

CLASSIFICAZIONE DEI MOVIMENTI FRANOSI

I movimenti franosi si verificano in una determinata area per effetto della concomitanza di diversi fattori sfavorevoli alla stabilità di un versante; appare quindi evidente che la determinazione ed il controllo di tali fattori aiuta ad evitare il ripetersi degli eventi negativi che generano danno all'uomo.

I fattori da tenere sotto controllo sul territorio sono numerosissimi e riguardano diversi aspetti (naturali, antropici, geologici, ecc.); alcuni di essi risultano caratteristici di un versante e rimangono invariati nel corso del tempo, altri invece devono essere soggetti a controlli periodici o ancor meglio in continuo per la loro rapida variabilità.

Alla prima categoria appartengono:

- fattori geologici ovvero riguardanti il tipo di roccia che costituisce l'area di interesse, sia in affioramento che in profondità
- fattori idrogeologici quali la permeabilità delle formazioni rocciose che condiziona il tipo di circolazione idrica superficiale e sotterranea; quest'ultimo fattore risulta essere in assoluto uno dei più importanti in quanto la circolazione delle acque sotterranee è collegata all'entità ed alla distribuzione delle pressioni neutre che sono spesso causa dei fenomeni franosi
- fattori morfologici ovvero le pendenze dei versanti dell'area di interesse che rivestono particolare importanza, poiché la forza che permette il movimento della frana è quella di gravità, per cui tanto più è inclinata la superficie topografica, tanto maggiore è l'instabilità (in quanto determina l'aumento della sollecitazione al taglio applicata al versante) e la velocità con la quale il movimento franoso si esplicherà
- fattori strutturali quali la presenza o meno di fratture o faglie, superfici di stratificazione, scistosità (orientazione degli strati di roccia dovuta all'effetto della pressione esercitata) e quant'altro possa costituire una superficie di debolezza del deposito
- fattori geologico-tecnici ovvero quelli, misurabili in laboratorio mediante indagini accurate e specifiche per ogni litologia, che ci danno indicazione delle resistenze alle sollecitazioni di taglio offerte dalle rocce agli sforzi direzionali

Alla seconda categoria di fattori (che quelli cioè cambiano velocemente nel tempo) appartengono invece:

- fattori climatici e vegetazionali che svolgono un ruolo determinante nell'innescare dei fenomeni franosi, soprattutto nei climi dove si alternano lunghe stagioni secche a periodi di intensa e/o prolungata piovosità. Ciò può comportare sia variazioni di portata della rete drenante superficiale con incrementi delle azioni erosive, sia innalzamenti delle superfici libere delle falde acquifere sotterranee, con effetti particolarmente negativi, soprattutto quando le falde sono prossime alla superficie topografica. Per quanto concerne poi la vegetazione, una estesa copertura boschiva costituisce un naturale ostacolo all'azione degli agenti atmosferici.
- fattori antropici ovvero legati all'azione dell'uomo che per le loro esigenze, impongono interventi in tempi estremamente brevi, provocando alterazioni improvvise delle situazioni naturali raggiunte in tempi molto lunghi. Le azioni antropiche, siano esse attive quali gli scavi, gli appesantimenti dei

versanti o i disboscamenti, siano esse passive, quali l'abbandono delle terre, svolgono un ruolo di accelerazione dei processi morfogenetici, provocando reazioni fino alla rapida alterazione degli equilibri naturali.

Tutte le azioni che turbano gli equilibri naturali di un versante, provocando lo spostamento di ammassi rocciosi e/o di terreni sciolti sotto l'azione della gravità, costituiscono le cause dei fenomeni franosi. Secondo i diversi studiosi che si occupano del problema frane esse possono essere distinte in: cause strutturali o predisponenti e cause occasionali o determinanti.

Le cause strutturali sono quelle connesse ai fattori geologici, morfologici, idrogeologici, quali la forma e le dimensioni dei corpi geologici, i tipi litologici, la giacitura degli strati, lo stato di fratturazione, l'alterazione delle rocce, la permeabilità, la pendenza dei versanti, ecc..

Le cause occasionali sono quelle che determinano in quel particolare momento l'alterazione degli equilibri naturali, in conseguenza della sfavorevole combinazione di più fattori: le più frequenti sono legate all'azione delle acque sia superficiali che profonde, nonché all'attività antropica.

Le alterazioni dell'equilibrio possono essere ricollegate essenzialmente a due categorie:

- incremento degli sforzi tangenziali (di taglio) che possono essere causati da diversi fattori quali sollecitazioni sismiche, aumenti di carico sul versante (dovuti a costruzione di rilevati stradali, grandi opere in genere), aumento del peso specifico apparente del terreno (a seguito dell'aumento del contenuto d'acqua), aumento dell'acclività del versante (dovuta o a fenomeni di scalzamento al piede in occasione di eventi pluviometrici importanti che producono un aumento dell'azione erosiva o ad interventi antropici come sbancamenti alla base del versante)

I casi di incremento degli sforzi di taglio si verificano principalmente durante lavori di scavo, sbancamento o costruzione di edifici e rappresentano versioni diverse di uno stesso fenomeno, ossia il cambiamento nella distribuzione dei pesi all'interno del pendio. Il peso delle masse situate nella porzione alta del pendio, gioca a favore della rottura e del franamento, perché si traduce in gran parte appunto in forze di taglio.

Quello invece delle masse poste invece alla base esercita un ruolo di contrasto e di stabilizzazione, del tutto simile a quello svolto da un reggilibro da una fila di volumi.

Aumentare la rapidità di un pendio, caricarne la sommità o asportarne del materiale alla base, equivale a incrementare i pesi situati nella parte alta a discapito di quelli distribuiti in basso. Si produce così quell'aumento delle forze di taglio che può portare al franamento.

- decrementi delle resistenze al taglio che possono invece dipendere da una diminuzione della coesione tra le particelle (in seguito a fenomeni alterativi di tipo fisico, chimico o biologico), rammollimento del materiale (per presenza d'acqua), aumento delle pressioni neutre (per eventi meteorici o per particolari condizioni idrauliche al contorno che determinano una diminuzione delle pressioni effettive e, quindi, della resistenza al taglio) o con l'insorgere di sollecitazioni di natura sismica.

Nei materiali coerenti la rottura avviene lungo superfici concave più o meno regolari (come quelle lasciate da un cucchiaio). Nei materiali sciolti non si ha invece una vera e propria rottura, ma un assestamento delle particelle, che tendono a ricostruire una superficie la cui

inclinazione coincida con l'angolo di riposo. Nel caso della saturazione in acqua, il meccanismo di rottura è più complesso, e riguarda soprattutto la resistenza per attrito. Dato però che la saturazione è il motivo principale o la concausa della maggior parte delle frane, è necessario un breve approfondimento.

Nei materiali coerenti l'acqua ha un effetto destabilizzante minimo, limitato alla dissoluzione del cemento che lega le particelle quando questo è di natura solubile. In quelli incoerenti, invece, ha diversi effetti secondo le condizioni di partenza. Quando è in piccole quantità, ossia quando non riempie completamente gli spazi vuoti tra una particela e l'altra, crea un sottilissimo, ma tenace velo che avvolge le particelle.

Se queste ultime sono abbastanza piccole, come granelli di sabbia, limo o argilla, il velo le trattiene insieme con una forza di natura elettrostatica notevole (dell'ordine di 25 t per ogni cm^2 di superficie di contatto).

Questo tipo di coesione è presente nei terreni umidi, ed è quella che permette per esempio di costruire i castelli di sabbia. Nel caso invece in cui della semplice umidità si passi alla completa saturazione del terreno (in altre parole al completo riempimento degli spazi vuoti tra le particelle), l'acqua elimina totalmente la coesione apparente e riduce in maniera sensibile la resistenza per attrito.

La resistenza a taglio delle rocce e dei terreni è di solito la somma di coesione ed attrito, in forme e in modi differenti secondo le condizioni in cui si trovano. Inoltre, uno stesso versante raramente si presenta come un corpo omogeneo e compatto; infatti esso è attraversato da fratture, stratificazioni o altre superfici di debolezza, lungo le quali agisce in pratica la sola forza d'attrito. Per questa ragione l'acqua è il più importante agente destabilizzante per i versanti.

CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI FRANOSI

Con il termine frana si indicano tutti i fenomeni di caduta ed i movimenti di masse rocciose o di terreni causati prevalentemente dalle forze di gravità. Classificare una frana non è un'impresa facile: infatti i movimenti di versante possono essere classificati in molti modi ed ogni metodologia classificativa proposta nel corso dei tempi ha una sua validità in relazione al riconoscimento, controllo, sistemazione del tipo di versante.

Tra i fattori che sono stati utilizzati come criteri per l'identificazione e classificazione vi sono:

- il tipo di materiale interessato e proprietà meccaniche
- il tipo di movimento
- le cause del movimento
- la durata e la ripetitività dei fenomeni.

Un carattere sicuramente distintivo e tenuto in grande considerazione da molti studiosi, in quanto rilevabile con buona approssimazione e con scarsi margini di incertezza mediante osservazioni di superficie e l'analisi di foto aeree, è rappresentato dal tipo di movimento.

1. Esso si riferisce al "movimento relativo tra corpo di frana e terreno in posto", con possibilità di valutazioni della distribuzione degli spostamenti nello spazio e della velocità del Al fine di potere meglio comprendere nel seguito la terminologia usata, si propone uno schema semplificato con relativa nomenclatura della parti fondamentali di un movimento franoso. In generale si definisce nicchia di distacco di una frana la zona del versante dalla quale si è verificato il distacco del materiale; essa si presenta con caratteristica forma "a cucchiaio" ed ha una larghezza maggiore nella porzione a quota più alta. Definiamo poi alveo o pendio di frana la porzione intermedia della frana in cui è avvenuto lo movimento del materiale che ha permesso l' affioramento di superfici pulite dovute al trascinamento del materiale per effetto della gravità. Si definisce infine cumulo l' insieme dei materiali accumulatisi nella parte bassa del versante che si presenta con forma convessa, rilevata rispetto alla superficie topografica preesistente. Più in particolare poi, per meglio specificare le diverse parti di frane complesse viene di seguito proposto il grafico in cui sono facilmente individuabili: movimento; inoltre è da t coronamento : esso rappresenta la zona sommitale da cui ha inizio il movimento franoso; questa zona, riscontrabile pressoché in tutti i tipi di frana, presenta una forma arcuata e rappresenta parte del versante in posto prima della frana
2. scarpata principale : essa è rappresentata dalla prima parete verticale, procedendo verso il basso, che identifica l'area quasi indisturbata circostante la parte sommitale della frana, provocata dall'allontanamento del materiale di frana da quello non spostato; questa e il suo prolungamento al di sotto al di sotto del materiale spostato costituiscono la superficie di rottura
3. testata o terrazzo di frana: essa rappresenta la prima zona di accumulo del materiale lungo il limite tra il materiale spostato e la scarpata principale, presenta una morfologia relativamente pianeggiante (terrazzo)

4. fessure trasversali : dovute alla movimentazione longitudinale del materiale ed alla progressiva perdita di acqua dal terreno mobilitato, possono rappresentare un valido indizio per la valutazione della quiescenza o della ripresa del fenomeno franoso
5. scarpata secondaria : essa è rappresentata da una ripida superficie che fraziona il materiale spostato prodotta da movimenti differenziali all'interno della massa in frana
6. terrazzo di frana secondario: seconda zona di accumulo temporaneo del materiale nella zona di trasporto del corpo di frana, presenta pendenze bassissime ed è a monte della zona di raccordo tra la zona di distacco e quella di accumulo definitivo del materiale
7. zona delle fessure longitudinali: in questa zona, per effetto dell'inversione delle pendenze, si viene a creare una zona depressa morfologicamente all'interno della quale ristagnano le acque di deflusso superficiale e sotterraneo conseguenti l'evento con formazione di un laghetti effimeri; il materiale in frana, per effetto della diversa velocità di mobilitazione, procede verso il basso determinando fratture longitudinali tra i diversi lembi
8. zona delle fessure trasversali : situata al limite tra la zona di distacco e quella di accumulo, presenta fessure da trazione dovute alla espansione del materiale e conseguente essiccamento che tende a superare la zona di intersezione della superficie di rottura con la superficie topografica
9. zona dei rigonfiamenti trasversali e, a valle, delle fessure radiali : in questa zona, presente nella porzione del cumulo di frana in movimento sulla sottostante superficie di rottura, si vengono a generare delle fessure dovute al diverso comportamento dei materiali ad elasticità differente interessati dal movimento. La zona dei rigonfiamenti è caratterizzata anche dalla evidente espulsione delle acque di saturazione dalla massa in movimento per compressione e strizzamento del materiale.
10. unghia del cumulo di frana : essa rappresenta la parte di materiale spostato che si trova a valle del margine inferiore della superficie di rottura. Questo materiale in movimento tende ad ampliare la propria larghezza sulla precedente superficie topografica via via che si sposta verso valle; contemporaneamente tende a ridurre sia lo spessore che la velocità del materiale in movimento

fianco destro : in questo schema semplificato il movimento franoso è rappresentato come uno spaccato di un versante in frana con facile individuazione del fianco destro della frana stessa che viene sempre riferito a chi guarda la frana dal coronamento enere presente che al tipo di movimento sono connesse anche le forme della superficie di scorrimento e del cumulo di frana.

IL RISCHIO IDROGEOLOGICO: CONCETTI GENERALI:

Il rischio R è definito come "l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso".

Per un dato elemento a rischio l'entità dei danni attesi può essere valutata attraverso:

- la pericolosità (H) ovvero la probabilità di occorrenza dell'evento calamitoso entro un certo intervallo di tempo ed in una zona tale da influenzare l'elemento a rischio;
- la vulnerabilità (V) ovvero il grado di perdita (espresso in una scala da zero = "nessun danno" a uno = "perdita totale") prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti a rischio risultante dal verificarsi dell'evento calamitoso temuto.
- il valore dell'elemento a rischio (E) ovvero il valore (che può essere espresso in termini monetari o di numero o quantità di unità esposte) della popolazione, delle proprietà e delle attività economiche, inclusi i servizi pubblici, a rischio in una data area.

Sotto determinate ipotesi il rischio può essere espresso semplicemente dalla seguente espressione, nota come "equazione del rischio":

$$R = H \times V \times E$$

Spesso è difficile giungere ad una stima quantitativa del rischio per la difficoltà della parametrizzazione, in termini probabilistici, della pericolosità e della vulnerabilità e, in termini monetari, degli elementi a rischio.

Spesso si può ricorrere a delle sintesi parziali delle informazioni valutando anziché il rischio totale R, il cosiddetto "rischio specifico" R_s o il "danno" potenziale D, definiti come segue:

Rischio specifico (R_s): significa il grado di perdita atteso quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale. Può essere espresso da:

$$R_s = H \times V$$

Danno (D): esprime l'entità potenziale delle perdite nel caso del verificarsi dell'evento temuto. Sotto determinate ipotesi può essere espresso da:

$$D = V \times E$$

La valutazione del rischio consiste nell'analisi dei rapporti che intercorrono fra i vari fattori di vulnerabilità del territorio e le diverse forme di pericolosità possibili.

La mitigazione del rischio può essere attuata, a seconda dei casi, intervenendo nei confronti della pericolosità, della vulnerabilità, o del valore degli elementi a rischio. Sia la valutazione che la mitigazione del rischio richiedono quindi l'acquisizione di informazioni territoriali sui caratteri geologico-ambientali e su quelli socio-economici dell'area in esame.

ANALISI DEL RISCHIO DI FRANA

Al fine di valutare il rischio connesso all'instabilità dei versanti, è necessario effettuare indagini finalizzate alla valutazione ed alla rappresentazione cartografica del grado di pericolosità connesso con movimenti gravitativi o movimenti di massa. In merito alla valutazione del danno potenziale o del rischio, nonché i criteri ed i metodi per la mitigazione di quest'ultimo, vengono di seguito proposte delle linee guida generali.

La valutazione della pericolosità richiede l'analisi dei fattori che determinano le condizioni di instabilità e le mutue interazioni fra questi. Tale valutazione è generalmente complessa e richiede la quantificazione, sia a livello spaziale che temporale, della probabilità che ogni tipologia di evento calamitoso possa verificarsi.

Per la valutazione della pericolosità devono essere redatti una serie di documenti analitici, consistenti in carte tematiche eventualmente associate con banche-dati, che contengano i principali elementi previsionali. Tali dati di base possono essere elaborati mediante procedure statistiche o con una valutazione soggettiva, per fornire una Carta di sintesi della pericolosità del territorio.

Inoltre per esplicitare il carattere delle condizioni di instabilità, in funzione dei possibili interventi, è necessario dare indicazioni sulla tipologia dei fenomeni stessi e su alcuni dei loro caratteri geometrici e cinematici (es. area, velocità presunta) poiché questi sono necessari alla valutazione del danno potenziale.

LE CARTE TEMATICHE DI BASE

Le cause della franosità sono molteplici, spesso interconnesse fra loro e, in genere, di complessa parametrizzazione. Per l'analisi della franosità su ampia scala è necessario limitarsi all'acquisizione dei dati solo sui principali fattori della franosità.

Oltre alle cause o fattori della franosità, la valutazione della pericolosità deve tenere conto degli effetti del dissesto, ovvero della distribuzione e delle caratteristiche dei fenomeni di instabilità verificatisi in passato o attualmente in corso di evoluzione. Gran parte degli eventi franosi che si verificano sul territorio rappresentano infatti delle riattivazioni, che si succedono con tempi di ritorno irregolari e solo parzialmente prevedibili, di eventi avvenuti in un passato più o meno recente.

In base a tale considerazione si procede a realizzare, alla scala 1:25.000, una cartografia geomorfologica che fornisce le principali indicazioni sulla geometria e sul meccanismo dei fenomeni franosi e sui principali elementi geomorfologici connessi con l'instabilità dei versanti. Si tratta sostanzialmente di un documento di tipo analitico in cui viene registrato lo stato di dissesto del territorio senza fornire alcuna sintesi o interpretazione. Tale Carta sarà realizzata mediante l'acquisizione di dati bibliografici, l'interpretazione delle foto aeree ed il rilevamento diretto sul terreno. Il livello di dettaglio con cui possono essere rappresentati i fenomeni franosi è necessariamente funzione della scala della cartografia e del livello di approfondimento.

La legenda impiegata si baserà sulla mappatura delle "forme" e dei "processi", distinti per "tipologia" e per "stato di attività". Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, di fondamentale importanza ai fini della zonazione del rischio, vengono considerati due stati di attività:

- forme e processi attivi: se sono associati a processi in atto al momento del rilevamento, o che ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale;
- forme e processi inattivi o quiescenti: forme non attive al momento del rilevamento, ma per le quali però esistono indizi che ne dimostrino un'oggettiva possibilità di riattivazione, in quanto esse non hanno esaurito la loro potenzialità di evoluzione.

CLASSIFICAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA'

Per la valutazione completa della pericolosità in termini probabilistici sono necessarie informazioni dettagliate e, soprattutto, uniformemente distribuite sul territorio, sulla ricorrenza temporale dei fenomeni franosi e/o sulle loro cause (precipitazioni, sismi, erosione, azioni antropiche). Tali informazioni, reperibili attraverso dettagliate ricerche storiche, sono di norma solo frammentarie e disomogenee nel caso in cui si debba procedere ad una zonazione del territorio a grande scala. Pertanto è necessario limitarsi alla valutazione di un grado di pericolosità relativa classificando il territorio secondo classi di pericolosità molto generali, senza tentare di prevedere in modo esplicito il tempo di ritorno degli eventi.

A questo fine, con i dati a disposizione, si può far riferimento all'esperienza ed al principio che un dato fenomeno di instabilità avviene con maggiore frequenza laddove si è verificato in passato, per cui il rilevamento di dettaglio delle forme e dei processi che sono stati attivi sul territorio, nonché l'indicazione del loro grado di attività, può consentire una previsione in termini qualitativi della ricorrenza dei fenomeni.

Attraverso una sintesi degli elementi rappresentati nelle carte tematiche di base è possibile derivare una Carta di instabilità dei versanti in cui sono rappresentate quattro classi che definiscono la localizzazione e la pericolosità relativa dei fenomeni di dissesto.

Tali classi sono basate sulla valutazione dei seguenti parametri:

- presenza di fenomeni franosi o erosivi in atto;
- presenza di fenomeni franosi o erosivi quiescenti o inattivi;
- presenza di indicatori geomorfologici che possano rappresentare indizi precursori di fenomeni di instabilità;
- presenza di caratteri fisici del territorio che rappresentino fattori predisponenti di fenomeni di instabilità, quali caratteri litologici, clivometrici e giacitureli nonché caratteri relativi alle coperture detritiche superficiali.

Per la zonazione del territorio si è fa solitamente riferimento al concetto di "area o bacino di pericolosità", ovvero alla zona in cui sono riunite le condizioni che stanno alla base del meccanismo di instabilità. Nel caso di fenomeni franosi o processi erosivi il "bacino di pericolosità" è generalmente limitato all'estensione del versante; tuttavia nel caso di fenomeni del tipo "colata o flusso detritico", che interessano spesso impluvi o aste fluviali montane e che sono in connessione con eventi idrologici, tale termine può essere esteso a comprendere un bacino in senso idrografico

CLASSE	DESCRIZIONE	PRESCRIZIONI	DIRETTIVE
H3	<p>Aree interessate da pericolosità per frana estremamente elevata, in cui sono presenti movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente o meno all'estensione areale della pericolosità.</p> <p>In queste aree, a seguito anche di ulteriori indagini di dettaglio, qualsiasi nuova utilizzazione agricola, urbanistica o edilizia, non è consentita fino a quando non siano state realizzate opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità, tali da comprovare, nel tempo, un raggiunto grado di stabilità. In tale caso una nuova perimetrazione, o deperimetrazione per annullamento del pericolo, può essere realizzata da parte delle Amministrazioni locali.</p>	<p>Nelle aree ricadenti in questa classe è vietata qualsiasi nuova utilizzazione urbanistica ed edilizia, nonché agricola ove aumenti l'instabilità del terreno, fino a quando non siano realizzate opere atte a rimuovere o mitigare la pericolosità.</p>	
H2	<p>Aree interessate da elevata pericolosità per frana evidenziata da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni, etc.). In dette aree, per un intorno significativo che comprenda la possibile zona di influenza del processo in atto, gli Strumenti Urbanistici dei Comuni potranno prevedere studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio che facciano da supporto ad ogni intervento sistematorio volto alla utilizzazione o al recupero funzionale dell'area.</p>		<p>Gli Strumenti Urbanistici dei Comuni salvaguardano le aree in classe H2 subordinando, di norma, a studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio ogni intervento sistematorio volto alla utilizzazione o al recupero funzionale dell'area stessa.</p>
H1	<p>Aree con moderata pericolosità per frana valutabile come tale sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri geotecnici dei materiali, struttura e giacitura geologica, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche di fenomeni, sia superficiali che profondi che possano</p>	<p>Nelle aree in classe H1, ferma restando la necessità di eseguire approfondite indagini geologico-tecniche per superfici di congrua estensione nel caso di grandi opere ed</p>	

	<p>riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi, o a movimenti gravitativi veri e propri.</p> <p>In tali aree, ferma restando la necessità di approfondimenti nelle indagini geologico-tecniche per un'area di congrua estensione nel caso di grandi opere e importanti trasformazioni territoriali, per interventi di modesta entità l'esecuzione di indagini specifiche può limitarsi al sito dell'intervento.</p>	<p>importanti trasformazioni territoriali, per interventi di modesta entità sono richieste indagini specifiche limitate al sito dell'intervento.</p>	
H0	<p>Aree esenti da pericolosità per frana, nelle quali i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.</p> <p>In dette aree sono ammissibili, senza specifiche indagini geologico-geotecniche, interventi di modesta entità ad eccezione di quanto prescritto dalla legislazione inerente l'edificazione.</p>		<p>Nelle aree in classe H0 sono ammissibili, senza specifiche indagini geologico-geotecniche, interventi di modesta entità.</p>

CLASSIFICAZIONE E ZONAZIONE DEL DANNO POTENZIALE

Il danno potenziale D esprime l'entità dei danni dato il verificarsi di un fenomeno franoso ed è definito dal prodotto del valore degli elementi a rischio E per la loro vulnerabilità V .

La vulnerabilità dipende sia dalla tipologia dell'elemento a rischio che dall'intensità del fenomeno franoso e, in pratica, esprime il raccordo fra l'intensità del fenomeno e le sue possibili conseguenze.

Il danno potenziale è indipendente dalla probabilità di occorrenza del fenomeno, ovvero dalla pericolosità, ed esprime l'aliquota del valore dell'elemento a rischio che può venire compromessa in seguito al verificarsi del fenomeno franoso.

Il primo passo necessario per la stima del danno potenziale è l'elaborazione di una scala di intensità dei fenomeni franosi. Una misura dell'intensità di questi può essere data dal prodotto dell'area in frana per la velocità. Quest'ultima in particolare può essere direttamente correlata con i danni potenziali.

Nell'ambito dell'UNESCO è stata di recente proposta una scala di velocità dei fenomeni franosi associata ad una scala dei danni, analoga alla scala Mercalli per i terremoti; in genere la stima della velocità dei fenomeni franosi è estremamente problematica; una stima molto approssimata della velocità può essere ottenuta sulla base della tipologia del fenomeno, del materiale coinvolto e del tipo di rottura (neoformazione o riattivazione), elementi che dovrebbero essere messi in evidenza nelle carte dei fenomeni di instabilità dei versanti.

Per quanto riguarda i versanti non ancora interessati da fenomeni franosi, ma potenzialmente instabili, è necessario procedere ad opportune estrapolazioni, tenendo conto della tipologie di frana che si verificano in condizioni geologiche, morfologiche, vegetazionali e antropiche simili.

Per un'analisi preliminare del rischio il danno potenziale può essere valutato con una metodologia semplificata che prescinde dalla precisa valutazione del valore degli elementi a rischio e della loro vulnerabilità.

L'analisi si effettua considerando una classificazione schematica del territorio in zone omogenee di urbanizzazione ed utilizzo del suolo. Per ogni zona viene previsto il danno potenziale in base sia alla tipologia di elemento a rischio, compreso il relativo valore, che all'intensità dei fenomeni franosi.

In pratica la mappatura si ottiene attraverso il confronto della carta della struttura del territorio con la Carta geomorfologica.

CLASSIFICAZIONE E ZONAZIONE DEL RISCHIO

Il rischio R esprime il danno atteso e dipende pertanto dal danno potenziale e dalla probabilità di occorrenza del fenomeno franoso. La valutazione del rischio si realizza quindi attraverso il confronto fra le Carte della pericolosità e del danno potenziale. Nelle zone in cui il rischio supera le soglie socialmente accettabili è opportuno prevedere interventi di prevenzione.

Si definisce rischio accettabile (o tollerabile) il rischio connesso con una probabilità di accadimento dell'evento e/o un'entità di danno potenziale compatibili con il quadro sociale, economico e culturale del territorio.

E' piuttosto problematico definire a priori una soglia di rischio accettabile e, ancor più, dei livelli di rischio da impiegare per la zonazione. La scelta di tali livelli deve essere necessariamente effettuata a livello locale tenendo conto della specificità del quadro socio-economico di ogni zona. Questa differenziazione su base locale determina tuttavia il problema dell'impossibilità del confronto fra Carte del rischio redatte in zone diverse.

A questo scopo può essere utile delineare dei criteri generali per la scelta, di volta in volta, delle classi di rischio da impiegare per la zonazione; in particolare, a titolo di esempio, vengono proposte quattro classi generali, descritte in tabella:

CLASSE	DESCRIZIONE	PRESCRIZIONI	DIRETTIVE
R3	<p>Aree interessate da rischio di frana estremamente elevato, in cui sono presenti movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica all'estensione areale del rischio.</p> <p>Queste aree, caratterizzate da elevata densità abitativa, infrastrutture viarie e di servizio (strade, ponti, ospedali, scuole, ecc.) e presenza di insediamenti produttivi di rilevante importanza nel tessuto socio-economico, devono essere predisposte opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione del rischio, tali da comprovare, nel tempo, un raggiunto grado di stabilità. In tale caso una nuova perimetrazione, o deperimetrazione per annullamento del rischio, può essere realizzata da parte degli organismi tecnici locali.</p>	<p>Nelle aree ricadenti in questa classe è vietata qualsiasi nuova utilizzazione urbanistica ed edilizia, nonché agricola ove si aumenti l'instabilità del terreno, fino a quando non siano realizzate opere atte a rimuovere o mitigare il rischio.</p>	
R2	Aree interessate da elevato		Gli Strumenti

	<p>rischio di frana evidenziato da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni, etc.). In dette aree, caratterizzate dalla presenza di densità abitativa media e presenza di elementi a rischio di valore intermedio, per un intorno significativo che comprenda la possibile zona di influenza del processo in atto, gli Strumenti Urbanistici dei Comuni potranno prevedere studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio; esse svolgeranno un ruolo di supporto ad ogni intervento sistematorio volto alla utilizzazione od al recupero funzionale dell'area.</p>		<p>Urbanistici dei Comuni salvaguardano le aree in classe R2 subordinando, di norma, a studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio ogni intervento sistematorio volto alla utilizzazione o al recupero funzionale dell'area stessa.</p>
R1	<p>Aree soggette a moderato rischio per frana valutabile come tale sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri geotecnici dei materiali, struttura e giacitura geologica, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche di fenomeni, sia superficiali che profondi, che possano riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi, o a movimenti gravitativi veri e propri.</p> <p>Tali aree sono caratterizzate da scarsa densità abitativa ed assenza di infrastrutture di servizio di particolare importanza; ferma restando la necessità di approfondimenti nelle indagini geologico-tecniche per un'area di congrua estensione nel caso di grandi opere e</p>	<p>Nelle aree in classe R1, ferma restando la necessità di eseguire approfondite indagini geologico-tecniche per superfici di congrua estensione nel caso di grandi opere ed importanti trasformazioni territoriali, per interventi di modesta entità sono richieste indagini specifiche limitate al sito dell'intervento.</p>	

	importanti trasformazioni territoriali, per interventi di modesta entità l'esecuzione di indagini specifiche può limitarsi al sito dell'intervento.		
R0	<p>Aree esenti da rischio di frana, nelle quali i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.</p> <p>In dette aree, caratterizzate spesso anche da densità abitativa nulla, sono ammissibili senza specifiche indagini geologico-geotecniche, interventi di modesta entità ad eccezione di quanto prescritto dalla legislazione inerente l'edificazione.</p>		Nelle aree in classe R0 sono ammissibili, senza specifiche indagini geologico-geotecniche, interventi di modesta entità.

Una valutazione più precisa del rischio, può essere effettuata in livelli di approfondimento successivi una volta che siano state individuate, con l'analisi semplificata preliminare, le aree a rischio socialmente non tollerabile (R2 e R3).

PREVENZIONE DEL RISCHIO DI FRANA

La prevenzione del rischio comprende le attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi franosi. Le attività di prevenzione devono essere programmate per tutte le zone in cui il rischio risulti socialmente non tollerabile (R2 e R3) con priorità assoluta per le zone ad alto rischio (R3).

Sono possibili in generale due strategie di prevenzione:

- mitigazione del rischio con interventi strutturali per ridurre la pericolosità;
- mitigazione del rischio con interventi non strutturali per ridurre il danno potenziale;

Gli interventi strutturali e non strutturali sono programmati nell'ambito dei Piani di Bacino, ai sensi della L.183/1989. La valutazione della loro efficacia in termini di riduzione del rischio e la programmazione di eventuali interventi integrativi rientrano nell'ambito dei Piani di Previsione e Prevenzione provinciali, regionali e di bacino di interesse nazionale, previsti dalla L.225/1992.

Interventi strutturali

La probabilità di occorrenza (pericolosità) delle frane in una determinata zona a rischio può essere ridotta a due criteri:

- intervenendo sulle cause predisponenti della franosità, per esempio mediante opere di bonifica e di sistemazione idrogeologica del territorio, oppure attraverso la razionalizzazione delle pratiche agricole o di utilizzo del suolo;
- intervenendo direttamente sui fenomeni franosi esistenti al fine di prevenire la loro riattivazione o limitare la loro evoluzione, mediante interventi di stabilizzazione. La stabilizzazione di una frana può realizzarsi attraverso la riduzione delle forze destabilizzanti (es. sagomatura o gradonatura) o l'incremento di quelle resistenti (drenaggio, trattamento chimico-termico, iniezioni di cemento, chiodature, tiranti, gabbionate, muri di sostegno, palificate, etc.).

Gli interventi strutturali hanno in genere costi elevati giustificabili solo in condizioni di rischio eccezionale (centri abitati, beni monumentali, etc.).

Interventi non strutturali

Il danno potenziale in una determinata zona può essere limitato intervenendo sugli elementi a rischio o sulla loro vulnerabilità.

La riduzione del valore degli elementi a rischio si esplica soprattutto in sede di pianificazione territoriale e di normativa, nell'ambito delle quali possono essere programmate le seguenti azioni:

- evacuazione di aree instabili e trasferimento dei centri abitati franosi;
- interdizione o limitazione dell'espansione urbanistica in zone instabili;
- definizione dell'utilizzo del suolo più consono per le aree instabili (es. prato-pascolo, parchi, etc.).

La vulnerabilità può essere ridotta mediante interventi di tipo tecnico oppure di tipo normativo che riguardino l'organizzazione sociale del territorio. Sono possibili ad esempio le seguenti azioni:

- consolidamento degli edifici con conseguente riduzione dell'entità di danneggiamento dell'elemento interessato dalla frana;
- installazione di misure di protezione quali reti o strutture paramassi (parapetti, gallerie, rilevati o trincee), in modo da determinare una riduzione della probabilità che l'elemento a rischio venga interessato dalla frana, senza tuttavia limitare la probabilità di occorrenza di questa;
- messa a punto di sistemi di monitoraggio e di allarme, che consentano un adeguato preannuncio in modo da limitare la probabilità che la vita umana sia vulnerata dall'evento franoso;
- organizzazione di piani di emergenza e di soccorso, al fine di limitare il più possibile i danni prodotti dalla frana.

Gli interventi non strutturali, rispetto a quelli strutturali, presentano una maggiore flessibilità ed un costo relativamente ridotto per cui devono essere comunque promossi nelle zone a rischio elevato.

TECNICHE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA

Nell'ambito della pianificazione del territorio e, in particolare, nella programmazione dello sviluppo urbanistico, il documento base che fornisce le indicazioni sulla propensione intrinseca al dissesto del territorio è rappresentato dalla Carta della pericolosità.

All'interno delle classi di instabilità precedentemente descritte si possono definire vincoli all'utilizzo del territorio e criteri di mitigazione del rischio, sulla base della tipologia dei fenomeni che sono responsabili dell'instabilità stessa. I criteri di intervento e le opere di mitigazione e di prevenzione dipendono strettamente dai meccanismi dei fenomeni in atto o potenziali per cui, oltre alle informazioni sulla pericolosità, è necessario disporre di una zonazione tipologica dei fenomeni. Tale zonazione può essere ottenuta confrontando la Carta di instabilità dei versanti con la Carta geomorfologica, nella quale sono cartografati i fenomeni presenti e passati, distinti sulla base della loro tipologia e del loro stato di attività. Per quanto riguarda le aree che ricadono nelle classi H2 e H3, nelle quali si possano avere condizioni predisponenti al verificarsi di potenziali fenomeni di instabilità, ma qualora queste non siano rilevabili sulla base delle indicazioni riportate nella Carta geomorfologica (ad esempio per ragioni di scala), l'individuazione delle tipologie deve essere effettuata in sede di indagine geologica di dettaglio.

SCIVOLAMENTI E COLAMENTI LENTI IN TERRA

Nelle aree soggette a fenomeni di scivolamento e colamento lento di terra devono essere interdetti con prescrizioni:

- l'espansione urbanistica se non integrata con opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità;
- tutti i lavori di colmamento, escavazione e scalzamento, i quali non siano giustificati da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrare l'efficacia degli stessi per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- l'accumulo di materiali di ogni natura che non sia giustificato da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrarne l'efficacia per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- la dispersione di acque sulla superficie del terreno e/o la loro infiltrazione nello stesso (con pozzi a perdere in particolare) e, comunque, ogni intervento che abbia per effetto un innalzamento del livello di falda idrica nel terreno.
- il disboscamento a meno che esso non sia giustificato da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrarne l'efficacia per un'effettiva riduzione della pericolosità.
- la demolizione di opere che svolgano una funzione di sostegno a meno che queste non siano sostituite con altre opere con lo stesso fine, la cui stabilità deve essere assicurata in ogni fase dell'intervento.

L'ubicazione dei beni e delle attività deve inoltre rispettare i seguenti principi, tenendo conto comunque che la prevenzione più efficace e meno costosa consiste nell'evitare le aree esposte al pericolo e che, in ogni caso, tali regole vanno esaminate in funzione del contesto locale.

1. Il progetto di beni e di attività futuri, quale che sia la loro natura, deve prevedere accorgimenti di protezione e rinforzo, mediante una o più delle seguenti tecniche scelte sulla base di approfondite indagini geologiche e geotecniche:
 - rinforzo della struttura;
 - esecuzione di interventi di consolidamento profondi (es. palificate);
 - rimodellamento del terreno;
 - drenaggio dell'acqua;
 - opere di sostegno;
 - opere di rinforzo (tiranti, ancoraggi, etc.)
 - protezione dall'erosione del piede del pendio.

1. La rete di evacuazione dei fluidi deve essere realizzata in modo da poter sopportare, senza danno, movimenti limitati della sua base, e deve essere oggetto di verifiche periodiche della sua funzionalità e riparata, se del caso, in maniera da poter sopportare movimenti limitati della sua base.
2. Le superfici denudate o con vegetazione diradata devono essere sottoposte a rivegetazione con essenze opportune.
3. Quando esistono reti di raccolta idrica, tutte le acque vi devono essere raccordate; in loro assenza esse devono essere raccolte in serbatoi stagni o trasferite, se necessario dopo depurazione, fuori dalla zona di influenza del franamento.

CROLLI E RIBALTAMENTI DI ROCCIA

Nelle aree soggette a fenomeni di crollo e ribaltamento di roccia devono essere proibiti con prescrizioni:

- l'espansione urbanistica sulla sommità della ripa e a partire dal suo piede verso valle, per una fascia da determinarsi in base al contesto locale;
- la dispersione e l'infiltrazione di acqua sulla sommità della ripa e a partire dal suo piede verso valle, per una fascia da determinarsi in base al contesto locale;
- il deposito e l'accumulo di materiali di qualunque natura sulla sommità della ripa, per una fascia da determinarsi in base al contesto locale.
- le aperture nelle facciate di edifici, esposti verso la parete e ubicati entro una distanza critica da questa (da stabilire sulla base di indagini geologico-tecniche di dettaglio), fino ad un'altezza da determinarsi sulla base del contesto locale.

I beni e le attività, qualunque sia la loro natura, devono essere protetti mediante direttive che si riferiscano all'uso di una o più delle seguenti tecniche:

- ripulitura della parete e della scarpata con rimozione dei blocchi instabili;
- pilastri, contrafforti e sottomurazioni (per blocchi di volume mediamente maggiore di 1 m³);
- ancoraggi, bulloni, chiodi (per blocchi di volume mediamente maggiore di 1 m³);
- reti paramassi (per blocchi di volume mediamente minori di 1 m³);
- calcestruzzo proiettato su pareti rocciose (per blocchi di volume mediamente minori di 1 m³);
- messa in opera di strutture paramassi (schermi flessibili, rigidi o in terra; dispositivi di arresto e frenatura di pietre e blocchi);
- trattamento di superfici esposte (copertura a griglia) eventualmente anche con un terrazzamento di cui si garantisca la stabilità;
- rivegetazione della parete con opportune essenze ed opere per la riduzione del ruscellamento superficiale.

COLATE RAPIDE DI TERRA FANGO E DETRITO

Nelle aree soggette a fenomeni di colamento rapido di terra, fango o detrito devono essere proibiti con prescrizioni:

- l'espansione urbanistica all'interno del "bacino di pericolosità", se non integrata con opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità;
- i depositi ed accumuli di materiale di ogni tipo al di sopra di una quota da valutarsi sulla base del contesto geologico e idrografico locale;
- la dispersione di acque sulla superficie del terreno;
- il disboscamento.

L'ubicazione dei beni e delle attività deve rispettare le seguenti direttive, tenendo conto comunque che la prevenzione più efficace e meno costosa consiste nell'evitare le aree esposte al pericolo e che, in ogni caso, tali regole vanno esaminate in funzione del contesto locale.

1. Le facciate di edifici, suscettibili di ricevere l'onda di materiale detritico, devono essere rinforzate, adottando particolari accorgimenti per le aperture.
2. Le sorgenti, le emergenze di falda e le acque di qualunque origine, suscettibili di muoversi sulla superficie del terreno, devono essere captate ed evacuate per mezzo di dispositivi stagni fino ad un punto di uscita stabile e non erodibile.
3. Le superfici denudate devono essere rivegetate con essenze opportune.
4. Le incisioni devono essere stabilizzate con tecniche di sistemazione quali stabilizzazioni del piede, soglie, briglie, dighe, deviazioni e protezione delle ripe.

I beni e le attività devono essere ubicati ad una distanza dall'asse dell'incisione valutabile sulla base di un approfondito studio geologico-tecnico.