

CAPITOLO 2

Pericolosità, rischio di frana e pianificazione di bacino in Italia

2.1 PREMESSA

Il presente capitolo intende introdurre i concetti fondamentali relativi alle frane, nonché alla pericolosità e al rischio ad esse correlati, così come i metodi utilizzati per la stima della suscettività al dissesto. Attraverso un'analisi della principale letteratura scientifica recente e dei rapporti delle Commissioni nazionali ed internazionali si tenterà di fissare una serie di definizioni utili per la comprensione dei successivi stadi del lavoro cercando di chiarire concetti come pericolosità, vulnerabilità e rischio sui quali permangono, nell'opinione pubblica ed in molti addetti ai lavori, dubbi e incertezze.

Sono inoltre riportati i risultati della ricerca svolta sull'attività pianificatoria delle principali Autorità di bacino italiane, con un raffronto tra le diverse metodologie adottate per la valutazione dei livelli di pericolosità e di rischio da frana nei Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico. Sono state analizzate anche le diverse norme associate ai Piani e le limitazioni d'uso dei territori classificati pericolosi e/o a rischio.

2.2 LE FRANE

In letteratura, una frana è definita come un "movimento di roccia, detrito e/o terra lungo un versante, sotto l'influenza della gravità" (Varnes, 1958; Cruden, 1991, Crozier, 1999). Si fa quindi riferimento al processo (*landslide process*) piuttosto che all'oggetto, questo al fine di non limitare l'utilizzo della definizione agli aspetti descrittivi, ma di ampliarlo a contesti applicativi ed interpretativi.

In natura le frane si manifestano in maniera molto diversa: negli anni sono state prodotte numerose classificazioni, a partire da quella di Varnes (1978) successivamente rivista da Carrara, D'Elia e Semenza (1987) e da Cruden e Varnes (1996). I fenomeni franosi vengono distinti in base a due parametri fondamentali: 1) natura del materiale coinvolto; 2) tipologia del movimento di massa.

In questo lavoro si è scelto di utilizzare una classificazione articolata in sette classi principali: crolli, ribaltamenti, scorrimenti traslativi, scorrimenti rotazionali, espandimenti laterali, colamenti e frane complesse, queste ultime derivanti da più combinazioni di meccanismi di movimento diversi. Le classi di movimento vengono poi ulteriormente suddivise in base alla natura del materiale: roccia, terra, detrito. Cruden e Varnes (1996) hanno proposto di evitare il termine “frane complesse” perché troppo generico e fuorviante; in natura, infatti, le frane complesse sono più la regola che l’eccezione. Pertanto si potrebbero accomunare fenomeni tipo “crollo di roccia-colata di detrito” a uno “scivolamento di terra-colata di terra” molto diversi tra di loro, sia da un punto di vista genetico sia da un punto di vista delle conseguenze. Per ovviare a questo inconveniente, dove è stato possibile, le frane sono state identificate con una coppia di termini: uno per indicare il primo movimento (o quello posto alla quota maggiore, laddove i movimenti fossero simultanei) e l’altro relativo al secondo movimento; in caso contrario si è utilizzato il termine frana complessa.

Il crollo (*fall*) è un fenomeno che inizia con il distacco di materiale da un pendio molto acclive. La massa distaccatasi si muove prevalentemente in aria, fino all’impatto sul terreno con conseguenti rimbalzi e/o rotolamenti.

Il ribaltamento (*topple*) è una rotazione in avanti, verso l’esterno del versante, di una massa di terra o roccia, intorno ad un punto o un asse situato al di sotto del centro di gravità della massa spostata; può evolvere in crollo.

Gli scorrimenti o scivolamenti (*slides*) sono movimenti verso la base del versante di una massa di terra, roccia o detrito, che avvengono in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio. Possono essere traslativi o rotazionali, a seconda della forma della superficie di rottura: gli scorrimenti traslativi si verificano lungo una superficie più o meno piana, corrispondente frequentemente a discontinuità strutturali, mentre gli scorrimenti rotazionali presentano una superficie di rottura semicircolare con concavità rivolta verso l’alto.

Gli espandimenti laterali (*lateral spreads*) sono movimenti di terreno coesivo o di un ammasso roccioso, in seguito all’estrusione e allo spostamento di un livello di materiale meno competente sottostante, associati alla subsidenza della massa fratturata. La superficie di rottura non è una superficie di intensa deformazione di taglio. L’espansione può essere causata dalla liquefazione o dal flusso del materiale a bassa competenza sottostante.

I colamenti (*flows*) sono movimenti distribuiti in maniera continua all’interno della massa spostata. Le superfici di taglio all’interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. La distribuzione delle velocità nella massa spostata è analoga a quella all’interno di un fluido viscoso: il movimento

varia da estremamente lento a estremamente rapido; possono verificarsi in ammassi rocciosi o in terreni sciolti.

Per quanto riguarda lo stato di attività di una frana, in riferimento a quanto stabilito dal WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory), si possono definire i seguenti termini:

- Frana attiva (*active*), se al momento dell'osservazione risulta essere in movimento.
- Frana sospesa (*suspended*), se si è mossa nell'ultimo ciclo stagionale, ma attualmente non è attiva.
- Frana riattivata (*reactivated*), se dopo un periodo di inattività si è rimessa in movimento.
- Frana inattiva (*inactive*), se si è mossa l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale; le inattive si possono ulteriormente suddividere in:
 - Frana quiescente (*dormant*), se il movimento può essere riattivato dalle cause che lo hanno originato.
 - Frana naturalmente stabilizzata (*abandoned*), se non può più essere influenzata dalle cause originarie, le cause del movimento sono state naturalmente rimosse.
 - Frana artificialmente stabilizzata (*stabilized*), se è stata stabilizzata da misure di stabilizzazione artificiali.
 - Frana relitta (*relict*), se si è sviluppata in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse da quelle attuali.

Nel presente studio si è scelto di operare una semplificazione non penalizzante, peraltro conforme a scelte diffusamente compiute in materia (per esempio dalla Regione Liguria e dalla Regione Toscana), suddividendo le frane in attive, quiescenti e inattive, introducendo il concetto di paleofrana per indicare grandi frane in roccia, manifestatesi in contesti tettonici, morfologici e climatici diversi da quello attuale, che attualmente risultano inattive, eccezion fatta per piccole aree che possono presentare locali riprese. Sono state considerate attive le frane nelle quali sono rilevati, anche con frequenza stagionale, indizi di movimenti tuttora in atto; quiescenti le frane in cui, pur non essendo rilevabile un'evidenza di movimento, sono ancora presenti condizioni morfologiche e climatiche tali da poter riattivare il fenomeno; inattive le frane in cui non sono rilevabili evidenze di movimento sul lungo periodo ed inoltre non sono più presenti le condizioni morfologiche e climatiche in cui il fenomeno si era sviluppato.

Per una caratterizzazione completa di una frana, tesa alla comprensione della dinamica e dell'evoluzione del movimento, il WP/WLI consiglia di specificare la "distribuzione di attività" e lo "stile di attività". La distribuzione di attività descrive la direzione di movimento e permette di prevedere l'evoluzione, nello spazio, del fenomeno franoso. Si possono avere i seguenti casi:

- in avanzamento, se la superficie di rottura si estende nella direzione del movimento, andando a coinvolgere aree sempre maggiori verso valle;
- retrogressiva, se la superficie di rottura si sposta nella direzione opposta al senso del movimento, tendendo a coinvolgere aree sempre maggiori verso monte e spostando la corona di frana;
- multi-direzionale, se la superficie di rottura si estende in più direzioni;
- in diminuzione, se il materiale spostato diminuisce nel tempo;
- confinata, se è presente una scarpata ma non è visibile la superficie di scorrimento al piede, dove sono osservabili solo deformazioni;
- costante, se il materiale spostato continua a muoversi senza variazioni apprezzabili del volume di materiale coinvolto e della superficie di rottura, il movimento avviene con gradualità e costantemente nel tempo;
- in allargamento, se la superficie di rottura si estende su uno o su entrambi i lati della frana.

Lo stile di attività indica come i diversi tipi di movimento contribuiscono al fenomeno franoso. Una frana può definirsi:

- complessa, è caratterizzata da più movimenti successivi;
- composita, se si ha una combinazione simultanea di più movimenti diversi;
- successiva, se si verificano movimenti successivi dello stesso tipo ed i materiali coinvolti e le superfici di rottura rimangono distinti;
- singola, se la dislocazione avviene con la mobilitazione di un ammasso unico e secondo un'unica tipologia di movimento;
- multipla, se lo stesso tipo di movimento si ripete più volte, coinvolgendo masse già dislocate in precedenza.

Le definizioni appena riportate sono basate sul Glossario Internazionale delle frane (WP/WLI, 1993b), tradotto in italiano in Canuti e Esu (1995), utilizzato in Canuti e Casagli (1996) e riproposto in Cruden e Varnes (1996). Nei lavori di molte Autorità di Bacino e negli studi di ricercatori ed Enti di ricerca si fa spesso riferimento alle suddette definizioni: in particolare possiamo ricordare il recente Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), avviato nel 1998 dal Servizio Geologico

Nazionale (allora facente parte della Presidenza del Consiglio di Ministri ed ora trasferito all'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici - APAT).

2.2.1 DIMENSIONI E VELOCITÀ DI UNA FRANA

Per definire le dimensioni di un movimento franoso si adotta la terminologia raccomandata dal WP/WLI nel 1993, come indicato in Figura 2.1:

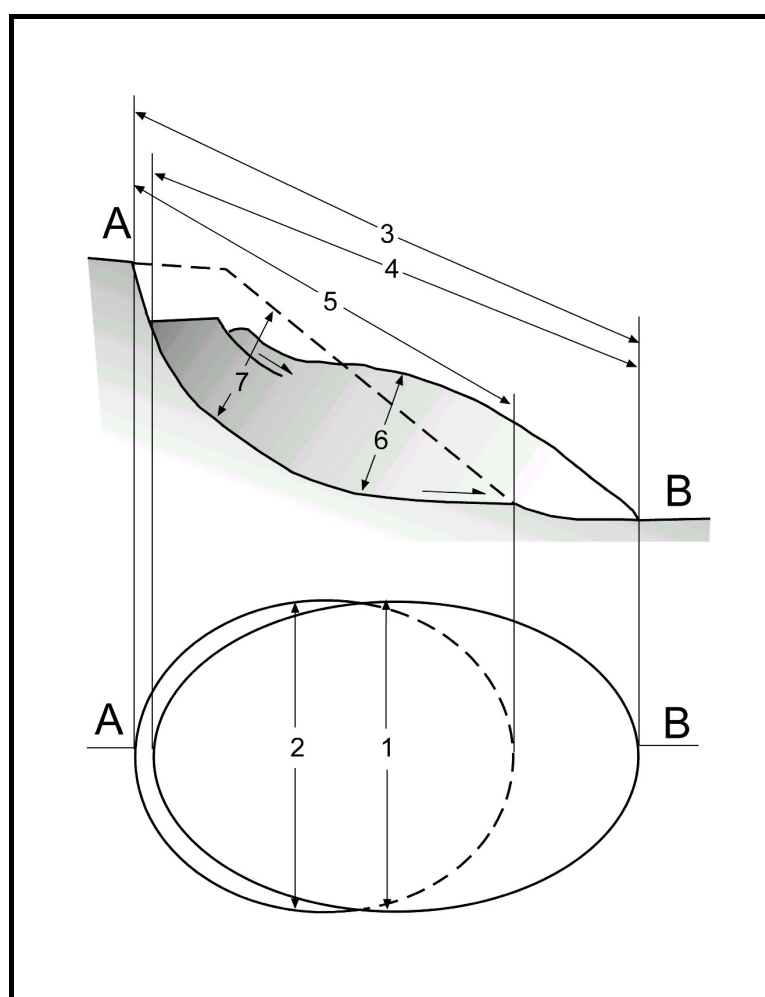


Figura 2.1 - Dimensioni dei movimenti di massa (da WP/WLI, 1993b)

1) Larghezza della massa spostata W_d : larghezza massima della "massa spostata" misurata perpendicolarmente alla "lunghezza della massa spostata" L_d .

- 2) Larghezza della superficie di rottura W_r : larghezza massima fra i “fianchi” della frana, misurata perpendicolarmente alla “lunghezza della superficie di rottura” L_r .
- 3) Lunghezza totale L : distanza minima fra il “punto inferiore” della frana ed il “coronamento”.
- 4) Lunghezza della massa spostata L_d : minima distanza fra il “punto sommitale” ed il “punto inferiore”.
- 5) Lunghezza della superficie di rottura L_r : minima distanza fra l’“unghia della superficie di rottura” ed il “coronamento”.
- 6) Profondita’ della massa spostata D_d : profondità massima della “superficie di rottura” sotto la “superficie originaria del versante” misurata perpendicolarmente al piano contenente L_d e W_d .
- 7) Profondita’ della superficie di rottura D : profondità massima della “superficie di rottura” sotto la “superficie del versante” misurata perpendicolarmente al piano contenente L_r e W_r .

La stima del volume coinvolto nel movimento è difficile e quindi, solitamente, si basa su considerazioni morfologiche relative alla zona di distacco ed al deposito di frana, distinguendo le frane profonde, che generalmente coinvolgono volumi considerevoli, dalle frane superficiali, che generalmente coinvolgono volumi ridotti.

Intensità (I)	Descrizione	Volume (m^3)
2	Estremamente piccola	$< 5 \cdot 10^2$
2,5	Molto piccola	$5 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^3$
3	Piccola	$5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^4$
4	Media	$5 \cdot 10^4 \div 2,5 \cdot 10^5$
5	Mediamente grande	$2,5 \cdot 10^5 \div 10^6$
6	Molto grande	$10^6 \div 5 \cdot 10^6$
7	Estremamente grande	$> 5 \cdot 10^6$

Tabella 2.1- Scala di intensità delle frane basata sulla massa spostata (da Fell, 1994).

Le dimensioni e la velocità sono i principali parametri tramite i quali, comunemente, si cerca di stimare *l'intensità* di un fenomeno franoso. Fell (1994), ad esempio, esprime l'intensità di una frana come il volume della massa spostata (Tabella 2.1).

Nella Tabella 2.2 sono illustrate le diverse velocità di spostamento delle frane, correlate ai danni prodotti su persone e cose. Pur esistendo uno stretto legame tra

velocità e tipo di frana, dobbiamo essere consapevoli che un certo tipo di frana può muoversi secondo un ampio intervallo di velocità, in virtù delle differenze di inclinazione del versante, del contenuto in acqua del materiale trasportato e della presenza di ostacoli quali la copertura boschiva. La Tabella 2.3 riporta una stima approssimativa delle velocità di spostamento per diverse tipologie di fenomeni franosi.

Classe	Descrizione	Velocità tipica	Osservazioni sui danni
I	Estremamente lento	6 mm/anno	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio, costruzione di edifici possibile con precauzioni.
II	Molto lento	16 mm/anno	Alcune strutture permanenti possono essere danneggiate dal movimento.
III	Lento	1,6 m/anno	Possibilità di intraprendere i lavori di rinforzo e restauro durante il movimento.
IV	Moderato	13 m/mese	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.
V	Rapido	1,8 m/h	Evacuazione possibile; distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.
VI	Molto rapido	3 m/min	Perdita di vite umane, velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione.
VII	Estremamente rapido	5 m/s	Catastrofe di eccezionale violenza, edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato, molti morti.

Tabella 2.2 - Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (da Cruden & Varnes, 1994, Australian Geomechanics Society, 2002).

TIPO	Crollo	Scivolamento				Colamento			
MATERIALE	Roccia	Roccia		Detrito	Terra		Roccia	Detrito	Terra
ATTIVITA'		N	R		N	R			
VELOCITA'	VI-VII	V-VI	I-V	I-VI	V-VI	I-V	I-II	I-VII	I-IV

Tabella 2.3 - Velocità delle frane (riferita alle classi della tabella 2.2) in base a tipologia del movimento, materiale e stato di attività. N=Neoformazione; R=Riattivazione (Canuti e Casagli, 1996).

2.3 CONCETTI DI BASE SU PERICOLOSITÀ E RISCHIO

Seppure negli ultimi anni i concetti di pericolosità e rischio siano stati al centro dell'attenzione di ricercatori, commissioni scientifiche ed amministratori, permangono incertezze riguardo il loro utilizzo e soprattutto sulla scelta dei parametri da utilizzare per la loro quantificazione. Probabilmente, buona parte della confusione dipende dall'utilizzo di termini che in lingue diverse assumono sfumature spesso difficilmente

traducibili e significati simili. Di seguito, si riporta una breve rassegna delle principali definizioni date dai maggiori esperti dell'argomento e da Commissioni ed Enti, nelle diverse lingue, a testimonianza della progressiva standardizzazione.

Pericolosità

Secondo lo "United States Geological Survey" (USGS - Servizio Geologico degli Stati Uniti, 1977) deve essere considerato "pericolo geologico" qualsiasi processo o evento potenziale che costituisce una minaccia per la salute, la sicurezza ed il benessere di una collettività o per l'economia di una qualsiasi popolazione. Secondo questa definizione, un terremoto o una frana che accadono in un'area desertica non costituiscono pericolo geologico. Nel rapporto UNESCO di Varnes e IAEG (1984) viene ribaltato il concetto e la pericolosità (*hazard*) viene definita come "probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area". Il cambiamento è netto: un fenomeno è pericoloso a prescindere dalla presenza dell'uomo o delle sue attività ed infrastrutture. Questa definizione è stata largamente accettata e tuttora viene riportata da organismi come l'UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), ma presenta dei problemi a causa delle peculiarità delle frane rispetto ad altri fenomeni naturali, come i terremoti, ai quali la definizione meglio si adatta. L'aspetto più importante è che in tale definizione manca un riferimento alle dimensioni del fenomeno e all'intensità, che ne condizionano il comportamento e le potenziali conseguenze. Einstein (1988) propone l'utilizzo del termine "*danger*", inteso come pericolo o intensità, per caratterizzare il fenomeno potenzialmente distruttivo e il termine "*hazard*" per dar conto della sua imprevedibilità: il pericolo comprende le caratteristiche meccaniche e geometriche del fenomeno, inclusa la sua localizzazione nello spazio, mentre la pericolosità non è altro che la probabilità di occorrenza del fenomeno. E' evidente il tentativo di introdurre, nella valutazione della pericolosità, un parametro con il quale poter quantificare il potere distruttivo del fenomeno. Fell (1994) cerca di risolvere il problema presentando il concetto di magnitudo (intensità) e definendo la pericolosità come prodotto della probabilità di occorrenza per la magnitudo.

Nei lavori della letteratura francese il termine "*risque*" corrisponde alla pericolosità (Humbert, 1976, 1977; DRM, 1985), fino alla fine degli anni ottanta, quando la pericolosità inizia a venire indicata come "*aléa*" (DRM, 1988, 1990; Perrot, 1988) ed è definita come una funzione della probabilità di occorrenza del fenomeno (*probabilité*) e della sua severità meccanica (*intensité*).

In Italia solitamente si fa riferimento a Canuti & Casagli (1996), che partendo dalla terminologia riportata nel rapporto UNESCO di Varnes (1984) propongono, per la pericolosità, la seguente definizione: “probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area”; viene espressa in termini di probabilità annua o di tempo di ritorno. Per *intensità* si intende la severità geometrica e meccanica del fenomeno potenzialmente distruttivo; essa può essere espressa secondo una scala relativa oppure in termini di grandezze come velocità, volume o energia. Alcuni autori (Crescenti, 1998) hanno fatto notare che una definizione di questo tipo può essere di difficile interpretazione per i non addetti ai lavori; infatti, solitamente, il termine pericolosità è collegato, dalla maggior parte delle persone, al pericolo effettivo, cioè non solo alla probabilità che un certo evento accada, ma anche alla sua intensità. Così, anche in Italia, si è arrivati a definire la *pericolosità* (hazard) come funzione dell'intensità e della frequenza di accadimento di un certo evento potenzialmente distruttivo in una certa area del territorio (Panizza, 2001).

Tutte le definizioni riportate incorporano tre concetti, fondamentali per la comprensione e per la valutazione della pericolosità: il concetto di localizzazione spaziale, cioè il "*dove*", il concetto di intensità o magnitudo, cioè il "*quanto grande*" ed infine il concetto di frequenza o ricorrenza, cioè "*quando*" ovvero "*quanto spesso*" (Cardinali et al., 2002). Uno studio di pericolosità di frana per una certa area deve essere in grado, quindi, di prevedere dove una frana avverrà, quanto sarà grande e veloce e quale sarà la sua ricorrenza temporale (tempo di ritorno).

Per lo svolgimento del presente studio si farà riferimento alla definizione data da Panizza (2001), e quindi:

$$H=f(I;F)$$

dove:

- H = pericolosità (*hazard*)
- I = intensità del fenomeno franoso
- F = frequenza di accadimento.

Rischio

Il *rischio* è definibile come una misura della probabilità di conseguenze sfavorevoli sulla salute, sulle proprietà e sulla società, derivanti dall'esposizione ad un fenomeno pericoloso (hazard) di un certo tipo e di una certa intensità, in un certo lasso di tempo ed in una certa area (Smith, 2004). Lo studio del rischio emerge intorno agli anni ottanta, alimentato dal dibattito sui pericoli tecnologici: la comunità scientifica e gli amministratori iniziano a chiedersi quali debbano essere i livelli di sicurezza per essere considerati accettabili ("how safe is safe enough"). Si ricercano formule matematiche che possano quantificare il rischio, per poter scegliere la migliore forma di gestione. Per effettuare la valutazione del rischio devono essere introdotte le seguenti definizioni:

- Elementi a rischio (*element at risk, E*), la popolazione, i beni, le attività economiche, i servizi pubblici ed i beni ambientali presenti in una data area esposta ad un determinato pericolo e pertanto passibili di subire danni a seguito dell'accadimento dello stesso.
- Esposizione al rischio (*exposition, E_s*), probabilità che un certo elemento a rischio sia esposto all'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso; l'esposizione, per quanto riguarda i fenomeni naturali, è legata essenzialmente alla mobilità ovvero alla staticità degli elementi a rischio: in termini probabilistici l'esposizione può essere vista come la probabilità che un elemento si trovi in un certo punto in un certo momento, e coincide di fatto con la sua mobilità (Giacomelli et al., 2003).
- Probabilità d'impatto (*impact probability, P_i*), deriva dal prodotto della pericolosità per l'esposizione degli elementi a rischio. Nel caso di elementi statici come, ad esempio, un edificio, essendo il valore dell'esposizione uguale a 1, ne deriva l'uguaglianza tra probabilità d'impatto e pericolosità.
- Valore degli elementi a rischio (*worth of element at risk, W*), il valore economico degli elementi a rischio; può esprimersi in termini monetari o in termini di numero di unità esposte ed è funzione del tipo di elemento $W=f(E)$.
Per il calcolo di questo valore esistono diversi approcci: il calcolo di un valore discreto dei singoli elementi, l'utilizzo di funzioni di utilità, l'utilizzo di formule empiriche, la stima qualitativa del valore complessivo di una certa area. Nel primo approccio si procede esprimendo il valore degli elementi a rischio come sommatoria del valore discreto dei singoli elementi: si può usare come riferimento una

valutazione di tipo assicurativo oppure, in alternativa, si possono trattare separatamente le diverse tipologie di elemento e a ciascuna assegnare un costo relativo, rendendo però impossibile una valutazione assoluta. Il secondo approccio utilizza le funzioni di utilità (Einstein, 1988): in pratica, anziché attraverso un valore discreto, gli elementi a rischio sono caratterizzati da un costo sociale o individuale espresso da una funzione. Un altro approccio possibile è quello che prevede l'utilizzo di funzioni empiriche per il calcolo di un valore numerico complessivo. In ultima analisi, è possibile eseguire una stima qualitativa del valore degli elementi a rischio: è questo il metodo più usato nella pianificazione di bacino in Italia. Il valore viene stimato suddividendo il territorio sulla base delle diverse zone urbanistiche, ed assegnando a ciascuna un valore relativo.

– Vulnerabilità (*vulnerability*, V), il grado di danneggiamento e/o perdita di un elemento a rischio determinato dall'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso di una data intensità. La valutazione della vulnerabilità comporta la comprensione delle interazioni tra il movimento franoso e l'elemento a rischio. Questa grandezza varia tra 0 (nessuna perdita) e 1 (perdita totale) ed è funzione delle caratteristiche degli elementi e dell'intensità del fenomeno: $V=f(E;I)$. La vulnerabilità quindi deve essere valutata in modo differente al variare dei fenomeni pericolosi e per elementi a rischio differenti. In particolare, la vulnerabilità della vita umana e quella delle proprietà sono molto diverse: mentre una casa può avere uguale vulnerabilità nei confronti di una frana veloce ovvero di una frana lenta, le persone saranno più vulnerabili nel caso di un movimento veloce, dal quale non possono mettersi in salvo (Fell, 1994).

Esistono due approcci per la sua valutazione: un approccio quantitativo ed uno euristico. L'approccio quantitativo è finalizzato al calcolo di un valore numerico compreso tra 0 e 1; il calcolo è molto complesso a causa delle numerose variabili in gioco: intensità del fenomeno, aspetto costruttivo e strutturale dell'elemento, posizione dell'elemento rispetto al fenomeno, presenza di eventuali protezioni. La letteratura sull'argomento mostra la prevalenza di approcci del tipo euristico, che portano ad una stima qualitativa o semi-quantitativa della vulnerabilità espressa in classi; questi metodi si basano su stime soggettive (Fell, 1994) o sull'utilizzo di matrici. Solitamente, in studi preliminari, la vulnerabilità viene posta, cautelativamente, uguale a 1, considerando la distruzione completa di un elemento interessato da una frana.

– Danno potenziale (*potential worth of loss*, W_L), corrisponde al costo totale dei danneggiamenti e/o perdite subite a seguito dell'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso: $W_L=V \times W$. Per definizione l'entità delle perdite dipende

dalle caratteristiche dell'elemento a rischio (valore e vulnerabilità) e dall'intensità del fenomeno (attraverso la vulnerabilità), non dipende quindi dalla probabilità di occorrenza del fenomeno, cioè dalla pericolosità. I danni potenziali possono essere diretti o indiretti: sono diretti, quando la perdita di funzionalità è causata dall'azione diretta sulla struttura fisica; sono indiretti, se le perdite di funzionalità sono causate dai legami esistenti tra l'elemento ed il sistema territoriale e socio-economico.

Per quanto riguarda un fenomeno naturale quale è una frana, possiamo distinguere *rischio specifico* (R_S) e *rischio totale* (R). Il primo viene definito, nel lavoro di Canuti e Casagli (1996), come "il grado di perdita attesa quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale di una data intensità", è espresso in termini di probabilità annua, ed è funzione della pericolosità e della vulnerabilità $R_S=f(H;V)$. Il rischio totale è definito come "il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà e delle interruzioni delle attività economiche dovuti ad un certo fenomeno naturale", ed è espresso in termini di costo annuo o quantità di unità perse per anno $R=f(H;W)$.

La valutazione quantitativa del rischio può essere condotta tramite l'utilizzo di formule che tengano conto della pericolosità e delle conseguenze dell'evento su eventuali elementi a rischio:

$$R_S=H \times E_S \times V=P_i \times V$$

$$R=R_S \times W=P_i \times W_L$$

dove:

R = rischio totale

R_S = rischio specifico

H = pericolosità

E_S = esposizione al rischio degli elementi a rischio

V = vulnerabilità

P_i = probabilità di impatto = $H \times E_S$

W = valore degli elementi a rischio

W_L = danno potenziale

La determinazione del rischio specifico consente di valutare gli effetti di un fenomeno pericoloso indipendentemente dal calcolo del valore degli elementi a rischio. Si tratta di un'operazione poco agevole, per le difficoltà insite nei processi di stima economica non solo dei beni direttamente coinvolti, ma anche delle

conseguenze indirette associate alla perdita di proprietà. Nel caso di attività industriali, ad esempio, ai danni materiali alle strutture andrebbero sommati i mancati guadagni derivanti dall'interruzione della produzione, la perdita di clienti e la perdita di posti di lavoro. Un altro caso emblematico può essere quello in cui una strada che collega un ospedale al tessuto urbano viene interessata da un fenomeno franoso: nella valutazione del valore dell'elemento strada si dovranno considerare, oltre ai costi di ripristino della viabilità, anche i costi per la perdita di funzionalità dell'ospedale, non più raggiungibile.

La valutazione e la caratterizzazione del rischio sono basate sul triangolo di relazioni esistenti tra Analisi del Rischio, Valutazione del Rischio e Gestione del Rischio. L'analisi del rischio risponde alla domanda "*cosa può succedere*", attraverso l'identificazione e l'analisi del fenomeno pericoloso (tipologia, intensità, probabilità di accadimento) e attraverso una stima delle conseguenze, sulla base degli elementi a rischio e della loro vulnerabilità. Alcuni autori (Plattner, 2005) definiscono la risultante di questa analisi come Rischio Oggettivo (R_{obj}), cioè la frequenza (F) di un certo fenomeno avente una data conseguenza (E): $R_{obj}=F \cdot E$.

Una volta definito il rischio, specifico o totale o oggettivo, si deve passare alla valutazione del rischio: un processo di valutazione etico-morale e socio-politica, nel quale viene confrontato il valore di rischio determinato con il rischio accettabile. Ci si deve chiedere, cioè, quali siano le conseguenze che una società è preparata ad accettare senza un definito programma di gestione; concetto da non confondere con il rischio tollerabile (o rischio residuo), definito come livello di rischio con il quale una società è disposta a convivere, una volta intraprese azioni di mitigazione, controllo e monitoraggio dello stesso. Le soglie di rischio accettabile dipendono dal tipo di fenomeno indagato: a parità di frequenza, per un sisma saranno accettate perdite ben maggiori di quelle, ad esempio, per un incidente industriale. C'è anche da notare, come ricorda Fell (1994), che l'opinione pubblica sembra tollerare elevati livelli di rischio (fino a 10^{-2} per anno in termini di rischio specifico) se esposta volontariamente (ad esempio per incidenti stradali), mentre la soglia scende di tre, quattro ordini di grandezza nel caso di rischio involontario (rischi industriali, incendi, calamità naturali).

Sulla base dei risultati emersi, la gestione del rischio mira a ridurre i rischi inaccettabili e a prevenire altri rischi, al fine di mantenere il sistema in uno stato di sicurezza. "*Cosa dobbiamo fare*" è la domanda a cui politici e amministratori devono poter rispondere, combinando le conoscenze del rischio oggettivo e del rischio accettabile, sulla base di principi economici e tecnologici. Le opzioni disponibili per la riduzione del rischio da frana si possono raggruppare in cinque gruppi fondamentali:

- 1) Misure indirizzate alla diminuzione della pericolosità: generalmente si tratta di soluzioni ingegneristiche, il cui obiettivo è diminuire la frequenza e/o la grandezza dei fenomeni franosi.
- 2) Riduzione della vulnerabilità, ovvero consolidamento dei beni a rischio e realizzazione di opere di protezione per ridurre il coinvolgimento dell'elemento a rischio.
- 3) Riduzione del numero di elementi a rischio, ovvero delocalizzazione dei beni esposti in aree non interessate dal fenomeno pericoloso.
- 4) Aumento delle soglie di rischio accettabile, tramite la predisposizione di sistemi di allerta, educazione ed informazione; come abbiamo visto precedentemente, infatti, le soglie di rischio consapevole possono essere molto più elevate rispetto a quelle di rischio involontario.
- 5) Aumento delle soglie di rischio tollerabile, da realizzarsi attraverso una condivisione delle perdite: sistemi di assicurazione, aiuti e compensazioni.

Lo studio del rischio può quindi essere considerato un punto di incontro e convergenza di varie competenze e discipline: criteri tecnico-scientifici sono impiegati nella valutazione della pericolosità; la determinazione della vulnerabilità e del valore monetario dei danni potenziali si basa su criteri socio-economici, mentre tutta la parte riguardante la stima del rischio, la gestione e la pianificazione costituiscono un ambito che affrisce tipicamente alle responsabilità politiche. A questo proposito White et al. (1992) suggeriscono: *"Traditionally natural sciences are concerned with the natural environment. Social sciences and applied sciences with the socio-economic environment. In reality these two components of our environment are inseparable; the natural environment cannot be fully understood in isolation from us and our interactions with it."*

Nell'analisi del rischio assume particolare rilievo scientifico l'identificazione e la comprensione dei livelli di pericolosità: su questo aspetto le Autorità di Bacino hanno investito gran parte delle risorse, in termini analitici e valutativi. Come si vedrà più avanti, la rassegna degli elaborati prodotti dalle Autorità di Bacino italiane, nella stesura dei Piani di Bacino stralcio per l'assetto idrogeologico, ha messo in evidenza come le principali differenze metodologiche si riscontrino proprio nella determinazione della pericolosità, mentre per quanto riguarda il rischio, è stata adottata la definizione stabilita da Canuti e Casagli (1996) e l'assunzione di tale espressione è avvenuta generalmente in maniera qualitativa.

2.4 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA

Le informazioni sulla pericolosità ed il rischio di frana di una certa area sono rappresentate solitamente per mezzo di carte, in cui vengono discretizzati, secondo classi diverse, i diversi livelli di pericolosità o rischio; tale differenziazione in classi è chiamata zonazione. Una definizione formale di tale termine è stata data da Varnes nel 1984: *“The term zonation refers to the division of land into homogenous areas or user defined domains and the ranking of these areas according to their degrees of actual or potential hazard from landslides”*.

La zonazione della pericolosità da frana rappresenta l'elaborato di sintesi più utile ai fini della pianificazione territoriale, in quanto, oltre a contenere informazioni circa l'attuale stato di dissesto di un'area, rappresenta, in senso probabilistico, la vocazione di un territorio al dissesto. Ricordando le definizioni introdotte in precedenza, risulta ovvio che, in un qualsiasi programma di definizione delle situazioni a rischio, la zonazione della pericolosità non è solo l'elemento conoscitivo iniziale, ma anche il più importante. E' essenziale ricordare che, a livello di pianificazione, le carte di pericolosità comportano effetti normativi di grande rilevanza, poiché sulle zone individuate vengono imposti vincoli e limitazioni d'uso distinte secondo il grado di pericolosità. Per questi motivi, negli ultimi anni i governi e gli istituti di ricerca hanno investito tempo e risorse nel tentativo di produrre cartografie che rappresentassero la distribuzione spaziale della pericolosità, mettendo a punto metodi e tecniche che occupano da vent'anni le pagine delle principali riviste scientifiche del settore.

Nel campo dell'analisi spaziale della pericolosità di frana un contributo fortissimo è stato dato dal progressivo sviluppo delle capacità di calcolo dei computer e dalla possibilità di utilizzare software GIS. I principali vantaggi derivanti dall'utilizzo di software GIS sono: l'opportunità di adottare tecniche di analisi altrimenti non utilizzabili, in virtù della capacità di eseguire calcoli su un gran numero di parametri e tabelle e la possibilità di sovrapporre ed incrociare dati territoriali (*map overlay*); nonché la possibilità di verificare i risultati ed eventualmente correggere i dati in entrata: l'utente può massimizzare i risultati attraverso processi denominati *"trial and error"*, facendo girare il modello per molte volte fino a raggiungere i risultati attesi.

Ad oggi non c'è molto accordo, sia dal punto di vista operativo sia da quello concettuale, ma tutti i metodi prodotti si basano su pochi e ampiamente accettati principi o assunzioni (Varnes et al., 1984; Carrara et al., 1991; Hutchinson e Chandler, 1991; Hutchinson, 1995; Turner e Schuster, 1996):

- i movimenti di versante lasciano sul territorio trasformazioni morfologiche riconoscibili, classificabili e cartografabili;

- i fenomeni franosi sono controllati da leggi meccaniche che possono essere determinate empiricamente o statisticamente; i fattori di instabilità collegati direttamente o indirettamente alla frana possono essere individuati ed utilizzati per elaborare modelli predittivi (Dietrich et al., 1995);
- il passato ed il presente sono le chiavi per la comprensione degli eventi futuri (Varnes et al., 1984; Carrara et al., 1991); partendo dal presupposto che le frane future si svilupperanno preferibilmente nelle condizioni (geologiche, morfologiche, ecc.) che hanno portato ai movimenti di versante del passato e di oggi, risulta ovvio che la conoscenza e la comprensione di eventi passati sono essenziali per tentare di prevedere le situazioni future.

I metodi per suddividere il territorio sulla base di diversi livelli di pericolosità sono molti e possono essere ripartiti, sostanzialmente, in due tipologie principali: metodi qualitativi e metodi quantitativi. I primi sono soggettivi e pervengono a una zonazione della pericolosità in termini descrittivi; possiamo ricordare gli inventari delle frane, le carte di pericolosità derivate dalla cartografia geomorfologica e i metodi di sovrapposizione di carte tematiche indicizzate (indicizzazione delle cause). I metodi quantitativi sono generalmente basati su criteri oggettivi ed in teoria sono riproducibili, danno cioè risultati identici se applicati in situazioni diverse e producono stime numeriche della probabilità che in una certa zona si verifichi un fenomeno franoso. Appartengono a questa categoria i modelli statistici e i modelli deterministici.

Inventari di frane

Qualunque sia il modello scelto, gli inventari delle frane rivestono un ruolo fondamentale nello sviluppo e nella verifica del modello stesso: anche se non si utilizza l'informazione sulla localizzazione delle frane nella fase di messa a punto del modello, ad esempio in un modello numerico, tale informazione sarà necessaria per la verifica e validazione dei risultati. Gli inventari dei fenomeni franosi sono basati sulla fotointerpretazione e sull'indagine di campagna, eventualmente integrate dall'esame di fonti storiche. Il prodotto finale è una carta nella quale le frane vengono perimetrare e differenziate in base alla tipologia e allo stato di attività: essa fornisce la base per una previsione spaziale e tipologica dei fenomeni franosi e permette l'identificazione delle situazioni passibili di riattivazione. La trasposizione delle informazioni in termini di pericolosità è ottenuta attraverso valutazioni soggettive, basate sull'esperienza di ogni singolo rilevatore. Molte Autorità di Bacino, chiamate a

dover individuare in tempi brevi le principali situazioni a rischio, hanno realizzato carte della pericolosità utilizzando le suddette carte inventario.

Metodi geomorfologici

I metodi geomorfologici sono metodi diretti, in quanto la pericolosità è determinata direttamente sul terreno, dall'analisi dei fenomeni franosi individuati e dei processi ad essi connessi. Tutto il processo è basato sull'esperienza del geomorfologo e sul ragionamento per analogia, per questo motivo risulta difficile formulare precise regole di decisione e conseguentemente i risultati potranno differire da operatore ad operatore e saranno difficilmente analizzabili e interpretabili da terzi. L'informazione di partenza è una carta inventario delle frane, alla quale si giunge tramite fotointerpretazione, lavoro di campagna e informazioni storiche. In letteratura è stato dimostrato che un buon rilevatore può riconoscere la maggior parte dei fenomeni franosi applicando le tecniche di fotointerpretazione e lavoro di campagna (Carrara et al., 1995b). Tra i diversi esempi riportati in letteratura possiamo ricordare le carte di densità dei dissesti (Wright et al., 1974), l'interpretazione multitemporale di foto aeree (Canuti et al. 1979; Cardinali et al., 2002), le carte di suscettività al dissesto basate sulla cartografia geomorfologica (Kienholz et al., 1983, 1988; Hansen, 1984; Rupke et al., 1988; Petley D.N., 2000) ed il metodo delle unità di paesaggio o *land units* (van Western, 1993) nel quale il territorio viene suddiviso in aree aventi determinate combinazioni di geologia, forme del territorio, vegetazione e processi associati, nelle quali viene calcolata la distribuzione di movimenti franosi. Appartiene alla categoria dei metodi geomorfologici anche il metodo messo a punto nel progetto nazionale ZERMOS (Zones exposées à des risques aux mouvements du sol et du sou-sol) (Humbert, 1976, 1977), per la produzione di carte della pericolosità alla scala 1:25.000. La zonazione si effettua attraverso la sintesi qualitativa di informazioni raccolte durante la fase di descrizione dello stato del territorio (acclività, geologia, assetto strutturale, ecc.). In Italia possiamo ricordare, tra gli altri, il lavoro di Nardi et al. (1987) in cui le classi di pericolosità vengono suddivise sulla base di elementi geomorfologici, geologici e topografici.

Metodo di indicizzazione delle cause

Il metodo degli indici, basato sulla conoscenza delle cause e dei fattori di instabilità, è un metodo diretto o semidiretto la cui buona riuscita dipende dal livello di

comprensione dei processi geomorfologici in atto o che hanno agito nel passato sul terreno. I fattori ritenuti responsabili dell'instabilità, generalmente litologia, pendenza dei versanti, giacitura e uso del suolo, vengono classificati e pesati sulla base dell'importanza che si presume possano assumere in ciascun movimento gravitativo. Dalla combinazione di questi fattori, in maniera automatica o semi-automatica, vengono derivate le carte di pericolosità.

Il limite principale di tale tecnica consiste nella soggettività con cui vengono determinati i pesi da assegnare ai diversi parametri, aspetto che rende impossibile il confronto tra elaborati prodotti da persone diverse. Inoltre si rende, comunque, necessaria una fase finale di confronto e adattamento della cartografia prodotta con la carta inventario dei fenomeni franosi.

Il vantaggio sta invece nell'uso di regole esplicite e nella possibilità di standardizzare le tecniche di trattamento dei dati. Metodologie di questo tipo in Italia sono state adottate frequentemente dalle Autorità di Bacino, come nel caso delle Autorità dei bacini Regionali Liguri, un altro esempio molto noto è quello proposto da Amadesi et al. (1977) e Amadesi e Vianello (1978), adottato dalla Regione Emilia Romagna per la realizzazione di una carta della propensione al dissesto. In Francia, i già menzionati PER, Plan d'Exposition aux risques (DRM, 1985), applicano una metodologia di questo tipo.

Metodi statistici

Il tasso di soggettività che inevitabilmente condiziona i metodi diretti, può essere notevolmente ridotto ricorrendo a metodi indiretti. I modelli statistici, denominati anche modelli “*black box*” (Carrara, 1983; Harlen e Viberg, 1988), sono basati sull'analisi delle combinazioni di fattori di instabilità e delle loro relazioni con la distribuzione dei fenomeni franosi del presente e del passato. L'assunzione di partenza è che i fattori che hanno determinato nel passato un movimento di versante sono gli stessi che influiranno sui dissesti futuri. La valutazione della pericolosità può considerarsi oggettiva, dal momento che i fattori determinanti le frane e le loro interrelazioni vengono valutati su base statistica, anche se un certo grado di soggettività è introdotto sia al momento della scelta dei parametri da utilizzare, sia nella maniera in cui vengono raccolti i dati.

La forza di questo approccio dipende direttamente dalla qualità e quantità dei dati a disposizione; al contrario, un aspetto negativo consiste nel fatto che i modelli elaborati per una zona non possono essere facilmente estrapolati a zone limitrofe:

una certa combinazione di fattori che determina instabilità in una parte dell'area di studio può non determinare instabilità in un'altra zona (van Westen et al., 1999).

Gli approcci statistici possono essere di due tipi: multivariato e bivariato.

Nell'analisi multivariata, tutti i fattori di instabilità vengono analizzati per mezzo di tecniche di regressione multipla, oppure vengono incrociati con la carta inventario delle frane, stabilendo delle correlazioni per le aree stabili e per quelle instabili con analisi discriminanti. Esempi di analisi statistiche di questo tipo sono stati presentati per primi in Italia da Carrara (1983, 1989) e dai suoi colleghi (Carrara et al., 1990, 1991, 1992): in questi lavori celle, unità morfologiche o unità di condizioni uniche (UCU) sono state riclassificate in classi di pericolosità sulla base dei parametri propri del terreno (acclività, uso del suolo, geologia, esposizione dei versanti, ecc.) appartenenti a tali unità di mappa.

Utilizzando metodi statistici bivariati viene valutato, individualmente, il contributo di ogni parametro nei confronti dei movimenti di versante. Ogni parametro viene cartografato e suddiviso in un certo numero di classi, dopodiché si combina con la carta delle frane, ottenendo una probabilità condizionata della presenza o assenza di frana. A questo punto, con diverse tecniche statistiche, si possono calcolare i valori pesati da attribuire alle diverse classi. In letteratura esistono diversi metodi per eseguire questo tipo di calcolo: "*weight-of-evidence method*" (Spiegelhalter, 1986; Bonham-Carter, 1996), "*landslide susceptibility method*" (Brabb, 1984; van Westen, 1992, 1993), "*information value method*" (Kobashi e Suzuki, 1988; Yin e Yan, 1988). Altri metodi sono descritti da Chung e Fabbri (1993); tra questi troviamo: regole di combinazione Bayesiana (Bonham-Carter, 1996), fattori di certezza, logica fuzzy e il metodo Dempster-Shafer.

I metodi statistici, fornendo delle approssimazioni più oggettive, si pongono oggi come i procedimenti con i migliori risultati nella previsione spaziale dei fenomeni franosi, anche in virtù della maggior riproducibilità dei risultati ottenuti e della chiarezza delle regole di decisione utilizzate.

Metodi deterministici

I metodi deterministici ovvero modelli "*white box*", sono basati su modelli di stabilità dei versanti e permettono il calcolo quantitativo di un valore di stabilità (fattore di sicurezza). I modelli deterministici possono essere mono, bi o tridimensionali, a seconda della complessità del sistema di equazioni utilizzato per la

risoluzione delle leggi fisiche che descrivono le condizioni di rottura, lo spostamento e l'arresto dei corpi in frana. Per la soluzione di queste leggi viene richiesta la conoscenza di dati geotecnici puntuali. Per ottenere questi dati si richiedono pertanto un rilevamento in sito e prove di laboratorio. Per queste ragioni, i modelli deterministici vengono applicati su siti specifici e per fenomeni particolari (scala di versante) e non sono adatti per effettuare una zonazione della pericolosità in aree vaste. Un metodo che solitamente viene utilizzato è quello del pendio indefinito, applicabile nel caso di frane di ridotto spessore rispetto all'estensione longitudinale (scivolamenti o colamenti); ne è un esempio il modello SHALSTAB, sviluppato da Montgomery e Dietrich (1994) e Dietrich et al. (1995) ed applicato in vari siti negli Stati Uniti (Montgomery et al., 2000; Dietrich e Sitar, 1997).

I metodi descritti danno una valutazione della componente spaziale della pericolosità; ci dicono, cioè, quali sono le zone del territorio in esame dove possono attendersi eventi franosi. Una carta della pericolosità, facendo riferimento alla definizione data, dovrebbe mostrare la localizzazione delle frane attive e dei potenziali movimenti di versante, fornendo nel contempo informazioni sul tempo o la probabilità di occorrenza (tempo di ritorno), sul tipo di fenomeno realizzabile, sulla sua energia e sulla evoluzione (distanza di propagazione, limiti di retrogressione ovvero di espansione laterale). Al momento quindi le carte di pericolosità da frana rispondono, in genere, soltanto alla domanda su dove sia più probabile che si verifichi un movimento: sarebbe quindi meglio chiamarle "carte di suscettività al dissesto o di propensione" (Brabb, 1984).

Previsione temporale

I modelli presentati non possono predire, solo sulla base delle conoscenze spaziali di vecchi movimenti, quando una frana inizierà a muoversi. Per fornire tale informazione servono dati sulla frequenza dei movimenti, che possono essere ricavati dall'analisi delle serie temporali degli eventi, tramite archivi storici e dall'esame di riprese aeree di anni diversi. Questo tipo di dati, oltre ad essere frammentari e disomogenei, è oneroso sia da un punto di vista economico sia per il tempo necessario alla raccolta. Inoltre c'è da considerare che, ogni volta che si innesca un movimento, cambiano le condizioni topografiche, geomeccaniche ed idrogeologiche del versante, e si creano nuove condizioni di instabilità, diverse da quelle iniziali. Questi cambiamenti permettono al geomorfologo di riconoscere la frana e capire meccanismi e cause del movimento, ma limitano la capacità di

prevederne future riattivazioni. Anche l'analisi delle serie temporali dei fattori di innesco può essere molto utile nel determinare la frequenza delle frane in una certa area, in quanto, solitamente, le notizie su eventi meteorici o terremoti sono più complete rispetto a quelle sulle frane. Se consideriamo, ad esempio, il caso di frane attivate da determinati eventi meteorici, è possibile stabilire, sulla base dei dati di pioggia e delle frane verificatesi nel passato, delle soglie per le quali si ha l'innesco di un movimento di versante, in determinate condizioni geologiche e topografiche (Glade et al., 2005).

Previsione tipologica

La previsione tipologica della pericolosità, cioè la previsione del tipo di frane che si possono verificare in un certo luogo ed in un certo momento, riveste una grande importanza nella corretta valutazione del rischio. La tipologia del fenomeno, infatti, influenza in modo determinante la valutazione previsionale sia dell'intensità del fenomeno stesso sia della vulnerabilità del territorio. Tipologie differenti presenteranno, inoltre, diversi fattori di controllo per l'innesco e la propagazione dei fenomeni, e perciò saranno diversi i modelli utilizzati per la previsione spaziale e temporale degli stessi. Tale previsione viene eseguita sulla base di criteri geologici e geomorfologici semplificati. In generale, considerando immutate le condizioni geomorfologiche e climatiche dell'area, una frana già avvenuta tenderà a riattivarsi con la medesima tipologia. Assume, quindi, una grande importanza il riconoscimento sul terreno dei movimenti verificatisi nel passato.

Nel caso dell'innesco di eventi franosi di neoformazione, il ragionamento è analogo: in zone con caratteristiche simili a quelle nelle quali sono state mappate e classificate le frane esistenti, avverranno, più probabilmente, fenomeni franosi dello stesso tipo di quelle già avvenute. L'assetto geologico, idrologico e geomorfologico fornisce ulteriori indicazioni sulla potenziale tipologia del fenomeno: su pendii argillosi moderatamente acclivi, ad esempio, non ci si aspetterà una frana di crollo.

Anche la previsione dell'intensità di una frana, ovvero del suo potere distruttivo, fa parte della previsione tipologica e riveste, ovviamente, un'importanza fondamentale nella valutazione del rischio. La pericolosità dei fenomeni franosi dovrebbe essere differenziata sulla base dell'intensità attesa, in modo da consentire una migliore stima delle conseguenze. Il risultato di una previsione di questo tipo dipenderà dalla quantità e dalla qualità delle informazioni raccolte in sede di inventario delle frane, in modo da avere una corretta caratterizzazione dello stato della natura. Il potere distruttivo di una frana, in prima analisi, è funzione sia della sua

velocità sia del suo volume, anche se nei piani di gestione della pericolosità e del rischio si considera principalmente la velocità, perché intimamente correlata alla salvaguardia dell'incolumità delle persone. Uno studio di Schuster et al. (2002) osserva, infatti, come il maggior numero di morti si abbia in occasione di debris flows veloci e molto mobili.

In generale, i fattori che influenzano maggiormente la velocità di un fenomeno franoso sono le caratteristiche della massa in movimento, il contenuto in acqua, la pendenza del versante lungo il quale la massa si muove e, per piccole frane, l'eventuale presenza di copertura boschiva lungo il versante.

La determinazione e previsione della velocità è in generale problematica. E' possibile ottenere stime approssimate sulla base della tipologia del fenomeno e dallo stato di attività. Lo stato di attività assume particolare importanza nel caso di meccanismi di scivolamento che avvengono per deformazioni di taglio; in questo caso, eventuali movimenti di neoformazione saranno più veloci delle riattivazioni di un movimento precedente, poiché i primi sono caratterizzati da una rottura fragile, mentre i secondi avranno un comportamento duttile, in quanto la resistenza è decaduta a livelli residui (Canuti et al., 1996).

Previsione dell'evoluzione

La previsione della propagazione dei fenomeni è un altro aspetto importante nel processo di valutazione della pericolosità, in quanto consente di individuare le aree che possono essere interessate, direttamente o indirettamente, dal fenomeno franoso. E' da valutare con attenzione, soprattutto per quei tipi di fenomeno caratterizzati da elevata velocità e notevole distanza di espansione (ad esempio debris flows e frane di crollo).

L'evoluzione spaziale del fenomeno è legata alla natura fisico-meccanica dello stesso ed è pertanto regolata da leggi complesse che devono tenere in considerazione i parametri fisici (massa, densità, ecc.), meccanici (coesione, resistenza al taglio, ecc.) e geometrici (forma dei blocchi, forma dei ciottoli) dei materiali. Inoltre, diversi fattori esterni, quali la topografia, la rugosità della superficie, la vegetazione, la presenza di strutture antropiche, ecc., influiscono sulla propagazione del fenomeno,

In letteratura vengono presentati modelli fisici per calcolare le distanze di propagazione di diversi tipi di frana (Miao et al., 2001); altri approcci sono di tipo empirico, correlando, ad esempio, le dimensioni della frana alle condizioni topografiche (Corominas, 1996; Rickenmann, 1999; McClung, 2001).

Per quanto riguarda la previsione dei limiti di retrogressione, essa si effettua essenzialmente durante il rilievo sul terreno. E' importante descrivere il tipo di frana e lo stile di attività, riportando in carta la presenza di segnali precursori, come fessure e scarpate nella zona di coronamento. In alcuni casi, il limite massimo di retrogressione può essere posto lungo la linea dello spartiacque, anche se spesso risulta troppo cautelativo.

2.5 PIANI DI BACINO A CONFRONTO: ANALISI DELLE METODOLOGIE

L'operato delle Autorità di Bacino nella individuazione delle aree a rischio è stato guidato dalle disposizioni legislative: il D.P.C.M. 29/9/98 è stato emanato proprio per assicurare la realizzazione di prodotti di Piano omogenei e confrontabili, ma malgrado questo è possibile riconoscere alcune specificità nell'operato delle singole Autorità. Per comprendere i diversi approcci metodologici sono stati esaminati gli elaborati di piano di alcune autorità: Arno, Tevere, Serchio e Alto Adriatico, per quanto riguarda quelle nazionali; Magra, Marecchia-Conca e Reno, per le interregionali, ed infine Liguria e Calabria per le Autorità regionali.

Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità, è possibile riconoscere un percorso metodologico, comune a tutte le autorità, articolato in due momenti fondamentali:

1. La fase di inventario dei fenomeni di dissesto, generalmente speditiva, che costituisce un primo elaborato della pericolosità.
2. La definizione di metodi per la zonazione della pericolosità su tutta l'area di studio.

La prima fase implica una serie di azioni che vanno dall'acquisizione di dati pregressi, in possesso delle diverse Amministrazioni pubbliche, ai rilievi fotointerpretativi e ai sopralluoghi diretti, per finire con una prima, sommaria, identificazione e classificazione dei tipi e dell'intensità dei processi in atto. Nella seconda fase vengono approfondite le valutazioni sulla pericolosità, in primo luogo attraverso la definizione completa dei fenomeni inventariati, con l'esplicazione di parametri, come stato di attività, stile di attività, intensità, tipo di movimento, tipo di materiale, in grado di fornire informazioni utili al fine di stabilire gli effetti attesi. Le

Autorità di Bacino, visti i limiti di tempo e di disponibilità finanziarie e consapevoli della scarsità dei dati a disposizione e a causa dei, hanno scelto di limitarsi ad una preliminare valutazione di un grado di pericolosità relativa, classificando il territorio secondo classi di pericolosità generali, senza tentare di prevedere in modo esplicito il tempo di ritorno degli eventi.

Facendo riferimento all'esperienza ed al principio generale che un dato fenomeno di instabilità avviene con maggiore frequenza laddove si è verificato in passato, il rilevamento di dettaglio delle forme e dei processi del territorio, nonché l'indicazione del loro stato di attività, possono consentire una previsione in termini qualitativi della ricorrenza dei fenomeni. Per gli ambiti territoriali non interessati da frane si dovrebbe eseguire un'analisi della suscettività al dissesto, ovvero individuare la presenza di indicatori geomorfologici che possano rappresentare indizi precursori di fenomeni di instabilità, la presenza di caratteri fisici del territorio che rappresentino fattori predisponenti di fenomeni di instabilità, quali caratteri litologici, clivometrici e giaciture, nonché caratteri relativi alle coperture detritiche superficiali.

Le principali differenze metodologiche si riscontrano, come già accennato, nella valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto. Tutte le Autorità di bacino considerate, ad eccezione di quella del Reno, utilizzano direttamente l'identificazione del fenomeno franoso per valutare la pericolosità. Mentre, però, nel territorio del Magra, dell'Arno e del Serchio, il livello di pericolosità viene assegnato sulla base dello stato di attività della frana, le altre autorità pervengono ad una valutazione della pericolosità attraverso il prodotto dell'intensità e dello stato di attività, che si esplica mediante l'applicazione di matrici di incrocio dei dati. Vediamo alcuni esempi:

- Magra: vengono definiti tre livelli di pericolosità decrescente PG4, PG3 e PG2 in relazione allo stato di attività della frana: attiva, quiescente, inattiva.
- Serchio: le frane attive vengono classificate come aree a pericolosità molto elevata (PG4); le frane quiescenti vengono classificate come aree a pericolosità elevata (PG3).
- Marecchia-Conca: la pericolosità di frana viene definita attraverso l'incrocio di diversi parametri. Si inizia con il determinare il primo indice di pericolosità, definito dalla relazione tra tipo di frana (espansione, colamento, scivolamento, ribaltamento e crollo) e stato di attività (attive, quiescenti e stabilizzate); dall'incrocio del primo indice con le modalità evolutive (in diminuzione, costanti, in avanzamento, retrogressive, in allargamento e multidirezionali) si ricava il secondo indice di pericolosità; la pericolosità finale è il risultato di un ultimo incrocio tra il secondo indice e le dimensioni del dissesto (superfici e volumi nel caso di crolli e ribaltamenti).

- Tevere e Alto Adriatico: utilizzando una matrice di correlazione si definiscono le classi di pericolosità sulla base dei valori di intensità e di frequenza: l'intensità viene valutata attraverso l'incrocio del volume della frana con la velocità presunta del movimento, mentre la frequenza dei fenomeni franosi viene determinata dallo studio multi-temporale dei dissesti (fotografie aeree riprese negli ultimi 50 anni).

Per il Reno il discorso è diverso; infatti, vengono individuate le Unità Idromorfologiche Elementari, che rappresentano l'unità di ordine gerarchico inferiore del bacino idrografico, caratterizzate da un proprio comportamento idrologico-geomorfologico (Guida et al., 2005), ed in queste viene valutata la pericolosità, calcolando un indice di dissesto sulla base dei dissesti osservati. Gli indici ottenuti per ogni unità territoriale di riferimento sono stati accorpati in 4 classi di Pericolosità (P1, P2, P3, P4). La zonazione della pericolosità, quindi, non è limitata al singolo corpo franoso, ma è estesa all'intera unità idromorfologica. Una metodologia di questo tipo è stata applicata anche dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli.

All'atto della redazione dei PAI, in alcuni casi, sono state individuate metodologie di tipo più generale che, in coerenza con lo stato dell'arte della ricerca, permettessero di caratterizzare la propensione al dissesto del territorio. L'Autorità di Bacino del Fiume Arno, ad esempio, in aggiunta alle aree interessate da frane, effettua valutazioni qualitative sulle condizioni di stabilità: condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli, quali scarpate rocciose o calanchi, e/o litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità. Anche l'Autorità di Bacino del Fiume Serchio ha realizzato una carta della pericolosità geomorfologica che riporta la propensione al dissesto, distinguendo e mappando aree con instabilità potenziale per caratteristiche geomorfologiche come ad esempio bordi di terrazzi fluviali o terreni acclivi e aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche. Nei due casi citati si è provveduto ad effettuare una valutazione qualitativa della suscettività al dissesto, sulla base di criteri geomorfologici; nei bacini regionali liguri invece sono state realizzate delle vere e proprie "Carte di Suscettività al Dissesto dei Versanti", utilizzando la metodologia degli indici, incrociando cioè diversi tematismi, ad ognuno dei quali viene attribuito un peso. I tematismi utilizzati sono: la geologia, la geomorfologia, l'acclività, l'idrogeologia, l'uso del suolo e la franosità reale. Dall'incrocio di tali tematismi sono derivate cinque classi di suscettività al dissesto, alle quali sono state applicate le Norme di Piano. Un approccio di questo tipo rimane abbastanza isolato rispetto alle altre realtà italiane, in virtù di una peculiarità del territorio ligure, che presenta numerosi corsi d'acqua con bacini non molto estesi. La Regione Liguria, demandando alle Province il compito di realizzare i Piani di Bacino (L.R. 9/93), ha individuato nel territorio 20 "Ambiti", ciascuno dei quali può contenere

uno o più bacini idrografici. In tali bacini i territori presentano una certa omogeneità da un punto di vista sia morfologico sia geologico, situazione, questa, nella quale il metodo degli indici sembra dare risultati migliori rispetto a situazioni con bacini più vasti e disomogenei; inoltre, per piccole aree, risulta più semplice raccogliere i dati necessari e provvedere alla validazione dei risultati ottenuti tramite verifica sul terreno.

A dimostrazione della necessità di utilizzare le metodologie sopra citate in zone ristrette, possiamo riferire il caso del bacino del Torrente Virginio, nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino dell'Arno; in tale area si sta cercando di mettere a punto un criterio per l'aggiornamento ed integrazione delle conoscenze di base del Piano, secondo un approccio integrato tra rilevamento geomorfologico, geologico, litotecnico, idrogeologico e di uso del suolo, ed i distinti tipi di frana. La metodologia può essere intesa come una sintesi fra previsione spaziale e previsione tipologica: è stata infatti eseguita l'analisi di sito, finalizzata all'individuazione e alla spazializzazione dei parametri discriminanti e predisponesti; la valutazione incrociata dei dati spaziali e delle informazioni raccolte nell'analisi di sito ha permesso l'applicazione di una funzione di suscettività al dissesto, che ha portato alla definizione di quattro classi.

Una volta realizzate le carte della pericolosità le diverse Autorità sono passate alla valutazione del rischio: dall'analisi dei Piani inerenti l'Assetto Idrogeologico, si evince che l'assunzione dell'espressione di rischio è avvenuta, generalmente, in maniera qualitativa. Nelle Relazioni di Piano sono diffusi i riferimenti alle difficoltà metodologiche proprie dell'analisi del rischio: difficoltà nel determinare quantitativamente la capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate da un certo evento (vulnerabilità) o il valore monetario degli elementi a rischio. In generale, è possibile riconoscere una procedura simile per tutte le Autorità, che prevede un approccio semplificato all'equazione generale del rischio:

- individuazione degli elementi a rischio, generalmente mediante analisi della cartografia tecnica, eventualmente integrata da analisi delle fotografie aeree più recenti, e controllo degli elaborati di pianificazione urbanistica; i principali elementi a rischio presi in considerazione rientrano in tre categorie: insediamenti urbani, infrastrutture di trasporto e infrastrutture di servizio;
- incrocio degli elementi a rischio con gli ambiti di pericolosità e definizione del rischio.

In pratica, considerando la vulnerabilità dell'elemento a rischio pari a 1 ovvero al 100%, cioè distruzione totale del bene a seguito dell'evento calamitoso, si è

provveduto alla valutazione del rischio specifico che, in questo modo, ha il significato di una probabilità di impatto:

$$R_S = H \cdot E_S \cdot V = P_i \cdot V \quad \text{per } V=1 \text{ abbiamo} \quad R_S = P_i$$

Si differenziano, in questo caso, l'Autorità di Bacino del Tevere e quella del Marecchia-Conca, che affrontano lo studio delle interazioni tra il fenomeno potenzialmente distruttivo e gli elementi potenzialmente a rischio, in modo da definire una funzione del danno. Le funzioni di danneggiamento sono specifiche per ogni tipo di elemento (persone, abitazioni, infrastrutture, ecc.) e dipendono dal fenomeno in questione (tipo di frana).

La procedura del Tevere, sperimentata dal CNR-IRPI di Perugia, prevede l'utilizzo di una serie di tabelle che permettono di stimare qualitativamente, oltre alla pericolosità, come abbiamo visto in precedenza, anche il grado di danneggiamento atteso (estetico, funzionale, strutturale), in funzione della tipologia di movimento e del tipo di elemento a rischio, e i livelli di rischio specifico, sulla base della pericolosità e della vulnerabilità. In ultima analisi, viene stimato il rischio totale per l'area oggetto di indagine: la procedura sviluppata prevede di valutare il rischio totale, in maniera qualitativa, utilizzando le quattro classi di rischio previste dal D.P.C.M. 29/9/98.

L'Autorità del Marecchia-Conca ha messo a punto una procedura automatica, in tutto simile a quella del Tevere, che, combinando in matrici successive le informazioni su pericolosità, elementi a rischio e tipo di movimento, permette di attribuire a ciascun dissesto una classe di "rischio relativo", al fine di individuare le priorità di intervento.

2.6 PIANI DI BACINO A CONFRONTO: ANALISI DELLE NORMATIVE

Nel processo di redazione dei Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico la fase di gestione e programmazione degli interventi assume una grande rilevanza, in quanto deve essere il più possibile organica e finalizzata a rendere efficace l'attuazione delle opere o delle norme necessarie per l'eliminazione o la mitigazione delle criticità individuate.

Tra gli atti finalizzati al conseguimento degli obiettivi che i Piani per l'Assetto Idrogeologico si prefiggono, si annoverano sia misure strutturali, aventi come scopo

la riduzione della pericolosità, sia misure non strutturali, ovvero mirate alla conservazione di equilibri naturali, che sono "l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici" (L.183/90, art.17, comma 3). Le Autorità di bacino si sono avvalse di differenti forme di azione per raggiungere l'obiettivo di determinare un quadro di interventi, da realizzarsi in modo graduale e per stadi successivi, capaci nel loro complesso di riportare il rischio esistente sul territorio a livelli accettabili.

Gli interventi "strutturali", agendo sulla pericolosità, tendono a ridurre la probabilità di accadimento dei fenomeni potenzialmente dannosi e si possono a loro volta suddividere in opere di tipo diffuso, realizzate alla scala dell'intero bacino idrografico, oppure localizzate. Possono avere funzione di difesa passiva di manufatti o infrastrutture, ma in genere sono privilegiate le operazioni di difesa attiva, le quali propongono sistemazioni dei fenomeni che danno origine alle situazioni di rischio. Per quanto riguarda tali tipi di interventi, si può osservare un comportamento sufficientemente omogeneo nelle scelte delle procedure di manutenzione idraulica e idrogeologica e di gestione del patrimonio forestale al fine di garantire un miglior assetto idrogeologico dei versanti; gli interventi previsti devono essere, per quanto possibile, a basso impatto ambientale e devono adottare tecniche di ingegneria naturalistica, con grado di sicurezza paragonabile a quello delle opere realizzate con tecniche "tradizionali".

Gli interventi "non strutturali" comprendono molteplici possibilità di azione, che riguardano soprattutto la fase di potenziamento delle attività conoscitive e di monitoraggio e l'introduzione di regolamentazioni a carattere normativo, con carattere di prescrizione a tempo indeterminato o con misure di salvaguardia temporanee. La diversità tra le metodologie utilizzate per l'analisi della pericolosità e del rischio da frana si riflette anche in differenti approcci normativi, che hanno però un comune denominatore nelle indicazioni contenute nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento approvato con D.P.C.M. 29 settembre 1998. Tale atto, infatti, detta gli indirizzi per la definizione delle misure di salvaguardia, con particolare riferimento alle aree a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3).

La principale differenza riscontrata tra le diverse Autorità consiste nella scelta degli areali di applicazione della normativa che disciplina l'utilizzo del suolo: Tevere, Reno e Regione Calabria, al fine di limitare e ridurre il rischio da frana per centri abitati, nuclei abitati, previsioni urbanistiche, insediamenti industriali e artigianali principali, perimetrano e normano le aree in cui detti insediamenti interferiscono o possono interferire con i fenomeni di dissesto, cioè le aree definite a rischio; Magra, Serchio, Arno, Alto Adriatico, Marecchia-Conca e Liguria, invece, inquadrano

l'individuazione e la disciplina delle aree a rischio nel contesto più generale della perimetrazione e della disciplina delle aree a diversa pericolosità.

Nel primo caso l'approccio è ancora figlio, in parte, di un tipo di gestione emergenziale dei fenomeni di dissesto idrogeologico, che prevede la perimetrazione delle aree a rischio e la limitazione alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio, fino alla delocalizzazione delle attività più esposte, con lo scopo di mitigare ovvero eliminare il rischio.

Il necessario passaggio ad una fase di prevenzione, che contempli anche il recupero del presidio permanente dell'uomo sul territorio ed il recupero della manutenzione e della vigilanza continuativa sull'assetto idrogeologico collinare e montano, deve vedere privilegiata l'attenzione per il fenomeno in sé, svincolato dalle sue relazioni con eventuali interventi antropici. Quindi, solo definendo una disciplina delle destinazioni d'uso, graduata in base ai diversi livelli di pericolosità, in grado di orientare e consentire le attività e gli interventi antropici compatibili con le criticità rilevate, si potrà realmente attuare un'efficace politica di prevenzione del rischio idrogeologico. A sostegno di quanto detto, giova ricordare che anche le Autorità che hanno disciplinato le aree a rischio non hanno dimenticato completamente la pericolosità: il Tevere, ad esempio, demanda ai comuni la verifica di compatibilità della pianificazione urbanistica e territoriale vigente con le aree interessate da dissesto dei versanti (Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Norme di attuazione, art.9), sulla base di studi geologici e geomorfologici, al fine di evitare il verificarsi di nuove situazioni di rischio. Nel caso delle Autorità di bacino che hanno fatto uso degli areali di pericolosità per l'applicazione delle norme di utilizzo del territorio, l'individuazione delle classi di rischio è invece utilizzata al fine della programmazione degli interventi e per stabilire le priorità di realizzazione degli stessi.

Di seguito si riporta qualche esempio di normative d'uso del territorio per le situazioni di pericolosità molto elevata ed elevata (ovvero rischio, nel caso del Tevere, Reno e Regione Calabria), evidenziandone le principali differenze.

Nelle aree a pericolosità molto elevata solo l'Autorità del Magra consente la demolizione con ricostruzione, se finalizzata alla mitigazione della vulnerabilità dell'opera, la realizzazione di piccoli annessi agricoli e gli ampliamenti degli edifici esistenti, ammessi dal SUG vigente e finalizzati ad adeguamento igienico-sanitario, mentre tutte le altre ammettono solo demolizione senza ricostruzione; per quanto riguarda gli interventi di ristrutturazione edilizia senza aumento di superficie o di volume né aumento del carico urbanistico, essi sono consentiti dall'Autorità dell'Arno e da quella del Serchio, ma per quest'ultima Autorità solo se in aree non in frana.

L'Autorità del Marecchia-Conca è l'unica a prevedere, in aree ad elevata pericolosità, interessate da dissesti attivi, la demolizione e delocalizzazione di manufatti edilizi che non risultino efficacemente difendibili per le particolari condizioni

di pericolosità; fanno eccezione i manufatti di valenza storica e artistica. Nelle aree a pericolosità elevata sono generalmente consentiti interventi di realizzazione di nuove opere, infrastrutture e reti dei servizi, pubbliche o di interesse pubblico, essenziali e non altrimenti localizzabili e adeguamenti necessari alla messa a norma igienico-sanitaria di strutture e impianti; nel territorio di competenza del Marecchia-Conca sono consentiti ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti e interventi di nuova costruzione all'interno del tessuto urbano, previa analisi geologica e la realizzazione di servizi agricoli di modeste dimensioni, mentre le Autorità del Serchio e dell'Arno consentono la realizzazione di volumi tecnici necessari al miglioramento delle capacità produttive delle aziende e gli interventi di realizzazione di impianti tecnici di modesta entità, a servizio di edifici esistenti.

Oltre all'applicazione di prescrizioni dirette, in situazioni di rischio ovvero di pericolosità conclamata, per la tutela dei beni esposti e della vita umana, tutte le Autorità di bacino hanno provveduto ad emanare disposizioni normative di carattere generale finalizzate alla corretta gestione del territorio in chiave di difesa idrogeologica ed ambientale. Particolarmente incisivo, il Piano del Reno all'interno del quale sono introdotte prescrizioni per gli usi agro-forestali sia dell'intero territorio del bacino sia, in modo specifico, per le zone perimetrate ad alto rischio.

Dall'esame dei Piani per l'Assetto Idrogeologico, prodotti dalle diverse Autorità di bacino in questi anni, emerge chiaramente una certa disomogeneità, non tanto negli obiettivi e nelle finalità, peraltro ben definiti dalle normative vigenti, quanto nei percorsi scelti per giungere al risultato finale. Tale disomogeneità è figlia del carattere emergenziale del Decreto Legge 180 del 1998, che arrivò in un momento nel quale le Autorità di Bacino stavano attuando la riforma introdotta dalla L.183/89, modificando e accelerando le attività di pianificazione e programmazione in materia di difesa del suolo delle Autorità stesse.

A seguito di una drammatica serie di eventi catastrofici che coinvolsero sia il nord che il sud d'Italia, fra i quali i più devastanti furono certamente l'alluvione in Piemonte dell'autunno del 1994, la colata del fiume Sarno, in Campania, nel 1998, la tragedia del campeggio a Soverato, in Calabria, nel 2000 e, in quello stesso anno, l'eccezionale piena del Po, lo Stato risponde con una serie di disposizioni di legge che pongono la priorità sull'obiettivo di difesa delle popolazioni insediate e dei territori minacciati da condizioni di pericolo particolarmente gravi.

Con la richiesta di adozione, in deroga alla legge 183, dei Piani Straordinari diretti a rimuovere le situazioni a rischio più alto, diviene necessario individuare tali aree, all'interno delle quali contenere il più possibile l'esposizione al danno di beni vulnerabili, piuttosto che soffermarsi sulle azioni strategiche di prevenzione prefigurate dalla L.183/89, che erano finalizzate a realizzare condizioni di sicurezza in un'ottica più generale. Permane, comunque, la possibilità di stabilire azioni

strategiche, nonché prescrizioni di natura preventiva, connesse all'accertamento della distribuzione e della consistenza dei fenomeni di dissesto diffusi nei vari bacini, indipendentemente dalla presenza o meno di elementi a rischio. In altre parole, alla previsione e alle norme per la protezione dei beni a rischio molto elevato, si affianca anche una significativa serie di prescrizioni per le aree pericolose per potenziali fenomeni di dissesto o alluvionali.

I successivi Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico hanno recepito i contenuti dei Piani Straordinari, in particolare per quanto riguarda il quadro conoscitivo generale, l'analisi delle criticità, la pianificazione e la programmazione degli interventi di mitigazione, portando con sé, in alcuni casi, anche quell'ottica locale dei problemi, tipica del carattere emergenziale del provvedimento, troppo legata al binomio equilibrio e danno ad esso conseguente.

La maggior parte delle Autorità di Bacino nazionali, interregionali e regionali, però, come illustrato in precedenza, si è orientata verso un'impostazione di Piano che disciplini le aree idrogeologicamente pericolose, senza peraltro scavalcare gli standard previsti dal D.P.C.M. 29/9/98 sulla salvaguardia dei beni a rischio. Infatti, come è stato evidenziato nei precedenti paragrafi, l'individuazione delle aree pericolose costituisce un passaggio obbligato per riconoscere le situazioni a rischio: naturalmente le aree pericolose ricomprendono al loro interno anche le aree a rischio.

Dalle considerazioni sin qui esposte risultano comprensibili le disomogeneità metodologiche riscontrate negli elaborati di Piano, le quali seppur lievi possono determinare effetti diversi su zone anche vicine: si pensi ad esempio alle Regioni ovvero alle Province e ai Comuni che, ricadendo in due o più Autorità di Bacino, si trovano ad avere aree con cartografie della pericolosità realizzate con tecniche differenti e normative diverse.