

# RISCHIO IDROGEOLOGICO: FENOMENI FRANOSI



# GENERALITA'

Le frane costituiscono da sempre un male cronico che affligge tutto il territorio italiano: l'Italia condivide con USA, India e Giappone il primato delle maggiori perdite economiche dovute alle frane. Per ognuno di questi Paesi i "costi delle frane" (diretti e indiretti) assommano ad una cifra tra 1 e 5 mld di dollari all'anno (Schuster, 1996).

Secondo una ricerca del Servizio Geologico Nazionale (Catenacci, 1992) gli stanziamenti per le emergenze idrogeologiche dal dopoguerra al 1990 assommano a ben 33.300 miliardi di lire (ben 5.925 solo per il quadriennio 1986-1990). Anche il costo in termini di vite umane è disarmante: il dissesto idrogeologico in Italia ha ucciso poco meno dei terremoti; dal dopoguerra al 1990 circa 3.500 vittime contro le 4.200 causate dai terremoti.

Attività di ricerca a livello nazionale:

Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane) che ha condotto alla realizzazione della banca dati delle aree storicamente interessate alle frane;

Progetto SCAI (Studio centri abitati instabili) dal quale emerge che più dei 2/3 dei comuni montani della regione sono interessati da frane.

Progetto CARG (Cartografia geologica regionale alla scala 1:10000) e successive elaborazioni;

Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Fransi Italiani (es.: nella regione Marche sono state censite circa 40.000 frane corrispondenti al 18% dell'intero territorio regionale).

Con il termine di **frana o fenomeno franoso** (movimenti di versante) si intende ***il movimento di materiale (roccia, detriti o terra) che avviene lungo i versanti.*** Appartengono alla categoria dei movimenti di massa, ovvero ai processi morfogenetici caratterizzati dal movimento di materiale lungo i versanti ad opera della forza di gravità.

Esistono cause innescanti e fattori predisponenti che determinano questi processi morfogenetici; solitamente essi sono molteplici, complessi e spesso combinati tra loro.

Tra le **cause innescanti:**

scalzamento al piede di un versante a opera di acque fluviali o litorali;  
processi di disgregazione meteorica;  
precipitazioni meteoriche particolari;  
attività sismica;  
attività antropica.

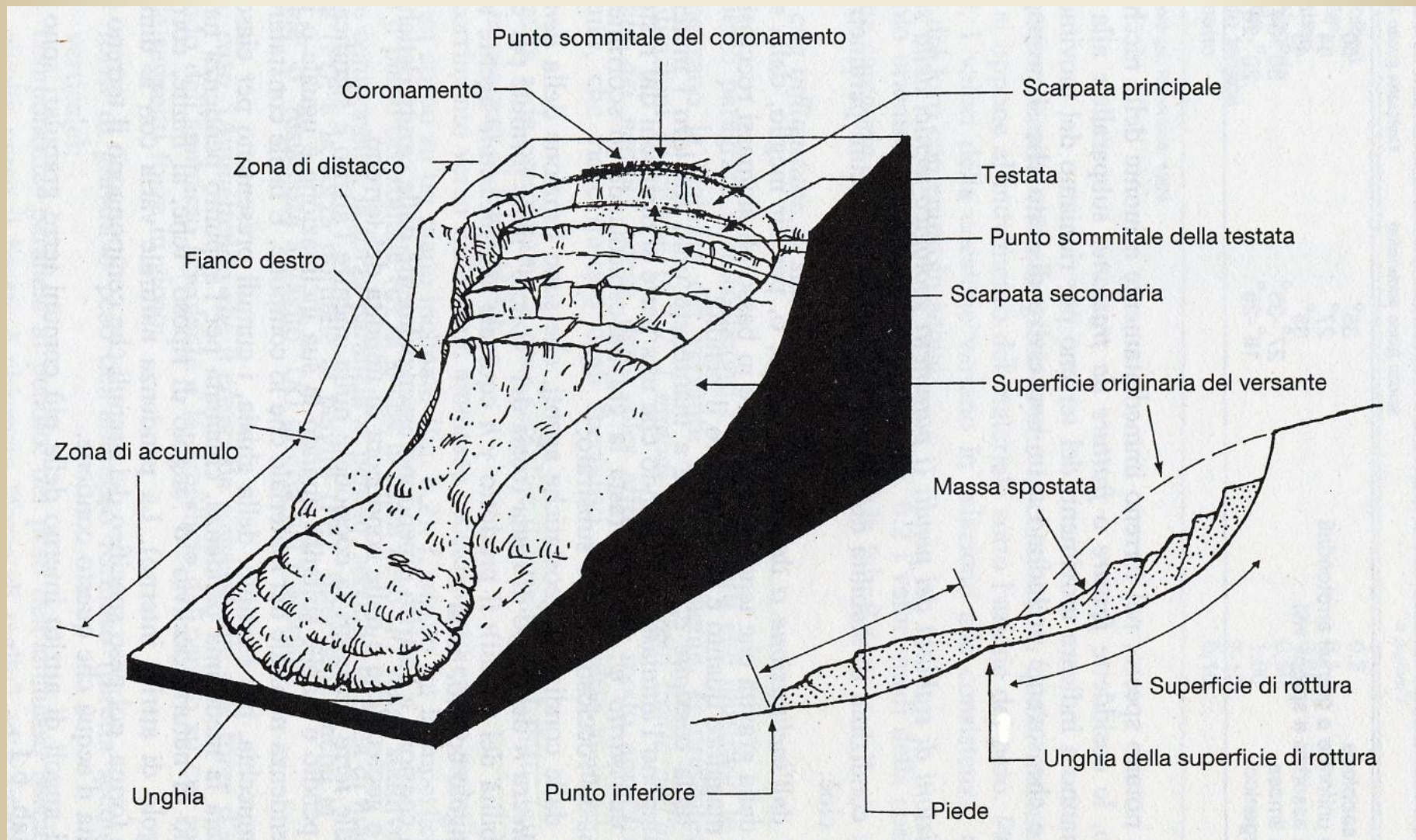
Tra i **fattori predisponenti:**

presenza di intercalazioni argillose;  
elevata fratturazione;  
incoerenza del materiale;  
presenza di stratificazione, fessurazione, laminazione o scistosità (con giacitura a franappoggio);  
attività antropica.



# NOMENCLATURA DI UNA FRANA

(da Cruden & Varnes, 1994)



Una classificazione esauriente perché adattabile alla realtà geomorfologica italiana è quella di Varnes (1978). Tale classificazione in base al tipo di movimento si articola in cinque classi principali:

1. *Crolli*
2. *Ribaltamenti*
3. *Scivolamenti (rotazionali e traslativi)*
4. *Espansioni laterali*
5. *Colate*

alle quali si aggiunge la classe dei fenomeni

6. *Complessi*

Ognuna di queste classi è quindi suddivisa ulteriormente, sulla base del tipo di materiale coinvolto nel fenomeno franoso:

- a. *roccia*
- b. *detrito*
- c. *terra*

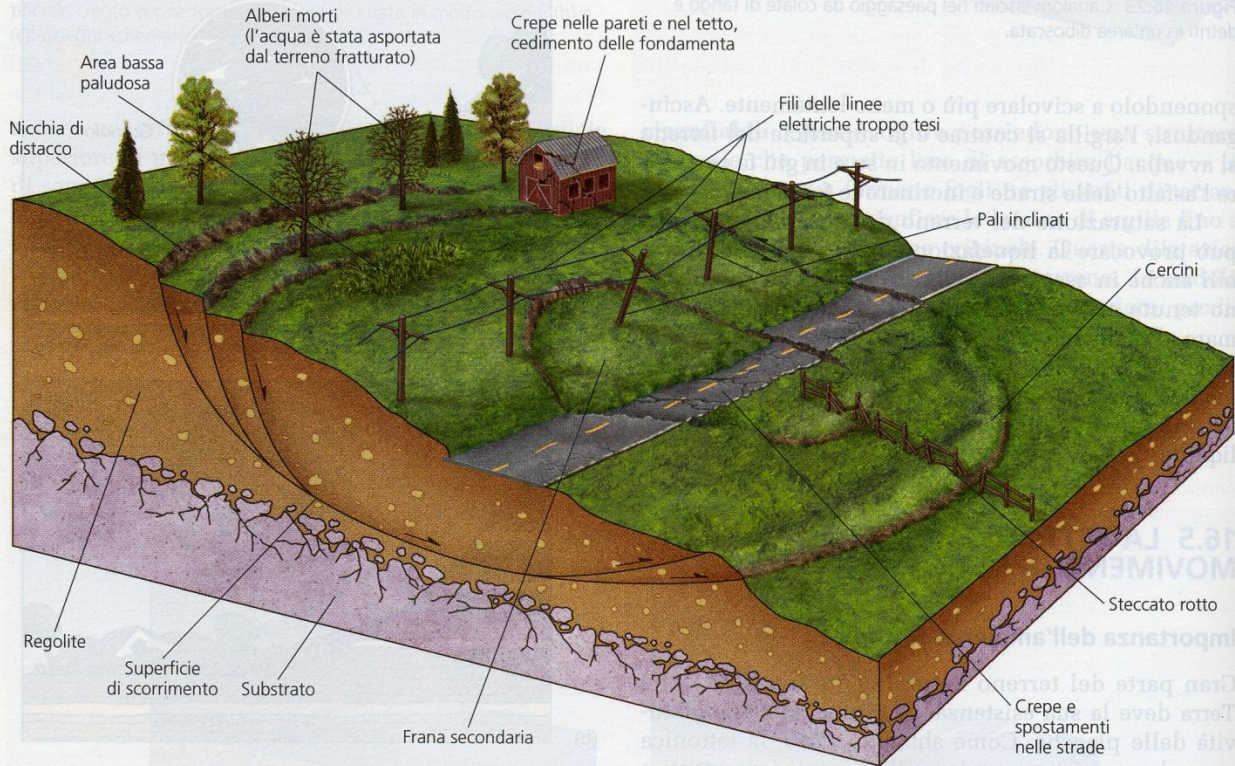
in tre sottoclassi per un totale di circa 20 tipi.







# ELEMENTI DIAGNOSTICI





## DEFORMAZIONI PLASTICHE SUPERFICIALI

Movimenti lenti che interessano i materiali di copertura (fino al substrato alterato) che ricoprono i versanti montani e collinari e soprattutto nelle aree di impluvio dove maggiore è lo spessore della coltre superficiale (fino ad alcune decine di metri). Esse si manifestano per lo più in superficie con tipiche ondulazioni ad ampio raggio. Questi movimenti mostrano variazioni stagionali di velocità rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi rimobilizzarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti.



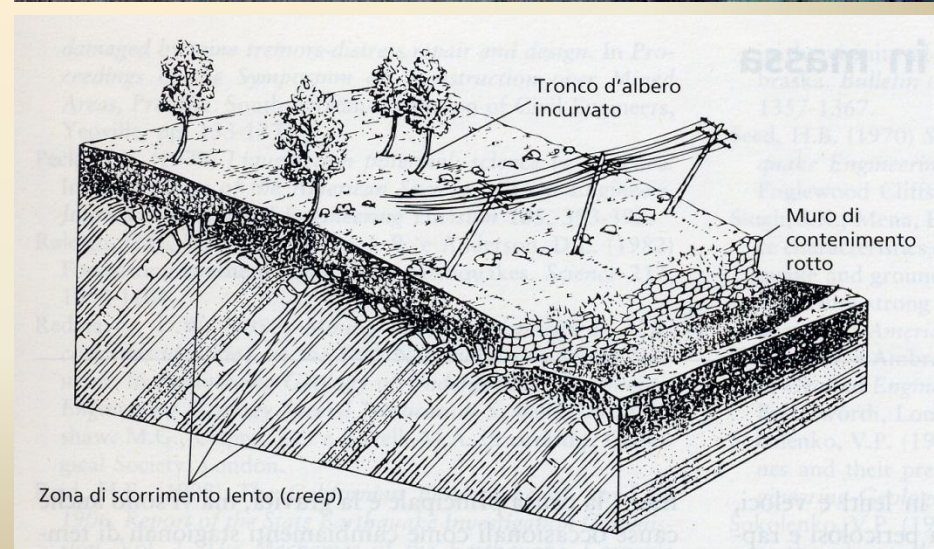


# SOLIFLUSSI

Si riconosce per il formarsi di colate, lobi terrazzette ed increspature del terreno; assieme al materiale fine si spostano gli elementi grossolani. La coltre erbosa, se presente e continua, può non rompersi e lasciar vedere con le sue deformazioni questi movimenti. (in ambiente periglaciale si parla di geliflusso)

## SOIL CREEP (o *Reptazione*)

Movimento molto lento verso il basso di suolo e regolite, che varia a seconda del tipo di suolo, del clima, della pendenza del versante e della densità di copertura vegetativa. Consiste in una deformazione lenta del regolite i cui livelli superiori si muovono lungo il pendio ad una velocità maggiore di quella dei livelli inferiori. Si manifesta attraverso lo spostamento e la rotazione verso valle di alberi, pali e recinzioni e da deformazione e rottura di muri di contenimento.



## **CROLLI (FALLS)**

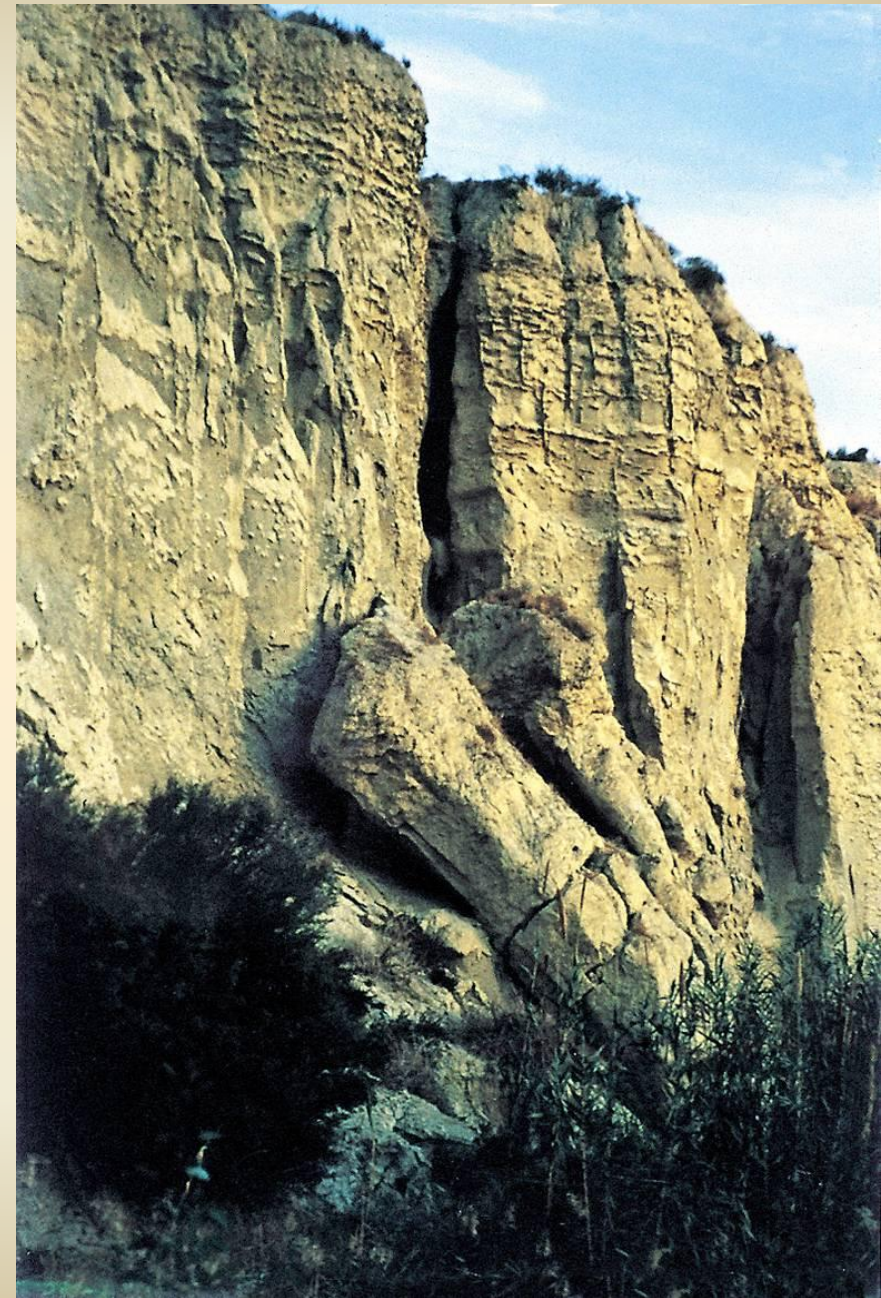
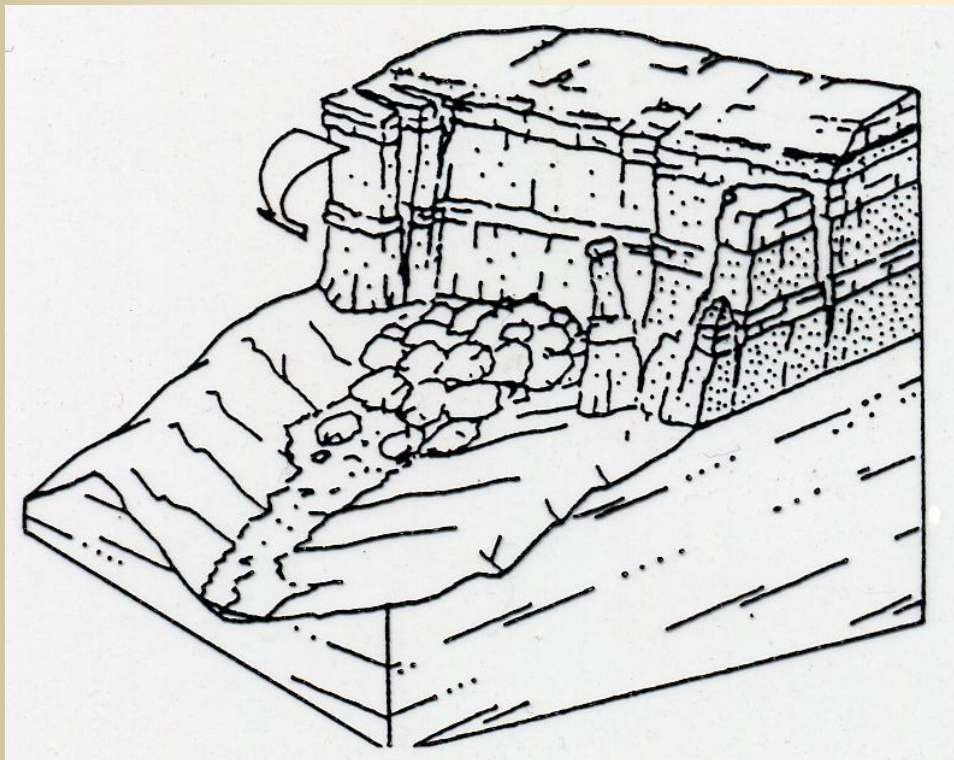
Singoli massi e/o blocchi o porzioni di ammassi rocciosi che si staccano da pareti litoidi verticali o subverticali o da scarpate naturali e/o antropiche e che si muovono in aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbaldi ed il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto. Il movimento è estremamente rapido. Il deposito è costituito da un accumulo di materiale di varie dimensioni che si raccoglie al piede del versante, ma in cui singoli blocchi di dimensioni maggiori possono percorrere anche notevoli distanze.





## RIBALTAMENTI (TOPPLES)

Movimento dovuto ad un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata.





## SCIVOLAMENTI (SLIDES) E SCORRIMENTI (SLUMP)

Movimenti franosi che per la presenza di superfici di neoformazione o preesistenti all'interno del corpo litoide, presentano superfici di taglio più o meno profonde con concavità rivolta verso l'alto o dalla forma planare. Il movimento può essere contemporaneo su tutti i punti della superficie, oppure propagarsi da un'area di rottura localizzata. Al contrario dello scorrimento rotazionale (a), dove il movimento tende a raggiungere una configurazione più stabile delle masse, con lo scivolamento traslativo (b) viene messa in crisi tutta la porzione superiore del versante.

Riconoscibili per la presenza di blocchi ruotati, fratture verticali, venute di acqua, ecc. tali fenomeni sono generalmente di modesta estensione e possono avere un movimento sia molto rapido che lento, dando origine a vistose trincee, avvallamenti





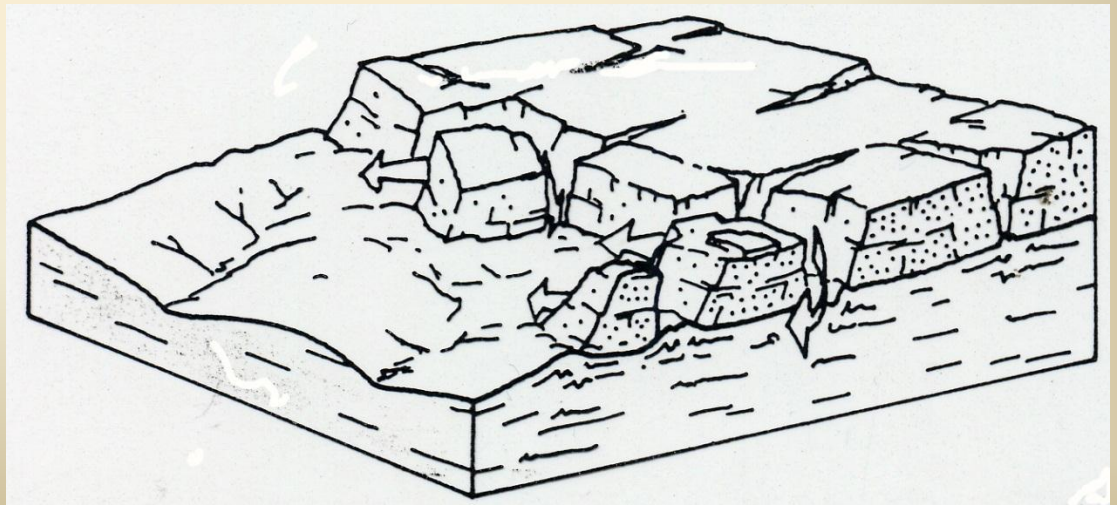
Monte Vettore (Monti Sibillini)





## ESPANSIONI LATERALI

Movimenti di espansione laterale spesso per liquefazioni o deformazione plastica del materiale sottostante.







## **COLATE (FLOWS)**

Frane dalla forma stretta ed allungata che evolvono lungo impluvi per effetto, nella maggioranza dei casi, della saturazione, da parte dell'acqua meteorica, di materiali essenzialmente argillosi e/o marnosi, originando al piede un accumulo dalla forma tipicamente lobata.

Il movimento non avviene solo sulla superficie di separazione tra massa in frana e materiale in posto, ma è distribuito in modo continuo anche nel corpo di frana.

La velocità del movimento, che può variare da molto lenta a estremamente veloce, è in stretta dipendenza dalle dimensioni della massa che alimenta la frana, dalla pendenza del versante su cui avviene il movimento e dal grado di saturazione dei materiali coinvolti.



## COLATE DI DETRITO (Debris flows)

I *debris flows* vengono definiti come dei moti di miscugli granulari costituiti da acqua e sedimenti incoerenti di diverso diametro ad elevata concentrazione solida, differendo di poco da quella relativa ad ammassi sedimentari in condizioni di quiete.

Le colate avvengono allorché un sufficiente volume di sedimenti, presente in forma di deposito in una porzione montana di bacini, viene mobilitato in occasione di eventi alluvionali, dando luogo alla formazione di “piene di sedimenti” che si propagano verso valle, sfruttando eventuali vie preferenziali come per esempio letti di torrenti, e con velocità che possono, talvolta, raggiungere alcune decine di metri al secondo; le colate si depositano infine dove le pendenze sono tanto ridotte da causarne l’arresto.



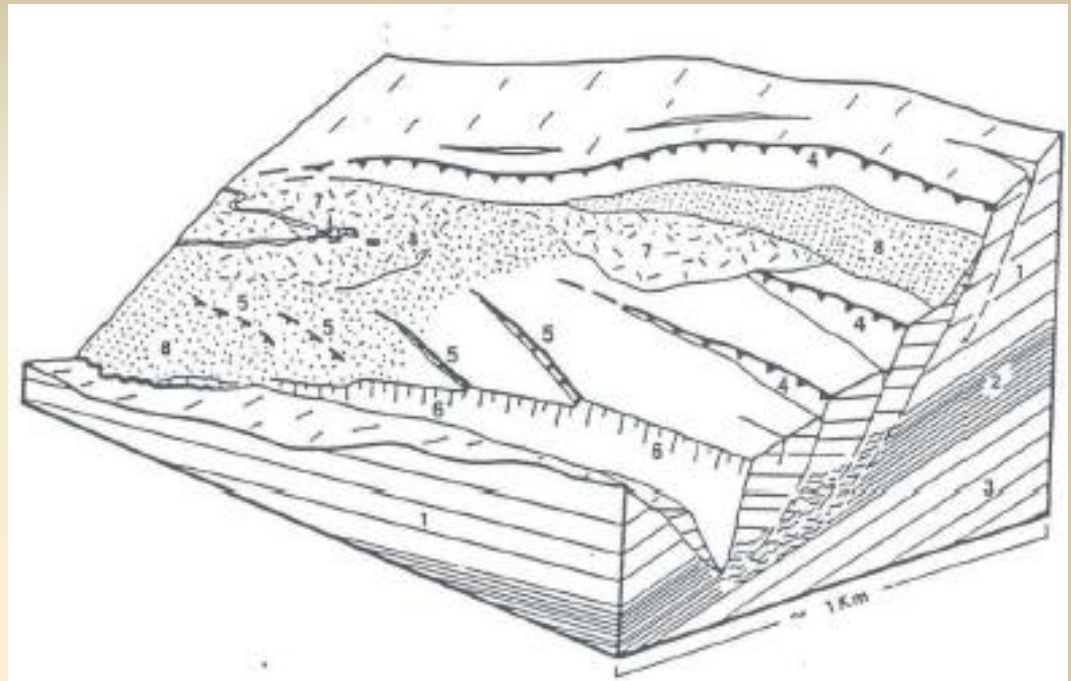




## COMPLESSI (COMPLEX)

Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali precedentemente descritti.

Molte frane sono complesse ma, generalmente, un tipo di movimento predomina, parzialmente o temporalmente, sugli altri.





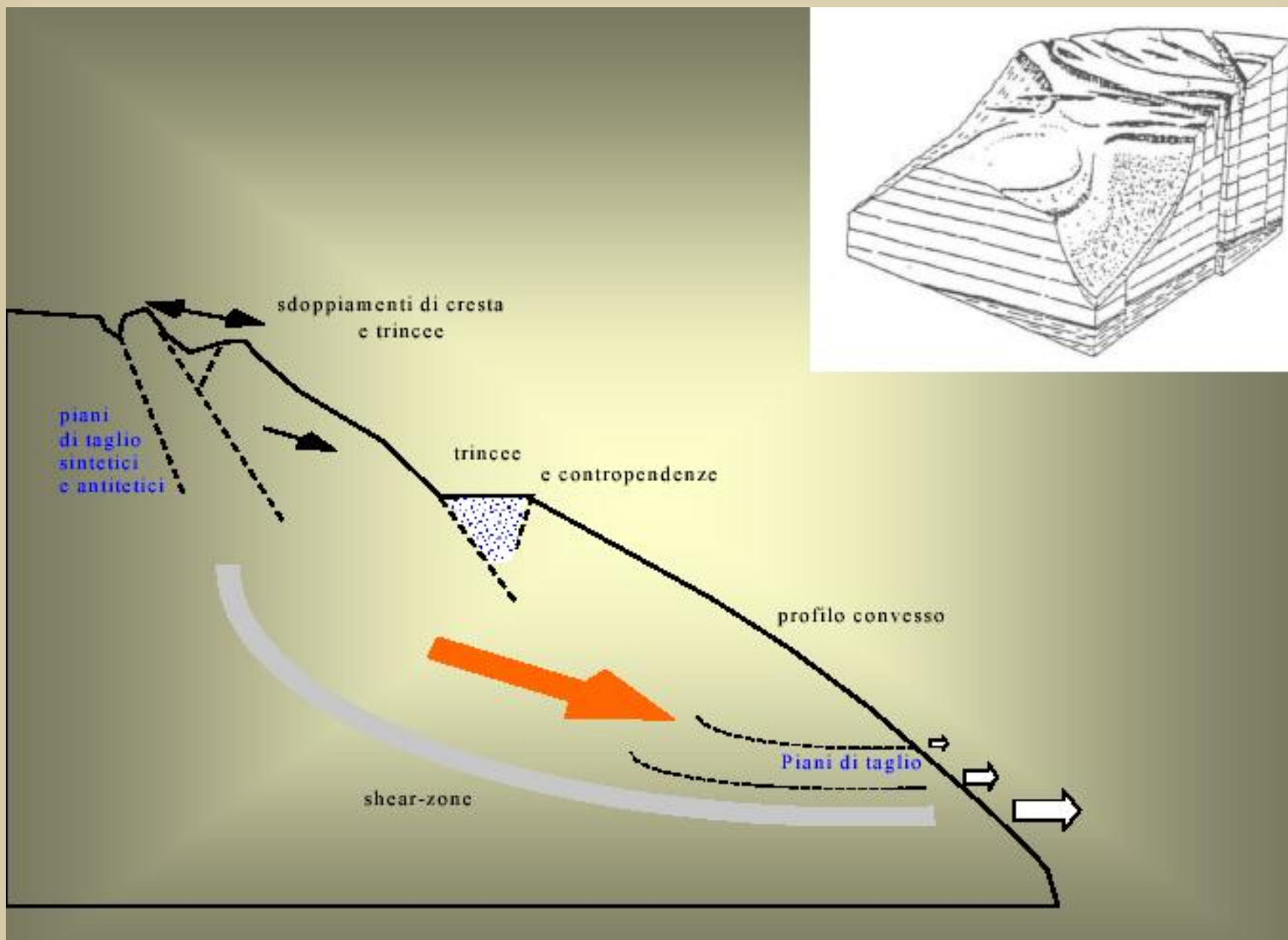
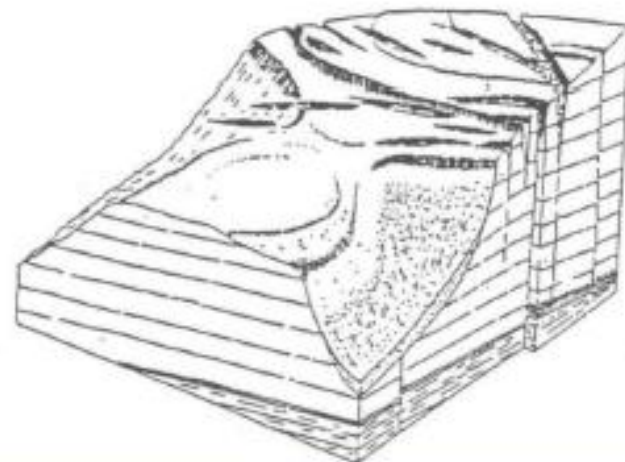
## DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE (DGPV)

Riconoscibili per le caratteristiche contropendenze, trincee e scarpate (talora estese fino a qualche km) e per l'andamento irregolare generale dei versanti, le DGPV presentano dimensioni dell'ordine dei km<sup>2</sup> e profondità dell'ordine delle centinaia di metri.

L'evoluzione di tali fenomeni gravitativi si realizza per lo più in modo estremamente lento, interessando materiali lapidei che non presentano generalmente un comportamento plastico. L'esistenza di forme di rottura rigida, come appunto scarpate, gradini e trincee, implica il manifestarsi di accelerazioni delle velocità di deformazione.

Possono evolvere nel collasso più o meno complesso delle masse deformate







# CALANCHI









## STATO DI ATTIVITÀ DI UNA FRANA

La corretta ed univoca interpretazione dello stato di attività delle forme e della loro collocazione cronologica risulta di importanza fondamentale per la formulazione di ipotesi sull'evoluzione futura di un territorio.

In accordo con i più recenti riferimenti bibliografici (Varnes, 1978; GNGFG, 1987; Canuti et al, 1991) si è soliti distinguere tre stati di attività: attivo, quiescente, inattivo.

Sono da considerare **inattive** le forme per le quali l'agente morfogenetico non è più presente al momento del rilevamento, in quanto ha esaurito la propria attività oppure perché per tornare ad agire efficacemente sulla forma sarebbero necessarie profonde variazioni nei fattori morfoclimatici e/o morfodinamici.

Vengono considerate **attive s.s.** le forme per le quali risultano in atto al momento del rilevamento, o ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale, i processi che le hanno generate e ne hanno condizionato l'evoluzione;

Sono classificate come **quiescenti** le forme non attive al momento del rilevamento e prive di periodicità stagionale, per le quali però esistano sicuri dati (geomorfologici, storici, bibliografici, ecc.) che ne dimostrino l'attività passata nell'ambito dell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che abbiano oggettive possibilità di riattivazione non avendo esaurito la loro potenzialità di evoluzione.

## **Frane attive**

Si tratta di dissesti in cui sono evidenti segni di movimento in atto o recenti, indipendentemente dall'entità e/o dalla velocità dello stesso; i segni possono essere molto evidenti (lesioni a manufatti, scarsa vegetazione, terreno smosso, ecc.) oppure percepibili solo attraverso strumentazione di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), così come la velocità di movimento può essere molto variabile.

## **Frane quiescenti**

Si tratta di frane senza indizi di movimento in atto o recente. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici e strade.



Adottando le raccomandazioni del Working Party for World Landslides Inventory (WP/WLI, 1993 - 1994) lo stato di attività di una frana, da un punto di vista della pericolosità, è generalmente suddiviso nelle seguenti categorie:

frane attive o sospese: frane attualmente in movimento o che si sono mosse entro l'ultimo ciclo stagionale;

frane quiescenti o stabilizzate: frane che si sono mosse l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale che possono (se quiescenti), o non possono (se stabilizzate), essere riattivate dalle proprie cause originali.

Dato l'elevato grado di incertezza con cui può essere identificato lo stato di attività di un fenomeno franoso non è opportuno addentrarsi in ulteriori suddivisioni nell'ambito di queste due categorie. Nella cartografia della pericolosità relativa da frana a fini di protezione civile:

la prima categoria (frane attive o sospese) corrisponde alla classe di pericolosità massima in cui sono attesi movimenti continui o intermittenti con ricorrenza annuale;

la seconda categoria (frane quiescenti o stabilizzate) corrisponde ad una classe di pericolosità molto alta in quanto i fenomeni franosi quiescenti possono essere riattivati naturalmente con  $T_r > 1$  anno. Anche le frane stabilizzate possono essere riattivate quasi sempre per interventi antropici.

# VELOCITÀ

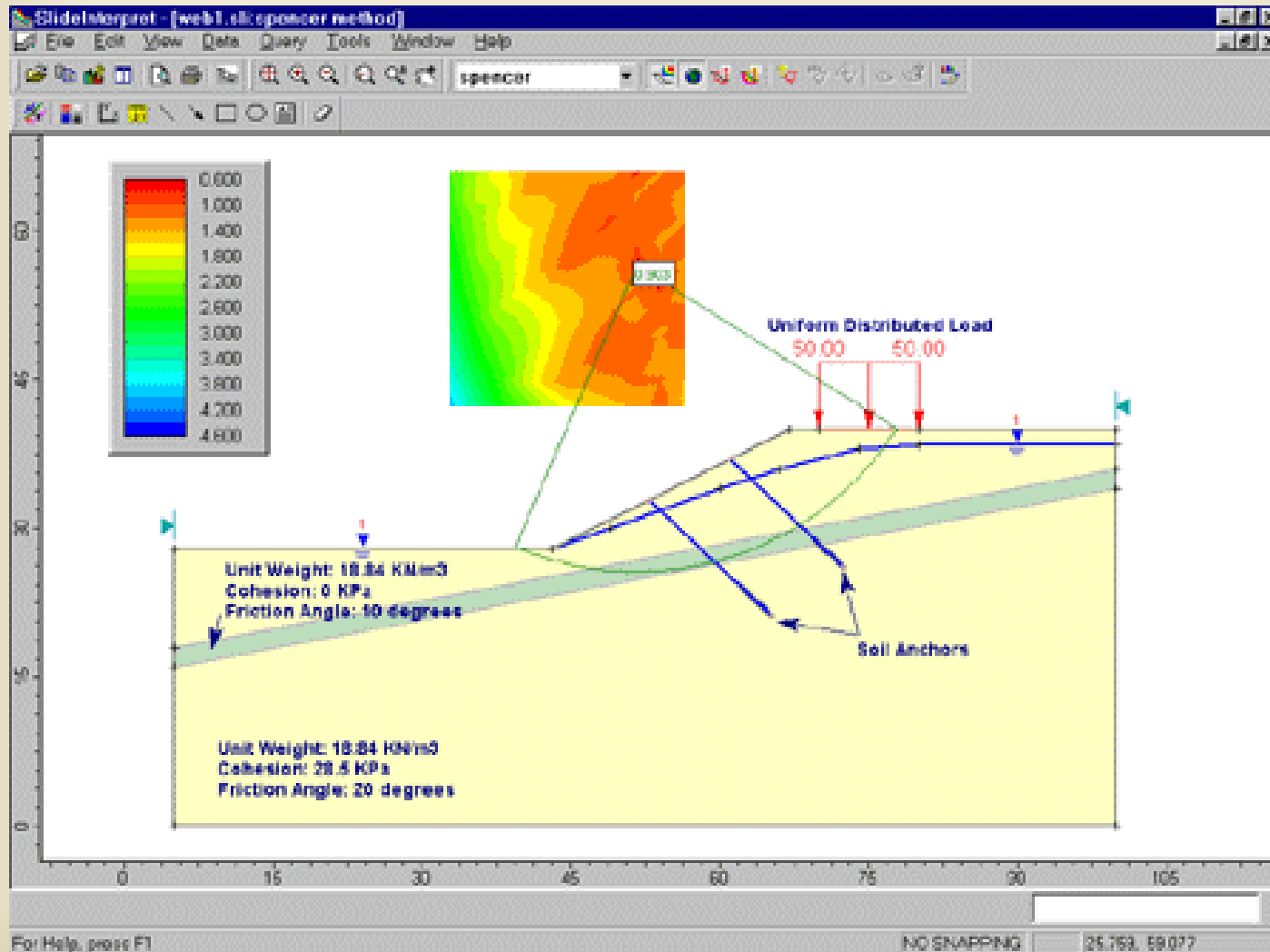
## Scala di velocità dei movimenti di pendio

Classe	Descrizione	Velocità (mm/sec)	Valori tipici	Danni probabili
7	Estremamente veloce			Violento e catastrofico. Distruzione di edifici per impatto della massa scivolata. Numero elevato di morti.
6	Molto veloce	$5 \times 10^3$	5 m/s	L'evacuazione è difficile. Alcuni morti. Distruzione di edifici e strutture.
5	Veloce	$5 \times 10^1$	3 m/min	L'evacuazione è possibile. Distruzione di edifici e strutture.
4	Moderato	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/h	Parziale danneggiamento di installazioni provvisorie.
3	Lento	$4.5 \times 10^{-3}$	13 m/mese	Possono essere applicate misure correttive. Le strutture ed edifici possono rimanere integri.
2	Molto lento	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/anno	Le strutture permanenti non risultano danneggiate in generale
1	Estremamente lento	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/anno	Impercettibile se non con strumentazione. È possibile costruire con precauzioni.

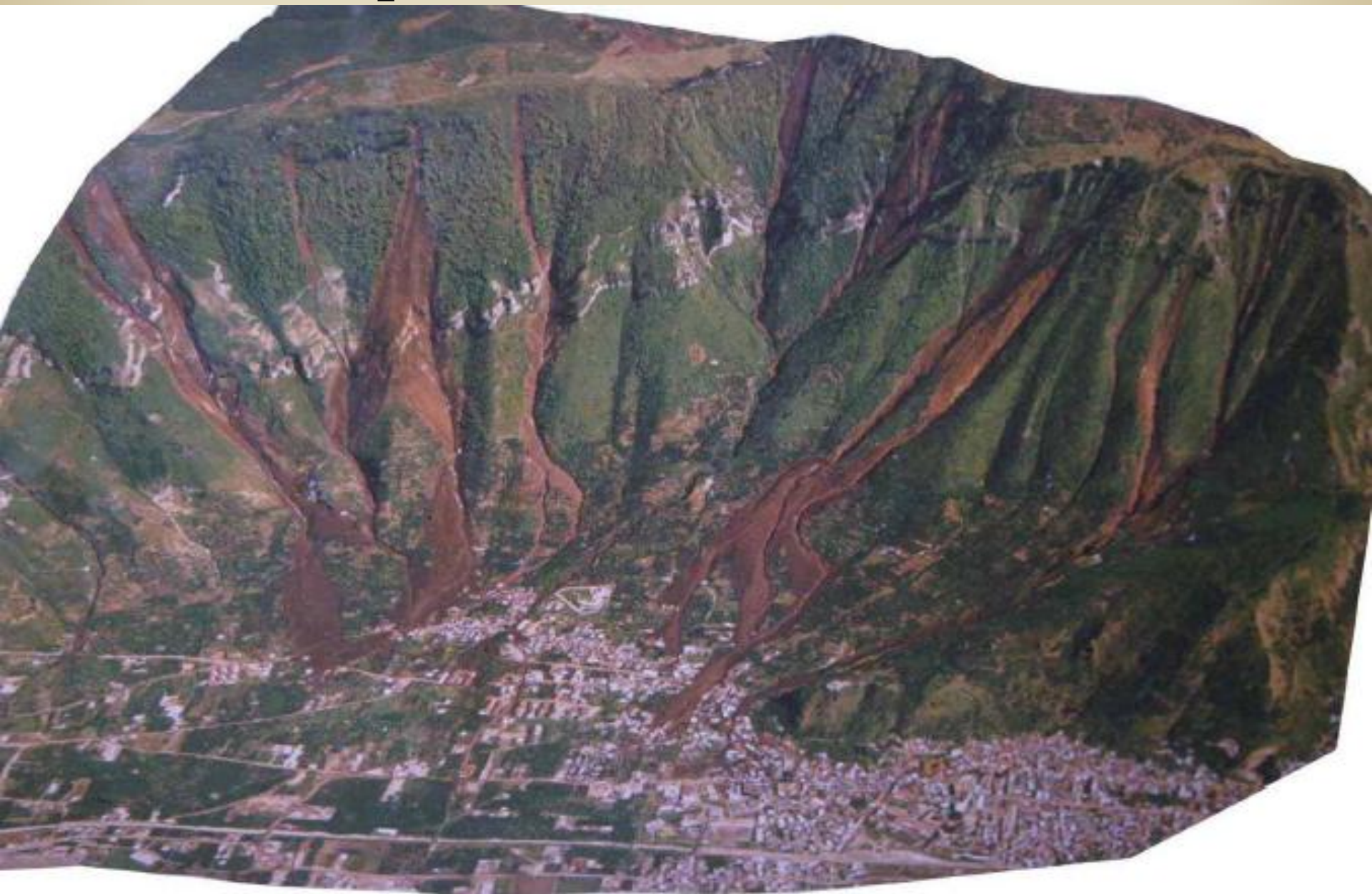
Cruden e Varnes, 1996.



# Le verifiche di stabilità dei versanti

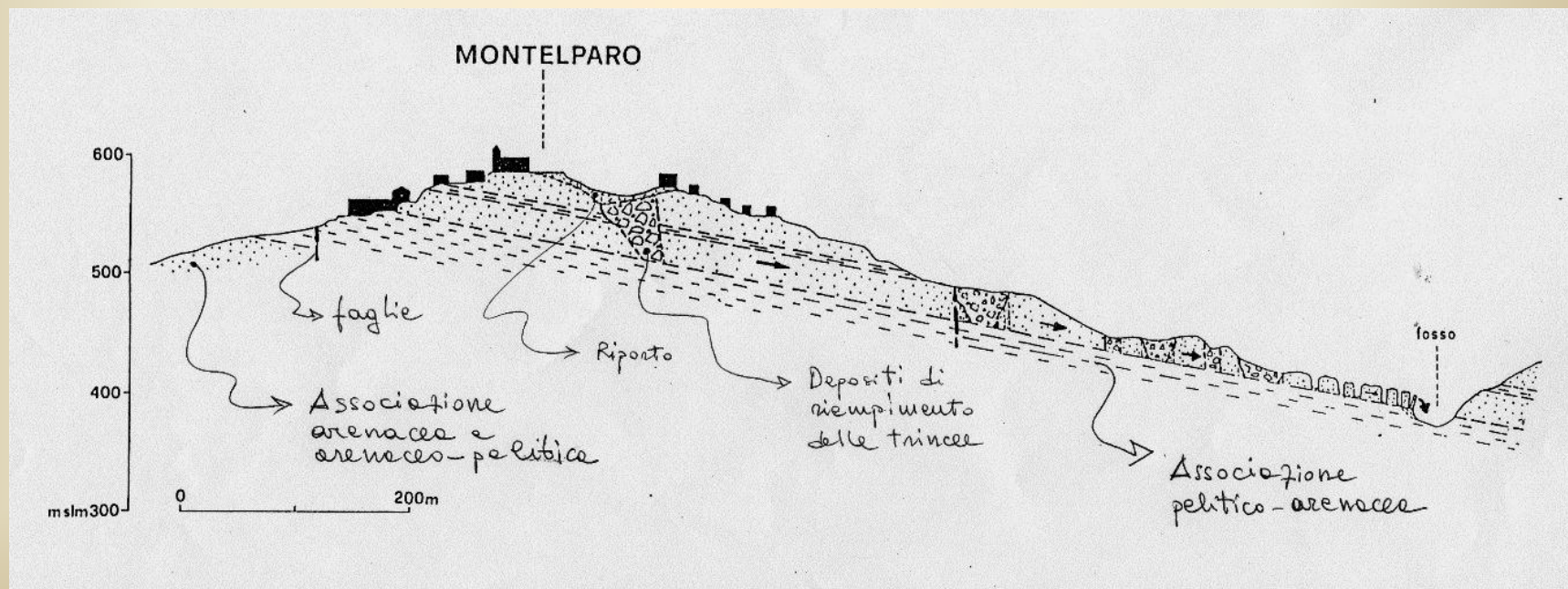


# Alcuni esempi





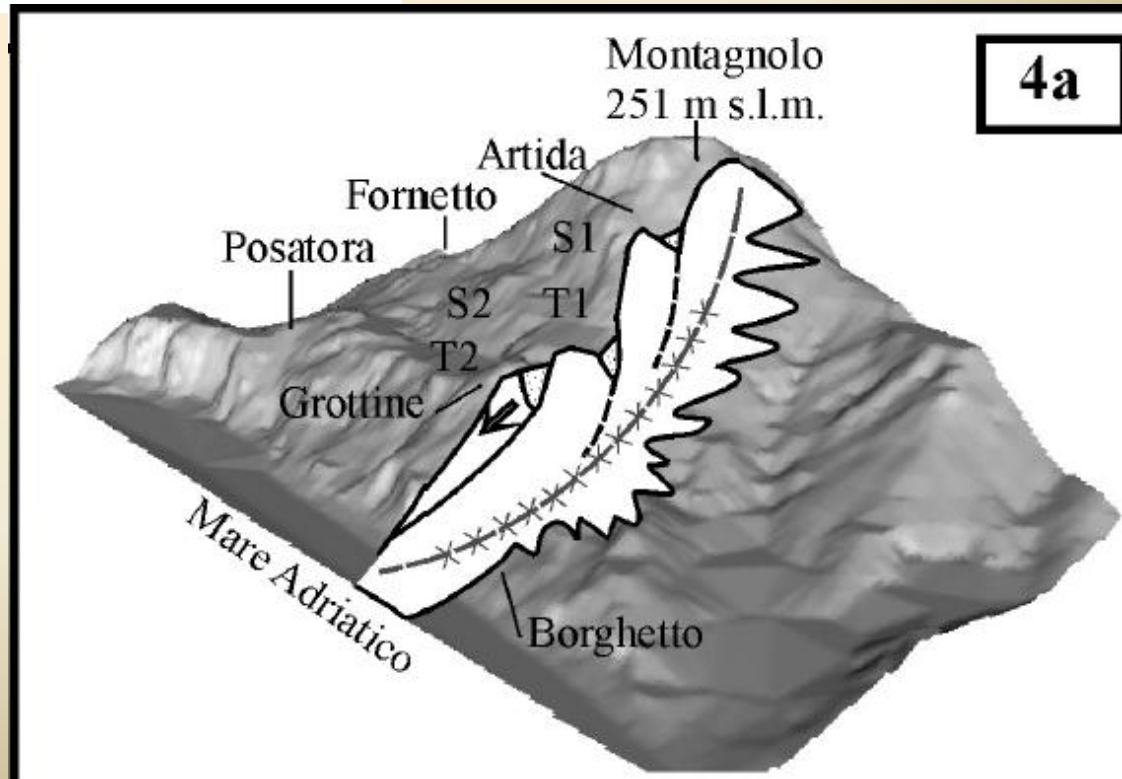
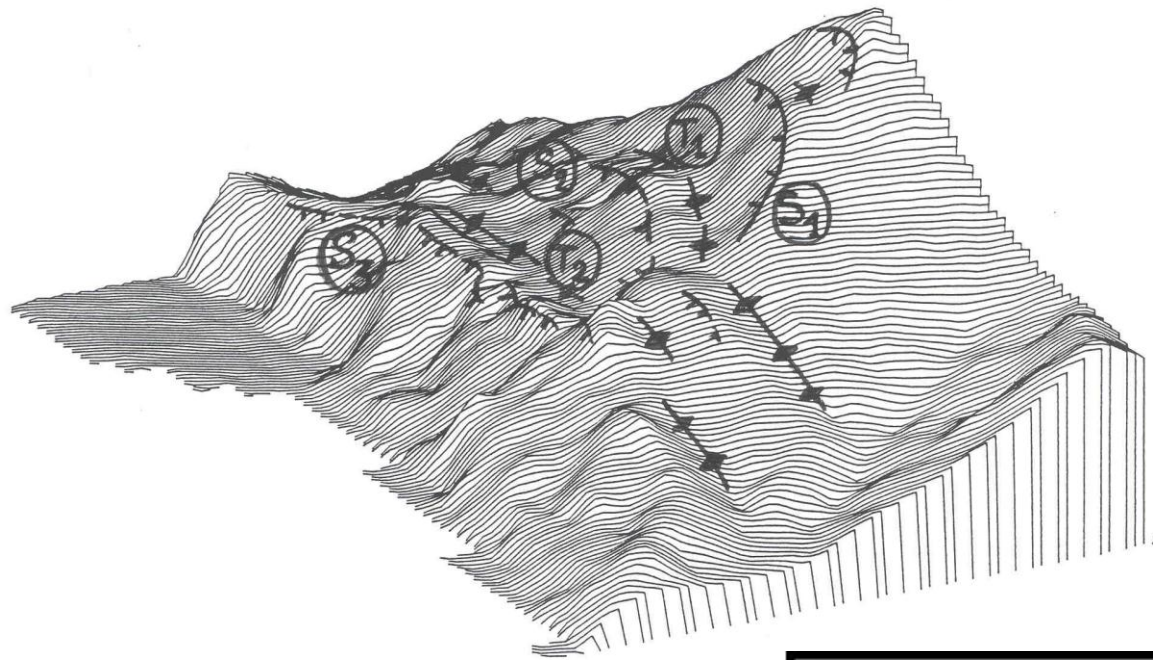
Montelparo –  
Appennino  
marchigiano



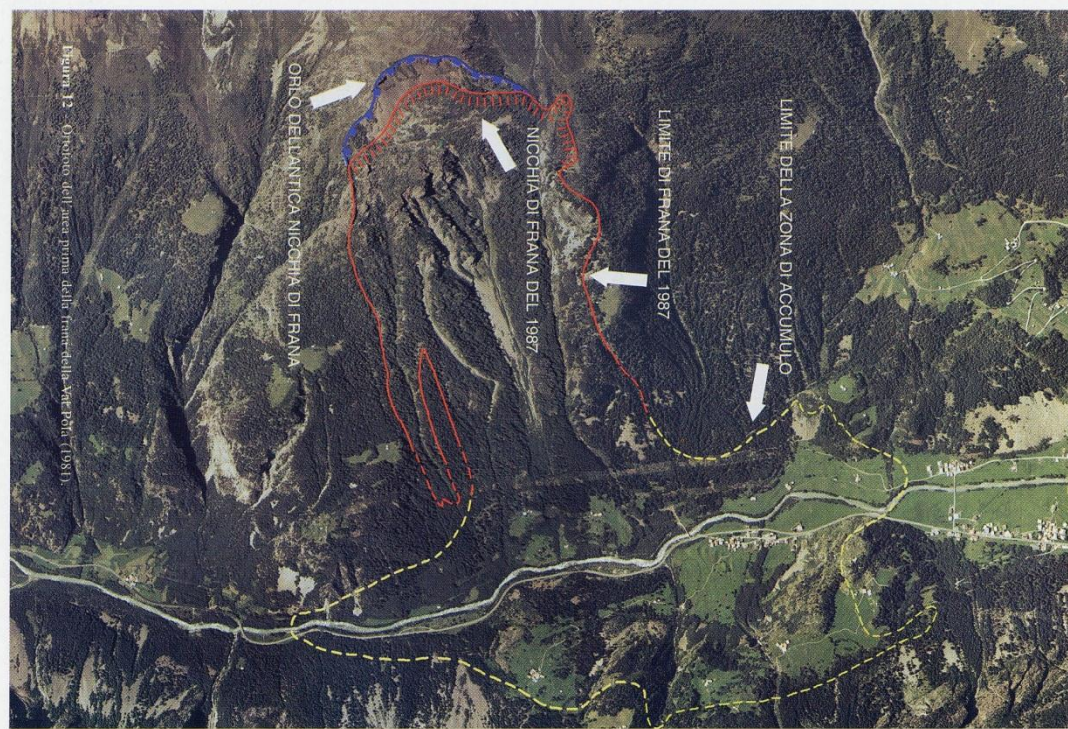






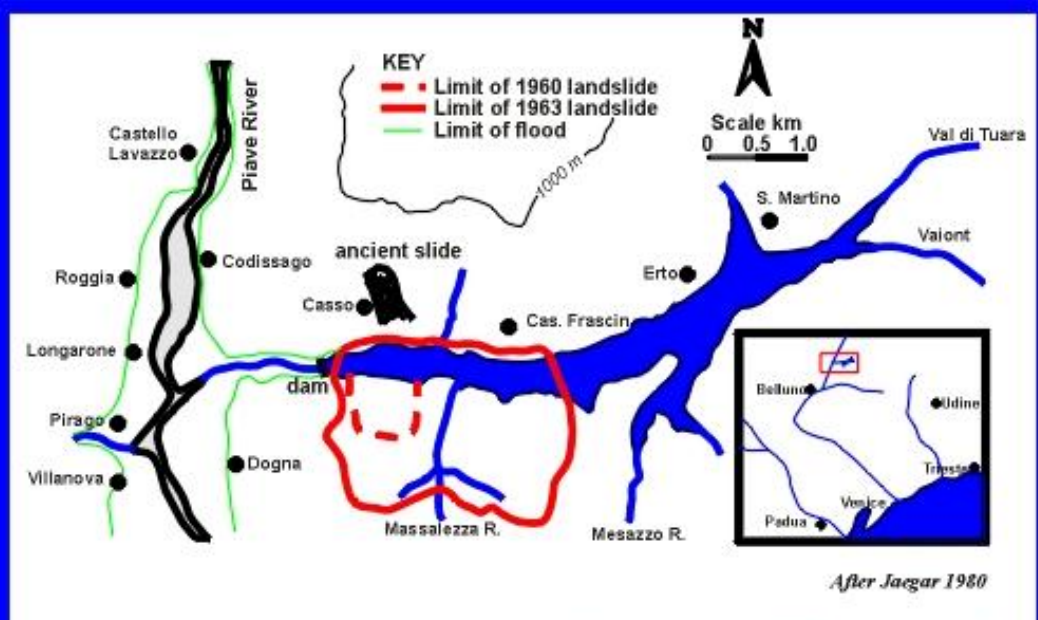


# Frana della Valtellina





# Frana del Vajont





Longarone:  
prima e ... dopo





Esempi

dal

mondo





La Conchita, California.  
Photograph by R.L. Schuster, U.S.  
Geological Survey.







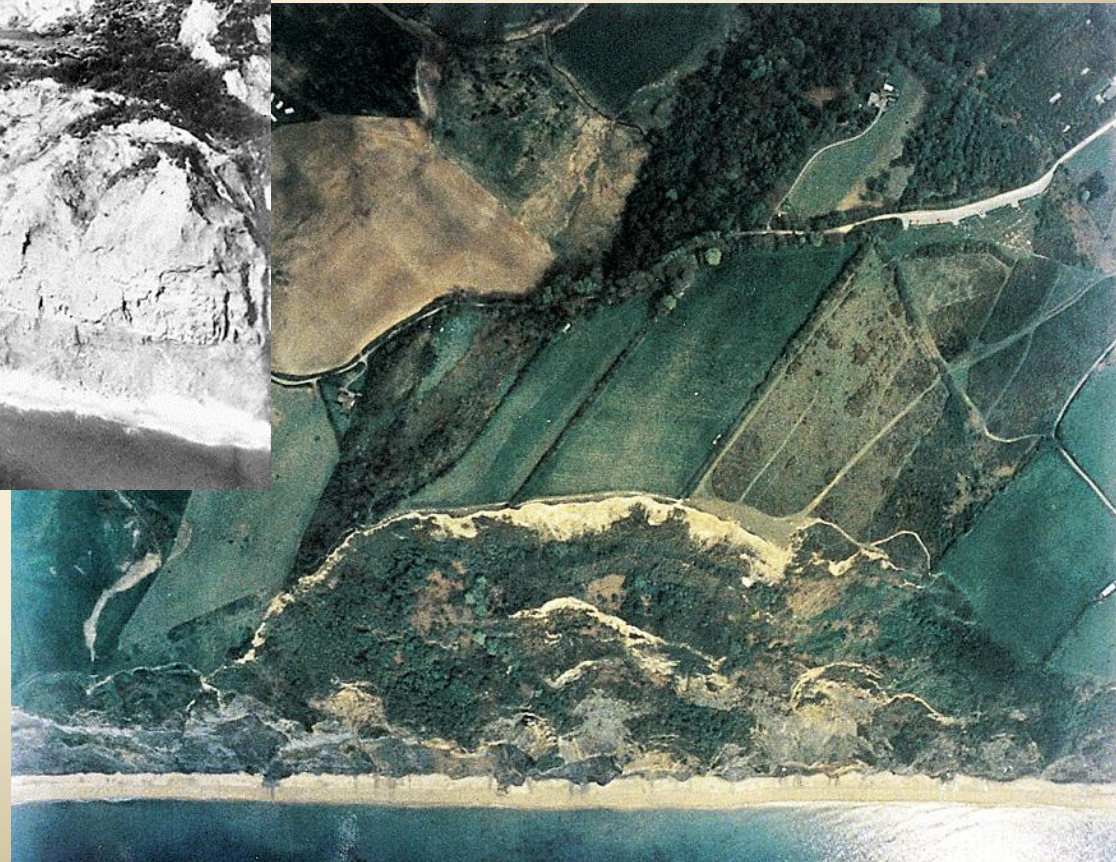
L'eruzione del Mount St. Helens del 1982.  
Foto di Tom Casadevall, U.S. Geological Survey



Pirenei



# Isola di Wight

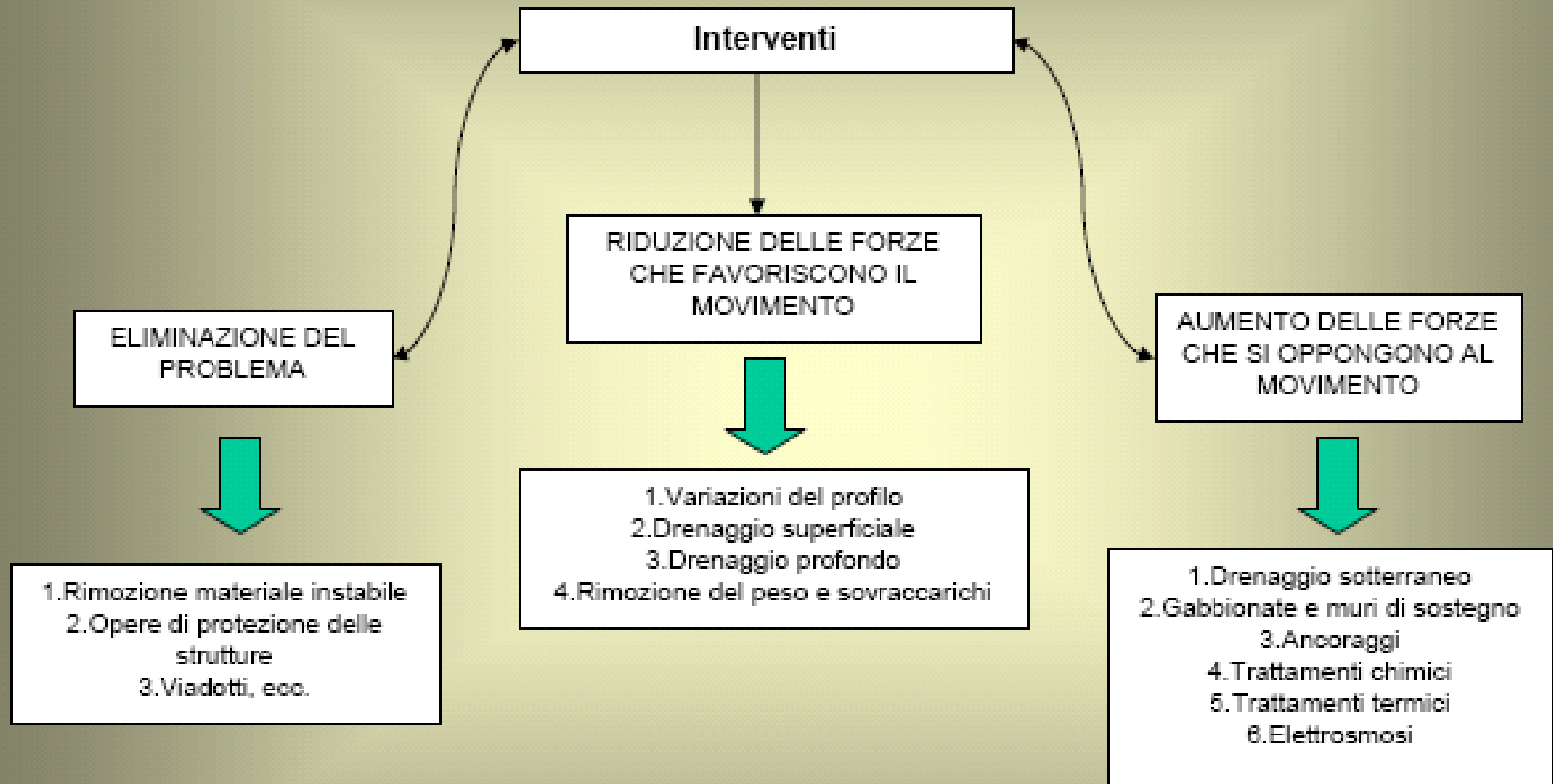








## RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEGLI INTERVENTI ATTUABILI SUI VERSANTI



## Alcuni provvedimenti (per i crolli)

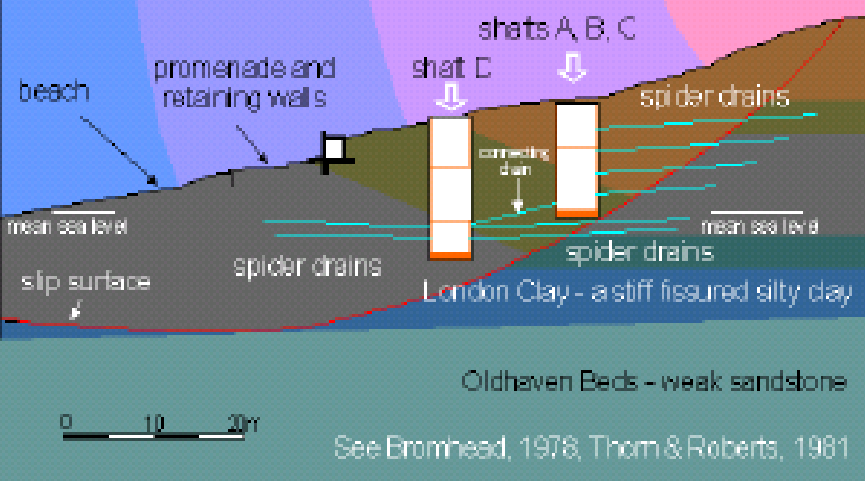
- reti con cemento a spruzzo e chiodatura;
- semplici reti, destinate a trattenere i blocchi di piccole dimensioni;
- bulloni, ancoraggi, tiranti per massi di dimensioni superiori a 0,5 metri cubi;
- iniezione di resine per l'occlusione e la cementazione delle fenditure;
- speroni e gabbioni per il sostegno dei massi aggettanti;
- disaggio e terrazzamento per l'eliminazione dei blocchi instabili e la riduzione delle pendenze;
- difese passive, quali reti paramassi, talora con trincee profonde (valli) per bloccare il rotolamento dei massi caduti.



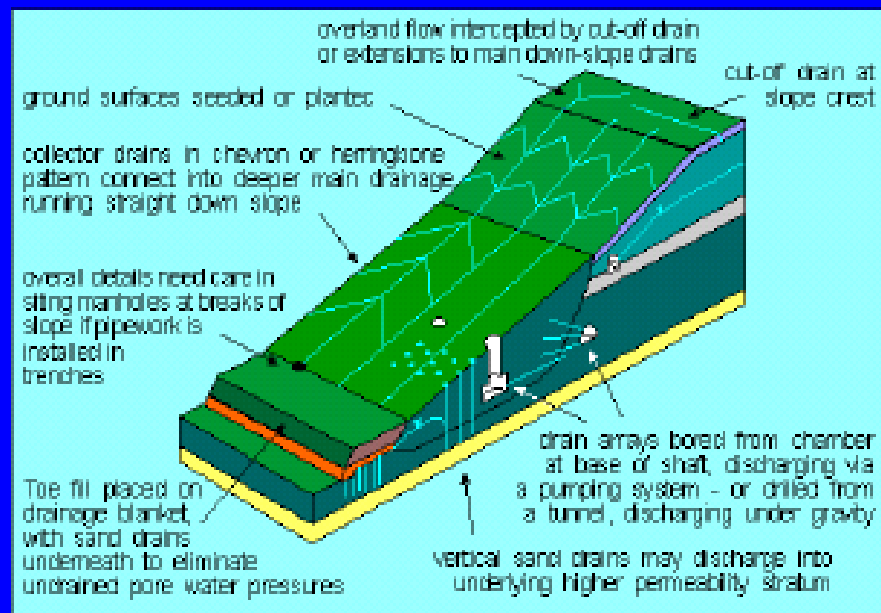
## Alcuni provvedimenti (per le colate)

- estrazione dell'eccesso di detrito;
- prevenzione dei dissesti laterali, che possono appesantire il corpo di frana;
- rete di canali di drenaggio superficiali;
- gradoni in terra (*ground-sills*) cioè briglie di terra poggianti sul substrato, intese a ridurre la velocità di movimento della colata;
- diminuzione dell'apporto di sedimenti nell'avvallamento destinato a dar luogo alla colata, mediante terrazzamenti e briglie.

## Beacon Hill Landslide, Herne Bay, Kent Remedial Scheme involving deep drainage



Drenaggi  
orizzontali e  
verticali;  
superficiali e  
profondi







Frana Ripe San Ginesio









