

co delle principali vallate (anfiteatri morenici di Rivoli e di Ivrea). Si caratterizzano per l'assenza di una classazione granulometrica, per la mancanza di tracce di stratificazione e per la presenza di ciottoli levigati o striati. Sono incoerenti, con erodibilità elevata e permeabilità variabile in funzione della frazione fine presente, generalmente elevata.

## 2. FENOMENI DI INSTABILITÀ NATURALE

### 2.1. Importanza della conoscenza

Esperienze recenti e del passato evidenziano, in modo sempre più chiaro, come la difesa dai pericoli naturali, la tutela delle risorse ambientali e della pubblica incolumità non possano essere viste solo in funzione dell'efficienza operativa attuabile mediante interventi di emergenza in corso d'evento, ma debbano basarsi anche, e soprattutto, su una metodica opera di prevenzione [7].

Affrontare il problema della pericolosità geologica incombente su un centro abitato comporta necessariamente l'acquisizione di precise conoscenze del fenomeno di instabilità naturale presente cercando, se possibile, di integrarle con il maggior numero di dati pregressi. In altre parole sottintende un preventivo riconoscimento della tipologia dei fenomeni d'instabilità e dei loro meccanismi evolutivi, della frequenza con cui questi si attivano nonché della loro distribuzione spaziale.

Dall'esperienza risulta che i processi di modellamento dell'ambiente naturale, che si manifesta-

no con meccanismi rapidi ed improvvisi e che si traducono spesso in calamità, colpendo la popolazione nell'integrità fisica e nei beni determinando sovente gravi conseguenze, sono quasi sempre causati da eventi idrometeorologici di elevata intensità e di lunga durata.

Nell'ambito delle diverse tipologie d'instabilità un parametro importante per definirne il grado di pericolosità è dato dalle caratteristiche cinematiche dei fenomeni e soprattutto dalla loro velocità di sviluppo; risultano infatti estremamente pericolosi proprio quei fenomeni che non consentono di allertare gli organismi preposti al controllo in tempi utili tali da permettere l'attuazione di opportune azioni di salvaguardia.

Lo studio dei fenomeni d'instabilità naturale, sia sui versanti sia lungo i corsi d'acqua, condotto per un numero significativo di esempi in ogni tipologia, la valutazione quantitativa delle cause (valori di acclività, analisi dei sistemi di fratturazione, analisi pluviometriche, ecc...) e non solo più qualitativa, lo studio dei cinematismi possibili, delle geometrie coinvolte, dei tempi di sviluppo e di ricorrenza, riduce la distanza che separa le "calamità naturali" dai processi d'instabilità naturale prevedibili.

### 2.2. Processi morfodinamici nell'ambiente regionale

I diversi ambienti morfologici presenti in Piemonte (cfr. cap. 1.2.) rispondono in modo molto differenziato alle sollecitazioni tendenti a modificare l'assetto, siano esse agenti esterni quali gli apporti meteorici, le repentine variazioni delle

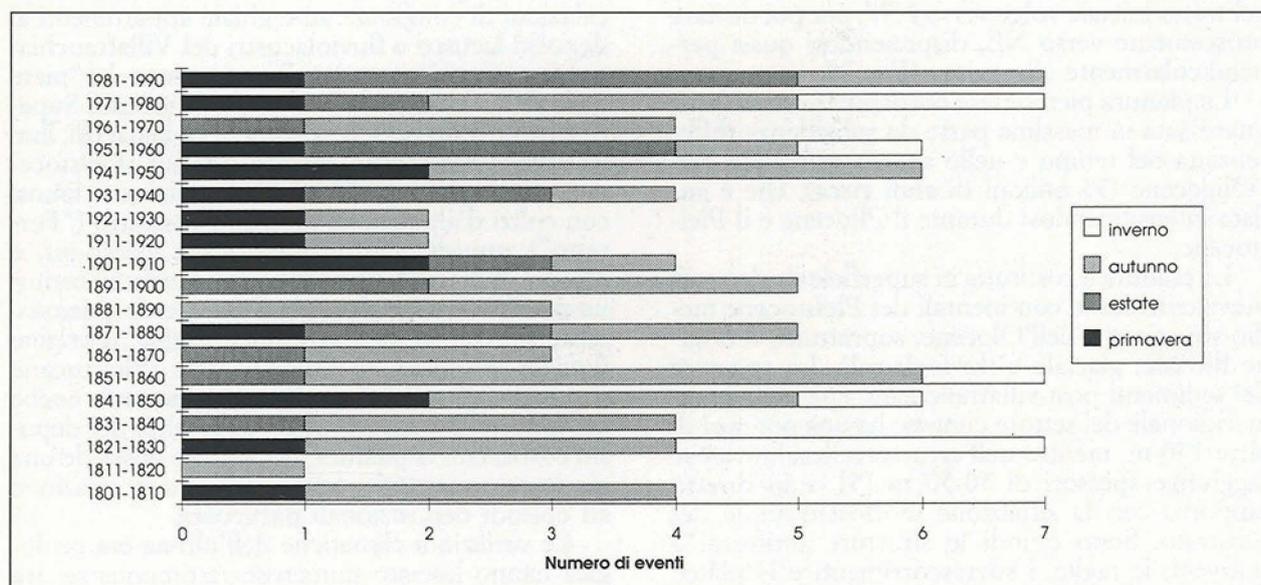


Fig. 4 - Frequenza dei principali eventi idrometeorologici che hanno colpito il Piemonte, raggruppati in decenni e ripartiti per stagione (periodo 1801-1990). In tale lasso di tempo gli eventi che hanno provocato dissesti sono stati 87 e ciò significa, da un punto di vista statistico, che la regione è stata colpita, seppure in differenti aree del suo territorio, mediamente una volta ogni 26 mesi.

geometrie o interni quali le tensioni in ammassi rocciosi per varie cause indotte (non ultima una residua ma accertata attività legata all'orogenesi alpina).

La disamina dei processi che sono attivi o si sono attivati a carico dei 41 centri abitati e ne hanno provocato la classificazione in "abitati da consolidare o trasferire" non può prescindere, per una più corretta collocazione e comprensione, da un discorso più generale che tracci un panorama dei processi di instabilità presenti sull'intero territorio piemontese (Fig. 5).

I processi morfodinamici presenti sul territorio regionale possono essere riuniti in tre gruppi:

- a) processi sui versanti (frane di vario tipo);
- b) processi lungo i corsi d'acqua d'ordine inferiore (erosioni, trasporto solido);
- c) processi lungo i corsi d'acqua nei fondovalle principali e in pianura (erosioni di fondo e di sponda, tracimazioni, allagamenti).

Nei primi due è racchiusa tutta la casistica di fenomeni che si attivano in ambiente alpino o collinare avendo come agente dinamico principalmente la gravità (gruppo a) o le acque correnti superficiali incanalate (gruppo b); nell'ultimo (gruppo c) si ritrovano tutti i processi legati all'attività di un fiume di fondovalle o di pianura sia essa l'attività ordinaria sia quella che si esplica durante le piene straordinarie.

### 2.3. Processi d'instabilità dei versanti: evoluzione e cinematismo

Recenti studi compiuti sul territorio regionale hanno disegnato una realtà completamente diversa per quanto attiene i movimenti gravitativi di versante, rispetto a quelle che erano le conoscenze sul finire degli anni '70.

Vasti settori dell'area alpina, che sui vecchi fogli geologici erano interpretati come depositi detritici, si sono rivelati in realtà come zone che, in epoca postglaciale, erano state coinvolte in grandi movimenti franosi. Lo studio fotointerpretativo condotto a tappeto sul territorio regionale ha permesso inoltre di riconoscere come legata alle fenomenologie delle frane tutta una serie di particolarità morfologiche fino ad allora non evidenziate.

La distinzione tipologica dei numerosi processi individuati e la divisione in raggruppamenti con caratteristiche comuni (dimensioni, geometria, localizzazione) hanno consentito interessanti correlazioni tra ambiente geomorfologico, caratteristiche litologico-strutturali dell'area e tipologie dei fenomeni. Si può in sintesi parlare di una zonizzazione delle fenomenologie in quanto si possono individuare settori di territorio caratterizzati dalla presenza di specifiche tipologie di frana [8] (Fig. 6-7).

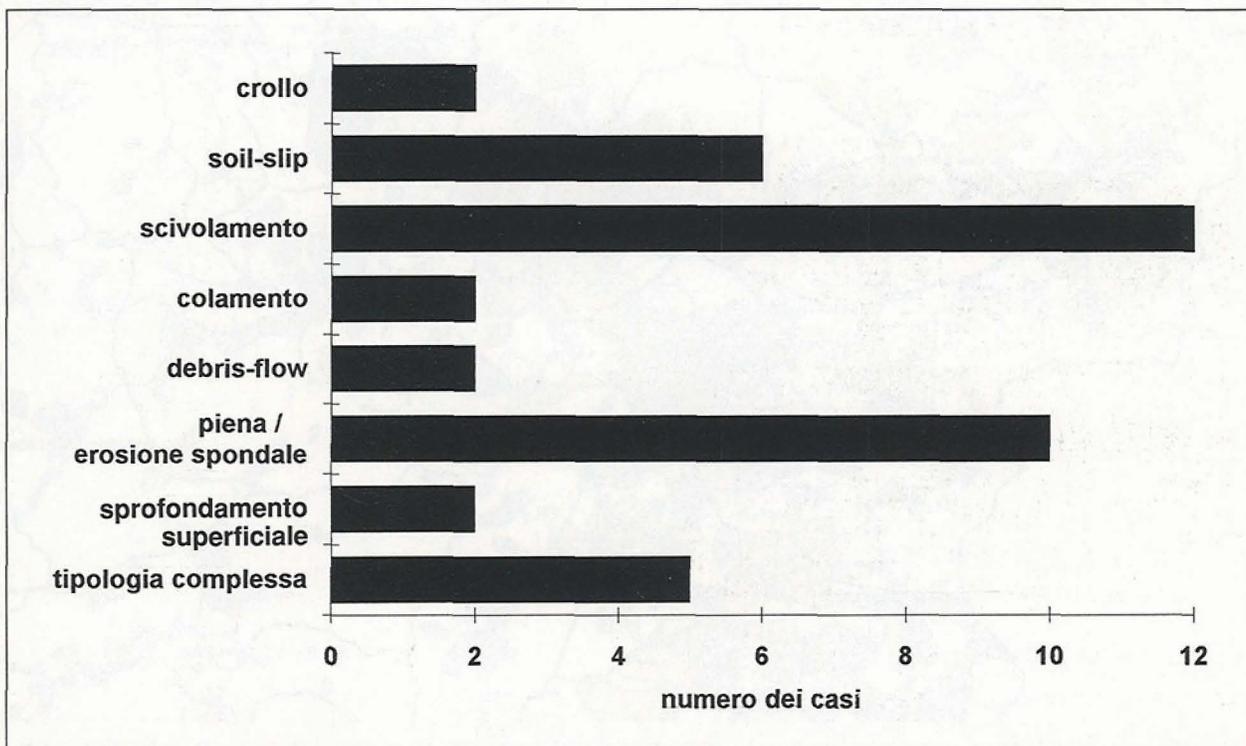


Fig. 5 - Centri abitati piemontesi con decreto di consolidamento o trasferimento ai sensi della Legge n. 445 del 9 luglio 1908 e seguenti. Suddivisione per tipologia dei fenomeni che hanno determinato i processi d'instabilità.

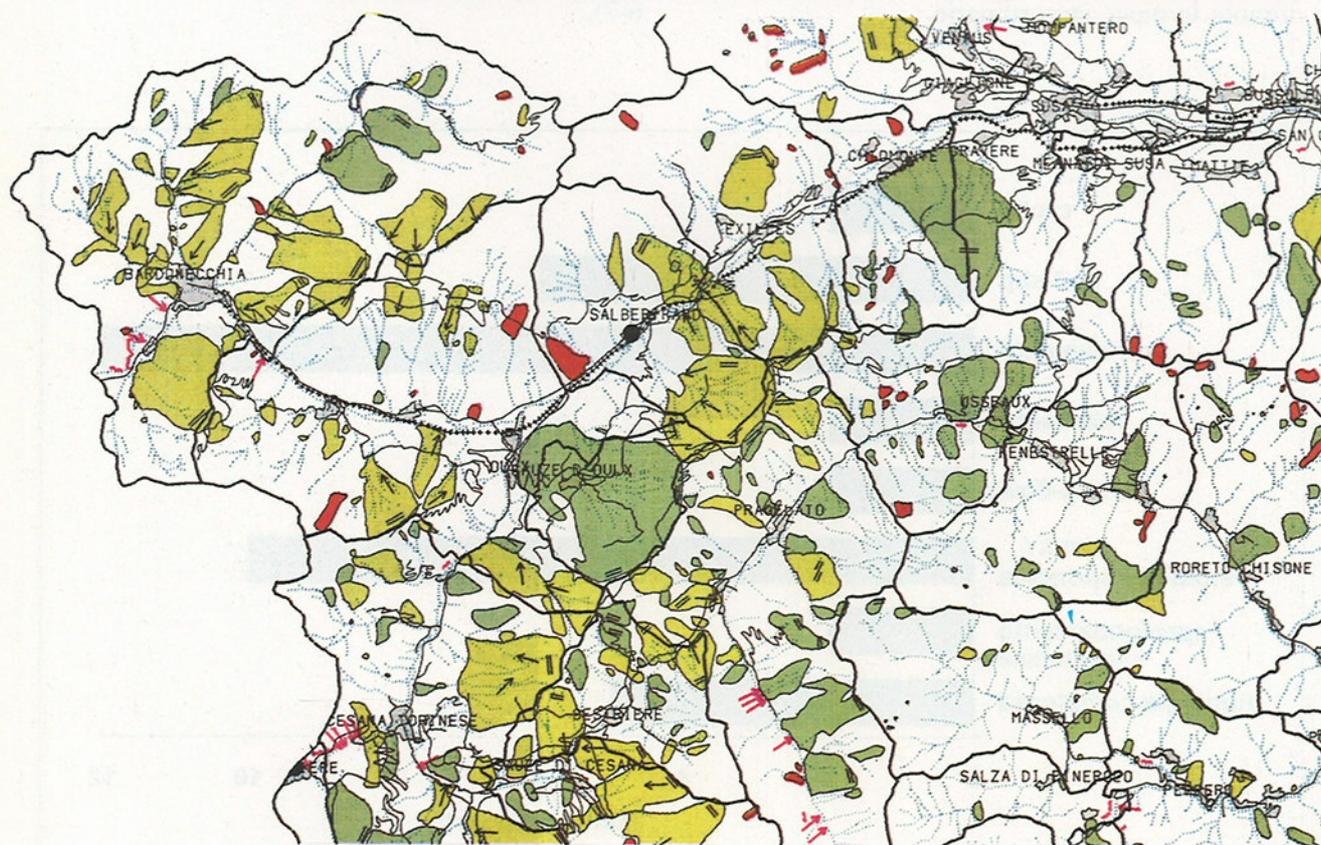
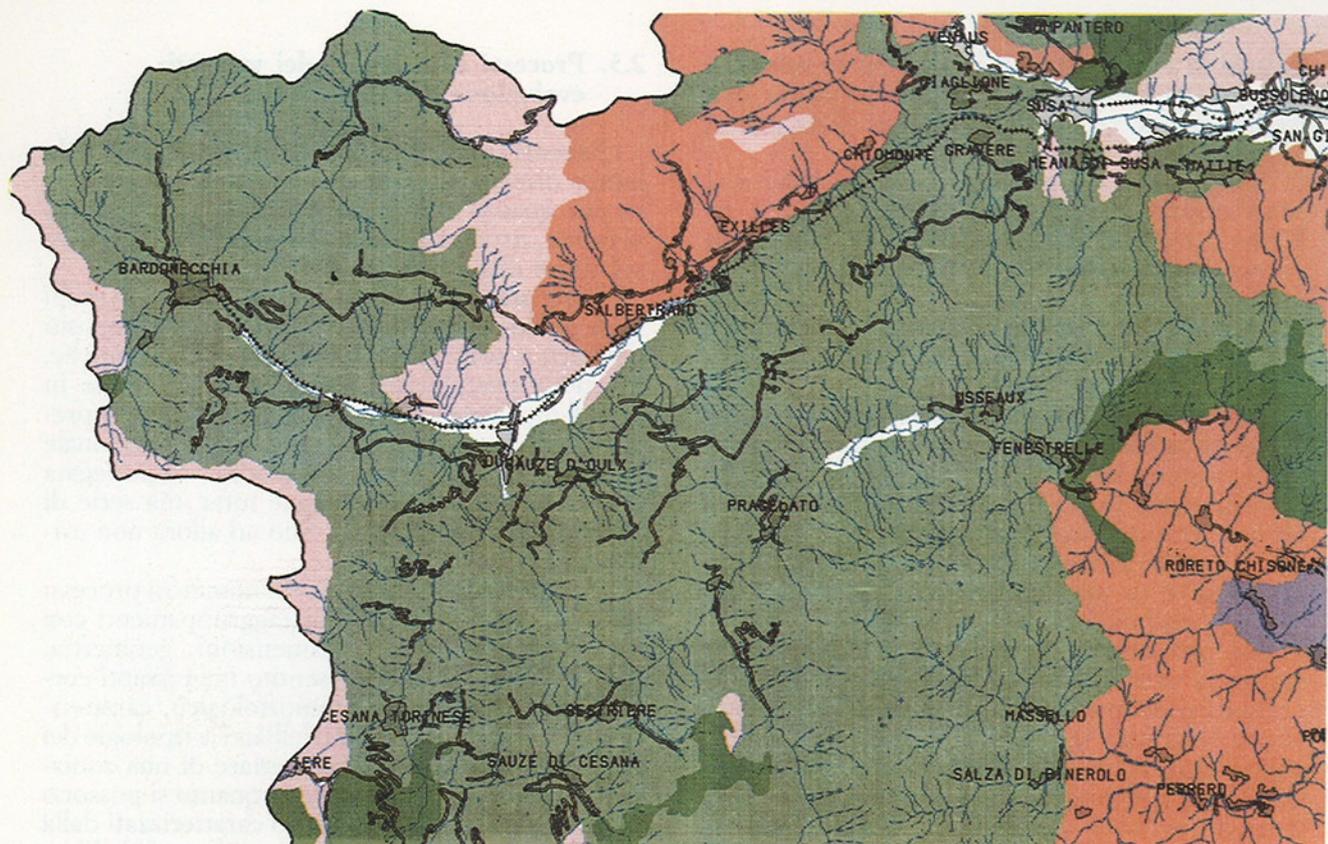


Fig. 6 - Estratti di restituzione cartografica dagli archivi "Litologia" e "Frane", scala 1:250.000, della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte [8]: ambito geografico "Alpi". Movimenti prevalenti: deformazioni gravitative profonde e scorrimenti rotazionali passanti a colata.

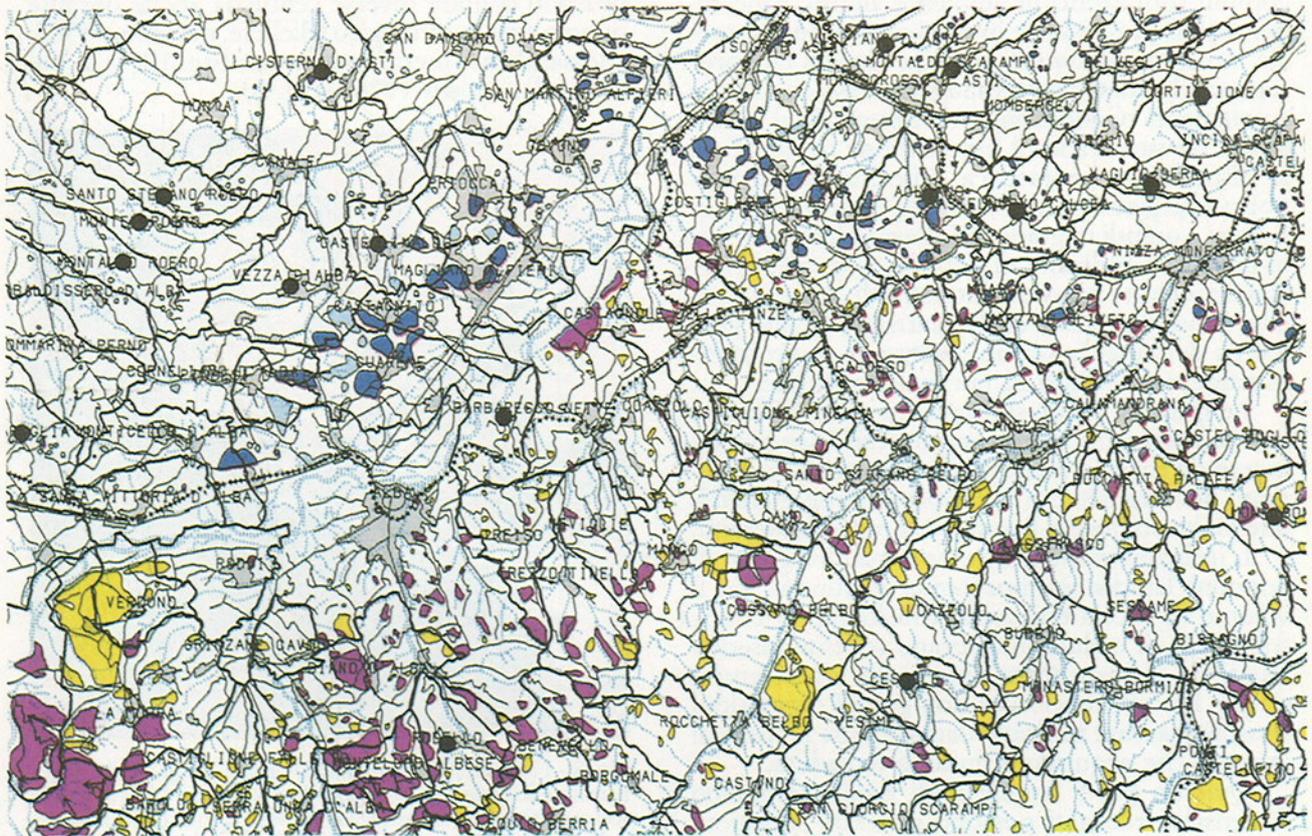
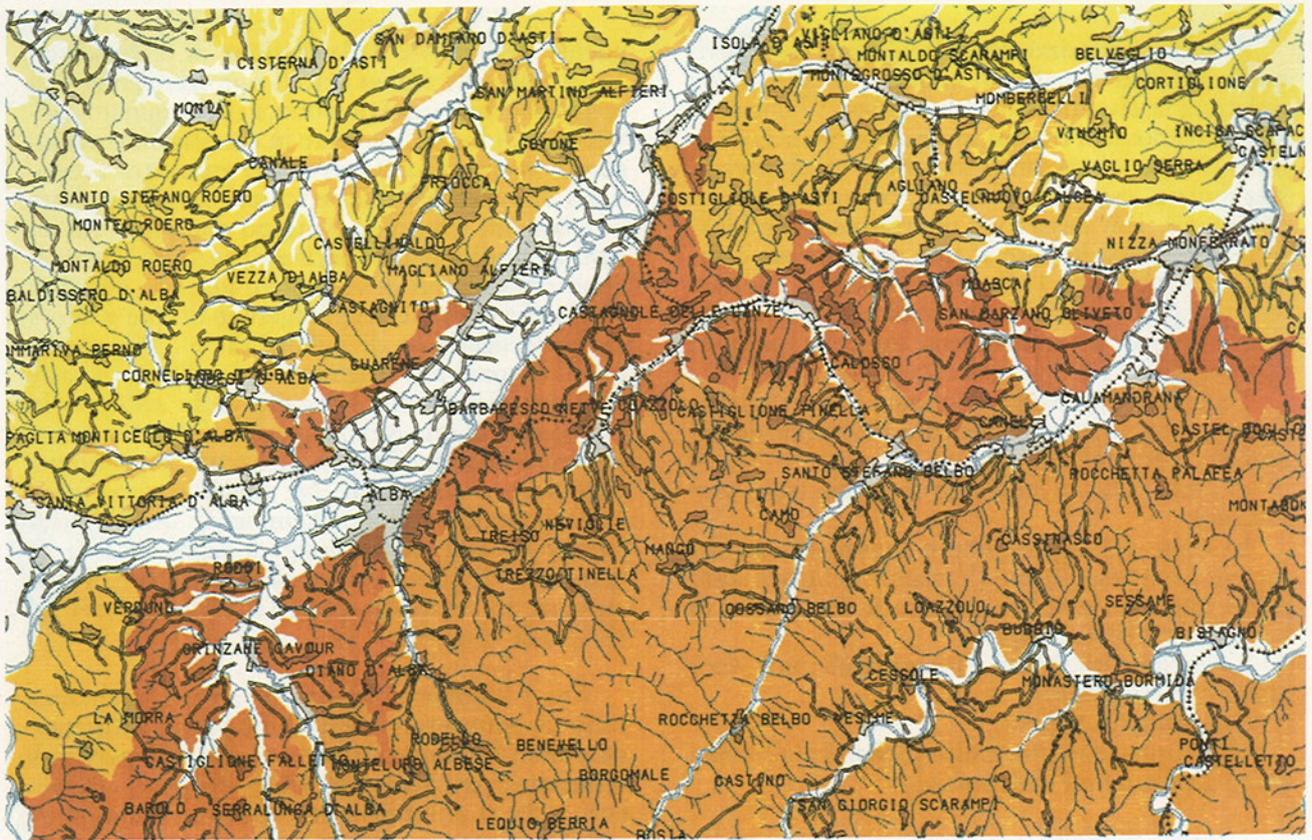


Fig. 7- Estratti di restituzione cartografica dagli archivi "Litologia" e "Frane", scala 1:250.000, della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte [8]; ambito geografico "Astigiano" e "Langhe". Movimenti prevalenti: scorrimenti rotazionali (a Nord) e scorrimenti planari (a Sud).

Per la caratterizzazione tipologica dei movimenti gravitativi analizzati in questo studio è stata utilizzata la classificazione di Varnes [9] che suddivide i fenomeni franosi in sei classi principali in base al tipo di movimento: crolli, ribaltamenti, scorrimenti, espansioni laterali, colamenti e frane complesse. Tali classi sono ulteriormente suddivise in sottoclassi in base al tipo di materiale coinvolto (cfr. Allegato 1). La classificazione adottata fornisce inoltre specifiche indicazioni sulle velocità dei movimenti, da estremamente rapidi ( $> 3$  m/s) ad estremamente lenti ( $< 1$  mm/anno).

Le cinque tipologie considerate in questo lavoro vengono di seguito elencate in ordine decrescente di pericolosità:

a) crolli (*falls*) e valanghe di roccia (*rock avalanches*);

b) frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali (Varnes le definisce *earth flows*, anche se pare più corretta la definizione di Campbell [10] *soil slips*);

c) scorrimenti traslativi o rotazionali (*rock block slides* o *rock slumps*);

d) colamenti (*flows*);

e) deformazioni gravitative profonde (*deep reaching gravitational deformations*).

Le **frane di crollo**, movimenti gravitativi molto comuni soprattutto in ambiente alpino, sono fenomeni improvvisi che interessano volumi di roccia in caduta libera con massi e blocchi che proseguono la corsa verso valle attraverso rimbalzi e rotolamenti. Condizioni predisponenti al crollo sono l'elevato grado di fratturazione della roccia, la disposizione geometrica delle fratture in rapporto alla giacitura del versante, sovente intersecantesi e quindi in grado di isolare volumi rocciosi in precarie condizioni di stabilità. Fenomeni crioclastici, elevate pressioni interstiziali, scosse sismiche e modificazioni, anche antropiche, alla geometria dei luoghi giocano sovente un ruolo determinante nel collasso di tali masse rocciose.

Le frane di crollo si originano principalmente in ripidi versanti montuosi costituiti prevalentemente da rocce cristalline o sedimentarie competenti; più raramente si sviluppano in rocce cristalline molto scistose e alterate, e in rocce incoerenti.

L'individuazione delle aree soggette a crollo di porzioni lapidee è importante qualunque sia il volume di roccia coinvolta, considerando che le traiettorie di caduta intersecano sovente insediamenti ed infrastrutture umane. In effetti anche singoli blocchi rocciosi di non grandi dimensioni possono causare notevole danno stante la forza di impatto che acquistano durante la caduta.

Quando poi i fenomeni di crollo assumono dimensioni rilevanti possono generare situazioni molto gravi come la storica frana che, nel 1391, provocò il temporaneo sbarramento del T. Varaita di Chianale, presso Casteldelfino, e la conse-

guente distruzione della frazione di S. Eusebio.

In ambiente alpino i crolli e gli scivolamenti di maggiori dimensioni possono, in determinato contesto morfologico, evolvere in catastrofiche valanghe di roccia. Queste risultano essere tra i fenomeni di instabilità più pericolosi in quanto, oltre ad avere un tempo di sviluppo compreso fra alcuni secondi e poche decine di secondi, coinvolgono ampi settori di versante e ingenti volumi di roccia che possono raggiungere le decine e talora anche le centinaia di milioni di  $m^3$ . Più spesso questi fenomeni si originano dal collasso di vaste porzioni di versante a seguito dello sviluppo in profondità di una o più superfici di rottura generalmente riconducibili a preesistenti discontinuità tettoniche e strutturali. Ne possono conseguire radicali modificazioni dell'ambiente, quali sbarramento di valli, formazione di laghi, risalita di materiale di frana sul versante opposto, come avvenne ad Antronapiana (Val d'Ossola) nel luglio 1642 (Fig. 8).

Fra i fenomeni franosi ad azione istantanea sono da annoverare anche le **frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali** (coperture detritiche eluviali, depositi glaciali, ecc...) che si sviluppano in concomitanza a precipitazioni intense. In un'area non estesa, se ne possono contare diverse centinaia anche durante un solo evento idrologico (Biellesse, novembre 1968; Alessandrino meridionale, ottobre 1977 e Val d'Ossola, agosto 1978) (Fig. 9).

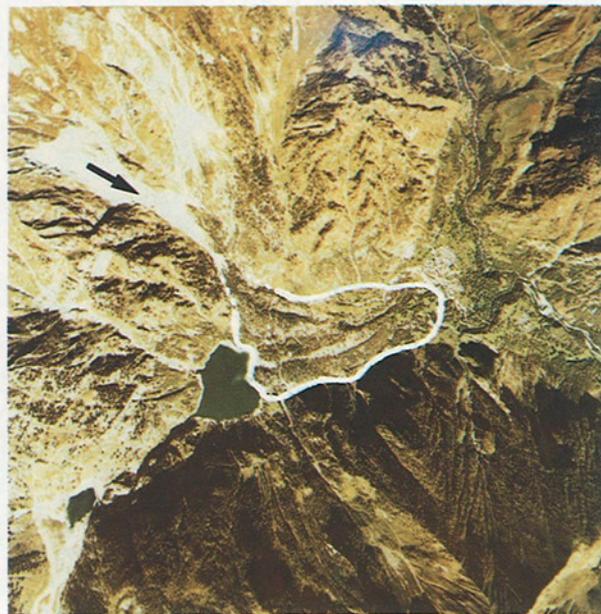


Fig. 8 - Frana di Antronapiana. Una valanga di roccia, originatasi dalle falde del M. Pozzuoli, il 27 luglio 1642 invase la sottostante vallata e sbarrò il corso del T. Troncone, a monte dell'abitato di Antronapiana (NO), formando un lago tuttora esistente. La frana coinvolse un volume di circa 12 milioni di  $m^3$ , distruggendo 37 abitazioni e provocando 95 vittime [11] (Conc. S.M.A. N. 41 del 17 gennaio 1994).



Fig. 9 - Frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali della copertura innescaresi nell'Alessandrino meridionale durante l'eccezionale evento idrometeorologico dell'ottobre 1977.

Questa tipologia di frana si sviluppa con maggior frequenza in ambiente prealpino e in zone collinari su versanti con pendenze comprese fra  $30^\circ$  e  $45^\circ$  in zone a pascolo o prato. Coinvolge per lo più limitate porzioni di terreni incoerenti della copertura superficiale che le acque di infiltrazione hanno portato alla saturazione. Il dissesto si manifesta inizialmente come uno scivolamento di suolo che si evolve quasi subito in un colamento molto rapido, sovente incanalato nelle ripide incisioni torrentizie d'ordine inferiore. Questa possibilità, collegata al fatto che l'attivazione del fenomeno si verifica durante periodi di piogge intense, crea le condizioni perché una frana si trasformi in un processo di trasporto solido, rientrando così nelle fenomenologie d'instabilità che si sviluppano a carico della rete idrografica minore.

La velocità della massa franata, che dipende essenzialmente dal volume idrico immagazzinato e dalle resistenze d'attrito che si oppongono al movimento, può raggiungere valori compresi fra 2 e 9 m/s [12], acquistando così una notevole forza d'urto. La particolare pericolosità di questi fenomeni è da mettere in relazione con la loro rapidità di sviluppo e con la difficoltà di prevederne l'ubicazione, ma anche con l'elevata densità di distribuzione delle singole frane le cui traiettorie di discesa sul versante hanno così una notevole probabilità d'intercettare aree antropizzate.

Gli **scorrimenti rotazionali e traslativi**, che coinvolgono spesso il substrato dislocando masse tal-

volta di notevole volume lungo superfici di movimento abbastanza ben definite, sono la categoria di frane più rappresentata sul territorio regionale. Essi, pur non possedendo un elevato grado di pericolosità, essendo caratterizzati da movimenti generalmente lenti, sono tuttavia da prendere in seria considerazione per la loro grande diffusione areale e per gli ingenti danni producibili ad insediamenti ed infrastrutture.

In ambiente alpino, dove l'energia del rilievo è elevata e le serie cristalline sono caratterizzate da maggiore scistosità e fratturazione, si sono riconosciuti numerosi fenomeni franosi di questo tipo. Si tratta di movimenti generalmente caratterizzati da tipologie complesse che associano scorrimenti traslativi planari e rotazionali a seconda delle preesistenti condizioni strutturali dell'ammasso roccioso che ne controllano i cinematismi.

Nelle parti superiori del fenomeno s'individuano talvolta giunti di trazione e cedimenti delimitati nella zona di coronamento; scarpate secondarie e contropendenze per processi di basculamento si riscontrano invece a carico della parte alta della massa in movimento. Di solito parte dell'accumulo di frana tende a sopravanzare il margine inferiore della superficie di scivolamento.

Gli **scorrimenti rotazionali**, per i notevoli dislivelli in gioco, le grandi masse dislocate e, frequentemente, la fratturazione spinta o la scarsa competenza della roccia coinvolta, possono evolvere in un colamento di materiali disaggregati che possono raggiungere il piede del versante.

I fenomeni più rappresentativi si sviluppano sui versanti impostati in rocce altamente scistose o profondamente tettonizzate (metamorfite del Complesso dei calcescisti con pietre verdi, quarziti sericitiche e sottostanti porfiroidi del ricoprimento del Gran S. Bernardo, ecc.). Significativi esempi si riscontrano nelle Valli Maira (frane del Rio Mollasco e Saretto), Varaita (frane di Pleyne e di Villar), Chisone (frana di Usseaux) e Susa (frana di Serre la Voute e frana di Oulx, quest'ultima con un volume stimato dell'ordine di 500 milioni di  $m^3$ ).

In altre aree, in particolare nella zona collinare compresa tra il F. Po e il F. Tanaro, gli scorrimenti rotazionali coinvolgono le sequenze sedimentarie a comportamento più plastico. Come si può vedere nella carta di Fig. 7 queste frane si dispongono con un andamento anulare evidenziando così i termini marnoso-argillosi del Miocene sup.-Pliocene medio-inf. che affiorano al contorno della "conca" astigiana e delle alternanze argilloso-ghiaiose Villafranchiane che chiudono il ciclo deposizionale del Bacino Terziario Piemontese ad Ovest di Asti.

Le frane di **scorrimento traslativo** sono diffuse soprattutto nell'ambiente collinare delle Langhe, un'area vagamente poligonale di 1.500  $km^2$  circa, posta ad Est del F. Tanaro. I rilievi sono costituiti

da serie litologiche di età tardo miocenica in successioni ritmiche ripetute di sedimenti marnosi, siltosi ed arenaceo-sabbiosi, con giacitura monoclinale. Se le caratteristiche lito-strutturali sono fattori predisponenti a frane di questo tipo, non meno lo sono le condizioni morfologiche, caratterizzate da interfluvii asimmetrici, con pendenze deboli sui lati a franapoggio e più accentuate sui pendii dove gli strati si dispongono a reggipoggio (Fig. 7).

Le specifiche ricerche [13] hanno permesso di rilevare tre fasi caratteristiche nell'evoluzione del dissesto. In quella iniziale si originano improvvise fessurazioni più o meno continue (localizzate soprattutto in prossimità della parte superiore del pendio) e rigonfiamenti del terreno associati, talora, alla presenza di emergenze idriche. La seconda fase, che dura a volte diversi anni, è caratterizzata da una falsa quiescenza, in quanto il movimento è sempre attivo, ma molto lento, tanto che l'unico indizio d'instabilità crescente è alle volte fornito dalla comparsa di piccole fenditure nel terreno e di lesioni nei manufatti. La terza fase, parossistica e difficilmente prevedibile, se non a breve termine, è caratterizzata dall'improvviso collasso: si manifesta con lo scivolamento di ingenti quantità di materiale, con spessori che arrivano oltre i 20 m e con velocità variabili da 50 cm fino a qualche centinaio di metri all'ora. Presso Somanò, una vasta frana di scorrimento traslativo si manifestò in due riprese (marzo 1972 e febbraio 1974) coinvolgendo un'area di poco meno di 1 km<sup>2</sup> e un volume valutabile in circa 10 milioni di m<sup>3</sup> (Fig. 10).

Recenti osservazioni, tese ad approfondire le conoscenze di questa tipologia e svolte nell'ambito del Progetto Acquisizione, Elaborazione e Gestione dati geologico-tecnici del Servizio Geologico Regionale, fanno ritenere che interi settori di versante (per aree superiori a 4-5 km<sup>2</sup> e per spessori di oltre 30 m), possano essersi mossi, forse anche in unico episodio, modificando radicalmente la morfologia dei luoghi.

Frane caratterizzate da movimenti lenti sono quelle che avvengono per **colamento** di materiali fini ad alto indice di plasticità, con movimenti di progressiva deformazione e rottura a differenti livelli di profondità. Le iniziali, deboli ondulazioni che si manifestano nella zona in frana successivamente evolvono in rigonfiamenti posti trasversalmente alla direzione di massima pendenza.

Il corpo di frana si presenta generalmente stretto ed allungato con valori di lunghezza pari a 3-20 volte la larghezza [8].

Il movimento di tali fenomeni risulta piuttosto complesso e si attua per processi di deformazione viscosa della massa coinvolta non escludendo però, nella fase iniziale, scorrimenti traslativi.

Questi ultimi, generalmente di piccole dimen-

sioni, si collocano nelle parti superiori del bacino in frana con funzione di alimentazione del colamento che occupa generalmente incisioni o depressioni del versante.

Queste frane che si muovono con estrema lentezza, una volta innescate possono rimanere attive per lunghi periodi, talora per diversi anni. Questa tipologia di frana è particolarmente diffusa nell'estremo settore sud-orientale del territorio regionale e in alcuni settori delle colline casalesi, nell'area di affioramento del Complesso flyschoidale indifferenziato, nei quali litotipi è prevalente la presenza di termini argillosi.

La morfologia poco aspra della zona, la presenza di numerosi impluvi, anche se debolmente incisi, le condizioni climatiche locali, predispongono l'area ad una diffusa presenza di colamenti.

In ambiente alpino, dove l'energia del rilievo è elevata, con presenza di dorsali e cime oltre i 3.000 m, si sviluppano sovente fenomeni gravitativi molto lenti che interessano interi versanti per grandi estensioni (più km<sup>2</sup>) e profondità (fino a qualche centinaio di m) noti come **deformazioni gravitative profonde**. Si tratta di tipologie particolari, generalmente complesse, sovente in stretta relazione con alcuni dei tipi di frana descritti in precedenza e ampiamente rappresentate sul territorio regionale.

Per le loro peculiari caratteristiche cinematiche, si sviluppano in modo esteso nei litotipi ricchi di superfici di discontinuità strutturali (scistosità e fratturazione) come ad esempio nella formazione dei calcescisti dove arrivano ad interessare

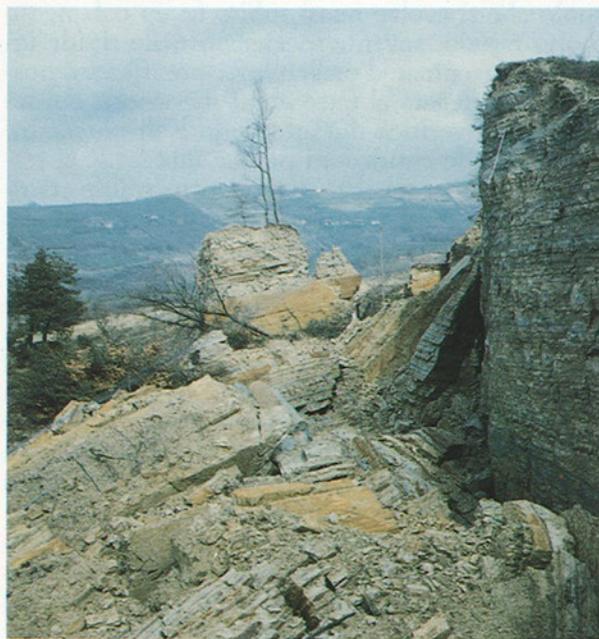


Fig. 10 - Particolare di uno scorrimento traslativo lungo superficie di strato in una formazione marnoso-sabbioso-arenacea, avvenuto presso Somanò (CN).

fino al 10% della superficie occupata da questi litotipi.

Un dato interessante riguarda la relazione fra deformazioni gravitative e frane di altra tipologia: molte delle grandi e complesse frane delle Alpi, numerosi crolli e valanghe di roccia, si sono originate nei settori medio-inferiori dei versanti interessati da fenomeni di deformazione gravitativa. Evidentemente ad un certo punto, nella storia evolutiva di questo fenomeno si determina un superamento del movimento per deformazione e si instaura, generalmente in settori più localizzati, un processo di progressiva rottura che porta al collasso della massa rocciosa [14] (Fig. 11).

Alcuni dei centri abitati qui studiati (Rosone, Bertodasco, Baio Dora) sono stati coinvolti in processi franosi di vario tipo che si sono appunto generati da zone di deformazione gravitativa profonda preesistenti e tuttora attive.

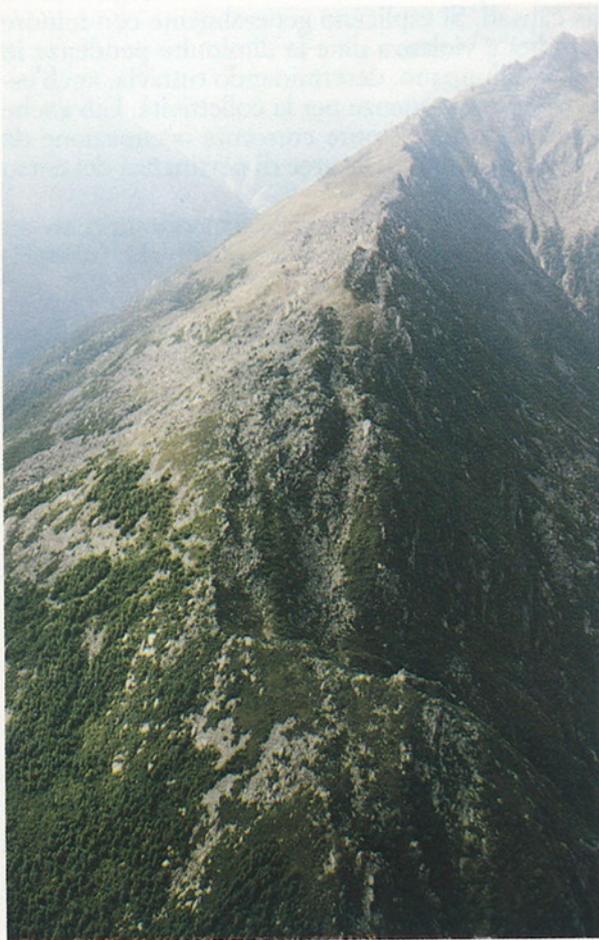


Fig. 11 - Deformazione gravitativa profonda di Rosone, Valle Orco. Particolare della parte superiore del versante nel tratto interessato da sdoppiamento ripetuto del settore di cresta.

## 2.4. Processi lungo i corsi d'acqua

Nel trattare la vasta gamma dei processi idrodinamici che si manifestano lungo la rete idrografica in tempo di piena, è importante distinguere fenomenologie caratterizzate da violenta attività torrentizia che si esplicano nei bacini montani con forti processi erosionali e deposizionali, da quelle che contraddistinguono i corsi d'acqua di pianura e di fondovalle i cui processi principali di inondazione e allagamento, pur investendo maggiori estensioni di territorio, determinano effetti generalmente meno gravi e consentono maggiori opportunità previsionali e di difesa.

La rete idrografica secondaria che solca i rilievi collinari e montuosi è caratterizzata, come accennato in precedenza, in regime di forti precipitazioni piovose, dallo sviluppo di **fenomeni di violenta attività torrentizia**, noti come colate detritiche o lave torrentizie (*debris flow*).

I fattori che determinano l'insorgenza di questi fenomeni sono essenzialmente:

- il regime delle precipitazioni, sovente caratterizzato, a quote elevate, da forti intensità e concentrazione;
- le ridotte dimensioni del bacino di alimentazione che comportano una risposta immediata agli apporti meteorici;
- le condizioni di forte pendenza dei tributari e dei collettori principali con conseguenti brevi tempi di corrivazione;
- la predisposizione dei versanti a fornire ingenti quantità di materiale solido.

L'attività torrentizia si caratterizza soprattutto per l'elevatissima capacità di trasporto solido alimentata essenzialmente dall'instaurarsi da fenomeni franosi nel bacino. La massa d'acqua in movimento prende in carico i materiali franati in alveo, aumentando ulteriormente il volume e la capacità erosiva durante la discesa sia per il sostanziale apporto di alberi sradicati, sia e soprattutto per i materiali alluvionali presenti in alveo che vengono facilmente rimobilizzati, fino talvolta al totale svuotamento dell'asta torrentizia. La miscela solido-liquida può raggiungere densità elevatissime (fino a 2 ton/m<sup>3</sup>) [15], ed altezze notevoli, soprattutto nella parte frontale, anche di molto superiori a quelle ipotizzabili in base alle procedure di calcolo per le massime piene caratterizzate da soli deflussi liquidi. Il fenomeno, che può manifestarsi con più pulsazioni, generalmente si esaurisce nell'arco di qualche decina di minuti, lasciando tuttavia profonde trasformazioni nell'ambiente circostante a causa delle grandi capacità erosive e deposizionali.

Come accennato in precedenza i problemi maggiori si manifestano sui coni di deiezione (Fig. 12), sia perché questi apparati rappresentano l'area naturale sulla quale vengono violentemente scaricati e deposti i materiali alluvionali trasportati

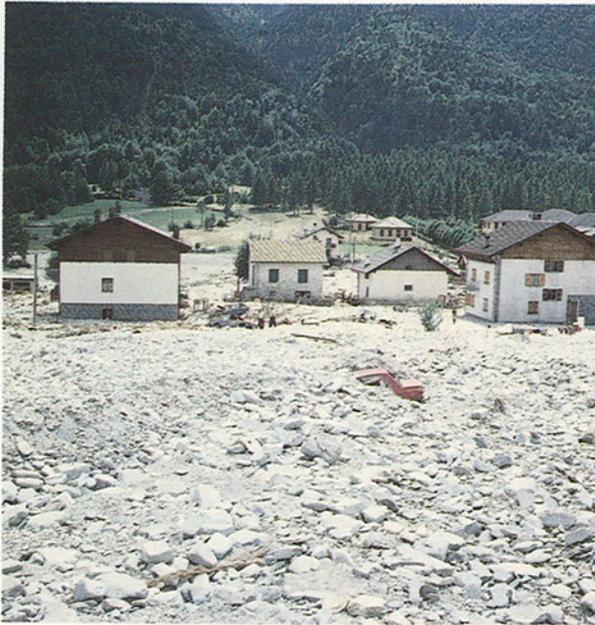


Fig. 12 - Processo torrentizio di trasporto in massa durante l'evento che colpì la Val d'Ossola nell'agosto 1978. Si noti l'ampia distribuzione dei materiali alluvionali, trasportati dal T. Cui (bacino di 1 km<sup>2</sup>) sul conoide di Druogno, a monte della zona di più recente espansione urbanistica. I materiali solidi (90.000 m<sup>3</sup> trasportati in conoide in 35' circa) danneggiarono complessivamente 13 abitazioni.

durante la piena, sia perché essi offrono da sempre favorevoli condizioni morfologiche allo sviluppo di insediamenti con un conseguente forte impatto modificatorio sull'andamento e dimensionamento dell'alveo per ragioni logistiche e di difesa.

Problemi molto gravi si manifestano anche lungo l'asta torrentizia che si sviluppa in fondovalle generalmente stretti, soprattutto là dove viabilità e centri abitati sono localizzati, per motivi di spazio, in condizioni di competizione con l'alveo del torrente.

Questi fenomeni sono molto frequenti nell'arco alpino e caratterizzati da tempi di sviluppo molto rapidi, direttamente proporzionali all'intensità e concentrazione delle precipitazioni. Possono innescarsi in numerosi bacini contigui durante gravi eventi alluvionali (Ossola, agosto 1978), oppure localizzarsi in singoli piccoli bacini durante precipitazioni brevi ed intense tipiche di temporali estivi (Quassolo, giugno 1942, cfr. scheda n. 34).

Se da una parte frane e violenta attività torrentizia sono sovente responsabili di gravi disastri contraddistinti talora anche da un elevato numero di vittime, non si devono dall'altra dimenticare gli effetti prodotti dalle **piene lungo la rete idrografica principale**. Va infatti tenuto presente che in Piemonte piene eccezionali in diverse occasioni (1926, 1948, 1951, 1957, 1968, 1977, 1978, 1992

e 1993 solo per elencare alcune tra le più importanti del nostro secolo) distrussero argini e ponti (Fig. 13), allagarono campagne e paesi ed arrecarono danni economici gravissimi.

I maggiori corsi d'acqua che solcano l'alta pianura padana ed i principali fondivalle alpini afferenti manifestano la loro attività in due ambienti fisiografici distinti: il letto del corso d'acqua e la piana alluvionale ad esso pertinente.

Nel primo ambiente, tipologicamente definibile in base al modello planimetrico del canale di deflusso, si esplicano i processi idrodinamici più importanti, sia in regime normale sia di piena.

Il secondo ambiente, morfologicamente contraddistinto da forme fluviali relitte disposte a guisa di fascia più o meno ampia lungo l'asta fluviale, è generalmente sede di fenomeni di esondazione ed allagamento durante le piene più importanti. In quest'area i processi idrodinamici di deflusso delle acque sono sovente condizionati oltre che dalla topografia delle forme fluviali relitte, anche dai numerosi interventi antropici ivi realizzati.

Questi processi sono meno pericolosi di quelli torrentizi in quanto si manifestano con un certo ritardo a partire dall'evento meteorologico che li ha causati. Si esplicano generalmente con minore rapidità e violenza date le diminuite pendenze in cui si sviluppano, determinando tuttavia, anch'essi, gravi conseguenze per la collettività. Ciò anche in virtù di una sempre crescente occupazione da parte dell'uomo delle aree di pertinenza del corso d'acqua.

L'evento di piena fluviale si manifesta come un deflusso di molto superiore a quello che "normalmente" scorre nell'alveo.

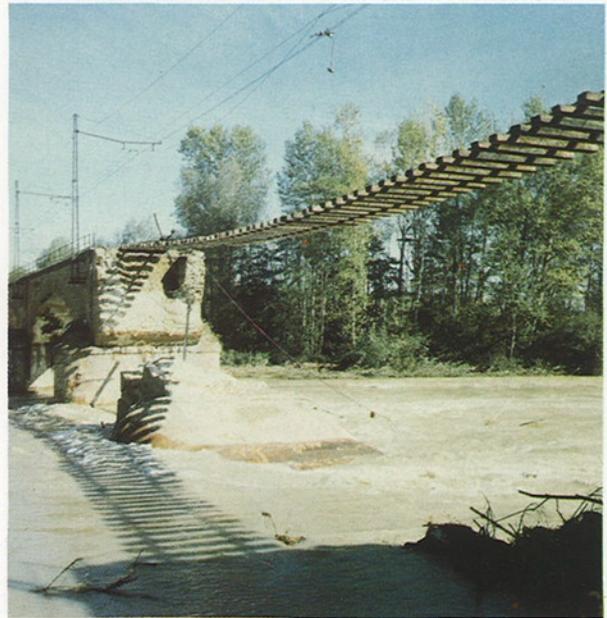


Fig. 13 - Crollo di un ponte, lungo la linea ferroviaria Bra-Ceva, presso Cherasco (CN) sul T. Stura di Demonte durante l'evento di piena dell'ottobre 1979.

Durante la fase parossistica gli effetti della piena sono rilevanti: la geometria dell'alveo subisce profonde modificazioni secondo un determinato modello evolutivo in base al quale è anche possibile prevedere il comportamento del corso d'acqua nel tempo. I processi erosivi e deposizionali che si instaurano a carico dei depositi alluvionali dell'alveo, apportando consistenti variazioni piano-altimetriche al suo profilo longitudinale e trasversale, possono determinare gravi ripercussioni sulle fondazioni delle opere di attraversamento, di derivazione e di difesa fluviale pregiudicandone la stabilità.

Quando la portata del corso d'acqua raggiunge valori superiori a quelli che l'alveo di massima piena o alveo contenuto entro le rive incise è in grado di contenere, avviene la tracimazione e l'esondazione per cui l'acqua si espande su ampi settori delle zone circostanti.

La massa fluida trasporta con sé una parte del materiale mobilizzato all'interno dell'alveo: la quantità di tale materiale e la granulometria dipendono dall'energia della corrente. Diminuendo di velocità lungo il percorso, inizia la deposizione progressiva della frazione solida e si genera così il fenomeno dell'"alluvionamento".

Molto più ampia è invece l'area che può essere occupata dall'acqua con allagamenti che si estendono, talora, per diversi km<sup>2</sup>.

Come accennato in precedenza l'espansione e il deflusso delle acque nella piana alluvionale sono condizionate oltre che da fattori naturali (alvei abbandonati, scarpate erosionali relitte, ecc...), anche dalle interazioni che si manifestano con gli interventi eseguiti dall'uomo, sia che si tratti di opere di difesa quali arginature di vario tipo, sia di interventi di altra natura quali rilevati stradali e ferroviari, opere di derivazione, occupazioni urbanistiche industriali e residenziali, attività agricole e di forestazione, ecc...), potendo tutti questi determinare ora fenomeni di riduzione della piena, ora fenomeni di forte amplificazione della stessa.

Una parte della rete idrografica piemontese affluente del F. Po a pertinenza alpina ha manifestato, nella sua storia evolutiva recente, per tratti più o meno estesi a partire dallo sbocco in pianura, l'instaurarsi di sensibili processi di modificazione tipologica dell'alveo [16]. Questo fenomeno, consistente nel passaggio da un alveotipo a modellamento pluricursale, ossia caratterizzato da sezioni larghe e piatte con più ramificazioni dell'alveo, a forme a modellamento monocursale in cui le sezioni di deflusso si restringono e approfondiscono fino a formare un canale unico, si è manifestato in modo sensibile a partire dagli anni '50. Ciò come conseguenza dello sviluppo di consistenti attività antropiche di controllo e difesa delle aree golenali e di estrazione di inerti dagli alvei attivi [17] [18], che hanno indotto fenomeni

di accelerazione di un processo naturale già in atto per ragioni legate a variazioni naturali nel regime delle portate.

L'insieme di queste modificazioni, conosciuto come metamorfosi fluviale, ha comportato sostanzialmente vistosi fenomeni di abbassamento degli alvei per erosione del fondo e di riduzione delle sezioni trasversali con tassi del 50% (questa riduzione è stata osservata per almeno 6 corsi su 15 misurati) [18]. Tale metamorfosi fluviale, in alcuni casi anche molto evoluta, ha portato necessariamente a forme di maggiore instabilità dell'alveo stesso [15].

Ne sono conseguiti aumenti considerevoli nelle velocità di deflusso delle piene e quindi maggiori capacità erosive con ripercussioni estremamente gravi sulla statica delle difese fluviali e delle opere di attraversamento.

Per quanto concerne le esondazioni, pur diminuendo nei tratti d'alveo interessati dai fenomeni descritti, si è constatato che, a parità di deflussi integrali, esse diventano invece più gravi e frequenti per esaltazione dei livelli idrometrici, là dove si determinano restringimenti delle sezioni di deflusso sia antropici (ponti e relative opere di difesa) che naturali.

## 2.5. Distribuzione spazio-temporale dei fenomeni d'instabilità

Gli studi sui processi di instabilità del Piemonte hanno messo in luce, per quanto concerne i fenomeni franosi, che molti di questi attualmente segnalati come attivi, rappresentano la riattivazione, in tutto o in parte, di fenomeni verificatisi in passato prevalentemente in epoca post glaciale, posteriormente alla configurazione degli attuali fondivalle.

Si può ritenere che un riconoscimento dettagliato dei fenomeni avvenuti in un intervallo di tempo sufficientemente ampio possa fornire un quadro abbastanza attendibile dell'instabilità potenziale di una regione.

Tale instabilità dipende ovviamente, come già accennato, dalla coesistenza di un insieme di parametri fra i quali emergono soprattutto le caratteristiche litologico-strutturali, come primario fattore predisponente. Fra le diverse unità strutturali, che costituiscono l'ossatura delle Alpi piemontesi e nelle quali compaiono un gran numero di rocce metamorfiche, i calcescisti mostrano una maggiore predisposizione al dissesto [19], arrivando sino a valori del 16% di area in frana rispetto all'area totale occupata (Val Maira, Alta Val di Susa, Val Varaita, ecc..).

Il complesso basico delle Pietre Verdi formato da serpentiniti e prasiniti (Valli di Lanzo, Valle Po) ha una percentuale di area in frana che sfiora il 6%, mentre gneiss e granitoidi (Argentera, Gran

Paradiso e Monte Rosa) risultano essere i più stabili (circa 2%). Non bisogna tuttavia dimenticare che proprio in quest'ultima formazione sono molto comuni i crolli che, pur non occupando grandi estensioni areali, sono tuttavia molto diffusi puntualmente e caratterizzati da un elevato grado di pericolosità.

Nei settori collinari costituiti in massima parte da sedimenti di età terziaria, il complesso flyschoid indifferenziato (diffuso in Val Borbera) è di gran lunga il più soggetto ai dissesti, raggiungendo il 25% di area in frana rispetto all'area totale occupata. Nelle Langhe la serie miocenica presenta invece un valore più contenuto (9%), mentre ancor più stabile risulta il Complesso conglomeratico dell'Alessandrino meridionale (circa il 3% di area in frana rispetto all'area totale occupata).

Maggiori difficoltà rispetto alla zonizzazione delle aree in frana si incontrano ogni qualvolta si debba valutare la ripetitività nel tempo dei fenomeni d'instabilità: è cioè molto più difficile prevedere il "quando" piuttosto che il "dove" si manifesterà un fenomeno gravitativo.

Sovente mancano infatti dati statistici raccolti con continuità, utili per determinare la ricorrenza dei processi: si rischia cioè, con gli insufficienti dati a disposizione, di fornire un quadro statico della situazione in esame.

Analizzando a posteriori numerosi processi d'instabilità già verificatisi si è d'altra parte constatata l'importanza dello studio sugli eventi del passato, che, più di ogni altra ricerca, è in grado di fornire utili parametri d'indagine sulla ricorrenza delle cause che possono essere considerate innescanti. Le ricerche effettuate elaborando i dati cinquantennali delle stazioni pluviometriche più significative, hanno messo spesso in evidenza, anche in termini quantitativi, lo stretto rapporto di causa ed effetto fra la distribuzione temporale delle frane e le caratteristiche pluviometriche degli eventi che hanno interessato i bacini piemontesi.

Ciò significa che quanto meno per alcune tipologie di frane (*soil slips* o scorrimenti lungo superfici di strato), attraverso sistematiche elaborazioni idrologiche, è possibile individuare valori critici di pioggia al di sopra dei quali si innescano processi d'instabilità. Il metodo diventa più incerto quando si prendono in considerazione grandi fenomeni franosi per i quali l'azione delle acque d'infiltrazione può produrre effetti ritardati non correlabili con precisione con le misure pluviometriche disponibili e per le quali i sistemi di monitoraggio e di controllo dei movimenti sono estremamente complessi e costosi.

Per quanto riguarda i processi lungo la rete idrografica esiste invece, ovviamente, una correlazione molto diretta fra quantità ed intensità di pioggia e fenomeni di piena fluviale e torrentizia. La rete di apparecchiature pluviografiche esistenti attualmente in Piemonte consente di fare atten-

dibili previsioni in merito alla traslazione delle onde di piena, soprattutto per quanto riguarda i corsi d'acqua principali.

I fenomeni che avvengono invece all'interno di bacini idrografici di ordine inferiore, ove gli eventi pluviometrici, specialmente estivi, possono avere uno sviluppo del tutto locale, risultano alquanto difficili da prevedere, fino a quando non si procederà ad un infittimento della rete idrometeorologica. È tuttavia possibile, anche in questo caso, dall'analisi degli eventi passati, ricavare un quadro abbastanza attendibile sulla frequenza con cui questi bacini si attivano.

### 3. LO STUDIO DEI CENTRI ABITATI INSTABILI NEL QUADRO DELLE CONOSCENZE

#### 3.1. Orientamenti programmatici del lavoro.

L'importanza e la complessità dei problemi connessi alla rilevante diffusione delle frane e dei processi fluvio-torrentizi nel territorio italiano è ben nota a quanti, sia pure in campi diversi, si occupano della materia.

I dati ufficiali che per l'intero paese sono stati saltuariamente resi noti, nell'ambito delle rispettive competenze, dal Ministero dei Lavori Pubblici, dall'A.N.A.S., dalle Ferrovie dello Stato e dal Ministero dell'Agricoltura e Foreste, forniscono un quadro di per sé piuttosto allarmante.

Tuttavia ogni qualvolta si attiva una ricerca specificatamente mirata ad una sistematica rilevazione di dati su aree più limitate del nostro territorio, ecco emergere uno scenario insospettabile più grave di quello generalmente riconosciuto.

La diffusa lacuna conoscitiva esistente in molte regioni italiane, in merito ad una precisa individuazione delle aree esposte a pericolo di frane ed esondazioni fluviali, non solo costituisce motivo d'incertezza nella scelta degli interventi di sistemazione e difesa da attuare con priorità ma risulta altresì condizionante negli studi di pianificazione territoriale dedicati ad espansioni urbanistiche ed a nuove proposte localizzative.

Al fine di colmare tale lacuna nel territorio di sua competenza la Regione Piemonte, tramite il Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, avviò nel 1978 un rapporto collaborativo con il C.N.R.-I.R.P.I. di Torino che si impegnava a promuovere e coordinare una serie di ricerche per la cartografia sistematica dei fenomeni d'instabilità nell'intero territorio regionale.

Tale esigenza era particolarmente sentita e sollecitata dall'Assessorato alla Pianificazione Territoriale, che poneva in evidenza come ogni atto pianificatorio non potesse prescindere da una preventiva analisi delle interazioni tra processi