

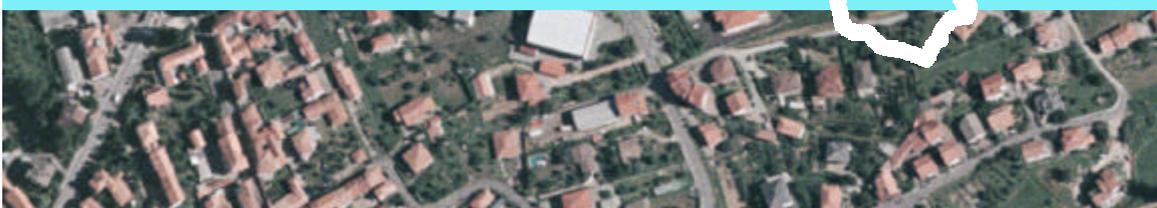


PROVINCIA di BIELLA
Assessorato alla Pianificazione Territoriale
Piano Territoriale Provinciale

(L.R. 5 dicembre 1977 n 56 e ss.mm. e ii. D. Lgs. 18 agosto 2000 n.267



**MATRICE AMBIENTALE:
FISIOGRAFIA E PERICOLOSITA' AMBIENTALE**



In copertina: estratto del territorio Biellese dal Programma "it2000"TM – Ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano - ©, Compagnia Generale Riprese Aeree S.p.A., Parma.

PREMESSA

Il presente documento illustra le metodologie di lavoro, le elaborazioni e i risultati conseguiti dalle indagini di carattere geologico, idrogeologico ed idraulico condotte nell'ambito della predisposizione del Piano Territoriale Provinciale della Provincia di Biella.

Lo studio svolto ha interessato l'intero territorio provinciale ed è stato finalizzato all'ottenimento di quadro della pericolosità geologica ed idraulica territoriale aggiornato e coerente.

Tale rappresentazione non è da considerarsi esaustiva e definitiva poiché, come è noto, l'assetto del territorio è il risultato di una serie di processi morfogenetici agenti senza soluzione di continuità, ed inoltre la scala di indagine non ha consentito il conseguimento di livelli di approfondimento elevati relativamente a tutti i temi trattati.

Gli esiti di tale lavoro sono rappresentati graficamente nelle seguenti cartografie di Piano e della Matrice ambientale:

IGT-S: Inventario degli elementi normativi (1: 25.000)

MA1: Litologia (1: 100.000)

MA2 : Fisiografia (1: 50.000)

MA3a: Carta della Pericolosità geologica (1: 25.000)

MA3b: Carta della pericolosità idrogeologica (1: 50.000)

Tutti i dati geografici rappresentati in tali cartografie e le cartografie stesse, sono disponibili in diversi formati, sul supporto informatico allegato (Cd Rom). Nella sezione "Fisiografia e pericolosità ambientale" dell'allegato Cd Rom sono inoltre presenti ulteriori dati ed elaborazioni che non sono stati rappresentati e che sono illustrati all'interno di questo documento (es: Criticità rilevate, opere di difesa idraulica e bergagli).

Alcuni contesti territoriali più ristretti sono stati oggetto di approfondimenti delle analisi (Bacino T. Strona, Bacino T. Sessera), nell'ambito di accordi specifici.

In particolare, relativamente al Torrente Strona di Mosso è stato condotto ed è in fase di conclusione uno specifico studio concordato tra l'Amministrazione provinciale, i Comuni di Valle Mosso e Cossato, le Comunità Montane Prealpi Biellesi e Valle di Mosso e l'Unione Industriale Biellese. I risultati di tale indagine costituiranno lo Schema Direttore dello Strona, finalizzato alla sperimentazione di una pianificazione coordinata e condivisa delle politiche urbanistiche e di difesa del suolo.

Le elaborazioni e gli esiti relativi a questo studio già ad oggi disponibili sono stati integrati con gli altri dati al fine di fornire una rappresentazione aggiornata dello stato di conoscenze sul dissesto del territorio provinciale.

Al fine di agevolare la lettura del testo che segue, vengono brevemente illustrati i concetti di **Pericolosità**, **Vulnerabilità** e **Esposizione** che sono comunemente utilizzati nella definizione del **Rischio**.

L'applicazione di questi termini a discipline diverse, nel nostro caso all'idrogeologia, all'idraulica, alla stabilità dei versanti richiede forme di adattamento

del significato alle specificità della materia considerata e del “bersaglio” del rischio. Nel testo, viene specificato il metodo ed i parametri utilizzati facendo sempre riferimento ai bersagli considerati (l'uomo e le sue opere per idraulica e dissesti, risorsa acqua per l'idrogeologia).

Il termine pericolosità contiene sempre una valutazione della magnitudo, cioè dell'intensità del processo, ed una stima della probabilità o della possibile frequenza dell'accadimento. Per i movimenti franosi si è valutata l'energia espressa dal movimento (la massa per la velocità); per l'idraulica l'altezza del flusso e la sua velocità; per l'idrogeologia il potenziale d'inquinamento misurato in abitanti equivalenti espressi da ogni zona e situazione considerata. In tutti i casi si tratta di “magnitudo” riferite ai bersagli, dei processi di pericolosità.

L'aspetto previsionale, di norma incorporato nella valutazione di pericolosità, è una funzione statistica del parametro "tempo" o di parametri legati ai processi che possono produrre la pericolosità. In realtà la previsione può essere ottenuta solo dall'esito di analisi statistiche, per lo più derivate da serie di dati ed esperienze storiche. Per i movimenti di versante si sono considerate le ricorrenze note delle frane per tipo di movimento e per litologia del substrato, le soglie di allerta collegate agli eventi pluviometrici sono già considerate dalla Protezione civile. Per l'idraulica si è ricorsi alla codificata e sperimentata ricostruzione idrologica fondata sull'analisi statistica dei dati climatici per tempi di ritorno determinati degli eventi. Per l'idrogeologia, l'elemento di pericolosità considerato è variabile a seconda dei settori di interesse.

La Vulnerabilità costituisce la stima delle possibilità di difesa del bersaglio. Per la pericolosità di versante questo parametro non è stato considerato, se non nei pochi casi di frane sistemate o in via di sistemazione. In prospettiva sarà possibile valutare le situazioni indicate con le frane da monitorare, anche in termini di vulnerabilità.

La vulnerabilità della risorsa acqua ha invece ormai alcuni sistemi di valutazione codificati, brevemente tratteggiati nel testo. Quello adottato per questo lavoro si riferisce all'integrazione del sistema di valutazione per zone omogenee con le situazioni di riconosciuta connessione tra gli acquiferi (vedi paragrafo 2.3). Per l'idraulica il censimento delle opere di difesa e più complessivamente dei manufatti destinati alla sistemazione dei corsi d'acqua e dei fondovalle costituisce il riferimento di valutazione della vulnerabilità. Ovviamente le simulazioni idrauliche effettuate hanno già tenuto conto dello stato di fatto delle opere esistenti.

Il parametro Esposizione è quello che caratterizza l'importanza (o se si vuole, il valore) del bersaglio vulnerabile. La sua stima è tipica degli studi di dettaglio legati a situazioni locali. Nel presente lavoro questa valutazione è stata fatta per le acque sotterranee in modo indiretto, perché la stima è avvenuta non nel merito della qualità dell'acqua sotterranea (dato non sufficientemente conosciuto per le falde superficiali considerate), ma semplicemente nel merito delle connessioni verticali tra gli acquiferi. Per i versanti la priorità nel monitoraggio dei movimenti franosi è indirettamente indice di esposizione poiché, ovviamente, si è dato un maggiore peso alle situazioni di più probabile esposizione delle vite umane.

1. FISIOGRAFIA

1.1 Zonizzazione geo-ambientale

La possibilità di suddividere il territorio in ambiti tra loro confrontabili ed omogenei, in relazione ai processi da analizzare e soprattutto ai possibili esiti delle "azioni" di progetto prospettate, consente di impostare la conoscenza dell'ambiente fisico con modalità più coerenti anche con le altre discipline della pianificazione territoriale.

In particolare l'applicazione alla geomorfologia di criteri di classificazione del territorio gerarchici e sistemici, cioè dei principi di ordine, di interdipendenza e organicità, offre notevoli vantaggi alle applicazioni della geologia alla pianificazione territoriale: consente di operare confronti tra porzioni di territorio diverse, di effettuare bilanci rispetto all'utilizzazione di risorse naturali, di costruire indicatori morfologici significativi, di avere una percezione più "organizzata" del paesaggio fisiografico.

La necessità di semplificazione delle informazioni di partenza, la schematicità degli indicatori e dei bilanci finali che ne derivano, spesso è accettabile solo nella consapevolezza che dietro a questa impostazione è sempre consultabile un'ampia e dettagliatissima banca dei dati geologici di base, capace di fornire dettagli tecnici per l'intero territorio provinciale. Come supporto informativo per questo lavoro promosso dalla Provincia di Biella è stato posto in essere un sistema informativo assai ampio ed articolato che permetterà di avere la "memoria" del lavoro di analisi svolto e di migliorarne le prestazioni in futuro. Tale base informativa è stata denominata Banca Dati Geologica della Provincia di Biella (B.D.G.).

Nel senso della valutazione sistemica, il bacino idrografico rappresenta senza dubbio il luogo in cui confluiscono e si evidenziano gli effetti prodotti dall'azione di qualunque processo naturale, o indotto da attività umane, sulle componenti fisiche attraverso proprietà insiemistiche (sommatoria delle proprietà dei componenti fisici e biologici locali) e/o interattive (proprietà dei componenti fisici che interagendo tra loro esaltano o minimizzano le funzioni o gli effetti che si avrebbero da una semplice sommatoria).

Il Sistema "bacino idrografico" può essere scomposto in diversi "livelli" interni, qualunque sia l'ordine gerarchico del bacino stesso. In genere si utilizzano 5 livelli organizzativi: Sistema, Subsistema, Struttura, Geofacies, Geotopo.

- Il **Sistema** (bacino) rappresenta l'ambito fisico entro cui dobbiamo attenderci, in tempi generazionali, la ricaduta delle azioni progettuali compiute;
- Il **Subsistema** (parte del Sistema) rappresenta un ambito morfogenetico (e anche topografico) omogeneo, sottoposto e/o prodotto da processi complessi ma riconducibili in grande prevalenza ad una medesima famiglia. Si tratta di parti di bacino idrografico;
- La **Struttura** (parte di Subsistema) costituisce un insieme di forme geomorfologiche omogenee dal punto di vista delle componenti biofisiche e/o dei processi geomorfologici di formazione, della loro collocazione topografica, delle loro funzioni ecologiche, naturali, degli usi sociali o delle limitazioni imposte all'uomo. Si tratta per lo più di entità dimensionate su parti consistenti dei bacini idrografici anche se divise in più ambiti territoriali separati ma equivalenti;

- La **Geofacies**¹, termine desunto da Bertrand (1972), per la geomorfologia rappresenta una morfografia omogenea per una estensione limitata, in genere costituisce parte della Struttura. Sono esempi di geofacies le conoidi intravallive, il singolo terrazzo pensile, i singoli terrazzi alluvionali di uno stesso "ordine", il cono di esondazione in pianura, una porzione di versante orientato in un determinato modo, la dolina con il pozzo carsico, la "conca morfologica" in pianura, ecc.;

- Il **Geotopo**, termine desunto da Bertrand (1972) e da Bertrand e Dollfus (1973) e assunto dalle scienze naturali, è utilizzabile solo a scale di analisi estrema, ad esempio assieme alla pedologia e alla biologia nell'analisi di "nicchie ecologiche". In questo senso ne sono esempi parti di barre fluviali sotto o sopracorrente e pozze fangose di qualche decina o centinaia di metri quadrati su un altopiano. Il geotopo può proteggere o determinare la presenza di una particolare biocenosi. Raramente è utilizzabile alla scala della pianificazione di area vasta e/o comunale, se non in casi molto specifici (piani territoriali di parchi naturali, ecc.).

Questa tassonomia può essere applicata a diversi ambienti morfologici, nell'ambito di questo studio alla "catena", al "Pedemonte", all'"Alta Pianura dei Conoidi coalescenti", alla Pianura.

Ogni Sistema Idromorfologico (bacino) è scomponibile in tre subsistemi: Crinale, Versante, Fondovalle.

Ogni Subsistema è stato suddiviso nelle sue strutture:

- Crinale = principale e secondario;
- Versante = versante-bacino e crinale-versante, questa scomposizione si è dimostrata molto complessa non sempre realizzabile e poco espressiva;
- Fondovalle = alveo attivo, terrazzi connessi direttamente alle dinamiche ed all'idrologia del fiume, terrazzi indirettamente connessi, terrazzi pensili, scarpate.

Le strutture sono state scomposte in geofacies:

- Crinali principali e secondari = Inselberg, nodi, ripiani morfologici e strutturali, terrazzi pensili, ecc.;
- Versanti = frane classificate, circhi glaciali, archi morenici, ripiani glaciali e lacustri;
- Terrazzi connessi, alveo attivo, altro = conoidi intravallive, scarpate attive tracce di valli relitte, ecc..

¹ Benchè si consideri possibile, in questo testo, che l'ambito geografico di pertinenza della geofacies veda una coincidenza di delimitazione anche per le discipline pedologiche, e biologiche, solo una prolungata sperimentazione potrà verificare la reale possibilità di realizzare una zonizzazione gerarchica utilizzabile per tutte queste discipline alla scala della geofacies. Per ora ci si limita a ricordare le strette connessioni che esistono tra assetto morfologico, associazioni e sequenze pedologiche e formazioni vegetali.

Non si è ricercato il livello di geotopo per la scala di grande dettaglio che richiede, tuttavia la B.D.G. contiene anche informazioni specifiche riferite ad affioramenti geologici particolari, o a situazioni morfologiche ben conservate ed emblematiche (che possono essere utilizzate per iniziare un inventario dei “geotopi” del biellese).

La B.D.G. riporta l’insieme di queste informazioni per ognuna delle unità idro-morfologiche (bacini ed elementi) di qualunque ordine gerarchico. La Tavola MA2 – Fisiografia in scala 1: 50.000, riporta un’immagine sintetica del risultato ottenuto, nella quale non sono stati plottati i movimenti franosi per ragioni di leggibilità della cartografia, altrimenti troppo densa di informazioni. I dissesti di versante sono riportati nella tavola MA3a – Pericolosità geologica in scala 1: 25.000, assieme agli altri elementi di pericolosità.

1.2 Gli elementi fondamentali della zonizzazione

1.2.1 Reticolo idrografico

Il reticolo idrografico, che rappresenta la base di conoscenza e di attribuzione delle gerarchie, anche se raramente entra nelle considerazioni svolte nel testo, è stato oggetto di uno studio molto dettagliato e particolare. Il metodo di gerarchizzazione adottato è quello proposto da Strahler, 1957, in genere utilizzato negli studi di carattere morfometrico.

L’osservazione compiuta da Carraro et. Al. (1969), relativamente all’incremento di densità di drenaggio conseguente l’evento del 1968 per il Rio Poala e per l’insieme di elementi e bacini del versante orientale del M. Rovella, ha convinto nel costruire un reticolo capace di esprimere, per le zone colpite dall’evento del 1968, l’incremento di drenaggio determinato dalle colate a cinematica veloce (earth, debris flow).

Il processo di formazione delle colate rappresenta la risposta del versante ad una carenza di capacità drenante, a fronte di un evento pluviale di particolare durata e di particolare distribuzione dell’intensità. Pertanto la formazione di solchi di colata costituisce un incremento di canali attivi per eventi pluviali particolari. In condizioni di precipitazioni non eccezionali i piccoli impluvi (per lo più di forma dolce e poco incisa) rappresentano semplicemente zone di infiltrazione e di circolazione “dermica” delle acque di precipitazione. In condizioni pluviometriche eccezionali (per particolari distribuzioni delle piogge) gli stessi si preparano a svolgere il ruolo di “canali attivi”.

Così si è ritenuto importante predisporre il reticolo idrografico secondo tre scenari. Si è assunto il reticolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000, dopo numerose correzioni ed aggiustamenti (molti canali seguivano le isoipse, altri erano spezzati ed interrotti, altri ancora con linee raddoppiate, eccetera), come il rappresentante della situazione di canali attivi, sia pure con modalità stagionali o anche plurianuali, in regime di piogge normali e/o normalmente distribuite.

Si è poi implementato il numero di canali sulla scorta della topografia stessa e di qualche considerazione relativa alle variazioni di “pattern” del reticolo in funzione del substrato roccioso. Si è così ottenuto un reticolo idrografico relativo ad uno scenario di precipitazione straordinaria, e comunque prolungata.

Infine, assumendo le informazioni relative alle variazioni di drenaggio delle zone dell'evento del 1968, anche rilevando parti del Ponzone e dello Strona, ed utilizzando l'interpretazione di foto aeree si è infittito il reticolo idrografico, in particolare per i suoi rami effimeri (1° ordine di Strahler, 1957). Questo reticolo rappresenta il drenaggio nello scenario peggiore noto, per condizioni pluviometriche caratterizzate da lunga durata e da una distribuzione che concentra nella parte finale dell'evento (quando i sedimenti sono già saturi) le maggiori intensità.

Questa applicazione è poi stata utilizzata per la valutazione quantitativa del trasporto solido in sospensione, per lo studio delle variazioni di pattern, per la qualificazione dei bacini idrografici.

Il reticolo con minori densità di drenaggio, relativo ad aree con maggiore infiltrazione efficace, si sviluppa in corrispondenza della Serra (Olobbia e bacini occidentali). Qui il reticolo idrografico non riesce a formare il medesimo numero di canali effimeri di 1° ordine, che invece si creano in altri contesti litologici, per tutti gli scenari considerati.

Anche nell'alta valle del Sessera, a nord della Linea del Canavese si è riscontrata una probabile maggiore infiltrazione efficace per la presenza di zone milonitizzate legate allo stesso sistema di faglie. Sono poi identificabili, ad una scala più dettagliata anche altre zone dotate di drenaggio proporzionalmente minore, come l'area di Sostegno, ecc.. La B.D.G. consente di verificare per ogni unità idromorfologica i parametri relativi e quindi di ottenere una prima stima della potenziale infiltrazione.

1.2.2 *Crinali: Unità Idromorfologiche Elementari*

L'intera B.D.G. è stata costruita sulla base della scomposizione territoriale in bacini elementari, ed all'interno di questi della tassonomia ricordata sopra, e può quindi essere interrogata anche con modalità gerarchiche fino alle Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.), secondo uno schema che dal 1984 è stato ripetutamente proposto dagli scriventi, e che recentemente è stato applicato a svariate situazioni anche da altri Autori, dall'Autorità di Bacino del Reno, e dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli.

L'individuazione dei crinali, fino alla chiusura dei singoli bacini alla confluenza con il canale recipiente, determina la suddivisione del bacino in bacini idrografici, al loro interno suddivisi ancora in bacini minori.

Senza entrare nel merito di una lunga disquisizione morfologica di metodo, si vuole qui solamente riportare il significato di due termini, utilizzati nel seguito: *Cella elementare ed elemento idrografico*.

La *cella elementare* è costituita dal bacino idrografico, formato da soli tre versanti piani o ondulati, delimitabili sulla CTR in scala 1:10.000, che contenga reticolo idrografico di ordine gerarchico non inferiore a 2 secondo Strahler, 1957. Solamente in casi eccezionali (celle idrografiche fossili) questa unità idromorfologica ha un solo canale. Per il biellese la base topografica esistente appare molto carente e non aiuta certamente a definire gli elementi morfometrici essenziali, e a risolvere le molte situazioni dubbie.

L'elemento idrografico è costituito dal lembo di territorio che rimane intercluso alla chiusura dei crinali sullo sbocco di bacini contigui. Generalmente ha forma sub-triangolare, con la base rivolta verso il livello di base, e vertice che costituisce un punto notevole dei crinali che lo sovrastano. Gli elementi possono avere diverse gerarchie secondo l'ordine dei bacini idrografici che li delimitano. Gli elementi che si affacciano sulla pianura alluvionale, in genere contengono "terrazzi" che rappresentano residui di antichi depositi sollevati assieme al margine della catena.

1.3 Sistemi idromorfologici regionali

La prima zonizzazione, quella di scala regionale, vede il territorio biellese compreso tra i due grandi bacini idrografici del F. Sesia e del F. Dora Baltea, per la montagna, e per la pianura tra gli apparati distributori delle rispettive valli. Solo verso sud-est la pianura perde precise connotazioni e delimitazioni riconoscibili in superficie.

Il rapporto tra il conoide del F. Sesia ed il piccolo apparato del T. Giara è fuori dei confini amministrativi, ma pare chiudersi all'altezza del Comune di Rovasenda (Prov. di Vercelli).

Le linee di crinale principale (tavola MA2) e la particolare struttura dell'antica pianura residuale (pianalti e terrazzi pensili) identificano con sufficiente evidenza il grande triangolo ritagliato dai Sistemi del Sesia e della Dora. La Punta Tre Vescovi costituisce il "nodo" in cui lo spartiacque Sesia-Dora si divide a formare appunto il grande elemento idrografico montano, che forma l'insieme delle prime quinte montane del biellese. Oltre la linea ipotetica che delimita al piede la montagna (tavola MA2), si estende un'articolata pianura formata per lo più da apparati distributori (conoidi) alluvionali fluvio glaciali coalescenti, di età anche relativamente antiche (Mindel). Si tratta di una pianura profondamente "sculpita" dalla morfogenesi con pianalti isolati (Le Baragge) ed un insieme di superfici variamente incise da ampi fondovalle che di fatto costituiscono grandi terrazzi alluvionali fossili. Questa parte dell'alta pianura delimitata lateralmente dai grandi conoidi (o comunque apparati di distribuzione o di costruzione) relativi allo sbocco in pianura dei fondovalle montani, si denomina "interconoide".

L'insieme dell'elemento idrografico montano e dell'interconoide (alta pianura dei conoidi coalescenti) costituisce il "*Sistema di Pedemonte Biellese*".

Il Sistema del Sesia contiene la maggior parte del Bacino del Torrente Sessera che è parte del territorio amministrato dalla Provincia di Biella. Il bacino del Sessera costituisce un Sistema di ordine minore, paragonabile a quelli interni al Pedemonte.

In conclusione il territorio provinciale è rappresentato da tre Sistemi idromorfologici di rango regionale: una porzione del Sistema della Dora Baltea (lago di Viverrone e parte della costruzione morenica); il Sistema di Pedemonte Biellese; il Sistema del Sesia ad oriente per la presenza del T. Sessera.

La porzione di pianura più meridionale ed orientale pare chiudersi immediatamente a sud del confine amministrativo, all'altezza di Rovasenda e Buronzo, contro i depositi alluvionali degli altri Sistemi regionali.

1.4 Sistemi idromorfologici della provincia di Biella

La tavola MA2 delimita i Sistemi idromorfologici in cui è stato diviso il territorio biellese, ogni Sistema è scomposto al suo interno fino alle UIE. Questa suddivisione territoriale costituisce la base di riferimento di un futuro sistema informativo della montagna per la provincia di Biella. Le zone assunte a riferimento sono ricavate sulla scorta dell'ordine gerarchico dei maggiori bacini del Pedemonte biellese, esse sono:

- Sistema del Sessera, il subsistema di fondovalle ha dimensioni considerevoli rispetto alla superficie imbriferà. È parte del Sistema del Sesia.
- Bacini Orientali, insieme di Sistemi di ordine minore, variamente tagliati dai confini amministrativi, il cui insieme forma l'elemento che separa dal Sistema regionale del Sesia. Questo è a sua volta formato dal Sistema Della Valle, Sistema Rovasanella, Sistema Bisignana, Sistema Ostola e l'Elemento Ostola-Strona. Ogni bacino presenta al suo sbocco i resti dell'incisione compiuta nella più antica conoide che ora forma terrazzi pensili, a volte in connessione idrogeologica con le alluvioni più recenti.
- Sistema dello Strona, modesta ampiezza del fondovalle, fa parte del Sistema di Pedecollina.
- Elemento idrografico Cervo-Strona (Quargnasca), si tratta di un insieme di bacini di ordine minore Quargnasca e Miola. Sono presenti numerosi terrazzi pensili che costituiscono lembi di antiche pianure oggi relitte e fossili.
- Sistema del Cervo, secondo bacino per grandezza e per complessità. La scomposizione interna vede un sottobacino (Oropa) che ha il medesimo ordine gerarchico dello Strona.
- Elemento Cervo-Elvo (Oremo), anche in questo caso l'elemento di ordine gerarchico relativamente alto contiene bacini idrografici significativi assieme ad una notevole quantità di terrazzi pensili.
- Sistema Elvo, piccolo bacino di forma molto compatta. In molte elaborazioni viene considerato assieme all'Ingagna ed al Viona.
- Sistema dei bacini occidentali che comprende l'Ingagna, il Viona, Olobbia, Biecchia.

1.5 Note paleogeografiche

1.5.1 *Il rapporto tra pedemonte ed interconoide*

Se le delimitazioni puramente morfologiche forniscono un chiaro riferimento per la formazione dei Sistemi, ed anche dei confini amministrativi, il panorama si complica immediatamente se si considerano i medesimi elementi in termini storici. Le belle ricostruzioni paleogeografiche di Carraro et Al., 1975 e 1991, e di Gianotti, 1996, cui si rimanda per maggiore competenza, offrono un panorama dell'ambiente naturale al passaggio tra Pleistocene inferiore e medio. In un'età in cui il complesso morenico della Serra non esisteva ed il Lago di Viverone non si era formato.

Tutta la porzione occidentale del Sistema di Pedemonte Biellese, allora prima della formazione dell'Anfiteatro morenico di Ivrea era parte del conoide della Dora Baltea, il Viona con probabilità era un piccolo bacino che defluiva verso sud ovest, il T. Elvo confluiva nella Dora poco a sud dell'attuale abitato di Borriana; il T. Oropa forse defluiva direttamente verso sud confluendo nella Dora, assieme al Cervo circa all'altezza dell'attuale abitato di Verrone. La ricostruzione della geologia di sottosuolo ci ha portato a riconoscere e delimitare i corpi sedimentari di questi corsi d'acqua (vedi capitolo 2).

Gran parte della pianura di interconoide che oggi è parte integrante del Sistema idromorfologico biellese, è il frutto dei depositi della Dora Baltea, oggi relativamente sepolti.

1.5.2 *Limite dei ripiani, elementi idrografici fossili*

La formazione (Mindel) del complesso morenico della Serra ha determinato una serie di profonde modificazioni nel deflusso dei corsi d'acqua e nell'evoluzione del paesaggio. Il continuo spostamento del corso del Cervo verso est, avvenuto a scatti (forse per ragioni strutturali), ha condizionato pesantemente la struttura del paesaggio fisiografico della pianura biellese.

Tutta la fascia montana fino alla quota di poco più di 800 metri reca ancora i segni delle vicissitudini trascorse evidenziate dalla distribuzione dei ripiani e delle superfici individuate lungo i crinali secondari e principali che si arresta, tranne rare eccezioni, tra le quote di 750 – 850 metri circa. A questa constatazione si possono associare osservazioni morfometriche sui versanti che consentono di ipotizzare la presenza di elementi idrografici, con base attorno alla quota di 800 metri, oggi fossili. Ad esempio la porzione di imbrifero dell'Ingagna sopra i 750 metri, o il versante su cui poggia località Oneglie, sopra a Favaro.

Si tratta di ipotesi di ricostruzione, ma gli elementi tendono a convergere sull'ipotesi che la zona più arretrata dell'antica pianura, precedentemente all'avvento delle morene della Serra si attestasse alle attuali quote comprese tra 750 e 830 metri circa. Se questa ricostruzione è vera, si può ipotizzare che lo sbocco in pianura dei fiumi fosse molto più arretrato verso nord di quanto non sia oggi.

Carraro (op. cit.) definisce l'età di alcuni depositi alluvionali in vicinanza di Sordevolo, posti a circa 700 metri di quota, e li attribuisce al periodo precedente l'avvento della costruzione morenica. Questi depositi afferiscono al paleo-conoide dell'Elvo, un apparato ancor oggi delimitabile che appare proporzionato alle dimensioni del bacino idrografico. Oggi parte di questo apparato è compreso nel Sistema del bacino dell'Ingagna.

Anche in molti altri casi non si è trovata corrispondenza biunivoca tra ampiezza dei depositi antichi e bacino che attualmente li contiene. Ad esempio i grandi terrazzi pensili su cui è insediato l'abitato di Vandorno non possono essere il frutto dell'attività di un piccolo bacino idrografico. Si ritiene che essi siano i depositi della conoide dell'Oropa, che in anni anche successivi al Mindel aveva un decorso più rettilineo ed occidentale rispetto all'attuale.

Ciò che si vuol sostenere è che tutta la porzione montana del Pedemonte Biellese, fino a circa 800 metri di quota, reca le tracce di una complessa storia di conoidi coalescenti dei grandi fiumi di questo elemento idrografico. L'attuale posizione di sbocco alla pianura dei fiumi alpini è progradata verso sud est anche di un paio di chilometri.

L'allineamento Ponzone – Sessera nella sua parte terminale, presenta in sinistra una situazione di distribuzione di terrazzi pensili che riproduce il medesimo modello sia per le quote, sia per la forma e dimensioni delle superfici di deposito.

Le Baragge, con la loro pedogenesi spinta fino alla ferretizzazione, rappresentano relitti di pianure del passato presenti sia lungo tutta la fascia di piede della montagna, dove formano i ripiani dei crinali delle UIE, sia isolate a segnare l'attuale pianura.

1.6 Caratterizzazione dei Sistemi idromorfologici del biellese

I grandi Sistemi morfologici del Biellese sono stati caratterizzati utilizzando informazioni morfometriche come ad es. l'acclività, e gli usi del suolo del 1954 e del 1994. Incrociando queste informazioni si sono ottenute curve di caratterizzazione per ogni grande Sistema idromorfologico.

1.6.1 Sistemi Idromorfologici ed uso del suolo

Tra le ricerche di base, propedeutiche al PTP, è stata realizzata, per due strati temporali: 1954 e 1994, l'analisi dell'uso reale del suolo ad una scala di dettaglio (1:25.000).

Lo studio è stato condotto dal medesimo interprete (L. Cognini, 1996), utilizzando le stesse voci di legenda (impostazione "Corine land cover"), con coperture aerofotogrammetriche paragonabili in quanto a scale di ripresa, leggermente differenziate per il 1990-1994, ottenendo due cartografie sono pienamente confrontabili.

Queste due cartografie dell'uso reale del suolo sono state analizzate per ricavare le dinamiche, le direzioni delle "derivate" territoriali, verificatesi nel biellese nei 40 anni considerati (U. Baldini, L. Cognini, G. Lupatelli, O. Tondelli, 1999, "Le carte dell'Uso del suolo e lo studio diacronico delle dinamiche territoriali").

L'alto livello di definizione dell'analisi (oltre 35 categorie d'uso reale) dei due strati temporali produce, nella ricostruzione diacronica, un numero così elevato di categorie di incrocio, ancora significative dal punto di vista dell'evoluzione paesaggistica e morfologica, da rendere difficilmente gestibile il confronto statistico e poco chiara la "lettura" dei risultati.

Per le finalità della ricerca fisiografica geologica (morfometria, stabilità dei versanti), si è proceduto ad una grande semplificazione ed accorpamento di queste categorie. Si è cercato cioè di trovare una "chiave" di comprensione semplificata, ma efficace, per la gestione della grande varietà di informazioni, a volte sacrificando un certo grado di definizione, alla sinteticità della restituzione.

L'associazione tra le categorie d'uso dei suoli è stata così adattata alle necessità del confronto tra diverse parti di territorio, e con i parametri fisici considerati nella ri-

cerca relativa alla sicurezza territoriale. L'obbiettivo è quello di fornire un quadro semplice e comprensibile delle linee evolutive del paesaggio fisiografico e delle sue differenziazioni nello spazio montano per intervalli temporali discreti.

Nelle elaborazioni i dati originari non sono più riconoscibili, a causa della citata estrema semplificazione, ma essi sono sempre presenti, sottintesi, nel sistema di valutazione, estraibili per le necessarie verifiche locali e di confronto.

I principali criteri di accorpamento utilizzati sono: la "**permanenza**" nel tempo di alcune categorie d'uso, la loro evoluzione nel senso della "**trasformazione**", o della "**conversione**", gli "**accorpamenti funzionali**" di varie categorie, e le "**derive**" naturalistiche.

La possibilità di confrontare, ad esempio, la distribuzione degli usi del suolo per acclività nelle diverse unità idromorfologiche può consentire di individuare indicatori statistici utili tanto per il riconoscimento del paesaggio, e soprattutto delle linee evolutive, quanto per la stima della stabilità. L'unità territoriale di riferimento impiegata per effettuare queste stime è il bacino idrografico di ordine gerarchico proporzionale al grado di definizione voluto.

In pratica si sono considerati gli accorpamenti dell'uso del suolo registrato per il 1954 secondo una tabella d'interazione con l'uso rilevato per il 1994.

Le categorie accorpate che si sono utilizzate, sono in gran parte il frutto di un lungo lavoro statistico effettuato su di un territorio assai più vasto e quindi statisticamente significativo (intero Appennino della Regione Emilia Romagna), che ha consentito di strutturare e testare la validità di confronto delle principali scelte fatte. Per l'interpretazione delle codifiche relative alle categorie di uso del suolo vedasi la tabella 1.1.

In sintesi per il biellese gli accorpamenti utilizzati sono:

AGR 1 = tutte le categorie d'uso del suolo che prevedono arature e/o lavorazioni profonde annuali. Sono incluse le "permanenze" dal 1954 al 1994, e tutte le "trasformazioni" interne al settore agricolo intervenute nei 40 anni. Inoltre sono state incluse le trasformazioni da categorie d'uso spesso legate ad abbandono agricolo (cespuglieti, arbusteti, prati) che nel 1994 sono incluse nelle zone agricole a seminativo. La tabella riporta le principali chiavi di conversione delle categorie d'uso del suolo, i codici sono quelli utilizzati per "Corine land cover".

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
211+212+213+214	(permanenza)
221+222+223	211+212+213+214 (trasformazione)
311, 313, 321, 322, 323, 333, 334	211+212+213+214 (conversione)

Si sono accorpate tutte le categorie agricole dai seminativi ai frutteti presenti nel 1954, che, in sostanza, risultano seminativi nel 1994.

La maggiore limitazione insita nell'accorpamento "AGR 1" è dovuta al lungo intervallo temporale considerato: 40 anni. In effetti le trasformazioni e la stessa permanenza hanno, in montagna, tempi assai minori di trasformazione e conversione. Altrove (Veneto, Emilia Romagna) si sono verificate situazioni di seminativi coltivati, abbandonati per diversi anni (categorie arbusteti, prati), successivamente riutilizzati, con un ciclo complessivo di 15 – 20 anni. In alcuni casi, considerando un intervallo temporale di 40 anni, il dato finale del biellese potrebbe nascondere diversi "cicli" di conversione, rispetto a quelli considerati in questa ricerca.

AGR 2 = tutte le categorie dell'agricoltura frutticola, o che comunque prevedono movimentazioni del suolo annuali, ma meno profonde rispetto al seminativo, categoria in cui gli impianti radicali possono raggiungere quote significative (vigneto). In questo caso oltre alla "permanenza", si sono incluse tutte le aree che nel 1994 erano comprese in usi particolari, comunque ascrivibili ad abbandono agricolo. La tabella riporta la chiave di conversione delle principali categorie d'uso del suolo, i codici sono quelli utilizzati per "Corine land cover".

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
221+222+223	(permanenza)
211+212+213+214	221+222+223 (trasformazione)
311, 321, 323, 332	221+222+223 (conversione)

AGR 3 = tutte le categorie d'uso riferibili a precedenti attività agricole ora abbandonate, o in fase di "conversione" ad usi più naturali. In questa categoria sono stati inclusi anche i prati ed i prato-pascoli che nel 1954 avevano usi agricoli, o quelli che permangono '54 – '94.

La categoria "prati, prato-pascoli e pascoli arborati" (321, in Corine) non consente una chiara e specifica scomposizione. La particolare delicatezza dell'uso che verrà fatto della categoria AGR 3, specie per la valutazione della stabilità dei versanti, ci ha portato a dividerla nella sua componente di pascolo (mai arato) e nella parte invece più probabilmente connessa agli usi agricoli (vigneto, agricolo sia pure marginale). In questa prospettiva si è suddivisa la categoria d'uso 321 in base alla quota, presupponendo che sopra i 1.000 m siano preponderanti gli usi legati all'alpeggio (pascolamento estensivo e brado) o alla naturalità, mentre sotto la quota 1.000 fino alla quota 800, in prossimità di agglomerati di malghe o di piccoli nuclei, siano prevalenti gli usi di pascolamento intensivo o agricoli, e sotto gli 800 metri di quota prevalgano largamente precedenti usi agricoli (vigneto, altro).

La tabella riporta la chiave di conversione delle categorie d'uso del suolo, i codici sono quelli utilizzati per "Corine land cover".

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
321 (sotto i 1.000 – 800 m slm)	(permanenza)
321 (sotto i 1.000 – 800 m slm)	314+322+323+331+332
211+212+213+214 +221+222+223	314+321+322+323+331+332

311, 332 (sotto i 1.000 – 800 m slm)	321
--------------------------------------	-----

L'approssimazione introdotta utilizzando anche le categorie del degrado dei suoli 331 e 332 consente di non perdere le situazioni in cui nei 40 anni si è sviluppata un'evoluzione tale da produrre asportazione del suolo. In tutti i casi si tratta di estensioni territoriali poco significative, a livello statistico.

NAT 1 = raccoglie gli usi più lontani dalle attività umane che trasformano i suoli "saldi", a volte asportando l'intero spessore pedologico. La permanenza e le trasformazioni interne alle categorie d'uso dei boschi tra il 1954 ed il 1994 utilizzate sono riportate nella seguente tabella di conversione.

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
311+312+313	(permanenza)
411, 511, 512, 6	311+312 (trasformazione)
311 (sopra i 1.000 m slm)	321

Si tratta di una categoria che fornisce l'immagine dell'estensione di una naturalità confermata da ben oltre i 40 anni del rilievo di permanenza. Infatti le aree occupate da boschi nel 1954, anche se certamente utilizzate per il "legnatico" annuale, dovevano comunque essere aree a copertura arborea già da almeno due decenni, e assai lontane da usi potenzialmente "distruttivi" dello strato pedologico, o tali da compromettere la stabilità del suolo e del primo strato alterato.

NAT 2 = tutte le categorie di uso del suolo che nel 1954 erano ascrivibili all'abbandono agricolo, rimboschimenti, brughiere, aree scarsamente vegetate, ecc., che nel 1994 sono rilevate come bosco affermato. In particolare le aree agricole devono avere avuto un lungo periodo di abbandono per essersi trasformate in boschi, oppure devono essere state oggetto di interventi di riforestazione da almeno due decenni.

Si tratta quindi di una categoria che indica l'entità delle trasformazioni tendenti alla naturalità (solo come superfici boscate con permanenza significativa) di porzioni territoriali precedentemente degradate o utilizzate per scopi produttivi. La seguente tabella fornisce le chiavi di accorpamento e conversione delle principali categorie utilizzate.

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
321+314+322+323+331+332+333+334	311+312+313
211+212+213+214+221+222+223	311+312+313

NAT 3 = tutte le categorie d'uso del suolo dalle brughiere agli affioramenti litoidi che permangono tra il 1954 ed il 1994. Si tratta di una naturalità paragonabile a NAT 1, quanto a durata nel tempo e livello di affermazione, ma priva di protezione arborea. Qualche incertezza legata all'approssimazione degli usi di origine, in

particolare alle categorie 321, 323, 332. La tabella seguente riporta le principali chiavi di conversione, utilizzate.

Categorie d'uso del suolo 1954	Categorie d'uso del suolo 1994
314+322+323+331+332+333+334	(permanenza)
321 (sopra 800 - 1.000 m slm)	314+321+322+323+331+332 (perm., der.)
311, 312, 313, 211	314+322+323+331+332+333+334
6, 512	314, 332

INS = tutte le aree insediate nel 1954 e nel 1994 senza distinzioni.

ESTRATTIVO = aree estrattive del 1954 e del 1994. Si sono considerate unitariamente poiché le cave solo molto recentemente sono sottoposte ad una disciplina di ripristino efficace.

Categoria d'uso del suolo 1954	Descrizione	Categoria d'uso del suolo 1994	Descrizione
6	Zone occultate non fotointerpretabili	6	Zone occultate non fotointerpretabili
111	Area residenziali e servizi a tessuto continuo	111	Area residenziali e servizi a tessuto continuo
112	Area residenziali e servizi a tessuto discontinuo	112	Area residenziali e servizi a tessuto discontinuo
121	Aree industriali e/o commerciali	121	Aree industriali e/o commerciali
122	Aree miste (residenziali e industriali)	122	Aree miste (residenziali e industriali)
132	Stazione ferroviaria	131	Svincoli stradali
134	Aree in trasformazione	132	Stazione ferroviaria
141	Aree verdi pubbliche e private	133	Aeroporti
142	Aree sportive e ricreative	134	Aree in trasformazione
151	Aree estrattive	141	Aree verdi pubbliche e private
152	Cantieri	142	Aree sportive e ricreative
211	Seminativi semplici associati a prati	151	Aree estrattive
212	Seminativi arborati associati a prati	152	Cantieri
213	Risaie	153	Discariche
221	Vigneti	154	Depuratori
222	Misto vigneti e frutteti	211	Seminativi semplici associati a prati
223	Arboricoltura da legno (pioppeti)	212	Seminativi arborati associati a prati
311	Boschi latifoglie	213	Risaie
312	Boschi di conifere	214	Vivai e colture floricole in serra
313	Boschi misti di conifere e latifoglie	221	Vigneti
314	Rimboschimenti recenti	222	Misto vigneti e frutteti
321	Prati prato-pascoli pascoli arborati	223	Arboricoltura da legno (pioppeti)
322	Brughiera, cespuglieti e arbusteti	311	Boschi latifoglie
323	Aree cespugliate, arbustive con	312	Boschi di conifere

	copertura arborea carente		
331	Affioramenti litoidi e accumuli detritici	313	Boschi misti di conifere e latifoglie
332	Aree scarsamente vegetate con presenza di roccia	314	Rimboschimenti recenti
333	Corpi ghiaioso-sabbiosi fluviali non colonizzati	321	Prati prato-pascoli pascoli arborati
334	Corpi ghiaioso-sabbiosi fluviali colonizzati	322	Brughiera, cespuglieti e arbusteti
411	Aree umide	323	Aree cespugliate, arbustive con copertura arborea carente
511	Corsi d'acqua	331	Affioramenti litoidi e accumuli detritici
512	Laghi naturali	332	Aree scarsamente vegetate con presenza di roccia
		333	Corpi ghiaioso-sabbiosi fluviali non colonizzati
		334	Corpi ghiaioso-sabbiosi fluviali colonizzati
		411	Aree umide
		511	Corsi d'acqua
		512	Laghi naturali

Tabella 1.1 – Descrizione delle legende di uso del suolo relative agli strati temporali 1954 e 1994 (Corine land cover).

Considerazioni di caratterizzazione

La tabella 1.2 riporta i dati relativi alle unità idromorfologiche più disaggregate, le superfici sono in chilometri quadrati. Le colonne NAT3 con alti valori assoluti e relativi indicano naturalmente la presenza di porzioni non boscate ma naturali (solitamente si tratta di aree poste alle alte quote), la forte presenza di AGR3 individua le aree di abbandono agricolo quindi caratterizzate anche da abbandono della gestione montana dei versanti, la forte presenza di NAT1 una forte incidenza della naturalità, ecc.

Sup. Kmq	Uso											
Bacino	acqua	AGR1	AGR2	AGR3	estratt.	insed.	NAT1	NAT2	NAT3	prati	fuori Prov.	Totale
Bisignana	0,0	0,22	0,27	0,12	0,08	0,42	9,5	1,83	0,18	0,0	0,02	12,65
Bisignana-Ostola	0,0	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,3	0,03	0,04	0,0	0,00	0,36
Cervo	0,9	1,05	0,00	9,41	0,09	5,57	38,1	21,41	44,8	2,7	0,16	124,17
Cervo-Elvo	0,0	2,39	0,01	4,54	0,03	5,54	4,6	2,86	0,25	0,9	0,00	21,14
Elvo	0,0	0,24	0,00	7,33	0,00	0,53	5,8	2,07	19,32	1,2	0,87	37,36
Elvo-Ingagna	0,0	1,42	0,00	0,00	0,00	0,66	1,1	0,18	0,00	0,0	0,00	3,34
Giara	0,1	0,51	0,78	0,16	0,02	0,42	13,7	2,13	1,18	0,0	2,75	21,77
Giara-Bisignana	0,0	0,03	0,40	0,00	0,00	0,35	1,1	1,52	0,11	0,0	4,95	8,47
Ingagna	0,2	1,04	0,01	13,9	0,00	1,63	9,8	5,27	0,96	1,6	0,00	34,39

Ingagna-Viona	0,0	0,49	0,00	0,03	0,00	0,08	0,5	0,38	0,00	0,0	0,00	1,47
Olobbia	0,0	7,02	0,35	0,00	0,00	1,85	19,3	9,34	0,41	0,0	0,38	38,72
Ostola	0,4	0,29	0,35	0,07	0,11	1,26	18,5	3,64	0,29	0,0	0,00	24,98
Ostola-Strona	0,0	3,43	1,19	0,19	0,11	3,94	8,3	4,69	0,01	0,0	0,00	21,86
Sesia-Giara	0,0	0,00	0,46	0,00	0,00	0,05	3,7	0,62	0,01	0,0	5,29	10,15
Sessera	0,4	0,25	0,02	5,14	0,00	6,22	62,3	28,38	46,9	3,1	29,37	182,12
Strona	0,1	0,19	0,12	4,88	0,02	6,33	22,5	7,57	2,35	0,7	0,00	44,78
Strona-Cervo	0,0	3,35	0,23	1,05	0,00	6,32	24,5	7,64	0,10	0,2	0,00	43,40
Viona	0,0	0,52	0,00	1,54	0,00	0,16	3,7	2,05	1,58	0,2	7,58	17,33
Viona-Olobbia	0,0	0,07	0,00	0,00	0,00	0,26	1,4	1,95	1,06	0,0	0,00	4,75
Totale	2,18	22,5	4,2	48,4	0,5	41,6	249	103,6	119,6	11	51,4	653,2

Tabella 1.2 – Grandi categorie di evoluzione dell’uso del suolo per le singole unità idromorfologiche della Provincia di Biella, sono conteggiati anche i lembi di territorio extra provinciale.

Il confronto tra le grandi categorie d’uso del suolo tra l’intera montagna biellese ed i Bacini Occidentali è significativo. Mentre i bacini occidentali rappresentano solamente un quarto dell’intero territorio montano provinciale, oltre il 50 % della superficie territoriale agricola (AGR1) o agricola abbandonata (AGR3) si concentra in queste unità idrografiche. La tabella 1.3 riassume i dati numerici per i confronti.

Sup. % mont	AGR1	AGR2	AGR3	Prati	NAT1	NAT2	NAT3	ESTR	INS	Acqua	Esterno	Totale
Bacino												
Cervo-Elvo	10,6	0,3	9,4	8,4	1,9	2,8	0,2	7,3	13,3	0,0	0,0	3,2
Elvo	1,0	0,0	15,1	11,3	2,3	2,0	16,2	0,0	1,3	0,0	1,7	5,7
Elvo-Ingagna	6,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,5
Ingagna	4,6	0,2	28,7	14,9	3,9	5,1	0,8	0,0	3,9	9,1	0,0	5,3
Ingagna-Viona	2,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
Olobbia	31,2	8,4	0,0	0,0	7,8	9,0	0,3	0,0	4,5	1,5	0,7	5,9
Viona	2,3	0,0	3,2	2,2	1,5	2,0	1,3	0,0	0,4	0,0	14,7	2,7
Viona-Olobbia	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	1,9	0,9	0,5	0,6	0,0	0,0	0,7
Totale	58,6	9,0	56,5	36,9	18,6	23,3	19,7	7,8	25,8	10,5	17,2	24,3

Tabella 1.3 – Grandi categorie d’uso del suolo, dettaglio per le unità idromorfologiche dei bacini occidentali, le superfici sono rapportate alla superficie montana provinciale per ogni categoria d’uso del suolo

La distribuzione dell’uso del suolo nei bacini idrografici e nelle loro sottunità idromorfologiche consente di effettuare un primo importante bilancio territoriale. Tra le unità idromorfologiche dei bacini occidentali l’Olobbia è il bacino con maggiore superficie dedicata a seminativo, ed a frutteto, mentre il bacino dell’Ingagna è senza dubbio quello che concentra la maggiore quantità di aree agricole abbandonate. La ta-

bella 1.2 consente di valutare l'andamento dell'occupazione del suolo e della sua evoluzione per ogni grande unità idrografica.

1.6.2 *Sistemi Idromorfologici ed acclività*

La possibilità di misurare l'energia di rilievo e soprattutto la sua distribuzione permette di offrire un discreto strumento sintetico di confronto e caratterizzazione delle Unità idromorfologiche.

La prima nettissima distinzione consiste nella distinzione tra elementi e bacini, in particolare per gli elementi che si affacciano sulla pianura. In queste unità infatti la presenza di numerosi terrazzi pensili (residui di antiche conoidi di alta pianura), produce un eccesso di superfici a bassa acclività rispetto alla distribuzione delle acclività. La curva di distribuzione che ne emerge è fortemente sbilanciata verso le classi basse di acclività.

I bacini invece hanno un'andamento della distribuzione delle acclività che descrive una classica gaussiana. La caratterizzazione dei bacini avviene a livello di valore della moda di acclività, più questa è spostata verso i valori alti, maggiore sarà l'energia di rilievo che il bacino esprime, e viceversa.

La discriminazione tra le unità idromorfologiche può avvenire anche considerando l'andamento e la simmetria della curva ottenuta. Il Sistema del Viona, ad esempio è caratterizzato da una gaussiana molto deformata, nei valori di superficie interessata medio alti, verso le acclività basse. Ciò è dovuto con probabilità alla conformazione morenica di questo bacino ed alla presenza di terrazzi e ripiani. Anche l'Ingagna presenta un'anomala moda verso valori bassi di acclività (12°), anche in questo caso i depositi glaciali hanno segnato il paesaggio e la fisiografia di questo bacino.

I grandi bacini come il Cervo ed il Sessera si dispongono con gaussiane molto simili sia per valori assoluti e di moda (34° - 36°), sia per conformazione più dolce verso i valori bassi di acclività, molto ripida verso i valori alti. Si tratta di bacini idrografici dotati di forte energia di rilievo, con una presenza equilibrata ma modesta di ripiani e superfici a modesta acclività.

Gli altri bacini minori ad oriente del Cervo hanno curve con mode spostate significativamente su valori tra i 24° ed i 28° , ed andamenti che denunciano la presenza di superfici in quantità tali da squilibrare completamente la distribuzione dei valori (Giara, Bisignana), oppure con valori di moda inferiori a 20° (Ostola).

3 . IDROGEOLOGIA

3.1 – Geologia di sottosuolo, i corpi sedimentari di pianura

Per una corretta impostazione delle problematiche di tutela e sfruttamento delle acque sotterranee è indispensabile la conoscenza della geologia di sottosuolo, in particolare per le pianure alluvionali dei conoidi, ove essa è più facilmente conoscibile rispetto agli ammassi rocciosi delle Alpi.

Nella catena, o comunque in presenza di sedimenti antichi che hanno subito le vicissitudini delle spinte orogenetiche, la ricostruzione delle caratteristiche geologiche generali delle singole unità geologiche è di modesta utilità e spesso conduce a conclusioni idrogeologiche errate. Infatti, rispetto alle acque sotterranee, il parametro fondamentale è costituito dalla presenza di discontinuità potenzialmente beanti (diaciasi, fratturazione, stratificazione), piuttosto che alle caratteristiche intrinseche delle rocce stesse. L'analisi della fratturazione, richiede tempi molto lunghi e l'estrapolazione di queste informazioni ad interi ammassi rocciosi presenta un alto livello di incertezza. Per questi motivi si è ritenuto di non procedere all'analisi idrogeologica della montagna, che potrà in prospettiva essere realizzata anche grazie ai dati derivati da un recente censimento delle sorgentieffettuato dall'Amministrazione Provinciale.

Nei sedimenti alluvionali, sulla base di alcuni punti di controllo (stratigrafie dei pozzi, delle prove geognostiche, della geofisica), è possibile interpretare l'andamento e la geometria dei corpi geologici in termini sia sequenziali (correlazione delle grandi superfici di erosione), sia tessiturali (granulometrie). Questa analisi consente una serie di applicazioni ai serbatoi alluvionali (in genere i più significativi ed i più sfruttati), e di giungere ad una stima della possibilità di diffusione dell'inquinamento nelle falde anche nelle zone di comunicazione e di ricarica.

La geologia di sottosuolo della pianura biellese è stata interpretata sulla scorta delle modeste informazioni stratigrafiche disponibili: 188 punti di controllo utilizzabili sui 236 disponibili nell'archivio della Provincia, ed inoltre circa 64 altre stratigrafie ricavate da relazioni geologiche varie, a cui si sommano gli esiti di alcuni profili geofisici disponibili per il Comune di Biella. Quasi tutte le informazioni stratigrafiche utilizzate sono state georiferite e sono disponibili all'interno della B.D.G., mentre una parte delle stratigrafie, soprattutto quelle allegate alle relazioni geologiche, è ancora invece in formato cartaceo.

Il massimo intervallo temporale analizzato è quello compreso tra il Pleistocene inferiore – medio, corrispondente al periodo immediatamente precedente il completamento dell'Anfiteatro morenico d'Ivrea (F. Carraro et Al., 1991, F. Giannotti, 1996) e l'attualità. La ricostruzione di figura 2.1 mostra lo sviluppo sepolto di un imponente paleoargine (acquifero B2) che circa dall'abitato di Borriana si spinge prima verso est, poi verso sud est fino all'altezza di Massazza con un andamento leggermente arcuato a concavità rivolta a sud. La stima delle potenze dei sedimenti registrate nelle stratigrafie, e la ricostruzione effettuata, indicherebbero la presenza di un vero e proprio "materasso ghiaioso" a rappresentare le divagazioni dell'antico corso fluviale della Dora, che culmina nel suo tracciato più orientale con probabilità l'ultimo attivo ed anche il più rilevato di quota fossilizzatosi durante la costruzione dell'apparato morenico di Ivrea.

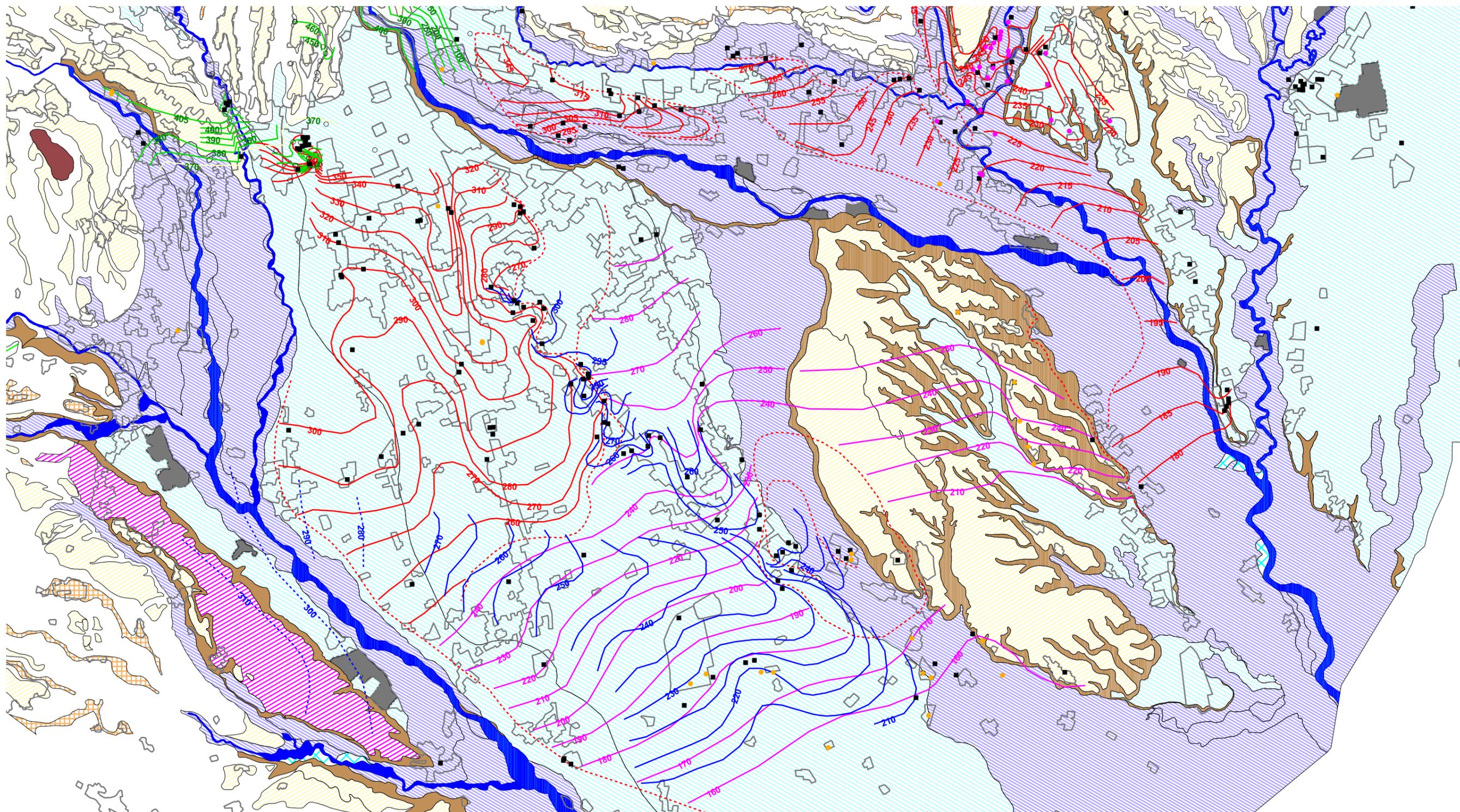


Fig. 2.1- Secondo acquifero (acquifero B)

- | | | | |
|--|----------------------------------|--|------------------------------|
| | Terrazzi connessi | | Alveo attivo |
| | Terrazzi indirettamente connessi | | Terrazzo pensile della Bessa |
| | Terrazzi pensili e fossili | | Scarpate |

Scala 1:60.000

PUNTI DI CONTROLLO

- Stratigrafie assunte dalla bibliografia
- Stratigrafie indicate nel PRG di Cossato
- Stratigrafie indicate nel PRG di Biella
- Stratigrafie fornite dalla Provincia di Biella

LETTO DEGLI ACQUIFERI B1, B2, B3

- limite dell'acquitarzo limoso argilloso
- isobata dell'acquitarzo B1
- isobata dell'acquitarzo B2

ACQUIFERO DEL SUSTRATO CRISTALLINO

- Isobate del tetto delle formazioni cristalline sepolte (permeabilità per fratturazione)

TETTO DELL'U.I. "CERRIONE" ACQUIFERO (B2)

- Argini naturali della paleo-Dora Baltea (Cerrione)
- Ipotetico andamento degli argini naturali della paleo-Dora Baltea, poi erosa dal F. Elvo

Ad occidente, in corrispondenza dell'alveo dell'Elvo, questo corpo ghiaioso è assente, forse per erosione; la figura 2.1 riporta le sue possibili quote estrapolate dal contesto paleo morfologico. L'insieme di questi corpi granulari può costituire l'Unità di Cerrione, o meglio la sua estensione sepolta, come dimostrerebbero i numerosi affioramenti citati in F. Giannotti (1996) in destra idrografica del T. Olobbia e lungo la scarpata della "Bessa". Lo stesso Autore attribuisce quest'unità deposizionale all'attività dell'attuale Dora Baltea, in tempi precedenti la formazione del complesso morenico d'Ivrea.

Nella stessa figura 2.1 è riportato anche un altro evidente corpo granulare geometricamente ordinato ed attribuibile al medesimo contesto di eventi (superfici di erosione, sequenze) corrispondenti all'età di sviluppo dell'Unità di Cerrione (Pliocene-Pleistocene Inferiore). Si tratta di uno o più argini naturali di antichi corsi d'acqua dotati di minore portata liquida e solida rispetto a quelli della Paleo – Dora Baltea, ed un andamento decisamente più meridiano (nord ovest-sud est), anche se i segnali di deviazione verso sud ovest (probabili crevasse) sono numerosi nel sottosuolo tra Gaglianico e Verrone. Questi segnali di divagazione o tracimazione, sono stati riscontrati solamente in destra idrografica, con probabilità a causa della presenza della "Baraggia" che copre interamente la sinistra idrografica. Questo paleo alveo ha dimensioni e sviluppo decisamente minori, rispetto al precedente, anche se il sedimento granulare trasportato aveva spessori e pezzatura significativi. L'andamento decisamente rettilineo indica la presenza di un'alta pianura dotata di notevole acclività.

La direzione da cui pare provenire il paleo fiume è il centro di Biella, potrebbe dunque trattarsi del corso del Cervo, di un'epoca precedente l'instaurarsi dell'Anfiteatro morenico di Ivrea. In verità non si è riusciti a ricostruire interamente il percorso dell'antico corso d'acqua in quanto questo gruppo di sequenze ed altre, più recenti, si confondono (processi di amalgamazione) nei pressi della fascia pedealpina.

Se però consideriamo i sedimenti a tessitura fine (in sostanza limi), la medesima figura ci fornisce la chiave interpretativa che può confermare l'ipotesi avanzata. Infatti la ricostruzione restituita dalle isobate dei sedimenti limosi e limoso sabbiosi (acquitardo B1, in figura 2.1) mostrerebbe, tra Biella e Gaglianico (Savagnasco), l'assenza di sedimenti fini con dislivelli notevolissimi rispetto alla vicina direttrice Biella-Sandigliano. Questa struttura può avere molte cause, ma l'insieme delle conoscenze disponibili ci ha fatto propendere per un'interpretazione morfologica. Si tratterebbe della traccia del corso dell'antico Cervo costruita in parte per semplice amalgamazione tra sequenze anche precedenti, ed in parte per incisione.

Più a meridione, circa in corrispondenza dell'allineamento Vergnasco – Verrone, la presenza dell'alveo della Dora costituiva, naturalmente, il livello di base del paleo reticolo idrografico. Qui si può notare come l'andamento delle isolinee dell'acquitardo B1 si interrompano, e compaia invece il "drappo" di un acquitardo più profondo che pare correlarsi al precedente. Certamente il letto dei depositi della Dora (acquitardo B2) ha andamento più regolare, la ricostruzione è in questo caso più sicura e verificabile. In realtà a sud di Verrone è rilevabile la presenza di un acquitardo intermedio (non indicato in figura) posto circa 10 metri sopra il tetto dei depositi attribuiti al paleo-Cervo che ha uno sviluppo verso sud di circa 2 chilometri, ma pare non avere altra continuità. Con probabilità si tratta di una delle tante sequenze di ordine

minore che tanto facilmente possono trarre in inganno nelle correlazioni di sottosuolo nei depositi continentali.

L'acquitardo B1, nella zona di Ponderano, mostra un'ulteriore profonda deformazione, anche in questo caso attribuita a cause morfologiche, si tratta di un'ampia depressione con asse sub parallelo a quella discussa in precedenza. La possibilità che possa trattarsi di un paleo-Oropa, o forse, ma meno probabilmente, di un paleo-Elvo, è troppo evidente per non avanzarla, anche se la quantità e qualità dei dati disponibili su cui ci si è basati per questa ricostruzione non ha consentito alcuna verifica di merito. Certo però che la ricostruzione del percorso della Dora era tale da costringere a tracciati più orientali gran parte del reticolo idrografico montano al suo sbocco nella pianura.

L'ipotesi che possa trattarsi del paleo corso dell'attuale Oropa può essere suffragata dall'imponente sistema di terrazzi pensili su cui sono insediate Fraz. Cossila, il Borgo del Piazzo (Comune di Biella), e le Frazioni Vandorno– e Barazetto. Questi depositi (chiaramente di conoide fluviale) possono testimoniare che ancora in un'età successiva all'instaurarsi dell'Anfiteatro morenico d'Ivrea un corso d'acqua doveva sfociare nella pianura..

I punti di controllo stratigrafico a meridione del paleo alveo della Dora si rarefanno, si perde quindi la possibilità di ricostruire gli ambienti deposizionali del passato, e di mantenere la medesima scansione di scomposizione tra i porosi e gli acquitardi.

Verso est è stato possibile ricostruire la geometria della superficie dell'acquitardo B2 nell'area di Candelo ed in parte anche sotto alla "Baraggia". Nell'area immediatamente a sud-est di Benna, lungo una paleo incisione del Cervo, le numerose informazioni disponibili dimostrano che anche questo acquitardo è localmente assente per un'ampia superficie, e che il poroso B2 è in comunicazione con il sottostante acquifero.

Lungo l'attuale fondovalle del Cervo si è riscontrata la presenza di due acquitardi relativamente ben documentati e, con probabilità, continui e correlabili al B1. Questo drappo limoso appare dislocato, con dislivello di almeno 40 metri all'altezza di Amosso (Comune di Vigliano) in due parti, la porzione più orientale ha maggiore continuità e costituisce il letto dell'acquifero più superficiale di questa valle. A Cossato numerose stratigrafie consentono di ricostruire una ipotetica geometria complessa del letto dell'acquifero, l'articolazione ricavata appare però eccessiva e potrebbe essere il frutto di due diversi livelli separati non continui. Malgrado le incertezze di correlazione certamente questo acquitardo dimostra la connessione tra i porosi dei terrazzi pensili e la falda freatica del fondovalle Cervo.

Come si può notare in figura 2.1 il passaggio tra alta pianura e zona pedealpina è tratteggiato solamente nei dintorni dell'apice del conoide del Cervo e dell'Elvo, qui infatti esistono informazioni ottenute con metodi geofisici che hanno consentito di ricavare l'andamento del substrato cristallino e di averne la geometria. Proprio in corrispondenza della zona industriale di Biella, vicino al corso dell'Oremo (Vernato) le numerose stratigrafie mostrano una sovrapposizione di depositi limosi o anche di probabile origine glaciale al substrato, entro una struttura che appare come tipicamente morfologica.

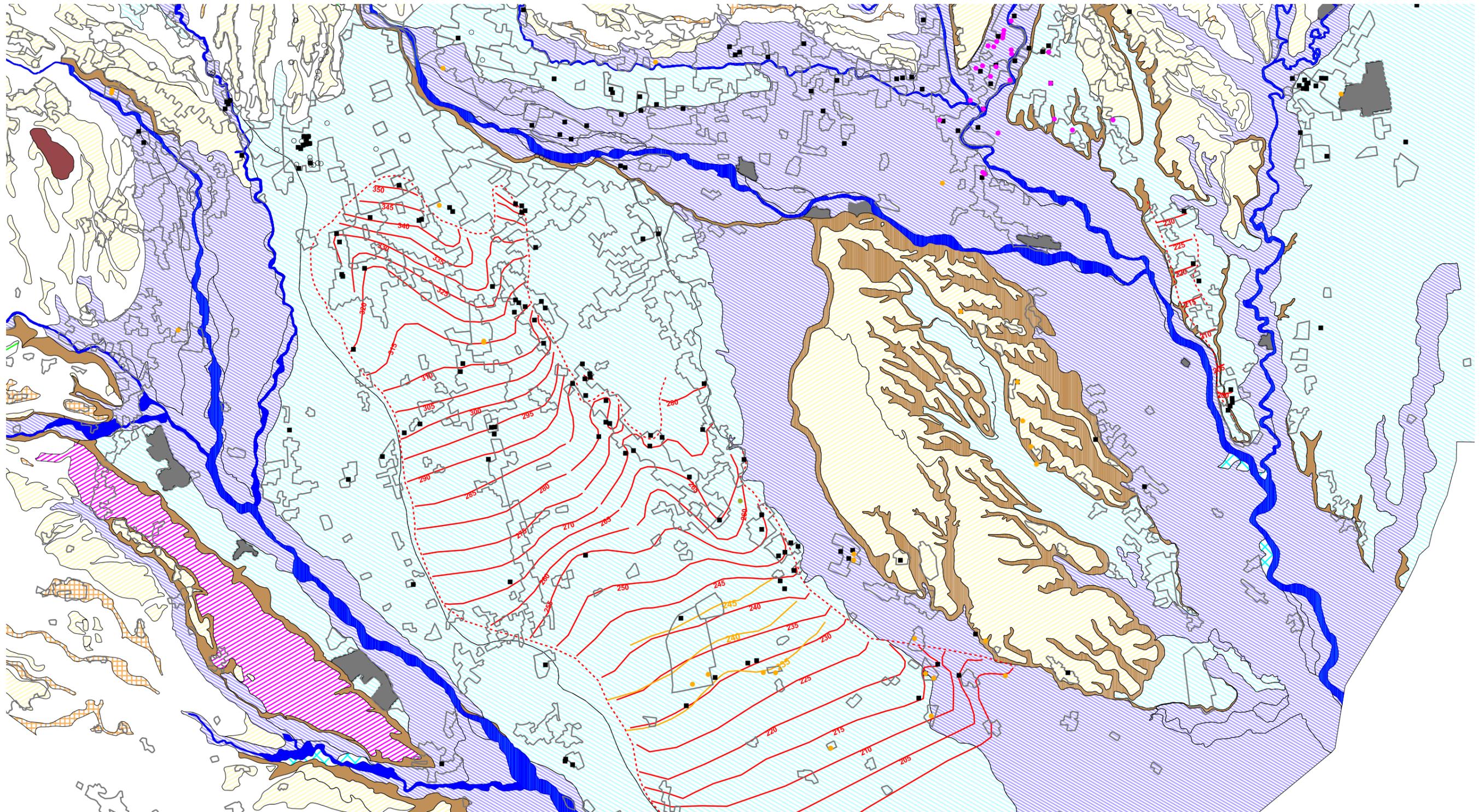


Fig. 2.2- Primo acquifero (acquifero A)

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|------------------------------|
|  | Terrazzi connessi |  | Alveo attivo |
|  | Terrazzi indirettamente connessi |  | Terrazzo pensile della Bessa |
|  | Terrazzi pensili e fossili |  | Scarpate |

- PUNTI DI CONTROLLO**
-  Stratigrafie assunte dalla bibliografia
 -  Stratigrafie indicate nel PRG di Cossato
 -  Stratigrafie indicate nel PRG di Biella
 -  Stratigrafie fornite dalla Provincia di Biella

- LETTO ACQUIFERO 1**
-  Limite dell'estensione riconosciuta dell'acquifero
 -  Isobata di tetto dell'acquifero
 -  Isobata della lente limosa (spessore circa 2 m) che suddivide localmente l'acquifero A

Scala 1:60.000

La figura 2.2 ricostruisce la geometria del drappo limoso e limoso sabbioso (acquitardo A) che separa la falda freatica della pianura a meridione di Biella dai sottostanti acquiferi (acquiferi B). Tra questo e l'insieme degli acquitardi B la potenza è variabile tra i 25 ed i 40 metri circa, solamente nella porzione più settentrionale, nella città di Biella, si ha la quasi totale fusione tra i due livelli.

Il drappo pelitico si svolge con una discreta regolarità verso sud fino al raccordo tra le S.S. 143 e 230, dove si è riscontrata la presenza di un livello limoso di modesto spessore (2 m) intercalato nel poroso dell'acquifero A ad un'altezza di circa 5 metri dal suo letto (acquitardo A).

In conclusione, la ricostruzione di sottosuolo mostra una situazione che, semplificata nelle sue linee generali come nelle figure precedenti, propone la presenza di tre grandi gruppi di acquiferi, suddivisi da due gruppi di acquitardi. La stratigrafia idrogeologica può essere così riassunta, dal basso verso l'alto:

Acquifero C, unità idrogeologica considerata come base dell'interpretazione, individuata solo come tetto granulare sotto l'acquitardo B2. Con probabilità è costituito da più sequenze sabbioso-ghiaiose, forse di età Villafranchiano medio;

Acquitardi B1 e B2, drappi limosi e limoso sabbiosi, leggermente sfalsati tra loro; a settentrione l'acquitardo B1 presenta una morfologia molto articolata, con probabilità è presente una fusione di più livelli;

Acquifero B, unità idrogeologica formata da due sequenze granulari corrispondenti ad eventi significativi, si tratta dell'acquifero che risulta, nella nostra ricostruzione, il più diffuso (in particolare la sua sequenza più alta, B1 in figura 2.1), ed il più complesso;

Acquitardo A, livello di depositi a tessitura fine, amalgamazioni locali delle componenti granulari possono aver determinato la formazione di ampie lenti di pelite abbandonate nel sovrapposto acquifero;

Acquifero A, costituisce l'unità freatica per eccellenza della pianura biellese ed è distribuito sul pianalto di Biella.

I rapporti reciproci tra i diversi acquiferi emergono con una relativa chiarezza dalla combinazione delle figure precedenti mediante la quale si ottiene la localizzazione delle comunicazioni verticali certe tra gli acquiferi individuando i "buchi" nei drappi limosi che mantengono separate (e proteggono da possibili fluidi inquinanti) le falde tra loro.

La figura 2.3 riporta in planimetria le aree in cui è molto probabile che gli acquiferi abbiano possibilità di facile comunicazione verticale, in altre parole, in cui mancano rispettivamente uno o entrambi gli insiemi di acquitardi limosi. Questa immagine costituisce la sintesi idrogeologica del lavoro di analisi del sottosuolo e viene utilizzata per la definizione della vulnerabilità integrata. La legenda della figura riassume pienamente i risultati ottenuti, senza altro commento, che risulterebbe solo ripetitivo.

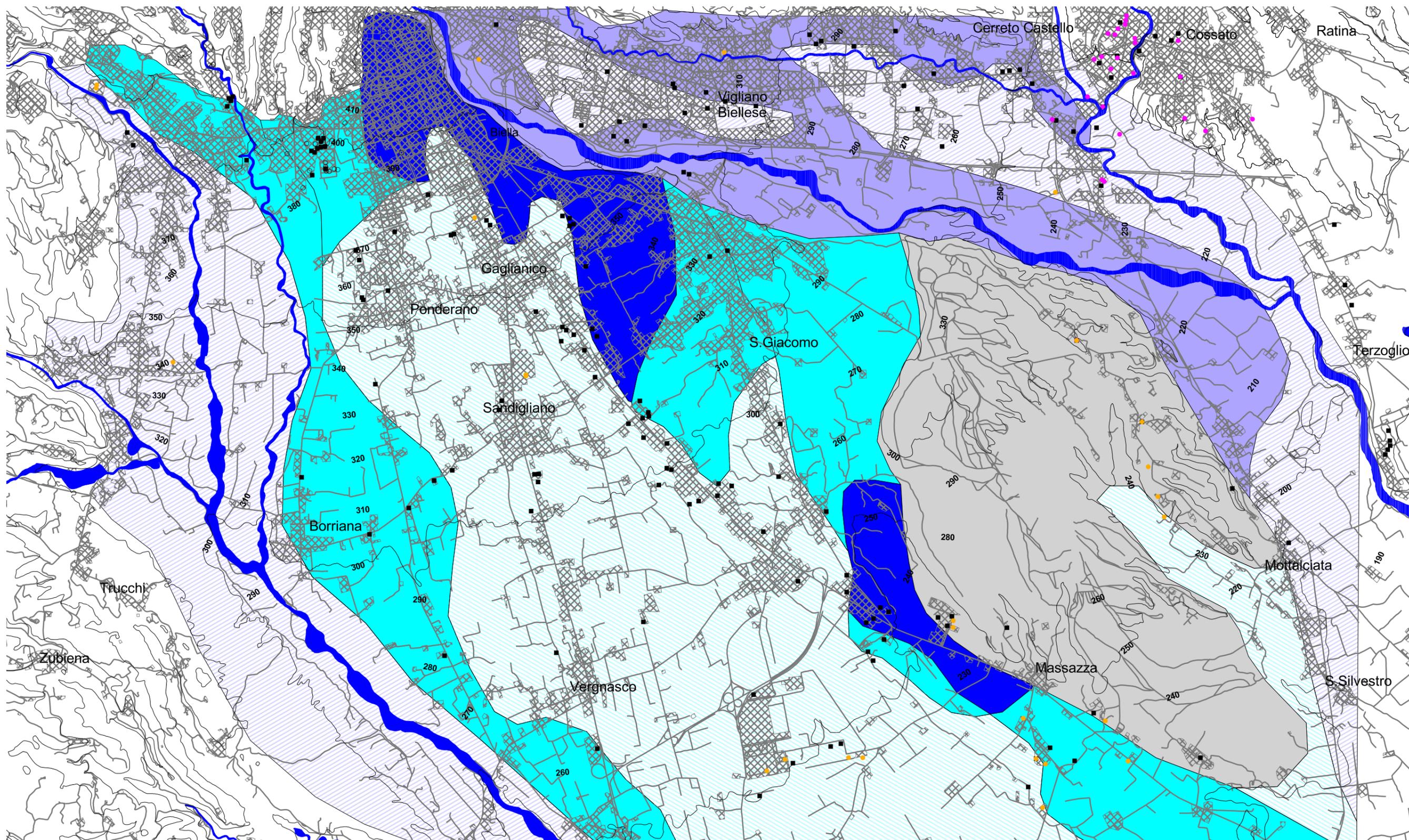


Fig. 2.3 - Sintesi degli acquiferi

Scala 1:50.000

- PUNTI DI CONTROLLO**
- Stratigrafie assunte dalla bibliografia
 - Stratigrafie indicate nel PRG di Cossato
 - Stratigrafie indicate nel PRG di Biella
 - Stratigrafie fornite dalla Provincia di Biella

- CONFIGURAZIONE DELL'ACQUIFERO**
comunicazione tra le falde
- | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| acquifero A | comunicazione tra B-C | Urbanizzato |
| comunicazione tra A-B | comunicazione tra A-B-C | Isoipse equid. 50 m |
| acquifero B | Baraggia | Strade |

La Serra, con la grande costruzione morenica di Ivrea, costituisce un complesso idrogeologico a se stante costituito da depositi eterogenei di massi e ciottoli fortemente alterati, per lo più immersi in matrice limosa, argilloso-limosa. A queste litologie, per lo più disordinate, o se si preferisce accumulate, si possono intercalare livelli di spessore variabile di sedimenti fini e torbosi di origine lacustre. Anche questi ultimi, sottoposti alle vicissitudini di formazione del complesso di archi morenici, sono stati variamente deformati e sepolti.

Le stesse modalità di formazione dell'anfiteatro: successivi apporti di morene per ognuna delle tre principali epoche glaciali, distribuite su un arco temporale di circa settecentomila anni, fanno comprendere la difficoltà nel riconoscere ed estrapolare dati di sottosuolo ricavati da pochi punti di controllo.

La bella ricostruzione della successione degli eventi (Carraro, 1975, 1991, Giannotti, 1996) consente comunque di avere un'idea abbastanza precisa della scala dei tempi e delle fasi di costruzione del complesso morenico, ma non permette di ricostruire sicuri possibili andamenti dei corpi porosi.

La Serra quindi, assieme al lago di Viverone costituiscono un complesso idrogeologico indipendente (complesso morenico), i cui rapporti con le Unità idrogeologiche della pianura pare siano modesti ed essenzialmente laterali, ma l'ipotesi che il lago possa costituire una delle zone di ricarica dell'acquifero B2, o anche dell'acquifero C, deve essere meglio verificata anche con un più accurato controllo delle stratigrafie locali.

2.2 – Geometria e campo di moto del freatico

Il freatico è stato analizzato con una specifica campagna di rilevamento delle quote statiche, eseguito in 12 giorni consecutivi di lavoro di terreno dal 15/05/2000, al 27/05/2000, al fine di disporre di una “fotografia” della geometria del tetto del freatico.

Si sono rilevate le quote statiche di 427 pozzi, la quasi totalità dei quali di profondità minore di 15 metri (369), ed a largo diametro (maggiore di 80 cm). Ove possibile si è compilata la relativa scheda informativa, anche intervistando il proprietario o il gestore circa l'eventuale presenza di pompa e il suo periodo di uso, la potenza, la portata ed altre informazioni relative alle acque sotterranee. L'insieme dei risultati di campagna ottenuti è sintetizzato nella B.D.G.. Non sono state eseguite altre campagne di rilevamento del freatico per verificarne l'evoluzione stagionale, soprattutto si è persa l'occasione della grande siccità del 2001, che avrebbe consentito alcune importanti verifiche, non solo dei livelli minimi raggiungibili, ma anche dei fronti di ricarica pedalpini e morenici.

Un lavoro precedente, Civita et Al., 1990, ha ricostruito la geometria della falda freatica sulla base dei rilevamenti dei livelli statici raccolti in un intervallo temporale assai lungo (1986 – 1989), occupandosi anche delle colline moreniche. Il confronto tra i risultati ottenuti, in particolare sui pochi pozzi certamente in comune tra i due rilevamenti (id 77, 154, 158, 163, 175, 137, 180, 185, 584, 585, 698, 699) mostra divari delle quote piezometriche da quasi nulli ad alti (fino a 19 metri per pozzo id 137, probabilmente pompato nel periodo di rilevamenti della campagna Civita). Le discrepanze

maggiori si sono registrate nelle colline moreniche, e nella porzione settentrionale dell'alta pianura biellese. Ad un confronto attento risulta che la discrepanza è spesso dovuta alla diversa valutazione della quota del piano campagna nei due lavori (ad esempio pozzi B.D.G. id 699, 584, 585, 154), differenze di quota a volte superiori a 3 metri. In molti casi infatti la quota topografica indicata dalla CTR più vicina al luogo di rilevamento non corrisponde a quella reale, occorre che il rilevatore stesso valuti le differenze topografiche.

Il controllo sulla localizzazione dei pozzi del lavoro Civita et Al. dimostra come alcune attribuzioni di quote al piano campagna (p.c.) siano con probabilità errate, almeno in riferimento al punto in cui sono proiettati. La scala di restituzione del documento 1:50.000 è anche la scala idonea per la scala di dettaglio voluta dagli Autori. E' certamente possibile che analoghi errori di attribuzione della quota di p.c. siano individuabili anche nel presente lavoro.

Anche il confronto tra le isofreatiche mostra il medesimo schema, anche se in questo caso le differenze appaiono più attenuate nel complesso della pianura biellese, rispetto a quelle puntuali sui singoli pozzi.

Il campo di moto appare sostanzialmente uguale a quello già descritto nella più volte citata bibliografia: la direzione di deflusso generale è da NW verso SE. Nella porzione settentrionale, lungo la valle del Cervo, tra Chiavazza e Cossato, le linee di flusso si dispongono WNW – ESE, infine nel quadrante ad est di Cossato i flussi hanno direzione più decisamente N – S. L'unica differenza riscontrata è relativa al fatto che il gradiente piezometrico medio desumibile da questa analisi, è leggermente superiore a quello calcolato dalla citata letteratura (con scarti attorno a 0,1 – 0,2 %).

Scendendo a maggior dettaglio si nota come il fianco sinistro dell'Anfiteatro morenico d'Ivrea (Serra) svolga un ruolo di ricarica con direzioni di flusso da SW verso NE (ad es. Cerrione), ma con cadenti idrauliche che sottolineano le modeste conducibilità idrauliche. Tutte le informazioni disponibili relativamente all'idrogeologia della Serra, e più complessivamente alla costruzione morenica, indicano che quest'area ha modesti parametri idrodinamici ed è caratterizzata da una grande variazione delle quote statiche. Solo localmente sono segnalate risorse significative. Il fronte di ricarica della Serra rispetto all'Elvo è quindi caratterizzato da una circolazione in sostanza superficiale e modesta.

Il grande quadrante di pianura compreso tra le valli Ingagna – Elvo e la valle del Cervo tra Vigliano e Cossato, che determina l'assetto idrogeologico principale della provincia, presenta, nel dettaglio, le seguenti caratteristiche:

1) la maggiore anomalia è visibile ad est di Candelo ove le isofreatiche si dispongono a formare uno spartiacque sotterraneo (divergenti a basso angolo) che, congiungendosi alla pianura residuale della "Baraggia di Candelo", separa nettamente una zona meridionale ed occidentale con deflusso regionale (da NW verso SE), dall'attuale valle del Cervo caratterizzata da deflussi verso ENE.

2) la "Baraggia" con la sua pur modesta falda, contribuisce alla ricarica degli acquiferi A e B della sottostante pianura.

3) tutto il grande carapace della pianura residuale di Biella ha un regolare andamento divergente delle linee equipotenziali, andamento che dimostra il ruolo dre-

nante svolto dagli acquiferi più trasmissivi della profonda incisione valliva dell'Elvo ad ovest, e della incisione della valle fossile del Cervo ad est. Quest'ultimo asse di drenaggio, molto evidente nella tavola MA3b, consiste in una profonda incisione morfologica, con ogni probabilità un paleo-alveo del Cervo, che separa la pianura biellese dall'insieme della "Baraggia". I rapporti tra le citate incisioni vallive, e la pianura relitta biellese, in cui è insediato l'acquifero A, sono drenanti. Ciò è dimostrato anche dalle cadute di potenziale che si osservano lungo le alte scarpate di separazione morfologica.

Due modeste anomalie nel campo di moto dell'alta pianura biellese sono ben visibili nella tavola MA3b, una a Biella, a sud di località Vernato, esattamente ove il substrato mostra una particolare e profonda incisione; l'altra immediatamente a sud di Verrone dove le isofreatiche hanno locale andamento convergente. Quest'ultima anomalia è con ogni probabilità da imputarsi ad eccessivi prelievi dall'acquifero A, effettuati forse nell'area industriale di Verrone. Ancora nella porzione più meridionale della pianura biellese, immediatamente a nord di Vigellio, prende inizio un asse di drenaggio profondo che si sviluppa in direzione SE fino ad Arro, nella pianura delle risaie. A sud di questa zona i corsi d'acqua continuano a svolgere un ruolo drenante della prima falda, ben denunciato dalla divergenza delle ultime isolinee indicate nella tavola MA3b. Solamente a sud di Villanova Biellese l'andamento della geometria appare indifferente, ma con probabilità qui la prima falda è già confinata.

4) Le forti cadenti idrauliche denunciate dalle isolinee dei grandi terrazzi ad ovest di Biella, drenati dall'Oremo e dall'Elvo, che si stemperano verso SE, denunciano l'antica direzione delle correnti che hanno formato quei depositi, e costituiscono l'apice di uno spartiacque sotterraneo che delimita il T. Oremo dall'Elvo fino al comune di Borriana. Questa locale struttura idrogeologica segue l'assetto morfologico, accentuandone però gli effetti. In tutta questa zona il deflusso ha direzione N – S e i gradienti sono relativamente alti, dimostrando che gli acquiferi hanno qui più modesti parametri idrodinamici.

5) La valle dell'Elvo costituisce la gronda idraulica ed idrogeologica, la sua falda di subalveo (acquifero B) riceve modeste ricariche laterali dalla Serra e dall'acquifero A della pianura biellese. Le modeste cadenti dimostrano trasmissività discrete ed una complessiva attenuazione della convergenza piezometrica nella porzione sud del territorio di Salussola, ove infatti la pianura tende a ormai compensare i dislivelli morfologici dovuti ai "tilt" tettonici del margine Alpino.

Il quadrante ad est di Cossato ripropone, amplificata, la situazione dei rapporti tra i terrazzi pensili frontali della fascia pedealpina (lombi di paleo conoidi) e la pianura alluvionale. Il modello è simile a quello già visto: campo di moto sul carapace del terrazzo caratterizzato direzione di ricarica da nord, drenaggio laterale e frontale segnato da fortissime cadute di potenziale in corrispondenza delle scarpate. Le valli, che incidono e separano i lombi di paleo pianura, costituiscono assi di drenaggio con direzione di deflusso forzata verso sud, basse cadenti, trasmissività relativamente alte.

Questo quadrante di pianura, da Brusnengo a Castelletto Cervo, ha deflusso verso sud, e, in vicinanza del Cervo, convergente sull'acquifero di subalveo (acquifero B), gradienti idraulici modesti e regolari.

Infine il grande rilievo morenico, come già scritto, è poco e mal analizzabile a causa della cattiva distribuzione dei punti di controllo (pozzi), della forte variazione delle quote rilevabili, delle profondità dei pozzi stessi ed infine per le già citate difficoltà di comprensione delle geometrie dei corpi porosi. Per quanto attiene alla Serra si è già detto dei forti gradienti che ne caratterizzano il versante sull'Elvo. Per le colline moreniche più meridionali i dati raccolti e correlati con molte incertezze (tavola MA3b) mostrano una situazione assai articolata con variazioni molto accentuate del campo di moto, caratteristica questa tipica delle correlazioni tra punti di controllo in realtà relativi ad acquiferi tra loro diversi e forse anche indipendenti. Nel suo insieme il complesso morenico non pare costituire una significativa risorsa idrogeologica, se non a scala locale, probabilmente, a causa della sua stessa presenza, rappresenta uno spartiacque sotterraneo oltre che, naturalmente superficiale.

La figura 2.4 riporta uno schema della soggiacenza (risultante della differenza tra la tavola d'acqua e la superficie topografica) così come emerge dal confronto tra le quote piezometriche rilevate nei pozzi e le relative quote del piano campagna, ricavate dal DTM, inoltre sono state utilizzate alcune quote di terreno inserite per altri scopi nella banca dati. Naturalmente, la pura differenza aritmetica tra la quota statica dell'acqua e la quota di campagna rappresenta la soggiacenza "reale" per le falde libere (freatiche), nel caso di falda confinata (saliente o artesianica) si avrebbe solamente lo spessore dell'intervallo insaturo, quindi una soggiacenza apparente.

Solamente nella porzione più meridionale della pianura biellese si possono riscontrare condizioni di confinamento della falda più superficiale, e, forse in qualche locale situazione della grande pianura relitta di Biella occupata dall'acquifero A.. Solo la falda insediata nell'acquifero B, confinato dal sovrastante acquifero A può avere effetti di salienza, ma nessuna informazione nel merito ha confortato questa possibilità; è probabile che questa falda (B) abbia solo una modestissima sovrappressione rispetto alla sovrastante freatica (A).

Con questi presupposti, l'osservazione della figura 2.4 permette di individuare una distribuzione dei massimi di soggiacenza attorno alle scarpate morfologiche, ai terrazzi pensili di Lessona, Cossato e Castelletto, e all'area morenica di Cavaglià, Dorzano e Salussola.

Le zone di anomalia del campo di moto (asse di drenaggio sotterraneo) di Salussola ha soggiacenze significative. L'area di Verrone, con il suo probabile eccessivo prelievo da freatica, risalta come una zona a forte soggiacenza. L'intero comparto insediato di Biella, Ponderano, Gaglianico ha soggiacenze superiori a 4 metri dal p.c..

Le zone di minore soggiacenza (minore di 2 metri) si concentrano nella porzione centrale settentrionale della pianura biellese ed ai suoi confini orientali, in particolare lungo la paleo valle del Cervo che scorre da Candelo a Massazza, lungo la valle dell'attuale Cervo, dello Strona di Mosso e del Chiebbia.

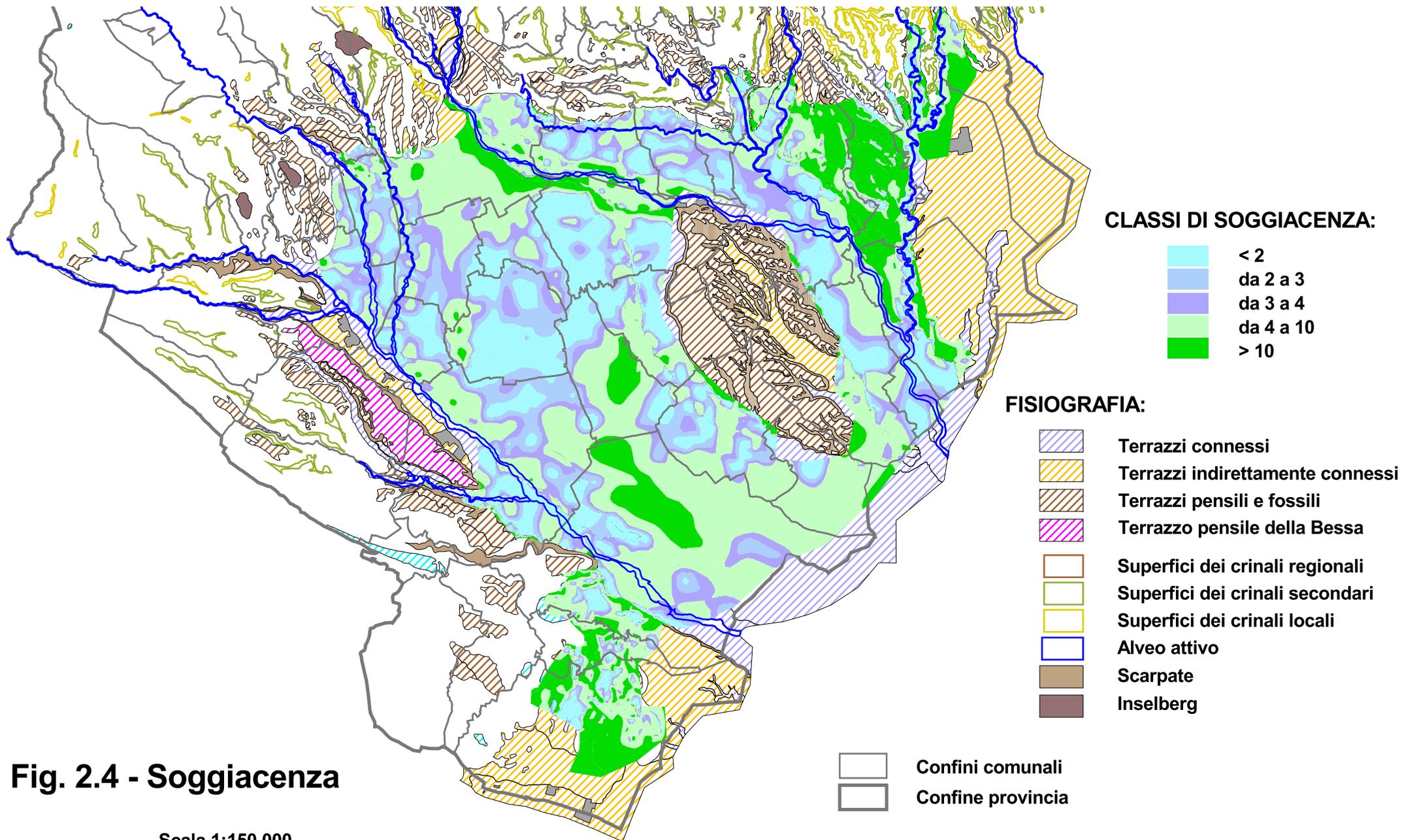


Fig. 2.4 - Soggiacenza

Scala 1:150.000

Solo la possibilità di disporre di serie storiche di dati (almeno decennali) consentirà di ricostruire in modo attendibile e statistico le variazioni stagionali del livello statico della falda freatica di definire il livello massimo di piena, il livello minimo di magra e l'escursione stagionale media. L'esecuzione di una campagna di rilevamento offre solamente la possibilità di "sviluppare una fotografia" dello stato della falda in un preciso momento della sua evoluzione, che, nel nostro caso, corrisponde all'ipotetico periodo di piena. In base alle informazioni raccolte durante il rilevamento (33 pozzi), a quelle storiche e bibliografiche si possono individuare le seguenti aree a maggiore fluttuazione (maggiore di 2 metri) della falda A: l'area di Candelo e la zona di margine orientale della pianura biellese.

Per l'acquifero B le conoscenze acquisite indicano, lungo il margine settentrionale della valle del Cervo, una variazione di escursione da valori massimi (maggiori di 2 metri) a Biella e Vigliano, ad una diminuzione graduale della fluttuazione fino ai suoi minimi (minori di 1 metro) a Cossato dove, anche sul carapace dei terrazzi pensili sono dichiarate escursioni contenute. In genere la stagione di piena delle falde è la tarda primavera, cioè quella di effettuazione del rilevamento.

Come si è visto, il confronto con i dati desunti da Civita et Al., 1990, nei pochi punti di controllo comuni, fornisce un quadro assai stabile (se si prescinde dai pozzi in cui ci sono incertezze di attribuzione della quota del p.c.). Il confronto tra le isofreatiche fornisce invece un quadro di variazione più territoriale caratterizzato da un relativo incremento delle quote statiche nella porzione nord (Ponderano, Gaglianico, Biella, ecc.), mentre la tendenza s'inverte a meridione (Salussola). Ciò ripropone la maggiore differenza riscontrata tra le due analisi: le cadenti idrauliche risultano leggermente maggiori nella presente ricostruzione rispetto a quella di bibliografia.

Non si considerano le zone di anomalia del campo di moto di probabile origine antropica.

Le implicazioni legate all'escursione della falda ed all'andamento delle soggiacenze, ad esempio sulla rete fognante e in genere su tutte le opere sotterranee, possono essere considerevoli.

La rete fognante può essere totalmente immersa nella falda, con ingresso delle acque di falda nei collettori stessi, drenaggio continuo che produce l'abbassamento locale del livello statico e, in rari casi, danneggiamenti agli edifici. Se invece la rete fognante è collocata a quote assai prossime al tetto della falda freatica si può verificare nuovamente il caso di totale immersione e drenaggio stagionale dell'acquifero, ad esempio nei mesi di piena. Oppure, più gravemente, quando il ramo di fognatura è sottoposto a pressioni idrauliche, può disperdersi con maggiore facilità e rapidità negli acquiferi da poco tempo insaturi, o parzialmente saturi (insomma con alto grado di umidità naturale), parte dei suoi fluidi inquinanti.

I dati e le informazioni idrodinamiche disponibili sono quasi tutte riferite a pozzi relativamente profondi, esse quindi riassumono le caratteristiche idrodinamiche di più acquiferi sovrapposti e non possono essere utilizzate per un contesto di analisi riferito solamente al freatico. Tuttavia il confronto tra i dati di conducibilità noti e le informazioni raccolte (21 pozzi), relative ai tempi di svuotamento o di riequilibrio del livello (certamente tempi molto approssimativi) in pozzi certamente freatici si evidenzia una variabilità molto alta e relativamente indipendente dalle altre informazioni idroge-

ologiche e geologiche raccolte. Sarebbe importante disporre per l'acquifero A e per gli acquiferi B di dati idrodinamici certi ottenuti attraverso prove di pompaggio.

2.3 – Vulnerabilità idrogeologica

I vari Autori che si sono interessati al tema, secondo le finalità che si proponevano e secondo i rispettivi punti di vista, hanno proposto varie definizioni della Vulnerabilità naturale degli acquiferi.

Secondo alcuni, il concetto di Vulnerabilità è associato alla concomitanza tra la presenza di "centri di pericolo" (C.D.P.) e struttura idrogeologica, in questo senso cioè si offre una valutazione del pericolo insito in situazioni specifiche. Questa prospettiva è quella propria sia degli studi basati sul "potenziale di impatto", sia delle ricerche effettuate per valutare la fragilità di un ampio territorio in funzione di particolari impianti o opere.

In altra prospettiva il concetto di vulnerabilità viene utilizzato per la compilazione di documenti di base utili nella fase preliminare della pianificazione territoriale su ampie superfici, con la realizzazione di carte della Vulnerabilità naturale o intrinseca.

La Vulnerabilità Intrinseca (Vi) può essere intesa, nel senso di Foster S.S.D. (1987), come <le caratteristiche intrinseche che determinano la suscettibilità delle varie parti di un acquifero ad essere sfavorevolmente colpite da un carico inquinante imposto>.

Per quanto riguarda il territorio provinciale si è ritenuto di assumere ed applicare la prospettiva di una valutazione della vulnerabilità naturale o intrinseca, una valutazione cioè che prescindere dal così detto "strato antropico", e costituisce il primo tentativo di integrazione tra i soli dati geologici resi disponibili per questo lavoro. Mentre le informazioni relative alle attività umane ed ai C.D.P. sono state trattate a parte e costituiscono la base della Carta della Pericolosità Idrogeologica (MA3b), documento che vuole offrire una prima stima del "potenziale carico inquinante" presente nel territorio, sia sulla superficie pedologica, sia sotto ed in particolare nella rete fognante.

La valutazione della Vi è stata realizzata per fornire una zonizzazione territoriale che evidenzi la possibilità di penetrazione "**verticale**" nell'acquifero sottostante di fluidi inquinanti provenienti dalla superficie, o dal primo sottosuolo. La zonizzazione proposta ha la prerogativa di evidenziare i comparti caratterizzati da una situazione idrogeologica particolarmente fragile e quindi può guidare nella scelta localizzativa di nuovi insediamenti, nella scelta di intervento e di finanziamento di opere e scelte di tutela rivolte all'insediamento esistente, insomma contribuisce a determinare la valutazione della *compatibilità ambientale* di un ambito territoriale rispetto al tipo di destinazione d'uso.

Al fine di offrire un quadro più completo della Vulnerabilità si sono considerate anche le zone di comunicazione tra acquiferi sovrapposti (figura 2.3), evidenziando così le aree a maggiore sensibilità idrogeologica, quelle in cui l'ingresso di un eventuale inquinante proveniente dall'alto avrebbe gli effetti più devastanti sul maggiore volume di risorsa. Si è tentato così di sopperire all'assenza di dati relativi alla qualità delle acque, ed alla variazione delle trasmissività degli acquiferi investigati, che avrebbe-

ro permesso di ricostruire la "esposizione" idrogeologica delle falde superficiali del territorio provinciale.

L'integrazione della Vi, con le informazioni di sottosuolo, fornisce un documento che si discosta da quelli prodotti dal GDNCI. La zonizzazione tiene conto non solo della vulnerabilità naturale, in relazione alla facilità con cui un possibile fluido inquinante può giungere al primo acquifero, ma anche di una forma di "esposizione" dello stesso acquifero, vale a dire l'importanza relativa della qualità dell'acqua di quella particolare zona di freatico, importanza connessa alla facilità che ha di spostarsi anche verso gli acquiferi sottostanti (drenanza). In questo modo, la valutazione è più completa e sintetica, e consente immediatamente la percezione dei limiti di tutela della risorsa stessa, imposti dalle caratteristiche naturali dei vari siti. La rappresentazione che ne deriva integra così anche una componente di esposizione delle acque sotterranee: Vulnerabilità Integrata (Vt).

Tra i vari metodi di stima della Vi si è scelto di utilizzare la "**valutazione per situazioni idrogeologiche omogenee**", metodo fondato sulla considerazione di più rappresentazioni cartografiche, che nasce esplicitamente per la formazione delle cartografie di vulnerabilità a denominatore di scala medio-alto per territori vasti. Esempio e "capostipite" ne è la produzione cartografica francese del B.R.G.M. ed in particolare Albinet e Margat (1970).

La scelta metodologica effettuata dal GDNCI (Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, CNR), già effettuata nel 1990 per il biellese e vercellese, rientra in questa famiglia di metodologie. La valutazione della vulnerabilità è qualitativa rispetto ai parametri considerati per intervalli preordinati su situazioni tipo. Molti esempi di cartografia, realizzata nella pianura padana, elaborati sulla scorta della legenda ufficiale GDNCI (Civita 1988, 1990), con alcune diversificazioni ed adattamenti alle situazioni locali, consentono di avere un ricco panorama di applicazioni possibili. Vengono utilizzati indici litologici, piezometrici, valutazione sui rapporti con i corsi d'acqua superficiali e sul confinamento delle falde. La quantificazione di questi parametri non è richiesta come requisito ineludibile, la legenda può essere direttamente interpretativa e sinottica della situazione idrogeologica, o vedere esplicitate le variabili considerate con la scomposizione interpretativa.

La scelta di metodo dunque è dovuta oltre che alla territorialità dell'indagine ed alla scala di analisi, anche alla ricerca di uniformità con le ricerche precedenti ed alla semplicità e linearità con cui eventuali errori potranno essere corretti in prospettiva (nuove prove geognostiche potrebbero segnalare errori di estrapolazione tessiturale e litologica tra i punti oggi noti e considerati).

La valutazione della Vulnerabilità Integrata (Vt) è stata rappresentata uniformemente sull'intero territorio provinciale (tavola IGT-S), anche se la differenziazione nella qualità e densità delle informazioni geologiche (sottosuolo e superficie) ha costretto a volte ad esasperare le possibilità e le modalità interpretative. In particolare, per i terrazzi pensili, pianalti ed il complesso morenico le informazioni geologiche di sottosuolo sono spesso scarse e di incerta attendibilità. Qui si è ricorsi ad informazioni indirette: evidenze morfologiche e altezze delle scarpate, in correlazione con i pochi dati geognostici disponibili, per definire il possibile spessore degli episodi alluvionali e

la profondità di escavazione dei pozzi e per la valutazione dell'andamento geometrico e della profondità del substrato.

L'applicazione del metodo GNDCI prevede una discreta conoscenza della litologia e della tessitura prevalente di superficie e del sottosuolo fino al tetto del primo livello granulare grossolano (ghiaia o sabbia grossa), oppure in assenza di livelli granulari, almeno fino a 10 metri di profondità e lo stato della falda superficiale se freatica o confinata (saliente). La tabella 2.1 costituisce il riferimento tenuto per la Carta della Vi di Fig. 2.5 e mostra le modalità di incrocio tra queste informazioni per formare la zonizzazione di vulnerabilità.

Grado di vulnerabilità	Litologia Prevalente	Profondità Acquif. [m.]	Caratteristiche falda
Basso (B)	argille e limi suoli molto maturi morenico	≥ 10	Falda assente, confinata Falda assente o sospesa
Medio (M)	loam suoli maturi	≥10	Falda libera Falda libera, local. confinata
Alto (A)	limo ± sabbioso sabbia e ghiaia	<6	Falda libera
		>6	Falda libera
		>10	Falda libera e drenanza falda sottostante Falda libera assi di drenaggio, depressioni
Elevato (E)	limo e sabbia sabbia e ghiaia	<4	Falda libera
		<6	Falda libera Falda libera e drenanza falda sottostante
Est. Elevato (EE)	Ghiaia e sabbia	<3	Falda libera Comunicazione con tutti acquiferi

Tabella 2.1 – Rappresentazione dei parametri utilizzati per la zonizzazione della Vulnerabilità Intrinseca (Vi)

I dati utilizzati derivano dalle stesse banche dati che hanno consentito la ricostruzione fisiografica e morfologica, della geologia di sottosuolo e della morfologia del tetto della falda. Si sono considerati i processi di attenuazione che si svolgono nella porzione più superficiale dei suoli e nell'insaturo (degradazione chimica e biologica, filtrazione, adsorbimento, ecc.), solamente nelle situazioni di accertata presenza di suolo ad alta maturità (alcuni terrazzi pensili) ed in condizioni di modesta utilizzazione agricola.

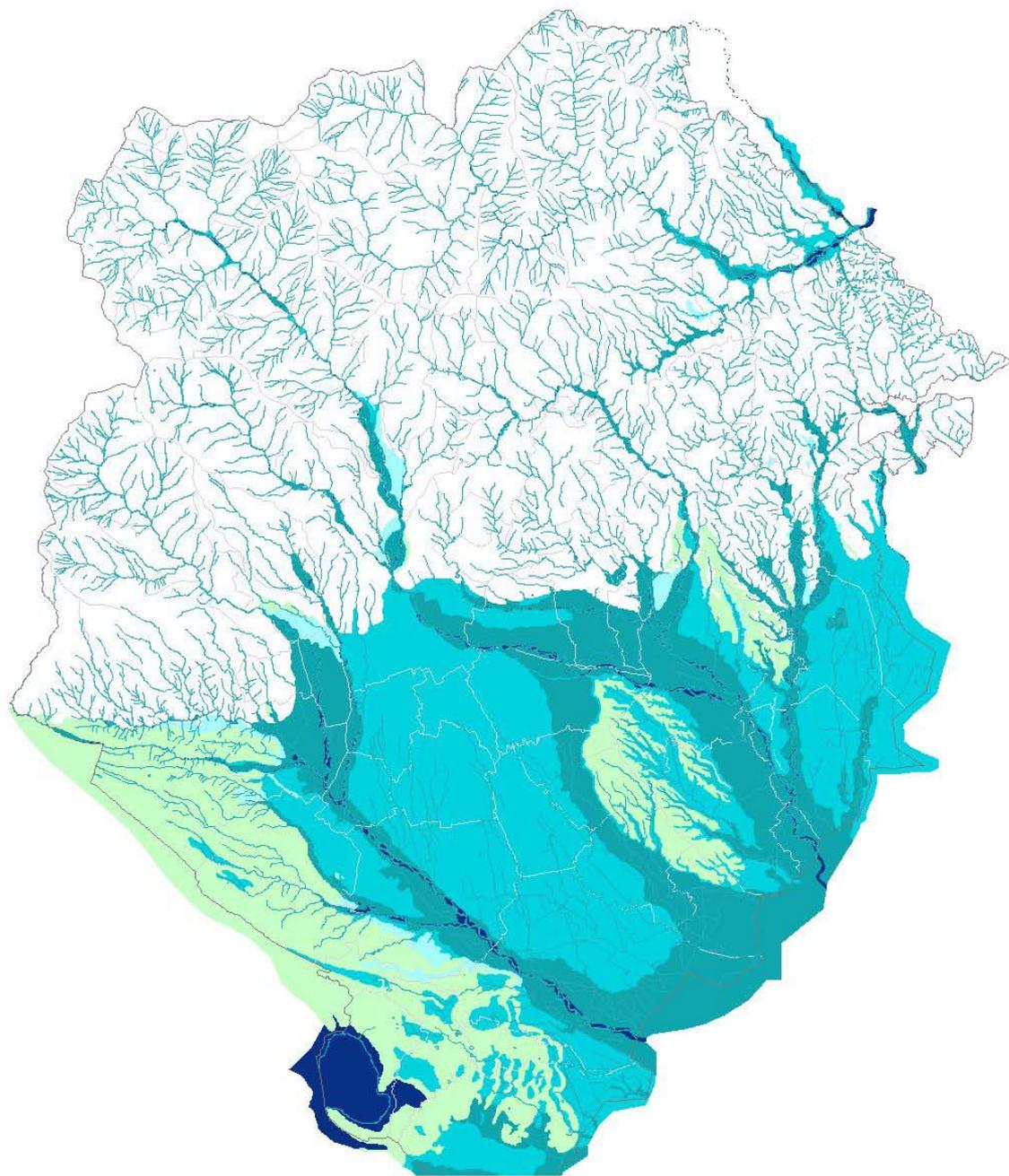
Per i terrazzi pensili fortemente insediati e dotati di soggiacenza inferiore a 10 metri si è considerato che lo strato pedologico maturo (anche se distribuito su più livelli sovrapposti) avesse minore rilevanza ai fini della vulnerabilità perché superato dalle reti tecnologiche interrate (in particolare rete di fognatura). In questi casi la vulnerabi-

lità è stata valutata considerando soggiacenze diminuite di 2,5 metri, mantenendosi così un più alto margine di sicurezza. In alcuni casi (Castelletto e Cossato), in cui il rilevamento ha messo in luce il drastico abbassamento della falda freatica dei terrazzi pensili, fino anche al completo essiccamento dei pozzi, si è preferito mantenere la classe di vulnerabilità alta in considerazione dell'accertata connessione con l'acquifero freatico della sottostante pianura.

Infine si è data più enfasi ai dati morfologici, idrogeologici e di geologia di sottosuolo, piuttosto che alla distribuzione delle soggiacenze in considerazione delle frequenti correzioni che si sono dovute operare al DTM per adattarne i risultati alla realtà topografica. Così i limiti di zonizzazione sono stati scelti, in prevalenza, secondo criteri cautelativi tra quelli morfologici.

Gli alvei attivi sono stati posti nella classe EE (Estremamente Elevato) per la permanente connessione con il tetto della falda di subalveo; i terrazzi connessi di fondovalle, anche se ripartiti in diversi ordini nella banca dati, sono stati inseriti nella classe E (Elevato) per l'accertata presenza di depositi alluvionali recenti ad alta permeabilità e per l'intima connessione con il freatico, di cui costituiscono il primo serbatoio. Queste scelte sono state effettuate indipendentemente dai risultati della soggiacenza, a volte contraddittori nei dettagli, anche dopo ripetute correzioni.

La grande pianura terrazzata di Biella è stata uniformata alla classe A (Alto), anche nei due casi in cui la soggiacenza è superiore a 10 metri (Verrone e Salussola), poiché quest'ultima è determinata da anomalie dovute o ad eccessivi prelievi (depressione freatica), oppure alla presenza di importanti assi di drenaggio sotterranei, che indicano forti valori di trasmissività, e quindi maggiore facilità di diffusione di possibili inquinanti. I numerosi casi di soggiacenza superiore a 6 metri che si concentrano attorno ai centri abitati (in particolare Biella), sono stati inseriti nella classe di Vulnerabilità Alta per la presenza delle reti sotterranee che diminuiscono drasticamente (almeno 2,5 metri) la soggiacenza e le possibilità naturali di difesa.



Classi di Vulnerabilità intrinseca (Vi)

- EE = estremamente elevata
- E = elevata
- A = alta
- M = media
- B = bassa

Scala 1: 200.000

Confine provincia
 Confini comunali

Fig. 2.5 - Vulnerabilità Intrinseca (Vi)

2.4 Pericolosità idrogeologica

Nel termine "pericolosità" è implicita la specificazione del "*bersaglio*" del rischio, e della *previsione*, più o meno approssimativa, dei pericoli futuri con una valutazione della loro intensità e frequenza.

Nella valutazione della pericolosità idrogeologica a scala territoriale:

il "**bersaglio**" è rappresentato dalla quantità e qualità delle acque sotterranee;

la "**intensità**" dipenderà dalla concentrazione dell'inquinante e dalla possibile o prevedibile continuità dell'evento;

la "**previsione**" delle possibilità che si verifichino inquinamenti delle acque sotterranee o superficiali è legata ai metodi di valutazione statistica delle probabilità di accadimento per singoli impianti produttivi o per situazioni codificate e localizzate. Le metodologie in uso possono ricondursi a due criteri fondamentali: analisi della serie storica per installazioni simili, e analisi degli "schemi di processo" o le "procedure di esercizio" cercando di prevedere le possibili anomalie. Non sono noti, invece approcci per una valutazione statistica di possibili incidenti e/o inquinamenti territoriali (area vasta) legati alle reti fognarie o a intere categorie di attività produttive, in un determinato intervallo temporale.

Nel caso di analisi territoriale, anziché semplicemente sovrapporre alla carta della Vt la localizzazione dei possibili C.D.P., senza per altro quantificarne l'intensità (metodo GDNCI), si è applicato al territorio biellese un approccio già sperimentato sia alla Regione Veneto (veronese), sia all'Emilia-Romagna (Bologna, Forlì). Si è pensato di confrontare i C.D.P. in termini di intensità di inquinamento potenziale, calcolata ricorrendo al parametro AE (abitanti equivalenti) o ad altre unità di misura che consentano un confronto tra le diverse fonti di inquinamento. Non sono stati considerati termini di pericolosità relativi alla "quantità delle acque" sotterranee e/o superficiali.

L'entità dei prelievi di acque sotterranee non ha avuto riflessi negativi sulle falde più superficiali (se si escludono le modeste anomalie segnalate es.a Verrone), e nemmeno in relazione all'abbassamento del suolo che non avrebbe comunque entità significativa per la presenza del potente scheletro solido dei sedimenti che caratterizza l'alta pianura biellese. .

L'entità delle derivazioni dai corsi d'acqua superficiali, certamente non modesta, soprattutto nei corsi montani, influisce negativamente sull'evoluzione delle dinamiche torrentizie e sull'entità della ricarica delle falde. La carta della pericolosità (MA3b), anche se realizzata con informazioni parziali ed in assenza di una valutazione delle probabilità di accadimento, ha lo scopo di offrire un'immagine geografica immediata dei luoghi in cui si concentrano i maggiori pericoli potenziali di inquinamento per le acque sotterranee. Questa rappresentazione vuole indicare le aree in cui il "carico" antropico è più "pesante" e la "sostenibilità" è più difficile quindi propone un primo confronto territoriale, quanto a potenziale idroinquinante, tra diverse attività legate allo sviluppo ed alla vita umana.

Si tratta di un documento essenzialmente inventariale, in ultima analisi di una banca dati, che deve essere resa interattiva con un "sistema di lettura" delle informazioni capace di omogeneizzarle per renderle confrontabili tra loro. Tale base informativa dovrà essere aggiornata con cadenza annuale (spandimenti liquami, abitanti, indu-

strie, ecc.) ed anche il sistema di traduzione in termini di equivalenza delle informazioni territoriali (ettari dei terreni destinati a spandimenti, lunghezze dei rami di fognatura, numero di veicoli transitati, ecc.) e puntuali (numero di addetti secondo le attività produttive, centri di pericolo, ecc.) dovrà essere migliorato, aggiornato periodicamente, ed interamente rivisto anche in funzione delle necessità di programmazione dell'Amministrazione Provinciale.

Le informazioni relative ai produttori di inquinamento fornite dalla Provincia di Biella sono state confrontate e integrate con le banche dati della letteratura (Civita et Al., 1990; PTP, elenchi camera di commercio, dati settore agricoltura, ARPA). Alcuni limiti dovuti alla quantità e/o all'attendibilità dei dati, hanno reso particolarmente faticosa l'elaborazione di questa cartografia (tavola MA3b). Relativamente ad alcuni aspetti, le informazioni fornite si sono dimostrate dettagliate ed esaurienti, in altri casi, parziali o superate (attività produttive, soprattutto per il numero di addetti), in altri, infine, inesistenti o di difficilissima assunzione (impiego di fitofarmaci per zone, quantità e tipologia di concimi utilizzati, spandimento liquami, distribuzione del traffico veicolare per tipologia, ecc.).

Al fine di valutare **l'intensità del potenziale inquinamento**, le informazioni relative alle attività produttive industriali ed artigianali (numero di addetti e tipologia di attività) sono state trasformate in termini di AE (abitante equivalente), secondo una complessa tabella di conversione, basata essenzialmente sulla definizione di AE come unità produttrice di 54g BOD₅. Considerando che attualmente² questa trasformazione viene effettuata in termini di 60g BOD₅, i dati tabellari sono stati semplicemente moltiplicati per 1,11 (60/54) per adeguarli. La tabella di conversione utilizzata fornisce anche, per gli scarichi in fognatura di ogni tipo di attività produttiva, la presenza/assenza di alcuni importanti parametri come COD/BOD₅ >>2, fosforo, metalli pesanti, ed una valutazione quantitativa approssimata dei consumi idrici per addetto.

Nella formulazione della tabella di conversione addetti/AE per le attività produttive, ci si è riferiti alle tabelle elaborate dalla Regione Lombardia, al rapporto tra addetti ed AE riportato dall'ISTAT, confrontandoli ed attualizzandoli con tabelle di conversione di altre fonti (R. Marchetti 1993, UNESCO, ecc.).

In prospettiva, l'Amministrazione Provinciale potrà utilizzare una delle tabelle di comparazione normalmente utilizzata per dimensionare gli impianti di depurazione in funzione o di progetto.

Una volta ottenuto il numero di AE presenti (abitanti e attività produttive) per ogni comparto considerato, questo numero è stato attribuito all'area di sedime delle attività o del centro residenziale considerato.

La valutazione delle "**probabilità di accadimento**" di inquinamento (possibilità che si verificano rotture o perdite continuative o saltuarie lungo i vari collettori della rete) rappresenta, assieme all'intensità, una componente determinante della valutazione di pericolosità, ma occorre una sede di analisi maggiormente dettagliata per giungere a questo tipo di valutazione. Questo potrebbe rappresentare un indirizzo di tutela di pro-

² Il D.Lgs 152/1999 definisce infatti l'Abitante Equivalente come <il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD₅) pari a 60 g di ossigeno al giorno.>

spettiva. Allo stato delle conoscenze si è attribuita pari probabilità di accadimento considerando che gran parte delle reti esistenti siano ancora di tipo misto.

Infatti, note le caratteristiche tecniche delle reti fognanti, sarà possibile assegnare ad interi bacini scolanti probabilità di accadimento correlate a parametri quali: l'età di messa in opera di ogni ramo, la qualità del materiale utilizzato (cemento, PVC, metallo, ceramica), le caratteristiche tecniche dell'opera (profondità delle giunzioni, modalità di "saldatura", tipo di sottofondo, dimensioni e geometria del ramo, pendenza della trincea, ecc.), le condizioni di esercizio (pressione, miste, nere, presenza di pompe, scambiatori, ecc.).

Per quanto riguarda la popolazione, si sono considerati i dati del censimento e le relative proiezioni al 1998. Gli abitanti sono stati attribuiti ad insiemi di isolati, per il Comune di Biella l'esito è stato relativamente uniforme, almeno alla scala di analisi, certo non di dettaglio, per gli altri comuni si sono semplicemente attribuiti gli abitanti al perimetro urbanizzato. Per le attività produttive presenti in ambito urbano o coltivate dalla fognatura urbana, ed il rispettivo numero di addetti, si è utilizzato sempre il censimento ISTAT 1991, con alcune correzioni operate sulla scorta dei dati forniti dalla Provincia o dalle fonti citate.

Gli scarichi nelle acque di superficie dovuti agli scolmatori delle fogne miste (ancora frequenti) e/o a scarichi diretti per assenza di depurazione (casi relativamente poco numerosi), dovranno essere trattati in funzione del numero di AE scaricati, per stabilire l'ordine di priorità negli interventi di correzione e/o conversione da rete mista in rete duale. La valutazione di pericolosità, in questi casi riferita alla contaminazione reale delle acque superficiali e, attraverso queste, delle acque sotterranee, dovrebbe essere relazionata alla presunta entità della portata minima dei corpi idrici riceventi rispetto agli AE potenziali scaricati.

Per gli **allevamenti**, in cui la pericolosità è concentrata in uno spazio assai ridotto, le informazioni raccolte sono parziali: le localizzazioni e la tipologia delle aziende zootecniche è stata fornita dalla Provincia di Biella ed è relativamente completa ed aggiornata, ma il numero di capi allevati invece non è sempre noto. Questa carenza informativa, naturalmente, vanifica parte del lavoro svolto, ma il quadro d'insieme delle localizzazioni per tipologia di allevamento costituisce comunque un primo importante passo per una valutazione, almeno qualitativa della pericolosità potenziale.

Comunque è opportuno sottolineare che questa attività è marginale per il territorio biellese ed appare condotta con densità decisamente modeste.

Al fine di valutare l'intensità del potenziale inquinamento, le informazioni quantitative certe, tra le varie possibilità di conversione, sono state trasformate in termini di AE per uniformità con l'area urbana. I termini di conversione utilizzati sono riportati in tabella 2.2.

Allevamento	Range di letteratura	Valori utilizzati
1 bovino	5 ÷ 10 AE	7 AE
1 suino	3 AE	3 AE
1 ovino	0,3 ÷ 0,7 AE	0,5 AE

Tabella 2.2 – Termini di conversione in AE (abitante equivalente) utilizzati

Il calcolo delle probabilità di accadimento (rilascio di liquami) viene di norma effettuato sulla base di parametri legati all'attività dell'azienda zootecnica (numero di spostamenti del liquame), alle caratteristiche edilizie e strutturali degli edifici adibiti a stalla (tipologia della pavimentazione, caratteristiche dell'impianto di lavaggio e raccolta del liquame, modalità di connessione tra stalla e deposito liquami), alla fattura del deposito liquami, alle modalità della stabulazione in esterno e al rapporto peso vivo/superficie, ecc., attribuendo un punteggio alle grandi tipologie riscontrate. Tutte queste informazioni non sono state raccolte, si è quindi attribuito una probabilità di accadimento eguale per tutte le aziende.

La tavola MA3b localizza i C.D.P. zootecnici distinguendo tra quelli per cui il numero di capi è noto, e quelli per cui è ignoto. La carta è stata costruita assegnando il valore di pericolosità in base alla sola tabella di conversione.

Benché per le attività zootecniche la carta della pericolosità risulti lacunosa dal punto di vista quantitativo, la distribuzione territoriale delle aziende mostra che una modesta percentuale (15%) di attività zootecniche ricade in zone di pianura a vulnerabilità idrogeologica alta o elevata.

Le aree di **spandimento dei liquami e concimazioni**, sono note solamente in quanto a localizzazione ed estensione, e per quantità sversate.

In questo caso il parametro comparativo utilizzato è quello del peso vivo/ettaro che consente appunto confronti con le situazioni più che regionali. La tavola MA3b riporta questa scala di valori con una stima di equivalenza rispetto agli AE, in termini solo qualitativi.

La presenza di fitofarmaci e pesticidi nelle acque sotterranee del biellese (Cerrione – Cossato), segnalata in letteratura e riscontrata nelle analisi, dovrebbe costituire argomento di una specifica ricerca finalizzata alla realizzazione di una specifica carta della vulnerabilità idrogeologica, come d'altro canto richiede, per le aree di crisi, lo stesso D.Lgs. 152/99.

Per la viabilità ed altre emergenze particolari non trattate in questo documento occorrerà una specifica indagine, volta non solo a reperire informazioni più dettagliate, ma soprattutto a determinare metodi e modelli di conversione di questi dati in probabilità di accadimento ed in pericolosità confrontabile con quella degli altri C.D.P. Ormai molte ricerche specializzate hanno evidenziato che il rischio derivante dal trasporto su strada di sostanze pericolose è 10 volte superiore a quello derivante da impianti fissi. In questo senso si sono sviluppati in questi ultimi anni alcuni complessi modelli basati su metodi per indicizzazione. Oltre a modelli di valutazione per trasporti speciali (esafluoruro di uranio, cloro liquido, in genere tutte le sostanze tossiche), sono stati elaborati anche alcuni modelli che valutano la pericolosità per i trasporti semplicemente pericolosi (quelli cioè per cui la legislazione richiede minori garanzie strutturali del veicolo) sia per gli USA (Jones et Al, 1973), sia per i paesi europei.

Tutti i modelli, naturalmente contemplan l'inserimento della "frequenza incidentale attesa" in relazione a parametri locali quali le caratteristiche della viabilità, il numero di abitanti (urbani, semirurali, rurali), i volumi di traffico. Nel nostro caso una simile analisi non è stata eseguita, ma, in prospettiva l'acquisizione di specifici dati sul traffico pesante per tipologia di trasporto, consentirà di inserire anche questa, come

traffico pesante per tipologia di trasporto, consentirà di inserire anche questa, come previsione nel contesto della pericolosità idrogeologica dell'area provinciale.

Naturalmente lo studio dovrà affrontare in modo differenziato la viabilità urbana rispetto a quella principale extraurbana. Infatti le aree urbane sono impermeabilizzate ed eventuali sversamenti accidentali verrebbero collettati dalle fogne mediante piccoli e semplici interventi preventivi (saracinesche). Nelle aree extraurbane la pericolosità idrogeologica si concentra lungo i fossi stradali, con la conseguenza che la difesa da accidenti idrogeologici richiede una particolare attenzione e investimenti significativi. Pertanto l'analisi di compatibilità idrogeologica della rete stradale deve essere effettuata con particolare cura e dettaglio.

Analoga attenzione va rivolta alla rete ferroviaria, anche se, allo stato delle conoscenze, l'incidentistica con ricadute idrogeologiche appare assai minore.

In conclusione, la carta della pericolosità idrogeologica (MA3b) rappresenta un documento quantitativo realizzato secondo gli intendimenti teorici di premessa, ed indica la presenza di nuclei ad alta ed elevata pericolosità idrogeologica. La definizione delle pericolosità dovrebbe essere completata con una serie di analisi, a scala di maggior dettaglio, concentrate proprio su questi C.D.P. per definirne le possibili attenuazioni o le condizioni di priorità negli interventi di riqualificazione ambientale.

Per le aree extraurbane (semirurali), interessate soprattutto da una pericolosità connessa alle attività agro-zootecniche, la cartografia ha significato solamente semi quantitativo a causa delle lacune informative di base. La sua utilità è ridotta alla semplice possibilità di incrocio con la carta della vulnerabilità al fine di individuare la presenza territoriale di un potenziale rischio di inquinamento. In questo senso l'impossibilità di indicare la diffusione dei prodotti fitoiatrici e dei pesticidi utilizzati in agricoltura, limita ulteriormente le possibilità di un uso "equilibrato" del documento anche se la definizione delle aree di distribuzione dei prodotti chimici in agricoltura rappresenta un problema irrisolto a livello almeno europeo. La definizione delle aree "sensibili" viene infatti effettuata, purtroppo, ex post, più che in via preventiva.

Infine l'integrazione tra Vulnerabilità Integrata (Vt) e Pericolosità Idrogeologica può fornire un quadro temporaneo della situazione di rischio di inquinamento delle acque sotterranee del biellese, strumento questo di programmazione delle priorità di incentivo e/o di intervento per la tutela idrogeologica.

La possibilità di effettuare confronti tra situazioni così diverse può costituire ancora solamente una base di programmazione per la definizione di priorità di intervento, mitigazione ed eventuale bonifica dell'esistente. Per questo tipo di valutazione può essere utilizzato uno schema concettuale vicino a quello di Foster, 1987, già utilizzato con varie modifiche da molti altri Autori.

I limiti dichiarati per la carta della pericolosità (limiti relativi alle informazioni di base), riducono la possibilità di ottenere esiti completamente confrontabili tra le zone insediate e le aree extra urbane, ove, l'assenza di informazioni relative all'impiego di fitofarmaci e di prodotti chimici, ed al traffico pesante specifico, consente solamente un confronto semiquantitativo.

La tabella 2.3 riporta la chiave di conversione che può essere utilizzata. Si può notare che la funzione di incrocio enfatizza (salto di una classe) le pericolosità elevate ed elevatissime per vulnerabilità integrate alte e superiori.

	PERICOLOSITÀ				
VULN. INTEGRATA	Basso	Medio	Alto	Elevato	Est. Elevato
Basso	Basso	Basso	Basso	Medio	Alto
Medio	Basso	Basso	Medio	Medio	Alto
Alto	Basso	Medio	Alto	Elevato	Est. Elevato
Elevato	Basso	Medio	Elevato	Est. Elevato	Est. Elevato
Est. Elevato	Basso	Alto	Est. Elevato	Est. Elevato	Est. Elevato

Tabella 2.3 – Incremento della Vulnerabilità Integrata in funzione della Pericolosità

Resta implicito che l'assenza di pericolosità (tutto il territorio agricolo non classificato) in realtà cela una mancanza di informazioni relativa alle modalità di conduzione delle aziende agricole, ed alle modalità di produzione degli alimenti.

3 DISSESTI DI VERSANTE E D'ALVEO

3.1 Fonti e certificazione delle informazioni: la banca dati dei dissesti

L'insieme delle informazioni morfologiche, con particolare riferimento a quelle relative ai movimenti franosi ed alle attività d'alveo, prodotte in questi decenni dai geologi professionisti, e dagli Istituti di ricerca nel biellese, è stato raccolto ed ordinato nell'inventario del dissesto. L'inventario è stato quindi costruito in base al repertorio delle conoscenze presenti nel territorio (Comunità Montane, Comuni, Provincia di Vercelli, e l'attuale Provincia di Biella), attraverso l'esame dei PRGC e dei documenti geologici allegati, degli studi compiuti da vari Autori a seguito dei ripetuti eventi alluvionali, infine grazie agli esiti di preziose interviste effettuate ai funzionari degli Uffici Tecnici dei Comuni, delle Comunità Montane e dei Servizi Regionali Decentrati. La bibliografia riporta la maggior parte dei lavori considerati.

Anche i geologi professionisti locali hanno collaborato alla formazione dell'inventario del dissesto, fornendo lavori e precisazioni. In particolare per la Val Sessera uno specifico lavoro è stato commissionato dalla Comunità Montana Valle Sessera al Dott. M. Biasetti ed al Dott. M. Zantonelli, che hanno curato la revisione dei dissesti per questa vallata.

L'acquisizione delle informazioni sulla montagna biellese è avvenuta, spesso, a partire da documenti cartacei elaborati prima dell'esistenza della carta tecnica regionale (CTR). In alcuni casi le geometrie delle frane erano state disegnate dai vari Autori su basi topografiche IGMI (1:25.000) ingrandite, a volte con topografia IGMI riportata approssimativamente a mano, oppure su basi catastali. Anche nei casi in cui le informazioni sono state assunte da documenti di elaborazione recente, quindi senza i problemi dovuti ai diversi supporti topografici, la semplice trasposizione dei dati in formato numerico può aver comportato errori di vario genere. In tutti i casi le legende delle cartografie e le denominazioni usate sono, naturalmente, il frutto della cultura geologica che mediamente si esprimeva negli anni di elaborazione, e della cultura tecnica dell'Autore, così le definizioni e le descrizioni originali sono le più svariate.

Per questo motivo, alla formazione dell'inventario del dissesto, è seguito un lungo lavoro di "convalidazione" delle informazioni stesse, da parte delle Amministrazioni Comunali e delle Comunità Montane che le possiedono e che le utilizzeranno, in futuro, come veri soggetti della pianificazione locale. La "consultazione" dei Comuni e Comunità Montane è stata imperniata non solamente sulla richiesta di convalidazione delle informazioni riportate e di discussione delle procedure di interscambio, ma anche sulla richiesta di arricchimento della banca dati stessa, con nuovi dati. È questa la fase in cui le Amministrazioni Comunali e le Comunità Montane sono state chiamate ad una verifica concertata del lavoro idraulico eseguito unitariamente, per la prima volta in questa provincia, su alcune delle principali aste montane.

La finalità di questo lungo e faticoso lavoro è, naturalmente, quella di dimostrare nei fatti il ruolo di reale coordinamento tecnico - politico che la Provincia può svolgere e la giustezza di un'impostazione unitaria della ricerca sull'insieme della vallata dal punto di vista sia idraulico, sia morfologico.

La possibilità di disporre di un inventario dei dissesti di versante e d'alveo ufficiale, condiviso, o meglio "certificato", dalle Comunità Locali (Comuni, Comunità

Montane e Provincia), e successivamente anche dalla Regione Piemonte e dall’Autorità di Bacino del Po, rappresenta uno degli obiettivi fondamentali di questo lavoro.

La condivisione dell’inventario del dissesto, infatti, consente una maggiore certezza amministrativa all’intera “filiera” dei decisori pubblici (dal Comune all’Autorità di Bacino), migliora la consapevolezza della distribuzione territoriale della pericolosità geologica, consente un celere aggiornamento delle conoscenze, e facilita la predisposizione di progetti di manutenzione e riassetto territoriale, e di prevenzione del rischio di versante sovra-comunali e di vallata.

Alla conclusione delle consultazioni effettuate con la maggior parte dei Comuni dei quattro principali bacini la Provincia di Biella dispone di un inventario comprendente la somma delle informazioni territoriali relative ai dissesti di versante, alle opere idrauliche realizzate, alle alluvioni, ai danni subiti, alle opere colpite e ripristinate, riconosciuta e condivisa da molti dei Comuni e Comunità Montane consultati. Ad oggi solamente i Comuni della porzione montana del T. Cervo, a monte del territorio del Comune di Biella, non hanno aderito al programma di condivisione dell’inventario del dissesto e di formazione della banca dati.

L’inventario del dissesto convalidato rappresenta la base di partenza di un percorso conoscitivo, esso infatti costituisce solamente un insieme di informazioni (forme geometriche, segnalazioni lineari e puntuali), spesso corredate da importanti dati relativi alla descrizione ed all’epoca degli accadimenti, ai danni subiti, all’intensità dei processi. Tutte queste informazioni sono state organizzate, ordinate, ponderate al fine di confluire, assieme alle informazioni derivate da altre discipline³, nella Banca Dati Geologica (B.D.G.) ed essere utilizzate per la valutazione della pericolosità.

A questo scopo l’inventario del dissesto, presente nella B.D.G., ha costituito la base di elaborazione della classificazione delle frane e delle attività morfologiche d’alveo.

3.2 Classificazione dei movimenti di massa

3.2.1 Sistemica e classificazioni

L’approccio alla conoscenza attraverso la classificazione dei fenomeni si fonda sulla procedura “analitica” (di Galilei e Cartesio), secondo cui la complessità dei fenomeni è riconducibile ad un ordine, a leggi semplici, ordine e leggi percepibili dalla scomposizione della realtà nei suoi elementi ritenuti fondamentali. Insomma, la conoscenza analitica separa (distingue, disgiunge) e associa (unisce gli oggetti identificati), gerarchizza (principale e secondario) la realtà fisica con un approccio classificatorio dominato dai principi di distinzione, di riduzione e di astrazione: in una parola, con un approccio dominato dal “paradigma di disgiunzione” di Edgar Mirin.

Le classificazioni e le definizioni costituiscono sempre un’approssimazione della realtà, i fenomeni naturali infatti raramente sono lineari, ed il tentativo di descriverli

³ litologia, idrologia, idraulica, morfologia e morfometria, uso del suolo, topografia e DTM, idrogeologia della falda freatica, geologia di sottosuolo.

in un insieme ordinato di categorie disgiunte, che ne rappresentino la complessità, si scontra inevitabilmente con l'estrema varietà delle combinazioni tra "agenti" e "componenti", tra intensità e frequenze dei processi in gioco.

Malgrado queste evidenti difficoltà, le classificazioni dei fenomeni naturali, o se si preferisce l'adozione di definizioni, terminologie idonee ad indicare i processi, rappresentano un passaggio della conoscenza indispensabile per avere una base di linguaggio condivisa; un "principio" informatore non ambiguo, controllabile, e quindi anche correggibile. Tuttavia, bisogna sempre conservare la consapevolezza dei limiti intrinseci alle classificazioni, schematizzati prima: esse sono la negazione dell'approccio sistemico, unico capace di descrivere, rappresentare, e quindi simulare, il comportamento, ad esempio idraulico e morfologico di un bacino.

L'approccio sistemico alla conoscenza prevede, invece, la comprensione dei fenomeni naturali attraverso la definizione delle interazioni (quasi mai lineari) che li legano tra loro. L'evento frana e le interazioni che lo determinano, e che essa determina, costituiscono certamente un esempio della "complessità organizzata" di Bertalanffy (1975), complessità organizzata che si esplica entro un sistema aperto la cui unità minima è, nel nostro caso, il microbacino idrografico (Cella Elementare e Elementi idrografici contrapposti).

Purtroppo siamo lontani dalla capacità di studiare con modalità sistemiche il comportamento idro-morfologico di un bacino, e quindi non siamo in grado di simulare le leggi e prevederne "azioni e reazioni". Oggi siamo solamente in condizione di comporre il quadro ipotetico dell'insieme delle analisi settoriali, consapevoli tuttavia che <il tutto risulta essere ben più della somma delle sue parti: un mucchietto di tasselli multicolori non costituisce il mosaico> (Tricart J. e Kilian J., 1985)

In questo senso, la "classificazione" deve essere intesa soprattutto come uno strumento di lavoro, uno "stato di avanzamento" delle conoscenze, limitato ma indispensabile. Per questo stesso motivo si è scelta una classificazione che privilegia più le categorie descrittive, di quelle deterministiche, anche se queste ultime hanno il fascino della costruzione più oggettivamente logica.

La scelta della classificazione da utilizzare, per rappresentare e studiare le frane, è dunque cruciale per offrire all'utilizzatore della ricerca la possibilità di proseguire nel lavoro e di migliorarne gli esiti. In altre parole, per fornire questo strumento la possibilità di *imparare* nel tempo, anche da operatori diversi da quelli che lo hanno formato, di *correggersi*, di affinare progressivamente la sua aderenza alla realtà.

Il limite maggiore della mancata applicazione sistemica, si riscontra immediatamente nella concretezza dell'applicazione: quando si tenta di "ordinare", secondo uno schema di riferimento logico e codificato, processi naturali complessi come le frane, si possono compiere forzature, si è costretti ad operare semplificazioni, o più semplicemente si è tentati di introdurre nuove categorie, capaci di descrivere situazioni intermedie tra due classi, o situazioni che appaiono particolari. Queste voci di costo, insite in ogni classificazione, o meglio, nell'applicazione di ogni modello di classificazione, sono compensate dal vantaggio di ottenere una casistica uniforme, comprensibile a molti operatori e confrontabile, anche tra situazioni e territori distanti tra loro.

3.2.2 *Classificazione adottata*

La letteratura geologica, riferendosi anche solo a questi ultimi trent'anni, fornisce un ampio ventaglio di scelta tra molteplici "sistemi di riferimento" per la classificazione delle frane. I principali schemi di classificazione considerano, in sostanza, i medesimi parametri (geometria della frana e del versante, materiali coinvolti, processi, velocità del movimento, caratteristiche geomeccaniche ed idrogeologiche) e differiscono tra loro: per l'enfaticizzazione attribuita ai parametri geotecnici, alle cause ed ai meccanismi di accadimento, piuttosto che ai dati morfologici, o viceversa; per la qualità e definizione dei dati da assumere; per la "elasticità" complessiva dello schema classificatorio.

La scelta del sistema di riferimento da assumere deve misurarsi con le finalità per cui viene utilizzato, con il grado di dettaglio delle conoscenze già disponibili, con la "praticabilità" della classificazione in relazione ai dati da assumere ed ai suoi utilizzatori finali.

Nel nostro caso, l'ampiezza dell'area da considerare (l'intera porzione montana della Provincia), gli scopi inventariali con una prospettiva di stima della pericolosità, ma soprattutto lo stato assai disomogeneo e parziale delle conoscenze disponibili, hanno consigliato l'utilizzazione di schemi di classificazione impostati su dati morfologici. Questi, desumibili da rilevamenti morfologici in campagna, da foto aeree, e/o da notizie storiche, sono anche aperti alla possibilità di ampliamento ed approfondimento con l'inserimento di nuovi futuri parametri, anche di relativo dettaglio.

Si sono quindi scartate le molteplici proposte di classificazione geotecnica delle frane, tra cui anche la più praticabile e vicina alle necessità territoriali di questa ricerca, K. Sassa (1988), fondata sulla tipologia della sollecitazione al taglio (quindi sul meccanismo d'innescamento). Quest'ultima classificazione, applicabile anche senza il supporto di informazioni geomeccaniche specifiche per ogni frana, richiede però, per essere verosimile alla scala provinciale, una conoscenza della distribuzione territoriale dei parametri meccanici medi dei sedimenti di alterazione e delle coperture, comunque non disponibile per l'area in esame. Le importanti considerazioni relative al "*peak strength*", al "*residual state*", o alla "liquefazione", introdotte dalla proposta di K. Sassa (riprese dalla letteratura geotecnica, da Terzaghi a Penta), sono implicitamente incorporate nella valutazione della tipologia del movimento e dello stato di attività, sempre presenti nelle classificazioni fondate sul rilevamento morfologico.

Anche il classico ordinamento delle frane di Hutchinson (1968, 1988), che lega i parametri geotecnici ed idrogeologici ai dati morfologici (questi ultimi organizzati, con lo schema di Varnes) compiendo una significativa ed utilissima sintesi, appare difficilmente gestibile nelle condizioni di conoscenza diffusa della Provincia, e per gli scopi di premessa.

Per la formazione della Banca Dati Geologica si è ritenuta ottimale la classificazione di Varnes (1978), nella sua più recente riconsiderazione (Cruden e Varnes, 1996). La prima stesura (Varnes, 1978) ha rappresentato il riferimento internazionale più seguito e collaudato in questi decenni, la seconda (Cruden e Varnes, 1996) è, ad oggi, molto citata ed utilizzata, nel mondo, anche per situazioni climatiche, geologiche e geografiche assai diverse tra loro.

La tabella 3.1 riporta in modo sintetico la struttura della classificazione così come è stata codificata nella Banca Dati Geologica. La terminologia adottata è riportata direttamente in lingua originale, tra parentesi è indicata la traduzione italiana, con i termini utilizzati nel testo. Si è cercato così di ridurre al minimo la possibilità di ingenerare ambiguità e fraintendimenti terminologici.

TIPO MOVIMENTO	MATERIALE	STATO	DISTRIBUZIONE	STILE
Fall (crollo, caduta)	debris (detrito)	active (attiva)	advancing (avanzante)	complex (complesso)
Topple (ribaltamento)	earth (terre)	reactivated (riattivata)	retrogressive (retrogressiva)	composite (composito)
Slide (scivolamento)	debris/earth	suspended (sospesa)	widening (allargante)	multiple (multiplo)
Flow (colamento, colata)	rock (roccia)	inactive dormient (quiescente)	enlarging (aumentante)	successive (successivo)
Spread (espansione laterale)		inactive abandoned (abbandonata)	confined (limitata)	single (singolo)
		stabilized (stabilizzata artificiale.)	diminishing (diminuente)	rotational (di rotazione)
		inactive relict (relitta)	moving (in movimento)	translational (di traslazione)
		reale (per inviluppo)	involuppo	rotational/ translational
		potenziale (per inviluppo)		

Tabella 3.1 – Termini utilizzati nella classificazione dei dissesti di versante per la montagna biellese (Cruden e Varnes, 1996 modificato)

La B.D.G. raccoglie tutte le conoscenze relative ai dissesti, elaborate da vari Autori per il territorio biellese, per lo più informazioni ricavate dai lavori di geologia applicata alla pianificazione comunale (essenzialmente PRGC), dalle ricerche sviluppate a seguito di eventi catastrofici, e da vari altri studi particolari e territoriali. L'insieme di questa essenziale bibliografia locale verrà indicata nel testo con "Autori" in senso generale, a parte i casi di citazioni specifiche.

Nella B.D.G. la classificazione delle frane è stata impostata su 5 gruppi di parametri principali, che rappresentano il massimo delle informazioni disponibili per i singoli movimenti franosi censiti e raccolti dalla bibliografia:

- a) tipologia del movimento
- b) materiale coinvolto

- c) stato di attività della frana
- d) distribuzione dell'attività del movimento
- e) stile di attività

Informazioni specifiche e più dettagliate, attinenti ad esempio le caratteristiche meccaniche dei materiali coinvolti, oppure la geometria e/o profondità del/dei piani di scorrimento di frana, attualmente mai disponibili per i movimenti censiti, in prospettiva potranno essere inseriti in appositi <campi> nelle tabelle attributi delle informazioni disponibili nella Banca Dati Geologica.

Le colonne relative al “Tipo di movimento”, al “materiale” coinvolto, e allo “stile” di attività della frana, riportano solamente la terminologia utilizzata in Cruden e Varnes, mentre le colonne “stato” e “distribuzione” dell'attività, riportano anche alcuni termini (inviluppo reale e potenziale) inseriti per poter gestire i dati desunti dalla bibliografia, a volte generica anche per l'individuazione e delimitazione geometrica di frane recenti.

a) Tipologia del movimento

Nel territorio della Provincia di Biella, rispetto ai 5 tipi di movimento indicati nella classificazione adottata, sono state segnalate ed individuate solamente frane di crollo (fall), di scivolamento (slide), e di colata (flow), mentre risultano assenti⁴ le frane di ribaltamento (topple) e quelle di espansione (spread). La distinzione tra queste tre tipologie di processi gravitativi, fondamentale soprattutto per la stima della pericolosità di versante, è stata fatta in base alla descrizione proposta dai vari Autori, a volte incrociando tra loro le informazioni, o in base agli effetti del movimento registrati, o ancora in relazione alle opere di sistemazione, infine anche in base a considerazioni relative alla geometria planimetrica del corpo di frana.

La delicatezza di questa operazione e l'incertezza derivata dalle “descrizioni” riportate nei documenti originali (la tabella 3.2 riporta lo schema delle principali descrizioni utilizzate nelle legende), ha costretto ad effettuare numerose verifiche di terreno, incentrate soprattutto sulle situazioni più significative dal punto di vista dei “bersagli” eventualmente minacciati, ma anche su campioni significativi, raggruppati per Formazione geologica e per bacino idrografico.

Il rilevamento diretto ha sempre avuto scopi solamente morfologici, in nessun caso si sono utilizzati strumenti di prospezione geognostica profonda. Nelle frane in cui era ancora ben riconoscibile la scarpata di corona si sono utilizzati strumenti portatili di misurazione [*vane test* e *pocket penetrometer* (sedimenti normalconsolidati a tessitura fine)], per misurare almeno i valori medi dei principali parametri meccanici dei materiali coinvolti nel movimento.

b) Materiale coinvolto

⁴ più che assenti del tutto queste tipologie di frane sono, in genere, difficilmente osservabili. Questo perché i ribaltamenti non si differenziano “a posteriori” dai crolli generici, e perché gli “spread” sono piuttosto attribuiti per interpretazione. Comunque, queste tipologie non sono univocamente riconoscibili per la montagna biellese.

Nella classificazione scelta vengono indicati solamente tre termini: rock, earth, debris riferiti non al materiale dell'accumulo di frana, ma a quello che costituisce il versante interessato dal movimento, osservabile, ad esempio, in corrispondenza del coronamento. Il significato che Varnes (1978) attribuisce a questi vocaboli non è rigoroso, ma correlato alla consuetudine applicativa, si tratta di una terminologia al limite tra la geologia e l'ingegneria.

Per la geologia il termine "roccia" indica qualsiasi massa minerale, consolidata o no; qui invece deve essere intesa come la parte sovraconsolidata sottostante la coltre pedologica ed eventuali altri intervalli non coesivi di deposizione recente. Con detrito (debris) e terra (earth) Varnes intende con il primo sedimenti incoerenti prevalentemente (ma non esclusivamente) grossolani; con il secondo depositi a tessitura prevalentemente fine.

In questa analisi, si è cercato di identificare principalmente il tipo di materiale interessato dai movimenti franosi, deducendo anche informazioni su quello coinvolto nel movimento di gravità in base alle definizioni/descrizioni degli Autori, alla casistica ricavata dal rilevamento diretto, ed infine anche sulla scorta dell'ampiezza della frana.

La caratterizzazione granulometrica e/o geomeccanica delle terre/detriti coinvolte nel movimento o di quelli sottostanti il piano di taglio non è quasi mai stata ricercata, o almeno non è riportata nelle relazioni specifiche.

Come anticipato precedentemente, in alcuni casi rilevati direttamente, nell'ambito di questo studio, sono stati assunti alcuni parametri geomeccanici con strumentazione portatile dei sedimenti coinvolti nel movimento o di quelli ancora in posto lungo la scarpata di coronamento, e raccolti campioni per semplici analisi di caratterizzazione.

c) Stato di attività della frana

Rappresenta la valutazione qualitativa dell'evoluzione temporale della frana. Lo stato di attività può essere "attivo", "riattivato", "sospeso", "non attivo", ed è sempre riferito all'istante/periodo in cui avviene l'osservazione. Tra le non attive si distinguono le "quiescenti", le "abbandonate", le "stabilizzate".

Su questi termini, trattati in appendice, occorre essere molto chiari, in particolare sulle definizioni di "frana attiva" e "frana quiescente".

Frane attive. Secondo Cruden e Varnes il termine definisce le frane in movimento. Mentre quelle che hanno avuto attività nell'ambito dell'anno solare, ma non sono più attive al momento dell'osservazione, vengono definite "**sospese**". Si tratta quindi di una definizione "letterale". Se la frana dovesse nuovamente attivarsi, dopo un periodo di inattività, si utilizza il termine "**riattivata**". Resta implicito che una frana può riattivarsi anche per molti anni successivi sia che il movimento persista in continuità, sia che si sviluppi in modo impulsivo. L'uso di termini diversi ha rilevanza in quanto differente è la resistenza opposta dalla roccia alla rottura, nel caso di prima attivazione (frana attiva), e nel caso di successiva attivazione (frana riattivata). In questo modo la terminologia indica già un elemento fondamentale di conoscenza della possibile evoluzione di quell'area.

Risulta evidente che definizioni come frana sospesa o frana riattivata rappresentano solo termini di passaggio, tra lo stato di attività e lo stato di inattività, momenti questi di facile gestione, in un sistema informativo, che "ricorda" inde-rogababilmente le date di accadimento. Il problema, per il pregresso e lo storico invece non si pone, poiché resta affidato alla memoria dei danni subiti.

Nella formazione della B.D.G. si sono utilizzate queste definizioni letterali, semplici e condivise dalla maggior parte dei ricercatori nel mondo.

In Italia molti Autori hanno, invece, utilizzato l'aggettivo "attivo" con un doppio significato: uno letterario: frana che si è mossa recentemente (da pochi anni); ed uno sottinteso: se si è mossa poco tempo prima, si può muovere ancora, e, quindi, è pericolosa. L'uso italiano del termine "attivo", non contribuisce solo a "qualificare la frana", ma cela anche una valutazione soggettiva relativa sia all'intervallo di accadimento (recente, ma imprecisato numero di anni), sia alla sua pericolosità (ritenuta per solito elevata).

Questo modo di classificare i movimenti franosi ha prodotto una grande confusione tra frane effettivamente attive all'atto del rilevamento (cioè frane che si muovono o si sono mosse nell'anno solare, o meglio durante la stagione in cui avviene il rilevamento), e frane che il geologo rilevatore "ritiene" si siano mosse da pochi (non si sa quanti) anni o possano attivarsi (per ragioni che restano sepolte nel profondo delle valutazioni soggettive) nei prossimi anni. Inoltre ha rafforzato l'abitudine a considerare la pericolosità di versante come un parametro legato praticamente solo allo stato di attività della frana, stato per lo più presunto.

Frane non attive. Secondo Cruden e Varnes il termine definisce le frane che non hanno dato segni di attività da oltre un anno, oppure da un intero ciclo stagionale. La classificazione adottata le scompone in: "dormant", tradotto in "quiescente", quando gli effetti del movimento sono visibili e le cause (morfologiche, climatiche o geologiche) che lo hanno determinato sono attuali, cioè quando esiste ancora la possibilità di una riattivazione; "abbandonate" quando le cause che hanno determinato il movimento sono modificate o sono superate; "stabilizzate" quando opere artificiali hanno fermato il movimento. Le frane sono classificate "relitte" quando si tratta di movimenti antichi, sviluppatisi in condizioni morfo-climatiche non più attuali, oppure nei casi in cui vi siano prove geologiche di inattività preistorica, come, ad esempio, corpi di accumulo di frana sepolti sotto sedimenti più recenti.

In Italia anche il termine "quiescente" è stato utilizzato in modo ambiguo, il significato attribuito a questo aggettivo della frana è in genere corrispondente alla definizione data anche da Cruden e Varnes, ma in parte cela una valutazione di pericolosità, e più in generale una completa indeterminatezza del periodo di inattività. Infatti questo termine è stato utilizzato sia nelle situazioni in cui si voleva attribuire scarsa pericolosità alla frana sia nelle situazioni di incerta "storia" evolutiva del movimento di gravità. Cioè, al confine tra frana "attiva" nel senso italiano, ossia con possibilità di riattivazione ma con tempi di ritorno anche molto lunghi, e frana antica (paleofrana), dovuta a condizioni climatiche di altre epoche geologiche. Insomma, nella letteratura italiana il termine "quiescente" è stato u-

tilizzato anche in molte situazioni dubbie ed indica in sostanza l'incertezza di attribuzione relativa più alla pericolosità che alla classificazione vera e propria.

In Italia il termine “**stabilizzato**” è utilizzato per indicare sia i movimenti su cui si sono registrati interventi di stabilizzazione con opere d'ingegneria specifiche, sia i movimenti che si sono stabilizzati in via naturale, cioè quelli che nella classificazione adottata vengono classificate con i termini di “**abbandonate**” o “**relitte**”. Anche questo doppio significato genera confusione. In effetti, sempre nella letteratura italiana, per indicare le frane non più attive perché non sussistono più le condizioni naturali (morfologiche e/o climatiche) per una loro nuova attivazione è stato utilizzato il termine “paleofrana”, sulla cui ambiguità non occorre spendere altre parole.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) raccoglie, pragmaticamente, queste definizioni, imponendo però un limite temporale definito per l'uso del termine “attivo” alle frane [Fa] che hanno dato segnali di attività negli ultimi 30 anni (corrispondenti alle “attive”, “sospese”, “riattivate”, e “dormienti” in Cruden e Varnes). Per l'impiego del termine “quiescente” è limitato a quelle frane [Fq] la cui attività storica è certamente superiore ai 30 anni (corrispondenti alle “dormienti” e forse in qualche caso alle “abbandonate” di Cruden e Varnes). Il P.A.I. considera anche il termine “stabilizzato” nel senso comunemente utilizzato in Italia, cioè assegna questo aggettivo sia alle frane [Fs] per cui sono state realizzate opere d'ingegneria (corrispondenti alle “stabilizzate” in Cruden e Varnes), sia alle frane che hanno raggiunto assetti di sicuro equilibrio per via naturale (corrispondenti alle “abbandonate” e alle “relitte” in Cruden e Varnes).

Per la B.D.G. della Provincia di Biella si è seguita la classificazione di Cruden e Varnes, ritenendo più corretto impostare il lavoro futuro su basi terminologiche più vicine al senso comune, piuttosto che “salvare” usi terminologici nazionali destinati al sicuro abbandono.

Nella B.D.G. si è realizzato uno specifico campo che distingue i movimenti di gravità in base alla tripartizione impiegata per la cartografia del P.A.I. [Fa, Fq, Fs]. Nel ripartire le frane censite per il biellese per la cartografia del P.A.I. si è avuto cura di utilizzare le informazioni relative alla data di accadimento, ove disponibili, e, nei numerosi casi di ignota data di origine si è interpretato lo stato di attività attribuito secondo la classificazione di Cruden e Varnes adattandola alle necessità di omogeneità del Piano di Bacino del Fiume Po.

Nell'applicazione della classificazione per le “colate” si è adottato lo stato di attività “abbandonato” anche per indicare gli eventi in cui l'intera massa in movimento è stata asportata, e l'unica traccia rimasta dell'evento è costituita dal “vuoto”, dalla concavità lasciata lungo il versante.

Infine tra i termini che caratterizzano la “stato di attività” sono stati inseriti due nuove espressioni “reale” e “potenziale” riferiti agli “involuppi di frane” (cfr. <distri-buzione dell'attività>), con i rispettivi intuitivi significati di dissesti effettivamente accaduti (reale), e dissesti potenzialmente verificabili (potenziale). Ovviamente l'introduzione estemporanea di questi due termini è non solo arbitraria, ma anche limitante. Infatti non è possibile indicare lo stato di attività delle frane comprese nel poligono che rappresenta l'involuppo, ciò d'altra parte corrisponde alla situazione delle conoscenze che è riferita non ai singoli eventi ma ad un insieme (si spera omogeneo)

noscenze che è riferita non ai singoli eventi ma ad un insieme (si spera omogeneo) di movimenti.

Questa limitazione della B.D.G. dovrà, nel tempo, essere superata con il rilevamento delle aree di “inviluppo”, ed introducendo nuove informazioni, anche in forma di “punti”.

d) Distribuzione dell'attività del movimento

Descrive le modalità e/o le direzioni ed il luogo del movimento della frana. La distribuzione dell'attività, quando correttamente rintracciata e studiata, permette di prevedere l'evoluzione in senso spaziale del dissesto. La definizione della distribuzione dell'attività di frana è rilevante ai fini della valutazione del grado di pericolosità, in particolare per le frane che si sviluppano in vicinanza a bersagli ad elevata esposizione: edifici pubblici, edifici residenziali e produttivi, viabilità, altre opere sensibili.

Nel biellese dei 7 tipi di distribuzione indicati nella classificazione adottata (vedi tabella 3.1) si sono rinvenute, tra le frane rilevate direttamente, e tra quelle meglio documentate, solamente distribuzioni “*retrogressive*” ed “*aumentanti*”.

Le frane *retrogressive* sono quelle in cui, successive riattivazioni dimostrano la tendenza ad ampliare la zona coinvolta nel movimento nella direzione opposta a quella del movimento. Cioè, la corona di distacco si amplia verso monte.

Le frane *aumentanti* sono quelle in cui la superficie di scorrimento si estende in due o più direzioni producendo la conseguenza di possibili movimenti differenziati per velocità, direzione e tempi di accadimento.

Le frane *avanzanti* sono quelle in cui la superficie di scorrimento tende ad estendersi nella direzione del movimento, cioè verso valle.

In questo gruppo di parametri si è arbitrariamente introdotto il termine “inviluppo”, cui si è riservato il compito di descrivere le situazioni di forte densità di piccole frane non cartografabili individualmente. Infatti molte delle cartografie utilizzate per la costruzione della B.D.G., in particolare quelle che riproducevano la situazione determinatasi con l'evento eccezionale del novembre 1968, riportavano non le singole frane, ma porzioni di versanti, o interi piccoli impluvi, ad altissima densità di piccole frane (per lo più colate). Queste superfici sono state ordinate nella B.D.G. come “inviluppi”, cioè come superfici che contengono sia frane, sia porzioni di versante ancora intatte.

In lavori recenti di molti Autori locali, sono state inoltre indicate zone e porzioni di versanti potenzialmente instabili. Anche questa informazione è stata riportata nella B.D.G., distinguendola però nettamente dai dissesti effettivi, introducendo nello <stato di attività> due termini relativi all'“inviluppo”: reale e potenziale.

e) Stile di attività

Indica i diversi meccanismi di movimento ed il loro relativo contributo alla frana. Anche queste caratterizzazioni del dissesto forniscono, se correttamente conosciu-

te, indicazioni di notevole precisione sia sulla previsione del movimento, sia sulla tipologia dei monitoraggi, sia sulla qualità e costo delle opere di sistemazione.

Anche per questo gruppo di parametri, come per la distribuzione dell'attività, la classificazione risente pesantemente dell'assenza di conoscenze di sottosuolo ed anche morfometriche dei singoli movimenti. I rari casi in cui è stato possibile compilare anche questa parte del sistema di identificazione dei movimenti sono quelli in cui sono state rilevate direttamente le evidenze morfologiche, oppure i casi di grandi frane abbandonate o relitte.

Frane *single*, sono quelle in cui si è verificato un solo movimento del materiale spostato.

Frane *complesse* sono quelle caratterizzate dalla combinazione successiva di più tipi di movimento (esempio: scivolamento e successiva colata dell'accumulo).

Frane *multiple* sono quelle in cui lo stesso tipo di movimento si ripete più volte, spesso a questo stile si associano distribuzioni retrogressive, allarganti, avanzanti. Nel biellese questo stile è stato attribuito solamente ad antichi scivolamenti ormai abbandonati o relitti.

Frane *successive* sono quelle in cui il tipo di movimento è il medesimo e si sviluppa in tempi successivi in aree limitrofe ed i corpi di frana si mantengono distinti.

In questo gruppo di definizioni si sono aggregate anche due importanti specificazioni che nella classificazione di Cruden e Varnes costituiscono non stili, ma "modalità" di accadimento degli scivolamenti (slide): "di rotazione" e "di traslazione". Questo artificio, d'altro canto suggerito dal riferimento stesso al tipo di movimento, consente di mantenere un numero limitato di "campi" nella B.D.G.. La terminologia stessa richiama la geometria del piano di scorrimento, rotazionale per superfici subcircolari, traslazionale per superfici piane o ondulate. Risulta evidente che la distinzione dovrebbe far parte della definizione del <tipo di movimento>, ma la scarsità di informazioni relative ha consigliato di mantenere ancora generica la definizione del tipo di movimento, e di relegare allo stile la sua aggettivazione per le slide.

3.2.3 *Applicazione alla montagna biellese della classificazione di David M. Cruden & David J. Varnes (1996).*

All'impiego di una classificazione delle frane riconosciuta a livello internazionale, si oppongono a volte motivazioni culturali (differenze di interpretazione dei processi naturali in gioco, o di stima dell'intensità relativa dei parametri fisici da considerare), presunte motivazioni locali (particolarità connesse alla casistica di ogni specifica area), o difficoltà di applicazione per mancanza di informazioni, ma, le resistenze più diffuse sono riconducibili soprattutto alla diffidenza, spesso legata alla pigrizia, nel modificare i consueti sistemi di riferimento.

Il Piano Territoriale Provinciale, adottando questo sistema di classificazione, compie consapevolmente una scelta certamente faticosa e di "rottura" con la terminologia utilizzata in precedenza. L'auspicio è che la comodità d'uso della B.D.G. rappresenti l'incentivo per attivare il dibattito tra gli addetti ai lavori che conduca nei prossimi anni ad uniformare la terminologia ed i parametri da analizzare.

L'ampio schema di classificazione che si è adottato, unifica, e di fatto elimina, gran parte dei termini, anche molto affermati nella cultura geologica italiana, ed anche utilizzati dagli Autori che hanno operato nel territorio biellese, come ad esempio:

"*creep*", ben esplicito in Hutchinson (1988), Cruden e Varnes (op. Cit., pag. 52) includono questi processi nella categoria "flow", distinguendoli con un descrittore di velocità <molto lento> o <estremamente lento>. Questo termine compare nelle legende delle cartografie, e nelle descrizioni (1981, 1984) associato a frasi tipo "Aree interessate da numerosi movimenti franosi non cartografabili". Alcune verifiche dimostrano che la descrizione era impiegata per indicare frane (per lo più flow) che hanno interessato la coltre pedologica, forse un tempo associate a lente colate della porzione più superficiale. Nella classificazione adottata anche questi processi sono stati inclusi negli "involuppi di colate" o nelle "colate", si sono però attribuite velocità alte, in accordo con gli esiti dei sopralluoghi effettuati, e con le acclività topografiche riscontrate, solo in tre casi si è ritenuto trattarsi di scivolamenti (slide);

"*soil slip*" (Campbell, 1975), sono incluse da Varnes ('78) nella categoria degli "earth flow", nella classificazione adottata, anche in questo caso, si individua il processo con il descrittore di velocità.

I più ricorrenti tra i termini utilizzati nei lavori geologici relativi al biellese sono riportati nella tabella 3.2.

1	Accumuli detritici legati a frane relitte generalmente stabilizzate talora rimobilizzabili
2	Accumuli di frane antiche caratterizzati da diffusa quiescenza
3	Accumuli di frane miste scivolamento e colamento
4	Accumuli di paleofrane/ accumuli di frane o di paleofrane
5	Accumulo di materiale sceso a valle anche sotto forma di colata
6	Accumulo materiale sceso a valle
7	Area da poco stabile a instabile già interessata da diffusi fenomeni di dissesto
8	Area potenzialmente instabile coincidente con accumuli detritici mobilizzabili per gravità
9	Aree interessate da fenomeni franosi di ampiezza non cartografabile
10	Aree interessate da movimenti franosi di ampiezza non cartografabile o da fenomeni di creeping
11	Colata di detrito
12	Colate maggiormente estese di materiale franato
13	Dissesti consolidati
14	Dissesti di limitata estensione
15	Dissesti in atto
16	Dissesti temporaneamente stabilizzati
17	Erosione al piede della strada, piede versante
18	Fenomeni di dissesto puntuali innescatesi a seguito degli eventi alluvionali del 11/1994
19	Fenomeni gravitativi attuali
20	Fenomeni gravitativi quiescenti
21	Frana (stabilizzata, attiva, a monte, a valle strada, eccetera)
22	Frane
23	Frane a blocchi
24	Frane di limitata estensione consistenti in fenomeni di mobilizzazione gravitativa della coltre detritica superficiale
25	Movimenti franosi
26	Movimenti gravitativi prevalentemente scoscendimenti interessanti la coltre detritica superficiale con denudamento della roccia
27	Movimento franoso
28	Movimento gravitativo innescato da erosione spondale

29	Paleofrane
30	Paleofrane a blocchi
31	Pareti in roccia/Superfici di stacco
32	Riattivazione frana
33	Scivolamento materiale detritico
34	Scoscendimenti superficiali
35	Scoscendimento
36	Settore di stacco fenomeno gravitativo
37	Smottamenti e colamenti di ampiezza non cartografabile
38	Smottamento (con varie disposizioni: a valle, a monte strada, eccetera)
39	Smottamento e movimento franoso
40	Superfici già interessate da diffusi fenomeni di dissesto pendii in precarie condizioni stabilità
41	Versante instabile
42	Versanti interessati da frane superficiali causate dalla saturazione e fluidificazione della copertura eluvio colluviale

Tabella 3.2 – Alcune definizioni, tra le più ricorrenti nei lavori e nella cartografia biellese relativi alle frane ed agli involuppi di frane, analizzate nella formazione della B.D.G..

Buona parte di queste descrizioni, sono così generiche da non poter essere considerate direttamente per la classificazione adottata, in questi casi si è proceduto con il rilevamento di tipo campionario, ricostruendo ex novo la definizione della frana.

Alcune descrizioni, che fortunatamente rappresentano un grande numero di dissesti, sono state invece utilizzate per la classificazione, perché erano particolarmente esplicite, riconoscibili o riconducibili a definizioni e schemi noti nella letteratura geologica nazionale (numeri 3, 11, 26, 28, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42 in tabella 3.2), anche se con significati tra loro spesso diversi (Almagià, 1910; Gortani, 1948; Desio, 1959; Penta 1960, Trevisan, 1974), ed oggi, ormai da anni, completamente abbandonati. In particolare si ricorda:

1) "**scoscendimento**", termine ricorrente in molte delle descrizioni e denominazioni utilizzate nei lavori del biellese consultati, quasi sempre associato ad altre terminologie (es.: movimenti gravitativi, colate), o ad aggettivazioni (es.: superficiale, modesto) e precisazioni topografiche/morfologiche.

Questo termine assume significati diversi nella letteratura geologica italiana, non figura tra quelli considerati per la discussione relativa alla classificazione di Varnes. Il significato attribuitogli da Penta (1960) è circoscritto alle frane di neoformazione, sia in roccia, sia in "materiali sciolti", e riguarda la molteplicità delle situazioni dalle pareti, ai pendii naturali, ai terrapieni, le diverse tipologie si distinguono per le successive aggettivazioni. In Trevisan (1974), che riprende parzialmente Desio (1959), assume invece un significato opposto: <.. sprofondamento improvviso e rapido di falde di terreno su superfici spesso arcuate (moto rotazionale) per lo più lungo piani di frattura in parte preformati> (op. cit., vol. III, pag. 16); in questo schema viene introdotto un criterio di velocità, di geometria della superficie di scorrimento, e viene attenuato il criterio relativo alla neoformazione della superficie di scorrimento. I controlli svolti per questa ricerca hanno portato, nella maggioranza dei casi, a inserire i movimenti classificati con questo termine, dagli Autori locali, nelle categorie di Cruden e Varnes corrispondenti a: "dormant slide" (60%), "flow" (30%), in alcuni casi in quella "fall" (10%);

2) "**smottamento**", termine ricorrente nelle relazioni e nella cartografia geologica associata alla pianificazione comunale del biellese, a questo termine sono spesso associati "colamento, movimento franoso", ed anche specificazioni relative alla dimensione (modesti, non cartografabili).

Trevisan (1974) lo definisce < ... precipitare caotico di materiali incoerenti o resi tali per imbibizione d'acqua; comunemente interessano strati piuttosto superficiali del suolo e si manifestano molto spesso in corrispondenza di tagli freschi naturali o artificiali > (op. cit., vol. III, pag. 16). Desio (in Pellegrini, 1982) utilizza questo termine assieme a <frane di scorrimento o di detrito>, per indicare quei processi <... originati dal movimento di una massa incoerente di detrito poggiante su una superficie inclinata. Frane di questo genere interessano vecchie morene, falde detritiche e alluvioni>. Infine questo stesso termine si ritrova in letteratura ad indicare i più disparati processi, inclusi quelli che si sviluppano in formazioni essenzialmente argillose. Anche per questo termine, dopo alcuni controlli campione, si è proceduto attribuendo i movimenti di gravità alle categorie della classificazione proposta da Cruden e Varnes, in base all'esito del rilevamento campione svolto in analogo contesto geologico e morfologico, e secondo le descrizioni desunte dai lavori locali. I processi indicati nella cartografia sono risultati ripartiti in modo circa eguale tra "slide" e "flow", solamente il 5% circa del totale è risultato tra i "crolli", in questi casi si tratta di "debris fall" legati alle scarpate torrentizie o agli affioramenti morenici. In rari casi la definizione di "debris flow" è stata utilizzata in contesti al limite del debris fall, la scelta è condizionata dall'acclività;

3) "**Colata di detrito**", termine poco utilizzato nelle classificazioni ufficiali, ma ricorrente nelle descrizioni locali. La sua interpretazione e traduzione nella classificazione di Cruden e Varnes è immediata, ed intuitiva: "earth-debris /debris flow";

4) "**Saturazione e fluidificazione della copertura**", si tratta della descrizione di un processo che determina il dissesto, e non di un termine immediatamente utilizzabile in una classificazione. Tuttavia questa descrizione consente di classificare "colate" i processi cartografati. Il numero di eventi individuati nel biellese con questa descrizione è di poco inferiore a mille, e rappresenta quindi oltre il 34% del totale.

Dopo numerose verifiche di terreno, ed utilizzando per controllo anche le segnalazioni di danni e le modalità di stabilizzazione, la classificazione di "colata" è risultata corretta circa nel 95% dei casi, mentre in 45 casi si sono valutate situazioni attribuibili a "scivolamenti" (slide).

In realtà però, la maggior parte delle frane che hanno interessato la montagna biellese, anche se descritte in modi diversi dai vari Autori, è rappresentata da colate dovute a "galleggiamento" della coltre pedologica e/o del primo strato di alterazione sottostante.

Questi processi avvengono di regola in corrispondenza di impluvi non drenati da rii e corsi d'acqua superficiali, caratterizzati da morfologia blanda. Il suolo e parte della zona più alterata del sottosuolo, durante gli eventi pluviometrici prolungati con episodi parossistici di particolare intensità, giungono a saturazione e si staccano, in profondità, lungo superfici regolate dalla minore permeabilità (superficie di galleggiamento), e lateralmente in corrispondenza del passaggio a coperture con minore grado di saturazione.

La massa dislocata si muove come un fluido viscoso in cui spesso la base dello scorrimento, lungo il versante, è costituita da un sottile velo d'acqua di precipitazione che il suolo, già saturo non riesce ad assorbire. Così la massa giunge al piede del versante senza aver disperso neppure parte del suo carico di fango e pietrame, con velocità molto alte. Solamente la presenza di tratti a modesta acclività e, soprattutto l'alta conducibilità idraulica dei depositi alluvionali di fondovalle, determinano una netta diminuzione di velocità e l'abbandono del materiale trasportato.

Le tracce di questo tipo di frana sono spesso visibili anche a distanza di decenni, come si può facilmente verificare nei bacini deitorrenti Strona e Ponzzone. Si tratta di vere e proprie cicatrici, solchi lungo i versanti al cui termine manca ogni testimonianza di accumulo; solamente al piede dei versanti, in corrispondenza dei ripiani alluvionali di fondovalle si sono in alcuni casi rinvenute forme che possono ricondursi a depositi di colate.

La forma delle frane può assumere varie geometrie; nella maggior parte dei casi si tratta di colate allungate e con ampiezze laterali ridotte (rapporti lunghezza/larghezza in media attorno a 10, ma spesso superiori a 30), che sono state rilevate direttamente, soprattutto nei bacini del Torrente Strona (es.: versanti in destra idrografica, località Valle Mosso).

Queste flow mostrano ancora molto bene le numerose tracce delle corone di distacco ed i solchi, veri e propri "canali di flow" (e così sono classificati nell'aggiornamento della B.D.G. relativo alla predisposizione dello Schema Direttore dello Strona), di modesta larghezza (pochi metri) causati, spesso ex-novo, dall'azione combinata del passaggio e dell'erosione delle masse fluidificate.

In alcuni casi, ancora ben studiabili nel bacino dello Strona, si registrano anche forme con rapporti lu/la circa uguali a 5, sempre, però, in corrispondenza di versanti poco acclivi (minori di 10°) e corti. La profondità dei vuoti ancora oggi visibili si aggira attorno ai 2 metri, in "corona" raramente supera i 3 metri, analoghe misure sono riportate in Italconsult 1969.

Nei casi in cui la frana si sviluppa su pendii e versanti ad acclività molto alta, su di un substrato roccioso costituito da depositi morenici o da alluvioni (conducibilità teorica elevata), le modalità di accadimento sono difficili da ricostruire con certezza, e l'attribuzione alla famiglia delle colate appare per questi dissesti almeno poco probabile. Tuttavia, gli eventi di questi ultimi anni (1999, 2000) in cui si sono verificate frequenti colate per saturazione dello strato pedologico superficiale, proprio nelle aree più francamente moreniche, ha costretto a riconsiderare più attentamente queste situazioni.

Le osservazioni compiute direttamente oltre ad indurre modifiche nell'attribuzione di molti movimenti già classificati, hanno consentito di notare una importante evoluzione temporale di questo tipo di dissesto: alla prima attivazione avvenuta in forma di colata di fango e ciottoli, possono seguire successivi movimenti che assumono però le modalità del crollo. Si verificano così nuove attivazioni per rotolamento e saltazione dei blocchi, singoli o in gruppi, rimasti parzialmente privi di supporto, oppure nuove attivazioni per ribaltamento di parti di scarpate nella zona più verticale (corona) delle ghiaie o del pietrisco rimasto scoperto dalla precedente colata.

Nella B.D.G. è stato inserito un campo denominato “tipo_riatt” in cui si sono collocate le frane che hanno modificato il tipo di movimento, oppure quelle che possono avere un’evoluzione del movimento diversa dalla prima attivazione. L’assenza di definizione dello stile indica quest’ultima caratteristica.

Il campo “tipo_riatt” rappresenta quindi, in prospettiva, una delle informazioni che dovranno essere compilate e controllate per i movimenti già noti, ed un campo significativo per l’interpretazione delle frane di futura attivazione.

3.2.4 *Dissesti di versante, note statistiche*

La B.D.G. riporta una distribuzione del dissesto assolutamente disomogenea, in particolare per la Valle Sessera. Questa disomogeneità non è connessa a fattori geologici, apprezzabili alla scala di questo lavoro (disposizione geografica delle formazioni geologiche, tettonica e lineazioni), e non si riscontrano legami specifici neppure con fattori morfologici (acclività, esposizione dei versanti) o di uso del suolo.

La distribuzione delle frane pare rispondere alla disposizione dei massimi di precipitazione durante l’evento del 1968, ma soprattutto alla localizzazione dei centri abitati e della viabilità principale, in particolare nella Valle Sessera. Ciò, naturalmente, fa ritenere che in realtà la B.D.G. riproponga semplicemente la ripartizione geografica delle “segnalazioni” di dissesto, strettamente collegata alla sensibilità di chi vive o opera sul territorio. Importante comunque notare la coincidenza della forte densità di dissesto del bacino del Ponzzone, con i massimi di precipitazione cumulativa dell’1 e 2 novembre 1968. Questa situazione è in completa continuità con quella registrata nel bacino del T. Strona.

L’osservazione dell’ampiezza della zona di massima precipitazione, durante l’evento del 1968, così come ricostruita nel citato lavoro dell’Italconsult, propone però una zona di influenza assai più ampia del solo bacino del T. Ponzzone. I bacini del Rio Carnascio, del Rio dell’Auna e l’area di Coggiola sono stati pienamente investiti dall’evento del 1968, eppure qui la densità delle frane registrate è significativamente più modesta rispetto al bacino del T. Ponzzone.

Per questo motivo nelle considerazioni statistiche relative alle frane si sono escluse le celle idrografiche elementari e gli elementi che non contengono movimenti di gravità. Queste superfici, infatti, spostano significativamente gli esiti numerici, la medesima considerazione è ripresa poi nel capitolo della pericolosità di versante, e soprattutto nelle statiche che sono state eseguite.

Il rilevamento di campagna, effettuato nell’ambito del “Progetto Strona” ha compreso anche una verifica dei dissesti già inseriti nella B.D.G. come poligoni e punti. Il controllo diretto ha interessato in particolare i dissesti di grande estensione, definiti come “involuppi” potenziali o reali, secondo la classificazione adottata (paragrafo 3.2.2) per le frane dell’intera Provincia. Come detto questi poligoni non rappresentano la geometria del movimento ma, comprendono l’insieme di dissesti e degrado dei versanti conseguenti ad eventi pluviometrici di eccezionale durata ed intensità.

Questa importante verifica, ha consentito di delimitare le forme di dissesto prima comprese in un unico involucro, precisando così le porzioni di versante realmente coinvolte nel dissesto. Nella maggior parte dei casi, le corone di distacco rilevate, di-

mostrano che le singole frane sono meno ampie degli involucri, non solo lateralmente ma anche verso monte. Questa operazione ha determinato un aumento pari a circa il 78% delle frane documentate o rilevate nei bacini del T. Strona, ed inserite nella B.D.G. come poligoni, che da 690 sono passate a 1229.

3.3. Classificazione delle opere e delle dinamiche d'alveo

Gran parte dei lavori geologici e tecnici, che sono stati considerati per la formazione della banca dati relativa ai dissesti di versante, conteneva anche informazioni sui dissesti d'alveo. E' infatti intuitivo il rapporto esistente tra erosione di sponda e franamenti delle scarpate dei terrazzi alluvionali o dei versanti, ove i primi siano assenti.

La bibliografia riporta quindi gran parte dei lavori che sono già citati nell'elenco bibliografico relativo ai dissesti di versante. Si è preferito ripetere le citazioni piuttosto che rinunciare a comporre le due sezioni bibliografiche in modo distinto, sperando così di agevolare sia chi desiderasse consultare una migliore e più approfondita documentazione, sia chi dovrà proseguire con il lavoro di aggiornamento della B.D.G..

3.3.1 Opere idrauliche censite, bersagli e danni subiti

Durante i rilevamenti compiuti per i controlli campionari dei movimenti di versante e per le interviste relative ai danni subiti dai bersagli durante gli eventi più significativi, si sono effettuati dei rilievi delle opere idrauliche presenti in alveo. In considerazione delle priorità del rilevamento, tale controllo non è stato effettuato in modo continuo ed uniforme con la conseguenza che questo inventario è costituito prevalentemente da informazioni bibliografiche e dello stato di aggiornamento differisce non solo tra le diverse aste torrentizie, ma anche entro la medesima asta. Il materiale raccolto comunque costituisce una discreta base di partenza per il completamento del censimento e, soprattutto, per le verifiche dello stato di efficienza delle opere stesse.

Tra le opere idrauliche occorre segnalare che molte opere di presa (trincee e captazioni) e i relativi canali di adduzione delle acque di superficie non sono riportati nell'inventario. Si tratta di opere ormai abbandonate da anni e completamente inefficienti che tuttavia spesso rappresentano la causa di franamenti, crolli delle scarpate, formazione di profonde incisioni ed altri degradi dei terrazzi o del piede dei versanti che le ospitano.

Le denominazioni generiche riportate nella B.D.G. sono le medesime utilizzate dagli Autori, per le quali, in questo caso si è riscontrata una grande omogeneità, anche se quasi in nessun caso sono specificate le diverse tipologie delle opere citate.

La B.D.G. riporta anche i danni occorsi alle diverse opere ed i successivi interventi di rifacimento o manutenzione, B.D.G. in modo da fornire un quadro, abbastanza realistico delle situazioni di criticità registrate negli ultimi decenni.

Il rilevamento delle opere idrauliche effettuato nell'ambito del "Progetto Strona", ha interessato l'asta torrentizia principale ed i suoi maggiori affluenti. Il censimento svolto è stato finalizzato alla valutazione dello stato di funzionalità delle opere idrauliche rilevate, ed ha consentito l'aggiornamento della B.D.G. relativamente alle

opere B.D.G.già inserite e l'implementazione della base dati con 146 nuovi elementi puntuali e 116 elementi lineari. Questo semplice dato, fa comprendere la necessità del continuo, sistematico e periodico aggiornamento della B.D.G. al fine di garantirne la funzionalità.

Il rilevamento ha consentito di risolvere, per questa porzione di territorio provinciale, un comune problema legato alla realizzazione di un B.D.G.sistema informativo di questo tipo vale a dire la ridondanza e la disomogeneità delle informazioni attribuite alle singole opere. Per comprendere meglio, nella Banca Dati Geologica, le informazioni relative al danneggiamento e all'eventuale ripristino di una ipotetica briglia, possono essere distinte in più record, perché inserite in tempi differenti oppure perché derivate da fonti bibliografiche differenti. Per risolvere il problema e contraddistinguere il dato aggiornato attribuito ad ogni singola opera (e senza perdere gli altri dati, che ne rappresenteranno la propria "storia"), nella tabella collegata alla B.D.G. si è aggiunto un campo <aggiornato> che definisce il dato (record) descrittivo dello stato attuale.

Uno stralcio della tabella, relativa alle opere/bersagli puntuali, è riportato qui di seguito:

ID_ELE_VUL	COMUNE	LOCALITA'	TIPO	AMBITO	NORICATEG	DANNO	CAUSA	DISSESTO	SF_D\COLLEG	INTERVENTO
937	Valle Mosso	Alveo T. Strona	Ponti strada vicinale o privata	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
937	Valle Mosso	Alveo T. Strona	Ponte/collegamento interno alla fabbrica	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
951	Strona/Valle San Nicolao	Alveo T. Strona	Ponti strada provinciale	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
951	Strona/Valle San Nicolao	Alveo T. Strona	Ponte strada provinciale	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Stabilità del ponte compromessa	Alluvione 1968	Dissesto idraulico	Reale
1227	Valle San Nicolao	Alveo T. Strona	Briglia - Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
1227	Valle San Nicolao/Strona		Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Deposito solido a monte e a valle		Manutenzione precaria	Reale
1253	Cossato		Briglia - Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
1253	Cossato		Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Parzialmente interrata a valle	Trasporto solido	Dissesto idraulico	Reale
1253	Cossato		Briglia - Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Nessuno			
1253	Cossato		Soglia	Torrente Cervo e affluenti	Altro	Manufatto	Parzialmente interrata a valle	Trasporto solido	Dissesto idraulico	Reale

SF_INTEIDT	EVENTO	DT_RILEV	DT_INTERV	DT_PUBBLICAUT	RILEV	PROPRIETA'	FONTE
		Marzo 2002		Maggio 1999	Brunello Maffeo e Massimo Biasetti Studio Viel	C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo, C.M. Provincia di Biella	Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare
Eseguito	Novembre 1968	Febbraio 2002		Maggio 1999	Brunello Maffeo e Massimo Biasetti Studio Viel	C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo, C.M. Provincia di Biella	Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare
		Febbraio 2002		Maggio 1999	Brunello Maffeo e Massimo Biasetti Studio Viel	C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo, C.M. Provincia di Biella	Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare
		Febbraio 2002		Maggio 1999	Brunello Maffeo e Massimo Biasetti Studio Viel	C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo, C.M. Provincia di Biella	Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare
		Febbraio 2002		Maggio 1999	Brunello Maffeo e Massimo Biasetti Studio Viel	C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo, C.M. Provincia di Biella	Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare

COD_B	SUP/SCALA	CATEG_ELEM	TIPO_ELEM	LATO_ELEM	ID DISS	ID DANNO	ENTIT_DAN	DT_DANNRIPRISTINO	ID_EL_ORIG	NOTE_RIL	DIMENSIONI
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	PN	9	0	9	9	9	0	9	937	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	PN	9	0	9	9	9	0	9	0	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	PN	3	0	9	9	9	0	9	951	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	PN	3	0	2	1	2	1968/1100	1	0	Informazioni ottenute da intervista
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	3	0	9	9	9	0	9	1227	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	3	0	4	2	3	0	4	0	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	1	0	9	9	9	0	9	1253	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	3	0	2	2	4	0	4	0	Parziale accumulo di solido (ciottoli) a valle e a monte della soglia
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	1	0	9	9	9	0	9	1253	
☐ - Cart.	CTR 1:10.000	IR	3	0	2	2	4	0	4	0	Parziale accumulo di solido (ciottoli) a valle e a monte della soglia

COSTRUZ	NOTE_DANNO	DT_RIL	N	AGGIORNATO
Cemento armato		0		FALSO
Cemento armato		200/20300		VERO
Cemento armato	Il ponte non è crollato, ma è stato seriamente danneggiato (intervista)	0		FALSO
Cemento armato		200/20200		VERO
	Deposito solido subito a valle del salto, ne annulla la funzione	0		FALSO
		200/20200		VERO
Calcestruzzo	Parziale accumulo di solido (ciottoli) a valle della soglia	0		FALSO
Calcestruzzo		200/20200		VERO
Calcestruzzo	Parziale accumulo di solido (ciottoli) a valle della soglia	0		FALSO
Calcestruzzo		200/20200		VERO

Il punto con ID 1227, ad esempio, è una soglia caratterizzata da deposito solido a monte e a valle (per mancata manutenzione), tale da annullarne la funzionalità.

3.3.2 Attività d'alveo

Le attività d'alveo che influiscono sulla morfologia dell'ambito fluviale sono state inventariate dalla bibliografia esistente, e riportate nella B.D.G., assieme ad un campo interpretativo dell'intensità del processo stesso. Risulta intuitivo che le attività morfologiche del corso d'acqua, ed in particolare, la valutazione della loro intensità, sono relativi allo "stato di piena", e sono riferiti alle evidenze morfologiche rilevate dopo gli eventi più significativi. In questo senso si può sostenere che questo particolare archivio è principalmente rivolto a fornire l'immagine dei punti e delle zone di maggiore criticità registrati negli ultimi decenni, lungo le aste dei maggiori corsi d'acqua.

Solamente l'informazione relativa all'alveo "in roccia" non contiene valutazioni di merito specifiche, infatti questa prova semplicemente che le condizioni morfologiche e/o idrauliche di quel tratto di canale impediscono il deposito di sedimenti trasportati.

Erosione laterale

La definizione è quasi sempre utilizzata dai vari Autori consultati, si sono trovate anche denominazioni facilmente riconducibili, come "erosione di sponda", oppure altre più generiche che hanno richiesto il controllo di terreno ed una loro attribuzione specifica come "erosione idrica accentuata", "erosioni varie", "presenza di accentuati fenomeni erosivi", "alveo localmente deviato".

Nella valutazione dell'intensità potenziale dei processi, ci si è rifatti alle considerazioni riportate dall'Autore del rilevamento. Nei numerosi casi in cui non era riportata alcuna valutazione, ci si è riferiti ad informazioni ricavate da altri Autori per il medesimo tratto d'alveo, oppure all'entità del danno subito dall'opera.

Si sono trovati anche numerosi casi in cui, per il medesimo punto o tratto d'alveo, sono riportate valutazioni di intensità discordanti. In questi casi si è scelto di conservare l'intensità indicata per l'anno più recente, o nel caso di date eguali, o di assenza di date, l'intensità più alta. In altri casi si è accettata la valutazione più documentata da un insieme di dati convergenti (intensità dell'anno con maggiore piena, assieme a danni più significativi, rifacimenti dell'opera, ecc.).

Erosione di fondo

Anche per questa informazione la definizione è generalmente eguale per tutti gli Autori. Molte delle denominazioni generiche, citate sopra ("erosione idrica accentuata", "erosioni varie", "presenza di accentuati fenomeni erosivi", "alveo localmente deviato"), che hanno richiesto il controllo di terreno sono state attribuite sia all'erosione laterale, sia a quella di fondo, solo in tre casi si è ritenuto di assegnarle esclusivamente all'erosione di fondo.

Anche per questo processo morfologico si sono attribuite le intensità potenziali sulla scorta delle descrizioni fornite dagli Autori, in base alle foto aeree, e per le situazioni più recenti anche con il rilevamento diretto.

Solo i tratti indicati come "alveo in roccia" non contengono la valutazione di intensità del processo. In tutti gli altri casi ci si è comportati con gli stessi criteri indicati per l'erosione laterale. Occorre anche sottolineare che i due processi sono spesso associati ed interdipendenti, solamente negli alvei particolarmente ampi, o in quelli in cui il substrato roccioso è subaffiorante, si può presentare l'erosione laterale indipendentemente da quella di fondo.

Erosione di testata

Questa definizione è utilizzata in rarissimi casi (4 nel biellese) ed indica i processi di erosione accelerata che caratterizzano la porzione di imbrifero più alta e più “giovane”. In realtà tutti gli imbriferi dei microbacini sono caratterizzati da questo tipo di attività, ma il processo è talmente implicito che, di norma, non viene indicato in modo puntuale.

Divagazioni d'alveo

Sotto questa voce si sono comprese tutte le informazioni relative alle segnalazioni di formazioni di nuovi tratti di corso fluviale incisi in occasione di piene eccezionali (nei casi controllati si trattava di grandi barre ghiaiose anastomizzate), di vere e complesse divagazioni che hanno ampliato l'alveo, soprattutto nell'alata pianura, o di segni di tracimazioni che hanno superato l'altezza dei terrazzi alluvionali.

Trasporto solido

I sedimenti predisposti, durante una lunga fase di preparazione, ad essere asportati dalle acque correnti, concorrono a formare il “trasporto solido” secondo due modalità: in sospensione (torbidità), e sul fondo (saltazione e trascinamento). Le informazioni relative ai processi di assunzione in carico, trasporto e sedimentazione lungo l'alveo possono essere oggetto di calcoli e di valutazioni qualitative, senza gli esiti di misure effettuate con apposita strumentazione. Per la montagna biellese non esistono dati misurati (strumentali) relativi alla torbidità, ed alle sue variazioni nelle diverse condizioni meteo-climatiche, oppure al trasporto sul fondo. Il trasporto in soluzione, che costituisce il volume di norma maggiore del trasporto complessivo, anche se il meno “vistoso”, non viene preso in considerazione.

Trasporto in sospensione

L'entità del trasporto solido in sospensione (T_u) è stata calcolata per ogni microbacino (multiplo di più celle idrografiche elementari) o per ogni cella elementare che recapita nell'asta principale con relazioni derivate da curve di regressione, tarate su bacini idrografici il cui apporto solido è noto per serie pluri-decennali (colmate, apparati di misura), in diversi contesti climatici (Ciccacci et Al., 1980).

La procedura di calcolo si fonda sul postulato che l'assetto morfologico attuale riassume l'insieme dei processi storici e, dunque, contiene gli elementi conoscitivi “necessari” a percepire alcuni comportamenti futuri del bacino idrografico. Perché gli elementi morfometrici citati siano anche “sufficienti”, occorre che i parametri climatici possano essere considerati costanti, almeno entro l'ultimo ciclo, considerazione quest'ultima certamente accettabile per bacini di dimensioni contenute come quelli della Provincia di Biella.

Le relazioni di calcolo utilizzate si fondano su parametri essenzialmente morfometrici come la densità di drenaggio (D_d), densità ed indice di anomalia gerarchica del reticolo (Δa , g_a), gradienti medi di pendio dei canali (θ), ed il loro uso deve essere scelto in conformità alle situazioni morfologiche locali.

Si tratta di equazioni di rette, la scelta avviene tra 6 alternative, più tre per bacini dotati di D_d particolarmente elevato, secondo i parametri morfometrici che si vogliono impiegare. Queste relazioni hanno mostrato, per i bacini appenninici, coeffi-

cienti di determinazione con i risultati di torbidità media annua misurata discretamente buoni:

$$\log Tu = C \Delta a + C_1;$$

$$\log Tu = C Dd + C_1 \text{ [per bacini dotati di } Dd < 6 \text{]};$$

$$\log Tu = C \log Dd + C_1 \text{ [per bacini dotati di } Dd > 6 \text{]};$$

$$\log Tu = C Dd + C_1 \Theta + C_2;$$

$$\log Tu = C \log Dd + C_1 \Theta + C_2;$$

$$\log Tu = C Dd + C_1 \Delta a + C_2 \text{ [per bacini dotati di } Dd < 6 \text{]};$$

$$\log Tu = C \log Dd + C_1 \Delta a + C_2 \text{ [per bacini dotati di } Dd > 6 \text{]};$$

$$\log Tu = C Dd + C_1 ga + C_2 \text{ [per bacini dotati di } Dd < 6 \text{]};$$

$$\log Tu = C \log Dd + C_1 ga + C_2 \text{ [per bacini dotati di } Dd > 6 \text{]}.$$

Dove C , C_1 e C_2 sono costanti che dipendono dall'equazione utilizzata (Ciccacci et Al., 1980).

L'adattamento alla situazione delle prealpi biellesi non ha richiesto particolari accortezze, se non la scelta delle equazioni più idonee, secondo i bacini. Le sostanziali differenze del substrato roccioso, infatti, sono molto attenuate dal fatto che l'assunzione in carico dei sedimenti avviene quasi interamente a spese della coltre pedologica e dello strato di alterazione. Solo nel caso di affioramento del substrato roccioso o della porzione più profonda dello strato alterato l'influenza delle differenze litologiche può produrre significative divergenze nei risultati, ma si tratta quasi sempre di situazioni molto locali e di scarsa rilevanza geografica.

Nei casi in cui la differente composizione tessiturale dello strato superficiale (pedologico e alterato) è significativamente distribuita nell'ambito del bacino, essa si riflette immediatamente nell'assetto del reticolo idrografico. A maggiore presenza di scheletro sabbioso, e maggiore profondità delle coltri, corrisponde una minore Dd ; a composizioni maggiormente limoso - argillose corrispondono pattern del reticolo con maggiore Dd e maggiore anomalia gerarchica. Un esempio nel biellese è ben verificabile nel confronto con le aree interessate da potenti depositi morenici.

La sperimentazione condotta su piccoli bacini emiliani (minori di 20 km²), non conforta però un uso, che voglia essere puramente quantitativo, delle relazioni di calcolo descritte (almeno di quelle molto influenzate dalla Dd e/o dall'anomalia gerarchica), ma permette di mantenere fermo l'obiettivo di una sufficiente attendibilità del risultato finale allo sbocco del bacino principale, e del confronto tra i microbacini interni.

Ogni bacino idrografico considerato nella Provincia di Biella (vedasi Sistema morfologico), gerarchizzato nelle sue componenti fisiche fondamentali (reticolo idrografico secondo Strahler, 1957; anomalia gerarchica dei canali -Avena et Al., 1967-; crinali e bacini idrografici), e quantificato nelle sue componenti geometriche (superficie delle Celle e degli Elementi idrografici, lunghezza dei canali e loro numero secondo l'ordine gerarchico per unità idrografiche, perimetri, dati relativi alla presenza di

depositi alluvionali, spartiacque, ed altri parametri), sintetizza l'assetto complessivo del territorio come è venuto determinandosi nel tempo.

Per adattare i risultati ottenuti dal modello matematico, che propone l'entità del Tu medio annuo per km^2 , e valutare gli incrementi di Tu in funzione delle varie situazioni pluviometriche, si è ritenuto di studiare le variazioni dei parametri morfometrici del reticolo idrografico in funzione dei contesti pluviometrici che si vogliono analizzare. L'evento del 1968 in particolare ha modificato l'assetto del reticolo, questa modificazione, costituita dall'apertura di nuovi rami di 1° ordine (le colate rappresentano appunto la risposta delle coltri pedologiche e di alterazione alla sovra – saturazione), rispecchia la situazione di potenziale nuovo trasporto solido. Dunque l'incremento di Tu può essere imputato all'evento eccezionale.

Se l'assunzione in carico del sedimento avviene nella prima parte della precipitazione intensa e prolungata, Lewis (1921) e Heidel (1956) per primi dimostrano che la propagazione del flusso torbido lungo l'asta (ed i conseguenti processi pulsanti di deposizione e riassunzione in carico) avviene con un ritardo considerevole, rispetto alla quella del massimo di portata. Il ritardo è, ovviamente, direttamente proporzionale alle dimensioni del bacino idrografico. Nel caso del biellese si può con tranquillità sostenere che lo scarto temporale è modesto forse, di pochissime ore per i bacini più grandi come il Sessera ed il Cervo.

Le testimonianze raccolte e riportate in letteratura concordano tutte nell'attribuire un picco massimo di torbidità all'ultimo giorno dell'evento. In realtà la concomitanza con lo scatenarsi delle colate è il vero fattore che deve essere considerato, non solo per il trasporto sul fondo, ma anche per quello in sospensione. In questo senso l'apertura di nuovi canali di 1° ordine consente di verificare; per numero, lunghezza ed anomalia gerarchica determinata, l'incremento possibile nella torbidità da imputare interamente all'evento stesso.

A questo scopo sono state realizzate tre simulazioni di attività del reticolo idrografico per diverse condizioni pluviometriche: una per le precipitazioni medie del periodo, una per precipitazioni con tempo di ritorno di 100 anni, una per precipitazioni di durata ed intensità paragonabili all'evento del 1968 (tempo di ritorno di 200 anni).

Per la situazione relativa alle precipitazioni medie si è considerato il reticolo della Carta Tecnica Regionale eliminando virtualmente una parte della lunghezza del reticolo più effimero (1° ordine), quindi ottenendo una Dd bassa ed un minore θ , senza però influire sull'ordine gerarchico complessivo del reticolo.

Per la simulazione di precipitazioni con TR di 100 anni si è implementato il reticolo sulla base della morfologia, del substrato litologico e delle coperture forestali. In pratica si è aumentata la Dd ed i parametri relativi alla gerarchia del reticolo (Δa , ga).

Per simulare la situazione di picco (1968), la più interessante ai fini di questo lavoro, quella cioè più vicina alla soglia di pericolosità richiesta per le verifiche di sicurezza del sistema idraulico e per la stabilità dei versanti, si è implementato il reticolo utilizzando tutte le informazioni di rilevamento note, ed alcune foto aeree scattate immediatamente dopo l'evento. In questa simulazione l'intero panorama morfometrico del reticolo idrografico risulta profondamente modificato per i bacini colpiti dell'alluvione del 1968 (Strona di Mosso, parte meridionale del Sessera). Questo im-

pianto metodologico è stato estrapolato su base solamente topografica al restante territorio montano della Provincia per poter proporre la simulazione in un quadro omogeneo. I risultati ottenuti sono sintetizzati in tabella 3.3.

Scenario 1 (normale)

BACINI	N. canali ordine	N. di anomalia	Superficie	ga	Δa	Lunghezze	Dd	TU medi [t/kmq/anno]
Bisignana	142,00	120,00	12,71	9,44	0,8	57,516	4,5	915
Cervo	709,00	1007,00	124,03	8,12	1,4	439,709	3,5	526
Elvo	205,00	216,00	37,36	5,78	1,1	126,658	3,4	437
Giara	351,00	354,00	21,66	16,34	1,0	111,336	5,1	1562
Ingagna	224,00	185,00	34,39	5,38	0,8	127,230	3,7	494
Olobbia	69,00	66,00	38,72	1,70	1,0	85,765	2,2	167
Ostola	272,00	380,00	24,95	15,23	1,4	115,364	4,6	1228
Sessera	2255,00	4550,00	182,13	24,98	2,0	887,892	4,9	1923
Strona	272,00	472,00	44,73	10,55	1,7	144,704	3,2	465
Viona	64,00	72,00	17,30	4,16	1,1	45,947	2,7	255

Scenario 2 (precipitazioni straordinarie)

BACINI	N. canali ordine	N. di anomalia	Superficie	ga	Δa	Lunghezze	Dd	TU medi [t/kmq/anno]
Bisignana	163,00	136,00	12,71	10,70	0,8	62,69	4,9	1245
Cervo	1375,00	2282,00	124,03	18,40	1,7	667,13	5,4	2536
Elvo	311,00	414,00	37,36	11,08	1,3	160,48	4,3	940
Giara	359,00	372,00	21,66	17,17	1,0	113,76	5,3	1822
Ingagna	265,00	315,00	34,39	9,16	1,2	143,50	4,2	839
Olobbia	99,00	95,00	38,72	2,45	1,0	102,03	2,6	227
Ostola	402,00	483,00	24,95	19,35	1,2	136,17	5,5	2286
Sessera	2733,00	5774,00	182,13	31,70	2,1	1008,47	5,5	3167
Strona	340,00	596,00	44,73	13,32	1,8	168,64	3,8	766
Viona	96,00	106,00	17,30	6,13	1,1	55,61	3,2	374

Scenario 3 (precipitazioni eccezionali)

BACINI	N. canali ordine	N. di anomalia	Superficie	ga	Δa	Lunghezze	Dd	TU medi [t/kmq/anno]
Bisignana	301,00	246,00	12,71	19,36	0,8	83,34	6,6	4617
Cervo	2825,00	5473,00	124,03	44,13	1,9	926,35	7,5	13764
Elvo	532,00	630,00	37,36	16,86	1,2	234,52	6,3	4235
Giara	557,00	838,00	21,66	38,69	1,5	144,99	6,7	6426
Ingagna	407,00	432,00	34,39	12,56	1,1	190,47	5,5	2204
Olobbia	185,00	146,00	38,72	3,77	0,8	130,29	3,4	392
Ostola	680,00	863,00	24,95	34,58	1,3	202,06	8,1	17588
Sessera	3486,00	7233,00	182,13	39,71	2,1	1157,52	6,4	6338
Strona	1484,00	2562,00	44,73	57,27	1,7	339,79	7,6	13828
Viona	163,00	354,00	17,30	20,46	2,2	75,08	4,3	1302

Tabella 3.3 - Parametri morfometrici dei reticoli considerati per diversi scenari di precipitazione e risultati ottenuti per il trasporto in sospensione, i simboli sono nel testo.

Il confronto tra i risultati numerici ottenuti fornisce un quadro di incremento significativo della densità di drenaggio dei bacini, cui corrisponde un incremento di tra-

sporto solido unitario in sospensione (TU) molto variabile tra i vari bacini. Strona e Cervo sono quelli che presentano gli incrementi maggiori (anche oltre 25 volte), mentre tra i grandi bacini il Sessera presenta valori totali di TU ed incrementi modesti, rispetto alla situazione normale. L'Elvo, pur avendo TU assoluto ancora contenuto, subisce un incremento, rispetto la situazione ordinaria, di circa un ordine di grandezza.

Tra i piccoli bacini importante notare che il Viona, e con lui la zona morenica, non presenta valori assoluti ed incrementi degni di nota. La connessione con le caratteristiche del substrato pare condizionare anche il diverso comportamento tenuto dall'Ostola, con i suoi alti valori assoluti ed incrementali, rispetto al Bisignana ed agli altri minori bacini orientali, qui non riportati (esempio area di Sostegno).

La simulazione proposta offre la possibilità, associata ai risultati ottenuti dall'evoluzione dell'uso del suolo (1954-1994), di affrontare una programmazione della manutenzione dei bacini idrografici anche in termini di soprassuolo ben documentata e consapevole.

Un calcolo più raffinato è stato compiuto solo per i bacini del Sessera e del Cervo, il primo perché è stato interessato da un particolare approfondimento delle analisi nell'ambito di un accordo di programma tra Provincia, Comuni rivieraschi e Comunità Montana Valle Sessera, il secondo perché è stato oggetto di una simulazione teorica specifica, di poco precedente l'evento dell'estate 2002.

Per il Bacino del Sessera si ha un incremento nel Tu tra la condizione normale e quella estrema (scenario 3) di oltre 3 volte, e comunque per valori finali certo alti ma non estremi, in questo senso gioca un ruolo determinante il fondovalle ampio e relativamente poco acclive. Depurando il valore ottenuto del trasporto in condizioni normali (attorno a 300.000 tonnellate/anno), si ottiene un ammontare teorico del sedimento in sospensione per l'intero bacino del Sessera pari ad oltre 800.000 t (600.000 metri cubi), che può in gran parte essere attribuito a condizioni tipo quelle dell'evento del novembre 1968.

Questo calcolo non tiene in conto gli apporti prodotti, istantaneamente, dalle colate di fango e detriti che hanno caratterizzato il dissesto di alcuni bacini (Ponzone), ma probabilmente hanno interessato anche altre porzioni dell'intero Sessera. In sostanza si può sostenere che le valutazioni ottenute dal calcolo sono, con ogni probabilità, ottimistiche rispetto ai reali volumi di materiali spostati durante un evento come quello del 1968. Il risultato ottenuto quindi può essere considerato come il "limite inferiore" di un intervallo di variazione assai più ampio verso l'alto.

I risultati delle simulazioni per il torrente Sessera forniscono valori di Tu assai modesti per gli scenari 1 e 2. Solo per la simulazione relativa a precipitazioni eccezionali (scenario 3), assunte pari a quelle del 1968, si ottengono valori dei volumi teorici considerevoli, ciò in armonia anche con altri metodi di calcolo fondati sul rapporto con la portata (Osborn e Lane, 1967), o con precipitazioni e deflusso (Langbein e Schumm, 1958; Douglas, 1967).

Trasporto di fondo

Per il trasporto sul fondo non esistono modelli di calcolo capaci di interpretare bacini idrografici di dimensioni significative. Sono riportate in letteratura molte equa-

zioni empiriche che rispondono essenzialmente a situazioni locali assai specifiche, in particolare alla formazione delle conoidi allo sbocco di piccole celle. Anche in questi casi i parametri considerati sono praticamente sempre morfometrici.

Ancora oggi sono troppo modeste le misure di trasporto solido di fondo per azzeardare correlazioni e stime, se non, per situazioni in cui più serie di misure effettuate dopo eventi significativi consentano di proporre correlazioni tra parametri morfologici e volumi spostati. Questo tipo di valutazione è stato svolto in via sperimentale solo per il Torrente Cervo e per il Torrente Ponzzone (Sessera) relativamente al quale si riportano di seguito gli esiti delle valutazioni effettuate. . Grazie al materiale bibliografico a disposizione è stato possibile per questo microbacino disporre di alcune importanti valutazioni sulla sedimentazione fluvio-torrentizia, osservata dagli Autori dei diversi rilevamenti, durante o immediatamente dopo gli eventi alluvionali più significativi. Queste informazioni rappresentano un patrimonio conoscitivo di grande importanza. Un'altra fonte utilizzabile è fornita dalle fotografie d'epoca che riprendono anche precisi punti di riferimento (ponti, strutture artificiali, eccetera). Utilizzando i punti di riferimento noti è stato possibile ricavare misure, sia pure molto approssimate, dell'altezza raggiunta dalla sedimentazione alla fine della piena.

Per questo lavoro si è soprattutto utilizzata la B.D.G. e si sono calcolati i volumi spostati dai dissesti noti durante l'evento del 1968. Il calcolo è stato riferito alla chiusura dei bacini significativi interni al microbacino del Ponzzone e contempla la valutazione dei sedimenti abbandonati nei tratti d'alveo con acclività minori di dieci gradi.

Il volume di materiali mobilizzati lungo i versanti a causa delle colate nel bacino del Ponzzone è di oltre 700.000 metri cubi. Se si considera che questo materiale si è concentrato in poche ore durante l'ultimo giorno dell'evento del 1968, è possibile tentare un dimensionamento del trasporto sul fondo e dell'incremento di trasporto in sospensione che ha colpito questo bacino nelle poche ore (dalle 17 alle 22) del 2/11/1968. Il volume calcolato dell'asta principale e delle porzioni di confluenti dotati di acclività minore di 10 gradi ha un volume minore di 200.000 metri cubi, l'abbandono di materiali ghiaiosi è stato, nei tratti di fondo valle, anche superiore ai 3 metri di altezza ed ha certamente superato il volume normalmente occupato dalle piene straordinarie. Si può valutare che, dei circa 300.000 metri cubi di pietrisco e ciottolame variamente sedimentato e ripreso dalle ondate impulsive che si verificarono lungo l'alveo del Ponzzone, circa la metà si presume giunse al Sessera.

Al trasporto in sospensione calcolato per l'evento eccezionale, occorre sommare il contributo fornito dall'improvviso arrivo di colate di fango e detriti per un ammontare di oltre 400.000 metri cubi. Questo contributo al trasporto solido, accompagnato alla vegetazione anche arborea che ha prodotto l'effetto "diga" in varie parti del fondo valle, aumentando la densità relativa dell'acqua, ha agevolato il trasporto sul fondo; gli impulsi di portata prodotti dalla "rottura" delle dighe formate dalla vegetazione in corrispondenza dei restringimenti d'alveo ha moltiplicato l'energia accrescendo la capacità di trasporto.

L'estrapolazione agli altri bacini confluenti del Sessera, dei dati calcolati nel Ponzzone, conduce a valori di trasporto in sospensione 2,5 volte superiori rispetto a quelli calcolati (1.500.000 metri cubi), il trasporto sul fondo potrebbe superare i 700.000 metri cubi.

4. PERICOLOSITÀ MORFOLOGICA

4.1 Pericolosità di Sistema e puntuali

Non esistono metodi previsionali del “pericolo naturale” codificati ed universalmente accettati. La difesa delle vite e delle attività umane, la localizzazione geografica di nuovi insediamenti, le scelte di percorso di grandi infrastrutture, sono stabilite in funzione di ricostruzioni della pericolosità essenzialmente probabilistiche. In questo senso è importante sottolineare che, in relazione alle cause, le pericolosità naturali possono essere riferite ad interi sistemi naturali (per lo più interpretabili secondo leggi stocastiche), oppure a situazioni puntuali (legate a caratteristiche e contingenze locali, e quindi difficilmente riconducibili entro codifiche statistiche) . Al primo caso appartengono le pericolosità idrauliche (acque superficiali), i “torrent e debris flow” e conseguenti conoidi, le pericolosità idrogelologiche (che hanno come bersaglio la qualità delle acque sotterranee), e sismiche; al secondo le pericolosità di versante (frane), la perdita di suolo, le forme di degradazione localizzate, ecc..

Le pericolosità di sistema devono essere affrontate con modalità unitarie e coerenti sia nella fase di studio e zonizzazione, sia in quella di indirizzo territoriale e progettuale, sia infine in quella di eventuale realizzazione delle difese. E’ impensabile, ad esempio, che l’asta di un corso d’acqua venga studiata, riguardo la pericolosità idraulica, con differenti modalità e presupposti idrologici, secondo le necessità dei vari Comuni rivieraschi, o, peggio, secondo necessità ancor più particolari e locali.

Metodi probabilistici e quantitativi sono in grado di definire zone caratterizzate da diversa probabilità di accadimento, e quindi di aiutare nella scelta del grado di “rischio accettabile”, e di indicare le difese e le attenuazioni per prevenire gli effetti degli eventi anche a livello locale. Nel merito della “pericolosità naturale di sistema” il ruolo di controllo e di “coordinamento” della pianificazione Provinciale, ed in genere di quella sovra-ordinata, è evidente e necessario fino alla realizzazione dei progetti di difesa finalizzati all’incremento della sicurezza territoriale. Per questi motivi il controllo e la gestione delle conoscenze delle pericolosità di sistema (idrologia ed idraulica fluviale, trasporto solido torrentizio, ecc.) costituiscono uno degli obiettivi della Pianificazione sovra-ordinata.

Per la pericolosità puntuale, le possibilità previsionali sono riferibili esclusivamente a singoli movimenti o a situazioni particolarmente studiate e note. La “prevenzione”, in particolare riguardo ai movimenti di gravità, può essere realizzata solamente attraverso una conoscenza geomeccanica, dinamica e geometrica molto dettagliata dei movimenti esistenti (prevenzione delle riattivazioni), o delle situazioni di particolari tratti di versante (prevenzione di nuovi accadimenti). In entrambi i casi si tratta di applicazioni che non possono essere adottate per interi bacini idrografici o per ampi territori, neppure disponendo di risorse economiche ed umane illimitate. L’approccio statistico, tuttavia, resta l’unico in grado di fornire indicazioni, sia pure di massima, riguardo le soglie pluviometriche di nuova attivazione/riattivazione, la distribuzione geografica dei possibili eventi, la connessione tra eventi noti e danni subiti, ecc.

4.2 Metodo adottato

La possibilità di utilizzare metodi di definizione della pericolosità quantitativi è correlata alla conoscenza di parametri fondamentali, e si scontra inevitabilmente con le dimensioni territoriali dell'indagine. I metodi esclusivamente qualitativi, fondati sulla conoscenza personale e locale, ed i metodi indiretti che considerano le informazioni morfometriche e geologiche come supporti fisici alla stabilità chiudono la possibilità di migliorare il risultato ottenuto (classificazione di pericolosità), aggiornando le conoscenze nel tempo.

I metodi fondati sulla meccanica delle rocce (metodi deterministici) hanno il grande pregio di descrivere compiutamente il "campo di analisi" e di proporre un sistema di riferimento di calcolo relativamente standardizzato e migliorabile, e costituiscono la soluzione con maggiore indice di affidabilità, soprattutto per la previsione di nuovi eventi.

L'inventario dei dati meccanici delle varie litologie e, soprattutto delle loro coperture e strati di alterazione, e dei dati strutturali del substrato roccioso, è praticamente inesistente, per il biellese. Le poche analisi di laboratorio effettuate per questo lavoro confermano i pochi dati di letteratura: i parametri meccanici sono discreti, anche per le Formazioni geologiche più pelitiche, come quelle di età pliocenica, ed i loro strati di alterazione, a causa dell'ubiquitaria presenza di un consistente scheletro sabbioso.

Tuttavia l'estrema rarefazione delle informazioni geomeccaniche e la "territorialità" dell'analisi hanno impedito l'impiego di metodi deterministici, per i versanti, o di analisi cinematiche delle pareti. In prospettiva, anche utilizzando le banche dati realizzate per questo lavoro, sarà possibile focalizzare l'attenzione sulle zone a maggiore pericolosità in cui siano presenti bersagli significativi che emergono da questo lavoro, e su queste zone applicare metodi di definizione deterministica delle condizioni limite.

Un altro approccio quantitativo è dato dalla possibilità di sviluppare un'analisi statistica. La pericolosità rappresenta il prodotto dell'intensità del processo per una sua probabilità di accadimento. Per giungere ad una stima della intensità (magnitudo) è però indispensabile conoscere la massa e la velocità di ogni frana, per individuare una possibile ricorrenza è indispensabile disporre di informazioni, anche storiche, riguardo le attivazioni e riattivazioni dei movimenti.

Per la stima della pericolosità potenziale di frana si è scelto, dunque, un approccio statistico, probabilistico, pur nella consapevolezza che gli esiti ottenuti difficilmente potranno avere capacità previsionale rispetto a nuovi accadimenti. In particolare per quanto riguarda le colate a cinematica veloce, che si sviluppano nel derma (strato pedologico e primo strato di alterazione), le cui condizioni di localizzazione e sviluppo paiono strettamente legate all'assetto morfologico dei versanti (presenza di piccoli impluvi), mentre le condizioni di innesco alla distribuzione e durata delle piogge.

Si è ritenuto di stimare la pericolosità sia per i movimenti di gravità esistenti (pericolosità di riattivazione), sia per le aree censite con maggiore propensione al dissesto (pericolosità potenziale). Per i movimenti di gravità esistenti si è proceduto con la stima della "magnitudo" (energia espressa dalla frana) e della probabilità di riattivazione (numero e frequenza di riattivazioni in un intervallo di tempo noto); per le porzioni di versante con propensione al dissesto si compiuta una stima puramente statistica fondata sulla frequenza e sulla densità di dissesto, misurata sui parametri disponibili.

li: acclività, litologia, uso del suolo, densità e frequenza di dissesto in condizioni analoghe.

La B.D.G. oltre ai dissesti dotati di geometria nota (poligoni), contiene l'inventario delle segnalazioni e delle frane di dimensioni non cartografabili, queste informazioni sono state trattate, dal punto di vista della classificazione e delle statistiche come le altre, ma, ovviamente, non sono entrate nel calcolo della pericolosità.

Per i movimenti di gravità classificati come "involuppi reali" [vedi paragrafo 3.2.2. punto (d)], nell'analisi di pericolosità si è considerata la superficie media delle frane per tipo di movimento. La presenza di numerosi movimenti di gravità (in genere colate), di dimensione così modesta da non poter essere cartografati (poche centinaia di metri quadrati), che si sviluppano in versanti assai più lunghi, viene inteso come segnale di premonizione del raggiunto limite di stabilità delle coltri alterate per eventi pluviometrici tipo quello del 1994, ad esempio per la zona dell'Elvo.

Poiché le caratteristiche meccaniche ed idrogeologiche degli strati superficiali di quella porzione di versante sono complessivamente vicine al limite, si è ritenuto di attribuire, all'intera superficie dell'involuppo, la pericolosità derivata dal calcolo come se la superficie in dissesto fosse quella di una "frana media" della medesima tipologia.

Tutte le elaborazioni sono state condotte in relazione alle Unità Idromorfologiche Elementari (celle ed elementi idrografici e loro multipli) che hanno costituito costantemente il riferimento statistico. Gli esiti di tali elaborazioni sono rappresentati nella cartografia MA3a in scala 1: 25.000.

4.2.1 *Magnitudo dell'evento*

L'utilizzazione di questo metodo quantitativo di valutazione non è "migliore" delle stime per zone omogenee, o fondate sull'esperienza soggettiva: in entrambe i casi il risultato finale è il frutto di stime e valutazioni relativamente opinabili e personali. Questo approccio alla stima della pericolosità territoriale è migliore perché presenta, per le Amministrazioni Locali, due vantaggi:

- facile e corretta gestione dei dati geometrici (profondità della/e superfici di taglio, dimensioni del movimento), dei dati meccanici (parametri ammasso roccioso coinvolto, piezometria, ecc.), e cinematici (strumenti di controllo e misura delle velocità), una volta determinati correttamente, per qualunque frana, già censita o di nuova attivazione. A questo proposito è stato individuato un elenco dei dissesti da monitorare che riporta indicazioni del diverso grado di monitoraggio da attuare, indicando anche le priorità. L'indicazione dei dissesti da sottoporre ad attività di monitoraggio nonché la tipologia proposta è rappresentata nelle cartografie MA3a e IGT-S in scala 1: 25.000
- permette confronti tra situazioni anche lontane e costringe ad una più rigorosa analisi dei movimenti franosi.

Per stimare l'energia espressa da ogni movimento franoso dell'inventario, secondo la classificazione adottata (capitolo 3), si sono considerate:

- la superficie dei movimenti franosi, ritenendola proporzionale al volume complessivo della massa dislocata;

- la stima delle velocità di 1° attivazione e di riattivazione, fondata sia sulla litologia del substrato, sia sull'acclività, in base alle valutazioni effettuate con casistica ricostruita mediante rilevamenti di terreno e raccolta di testimonianze dirette.

Per la stima delle velocità ci si è riferiti agli intervalli di variazione indicati in Cruden e Varnes, 1996, variamente ripresi da molti Autori anche italiani come Canuti e Casagli, 1996 che vengono riportati nella tabella 4.1.

CLASSE VELOCITA'	DESCRIZIONE	SCALA VELOCITA' (limite inferiore)
7	Estremamente rapida	5 m/s
6	Molto rapida	3 m/min
5	Rapida	1,8 m/h
4	Moderata	13 m/mese
3	Lenta	1,6 m/anno
2	Molto lenta	16 mm/anno
1	Estremamente lenta	

Tabella 4.1 – Riferimento per la valutazione degli intervalli di velocità dei movimenti franosi (Cruden e Varnes, 1996)

Le classi di velocità adottate sono riportate nella B.D.G..

L'attribuzione di questo importante parametro è avvenuta considerando molti elementi statistici e facendo anche valutazioni di terreno sui movimenti verificati e rilevati direttamente. L'insieme delle considerazioni relative ai movimenti verificati in campagna, o di cui esistono testimonianze o evidenze di danni provocati, hanno portato a imporre soglie medie di velocità di 1° attivazione per le flow a cinematica veloce, e per le slide a superficie sub cilindrica. Le velocità di riattivazione delle slide sono state attribuite sulla base di scarse informazioni e di osservazioni compiute in particolare sulle frane del Bacino dell'Elvo, ancora oggi in lenta evoluzione.

Le soglie ricercate sono state sempre imposte in termini cautelativi, cioè con il limite di velocità superiore, per ogni litologia e per ogni acclività, come riportato nelle tabelle 4.2.

La tabella relativa ai crolli non è riprodotta poiché si sono considerate le acclività in relazione al processo: solamente le frane con acclività inferiori a 25° hanno ricevuto velocità minori di 5 m/s. Fino a questa acclività infatti, nella zona di origine, si verifica solamente il rotolamento. Per acclività maggiori, fino a 40°, al rotolamento possono accompagnarsi anche i rimbalzi che costituiscono la fase di maggiore acquisizione di velocità e pericolosità, e sono state attribuite velocità di 10 m/s. Alle situazioni di acclività superiore a 40°, fino a 75° si è attribuita velocità massima di 25 m/s.

Le classi litologiche utilizzate per tutte le stime statistiche relative alla pericolosità morfologica, sono state desunte dalla carta litologica numerica della Regione Piemonte in scala 1: 100.000. Questo documento è stato modificato per adeguare i limiti delle unità geologiche, variamente accorpate tra loro, alla cartografia geologica di Sta-

to, ma anche per le delimitazioni dei sedimenti quaternari dei fondovalle e dell'alta pianura.

La cartografia MA1 - Litologia in scala 1: 100.000, è il risultato di questo lavoro di trasposizione ed adeguamento delle informazioni regionali. La modificazione nella geometria dei limiti di fondovalle e le specificazioni morfologiche, sono il risultato dell'interpretazione di foto aeree e del rilevamento di terreno. Gli accorpamenti litologici derivano da riconosciuta uniformità di comportamento del substrato roccioso nella formazione delle coperture pedologiche e di alterazione. I comportamenti geomeccanici di queste coperture non sono valutabili per la completa assenza di dati geognostici diffusi anche solo in aree campione. I pochi dati quantitativi disponibili, e raccolti per quest'analisi, non sono sufficienti a fornire un quadro attendibile delle variazioni di comportamento meccanico delle coperture alterate dei versanti biellesi. L'esperienza ha dimostrato che gran parte dei processi morfogenetici di versante risponde ad una microvariazione delle tessiture rappresentate nelle coltri di copertura, per la cui definizione sarebbe necessario il prelievo di campioni per l'analisi meccanica raccolti con maglia molto stretta.

L'utilizzazione del dato litologico per la stima della pericolosità morfologica è quindi legata a considerazioni relative alla sola potenza delle coperture ed al grado di alterazione riscontrato durante i sopralluoghi effettuati per la valutazione dello stato di attività dei movimenti franosi.

Le categorie litologiche utilizzate per tutte le valutazioni sulla pericolosità morfologica sono riportate assieme ai relativi codici numerici nella tabella 4.3. Tale suddivisione non rappresenta il complesso dei litotipi presenti nel territorio provinciale ma si basa sulle considerazioni precedenti.

SLIDE	Classe velocità riattivazione									Classe velocità 1° attivazione								
	Litologia									Litologia								
Media acclività	10	11	12	28	30	32	38	40	42	10	11	12	28	30	32	38	40	42
10	1	1	1	2	1	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	1	1	1	2	1	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	1	1	1	2	1	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	1	1	1	2	2	3	3	1	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
14	2	2	2	2	2	3	3	1	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
15	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4
16	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4
17	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	4	4	5	5	5	5	4	5
18	3	3	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5
19	3	3	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5
20	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5
21	4	4	4	4	3	4	4	3	4	5	5	5	6	6	6	6	5	6
22	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	5	6

23		4	4	4	5	4	5	5	4	5		5	5	5	6	6	6	6	5	6
24		4	4	4	5	4	5	5	4	5		5	6	6	6	6	6	6	6	6
25		5	5	5	5	4	5	5	4	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
26		5	5	5	5	5	5	5	5	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
27		5	5	5	5	5	5	5	5	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
28		6	6	6	5	5	5	5	5	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
29		6	6	6	5	5	5	5	5	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
30		6	6	6	6	6	5	5	6	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
32		6	6	6	6	6	5	5	6	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6
35		6	6	6	6	6	5	5	6	5		6	6	6	6	6	6	6	6	6

FLOW	Classe velocità 1° attivazione								
	Litologia								
Media ac- clività	10	11	12	28	30	32	38	40	42
10	4	nd	4	nd	5	4	4	5	4
11	5	nd	4	nd	6	5	5	6	5
12	5	nd	5	nd	6	6	6	6	6
13	5	nd	5	nd	6	6	6	6	6
14	6	nd	5	nd	6	6	6	6	6
15	6	nd	5	nd	6	6	6	6	6
16	6	nd	6	nd	6	6	6	6	6
17	6	nd	6	nd	6	6	6	6	6
18	6	nd	6	nd	6	6	6	6	6
19	6	nd	6	nd	6	6	6	6	6
20	6	nd	6	nd	6	7	7	7	7
21	6	nd	6	nd	7	7	7	7	7
22	6	nd	6	nd	7	7	7	7	7
23	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
24	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
25	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
26	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
27	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
28	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
29	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
30	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
32	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7
35	7	nd	7	nd	7	7	7	7	7

Tabella 4.2 – Tabelle di attribuzione delle classi di velocità alle flow ed alle slide, ottenute dall'incrocio tra acclività e litologia del substrato. Le sigle numeriche delle litologie riportate in tabella sono le medesime utilizzate dalla Regione Piemonte.

4.2.2 Probabilità di accadimento

Le figure 4.1, 4.2, 4.3 riproducono sinteticamente l'insieme delle informazioni utilizzate per l'attribuzione delle probabilità di accadimento. Il numero totale delle frane di cui è nota la data di innesco è di circa 2000, di cui circa 500 hanno epoche di accadimento attribuite sulla base di documentazione varia. Relativamente alla data di prima riattivazione il numero diminuisce drasticamente ad appena 136 fenomeni franosi, 28 per seconda riattivazione.

La distribuzione delle frane per anno di accadimento è significativa poiché ripropone la serie degli eventi pluviometrici del biellese. In particolare il diagramma di figura 4.3, che sintetizza l'insieme dei dati relativi a dissesti di tipo poligonale, ai movimenti non cartografabili e alle segnalazioni per anno di accadimento. La possibilità di richiamare per anno la localizzazione dei dissesti consente anche di verificare la porzione di territorio più colpita in occasione di un evento alluvionale.

La tabella 4.3 riporta la scansione dei dati relativi alle riattivazioni per litologia coinvolta.

All'esito ottenuto è stato attribuito un peso che rappresenta il fattore di probabilità (variabile da 1 a 3) utilizzato con la magnitudo per ottenere una stima della pericolosità di riattivazione dei movimenti per litologia.

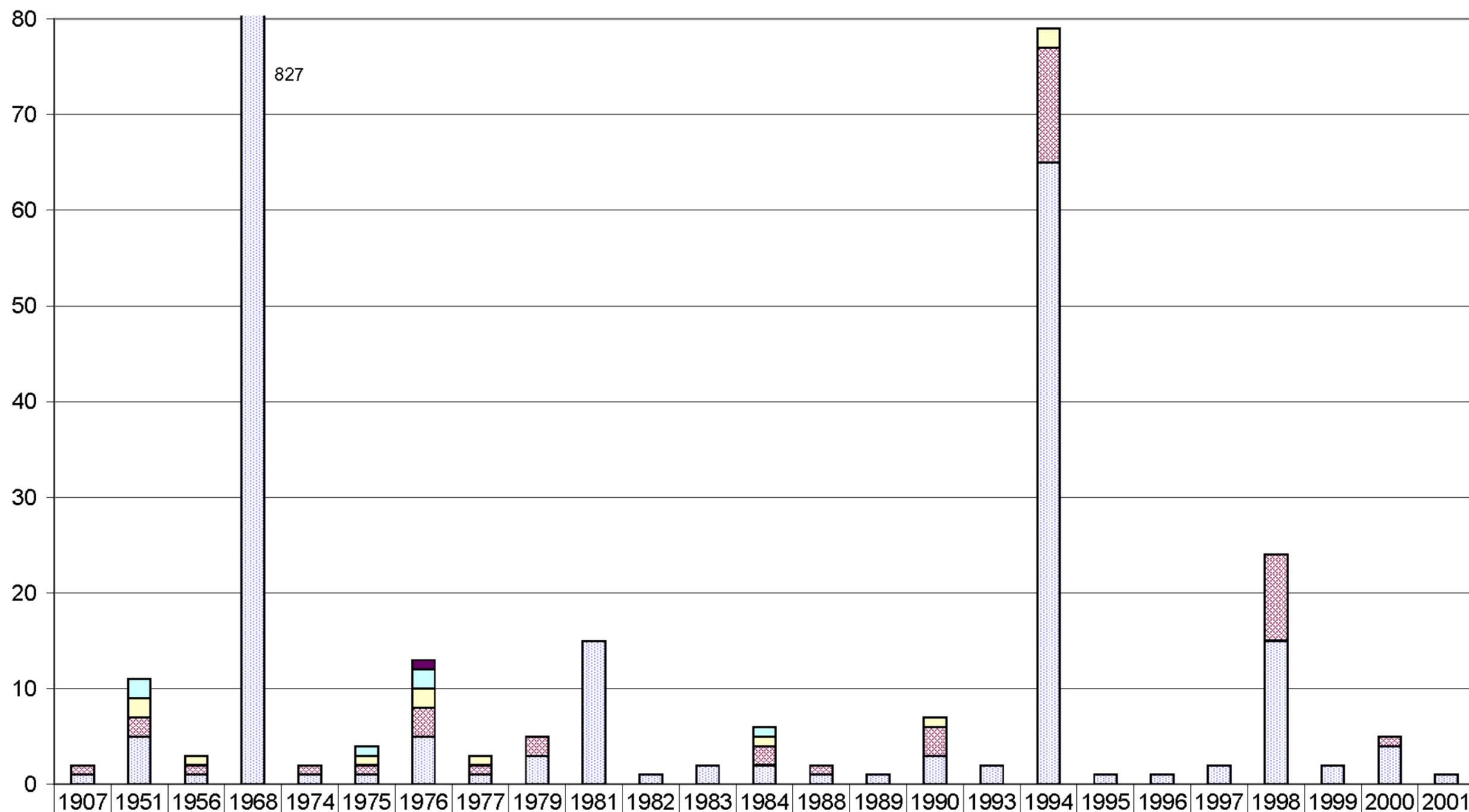
<i>Descrizione sintetica</i>	Codice	Sup. bacini	1° riatt. Sup. dissest.	2°-3° riatt Sup. dissest	Indice
Metam. complesso basico Zona Diorito-Kinzigitica	98	733.733	-		
Sieniti e monzoniti	42	23.839.719	53.145	26.721	EE
Graniti biotitici talora porfirici	41	2.571.786	5.178	9.315	A
Graniti (migmatiti, gneiss)	40	37.185.297	58.396	6.387	E
Porfiriti pirossenico – anfibol.	38	3.941.236	-	-	B
Porfidi quarziferi e non	36	6.609.958	-	-	B
Gneiss passanti a granitoidi	35	184.789			
Pirosseniti e peridotiti	33	708.102			
Gabbrodioriti, gabbri pirox-anfib.	32	28.966.584	59.834	48.489	A
Gneiss biotitici - sillimanitici	31	27.975.074	165.829	279.186	E
Eclogiti	30	2.253.330	-	-	M
Gneiss quarzitici e quarziti micacee	28	28.867.568	61.721	-	M
Gneiss minuti e micascisti eclogitici	27	11.004.354			B
Calcarei dolomiti	23	1.551.231	26.107	-	B
Pliocene sabb-argilloso con marne	13	4.556.162		-	M

Morene ciottolose ferrettizz.	12	20.966.197	90.114	-	A
Morene poco alterate	11	5.138.216	-	-	M
Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose	10	43.265.887	201.643	106.679	EE
Alluvioni recenti e detriti di falda	1	8.337.187			

Tabella 4.3 – Le superfici sono espresse in metri quadrati, gli indici di riattivazione sono compresi da 1 a 3 e tengono conto anche delle frequenze di franosità (numero di frane per unità di superficie) e delle densità (superficie dissestata rispetto alla superficie totale). Agli indici elevatissimo ed elevato si è attribuito 3, all'alto 1,5, al basso 1.

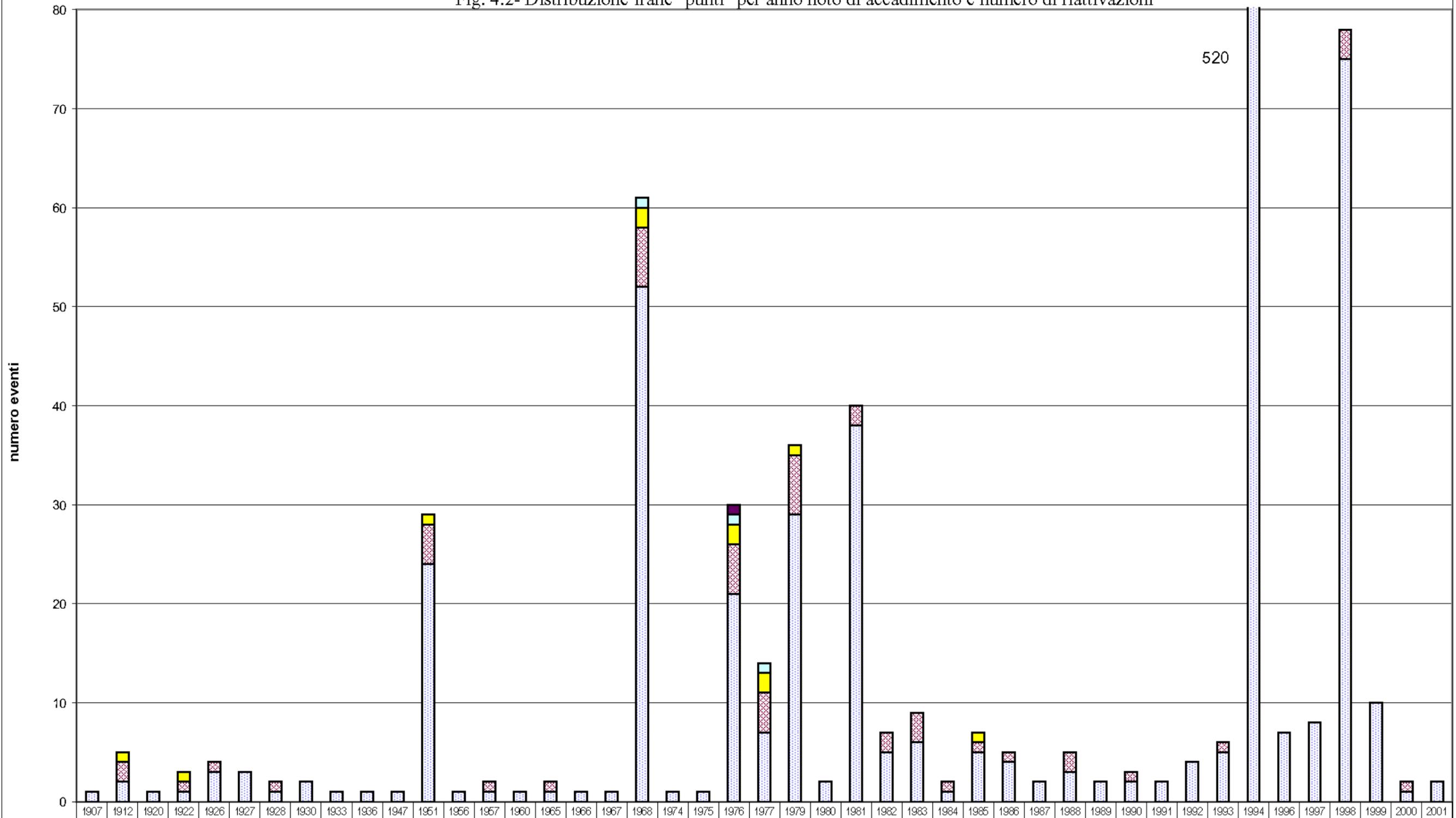
La tabella 4.3 riporta i valori assegnati all'indice di probabilità di riattivazione che è stato utilizzato nel computo della pericolosità di versante. Lo stesso indice di probabilità, in associazione con le frequenze (numero totale di eventi rispetto alla superficie litologica) e le densità di dissesto (superfici dissestate totali in rapporto alla superficie litologica) è stato utilizzato anche per confronto con la stima del fattore di probabilità di accadimento di nuovi eventi.

Fig. 4.1- Distribuzione delle frane "poligoni" per anno noto di innesco e di riattivazione



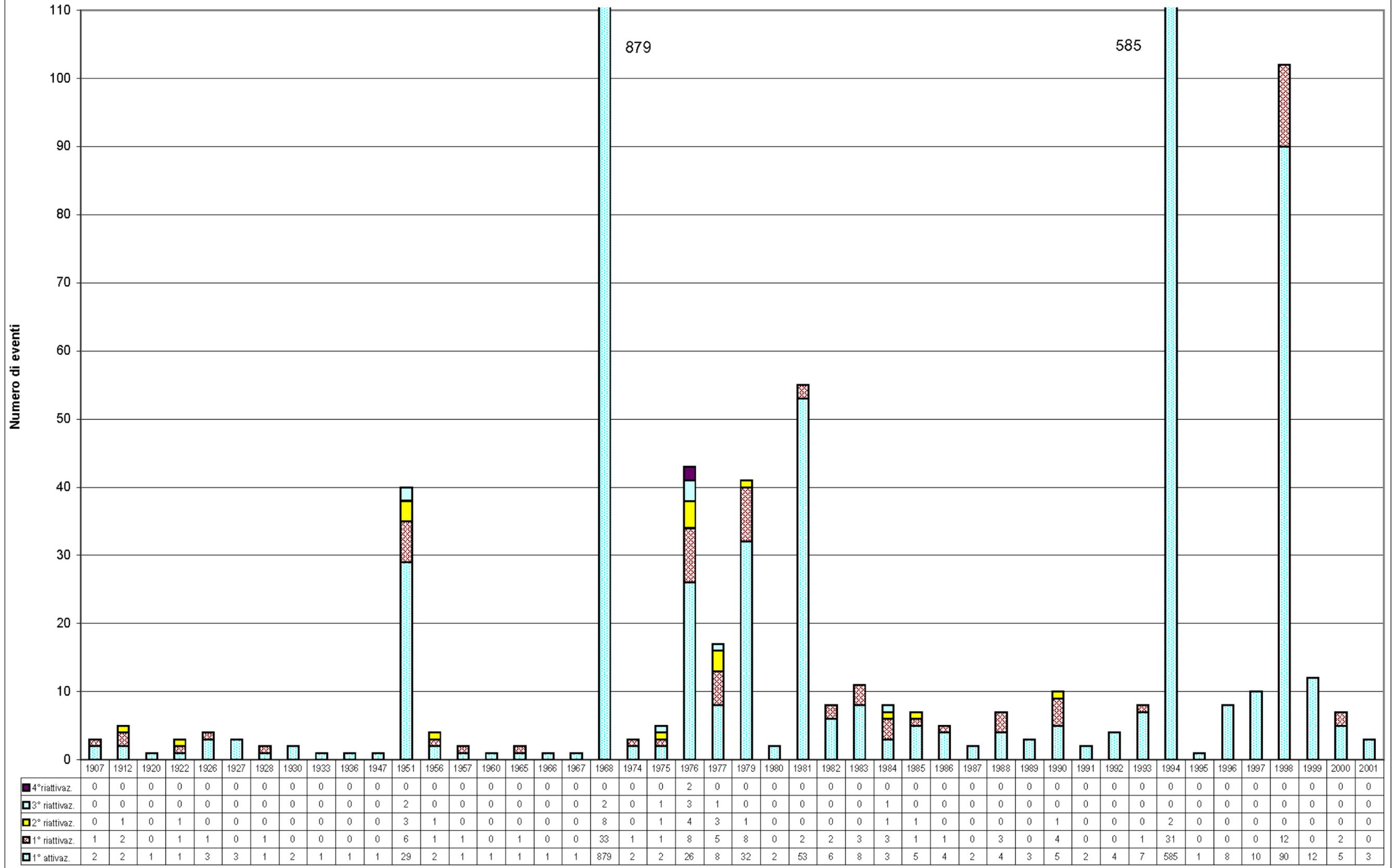
	1907	1951	1956	1968	1974	1975	1976	1977	1979	1981	1982	1983	1984	1988	1989	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4° riattivaz.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3° riattivaz.	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2° riattivaz.	0	2	1	6	0	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
1° riattivaz.	1	2	1	27	1	1	3	1	2	0	0	0	2	1	0	3	0	12	0	0	0	9	0	1	0
1° attivaz.	1	5	1	827	1	1	5	1	3	15	1	2	2	1	1	3	2	65	1	1	2	15	2	4	1

Fig. 4.2- Distribuzione frane "punti" per anno noto di accadimento e numero di riattivazioni



	1907	1912	1920	1922	1926	1927	1928	1930	1933	1936	1947	1951	1956	1957	1960	1965	1966	1967	1968	1974	1975	1976	1977	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001		
4° riattivaz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3° riattivaz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2° riattivaz.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1° riattivaz.	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0	6	0	0	5	4	6	0	2	2	3	1	1	1	0	2	0	1	0	0	1	19	0	0	3	0	1	0		
1° attivaz.	1	2	1	1	3	3	1	2	1	1	1	24	1	1	1	1	1	1	52	1	1	21	7	29	2	38	5	6	1	5	4	2	3	2	2	2	2	4	5	520	7	8	75	10	1	2	

Fig. 4.3- Distribuzione delle frane di cui è noto l'anno di attivazione per numero di riattivazioni



Quest'ultimo indicatore, riportato in sintesi nella tabella 4.4 consente di stimare la probabilità di accadimento di nuovi eventi entro le aree di inviluppo potenziale indicate nella tavola MA3a, in caso di eventi piovosi paragonabili per durata e distribuzione temporale a quello del 1968.

<i>Descrizione sintetica</i>	Codice	Sup. bacini	Frequenza Num/sup lit.	Densità Sup/sup lit.	Classi
Metam. complesso basico Zona Diorito-Kinzigitica	98	733.733	0	0	BB
Sieniti e monzoniti	42	23.839.719	7,86	5,9	E
graniti biotitici talora porfirici	41	2.571.786	7,54	1,5	E
Graniti (migmatiti, gneiss)	40	37.185.297	22,64	8,0	EE
Porfiriti pirossenico – anfibol.	38	3.941.236	0,38	4,6	M
Porfidi quarziferi e non	36	6.609.958	3,95	2,9	M
Gneiss passanti a granitoidi	35	184.789	0	0	BB
Pirosseniti e peridotiti	33	708.102	0	0	BB
Gabbrodioriti, gabbri pirox-anfib.	32	28.966.584	8,77	7,7	E
Gneiss biotitici - sillimanitici	31	27.975.074	11,72	13,0	EE
Eclogiti	30	2.253.330	2,14	3,2	M
Gneiss quarzitici e quarziti micacee	28	28.867.568	2,62	4,3	M
Gneiss minuti e micascisti eclogitici	27	11.004.354	1,45	3,9	B
Calcarei dolomiti	23	1.551.231	0,39	1,7	B
Pliocene sabb-argilloso con marne	13	4.556.162	1,61	5,5	A
Morene ciottolose ferrettizz.	12	20.966.197	3,81	2,1	M
Morene poco alterate	11	5.138.216	2,52	3,6	M
Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose	10	43.265.887	28,90	3,2	A
Alluvioni recenti e detriti di falda	1	8.337.187	3,22	0,1	B

Tabella 4.4 – Le superfici sono espresse in metri quadrati, gli indici di frequenza e densità di dissesto sono ricavati dalle statistiche ottenute dalla B.D.G..

4.2.3 *Valutazione della pericolosità*

Nella valutazione della pericolosità territoriale per riattivazione delle frane note e pericolosità potenziale (neoformazione) si sono utilizzate le statistiche ricavate dalla B.D.G.. Essa riporta per ogni movimento dell'inventario le stime quantitative, le note, e le informazioni di corredo: date di evento, litologia interessata secondo le proporzioni, acclività media e deviazioni, usi del suolo secondo le proporzioni interessate dal movimento, note.

Per le elaborazioni si è ricorsi alle seguenti semplificazioni ed accorgimenti:

- tutte le valutazioni quantitative sono state organizzate per bacini idrografici, anzi per Unità Idrografiche Elementari (UIE): celle ed elementi idrografici.

In questo modo si è mantenuto un elemento di riferimento morfologico omogeneo per lo studio e la stessa gestione delle frane.

- la distribuzione territoriale dei dissesti inventariati dalla B.D.G. non è omogenea. Il rilevamento e la interpretazione di foto aeree ha messo in luce, ripetutamente, che l'insieme delle conoscenze accumulate dalle Amministrazioni locali, e quindi l'inventario della B.D.G. riporta le frane soprattutto in vicinanza di zone insediate. In particolare le segnalazioni si concentrano, come ovvio, attorno ai centri abitati. Questo fatto porta a commettere vistosi errori di valutazione statistica nella formazione dei rapporti di frequenza e di densità di dissesto per litologia. Analoga considerazione deve essere fatta per le acclività e per la combinazione dei tre parametri tra loro. Per questo motivo si è deciso di considerare i parametri utili alla valutazione della pericolosità, solo entro le superfici delle UIE direttamente interessate da movimenti di gravità. Pertanto tutte le considerazioni statistiche che seguono, se riferite ai movimenti franosi, sono basate non sulle superfici territoriali della provincia, ma sulle superfici dei bacini idrografici di vario ordine gerarchico, interessati da dissesti. Anche le tabelle 4.3 e 4.4 fanno riferimento alle superfici di tali bacini.

- La stima delle densità di dissesto presuppone che il movimento franoso sia relativo a quella specifica litologia, Per questo motivo nelle elaborazioni si sono considerate solamente le superfici dei dissesti caratterizzati dalla presenza di una sola litologia nel substrato, almeno per il 70% della sua estensione. Questa limitazione consente di effettuare calcoli statistici effettivamente relativi alla singola litologia, inoltre limita la possibilità di attribuire a Formazioni di modesta estensione o di estrema frammentarietà indici di densità di dissesto impropri ed errati. Le frane che insistono su più di due Formazioni geologiche (nella B.D.G. sono indicate fino a tre diverse litologie con le relative superfici) devono essere considerate come dissesti di contatto o strutturali.

- Le acclività utilizzate per le valutazioni statistiche derivano dai dati regionali corretti e rivisti in funzione di una migliore risoluzione morfologica dei fondovalle (in particolare Strona) e di alcuni crinali principali. A questo scopo è stata arricchita la maglia dei punti, a zone.

- La casistica utilizzata per la valutazione della pericolosità ha tenuto conto delle frane sistemate, come elemento di valutazione (spesso sono i soli movimenti ad avere qualche informazione di corredo), anche se poi, ovviamente, non è stata loro assegnata alcuna classe di pericolosità.

- I movimenti classificati come relitti, e gli slide abbandonati non sono stati considerati nell'elaborazione delle statistiche, e nella stima di pericolosità, anche quella potenziale.

- La B.D.G. contiene anche informazioni relative alla possibile evoluzione delle frane, secondo la loro classificazione. La definizione della pericolosità non ha definito diverse intensità per le porzioni di slide dotate di potenziale o accertata distribuzione retrogressiva o allargante, o per le zone di potenziale transito dei flow dotati di alta velocità. Tutta questa casistica è indicata nella B.D.G. in modo distinto, le pericolosità possono essere facilmente attribuite, in via automatica, con la medesima intensità della frana che le può generare. Nella tavola MA3a si è preferi-

to offrire la possibilità di individuare tre categorie: zone di arrivo/accumulo, zone di passaggio e zone di ampliamento. Queste ultime comprendono anche le poche ma importanti situazioni di retrogressione delle corone di slide rilevati per esempio nella Valle Elvo.

La stima della pericolosità di versante effettuata con modalità statistiche e quantitative non riesce a rappresentare compiutamente la ricchezza delle considerazioni e delle valutazioni relative ai movimenti di gravità. Le campagne di rilevamento di terreno hanno condotto a considerare le seguenti situazioni particolari ed a modificare alcuni atteggiamenti ed attribuzioni legati spesso alla ricercata rigidità delle modalità di classificazione e di stima quantitativa della pericolosità.

Nel territorio biellese la maggiore pericolosità di versante è dovuta all'attività delle colate, con sviluppo nella coltre pedologica e primo derma alterato, che assumono forti velocità di movimento. A questo tipo di frana si associa la colata con trasporto di detriti, anche di ingente volume, con sviluppo entro gli alvei torrentizi.

Tutta la storia documentata e la maggior parte dei danni rilevati, durante gli eventi piovosi più significativi, sono il frutto dei flow (debris o earth). Questi dissesti quindi devono costituire l'oggetto della massima attenzione, per la prevenzione della pericolosità.

Flow a cinematica veloce

Le maggiori pericolosità si concentrano attorno a flow a cinematica veloce che si sviluppano nelle coperture del substrato roccioso. Questi processi sono causati, come ripetutamente visto, dalla totale saturazione, e conseguente galleggiamento, della coltre coinvolta nel movimento. Le motivazioni di innesco devono essere ricercate, in sostanza nelle precipitazioni pluviometriche, anzi più correttamente nel binomio intensità-durata della pioggia.

L'esperienza degli eventi del passato insegna che il fattore di maggiore incidenza sull'innesco del flow è dato soprattutto dalla "distribuzione" delle piogge: dopo eventi pluviometrici prolungati (anche 3 giorni), che permettono all'infiltrazione efficace di saturare l'intervallo pedologico ed alterato fino al substrato impermeabile, un episodio di particolare intensità ("colpo di maglio") provoca le condizioni di galleggiamento della copertura.

La ricerca di correlazioni con le litologie del substrato, quindi anche con le caratteristiche dello strato di alterazione, non ha fornito particolari esiti, se non il fatto che la cinematica dei flow pare condizionata dalla coesione, cioè dalla presenza di una preponderante componente argillosa. Ciò forse anche per i maggiori tempi necessari alla saturazione di una coltre di spessore significativo.

La ricerca di correlazioni con le acclività ha fornito alcune correlazioni significative per le coltri di alterazione a forte componente sabbiosa, ma il rilevamento di terreno (in particolare per lo Strona) dimostra che gli accadimenti tendono a disporsi anche su versanti con acclività modeste (5 – 6 gradi). Le correlazioni con l'acclività sono comunque considerate nella valutazione della pericolosità potenziale.

Il rilevamento dei processi accaduti nel passato anche recente mostra una discreta correlazione con un dato morfologico-topografico: i flow si concentrano nelle zone di impluvio. Tuttavia si sono registrati anche casi di formazione di colate veloci in condizioni di versante piano.

Le correlazioni morfologico-topografiche tra accadimenti del passato e condizioni attuali, non consente di individuare zone o particolari situazioni in cui poter indicare alte probabilità di nuovi accadimenti: *l'intero territorio montano provinciale è coinvolto. Ogni impluvio, anche di modeste dimensioni, che si sviluppi sul versante di qualunque elemento idrografico, può essere sede di questi processi, in occasione di eventi pluviometrici particolari.*

Gli alvei dei piccoli torrenti costituiscono le zone di passaggio per eccellenza delle colate (debris o earth che siano), fino al fondovalle. Ogni impedimento al loro passaggio costituisce l'occasione per divagazioni della massa fluida, e quindi un incremento di rischio per i bersagli eventualmente limitrofi all'alveo stesso. In questo caso quindi l'inventario dei rii tombati, dell'efficienza delle opere idrauliche formate a difesa dell'imbocco delle tombature, dello stato di manutenzione dei piccoli bacini imbriferi i cui canali attraversano nuclei e centri abitati costituiscono un importante argomento di analisi e intervento. Un esempio di considerazione per queste criticità è stato fatto per il Sessera e per lo Strona, i due Sistemi idromorfologici che hanno dimostrato la maggiore fragilità idraulica e di versante.

Flow abbandonati

Vaste porzioni del territorio provinciale (Bacino dello Strona, parti del Bacino del Sessera come il Ponzone ed altri bacini minori) sono solcate dalle tracce lasciate da questi processi verificatisi negli anni passati. Si tratta di movimenti per cui ricorrono le condizioni generali per ritenere che non si riattiveranno più: completo "svuotamento" della coltre superficiale del versante con formazione di una nuova linea di drenaggio naturale.

A questo proposito è importante notare come la ricorrenza di questo tipo di dissesto tenda ad interessare proprio i versanti dotati di modesto drenaggio superficiale. La distribuzione areale delle tracce lasciate in alcuni versanti piani dello Strona e del Ponzone (evento del 1968), e della Serra (eventi del 1994, 1996, 2000) può rappresentare la risposta alla necessità di drenaggio della coltre superficiale alle sollecitazioni pluviali. In questo senso i versanti già interessati dagli effetti di questi movimenti potrebbero essere considerati come i più attrezzati (in termini di drenaggio) a sopportare analoghi eventi pluviometrici, quindi come i meno pericolosi.

Questa considerazione è nettamente in contraddizione con l'indice di densità di dissesto di cui si è discusso sopra. Questa conclusione è stata considerata nelle valutazioni di pericolosità con l'esclusione di una parte flow abbandonati, in particolare quelli relativi ai versanti piani ed ai bacini in cui si è accentuato un reticolo idrografico precedentemente inefficiente e fossile.

Il più accurato rilevamento ha dimostrato che questi "flow abbandonati" mostrano, a volte, in corona e sui fianchi una spiccata tendenza all'ampliamento. In ulti-

ma analisi si tratta di dissesti in se non più riattivabili che hanno però determinato le condizioni per attivare nuovi dissesti nella zona di corona.

Alcuni di questi movimenti franosi hanno richiesto una doppia classificazione del “tipo di movimento”, differenziandolo tra 1° attivazione e possibile riattivazione (vedi capitolo 3). Come ad esempio alcuni flow, o segnalazioni di colata, lungo i versanti delle morene della Serra (Mongrando). In questi casi il rilevamento ha messo in luce che queste frane hanno un’evoluzione particolare: la colata “decortica” lo strato pedologico ed incide anche il primo strato, l’azione del dilavamento tende a scalzare blocchi e ciottoli della zona di corona che, successivamente, producono franamenti di crollo (per lo più rotolamento) anche di entità considerevole. Il rotolamento, se trasformato in saltazione, può provocare danni non indifferenti.

Anche nella Valle dello Strona si sono rinvenute “cicatrici” di vecchie (1968) flow attualmente abbandonate (corone e canali con vegetazione arborea), in cui, al termine del canale di flow, sono stati rinvenuti blocchi anche di dimensioni considerevoli non interessati da vegetazione arbustiva o meglio arborea. Benché in questi casi, tutti concentrati in prossimità dei versanti in destra idrografica del T. Strona, di fronte alla porzione alta del comune di Mosso, non si sia potuto avere una determinazione certa dell’età e della successione degli eventi, è molto probabile che si tratti di processi simili a quelli verificati per i depositi morenici e le scarpate dei terrazzi alluvionali.

Casi analoghi a questi sono stati trattati come riattivazioni, ed hanno ricevuto una stima di pericolosità relativamente indipendente dalla massa in gioco (blocchi e ciottolame), la velocità infatti nei crolli costituisce certamente il parametro fondamentale.

Scioglimenti (slide)

Questo tipo di frana ha trovato una debole correlazione con l’uso del suolo nel bacino dell’Elvo e dei bacini occidentali, ove vaste porzioni di territorio caratterizzate da abbandono agricolo (presenza anche di terrazzi antropici) sono state colpite da scioglimenti a superficie complessa, per lo più sub cilindrica.

Si tratta di frane che si sviluppano entro potenti strati di alterazione la cui tessitura preponderante è granulare. Il rilevamento ha consentito di verificare che lo spessore della coltre alterata è variabile in funzione dell’intensità della fratturazione del substrato roccioso. Le discontinuità consentono una più rapida e profonda disgregazione della roccia, ma complessivamente non determinano stati di permeabilità tali da impedire che si verifichino condizioni di saturazione della copertura.

Si è riscontrata, in tutti i casi in cui la superficie di scorrimento era visibile (con profondità in genere modeste, mai superiori a 5 metri), la presenza di un fitto reticolo di diaclasi con bande di alterazione laterali.

L’evoluzione del movimento è caratterizzata da una velocità di picco alta per la 1° attivazione, con spostamenti ed abbassamenti relativamente modesti, ed una trasformazione della zona di accumulo in lenta colata, o in flusso viscoso. In molti casi si è potuta verificare una spiccata tendenza alla retrogressione della corona.

Alcuni di questi movimenti hanno dimostrato la tendenza alla riattivazione per eventi piovosi di alcuni giorni, ma con velocità di riattivazione relativamente modeste.

La correlazione tra le slide di piccola dimensione (inferiori ai 2 ettari) e la presenza di abbandono agricolo è debole per la parte occidentale del biellese, ma non ha fornito alcun indizio per il restante territorio. Anche le correlazioni con le flow non ha dato risultati apprezzabili.

A questo proposito si sottolinea che il campione statistico in esame ha dimensioni forse troppo modeste, e che l'intervallo temporale considerato per l'evoluzione dell'uso del suolo (vedi paragrafo 1.6) è troppo lungo. Certamente però alcune porzioni dei versanti in destra Strona, in corrispondenza dell'abitato di Valle Mosso, ancora oggi mostrano, nei boschi, in più luoghi la presenza di tralci di vite americana. Nelle medesime aree l'uso del suolo indica una permanenza di bosco per tutto l'intervallo temporale d'indagine (50 anni). A questo rinvenimento ne sono succeduti altri, ma sempre nei Bacini dell'Elvo.

Se quei versanti sono stati utilizzati per la coltivazione della vite prima di uno dei due periodi scelti per l'analisi dell'uso del suolo, le relazioni tra frane ed uso del suolo possono trarre in inganno.

Movimenti da studiare con priorità

La carta MA3a riporta la sintesi della pericolosità di versante ricavata secondo le modalità esposte. La possibilità di incrociare le informazioni della B.D.G. relative ai movimenti di gravità, e le dinamiche d'alveo e torrentizie con i dati sui danni subiti ed i bersagli antropici ha permesso di proporre diverse modalità di studio e monitoraggio per le frane che determinano maggiori rischi, proponendo anche un ordine di priorità.

I movimenti che risultano più significativi, dal punto di vista del rischio sono in totale 170. L'ordine di priorità e l'attività di ricerca proposta è riportata in tabella 4.5

Priorità	Tipo di monitoraggio
1	Valutazione urgente sull'uso di inclinometri– edifici coinvolti
2	Valutazione urgente del tipo di monitoraggio – edifici prossimi
3	Rilevamento e accertamento “stato di attività” movimento
4	Rilevamento annuale dell'area per controllo “distribuzione” frana
5	Semplice controllo annuale dello “stato di attività”
6	Esecuzione di rilevamento particolare che può richiedere l'esecuzione di sondaggi esplorativi
7	Verifica sull'avvenuta esecuzione delle opere di sistemazione programmate
8	Rilevamento generico della situazione locale

Tabella 4.5 – Tipologie di monitoraggio dei movimenti franosi della montagna biellese proposte.

La B.D.G. offrendo per ogni movimento di gravità la combinazione delle informazioni relative alla distribuzione delle superfici dissestate scomposte per comples-

si geo-litologici, per le categorie d'uso del suolo, e per acclività, diviene uno strumento decisivo per la gestione della prevenzione e della Protezione civile.

L'esecuzione dei monitoraggi proposti consentirebbe di aggiornare lo stato delle conoscenze per queste frane, e di valutare il programma di attività per il futuro, definendo con maggiore dettaglio lo stato di rischio reale cui sono sottoposti i bersagli evidenziati.

4.3. Criticità

Per due delle quattro principali vallate del biellese (Elvo-Igagna, Cervo, Strona e Sesslera) è stato necessario produrre un approfondimento analitico, a causa della alta densità di bersagli antropici presenti nei rispettivi fondovalle. Si tratta della Valle Sesslera e della Valle Strona.

La prima caratterizzata da zone ad alta densità di attività produttive inserite nel fondovalle, e da abitati vulnerabili, intervallati a spazi di fondovalle aperti, ancora "gestibili" anche per la realizzazione di opere di difesa.

La seconda caratterizzata da un "continuo" insediato che interessa spesso entrambe le sponde di un fondovalle comunque molto ristretto, infornato, e sottoposto a rischio di esondazione torrentizia, ed all'arrivo di debris flow dai versanti e dai piccoli rii confluenti.

Per queste due valli sono state individuate delle situazioni caratterizzate da elevata criticità in relazione all'interferenza prodotta dagli interventi di artificializzazione di parte degli alvei confluenti nelle aste principali (tombature), o di particolare intensità dei processi morfologici che possono interessare direttamente il fondovalle. L'elenco sintetico delle criticità riscontrate è riportato di seguito (Tab. 4.6 e 4.7), le localizzazioni sono riportate nell'allegato supporto magnetico.

4.3.1 Criticità della Val Sesslera

La valle del Sesslera oltre alla pericolosità idraulica ed alla presenza di frane dotate di vario stato di attività, presenta diverse altre situazioni di criticità, la cui valutazione è affidata a criteri legati all'eventualità di accadimenti potenzialmente possibili, ma non misurabili statisticamente.

Le criticità elencate fanno riferimento a situazioni di pericolosità già evidenziate dagli studi idraulici, oppure a situazioni particolari, dovute alla presenza di opere di tombatura di canali e rii ritenute pericolose per varie motivazioni. In genere quest'ultimo tipo di pericolosità è valutato sul rapporto tra sezione della tombatura (spesso solamente quella dell'imbocco), ampiezza dei microbacini idrografici e stato di manutenzione della vegetazione arborea presente all'atto del rilevamento.

Nella tabella associata all'individuazione delle criticità è riportato anche l'ordine di priorità degli interventi e della manutenzione che si ritengono necessari per garantire la sicurezza anche in caso di precipitazioni particolarmente prolungate. Eventi con precipitazioni equiparabili a quelle del 1968 (TR di 200 anni) è molto probabile possano provocare colate di terra, detriti e vegetazione che, giungendo all'imbocco

della tombinatura la possano chiudere provocando l'inondazione del sottostante abitato.

Nella valutazione della pericolosità si è avuto cura, pertanto di valutare le opere esistenti capaci di scongiurare tale eventualità. Briglie dotate di “pettine” in cunetta, vasche e cunette con armature a sbalzo, ecc.. Le opere esistenti rilevate, raramente appaiono adeguate a sostenere gli effetti di una precipitazione prolungata con le devastanti conseguenze che possono produrre colate di fango e vegetazione.

La possibilità di limitare questo tipo di effetto può essere ottenuta soprattutto con una manutenzione della vegetazione arborea ed arbustiva ripetuta con cicli triennali o quinquennali, e con una distribuzione di modeste opere di contenimento e drenaggio superficiale nella porzione media e bassa dei microbacini più pericolosi.

Le indicazioni di manutenzione della vegetazione arborea e arbustiva nei bacini idrografici riportate nella tabella 3.4, associate agli identificativi (ID) delle criticità della B.D.G., possono formare un primo pacchetto di azioni da compiere con la realizzazione dei Progetti Integrati per la Sicurezza che questo Piano propone. La manutenzione e adeguamento delle opere idrauliche, la cura della vegetazione e degli alvei dei piccoli bacini idrografici che recapitano in alvei tombinati o in rii fortemente incassati che attraversano zone densamente insediate, rappresentano la migliore, se non l'unica difesa reale.

ID	PR	Nota illustrativa
1	5	Processi erosivi di forte intensità interessano l'alveo e la sponda del torrente, solo parzialmente protetta. Intenso anche il trasporto solido di fondo.
2	2	Opere di consolidazione e protezione da possibili crolli dalla parete sovrastante carenti o assenti. Solo una parte della parete è stata consolidata e solo parte della viabilità appare protetta, la pericolosità di caduta massi è alta.
6, 7	3	Difese spondali a tratti scalzate.
8	2	Rio tombinato con imbocco insufficiente per altezza e privo di ogni protezione, una briglia circa 30 metri a monte è completamente sommersa dalla vegetazione e attualmente inefficiente. Tutta la porzione d'alveo immediatamente a monte dell'imbocco è occupata da uno spessore di oltre un metro di ramaglie e resti vegetali abbandonati artificialmente, lo stato della vegetazione nella porzione bassa del rio è di totale abbandono. Le dimensioni della cella idrografica non sono particolarmente significative, ma lo stato di completo abbandono del rio determinano una pericolosità alta di occlusione dell'imbocco del rio tombato (ID 872) e di conseguente esondazione della sede stradale e dell'edificio sottostante.
9	4	L'accesso all'imbocco della tombinatura è situato in proprietà privata e non è possibile controllarne l'efficienza. Il Rio Carolo ha dimensioni tali (92 ettari) da costituire un pericolo significativo in caso di impedimento al deflusso.
10	1	Progettazione dell'intero contesto idraulico locale, e “riconfigurazione” del tratto d'alveo. Presenza di difese spondali lesionate in sinistra, occorre anche migliorarne l'efficacia per garantire la sicurezza al Capoluogo, la possibile esondazione può trovare, nella strada provinciale, il facile accesso agli edifici del paese poste più a valle dopo una discreta discesa. Presenza di una barra ghiaiosa nella parte centrale dell'alveo, di dimensioni ed altezza considerevole, che contribuisce a dirigere la corrente principale contro la sponda sinistra, proprio in corrispondenza delle difese già notevolmente danneggiate. Il deposito è provocato da una briglia a valle della passerella che mantiene stabile l'alveo del torrente. Presenza di un edificio industriale non difeso in destra e di numerosi piccoli manufatti, costruiti praticamente nell'alveo, che restringono la sezione di deflusso. La parte più bassa di quota e più vicina all'alveo dell'edificio industriale principale, ed i citati piccoli edifici sono difficilmente difendibili, se non costringendo in modo estremo l'alveo del Torrente Sessera. Presenza di una passerella carrabile (una sola corsia) relativamente bassa sull'alveo, certamente di quota tale da interferire pesantemente con la citata barra ghiaiosa, che provocherebbe un con-

		siderevole rigurgito della corrente in corrispondenza di eventi prolungati, aumentando così la possibilità di esondazione in sinistra, con le conseguenze sopra riassunte.
12	5	Rio tombato. Manutenzione vegetazione nelle celle idrografiche di Goghero che recapitano all'imbocco della tombinatura, e delle strutture idrauliche da effettuare periodicamente. La situazione alla data del rilevamento appare discreta sia per la manutenzione delle opere in cemento armato, sia per la pulizia della vegetazione in un ampio intorno dell'imbocco della tombinatura. Dimensioni adeguate, protezioni fisse forse non sufficienti.
13	4	Rio tombato. L'imbocco della tombinatura è di poche decine di centimetri, si tratta di una tubazione in PVC, preceduta da un'opera in cemento armato modestissima con una piccola briglia dotata di un piccolo pettine per l'arresto dell'eventuale vegetazione. L'insieme dell'opera appare dimensionato alla modestia del rio, ma la fortissima acclività, la vegetazione non curata, la disponibilità di materiali consigliano una più attenta valutazione delle dimensioni dell'opera idraulica. Appare necessaria una precisa valutazione della situazione locale e certamente la cura periodica della vegetazione del piccolo bacino.
15	4	Sottopasso stradale quasi occluso, materiali pronti per essere trasportati lungo l'alveo molto acclive. Tombinatura adeguata dal punto di vista della portata liquida presumibile, ma priva di strutture di protezione dal trasporto solido sul fondo, manca ogni manutenzione della vegetazione. L'eventuale occlusione della tombinatura può provocare l'invasione dell'acqua sulla sede stradale e danni agli edifici.
17	4	Manutenzione vegetazione del rio e del versante sovrastante la strada per Masserenga. Le opere idrauliche con ID 893 e ID 895 non sono controllabili per accesso impedito. L'intero versante per la sua acclività, per lo stato di completo abbandono della vegetazione, e per la ripetitività degli eventi franosi registrati, presenta una pericolosità elevata. Gli edifici sottostanti e la strada hanno una condizione di elevato rischio.
41	2	Manutenzione accurata della vegetazione del breve tratto di rio sottostante la strada tra lo sbocco dell'alveo artificiale (ID 915) l'imbocco della tombinatura (ID 912), questo imbocco non è sufficientemente protetto (modesta briglia dotata di pettine troppo piccolo e basso) dall'arrivo di vegetazione che può limitare fino a bloccare il deflusso dell'acqua. L'eventualità di un deflusso impedito o limitato può interessare gli edifici in destra e soprattutto il sottostante grande edificio residenziale in riva al Sessera, in questo senso si sottolinea che il canale tombato sottende una cella idrografica di superficie superiore a 78 ettari, e con numerosi eventi franosi registrati. L'alveo artificiale a monte della strada (ID 915) che raccoglie le acque di due piccoli canali, appare in discreto stato di efficienza, e capace di rallentare e trattenere un eventuale arrivo di un piccolo earth flow, non rilevate strutture di protezione dall'arrivo di vegetazione arborea. I due canali sono caratterizzati uno dalla presenza di un recente earth slide (già sistemato o in via di sistemazione), l'altro da manutenzione del bosco nel primo tratto e da numerosa alberatura di volta nel tratto più alto.
45	3	Manutenzione vegetazione dell'alveo e dei versanti. La forte propensione alla formazione di colate dimostrata in questo rio con l'evento del 1968, richiede attenzione particolare alla buona funzionalità delle opere idrauliche ed alla vegetazione arborea.
46	3	La forte propensione alla formazione di colate e scivolamenti durante l'evento del 1968 richiede un'attenta gestione della vegetazione del piccolo bacino, il controllo e la manutenzione delle opere idrauliche.

Tabella 4.6 – Nella tabella sono riportate le note illustrative delle zone di criticità più significative del T. Sessera. Con <ID> sono indicati i numeri identificativi corrispondenti a quelli della tabella della B.D.G., con <PR> l'ordine progressivo di priorità assegnato alle singole situazioni illustrate (in ordine crescente da 1 a 5)..

4.3.2 Criticità della Val Strona

La valle dello Strona possiede le caratteristiche morfologiche tipiche di tutte le valli torrentizie incise in rocce cristalline, o comunque molto competenti. La forza della corrente idrica e le vicissitudini del glacialismo, non hanno consentito a questo fondovalle di evolversi in un ampio corridoio alluvionale. La Valle si presenta molto angusta e tortuosa.

L'evoluzione dei versanti e del corso d'acqua incombono sugli insediamenti, di norma addossati alle sponde attive del T. Strona, gli opifici con le necessarie espansioni edilizie hanno occupato entrambe le sponde, e le comunicazioni tra i diversi edifici avvengono con passerelle non sempre collocate ad altezze idonee a sovrastare le piene straordinarie. I muri perimetrali costituiscono, in molti casi, anche difese spondali dalle esondazioni straordinarie.

Gli spazi residui tra il piede dei versanti e gli insediamenti è molto ristretto, a volte inesistente, ciò produce un grande incremento della vulnerabilità dei manufatti e delle opere.

Le numerose opere idrauliche realizzate a difesa dell'insediato, spesso producono restringimenti d'alveo a causa della mancanza di spazi utilizzabili e contribuiscono ad aumentare la velocità della corrente idrica. I bacini laterali, confluenti, mostrano una modesta o assente manutenzione del soprassuolo forestale e delle opere idrauliche spesso imponenti per entità e decisive per funzione locale, come ha messo in luce drammaticamente il rilevamento di dettaglio compiuto.

In questo contesto di pericolosità in genere alta, in cui però la componente idraulica è trattata da un particolare studio, il dissesto di versante è stimato in termini di pericolosità (magnitudo e ricorrenza) dei singoli movimenti, alcune situazioni presentano condizioni critiche locali o specifiche.

In particolare ci si riferisce al possibile trasporto solido dei confluenti laterali, in occasione di eventi molto intensi e prolungati. La seguente tabella riporta le considerazioni relative ai punti di criticità, per la cui localizzazione si rimanda all'allegato supporto magnetico.

ID	PR	Nota illustrativa
1	5	Alveo tombinato potenzialmente ostruibile. Durante l'alluvione del 1968, numerose colate innescate a monte, hanno riversato in alveo fango e detriti, provocando, nello stesso tratto, a fianco del caseggiato, una voragine profonda alcuni metri (interviste agli abitanti). La successiva sistemazione, ha compreso la nuova tombinatura del tratto indicato in B.D.G. (ID 1246) e la realizzazione di briglie a monte dell'abitato. Le opere appaiono in buono stato ma presentano abbondante vegetazione, persino alberi ad alto fusto presenti in alveo; si evidenzia, quindi, la necessità di attivare interventi di manutenzione periodica (4-5 anni) delle opere e di pulizia della vegetazione anche in prossimità dell'imbocco della tombinatura.
2	3	Tratto di alveo del Rio Overa tombinato (ID 559), alla confluenza con lo Strona. L'alveo tombinato è stato parzialmente ostruito dall'intenso trasporto solido. Recenti interventi di pulizia hanno temporaneamente mitigato il pericolo di ostruzione. Rimane comunque la situazione di criticità in caso di eventi pluviometrici straordinari e la necessità di interventi di manutenzione ordinaria periodica.
3	2	La tombinatura (ID 1722) a monte della S.S. 232 ha una luce di ingresso che potrebbe essere inadeguata in caso di intensi eventi pluviometrici, facilmente ostruibile dal terreno e dalla massa vegetale trasportata al piede del versante.
4	1	La luce del tombino a monte strada (ID 1688), con sezione complessiva di circa 3 mq, appare adeguata alla modesta estensione dell'impluvio. La sezione in entrata, a monte della strada, è parzialmente intasata da ramaglia e terreno. Si ritiene pertanto indispensabile la periodica pulizia della tombinatura.
5	3	Con il rilevamento è emersa la presenza di alberi cresciuti nell'alveo, in particolare nella destra idrografica, in adiacenza al muro spondale. Si sottolinea la necessità di pulizia dell'alveo, da effettuarsi periodicamente (ogni 4-5 anni).
6	3	Lavori di sistemazione idraulica hanno interessato un tratto in corso d'acqua a Nord di Mosso, già dotato di alcune grandi briglie (ID 1643, 1132) in cemento armato. Le condizioni delle opere sono buone, ma si rammenta, ancora, la necessità di pulire periodicamente (4-5 anni) la vegetazione arbustiva ed arborea, ampiamente sviluppata, anche in prossimità dell'alveo, in particolare a monte

		degli ultimi interventi.
7	4	Anche in questo punto, la briglia in cemento armato a monte della strada (ID 1640), ed immediatamente ad Ovest di Capomosso, si presenta in buone condizioni. Preoccupano, invece, gli alberi alto fusto cresciuti addirittura in alveo, potenzialmente sradicabili dall'acqua torrentizia in caso di piogge intense e prolungate. Si reputa necessaria la pulizia dalle piante già ben sviluppate ed una periodica (ogni 4-5 anni) manutenzione.
8	3	Le briglie di consolidamento (ID 1601, 1602) sono in buono stato ma, ancora, con diffusa vegetazione arborea ben sviluppata a monte e a valle della stesse. Si consiglia la spiantumazione e la pulizia periodica (4-5 anni) del corso d'acqua.
9	4	Alla confluenza del rio con lo Strona, sono presenti due briglie di consolidamento, realizzate, con probabilità, dopo l'alluvione del 1968, in conseguenza alle numerose flow ed al notevole trasporto solido avutosi anche in questo modesto corso d'acqua. Lo stato della briglia in cemento armato, situata più a valle (ID 1607), è buono, mentre la piccola briglia a monte (ID 1608), ha un salto ormai completamente annullato per l'erosione della sua corona. Inoltre, anche in questo punto, si rileva diffusa vegetazione in alveo, persino alberi ad alto fusto a monte ed a valle delle due briglie menzionate.
10, 11	4	La luce dei due ponti (ID 1073 e 1076) relativi ad una strada carreggiabile, di circa 2,5 mq, sono insufficienti nel caso di un evento alluvionale particolarmente intenso. La B.D.G. riporta distruzione di entrambi i ponti durante l'alluvione del 1968. Il rilevamento lungo l'alveo a monte dei ponti, (in particolare a monte dell'ID 1073) ha evidenziato un elevato trasporto solido, per la presenza di depositi di massi deposti lateralmente all'alveo inciso. I due corsi d'acqua hanno funzionato da veri e propri canali di debris flow in concomitanza di eventi pluviometrici straordinari. La possibilità che la luce del ponte sia ostruita da deposito solido, aumenta il pericolo, subito a valle, di possibili "onde" d'urto della piena torrentizia, nel momento in cui si ha la rottura dello sbarramento.
12	1	La luce del ponte della strada secondaria è parzialmente ostruita da terreno e vegetazione. La sezione in entrata, già di modesta dimensione (circa 3 mq), necessita pertanto di pulizia periodica (3-4 anni).
13	2	Nel tratto di confluenza incanalato, compreso tra il ponte della S.S. 232 (località Bogge) e lo sbocco nello Strona, sono state realizzate due briglie in cemento armato (ID 1650 e ID 1651). Le opere sono in buone condizioni, ma con deposito solido (ciottoli e terreno) e vegetazione arbustiva cresciuta a ridosso. Si reputano necessari interventi di pulizia periodica da eseguirsi ogni 4-5 anni.
14	2	Anche qui, nel tratto d'alveo confluenza incanalato, compreso tra il ponte della S.S. 232 e lo sbocco con lo Strona, sono presenti arbusti e giovani alberi, da spiantumare. Ancora, si necessita una periodica pulizia, indicativamente da effettuarsi ogni 4-5 anni.

Tabella 4.7 – Nella tabella sono riportate le note illustrative delle zone di criticità più significative del T. Strona di Mosso. Con <ID> sono indicati i numeri identificativi corrispondenti a quelli della tabella della B.D.G., con <PR> l'ordine progressivo di priorità assegnato alle singole situazioni illustrate (in ordine crescente da 1 a 5).

4.4 Dati analizzati

4.4.1 Movimenti franosi

La tabella 4.8, riporta in sintesi il numero dei dissesti di versante censiti nella B.D.G., cartografati sia come poligoni che come punti, e suddivisi per tipo di movimento e stato di attività (paragrafo 3.2.2). La tabella riporta anche il numero dei poligoni "costruiti", corrispondenti alle zone di interferenza delle flow (ampliamenti, passaggi ed arrivi), e delle slide (ampliamenti ed aree di possibile accumulo), tra cui anche i "canali di flow" rilevati e distinti soltanto nel Bacino dello Strona (Progetto Strona, in corso).

TIPO DISSESTO	NUMERO TOTALE	NUMERO POLIGONI	NUMERO PUNTI	STATO DEL DISSESTO							
				2					2		
crolli	131	52	82	0	crolli	131	52	82	0	crolli	131
slide	968	392	590	5	slide	968	392	590	5	slide	968
flow	2.424	2.098	472	3	flow	2.424	2.098	472	3	flow	2.424
TOTALE	3.523	2.542	1.144	8	TO-TALE	3.523	2.542	1.144	8	TO-TALE	3.523
Zone di Interferenza	0	451	0	0	Zone di Interferenza	0	451	0	0	Zone di Interferenza	0
Canali di flow	0	89	0	0	Canali di flow	0	89	0	0	Canali di flow	0
TOTALE	3523	3082	1144	8	TO-TALE	3523	3082	1144	8	TO-TALE	3523

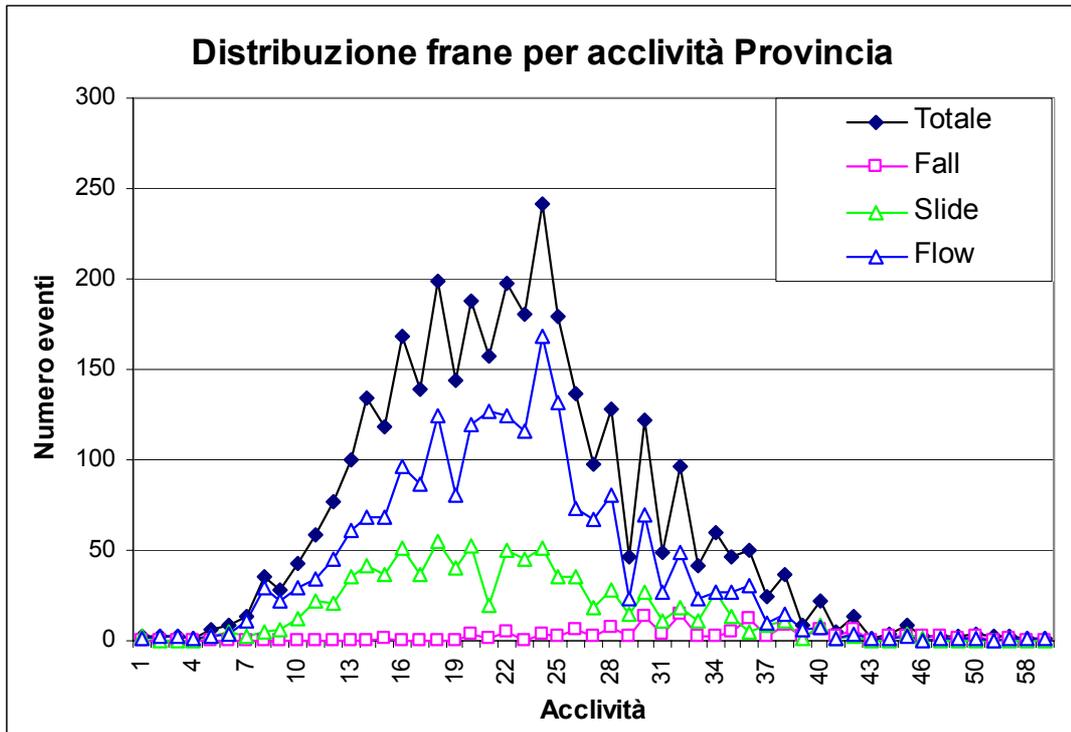
Tabella 4.8 – Sintesi numerica dei movimenti franosi censiti e riportati nella B.D.G. della Provincia di Biella.

Di seguito, vengono riportate alcune considerazioni statistiche, ricavate dall'analisi delle litologie prevalenti ed alle acclività medie dei dissesti (escluse le frane per scivolamento relitte ed abbandonate) dell'intera Provincia di Biella e delle sue Unità Idromorfologiche principali (Bacini ed Elementi idrografici):

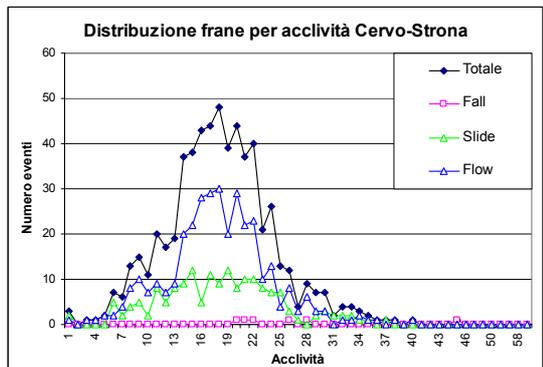
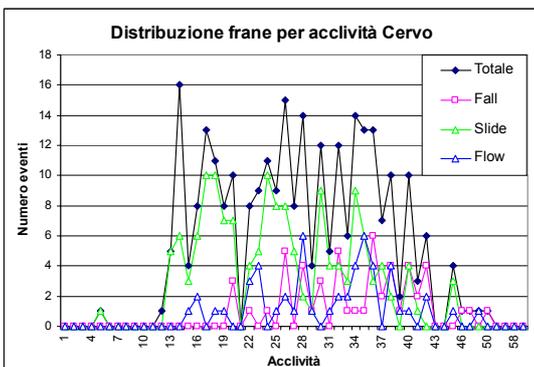
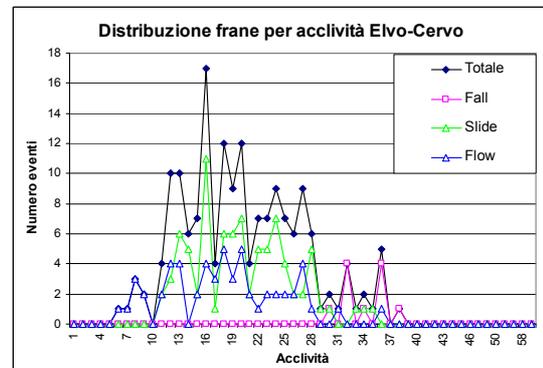
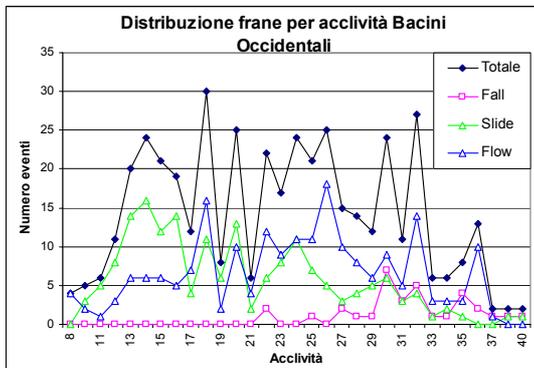
- 1) Elvo e Bacini Occidentali (Viverone, Dorzano, Biecchia, Olobbia, Dora Baltea, Ingagna, Viona)
- 2) Elemento Elvo-Cervo
- 3) Cervo
- 4) Elemento Cervo-Strona
- 5) Strona
- 6) Sessera
- 7) Bacini Orientali (Ostola, Bisignana, Giara, Della Valle).

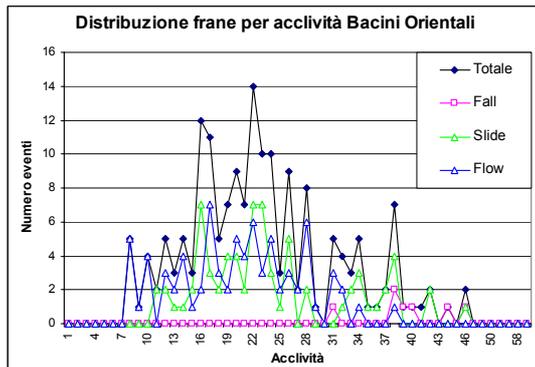
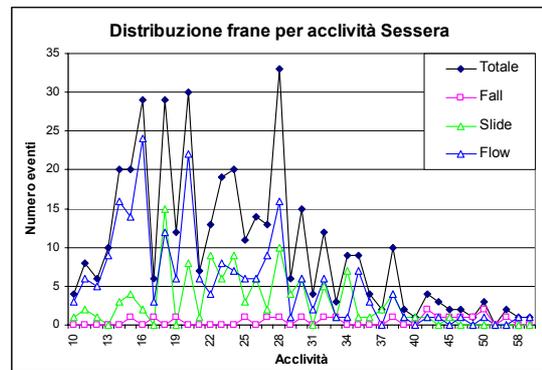
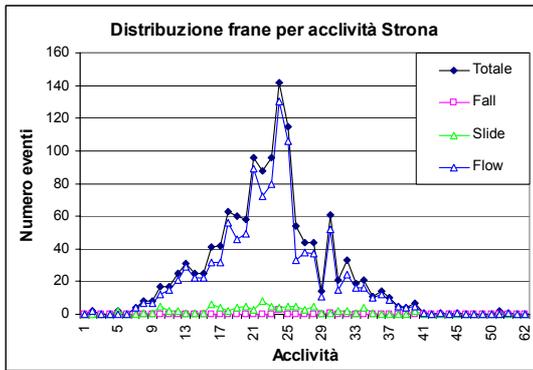
4.3.2 Acclività delle frane

Il seguente diagramma riporta la frequenza dei dissesti per le acclività medie calcolate del versante in frana per l'intera Provincia. Le frane sono suddivise per tipo di dissesto (crollo, scivolamento, colata). Nella valutazione statistica sono state escluse anche le frane classificate come involuppi reali, in quanto, occupando più porzioni di versanti con differenti acclività, anche molto marcate, rendono oggettivamente difficile, e poco veritiero, definirne una acclività media. Il diagramma ottenuto, evidenzia per quali pendenze si hanno le maggiori frequenze di eventi di frana (apice della curva gaussiana), pendenze minori per i scivolamenti (18°-20°) e via via maggiori per le colate (24°) ed i crolli (31°).



I seguenti diagrammi, invece, si riferiscono ai principali elementi e bacini:

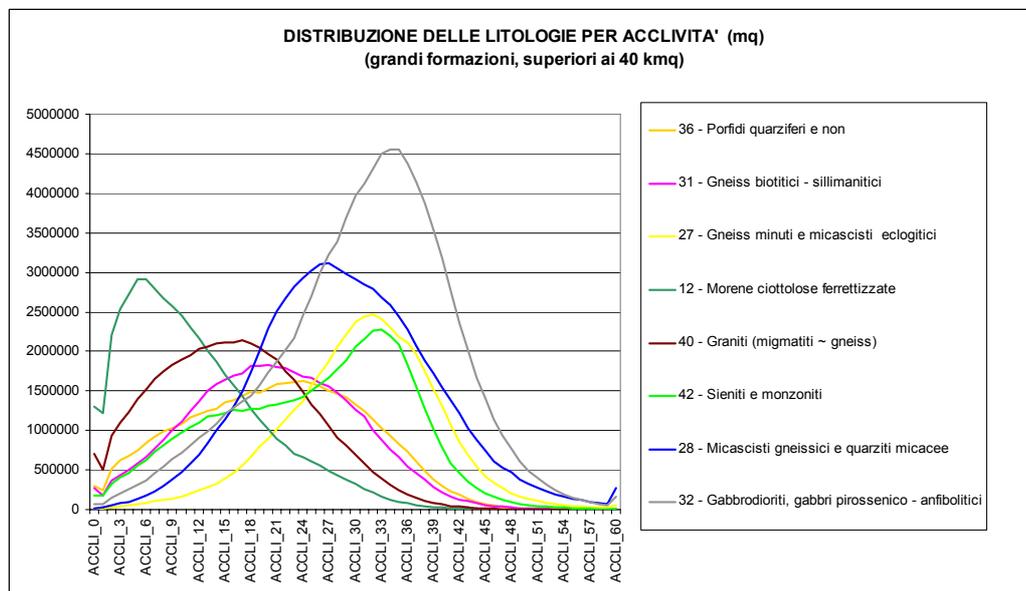


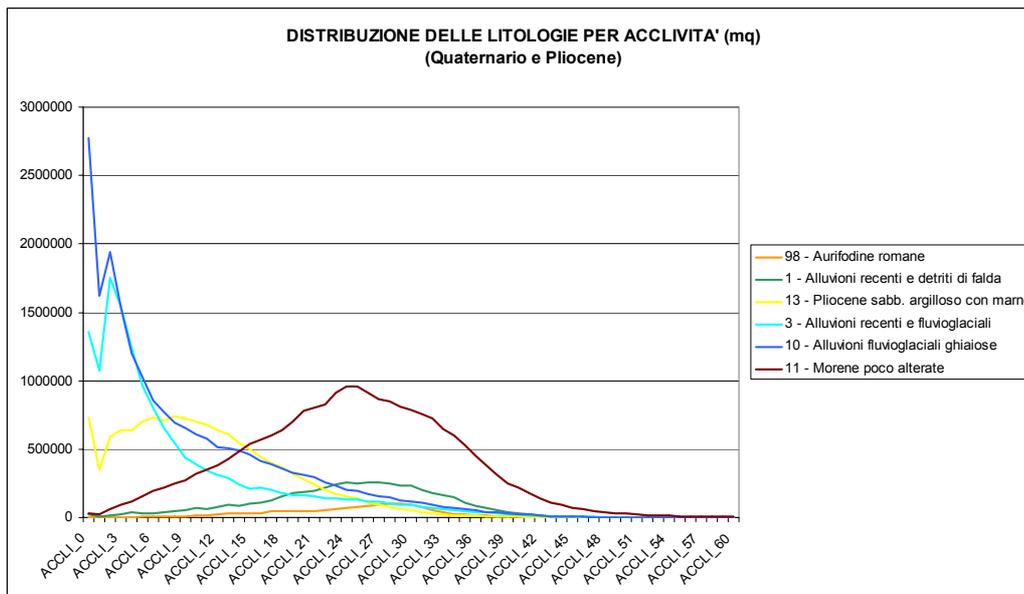
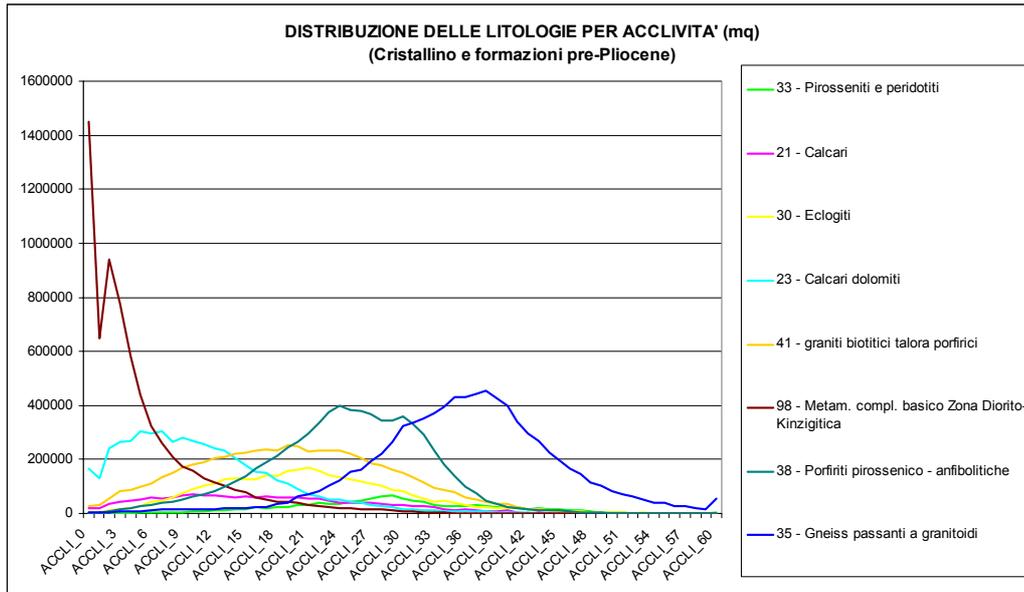


La variazione delle mode di acclività media delle frane per unità idromorfologica conferma una distribuzione delle slide per acclività relativamente inferiori rispetto a quella delle flow, ma soprattutto è importante sottolineare come emergano le slide dei bacini occidentali e del Cervo rispetto agli altri Sistemi.

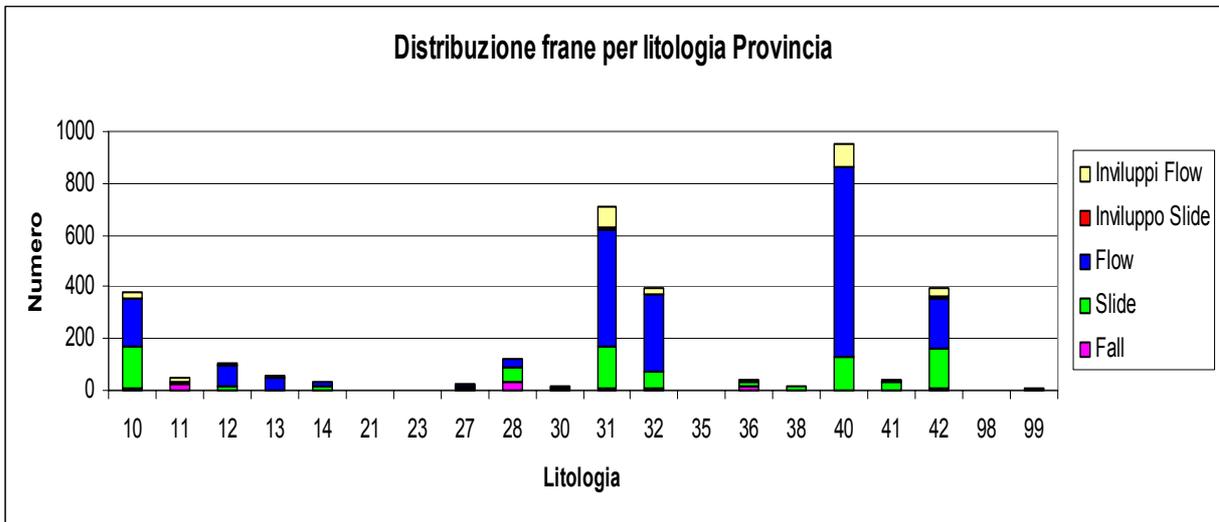
4.3.4 Substrato

La distribuzione delle litologie per acclività permette di qualificare le informazioni relative alle coperture ed al loro comportamento. I tre diagrammi seguenti sintetizzano la situazione del biellese riguardo le maggiori litologie rappresentate, per semplicità sono stati effettuati alcuni accorpamenti, in particolare alcune unità geologiche di estensione planimetrica molto modesta sono state escluse.

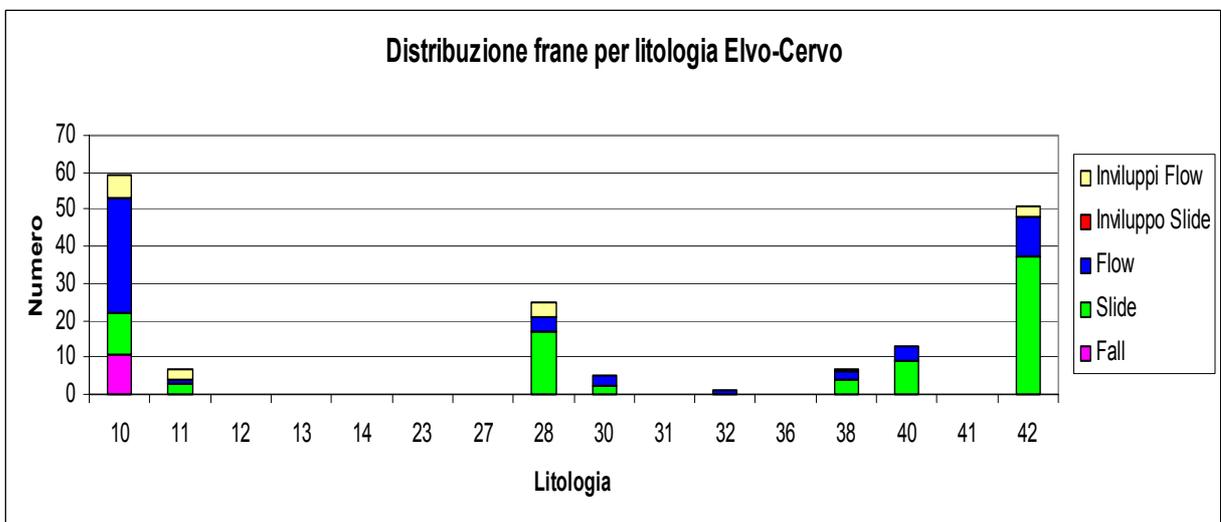
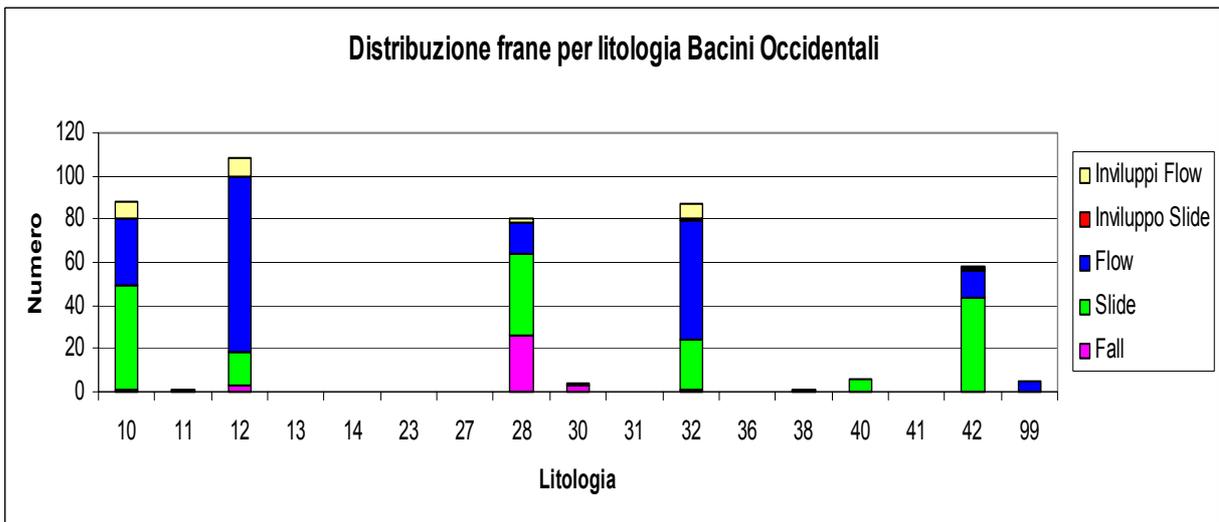


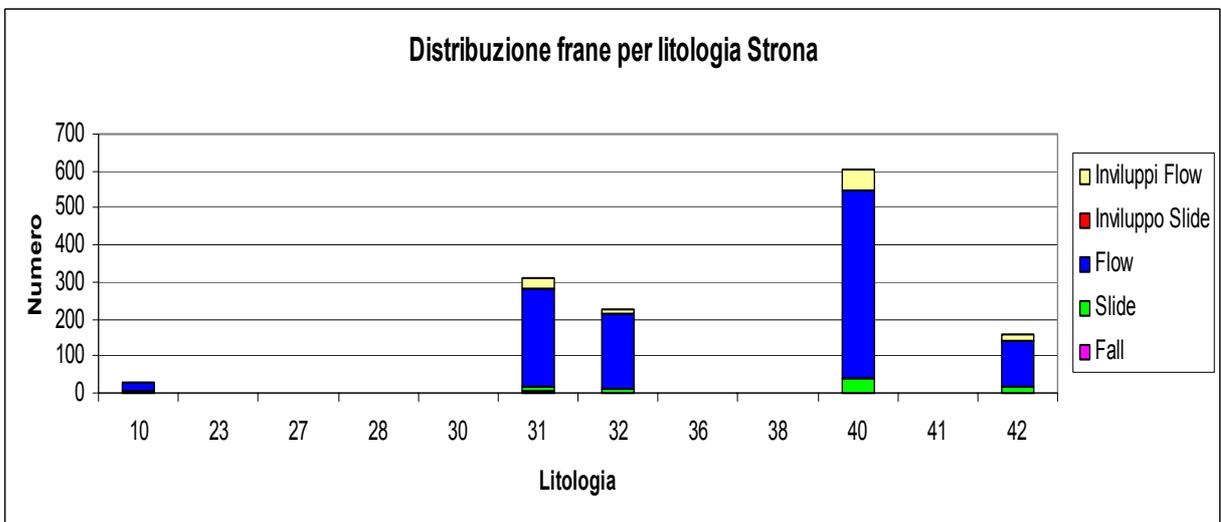
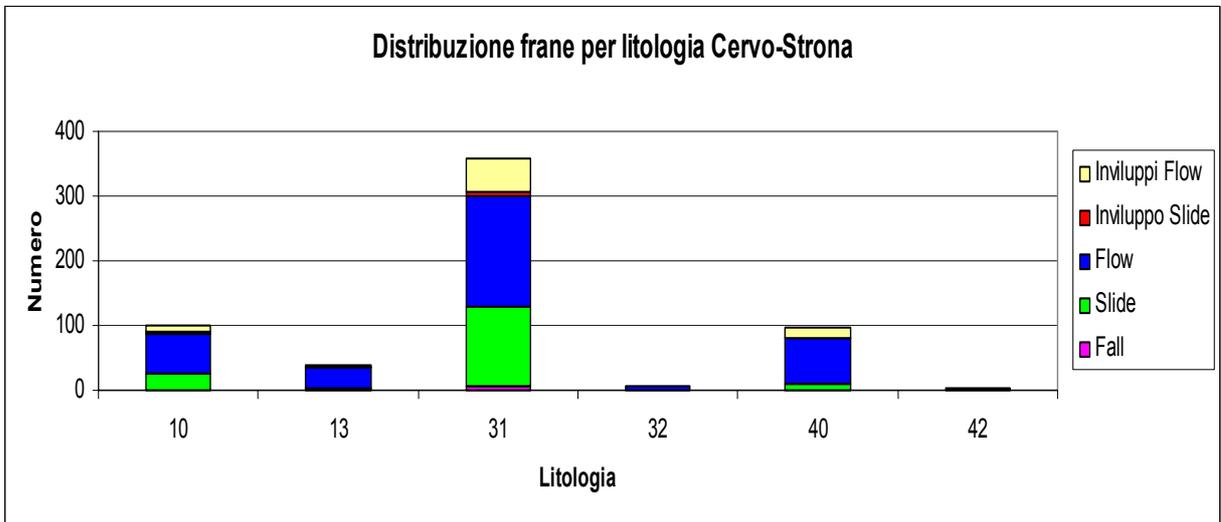
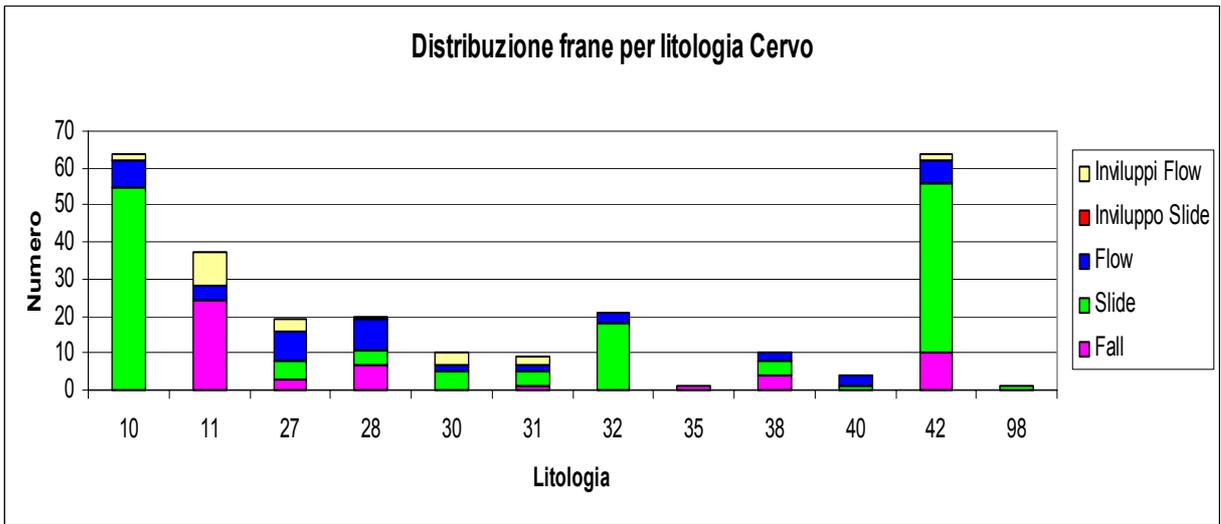


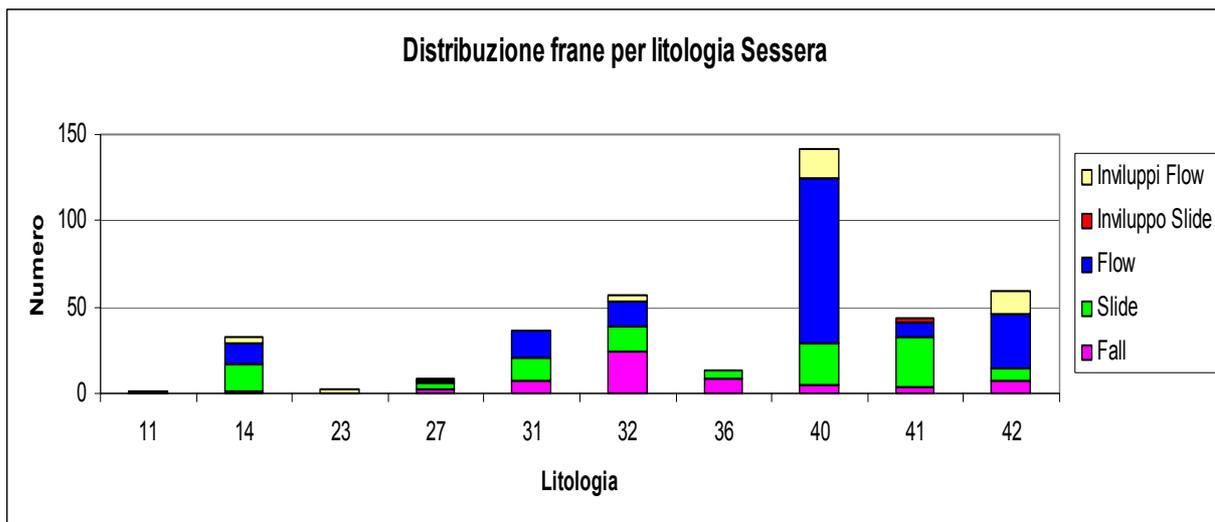
Il seguente diagramma riassume il numero dei dissesti (punti e poligoni) dell'intera provincia per litologia prevalente, distinti per tipo di dissesto (crollo, scivolamento, colata). Nel grafico, sono stati distinti dalle singole frane per scivolamento e colata, gli involuppi reali, in modo da offrire un quadro più completo anche se in parte falsato. Infatti gli involuppi rappresentano superfici di potenziale dissesto, la cui probabilità di accadimento è provata dalla presenza di segnalazioni di movimenti, o da frane non cartografabili. Siccome la rappresentazione grafica è stata impostata sul numero degli eventi, è evidente che la rappresentazione non coincide esattamente con la B.D.G.. Lo scarto quantitativo è comunque decisamente trascurabile.



I seguenti diagrammi, si riferiscono alla distribuzione dei movimenti censiti per grandi tipi e per litologia. Per la lettura dei codici litologici utilizzati si rimanda alle tabelle precedenti, comunque si tratta dei medesimi codici utilizzati per la carta litologica regionale.







5. IDROLOGIA E IDRAULICA

5.1 PREMESSA

Il presente rapporto va inquadrato nell'ambito dell'attività di tracciamento delle **aree esondabili nella Provincia di Biella, sui torrenti: Cervo, Sessera e Strona.**

I riferimenti legislativi risultano essere:

- **Autorità di Bacino del fiume Po** “Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po” - Allegato 4.3: Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli intervevnti. Bacini del Piemonte e della Valle d'Aosta. Bozza di discussione”.

Le pubblicazioni in materia riguardanti i torrenti in oggetto, recuperate per un confronto critico dei risultati, sono:

- “*Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed Affluenti*”, redatta nel Maggio 1996 per conto della Provincia di Biella;
- “*Studi preliminari agli interventi di ricostruzione e sistemazione delle zone alluvionate in Provincia di Vercelli*”, redatta da Italconsult nel Febbraio del 1969.

Oggetto della presente relazione è una sintesi delle metodologie utilizzate per le indagini idrologiche ed idrauliche sui suddetti torrenti, con evidenziazione dei limiti delle analisi effettuate in relazione ai risultati conseguiti.

Disponendo per i torrenti indagati di limitate informazioni sia di carattere idrologico che di natura geometrica, l'approccio di calcolo utilizzato per lo studio idrologico e per la simulazione idraulica risulta analogo per tutti i corsi d'acqua studiati.

Si evidenzia che le simulazioni idrauliche effettuate tengono debitamente conto delle “*Linee di intervento*” indicate dal “*Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po*”, redatto dalla **Autorità di Bacino del Fiume Po**, relative ad interventi strutturali programmati sulle aste dei corsi d'acqua studiati (Cervo, Sessera e Strona).

Si rimanda alle relazioni idrologiche ed idrauliche di dettaglio (fuori testo) redatte per ciascuno dei corsi d'acqua in esame per eventuali approfondimenti.

5.2. IDROLOGIA

Finalità dello studio è la stima delle portate di piena dei torrenti Cervo, Sessera e Strona relative a diversi tempi di ritorno, necessarie per il tracciamento delle “aree di pertinenza fluviale”. Relativamente al T. Cervo, lo studio è limitato all'alto bacino in quanto l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha prodotto un documento in cui sono tracciate le fasce relative all'asta fluviale del Cervo nel tratto di pianura, a valle di Biella.

Nella presente attività di analisi idrologica, mancando misurazioni dirette degli idrogrammi di piena, secondo la normale pratica ingegneristica, il calcolo della portata di progetto è stato eseguito sulla base di semplici modelli “afflussi - deflussi”

che legano direttamente il valore del picco di piena alla precipitazione di durata t e tempo di ritorno T .

Schematizzando la distribuzione temporale della pioggia mediante ietogrammi di forma assegnata, ad esempio rettangolare, o triangolare, o Chicago, o SCS, è stato poi possibile procedere anche alla determinazione dell'idrogramma di piena sfruttando ad esempio il concetto di idrogramma unitario. Questa metodologia di tipo indiretto ammette un rapporto uno a uno fra la frequenza delle piogge e quella delle piene e ciò implica che l'analisi di rischio di queste ultime coincida con l'analisi di rischio delle precipitazioni.

Malgrado questa impostazione non sia esente da critiche, qualora vi sia carenza o assoluta mancanza, come in questo specifico caso, di informazioni idrometriche, la metodologia indiretta costituisce tutt'oggi un valido strumento di lavoro. Nel caso in oggetto, la metodologia indiretta può fornire, da un lato, la stima delle portate, dall'altro, operare come strumento di confronto tra risultati ottenuti mediante metodi di "regionalizzazione".

Nella trasformazione afflussi-deflussi, la precipitazione utilizzata è rappresentata dalla precipitazione areale di durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

5.2.1. **Caratteristiche fisiografiche dei bacini.**

Le caratteristiche fisiografiche dei bacini imbriferi studiati è stata effettuata elaborando i dati del DTM regionale (*Digital Terrain Model*) ed avvalendosi dell'utilizzo del software SURFER[®] sviluppato dalla casa Golden Software.

Il DTM è un modello altimetrico digitale regionale, una cartografia numerica quindi, sviluppata dal Servizio Cartografico della regione Piemonte.

Esso consiste in un insieme ordinato di punti di quota nota sul livello del mare, disposti in corrispondenza di un reticolo tridimensionale formato da maglie quadrate di 50 metri di lato, parallelo agli assi Gauss-Boaga della rappresentazione cartografica.

Per poter utilizzare il modello è prima stato necessario effettuare una "giunta" dei dati dei vari fogli nei quali la cartografia numerica viene distribuita, comprendendo il bacino in esame più fogli. Questa fase è stata eseguita con l'ausilio di un programma in linguaggio BASIC fornito direttamente dalla Regione Piemonte insieme al DTM.

Il modello digitale così formato, abbinato all'utilizzo del citato software, si è rivelato utilissimo per la individuazione e visualizzazione del bacino imbrifero del torrente, per la determinazione della sua superficie totale e parziale e per la costruzione della curva ipsografica: il programma infatti permette di sezionare la superficie 3D del terreno in qualsiasi posizione calcolando automaticamente le porzioni di area sotto e sopra la superficie di taglio.

Applicando il procedimento di taglio, dopo aver definito il bacino del torrente relativo ad una prefissata sezione di chiusura, con piani orizzontali a varie quote, si può ricavare la curva ipsografica che è quella curva, disegnata nel piano cartesiano

(superficie, quota), che rappresenta, per una data quota in m.s.l.m., la superficie di bacino imbrifero a quota superiore a quella data.

Lo studio delle principali caratteristiche morfologiche e fisiografiche della porzione di territorio in esame è stato effettuato sulle tavolette I.G.M. in scala 1:100.000 e 1:25.000 e sulla tavola in scala 1:25.000 della Carta dell'Uso del suolo redatta dalla Provincia di Biella.

5.2.2. Valutazione del tempo di corrivazione

La valutazione del tempo di corrivazione si effettua utilizzando formulazioni molto diffuse nella pratica idrologica quali le equazioni di Giandotti, di Pasini, di Pezzoli e di Ventura che si avvalgono, come dati di input, dei valori delle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alla sezione di chiusura e precedentemente illustrati.

5.2.3 Copertura del suolo e permeabilità

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice: riguarda infatti, sia la funzione di trattenuta (intercettazione), sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Sulle carte dei bacini e sottobacini allegate agli studi idrologici idraulici effettuati, costruite ad hoc per le zone considerate, sono riportati i valori dei parametri caratteristici delle grandezze considerate. In funzione di questi valori e della caratterizzazione dell'area in esame, condotta attraverso la redazione della carta della zonizzazione dell'utilizzo del suolo, è stata effettuata la stima dei coefficienti medi CN.

CN è il "Runoff Curve Number", coefficiente sperimentale che tiene conto delle caratteristiche del bacino classificate secondo i criteri stabiliti dal U.S: Soil Conservation Service (Department of Agriculture).

5.2.4 Pluviometria

Il calcolo dell'afflusso meteorico sul sito di studio è stato eseguito utilizzando il programma RAP (*Rainfall Analysis Package*), applicazione specifica per la valutazione delle *linee segnalatrici di possibilità pluviometrica*.

Si sono calcolate le lssp relative alle stazioni termopluviometriche più prossime al sito di studio (utilizzando quali serie storiche dei dati pluviometrici quelle disponibili presso il Servizio Mareografico e Idrografico Italiano) e quella relativa al sito stesso di progetto. Per quest'ultima linea segnalatrice, non disponendo di una stazione termopluviometrica in sito, si sono utilizzate tecniche di kriging (interpolazione spaziale con stimatori lineari ottimi) per stimare i valori dei parametri della LSPP nel sito in esame.

Per completezza di trattazione, al fine di una critica comparazione dei risultati conseguiti con differenti metodologie di studio, si sono determinate le altezze di

precipitazioni, di assegnato tempo di ritorno, utilizzando lo studio relativo alla “Regionalizzazione delle piogge” tramite il modello TCEV (two component extreme value) - “Progetto Vapi”, redatto a cura della Regione Piemonte - Assessorato Difesa Suolo e Assetto Idrogeologico.

L’idea base del progetto TCEV risiede nell’osservazione che nei campioni di massimi annuali di una generica variabile idrologica spesso si riscontrano alcuni valori estremamente più elevati degli altri e per questo chiamati con il termine inglese *outliers*. Questa circostanza viene rappresentata interpretando i valori della serie dei massimi annuali come provenienti da due distinte popolazioni, la prima rappresentativa degli eventi medio alti e la seconda degli eventi estremi o rari. La doppia componente vuole inglobare in una unica formulazione due meccanismi di formazione degli eventi estremi distinti e, nello stesso tempo, contigui.

In ultima analisi, sempre per avere un maggiore punto di confronto, si è determinata la curva di possibilità pluviometrica in base a quanto indicato al punto 13.1.6.2 “Precipitazioni intense” del sottoparagrafo 13.1.6 “Aspetti idrologici”, del paragrafo 13.1 “Caratteristiche generali” del capitolo 13 “Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi nel bacino del fiume Sesia” della bozza di discussione del “PIANO STRALCIO PER LA DIFESA IDROGEOLOGICA E DELLA RETE IDROGRAFICA DEL BACINO DEL FIUME PO” Allegato 4.3 “*Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi - Bacini del Piemonte e della Valle d’Aosta (Sesia, Dora Baltea, Sangone, Chisola, Pellice, Varaita, Maira, Tanaro, Scrivia)*” redatto dalla **Autorità di Bacino del fiume Po**.

5.2.5 Valutazione della portata di piena

Una prima valutazione della portata di piena è stata effettuata avvalendosi dell’espressione di Butera.

Per avere una correlazione, seppur grezza tra afflussi e deflussi, si è proceduto inoltre ad una valutazione indicativa dei valori della portata di piena al colmo mediante il noto metodo idrologico dell’espressione razionale.

Si è infine provato a descrivere la dinamica afflussi-deflussi mediante una rappresentazione matematica di tipo globale, ossia trasformando le precipitazioni che investono, nel loro complesso, il bacino idrografico in esame, nell’idrogramma di portata allo sbocco del bacino stesso, in corrispondenza della sezione di chiusura considerata. Si sono pertanto predisposti alcuni modelli idrologici per la rappresentazione di eventi di piena sul bacino.

I software cui si è fatto riferimento sono URBIS e FLEA, realizzati nell’ambito dell’istituto di Idraulica del Politecnico di Milano.

La predisposizione di modelli idrologici, nel caso specifico, può apparire, a causa della assoluta mancanza di dati sperimentali, una forzatura, con risultati pratici di scarsa affidabilità.

In effetti le costanti che compaiono nella espressione dell’I.U.H. e che costituiscono i parametri del modello lineare utilizzato (ad esempio “k” nel modello dell’invaso), andrebbero stimate sulla base di osservazioni sperimentali, facendo in

modo che gli idrogrammi ottenuti dalla convoluzione degli ietogrammi sperimentali con l'I.U.H. presupposto (funzione dei parametri da determinare) si avvicinino il più possibile agli idrogrammi sperimentali (determinazione dei parametri mediante, ad esempio, il metodo dei momenti).

Nel caso specifico, a causa della mancanza di idrogrammi di piena relativi ai bacini idrografici in esame, l'importante operazione di taratura del modello non può essere basata su valori misurati, ma bensì su valori supposti. I risultati che scaturiscono dai modelli sono pertanto validi per un confronto critico con gli altri valori di portata al colmo stimati con metodi di analisi differenti.

In sintesi il processo logico seguito per determinare gli idrogrammi di piena si può così riassumere:

- Inserimento delle curve di possibilità pluviometrica degli eventi più gravosi;
- Costruzione degli ietogrammi di progetto del tipo *costante nel tempo* (questa scelta che pare una forzatura trova positivo riscontro nel confronto finale con gli altri dati) e ragguglio dello ietogramma all'intero sottobacino, effettuato con le usuali e note formule di Wallingford;
- Calcolo dello ietogramma netto (depurato delle perdite) utilizzando il metodo percentuale;
- Calcolo dell'idrogramma unitario con due metodi, ovvero Invaso (con la costante K calcolata con la formula di Pedersen) e Corrivazione (con la curva aree - tempi lineare);
- Calcolo degli idrogrammi di piena mediante convoluzione dei vari ietogrammi netti con gli idrogrammi unitari, eseguendo tutte le combinazioni possibili.

5.3. IDRAULICA

5.3.1 Considerazioni introduttive e scopo del lavoro

Il territorio biellese è storicamente un'area interessata con frequenza da eventi alluvionali e processi di instabilità coinvolgenti centri abitati, con perdita di vite umane e distruzione o danni ad edifici ed infrastrutture. Tra gli eventi di piena verificatisi nel Biellese nell'ultimo secolo, numerosi sono quelli da ricordare per la loro diffusione areale i danni provocati (1900, 1907, 1926, 1951, 1968, 1993, 1994).

Il presente studio, di natura prettamente idraulica, è dedicato all'analisi del comportamento del sistema fisico indagato (reticolo idrografico principale del Biellese) in occasione di piene "eccezionali"; in particolare, esso è finalizzato alla stima dei livelli idrici in alveo ed alla perimetrazione delle aree contigue allo sviluppo dei corsi d'acqua interessate dal deflusso e/o dall'invasione dei volumi di piena.

La definizione di tali aree ed il relativo grado di precisione ottenibile in fase di simulazione numerica di eventi idrologici a prefissata probabilità di accadimento rivestono oggi un'importanza strategica per sviluppare una corretta pianificazione territoriale e, nel caso specifico, per la redazione di uno strumento credibile, in quanto fondato su scenari di rischio verosimili.

È, infatti, intuitivo ed immediato accorgersi come tali aree potenzialmente allagabili, che un tempo potevano intendersi in toto (o quasi) come "aree di pertinenza

fluviale” ove il corso d’acqua si espandeva nei momenti di deflusso idrico assai copioso, attualmente coincidano in più di una occasione con porzioni di territorio “occupate interamente o marginalmente dall’uomo” per dare una risposta alle accresciute esigenze di occupazione residenziale e/o di sfruttamento produttivo.

È altresì chiaro che tale trasformazione del territorio, con un aumento notevolissimo delle vite umane e dei beni esposti a rischio idraulico, rende sempre meno “socialmente accettabile” il verificarsi di una situazione catastrofica (per i suoi effetti distruttivi) quale l’invasione di aree antropizzate da parte dei deflussi di piena dei corsi d’acqua.

Tutto ciò premesso, è bene precisare che il presente rapporto va inquadrato nell’ambito delle attività di tracciamento delle aree esondabili nella Provincia di Biella sui torrenti: Cervo (da loc. Piedicavallo a Biella), Strona (dallo sbarramento di Ponte Vittorio alla confluenza in Cervo) e Sessera (da loc. Massarenga alla confluenza in Sesia).

Si è pertanto fatto coincidere il sistema fisico indagato con le 3 aste torrentizie principali che attraversano il territorio della Provincia di Biella, senza procedere ad implementare verifiche idrauliche anche sui vari affluenti di un certo rilievo delle stesse aste.

Tale impostazione, pur comportando un “taglio doloroso” alle attività conoscitive sullo stato di salute e prestazionale della rete idrografica biellese (infatti, anche durante i recenti eventi alluvionali che hanno interessato l’Alto Piemonte [1993, 1994, 1996] i danni e le perdite registrati a seguito di spagliamenti e/o rotture nella rete minore sono risultati di entità paragonabile se non superiore a quelli correlati alle situazioni di crisi della rete principale), è risultata essere una scelta obbligata alla luce della forte discrasia tra “quantità e qualità del materiale conoscitivo di base” ed “attendibilità delle indicazioni da dedurre dallo studio idraulico”.

Come specificato più dettagliatamente nel seguito, i dati topografici ed idraulici necessari per la sola “attivazione” di uno studio idraulico risultano purtroppo essere (dopo laboriosa raccolta e attenta visione del materiale conoscitivo reperito presso i vari Enti gestori in vario modo del territorio: Autorità di Bacino del Po, Comunità montane, Comuni, Provincia, Regione, Società di gestione di dighe, ecc.) scarsi sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo.

Tale circostanza, già fortemente vincolante e limitativa per gli obiettivi perseguiti e le metodologie adottate in questa sede sulle aste principali (come la scelta del modello matematico di simulazione), appare estremamente penalizzante per le aste di secondaria importanza in corrispondenza delle quali spesso non si dispone di alcun dato geometrico [topografia], idrologico [pluviometria] ed idraulico [idrometria] dotato di “continuità spaziale e temporale”.

Tale deficienza, che allo stato attuale non è credibilmente colmabile in un breve lasso di tempo, ha portato gli estensori del presente studio a maturare la convinzione che una verifica idraulica della rete minore, ingegneristicamente ben impostata, sia oggi impossibile se ad essa si richiedono risultanze e dunque indicazioni fondate ed attendibili.

Ciò non toglie, d'altronde, che si possa (o meglio, si debba) a medio-lungo termine impostare una politica di investimenti volti alla conoscenza della geometria ed al monitoraggio del reticolo idrografico (sia principale che minore) mediante mirate campagne di rilievo topografico, installazione di nuove stazioni pluviometriche per la rilevazione degli eventi meteorici e creazione di più stazioni tele-idrometriche in grado di registrare i deflussi sui corsi d'acqua in oggetto. Questo grande passo in avanti consentirebbe da un lato di evidenziare e quantificare le caratteristiche peculiari dei singoli bacini idrografici e delle relative aste, dall'altro lato di utilizzare i dati così disponibili per la calibrazione dei modelli di calcolo (idrologici ed idraulici) oggi in commercio ed in grado di fornire - se correttamente implementati - indicazioni molto precise.

Disponendo per i tre torrenti indagati di limitate informazioni sia di carattere idrologico che di natura geometrica, l'approccio di calcolo utilizzato per lo studio idrologico e per la simulazione idraulica risulta analogo per tutti i corsi d'acqua studiati.

5.3.2 Metodologia adottata per la perimetrazione delle aree esondabili lungo i corsi d'acqua e relative problematiche

È utile soffermarsi su alcuni aspetti conoscitivi propedeutici all'implementazione ed allo sviluppo di uno studio idraulico per la mappatura delle aree esondabili in occasione di piene "eccezionali" al fine di valutare, seppure in modo qualitativo, l'incidenza del loro grado di dettaglio e di precisione sull'attendibilità complessiva delle risultanze ottenute.

5.3.2.1. Modello di calcolo adottato: HEC-RAS®

Consci delle limitate informazioni geometriche relativi ai corsi d'acqua simulati, si è optato per l'utilizzo di un modello idraulico in moto permanente. Si è ritenuto inutile ricorrere a modelli sofisticati in moto vario date le enormi incertezze relative alla geometria d'alveo nonché alla forma dell'idrogramma di piena; tali modelli spesso risultano, infatti, in condizioni di carenza conoscitiva, poco cautelativi e comunque forieri di una precisione illusoria.

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Lo studio idraulico dell'andamento delle portate nei torrenti indagati tramite il modello numerico è impostato in modo da perseguire i seguenti obiettivi:

- in primis, definire ed evidenziare le eventuali aree soggette a esondazione precisando l'ampiezza della via di piena e le quote raggiunte dal pelo libero nonché (ove possibile) gli eventuali rigurgiti causati dai manufatti in alveo;
- eventualmente, prospettare le sistemazioni del corso d'acqua in modo da predisporre le opportune difese delle opere esistenti e consentire lo smaltimento della portata defluente garantendo l'incolumità delle opere medesime e di quanto ubicato a valle e nelle zone limitrofe.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente variato (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente variato in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è monodimensionale.

È rilevante ed importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti e/o dalla diversa presenza vegetativa in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana ed essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto, la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai tratti di corso d'acqua simulati.

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alla presenza di tratti d'alveo fortemente ristretti ovvero di ponti (limitanti, come noto, la sezione bagnata di passaggio con le spalle, le pile interne o addirittura con l'impalcato).

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene. Inoltre, è possibile creare all'interno di ciascuna se-

zione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente (vedere. par. 5.2.).

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena. Essi risultano quindi suddivisi in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di simulazioni quali, per esempio:

- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero e area bagnata;
- principali parametri geometrici e sezioni trasversali;
- sezioni trasversali con tirante idrico;
- profilo di moto permanente.

5.3.2.2. *Dati geometrici e parametri idraulici*

In generale, uno studio idraulico finalizzato all'individuazione delle aree esondabili contigue ad un alveo fluviale, in occasione di piene eccezionali, fonda buona parte della propria attendibilità sulla validità (e quindi sul grado di dettaglio) dei dati geometrici e dei parametri (ad es., la scabrezza) inseriti nel modello matematico di simulazione.

Nel caso specifico dello studio condotto, manca ovunque la possibilità di calibrare i parametri idraulici, quale il coefficiente di scabrezza (che definisce la resistenza al moto offerta dal perimetro della sezione bagnata), non essendo installate lungo l'intero corso del torrente stazioni di tele-misura delle grandezze idrauliche - livello idrico, portata - e mancando di conseguenza serie storiche di dati, registrati cioè in modo continuativo, alle quali riferirsi; ciò impedisce di ricostruire eventi di piena passati (seguendo il metodo di ottenere, variando opportunamente il coefficiente di scabrezza, un andamento dei livelli simulati il più aderente possibile a quello delle quote idrometriche effettive in corrispondenza delle "stazioni di misura") e di ricavare pertanto i valori delle scabrezze contestuali.

Questi ultimi rappresenterebbero un valido punto di partenza per la stima dei valori della scabrezza di progetto, da adottare cioè per le simulazioni delle sollecitazioni idrologiche prescelte anche nell'eventualità di condizioni di alveo adeguatamente mantenuto mediante interventi programmati di risagomatura e/o sfalcio della vegetazione.

Tale situazione, ad onor del vero, si ripresenta in maniera identica pressoché su tutti i torrenti dell'Alto Piemonte.

I valori del coefficiente di scabrezza dell'alveo sono stati pertanto determinati, in maniera senz'altro meno rigorosa, assemblando le informazioni dedotte dalle seguenti attività conoscitive:

- Sopralluoghi sul campo per accertare lo stato di manutenzione dell'alveo, con particolare attenzione alla vegetazione infestante (densità, tipologia, età, sviluppo della chioma, posizione all'interno del corso d'acqua, ...) ed al materiale di fondo alveo;
- Consultazione della bibliografia italiana ed estera, prodotta negli ultimi decenni nel campo dell'ingegneria fluviale ed ambientale;
- Comparazione della situazione riscontrata sulle aste esaminate con quella già studiata ed interpretata per numerosi altri fiumi e torrenti facenti parte di bacini idrografici limitrofi, utilizzando in maniera semplificata il banale ma efficace "*principio della massima verosimiglianza*" (si veda il metodo dell'U.S. Geological Survey basato sulla similitudine degli alvei);
- Realizzazione di un'ampia documentazione fotografica al fine di avere una visione più completa del sistema e di scorgere eventuali differenze morfologiche e/o vegetazionali fra le diverse aste indagate, fra tratti delle stesse ed all'interno delle singole sezioni trasversali. Tale documentazione ha consentito di evidenziare le aree più significative dal punto di vista dello sviluppo della vegetazione entro l'alveo e delle principali caratteristiche (forma, pezzatura, densità, grado di sporgenza dal fondo) dei materiali costituenti il letto dei torrenti; questi due aspetti, infatti, determinano la capacità resistiva della sezione trasversale al flusso idrico (legata all'attrito radente offerto dal contorno bagnato dell'alveo al moto dell'acqua).

Una valutazione di massima dei valori di scabrezza è stata inoltre eseguita seguendo la metodologia utilizzata dall' "U.S. Soil Conservation Service": in pratica, si parametrizzano le caratteristiche principali della resistenza idraulica offerta dall'alveo tramite la seguente tabella.

Condizioni del canale		Valori	
Materiale dell'alveo	Terra	n ₁	0.020
	Roccia tagliata		0.025
	Ghiaia fine		0.024
	Ghiaia grossolana		0.028
Grado di irregolarità	Liscio	n ₂	0.000
	Minore		0.005
	Moderato		0.010
	Severo		0.020
Variazione della sezione	Graduale	n ₃	0.000
	Con alternanza occasionale		0.005
	Con alternanza frequente		0.010 ÷ 0.015
Effetto relativo delle ostruzioni	Trascurabile	n ₄	0.000
	Minore		0.010 ÷ 0.015
	Apprezzabile		0.020 ÷ 0.030
	Severo		0.040 ÷ 0.060

Vegetazione	Bassa	n ₅	0.005 ÷ 0.010
	Media		0.010 ÷ 0.025
	Alta		0.025 ÷ 0.050
	Molto alta		0.050 ÷ 0.100
Tortuosità	Minore	n ₆	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Severa		1.300

Ad ogni codice viene associato un contributo di scabrezza, e la scabrezza complessiva viene calcolata mediante la seguente formula empirica:

$$n = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5) * n_6$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo Manning ed i parametri n₁ ÷ n₆ rappresentano i contributi che corrispondono alle caratteristiche di scabrezza sopra definite.

Nell'ottica di effettuare, alla luce di quanto detto, una verifica cautelativa delle prestazioni degli alvei esaminati in termini di conduttanza idraulica in condizioni di piena, sono stati assegnati al coefficiente di scabrezza n valori corrispondenti, di volta in volta, al valore più alto del probabile dominio numerico di appartenenza.

Per quanto riguarda la geometria degli alvei, il livello conoscitivo sui 3 torrenti in esame risulta essere assai differenziato.

Sul torrente Cervo si è approfondita con risorse proprie, mediante appositi rilievi topografici di dettaglio, la conoscenza della geometrie d'alveo nei tratti di corso d'acqua maggiormente soggetti a forti interconnessioni infrastrutturali di natura viaria e/o insediativa (in corrispondenza di Piedicavallo, Rosazza, Campiglia Cervo e di tutto il tratto in territorio comunale di Biella nel Cervo); si è così riusciti a limitare ai tratti di corsi d'acqua poco antropizzati le maggiori incertezze di calcolo, circoscrivendo eventuali errori di tracciamento delle fasce esondabili alle parti di torrente con caratteristiche morfologiche tipicamente montane e comunque esterne ai centri abitati.

Per la simulazione idraulica del torrente Sessera si sono utilizzate le sezioni d'alveo (rilevate in più fasi ma - cosa importante - lungo tutto il tratto di fondovalle maggiormente antropizzato nel periodo Novembre 1994 / Gennaio 1995 e dunque successivamente all'evento alluvionale del Novembre 1994) già impiegate per la verifica idraulica del corso d'acqua in condizioni di transito dell'onda di piena dovuta alla rottura della diga delle "Mischie" (simulazione di tipo "dam crash").

5.3.2.2.1. *Caso particolare: il Torrente Strona*

Il torrente Strona risulta sicuramente il corso d'acqua caratterizzato dai maggiori problemi di natura idraulica ed idrogeologica, in più, vi è l'aggravante di una totale assenza di rilievi topografici recenti che definiscano in maniera soddisfacente la geometria del sistema indagato, specialmente in corrispondenza del tratto vallivo (tra l'abitato di Lessona e lo sfocio nel Torrente Cervo) ove invece il progressivo allar-

gamento della sezione bagnata di deflusso e la conseguente presenza di significative aree golenali richiede un elevato grado di definizione geometrica.

È opinione di chi scrive che sia assolutamente necessario un aggiornamento dei rilievi topografici del torrente, attualmente risalenti al 1986 e di scarso grado di dettaglio (utilizzati dalla “Società Acquedotto Industriale Valle Mosso” in una ricerca condotta nel 1995, in relazione all’ipotesi di collasso dello sbarramento di Ponte Vittorio in Comune di Camandona, per l’individuazione delle aree soggette ad allagamento da parte dell’onda di piena), con conseguente predisposizione di un nuovo modello in grado di simulare, con maggior affidabilità, il comportamento idraulico del corso d’acqua.

A dimostrazione di quanto asserito, può essere utile ricordare quanto segue.

Nel tratto più “delicato” (sia dal punto di vista della corretta simulazione numerica dei fenomeni che, attenendoci alle indicazioni fornite dalla natura nell’ultimo secolo, sotto l’aspetto ben più importante della vulnerabilità idraulica del territorio) tra Lessona e lo sfocio nel T. Cervo (di lunghezza pari a circa 8 km) risultano disponibili solamente 9 sezioni, rilevate in modo speditivo ed alquanto approssimativo durante i sopralluoghi in sito e/o ricavate dall’interpretazione cartografica delle C.T.R.; le relative quote di fondo ed alcune forme di sezione tipo sono state reperite dallo studio “Italconsult” del 1969 redatto a seguito della piena catastrofica del 1968.

Tale quadro conoscitivo del sistema fisico appare immediatamente insufficiente, soprattutto per la definizione delle aree esondabili nel tratto terminale (da Cossato a sfocio) ove:

- vi è la presenza di vaste aree golenali (terrazzi alluvionali di diverso ordine) che, per una mappatura precisa delle zone interessate dal flusso idrico - già di per sé difficoltosa utilizzando un modello matematico monodimensionale per la simulazione di un fenomeno più assimilabile ad un moto bidimensionale -, richiede necessariamente una conoscenza geometrica dei luoghi molto particolareggiata;
- vi è la presenza di arginelli golenali di delimitazione tra alveo attivo e aree di espansione naturale, la cui definizione geometrica deve essere caratterizzata dal massimo grado di dettaglio possibile in quanto il loro ruolo nel funzionamento idraulico complessivo del torrente è fondamentale; infatti, essi – qualora dotati di continuità spaziale lungo lo sviluppo longitudinale del T. Strona – possono ritardare od anche evitare l’ingresso delle acque nelle aree golenali poiché determinano un aumento dell’area della sezione bagnata dell’alveo inciso e di conseguenza dell’officiosità idraulica (i.e. la massima portata transitabile verso valle, senza il verificarsi di fuoriuscite) dell’alveo.

Occorre rimarcare che le risultanze ottenute nel presente studio sul T. Strona e che verranno riportate nei successivi paragrafi risultano, specialmente nel tratto più vallivo, scarsamente attendibili e ad esse va attribuito pertanto un significato puramente qualitativo ed indicativo.

È altresì vero che nel presente studio sono stati utilizzati, per quanto carenti, i dati più recenti e raffinati disponibili sul T. Strona nei vari campi di indagine (morfologia dell’alveo [geometria e vegetazione], pluviometria, idrologia); in parole sem-

plici, ad oggi si può ritenere arduo impostare verifiche idrauliche più precise sul comportamento idraulico dello Strona in piena.

Per giungere a risultati credibili, è indispensabile procedere ad una campagna di rilievi topografici che abbia questi requisiti minimi:

- definizione delle sezioni trasversali dell'alveo con cadenza spaziale ridotta (possibilmente 200-300 metri);
- traccia planimetrica di suddette sezioni di ampiezza tale da "contenere" con certezza tutte le aree potenzialmente inondabili; nella pratica, ciò significa semplicemente che i limiti esterni della sezione battuta devono raggiungere punti del terreno di quota sufficientemente elevata da confinare all'interno della stessa sezione trasversale il deflusso delle piene trattate;
- particolare attenzione va rivolta alla descrizione geometrica degli arginelli golenali; un'operazione utilissima sarebbe la livellazione di precisione lungo tali arginelli per verificarne la continuità e l'andamento delle sommità (\Rightarrow probabile presenza di ribassi o "cordemolle");
- al limite, sarebbe di grande ausilio un rilievo celerimetrico (con griglia di definizione dei punti del terreno da definire) di tutte le aree di espansione presenti a ridosso di Cossato; per tale attività, si potrebbe realizzare un volo aereo sulla zona e procedere (rispondendo in questo modo anche ad esigenze di maggiore economicità) alla interpretazione aereofotogrammetrica delle foto, con restituzione di un modello digitale del terreno.

In conclusione, una volta ultimate le suddette attività preliminari e data la complessità delle problematiche riscontrate per il torrente Strona, si ritiene indispensabile una reimpostazione della modellazione idraulica dei fenomeni di piena nel corso d'acqua, ovviamente previo approfondimento dello studio idrologico già svolto.

5.3.2.3 Tipologia e modalità di tracciamento delle aree esondabili lungo i torrenti

Una volta implementata sul modello di calcolo adottato la geometria del torrente ed effettuate le simulazioni idrauliche in concomitanza di prefissati eventi meteorici, si dispone della stima delle grandezze idrauliche principali (portata, tirante, velocità dell'acqua, ecc.) che caratterizzano il comportamento idrodinamico del sistema ed in particolare dell'involuppo dei massimi livelli idrici raggiunti dall'onda di piena in transito lungo l'intero sviluppo del corso d'acqua.

Ciò consente di articolare in fasce (*interessate in misura diversa dalle piene*) la regione fluviale (alveo fluviale e territorio limitrofo); il metodo di delimitazione ricalca quello utilizzato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po in fase di redazione del "*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*", eccezion fatta per la definizione della fascia più interna (Fascia A) per motivi che verranno illustrati successivamente.

Innanzitutto, è utile richiamare di seguito le definizioni adottate per le fasce fluviali dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, in quanto rappresentano come detto il riferimento metodologico del presente studio:

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A)*, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente,

ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;

- *Fascia di esondazione (Fascia B)*, esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate al colmo;
- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*, costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Come piena di riferimento viene assunta quella caratterizzata da un tempo di ritorno TR (frequenza media di accadimento dell'evento) pari a 200 anni.

Si ha pertanto che:

- *Fascia A*: determinato il livello idrico corrispondente alla piena di riferimento, la fascia è convenzionalmente la porzione più ampia fra quella ove defluisce almeno l'80% della portata di piena e quella all'esterno della quale la velocità della corrente è minore o uguale a 0.4 m/s (criterio valido per corsi d'acqua mono o pluricorsali quali quelli indagati nel presente studio);
- *Fascia B*: assunta come portata di riferimento la piena con TR = 200 anni, il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini e altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata;
- *Fascia C*: per la sua definizione, si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR > 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni. Per i corsi d'acqua non arginati (caso del presente studio) la delimitazione dell'area soggetta ad inondazione viene eseguita con gli stessi criteri adottati per la Fascia B, tenendo conto delle aree con presenza di forme fluviali fossili.

Come già annunciato in precedenza, nel presente studio sono state adottate in toto le modalità di tracciamento dei limiti delle Fasce B e C, mentre è stato modificato il principio di definizione della Fascia A.

A causa dei limiti e delle incertezze esaminati nei precedenti paragrafi (in merito alla geometria dei torrenti, alla stima dei coefficienti di scabrezza dell'alveo e delle portate di piena, alla scelta di un modello semplificato di calcolo), infatti, risulta assai difficile definire con buona precisione la porzione di alveo ove scorre l'80% dei deflussi di piena e soprattutto la legge di distribuzione puntuale, all'interno della sezione bagnata dalla corrente, della velocità idrica (condizione indispensabile per capire ove i filetti liquidi sono dotati o meno di velocità superiore alla soglia di 0.4 m/s).

Per tale motivo, si è optato per un criterio più semplice ed intuitivo (già adottato da altre Autorità di Bacino nel caso di tratti fluviali montani e pedecollinari) che, nel caso di corsi d'acqua quasi ovunque monocorsali, rappresenta ugualmente un valido strumento per la perimetrazione delle fasce fluviali:

- Fascia A: assunta come portata di riferimento la piena con TR = 30 anni, il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini e altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

Per una corretta definizione delle aree esondabili, in realtà, si è ritenuto di esaminare in maniera critica i risultati ottenuti in termini di livello idrico, utilizzando cioè tali dati come punto di partenza e non di arrivo della procedura di tracciamento dei limiti di tali aree..

In altri termini, i livelli idrici ottenuti sono stati incrementati per definire le tre tipologie di fascia tenendo conto di fattori aggiuntivi (di seguito descritti) che il modello di calcolo non può ovviamente considerare.

5.3.2.4 *Il franco di sicurezza idraulica*

È importante ricordare che i livelli idrici ottenuti sono il prodotto di simulazioni numeriche fondate su assunzioni e stime intrinsecamente incerte.

In linea puramente teorica, se si fosse assolutamente certi della veridicità dei dati ottenuti, si potrebbe assumere il livello idrico ottenuto come quota discriminante fra la porzione di territorio interessata dall'evento di piena e quella estranea allo stesso.

Come ricordato più volte in precedenza, invece, l'ingegneria fluviale non è una scienza esatta; nel caso specifico del presente studio, inoltre, la scarsità dei dati storici disponibili per la stima dei parametri in ingresso nel modello di calcolo rende ancor più necessaria una valutazione a posteriori delle risultanze ottenute.

I livelli idrici di piena sono stati maggiorati, in fase di definizione delle aree esondabili, per tenere conto appunto dell'incertezza della loro stima; l'entità di tale "margine di sicurezza" è stata modulata in base al grado di conoscenza complessivo del sistema fisico indagato (minore conoscenza, maggiore franco), al valore dei beni esposti e alla loro vulnerabilità (maggiore rischio, maggiore franco).

Il franco di sicurezza non è stato in alcun caso considerato inferiore al metro.

5.3.3. **Il Torrente Cervo**

5.3.3.1 *Inquadramento geografico, idrografico e morfologico del bacino*

Il bacino imbrifero del torrente Cervo ha la sezione di chiusura a Biella, in corrispondenza del ponte della linea ferroviaria "Biella – Rovasenda".

L'area in oggetto è ubicata totalmente in provincia di Biella; si tratta più specificamente della porzione di territorio insistente sul settore nord occidentale del comprensorio provinciale. Parte dello spartiacque del bacino coincide con il confine regionale tra Piemonte e Valle D'Aosta.

Da un punto di vista idrografico il torrente Cervo costituisce un sottobacino del fiume Sesia, nel quale confluisce poco a monte dell'abitato di Vercelli.

La superficie totale del bacino è pari a circa 121 km², la lunghezza dell'asta principale è di oltre 21 km e la sezione di chiusura del bacino è posta a circa 391m s.l.m.

Gli affluenti principali del Cervo sono: T. Irogna, T. Mologna, R. Valdescola, R. Chiobbia, T. Pragnetta, R. Rialmosso, T. Oropa.

Il bacino del T. Cervo è caratterizzato da una morfologia tipicamente montana, con quote anche superiori ai 2000 m s.l.m., valli d'origine fluvioglaciale strette e pareti molto inclinate e per lo più boscate.

Nel tratto montano indagato il torrente e i suoi affluenti sono molto incisi e hanno un trasporto solido rilevante e di notevoli dimensioni; più a valle, esso si allarga fino ad assumere una morfologia terrazzata, con andamento che passa da ramificato nel tratto superiore (fino al ponte di Cossato [S.S. 232]) a monocursale sinuoso, con frequenti barre laterali e subordinatamente barre longitudinali e isole stabili.

Nella valle del Cervo i boschi di latifoglie prevalgono nettamente nella copertura forestale a causa dell'elevata piovosità ed umidità che contraddistingue l'area e, parzialmente, anche a seguito dell'intervento umano.

Nelle aree montane, inoltre, a causa del massiccio abbandono delle attività silvo-pastorali, si assiste alla diffusione di specie arboree ed arbustive che hanno colonizzato i prati e i pascoli abbandonati e si sono infiltrate nei castagneti puri.

Nel tratto dalla sorgente a Biella il torrente scorre incassato con forre e soglie naturali fino ad Andorno Micca ed ha un trasporto solido notevole; all'altezza di Rosazza è regimato con muri in sponda destra e briglie selettive.

A valle di Andorno Micca l'alveo è inciso nel fondovalle terrazzato, con un salto di scarpata di qualche metro. Oltre la confluenza con il Torrente Oropa, si ha un restringimento della sezione in corrispondenza dell'attraversamento della zona industriale di Biella, caratterizzato da una sezione molto vincolata dagli insediamenti e contenuta da opere di sponda.

Il T. Cervo, nel tratto montano dall'origine presso il Lago della Vecchia [Piedicavallo] fino a Biella, attraversa rocce metamorfiche (micascisti eclogitici) appartenenti alla Zona Sesia - Lanzo, rocce intrusive (granito, sienite e monzonite) del Plutone della Valle del Cervo e rocce intrusive basiche (dioriti e gabbri) e metasedimentarie (Kinzigiti) della Zona Ivrea - Verbano.

Pertanto, il percorso montano del torrente Cervo è caratterizzato dalla continua presenza di fondo roccioso.

Viceversa, a sud di Biella, naturale sbocco sulla pianura, i terreni di origine sedimentaria depositatisi in epoca pliocenica e quaternaria sul substrato cristallino costituiscono il piano di scorrimento del corso d'acqua.

5.3.3.2 Geometria d'alveo

In assenza di un rilievo completo e recente del torrente, le sezioni d'alveo trasversali sono state all'uopo rilevate nell'arco dell'anno 2000 in corrispondenza dei

maggiori centri abitati (Rosazza, Campiglia Cervo, territorio comunale di Biella), concentrando ovviamente in tali zone le risorse economiche disponibili.

Inoltre, presso il Comune di Piedicavallo sono state reperite numerose sezioni del tratto iniziale a cavallo dell'omonimo abitato, realizzate anch'esse recentemente per la progettazione di alcune sistemazioni riparie (sia in sinistra che in destra idraulica) del torrente.

Complessivamente, sono state implementate nel modello di calcolo 57 sezioni trasversali così distribuite:

- 18 in corrispondenza di Piedicavallo,
- 9 in corrispondenza di Rosazza,
- 5 in corrispondenza di Campiglia Cervo,
- 25 nel tratto d'alveo all'interno del comprensorio comunale di Biella (da Passobreve al capoluogo Biella).

Nei lunghi tratti d'alveo fortemente incassati nella roccia (profondità di alcune decine di metri) o delimitati da fasce rivierasche caratterizzate dalla totale assenza di strutture ed edifici, non si dispone di alcuna descrizione topografica; in tali tratti, la perimetrazione delle aree di esondazione è stata effettuata a seguito di attività di rilevamento al suolo di tipo morfologico.

5.3.3.3 Portate di riferimento

Nel tratto di T. Cervo in esame, vi sono importanti apporti laterali sull'asta principale da parte dei suoi affluenti; le condizioni di inondazione, simulate in moto permanente, devono essere valutate considerando dei valori di portata crescenti da monte a valle.

Dall'analisi idrologica del bacino imbrifero, si evincono le portate con assegnati tempi di ritorno (TR = 30, TR = 100, TR = 200, TR = 500 anni) utilizzate nelle simulazioni di calcolo.

D'ora innanzi, i valori delle portate idrologiche al colmo stimate per i suddetti tempi di ritorno (TR = NUM anni) verranno indicate con la seguente simbologia: Q_{NUM} .

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle portate di progetto:

<i>N° sezione</i>	<i>Localizzazione</i>	Q_{30} <i>m³/sec</i>	Q_{100} <i>m³/sec</i>	Q_{200} <i>m³/sec</i>	Q_{500} <i>m³/sec</i>
57	A valle della confl. Cervo – Irogna	320	490	500	520
49	T. Cervo a Piedicavallo	410	590	620	650
38	T. Cervo a valle del ponte di Pinchiolo	440	620	660	700
33.1	A valle della confl. Cervo – Pragnetta	510	680	740	800
25	T. Cervo a Passobreve	700	780	860	1000
7	A valle della confl. Cervo – Oropa	830	980	1130	1230

3	T. Cervo a Biella	840	1000	1150	1250
---	-------------------	-----	------	------	------

5.3.3.4 Definizione delle scabrezze e delle condizioni al contorno

Per quanto riguarda la definizione delle scabrezze (secondo i coefficienti n di Manning espressi in $\text{sec} / \text{m}^{1/3}$), la loro distribuzione longitudinale e trasversale all'asta fluviale, seguendo le metodologie descritte nella parte comune ai tre torrenti esaminati, può essere riassunta dalla tabella seguente:

Sezioni	n in alveo	n nelle golene
57 - 38	0.120	0.140
37 - 29	0.120	0.060 - 0.140
28	0.090	0.140
27	0.090	0.150
26 - 25	0.090	0.140
24 - 21	0.090	0.100
20 - 18.2	0.090	0.110
18.1 - 10.1	0.090	0.100
10 - 8	0.090	0.060 - 0.100
7 - 4	0.090	0.100
3 - 2	0.080	0.070 - 0.100
2 - 1	0.080	0.060 - 0.100

Per quanto riguarda le condizioni al contorno considerate nelle simulazioni, a valle si è assegnata una pendenza fittizia del torrente dell'1.5 % (paragonabile a quella dell'ultimo tratto di T. Cervo), atta alla determinazione del livello di riferimento in condizioni di moto uniforme; a monte si è considerata, invece, una pendenza di fondo del letto del torrente pari al 4 % (paragonabile a quella del tratto iniziale del T. Cervo) per la determinazione del livello di riferimento, sempre in condizioni di moto uniforme.

5.3.3.5 Analisi dei risultati delle simulazioni idrauliche e considerazioni conclusive

La morfologia del torrente (vedere paragrafo 5.3.1) tipicamente “incassata” in roccia fa sì che i livelli di piena stimati siano quasi ovunque contenuti all'interno di una fascia molto ristretta in direzione trasversale al flusso della corrente, raggiungendo solo localmente (ove presenti) le aree golenali. Esse, di solito, si presentano abbastanza limitate e vengono interessate - salvo casi eccezionali - dalla corrente di piena solamente in concomitanza degli eventi estremi (TR = 500 anni o, al più, TR = 200 anni).

Procedendo da monte verso valle ad una disamina sintetica delle risultanze idrauliche ottenute e quindi delle aree di esondazione definite (rappresentate nelle cartografie IGT-S E MA3a), si osserva che:

- in corrispondenza di Piedicavallo vengono interessate solo marginalmente aree contigue all'alveo inciso, ove comunque non sono attualmente presenti né insediamenti abitativi né nuclei isolati di case;
- dopo aver costeggiato l'abitato di Montesinaro (posto a quote di assoluta sicurezza), il torrente attraversa Rosazza interessando in fase di piena alcune aree attigue al letto centrale (in particolare, in destra idraulica tra la confluenza del T. Pragnetta ed il ponte di collegamento al cimitero);
- superati senza problemi gli abitati di Valmosca e Forgnengo, il torrente attraversa Campiglia Cervo interessando, soprattutto a valle del ponte, porzioni significative di terreno (sia in sinistra che in destra idraulica) fino a lambire – o addirittura investire – alcune costruzioni isolate nella periferia più valliva del paese;
- nel tratto d'alveo dominato dall'alto da numerosi piccoli abitati (fra i quali spiccano Quittengo, S. Paolo Cervo e Orio di Mosso), non si registrano situazioni di crisi particolari se non per edifici isolati e spesso disabitati;
- scendendo verso valle, si ha ancora un tratto di torrente abbastanza incassato che non presenta insufficienze significative. Vi sono sporadicamente edifici interessati dalla perimetrazione delle aree esondabili: in sinistra idraulica, specialmente a ridosso dei piccoli abitati di Balma e Bogna, sono posizionati usualmente in esigue strisce di terreno comprese fra le scarpate riparie del torrente e la strada provinciale “Biella – Piedicavallo” che risale lungo l'alveo tutta la vallata);
- giunti alla località Passobreve, si entra nel tratto torrentizio confinato con buona continuità spaziale dagli insediamenti antropici, sia di tipo residenziale che di tipo produttivo. Nel primo caso, essi sono sempre - o quasi - posti a quote di sicurezza idraulica. Nel secondo caso, si registrano numerose situazioni in cui l'elevata idroesigenza di industrie e fabbriche ha indotto l'uomo a costruire a ridosso del torrente o addirittura “in alveo”, facendo sì che le pareti degli edifici fungessero da “sponde fluviali” o meglio da “opere di contenimento longitudinali”. Tale fenomeno, una volta superate le località di Passobreve, Casale e Sagliano Micca senza particolari problemi, comincia a verificarsi con una certa frequenza da Miagliano e Andorno Micca verso valle, con situazioni evidenti nel tratto che costeggia Tollegno e Pavignano e soprattutto nell'ultimo segmento di torrente esaminato, che, una volta ricevuto il Torrente Oropa, entra nella periferia nordorientale di Biella lambendo o (per gli eventi ad elevatissimo tempo di ritorno) inondando numerose costruzioni e le relative aree di pertinenza.

5.3.4 Il Torrente Sessera

5.3.4.1 Inquadramento geografico, idrografico e morfologico del bacino

Il bacino idrografico del Torrente Sessera, chiuso alla confluenza con il Fiume Sesia, ha forma allungata in direzione Ovest-Est ed estensione pari a circa 191 km².

Esso è ubicato nella porzione nordoccidentale del territorio regionale piemontese, tra le province di Biella e Vercelli.

Il limite settentrionale del bacino si sviluppa da Ovest ad Est attraverso la cima di Bò, il Testone delle Tre Alpi, la Cima d'Ometto, la Colma dei Lavaggi, la Bocchetta della Boscarola, la Cima della Mora; da qui si spinge a Nord fino al Badile ed il Castello di Gavala e scende verso Est passando per il Monte Tovo.

Il limite meridionale si sviluppa da Est ad Ovest lungo una zona collinare (Monte Solivo, Orcurto; loc. Sella), raccordandosi attraverso la Bocchetta di Margosio e la Bocchetta di Luvera allo spartiacque delineato da Moncerchio, Bocchetto Sessera, Colma Bella, Cima del Bonom, Cima delle Guardie, Cima Pietra Bianca, Punta del Cravile.

La quota massima, corrispondente alla Cima di Bò, è di 2556 m s.l.m., la quota minima alla sezione di chiusura a Borgosesia è di 322 m s.l.m. La quota media è di 1049 m s.l.m.

La lunghezza complessiva dell'asta torrentizia del Sessera è di circa 38 km.

Nel bacino del torrente Sessera si notano i seguenti principali affluenti: Caramata, Dolca, Valmala, Confienza, Ardeccia, Ponzone, Strona di Postua.

In linea generale, da precedenti studi sulla morfologia ed il paesaggio della Val Sessera, si può suddividere l'area in esame in tre settori, disposti Nord-Sud: le forme del settore occidentale della valle sono determinate dall'azione modellatrice dei ghiacciai; la media Val Sessera è caratterizzata da un paesaggio aspro e selvaggio (dovuto alla presenza di litologie scarsamente erodibili) in cui i corsi d'acqua percorrono valli irregolari e frastagliate, spesso al fondo di gole incassate e strette; infine la bassa valle presenta un paesaggio collinare costituito da dolci morfologie che ospita tutti i nuclei abitati della valle.

Ci soffermiamo brevemente su questo ultimo tratto, anche per le ripercussioni della morfologia sulle aree allagabili.

Da Coggiola fino alla confluenza con il fiume Sesia, la morfologia più dolce della valle permette al fiume di divagare parzialmente. I versanti si presentano incisi da un reticolato idrografico assai fitto, anche se non complesso, con assetto tipicamente giovanile costituito da solchi vallivi con fianchi ripidi (pendenze anche maggiori del 45°): ne deriva (essendo anche in una delle zone più piovose della fascia pedemontana) un reticolato idrografico con forte tendenza erosiva. Le acque del T. Sessera scorrono entro un'ampia e spessa fascia di sedimenti granulari sciolti, depositati dai corsi d'acqua, determinando negli stessi incisioni che danno luogo a forme terrazzate; tali terrazzi caratterizzano più o meno costantemente entrambe le sponde del torrente lungo questo tratto, dove sono riconoscibili alcuni originari passaggi dell'acqua, evidenziati dalla presenza di paleoalvei come quello posto in sinistra orografica poca a monte dell'abitato di Pray.

Alla confluenza dei corsi d'acqua secondari (specie allo sbocco dei due torrenti affluenti principali, che sono il Ponzone e lo Strona di Postua) i depositi alluvionali costituiscono conoidi più o meno estese; in prossimità della confluenza con il T. Sesia la conoide del T. Sessera origina una vera e propria piana alluvionale dal pendio quasi impercettibile.

5.3.4.2 Geometria d'alveo

Come accennato nella parte generale, le sezioni d'alveo trasversali (in numero di 69) derivano da un rilievo del 1995 eseguito dalla ditta Edison Energy S.p.A. di Vicenza, per la Società che gestisce l'impianto idroelettrico del Piancone.

Le sezioni rilevate, sono disposte secondo una distanza media (frequenza) di circa 350 metri l'una dall'altra. Sebbene non sia stato possibile verificare direttamente l'affidabilità delle sezioni topografiche utilizzate, si ritiene, considerato anche il delicato utilizzo per il quale furono realizzate (si ricorda che la simulazione di dam crash risulta tuttora strumento del Piano di Protezione Civile), che la geometria d'alveo possa, in generale, essere ben rappresentata dai dati topografici in possesso.

Occorre precisare che a causa della finalità di tali rilievi la frequenza relativa delle sezioni, intesa come rapporto fra la lunghezza dell'asta fluviale e il numero di sezioni, decresce procedendo verso valle, pur restando soddisfacente per il grado di dettaglio delle simulazioni idrauliche richiesto in fase di redazione del Piano. Non si è ritenuto necessario in un primo momento, pertanto, ottemperare ad un raffittimento delle sezioni già disponibili.

5.3.4.3 Portate di riferimento

Nel tratto di T. Sessera in esame, vi sono importanti apporti laterali sull'asta principale da parte dei suoi affluenti; le condizioni di inondazione, simulate in moto permanente, devono essere valutate considerando dei valori di portata crescenti da monte a valle. Dall'analisi idrologica precedentemente descritta, si evincono le portate con assegnati tempi di ritorno ($T=30$, $T=100$, $T=200$, $T=500$) utilizzate nel calcolo. Si veda per questo la seguente tabella.

N° sezione	Localizzazione	Q_{30} m^3/sec	Q_{100} m^3/sec	Q_{200} m^3/sec	Q_{500} m^3/sec
66	Diga delle Mischie (confl.Sessera-Dolca)	460	560	620	700
41	A valle della confl. Sessera-Confienzo	790	960	1070	1200
31	In prossimità della località Coggiola	900	1090	1210	1360
20	A valle della confl. Sessera-Ponzone	950	1170	1290	1450
6	A valle della confl. Sessera-Strona di Postua	990	1200	1340	1500

Le portate di piena sono state stimate non considerando la possibilità (verosimile) di contenere una piccola parte dei volumi di piena nell'invaso artificiale della diga di Mischie. Essa è stata ipotizzata cautelativamente piena al momento dalla piena, con effetti di laminazione dei colmi in transito del tutto trascurabili.

5.3.4.4 Definizione delle scabrezze e delle condizioni al contorno

Per quanto riguarda la definizione delle scabrezze (secondo i coefficienti n di Manning espressi in $\text{sec} / \text{m}^{1/3}$), la loro distribuzione longitudinale e trasversale all'asta fluviale, seguendo le metodologie descritte nella parte comune ai tre torrenti esaminati, può essere riassunta dalla tabella seguente:

Sezioni	n in alveo	n nelle golene
66 - 39	0.100	0.120
38 - 29	0.080	0.100
28 - 27	0.050	0.090
26.9	0.070	0.090
26 - 24	0.050	0.090
23 - 22	0.067	0.090
21 - 20	0.060	0.090
19	0.067	0.090
18.1 - 18	0.080	0.090
17.9 - 12	0.067	0.090
11.2 - 11	0.080	0.090
10	0.067	0.090
9 - 8	0.050	0.090
7 - 4	0.067	0.090
3 - 1	0.050	0.090

Per quanto riguarda le condizioni al contorno considerate nelle simulazioni, come condizioni di valle si è imposta una quota di 332 m s.l.m. alla confluenza con il T. Sesia, che rappresenta l'ipotesi di una piena ordinaria contestuale nel recettore; come condizioni di monte, si è assegnata una pendenza di fondo al torrente del 5 % (paragonabile a quella del tratto iniziale del T. Sessera) atta alla determinazione del livello di riferimento in condizioni di moto uniforme.

5.3.4.5 *Analisi dei risultati delle simulazioni idrauliche e considerazioni conclusive*

Le morfologia del torrente (vedere paragrafo 5.4.1) è caratterizzata dalla presenza di forme terrazzate contigue all'alveo di morbida sempre più estese procedendo da monte verso valle.

Tale configurazione geometrica determina una dinamica dei fenomeni di piena con spagliamento dei volumi di piena nelle aree golenali per valori di portata caratterizzati da un elevato tempo di ritorno. L'obiettivo principale dello studio idraulico effettuato è stato quello di verificare, caso per caso, quale sia la frequenza temporale

“potenziale” di allagamento di queste aree (in pratica, a partire da quale tempo di ritorno esse vengono inondate).

È ovvio che le simulazioni idrauliche su modello matematico per un torrente di questo tipo richiedono una descrizione geometrica senz'altro più raffinata e di dettaglio di quella necessaria, ad esempio, per un torrente fortemente incassato in roccia a sagoma compatta e ristretta (caso del T. Cervo) o per un'asta fluviale valliva solitamente arginata con sagoma regolare quasi prismatica.

Le conoscenze topografiche disponibili in questa fase del lavoro sono state considerate sufficienti all'ottenimento di risultanze attendibili. In prospettiva, la realizzazione di un nuovo rilievo, pensato e modulato appositamente per le esigenze di una verifica idraulica ed in grado naturalmente di restituire la geometria dell'alveo “ad oggi” (in quanto i fenomeni di modellazione [erosione, trasporto e sedimentazione] dell'alveo sono evidenti anche a distanza di pochi anni) avrebbe permesso di affinare l'indagine sul comportamento del torrente in condizioni di piena.

Procedendo da monte verso valle ad una disamina sintetica delle risultanze idrauliche ottenute e quindi delle aree esondabili definite si osserva che:

- in corrispondenza di Massarenga, Granero e Coggiola (primo abitato di un certo rilievo) la piena trentennale defluisce all'interno dell'alveo inciso, mentre per gli eventi con tempo di ritorno $TR = 200, 500$ anni i deflussi arrivano ad investire alcune abitazioni ed edifici industriali attigui all'alveo. Si può notare, infatti, dalla corografia della zona che le porzioni di tali abitati poste a ridosso del torrente insistono su terrazzi recenti caratterizzati in alcuni casi da quote altimetriche tali da non poterle considerare in sicurezza in occasione di eventi estremi;
- a valle di Coggiola, il torrente presenta una vasta area terrazzata in destra idraulica (in corrispondenza della piccola vallata dominata dall'abitato di Postula) che risulta interessata dagli eventi idrologici di progetto in misura crescente all'aumentare di TR . Una situazione di crisi analoga si riscontra, in tale tratto, anche in sinistra orografica;
- il torrente attraversa poi il centro di Pray rimanendo all'interno dell'alveo centrale per portate con $TR = 30$ anni ed invadendo le aree golenali circostanti (di medie dimensioni in destra e di grandi dimensioni in sinistra orografica, ove il paese si è espanso con le sue propaggini periferiche verso Sud) per $TR = 200, 500$ anni. In particolare, la piena cinquecentesca minaccia tutti gli insediamenti racchiusi tra la strada principale che taglia il paese ed il torrente stesso;
- scendendo verso valle, vi è un tratto d'alveo ove le intumescenze di piena hanno la possibilità di espandersi senza interferire, se non marginalmente ed in casi isolati, con i piccoli nuclei abitati rivieraschi;
- in corrispondenza di Crevacuore (e di Azoglio) il deflusso delle piene considerate continua ad interessare le aree golenali del torrente senza peraltro investire gli abitati, situati a quote di sicurezza. Solamente una piccola porzione sudorientale di Crevacuore può ritrovarsi, per l'evento con $TR = 500$ anni, in sofferenza idraulica, mentre un insediamento industriale situato alla confluen-

za del Torrente Strona di Postua in Sessera risulta all'interno della area di erosione con TR = 200 anni;

- scendendo ancora verso valle, i deflussi di piena vanno ad interessare (in misura crescente all'aumentare di TR) la località Guardella;
- infine, il torrente attraversa l'abitato di Bornate poco prima di immettersi nel Fiume Sesia. In questo tratto terminale, la piena trentennale risulta essere contenuta all'interno dell'alveo centrale, mentre per piene con TR = 200, 500 anni l'acqua arriva ad invadere un'ampia fascia golenale suborizzontale in sinistra orografica ove insistono numerose costruzioni.

5.3.5. Il Torrente Strona

5.3.5.1. *Inquadramento geografico, idrografico e morfologico del bacino*

Il bacino imbrifero del Torrente Strona è delimitato a Nord dalla valle del Torrente Sessera, ad Ovest dal Torrente Ostola e a Sud-Est dal Torrente Cervo, del quale è il primo affluente in sinistra idrografica a valle della sua sezione di chiusura (Biella).

Esso ha un'estensione alla sezione di chiusura di circa 104 km²; l'asta del torrente presenta una lunghezza complessiva di circa 27 km.

Le maggiori pendenze dei versanti vallivi sono concentrati nell'alto bacino dello Strona, che ha origine da raggruppamenti montagnosi con vette oltre i 1500 m.s.l.m.

L'area è caratterizzata da un regime termico molto temperato, con modeste escursioni annue, mensili e diurne.

Il regime pluviometrico è caratterizzato da precipitazioni molto elevate in senso assoluto con massimi molto marcati in primavera ed in autunno e minimi in inverno e in estate. Il clima ha così un tono tipicamente "atlantico", molto umido e molto livellato dal punto di vista termico; è evidentemente influenzato in modo determinante dalle correnti umide che risalgono dalla pianura padana, sulla quale il bacino dello Strona si apre a ventaglio.

La vegetazione arborea mette in evidenza una fascia "pedemontana e montana inferiore" (fino a 900-1000 m s.l.m.) ed una fascia "montana superiore" (da 900-1000 fino a 1500-1600 m s.l.m.).

Nella fascia inferiore si possono distinguere, a seconda delle profondità e della freschezza dei terreni, due consociazioni principali, con tutte le fasi di passaggio dall'una all'altra.

Sui terreni piuttosto superficiali, ecologicamente aridi, prevale un bosco a querce (rovere-farnia), betulla, castagno, quest'ultimo spesso diffuso dall'uomo; il sottobosco è a ginestra, rovi, calluna, evidente espressione di acidità.

Sui terreni più profondi e freschi si è invece insediato un bosco misto di latifoglie mesofile, con presenza di tiglio, frassino, acero montano, querce, ed altre; anche qui gli aspetti dell'antropizzazione sono ben rappresentati e spesso prevalenti (soprattutto castagneti e, spesso, cedui di robinia); il sottobosco è formato da specie esigenti, fra le quali è tipica la salvia glutinosa.

Nella fascia superiore, l'aspetto del bacino dello Strona è fortemente influenzato dalla sua esposizione verso Sud: manca, infatti, il piano del faggio, sostituito da pascoli.

Su tutto il territorio di studio manca un piano di conifere spontanee, piante a temperamento incompatibile con il clima qui dominante: esso è sostituito da una formazione a rododendro e mirtillo (spesso con ontano verde, abbastanza continuo sulle esposizioni fresche) e dalla brughiera a calluna su quelle più aride.

Lungo il corso montano dello Strona sono da segnalare i seguenti affluenti: Tamarone, Overa, Poala, Caramenzana, Tolera, Venalba, Quargnasca (con il contributo poco a monte del Chiebbia).

5.3.5.2. *Geometria d'alveo*

Il tratto di torrente indagato ha origine appena a valle della diga di Ponte Vittorio (in Comune di Camandona) e termina alla confluenza nel Torrente Cervo, per una lunghezza complessiva di circa 20 km.

Come già accennato in precedenza, lo stato delle conoscenze per lo Strona è insufficiente: vi è una totale assenza di rilievi topografici recenti che definiscano in maniera soddisfacente la geometria dell'alveo, specialmente in corrispondenza del tratto vallivo (tra l'abitato di Lessona e lo sfocio nel Torrente Cervo).

L'unica fonte di materiale utile alla definizione della geometria del torrente è lo studio idraulico (condotto da Hydrodata di Torino e commissionato dalla "Società Acquedotto Industriale Valle Mosso" nel 1995) redatto per la valutazione degli effetti dovuti alla piena conseguente ad un ipotetico collasso dello sbarramento di ritenuta di Ponte Vittorio.

In totale, sono risultate disponibili per l'implementazione su modello di simulazione 46 sezioni trasversali dell'alveo.

Di queste sezioni, le prime 18 sono state reperite dallo studio del 1987 sulle piene indotte dall'apertura degli organi di scarico della diga, coprenti i primi 4 km di alveo (dalla diga fino a monte di Valle Mosso).

Le restanti 28 sono state rilevate speditivamente durante i sopralluoghi (anno 1995) e verificate con le carte tecniche regionali C.T.R. in scala 1:25000; le relative quote di fondo ed alcune forme di sezione tipo sono state reperite dal già citato lavoro "*Studi preliminari agli interventi di ricostruzione e sistemazione delle zone alluvionate in Provincia di Vercelli*" redatto da Italconsult (1969).

Le sezioni di monte sono generalmente piuttosto incise, strette e più irregolari, mentre quelle di valle sono più larghe, poco profonde e con forma spesso regolare. Tutte presentano una forma tipicamente trapezoidale, con base variabile tra i 10 e i 20 metri circa e sponde alte, talvolta anche verticali, essendoci numerosi opifici che si trovano addirittura adiacenti all'alveo.

5.3.5.3 *Portate di riferimento*

Nel tratto di T. Strona in esame, vi sono importanti apporti laterali sull'asta principale da parte dei suoi affluenti; le condizioni di inondazione, simulate in moto

permanente, devono essere valutate considerando dei valori di portata crescenti da monte verso valle.

Lo studio idrologico del bacino di dominio del T. Strona ha permesso di stimare le portate per assegnati tempi di ritorno (TR = 30, TR = 100, TR = 200, TR = 500 anni) utilizzate nel calcolo come sollecitazioni di progetto.

Un quadro sinottico di tali portate è di seguito riportato.

<i>N° sezione</i>	<i>Localizzazione</i>	Q_{30} <i>m³/sec</i>	Q_{100} <i>m³/sec</i>	Q_{200} <i>m³/sec</i>	Q_{500} <i>m³/sec</i>
40	Alto Strona (Pianezze)	181	240	266	299
25	A valle della confl. Strona - Tamarone	208	276	306	344
22	A valle della confl. Strona – Overa	238	326	356	404
20	A valle della confl. Strona – Poala	288	386	426	474
19	A valle della confl. Strona – Caramezzana	308	406	456	514
18	A valle della confl. Strona – Tolera	322	426	476	539
17	A monte della confl. Strona - Venalba	359	476	527	593
16	A valle della confl. Strona - Venalba	399	529	586	659
11	In prossimità della località Crosa	419	559	628	694
6	A monte della confl. Strona - Quargnasca	441	587	650	732
4	A valle della confl. Strona - Quargnasca	731	972	1079	1218
1	Strona alla confluenza con il T. Cervo	764	1017	1128	1271

Il computo delle portate non ha cautelativamente tenuto conto della potenziale capacità di invaso di parte dei volumi di piena da parte della diga di Ponte Vittorio; si è ipotizzato, quindi, completamente pieno il lago durante la piena, con effetti di laminazione dei colmi trascurabili.

5.3.5.4 Definizione delle scabrezze e delle condizioni al contorno

Per la definizione delle scabrezze (con i coefficienti n di Manning [sec / m^{1/3}]) la loro distribuzione longitudinale e trasversale all'asta fluviale, seguendo le metodologie descritte nella parte comune ai tre torrenti esaminati, può essere riassunta dalla tabella seguente.

Sezioni	n in alveo	n nelle golene
40 - 30	0.100	0.120
29 - 10	0.080	0.100

9 - 1	0.067	0.080
-------	-------	-------

Per quanto riguarda le condizioni al contorno considerate nelle simulazioni, a valle si è imposta una quota di 206 m s.l.m. alla confluenza con il T. Cervo, che rappresenta l'ipotesi di una piena ordinaria contestuale nel recettore; come condizioni di monte, si è assegnata una pendenza di fondo al torrente del 5 % (paragonabile a quella del tratto iniziale del T. Strona) atta alla determinazione del livello di riferimento in condizioni di moto uniforme.

5.3.5.5 *Analisi dei risultati delle simulazioni idrauliche e considerazioni conclusive*

Le morfologia del torrente (vedere paragrafo 5.5.1) è caratterizzata da una netta distinzione tra l'asta torrentizia più montana (fino all'ingresso in Cossato) e la tratta terminale (da Cossato alla confluenza in Cervo), per le quali si riscontra un'esaltazione delle caratteristiche mostrate dai due torrenti analizzati in precedenza (T. Cervo e T. Sessera).

Inizialmente, infatti, la morfologia del torrente è tipicamente “incassata” in roccia, con presenza di esigue e discontinue fasce rivierasche peraltro già occupate quasi ovunque da insediamenti antropici: ciò fa sì che i livelli di piena stimati siano contenuti all'interno di una fascia fluviale molto ristretta, raggiungendo solo localmente (ove presenti) le aree terrazzate direttamente connesse all'alveo.

A partire dal centro di Cossato, la geometria del torrente cambia radicalmente, con aree golenali molto ampie e spesso non distinguibili né dal territorio circostante (i.e. senza corpi arginali di delimitazione longitudinale esterna) né dallo stesso alveo inciso (i.e. solo localmente si registra la presenza di arginelli golenali). Come già sottolineato in precedenza, le verifiche idrauliche di siffatti sistemi idrici richiederebbero una descrizione geometrica molto più dettagliata di quella utilizzata: le fasce esondabili presentate, quindi, rappresentano sicuramente il meglio che si può ottenere oggi ma non il meglio in assoluto.

Procedendo da monte verso valle ad una disamina sintetica delle risultanze idrauliche ottenute e quindi delle aree di esondazione fluviali definite si osserva che:

- nel tratto iniziale che va dalla diga di Ponte Vittorio fino alle prime abitazioni di Valle Mosso, la piena trentennale è contenuta in alveo, mentre per gli eventi con tempo di ritorno maggiore vengono interessate dalle fasce di esondazione alcune abitazioni sparse (in parte disabitate), buona parte della frazione di Pianezze ed alcune industrie situate in adiacenza al torrente in località Strona;
- all'interno di Valle Mosso, i deflussi delle piene con $TR \geq 200$ anni, dopo aver interessato alcuni edifici specialmente in sinistra orografica, si “incanalano” all'interno di un tratto d'alveo fortemente modificato dall'uomo. In pratica, i deflussi in piena sono spesso direttamente contenuti dalle pareti degli edifici industriali o dai muretti di delimitazione delle relative aree di pertinenza; solo in alcuni casi, la corrente idrica appare in grado – attraverso le discontinuità di tali pareti o per sormonto dei muretti esterni – di investire tali costruzioni;

- superato l'abitato di Valle Mosso, la frazione di Campore risulta in evidente sofferenza idraulica nei confronti degli eventi più critici ($TR \geq 200$ anni);
- segue un tratto d'alveo di relativa sicurezza idraulica in quanto non si registra la presenza di insediamenti antropici se non di qualche lanificio interessato in alcuni casi dai deflussi di piena per $TR \geq 200$ anni;
- in corrispondenza dell'abitato di Lessona, si osserva che tutto il centro storico e gli insediamenti residenziali periferici sono praticamente ovunque a quote di sicurezza idraulica, mentre tutte le fabbriche attigue all'alveo risultano investite – almeno per gli eventi a maggior tempo di ritorno – dall'onda di piena;
- la medesima situazione si riscontra, anche se in misura minore, in corrispondenza di Castellazzo, alle porte del centro abitato di Cossato;
- all'interno dell'abitato di Cossato, si osserva che fino al ponte della linea ferroviaria "Biella – Novara" vengono interessate dalle piene eccezionali in sinistra orografica solamente alcune costruzioni - a destinazione sia residenziale che commerciale e/o industriale – relativamente vicine all'alveo inciso, mentre in destra idraulica risultano in sofferenza idraulica ampie porzioni di territorio urbano densamente abitate (peraltro in buona parte già investite dalla piena del 1968, il cui tempo di ritorno è stato stimato pari a circa 200 anni). A valle del ponte della ferrovia (e della confluenza del Torrente Guargnasca), invece, si registra il potenziale spagliamento dei deflussi di piena per eventi estremi sia in sinistra che in destra idraulica, in aree golenali molto vaste e spesso coincidenti o contigue con territori unanimemente non ritenuti, ad oggi, "ambito fluviale"; tale situazione non comporta problemi di sicurezza in sinistra orografica, ove non è presente alcun insediamento fino alla linea ferroviaria, mentre in destra idraulica risultano a rischio (per il solo evento con $TR = 500$ anni) molti insediamenti della periferia meridionale di Cossato, fino all'intersezione con l'asta del Torrente Cervo.

5.4. NUOVE ELABORAZIONI

I risultati ottenuti mettono in luce la presenza di situazioni di alta pericolosità per la valle Strona di Mosso, e per la Valle Sessera. In entrambe i casi sono direttamente coinvolte molte attività produttive, anche storiche, oltre che alcuni abitati.

La funzione di individuazione delle problematiche idrauliche più significative è quindi risultata compiutamente svolta dalle prime simulazioni, anche se, come ampiamente dichiarato, le informazioni di base su cui si era proceduto erano di modesta qualità.

A seguito di lunghe consultazioni con gli enti locali rivieraschi delle tre aste interessate dalle simulazioni idrauliche, la Provincia ha ritenuto di procedere a finanziare l'esecuzione di nuovi rilievi topografici per le aste del Sessera e dello Strona, le due valli con maggiori problemi per numero ed entità. Il Comune di Biella assumeva le fasce realizzate mediante le prime simulazioni idrauliche nel proprio strumento di pianificazione.

Per il T. Sessera l'Unione Industriale Biellese ha partecipato con propri fondi alla definizione delle nuove geometrie, ed ha anche finanziato l'esecuzione di una simu-

lazione idraulica di verifica del lavoro svolto nella prima fase. Le geometrie d'alveo del T. Sessera utilizzate con il primo studio si sono dimostrate in alcuni punti errate, in altri decisamente superate. L'insieme delle informazioni e dei lanci effettuati sul Sessera è stato confrontato ed ampiamente discusso. I risultati, non profondamente dissimili da quelli ottenuti con il primo lavoro, sono stati assunti dai Comuni rivieraschi.

Per il Torrente Strona, nell'ambito delle attività previste dal già citato Protocollo d'intesa sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale, dai Comuni di Cossato e Valle Mosso, dalle Comunità Montane dell'asta e dall'Unione Industriale Biellese, si sono effettuati nuovi rilievi delle geometrie d'alveo al fine di provvedere alla esecuzione di nuove simulazioni idrauliche. La nuova ricerca ha fornito al momento attuale risultati solamente per la porzione di asta che da Cossato risale fino al confine meridionale del Comune di Valle Mosso. In accordo con le Amministrazioni locali, la simulazione è stata svolta precedentemente in corrispondenza del Comune di Cossato in considerazione del fatto che tale Comune aveva in itinere la predisposizione di una Variante strutturale del proprio P.R.G. inerente approfondimenti geologici ed idraulici. I risultati del rilievo topografico, eseguito al suolo, e della relativa simulazione idraulica sono disponibili. Di seguito la sintesi del lavoro idraulico svolto.

TORRENTE SESSERA

5.4.1. Il passaggio dallo studio idraulico alla definizione delle aree di esondazione

Per una corretta definizione delle aree esondabili si ritiene opportuno esaminare in maniera critica i risultati ottenuti in termini di livello idrico, utilizzando cioè tali dati come punto di partenza e non di arrivo della procedura di tracciamento dei limiti di tali aree.

Successivamente all'analisi idraulica vera e propria, infatti, sono necessarie alcune valutazioni riguardanti:

- Il grado di attendibilità dei risultati ottenuti (vedere paragrafo 5.1.1);
- Le caratteristiche generali del fenomeno "piena", con particolare riferimento a quegli aspetti importanti non considerati per vari motivi nelle verifiche idrauliche (vedere paragrafi 5.1.2 e 5.1.3);
- Le proprietà "idrauliche" dei corpi (naturali ed artificiali) di contenimento laterale dei deflussi di piena, con particolare riferimento alle strutture murarie (edifici e muri di confine) presenti lungo gli alvei biellesi (vedere paragrafi 5.1.4 e 5.1.5);
- Le proprietà "idrauliche e statiche" dei corpi artificiali di attraversamento trasversale dell'alveo, con particolare riferimento ai ponti e alle passerelle collabenti o comunque soggetti a forti sollecitazioni da parte della corrente di piena (vedere paragrafo 5.1.6);
- Le proprietà di "variabilità temporale della geometria d'alveo", con particolare riferimento alle modificazioni che si registrano durante il singolo evento di piena (vedere paragrafo 5.1.7).

In altri termini, le tre tipologie di aree (Ee,Eb,Em) perimetrata lungo il Torrente Sessera risultano - tenendo conto di questi fattori aggiuntivi (di seguito brevemente descritti) – in generale più ampie di quelle ricavabili applicando in senso stretto le risultanze idrauliche ottenute poiché vi sono aspetti che il modello di calcolo non può ovviamente considerare.

5.4.1.1 Il fenomeno del trasporto solido in fase di piena e contestualità fra evento meteorico ed altri fenomeni idrogeologici

Per il trasporto solido e le dinamiche d'alveo, si veda il paragrafo 3.3.2 del presente documento.

Si è spesso verificata, specialmente nel periodo tardo invernale e primaverile, la situazione di eventi di pioggia che danno vita a deflussi “sostenuti” dagli apporti idrici derivanti dallo scioglimento della neve.

È interessante rimarcare, inoltre, che in presenza di particolari condizioni di temperatura e pressione, può essere la pioggia stessa ad innescare e/o accentuare notevolmente tale fenomeno.

Vi è anche il caso di portate extrameteoriche cedute al torrente dalla falda e, più in generale, dai corpi idrici afferenti all'alveo: ciò genera in pratica un apporto idrico di portata al torrente che va a sommarsi a quello – sicuramente superiore – conseguente alle piogge.

5.4.1.2 Considerazioni sulla casistica dei fenomeni di sormonto delle strutture di contenimento da parte della corrente di piena

Importante è capire come reagisce una struttura di contenimento laterale quando la corrente di piena riesce a superare la sommità per spagliare nelle aree adiacenti.

Vi è il caso di sormonto di strutture che una volta interessate dal passaggio di acqua cedono interamente o in parte, innescando un fenomeno “autoesaltante” tale per cui, se avviato, tende a diventare di entità via via crescente.

Occorre valutare anche cosa si trova al di là della struttura: se vi è un'area estesa e subpianeggiante è ovvio che il fatto di avere un franco esiguo nei confronti di un potenziale sormonto è “meno accettabile” rispetto ad altre situazioni.

5.4.1.3 Considerazioni sulla casistica dei fenomeni di cedimento delle strutture di contenimento determinati dalla corrente di piena

Importante è capire come reagisce una struttura di contenimento laterale quando la corrente di piena (composta dal flusso idrico e da tutti i corpi – massi, alberi, rottami di ogni genere, ecc. - che esso è riuscito a movimentare) la sollecita fortemente sulla scarpata o sul fianco interno.

Anche se dalle simulazioni idrauliche risulta che il livello idrico massimo di piena è contenuto da strutture arginali o murarie longitudinali al corso del torrente, è comunque necessario verificare per ogni situazione di questo tipo se anche da un punto di vista strutturale e statico l'opera è in grado di resistere al passaggio dell'intumescenza di piena.

In poche parole, va esaminato - almeno da un punto di vista ingegneristico qualitativo - il potenziale rischio di un cedimento della struttura per crollo, sfiancamento o scivolamento dell'opera.

È ovvio, ad esempio, che il fatto di avere un vecchio muro in elevazione - che magari presenta già segni di "vecchiaia" e di piccoli cedimenti od impostato sul ciglio di una ripida ed instabile scarpata spondale dell'alveo - a protezione di un'estesa area destinata ad attività produttive e/o residenziali preoccupa maggiormente di altre situazioni e risulta quindi "meno accettabile".

5.4.1.4 Considerazioni sulla casistica dei fenomeni di cedimento delle strutture di attraversamento del torrente (o di ostruzione dell'alveo da esse generate) determinati dalla corrente di piena

Importante è capire come reagisce una struttura di attraversamento dell'alveo (a livello del fondo alveo per briglie e traverse e pile di ponti, a livello aereo per impalcati di ponti e passerelle) quando la corrente di piena (composta dal flusso idrico e da tutti i corpi - massi, alberi, rottami di ogni genere, ecc. - che esso è riuscito a movimentare) la sollecita fortemente, specialmente in direzione frontale.

Nei torrenti a forte pendenza (e quindi notevole erosione) come quelli biellesi sono numerosissimi i casi di cedimento di tali tipi di strutture in concomitanza di piene significative. La caduta in alveo ed il conseguente trasporto a valle dei detriti di tali opere può determinare, in punti del torrente particolarmente ristretti od in corrispondenza di altre strutture in alveo, pericolose ostruzioni al flusso di piena con conseguente innalzamento dei livelli idrici.

Sempre in ordine a tale fenomeno, esso può essere generato anche dai corpi di varia natura trascinati dalla corrente che vanno ad ammassarsi in posizioni "preferenziali" dell'alveo (gole molto incise nella roccia, fra le pile dei ponti) fino a creare veri e propri sbarramenti al passaggio delle portate di piena.

5.4.1.5 Variabilità della geometria d'alveo durante un evento di piena significativo

In molti eventi di piena recenti si sono riscontrate notevoli differenze morfologiche degli alvei biellesi conseguenti al passaggio dei deflussi (tra "pre" e "post" piena).

In parole semplici, la sagoma trasversale dell'alveo può modificarsi drasticamente durante il singolo evento di piena (allargamento dell'alveo inciso, spostamento planimetrico dello stesso, abbassamenti od innalzamenti delle quote di fondo alveo), andando così ad influenzare - certe volte in maniera peggiorativa ed altre in manie-

ra migliorativa – le stime del livello idraulico corrispondente all’evento idrologico considerato.

Tale constatazione serve semplicemente ad avvalorare una volta di più la cautela con la quale bisogna trattare i dati risultanti dalle simulazioni idrauliche, mantenendo sempre un franco di sicurezza nei confronti delle stime fatte sui livelli di piena.

5.5. Confronto delle risultanze idrauliche

5.5.1 Rilievi topografici utilizzati

Il tronco in esame è stato geometricamente definito tramite due rilievi recenti (2001), integrati con il vecchio rilievo utilizzato per le prime simulazioni effettuate per il Piano Territoriale della Provincia di Biella (le sezioni trasversali derivano da un rilievo del 1995 eseguito dalla ditta Edison Energy S.p.A. di Vicenza, per la Società che gestisce l’impianto idroelettrico del Piancone) in quei tratti fluviali non definiti dai nuovi rilievi.

Esaminiamo brevemente le sezioni topografiche utilizzate, partendo da valle.

Il tratto che va dall’immissione del T. Strona di Postua sul T. Sessera al ponte Pianceri di Pray è descritto da n° 9 nuove sezioni, n° 7 vecchie sezioni (che sono sufficientemente coerenti al nuovo profilo di fondo) e n° 6 sezioni fittizie necessarie per definire i restringimenti d’alveo dovuti al ponte di Crevacuore e alla briglia a valle (tali sezioni sono state desunte dalle nuove traslance in distanza e quota sul profilo di fondo). Si sono quindi utilizzate in totale n° 22 sezioni che per un tratto di 2580 metri hanno una frequenza media relativa (intesa come rapporto fra la lunghezza dell’asta fluviale e il numero di sezioni) di 117 m/sezione, di buona rappresentatività per la definizione delle relative fasce.

Nel tratto compreso fra il ponte Pianceri di Pray e Masserenga è stato utilizzato il recente rilievo, commissionato dall’Unione Industriale Biellese del Marzo 2001, integrato con le vecchie sezioni (1995): per queste ultime, inserite solo nei tratti dove non presenti quelle nuove, si sono riscontrate variazioni di fondo ricadenti in un “range” accettabile di ($\pm 1,00$ m) e quindi sono state corrette “shiftando” verticalmente tutta la sezione sul profilo di fondo di recente rilievo (ricostruito nel dettaglio utilizzando non solo le tracce delle sezioni). Le nuove sezioni ammontano a n° 22, quelle del 1995 riutilizzate a n° 6, mentre quelle fittizie (per rappresentare ponti e briglie) a n° 20 (ricavate con la stessa metodologia sopra descritta): il tratto è rappresentato, dunque, da n° 48 sezioni con una frequenza media relativa di 118 metri (poiché la lunghezza del tratto in questione è pari a circa 5680 m).

Sono state utilizzate in totale n° 70 sezioni con una frequenza relativa di 118 m/sezione; si rammenta che nelle simulazioni di prima stesura si era fatto riferimento a 34 sezioni, con una definizione di rilievo inferiore. La frequenza relativa delle sole nuove sezioni è di 288 m/sezione.

Nel rilievo del 1995 i ponti e le soglie in alveo non erano descritti. Con il nuovo rilievo si è potuto inserirli nel modello idraulico con una buona descrizione geometrica; solo l'impalcato del ponte di Crevacuore non è presente anche se è descritto il restringimento geometrico conseguente.

Il raffittimento delle sezioni per la descrizione dei restringimenti dovuti ai ponti è stato eseguito tramite sezioni fittizie copia di quelle reali adeguate al profilo rilevato (si è preferito non interpolarle tramite le funzioni del programma per motivi di omogeneità della conformazione dell'alveo e della morfologia ai lati, spesso condizionata artificialmente).

5.5.2 Miglioramenti e raffronti delle simulazioni idrauliche

Tramite il nuovo rilievo geometrico si è giunti sia ad una maggiore precisione dello studio in generale sui livelli idraulici che ad un migliore dettaglio spaziale nella definizione delle fasce specie nelle zone più critiche, precedentemente sguarnite di informazioni topografiche.

L'introduzione di alcune delle sezioni del 1995 ha lo scopo di mantenere una buona rappresentatività idraulica nei tratti non raffittiti con i due nuovi rilievi e garantire, fra gli stessi, continuità geometrica.

Nelle nuove simulazioni idrauliche sono state mantenute le portate di piena calcolate nella prima fase di questo studio, sinteticamente riepilogate nella tabella riportata di seguito.

N° sez. nuova	N° sez. vecchia	Localizzazione	Bacino (Kmq)	Q (T=30) mc/sec	Q (T=100) mc/sec	Q (T=200) mc/sec	Q (T=500) mc/sec
31	41	Valle T. Confienza	80	790	960	1070	1200
25	31	Valle R. Dell'Anna	98	900	1090	1210	1360
13	20	Valle T. Ponzzone	125	950	1170	1290	1460
0	6	Valle T. Strona di P.	192	990	1200	1340	1500

Si è fatto riferimento a condizioni al contorno nella sezione di valle di deflusso in moto uniforme, mentre per quanto riguarda le scabrezze in alveo si prevede il mantenimento delle stesse scabrezze delle vecchie simulazioni e cioè del coefficiente di Manning n pari - procedendo verso valle - a $[0,08 - 0,067 - 0,05] m^{-1/3}/sec$ (equivalentemente, coefficiente di Strickler $c = 1/n$ pari a $[12,5 - 15 - 20] m^{1/3}/sec$) in alveo e $n = [0,012 - 0,010 - 0,08] m^{-1/3}/sec$ ($c = [8 - 10 - 12,5] m^{1/3}/sec$) fuori alveo.

Sono state eseguite anche simulazioni utilizzando solo le "nuove" sezioni e confrontando i relativi risultati con la geometria "nuove+vecchie" si sono riscontrate variazioni sui livelli dell'ordine al massimo di poche decine di centimetri, con la conclusione che l'introduzione delle vecchie sezioni nei tratti sguarniti di nuove non ha sostanzialmente modificato i risultati in queste ultime.

Avendo mantenuto invariati tutti i coefficienti ed i parametri utilizzati in precedenza, si sono potuti confrontare i risultati delle vecchie simulazioni con le nuove e

conseguentemente, previo ulteriore sopralluogo di verifica, si è proceduto ad una definizione di maggior dettaglio delle fasce fluviali.

Le differenze dei livelli di piena fra le nuove simulazioni e le vecchie, relative alle sezioni con medesima ubicazione planimetrica, sono riportate nella seguente tabella.

N° sezione Nuova numerazione	N° sezione Vecchia numerazione	Differenza livelli in m T = 30	Differenza livelli in m T = 500
31	34	-0.03	-0.47
29	33	-0.27	-0.14
28.1	32	-0.26	-0.14
25	31	+0.43	+0.59
24	30	+0.81	+0.58
23	29	-0.35	+0.32
20	28	+0.62	+0.48
19	27	+0.55	+0.53
17	23	+1.01	+1.64
12	19	+0.20	+1.81
6	13	+1.15	+1.26
4	11.1	+0.35	+0.56
1.5	8	+1.01	+0.11

Si riscontrano in sintesi le seguenti variazioni di tirante idrico: in un breve tratto a monte vi sono variazioni in difetto di qualche decina di centimetri mentre nel resto dell'asta fluviale vi sono differenze in eccesso dell'ordine di grandezza del metro. Ciò è dovuto principalmente alla presenza dei ponti che provocano un rigurgito significativo a monte (per gli eventi maggiori alcuni vengono anche sormontati) ma anche alla nuova definizione geometrica dell'alveo inciso.

Tali risultati giustificano, in via qualitativa, la cautela sui franchi idraulici considerata nella precedente elaborazione delle aree esondabili e la necessaria ridefinizione delle stesse nei tratti ove il nuovo rilievo fornisce informazioni più attendibili sulla definizione geometrica del torrente.

Va però sottolineato che, pur avendo in generale ottenuto livelli idrici maggiori con le nuove simulazioni non sempre (anzi) le nuove aree risultano più ampie poiché il fatto di avere una topografia di maggiore dettaglio ha consentito di tenere un franco di sicurezza più esiguo e di escludere, in alcuni casi, zone che dimostrano di essere "protette" da strutture (naturali od artificiali) longitudinali all'alveo sufficientemente alte.

TORRENTE STRONA

**TABELLA DEI RISULTATI DI CALCOLO DELLA SIMULAZIONE FINALE
SUL TORRENTE STRONA**

LEGENDA DELLE GRANDEZZE IDRAULICHE CALCOLATE

River Sta : sezione di rilievo

Qtot : portata totale;

Min Ch El : quota del punto più depresso nella sezione;

WS Elev : quota calcolata dell'altezza d'acqua del pelo libero;

Crit. WS : quota dell'altezza critica;

EG Elev: quota dei carichi totali ;

E.G. Slope : pendenza dei carichi totali (gradiente energetico)

Vel Chnl : velocità media su tutta la sezione;

Flow Area : area di deflusso

Top Width : ampiezza del pelo libero;

Froude # Chl : numero di Froude

Per ogni sezione è stata eseguita la simulazione con quattro portate di riferimento per T=30, per T=100, per T=200, per T=500,

RAS Plan.:	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Strona valle	12	399.00	335.00	338.86		339.51	0.018204	3.59	111.29	32.71	0.62
Strona valle	12	529.00	335.00	339.55		340.34	0.018297	3.93	134.43	34.10	0.63
Strona valle	12	586.00	335.00	339.83		340.67	0.018279	4.06	144.20	34.66	0.64
Strona valle	12	659.00	335.00	340.17		341.08	0.018156	4.23	155.88	36.07	0.64
Strona valle	11	419.00	325.00	328.87		329.45	0.015500	3.37	124.45	33.32	0.56
Strona valle	11	559.00	325.00	329.68		330.37	0.015151	3.69	151.51	33.80	0.56
Strona valle	11	628.00	325.00	330.05		330.80	0.014929	3.82	164.29	34.34	0.56
Strona valle	11	694.00	325.00	330.32		331.14	0.015192	4.00	173.85	36.19	0.57
Strona valle	10	419.00	310.00	314.00	314.00	315.85	0.058008	6.03	69.52	18.80	1.00
Strona valle	10	559.00	310.00	314.81	314.81	317.01	0.057779	6.57	85.04	19.37	1.00
Strona valle	10	628.00	310.00	315.18	315.18	317.54	0.057426	6.81	92.28	20.58	1.00
Strona valle	10	694.00	310.00	315.59	315.59	318.02	0.053839	6.90	101.39	23.12	0.98
Strona valle	9	419.00	300.00	305.02	302.63	305.20	0.003013	1.86	225.44	64.73	0.32

Strona val-9 le	559.00	300.00	305.89	303.11	306.09	0.002629	1.97	284.61	71.59	0.31
Strona val-9 le	628.00	300.00	306.27	303.33	306.48	0.002491	2.03	312.01	74.55	0.30
Strona val-9 le	694.00	300.00	306.62	303.53	306.84	0.002372	2.08	338.58	77.31	0.30
Strona val-8 le	419.00	295.00	301.06	298.86	301.75	0.009121	3.67	115.39	112.07	0.49
Strona val-8 le	559.00	295.00	301.58	299.66	302.59	0.012053	4.47	127.72	115.98	0.57
Strona val-8 le	628.00	295.00	301.79	300.01	302.98	0.013495	4.84	133.16	117.63	0.61
Strona val-8 le	694.00	295.00	302.12	300.36	303.41	0.013864	5.07	141.54	120.09	0.62
Strona val-7 le	419.00	275.00	278.91	278.91	280.35	0.030480	5.33	80.81	36.59	0.94
Strona val-7 le	559.00	275.00	279.86	279.86	281.12	0.020181	5.15	129.50	65.67	0.80
Strona val-7 le	628.00	275.00	280.21	280.21	281.40	0.017772	5.10	154.25	73.22	0.76
Strona val-7 le	694.00	275.00	280.43	280.43	281.64	0.017522	5.22	170.23	76.46	0.76
Strona val-6 le	441.00	254.00	259.49	257.41	259.78	0.005475	2.40	183.60	55.23	0.42
Strona val-6 le	587.00	254.00	260.46	258.03	260.76	0.004386	2.44	244.21	76.45	0.39
Strona val-6 le	650.00	254.00	260.75	258.28	261.06	0.004229	2.51	267.70	86.82	0.39
Strona val-6 le	732.00	254.00	261.08	258.56	261.42	0.004093	2.59	299.11	98.99	0.38
Strona val-5 le	441.00	249.00	255.51	251.99	255.72	0.002283	2.04	221.73	207.56	0.28
Strona val-5 le	587.00	249.00	255.73	252.59	256.07	0.003498	2.60	237.43	280.72	0.35
Strona val-5 le	650.00	249.00	255.96	252.83	256.34	0.003691	2.74	256.27	356.53	0.36
Strona val-5 le	732.00	249.00	256.27	253.11	256.69	0.003812	2.88	286.15	459.81	0.37
Strona val-4 le	731.00	244.00	247.25	247.25	248.32	0.026831	4.58	166.68	124.64	0.91
Strona val-4 le	972.00	244.00	248.09	248.09	248.76	0.013541	3.92	359.89	325.58	0.67
Strona val-4 le	1079.00	244.00	248.23	248.23	248.90	0.013213	3.98	408.05	342.53	0.67
Strona val-4 le	1218.00	244.00	248.38	248.38	249.06	0.013416	4.12	458.42	359.39	0.68
Strona val-3 le	731.00	225.00	231.02	228.40	231.30	0.003308	2.45	393.34	284.59	0.35
Strona val-3 le	972.00	225.00	231.49	229.05	231.81	0.003594	2.71	550.94	389.69	0.37
Strona val-3 le	1079.00	225.00	231.66	229.30	231.99	0.003664	2.80	622.35	428.91	0.38
Strona val-3 le	1218.00	225.00	231.89	229.64	232.21	0.003639	2.86	725.29	479.85	0.38

Strona wal- le	2	731.00	219.00	222.83	222.83	223.60	0.017237	4.04	232.46	215.18	0.74
Strona wal- le	2	972.00	219.00	223.28	223.28	224.00	0.014964	4.13	345.08	278.24	0.71
Strona wal- le	2	1079.00	219.00	223.43	223.43	224.14	0.014591	4.19	388.16	294.71	0.70
Strona wal- le	2	1218.00	219.00	223.57	223.57	224.32	0.015070	4.37	429.99	309.87	0.72
Strona wal- le	1	764.00	206.00	212.00	210.44	212.22	0.002996	2.49	475.66	195.83	0.34
Strona wal- le	1	1017.00	206.00	212.84	210.94	213.04	0.002491	2.49	655.63	229.94	0.31
Strona wal- le	1	1128.00	206.00	213.11	211.13	213.32	0.002452	2.54	719.37	240.86	0.31
Strona wal- le	1	1271.00	206.00	213.40	211.34	213.61	0.002480	2.63	790.22	252.45	0.32
Strona wal- le	0	764.00	201.00	206.00	205.44	206.54	0.008422	3.66	300.57	155.64	0.55
Strona wal- le	0	1017.00	201.00	206.00	205.94	206.96	0.014924	4.87	300.57	155.64	0.73
Strona wal- le	0	1128.00	201.00	206.13	206.13	207.17	0.015870	5.12	321.29	160.92	0.75
Strona wal- le	0	1271.00	201.00	206.34	206.34	207.42	0.016014	5.29	356.38	169.48	0.76

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA FISIOGRAFICA ED IDROGEOLOGICA

- AA.VV.** –“Gli eventi alluvionali del settembre-ottobre 1993 in Piemonte”, Regione Piemonte, Torino, 1996.
- Carraro F., Dal Piaz G.V., Govi M. E Sacchi R.** – “ Studi geologici nel vercellese”, C.R.P.E. Piemonte, Torino 1969.
- Carraro F., Mediolì F., Petrucci F.** – “Geomorphological study of the morainic amphitheatre of Ivrea, northwest Italy”, Bull. R. Soc. New Zeland, 13, 1975.
- Carraro F., Lanza R., Perotto A., Zanella E.** – “L’evoluzione morfologica del Biellese occidentale durante il Pleistocene inferiore e medio, in relazione all’inizio della costruzione dell’Anfiteatro Morenico d’Ivrea”, Boll. Del Museo Regionale di Scien. Nat., 9 – 1, TO, 1991
- Civita M., Fisso G., Governa M.E. e Rossanigo P.** – “Schema idrogeologico, qualità e vulnerabilità degli acquiferi della pianura vercellese”, GNDCI – CNR, 1990.
- Foster S.S.D.** – “Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy”, in: Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. The Hague, 1987.
- Giannotti F.** – “BESSA –paesaggio ed evoluzione geologica delle grandi aurifodine biellesi-”, ed. Eventi&Progetti, Vigliano Biellese, 1996.
- Strahler A.N.** – “Quantitative analysis of watershed geomorphology”, Am. Geophys. Union Trans., 38, Washington, 1957.
- Viel G., Tommasetti C., Montaguti M. e Frassinetti G.** – “Pianificazione ambientale delle aree metropolitane: il bolognese”, in Geologia delle grandi aree urbane (progetto strategico CNR), Atti del Convegno, Bologna, 1997.

BIBLIOGRAFIA DISSESTI

- AA.VV.** –“Gli eventi alluvionali del settembre-ottobre 1993 in Piemonte”, Regione Piemonte, Torino, 1996.
- AA.VV.** –“Eventi alluvionali in Piemonte”, Regione Piemonte, Torino, 1998
- Almagià R.** -" Studi geografici delle frane in Italia (II parte)"-, Mem Soc. Geogr. It., vol. 1, Roma, 1910.
- Campbell R.H.** -"Soil slip, debris flow and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California"-, US. Geol. Sourvey Prof. Pap., 851, 51 pp.
- Canuti P. e Casagli N.** –“Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana” in Convegno Fenomeni Franosi e Centri Abitati. Bologna, 1994.
- Cruden D.M. & Varnes D. J.** –“Landslide types and processes”- in <Landslides investigation and mitigation> - Transportation Research Board S.R. 247, N. A. press, 1996.
- Desio A.** -"Geologia applicata all'ingegneria"-, Hoepli, Milano, 1959.
- Fell R.** –“Landslide risk assessment and acceptable risk”, Can. Geotech. J. 31, 1994.
- Govi M.** - “Carta dei dissesti del 2 novembre 1968 (bacino del Torrente Strona)”- in Carraro F., Dal Piaz G.V., Govi M. & Sacchi R. – <Studi geologici nel vercellese> C.R.P.E. Piemonte, Torino 1969.
- Hutchinson J. N.** -"General report: morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology", Proc. 5th I.S.L., Landslides, vol. 1, Lousanne (1988);
- Hutchinson J. N.** –“Some aspects of the morphological and geotechnical parameters of landslides, with examples drawn from Italy and elsewhere”, Geologia Romana, 30, Roma, 1994.

Nemcok A., Pasek J., Rybar J. -"Classification of landslides and other mass movements"- Rock Mechanics, vol. 4, n. 2, 1972.

Penta, F. -"Frane e movimenti franosi"- in Pellegrini M. -Geologia Applicata- ed. Pitagora, Bologna, 1982.

Sassa K. -"Geotechnical classification of landslides"- (traduzione di Lesmo R. Da Landslide news, n. 3, 1989), geologia tecnica, n. 4, Roma, 1990.

Trevisan L. -"Tavole orientative per l'identificazione dei tipi di frane"- in <Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo>, Atti della commissione, vol. 3, Roma, 1974.

AA.VV. (ITALCONSULT) -"Studi preliminari agli interventi di ricostruzione e sistemazione delle zone alluvionate in Provincia di Vercelli (evento del novembre 1968)", Ministero dei Lavori Pubblici - Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per il Piemonte, volume unico, 1969.

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Aureli A. -"Calcolo dell'infiltrazione efficace nell'ambito della valutazione della vulnerabilità degli acquiferi", in Atti del 2° Convegno nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie tecnologie e obiettivi. Nonantola (MO), 1995.

Avena G.C., Giuliano G. & Lupia Palmieri E. - "Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali"-, Boll. Soc. Geol. It., 86, Roma, 1967.

Bertalanffy L. von -"Teoria generale dei sistemi <fondamenti, sviluppo, applicazioni>"-, A. Mondadori, Milano, 1975.

Douglas I., -"Man, vegetation and the sediment yield of rivers"-, Nature, 215, 1967; in Gregory K. J. And Walling D. E., 1973; ed. Fletcher & Son ltd, Norwich, GB.

Heidel S. G. -"The progressive lag of sediment concentration with flood waves"- Am. Geophys. Union. Trans., 37, Washington, 1956.

Langbein W. B. and Schumm S. A. -"Yield of sediment in relation to mean annual precipitation"-, Trans. Amer. Geophys. Union, 39, 1958; in Gregory K. J. And Walling D. E., 1973; ed. Fletcher & Son ltd, Norwich, GB.

Lewis A. -"Silt observations of the River Tigris"- in Gregory K. J. And Walling D. E., 1973; ed. Fletcher & Son ltd, Norwich, GB.

Morin E. -"Introduzione al pensiero complesso"-, Sperling & Kupfer ed., Milano, 1990.

Osborn H. B. and Lane L. -"Precipitation-runoff relation for very small semiarid rangeland watersheds"-, Water Resources Research, 5, 1967.

Schidegger Adrian E. - "Theoretical geomorphology" - 3° ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1991.

Strahler, Artur. N. - "Quantitative analysis of watershed geomorphology"- Am. Geophys. Union. Trans., 38, Washington, 1957.

Tricart J. e Kilian J. -"L'eco-geografia e la pianificazione dell'ambiente naturale"- Franco Angeli ed., Milano, 1985.

BIBLIOGRAFIA DEI PRINCIPALI LAVORI DEL BIELLESE (Banca Dati Geologica)

Dissesti di versante

Agrusti Ing. F. -"Piano di ricostruzione - Tav. B3: Danni conseguenti l'alluvione 2-11-1968- Tav. B4: Stato degli abitati a seguito dei danni dell'alluvione "-Comune di Mosso S. Maria-Dicembre 1969

A.A.V.V.-"Processi di instabilità geologica e danni associati-Carta di sintesi"-1998

AA.VV.-“Sistema Informativo della Regione Piemonte”-Regione Piemonte

AA.VV.-“Evento alluvionale del 28 e 29 Maggio 1998- Danni ed interventi”--Testo-Provincia di Biella-1998

AA.VV.-“Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)”-Autorità di Bacino del Fiume Po- Maggio 2001

Bartolini R. e Boggio V. -“Lavori di consolidamento dei versanti in prossimità della Chiesa Parrocchiale-Progetto esecutivo”-Comune di Ailoche-Ottobre 1999

Biasetti M. -“Osservazioni al Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)”-Comune di Pollone-Ottobre 1999

Biasetti M. -“Variante n. 1 al PRG -Progetto preliminare-”-Comune di Portula-

Biasetti M. -“Studio per la sistemazione di versante franoso in frazione Persica”-Comune di Caprile-Dicembre 1996

Biasetti M. -“Sistemazione morfologica e idraulica del rio della Scarpia”-Comune di Portula-Maggio 1999

Biasetti M. -“Sistemazione versante franoso in frazione Curione”-Comune di Mosso-Novembre 1992

Biasetti M. e Stanzani F.-“Lavori di sistemazione aste torrentizie-Progetto preliminare/Progetto definitivo-Progetto esecutivo”-Maggio 1999/Novembre 1999

Biasetti M. e Stanzani F.-“Progetto di sistemazione danni alluvionali del novembre 1994”-Comune di Mosso-Giugno 1995

Biasetti M. e Zantonelli M.-“Studio per il censimento dei dissesti gravitativi finalizzato ad interscambio dati con Provincia di Biella nell'ambito della predisposizione del Piano Territoriale Provinciale”-Comunità Montana Valle Sessera-Gennaio 2001

Biasetti M., Fiammengo C., Panelli C.-“Lavori di sistemazione movimento franoso località Moje Comune di Sagliano Micca”---Comune di Sagliano Micca-Dicembre 1996

Biasetti M., Casoli R. -“Realizzazione di interventi sulle strade provinciali nella zona della Valsessera”-Provincia di Biella-Settembre 1998

Biasetti M. e Viscontino U. -“Studio per la sistemazione di versante franoso in frazione Persica -Comune di Caprile-Dicembre 1996

Biasetti M. e Viscontino U. - “Avversità atmosferiche ottobre 1996 lavori di pronto intervento per danni lungo le strade comunali e in Fraz. Persica”- Comune di Caprile - Agosto 1997

Biasetti M., Maffeo B., Mello Rella P., Stanzani F.---“Allegato tecnico alle osservazioni sulla delimitazione delle aree in dissesto del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po”-Comune di Pettinengo-Ottobre 1999

Biasetti M., Maffeo B., Mello Rella P., Stanzani F.---“---“Allegato tecnico alle osservazioni sulla delimitazione delle aree di dissesto del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po”-Comune di Mosso-Ottobre 1999

Bocca P. C. e Peccia Galletto F. -“Interventi di bonifica montana evento alluvionale novembre 1994-Progetto esecutivo”

Carta, Porta, Fiammengo, Panelli---“PRGC - All. 1G: Carta geomorfologica e dei dissesti”-Comune di Trivero-

Cavagnino, Geuna, Maffeo, Tamone, Zantonelli---“Ripristino opere di bonifica danneggiate dalle piogge alluvionali del 5 e 6 novembre 1994-Analisi preliminare di fattibilità”-Comunità Montana Valle di Mosso-Luglio 1997

Cavagnino, Geuna, Maffeo, Tamone, Zantonelli-“Ripristino opere di bonifica danneggiate dalle piogge alluvionali del 5 e 6 novembre 1994-Progetto definitivo progetto esecutivo”-Comunità Montana Valle di Mosso--Luglio 1998

Cravanzola L. -“Eventi metereologici del 04 e 05 settembre 1998-Danni alla strada comunale Zegna”-Comune di Portula-Settembre 1998

D'Elia F. -“Piano di Sviluppo Socio-Economico - Carta dei dissesti”-Comunità Montana Valle di Mosso-Marzo 1999

D'Elia F. -“Piano di Sviluppo Socio-Economico - Carta dei dissesti”-Comunità Montana Prealpi Biellesi-Marzo 2000

Della Barile G. —“Progetto di recupero del ponte sul Torrente Ingagna lungo la strada Donato-Ceresito e sistemazione dell'alveo”-Comune di Donato-Marzo 1995

Della Barile G. - “ Interventi di manutenzione straordinaria strade comunali Pralungo-Sambuco e Farciasso-Raviale”- Comune di Donato-Marzo 1997

Finotelli F. —“PRGC-Variante per il centro storico e per i nuclei di antica formazione-Adeguamento al sistema informativo territoriale-Variante normativa-Progetto Definitivo”-Comune di Biella-Maggio 2000

Francini G. -“Lavori di sistemazione e ripristino movimenti franosi verificatisi nel territorio comunale”-Comune di Sordevolo-Marzo 1996

Francini G. —“Sistemazione frana fr. Barca - Interventi vari”-Comune di Pralungo-Luglio 1995

Francini G. e Barbonaglia M. -“Lavori di sistemazione movimenti franosi "Area attrezzata Brich di Zumaglia" Comune di Ronco Biellese- Progetto esecutivo“-Comunità Montana Bassa Valle Cervo-Settembre 1996

Francini G., Barbonaglia M., Gariazzo P. G. -“Ripristino delle opere di bonifica montana danneggiate dall'evento alluvionale del novembre 1994”-Comunità Montane della Valle Elvo-Maggio 1996

Govi M. -“Studi geologici nel vercellese: carta dei dissesti del 2 novembre 1968”-C.R.P.E. Piemonte, Torino-1969

Maffeo B. -"Allegato tecnico alle osservazioni sulla delimitazione delle aree di dissesto (Frane) del progetto di Piano Stralcio per l'Assetto. Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po"-Comuni di Donato, Graglia, Sordevolo, Muzzano-Ottobre 1999

Maffeo B. -"Caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio"-Comunità Montana Bassa Valle Elvo-1984

Maffeo B. -"Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo"-Comunità Montana Prealpi Biellesi-1984

Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo”-Comunità Montana Bassa Valle Cervo-1981

Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo”-Comunità Montana Valle di Mosso-1981

Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche, dissesti dei corsi d'acqua e uso del suolo”-Comunità Montana Alta Valle Cervo-Agosto 1980

Maffeo B. Maffeo B. -“PRGC - Caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche”-Comune di Pralungo-Ottobre 1995

Maffeo B. -“PRGC - Caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche - Indagine geologico-tecnica aree interessate da nuovi insediamenti o da opere pubbliche”-Comune di Pralungo-Ottobre 1995/Novembre 1996

Maffeo B. -“PRGC-Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo”-Comunità Montana Bassa Valle Cervo-1981

Maffeo B. -“PRGI-Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio-Variante Generale”-Comune di Donato-Aprile 1999

Maffeo B. -“Sistemazione dei dissesti interessanti l'abitato di frazione Case Code Inf.”-Comune di Sagliano Micca-Aprile 1995

Maffeo B. -“Sistemazione movimento franoso Loc. Ternengo-Pettinengo”- Comune di Ternengo - Giugno 1995

Maffeo B. - “Evento alluvionale del 5 e 6 novembre 1994:sistemazione principali dissesti franosi”-Comune di Pettinengo- Febbraio 1995

Maffeo B. -“Dissesto franoso interessante edificio di proprietà Solesio Maria Grazia-Vigliano Biellese”-Comune di Vigliano Biellese-Dicembre 1994

Maffeo B. -“Eventi alluvionali del 5-6 novembre 1994 - Dissesti interessanti le strade provinciali”-Provincia di Biella-Settembre - Ottobre 1995

Maffeo B. -“PRGC - Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio”-Comune di Tavigliano-Novembre 2000

Maffeo B. -“PRGC - Caratteristiche geomorfologiche del territorio”-Comune di Vigliano Biellese-Novembre 1992

Maffeo B. -“PRG-Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio”-Comune di Pettinengo-Gennaio 1999

Maffeo B. -“PRGI-Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio-Progetto Preliminare”-Comune di Sala Biellese-Novembre 1998

Maffeo B. -“PRGI-Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio-Variante Generale”-Comune di Netro-Luglio 1998

Maffeo B. -“PRGI-Variante n. 1 per la sub-area relativa ai comuni di Graglia-Muzzano”-Comunità Montana Alta Valle Elvo-Dicembre 1994

Maffeo B. -“Lavori di ripristino strade comunali Pralungo-Sambuco e Prajas -Comune di Donato-Dicembre 1996

Maffeo B. -“PRGI-Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio-Variante Generale”-Comune di Donato-Aprile 1999

Maffeo B. -“Evento alluvionale del 5 e 6 novembre 1994: situazione principali dissesti franosi” -Febbraio 1995

Maffeo B. e Biasetti M.-“Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare”-C.M. Alta Valle Cervo, C.M. Bassa Valle Cervo-Maggio 1996

Maffeo B. e Delpiano O.-“Lavori di ripristino movimento franoso in Fraz. Bagneri, in Loc. Cimitero-Progetto esecutivo”-Comune di Muzzano-Novembre 1993

Maffeo B. e Delpiano O.-“Lavori di ripristino movimento franoso interessante la strada comunale Muzzano-Bagneri in località Ponte Janca-Progetto esecutivo”-Comune di Muzzano-Luglio 1993

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Allegato tecnico alle osservazioni sulla determinazione delle aree di dissesto del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po”-Comuni di Tavigliano, Sagliano Micca, Tollegno, Andorno Micca, Pralungo-Ottobre 1999

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Stato di dissesto dei corsi d'acqua”-Comunità Montana Bassa Valle Cervo e Valle Oropa-1982

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Studio preliminare agli interventi di sistemazione dell'alto bacino del T. Cervo (Evento del 22 Settembre 1981)”-Comunità Montana Alta Valle Cervo - La Bursch-1981-1982

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Progetto intervento eliminazione pericolo caduta massi in Frazione Favaro (Biella)”-Agosto 1996

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Indagine sulle situazioni di dissesto lungo i corsi d'acqua”-Comunità Montana Bassa Valle Cervo-1995

Maffeo B., Perratone A., Gariazzo P.G.-“Progetto delle opere di ripristino dell'acquedotto comunale e di sistemazione idrogeologica in Fraz. Colla(evento calamitoso del 5 e 6 novembre 1994)-Progetto esecutivo”-Comune di Netro-Maggio 1995

Maffeo B., Perratone A., Allara Matton F. e Perino L.-“Movimento franoso in sponda sinistra del T. Viona a monte della strada provinciale Donato-Andrate”-Comune di Donato-Maggio 1998

Morelli di Popolo e Ticineto-“Amministrazione comunale di Pralungo (BI) - Località Canton Gruppo - Prove geotecniche di laboratorio”- Comune di Pralungo-Novembre 1998

Perratone A. -“Opere di demolizione masso pericolante in località Sant'Antonio a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994-Pronto intervento”-Comune di Netro-Luglio 1997

Perratone A. -“Pronto intervento in Località Cisalei (Rio Bossola) a seguito delle piogge dei giorni 27-31 maggio 1998”-Comune di Graglia-Luglio 1998

Perratone A. -“Sistemazione versante lungo strada comunale Colla di Netro-Progetto preliminare”-Comune di Graglia-Novembre 1999

Perratone A. e Maffeo B. -“Progetto delle opere di sistemazione dei movimenti franosi determinati dagli eventi alluvionali del novembre 1994-Progetto esecutivo”-Comune di Graglia-Gennaio 1996

Perratone A., Girelli L., Monti G., Quaglino G.-“Progetto di ripristino di movimenti franosi e dissesti in località varie”-Comunità Montane Alta e Bassa Valle Elvo-Dicembre 1996

Perratone A., Gariazzo P. G., Maffeo B. - “Preparazione area e posa capisaldi per monitoraggio topografico zona dissestata in loc. Sant'Antonio”- Comune di Netro - Gennaio 1998

Piccioni C. e Ramasco M.-“Eventi alluvionali in Piemonte”----Regione Piemonte-1998

Porta G. -“Programma di interventi definitivi ad opere pubbliche danneggiate da eventi alluvionali -Torrente Oremo-Progetto dei lavori di sistemazione idraulica nelle località Trotti e Cisi”-Comune di Pollone-Febrero 1983

Porta G. —“Ripristino pendici, muri, briglie, platee e disalvei in località Mulino e località varie lungo il T. Oremo nell'abitato di Pollone”-Comune di Pollone-

Porta G. -“Strada comunale di Valgrande-Progetto dei lavori di ripristino pendice in frana-Progetto esecutivo”-Comune di Vigliano Biellese-Novembre 1998

Porta G. e Biasetti M. -“Piano Regolatore Generale”-Comune di Pollone-Gennaio 1999

Porta G. -“T. Oremo -Progetto dei lavori di sistemazione idraulica del torrente, di consolidamento frane, manufatti ed opere d'arte e di sistemazione via Rua con ripristino viabilità”-Comune di Pollone-Gennaio 1999

Porta Ing. G. -“Progetto degli interventi di sistemazione idrogeologica del bacino del T. Sessera-Progetto esecutivo”-Comunità Montana Valle Sessera-Giugno 1997

Radice Maracet E. -“Lavori di sistemazione di movimento franoso in regione Valle lungo la strada comunale per il cimitero”-Comune di Veglio-Dicembre 1995

Sichel P. -“Avversità atmosferiche 1° decade novembre 1994-Lavori di pronto intervento per danni lungo le strade comunali e a ridosso dei centri abitati”-Comune di Caprile
Stanzani F. e Francini G. —“Sistemazione idraulica del Rio Vico in Frazione Mazzucco-Progetto definitivo”-Comune di Trivero-Febbraio 1996
Vanoni E. e Romano G. —“Piano Regolatore Intercomunale - Comunità Montana Valle Sessera”-Comunità Montana Valle Sessera-Marzo 1985
Zantonelli M. -“Interventi di sistemazione della Strada Comunale San Giovanni danneggiata dell'alluvione del Novembre '94”-Comune di Portula-Giugno 1997
Zantonelli M. -“Lavori di pronto intervento per ripristino frana lungo la strada di accesso per Pianceri Alto (I° e II° Lotto)”-Comune di Pray-Ottobre 1998
Zantonelli M. -“Lavori di pronto intervento per riprofilatura e consolidamento versante in sponda sinistra rio Turil”-Marzo 1999

Dissesti d'alveo

AA.VV.-“Evento alluvionale del 28 e 29 Maggio 1998- Danni ed interventi”-1998
Biasetti M. -“Sistemazione morfologica e idraulica del rio della Scarpia”-Comune di Portula-Maggio 1999
Biasetti M. -“Variante n. 1 al Piano Regolatore Generale-Progetto preliminare”-Comune di Portula -Giugno 1998
Fasanino G. F., Boggio V., Biasetti M., Penotti M. -“Sistemazione idraulica del torrente Strona-Studio generale”-Ottobre 1999
Finotelli F. -“PRGC-Variante per il centro storico e per i nuclei di antica formazione-Adeguamento al sistema informativo territoriale-Variante normativa-Progetto Definitivo”-Maggio 2000
Maffeo B. -"Caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio"-Comunità Montana Bassa Valle Elvo-1984
Maffeo B. -"Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo"-Comunità Montana Prealpi Biellesi-1984
Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo”-Comunità Montana Bassa Valle Cervo-1981
Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche e uso del suolo”-Comunità Montana Valle di Mosso-1981
Maffeo B. -“Caratteristiche geomorfologiche, dissesti dei corsi d'acqua e uso del suolo”-Comunità Montana Alta Valle Cervo-Agosto 1980
Maffeo B. -“Sistemazione dei dissesti interessanti l'abitato di Frazione Case Code Inf.”-Aprile 1995
Maffeo B. -“PRGC - Caratteristiche geomorfologiche ed utilizzazione del territorio”-Comune di Tavigliano-Novembre 2000
Maffeo B., Perratone A., Gariazzo P. G. -“Progetto delle opere di ripristino dell'acquedotto comunale e di sistemazione idrogeologica in Fraz. Colla (evento calamitoso del 5 e 6 novembre 1994)-Progetto esecutivo”-Maggio 1995
Maffeo B., Perratone A., Allara Matton F. e Perino L.-“Movimento franoso in sponda sinistra del T. Viona a monte della strada provinciale Donato-Andrate”-Maggio 1998

Maffeo B., Perratone A., Allara Matton F. e Perino L. -“Sistemazione idraulica torrente Viona a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994-Progetto definitivo”-Giugno 1998

Maffeo B., Allara Matton F., Perino L., Perratone A.-“Sistemazione idraulica torrente Elvo ed affluenti-Progetto Preliminare”-Luglio 1996

Maffeo B. e Biasetti M.-“Sistemazione idraulica Torrente Cervo ed affluenti-Progetto preliminare”-Maggio 1996

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Indagine sulle situazioni di dissesto lungo i corsi d'acqua”-1995

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Stato di dissesto dei corsi d'acqua”-1982

Maffeo B. e Mello Rella P.-“Studio preliminare agli interventi di sistemazione dell'alto bacino del T. Cervo (Evento del 22 Settembre 1981)”-1981-1982

Porta G. -“Programma urgente per l'anno 1986 di opere di sistemazione idraulico-forestale-Progetto dei lavori di sistemazione idraulico-forestale del T. Oremo in comune di Pollone”-Comune di Pollone-Gennaio 1999

Porta G. e Biasetti M. -“Piano Regolatore Generale”- Comune di Pollone-Gennaio 1999

Stanzani F. e Francini G.-“Sistemazione idraulica del Rio Vico in Frazione Mazzucco-Progetto definitivo”-Febbraio 1996

Zantonelli M. -“Interventi di sistemazione della Strada Comunale alla Fraz. Scoldo danneggiata dall'alluvione del Novembre '94”-Novembre 1997

Zantonelli M. -“Variante n. 1 al Piano Regolatore Generale Comunale-Indagine geologico-tecnica”- Comune di Sostegno-Giugno 1998