Carex flacca	1
	Festuca rubra	1
	Agrostis tenuis	+
	Avena sterilis	+
	Cerastium arvense	+
	Geranium robertianum	+
	Koeleria vallesiana	+
	Lathyrus pratensis	+
	Ononis spinosa	+
	Saponaria ocymoides	+
	Staelina dubia	+
	Stellaria media	+
	Teucrium chamaedris	+
	Trifolium campestre	+

⁴ Cfr. PIGNATTI S. (1999) I boschi d'Italia, sinecologia e biodiversità. Ed UTET, Torino.

⁵ Indice espresso secondo la scala di Braun Blanquet.

Formazioni di angiosperme termofile a prevalenza di roverella sottotipo mesomediterraneo a *Ostrya carpinifolia*

Caratteri fisionomici:	querceto di roverella con presenza carpino nero nelle stazioni di forra e sui versanti ad esposizione nord		
Strutture	da monopiana a irregolare		
Stratificazione	A 95%; B 5%; C 15%; D 50%		
Rif. fitosociologici	Quercetalia pubescentis con elementi dell'Orno–Ostryon carpinifolia e del Fagetalia		
Strato	Specie	Copertura specie	
A	<i>Quercus pubescens</i>	5	
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	1	
	<i>Pinus pinaster</i>	+	
B	<i>Quercus pubescens</i>	1	
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	1	
	<i>Acer campestre</i>	+	
C	<i>Spartium junceum</i>	1	
	<i>Cistus salvifolius</i>	+	
	<i>Crataegus monogyna</i>	+	
	<i>Quercus pubescens</i>	+	
	<i>Juniperus communis</i>	+	
	<i>Rosa canina</i>	+	
	<i>Viburnum lantana</i>	+	
	<i>Prunus spinosa</i>	+	
	D	<i>Brachypodium rupestre</i>	4
		<i>Bromus erectus</i>	2
<i>Agrostis tenuis</i>		+	
<i>Carex flacca</i>		+	
<i>Cerastium arvense</i>		+	
<i>Festuca rubra</i>		+	
<i>Filipendula vulgaris</i>		+	
<i>Geranium robertianum</i>		+	
<i>Hedera helix</i>		+	
<i>Hieracium sylvaticum</i>		+	
<i>Knautia arvensis</i>		+	
<i>Koeleria vallesiana</i>		+	
<i>Lactuca perennis</i>	+		
<i>Staelina dubia</i>	+		
<i>Stellaria media</i>	+		

	Trifolium campestre	+
	Solidago virga – aurea	+
	Leucanthemum sp	+
	Buphtamum flexile	+
	Campanula persicifolia	+
	Galium mollugo	+

Formazioni di conifere termofile a prevalenza di pino d'Aleppo
variante tipica e variante a *Quercus pubescens*

Caratteri fisionomici:	pineta di <i>Pinus halepensis</i> e, in subordine, <i>Pinus pinaster</i> , talora con partecipazione di <i>Quercus pubescens</i> che assume localmente carattere dominante.		
Strutture	da monopiana a irregolare		
Stratificazione	A 60%; B 5%; C 10%; D 60%		
Rif. fitosociologici	Quercetalia ilicis con elementi del Brometalia e del Quercetalia pubescenti		
Strato	Specie	Copertura specie ⁽⁶⁾	
A	<i>Pinus halepensis</i>	5 (2)	
	<i>Pinus pinaster</i>	2 (3)	
	<i>Quercus pubescens</i>	1 (3)	
B	<i>Quercus pubescens</i>	1 (2)	
C	<i>Cistus salvifolius</i>	2	
	<i>Spartium junceum</i>	1	
	<i>Quercus pubescens</i>	1	
	<i>Phyllirea latifolia</i>	+	
	<i>Rhamnus alaternus</i>	+	
	<i>Pinus pinaster</i>	+	
	<i>Pinus halepensis</i>	+	
	<i>Calicotome spinosa</i>	+	
	<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
	<i>Juniperus communis</i>	+	
	D	<i>Brachypodium rupestre</i>	4
		<i>Agrostis tenuis</i>	+
		<i>Avena sterilis</i>	+
		<i>Bromus erectus</i>	1
<i>Aetionema saxatile</i>		+	
<i>Cerastium arvense</i>		+	
<i>Dianthus sylvestris</i>		+	
<i>Geranium robertianum</i>		+	
<i>Koeleria vallesiana</i>		+	
<i>Ononis spinosa</i>		+	
<i>Saponaria ocymoides</i>	+		

⁶ tra parentesi i valori riferiti alla variante a *Quercus pubescens*.

	Satureja montana	+
	Sedum ssp.	+
	Staelina dubia	+
	Thymus serpyllum	+

Prateria submediterranea dei terrazzi di media altitudine
variante tipica e variante degradata ad impronta mediterranea

Caratteri fisionomici:	praterie mesofile a tratti degradata con formazioni basso arbustive mesomediterranee.	
Strutture	-	
Stratificazione	C 5%; D 95%	
Rif. fitosociologici	Festuco – Brometea e specie di mantello del Trifolio – Geranietea	
Strato	Specie	Copertura specie (⁷)
(C)	Spartium junceum	(1)
	Rosa canina	(1)
	Rubus ssp.	(1)
	Quercus pubescens	(+)
	Prunus spinosa	(+)
	Ostrya carpinifolia	(+)
	Cistus salvifolius	(+)
D	Festuca rubra	3
	Brachypodium caepstitosum	3
	Brachypodium rupestre	2
	Danthonia decumbens	1
	Poa pratensis	1
	Lolium perenne	1
	Bromus erectus	1
	Lotus corniculatus	1
	Trifolium medium	1
	Trifolium pratense	1
	Trifolium pratense	+
	Trifolium campestre	+
	Ononis spinosa	(+)
	Trifolium montanum	+
	Lotus corniculatus	+
	Carex flacca	+
	Sanguisorba minor	+
	Taraxacum officinalis	+
	Teucrium chamaedris	+
	Knautia dipsacifolia	+

⁷ tra parentesi i valori riferiti alla variante di degradazione di tipo mediterraneo.

	Thymus gr. serpillum	(+)
	Lynum tyginum	(+)
	Satureja montana	(+)
	Minuartia laricifolia	(+)
	Stachys officinalis	(+)
	Carum carvii	+

Ex coltivi in evoluzione naturale:

- A) variante con ricolonizzazione di arbusti mesotermofili;
 B) variante con ricolonizzazione di macchia mediterranea.

Caratteri fisionomici:		praterie mesofile a tratti degradata con formazioni basso arbustive mesomediterranee.	
Strutture		-	
Stratificazione		A: 5%; B 5% C 25%; D 80%	
Rif. fitosociologici		Festuco – Brometea, Prunetalia e Quercetea ilicis	
to	Stra	Specie	Copertura specie ⁽⁸⁾
	A/B	Quercus pubescens	1
		Olea europaea	+
	C	Cistus salvifolius	3
		Spartium junceum	3
		Prunus spinosa	1
		Calicotome spinosa	(1)
		Viburnum tinus	(+)
		Phyllirea latifolia	(+)
		Rhamnus alaternus	(+)
		Pistacia lentiscus	(+)
		Rubus ssp.	+
		Ruscus aculeatus	(+)
	D	Brachypodium rupestre	4
		Bromus erectus	2
		Ononis spinosa	+
		Aetionema saxatile	+
		Agrostis tenuis	+
		Carex flacca	+
		Carum carvii	+
		Convolvulus ssp.	+
		Euphorbia cyparissias	+
		Geranium robertianum	+
		Knautia dipsacifolia	+
		Lynum tyginum	(+)
		Minuartia laricifolia	(+)
		Sanguisorba minor	+

⁸ tra parentesi i valori riferiti alla variante B.

	Satureja montana	(+)
	Stachys officinalis	(+)
	Taraxacum officinalis	+
	Teucrium chamaedris	+
	Thymus gr. serpillum	(+)
	Trifolium rubens	+
	Vincetoxicum hirundinaria	+

2.6 Copertura ed uso del suolo

Nel presente paragrafo vengono indicate le fasi con cui si è giunti alla versione finale della carta, e vengono descritte in modo sommario le tipologie presenti nell'area.

Per quanto riguarda la metodologia di lavoro, si è iniziato con la ricerca del supporto cartografico in scala 1:10.000.

Si è poi svolta una ricerca, e successivamente un'analisi, degli studi esistenti in materia riguardanti aree limitrofe a quella in esame, elaborati ad una scala uguale o diversa. Questa indagine era volta alla raccolta di informazioni utili ad una conoscenza sommaria delle caratteristiche dell'area.

In seguito si è passati all'esame dell'ortofotocarta in scala 1:10.000 e delle fotografie aeree. Attraverso le fotografie si è stabilito quali tipologie d'uso del suolo fossero presenti; le ortofotocarte si sono state utili ai fini della delimitazione delle tipologie stesse.

Nella prima fase dell'esame delle fotografie aeree si sono effettuate delle ricognizioni in campo che permettessero di individuare delle "chiavi di lettura" delle fotografie stesse. L'esame delle fotografie e dell'ortofotocarta ha permesso la stesura di una carta provvisoria, che è stata successivamente verificata attraverso ricognizioni in campo pervenendo alla definizione della carta definitiva.

2.6.1 Tipologie d'uso e copertura del suolo

Le tipologie presenti nell'area d'indagine sono state descritte in base allo schema definito dalla Regione Liguria ⁽⁹⁾, e di seguito elencate con i relativi codici. Si specifica che non tutte le tipologie previste sono state individuate all'interno del bacino; nell'elenco sottostante sono comprese solo le tipologie riscontrate nell'ambito d'indagine

1. Territori modellati artificialmente

1.1 Zone urbanizzate

1.1.1. tessuto urbano continuo

1.1.2. tessuto urbano discontinuo

1.2. Zone industriali commerciali e reti di comunicazione

1.2.2. reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori

1.3. Aree estrattive e discariche

1.3.1. aree estrattive

1.3.2. discariche

2. Territori agricoli

2.1. Seminativi

2.1.1. seminativi in aree non irrigue

2.1.2. seminativi in aree irrigue

2.1.2.1 seminativi, vivai, colture ortofrutticole in piena aria (T = terrazzati)

2.1.2.2 seminativi, vivai, colture ortofrutticole in serra (T = terrazzati)

⁹ Cfr. REGIONE LIGURIA – AUTORITA' DI BACINO REGIONALE: Raccolta dei criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino – Raccomandazione n° 4/1996.

- 2.2. Colture permanenti arboree
 - 2.2.1. vigneti (T = terrazzati)
 - 2.2.3. oliveti (T = terrazzati)
- 2.3. Prati e pascoli
- 2.4. Zone agricole eterogenee
- 2.5 Ex coltivi
- 3. Territori boscati ed ambienti seminaturali
 - 3.1. Praterie
 - 3.2 Zone boscate
 - 3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva
 - 3.3. Zone con vegetazione rada o assente
 - 3.3.3. aree percorse da incendi

Di seguito vengono fornite alcune informazioni riguardanti le tipologie presenti nell'area.

- **Tessuto urbano continuo (1.1.1):** è costituito dagli spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell'80% della superficie totale. nell'ambito del bacino, esso risulta concentrato nella parte bassa del bacino, in corrispondenza del tratto terminale dell'asta principale (abitato di San Lorenzo al mare); ed è presente qua e là nel resto del bacino, in corrispondenza dei nuclei abitati.
- **Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)** Si tratta degli spazi caratterizzati dalla presenza di edifici, viabilità e superfici a copertura artificiale qualora questi coprano dal 50 all'80% della superficie totale. Tali spazi si trovano per lo più nella parte bassa del bacino e sono limitrofi alle unità precedenti.
- **Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori (1.2.2):** Sono stati considerati se di larghezza non inferiore a 10 m. Sono inclusi in questa tipologia anche i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento. Nell'ambito d'indagine coincidono esclusivamente con l'asse dell'autostrada Genova – Ventimiglia: l'omonimo tratto ferroviario risulta inglobato nell'unità 1.1.1.
- **Aree estrattive e discariche (1.3.1. e 1.3.2):** è presente una cava di pietrisco, avente notevole estensione, in loc. Piano del bue del Comune di Cipressa; è inoltre presente una discarica di inerti, situata su un tratto di versante in sponda dx al Rio Fossarelli, nel tratto subterminale di quest'ultimo.
- **Seminativi in aree irrigue e seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria terrazzati (2.1.2 e 2.1.2.1T):** sono costituiti principalmente da cereali, leguminose in pieno campo, colture ortofloricole specializzate. Costituiscono, per estensione, la terza tipologia presente nell'ambito d'indagine, e sono più frequente nella parte inferiore del bacino.
- **Seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra (2.1.2.2T):** sono caratterizzate dalle stesse colture delle unità precedente, dalle quali differiscono per la presenza di serre permanenti. Sono situate nella parte bassa del bacino e, nella parte alta, fatte salve alcune eccezioni, in zone limitrofe agli abitati principali.
- **Colture permanenti arboree – vigneti (2.2.1) ed oliveti terrazzati (2.2.3 T):** si tratta di colture non soggette a rotazione che forniscono i raccolti, esclusi i prati, i pascoli ed i boschi. Delle due tipologie, la prima è marginale, ed è limitata a modesti appezzamenti sulle pendici sotto Costarainera e nei pressi di Costa Croce, mentre la seconda costituisce, per estensione la tipologia che caratterizza l'ambito

d'indagine. Gli oliveti presenti sono quasi tutti terrazzati, e, per lo più, risultano soggetti a periodiche cure colturali: gli unici appezzamenti in cui palese il sottoutilizzo sono presenti al di sotto di s. Brigida, in Comune di Dolcedo.

- **Prati e pascoli (2.3):** superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, sottoposti sfalcio e/o a pascolo. Come specificato nei paragrafi relativi alle indagini vegetazionali, vengono fatte rientrare in questa unità anche i prati e pascoli arborati, in cui la copertura delle chiome risulta inferiore al 50%. Le aree caratterizzate da tale tipologia sono concentrate in tre zone: al di sopra di Pietrabruna, sotto la dorsale Passo Bastia – M. Cantagallo (loc. Cianzerbo) ed in un tratto del versante in dx orografica del Torrente San Lorenzo, tra la S.P. di Pietrabruna e lo spartiacque tra il succitato torrente ed il Rio Fontanabuona.
- **Zone agricole eterogenee (2.4):** sono classificate, sotto tale voce, zone agricole in cui la frammentazione delle destinazioni colturali è tale da non potere attribuire un'unica tipologia, oppure zone agricole sottoutilizzate in stadi precedenti a quelle di ex coltivo.
- **Ex coltivi (2.5):** aree un tempo coltivate, in cui le consuete pratiche agronomiche caratterizzate sono venute a cessare per abbandono o a seguito di incendi, attualmente in evoluzione naturale e caratterizzate da vegetazione secondaria in cui risulta significativa la componente arbustiva o anche, parzialmente, arborea.
- **Praterie (3.1):** superfici la cui copertura del suolo è data da cotici erbacei continui. Si tratta di praterie paranaturali, da tempo utilizzate a pascolo, in cui vari fattori stagionali (ivi compreso il passaggio del fuoco), indipendentemente dall'azione dell'uomo, impediscono o comunque rallentano fortemente il potenziale ritorno del bosco.
- **Zone boscate (3.2):** superfici la cui copertura del suolo è costituita da soprassuoli boschivi che, nell'ambito studiato, consistono in querceti di roverella, sia primari che secondari, boschi misti di forra a carpino nero, pinete di pino d'Aleppo e pino marittimo. per estensione, essi costituiscono la seconda tipologia del bacino.
- **Aree percorse da incendi (3.4.4):** superfici boschive interessate da incendi, in cui risultano ancora presenti materiali carbonizzati. Esse risultano soprattutto a carico delle pinete.

2.6.2 Caratteristiche territoriali

La copertura del suolo del bacino indagato è significativamente condizionato dall'uso antropico, attuale e pregresso, del territorio; di fatto, predominano le colture agrarie (in particolare l'ulivo), mentre gli ambienti seminaturali risultano confinate in superfici minori, nelle parti alte del bacino. In quest'ultime zone, inoltre, superfici consistenti di territorio sono state dedicate, in seguito a diboscamento e decespugliamento, a prato-pascolo.

Il consorzio boschivo maggiormente rappresentato è il querceto di roverella, con assetti evolutivo – colturali e strutture differenti, come meglio evidenziato nei paragrafi dedicati allo studio della vegetazione. tale soprassuolo è in fase di ricolonizzazione di ampi spazi di territorio abbandonato da attività agricole, favorito dalla presenza di nuclei di macchia mediterranea a cisto, ginestra e sempreverdi della macchia mediterranea.

Le attività agricole sono in maniera predominante concentrate sulla coltivazione dell'olivo, praticata quasi esclusivamente su versanti terrazzati, praticamente su tutto l'ambito di bacino.

Una percentuale notevole del bacino è occupata dal tessuto urbano, ovviamente concentrato nel tratto terminale, e in nuclei sparsi sul resto del bacino.

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

Sottobacino del t. san Lorenzo: il settore di fondovalle dalla foce al viadotto autostradale è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo, in continuità con aree aventi carattere di urbanizzazione discontinua. A monte del viadotto predominano zone agricole, caratterizzate da appezzamenti a seminativo, zone eterogenee in cui si alternano arboreti, colture ortive e seminativi e, nel tratto di monte del sottobacino, in cui il torrente scorre incassato tra i versanti, oliveti terrazzati.

Il versante in dx orografica risulta occupato, nelle zone più vicine alla costa, da colture agricole sia in piena aria che in serra, da prati e da oliveti: quest'ultimi, verso monte, nella zona di Torre Paponi, assumono carattere predominante. La parte centrale del versante, oltre alle succitate colture, risulta caratterizzate da formazioni boschive in continuità con ex coltivi, in parte recentemente percorsi da incendi; in tale tratto è inoltre situata l'unica cava presente nel bacino.

In versante in sx orografico presenta, per lo più le stesse caratteristiche di quello destro: risultano tuttavia assenti prati; inoltre, la zona sotto il Carmo risulta caratterizzata da soprassuoli radi a roverella con isolati esemplari di Pino d'Aleppo e di leccio arbustivo, in continuità con ex coltivi terrazzati occupati da vegetazione arbustiva a cisto e ginestra. nella parte media del crinale di bacino è presente l'abitato di Civezza.

Sottobacini del Rio Fossarelli e del Rio Fontanabuona: porzione di territorio costituito da versanti per lo più terrazzati, con un netto predominio di colture agricole terrazzate costituite, in pari percentuale, da seminativi (in serra ed in piena aria) e oliveti, con l'esclusione di zone marinali di ex coltivi costituiti da arbusteti con elementi della macchia mediterranea e delle parti più alte di versante, caratterizzata da pinete a pino d'Aleppo e pino marittimo. Rientrano nell'ambito considerato gli abitati di Costarainera, della località M. della Costa del Comune di Cipressa e di Linguglietta, tutte situate in corrispondenza di dorsali principali o secondarie.

Sottobacino del Rio S. Lorenzo: costituisce uno dei due sottobacini in cui si divide, a monte dell'abitato di Torre Paponi, l'asta principale. Rispetto al resto del bacino, la morfologia risulta molto più accentuata, con incisioni profonde e numerose. Sono presenti due centri abitati, Pietrabruna e Boscomare (frazione del precedente) ambedue posti in situazione di mezzacosta. Si osservano le seguenti situazioni:

- la zona di basso versante, dal ponte della S.P. sul t. S. Lorenzo fin all'abitato di Pietrabruna, è dominato da colture agricole in serra in mosaico con oliveti;
- la fascia mediana del bacino risulta occupata da oliveti che lasciano il posto, nelle situazioni più acclive, alle formazioni boschive di roverella e carpino nero; queste separano le zone coltivate dalla fascia cacuminale, occupata da praterie.

Sottobacino del Rio Meree: è l'unica porzione di bacino in cui gli ambienti seminaturali risultano più estesi, anche se di poco, delle zone agricole. I primi sono costituiti da praterie localizzate soprattutto sulle pendici del M.Faudo, e da boschi di roverella e carpino. Le zone agricole, costituite da oliveti e marginalmente da seminativi, risultano concentrate nelle parti basse della valle.

2.7 Assetto idrologico

2.7.1 Generalità sul trasporto solido

Le correnti idriche hanno la capacità, in determinate condizioni, di trasportare elementi solidi (limo, sabbia, ciottoli): questo fenomeno viene comunemente definito "trasporto solido".

Il materiale solido, trasportato a valle dalla corrente dei torrenti e dei fiumi, rappresenta il necessario anello di congiunzione tra i fenomeni di erosione nella parte alta del bacino e quelli di sedimentazione nella zona di valle.

Si tratta di un fenomeno molto complesso, di difficile modellizzazione da un punto di vista fisico-matematico, e che pertanto viene solitamente trattato mediante metodi di calcolo che necessariamente cercano di approssimare il più possibile i fenomeni che avvengono in natura lungo i corsi d'acqua.

Questi metodi di calcolo sono affetti pertanto da un qualche inevitabile approssimazione, e danno solamente un'indicazione del possibile comportamento globale nei fenomeni considerati: tuttavia queste indicazioni, derivando da schematizzazioni teoriche semplificative, risultano generalmente più cautelative di quanto si verifichi nella realtà.

Il materiale solido trasportato dalla corrente può muoversi essenzialmente in due modi:

- per sospensione, cioè tenuto in sospensione nell'acqua, nonostante abbia maggior peso specifico rispetto a questa, per effetto della turbolenza della corrente liquida; il materiale trasportato per sospensione è solitamente quello di dimensioni minori (argilla, limo, sabbia);
- sul fondo, cioè strisciando o rotolando sul fondo; è questo il tipo di movimento del materiale di dimensioni maggiori.

Viene considerato anche un terzo modo "intermedio" di trasporto solido, detto "per saltellamento": il materiale procede infatti a tratti sul fondo, a tratti sollevandosi da esso, per "rimbalzare" quando vi ricade. E' quindi un tipo di movimento intermedio tra i due principali indicati sopra.

Il volume di materiale solido che un corso d'acqua trasporta nell'unità di tempo viene detto portata solida.

La portata solida è molto più variabile della portata liquida: i corsi d'acqua trasportano infatti una sensibile quantità di materiale solido solo quando sono in piena, oppure in morbida e la portata solida cresce più rapidamente della portata liquida; in magra invece il trasporto solido è pressoché nullo.

2.7.2 Condizioni di incipiente movimento – teoria di Shields

Shields (1936) ha trattato il problema del movimento incipiente del materiale sul fondo, in termini di forza di trascinamento, in modo razionale considerando la spinta idrodinamica sulla particella di sedimento associata alla legge di distribuzione delle velocità nel moto turbolento.

Combinando queste due espressioni, Shields ha ricavato una relazione funzionale tra i seguenti due parametri adimensionali:

$$\theta = \text{parametro di mobilità di Shields} = \frac{u_*^2}{g \cdot \Delta \cdot d}$$

$$- \quad Re_* = \text{numero di Reynolds del grano} = \frac{u_* \cdot d}{\nu}$$

avendo qui indicato con $\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ la densità relativa del granulo immerso e con ν la viscosità

cinematica dell'acqua.

Come si può osservare dal grafico riportato in letteratura, la curva che rappresenta il movimento incipiente delle particelle ($\theta = \theta_{cr}$) separa la zona di mobilità delle particelle da quella di immobilità.

Per i punti che giacciono sotto la curva il moto dell'acqua non è in grado di provocare il moto delle particelle ($\theta \leq \theta_{cr}$); per le condizioni rappresentate da punti che giacciono al di sopra della curva le particelle sono invece in movimento.

La curva di incipiente movimento può essere divisa in tre parti: una prima parte che nel diagramma bilogaritmico è rappresentata da un segmento di retta ($Re_* \leq 2$), una seconda parte ad andamento curvilineo ($2 \leq Re_* \leq 200$) ed una terza zona nuovamente ad andamento rettilineo ($Re_* \geq 200$).

Nel primo tratto la condizione di mobilità è indipendente dal diametro delle particelle, mentre dipende dalla viscosità del fluido.

In questo caso il fondo dell'alveo tende ad essere coperto da una poltiglia di materiale molto sottile, dove il singolo granulo perde la propria individualità. Il moto in questa zona risulta quindi essenzialmente di tipo viscoso.

Nel tratto intermedio invece la condizione di mobilità dipende sia dalla dimensione del granulo che dalla viscosità del fluido. In questa zona inoltre la curva presenta il suo valore minimo $\theta_{cr, \min} \cong 0,02 \div 0,03$ per $Re_* \cong 8 \div 10$.

Nel terzo tratto della curva di Shields infine il parametro di mobilità assume valori pressoché costanti; si ha infatti $\theta_{cr} \cong 0,057$.

In questo caso le condizioni di mobilità del granulo sono indipendenti dalla viscosità del fluido.

Pertanto per valori elevati di Re_* , corrispondenti alle normali condizioni dei corsi d'acqua reali, si ricava la seguente relazione:

$$\frac{u_*^2}{g \cdot \Delta \cdot d} = 0,057$$

che, in termini di tensione tangenziale massima al fondo, diventa:

$$u_*^2 = \frac{\tau_{max}}{\rho} \Rightarrow \frac{\tau_{max}}{\gamma \cdot \Delta \cdot d} = 0,057$$

avendo indicato con $\gamma = \rho \cdot g$ il peso specifico dell'acqua.

2.7.3 Calcolo della portata dominante

Si tratta della portata rappresentativa di un corso d'acqua cui occorre fare riferimento per lo studio della stabilità dell'alveo e si può ritenere corrispondente alla portata che, nei corsi d'acqua di pianura, occupa l'intera sezione bagnata (situazione a "piene rive" ossia bankfull).

La portata dominante è pertanto responsabile dei principali mutamenti dell'alveo che, nel corso d'acqua in esame, dipendono principalmente dal trasporto solido al fondo.

Nell'ipotesi di ritenere che il deflusso avvenga in condizioni di moto uniforme si può utilizzare l'espressione di Chèzy:

$$Q = \frac{1}{m} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i_f^{1/2}$$

valida nel caso di turbolenza pienamente sviluppata (condizione ampiamente soddisfatta, in generale nei moti a pelo libero) dove:

- m = coefficiente di scabrezza di Manning;
- A = area bagnata;
- R = raggio idraulico;
- i_f = pendenza longitudinale del fondo alveo.

Per valutare la pendenza del fondo alveo occorre fare riferimento alla formula:

$$i_f = \frac{\tau_{max}}{\gamma \cdot R}$$

in cui:

- τ_{max} = tensione tangenziale massima al fondo;
- γ = peso specifico dell'acqua.

Facendo ricorso alla sopracitata teoria di Shields, la tensione tangenziale massima al fondo vale:

$$\tau_{max} = 0,057 \cdot \gamma \cdot \Delta \cdot d$$

per cui la pendenza longitudinale del fondo alveo diventa:

$$i_f = \frac{0,057 \cdot \Delta \cdot d}{R}$$

Si riporta nel seguito, per i tratti del torrente S. Lorenzo posti in corrispondenza delle sezioni S4 e S9, ritenuti i più significativi ai fini di un'analisi del trasporto solido, la valutazione della portata dominante che percorre l'alveo in occasione di una piena cinquantennale, bicentenaria e cinquecentenaria, secondo le formulazioni proposte dagli autori sopra citati.

Occorre precisare che, per l'elaborazione dei dati, il diametro caratteristico delle componenti granulometriche è stato assunto pari al d_{50} cioè il diametro, espresso in metri, delle componenti granulometriche presenti a costituire, per il 50% in peso, il materiale in alveo.

Considerando la geometria delle sezioni trasversali esaminate, la portata liquida defluente e la pendenza longitudinale del fondo alveo, si è assunto per tale diametro un valore pari a 0,050 m per la sezione S4 e pari a 0,065 m per la sezione S9.

SEZIONE S4 - Calcolo della portata dominante

b =	9,00	m			
Φ =	55	gradi			
h =	3,33	m	B =	18,50	m
m =	0,040	s / m ^{1/3}			
c =	25	m ^{1/3} / s			
i =	0,015	m/m			
A =	45,79	m ²			
B =	20,60	m			
R =	2,22	m			
X =	28,56	m ^{1/2} s			
Q =	238,77	m ³ /s			
Δ =	2,65				
d50 =	0,050	m			

Qdom, 50 112,65m³/s

b =	9,00	m			
Φ =	55	gradi			
h =	3,91	m	B =	20,16	m
m =	0,040	s / m ^{1/3}			
c =	25	m ^{1/3} / s			
i =	0,015	m/m			
A =	57,00	m ²			
B =	22,62	m			
R =	2,52	m			
X =	29,16	m ^{1/2} s			
Q =	323,15	m ³ /s			
Δ =	2,65				
d50 =	0,050	m			

Qdom,200 143,19 m³/s

b =	9,00	m			
Φ =	55	gradi			
h =	4,27	m	B =	21,18	m
m =	0,040	s / m ^{1/3}			
c =	25	m ^{1/3} / s			
i =	0,015	m/m			
A =	64,44	m ²			
B =	23,88	m			
R =	2,70	m			
X =	29,50	m ^{1/2} s			
Q =	382,47	m ³ /s			
Δ =	2,65				
d50 =	0,050	m			

Qdom,500 163,75 m³/s

SEZIONE S9 - Calcolo della portata dominante

b = 0,00 m
 = 65 gradi
 h = 4,70 m
 m = 0,040 s / m^{1/3}
 c = 25 m^{1/3} / s
 i = 0,015 m/m
 A = 47,30 m²
 B = 22,21 m
 R = 2,13 m
 X = 28,36 m^{1/2} s
 Q = 239,70 m³/s
 Δ = 2,65
 d₅₀ = 0,065 m
Q_{dom,50} 132,22 m³/s

B = 20,13 m

b = 0,00 m
 = 65 gradi
 h = 5,26 m
 m = 0,040 s / m^{1/3}
 c = 25 m^{1/3} / s
 i = 0,015 m/m
 A = 59,24 m²
 B = 24,86 m
 R = 2,38 m
 X = 28,89 m^{1/2} s
 Q = 323,63 m³/s
 Δ = 2,65
 d₅₀ = 0,065 m
Q_{dom,200} 168,74 m³/s

B = 22,53 m

b = 0,00 m
 = 65 gradi
 h = 5,60 m
 m = 0,040 s / m^{1/3}
 c = 25 m^{1/3} / s
 i = 0,015 m/m
 A = 67,15 m²
 B = 26,47 m
 R = 2,54 m
 X = 29,20 m^{1/2} s
 Q = 382,46 m³/s
 Δ = 2,65
 d₅₀ = 0,065 m

B = 23,98 m

Q_{dom,500} 193,27m³/s

2.7.4 Calcolo della portata solida di fondo

Per la valutazione della portata solida trasportabile da una corrente sono disponibili in letteratura numerose formulazioni. Esse forniscono la capacità di trasporto solido della corrente stessa che può coincidere o essere superiore all'effettivo trasporto di materiale a seconda delle condizioni locali dell'alveo.

Una delle prime formule per la valutazione della portata solida di fondo è stata proposta da Kalinske (1942). Secondo tale autore la portata solida trasportabile da una corrente può essere valutata in funzione del rapporto tra forza di trascinamento effettiva τ_{max} e la forza di trascinamento limite τ_{amm} .

L'espressione fornita da Kalinske diventa:

$$\frac{q_s}{u_* \cdot d} = \phi_K \cdot \left(\frac{\tau_{amm}}{\tau_{max}} \right)$$

in cui:

- q_s = portata solida in volume per unità di larghezza;
- u_* = velocità di attrito;
- d = diametro medio del materiale in alveo;
- ϕ_K = legame funzionale;
- τ_{max} = sforzo tangenziale sul fondo;
- τ_{amm} = sforzo tangenziale critico.

La relazione introdotta è stata ottenuta ipotizzando che la fluttuazione della componente della velocità di trasporto nella direzione del moto ammetta una distribuzione di tipo gaussiano.

Il legame funzionale proposto da Kalinske è stato esplicitato da Pezzoli attraverso la seguente relazione:

$$\frac{q_s}{u_* \cdot d} = 1,5 \cdot \left(\frac{\tau_{amm}}{\tau_{max}} \right)^{1/6} \cdot \left(\sqrt{\frac{\tau_{max}}{\tau_{amm}}} - 1 \right)^{5/3}$$

Le ricerche condotte da Schoklitsch (1950) si basano invece su un'analisi energetica che conduce alla definizione di un valore critico della portata liquida per unità di larghezza cui corrisponde l'inizio del moto dei granuli.

La portata solida per unità di larghezza che ne consegue risulta pari a:

$$q_s = 0,26 \cdot \Delta^{5/3} \cdot \frac{d_{40}^{3/2}}{i_f^{7/6}}$$

in cui:

- q_s = portata solida in volume per unità di larghezza;
- $\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ = densità relativa del granulo immerso;
- d_{40} = diametro, espresso in metri, delle componenti granulometriche presenti a costituire, per il 40% in peso, il materiale in alveo;

- i_f = pendenza longitudinale del fondo alveo.

Un'altra formula, assai diffusa, è quella proposta da Meyer-Peter e Muller (1948), particolarmente adatta per materiali di fondo da medi a grossolani.

Tale relazione è stata ottenuta interpretando i risultati di vaste indagini di laboratorio e può essere espressa come segue:

$$\frac{\gamma \cdot R \cdot i_f}{d_{50}} \cdot \left(\frac{c}{c_G} \right)^{3/2} = 0,047 \cdot (\gamma_s - \gamma) + 0,25 \cdot \left(\frac{\gamma}{g} \right)^{1/3} \cdot \frac{q_s^{2/3}}{d_{50}}$$

in cui:

- γ = peso specifico dell'acqua;
- R = raggio idraulico;
- i_f = pendenza longitudinale del fondo alveo;
- d_{50} = diametro delle componenti granulometriche presenti con il 50% in peso;
- c = coefficiente di scabrezza di Strickler;
- c_G = coefficiente di scabrezza relativo ai soli granuli;
- γ_s = peso specifico del granulo immerso;
- q_s = portata solida in volume per unità di larghezza.

Il valore del coefficiente di scabrezza delle particelle costituenti il fondo alveo può essere valutato, in modo sufficientemente approssimato, mediante l'espressione di Strickler, valida nel caso di moto turbolento pienamente sviluppato:

$$c_G = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

dove d_{90} è il diametro, espresso in metri, delle componenti granulometriche presenti con il 90% in peso.

Un punto di vista diverso nella trattazione del problema della quantificazione del trasporto solido di fondo è proposto da Einstein (1942-1950) il quale rinuncia all'impiego di elementi critici, di cui è sempre incerta la definizione e difficile la misura, e fonda la propria analisi su considerazioni di carattere probabilistico sulla base delle seguenti ipotesi:

- si considera esclusivamente materiale uniforme, individuabile tramite il diametro medio e il peso specifico, con dimensioni superiori ad un diametro assegnato, trasportato al fondo in un alveo costituito da materiale dello stesso tipo;
- si considera il moto di una particella come una successione di passi intervallati da periodi di quiete;
- si ammette che il passo medio di ogni elemento si mantenga tale anche in presenza di variazioni delle condizioni idrauliche o della composizione del fondo alveo ritenendo quindi l'entità del trasporto solido funzione soltanto del tempo medio tra due passi e dello spessore dello strato in moto.

La trattazione effettuata è sintetizzabile tramite la seguente relazione che correla la quantità di trasporto solido con le caratteristiche granulometriche del fondo alveo e della corrente idrica che genera il movimento:

$$\frac{m_1 \cdot q_s}{A_L \cdot K_2 \cdot \gamma_s \cdot d^4} = \frac{m_2 \cdot p}{K_1 \cdot K_3 \cdot d^2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \Delta}{d}}$$

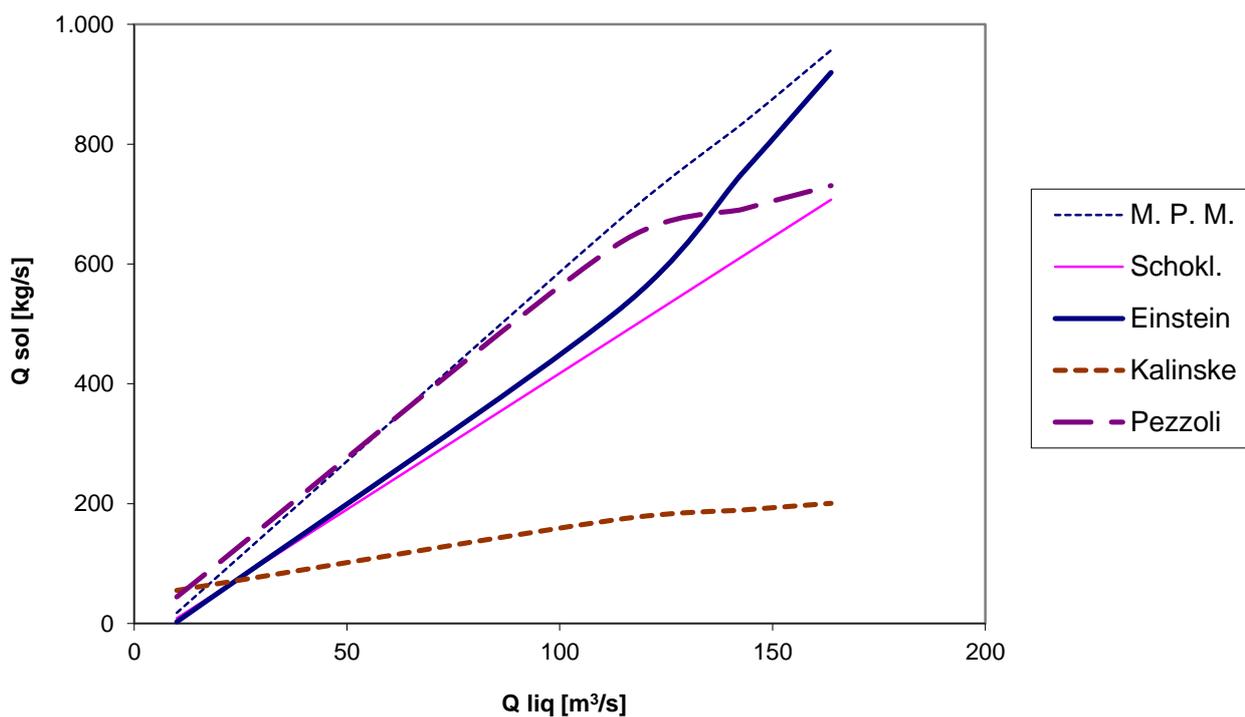
in cui:

- q_s = portata solida in volume per unità di larghezza;
- d = diametro caratteristico delle componenti granulometriche;
- m_1 = frazione di q_s che si riferisce alla dimensione d prescelta;
- m_2 = frazione del sedimento di fondo nella prefissata dimensione d ;
- p = probabilità che si manifesti erosione;
- A_L = costante caratteristica del trasporto solido di fondo;
- K_1, K_2, K_3 = costanti riferite al volume del granulo;
- γ_s = peso specifico del granulo immerso;
- $\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ = densità relativa del granulo immerso.

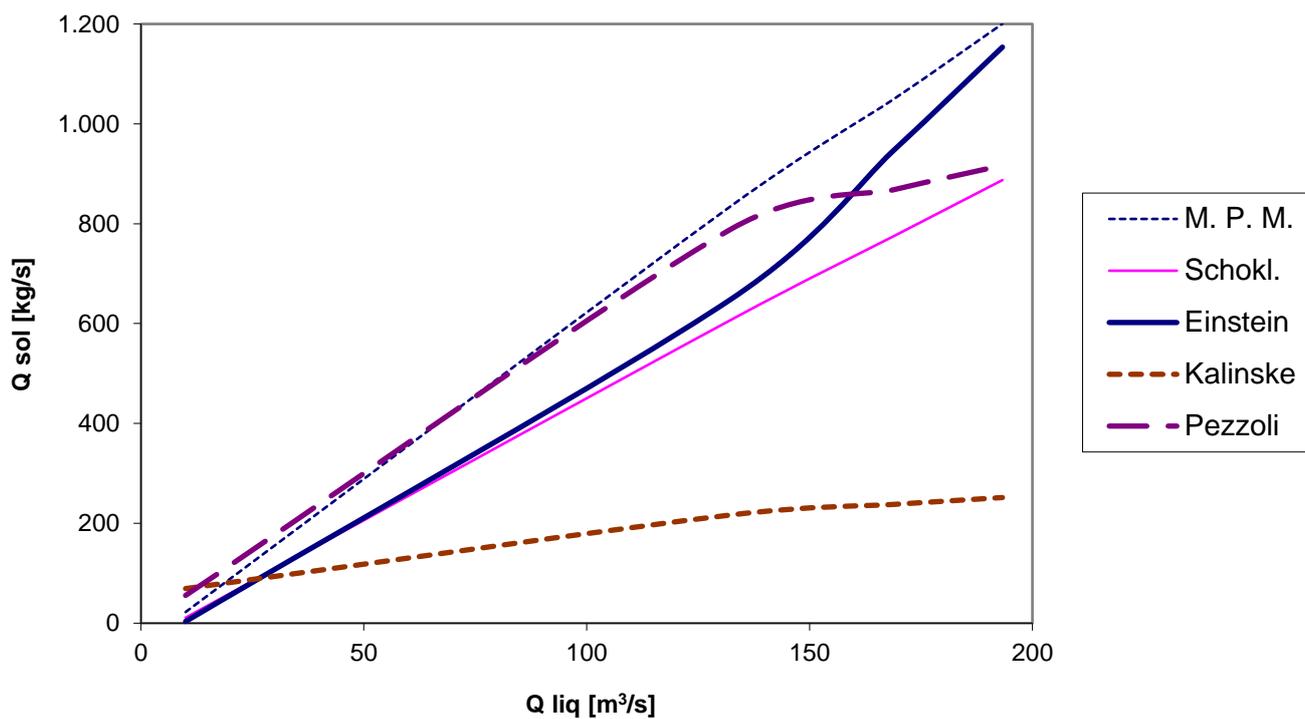
Si riporta nel seguito, per i tratti del torrente S. Lorenzo posti in corrispondenza delle sezioni S4 e S9, ritenuti i più significativi ai fini di un'analisi del trasporto solido, la valutazione della portata solida di fondo che percorre l'alveo in occasione di una piena cinquantennale, bicentenaria e cinquecentenaria, secondo le formulazioni proposte dagli autori sopra citati.

Dalle curve e dai tabulati riportati si evincono gli ampi margini di incertezza legati alla valutazione di tale portata in quanto le formule indicate, essendo state ricavate in base a ricerche sperimentali di laboratorio, forniscono valori solo indicativi e spesso sensibilmente diversi l'uno dall'altro.

S4	Q sol [kg/s]					
	Q liq [m ³ /s]	M. P. M.	Schoklitsch	Einstein	Kalinske	Pezzoli
10		17,77	8,72	2,74	55,21	44,32
112,65		665,10	474,98	516,44	172,66	628,40
143,19		835,86	613,87	753,83	189,54	691,67
163,75		956,72	707,28	919,57	200,54	730,74



S9	Q sol [kg/s]				
	Q liq [m ³ /s]	M. P. M.	Schoklitsch	Einstein	Kalinske
10	22,29	10,94	3,44	69,27	55,60
132,22	834,45	606,75	647,94	216,62	788,41
168,74	1.048,69	774,39	945,77	237,80	867,79
193,27	1.200,32	887,37	1.153,71	251,60	916,80



2.8 Catasto delle opere idrauliche

2.8.1 Premessa

Il catasto delle opere idrauliche presenti nel bacino in esame consiste nella registrazione di tutti i manufatti, più o meno recenti, che interferiscono con l'alveo dell'asta principale e con la maggior parte dei suoi affluenti.

La catalogazione delle opere è stata compiuta effettuando un'analisi dei vari corsi d'acqua, sulla base della Carta Tecnica Regionale in scala 1.5.000.

Tale indagine è stata integrata da ripetuti sopralluoghi nel corso dei quali è stato verificato lo stato dei luoghi, la tipologia e lo stato di conservazione dei manufatti esistenti.

L'indagine si compone di due sezioni principali di cui la prima contenente le schede specifiche sulle opere censite e la seconda le verifiche idrauliche finalizzate ad una valutazione della capacità maggiore o minore a smaltire le portate di piena dei manufatti considerati.

2.8.2 Caratteristiche delle schede illustrative

Per ognuno dei manufatti individuati è stata redatta, secondo i dettami della Legge regionale 28 gennaio 1993 n.9, una scheda illustrativa in cui l'opera in oggetto viene classificata secondo un codice identificativo costituito da un numero progressivo e da una sigla di tre lettere.

La numerazione è stata effettuata da valle verso monte percorrendo l'intero corso d'acqua in esame mentre la sigla si riferisce al bacino di appartenenza:

- RME = bacino del Rio Meree;
- RSL = bacino del Rio di S. Lorenzo;
- TSL = bacino del T. San Lorenzo;
- RFB = bacino del Rio Fontana Bona;
- RFO = bacino del Rio Fossarelli.

Ogni scheda, corredata di almeno una foto del manufatto oggetto di indagine, contiene:

- la localizzazione territoriale;
- la localizzazione opera;
- le caratteristiche dell'opera;
- le caratteristiche costruttive dell'opera:
 - ◇ materiale da costruzione;
 - ◇ rivestimento opera;
 - ◇ andamento planimetrico rispetto al corso d'acqua;
 - ◇ dimensioni;
 - ◇ opere accessorie;
 - ◇ pendenza media alveo;
 - ◇ utenze ed usi aree in superficie;
- le condizioni visive dell'opera;
- i dati amministrativi e le autorizzazioni;

- ◇ dati amministrativi;
- ◇ divieti e vincoli di legge;
- la scheda illustrativa e la funzionalità dell'intervento.

L'ubicazione delle opere, classificate con il codice identificativo di cui si è detto sopra, è riportata nella Tavola 10, in scala 1:10.000.

2.9 Valutazione delle massime portate di piena

2.9.1 Aggiornamento e sistemazione dei dati climatici e meteorologici

Procedendo in uno studio idrogeologico di un bacino risulta di essenziale importanza la determinazione delle condizioni climatiche interessanti la zona.

Per stabilire le condizioni climatiche del bacino del Torrente S. Lorenzo, sono stati considerati i due elementi principali del clima: le precipitazioni e la temperatura.

L'analisi dei dati deve essere estesa, al fine di ottenere risultati significativi, ad almeno un trentennio, in modo tale da ottenere un'effettiva media delle precipitazioni e temperature e da poter verificare un eventuale ricorso di eventi straordinari. L'elaborazione dei dati climatici diventa quindi fondamentale non solo per la caratterizzazione climatica dell'area ma anche per prevedere gli eventi eccezionali a cui sono strettamente collegati i fenomeni di dissesto idrogeologico e lo sviluppo del reticolo idrografico.

Nel caso specifico si sono esaminati i dati registrati da due stazioni pluviometriche, Dolcedo (77 m s.l.m.) e Tavole (500 m s.l.m.), situate entrambe all'esterno del bacino, unitamente ai dati registrati dall'osservatorio meteorologico di Imperia (15 m s.l.m.) che registra, oltre alle precipitazioni, anche le temperature e da cui sono stati desunti i dati inerenti all'umidità relativa dell'aria ed alla direzione dei venti.

Si rileva, comunque, che i dati reperiti per la stazione di Dolcedo sono aggiornati solamente al 1983 (attualmente la stazione è dismessa) e che la stazione di Tavole non è più funzionante dal 1976.

- Precipitazioni

Analizzando i dati del periodo compreso fra il 1923 ed il 1983 per la stazione di Dolcedo, fra il 1935 ed il 1976 per la stazione di Tavole e fra il 1920 ed il 1995 per l'osservatorio di Imperia, si sono realizzati due diversi tipi di grafici che forniscono, rispettivamente, le precipitazioni totali annuali nel corso del periodo esaminato ed il regime pluviometrico ossia l'andamento della media delle precipitazioni mensili, calcolata nel periodo studiato, nel corso dell'anno solare.

Il primo tipo di grafici rappresenta le precipitazioni totali annuali e fornisce un quadro generale sul ricorso storico di anni di magra ed anni piovosi. Osservando, infatti, gli istogrammi delle tre stazioni è evidente un ricorso di anni di siccità ogni 20 anni (1943 – 1944, 1967, 1983), ed un periodo pressoché uguale per gli anni piovosi (1927, 1960 – 1961, 1977).

Il secondo tipo di grafici fornisce un quadro informativo sul regime climatico della zona. Dall'analisi comparata dei grafici ottenuti dalle tre stazioni di registrazione risulta un regime pluviometrico caratterizzato da due periodi piovosi, intorno ai mesi di marzo e novembre, e due periodi di scarse precipitazioni (luglio e dicembre).

Questo fenomeno è tipico del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico, con massimo autunnale maggiore di quello primaverile.

Vanno inoltre ricordati i fenomeni eccezionali orari registrati dall'osservatorio di Imperia, cui sono strettamente correlate le alluvioni derivate:

25.10.1894:	156 mm in 8 ore
18.01.1974:	140 mm in 19 ore
25.09.1981:	110 mm in 2 ore
15.09.1968:	22 mm in 20 minuti
07.03.1972:	13 mm in 10 minuti
16.11.1995:	170 mm in 15 ore.

- Temperatura

Si sono considerati i valori registrati fra il 1940 ed il 1995 dall'osservatorio meteorologico di Imperia, rilevando le temperature massime, minime e medie.

Occorre precisare che, al fine di ottenere risultati più veritieri con differenze anche intorno al grado, la temperatura media andrebbe calcolata non solo rispetto alla temperatura massima e minima ma anche rispetto ai valori di temperatura registrati alle ore 8,00 ed alle ore 19,00.

Non potendo però disporre di tali dati, si è proceduto ugualmente alla valutazione della temperatura media rapportata alla massima ed alla minima.

Il grafico ottenuto dalle temperature medie mensili mette in risalto l'andamento termometrico durante il corso dell'anno solare a cui è strettamente correlato il fenomeno dell'evapotraspirazione, utilizzabile per un eventuale bilancio idrologico.

Più precisamente le temperature medie mensili presentano il valore più basso in gennaio, con una temperatura di poco inferiore a 10°C, e quello più elevato in luglio ed agosto, con una temperatura pari a circa 24°C.

Occorre precisare che, per uniformare i dati a disposizione con l'altitudine media del bacino, si è ritenuto lecito considerare un gradiente termico di 0,55 °C per ogni cento metri di dislivello.

Sottraendo quindi il valore di 1,97 °C alle temperature massime, minime e medie si ottengono i seguenti valori:

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Tmax	10,3	10,9	12,9	15,4	19,0	22,4	25,7	25,6	22,9	18,9	14,3	11,7
Tmin	4,4	4,7	6,5	8,8	12,2	15,4	18,3	18,4	15,7	12,2	8,1	10,8
Tmed	7,3	7,8	9,7	12,1	15,6	18,9	22,0	22,0	19,3	15,5	11,2	14,1
Escurs.	5,9	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,4	7,2	7,2	6,7	6,2	6,7

Analizzando i dati pluviometrici, correlati a quelli termometrici, è stato realizzato il diagramma ombrotermico di Bagnouls e Gaussen (1953).

Tale diagramma, riportato nel seguito ed ottenuto riportando nelle due rispettive ordinate del grafico le temperature medie mensili, calcolate in rapporto 2:1 rispetto alle precipitazioni medie mensili, permette di evidenziare eventuali periodi di siccità distinguendo tra i mesi umidi, quando la curva delle temperature giace al di sotto della colonna relativa alle precipitazioni medie mensili, ed i mesi secchi, periodo in cui l'evapotraspirazione raggiunge i valori più elevati, dove si verifica il fenomeno contrario.

- Venti

L'osservazione dei fenomeni meteorologici è stata rivolta alle correnti d'aria che predominano nel periodo estivo, correnti che spingono l'aria ricca di umidità, come è evidenziato nella tabella di seguito riportata, da mare verso terra, favorendo le precipitazioni occulte, ossia la condensazione dell'acqua per escursione termica dovuta all'altitudine.

I dati forniscono la media calcolata per il periodo compreso fra 1949 ed il 1992, dei mesi più interessanti per il fenomeno sopraccitato, con la direzione di provenienza delle correnti d'aria e la percentuale delle correnti spiranti.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
GIUGNO	4,3	9,8	19,2	21,5	4,0	21,3	9,1	3,7
LUGLIO	4,9	9,4	13,1	23,9	2,8	25,8	10,3	4,7
AGOSTO	6,9	12,8	13,9	21,1	2,4	23,3	11,3	5,5

- Umidità relativa dell'aria

L'umidità relativa dell'aria esprime il rapporto fra la quantità di vapore acqueo effettivamente contenuta nell'atmosfera e l'umidità assoluta di saturazione, ovvero il rapporto fra la tensione di vapore presente nell'atmosfera e la tensione di saturazione.

Il valore dello 0% corrisponde all'atmosfera secca mentre il 100% rappresenta l'atmosfera satura di vapore acqueo.

I dati riportati nella tabella seguente, per la stazione di Imperia, rappresentano la norma calcolata per il periodo compreso fra gli anni 1971 e 1992 durante il corso dell'anno solare, mettendo in risalto un massimo di umidità per i mesi più caldi, quando maggiore è l'evaporazione che avviene sul mare.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	MED
60,4	60,0	61,7	62,4	64,1	66,0	65,0	65,8	65,9	63,8	63,3	62,0	63,4

2.9.2 Analisi idrologica

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

Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena occorre precisare che nell'ambito del bacino non sono presenti stazioni di misura dei livelli idrometrici e delle precipitazioni, tuttavia per questi ultimi

è possibile fare riferimento alla stazione di Imperia che, sebbene localizzata in un altro bacino, è sufficientemente vicina al bacino del torrente S. Lorenzo per supporre che ne descriva il regime pluviometrico.

I dati registrati dalla stazione di Imperia, opportunamente elaborati, forniscono l'indicazione delle altezze di pioggia in riferimento alla durata dell'evento e quindi possono essere utilizzati per ipotizzare eventi pluviometrici da inserire in un modello afflussi-deflussi capace di fornire i valori di portata al colmo conseguenti a fenomeni meteorici.

Al fine di descrivere realisticamente il fenomeno di piena è stata considerata anche la capacità di ritenzione del terreno per ottenere la pioggia netta, ovvero depurata dalla quantità di acqua infiltrata e trattenuta dal terreno e dalla vegetazione.

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

- individuazione delle stazioni pluviometriche di interesse e relativa analisi delle serie campionarie;
- determinazione delle curve di possibilità climatica;
- determinazione della portata di massima piena degli affluenti con metodo semplificato.

2.9.3 Valutazione probabilistica delle precipitazioni intense

Ai fini dello svolgimento dello studio idrologico è stata condotta un'analisi preliminare delle serie di valori di precipitazione intensa (massimi annuali di precipitazioni per durate da 1 a 24 ore) disponibili nella zona limitrofa al bacino. Sulla superficie sottesa dal bacino del torrente S. Lorenzo non sono presenti stazioni di misura, tuttavia è stata individuata la stazione pluviometrica di Imperia, ubicata in un bacino confinante, la cui posizione ne giustifica l'uso.

I valori di precipitazione in mm di durata 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore registrati dalla stazione pluviometrica di Imperia sono riportati in allegato.

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

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

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

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

I coefficienti α e β della distribuzione, la cui stima permette la definizione della probabilità di non superamento, sono stati stimati, per ogni durata, tramite le seguenti relazioni:

$$\varepsilon = \mu - 0,450 \cdot \sigma$$

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma}$$

dove μ e σ rappresentano i valori di media e scarto quadratico medio della distribuzione.

Il risultato della stima di tali parametri in termini di adattamento della distribuzione alla serie campionaria è mostrato nelle figure allegate, riferite rispettivamente alle durate di 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore. Nelle figure in esame sono riportati in ascisse i valori dell'altezza di precipitazione ed in ordinate i valori della probabilità di non superamento P_s .

Più precisamente è stata effettuata una verifica della legge di distribuzione adottata in termini qualitativi e quantitativi.

Per la verifica qualitativa della legge di Gumbel, si sono determinate le coppie di valori altezza di precipitazione - frequenza cumulata, rappresentative del campione in esame, e le si sono riportate sull'allegata carta probabilistica della legge prefissata.

Si è quindi in grado di verificare l'adattabilità della legge riportando per punti l'andamento lineare della funzione probabilità di superamento.

Il controllo in termini quantitativi viene invece eseguito tramite i test statistici del segno e del X^2 , per i quali si assume un livello di significatività pari a 0,05.

Effettuando il test del segno si sono ottenuti i seguenti risultati:

	t = 1 h	t = 3 h	t = 6 h	t = 12 h	t = 24 h
Numero punti stimati sulla retta	5	4	6	8	1
Numero punti da valutare rispetto alla giacitura della retta	45	46	44	42	49
Parametro critico di confronto (da tabella presente in letteratura)	15	15	15	14	17
Punti sopra la retta	28	20	29	14	25
Punti sotto la retta	17	26	15	28	24
Esito del test	28 > 15 17 > 15 OK	20 > 15 26 > 15 OK	29 > 15 15 ≥ 15 OK	14 ≥ 14 28 > 14 OK	25 > 17 24 > 17 OK

Effettuando il test del X^2 si è suddiviso invece il campione di dati in un numero di classi $k = 1/p_i$ pari a 7.

Tale valore è stato stimato tenendo presente che deve valere la condizione $p_i \cdot N \geq 5$.

Riportando tali classi sul diagramma probabilistico si determinano i punti ricadenti in ogni fascia e si

procede la calcolo dei valori di $H_i = \frac{(N_i - p_i \cdot N)^2}{p_i \cdot N}$.

Per il calcolo della variabile statistica di confronto $X^2_{0,95}$ occorre determinare il numero di gradi di libertà f tramite la relazione:

$$f = k - s - 1 = 4$$

dove

- k = numero di classi = 7;
- s = parametri della distribuzione = 2.

Poiché dalla tabella riportata in letteratura si ricava un valore di $X^2_{0,95}$ pari a 9,49 ed essendo, in ogni caso, $H = \sum H_i < X^2_{0,95}$, il test risulta soddisfatto.

Considerando infine il noto legame tra tempo di ritorno T_r e probabilità di non superamento $P = 1-1/T_r$ (poiché $T_r = 1/P_s$ con P_s = probabilità di superamento e $P=1- P_s$) si possono ricavare i valori delle rispettive altezze di precipitazioni per le diverse durate a dato tempo di ritorno, tramite le rispettive distribuzioni di probabilità.

Il set così ricavato di altezze di precipitazione è riportato in allegato e viene utilizzato come dato di input per ricavare i valori dei coefficienti della curva di possibilità climatica.

La metodologia utilizzata in tale contesto è il metodo dei minimi quadrati che consiste nel determinare la retta di equazione:

$$y = a_1 \cdot x + a_0$$

in cui

$$a_0 = \frac{\sum_1^N y \cdot \sum_1^N x^2 - \sum_1^N x \cdot \sum_1^N x \cdot y}{N \cdot \sum_1^N x^2 - \left(\sum_1^N x\right)^2}$$

$$a_1 = \frac{N \cdot \sum_1^N x \cdot y - \sum_1^N x \cdot \sum_1^N y}{N \cdot \sum_1^N x^2 - \left(\sum_1^N x\right)^2}$$

essendo:

- y = log h
- x = log t

Eseguito alcuni semplici passaggi algebrici si determinano infine i coefficienti a e n che definiscono la legge di possibilità climatica:

- $n = a_1$;
- $a = 10 a_0$

A questo punto la portata defluente dal bacino del Torrente San Lorenzo può essere calcolata mediante la cosiddetta "formula razionale", espressa come:

$$Q = \frac{S \cdot I \cdot C}{3,6}$$

in cui:

- S = superficie del bacino sotteso (km²);
- I = intensità di pioggia rapportata al tempo di corrivazione (mm/h);
- C = coefficiente di deflusso;

- $Q =$ portata (m^3/s).

La superficie del bacino sotteso S si ricava sommando le superfici dei cinque sottobacini considerati, i cui valori sono riportati in Tabella A.

L'intensità di pioggia I rappresenta l'altezza di precipitazione h rapportata al tempo di corrivazione tc , la cui determinazione è specificata nel seguito, mediante la relazione:

$$I = \frac{h}{tc} = \frac{a \cdot tc^n}{tc}$$

in cui a e n rappresentano i coefficienti pluviometrici calcolati in precedenza.

Il coefficiente di deflusso C , pari al rapporto tra la portata liquida effettivamente defluita dal bacino e l'afflusso meteorico, è stato cautelativamente posto pari a 1, considerando l'eventualità che, in occasione dell'evento piovoso considerato, il terreno si presenti già saturo d'acqua in superficie, per effetto di precipitazioni intercorse in precedenza, con un comportamento quindi praticamente impermeabile.

Mediante il metodo di calcolo adottato si sono ottenuti i valori di portata al colmo riportati in allegato; tali valori sono stati successivamente confrontati con le massime portate di piena valutate con la metodologia di seguito illustrata.

2.9.4 Metodo di Nash

2.9.4.1 - Descrizione generale della metodologia di calcolo della portata di piena

La presente analisi idrologica si propone lo scopo di determinare la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno che si può verificare in diverse sezioni significative della rete idraulica costituente il bacino del torrente S. Lorenzo.

Lo studio si sviluppa attraverso l'elaborazione di un adeguato algoritmo di calcolo basato sul modello di Nash che consente la determinazione delle portate di massima piena con assegnato periodo di ritorno.

Più precisamente la metodologia di calcolo applicata al fine di determinare la portata di massima piena si svolge attraverso le seguenti fasi fondamentali:

- stima del tempo di corrivazione;
- determinazione delle curve di possibilità pluviometrica associate a diversi tempi di ritorno;
- costruzione dell'idrogramma unitario istantaneo;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso l'integrale di convoluzione secondo il modello di Nash.

2.9.4.2 - Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione indica il tempo impiegato da una unità di volume di acqua per raggiungere il recapito finale.

In letteratura sono disponibili diverse formule ai fini del calcolo del tempo di corrivazione, una delle più note è sicuramente la formula proposta da Giandotti, che tuttavia in questo studio è stato ritenuto opportuno non applicare in quanto ricavata per i bacini padani. Si è infatti riscontrato che un calcolo del tempo di corrivazione con tale formula risulta essere assai elevato, conseguentemente si è preferito adottare formule diverse, ovvero che forniscano valori plausibili per il bacino preso in esame ovvero la formula proposta da Kirpich e la formula proposta dal metodo del Curve Number.

La formula di Kirpich è la seguente:

$$tc = 0,066 \cdot L^{0,77} \cdot \left(\frac{1.000 \cdot L}{H_{max} - H_o} \right)^{0,385}$$

dove:

- L = lunghezza dell'asta principale;
- H_{max} = quota massima del bacino;
- H_o = quota alla sezione di chiusura.

La formula proposta dal metodo del Curve Number, la cui descrizione è riportata nel paragrafo successivo, è la seguente:

$$tc = \frac{0,57 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1.000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{\sqrt{J}}$$

dove:

- L = lunghezza dell'asta principale;
- CN = Curve Number;
- J = pendenza media dei versanti.

I tempi di corrvazione calcolati con le formule proposte, in corrispondenza delle sezioni significative, sono riportati nei tabulati allegati.

Al fine di determinare le portate di massima piena si è ritenuto cautelativo l'utilizzo dei valori di tc ottenuti applicando la formula di Kirpich essendo questi ultimi inferiori, per ogni sottobacino esaminato, ai corrispondenti valori ottenuti con la formula del Curve Number.

2.9.4.3 - Determinazione delle curve di probabilità climatica

Per determinare le altezze di pioggia per durate opportune, si realizzano le curve di probabilità climatica che forniscono, assegnato il periodo di ritorno, le altezze massime annue di pioggia in funzione della durata della precipitazione

Nel caso in esame si è fatto riferimento alla procedura di stima delle curve di possibilità pluviometrica effettuata dal CIMA (Centro di ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'Università di Genova) nel giugno 1997.

In tale lavoro è stato proposto un metodo per la costruzione della curva locale di possibilità pluviometrica, basato sulla stima di alcuni parametri che dipendono dalla posizione spaziale del bacino di interesse.

La formula proposta è la seguente:

$$h_T = K_T \cdot E[H1] \cdot d^n$$

in cui:

- h_T = altezza di precipitazione in mm per un evento di durata d ore, per un periodo di ritorno di T anni;
- K_T = fattore di frequenza dipendente dal periodo di ritorno;
- $E[H1]$ = pioggia massima annuale per la durata di 1 ora dipendente dalla longitudine della zona in esame;
- n = coefficiente pluviometrico assunto, come valore regionale, pari a 0,39.

Le altezze di pioggia ottenute, riportate negli elaborati allegati, sono stati quindi trasformate in altezze di pioggia efficace attraverso l'introduzione del valore esprime la capacità di infiltrazione del terreno. La precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale, è stata infatti ottenuta depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento delle depressioni superficiali. Il metodo utilizzato è quello proposto dal Soil Conservation Service, noto come Curve Number, basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

La procedura consente di calcolare l'intensità di pioggia sulla base della seguente espressione:

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

dove:

- h_n = altezza di pioggia efficace;
- h = altezza di pioggia;
- I_a = quota parte della pioggia afflitta che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio;
- S = potenziale specifico di assorbimento del terreno;

In particolare, su indicazione del Soil Conservation Service, valgono le seguenti relazioni:

$$I_a = 0,2 S$$

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

La stima del parametro CN dipende dalla natura idrologica del suolo in relazione alla permeabilità ed all'uso del territorio; sulla base delle caratteristiche del bacino in esame si sono adottati i seguenti valori medi:

- CN = 65 per il sottobacino del Rio Meree;
- CN = 77 per il sottobacino del Rio di S. Lorenzo;
- CN = 71 per il sottobacino del T. S. Lorenzo;
- CN = 68 per il sottobacino del Rio Fontana Bona;
- CN = 67 per il sottobacino del Rio Fossarelli.

2.9.4.4 - L'idrogramma unitario

L'idrogramma unitario rappresenta la funzione di trasferimento dall'intensità di pioggia alla risposta del bacino idrografico.

Si è utilizzato il modello di Nash, con il quale il bacino idrografico è schematizzato da una cascata di n serbatoi uguali disposti in serie, per ciascuno dei quali si assume che il volume invasato V sia direttamente proporzionale alla portata scaricata Q secondo la relazione lineare:

$$V = K \cdot Q$$

essendo K un tempo caratteristico legato alle modalità di svuotamento del generico serbatoio.

L'idrogramma unitario istantaneo di questo modello si ottiene applicando ricorsivamente la regola che fornisce l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n modelli posti l'uno in serie all'altro.

Per un afflusso istantaneo la portata uscente da un serbatoio lineare risulta:

$$u(t) = \frac{e^{-t/k}}{k}$$

L'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n serbatoi si ottiene eseguendo la convoluzione dell'idrogramma unitario istantaneo relativo ai primi $n-1$ serbatoi con l'idrogramma unitario istantaneo associato all' n -esimo serbatoio.

In conclusione quindi l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente ad un insieme di n serbatoi uguali posti in cascata l'uno rispetto all'altro risulta essere:

$$u(t) = \frac{1}{(n-1)! \cdot k} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \cdot e^{-t/k}$$

ovvero l'idrogramma unitario sintetico la cui forma varia al variare del parametro n e del parametro k , quest'ultima funzione del tempo di corrivazione secondo la relazione:

$$k = \frac{0,5 \cdot tc}{n-1}$$

Nel caso in esame si è assunto $n = 3$, valore accettato per i bacini liguri.

2.9.4.5 - L'idrogramma di piena

La risposta del bacino idrografico agli impulsi di precipitazione è fornita dall'integrale di convoluzione secondo la relazione:

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

dove $p(\tau)$ rappresenta la precipitazione e $u(t-\tau)$ l'idrogramma unitario.

L'integrale di convoluzione è stato calcolato tramite un opportuno foglio di calcolo, con il quale la funzione è stata discretizzata con un intervallo temporale pari a quello utilizzato per la determinazione delle altezze di pioggia.

2.9.5 Portate di piena relative al bacino del torrente San Lorenzo

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente S. Lorenzo in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

	Q_{\max} (m ³ /s)
Tr = 5 anni	134
Tr = 10 anni	169
Tr = 30 anni	233
Tr = 50 anni	266
Tr = 100 anni	313
Tr = 200 anni	363
Tr = 500 anni	430

In base allo studio eseguito emerge in maniera evidente la differenza tra i valori di portata al colmo desumibili dall'analisi probabilistica delle precipitazioni intense ed i valori determinati con il metodo descritto.

Più precisamente per eventi di piena aventi tempo di ritorno pari a 5 e 10 anni le massime portate di piena risultano confrontabili mentre nei restanti casi i valori di portata al colmo ottenuti mediante valutazioni probabilistiche risultano inferiori fino al 20÷25 % rispetto ai corrispondenti valori ricavati con il modello di Nash.

2.9.6 Confronto con i valori di portata calcolati nell'ambito dello studio "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri"

In base allo studio elaborato dall'Università degli Studi di Genova, Centro di ricerca in monitoraggio ambientale (CIMA), i valori di portata calcolati tramite l'applicazione di un modello afflussi – deflussi sulla base della regionalizzazione delle precipitazioni.

I valori di portata calcolati sono i seguenti:

Portate al colmo di piena							
Identificazione della sezione			Valori di Q [m ³ /s]				
Torrente	Sezione a monte della confluenza con	Area drenata [km ²]	Tr 30	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
Meree	torrente S. Lorenzo	6	50	60	80	90	110
Tana	torrente S. Lorenzo	8	60	80	90	110	130
Fontana Bona	torrente S. Lorenzo	5	40	40	50	60	70
S. Lorenzo	mar Tirreno	26	180	220	270	320	380

Tenendo presente che è rilevabile la seguente corrispondenza con i bacini individuati in precedenza:

- Meree → sottobacino rio Meree
- Tana → sottobacino rio di S. Lorenzo
- Fontana Bona → sottobacini rio Fontana Bona e rio Fossarelli
- S. Lorenzo → bacino del t. S. Lorenzo nella sua interezza

i valori di portata al colmo ottenuti nel presente studio sono i seguenti:

Valori di Q [m ³ /s]						
Identificazione del bacino	Area drenata [km ²]	Tr 30	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
rio Meree	6,20	49,54	56,93	67,64	78,84	94,14

rio di S. Lorenzo	8,74	76,10	86,39	101,22	116,68	137,67
rio Fontana Bona e rio Fossarelli	5,53	41,40	47,54	56,42	65,71	78,37
t. S. Lorenzo	26,60	233	266	313	363	430

Si rileva che la differenza tra i valori della portata di massima piena desunti dal metodo CIMA ed i valori determinati nel presente studio utilizzando il metodo di Nash è dell'ordine del 10÷15 %, valore di scarto tra le metodologie adottate ritenuto accettabile.

Pertanto, anche per maggiore uniformità con gli altri bacini provinciali, le portate da adottarsi ai fini del presente piano sono quelle derivanti dallo studio CIMA (Regionalizzazione delle portate) di seguito riportate.

Portate di Piano di Bacino

Identificazione della sezione					
Torrente	Sezione a monte della confluenza con	Area drenata [km ²]	Tr= 50	Tr= 200	Tr= 500
Meree	Torrente S. Lorenzo	6	60	90	110
Tana	torrente S. Lorenzo	8	80	110	130
Fontana Bona	Torrente S. Lorenzo	5	40	60	70
S. Lorenzo	Fontana Bona	19	170	250	300
S. Lorenzo	mar Tirreno	26	220	320	380

Per il calcolo della portata nelle diverse sezioni di interesse lungo l'asta principale del torrente S.Lorenzo le formule da utilizzare per il dimensionamento di nuove opere o per l'adeguamento di quelle esistenti sono quindi le seguenti per T=200 anni (vedi anche allegato 2 "Portate di Piano"):

TORRENTE	PORTATA T= 200 ANNI (mq/s)	NOTE
S.Lorenzo	$27,65 \times A^{0.75}$	Dalla foce alla confluenza con rio Fontanabona
S.Lorenzo	$26,87 \times A^{0.75}$	Dalla confluenza con il rio Fontanabona alla confluenza con il rio Meree
Rio Fontanabona (affluente del S. Lorenzo)	$19,46 \times A^{0.75}$	Dalla confluenza con il t. S.Lorenzo alla confluenza con il rio Fossarelli
Rio Meree (affluente del S. Lorenzo)	$23,53 \times A^{0.75}$	Dalla confluenza con il t. S.Lorenzo alla zona Case Roccai
Rio Tana (affluente del S. Lorenzo)	$22.81 \times A^{0.75}$	Dalla confluenza con il S.Lorenzo alla confluenza con il rio Briga

Dove A = superficie (Kmq) dell'area del bacino imbrifero sotteso alla sezione di interesse dell'opera.

Per tutti i rimanenti torrenti dell'ambito del presente Piano di Bacino le formule da utilizzare per il calcolo della portata di piena sono riportate negli allegati idraulici del presente piano (Allegato 2 "Portate di Piano").

2.9.7 Conclusioni analisi idrologica

Congruamente con quanto riportato al punto 2.7 della Linea Guida n. 3, a titolo di verifica si è provveduto ad impostare la modellazione idraulica, la cui metodologia è riportata nel seguito, sia sulla base delle portate del CIMA che delle portate ottenute utilizzando il metodo di Nash, allo scopo di verificare l'entità delle differenze che ne derivano.

Sulla base delle elaborazioni svolte si è osservato che l'entità delle differenze tra i risultati ottenuti con le due metodologie è assai modesta per quanto riguarda i tiranti idrici (mediamente di ordine decimetrico) e del tutto trascurabile, tenendo conto della scala della rappresentazione, per quanto riguarda l'estensione delle aree inondabili.

Pertanto gli elaborati relativi alla carta delle fasce fluviali (Tavola 10) sono stati redatti sulla base delle portate del CIMA.

Viste peraltro le condizioni critiche del bacino, manifestatesi nel corso dei recenti eventi alluvionali, con particolare riferimento al tratto che interessa il centro urbano del comune di S. Lorenzo, si è comunque ritenuto opportuno mantenere, nella verifica idraulica di progetto riportata nel seguito, i valori di portata più cautelativi derivanti dal modello di Nash.

2.10 Individuazione delle aree storicamente inondate

L'analisi delle aree già sede di eventi alluvionali nel passato riveste una particolare importanza nell'ambito di un piano di Bacino 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 e trova conferma nelle informazioni apprese dall'amministrazione locale. Le informazioni richieste riguardavano principalmente l'individuazione delle aree sommerse, la determinazione dei livelli idrometrici in sezioni ben definite sul terreno, la ricorrenza degli eventi di allagamento, le modalità con cui avveniva l'esondazione, la determinazione di eventuali cause locali di aggravamento delle condizioni di rischio. Le indagini hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree che sono state maggiormente interessate da eventi alluvionali negli ultimi anni.

Nella Tavola 9 è contenuta la perimetrazione di una serie di aree, per lo più limitrofe alle aste dei corsi d'acqua, in corrispondenza delle quali sono avvenuti in passato eventi alluvionali di una certa entità.

In prima analisi è stato possibile rilevare che la maggior parte di tali allagamenti sono causati dalla tracimazione della portata di piena al di sopra degli argini e dei ponti o allo scavalco degli stessi.

Per quanto riguarda il bacino in oggetto, le principali problematiche che sono state riscontrate, procedendo da monte verso valle vengono riportate di seguito.

Con l'esclusione di alcune aree di modesta entità localizzate sul rio Tana e sul torrente S. Lorenzo - immediatamente a valle di località Frantoio del Ponte, il tratto di fondovalle del torrente S. Lorenzo, da località Torre Paponi fino alla foce – il presente piano risulta interessato da una fascia di aree inondate senza soluzione di continuità.

In particolare si osservano aree di esondazione golenale soltanto a partire da località Frantoio Dolca mentre le zone di maggior esondazione, con esclusione del tratto interessato dal reticolo urbano del Comune di S. Lorenzo, si trovano in corrispondenza del viadotto dell'Autostrada dei Fiori A10.

La S.P. n.45 Pietrabruna, l'asse viario principale presente all'interno del bacino, risulta interessato da esondazione solo in corrispondenza dell'attraversamento situato 200 m circa a valle del viadotto autostradale. I tratti a monte e valle della suddetta infrastruttura risultano invece decisamente più alti dell'alveo di piena.

2.11 Verifica dello stato di manutenzione delle sistemazioni idrauliche, idraulico forestale ed idraulico agrarie e mappatura delle situazioni di degrado in atto.

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 portate di piena (determinandone quella massima transitante senza esondazioni) delle opere presenti in alveo.

Nella tabella seguente viene riportato, per le opere edificate in alveo (costituite da attraversamenti con e senza pile in alveo e tombature), il minor tempo di ritorno per cui l'opera stessa non risulta verificata idraulicamente. Si è considerato "non verificata" tutte quelle opere il cui franco di sicurezza è risultato inferiore a 50 cm.

Rimane pertanto la possibilità che durante un evento di piena, alberi o altro materiale trasportato dalla corrente, possano ostruire la sezione libera di deflusso aggravando in tal caso la situazione di rischio.

Occorre precisare che, poiché molte delle sezioni esaminate sono ubicate nella parte intermedia dei bacini, una verifica di dettaglio delle stesse richiede la conoscenza della portata afferente alla sezione stessa, che è diversa da sezione a sezione in quanto, procedendo da monte verso valle, aumenta l'estensione del bacino imbrifero sotteso.

Pertanto, per consentire un'agevole e rapida valutazione delle portate afferenti alle singole sezioni, è risultato opportuno ricavare una legge empirica di tipo monomio che correli l'estensione del bacino alla massima portata, secondo la formula

$$Q = k \cdot S^m$$

in cui l'esponente $m < 1$ indica l'effetto di progressiva riduzione della portata specifica all'aumentare delle dimensioni del bacino.

Interpolando i dati relativi ai bacini considerati, si sono ottenute le seguenti espressioni:

$$Q = 6,343 \cdot S^{1,288} \quad \text{per } Tr = 50 \text{ anni}$$

$$Q = 8,994 \cdot S^{1,266} \quad \text{per } Tr = 200 \text{ anni}$$

$$Q = 10,854 \cdot S^{1,255} \quad \text{per } Tr = 500 \text{ anni}$$

Con tali formule è stato possibile assegnare ad ogni sezione un valore di portata, per i tempi di ritorno considerati, sulla base di un semplice calcolo grafico del bacino imbrifero afferente alla sezione stessa ⁽¹⁰⁾.

I risultati delle verifiche puntuali sono riportati negli allegati idraulici.

A tal proposito occorre precisare che le verifiche relative ai manufatti appartenenti al bacino del torrente S. Lorenzo non sono riportate essendo questi ultimi trattati nelle successive verifiche idrauliche.

Opera	Tipologia dell'opera	Tr
1RME	Ponte in muratura con piloni in alveo	> 500
2RME	Ponte in c.a. a campata unica	> 500
3RME	Ponte in muratura	> 500
5RME	Ponte in muratura a campata unica	> 500
6RME	Ponte in muratura a campata unica	> 500
1RSL	Ponte in c.a. con piloni in alveo	= 500
2RSL	Ponte in muratura	> 500
3RSL	Ponte in c.a.p. a campata unica	> 500
1TSL	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
2TSL	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
4TSL	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
7TSL	Ponte in c.a. con piloni in alveo	> 50 ; < 200
9TSL	Ponte in c.a.p. con piloni in alveo	> 500
10TSL	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
1RFB	Ponte in muratura a campata unica	> 500
1RFO	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
2RFO	Ponte in c.a. a campata unica	< 50
3RFO	Tombinatura in c.a.	> 500

⁽¹⁰⁾ Ovviamente, nel caso di sezioni poste immediatamente a valle della confluenza fra due bacini, il calcolo è stato fatto sommando i contributi dei due bacini calcolati separatamente; solo per sezioni distanti dalle confluenze si è considerato un bacino imbrifero unico.

3 CAPITOLO 3 – PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito dell'analisi del bacino del T. S. Lorenzo è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dalla Autorità di Bacino, riportata nella Linea guida n. 2.

La metodologia predisposta per la realizzazione della Carta della suscettività al dissesto dei versanti (CSDV), prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

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

In quest'ottica ci si è basati su un metodo essenzialmente cartografico, che grazie all'ausilio del calcolatore elettronico, ha permesso di ottenere una zonazione obiettiva per la valutazione della pericolosità potenziale da frana utilizzando un sistema numerico che tiene conto dei parametri fisici del territorio determinati nelle cartografie tematiche realizzate.

Più precisamente per ogni carta di base è stato assegnato un punteggio ad ogni classe basato sulla stima del loro contributo nel causare instabilità.

La sovrapposizione delle cartografie relative a ciascuno dei sopra elencati tematismi di base ha permesso, mediante la somma dei vari pesi, di ottenere una carta finale in cui le classi con il punteggio più alto rappresentano aree a maggior rischio di frana.

Questa procedura di analisi spaziale consente così di sovrapporre e intersecare le cartografie di base (procedura di overlay), unendo le informazioni associate a ciascuna di esse per produrre un nuovo piano di sintesi

Le variabili associate a ciascun tema considerato nelle fasi di overlay risultano strutturate nei livelli informativi definiti nelle Raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale e sono illustrate nella seguente tabella ⁽¹⁾.

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

Tematismo	Variabile	Tipo
Carta geolitologica	Litologia	Principale
	Contatti	Aggravante
Carta geomorfologica	Coltri potenti	Principale
	Coltri sottili	Principale
	Granulometria delle coltri	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
Carta dell'acclività	Classi di acclività	Principale
Carta idrogeologica	Permeabilità del substrato	Principale
Carta della copertura ed uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
	Frane quiescenti	Principale
	Franosità diffusa	Principale
	D.G.P.V.	Aggravante

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

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

Al termine delle procedure di elaborazione della carta, in essa risultano riconoscibili le varie classi di suscettività al dissesto, così come riportate nella seguente tabella; si sottolinea che le cave e le discariche sono state ricomprese in una categoria speciale e trattate separatamente rispetto ai versanti naturali, sia per quanto riguarda gli aspetti di suscettività che per i regimi normativi.

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

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI			
			PESI
CLASSE Pg4		MOLTO ALTA	
CLASSE Pg3A/Pg3B		ALTA	> 15
CLASSE 2		MEDIA	9 – 15
CLASSE 1		BASSA	2 – 9
CLASSE 0		MOLTO BASSA	< 2
Per i seguenti tematismi vi è una associazione diretta a:			
Frane quiescenti	Classe Pg3A		
Aree in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività			
Frane attive	Classe (AA)		
Cave attive	“speciali”		
Discariche	“speciali”		

Di seguito, nel successivo paragrafo, si riporta lo schema procedurale della metodologia utilizzata.

3.2 Note illustrative al metodo adottato per la costruzione della Carta della pericolosità o suscettività al dissesto (pericolosità geomorfologica)

La carta della pericolosità o suscettività al dissesto dei versanti è stata ottenuta, secondo le linee guida dell’Autorità di Bacino di rilievo regionale della Liguria ⁽¹²⁾,

I differenti tematismi sono stati estratti dalle carte: geolitologica, geomorfologica, della copertura ed uso del suolo. I temi, gestiti in ambiente AutoCad Map, sono stati rielaborati in una topologia poligonale, con la quale si sono attribuiti i dati ai singoli poligoni. Il dato del poligono, che rappresenta il peso attribuito al singolo parametro, è stato gestito con un database (tabella .dbf) esterno, collegato alla topologia.

Dalla carta geolitologica si sono estratte le litologie presenti, mentre dalla carta geomorfologica sono state estratte le frane attive, escludendo quelle su coltri potenti.

Il calcolo della suscettibilità al dissesto delle differenti litologie, in base alla franosità, effettuato sulla base della formula proposta nelle raccomandazioni tecniche, ha portato ai seguenti numeri:

	Indice calcolato	Indice normalizzato	Riponderazione arbitraria

¹² Cfr. Linea Guida n. 2 “Indicazioni metodologiche per la redazione della Carta di suscettività al dissesto dei versanti”.

		A 10	
ArBOR	nd	nd	4
CmELM	1,43	0,17	4
MaELM	3,74	0,44	8
SCTB	84,53	10	10

dove:

arBOR: arenarie di Bordighera litotipi prevalentemente arenacei;

cm ELM: Flysch di San remo litotipi prevalentemente calcareo – marnosi;

maELM: Flysch di San Remo litotipi prevalentemente marnoso –arenacei

sCTB: Sabbie di Costa Terre Bianche.

La riponderazione arbitraria è stata effettuata dai geologi incaricati sentito il parere degli uffici Provinciali; l'attribuzione dei pesi alle litologie è avvenuta su base statistica eseguita sulla base della formulazione di Guida et al., che consente di individuare in maniera oggettiva un peso di suscettività sulla base della franosità reale

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

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. (Km²)

AT = Area totale del bacino (Km²)

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.

Un secondo tematismo è stato creato estraendo dalla carta geomorfologica le rocce e le coltri distinte rispettivamente in base allo stato della roccia e in base alla potenza e alla granulometria delle coltri. La topologia risultante conta complessivamente 269 poligoni i cui pesi associati sono i seguenti:

Descrizione	Codice	Peso
Coperture detritiche eluvio - colluviali da 1 a 3 m a granulometria fine	cf	7
Coperture detritiche eluvio - colluviali da 1 a 3 m a granulometria grossa e medie	cg	5
Coperture detritiche potenti superiori a mt. 3 a granulometria fine	dt1	8
Coperture detritiche potenti superiori a mt. 3 a granulometria grossa e media	dt2	6
Roccia affiorante o subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 m in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio	R	0

Roccia affiorante o subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 m in buone condizioni di conservazione e/o disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio	Rf	5
Roccia affiorante o subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 m in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio	Rs	3

I pesi relativi alle coltri sono stati attribuiti in base alla potenza ed alla granulometria, non essendo presenti, nell'ambito considerato, tipologie di substrato impermeabile significative ai fini dell'attribuzione dei pesi. Le coltri indistinte da un punto di vista granulometrico sono state assimilate a quelle fini, adottando il criterio di porsi nelle condizioni maggiormente negative. Lo stesso peso delle coltri potenti fini su substrato impermeabile è stato assegnato anche alle aree con substrato affiorante fratturato (RF).

Un terzo tematismo è relativo all'acclività, con una topologia costituita da 612 poligoni con estensione media di 4,3 ha. In funzione della classe di pendenza e della presenza di roccia affiorante, piuttosto che di coltri, sono stati attribuiti dei seguenti pesi:

Classi acclività:		Pesi:	
		Roccia affiorante	Coltri
classe 1	0-10%	-5	-7
classe 2	10%-20%	-3	-3
classe 3	20%-35%	-2	0
classe 4	35%-50%	0	3
classe 5	50%-75%	4	5
classe 6	75%-100%	5	7

Per le aree meno acclivi sono stati attribuiti pesi negativi, in considerazione del fatto che nelle aree con queste caratteristiche di pendenza i dati raccolti consentono ragionevolmente di escludere l'innescò di movimenti di massa.

Il quarto tematismo di base è relativo all'uso del suolo ed è costituito da una topologia con 133 poligoni i cui pesi, attribuiti ai diversi parametri sono i seguenti:

Voce	Codice	Peso
Tessuto urbano continuo	1.1.1	1
Tessuto urbano discontinuo	1.1.2	1
Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori	1.2.2	1
Aree estrattive	1.3.1	2
Discariche	1.3.2	2
Seminativi in aree irrigue	2.1.2	0
Seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria terrazzati	2.1.2.1T	1
Seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra a terrazzati	2.1.2.2T	2
Vigneti	2.2.1	1
Oliveti terrazzati	2.2.3T	0
Prati e pascoli	2.3	0
Zone agricole eterogenee	2.4	1
Ex coltivi	2.5	da 0 a 1
Praterie	3.1	0
Zone boscate	3.2	da -1 a 1
Spiagge, dune	3.4.1	0

I pesi attribuiti ai fattori di uso del suolo derivano da un'analisi delle fonti bibliografiche, adattando queste, in modo soggettivo, alla situazione indagata

In particolare:

le aree urbanizzate sono state considerate sfavorevoli per l'alterazione indotta nei processi idrologici; per quanto concerne le aree agricole, sono stati espressi pesi negativi per colture di tipo intensivo, soggette a ripetute lavorazioni del suolo, ed in particolare per le colture sotto serra, in virtù dell'impermeabilizzazione da loro indotta sul versante; relativamente agli oliveti, essi sono risultati in buono stato di manutenzione e tuttora utilizzati a fini agricoli; pertanto pur essendo disposti su fasce terrazzate è stato attribuito loro un contributo favorevole alla stabilità;

praterie, prati e pascoli, benché talora degradati per composizione vegetazionale, presentano in genere un cotico relativamente chiuso e continuo, comunque in grado di assicurare una certa azione di difesa del suolo.

Per quanto concerne boschi ed ex coltivi, data la notevole significatività e variabilità che essi hanno in relazione alla difesa del suolo l'attribuzione dei pesi è stata variata, riconoscendo effetti migliorativi o peggiorativi, in base alle caratteristiche strutturali e vegetazionali delle varie espressioni ad essi afferenti, riconoscendo quindi differenti valori di efficienza idrogeologica. Quest'ultima è stata valutata sinteticamente attraverso la definizione di tre classi, alla cui determinazione si è giunti determinando, per ogni di tipo di copertura:

- efficienza biologica;
- struttura verticale e copertura del suolo,
- stabilità fisica del soprassuolo;

presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata.

Il primo parametro è stato determinato valutando le caratteristiche vegetazionali in relazione alle dinamiche evolutive – colturali, allo stato fitosanitario (presenza di danni) e, in termini generali, alla stabilità ecologica del soprassuolo; dei popolamenti valutati, sono risultati con bassa efficienza biologica la maggior parte delle pinete e parte degli incolti al di sotto del M. Cinque Bourche.

Il secondo parametro è stato valutato determinando il grado di protezione dall'acqua battente e dilavante in base ai valori di copertura dei differenti piani strutturali (facendo riferimento ai rilievi vegetazionali effettuati), in base alle seguenti tabelle:

Protezione dall'acqua cadente (splash erosion)

Copertura media % strati a+b+c+d+e	Grado di protezione
>151	buona
101-150	discreta
1-100	ridotta

Protezione dall'acqua cadente (sheet e rill erosion)

Copertura media % strati d+e	Grado di protezione
>61	buona
31-60	discreta
1-30	ridotta

La maggior parte dei soprassuoli indagati presenta un buon grado di protezione, con l'eccezione di parte delle pinete e di incolti.

Il terzo parametro è stato valutato in base alla seguente tabella:

Grado di stabilità fisica dei soprassuoli

Caratteristiche	Grado di stabilità fisica
Densità del soprassuolo arboreo da normale a rada in fustaia con $H_m < 100 D_m$	buona
Densità del soprassuolo arboreo da normale ad alta in fustaia con $H_m \geq 100 D_m$ oppure densità da normale a rada in ceduo con $H_m < 100 D_m$	discreta
Densità del soprassuolo arboreo da alta a molto alta in ceduo con $H_m \geq 100 D_m$	ridotta

Si è osservato che non, sussistono, nell'ambito dei soprassuoli indagati, particolari criticità in termini di stabilità fisica.

Il quarto parametro è stato valutato confrontando le schede di rilevamento dei suoli con quanto riportato nella seguente tabella:

Presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata

Caratteristiche	Grado di erosione
Assenza di erosione o erosione idrica incanalata con rigagnoli e canaletti di erosione scarsi e profondi pochi cm.	basso
Erosione idrica incanalata moderata, contraddistinta da canaletti e rigagnoli che non superano 20-40 cm di profondità o piccoli movimenti franosi superficiali di pochi m ² di superficie e di profondità inferiore a 1 m ed interessano <1/3 della superficie.	medio
Erosione idrica incanalata e movimenti franosi superiori a quanto indicato alla precedente voce	alto

Non sono state riscontrate, in genere, particolari criticità, se non in determinate situazioni nell'ambito del sottobacino del Rio San Lorenzo e sui versanti corrispondenti al litotipi arenavei, al di sotto di S. Brigida.

Dalla combinazione discrezionale dei parametri sopra illustrati si è arrivati a determinare tre classi di efficienza idrologica; ad ogni classe è stato quindi rapportato il relativo peso, in base alla seguente tabella:

Classe di efficienza idrologica	Peso
Alta	-1
Media	0
bassa	1

Per quanto concerne gli elementi aggravanti, previsti nelle linee guida n. 2, non si è riscontrata un'influenza significativa nell'ambito del bacino indagato.

Queste quattro carte di base: litologia, acclività, coltri-roccia ed uso del suolo, sono state esportate in formato ESRI SHAPE, dove, un'operazione di unione ha reso possibile sovrapporre i differenti tematismi con i relativi attributi in un unico tema. dagli "elementi aggravanti", ai quali sono stati attribuiti i seguenti pesi:

Dall'ulteriore procedura di overlay si è ottenuto un tema costituito da 4282 poligoni, il cui dato associato è la somma dei pesi dei tematismi di partenza. Da essi sono estrapolati i valori suddivisi in 4 classi di suscettività (alta, media, bassa e molto bassa); 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 (molto alta) mentre le seconde vengono direttamente inserite in classe di suscettività alta.

Il raggruppamento nelle cinque classi di suscettibilità ha permesso, attraverso un procedimento di "dissolve", una semplificazione della carta, con un numero di poligoni ridotto a 290.

La carta di sintesi così ottenuta è stata importata in formato AutoCad Map (.dwg), e sono state sovrapposti, per associazione diretta, i seguenti tematismi: frane quiescenti, frane attive, cave e discariche.

Per migliorare la leggibilità della carta, tutti i poligoni che non presentavano interferenze con nuclei abitati o infrastrutture, di superficie inferiore ai 5.000 mq, sono stati eliminati.

3.3 Commento alla carta della pericolosità o suscettività al dissesto dei versanti

Si segnala che, nell'ambito della Carta della pericolosità o suscettività al dissesto, è possibile valutare attentamente le aree a suscettività alta e media; non verranno descritte le aree a suscettività molto alta, corrispondenti a frane attive e già analizzate nelle apposite schede e nel paragrafo relativo alla geomorfologia.

Fra le aree ad alta suscettività, non determinate dalla presenza di frane quiescenti, occorre valutare, soprattutto in considerazione del successivo concetto di rischio, quelle presenti su lacune parti dei versanti coltivati dall'abitato di San Lorenzo al mare a Civezza, così come i versanti coltivati dei sottobacini del Rio Fossarelli e del Rio Fontanabuona.

Il loro livello di pericolosità dipende dai seguenti fattori:

acclività superiore al 35%;

uso del suolo caratterizzato da forme agricole intensive, in particolare colture sotto serra;

litotipi (sCTB e maELM) a maggiore suscettività raffrontata alla franosità reale.

Costituiscono eccezione alcune aree più o meno ampie costituite da frane quiescenti aventi per base l'estradosso di meandri del t. San Lorenzo

La parte alta del bacino risulta caratterizzata, in maggioranza, da zone a pericolosità da bassa a media; le aree a pericolosità alta presentano in media estensione maggiore rispetto a quelle della porzione di bacino bassa; il loro indice dipende dalla combinazione di frane quiescenti con acclività pari o superiori alla classe 4., abbastanza indipendentemente dalle forme di utilizzo del suolo.

I versanti del sottobacino del Rio Meree, con l'esclusione delle aree caratterizzate da frane attive, presentano valori di suscettività da bassa a molto bassa; ciò è imputabile sia ai litotipi presenti, sia alla minore antropizzazione del territorio.

3.4 Problematiche di tipo idraulico (paragrafo e relativi sottoparagrafi modificati con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021)

Premessa

Al fine principale dell'individuazione delle aree soggette a rischio di inondazione è necessario lo svolgimento di un'indagine relativa alla dinamica dei fenomeni di piena.

Nel caso in esame, durante la prima redazione del Piano di Bacino approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale di Imperia n. 90 del 15/10/2002, l'indagine è stata condotta attraverso la verifica idraulica, in ipotesi di moto permanente, del tratto di torrente S. Lorenzo che si estende dalla zona di Frantoio Dolca sino alla foce e del tratto di rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli) che si estende per poco più di 400 m a monte della confluenza con il torrente S. Lorenzo.

Per alcuni tratti degli stessi corsi d'acqua, tali valutazioni sono state aggiornate con lo studio idraulico presentato nel 2019 dal Comune di S. Lorenzo al Mare alla Regione Liguria, successivamente integrato nel 2020, che ha portato alla Variante al Piano di Bacino approvata con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 93 del 28/10/2021.

Si riepiloga di seguito lo stato dell'arte dei tratti studiati:

- Prima redazione del Piano di Bacino (2002):
 - torrente S. Lorenzo: dalla zona di Frantoio Dolca al ponte della linea ferroviaria;
- Variante al Piano di Bacino (2021):
 - torrente S. Lorenzo: dal ponte della linea ferroviaria alla foce;
 - rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli): dal ponte della linea ferroviaria alla confluenza con il torrente S. Lorenzo.

Nei successivi sottoparagrafi 3.4.1, 3.4.2 e 3.4.3 sono distinte le valutazioni eseguite durante la prima redazione del Piano di Bacino (2002) da quelle effettuate in sede di Variante (2021). Si evidenzia che i testi relativi alla prima redazione non sono stati modificati, ma restano validi solo per il tratto del torrente S. Lorenzo dalla zona di Frantoio Dolca al ponte della linea ferroviaria.

Il sottoparagrafo 3.4.4 riportante i commenti alla carta delle aree inondabili, invece, è stato revisionato in toto.

3.4.1 Metodologia adottata

Piano di Bacino approvato con D.C.P. n. 90 del 15/10/2002

Con la metodologia illustrata nei paragrafi precedenti, sono state valutate le portate al colmo che possono giungere presso i tratti oggetto di studio del torrente S. Lorenzo e del rio Fossarelli, in occasione di eventi di piena con diversi tempi di ritorno.

Si è proceduto pertanto ad una serie di verifiche idrauliche, al fine di determinare i livelli idrici associati a portate di piena al colmo con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

La verifica idraulica adottata è stata condotta in moto permanente utilizzando il modello matematico di calcolo implementato su calcolatore elettronico denominato HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineering basato sulla risoluzione iterativa dell'equazione dell'energia in una dimensione

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove, in riferimento alle sezioni 1 e 2, si ha che:

Y_1, Y_2 sono le larghezze delle sezioni bagnate;

Z_1, Z_2 sono le altezze;

V_1, V_2 sono le velocità;

α_1, α_2 sono i coefficienti di velocità;

g è l'accelerazione gravitazionale;

H_e è la perdita di carico.

Le sezioni sono state riportate nel modello del programma di calcolo con una numerazione crescente dalla foce verso monte e poi interpolate tra loro con passo variabile in modo da creare una maggiore continuità del modello.

Una volta introdotte tutte le sezioni nel programma, sono stati aggiunti eventuali ponti e/o tombinate come vere e proprie strutture (utilizzando l'opzione "bridges" e assumendo la larghezza del ponte pari alla

lunghezza del tratto tombinato) in modo da verificare se per ogni sezione è garantito un adeguato franco di sicurezza.

Hec-Ras calcola l'energia persa dalla corrente nell'attraversare un tombino considerando:

- le perdite di carico che avvengono nel torrente immediatamente a valle della struttura dove vi è un'espansione dei filetti fluidi;
- la perdita dovuta alla struttura stessa;
- le perdite localizzate nel tratto di torrente a monte del tombino, dove il flusso subisce una contrazione per potere passare attraverso le aperture.

I calcoli sono stati eseguiti considerando il deflusso dell'acqua in condizioni miste (è il programma che calcola di volta in volta se il moto è super-critico o sub-critico, ovvero in condizioni di corrente a carattere torrentizio (veloce) o fluviale (lento); il valore del numero di Froude lungo le differenti sezioni è variabile a seconda che la corrente sia lenta o veloce.

Si ricorda che:

$$Fr = U/(gy)^{1/2}$$

> 1 Corrente veloce

= 1 Corrente critica

< 1 Corrente lenta

Nelle tabelle in allegato alle verifiche idrauliche sono riportati i risultati dei calcoli sopra descritti.

Le verifiche in moto permanente sono state effettuate sulla base di 44 sezioni trasversali d'alveo del torrente S. Lorenzo e 7 per il Rio Fossarelli, la cui geometria ricavata mediante rilevamento in sito, è riportata in allegato.

Si evidenzia che negli allegati idraulici riportanti sezioni e relativa posizione planimetrica si è adottata una numerazione progressiva crescente da monte verso valle mentre nelle verifiche idrauliche in Hec-Ras (per esigenze del software) la numerazione adottata è progressiva crescente da valle verso monte. Per una maggiore comprensione degli allegati di piano nella descrizione (description) delle sezioni riportate nel modello di calcolo (Hec-Ras) viene indicata la corrispondenza tra le numerazioni adottate.

Per il torrente S. Lorenzo la sezione di partenza per il calcolo dei profili in moto permanente è la sezione S1, posta immediatamente a valle di Frantoio Dolca, mentre la sezione finale S44 si trova in corrispondenza della foce, 1,7 km circa più a valle.

Per il torrente Fossarelli la sezione di partenza per il calcolo dei profili in moto permanente è la sezione 4 mentre la sezione finale 20 si trova a monte del tracciato ferroviario.

Si precisa che ad alcune sezioni di rilievo corrispondono più nodi in quanto, secondo il programma di calcolo adottato, i ponti esistenti necessitano, per l'implementazione dei dati, della presenza di una sezione immediatamente a monte del ponte e di una sezione immediatamente a valle, sezioni coincidenti con la sezione del ponte stesso.

Le condizioni al contorno ipotizzate per la simulazione sono il moto critico sia a monte che a valle del Torrente S.Lorenzo e del Rio Fossarelli, ipotesi che date le condizioni morfo-idrauliche dei torrenti nei punti citati rappresentano delle condizioni plausibili.

Una volta determinati gli idrogrammi di piena secondo i procedimenti di calcolo illustrati nei paragrafi precedenti, note la geometria delle sezioni trasversali e le distanze tra le stesse, stimando altresì un opportuno coefficiente di scabrezza di Manning (vedi allegati idraulici), il programma di calcolo HEC-RAS fornisce, sezione per sezione, le caratteristiche idrauliche principali (vedi tabelle allegate alle verifiche idrauliche).

Variante al Piano di Bacino approvata con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021

Lo studio idraulico presentato dal Comune di S. Lorenzo al Mare è stato elaborato per molteplici finalità, tra cui l'aggiornamento della perimetrazione delle fasce di inondabilità e la valutazione della compatibilità di alcuni interventi in progetto.

Lo studio ha approfondito la modellazione monodimensionale del deflusso in alveo per il tratto terminale del torrente S. Lorenzo e per un breve tratto del rio omonimo (indicato anche rio Fossarelli), suo tributario di destra, e nel contempo ha fornito gli scenari di esondazione fuori alveo mediante specifica modellazione bidimensionale.

In dettaglio, lo studio idraulico ha riguardato i seguenti tratti di corsi d'acqua:

- torrente S. Lorenzo (valle): tratto di lunghezza pari a circa 680 [m], compreso tra la foce e la confluenza con il rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli);
- torrente S. Lorenzo (monte): tratto di lunghezza pari a circa 370 [m], a monte della confluenza con il rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli);
- rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli): tratto di lunghezza pari a circa 400 [m], a monte della confluenza con il torrente S. Lorenzo.

Lo studio ha individuato e caratterizzato:

- diversi possibili scenari "geometrici" corrispondenti, oltre che alle condizioni di fatto, alla realizzazione di vari interventi sul torrente e relative infrastrutture;
- diversi possibili scenari idrologici corrispondenti ad eventi di pari tempo di ritorno con massimizzazione, alternativamente, di volume e di portata di picco;
- diversi possibili condizioni idrauliche al contorno o interne riguardanti i fenomeni idraulici in grado di influenzare l'idrodinamica associata alla propagazione della piena;
- la corrente idraulica associata al transito degli eventi di piena di riferimento aventi tempi di ritorno $T = 50-200-500$ [anni], determinata per svariate possibili combinazioni delle suddette opzioni, con l'ausilio di modellazioni a fondo fisso 1-D stazionarie eseguite con il software *Hec-Ras 5.0.3*©, edito dall'U.S. Army Corps of Engineers;
- la pericolosità idraulica delle aree perfluviali del torrente S. Lorenzo nella zona fociva, determinata per le combinazioni delle suddette opzioni ritenute di maggiore significatività, con l'ausilio di modellazioni a fondo fisso 1-D e 2-D non stazionarie, eseguite con analisi 1-D implementata attraverso un robusto schema shockcapturing scritto in forma numerica quasi-conservativa interfacciate con

analisi 2-D implementate mediante il software *Basement v2.7.00*©, edito dall'ETH Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering di Zurigo.

Con riferimento alle geometrie, sono stati analizzati gli scenari riportati nella tabella seguente, estratta dallo studio idraulico, in cui lo scenario 1 corrisponde allo stato attuale (stato di fatto), comprendente i diversi interventi realizzati dal Comune di S. Lorenzo al Mare a partire dal 1998. Si fa notare che lo scenario 2B' corrisponde al progetto dell'intervento di sistemazione idraulica relativo al ponte di via Trucchi e connessa sopraelevazione arginale in sponda sinistra (parere di compatibilità favorevole espresso con D.D. della Regione Liguria – Settore Assetto del Territorio n. 5312 del 15/09/2020). Lo scenario 4, invece, rappresenta un'ipotesi di sistemazione idraulica definitiva del torrente S. Lorenzo nel tratto compreso tra il ponte di Via Trucchi e la foce.

ID SCENARIO	INTERVENTI
1	NESSUN INTERVENTO: STATO DI FATTO
2 B	INNALZAMENTO DELL'INTRADOSSO DEL PONTE TRUCCHI E RIMOZIONE DELLA PILA
2 B'	INNALZAMENTO DELL'INTRADOSSO DEL PONTE TRUCCHI E RIMOZIONE DELLA PILA REALIZZAZIONE ARGINE A PROTEZIONE DIRETTA DELL'AREA DELLA SCUOLA
4	REGOLARIZZAZIONE DELLE SEZIONI DAL PONTE AURELIA AL PONTE ORTI, ELIMINANDO I RESTRINGIMENTI LOCALIZZATI E IMPOSTANDO UNA LARGHEZZA COSTANTE, PARI A CIRCA 20[M], CARATTERISTICA DEL TORRENTE SAN LORENZO NEL TRATTO ANALIZZATO; INNALZAMENTO DELL'INTRADOSSO DEL PONTE AURELIA A QUOTA NON INTERFERENTE CON LA CORRENTE; ELIMINAZIONE DEL TRATTO TOMBINATO TRA IL PONTE AURELIA E IL PONTE ORTI; INNALZAMENTO DELL'INTRADOSSO DEL PONTE ORTI A QUOTA NON INTERFERENTE CON LA CORRENTE (CON IDONEO FRANCO DI SICUREZZA);

Nello studio idraulico sono state anzitutto eseguite le modellazioni stazionarie monodimensionali a fondo fisso dello stato di fatto, relativamente al torrente S. Lorenzo e al suo affluente in sponda destra rio S. Lorenzo, in alcuni elaborati indicato rio Fossarelli. Tali modellazioni sono state sviluppate nell'ipotesi di argini "infiniti", cioè senza tener conto di alcuna diminuzione di portata dovuta alla laminazione, secondo le valutazioni e i parametri di seguito rappresentati.

In relazione alle portate al colmo di piena che caratterizzano gli eventi con tempo di ritorno pari a $T = 50, 200$ e 500 anni, sono stati adottati i valori in conformità all'Allegato 2 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino, come riportato nella tabella seguente, estratta dallo studio idraulico. Per quanto riguarda il rio S. Lorenzo (rio Fossarelli), la portata è stata ricavata per differenza tra i valori delle portate del corso d'acqua principale a monte e a valle della confluenza.

		Q [m ³ /s]		
		T=50[anni]	T=200[anni]	T=500[anni]
CALCOLO	Torrente San Lorenzo a monte della confluenza (PdB)	170	250	300
	Torrente San Lorenzo a valle della confluenza (PdB)	220	320	380
	Rio Fossarelli (per differenza)	50	70	80

Come condizioni al contorno, nei vari tratti sono state assunte le caratteristiche riportate nella seguente tabella, estratta dallo studio idraulico. Si evidenzia che la confluenza è stata analizzata con un approccio basato sulla conservazione della quantità di moto, pertanto in grado di considerare l'angolo di incidenza dei tratti coinvolti.

TRATTO	MONTE	VALLE
Fossarelli	<i>Profondità critica</i>	<i>Confluenza</i>
San Lorenzo (Monte)	<i>Profondità critica</i>	<i>Confluenza</i>
San Lorenzo (Valle)	<i>Confluenza</i>	<i>Livello del mare: +0.5 [m]</i>

Il coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler è stato assunto pari a $K_s = 30 \text{ [m}^{1/3}/\text{s]}$, valore in accordo con l'Allegato 1 alle Norme di Attuazione del Piano di Bacino per "Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo". Come riportato nello studio, tale coefficiente è stato sottoposto ad analisi di sensitività dei risultati.

Per quanto riguarda l'analisi dei ponti presenti – 6 sul torrente S. Lorenzo (Ponte Foce, Ponte Orti, Copertura, Ponte Aurelia, Passerella, Ponte Trucchi) e 1 sul rio S. Lorenzo (rio Fossarelli) – è stato adottato il metodo dell'energia. In caso di interferenza della corrente con l'intradosso del ponte, è stata adottata la classica modellazione a stramazzo e luce di fondo, con un'opportuna taratura dei coefficienti di deflusso. Inoltre, relativamente al ponte esistente di Via Trucchi avente una pila in alveo, è stato assunto un restringimento del 20% della sezione sotto l'impalcato.

I risultati dell'analisi 1D stazionaria relativa allo stato di fatto (scenario 1) hanno evidenziato che il tratto di valle del torrente S. Lorenzo è in grado di contenere, all'interno degli argini, una portata liquida pari a circa $Q_{LIM} = 236,5 \text{ [m}^3/\text{s]}$, di poco superiore alla portata al colmo per un evento con tempo di ritorno cinquantennale $Q_{50} = 220 \text{ [m}^3/\text{s]}$. Al di sopra di tale portata Q_{LIM} , il pelo libero della corrente comincia ad interferire con l'intradosso del ponte ad arco in corrispondenza della Via Aurelia, rigurgitando verso monte ed interessando le opere trasversali: passerella pedonale e ponte di Via Trucchi. Si evidenzia che, prendendo a riferimento l'evento duecentennale, a monte del ponte Aurelia il livello medio della corrente è superiore al livello medio dell'argine destro di circa 1,7 [m] per un tratto significativo.

Partendo da tale constatazione, lo studio idraulico ha ipotizzato una considerevole laminazione degli eventi ed una conseguente significativa riduzione dei livelli rispetto al profilo stazionario.

A tal fine, sono stati ricavati gli idrogrammi significativi secondo le indicazioni fornite dalla D.G.R. 359/2008 e sono state valutate le curve di invaso delle aree potenzialmente utili alla laminazione. In dettaglio, per l'area in sponda destra a monte del ponte di Via Aurelia, depressa rispetto agli argini, indicata "Area Vignasse" nello studio idraulico, è stato valutato un volume di invaso in grado di laminare percettibilmente la piena. Decisamente inferiore, invece, è risultata la capacità di invaso dell'area in sponda sinistra in prossimità

del ponte di Via Trucchi, pressoché al medesimo livello degli argini, indicata “Area Scuola” nello studio idraulico.

Utilizzando le informazioni precedenti, è stata quindi definita una realistica dinamica dell'esondazione. Al fine di cogliere al meglio la complessità dei meccanismi in atto, si è optato per un approccio di calcolo che potesse sfruttare le potenzialità e i vantaggi della modellazione non stazionaria 1D e 2D. A favore di sicurezza, sono state modellate 12 configurazioni di calcolo per gli eventi associati ai tempi di ritorno 200 e 500 anni, considerando le seguenti variabili:

- idrogramma con massima portata o con massimo volume esondante (IDxx / IDyy);
- configurazioni di svuotamento dell'area Vignasse collegate al sottopasso e agli stramazzi sulla Via Aurelia (A / C / O);
- differente modellazione degli edifici (HOLE - impermeabili / KS - permeabili).

Le configurazioni di calcolo sono schematizzate nella tabella seguente, estratta dallo studio idraulico.

				EVENTO CALAMITOSO			
				T200		T500	
				MODELLAZIONE EDIFICI		MODELLAZIONE EDIFICI	
				IMPERMEABILI	PERMEABILI	IMPERMEABILI	PERMEABILI
TIPOLOGIA IDROGRAMMA	MASSIMA PORTATA	CONFIGURAZIONE	A	(HOLE)T200ID33(A)	(KS)T200ID33(A)	(HOLE)T500ID32(A)	(KS)T500ID32(A)
			C	(HOLE)T200ID33(C)	(KS)T200ID33(C)	(HOLE)T500ID32(C)	(KS)T500ID32(C)
			O	(HOLE)T200ID33(O)	(KS)T200ID33(O)	(HOLE)T500ID32(O)	(KS)T500ID32(O)
	MASSIMO VOLUME	CONFIGURAZIONE	A	(HOLE)T200ID45(A)	(KS)T200ID45(A)	(HOLE)T500ID53(A)	(KS)T500ID53(A)
			C	(HOLE)T200ID45(C)	(KS)T200ID45(C)	(HOLE)T500ID53(C)	(KS)T500ID53(C)
			O	(HOLE)T200ID45(O)	(KS)T200ID45(O)	(HOLE)T500ID53(O)	(KS)T500ID53(O)

Come già menzionato, gli scenari di esondazione fuori alveo del tratto terminale del torrente S. Lorenzo e del rio omonimo (indicato anche rio Fossarelli) sono stati ottenuti da modellazioni idrauliche bidimensionali mediante il software *Basement v2.7.0©*.

Il dominio di calcolo è stato ottenuto a partire dal modello digitale del terreno (DTM) derivato dai dati LiDAR del Ministero della Transizione Ecologica (già Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), modificato, dove necessario, per coerenza con lo stato dei luoghi definito da rilievo topografico di dettaglio. Il dominio è stato discretizzato con una mesh triangolare non strutturata con elementi di dimensione massima pari a 10 [m²] e lato inferiore a 3 [m].

Si precisa che le ipotesi e le configurazioni di calcolo sono quelle già riportate in precedenza relativamente alle portate con tempo di ritorno pari a 200 e 500 anni.

Nello specifico, come riportato nello studio, gli edifici sono stati modellati secondo due differenti approcci:

- HOLE – impermeabili: volumi non attraversabili dal flusso della corrente;
- KS – permeabili: aree ad elevata scabrezza, $K_s = 3 [m^{1/3}/s]$.

Per le aree rimanenti e le strade, è stato assunto un coefficiente di scabrezza pari a $K_s = 40 [m^{1/3}/s]$.

Come riportato nello studio idraulico, i suddetti coefficienti di scabrezza sono stati sottoposti ad analisi di sensitività dei risultati.

All'interno del dominio di calcolo sono state adottate numerose condizioni al contorno per modellare l'interfaccia con l'alveo e la connessione con le diverse parti del dominio. In particolare, la connessione tra l'area Vignasse e l'area di foce, è stata modellata attraverso il sottopasso della via Aurelia e i tre varchi funzionanti a stramazzo al di sopra della stessa viabilità, per cui sono state individuate le seguenti configurazioni idrauliche:

- A: sottopasso libero, varchi (stramazzo) liberi;
- C: sottopasso ostruito al 100%, varchi (stramazzo) liberi;
- O: sottopasso ostruito al 100%, varchi (stramazzo) ostruiti al 50%.

In corrispondenza delle ringhiere permeabili dei ponti e degli argini, inoltre, al fine di massimizzare i tiranti nelle varie aree, il solo rientro delle acque in alveo è stato ritardato imponendo un'ostruzione al deflusso pari a circa 20-40 [cm].

3.4.2 Risultati ottenuti

Piano di Bacino approvato con D.C.P. n. 90 del 15/10/2002

Dall'elaborazione dei dati di input si sono potute ottenere (sia per il Torrente S. Lorenzo che per il Rio Fossarelli):

- le sezioni trasversali dell'alveo in cui è indicato il massimo livello dell'acqua raggiungibile in occasione dei diversi eventi di piena (per tempi di ritorno pari a: $T=50$, $T=200$, $T=500$);
- il profilo longitudinale dell'alveo, per l'intero tratto esaminato, in corrispondenza delle portate al colmo di piena;
- le tabelle con le caratteristiche idrauliche delle singole sezioni (portata, quota dell'altezza dell'acqua, velocità media della corrente, area della sezione liquida, numero di Froude).

Variante al Piano di Bacino approvata con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021

In analogia alla prima redazione del Piano di Bacino, gli aggiornamenti delle modellazioni idrauliche in moto stazionario relative allo stato di fatto (scenario 1) hanno consentito di ottenere i risultati secondo gli stessi formati (sezioni, profili, tabelle).

Le ulteriori modellazioni idrauliche 1D e 2D non stazionarie hanno consentito, attraverso gli involuppi dei risultati delle diverse configurazioni analizzate, di valutare la bontà di alcuni interventi progettuali, in relazione al tracciamento dei profili di rigurgito e alla valutazione dell'estensione delle aree inondabili.

I risultati delle analisi hanno in particolare evidenziato che la maggiore criticità idraulica del tratto vallivo del torrente S. Lorenzo, per gli eventi con tempo di ritorno 200 e 500 anni, è rappresentata dal ponte della Via Aurelia e dai manufatti immediatamente a valle – copertura Piazzale L. Lagorio e ponte pista ciclabile (ex linea

ferroviaria) – in quanto governano massivamente la dinamica dei livelli in alveo e delle esondazioni, specialmente nell'area Vignasse.

Relativamente al tempo di ritorno pari a 50 anni, invece, lo studio idraulico ha evidenziato il contenimento della portata all'interno dell'alveo nei diversi tratti di studio, ad eccezione di una piccola area golenale in sponda sinistra poco a valle della passerella pedonale.

3.4.3 Determinazione delle fasce di inondabilità

Piano di Bacino approvato con D.C.P. n. 90 del 15/10/2002

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 caso in esame, il tracciamento delle linee che delimitano le aree inondabili con i diversi periodi di ritorno, è stato svolto in base al seguente procedimento:

- valutazione dei tratti e delle sezioni in cui il pelo libero ha quota superiore alla quota delle sponde come da profilo determinato tramite le precedenti verifiche idrauliche. Le verifiche condotte con il software utilizzato permettono di visualizzare oltre al livello di pelo libero, anche le linee indicative della sponda destra e sinistra, pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde;

- tracciamento delle linee indicative delle aree inondabili, definite come inviluppo dei punti di intersezione fra la quota idrometrica determinata per le diverse portate di riferimento e la topografia del terreno o le opere spondali esistenti. Qualora gli argini non fossero continui perché danneggiati, o perché costituiti da edifici inframmezzati da varchi, si è considerato il defluire delle acque attraverso di essi e di conseguenza l'inondabilità delle aree limitrofe.

La scelta del metodo per la perimetrazione delle aree inondabili è stata condotta sulla base della morfologia del bacino che si presenta incassato quasi fino alla foce.

Il metodo utilizzato, infatti, è una schematizzazione il cui limite principale si manifesta nei tratti d'alveo poco incassati, cioè prevalentemente quelli vallivi, dove il prolungamento della linea di pelo libero fino ad intersecare la superficie topografica può dare luogo a superfici inondabili esageratamente estese, perché prive di corrispondenza con i volumi esondabili.

In questi casi una soluzione può consistere nell'applicazione di metodi più sofisticati, quale ad esempio una modellazione di tipo bidimensionale. Il metodo utilizzato è cautelativo, in quanto suppone che il pelo libero si mantenga orizzontale fino all'incontro con il versante o la relativa opera idraulica e si fonda su calcoli in cui si è supposto che tutta la portata venga sempre convogliata alla foce, per cui le aree inondabili costituiscono l'involuppo delle aree potenzialmente inondabili e non le aree realmente inondabili in un unico evento di piena.

Tale cautela bilancia l'incertezza da cui sono affette le valutazioni idrauliche a causa delle necessarie assunzioni modellistiche e talvolta dell'insufficienza dei dati disponibili; in particolare permette di tenere conto, almeno qualitativamente, degli eventuali innalzamenti del pelo libero dovuti al trasporto solido che sicuramente si verifica in fase di piena e che non è stato esplicitamente considerato, ed al conseguente possibile sovrizzo della quota di fondo.

Per quanto riguarda il tratto cittadino del torrente S. Lorenzo, densamente urbanizzato, le aree sono, in generale, ancora morfologicamente delimitate in base alla topografia, per cui non si è ritenuto necessario ricorrere ad una modellazione più raffinata.

Sulla base della metodologia descritta sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Sulla base di tale determinazione, secondo i criteri dell'Autorità di bacino regionale, è stata prodotta la Tavola 10 cioè la carta delle fasce fluviali in scala 1:5.000, con la determinazione delle seguenti fasce di inondabilità:

Fascia A, aree perifluviali inondabili al verificarsi di un evento di piena con portata al colmo corrispondente ad un tempo di ritorno $Tr = 50$ anni.

Fascia B, aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi di un evento di piena con portata al colmo corrispondente ad un tempo di ritorno $Tr = 200$ anni.

Fascia C, aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi di un evento di piena con portata al colmo corrispondente ad un tempo di ritorno $Tr = 500$ anni.

Fascia a* - aree storicamente inondate: aree storicamente inondate per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

La fascia di riassetto fluviale RF comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal presente Piano. La sua delimitazione è effettuata sulla base delle strategie e delle scelte pianificatorie del Piano e dell'insieme degli interventi strutturali individuati nell'ambito dello stesso. Comprende in particolare le aree necessarie al ripristino della idonea sezione idraulica, tutte le forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena e le aree da destinare alle opere di sistemazione idraulica previste.

Dove non sono previste esondazioni per il deflusso duecentennale, la fascia di riassetto fluviale risulta coincidente con l'alveo attuale, includendo tutte le forme fluviali riattivabili durante gli eventi di piena: quest'ultimo caso è riferibile al tratto del tronco vallivo tra Frantoio Dolca e il viadotto autostradale.

Per il tratto terminale del torrente S. Lorenzo in cui sono concentrate, come riportato nelle precedenti verifiche, le maggiori criticità idrauliche si è ritenuto opportuno determinare le fasce di inondabilità in una scala di dettaglio più adatta.

Si sono pertanto prodotte le tavole allegate riportanti la carta delle fasce fluviali in scala 1:5000.

Variante al Piano di Bacino approvata con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021

A differenza della prima redazione del Piano di Bacino, le fasce di inondabilità sono state ricavate come involucro delle aree inondabili ottenute direttamente dalle modellazioni idrauliche bidimensionali del tratto terminale del torrente S. Lorenzo. Nello specifico, con lo studio sono state aggiornate le fasce di inondabilità A, B e C nello stato attuale, cioè le aree perifluviali inondabili al verificarsi di eventi con portata al colmo di piena corrispondente, rispettivamente, a periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Si evidenzia che nella fascia C, in coerenza con l'art. 12 c. 2 del testo integrato della normativa-tipo dei piani di bacino di competenza dell'ex Autorità di Bacino regionale della Liguria (cfr. All. 1 alla D.G.R.

1265/2011, come modificato dall'All. 1 alla D.G.R. 1208/2012), lungo i tratti studiati sono state inserite anche le aree storicamente inondate ove più ampie delle aree inondabili al verificarsi di eventi con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno di 500 anni.

3.4.4 Commenti alla carta delle aree inondabili

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, l'esame delle fasce di inondabilità mostra estese fasce A, in entrambe le sponde dell'asta principale di fondovalle del torrente S. Lorenzo dalla zona del Frantoio Dolca alla linea ferroviaria. Nello stesso tratto sono presenti anche alcune sottili fasce B e C che poco si discostano dalle predette fasce A.

In corrispondenza della zona interclusa dalla confluenza tra il torrente S. Lorenzo e il suo affluente di destra omonimo, rio S. Lorenzo (indicato anche rio Fossarelli), è presente una fascia C. Analoga fascia è presente nelle zone, rispettivamente, in sponda sinistra del torrente S. Lorenzo e in sponda destra del suo tributario, in prossimità della confluenza tra gli stessi corsi d'acqua.

Poco più a valle, in sponda sinistra del torrente S. Lorenzo, è mappata una fascia B compresa tra l'area del polo scolastico intercomunale di Via P. Lengueglia e la foce. Per effetto della morfologia del versante, tale fascia si assottiglia notevolmente nel tratto compreso tra la passerella pedonale e il ponte Aurelia. Nello stesso tratto in sponda sinistra è mappata una fascia A in una sottile striscia di zona golenale.

In sponda destra, si osserva l'ampia fascia B che si estende dalla confluenza tra il torrente S. Lorenzo e il suo tributario di destra fino alla foce, interessando varie zone di centro abitato, tra cui la cosiddetta area Vignasse.

3.5 Concetti generali (paragrafo modificato con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021)

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

Alla scala di bacino, comunque, le criticità più evidenti e pressanti risultano essere:

- per ciò che concerne le problematiche di tipo idraulico, l'insufficienza idraulica del tratto terminale densamente urbanizzato, aggravata dalla presenza di edificazione in aree di competenza del corso d'acqua a cui si aggiunge la mancanza di un'arginatura adeguata;

- per ciò che concerne le problematiche di tipo geomorfologico, le criticità possono essere ricondotte ad un non razionale utilizzo del suolo in corrispondenza di zone geologicamente o morfologicamente sensibili (es. serre terrazzate su versanti ad acclività del 35-40% ed oltre e litotipi marnoso arenacei o sabbie plioceniche), oppure in aree antropizzate con inadeguate strutture di drenaggio, raccolta e allontanamento delle acque di corrivazione superficiale.

Come già anticipato, le criticità maggiori, direttamente legate al concetto di rischio idrogeologico, sono di carattere idraulico, e sono focalizzabili sull'abitato di San Lorenzo.

Di fatto, dall'esame della Carta delle aree inondabili risulta che la maggior parte della zona di fondovalle dell'abitato ricade in fascia B.

Un altro elemento da evidenziare riguarda le estese perimetrazioni della fascia A nel tratto principale di fondovalle del torrente S. Lorenzo compreso tra la località Frantoio Dolca e la linea ferroviaria.

In questo caso, tuttavia, si tratta di zone costituite da elementi di minore rischio (zone agricole con edifici isolati) rispetto alla situazione precedente. Inoltre, occorre considerare la mancanza di adeguati argini (o la loro inadeguatezza); se questo può essere considerato un fattore positivo nel tratto di asta a monte di San Lorenzo (in quanto, come meglio evidenziato nel capitolo della pianificazione, ciò fa sì che l'interro fondovalle funga da bacino di laminazione della piena), nel tratto dell'abitato di San Lorenzo esso risulta sicuramente un fattore negativo, in quanto, non risultando possibile estendere più di tanto la sezione di smaltimento della piena, i sistemi di arginatura rappresentano un'imprescindibile forma di difesa.

A livello puntuale le criticità si riconducono comunque, in via generale, ad una insufficiente officiosità idraulica delle sezioni, a cui concorrono la presenza di materiale sul fondo, pile di ponti ed altri manufatti in alveo, ponti e tombature con sezioni inadeguate a smaltire deflussi di piena.

Le situazioni di maggiore criticità, in conclusione, confermano nella sostanza le criticità rilevate già nell'esame delle aree storicamente inondate.

Dal punto di vista geomorfologico le criticità maggiori si hanno in corrispondenza dei fenomeni di dissesto in grado di interessare, direttamente o indirettamente la S.P. di Pietrabrana, cioè l'asse viario principale del bacino; esse risultano particolarmente concentrate nei versanti al di sotto del succitato abitato, in una zona dove risulta significativa la presenza di serre e forme colturali intensive, probabilmente caratterizzate da un insufficiente sistema di drenaggio e smaltimento delle acque di ruscellamento.

Altri dissesti particolarmente significativi non assumono particolare criticità, in quanto localizzati in zone disabitate o improduttive.

3.6 SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) – ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)

La direttiva europea n.43 del '92, nota con il nome di "Direttiva Habitat" per la salvaguardia della biodiversità, è costituita sul territorio da una rete di aree di particolare interesse naturalistico, denominate Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS).

Tali siti sono finalizzati a garantire il mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente di habitat e specie della flora e della fauna da proteggere evitando fenomeni di degrado.

Nell'ambito del presente Piano di Bacino è stato riscontrato il seguente Sito di Importanza Comunitaria (SIC):

IT1315671 "Fondali di Porto Maurizio- San Lorenzo a mare – Torre dei marmi (subsito B)

Caratteristiche generali

Il sito è caratterizzato dalla prateria di *Poseidonia oceanica* insediata prevalentemente su "matte" e confinante verso terra con una prateria di *Cymodocea nodosa*.

Il subsito B ospita praterie non molto estese verso il largo (da 500 a 1000 metri circa).

Habitat di maggior interesse

Il limite superiore della prateria a Poseidonia si trova circa a –8 metri di profondità, mentre quello inferiore giunge a –30. Le formazioni rocciose presenti in vicinanza del limite inferiore del SIC contengono popolamenti del Coralligeno tra cui spiccano gorgonie rosse, spugne, aragoste. Numerose specie vegetali e animali vivono all'interno della prateria di Posidonia, tra cui *Hippocampus hippocampus*, *Hippocampus ranulosus*, *Symphodus cinereus*, *Symphodus rostratus*, *Symphodus tinca*, *Xyrichtys novacula*.

Vulnerabilità – indirizzi per la gestione e la valorizzazione

La costa antistante il SIC è notevolmente antropizzata, comprendente barriere, pennelli, opere portuali, riempimenti e massicciate, che devono aver influito sulla qualità e l'ambiente marino. I principali rischi sono la pesca a strascico e le discariche.

La delimitazione dei SIC presenti nel territorio del Piano di Bacino è stata riportata nella Carta della Vegetazione e nella Carta degli Interventi.

In base alla D.G.R. n.643 del 21.6.2002 Modifiche al D.G.R.646 del 8.6.2001." Misure di salvaguardia per i proposti Siti di Importanza Comunitaria (pSIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) liguri (Dir.92/43/Cee e 79/409/Cee) : applicazione della valutazione di incidenza", la Giunta Regionale ha deliberato che per i Piani di Bacino approvati la valutazione di incidenza venga eseguita in fase di progettazione per gli interventi proposti ricadenti in aree SIC e ZPS .

Al capitolo 5 nella scheda degli interventi previsti sono stati indicati gli interventi per i quali è richiesta la valutazione di incidenza.

4 CAPITOLO 4 - RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1 Premessa

Il concetto di rischio è basato sulla combinazione di più fattori di natura tecnica, cioè idraulica ed idrogeologica, e socio-economica.

Come già anticipato, l'espressione generale del rischio R riguarda le seguenti componenti:

- pericolosità P, ;
- valore degli elementi a rischio E, intesi come persone e beni;

$$R = P \times E$$

In tal modo, ritenendo prioritarie le caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di risposta all'evento in oggetto, risulta necessario valutare soltanto gli elementi a rischio e la pericolosità, intendendo quest'ultima come valutazione del rischio di inondazione e del rischio geomorfologico.

Occorre ancora precisare che, secondo quanto previsto dalla L. 183/89 e dal D.L. 180/98, si individuano cinque classi di rischio a gravosità crescente:

- R0: rischio lieve o trascurabile;
- R1: rischio moderato;
- R2: rischio medio;
- R3: rischio elevato;
- R4: rischio molto elevato.

4.2 Definizione degli elementi a rischio

Nel caso in esame la definizione degli elementi a rischio ha portato alla redazione della carta degli elementi a rischio TAV.8 ottenuta rielaborando la carta della copertura ed uso del suolo TAV.7 secondo il seguente schema di attribuzione:

cod. suolo	Elemento a rischio
3.2	E0
2.3	E1
2.4	E1
2122T	E1
2121T	E1
3.1	E0
3.2_1	E0
1.1.1	E3
1.1.2	E2
2.2.3T	E1
2.5	E1
1.3.1	E2
2.2.1	E1
2.5	E1
2.1.2	E1
1.3.2	E2
1.2.2	E3
3.4.1	E2
3.2	E0

intendendo:

- E0 = aree disabitate o improduttive;
- E1 = edifici isolati, zone agricole;
- E2 = nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori;
- E3 = centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi.

4.3 Determinazione del rischio idrogeologico (paragrafo modificato con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021)

Per quanto riguarda il **rischio di inondazione**, la pericolosità P, nel senso sopra definito, è individuata dalla probabilità annua di superamento della portata di massima piena con assegnato tempo di ritorno Tr.

Come previsto nella realizzazione delle fasce di inondabilità (TAV.10), vengono individuati tre livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (Fascia A - Tr = 50 anni), uno medio (Fascia B - Tr = 200 anni) ed uno basso (Fascia C - Tr = 500 anni).

Il rischio idraulico viene determinato attraverso la seguente matrice nella quale vengono posti in relazione le classi di pericolosità con le classi degli elementi a rischio:

PERICOLOSITA' (aree inondabili)
--

ELEMENTI A RISCHIO	Pi0 Tr > 500 anni	Pi1 Fascia C Tr = 200÷500 anni	Pi2 Fascia B Tr = 50÷200 anni	Pi3 Fascia A Tr < 50 anni
E0	R0	R0	R1	R1
E1	R0	R1	R2	R3
E2	R0	R2	R3	R4
E3	R0	R2	R4	R4

Come il rischio idraulico anche **il rischio geomorfologico**, viene determinato attraverso la seguente matrice nella quale vengono posti in relazione le classi di pericolosità con le classi degli elementi a rischio:

ELEMENTI A RISCHIO	PERICOLOSITA' (susceptività al dissesto dei versanti)				
	Pg0 Pericolosità molto bassa	Pg1 Pericolosità Bassa	Pg2 Pericolosità Media	Pg3 Pericolosità Elevata	Pg4 Pericolosità Molto elevata
E0	R0	R0	R0	R1	R1
E1	R0	R1	R1	R2	R3
E2	R0	R1	R2	R3	R4
E3	R0	R1	R2	R4	R4

4.4 Carta del rischio idrogeologico (paragrafo modificato con D.S.G. n. 93 del 28/10/2021)

Analizzando la carta del rischio (TAV 12 e 12-BIS) risulta evidente una zona R4 a rischio molto elevato relativa alla zona fociva.

Come risulta dalle verifiche idrauliche effettuate, tale zona, riguardante il centro urbano limitrofo al tratto terminale del torrente S. Lorenzo, presenta una criticità dovuta essenzialmente al rischio idraulico.

A monte dell'abitato di S. Lorenzo, si osserva invece una riduzione progressiva della gradazione di rischio idrogeologico.

Ciò è giustificabile tenendo presente che alle zone ad elevata criticità idrogeologica è associata generalmente una maggiore importanza antropica e quindi esistono aree, a parità di pericolosità, più a rischio di altre in funzione degli elementi che si trovano.

Nell'ambito del bacino esaminato esistono altre zone R4 a rischio molto elevato situate in corrispondenza delle principali zone antropiche tra cui gli abitati di Pietrabrugna e Lingueglietta.

L'abitato di Boscomare risulta invece interessato da zona R2 a rischio medio.

Le zone di versante sono invece interessate da una gradazione di rischio da lieve o trascurabile ad elevato: trattandosi in genere di aree improduttive o rurali, ciò è più che altro imputabile alla presenza o meno di frane attive e/o quiescenti.