Corso di Laurea in Scienze Geologiche

LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO: SEMINARI DI ORIENTAMENTO

IL DISSESTO IDROGEOLOGICO: IL RUOLO DEL GEOLOGO NELLA TUTELA DEL TERRITORIO PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE

Massimo Pietrantoni

PRIMA PARTE

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

PRESENTAZIONE DEL SEMINARIO

- ✓ **Perché un seminario sul dissesto idrogeologico**
- ✓ **Il ruolo del geologo nella pianificazione del territorio**
- ✓ **Quali sono le richieste del mondo del lavoro per un geologo**
- ✓ **L'università e l'inserimento del giovane geologo nel mondo del lavoro**
- ✓ **Dalla teoria alla pratica**

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

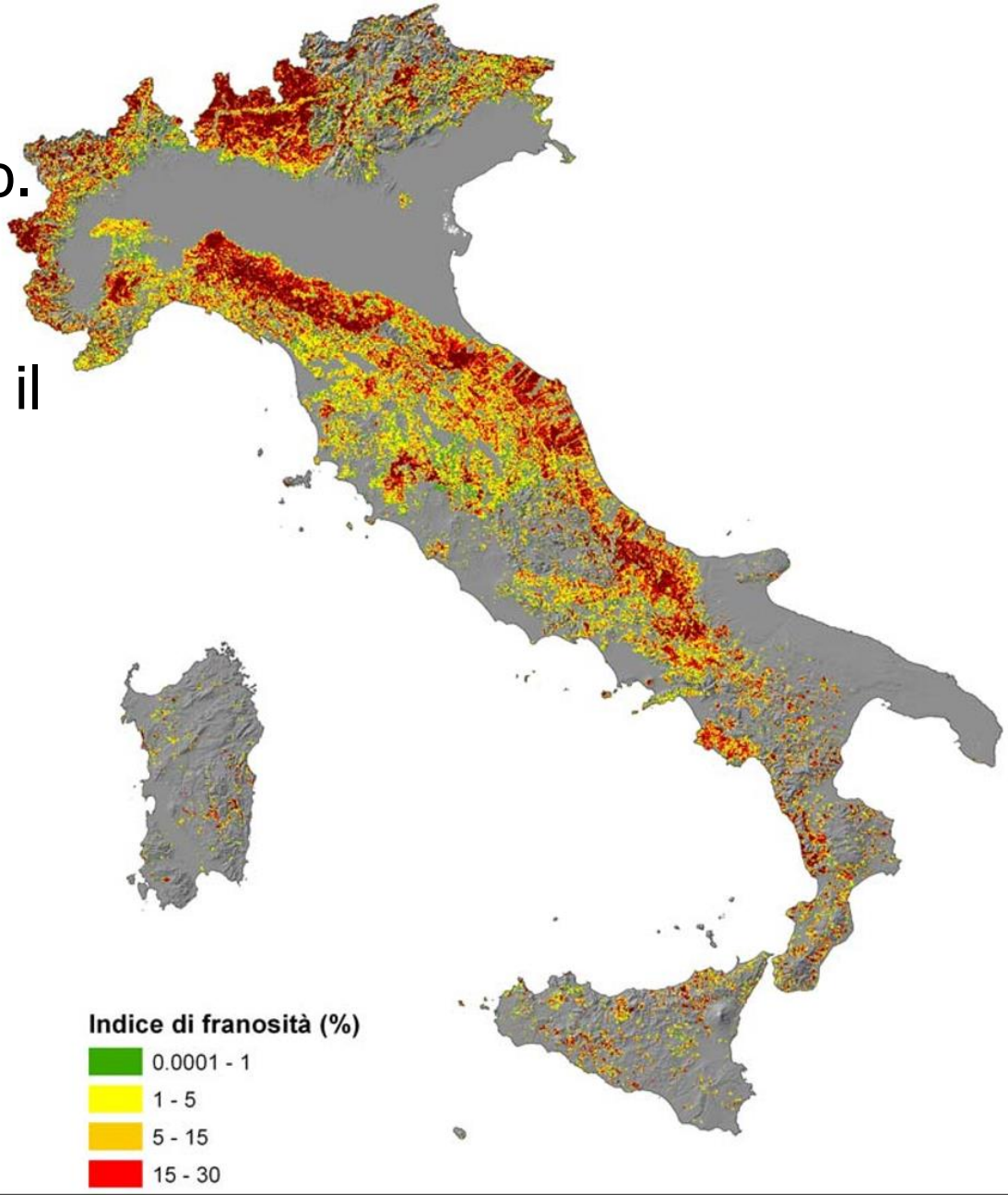
Il dissesto idrogeologico (geo-idrologico) in Italia.

Qualche numero. Il Progetto IFFI (ISPRA)

Il progetto inizia nel 2008 dopo la frana di Sarno.
L'inventario (aggiornato al 2015 per alcune regioni e 2014 e 2007 per altre) ha censito 614.799 fenomeni franosi che interessano quasi il 10% del territorio nazionale.

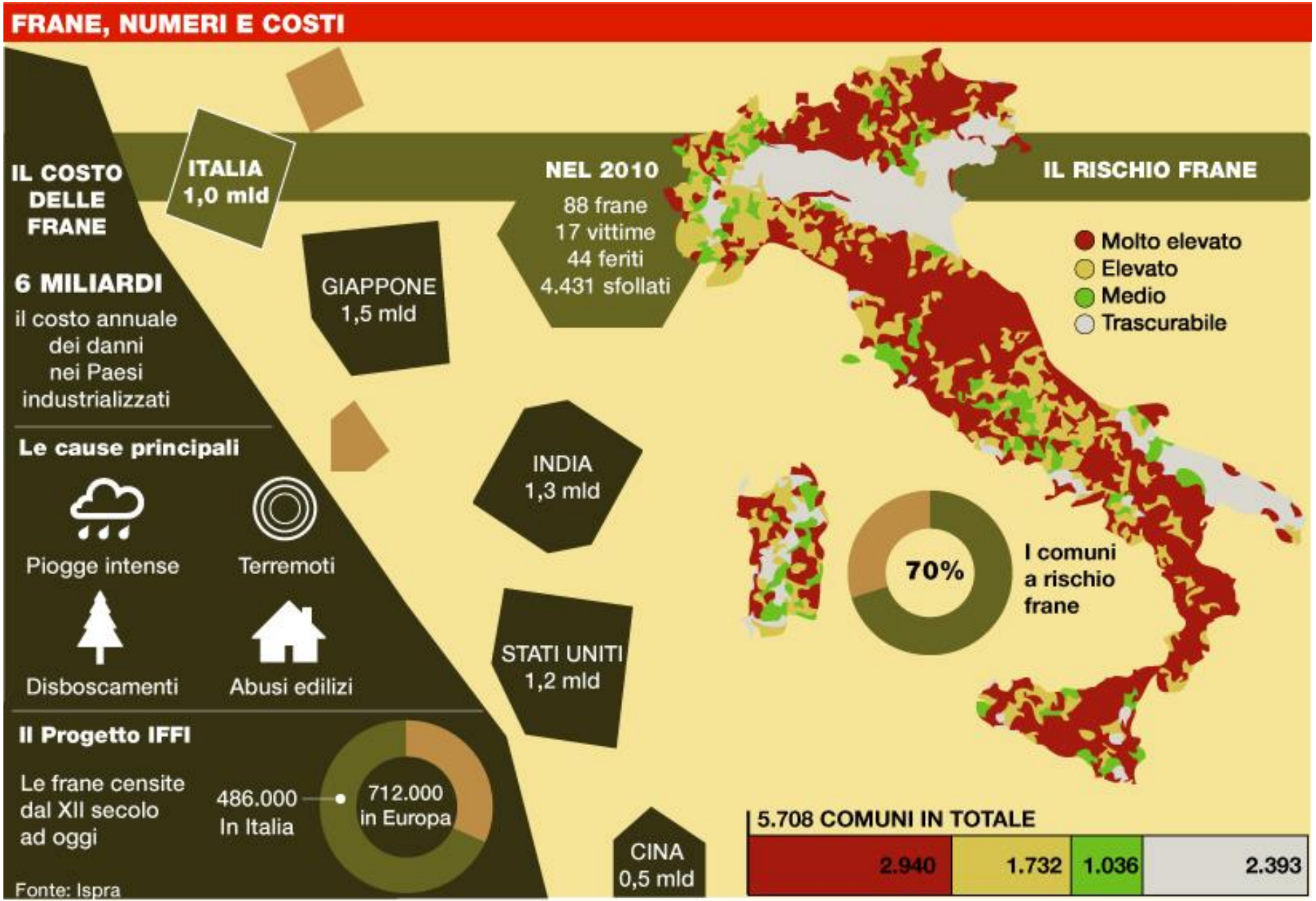
I dati statistici. Affidabilità e senso critico nella lettura dei dati.

La mappatura delle frane.
Il progetto IFFI e i Piani di Bacino



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Il dissesto idrogeologico (geo-idrologico) in Italia.



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Il dissesto idrogeologico (geo-idrologico) in Italia. Come viene affrontato il problema. L'approccio emergenziale

Dal dopoguerra al 2000….

Anno	Evento franoso/inondazione	Vittime	Danni (Mln €)	Leggi/Azioni
1951	Polesine	123		
1954	Salerno e costiera amalfitana	318		
1963	Vajont	1921		
1966	Arno – Firenze (e frana Agrigento)	53		Commissione De Marchi
1970	Genova	43	22	Legge Protezione Civile
1982	Frana di Ancona	1	500	
1985	Colata del torrente Stava Trentino	268	4	
1987	Frane in Valtellina	61	1k	Legge quadro difesa del suolo L. 183/89
1994	Alluvione in Piemonte	79	10k	
1996	Versilia e Garfagnana	15	146	
1998	Frana di Sarno e Quindici	162		DPCM 29/9/1998. PAI
2000	Soverato	15		
2000	Italia Nord-Ovest	37	2.5k	

..e nel XXI secolo?...

Il dissesto idrogeologico (geo-idrologico) in Italia. Come viene affrontato il problema. L'approccio emergenziale

L'inizio del XXI Secolo (dal 2001 al 2014)

40 eventi principali di frane e/o alluvioni, tra queste:

- ✓ **Le frane del Messinese (36 morti) nel 2009**
- ✓ **Cinque Terre (13 morti) nel 2011**
- ✓ **Alluvioni in Sardegna (18 morti) nel 2013**

In totale, 150 morti e decine di miliardi di euro di danni

Nei **50 anni** che vanno dal 1964 al 2013 le frane e le inondazioni hanno causato complessivamente **2007 morti**, **87 dispersi** ed almeno **2578 feriti**.
2034 i comuni coinvolti dove frane e inondazioni hanno causato vittime (morti, dispersi e feriti), circa il **25% del totale**, distribuiti in **tutte le province** e in **tutte le regioni**.

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

✓ **Le frane e l'interazione con l'uomo**

✓ **Come difendersi dalle frane.**
Una difesa attiva o passiva?

✓ **Le frane come naturale evoluzione morfodinamica del territorio.**
Come convivere con le frane.
Un modello di sviluppo sostenibile.

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Cos'è lo SVILUPPO SOSTENIBILE?

Il "rapporto Bruntland" (1987) definì **SVILUPPO SOSTENIBILE** lo "***sviluppo che risponde alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze***"

Definizione dell'**EPA** United States Environmental Protection Agency: "***la sostenibilità vuol dire creare e mantenere la condizioni in cui gli esseri umani e la Natura possono coesistere in una armonia produttiva per aiutare le generazioni presenti e future***"

Sustainability is based on a simple principle: Everything that we need for our survival and well-being depends, either directly or indirectly, on our natural environment. To pursue sustainability is to create and maintain the conditions under which humans and nature can exist in productive harmony to support present and future generations.

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

AFFRONTARE IL DISSESTO IDROGEOLOGICO CON UN APPROCCIO OLISTICO

- ✓ Il **Territorio è un SISTEMA COMPLESSO**, che non può essere affrontato in maniera rigida né settoriale. L'approccio vincente è spesso quello di non considerare la semplice somma delle singole componenti, ma di guardare il problema nel suo complesso e da varie prospettive.
- ✓ L'approccio "error friendliness" e il "metodo deduttivo" (dal generale al particolare)
- ✓ Si tratta in ogni caso di un problema multidisciplinare che racchiude varie discipline dell'Ingegneria (Geotecnica, Idraulica, Strutture e Infrastrutture) e discipline scientifiche e naturalistiche (Geologia, Biologia, Agronomia e Scienze Forestali)
- ✓ Il ruolo del geologo come *trait d'union*
- ✓ Perche il geologo deve possedere conoscenze multidisciplinari

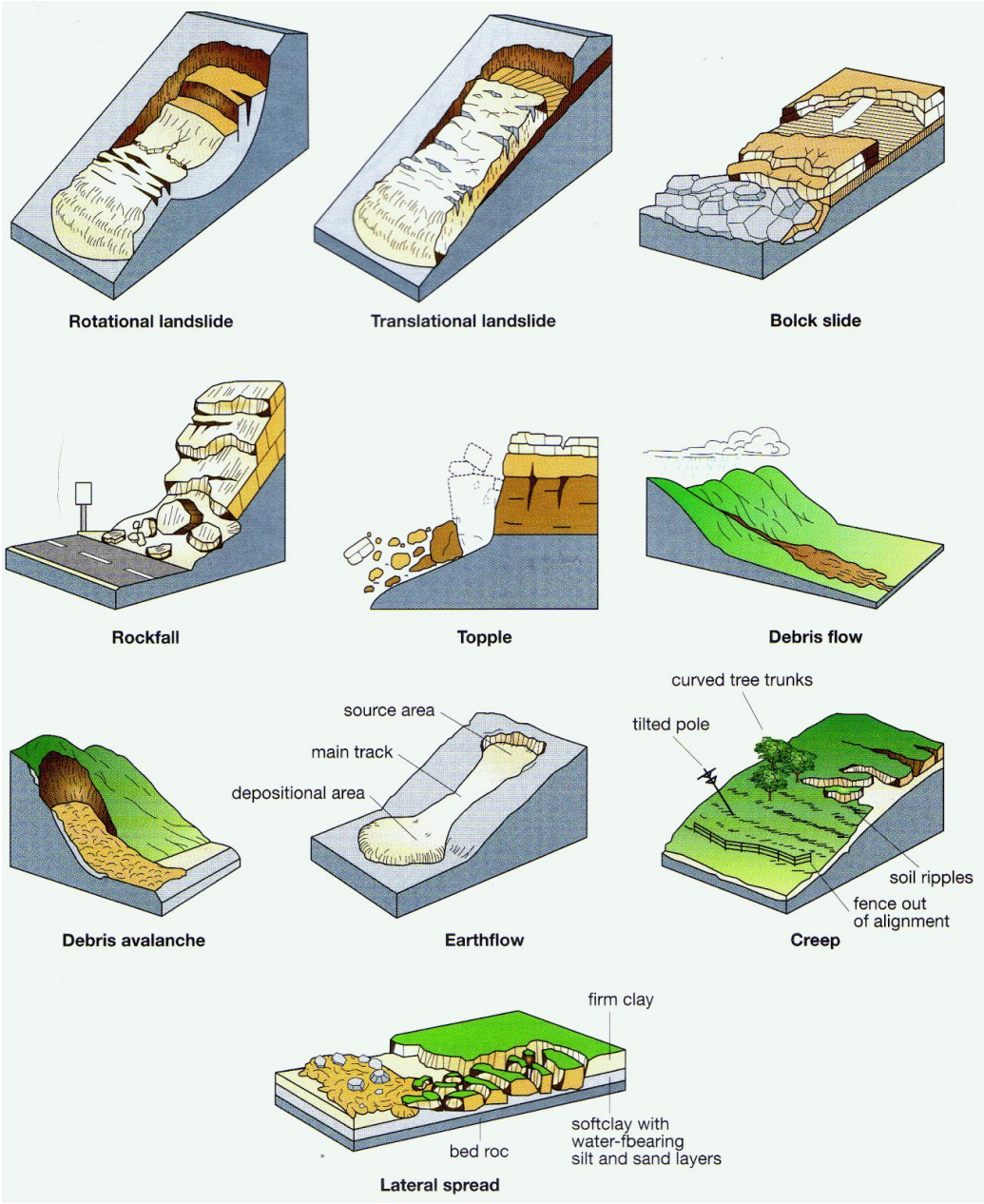
QUALI SONO I TEMI PRINIPALI DA AFFRONTARE PER LO STUDIO DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO

Le conoscenze di base per un Geologo

- ✓ GEOMORFOLOGIA APPLICATA
- ✓ GEOTECNICA (Meccanica delle Terre)
- ✓ GEOLOGIA STRUTTURALE E GEOMECCANICA (Meccanica delle Rocce)
- ✓ METODI DI STUDIO (Rilievi a terra, fotointerpretazione e Telerilevamento)
- ✓ METODI DI INDAGINE E MONITORAGGIO
- ✓ METODI DI VERIFICA DELLA STABILITA' DEI PENDII
- ✓ CRITERI E METODI DI INTERVENTO

LA GEOMORFOLOGIA APPLICATA

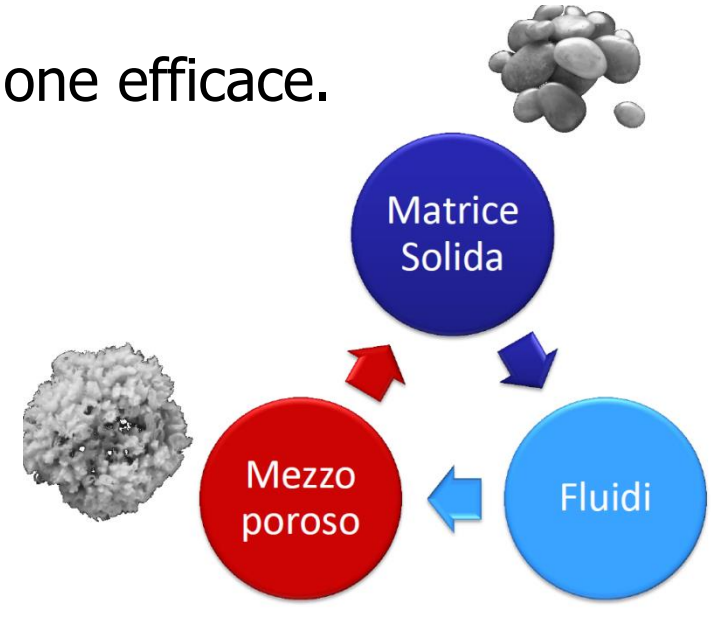
- ✓ Perché è importante classificare le frane.
- ✓ Perché non si può prescindere dall'inquadramento geomorfologico
- ✓ Dalla geomorfologia alla definizione degli interventi
- ✓ La previsione dell'evoluzione di una frana in relazione alle infrastrutture, esistenti e di progetto.
- ✓ La pericolosità e il rischio



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

LA GEOTECNICA

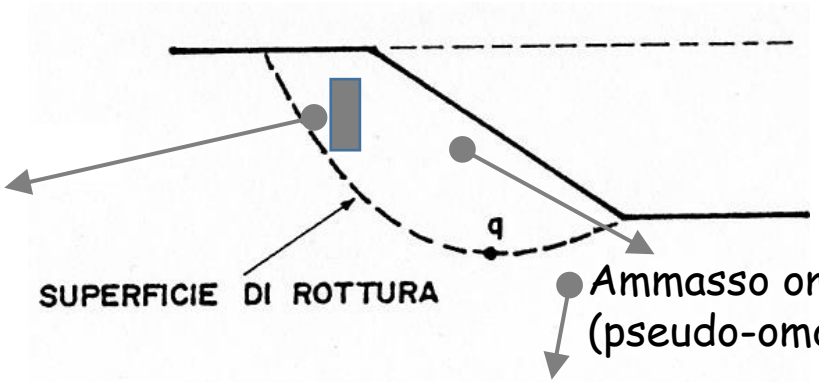
- ✓ Perché sono necessarie le conoscenze dei fondamenti di geotecnica per affrontare il problema delle frane.
- ✓ Quali sono i parametri fisico-meccanici dei terreni che influenzano la stabilità dei pendii.
- ✓ L'influenza dell'acqua nei terreni: erosione, degradazione e pressioni neutre
- ✓ Il concetto della pressione efficace.



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

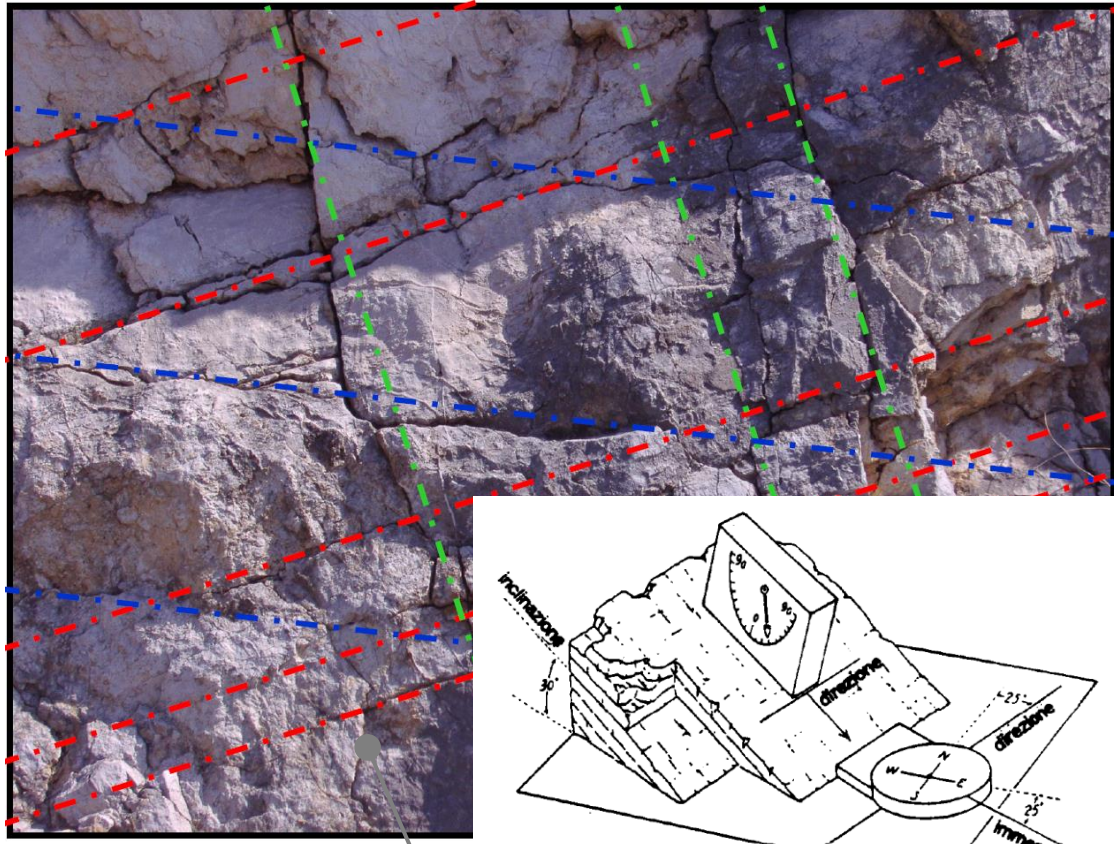
GEOLOGIA STRUTTURALE E GEOMECCANICA

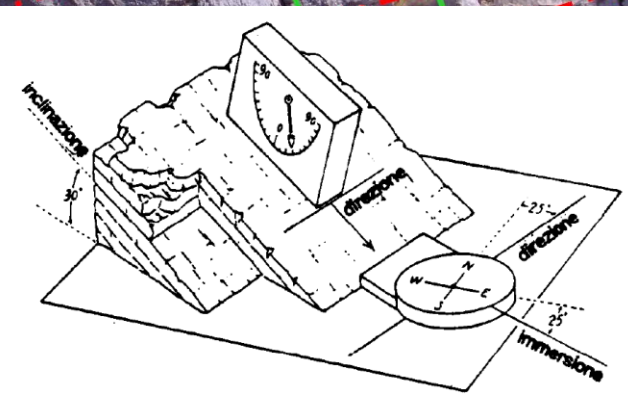
- ✓ Differenze tra terre e rocce
- ✓ Come si caratterizza un ammasso roccioso
- ✓ Differenze tra frane in terra e in roccia

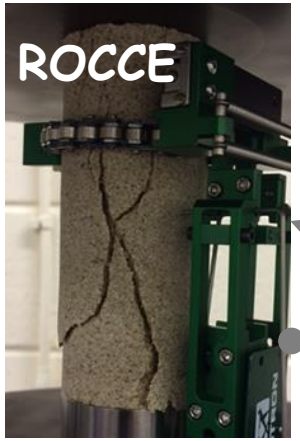


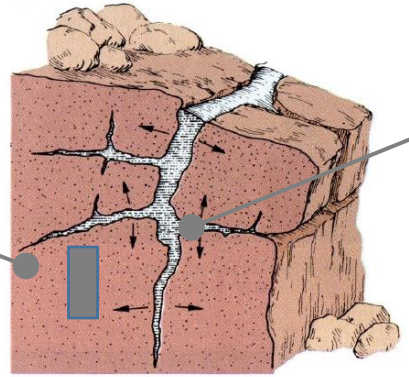
Ammasso omogeneo
(pseudo-omogeneo)

Parametri di laboratorio (c, φ) ≅ Parametri di ammasso (c, φ)









Ammasso non omogeneo

CARATTERIZZAZIONE
DELL'AMMASSO

Parametri di laboratorio ≠ Parametri di ammasso

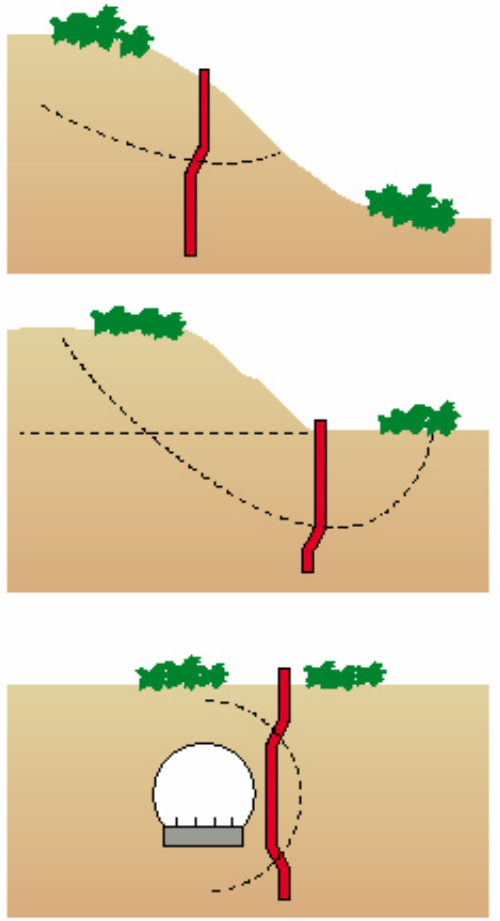
ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

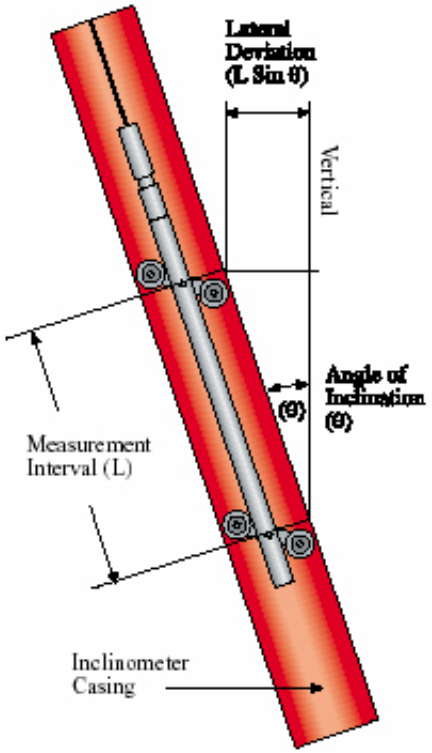
Perché studiare la Meccanica delle Rocce?

Differenza nei meccanismi di instabilità in terra e in roccia

CRITERI E METODI DI INDAGINE E DI MONITORAGGIO DEI PENDII

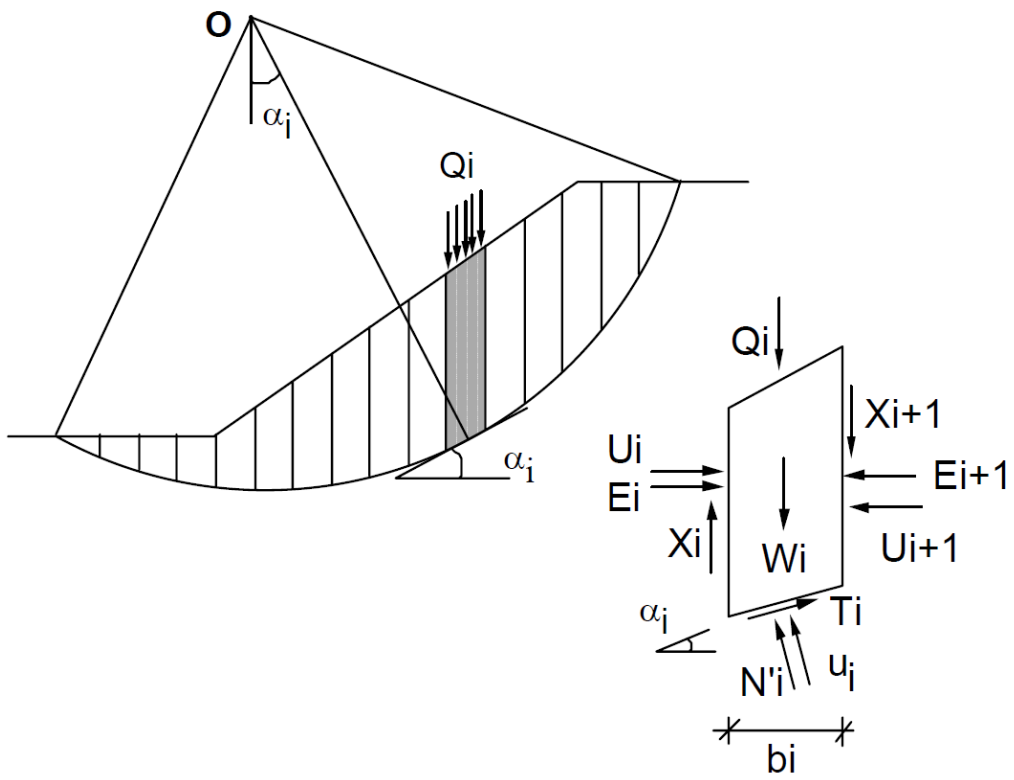
- ✓ Come indagare una frana o un pendio, quali parametri vanno definiti
- ✓ Indagini in sito, dirette e indirette. Le prove di laboratorio.
- ✓ Il monitoraggio: per un progetto, per una verifica, per un controllo. La strumentazione di monitoraggio.
- ✓ Come programmare una campagna di indagini e di monitoraggio

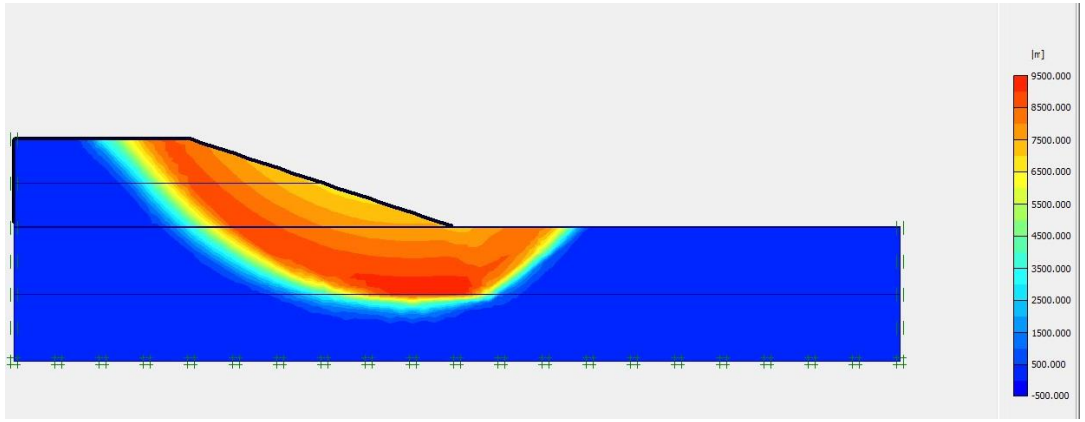




LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PENDII

- ✓ I metodi di verifica. Il modello bidimensionale e lo stato di equilibrio limite.
- ✓ Il concetto del coefficiente di sicurezza. Gli «stati limite» e le Norme Tecniche
- ✓ Metodi di analisi tenso-deformative e verifiche in condizioni dinamiche.





ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

CRITERI E TIPOLOGIE DI INTERVENTO

- ✓ Come si sceglie un intervento.
- ✓ Gli approcci: contrasto, alleggerimento, sostegno, consolidamento e drenaggio.
- ✓ Le tipologie di opere, i materiali, le modalità operative, le condizioni al contorno.
- ✓ L'Ingegneria Naturalistica
- ✓ Come si programma un intervento. Le fasi della progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva).
- ✓ Progetto, computo, esecuzione e rendicontazione.
- ✓ La normativa

Perché è necessaria una classificazione delle frane

In considerazione dell'ampia varietà dei fenomeni, degli ambienti geologici e dei complicati meccanismi che governano i dissesti geo-idrologici, è necessario affrontare il problema con un approccio per quanto possibile sistematico. Per lo studio di questi fenomeni e la definizione dei relativi interventi di stabilizzazione è quindi inderogabile un percorso che definisca i seguenti concetti e criteri.

Classificazione dei dissesti

↓

Criteri di studio, indagine e monitoraggio

↓

Criteri di intervento

CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

Una prima distinzione dei dissesti geo-idrologici può basarsi sui diversi agenti morfogenetici esogeni dai quali prendono origine e che danno origine ai relativi fenomeni di dissesto, ossia:

FORZA DI GRAVITA’	→	FRANE
ACQUE DI DILAVAMENTO	→	EROSIONE
NEVE	→	VALANGHE

CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

Internazionalmente viene adottata la classificazione di **Varnes** (1978) la più completa
Si può fare riferimento alla forma semplificata proposta da Carrara-D'Elia-Semenza (1985).

Si distinguono sei classi di movimento:

a) crolli;

b) ribaltamenti;

c) scivolamenti rotazionali e trasversali;

d) espansioni laterali;

e) colate;

f) fenomeni complessi.

A sua volta ognuna di queste classi, ad eccezione delle frane complesse, è suddivisa secondo il tipo di materiale interessato dal fenomeno franoso:

a) ammasso roccioso;

b) detrito;

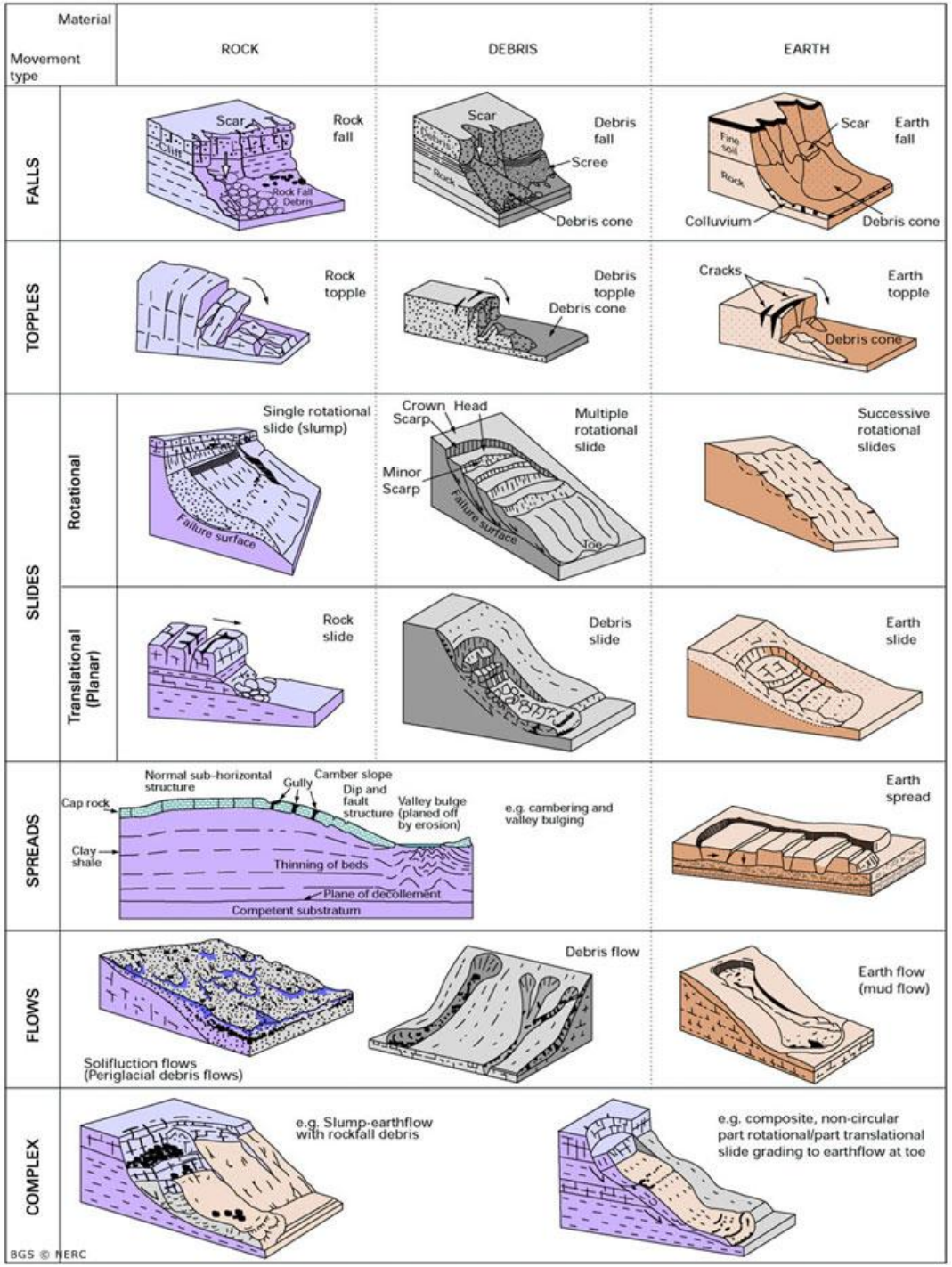
c) terra.

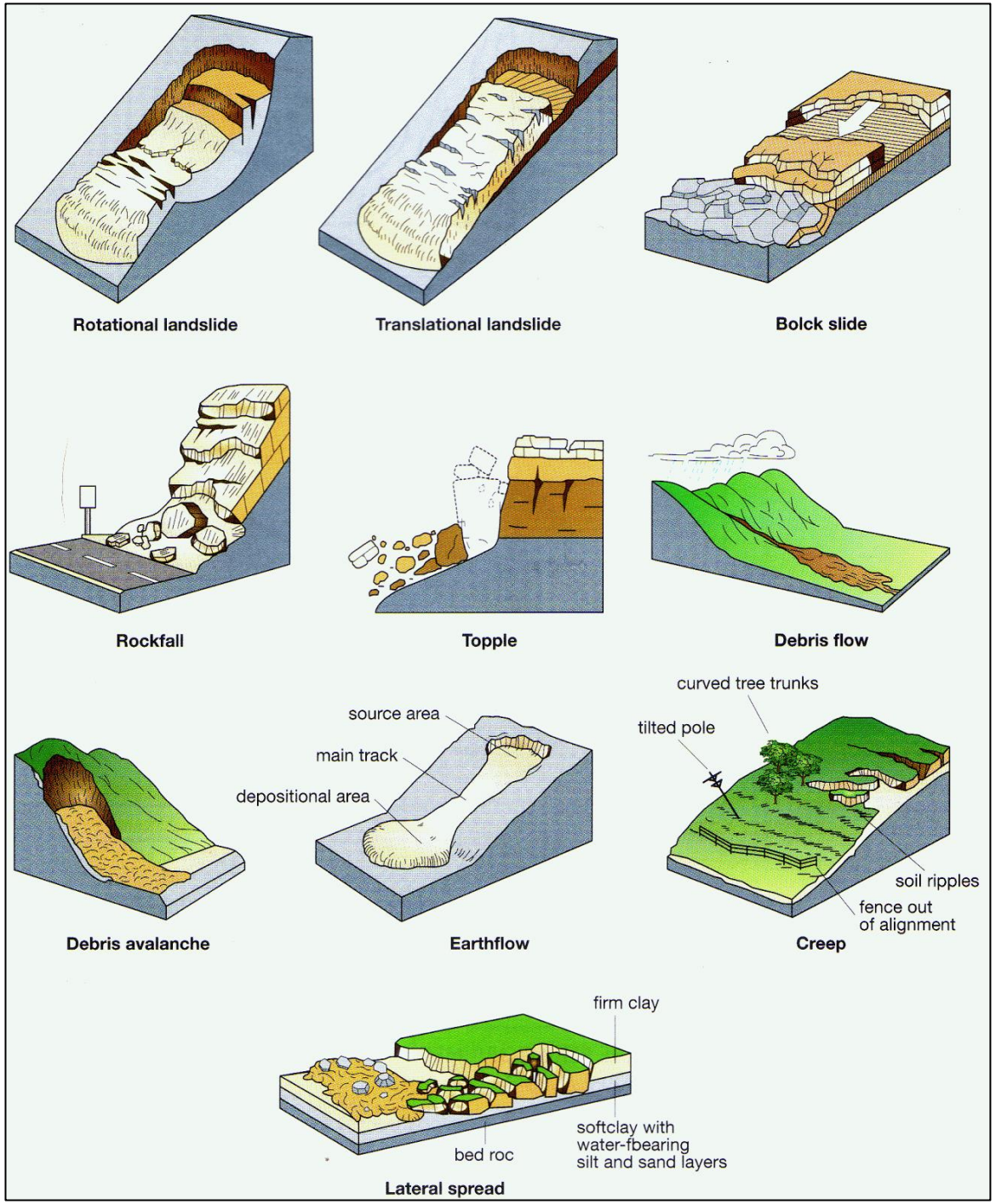
Si ottengono così 19 tipi di movimento.

Tipo di movimento		Tipo di materiale (prima del movimento)		
		Ammasso roccioso	Terreno sciolto	
			Detrito	Terra
Crolli (a)		crollo di roccia	crollo di detriro	crollo di terra
Ribaltamenti (b)		ribaltamento di roccia	ribaltamento di detrito	Ribaltamento di terra
Scivolamenti (c)	Rotazionali	scivolamento rotazionale di roccia	scivolamento rotazionale di detrito	scivolamento rotazionale di terra
	Trasversali	scivolamento trasversale di roccia	scivolamento trasversale di detrito	scivolamento trasversale di terra
Espansioni laterali (d)		espansione laterale di roccia	espansione laterale di detrito	espansione laterale di terra
Colamenti (e)		colamenti di roccia	colamenti di detrito	colamenti di terra
Frane complesse (f)				

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE

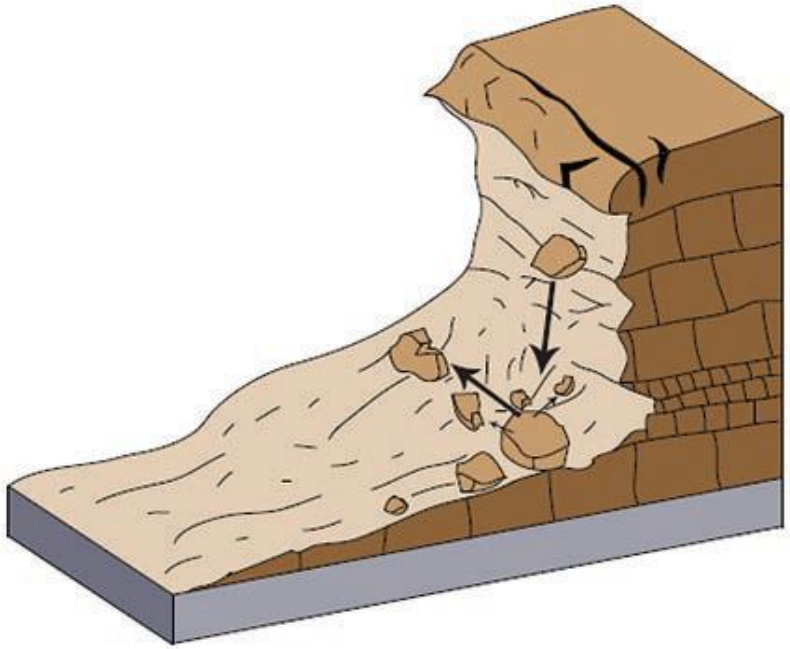




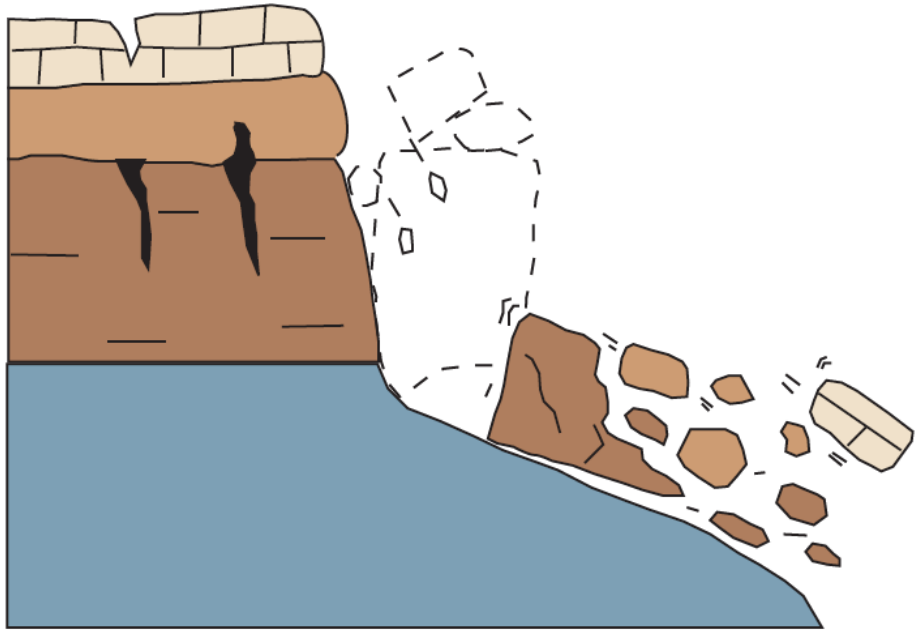
ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

CROLLI E RIBALTAMENTI

Crolli: il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi e il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto. Generalmente si verificano in scarpate rocciose a forte acclività interessate da preesistenti discontinuità strutturali (faglie e piani di stratificazione) e sono, di norma, improvvisi con elevata velocità di caduta dei materiali.



Ribaltamenti: dovuti a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del centro di gravità della massa. Le frane per ribaltamento si verificano generalmente nelle zone dove le superfici di strato o le fratture secondarie risultano essere sub-verticali.



Parole chiave:

- ❖ Roccia
- ❖ Acclività
- ❖ Discontinuità
- ❖ Improvviso
- ❖ Rapido

CROLLI

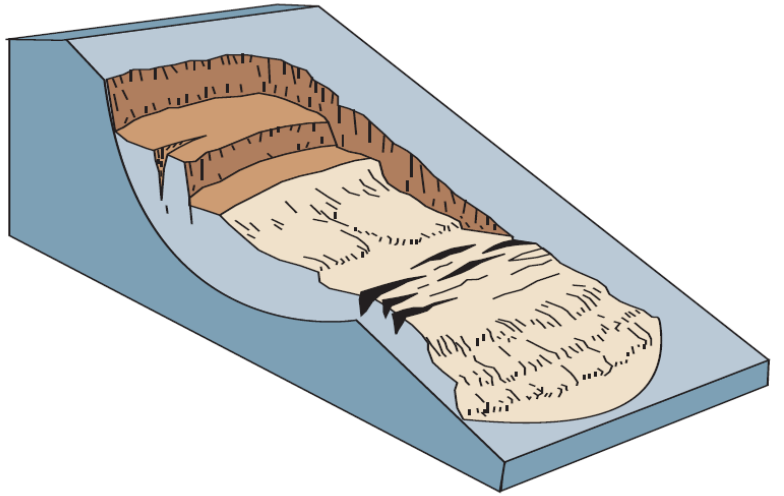
RIBALTAMENTI

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

SCORRIMENTI

Il movimento avviene con spostamenti per taglio lungo una o più superfici. Le superfici possono essere riconosciute visivamente o essere ricostruite sulla base di indizi e segni in situ. Gli scivolamenti si distinguono in *rotazionali* e *traslativi*.

Negli scivolamenti rotazionali il movimento è dovuto a forze che danno luogo ad un momento di rotazione attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa e la superficie di rottura si presenta concava verso l'alto.
Tali scivolamenti sono in genere caratteristici di pendii formati da depositi argillosi abbastanza omogenei, ma possono anche interessare pendii costituiti da rocce molto alterate e pendii formati prevalentemente da terreni a grana grossa.

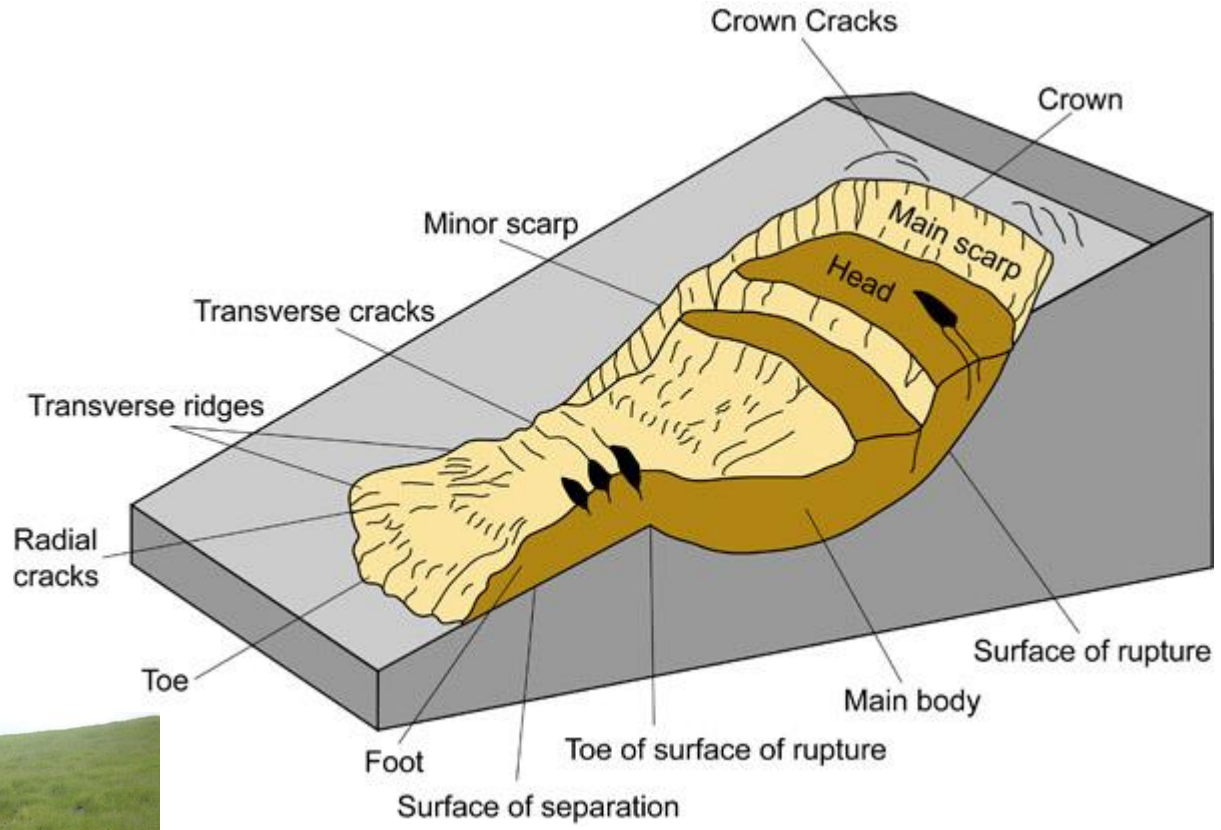


ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

SCORRIMENTI: scivolamenti rotazionali

Parole chiave:

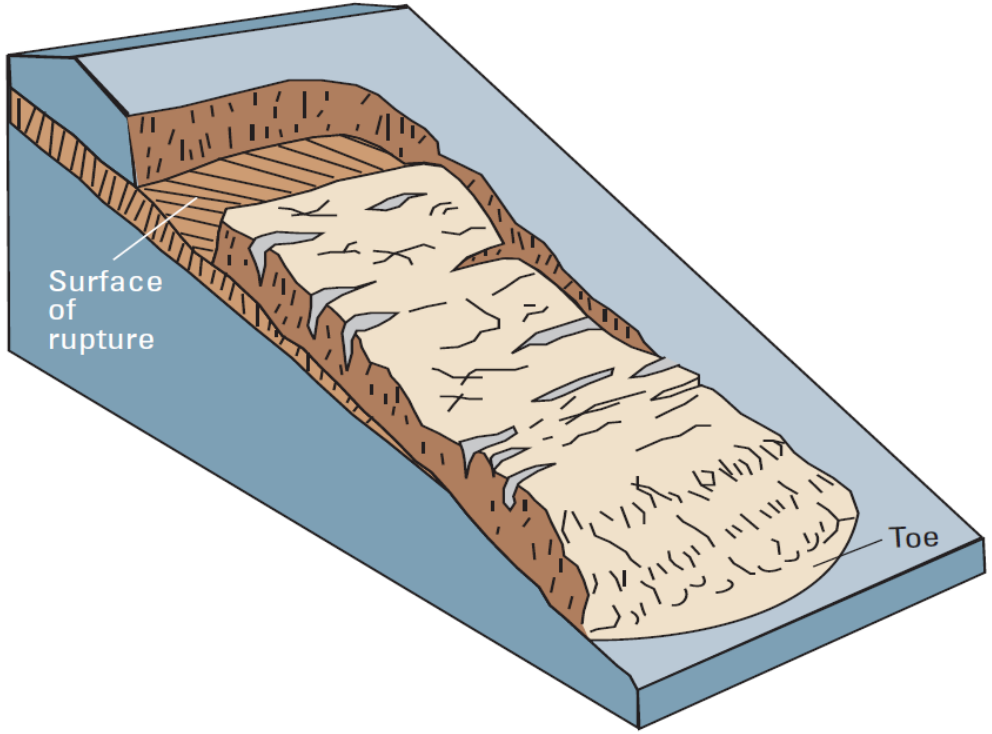
- ❖ Argille
- ❖ Superficie sub-circolare
- ❖ Lento⇨medio
- ❖ Indizi sul terreno



ROMA TRE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

SCORRIMENTI: scivolamenti traslativi

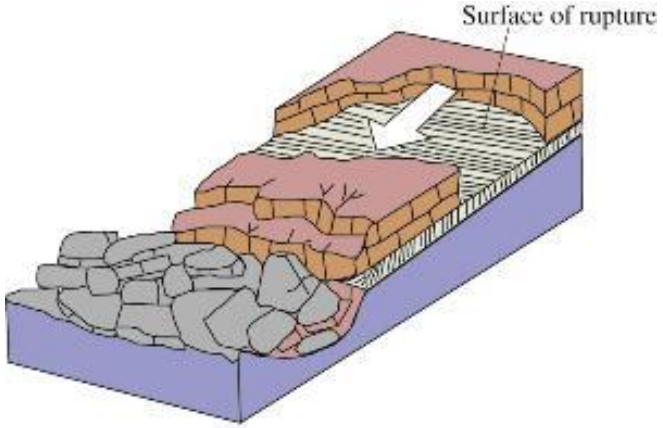
Tra le frane più frequenti, gli **scivolamenti traslativi** si hanno in genere lungo una superficie piana corrispondente al passaggio tra strati di diversa composizione litologica (caso frequente è il contatto tra rocce in situ e detrito sovrastante), o a discontinuità strutturali, come ad esempio faglie e giunti in un ammasso roccioso. Rientrano in questa classe i movimenti superficiali di terreni incoerenti su pendii quasi indefiniti, in condizione di equilibrio limite; lo scorrimento di porzioni relativamente superficiali di rocce tenere su piani caratterizzati da minore resistenza; gli scorrimenti di blocchi rocciosi lungo superfici di discontinuità; lo scivolamento di detrito su basamento roccioso o su detrito con maggiore resistenza.

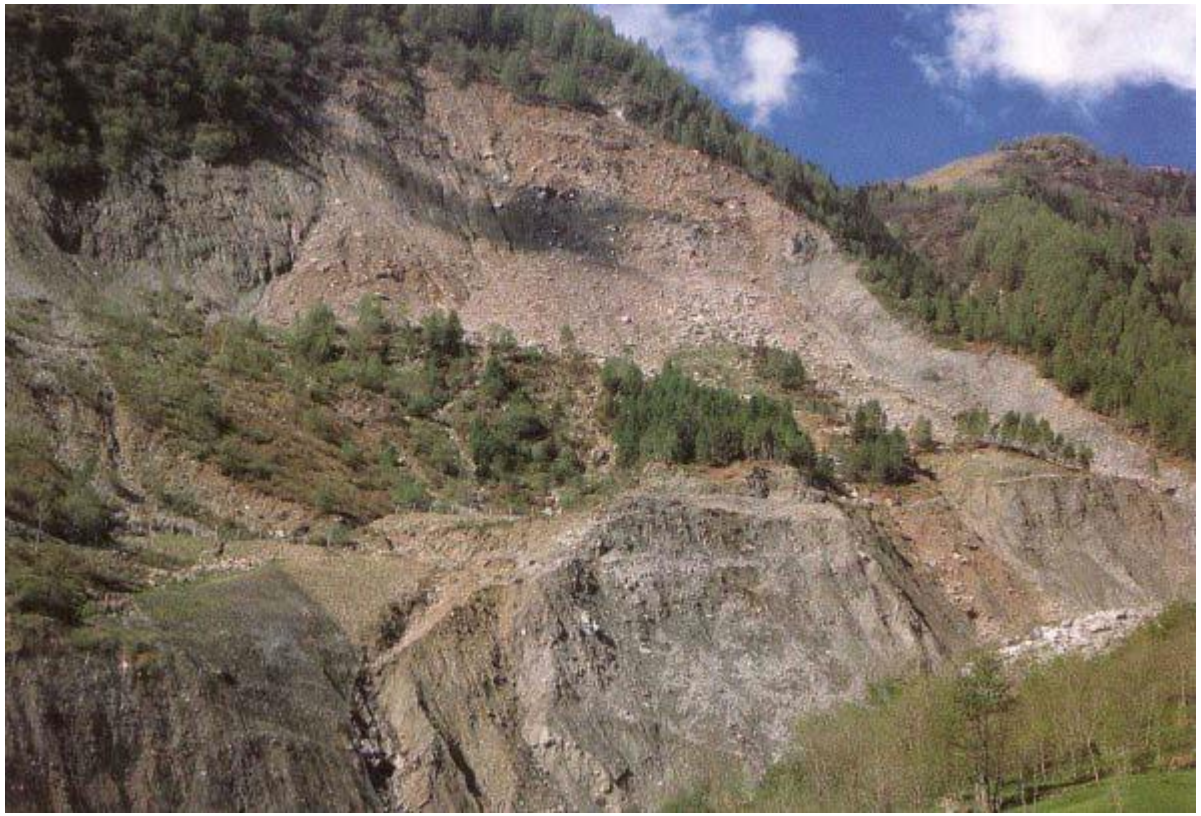


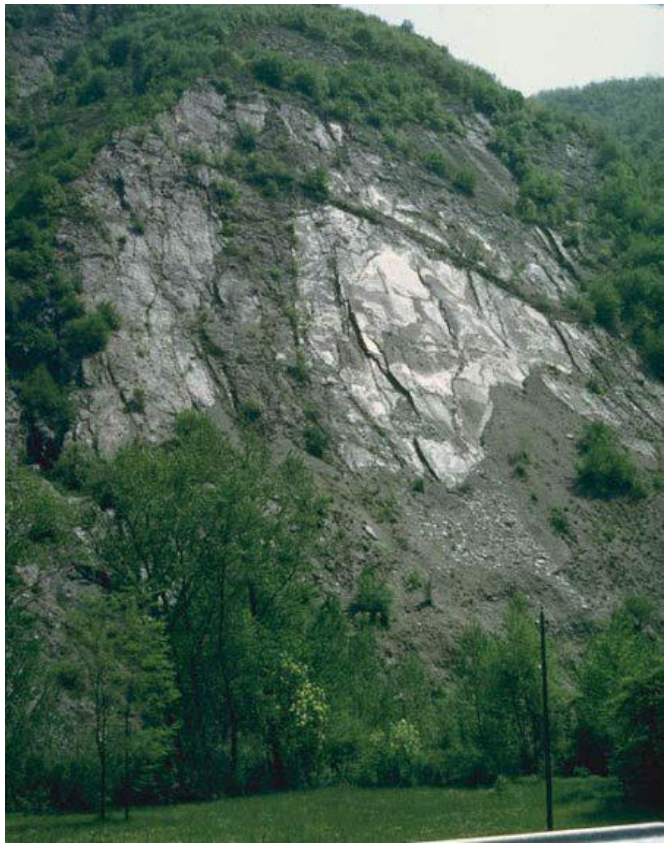
SCORRIMENTI: scivolamenti traslativi

Parole chiave:

- ❖ Rocce, terreni, detrito
- ❖ Superficie planare
- ❖ Velocità variabile

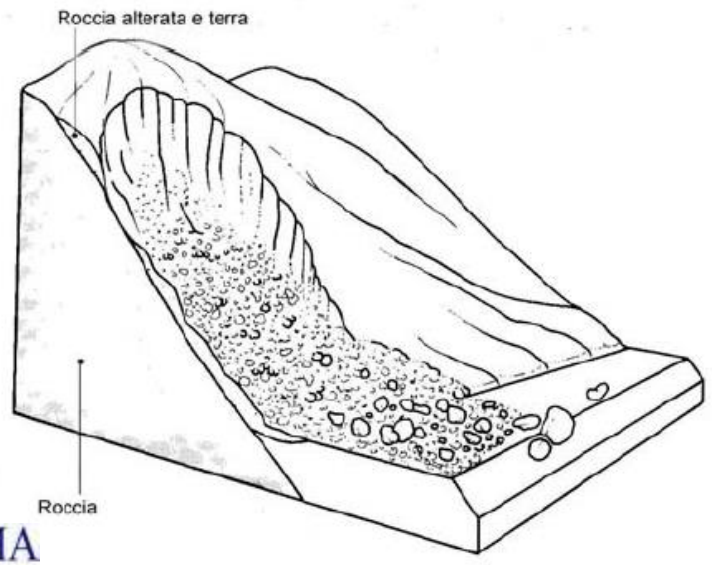




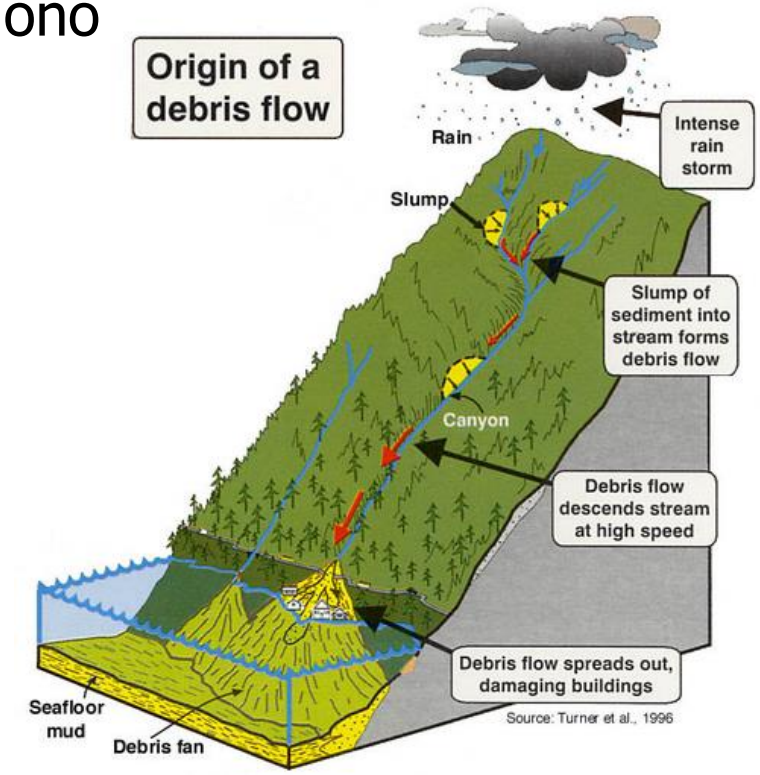


COLATE

Interessano prevalentemente terreni sciolti e si manifestano con un cinematismo tale che la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione degli spostamenti sono simili a quelle dei materiali viscosi. Il limite tra la massa in movimento e il materiale in situ può essere una superficie netta oppure una zona di transizione avente scorrimenti con diverse velocità.
Il movimento della colata varia da molto lento a molto rapido.
Si possono distinguere le **colate di detrito**, che comprendono anche le colate di fango, e le **colate di terra**.



Le colate di detrito (definite anche colate rapide) interessano terre che vanno dal limo alla ghiaia e ai ciottoli; sono prevalentemente caratterizzate da velocità elevate e sono quasi sempre collegate a precipitazioni intense

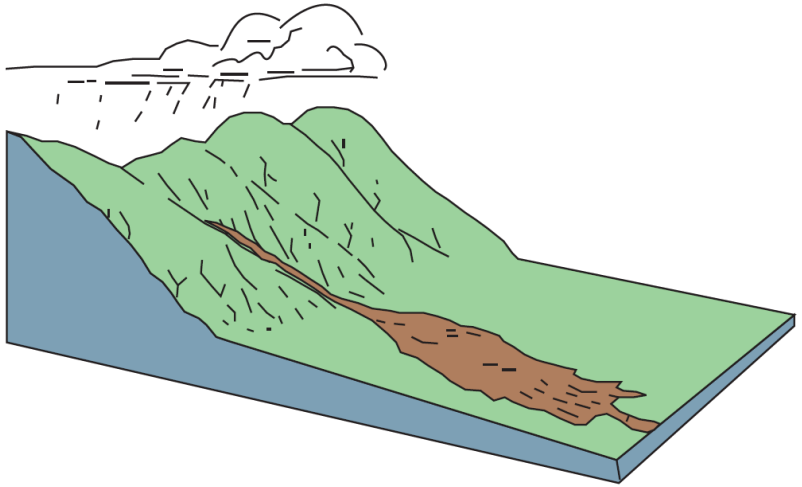


ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

COLATE DI DETRITO

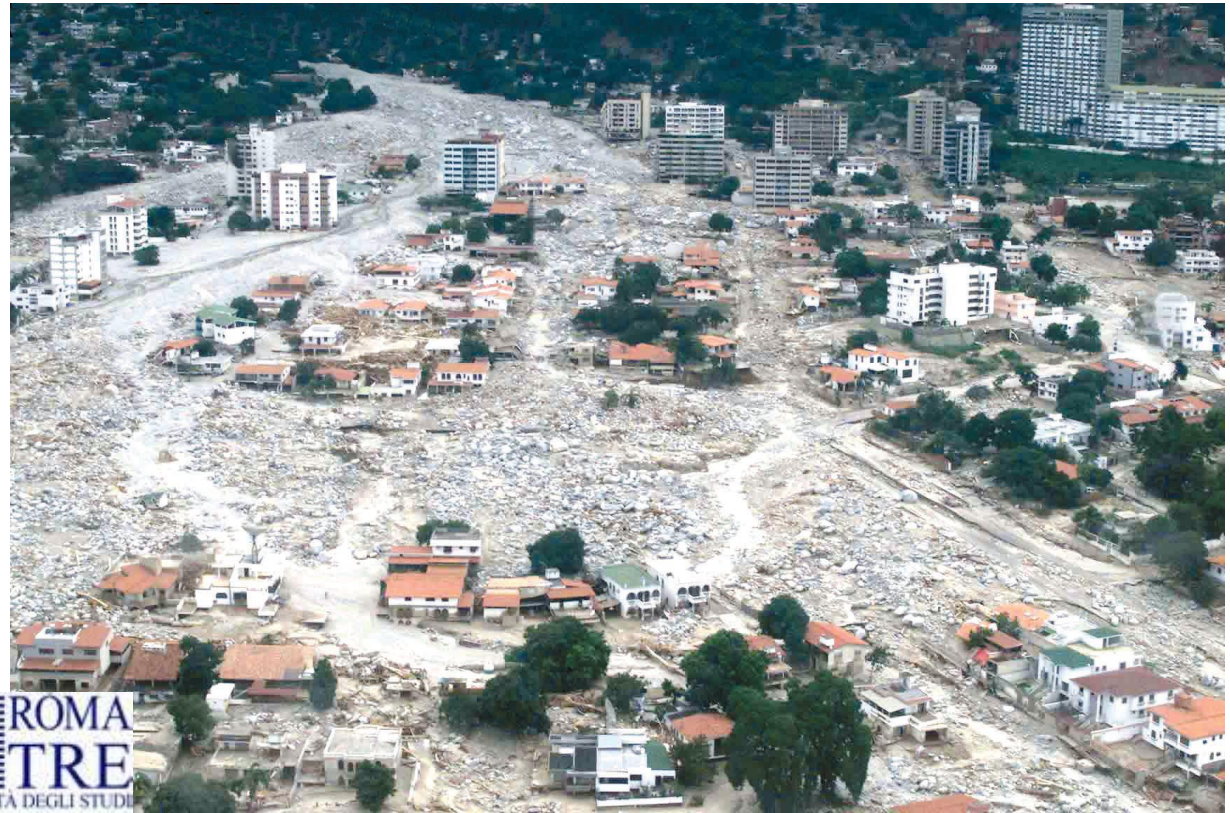
Parole chiave:

- ❖ Terreni sciolti
- ❖ Forma allungata
- ❖ Veloce



COLATE DI FANGO

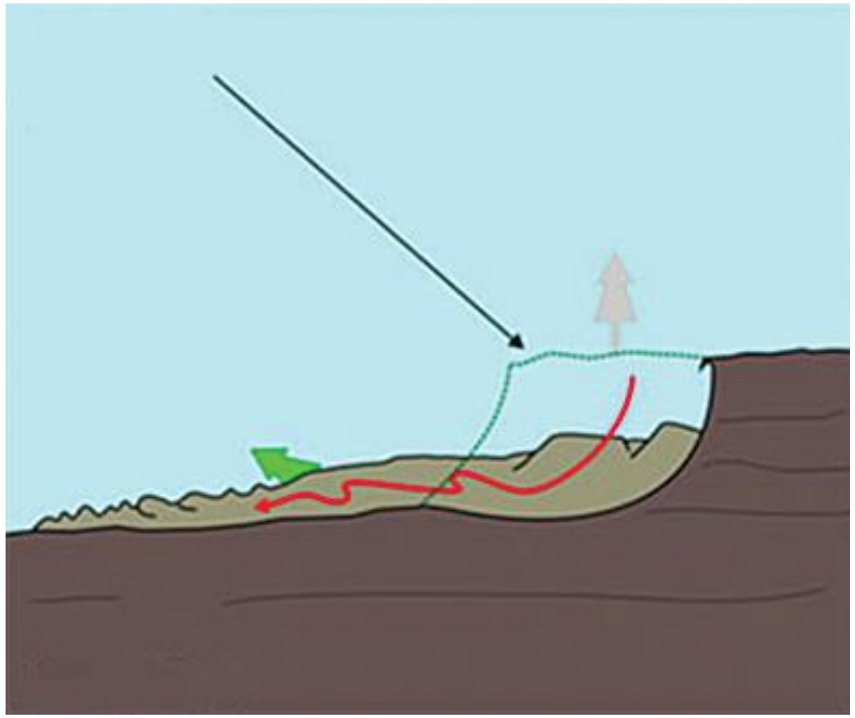
- ❖ Area di alimentazione forma lobata
- ❖ Canale di scorrimento
- ❖ Area di deposito a ventaglio



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

COLATE DI TERRA

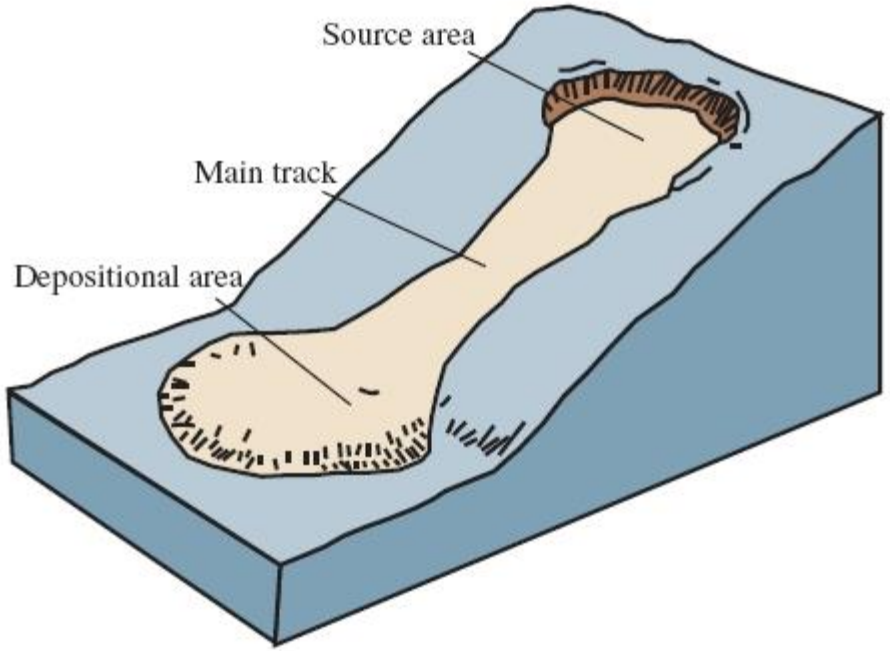
Le **colate di terra** (o colate lente) interessano invece i limi, il loess e le argille; possono essere legate a fenomeni di liquefazione prodotti da cause diverse, come ad esempio contenuti d'acqua molto elevati.



COLATE DI TERRA

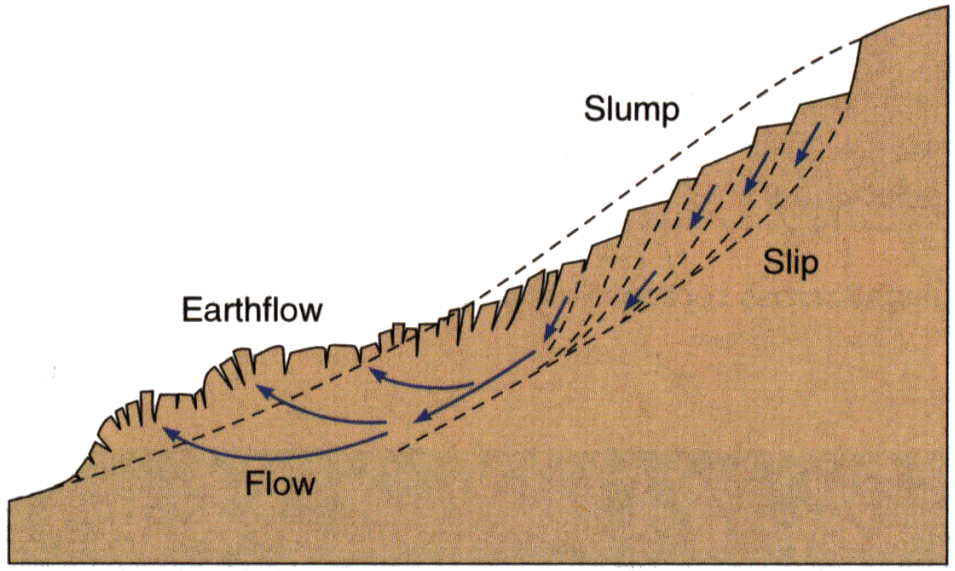
Parole chiave:

- Terre limo-argillose
- Forma allungata con area di alimentazione
- Lento⇨medio

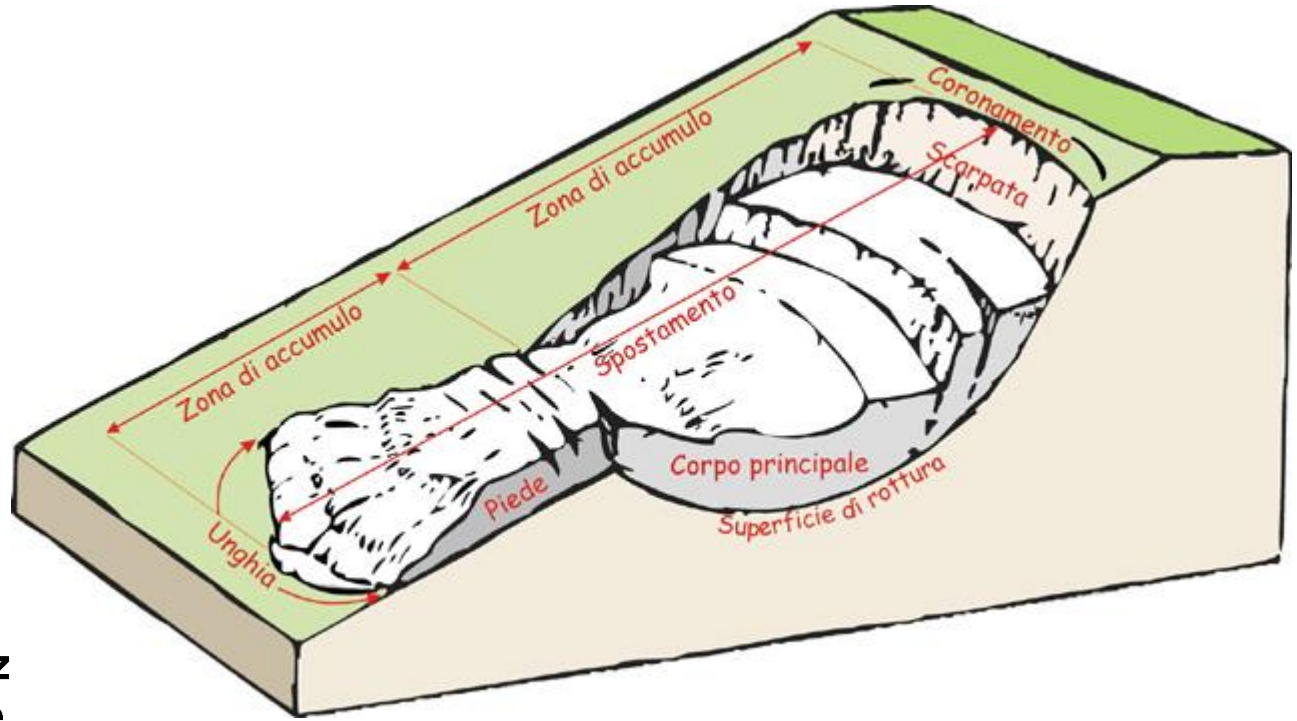


FRANE COMPLESSE

Risultano dalla combinazione di due o più dei tipi prima descritti: fenomeni complessi possono essere quelli nei quali una parte della massa si muove con un certo tipo di movimento e l'altra parte con un altro tipo, oppure quando la massa si modifica lungo il suo percorso da un tipo ad un altro.

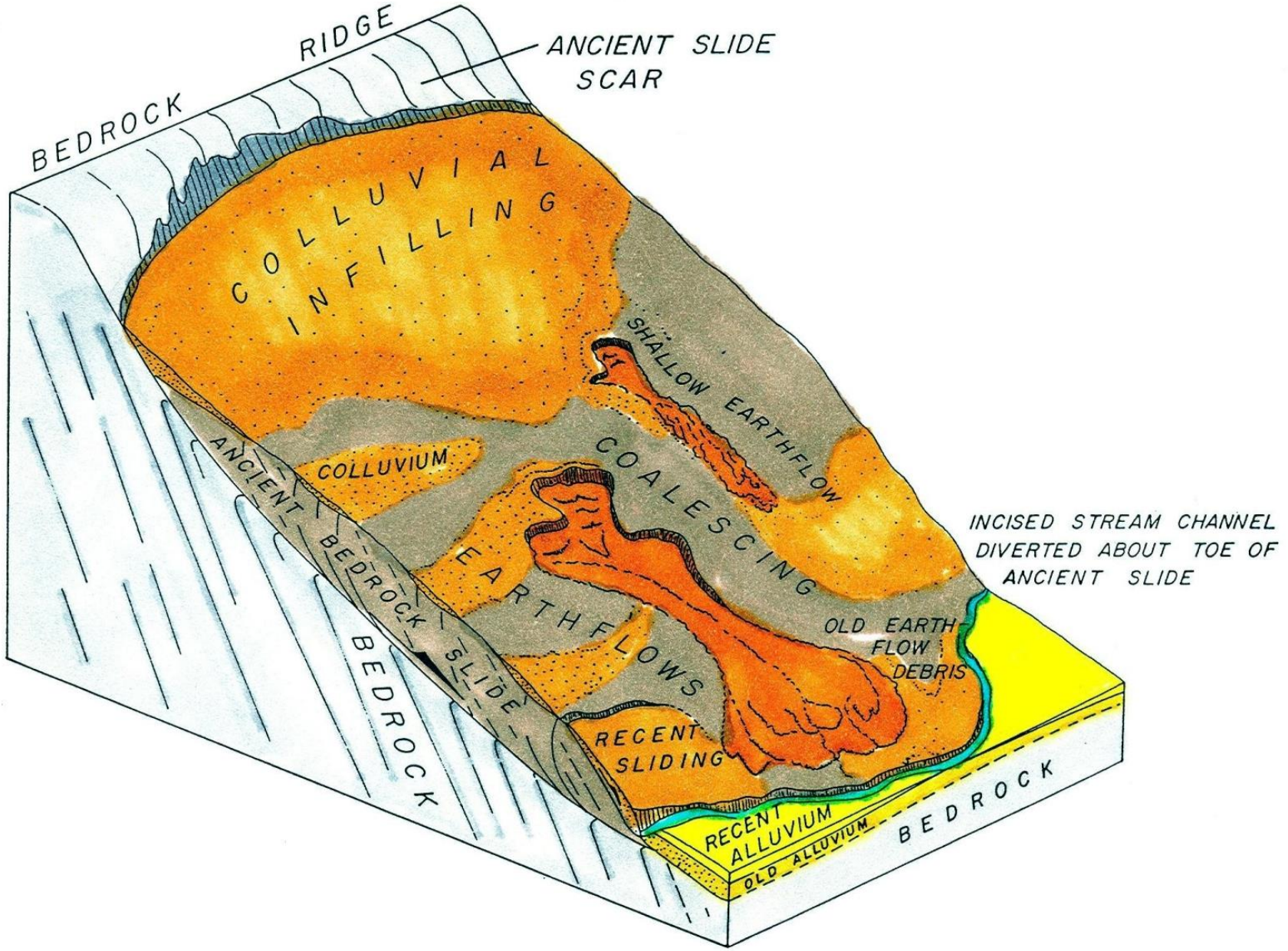


Cross section of a complex landslide characteriz by slumping at the top and earthflow at the base.



FRANE COMPLESSE

Schema di frana la cui complessità è data dalla presenza di diversi meccanismi di frana nell'ambito di una area in dissesto.

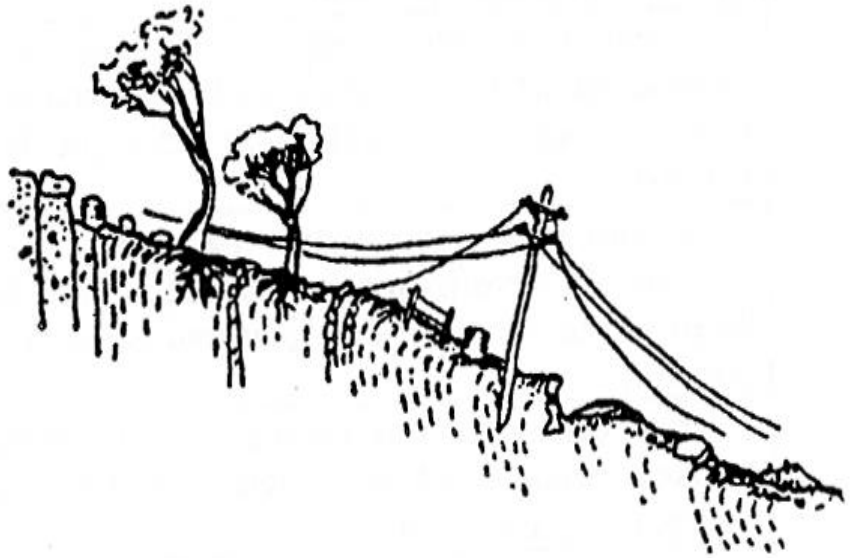


LENTI MOVIMENTI DI VERSANTE, CREEP, SOLIFLUSSO

Non rientrano nella classificazione di Varnes. Rappresentano tuttavia uno dei più frequenti schemi di frana sui territori collinari argillosi della vasta area periadriatica e nei bacini appenninici interni.

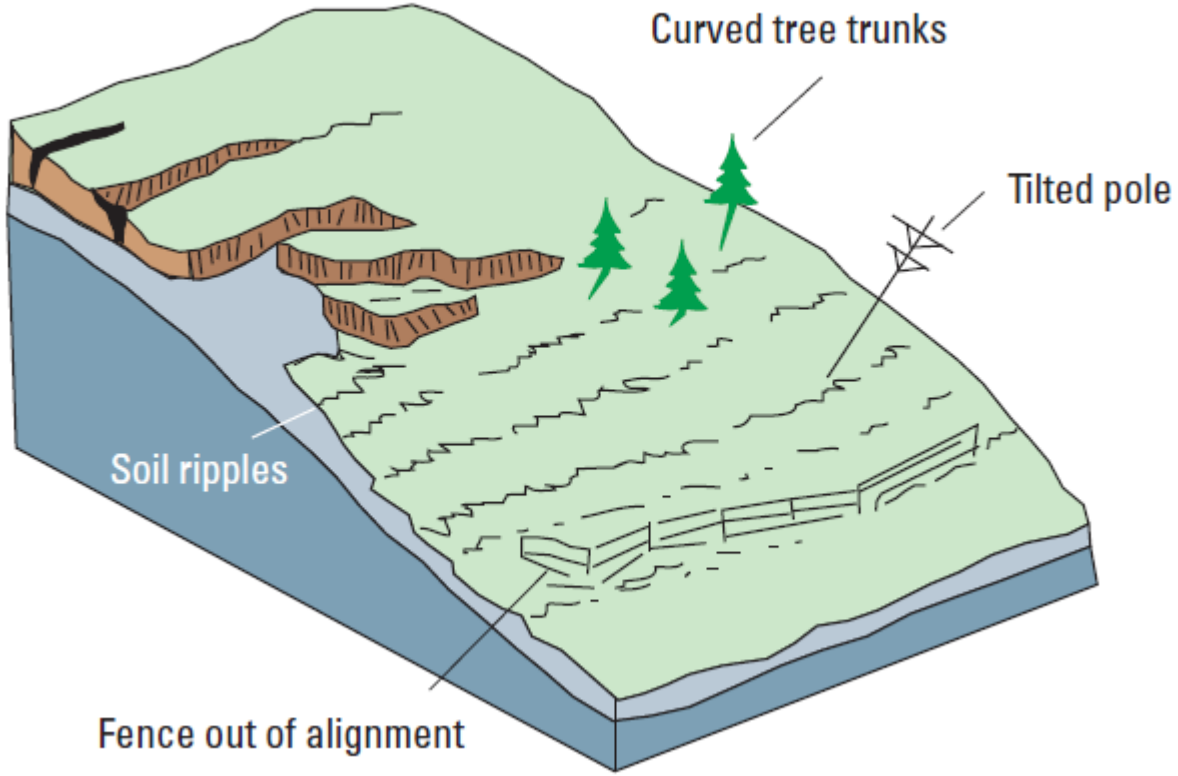
Gli "scorrimenti viscosi" (creep) sono spostamenti lenti, localizzati prevalentemente negli strati superficiali fino alla profondità di alcuni metri. La velocità di deformazione aumenta all'approssimarsi della rottura, che tuttavia non si verifica necessariamente o può comportare tempi estremamente lunghi. Spesso si può distinguere uno scorrimento stagionale da uno scorrimento continuo.

A causa della lentezza del movimento, la presenza di questi dissesti possono essere di non facile riconoscibilità se non sono presenti strutture rigide che possono lesionarsi nel tempo.



LENTI MOVIMENTI DI VERSANTE, CREEP, SOLIFLUSSO

Gli indizi morfologici sono rappresentati dalla presenza di alberi ricurvi, pali ruotati, piccole crepe nel terreno, ristagni di acqua in avvallamenti.

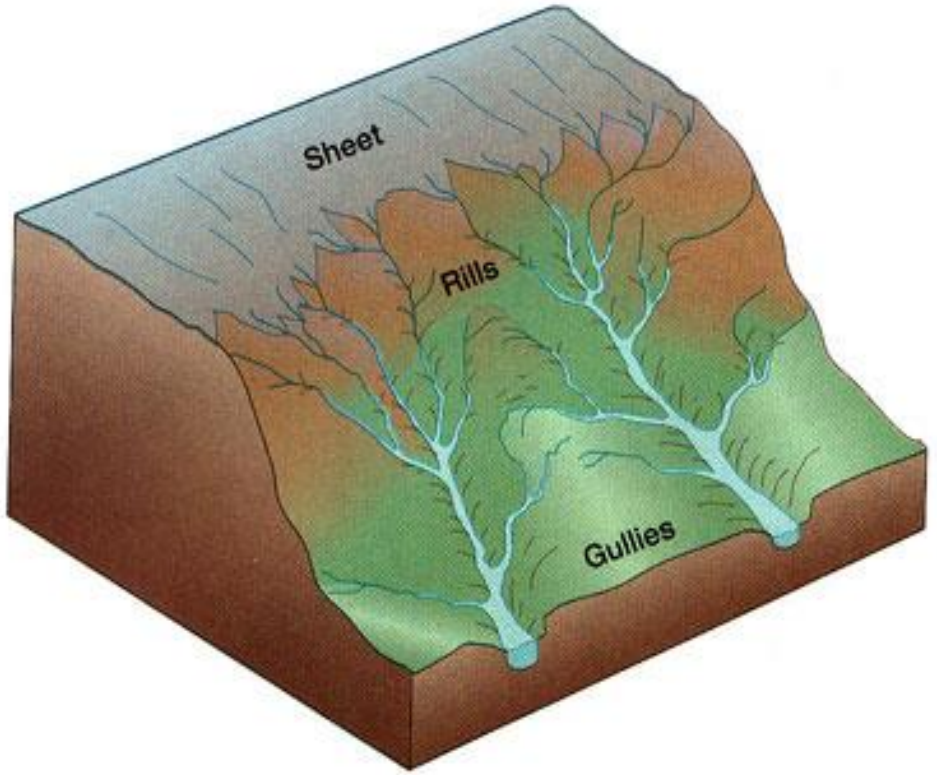


I FENOMENI EROSIVI

Le acque piovane costituiscono uno dei più importanti agenti morfogenetici e producono rilevanti effetti geomorfologici sia per l'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno (inglese: raindrop erosion), sia per l'azione dello scorrimento dell'acqua in superficie, ossia al ruscellamento (inglese: runoff).

I processi che ne derivano sono detti di dilavamento o di erosione pluviale.

L'azione delle acque può distinguersi in erosione per acque dilavanti o erosione areale (sheet erosion) e in erosione per ruscellamento concentrato a rivoli e a solchi (Inglese: rill erosion e gully erosion). Una evoluzione di quest'ultima è l'erosione delle acque incanalate (detta anche erosione fluviale).

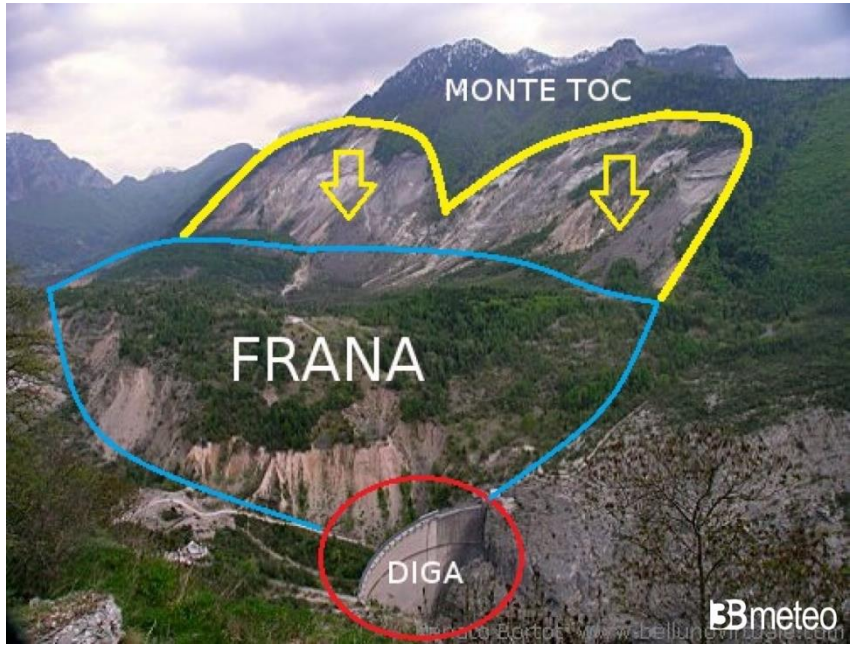


I FENOMENI EROSIVI

LE FRANE E L'UOMO

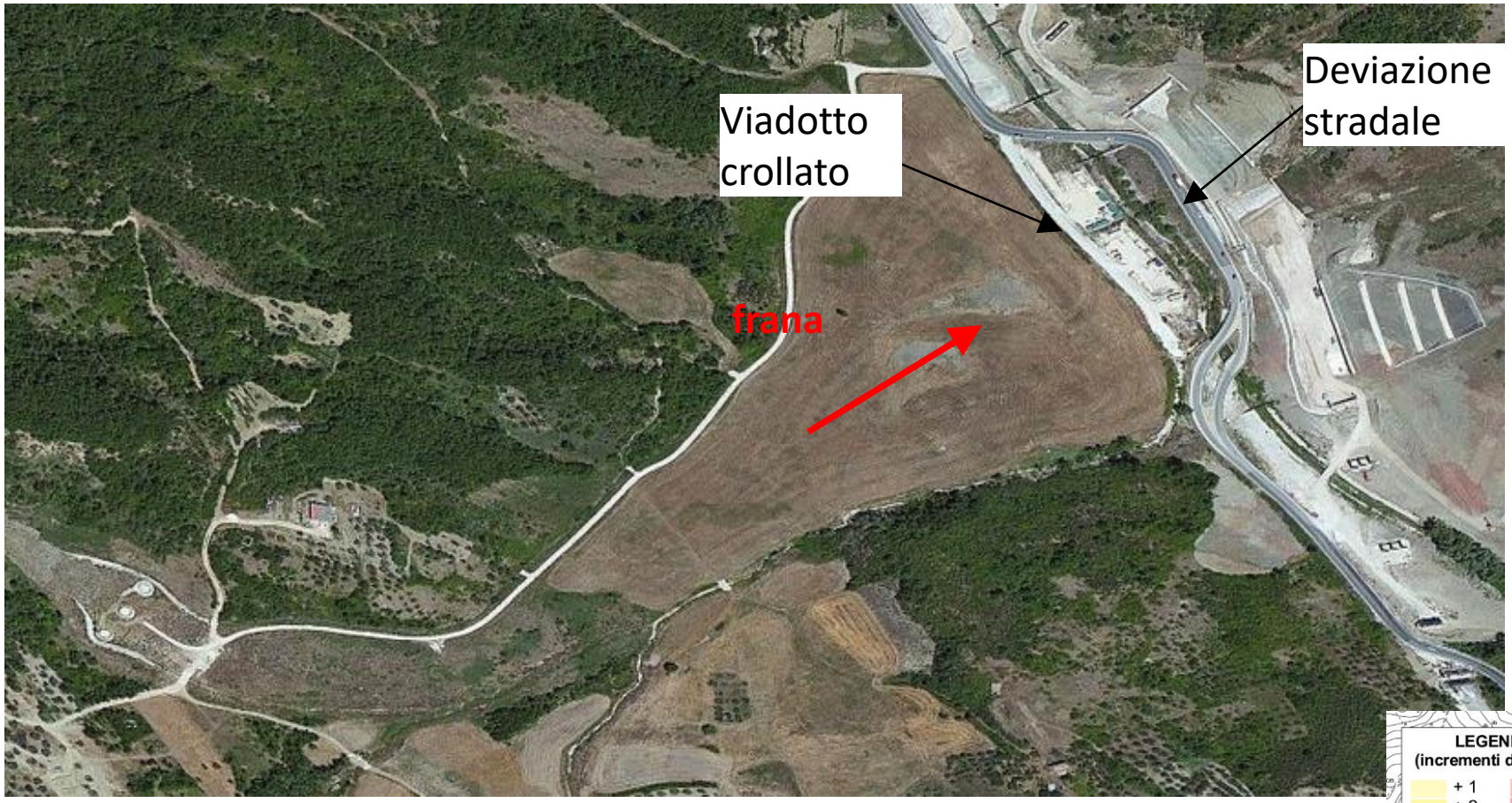
Sarno

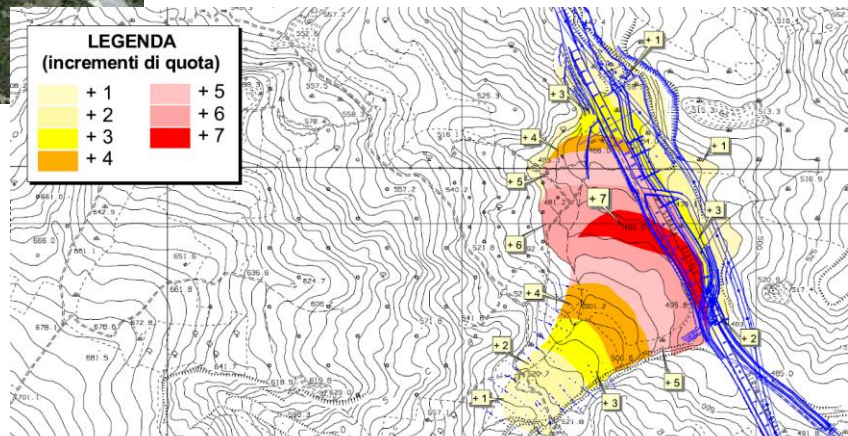
Vajont



ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

LE FRANE E L'UOMO





VIADOTTO INGOTTE – "BIFERNINA" CAMPOBASSO. La frana di «Lama del Gallo»

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

VIADOTTO INGOTTE – “BIFERNINA” CAMPOBASSO

PERICOLOSITA' E RISCHIO

Pericolosità

In Italia solitamente si fa riferimento a Canuti & Casagli (1996), che partendo dalla terminologia del rapporto UNESCO di Varnes (1984) propongono, per la pericolosità, la seguente definizione: "**probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area**"; espressa in termini di probabilità annua o tempo di ritorno.
Per **intensità** si intende la severità geometrica e meccanica del fenomeno potenzialmente distruttivo; essa può essere espressa secondo una scala relativa oppure in termini di grandezze come velocità, volume o energia.
Le definizioni usate incorporano **tre concetti fondamentali** per la comprensione e per la valutazione della pericolosità: il concetto di localizzazione spaziale, cioè il "**dove**", il concetto di intensità o magnitudo, cioè il "**quanto grande**" ed infine il concetto di frequenza o ricorrenza, cioè "**quando**" ovvero "**quanto spesso**".
Uno studio di pericolosità di frana per una certa area deve essere in grado, quindi, di **prevedere dove una frana avverrà, quanto sarà grande e veloce e quale sarà la sua ricorrenza temporale (tempo di ritorno).**

PERICOLOSITA' E RISCHIO

Rischio

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

Rischio

Per la valutazione del rischio devono essere introdotte le seguenti definizioni:

- ✓ **Elementi a rischio** (element at risk, E), la popolazione, i beni, le attività economiche, i servizi pubblici ed i beni ambientali;
- ✓ **Esposizione al rischio** (exposition, E^S), probabilità che un certo elemento a rischio sia esposto all'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso
- ✓ **Valore degli elementi a rischio** (worth of element at risk, W), il valore economico degli elementi a rischio; può esprimersi in termini monetari o in termini di numero di unità esposte.
- ✓ **Vulnerabilità** (vulnerability, V), il grado di danneggiamento e/o perdita di un elemento a rischio determinato dall'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso di una data intensità.
- ✓ **Danno potenziale** (potential worth of loss, W^L), corrisponde al costo totale dei danneggiamenti e/o perdite subite a seguito dell'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso: $W^L=V\times W$.

PERICOLOSITA' E RISCHIO

In conclusione:

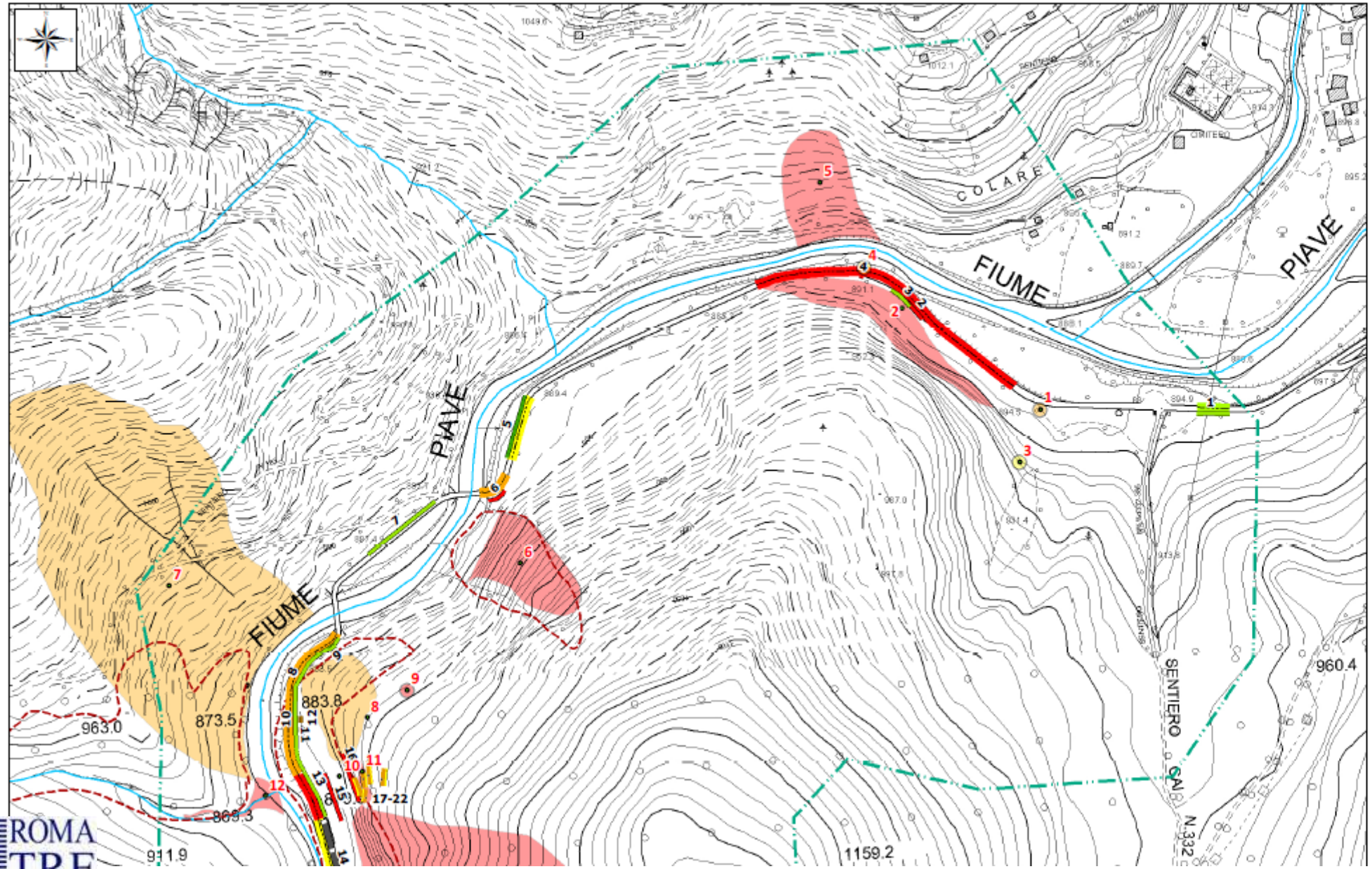
Ad ogni situazione di pericolo di frana può (non facilmente) essere associata una probabilità che l'evento si manifesti (**pericolosità**).

Uno stesso evento può causare danni diversi (in generale prevedibili) a seconda della situazione locale (**vulnerabilità**):

- ✓ Perdita vite umane
- ✓ Costi del ripristino dei luoghi
- ✓ Costi per la stabilizzazione
- ✓ Perdita di valore di terreni e manufatti

Il prodotto della pericolosità per la vulnerabilità è definito RISCHIO

CARTOGRAFIA PERICOLOSITA' E RISCHIO



Legenda

Area di studio

CLASSI DI RISCHIO

R1 - Rischio basso

R2 - Rischio medio

R3 - Rischio elevato

R4 - Rischio molto elevato

CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Dissesti delimitati

P3 - Pericolosità geologica elevata

P4 - Pericolosità geologica molto elevata

Dissesti non delimitati

P2 - Pericolosità geologica media

P3 - Pericolosità geologica elevata

P4 - Pericolosità geologica molto elevata

11 N° identificativo del dissesto

Zone di attenzione geologica P.A.I.

OPERE DI MITIGAZIONE ESISTENTI

14 N° identificativo dell'opera

Barriera paramassi

Rete in aderenza

Cordolo tirantato

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI