



ALLEGATO II

Procedura pericolosità generata da colate e da scivolamenti che evolvono in colate

Questa procedura viene applicata alle colate e agli scivolamenti in terreno che possono evolvere in colate. Si tratta di fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a 1000 m³), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore). Per valutare la probabilità di innesco di colate e scivolamenti, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge, prendendo in considerazione l'intero versante, fino eventualmente alla cresta. Una volta individuate, queste aree devono essere suddivise in zone a pendenza e caratteristiche di resistenza al taglio (valutata in base alla litofacies e alla granulometria riconosciuta in sito, o eventualmente tramite analisi granulometriche) omogenee. Per la definizione della granulometria si consiglia di utilizzare la classificazione UNI EN ISO 14688.

Nel caso in cui vi siano depositi che presentano mescolanze di varie classi granulometriche viene considerata la classe granulometrica più rappresentata (valori modali) oppure quella di granulometria inferiore (argilla e limo), se presente in percentuali superiori al 25% o se forma orizzonti continui di spessore almeno centimetrico.

Per quanto riguarda la pendenza devono essere individuate almeno 3 classi in funzione delle caratteristiche morfologiche del versante (naturalmente solo per le aree in terreno).

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio, queste dovranno essere valutate (in termini di coesione e attrito) per ogni litofacies riconosciuta. A questo scopo, si utilizzino se possibile dati derivati da prove di laboratorio sulle litologie del sito indagato. In mancanza di questi dati, possono essere utilizzate correlazioni empiriche che mettono in relazione i risultati di semplici prove in sito con i parametri di resistenza al taglio, come ad esempio *Vane test* e *pocket-penetrometer* per la coesione non drenata (C_u) per i terreni coesivi. Per i terreni non coesivi si possono utilizzare correlazioni tra la densità relativa e l'angolo di attrito. La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definite fornirà una serie di aree omogenee ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione. Questi valori vengono utilizzati per ricavare speditivamente il fattore di sicurezza (F_s) usando il metodo del pendio indefinito, di facile applicazione mediante l'utilizzo di sistemi GIS, oppure le carte di stabilità più adatte alle condizioni morfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche del versante. Naturalmente, se sono disponibili dati più dettagliati e affidabili, è possibile procedere ad analisi di stabilità con metodi più rigorosi.

A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del fattore di sicurezza ricavato:

$F_s = 1,40 - 2,00$ - pericolosità preliminare = H2

$F_s = 1,20 - 1,40$ - pericolosità preliminare = H3

$F_s = 1,00 - 1,20$ - pericolosità preliminare = H4

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: possibili concentrazioni d'acqua e tipologia della vegetazione.

Per quanto riguarda le concentrazioni di acqua andrà verificata la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (es. piccoli impluvi, vallecicole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleovalvei, ecc.);
- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, ecc.).

Per quanto riguarda la tipologia della vegetazione andrà diversificata in funzione della profondità degli apparati radicali della vegetazione d'alto fusto.



Nel caso in cui siano presenti uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore della pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Solo nel caso in cui si ritenga che la profondità dell'apparato radicale della vegetazione presente sia superiore a quella delle potenziali superfici di scivolamento, sarà possibile diminuire di 1 il valore della pericolosità preliminare. Questa variazione di pericolosità va effettuata su tutta l'area omogenea se i fattori sopra elencati sono diffusi su tutta l'area; limitatamente alla zona di influenza del fenomeno se il fattore interessa solo alcune porzioni dell'area omogenea.

Infine occorre calcolare la pericolosità nelle zone di accumulo delle frane qui prese in considerazione. In generale si possono presentare due casi: scivolamenti non incanalati e colate o scivolamenti che evolvono in colate incanalate. La valutazione della pericolosità delle zone di accumulo va fatta solo nei casi in cui le zone di potenziale distacco si trovino in aree a pericolosità totale medio-alta (3, 4 e 5).

Vanno considerati per primi gli scivolamenti non incanalati. In questo caso lo spostamento è in genere limitato e il volume dell'accumulo non è molto superiore al volume della massa staccatasi, in quanto non viene preso in carico ulteriore materiale durante il movimento. Quindi per questi fenomeni può essere considerato sufficiente calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana.

La formula più semplice e di immediata applicazione per la stima delle distanze massime (L, in metri) di arresto dei materiali franati in relazione all'altezza (H, in metri) del punto di distacco è quella proposta da GOVI *et al.* [1985]:

$$L = 46,91 * \log(H+3) - 22,38$$

L'altezza H viene valutata come il dislivello tra il punto topograficamente più alto dell'area di possibile distacco e una zona sottostante, a bassa pendenza o pianeggiante, in cui è possibile l'accumulo. Nel caso in cui l'area di possibile distacco sia particolarmente ampia si valuterà l'altezza H e quindi la lunghezza L su più sezioni.

Una volta calcolata la distanza massima, si delimita l'area di possibile espansione che avrà ampiezza minima pari a quella della nicchia da cui il distacco è stato ipotizzato. Il valore di pericolosità di questa zona d'accumulo sarà pari a quello della zona di distacco.

Le colate o gli scivolamenti che evolvono in colate incanalate, presentano percorsi prevedibili e talora di notevole lunghezza; inoltre i volumi possono subire incrementi nel caso in cui venga asportato materiale lungo l'impluvio. Per ogni singolo impluvio va dapprima individuata l'area pianeggiante di possibile accumulo (in genere in fondovalle o alle confluenze) e quindi si procede alla zonazione concentrica dell'area di accumulo. L'estensione dell'accumulo è funzione dello spessore del terreno nelle zone di distacco, della quantità di materiale asportabile lungo il canale e/o immesso nell'asta principale dai tributari o proveniente da altri eventi franosi verificatisi in impluvi confluenti, e dalla morfologia della zona di accumulo. La zonazione viene effettuata secondo tre classi di pericolosità decrescenti verso l'esterno, in cui la massima pericolosità sarà pari a quella della zona di distacco.

Nel caso in cui il materiale appartenente ad aree di possibile distacco a pericolosità diversa confluisca nello stesso impluvio, il valore massimo dell'accumulo sarà quello dell'area a pericolosità più elevata. Lo stesso valore andrà anche attribuito alla zona di transito della colata (impluvio) e ad eventuali zone in cui è ipotizzabile una fuoriuscita del materiale dall'impluvio.

Nel caso in cui lungo l'impluvio siano presenti opere di sistemazione, si dovrà verificare la correttezza del dimensionamento delle opere in funzione della quantità di materiale mobilizzabile e la loro efficienza (stato di manutenzione). Se l'opera viene ritenuta efficace, il valore di pericolosità massimo dell'accumulo e quello lungo l'impluvio saranno diminuiti di 1.

La valutazione dell'area di accumulo della colata può essere effettuata con metodi semiempirici, quali quelli per la mappatura della zona di accumulo del materiale solido in prossimità di un improvviso cambiamento di pendenza [TAKAHASHI & YOSHIDA, 1979; LIU, 1996]. In alternativa alla zonazione dell'area di accumulo, qualora questa fosse di difficile applicazione o non significativa, si deve considerare tutta l'area di accumulo della colata e assegnare ad essa il valore massimo di pericolosità ricavato come sopra.



Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. **Inquadramento geologico-geomorfologico:** geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. **Caratterizzazione delle aree omogenee:** descrizione accurata delle litofacies dei depositi superficiali e valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio; scelta delle classi di pendenza; descrizione dell'analisi speditiva di stabilità.
3. **Condizioni del versante:** analisi delle condizioni idrogeologiche del versante e degli impluvi; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua; tipologia della vegetazione.
4. **Zone di accumulo delle colate:** descrizione dei metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di accumulo.
5. **Discussione dei risultati e conclusioni.**

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica*, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta dei dissesti con elementi morfologici*, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. *carta litotecnica*, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1:500 - 1:2000);
4. *carta delle aree omogenee*, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee (scala 1:500 - 1:2000);
5. *carta della zonazione preliminare della pericolosità*, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:500 - 1:2000);
6. *carta della pericolosità finale*, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2000);
7. *scheda colate* per ogni singola area omogenea;
8. *scheda frane* per ogni frana già avvenuta nell'area considerata.



SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE FRANE

1. DATI GENERALI

Numero di riferimento (1)		Data di compilazione	
Rilevatore		Tipo di rilevamento (2)	
Coordinate Gauss-Boaga da CTR (punto più elevato coronamento frana)	Latitudine Longitudine		
Nome o località frana		Comune	
Comunità Montana		Provincia	
Bacino		Sottobacino	
Sigla CTR		Nome CTR	
Località minacciate direttamente (3)		Comune	
Località minacciate indirettamente (3)		Comune	
Data primo movimento (4)		Data ultima riattivazione	

2. DATI MORFOMETRICI (5)

NICCHIA		ACCUMULO	
Quota coronamento (m s.l.m.)		Quota unghia (m s.l.m.)	
Larghezza media (m)		Quota testata (m s.l.m.)	
Larghezza massima (m)		Larghezza media (m)	
Altezza massima scarpata principale (m)		Larghezza massima (m)	
Area (m ²) (6)		Lunghezza media (m)	
Volume (m ³) (6)		Lunghezza massima (m)	
ALTRI DATI		Spessore medio (m)	
Area totale (m ²) (6)		Spessore massimo (m)	
Lunghezza massima percorso colata o massi (m) (7)		Area (m ²) (6)	
Giacitura media del versante (imm/incl)		Volume (m ³) (6)	
Forma del versante (8)		Accumulo in alveo	
Presenza di svincoli laterali (9)		Accumulo rimosso (10)	

3. TIPO DI MATERIALE

		NICCHIA				ACCUMULO
Roccia	Unità (11)					
	Litologia principale					
	Altre litologie					
	Alterazione (12)					
	Struttura della roccia (13)					
	Giacitura foliazione o stratificazione (imm/incl)					
	Giacitura sistemi discontinuità principali (imm/incl)	1	2	3	4	
	Classe granulometrica principale (A.G.I.)					
Terreno	Grado di cementazione (14)					
	Unità (11)					
	Facies (15)					
	Classe granulometrica principale (A.G.I.)					
	Alterazione (16)					
	Grado di cementazione (14)					

4. TIPO DI MOVIMENTO (17)

Crollo	in massa			
	di singoli blocchi	puntuale		
		diffuso		
Ribaltamento				
Scivolamento	rotazionale			
	traslativo			
Superficie di movimento				
	planare			
	multiplanare			
	circolare			
	curvilinea			
	non determinabile			
Espansione laterale				
Colata				
Subsidenza				

5. PRESENZA DI ACQUA

		NICCHIA		ACCUMULO	
Precipitazioni pre-sopralluogo (18)					
Assenza di venute d'acqua					
Umidità diffusa					
Acque stagnanti					
Stillicidio					
Rete di drenaggio sviluppata					
Ruscellamento diffuso					
Presenza di falda					
Profondità falda (m)					
Sorgenti (19)	Portata (l/s)	1		1	
		2		2	
		3		3	
		4		4	
		Comparsa di nuove sorgenti			
Scomparsa di sorgenti					



6. STATO DI ATTIVITÀ (20)

ATTIVA		Sintomi di attività				
			Rigonfiamenti			
			Cedimenti di blocchi			
			Superfici di movimento non alterate			
			Vegetazione assente o abbattuta			
			Variazioni portata acque			
			Lesioni a manufatti			
			Fratture aperte			
RIATTIVATA			Colate di detrito e/o terra al piede			
		per: arretramento estensione laterale avanzamento	Parzialmente		Totalmente	
			Nicchia	Accumulo	Nicchia	Accumulo
INATTIVA QUIESCENTE						
INATTIVA STABILIZZATA						

7. PROBABILE EVOLUZIONE

	NICCHIA	ACCUMULO
Arretramento		
Estensione laterale		
Avanzamento		
Rimobilizzazione totale		
Stabilizzazione		

8. DANNI A ELEMENTI DEL TERRITORIO E A PERSONE

Accertati	Potenziati	Accertati	Potenziati
Centro abitato		Acquedotti	
Baite o case sparse		Fognature	
Edifici pubblici		Oleodotti	
Insedimenti produttivi		Argini o opere di regimazione	
Ferrovie		Sbarramento parziale corsi d'acqua	
Autostrade, S.S., S.P.		Sbarramento totale corsi d'acqua	
Strade comunali o consortili		Terreni agricoli	
Linee elettriche		Boschi	
Condotte forzate		Allevamenti	
Gallerie idroelettriche		
Dighe		
Morti e dispersi	Feriti	Evacuati	

9. OPERE DI INTERVENTO ESEGUITE (E) O PROPOSTE (P)

E	P	E	P	E	P
SISTEMAZIONI FORESTALI		INTERVENTI PASSIVI		DRENAGGIO	
Viminate / fascinate		Valli paramassi		Canalette di drenaggio	
Gradonature		Trincee paramassi		Gallerie drenanti	
Disgaggio		Rilevati paramassi		Trincee drenanti	
Gabbionate		Muri e paratie		Dreni	
Palificate		Sottomurazioni		Pozzi drenanti	
Rimboschimento		
.....		
SISTEMAZIONI IDRAULICHE		INTERVENTI ATTIVI IN PARETE		ALTRO	
Briglie e traverse		Spritz-beton		Sistemi di allarme	
Argini e difese spondali		Chiodature		Consolidamento edifici	
Svasi / pulizia alveo		Tirantature		Evacuazione	
Vasche di espansione		Imbragature		Demolizione infrastrutture	
.....		Iniezioni		Terre armate	
.....		Reti		Micropali	
.....			Demolizione blocchi	
.....		



10. STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO ESISTENTE (E) O PROPOSTA (P)

	E	P		E	P
Fessurimetri			Monitoraggio meteorologico		
Assestimetri			Monitoraggio idro-meteorologico		
Distometri			Monitoraggio topografico convenzionale		
Estensimetri			Monitoraggio topografico tramite GPS		
Inclinometri			Rete microsismica		
Piezometri				

11. STATO DELLE CONOSCENZE

Raccolta di dati storici		Dati geoelettrici	
Rilievi geomeccanici		Dati sismici a rifrazione	
Analisi strutturali		Dati sismici a riflessione	
Indagini idrogeologiche		Relazione geologica	
Dati di perforazioni		Verifica di stabilità	
Analisi geotecniche di laboratorio		Relazione di sopralluogo tecnico	
Prove penetrometriche		Progetto di sistemazione di massima	
Prove scissometriche		Progetto esecutivo	
Prove pressiometriche			

12. NOTE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ALLEGATI (21)

Cartografia (CTR 1:10.000)	
Foto	
Sezioni	
Altro	



NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

1. Il numero (a libera scelta dell'utente) deve fare riferimento ad una specifica frana rappresentata nella cartografia allegata.
2. Indicare una delle seguenti categorie:
diretto se effettuato direttamente in sito dal rilevatore,
indiretto se effettuato a distanza o da foto aeree dal rilevatore,
segnalazione se i dati sono stati acquisiti da altre fonti, senza un controllo sul terreno.
3. **Località minacciate direttamente** che giacciono sul corpo di frana o che possono essere investite dal materiale in movimento. **Località minacciate indirettamente** che possono essere coinvolte negli effetti secondari quali alluvionamento da onda di piena per sbarramento del corso d'acqua dovuti al franamento.
4. Data dell'inizio del movimento franoso, quando nota (anche in modo approssimativo). Le paleofrane vanno indicate in base a dati storici se disponibili, oppure va segnalato approssimativamente il secolo o la collocazione pre- o post- ultima fase di avanzata glaciale.
5. Per la terminologia dei parametri morfometrici si fa riferimento alla classificazione di Cruden & Varnes [1993]. Alle voci "media" di larghezza e lunghezza della nicchia e dell'accumulo va fornita una stima dei valori più rappresentativi (moda). Gli spessori medi e massimi dell'accumulo possono venire stimati o calcolati se vi sono a disposizione dati di sondaggio o altri dati quantitativi, in quest'ultimo caso specificare il tipo di dato utilizzato nelle note (campo 12).
6. Si fornisca una stima dei volumi e delle aree; nel caso in cui siano stati utilizzati per il calcolo dati quantitativi (es. da rilievi topografici) indicare nelle note (campo 12) il tipo di dato. Con area totale si intende l'intera area interessata dal dissesto, comprendente nicchia, accumulo ed eventuale zona di scorrimento. Nel caso in cui la scheda si riferisca a più colate di detrito coalescenti si indichi nel campo "dati morfometrici" (2) il volume totale di tutti gli accumuli, mentre nel campo "note" (12) si indichino, se conosciute, le volumetrie medie dei singoli eventi e/o dell'evento relativo all'ultima riattivazione.
7. Si intende la distanza massima raggiunta dal materiale in movimento (per i crolli il masso che ha raggiunto la massima distanza dal punto di distacco).
8. Si indichi: 1-concavo, 2-convesso, 3-concavo-convesso, 4-convesso-concavo, 5-planare, 6-terrazzato.
9. Si intende con "svincoli laterali": incisioni torrentizie, fratture persistenti, fasce cataclastiche, che bordano uno o entrambi i lati della frana. Si indichi nella scheda una delle seguenti voci, utilizzando la sigla relativa: d-lato destro; s-lato sinistro; e-entrambi i lati, guardando valle.
10. Nel caso in cui l'accumulo sia stato rimosso indicare la causa di rimozione: naturale (es. asportazione da parte di un corso d'acqua) o artificiale (es. asportazione con mezzi meccanici).
11. Si indichi: gruppo, formazione o membro per il sedimentario; complesso o falda per il basamento cristallino; allogruppo, alloformazione, allomembro per il Quaternario, a cui appartengono le litofacies presenti, come da cartografia ufficiale.
12. Si indichi una delle seguenti voci: inalterata, decolorata, decomposta.
13. Si indichi una delle seguenti voci: massiccia, stratificata, scistosa, a blocchi.
14. Si indichi una delle seguenti voci: assente, parziale, totale.
15. Si indichi una delle seguenti voci: glaciale, alluvionale, deltizio, lacustre-palustre, eolico, travertino, di versante, di accumulo di frana.
16. Si indichi una delle seguenti voci: fresco, debolmente alterato, moderatamente alterato, molto alterato.
17. Nella colonna 1 va indicato il movimento che si verifica per primo in ordine temporale o che si verifica alla quota più elevata in senso spaziale. Nella colonna 2 l'eventuale movimento successivo in ordine temporale o che si verifica a quota più bassa. Un esempio di frana con due tipologie di movimento è una colata di terra e detrito (colonna 2) che viene innescata da uno scivolamento (colonna 1).
18. Indicare se nei giorni precedenti il sopralluogo sulla frana si sono avute importanti precipitazioni.
19. Nella prima riga si indichi il numero delle sorgenti rilevate rispettivamente nella nicchia e nell'accumulo, che dovranno essere ubicate nella cartografia allegata. Nelle righe successive si indichino, quando note, le portate delle singole sorgenti.
20. Per definire lo stato di attività di una frana sono stati introdotti 4 termini, come di seguito definiti:
attiva - che presenti uno o più dei sintomi di attività elencati in tabella;
attiva-riattivata - per riattivazione parziale o totale di una frana precedentemente considerata inattiva;
inattiva-quiescente - che può essere riattivata dalle sue cause originali,
inattiva-stabilizzata - che non può essere riattivata dalle sue cause originali o che è stata protetta dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione.
21. Tra gli allegati è considerato **indispensabile** uno stralcio cartografico del CTR alla scala 1:10.000, che delimiti l'area di frana con relativo numero di riferimento alla scheda. Altri allegati quali foto e sezioni possono comunque essere utili alla comprensione del dissesto. Nel campo Allegati si riporti un elenco sintetico.



SCHEDA COLATE

(Da compilare per ogni area omogenea).

Pendenza media (°)				
Granulometria modale				
Percentuale di limo e argilla nel sedimento				
Presenza di livelli a granulometria fine				
Spessore medio (m)				
Altezza H [da inserire in formula di GOVI <i>et al.</i> , 1985] (m)				
Caratteristiche geotecniche del terreno		Angolo di attrito (°)		
		Coesione (kPa)		
Profondità della falda acquifera (m)				
Portata sorgenti principali (l/s)				
Vegetazione		Assente		
		Erbacea		
		Arbustiva		
		Di alto fusto		
Sintomi di attivazione		Fratture aperte nel terreno		
		Rigonfiamenti in terreno o muri		
		Vegetazione d'alto fusto inclinata		
		Erosione accelerata al piede		
		Erosione laterale		