

Landslides classification

Extract from a meeting in Lecco about landslides

By M. Papini

The slides are divided in two parts

PART II

www.engeology.eu

SCIIVOLAMENTO ROTAZIONALE





SCIIVOLAMENTO ROTAZIONALE



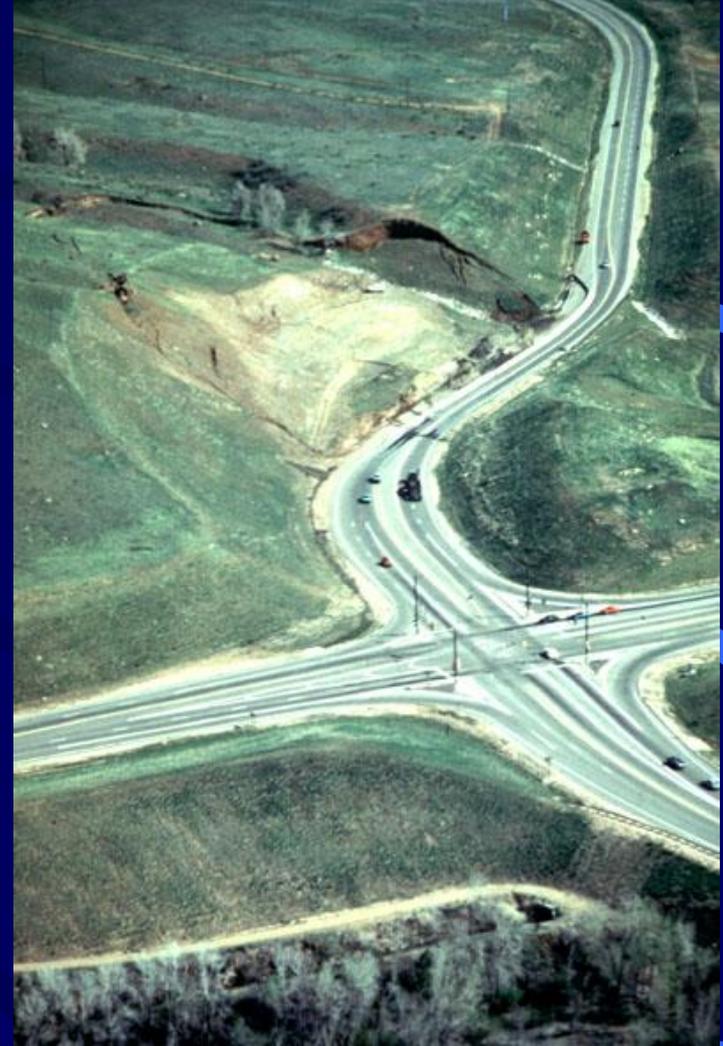
SCIIVOLAMENTO ROTAZIONALE



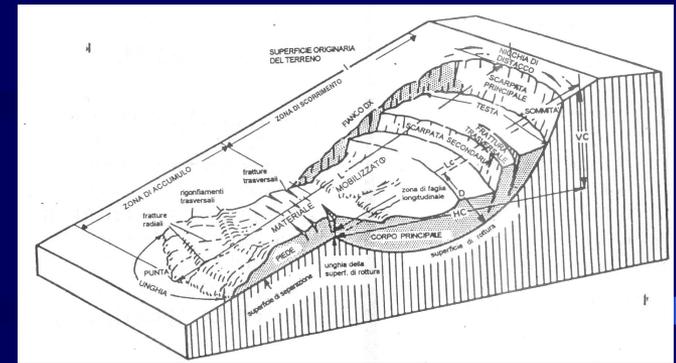
SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE



SCIIVOLAMENTO ROTAZIONALE



SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE



TERRENO

ROCCIA

♦ **ZONA DI ACCUMULO.** - testa:

presenta una superficie meno inclinata rispetto al pendio originario, anche mammellonata, con una depressione alla base della scarpata principale dove si osserva ristagno d'acqua; presenta fessure trasversali, scarpate minori, massi isolati, stratificazione diversa rispetto all'area circostante, alberi divelti

- corpo di frana:

è costituito dai blocchi originari scivolati e generalmente rotti in masse più piccole; presenta fessure longitudinali con acqua

- piede:

presenta fessure trasversali che si estendono oltre il piede di frana, talora con acqua; rigonfiamento

- unghia:

spesso costituita da un deposito di terreno di forma lobata

spesso pressoché rettilineo

SCIIVOLAMENTO ROTAZIONALE



SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE



COLATE o COLAMENTI (Flow)

Si dividono in:

- Colamenti lenti
- Colamenti rapidi

COLAMENTI LENTI

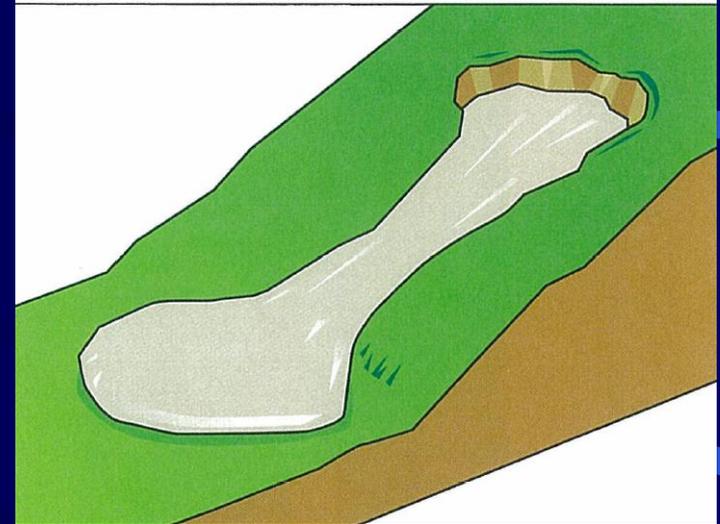
MATERIALE COINVOLTO: depositi argillosi e sabbiosi o da materiali detritici prevalentemente fini.

DOVE: su versanti di varia pendenza anche blanda, ma i movimenti persistono anche sui settori a modestissima inclinazione.

VELOCITA': La massa si sposta con notevole lentezza attraverso continui processi di deformazione.

COME: Le superfici di taglio hanno breve durata, si attivano durante il movimento e non sono più riconoscibili al termine dell'evento stesso.

FORMA: La forma è in genere allungata e stretta e si allarga nella parte terminale.



COLAMENTI LENTI

In base al contenuto d'acqua distinguamo

- colamenti secchi in genere rapidi
- colamenti umidi

In genere il contenuto d'acqua determina la rapidità del fenomeno e quindi la sua pericolosità.

Si tratta di movimento di scorrimento lungo una superficie.

La nicchia di distacco ha una forma appena accentuata e presenta fratture e piccole corone di distacco.

L'accumulo ha forma lobata e presenta ondulazioni e contropendenze.



COLAMENTI LENTI

- MATERIALE COINVOLTO: terreni contenenti argilla (detriti di falda, accumuli di frane)
- CAUSE PREDISPONENTI: elevate pendenze, disponibilità di materiale mobilizzabile ad alto contenuto in argilla
- CAUSE SCATENANTI: piogge intense e prolungate che determinano la plasticizzazione dei terreni ad alto contenuto argilloso

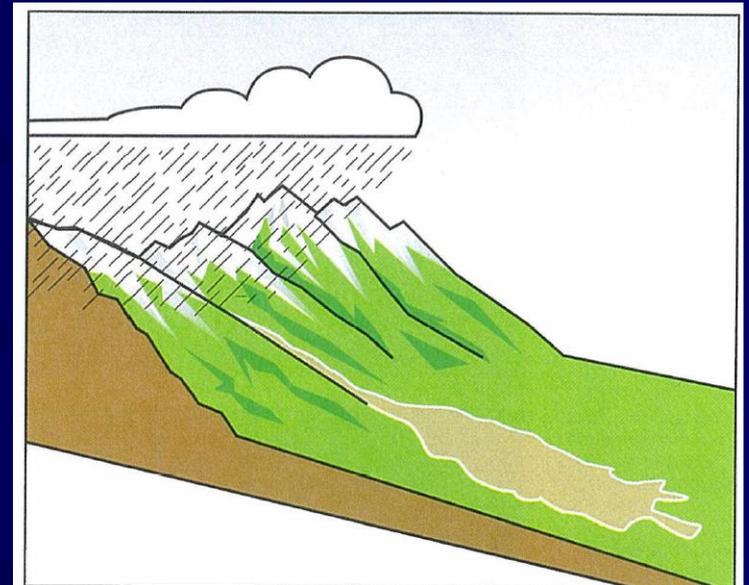
COLAMENTI RAPIDI

Sono movimenti veloci di massa che si sviluppano su versanti acclivi o mediamente acclivi in seguito a piogge brevi e intense e/o prolungate.

In base alla granulometria si distinguono in:

- Colate di detrito
- Colate di terra
- Colate di fango

Nelle zone alpine i fenomeni di colamento rapido sono ascrivibili a fenomeni di **debris flow** (colate di detrito).



COLAMENTI RAPIDI

- DEBRIS FLOW = rapido movimento in massa, controllato dalla gravità, di una miscela di solidi granulari, acqua e aria che si pone in posizione intermedia tra i processi di frana e di piena

Sulla base del tipo di movimento iniziale, della pendenza del versante della presenza di vegetazione, ecc. distinguiamo:

- DEBRIS FLOW NON INCANALATI: si originano tramite frane superficiali che interessano spessori di materiale in piccole depressioni del substrato presenti a monte della rete di drenaggio
- DEBRIS FLOW INCANALATI: vengono mobilizzati su versanti con pendenze comprese tra 15° e 45° . Si originano da frane rotazionali e/o traslazionali in deposito superficiale
- DEBRIS AVALANCHE: si tratta di flussi rapidi che si originano da frane su versanti posti a pendenza elevata ($> 45^\circ$) ricoperte da suolo e vegetate
- DEBRIS TORRENTS: si originano in forre o valli strette per rottura di sbarramenti di frana o accumuli di materiale nel canale. Questo determina un caratteristico comportamento impulsivo del flusso che può raggiungere le conoidi alluvionali con elevate portate di sedimenti

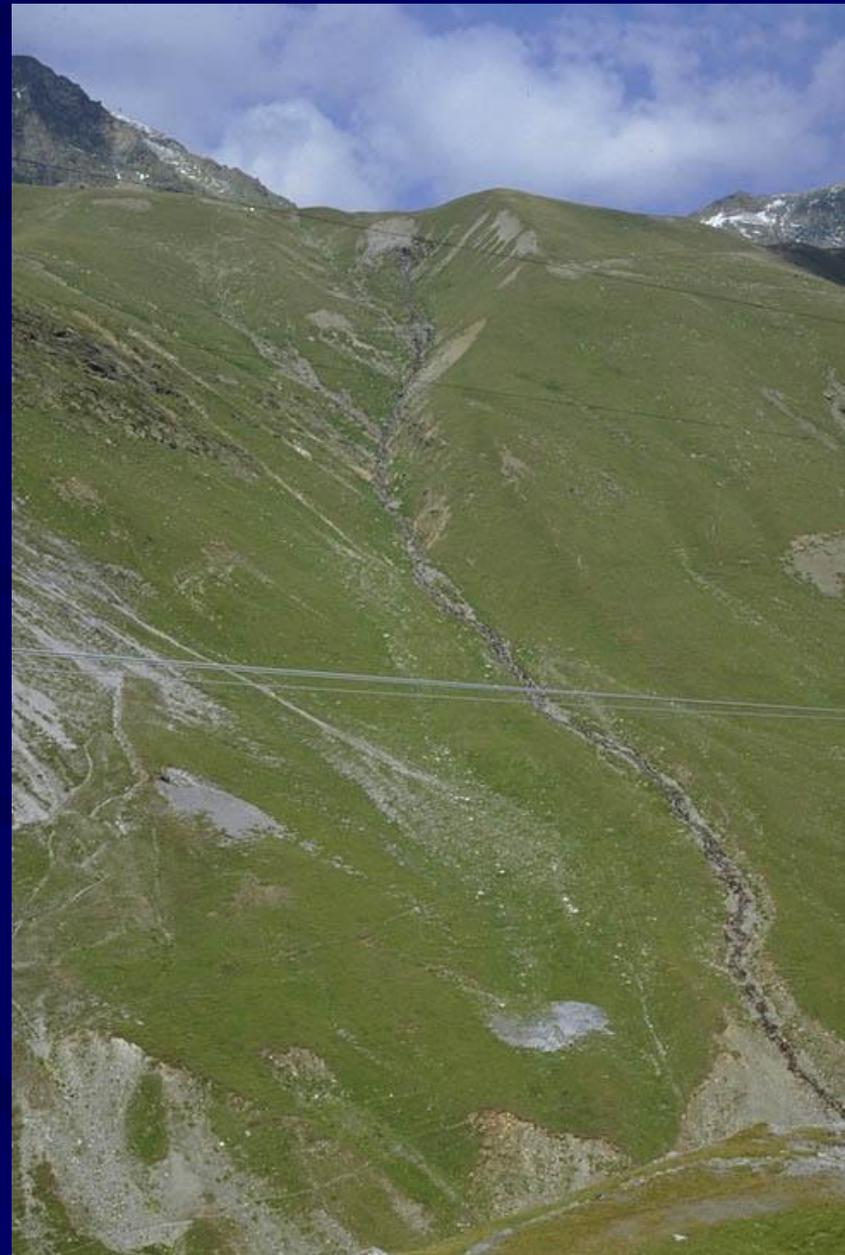
COLAMENTI RAPIDI

- L'acqua in questa tipologia di frane ha un ruolo fondamentale infatti le masse detritiche tendono ad assumere il comportamento fisico di un fluido viscoso con velocità che possono raggiungere anche alcuni metri al secondo.
- Durante gli eventi di pioggia di elevata intensità si può avere la fluidificazione dei terreni superficiali saturi di acqua. I volumi coinvolti in queste tipologie di fenomeni sono relativamente limitati in ciascun evento, ma l'elevata ricorrenza degli stessi porta spesso alla formazione di grandi accumuli nella fascia pedemontana.
- Le caratteristiche granulometriche del materiale in movimento insieme all'acclività del pendio permettono a queste frane di percorrere distanze considerevoli .

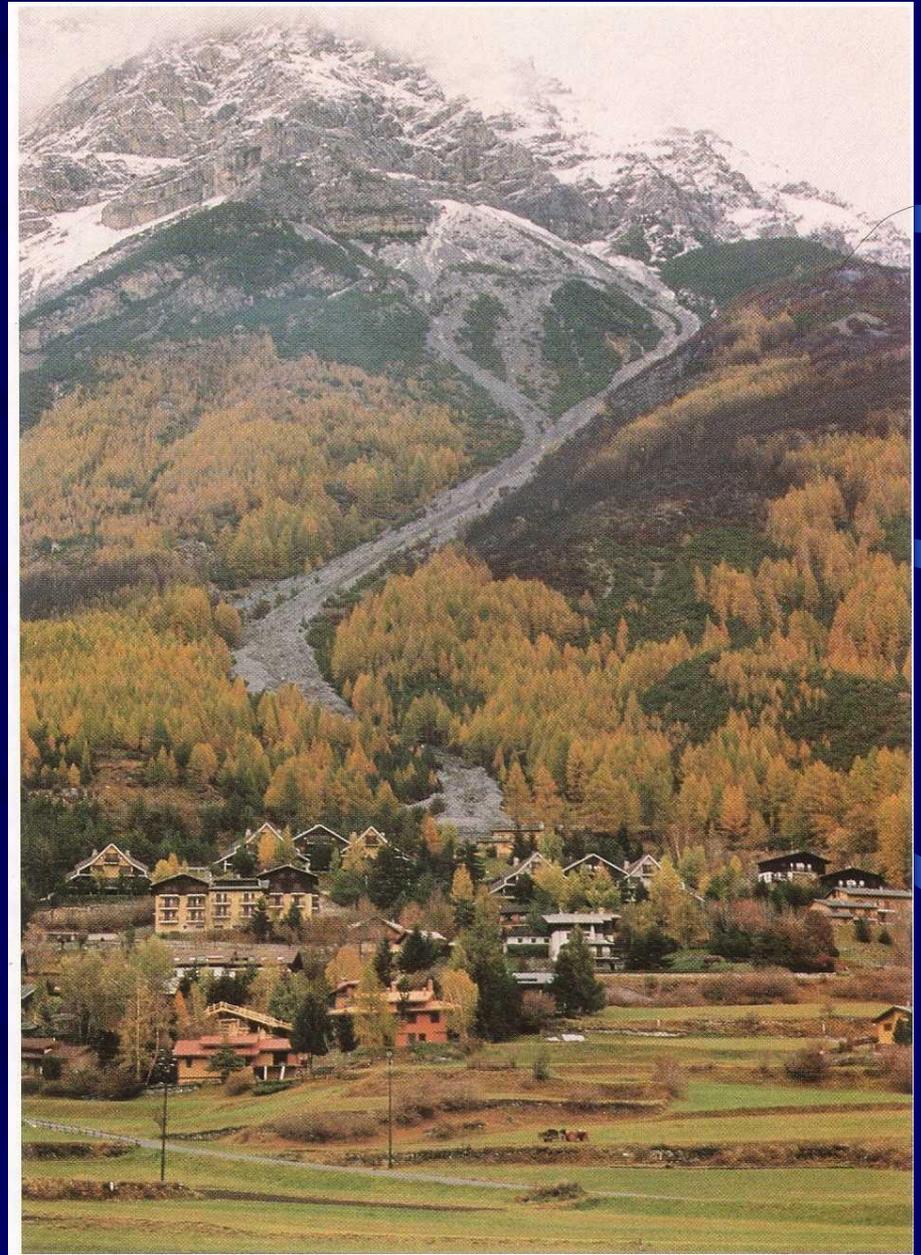
COLAMENTI RAPIDI

- CINEMATISMO: le colate detritiche sono flussi viscosi di terreno sciolto fluidificato senza vere e proprie superfici di scivolamento; si sviluppano spesso lungo le aste torrentizie, dando luogo a trasporti in massa di dimensioni eccezionali, grazie alla notevole capacità di rimobilizzazione del materiale che contraddistingue il fenomeno
- CAUSE PREDISPONENTI: elevate pendenze, disponibilità di materiale mobilizzabile, assenza di vegetazione
- CAUSE SCATENANTI: piogge intense e prolungate, rapida fusione della neve

COLATE



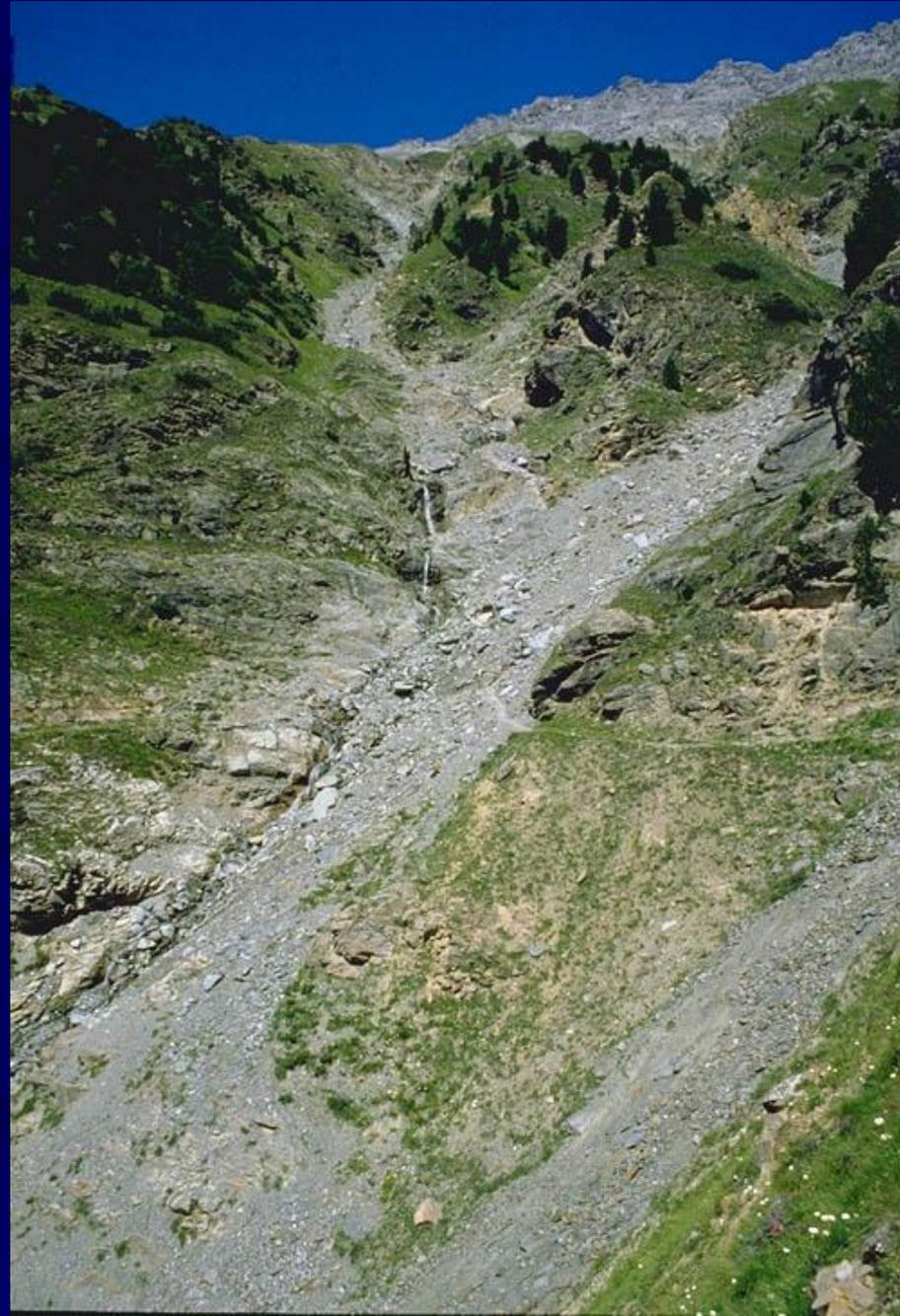
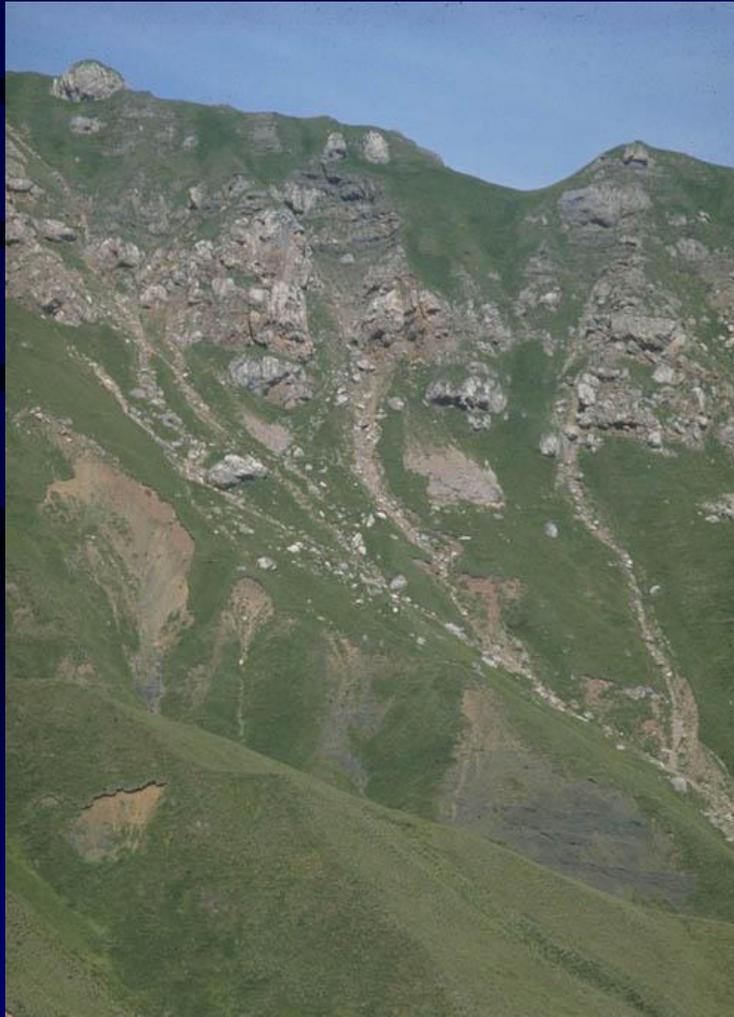
COLATE



COLATE



COLATE



COLATE

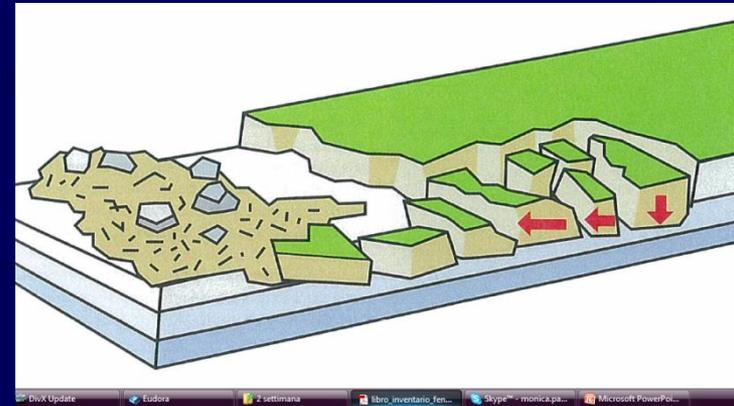


COLATE



ESPANDIMENTI LATERALI (lateral spread)

- Movimenti dove lo spostamento della massa rocciosa o di terreno coesivo avviene prevalentemente in senso orizzontale lungo fratture di trazione o di taglio. Si manifestano in particolari condizioni morfostrutturali in cui è presente una sovrapposizione tra materiali ad elevato contrasto di competenza che danno luogo a deformazioni differenziali.
- Le deformazioni avvengono anche su pendenze basse e sono evidenziate dalla disarticolazione e suddivisione in blocchi della roccia sovrastante che subisce anche cedimenti.
- Distinguiamo:
ESPANDIMENTI A BLOCCHI
ESPANDIMENTI PER LIQUEFAZIONE



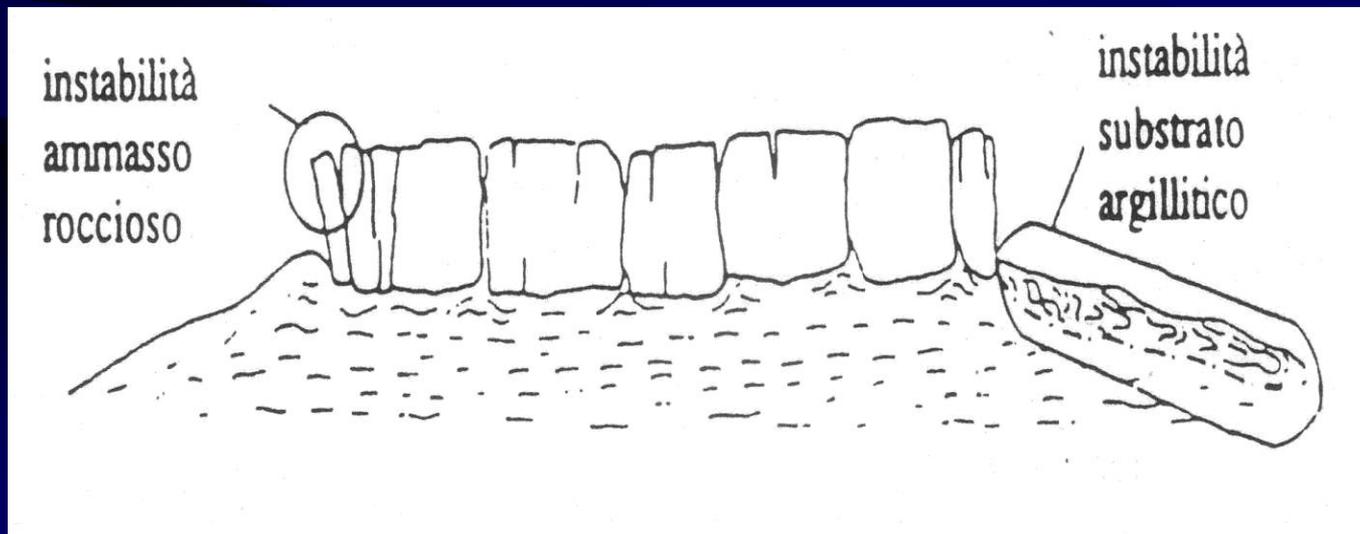
ESPANDIMENTI A BLOCCHI

- Si formano quando uno spesso strato di roccia giace sopra materiale meccanicamente più debole. Il movimento è prevalentemente di estensione, ma non è riconoscibile una superficie basale ben definita. E' frequente in rocce competenti che tendono a fratturarsi in blocchi di dimensioni variabili. Il materiale più debole sottostante può venire spinto nelle fratture verso l'alto.
- CAUSE PREDISPONENTI: sovrapposizione di materiale a comportamento rigido (roccia) su materiale a comportamento plastico (argilliti)
- CAUSE SCATENANTI: non esistono vere e proprie cause scatenanti; le stesse cause predisponenti determinano il verificarsi del fenomeno su lunghi archi di tempo. Piogge intense e sollecitazioni sismiche (con conseguente fluidificazione del materiale plastico) possono sicuramente accelerare il processo.

ESPANDIMENTI A BLOCCHI

CARATTERI DIAGNOSTICI DI UN ESPANDIMENTO LATERALE:

- Si individuano separatamente i diversi meccanismi di rottura:
- nella roccia: crollo, scorrimento, ribaltamento
 - nelle pendici argillose: scivolamenti, colamenti

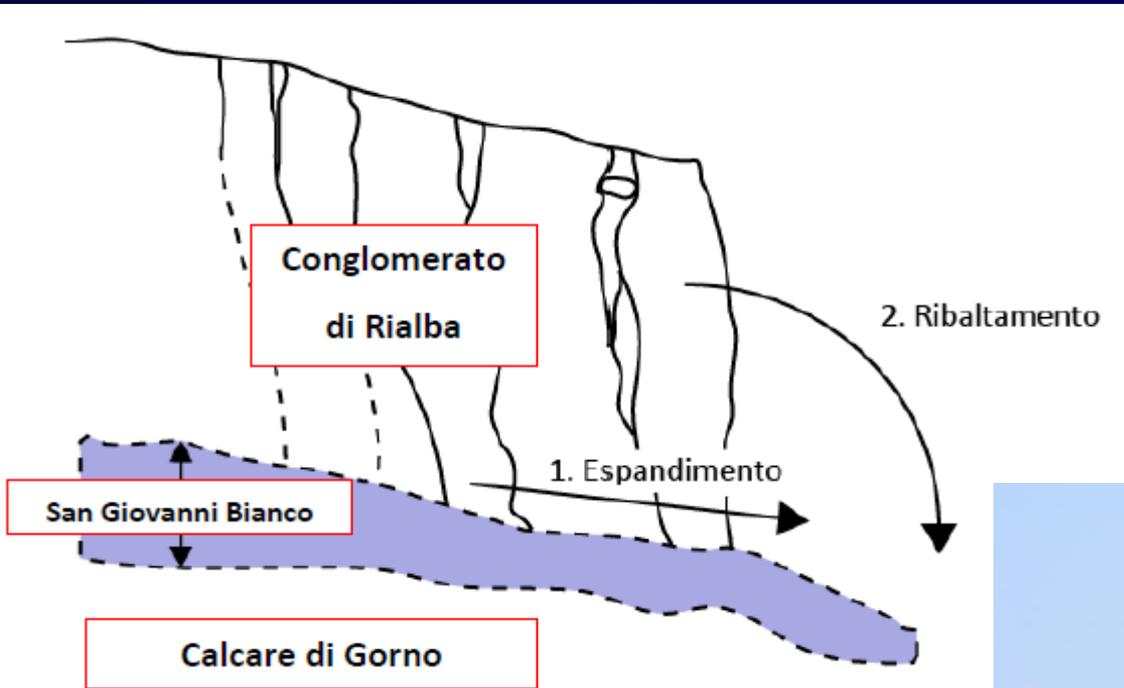


ESPANDIMENTI A BLOCCHI

LOCALITA'
ORVIETO



ESPANDIMENTI A BLOCCHI



Torrioni di Rialba



ESPANDIMENTI PER LIQUEFAZIONE

Si formano in limi ed argille poco consolidate che perdono l'originaria resistenza in seguito a sollecitazioni esterne indotte ad esempio da sismi, diventando plastiche o liquefacendosi. Se il materiale plastico ha elevato spessore i blocchi sovrastanti possono sprofondare.

ESPANDIMENTI

Nicchia di distacco: non è sempre presente in quanto il fenomeno avviene con movimenti orizzontali. Dove è presente una superficie di distacco questa si presenta in genere subverticale per poi proseguire orizzontalmente. Sono visibili sul terreno fessure o fratture di tensione.

Accumulo: si presenta in genere disarticolato e smembrato. Se il movimento è lento la struttura interna è poco alterata. Se il movimento avviene velocemente la struttura interna è disarticolata e in superficie l'accumulo si presenta caotico.

SPROFONDAMENTI *(Sinkhole)*



Si verifica in corrispondenza del crollo sulla superficie topografica della volta di una cavità sotterranea, antropica o naturale, di sufficienti dimensioni.

In superficie il fenomeno si manifesta con la rapida formazione di una depressione di forma varia ma generalmente circolare.

Lo sprofondamento è un fenomeno tipico di aree carsiche (costituite da rocce carbonatiche come calcari, dolomie e rocce evaporitiche), di aree pianeggianti con basamento carsificabile e di aree il cui sottosuolo presenta cavità di varia natura o antropiche quali cave o miniere.

Di solito questi fenomeni si sviluppano per erosione ad opera delle acque sotterranee delle rocce solubili. La continua erosione e i crolli delle pareti del camino provocano il progressivo colmamento della voragine ed un aumento del diametro.

FRANE COMPLESSE E COMPOSITE



Sono fenomeni il cui movimento risulta dalla combinazione di due o più tipologie di frana. Si innescano generalmente come scorrimenti o crolli che successivamente evolvono in colate rapide.

In questa tipologia di frane rientrano anche le valanghe di roccia che si originano da crolli o da scorrimenti di grandi volumi rocciosi che evolvono con una elevatissima componente ad alta energia a causa della notevole quantità di acqua.

L'arresto finale avviene dopo aver raggiunto distanze anche notevoli.

FRANE COMPLESSE E COMPOSITE



Deformazione gravitativa profonda (DGPV)

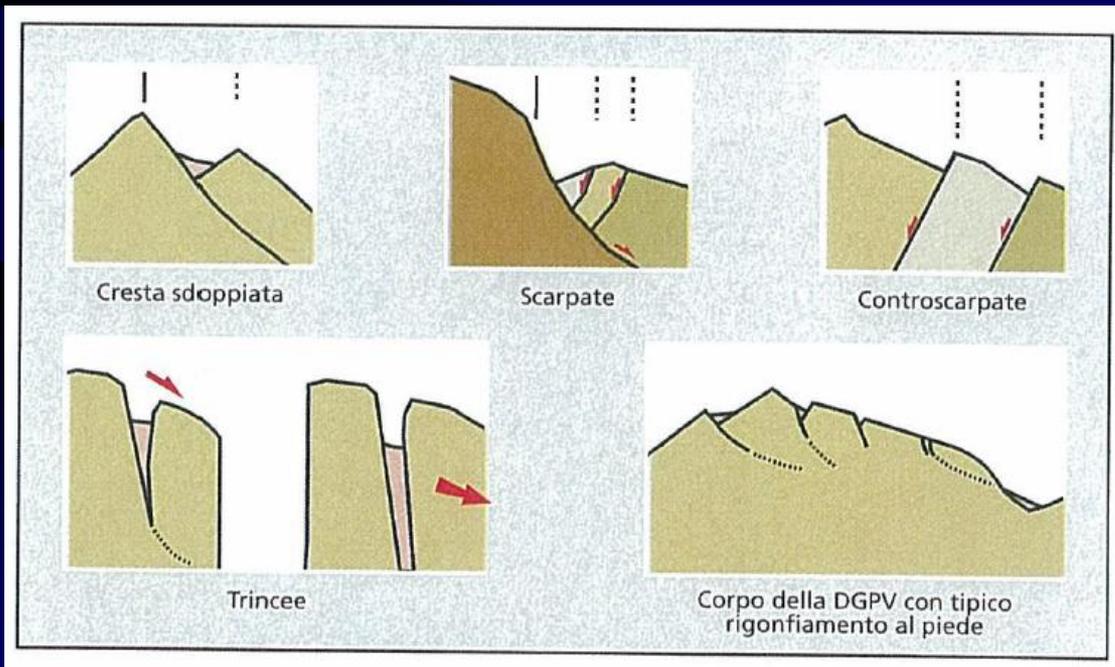
È un movimento di massa complesso, caratterizzato da una deformazione quasi sempre lenta e progressiva della massa rocciosa senza che ci siano superfici di rottura vere e proprie.

Il processo avviene per spostamenti estremamente lenti (durano migliaia di anni) che si sviluppano lungo zone di debolezza).

Gli spostamenti coinvolgono profondità che superano il centinaio di metri e quindi i volumi in gioco arrivano anche a parecchie decine di milioni di metri cubi.

Deformazione gravitativa profonda (DGPV)

EVIDENZE MORFOLOGICHE:





Si ha instabilità quando:

RESISTENZA

$$S = R$$

SOLLECITAZIONE

Dobbiamo conoscere:

1. Materiali
2. Proprietà tecniche
3. Indagini in sito e prove di laboratorio

Fattori che aumentano S

- **Fattori che asportano il materiale dal versante e che diminuiscono il sostegno laterale:**
 - erosione al piede di un versante ad opera di corsi d'acqua;
 - erosione operata dal moto ondoso e dalle correnti sulle coste;
 - scioglimento di ghiacciai vallivi;
 - attività di scavo (per strade, canali, ecc.) al piede di un versante;
 - distruzione di opere di sostegno al piede di un versante;
- **Fattori che sovraccaricano il pendio:**
 - saturazione del terreno ad opera di piogge intense;
 - peso delle nevicate;
 - accumulo di materiale detritico sulla sommità del pendio;
 - pressioni di filtrazione per l'aumento del livello piezometrico;
 - peso di rilevati stradali, di discariche minerarie e di rifiuti, di edifici, ecc.;
 - peso dell'acqua derivante da perdite di condotte idriche, fognature, canali, bacini;

Fattori che aumentano S

- **Fattori che riducono il supporto sotterraneo:**
 - attività carsica in rocce carbonatiche;
 - dissoluzione dei gessi;
 - attività mineraria;
- **Fattori che causano pressioni laterali:**
 - congelamento dell'acqua in fessure;
 - rigonfiamento delle argille;
- **Fattori che esercitano sforzi transitori sul terreno:**
 - attività vulcanica;
 - attività sismica;
 - esplosioni;
 - traffico stradale e macchine vibranti.

Fattori che diminuiscono R

- **Fattori intrinseci (iniziali):**
 - natura dei materiali (es. terreni organici), presenza di terreni contenenti elevate percentuali di argilla, terreni contenenti minerali lamellari (es. miche);
 - disposizione delle particelle e rotondità dei granuli;
 - giacitura e caratteristiche delle superfici di stratificazione e di scistosità, delle fratture e delle faglie, alternanza di strati a diversa permeabilità e/o resistenza;
 - orientazione del pendio.
- **Fattori esterni (successivi):**
 - sollecitazioni transitorie (terremoti, attività vulcanica, esplosioni, macchine vibranti);
 - alterazione fisica e chimica dei materiali;
 - variazioni del contenuto d'acqua.

INDAGINI DA ESEGUIRE IN AREE FRANOSE

Rilievi di superficie:

- geomorfologico
- geolitologico
- geologico-strutturale
- geodetico-topografico-fotogrammetrico
- idrografico
- pluviometrico

Indagini profonde:

- prove in sito
- prove di laboratorio
- monitoraggio movimenti profondi
- indagini idrogeologiche

Obiettivi

- riconoscimento e alla delimitazione dei dissesti in atto o potenziali;
- definizione dei cinematismi agenti e alla loro possibile evoluzione;
- individuazione delle cause predisponenti e scatenanti;
- determinazione delle proprietà geotecniche dei materiali coinvolti.



**ANALISI DI STABILITÀ
PROGETTO DI STABILIZZAZIONE**