



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**

DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA  
CENTRO DI COMPETENZA DEL  
SERVIZIO NAZIONALE DELLA  
PROTEZIONE CIVILE



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

# I fenomeni franosi: descrizione e monitoraggio

Riccardo Fanti

# Schema della presentazione

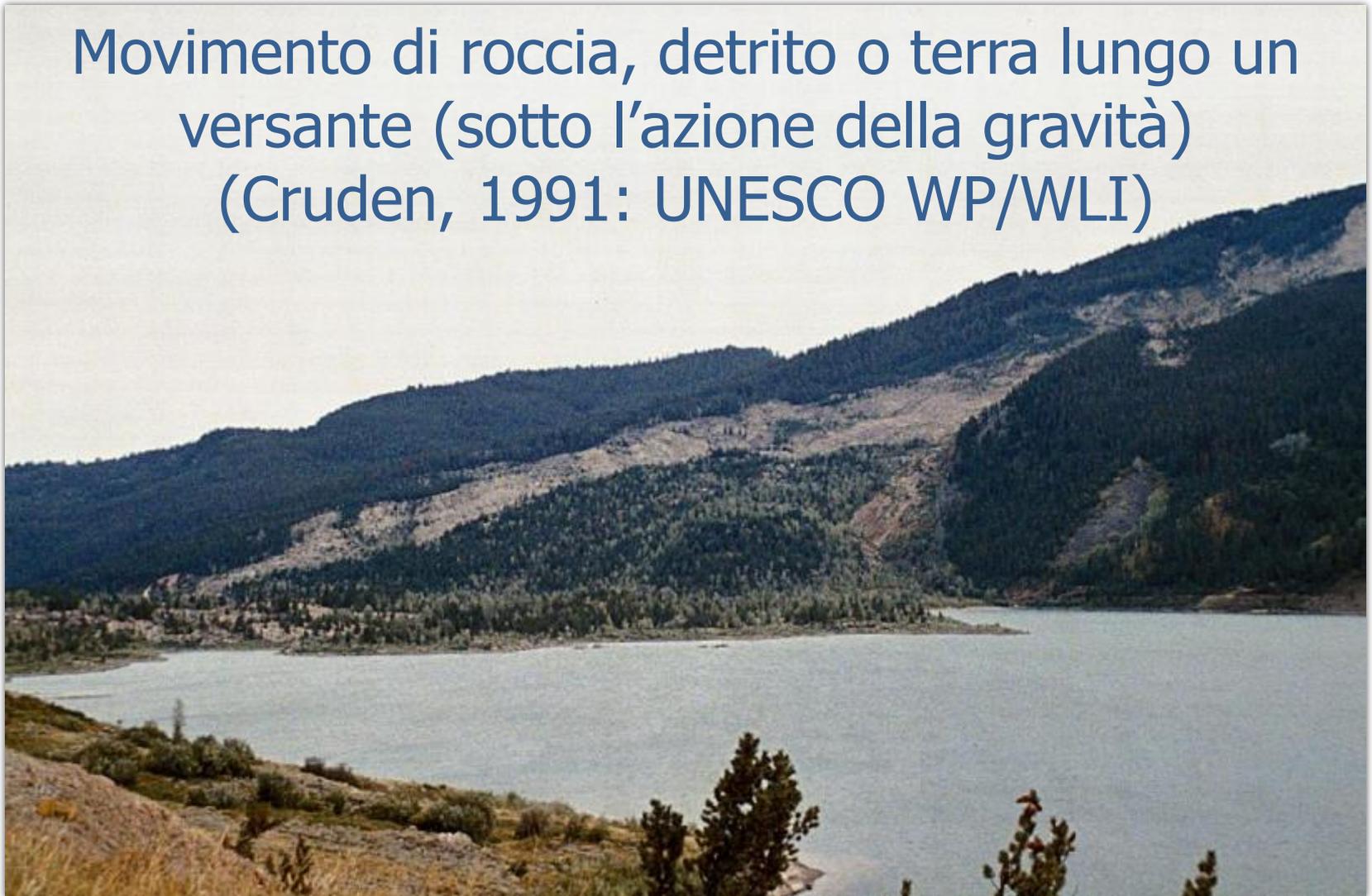
- Le frane: definizioni e classificazione
- Sistemi di monitoraggio: finalità
- Sistemi di monitoraggio: tipologie
- Interventi e monitoraggio in emergenza

# Definizioni

- Movimenti in massa (*mass movements*): movimenti di masse di materiale sulla superficie della terra che avvengono prevalentemente in seguito all'azione della gravità
  - carattere non selettivo
  - generalmente la distanza di trasporto è ridotta (zona di erosione e di deposito a breve distanza)
  - esempi: *frane, sprofondamenti, valanghe, subsidenza*
- Trasporto in massa (*mass transport*): movimenti di masse di materiale che avvengono prevalentemente in seguito all'azione delle acque correnti superficiali.
  - carattere selettivo (condizionato dalla granulometria)
  - trasporto per distanze anche rilevanti

# Definizione di frana

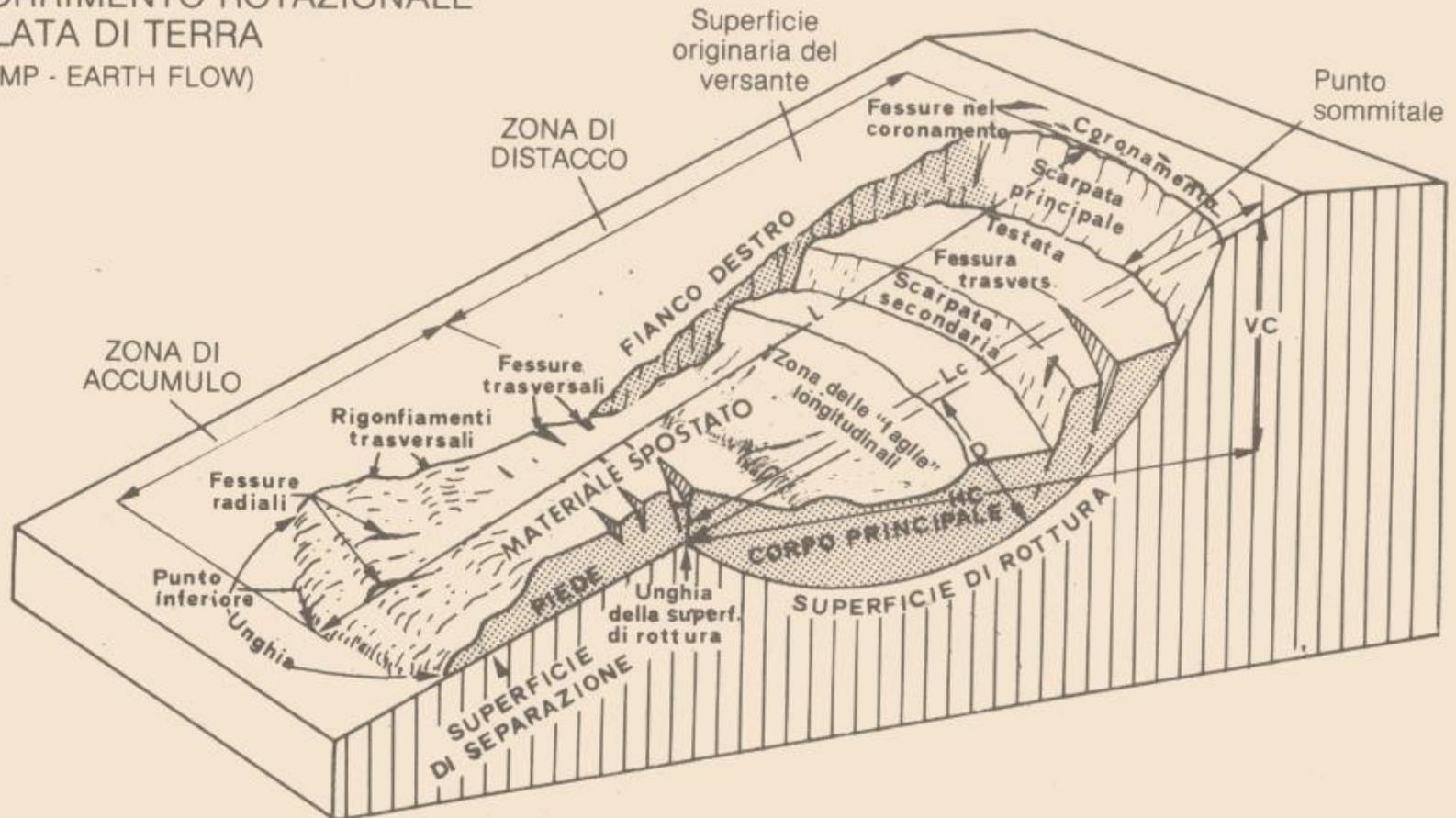
Movimento di roccia, detrito o terra lungo un versante (sotto l'azione della gravità)  
(Cruden, 1991: UNESCO WP/WLI)





# Terminologia per la fisionomia

SCORRIMENTO ROTAZIONALE  
COLATA DI TERRA  
(SLUMP - EARTH FLOW)

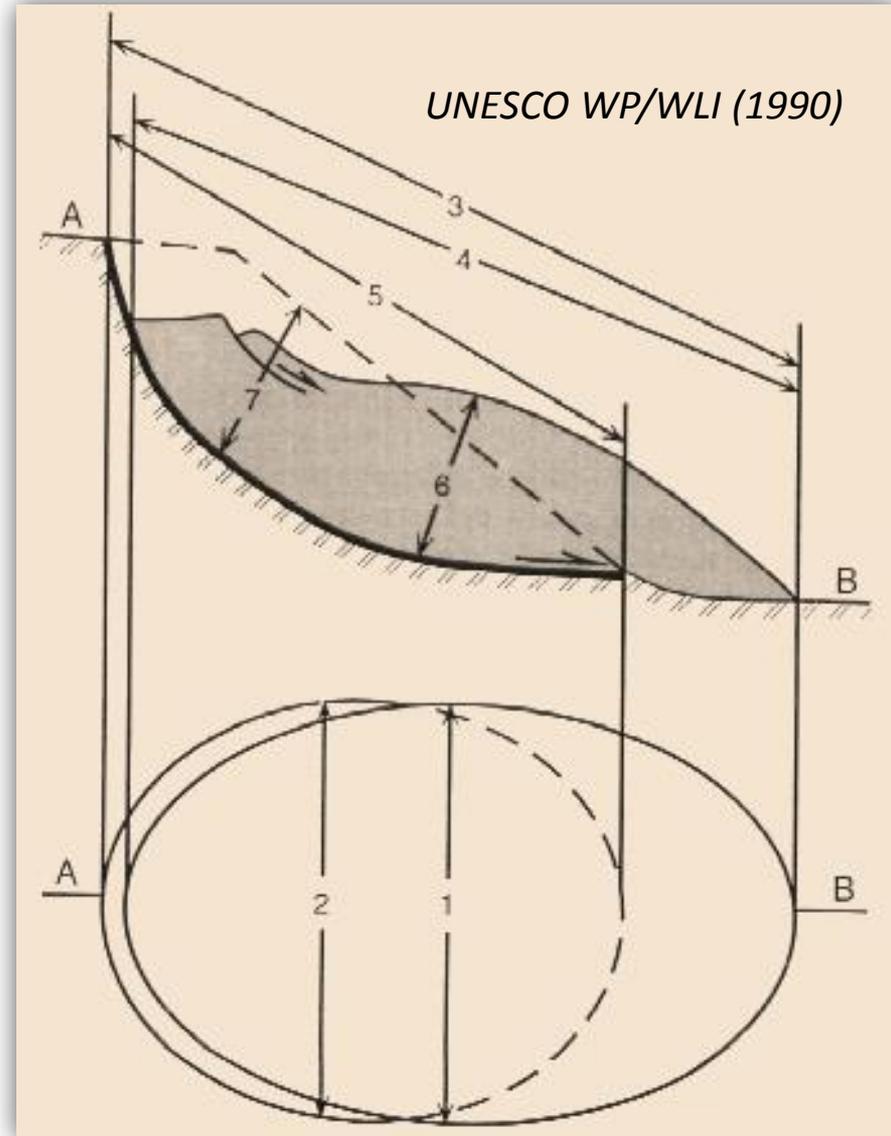


Esempio:  
La Conchita,  
California  
Marzo 1995



# Terminologia per la morfometria

1. larghezza della massa spostata  $W_d$
2. larghezza della superficie di rottura  $W_r$
3. lunghezza totale  $L$
4. lunghezza della massa spostata  $L_d$
5. lunghezza della superficie di rottura  $L_r$
6. profondità della massa spostata  $D_d$
7. profondità della superficie di rottura  $D_r$
8. lunghezza della linea di mezzeria  $L_{cl}$
9. dislivello  $H$



# Parametri morfometrici

- Angolo di inclinazione medio (*travel angle*):

$$\beta = \arcsin (H/L)$$

- Volume iniziale:

$$V_i = F \times L_r \times W_r \times D_r$$

- Volume finale:

$$V_f = F \times L_d \times W_d \times D_d$$

- Fattore forma:

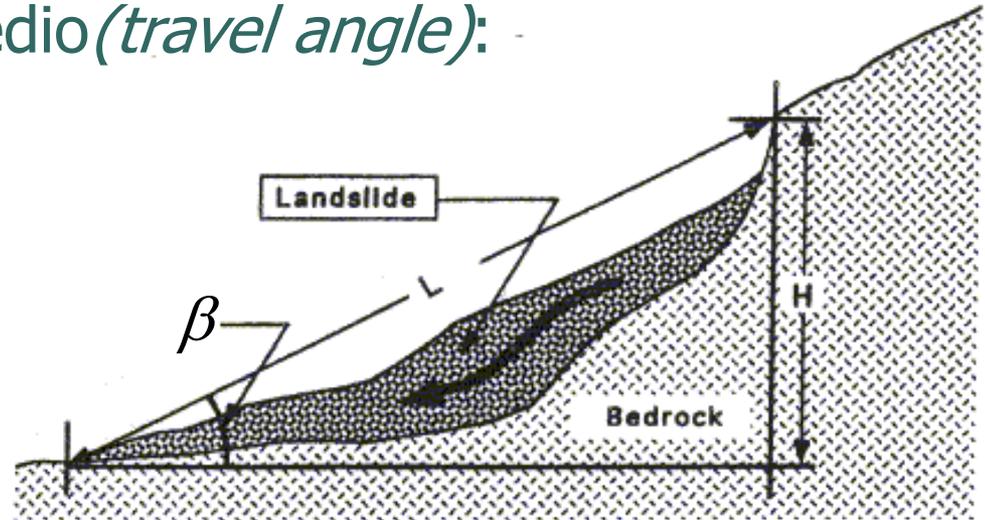
$$F = \pi/6 \quad (\textit{semiellisoide})$$

- Fattore di “rigonfiamento” (*swell factor*):

$$SF = 100 \times (V_f - V_i) / V_i$$

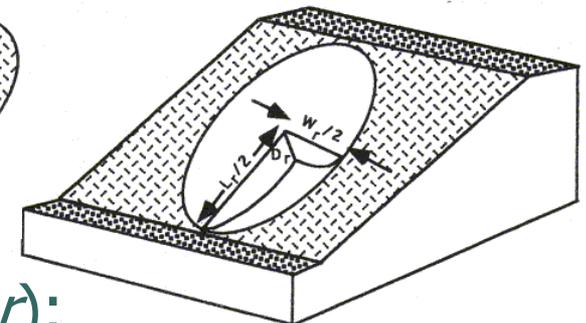
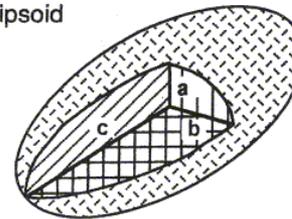
roccia scavata meccanicamente: SF=67% (Church, 1981)

movimenti franosi in roccia: SF=33% (Nicoletti & Sorriso-Valvo, 1991)



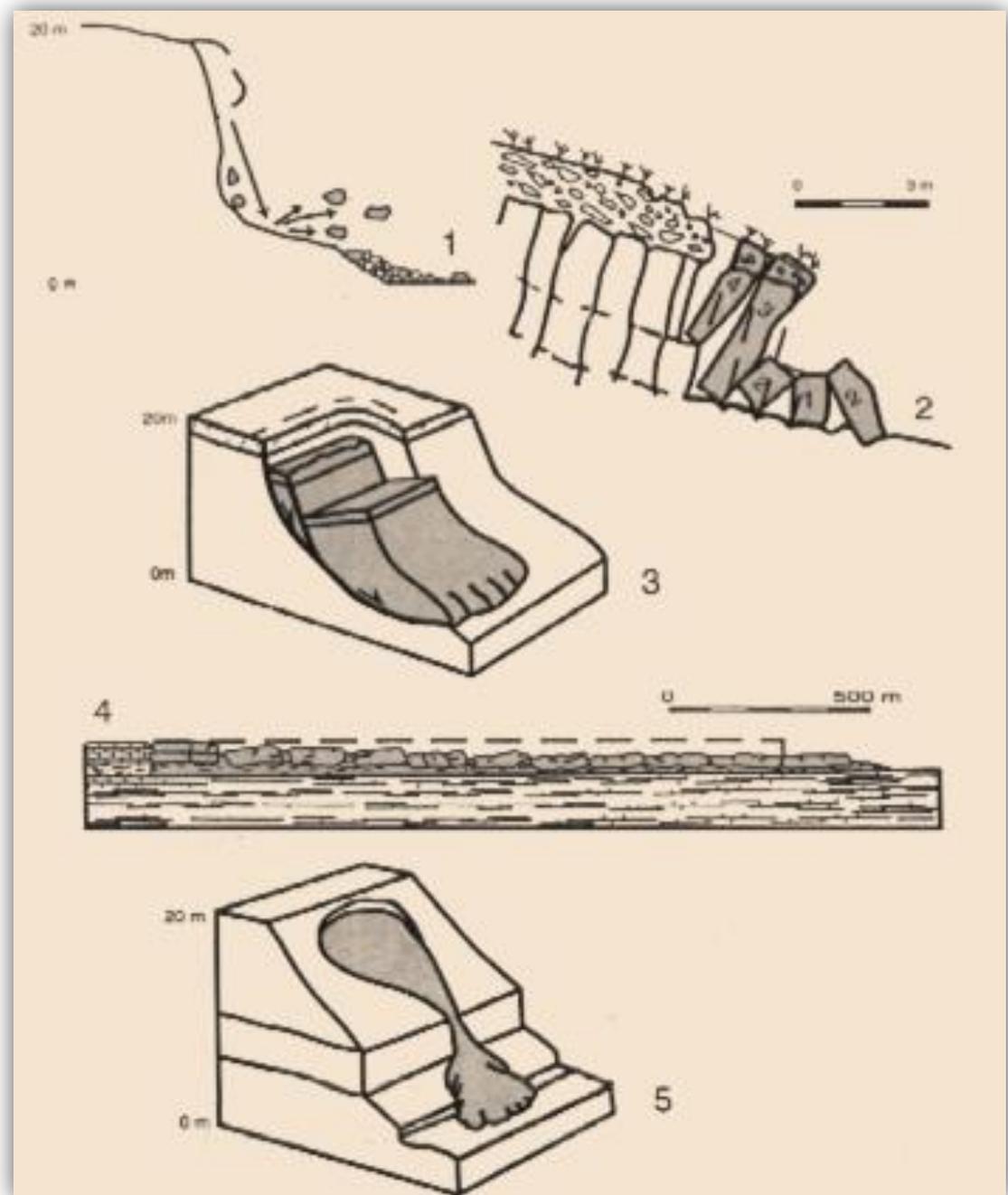
(b) Landslide

(a) Ellipsoid



# Tipi di movimento

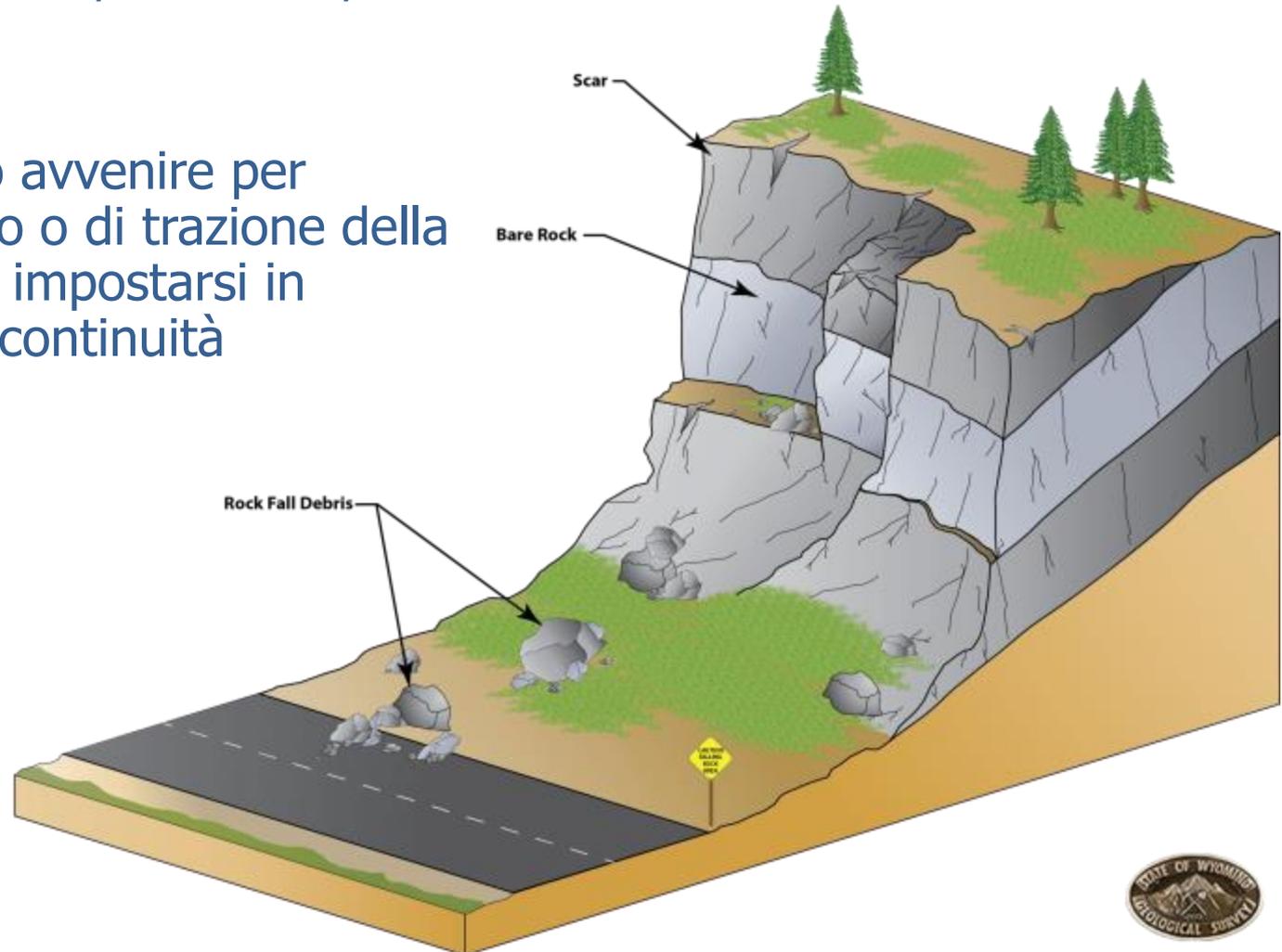
1. Crollo
2. Ribaltamento
3. Scivolamento
4. Espansione
5. Colata



# Crollo (Fall)

Massa che si stacca da un versante molto acclive e che, successivamente, si muove per caduta libera, rimbalzo, rotolamento.

Il distacco può avvenire per rottura di taglio o di trazione della roccia, oppure impostarsi in superfici di discontinuità preesistenti.



# Crollo (Fall)



Zion National Park, USA

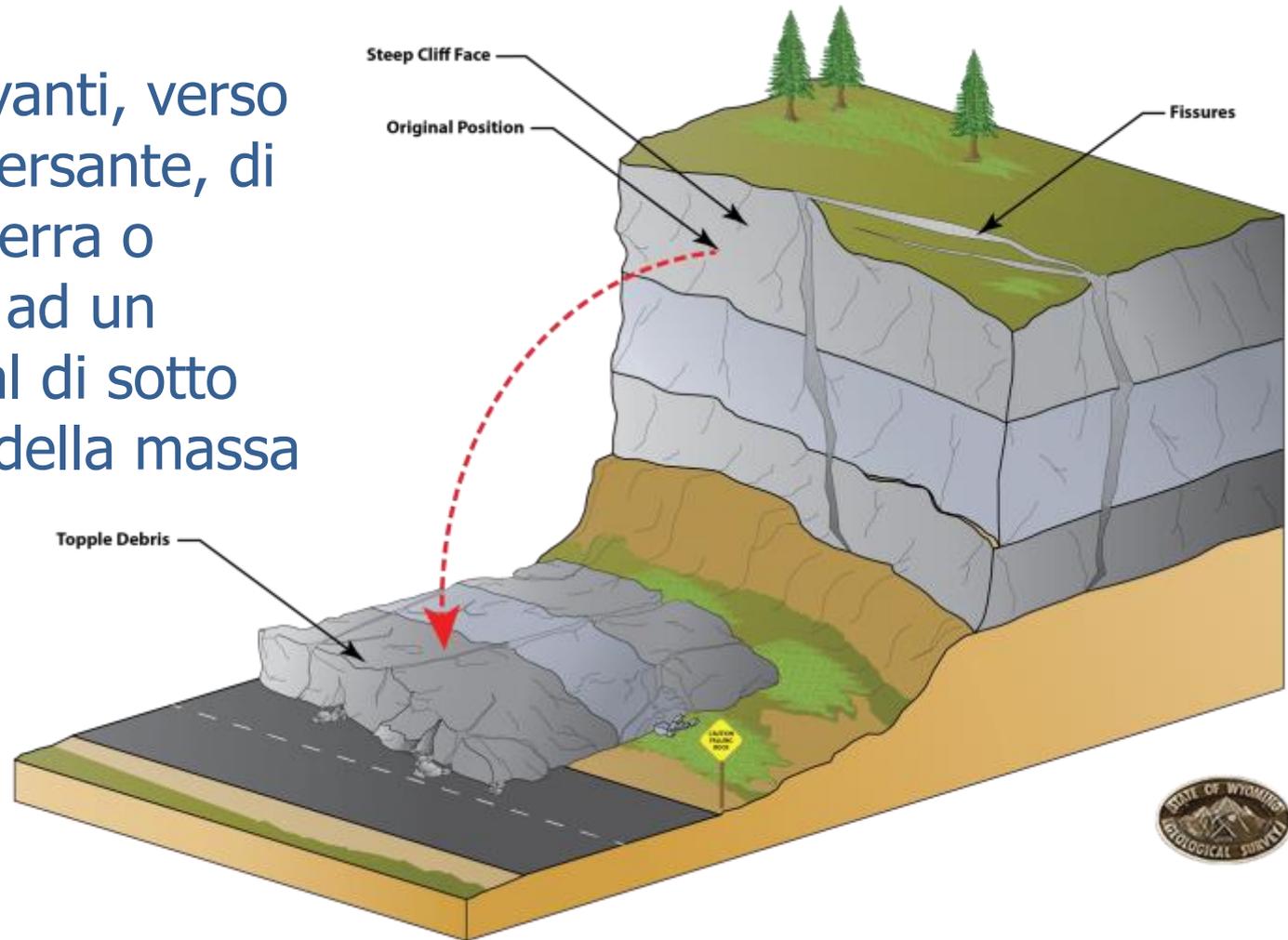
# Crollo (Fall)



2013/08/31  
16:20:18

# Ribaltamento (topple)

Rotazione in avanti, verso l'esterno del versante, di una massa di terra o roccia, intorno ad un punto situato al di sotto del baricentro della massa spostata.



# Ribaltamento (topple)

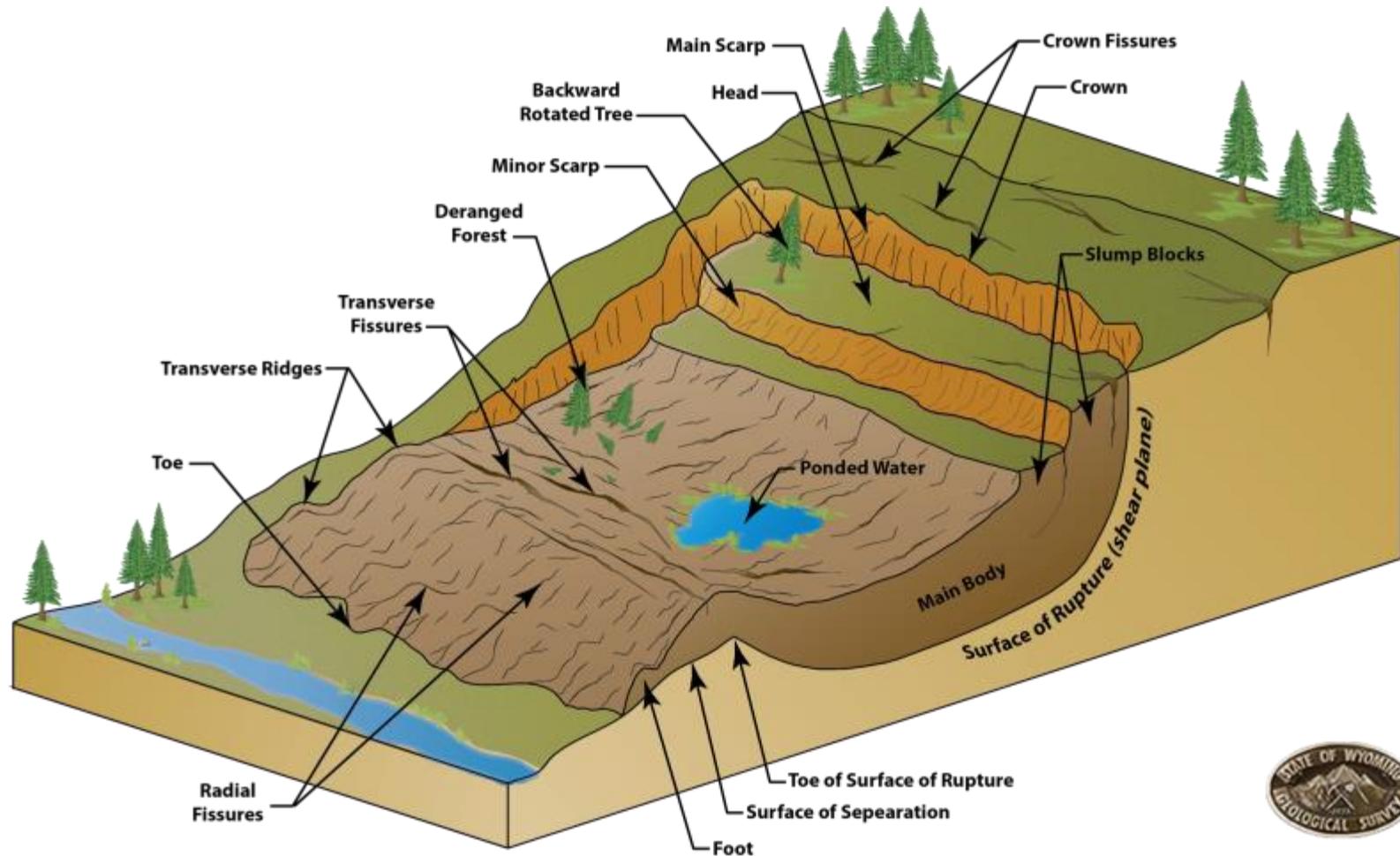


# Ribaltamento (topple)



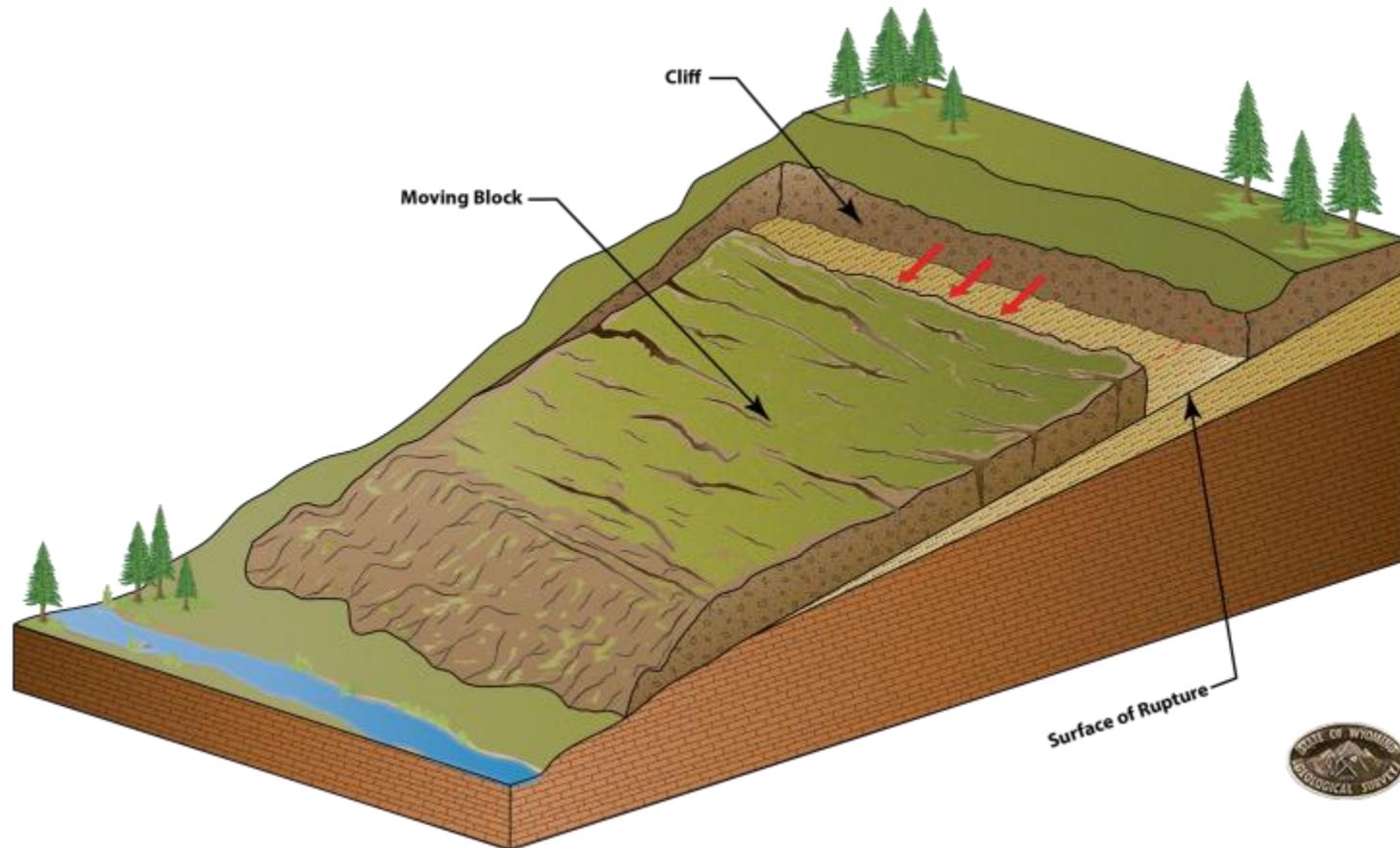
# Scioglimento (slide) - Rotazionale

Movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia che avviene per deformazioni di taglio lungo una o più superfici o entro uno spessore limitato di materiale.



# Scioglimento (slide) - Planare

Movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia che avviene per deformazioni di taglio lungo una o più superfici o entro uno spessore limitato di materiale.

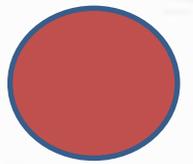


# Scivolamento rotazionale



# Scivolamento planare





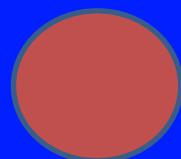
Just In

# 長野 土砂崩落の瞬間

αB 150r

150r

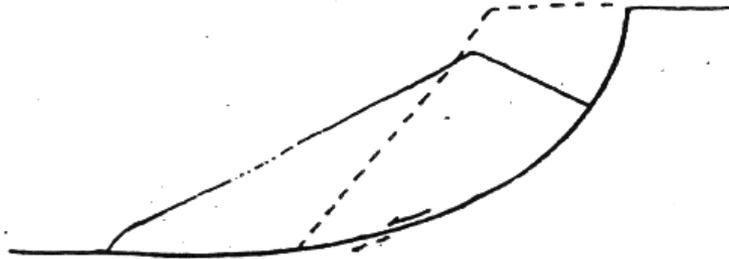
168号線地すべり



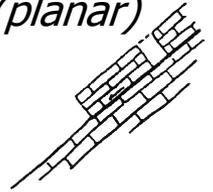
# Modi di scivolamento

## 1) ROTAZIONALE (*rotational*)

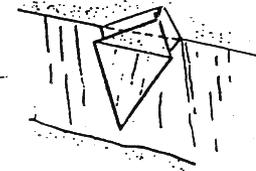
$D_r/L_r = 0.15 - 0.33$ , (Skempton & Hutchinson, 1969)



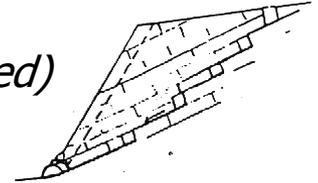
## 2a) planare (*planar*)



## 2b) a cuneo (*wedge*)



## 2c) a gradini (*stepped*)

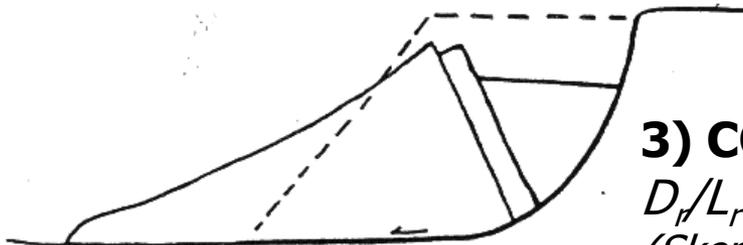


## 2) TRASLATIVO

(*translational*)

$D_r/L_r < 0.05$

(Skempton & Hutchinson, 1969)



## 3) COMPOSTO (*compound*)

$D_r/L_r$  intermedio

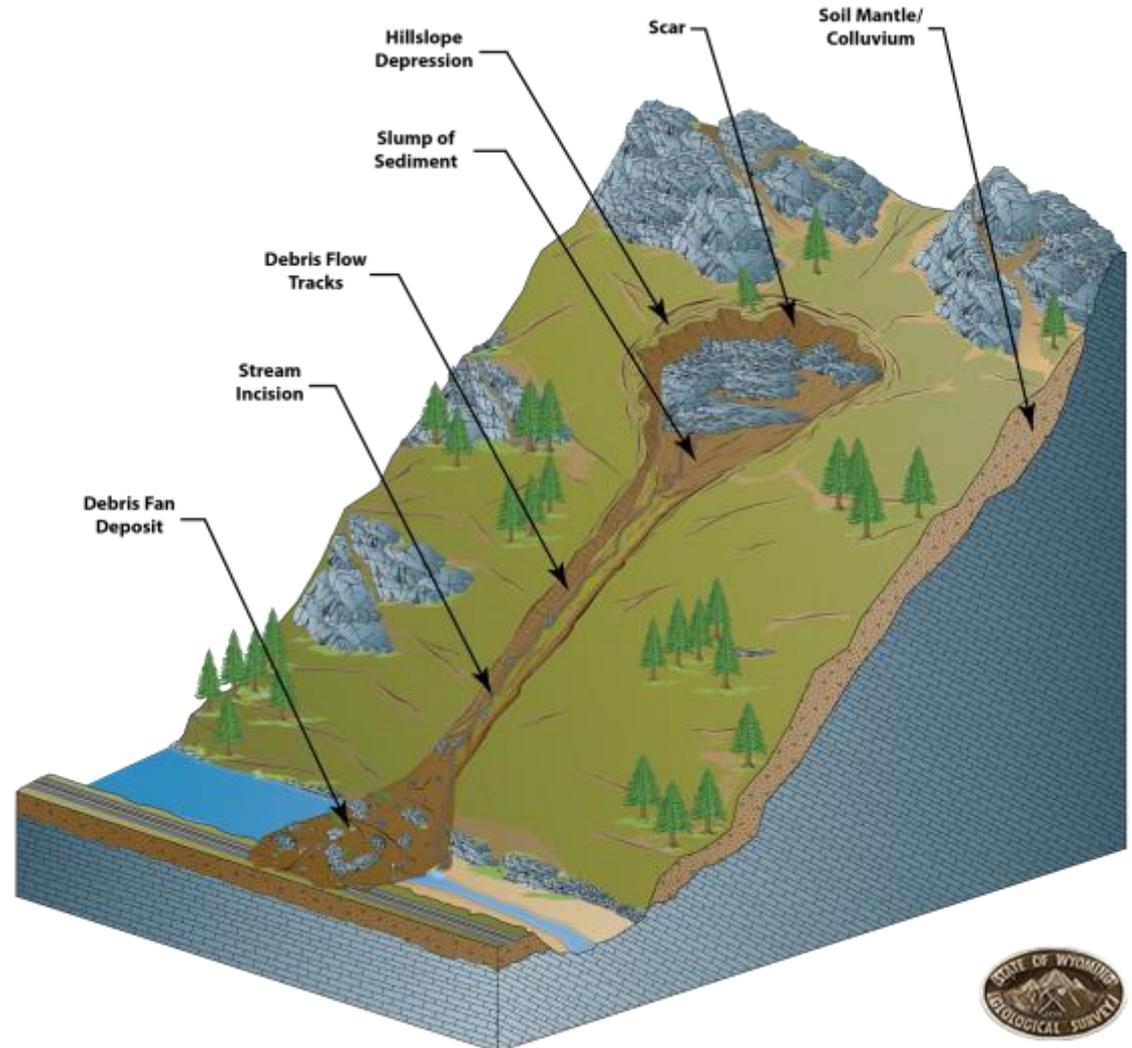
(Skempton & Hutchinson, 1969).

# Colata o colamento (Flow)

Movimento distribuito in maniera continua all'interno della massa spostata.

Le superfici di taglio, se presenti, sono multiple e spesso temporanee.

La distribuzione delle velocità nella massa spostata è analoga a quella all'interno di un fluido viscoso.



# Colata di detrito



# Colate di terra

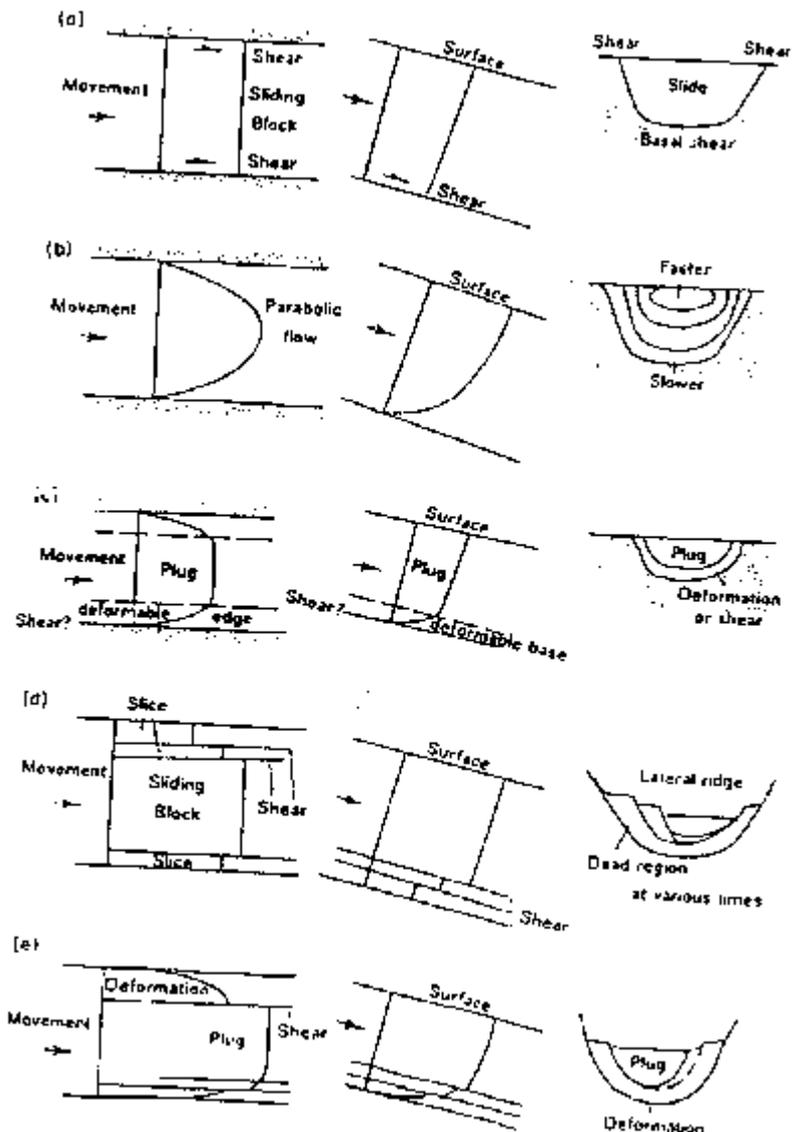


debris flow

Clear Creek County,  
Colorado



# Meccanismi di colamento/scivolamento



a) Scivolamento puro (*slide*)

b) Flusso puro (*flow*)

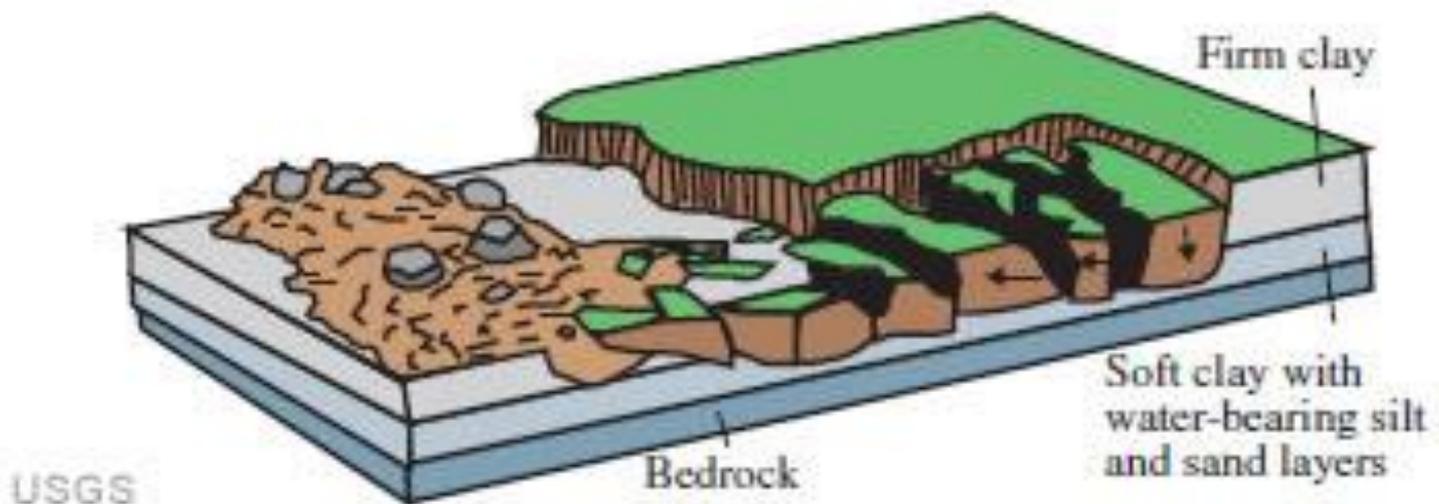
c) Flusso a tappo (*Plug flow*)

d) Scivolamento composito (*composite slide*)

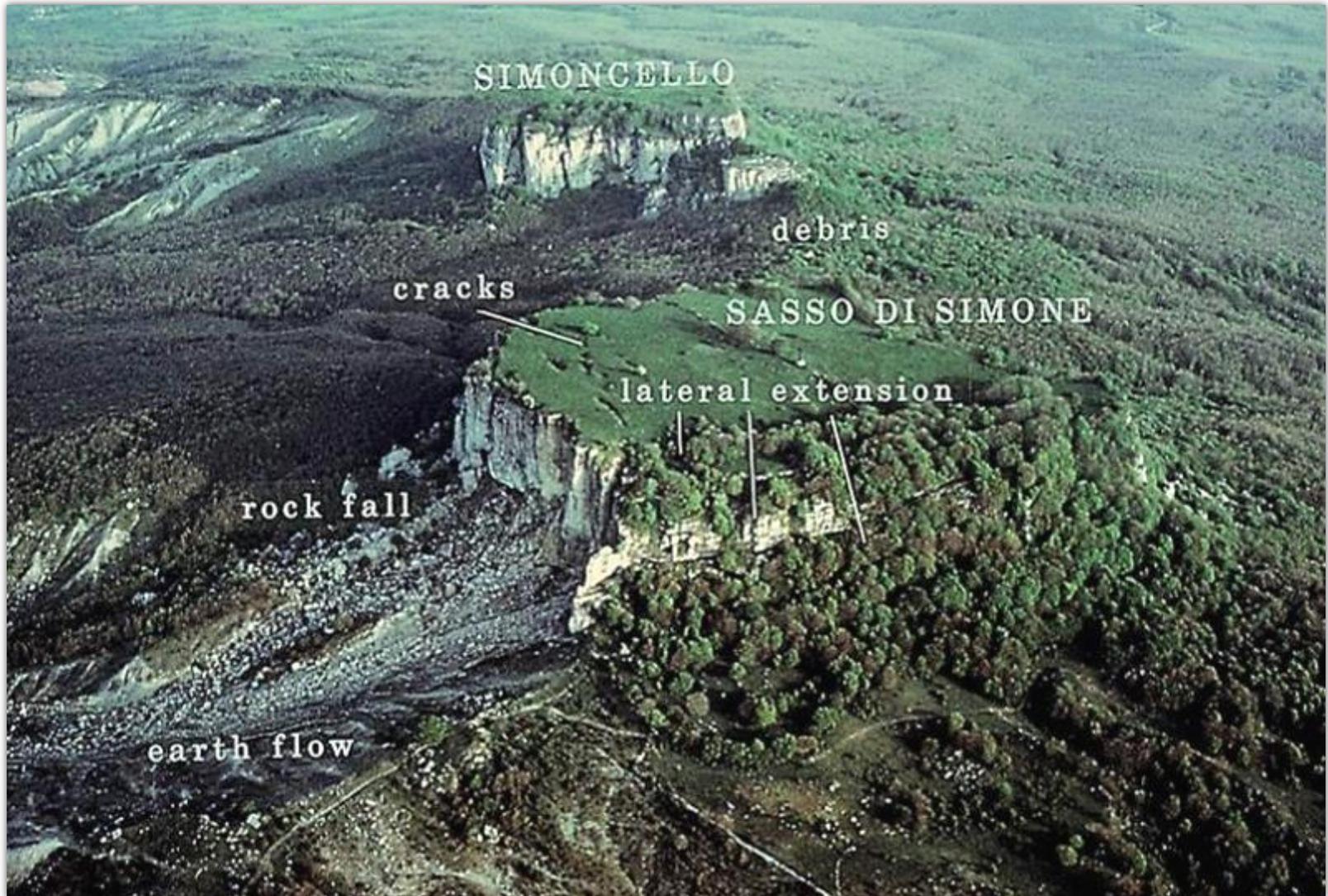
e) Flusso scivolamento composito (*composite slide-flow*)

# Espansione (spread)

Estensione e lieve subsidenza di un livello coesivo o di un ammasso roccioso in seguito alla deformazione e allo spostamento di un livello meno competente sottostante. La superficie di rottura non è una superficie di intensa deformazione di taglio.



# Espansione (spread)



# Espansione per liquefazione

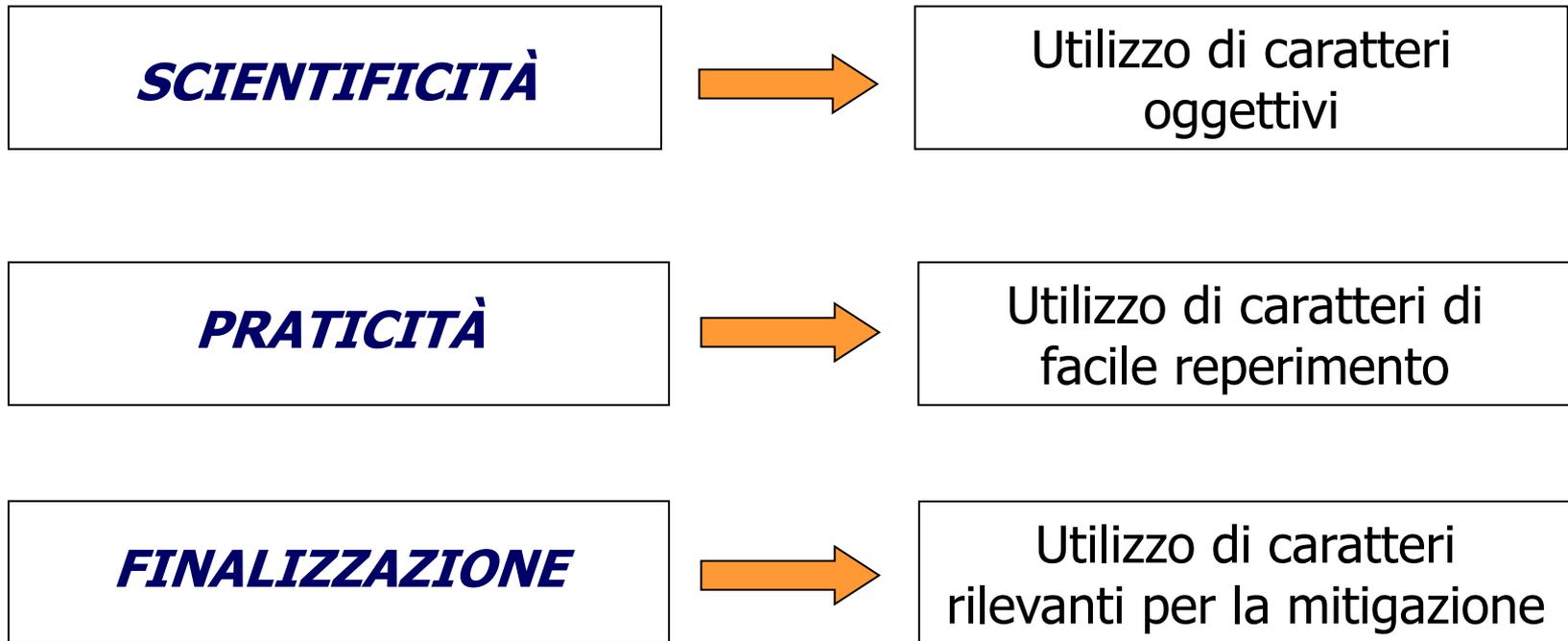




# Classificazione delle frane

# Principi di classificazione

- La classificazione è un problema concettuale nel quale si devono osservare “criteri di scientificità, finalizzazione e praticità” (*Carrara et al., 1985*)



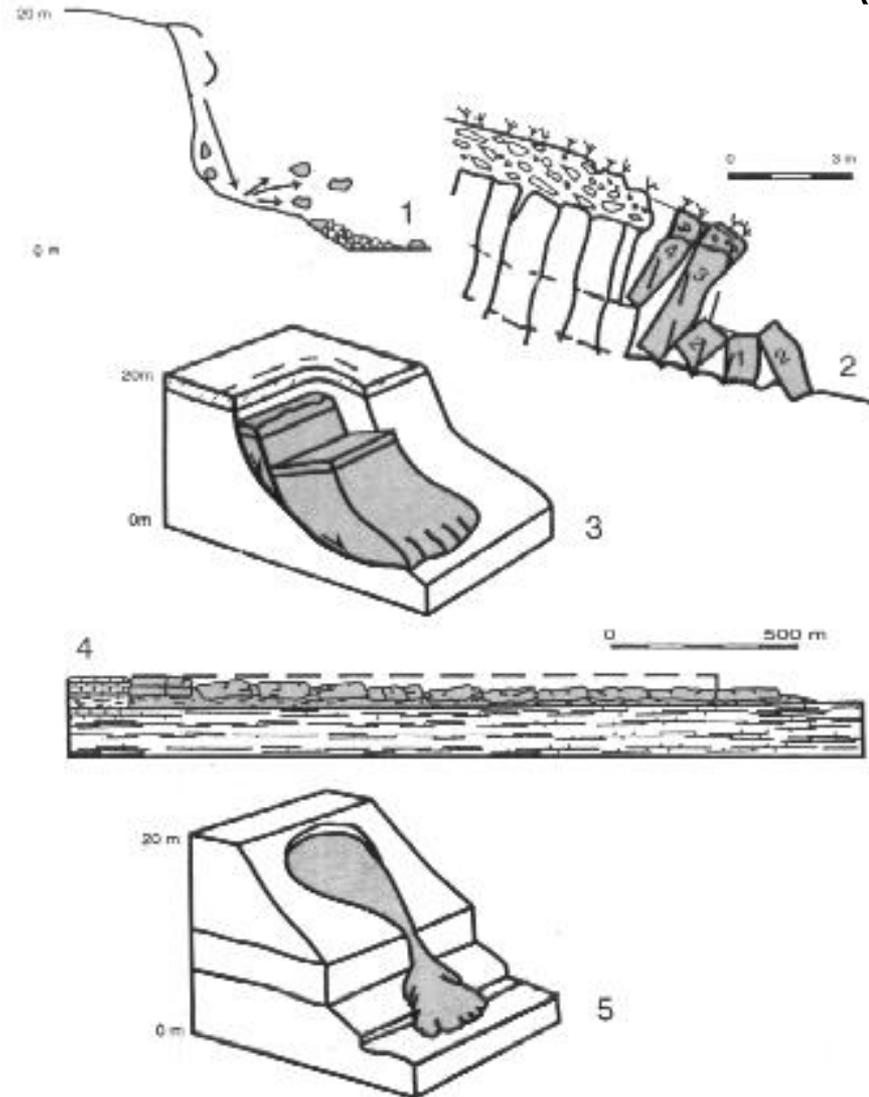
# Principali classificazioni fino al 1996

STOPPANI	1871	MIYABE	1935	VENZO & LARGAIOLLI	1968
A. PENCK	1874	LADD	1935	HUTCHINSON	1968
BALTZER	1875	HENNES	1936	SAVAGE	1968
MOLITOR	1894	SHARPE	1938	ZARUBA & MENCL	1969
PANTANELLI	1897	DI TELLA & BAY	1939	SKEMPTON & HUTCHINSON	1969
NEUMAYR	1898	MONTANARI	1940	VENZO & ULCIGRAI	1970
GUNTHER	1899	PRINCIPI	1945	DESIO	1971
DE MARCHI	1903	BENDEL	1948	BRUGNER & VALDINUCCI	1972
BRAUN	1907	MARESCA	1948	NEMCOCK et alii	1972
HOWE	1909	GORTANI	1948	VALLARIO & COPPOLA	1973
STINY	1910	IPPOLITO & COTECCHIA	1954	BLYTH & DE FREITAS	1974
ALMAGIA'	1910	SCHULTZ & CLEAVES	1955	NICOTERA	1975
ISSEL	1910	KRYNINE & JUDD	1957	VENZO	1976
TRABUCCO	1913	VARNES	1958	VARNES	1978
ROTIGLIANO	1916	DESIO	1959	CORNIELLO et alii	1980
W. PENCK	1924	PENTA	1959	HUTCHINSON	1988
TERZAGHI	1925	VENZO	1960	SASSA	1989
HEIM	1932	GOGUEL	1967	CRUDEN & VARNES	1996

# Tipo di movimento

1. crollo
2. ribaltamento
3. scivolamento  
rot. & plan.
4. espansione
5. colata

*Cruden & Varnes (1996)*



# Tipo di materiale

- **ROCCIA**
  - **roccia lapidea:**  
resistenza a compressione uniassiale  $>25\text{MPa}$
  - **roccia debole:**  
resistenza a compressione uniassiale  $<25\text{MPa}$
- **TERRENO SCIOLTO**
  - **DETRITO:** più del 20% con  $d > 2\text{mm}$  (ghiaia, ciottoli, massi)
  - **TERRA:** più dell' 80% con  $d < 2\text{mm}$ 
    - **granulare:** prevalgono  $d > 0.06\text{ mm}$  (sabbia)
    - **coesiva:** prevalgono  $d < 0.06\text{ mm}$  (limo e argilla)
    - **organica:** prevalgono materiali organici

# Varnes 1978

Tipo di movimento	Materiale		
	Roccia ( <i>bedrock</i> )	Detrito ( <i>debris</i> )	Terra ( <i>earth</i> )
<b>Crollo</b> ( <i>fall</i> )	Crollo di roccia	Crollo di detrito	Crollo di terra
<b>Ribaltamento</b> ( <i>topple</i> )	Ribalt. di roccia	Ribalt. di detrito	Ribalt. di terra
<b>Scivolamento rotazionale</b> ( <i>slump</i> )	Sciv. rot. di roccia	Sciv. rot. di detrito	Sciv. rot. di terra
<b>Scivolamento traslativo</b> ( <i>slide</i> )	Sciv. tras. di roccia	Sciv. tras. di detrito	Sciv. tras. di terra
<b>Espansione laterale</b> ( <i>lateral spread</i> )	Esp. di roccia	Esp. di detrito	Esp. di terra
<b>Colamento</b> ( <i>flow</i> )	Col. di roccia	Col. di detrito	Col. di terra
<b>Complesso</b> ( <i>complex</i> )	Associazione di diversi meccanismi		

# Cruden & Varnes 1996

- Enfasi è posta su tipo di movimento e tipo di materiale
- Vengono aggiunti anche alcuni termini utili per la descrizione della frana
- Una descrizione completa riguarda quindi:
  - tipo di movimento
  - tipo di materiale
  - contenuto d'acqua
  - velocità
  - attività (stato, distribuzione, stile)
- Se ci sono più tipi di movimento:
  - Si descrive prima il primo movimento (materiale, contenuto d'acqua, velocità) e poi il secondo (materiale, contenuto d'acqua, velocità)

# Contenuto d' acqua

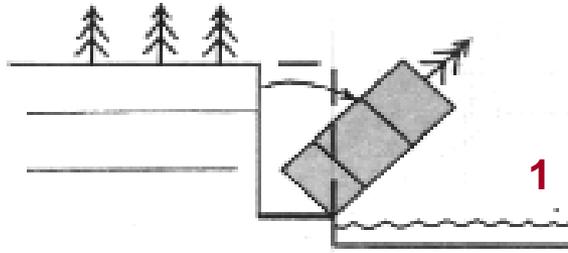
- **SECCO:** assenza di acqua  
il materiale si comporta come un solido
- **UMIDO:** acqua non libera  
il materiale si comporta come un solido plastico
- **BAGNATO:** acqua libera  
il materiale si comporta in parte come un liquido
- **MOLTO BAGNATO:** materiale fluido  
il materiale fluisce come un liquido

# Velocità

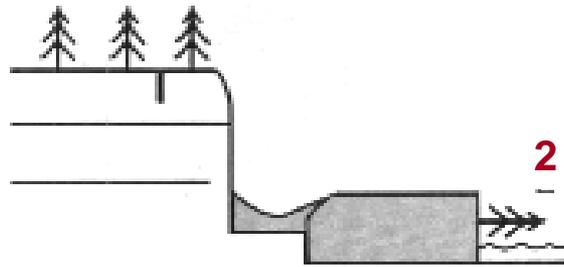
IUGS/WGL (1995)

classe	descrizione	danni osservabili	scala delle velocità	
1	ESTREM. LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$ m/s
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	1.6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$ m/s
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$ m/s
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute	1.8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$ m/s
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$ m/s
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	5 m/s	5 m/s
7	ESTREM. RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.		

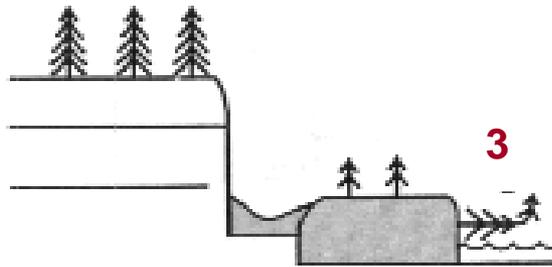
# Stato di attività



**1. ATTIVA**

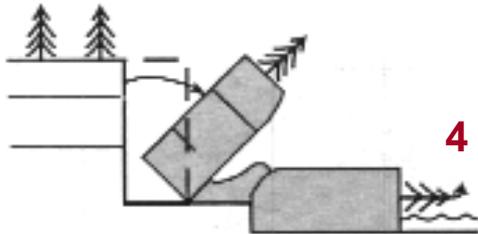


**2. SOSPESA**

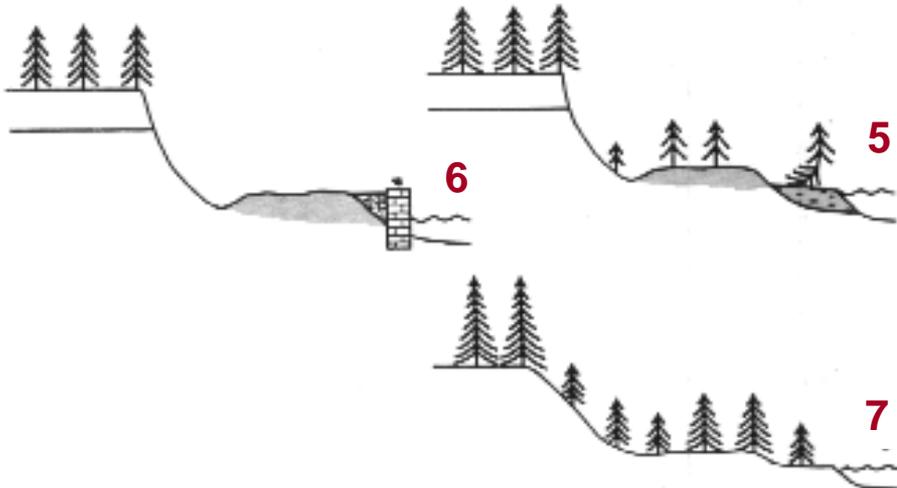


**3. INATTIVA QUIESCENTE**

# Stato di attività



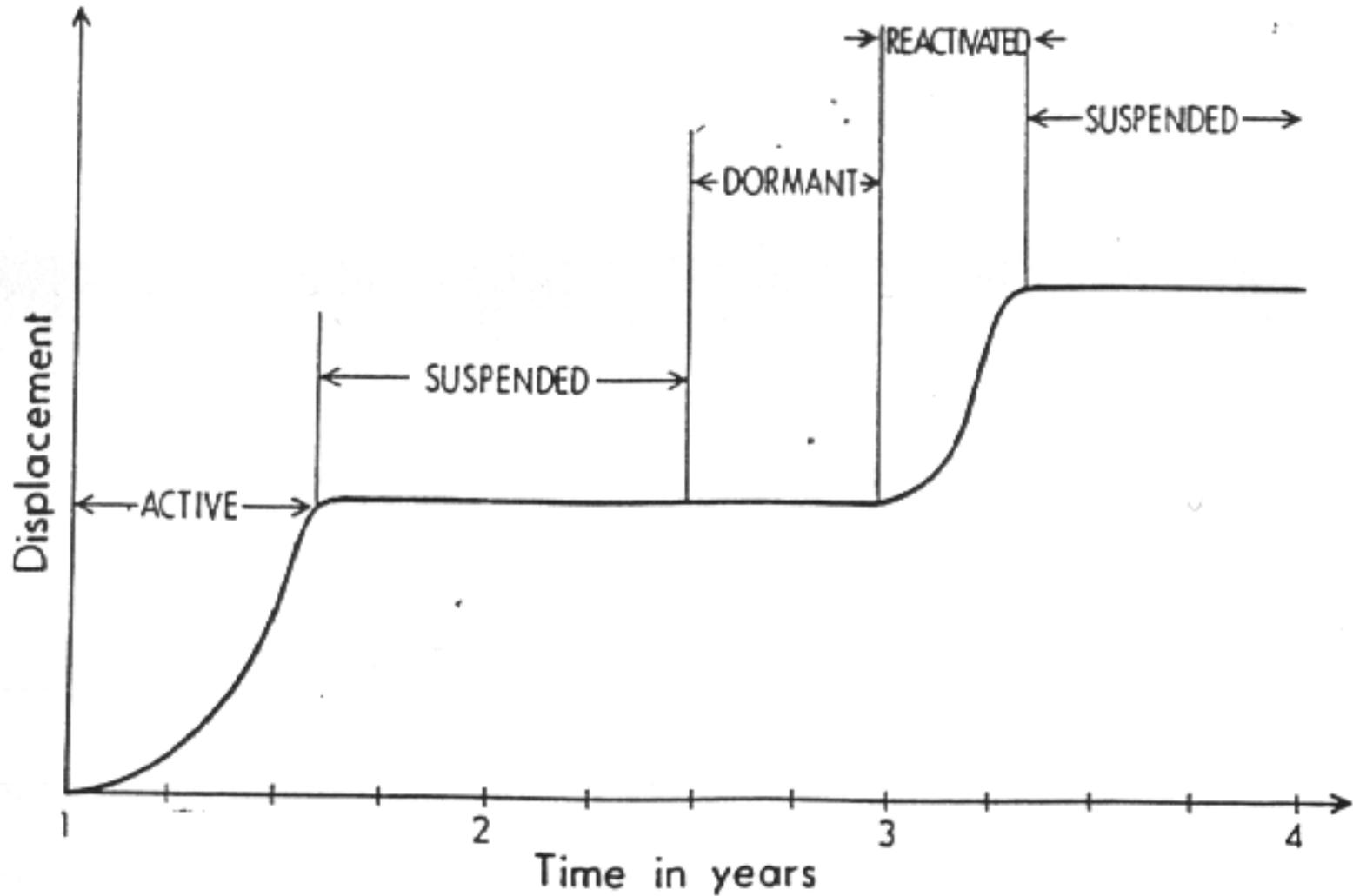
**4. RIATTIVATA**



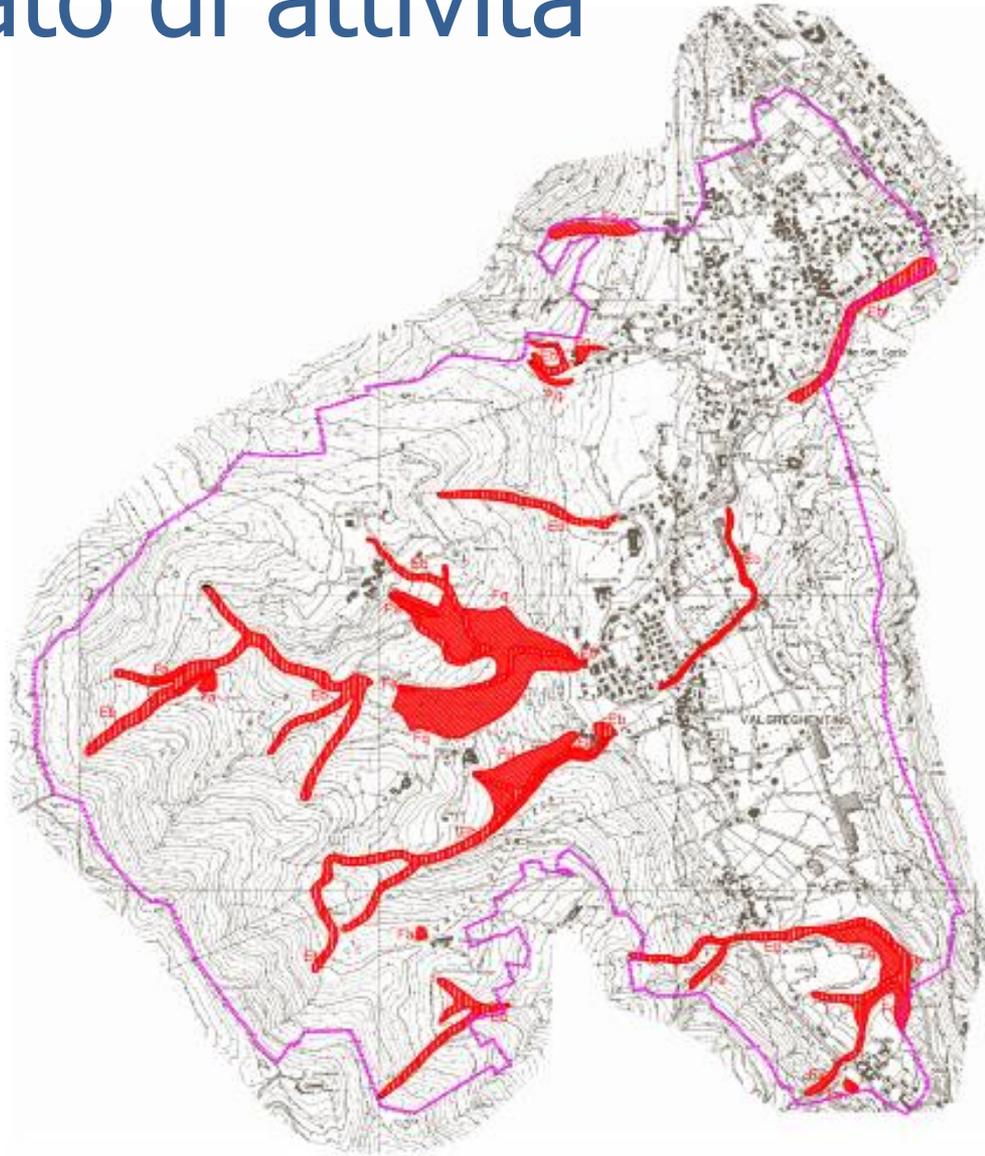
**INATTIVA STABILIZZATA**  
**5. NATURALMENTE**  
**6. ARTIFICIALMENTE**

**7. RELITTA**

# Stato di attività



# Stato di attività



## LEGENDA PAI

Delimitazione delle aree in dissesto

FRANE		
	B. suscettibile a inaggravi	C. aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di frana attiva (Fa)		
Area di frana quiescente (Fq)		
Area di frana stabilizzata (Fs)		
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)		
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)		
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)		
ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO		
	B. suscettibile a inaggravi	C. aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area a pericolosità molto elevata (Ea)		
Area a pericolosità elevata (Eb)		
Area a pericolosità media o moderata (Em)		
Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ea)		
Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)		
Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)		
TRASPORTO DI MASSA SUI CONCI		
	B. suscettibile a inaggravi	C. aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di conca attiva non protetta (Ca)		
Area di conca attiva parzialmente protetta (Ca)		
Area di conca non recentemente attivata o completamente protetta (Cn)		

— Confine comunale

COMUNE DI VALGREGENTINO  
PROVINCIA DI LECCO

*Componente Geologica, idrogeologica e sismica  
del Piano di Governo del Territorio  
L.R. 12/2005*

**Carta del quadro dei dissesti  
uniformata alla legenda PAI**

Scala 1 : 10.000

in scala 1:  
Dott. Geol. Pietro Alborghetti

# Stato di attività



LEGENDA PAI

Delimitazione delle aree in dissesto

FRANE		
	B. modifiche e integrazioni	C. aree a rischio (rispetto agli ordinamenti)
Area di frana attiva (Fa)		
Area di frana quiescente (Fq)		
Area di frana stabilizzata (Fs)		
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)		
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)		
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)		

ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO

## FRANE

### B. Modifiche e integrazioni

Area di frana attiva (Fa)



Area di frana quiescente (Fq)



Area di frana stabilizzata (Fs)



Area di frana attiva non perimetrata (Fa)



Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)



Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)



# Monitoraggio: principi

# Attività di monitoraggio

## Indagine

Raccolta di tutte le informazioni utili per la previsione degli scenari di rischio.

## Monitoraggio s.s.

Insieme delle azioni finalizzate al controllo dell'evoluzione di una grandezza variabile nel tempo, mediante opportuna strumentazione.

# Finalità di un sistema di monitoraggio

- Controllare l'evoluzione del fenomeno
- Determinare il meccanismo di innesco
- Definire i rapporti tra movimento e condizioni idrauliche
- Verificare l'efficacia degli interventi di stabilizzazione
- Supportare le decisioni in ambito di pianificazione
- Allertare le popolazioni esposte a rischio
- Prevedere l'evoluzione temporale del fenomeno franoso

# Principali aspetti da valutare

- Superficie e volumi coinvolti (magnitudo)
- Meccanismo di rottura
- Istante di rottura
- Tipo di movimento
- Distanza di propagazione

# Progettazione sistema di monitoraggio

- Definizione degli scenari di rischio (massimo scenario credibile)
- Stabilire i parametri da investigare e definirne i limiti di variabilità
- Selezionare il tipo di strumentazione più idonea
- Individuare l'ubicazione più corretta per gli strumenti
- Prevedere la misurazione dei fattori meteo (precipitazioni, pressione, temperatura, vento ecc.) che possono influenzare il comportamento della frana e dei sensori
- Pianificare la raccolta, elaborazione, interpretazione ed implementazione dei dati
- Pianificare la calibrazione e manutenzione della strumentazione

# Parametri per la scelta del sistema

- Tipologia del fenomeno
- Velocità del fenomeno – attività
- Accessibilità
- Condizioni in cui si opera (emergenza / post emerg.)
- Tempo a disposizione
- Elementi a rischio presenti
- Risorse economiche disponibili
- Capacità di mantenere il sistema in efficienza
- Disponibilit  di rete elettrica – telefonica
- Esposizione (Gps – pannelli fotovoltaici)
- Clima
- Protezione dei componenti da atti vandalici - furti

# Criterio guida per la scelta

- Mi servono dati **in continuo**?
- Quanti dati mi **servono** o quanti/quali dati so **gestire**?
- Sarò in grado di **mantenere in efficienza** il sistema?
- Ho le **risorse** (economiche/umane) per gestirlo?
- Ho valutato i **costi** e i **benefici**?

# Caratteristiche tecniche

- **Campo di misura** (*range*)
- **Risoluzione** (*resolution*)
- **Precisione** (*accuracy*)
- **Ripetibilità** (*repeatability*)
- **Compatibilità** (*conformance*)
- **Calibrazione e manutenzione**

# Monitoraggio delle frane

## **Monitoraggio superficiale**

- Studio della cinematica dei movimenti e della geometria del corpo di frana

## **Monitoraggio profondo**

- Determinazione del campo deformativo in profondità
- Identificazione della profondità della superficie di rottura
- Misura delle pressioni interstiziali

# Monitoraggio delle frane



Stazione meteo



# Strumenti per il monitoraggio superficiale

- Spie
- Griglie
- Clinometri o tiltmetri
- Estensimetri
- Distometri
- Strumenti topografici
- Global Position System
- Interferometria radar
- Laser scanning

# Spie

Sbarrette di vetro o di gesso che vengono cementate ai due lati di una fessura (per es. su un edificio sul corpo di frana)

La rottura della sbarretta indica la presenza di movimenti differenziali in atto



# Spie

## Principio di funzionamento:

Rottura di un elemento 'fusibile' in presenza di sforzo e deformazione

### PRO

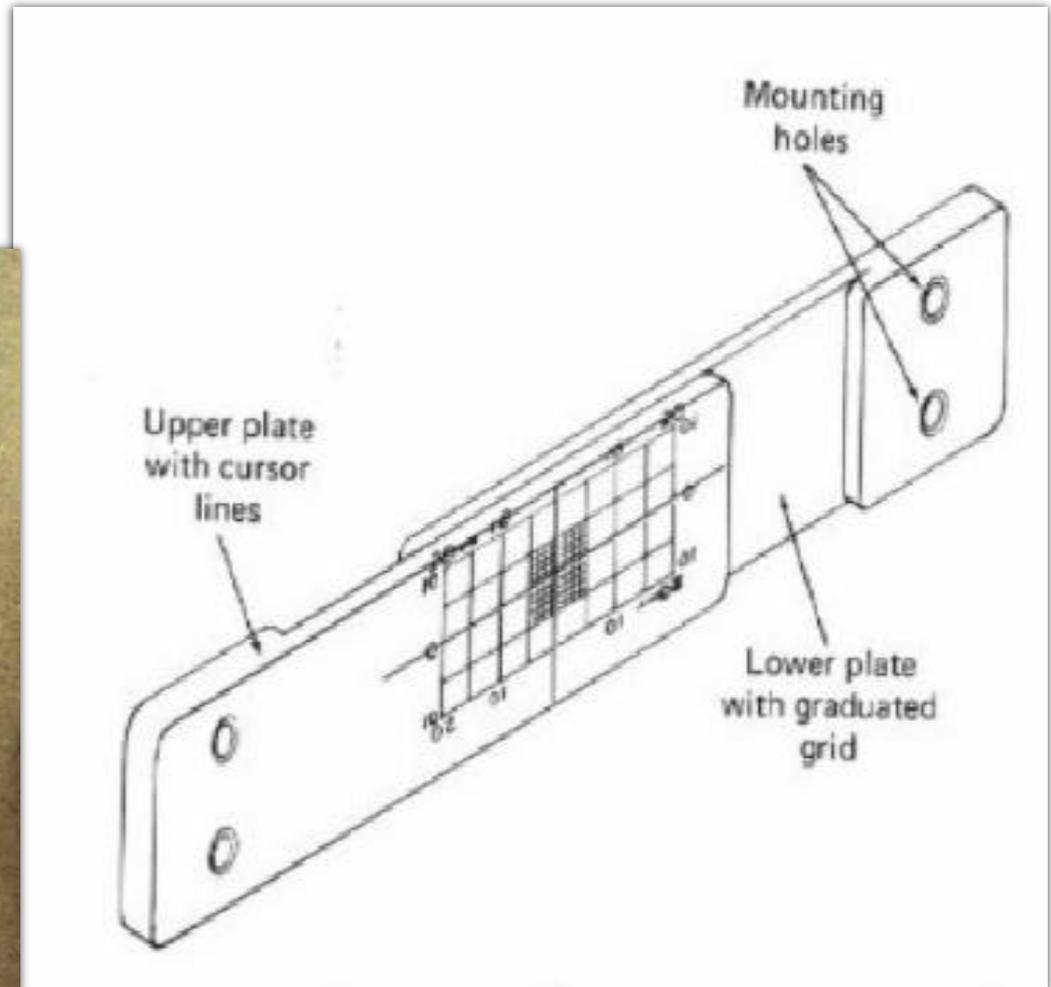
- Costo
- Facilità installazione

### CONTRO

- Accesso al sito
- Non automatizzabili
- Misure 'binarie'
- Vita tecnica breve
- Dati 'indiretti'

# Griglie

Rispetto alle spie forniscono anche un'indicazione dell'entità del movimento



# Griglie

## Principio di funzionamento:

Stima degli spostamenti relativi tra due parti di una frattura o di una lesione strutturale

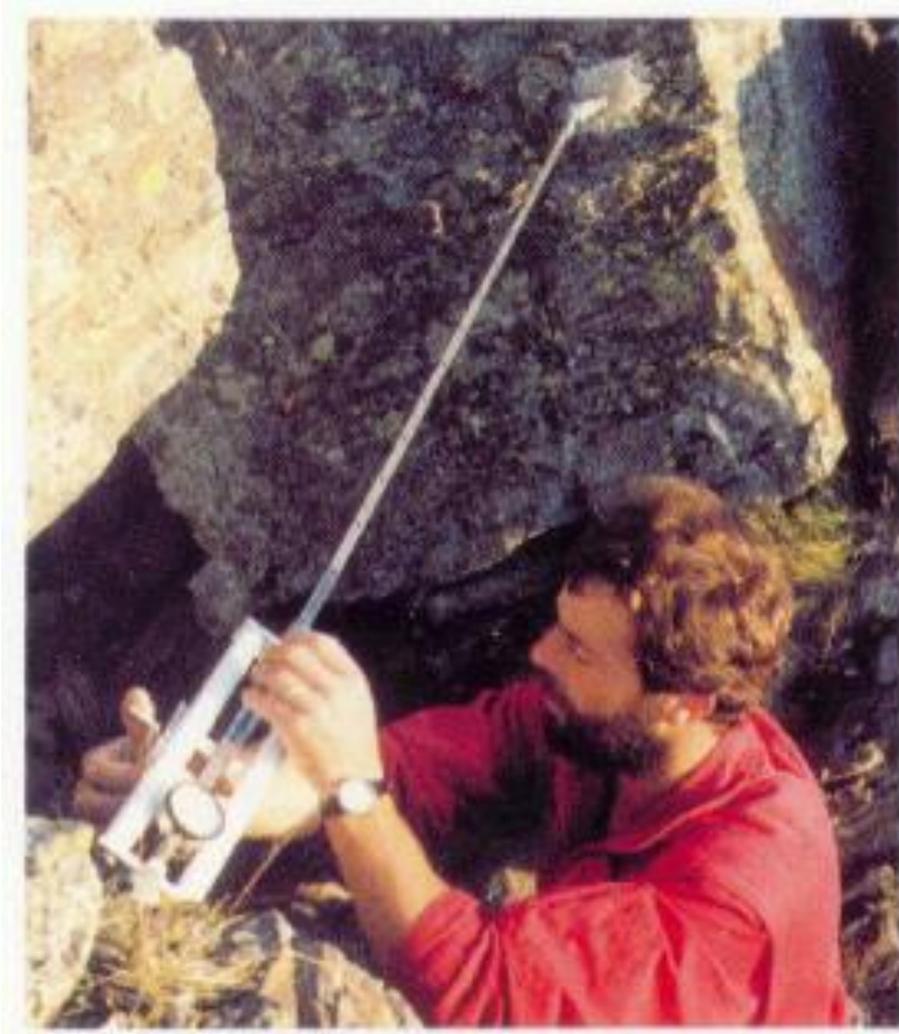
### PRO

- Costo
- Facilità installazione
- Vita tecnica lunga

### CONTRO

- Accesso al sito
- Non automatizzabili
- Misura di componenti
- Dati 'indiretti'

# Distometri



# Fessurimetri



# Distometri e fessurimetri

## Principio di funzionamento:

Misura degli spostamenti relativi tra due parti di una frattura o di una lesione strutturale

### PRO

- Costo
- Facilità installazione
- Vita tecnica lunga
- 1 strumento – N misure

### CONTRO

- Accesso al sito
- Non automatizzabili
- Misure in 1D
- Dati 'indiretti'

# Estensimetri



# Estensimetri

## Principio di funzionamento:

Misura della deformazione di un elemento metallico a cavallo di una frattura o di una lesione strutturale

### PRO

- Costo
- Facilità installazione
- Automatizzabile
- Vita tecnica lunga
- Accesso solo per installazione

### CONTRO

- Misure in 1D
- Dati 'indiretti'
- Necessità di rete

# Clinometri/Tiltmetri



# Clinometri e tiltmetri

## Principio di funzionamento:

Misura delle variazioni di inclinazione della superficie del terreno o di strutture

### PRO

- Facilità installazione
- Vita tecnica lunga
- Elevata risoluzione
- Automatizzabile

### CONTRO

- Elevato costo per punto
- Interpretazione dati
- Furto/vandalismo

# Monitoraggio topografico

Mediante  
l'impiego di  
teodoliti,  
tacheometri,  
distanziometri  
laser, stazioni  
totali

Può essere  
anche  
automatizzato



# Monitoraggio topografico

## Principio di funzionamento:

Misura delle variazioni di distanza tra punti (stabili e no)

### PRO

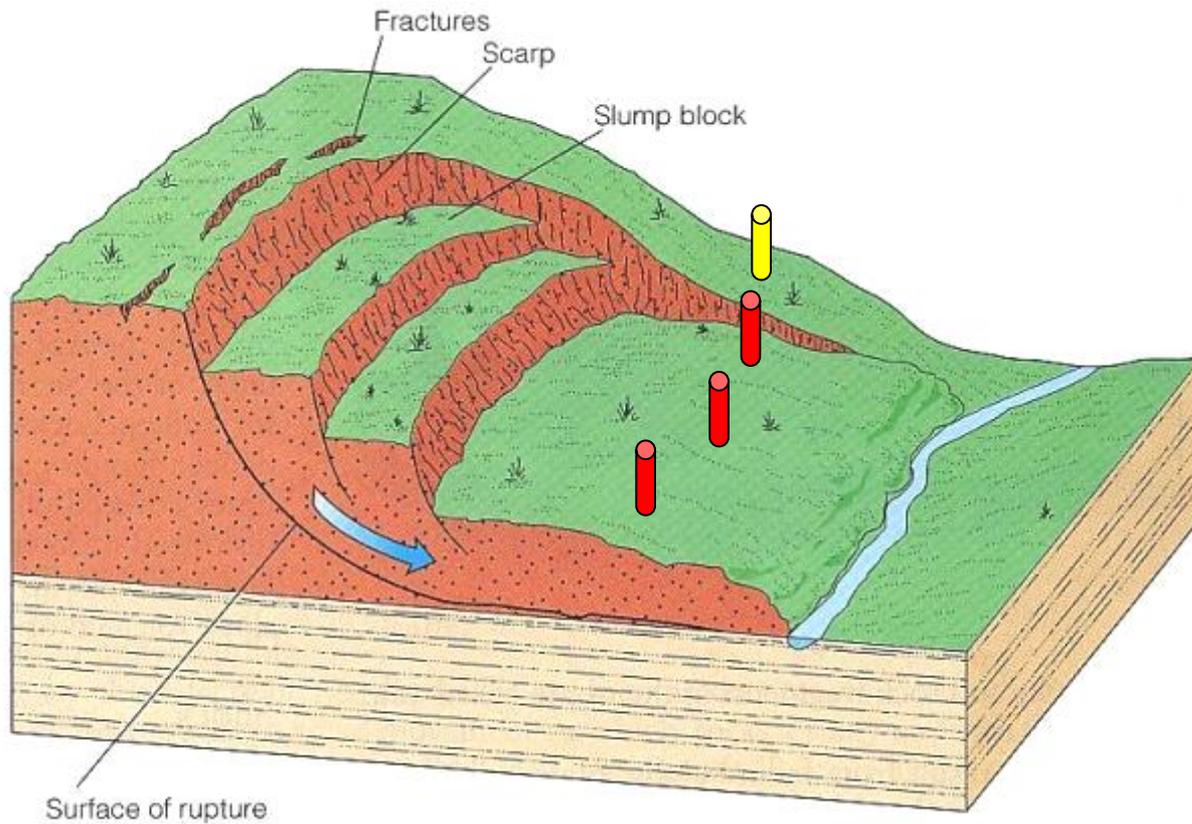
- Elevata risoluzione
- Automatizzabile
- 1 strumento – N misure

### CONTRO

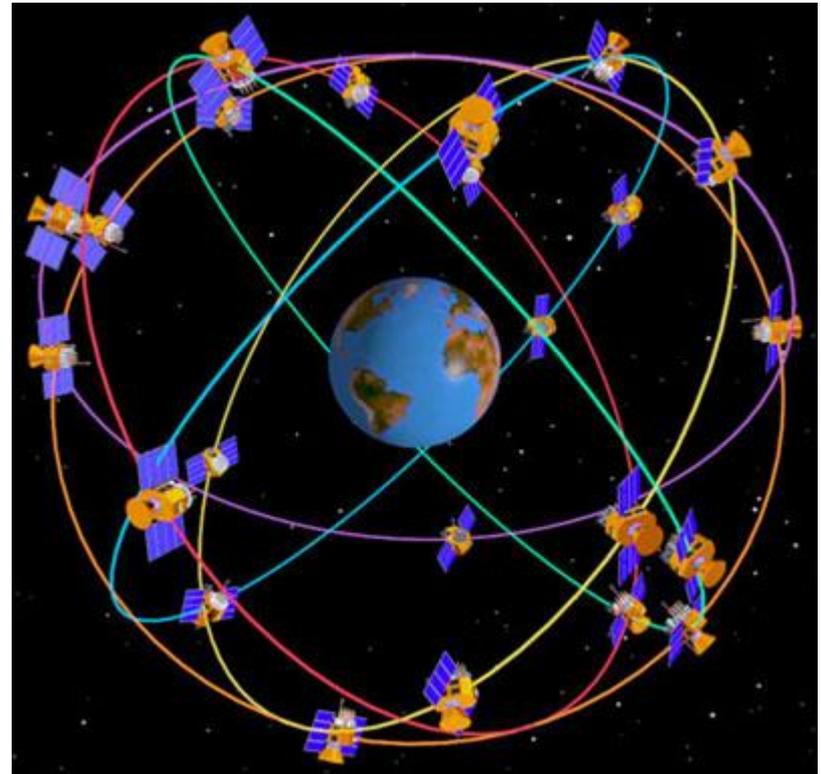
- Costo
- Meteo/illuminazione
- Furto/vandalismo
- Accesso alla frana
- Vita tecnica

# Picchetti

## In allineamento trasversale alla frana



# Monitoraggio GPS



# Monitoraggio GPS

## Principio di funzionamento:

Misura della posizione assoluta di punti in superficie (ricostruzione geometrica da misure di distanza e angoli)

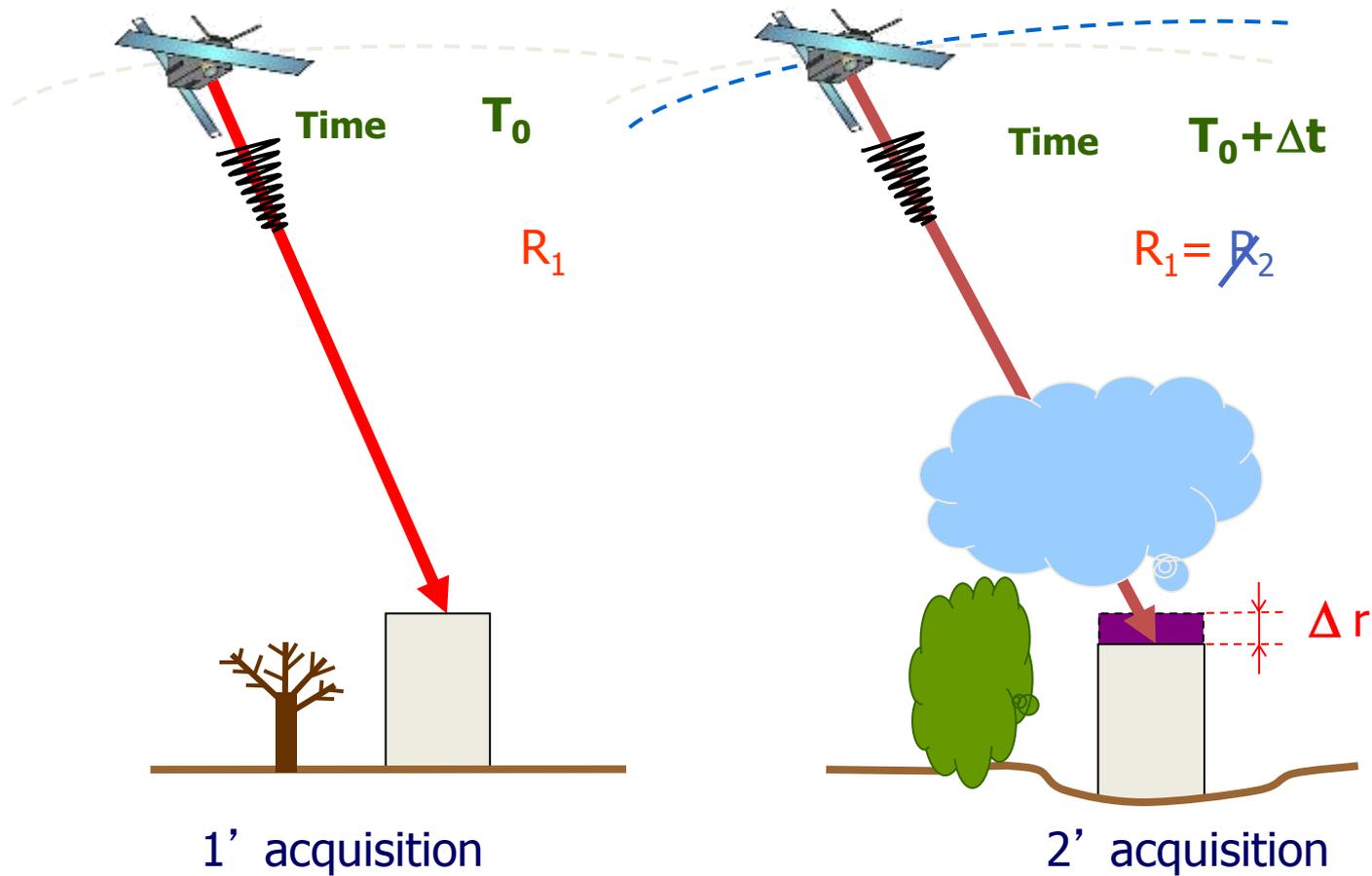
### PRO

- 1 strumento – N misure
- Elevata risoluzione
- Misure 3D
- Automatizzabile (?)

### CONTRO

- Costo (periodico)
- Furto/vandalismo
- Accesso alla frana
- Interpretazione dati

# Interferometria radar da satellite



# Interferometria radar da satellite

## Principio di funzionamento:

Misura della variazione nel tempo della posizione di punti in superficie (differenza di fase di onde elettromagnetiche)

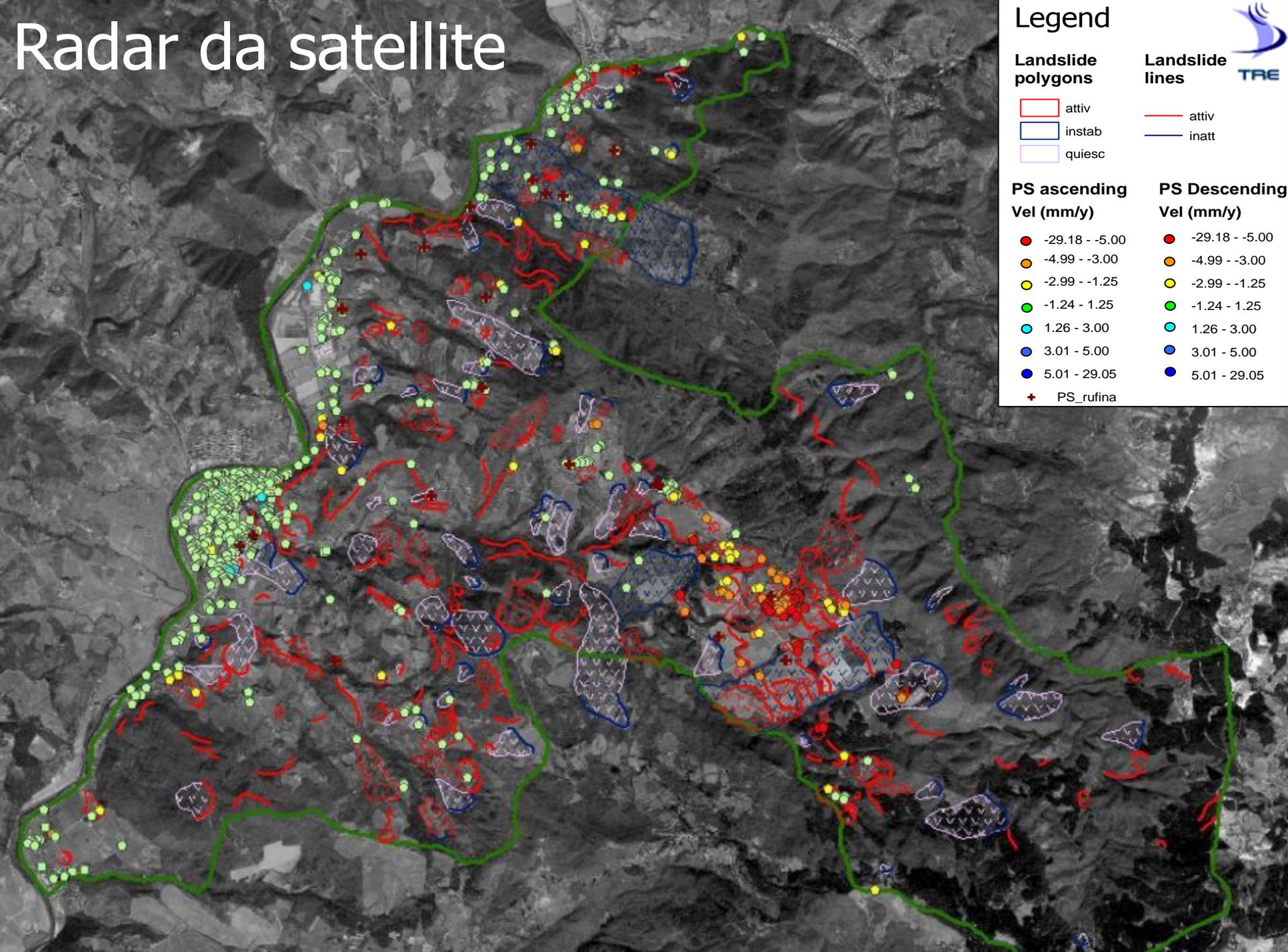
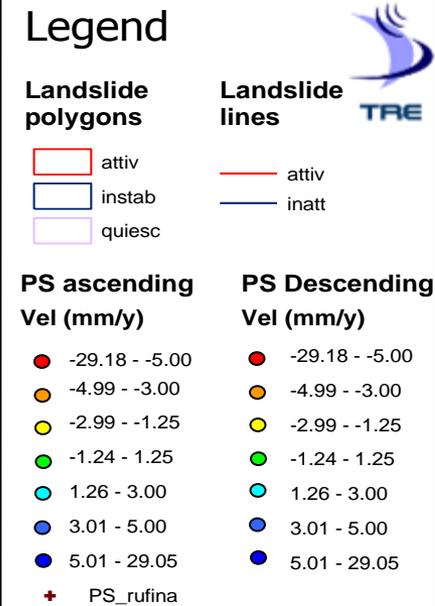
### PRO

- Elevata risoluzione
- Serie storiche
- Dato areale
- Non necessario accesso
- Misure 3D (componenti)
- Indipendenza illuminazione

### CONTRO

- Costo
- Esposizione versante
- Interpretazione dati
- Tempi di rivisitazione

# Radar da satellite



# I dati PS nel Geoportale



**GN IDN** GEOPORTALE NAZIONALE

CONVERSIONE DI COORDINATE CATALOGO CSW CATALOGO METADATI CARTOGRAFIA 2D CARTOGRAFIA 3D

## Geoportale Nazionale

Il progetto del GN Sei in: Homepage

### Il Geoportale Nazionale

Il Geoportale Nazionale permette la visualizzazione e l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato - Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema Cartografico di Riferimento.

L'obiettivo strategico del GN è quello di promuovere e diffondere l'utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali, di rendere le informazioni di carattere ambientale e territoriale disponibili ad un pubblico vasto anche di non addetti ai lavori, tenendo in considerazione i progetti e le attività attualmente in corso a livello nazionale ed europeo.

[ Continua a leggere ]

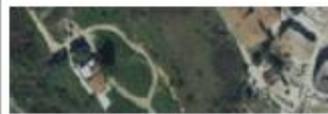
**Username**   
**Password**

[Registrati](#) [Password dimenticata?](#)

[Seguici su facebook](#)

**News** [Tutte le notizie](#)

26 Febbraio 2014



Publicati i servizi relativi alle ortofoto AGEA 2009-2012

**I progetti cartografici**

- Il Progetto Natura
- Il Progetto Coste
- Il Progetto Incendi
- Il Progetto Persistent Scatterers Interferometry**



# I dati PS nel Geoportale

The screenshot shows the National Geoportal (Geoportale Nazionale) interface. At the top, there is a navigation bar with the GN IDN logo and several red buttons: "CONVERSIONE DI COORDINATE", "CATALOGO CSW", "CATALOGO METADATI", "CARTOGRAFIA 2D", and "CARTOGRAFIA 3D". The main title "Geoportale Nazionale" is displayed in large red letters over a topographic map background. Below the title, a breadcrumb trail reads "Sei in: Homepage > I progetti cartografici > Progetto Persistent Scatterers Interferometry". The page content is divided into a left sidebar and a main area. The sidebar contains links to "Il progetto del GN", "Il Geoportale Nazionale", "Il Sistema Cartografico Cooperante", "Il Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale", "Il Progetto GENESI-DEC", "Direttiva alluvioni", "Quadro normativo", "Obiettivi e stato di attuazione", "Documenti", "Link", "I progetti cartografici", "Il Progetto Natura", and "Il Progetto Coste". The main area features the title "Progetto Persistent Scatterers Interferometry" and a pagination control showing "1 2 3 4 5 6 7 8" with "Successivo >>" to the right. Below the title is the section "Il SAR e l'interferometria" with a detailed text description of SAR technology. To the right of the text is a list of products under the heading "Accesso alla cartografia del progetto", which is highlighted with a red box. The list includes: "Prodotti interferometrici ERS ascending", "Prodotti interferometrici ERS descending", "Prodotti interferometrici ENVISAT ascending", and "Prodotti interferometrici ENVISAT descending".

**GN IDN** GEOPORTALE NAZIONALE

CONVERSIONE DI COORDINATE CATALOGO CSW CATALOGO METADATI CARTOGRAFIA 2D CARTOGRAFIA 3D

## Geoportale Nazionale

Sei in: Homepage > I progetti cartografici > Progetto Persistent Scatterers Interferometry

### Progetto Persistent Scatterers Interferometry

1 2 3 4 5 6 7 8 Successivo >>

#### Il SAR e l'interferometria

Con il termine SAR o radar ad apertura sintetica si definisce un'antenna radar montata su di una piattaforma mobile. Il principio di funzionamento di un sistema SAR è il medesimo di tutti i sistemi radar (RADio Detection And Ranging). Un apparecchio trasmittente (antenna) irradia lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica che incide sugli oggetti che incontra subendo un fenomeno di riflessione. Una parte dell'onda diffusa torna verso l'antenna dove viene misurata. In questo modo il radar è in grado di individuare oggetti (detection) e, misurando il ritardo temporale tra l'istante di trasmissione e quello di ricezione, è possibile misurarne la distanza (slant-range) di tali oggetti dall'antenna (Fig. 1.). Questa misura avviene però solo nella direzione d'illuminazione dell'antenna, cioè non è possibile distinguere due oggetti posti alla stessa distanza dall'antenna.

Accesso alla cartografia del progetto

- Prodotti interferometrici ERS ascending
- Prodotti interferometrici ERS descending
- Prodotti interferometrici ENVISAT ascending
- Prodotti interferometrici ENVISAT descending

# I dati PS nel Geoportale

Geoportale Nazionale

Ricerca veloce

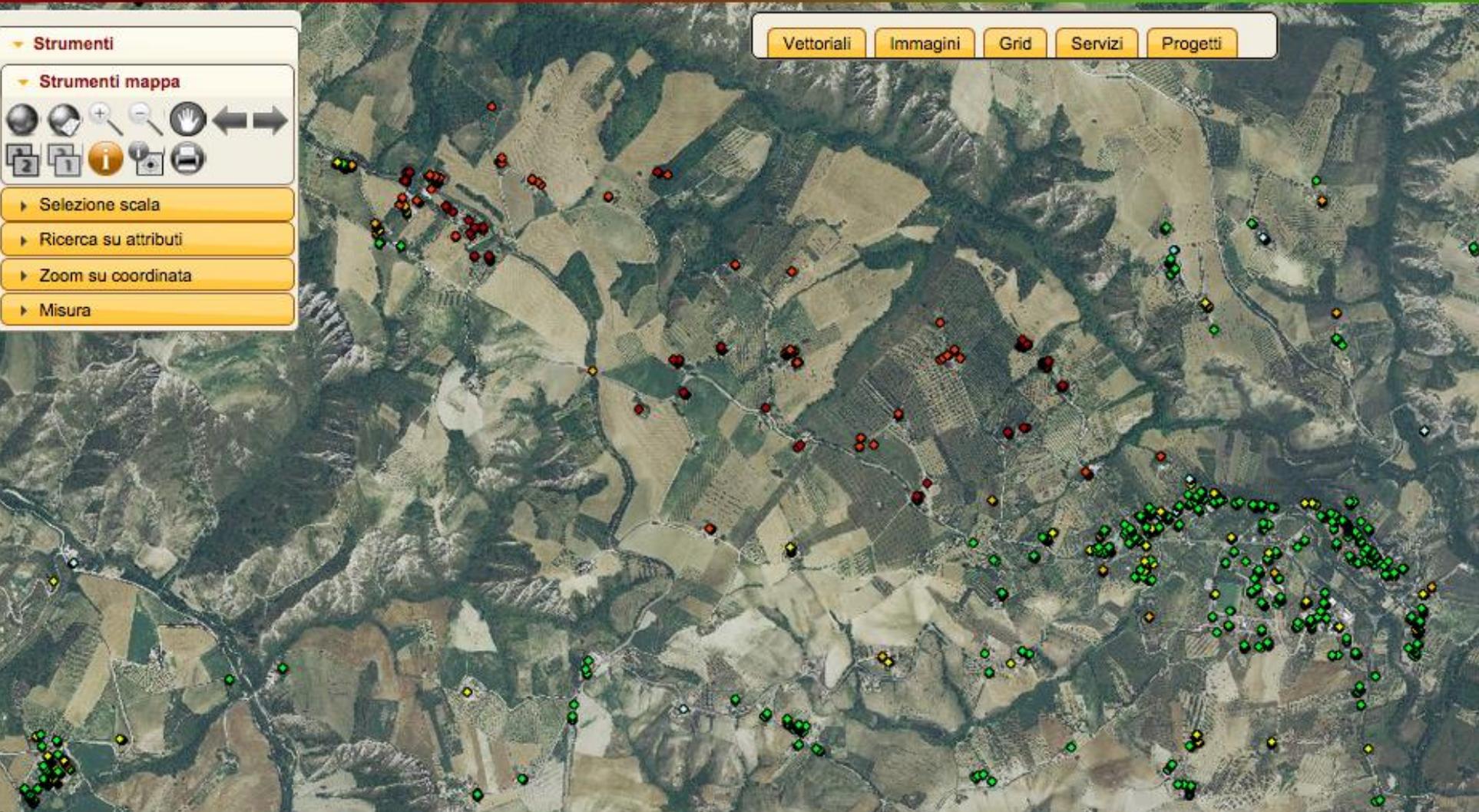
▼ Strumenti

▼ Strumenti mappa



- ▶ Selezione scala
- ▶ Ricerca su attributi
- ▶ Zoom su coordinata
- ▶ Misura

Vettoriali Immagini Grid Servizi Progetti



# I dati PS nel Geoportale

Geoportale Nazionale

Ricerca veloce

Strumenti

Strumenti mappa



Vettoriali

Immagini

Grid

Servizi

Progetti

Risultati Ricerca

PST2009\_ENVISAT\_T129\_F855\_CL001\_ASCOLI\_PICENO (velocita' media in mm/anno)

Record trovati: 14

CODE	VEL	V_STDEV
1RKit000plb	-12.2	0.4
1RKit000pls	-11.1	0.4
1RKit000plt	-10.9	0.4
1RKit000plu	-10.9	0.4
1RKit000pmC	-11.3	0.4
1RKit000pmD	-11	0.4
1RKit000pmE	-10.8	0.5
1RKit000plb	-12.2	0.4
1RKit000plb	-12.2	0.4
1RKit000plb	-12.2	0.4

# I dati PS nel Geoportale

SINA.net

**PROGETTO IFFI**  
Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

CERCA LUOGO:

SCALA 1: 15.000

HOME | SINA.net | CONTATTI

- DGPV
- Arre soggette a crolli / ribaltamenti diffusi
- Arre soggette a sprofondamenti diffusi
- Arre soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari
- Layer base
- Reader
- Layer sfondo
- LANDSAT
- DEM 20M
- ORTOFOTO 2000
- ORTOFOTO 2006
- IGM 1:25.000

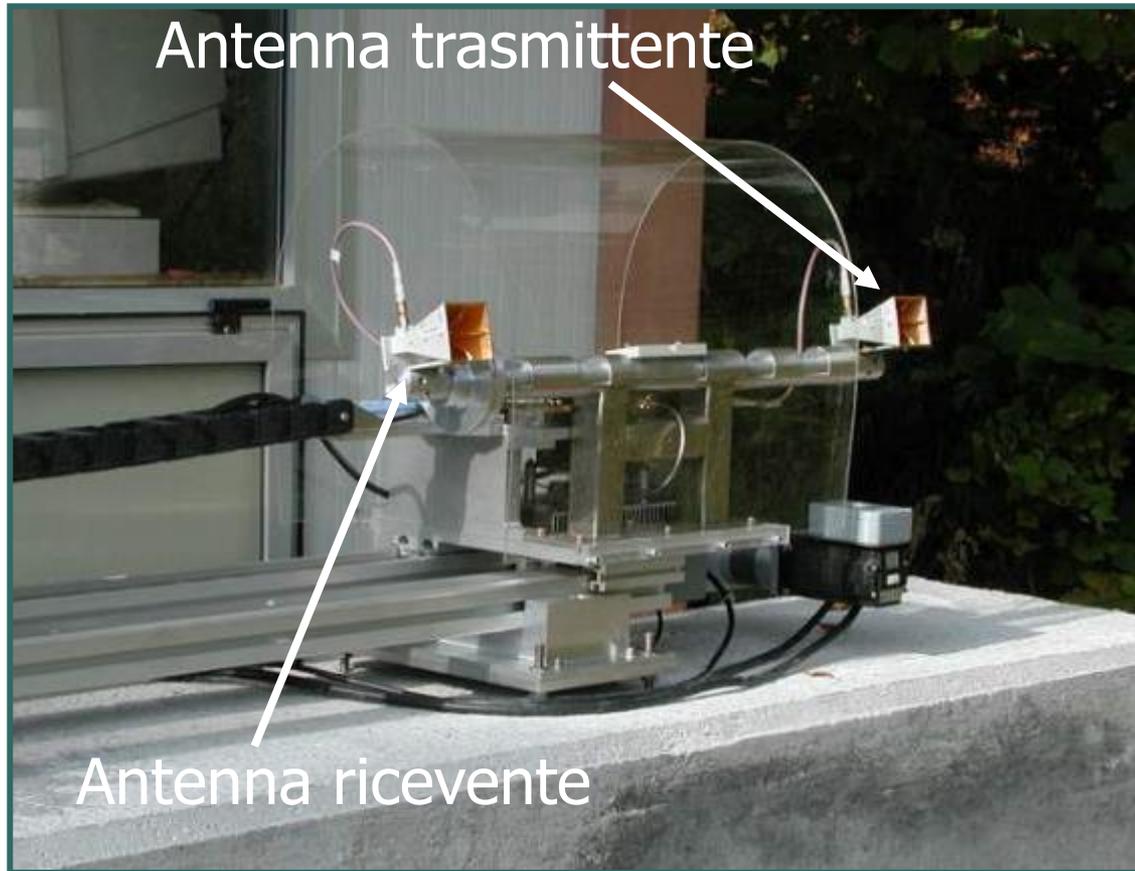
Caricamento dati

- Vettoriale IFFI
- Vettoriale base
- Raster di sfondo

Navigatore



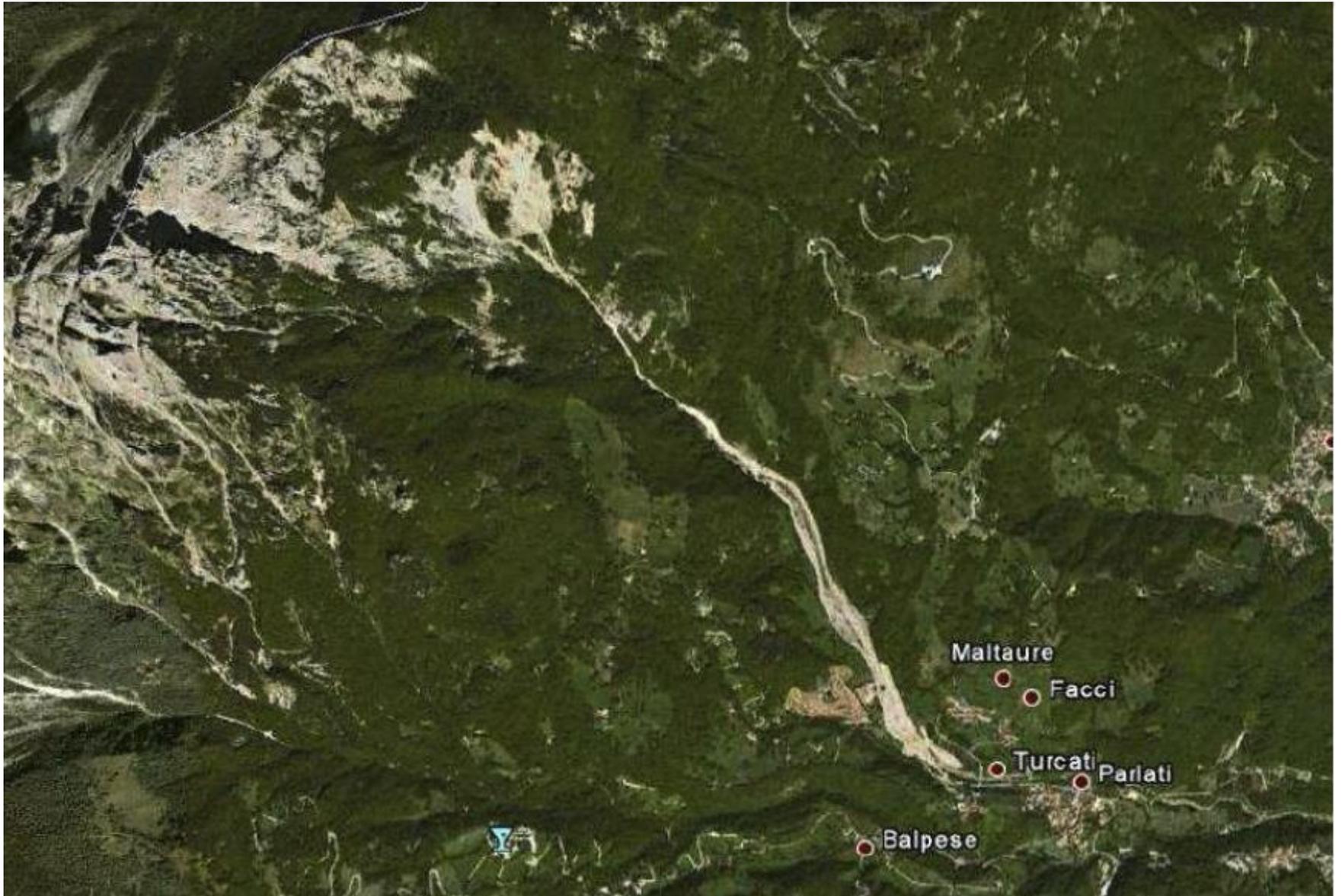
# Interferometria radar da terra



Commissione Europea  
Centro Comune di Ricerca – Ispra  
Istituto per la Sicurezza del Cittadino



# Monte Rotolon



# Visione di insieme



# La colata

Passo di Campogrosso

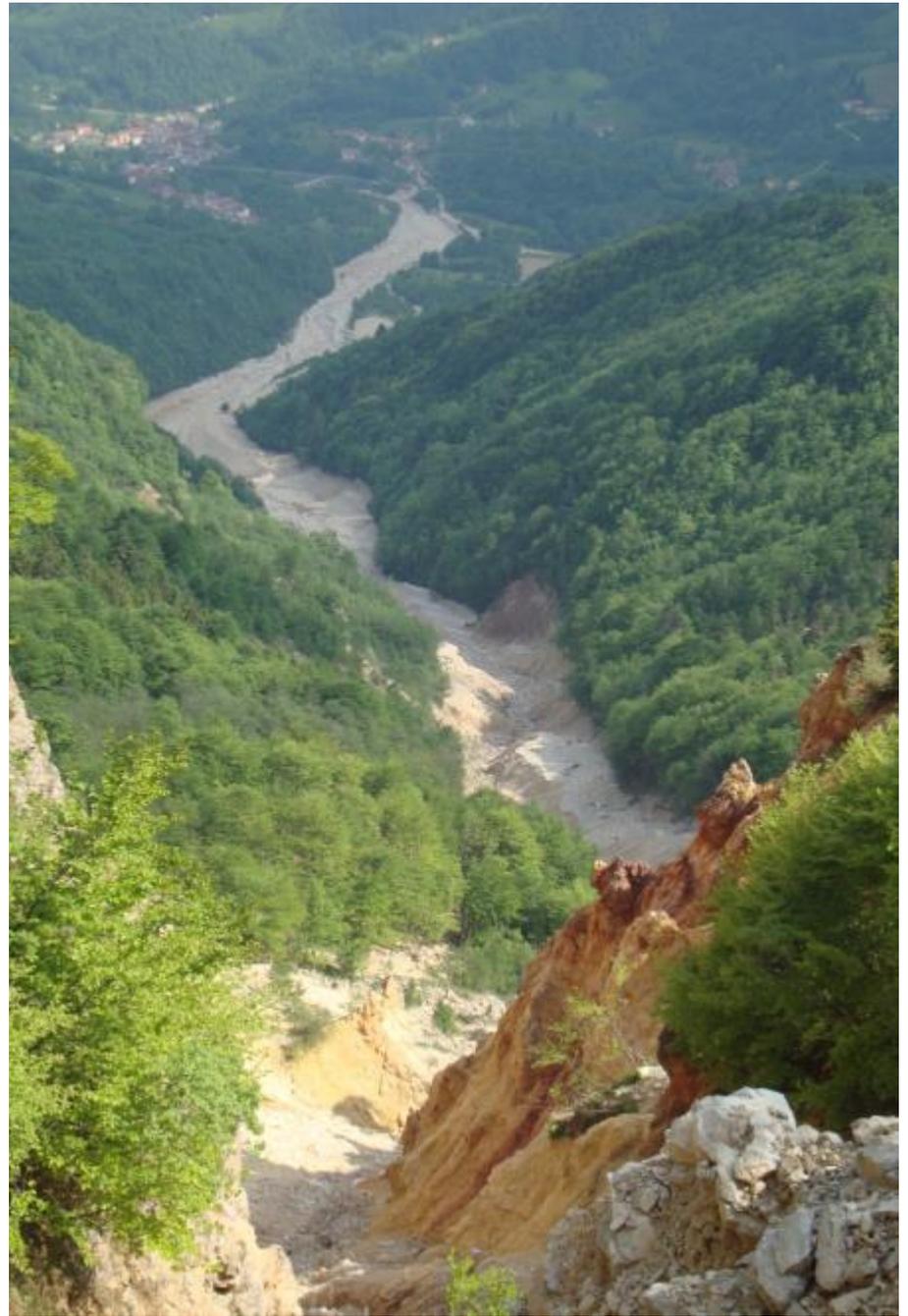


Da "Il giornaledellaprotezionecivile.it"

Parlati



Da "Il giornaledellaprotezionecivile.it"



# La nicchia di distacco















• Recoaro Terme

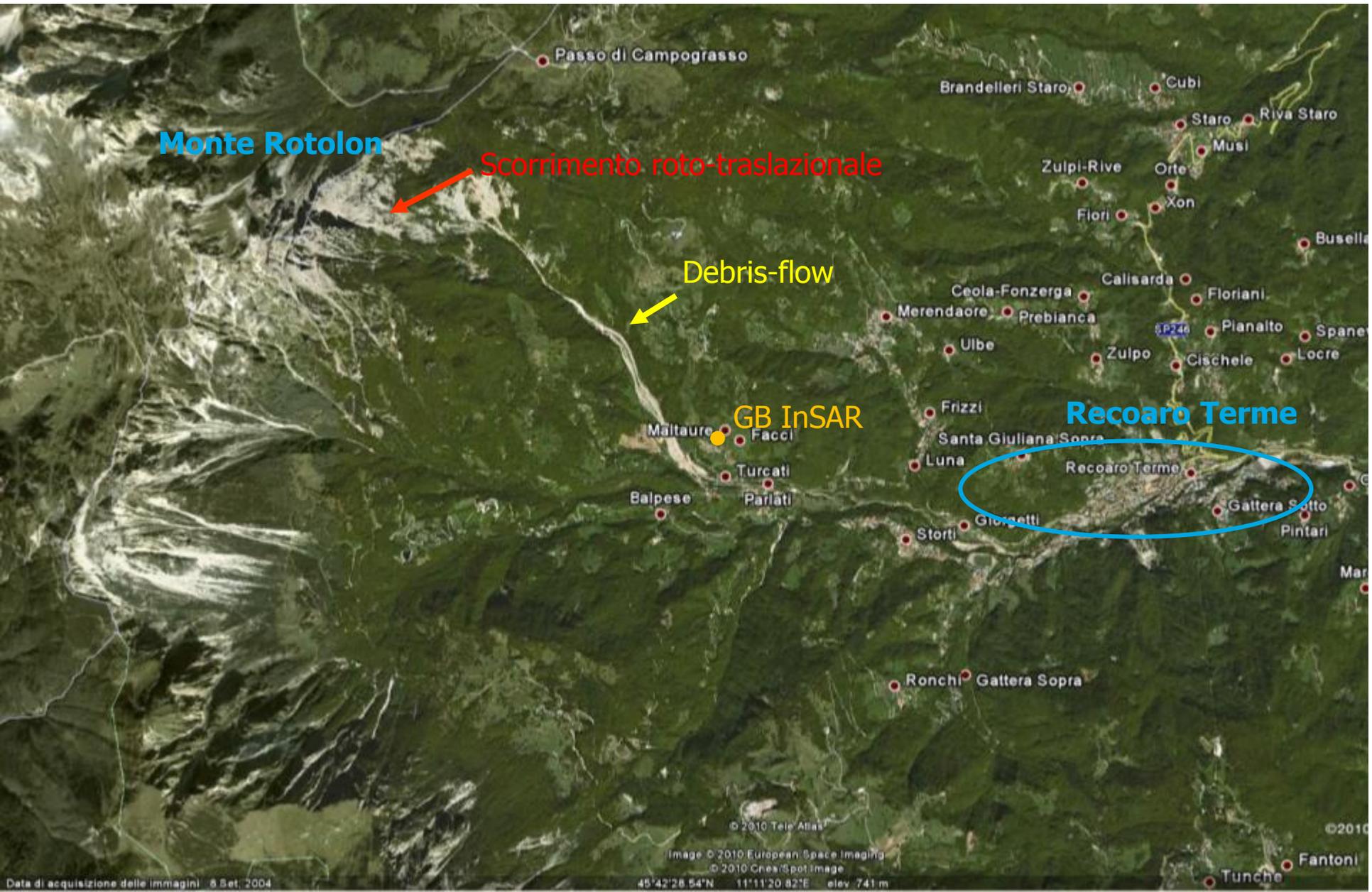


# La frattura perimetrale





# Installazione dello strumento



# Installazione dello strumento

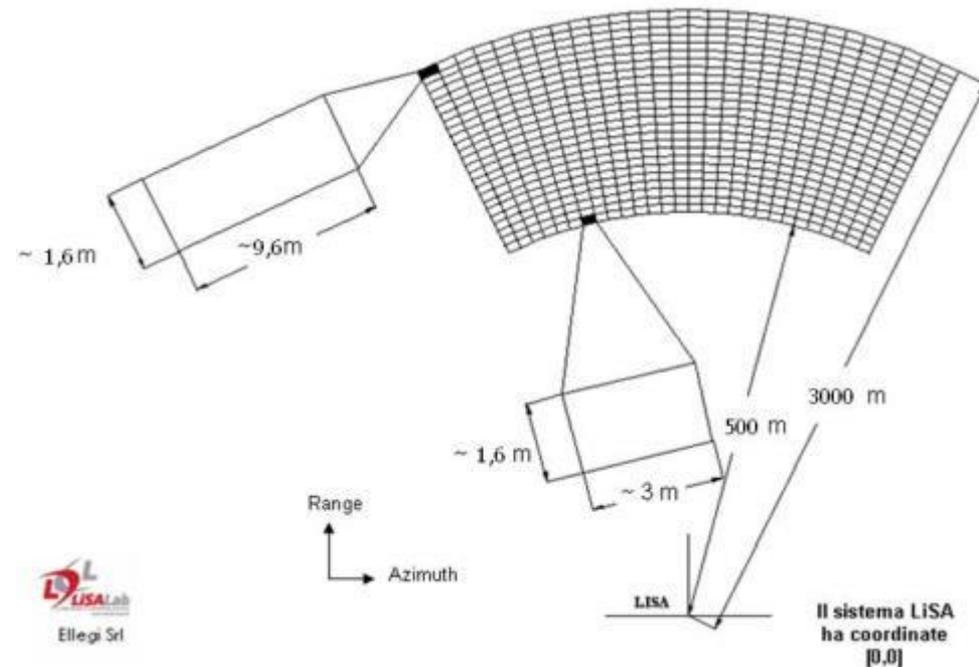


# Visuale dallo strumento



# Parametri di acquisizione

Massima distanza dell' area osservata	3000 m
Minima distanza dell' area osservata	500 m
Risoluzione teorica in range (costante)	~ 1,6 m
Risoluzione teorica in azimuth a 500 m	~ 3,0 m
Risoluzione teorica in azimuth a 1600 m	~ 4,8 m
Risoluzione teorica in azimuth a 3300 m	~ 9,6 m
Tempo di scansione	~ 10 min



# Taratura del sistema di monitoraggio attraverso la suddivisione in settori

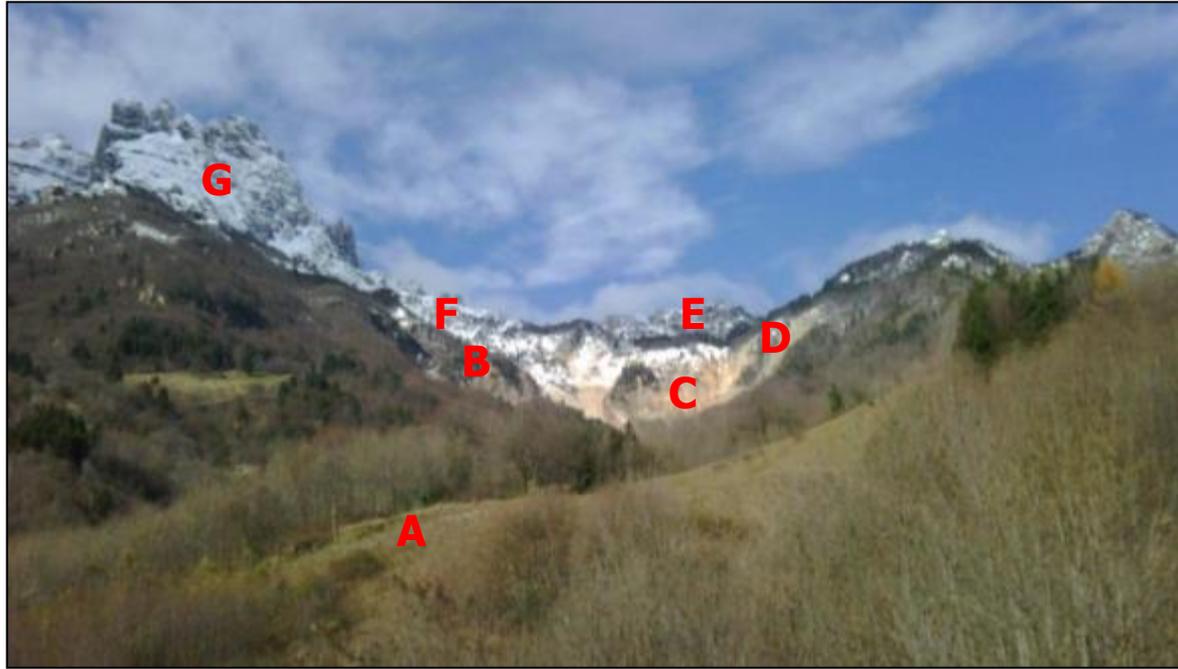
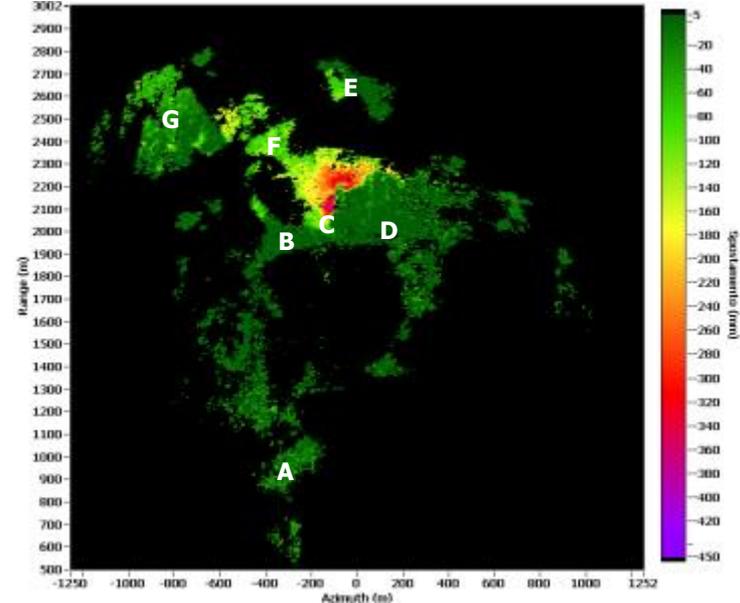
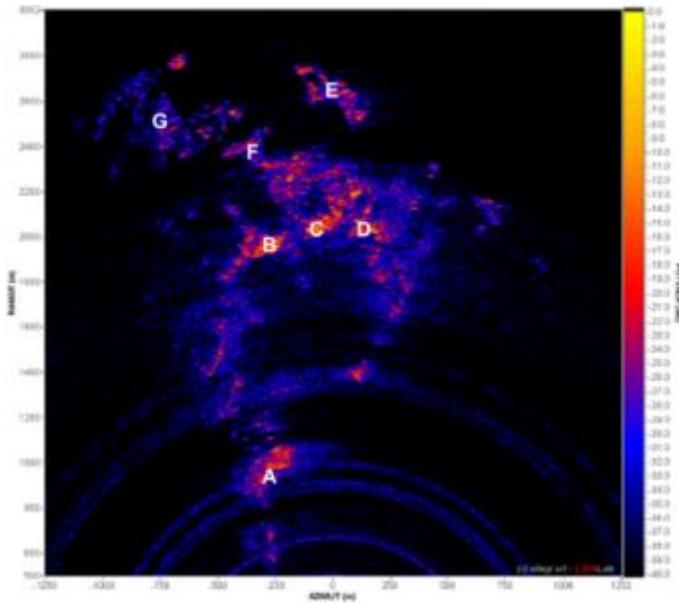


Immagine ottica  
del 23/11/2010

*Immagine  
in potenza*

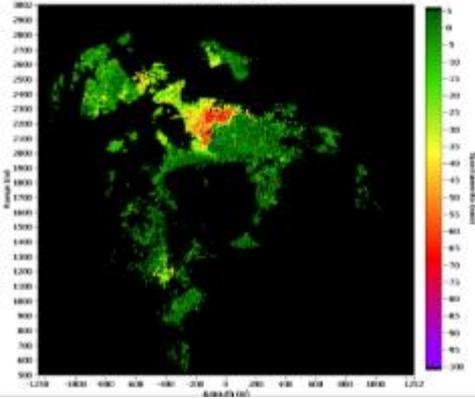


*Mapa degli  
spostamenti  
2D*

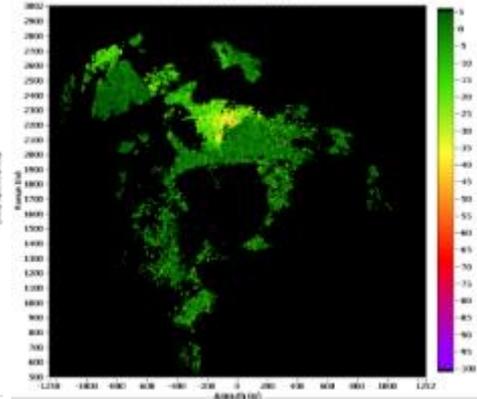
# Mappe di deformazione – Vista 2D

## Logica “Rolling”

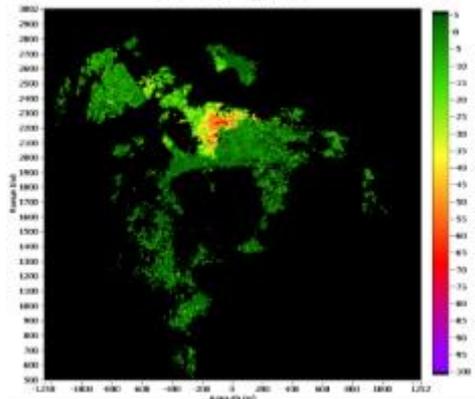
08/12/2010 – 15/12/2010



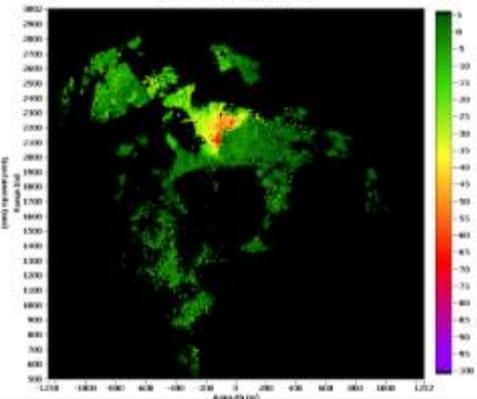
15/12/2010 – 22/12/2010



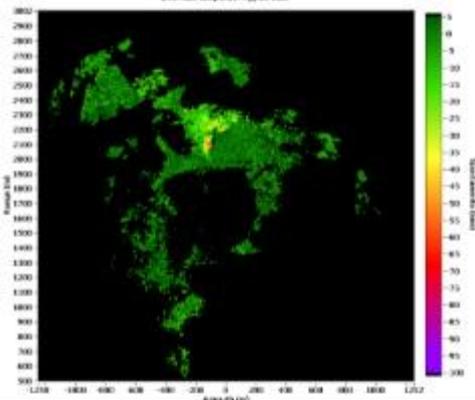
22/12/2010 – 29/12/2010



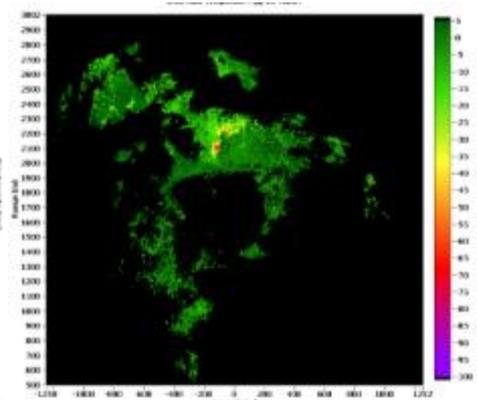
29/12/2010 – 05/01/2011



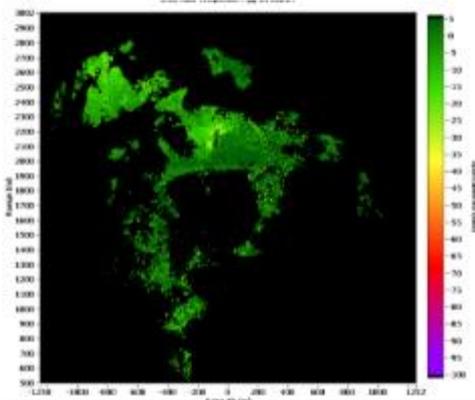
05/01/2011 – 12/01/2011



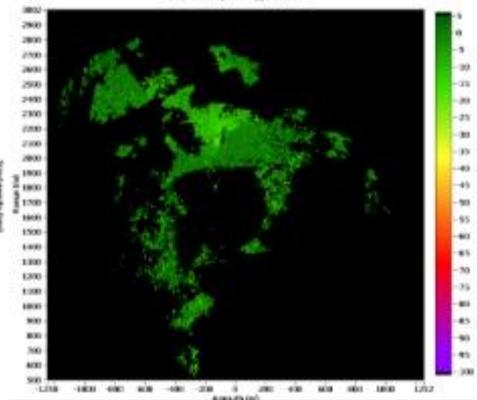
12/01/2011 – 19/01/2011



19/01/2011 – 26/01/2011



26/01/2011 – 02/02/2011

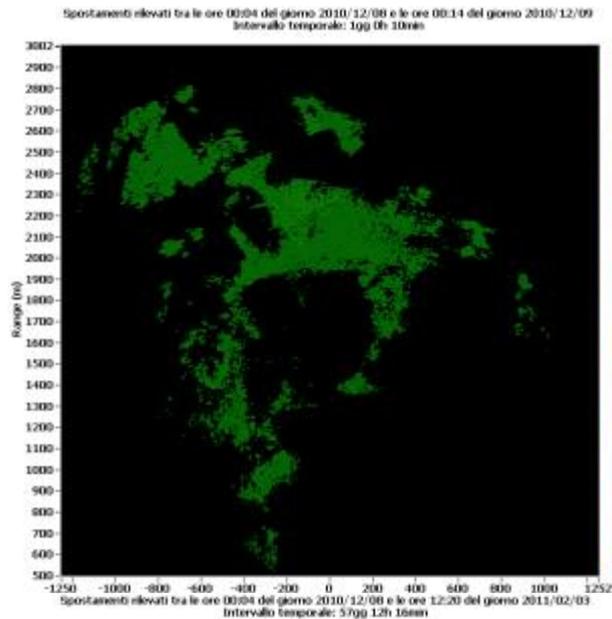


Mappe delle deformazioni cumulate con **intervallo temporale settimanale**. A partire dalla prima settimana di acquisizioni si registra un progressivo decremento delle deformazioni.

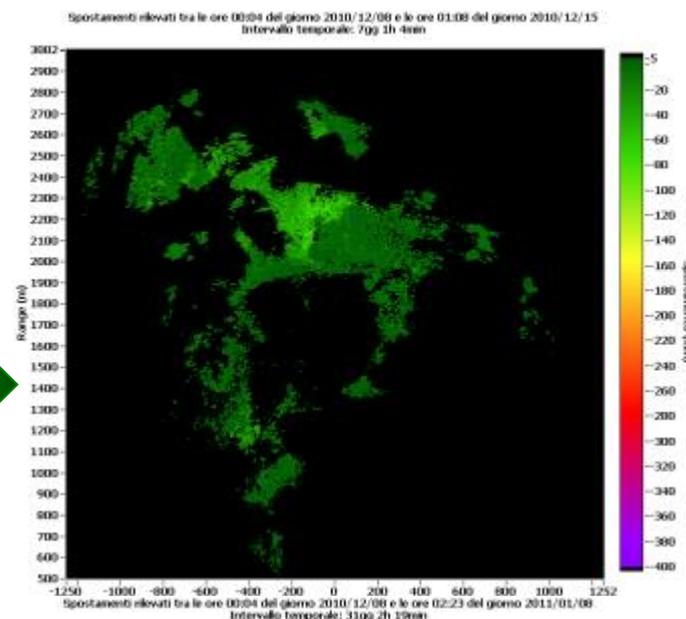
# Mappe di deformazione – Vista 2D

## Logica “Incrementale”

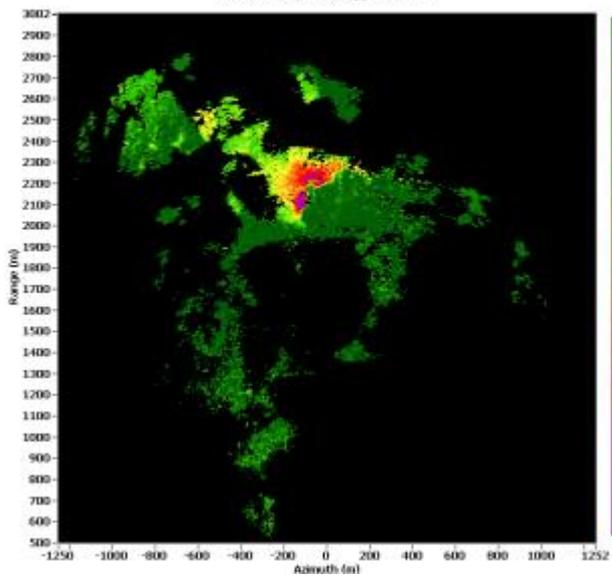
24h



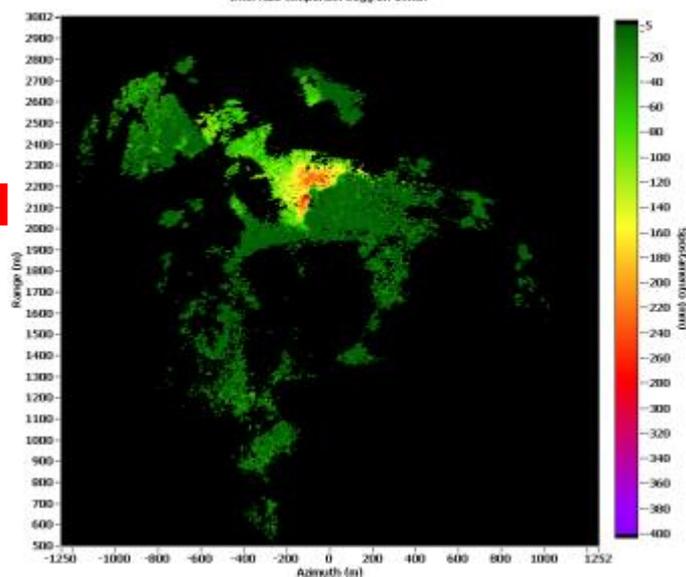
7gg



Periodo totale



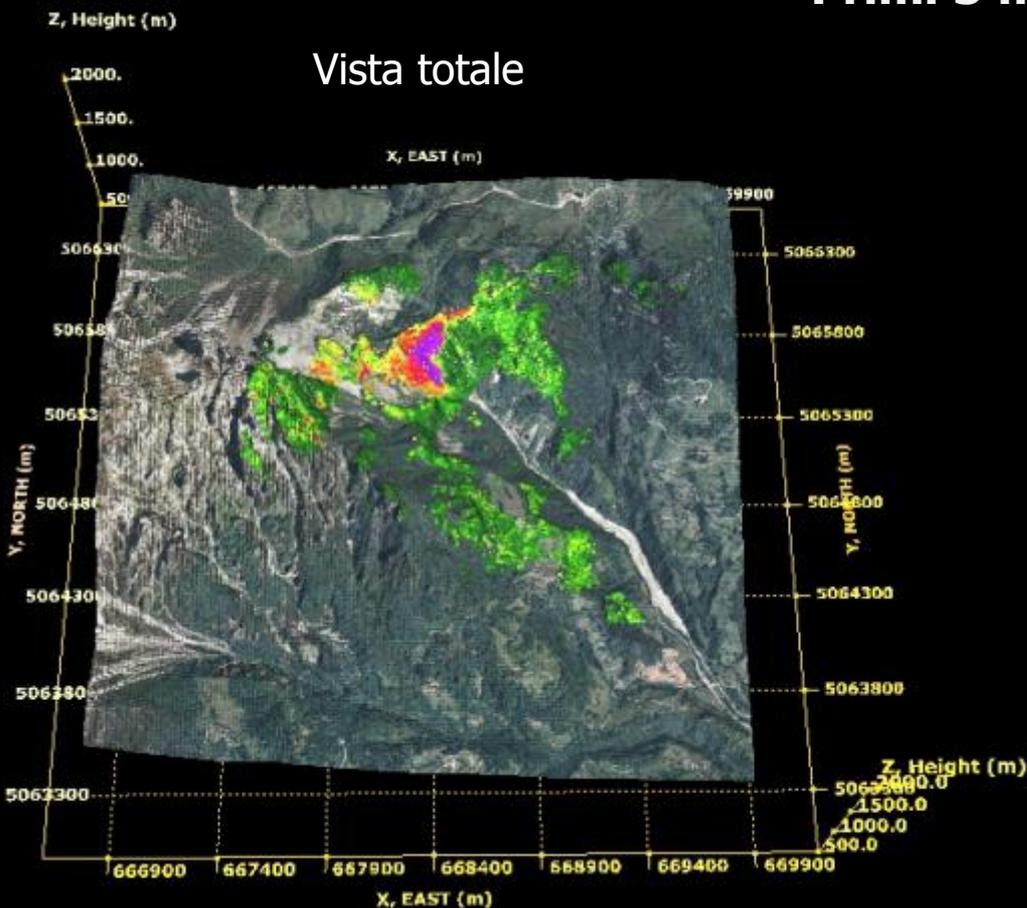
30gg



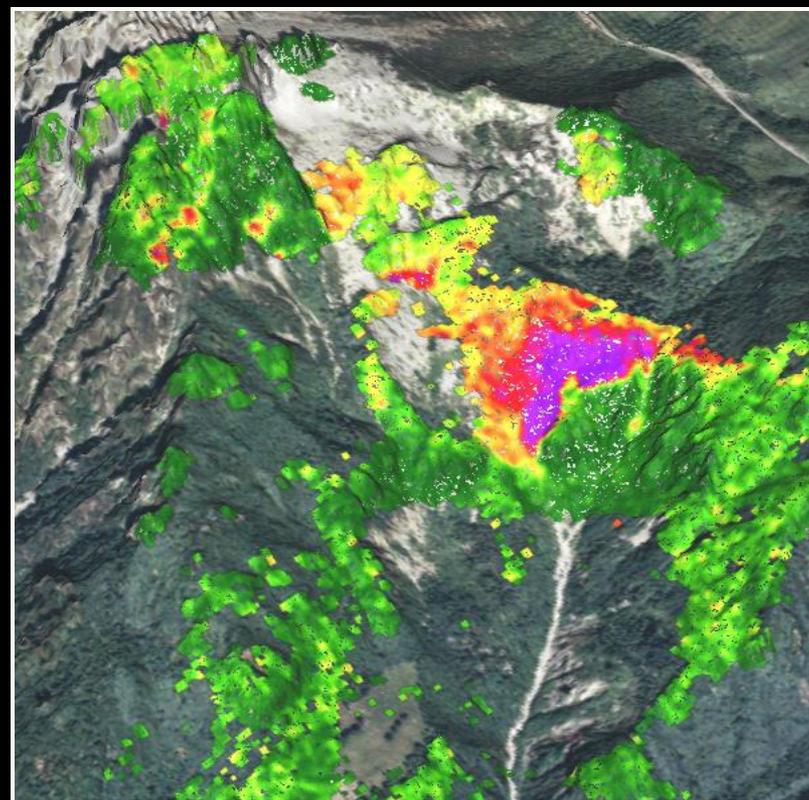
# Mappe di deformazione - Vista 3D

## Primi 5 mesi

Vista totale

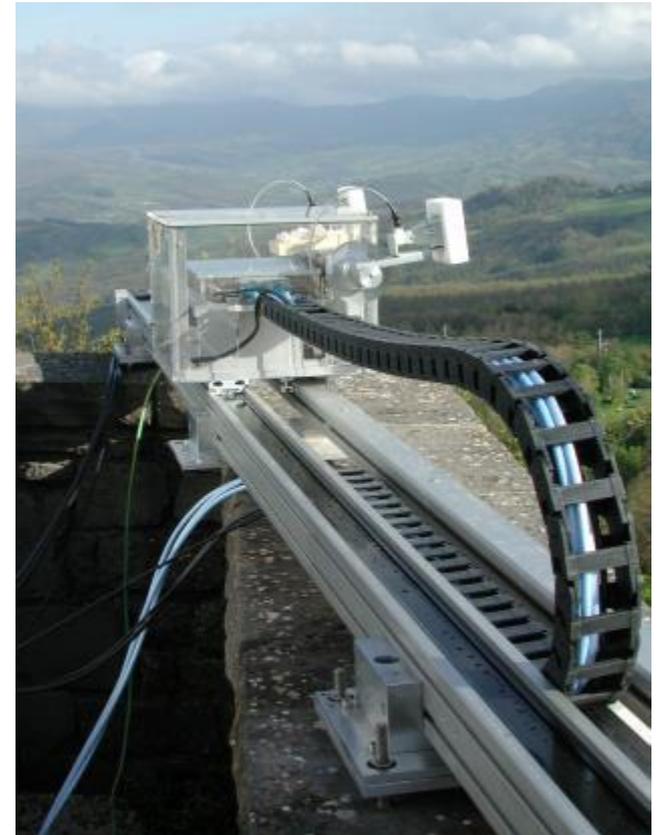
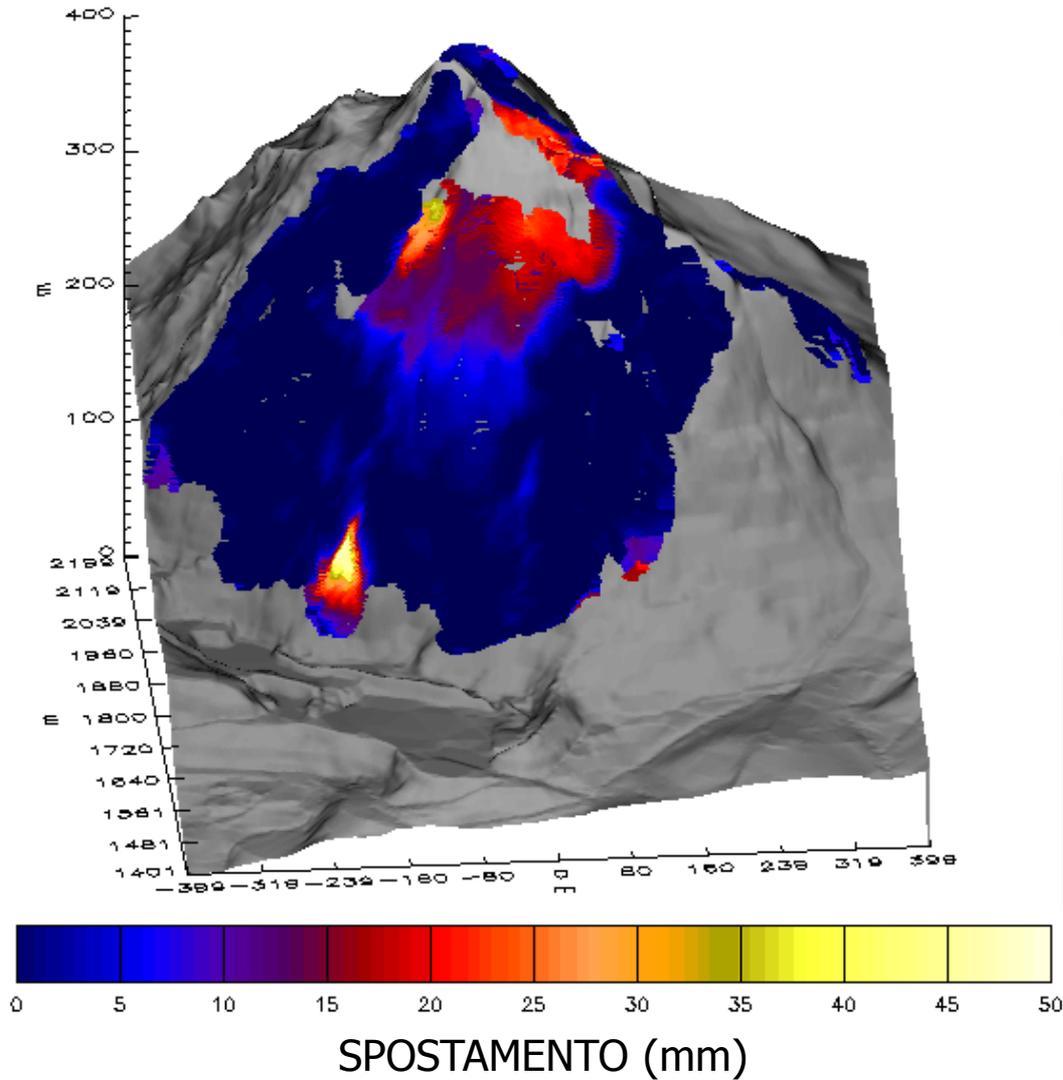


Zoom sulla frana



Intervallo temporale: **153gg 4h 1min**  
dalle 00.04 del 08/12/2010  
alle 05.05 del 10/05/2011

# Radar da terra (GB-InSAR)



# Interferometria radar da terra

## Principio di funzionamento:

Misura della variazione nel tempo della posizione di punti in superficie (differenza di fase di onde elettromagnetiche)

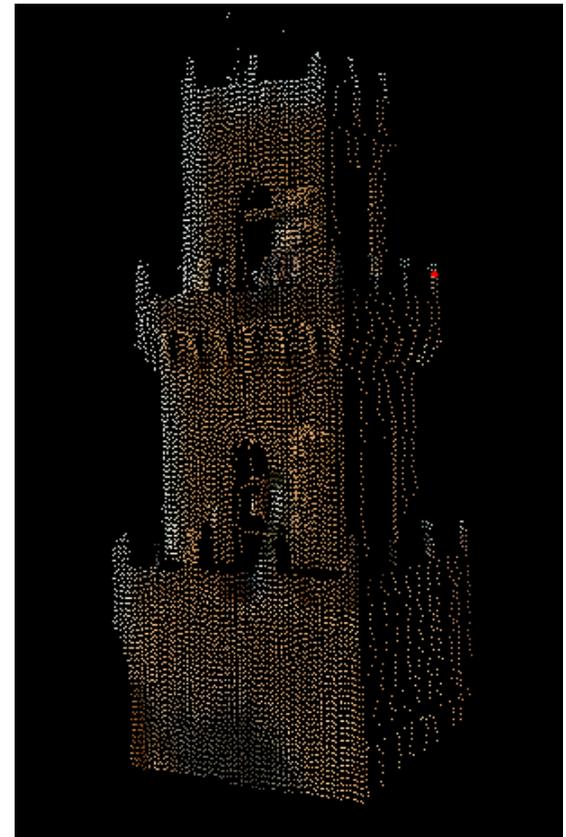
### PRO

- Elevata risoluzione
- Dato areale
- Non necessario accesso
- Automatizzabile
- Tempi di rivisitazione
- Misure 3D (componenti)
- Indipendenza meteo/illuminazione

### CONTRO

- Costo
- Posizione versante
- Interpretazione dati

# Laser scanning



# Laser scanning

## Principio di funzionamento:

Misura della variazione nel tempo della posizione di punti in superficie (tempo di volo di onde elettromagnetiche)

### PRO

- Elevata risoluzione
- Dato areale
- Non necessario accesso

### CONTRO

- Costo (periodico)
- Misura discreta
- Non automatizzabile

# Monitoraggio profondo – Obiettivi

- Individuare la profondità e la presenza di più superfici di movimento
- Valutare la volumetria del corpo in movimento
- Determinare la geometria del corpo di frana
- Quantificare gli spostamenti in profondità

# Monitoraggio profondo

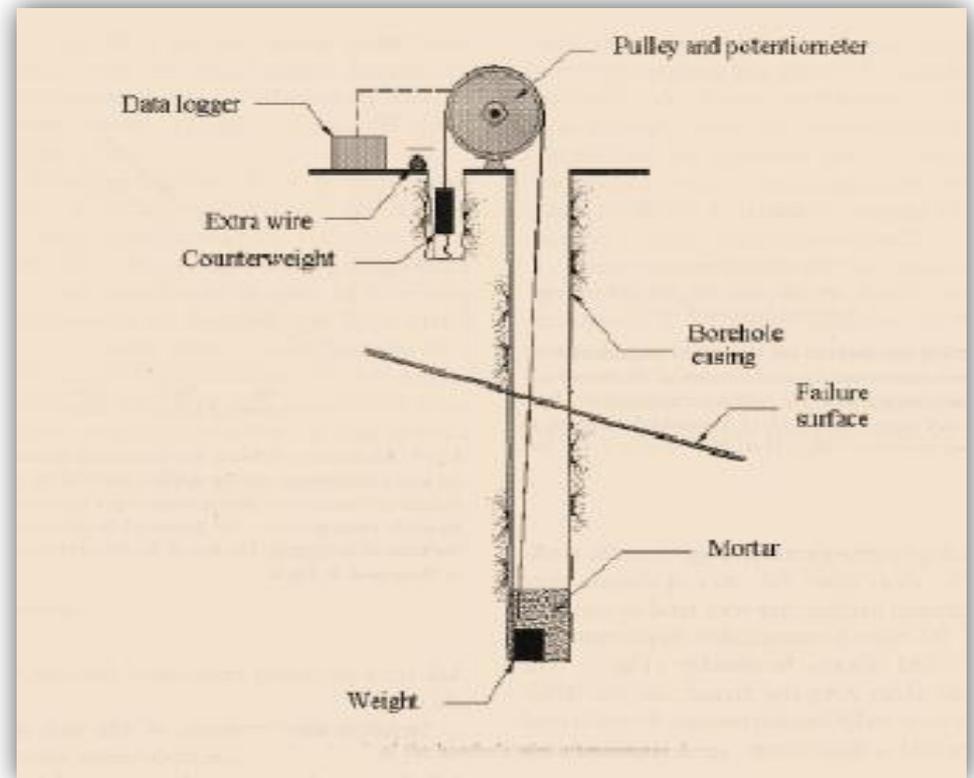
## Strumentazione

- Estensimetro a filo (singolo, multiplo)
- Inclino metro (singolo, a catena, motorizzato)
- Differential Monitoring of Stability (DMS)
- Time Domain Reflectometry (TDR)
- Piezometri

# Estensimetri in fori di sondaggio

- Cavi estensimetrici inguainati cementati in un foro di sondaggio (es. all'esterno di un tubo inclinometrico)
- La variazione di lunghezza del cavo, registrata mediante un micrometro, permette di stabilire se si verificano deformazioni in profondità
- Consente di stimare la velocità di deformazione mediante la possibilità di connettere il micrometro con un sistema di registrazioni dati in continuo
- È possibile ricavare informazioni sulla distribuzione dei movimenti in profondità solo se si dispone di sistemi multibase (cavi estensimetrici ancorati a profondità diverse).

# Estensimetro singolo



# Estensimetri multibase

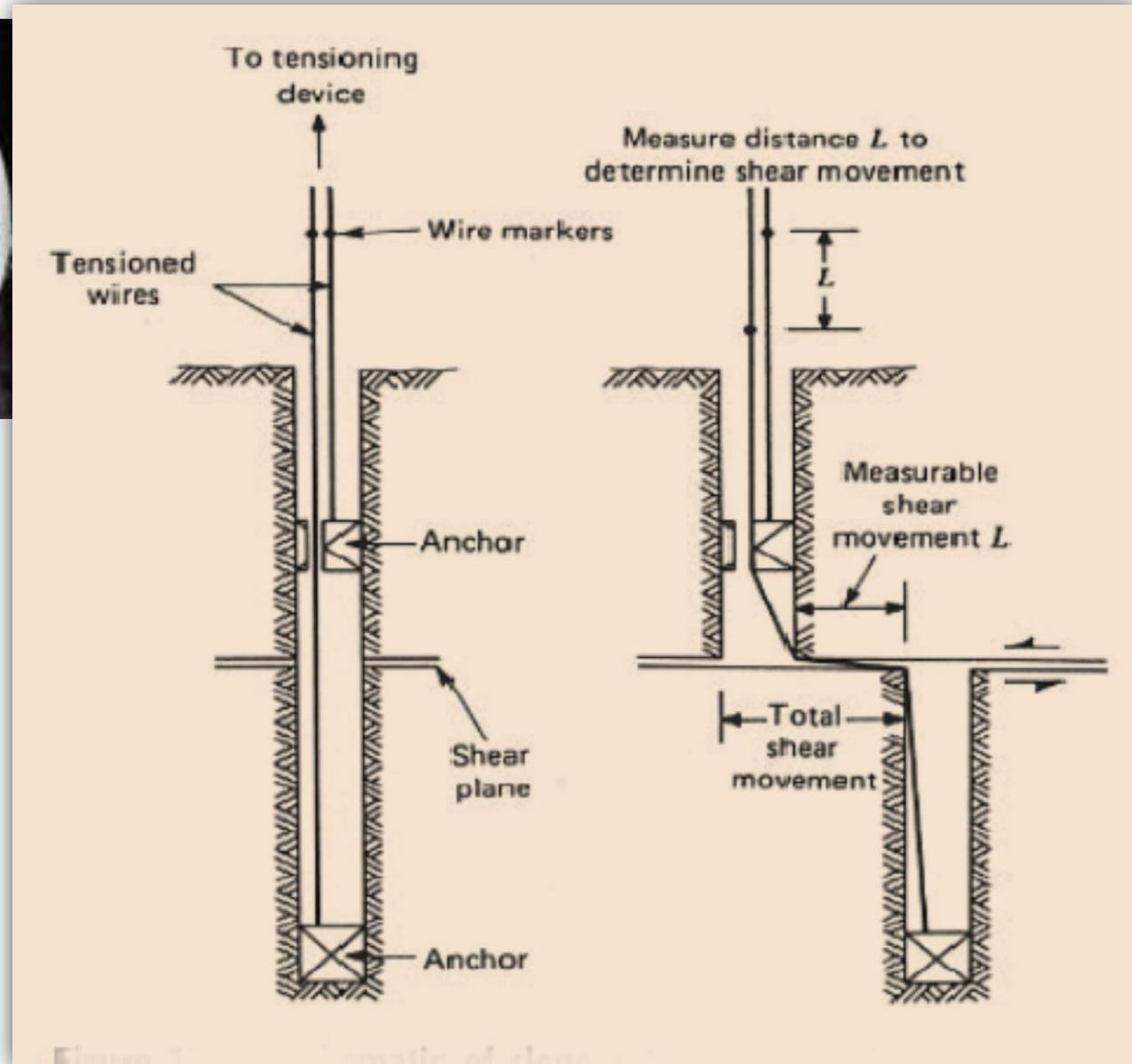
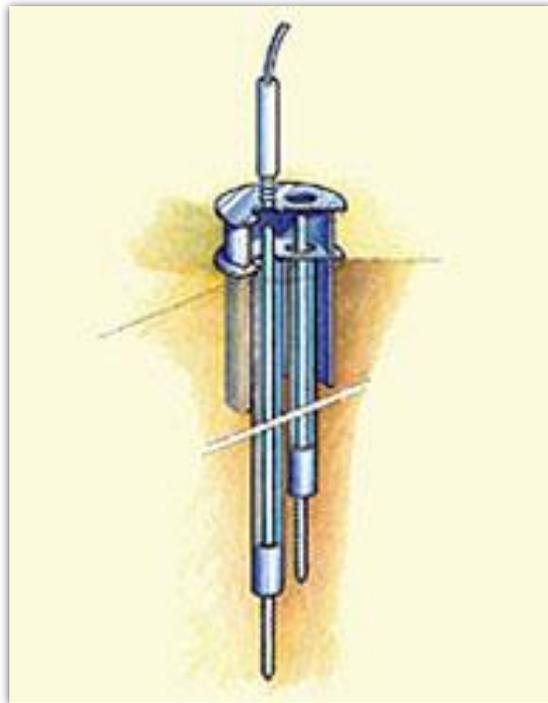


Figure 1. Schematic of a multi-base extensometer.

# Estensimetri in foro

## Principio di funzionamento:

Misura della deformazione di un cavo in un foro di sondaggio

### PRO

- Elevata risoluzione
- Costo
- Automatizzabile
- Vita tecnica lunga

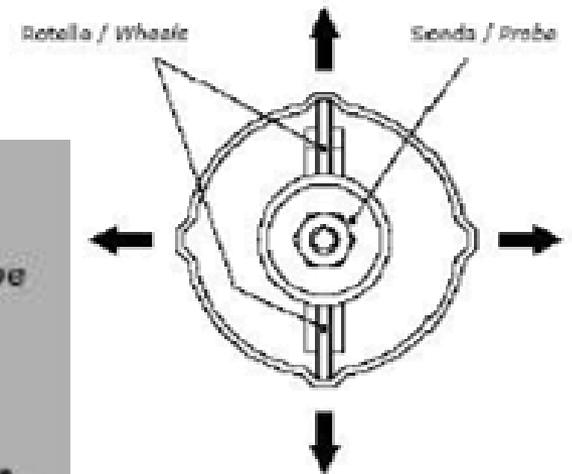
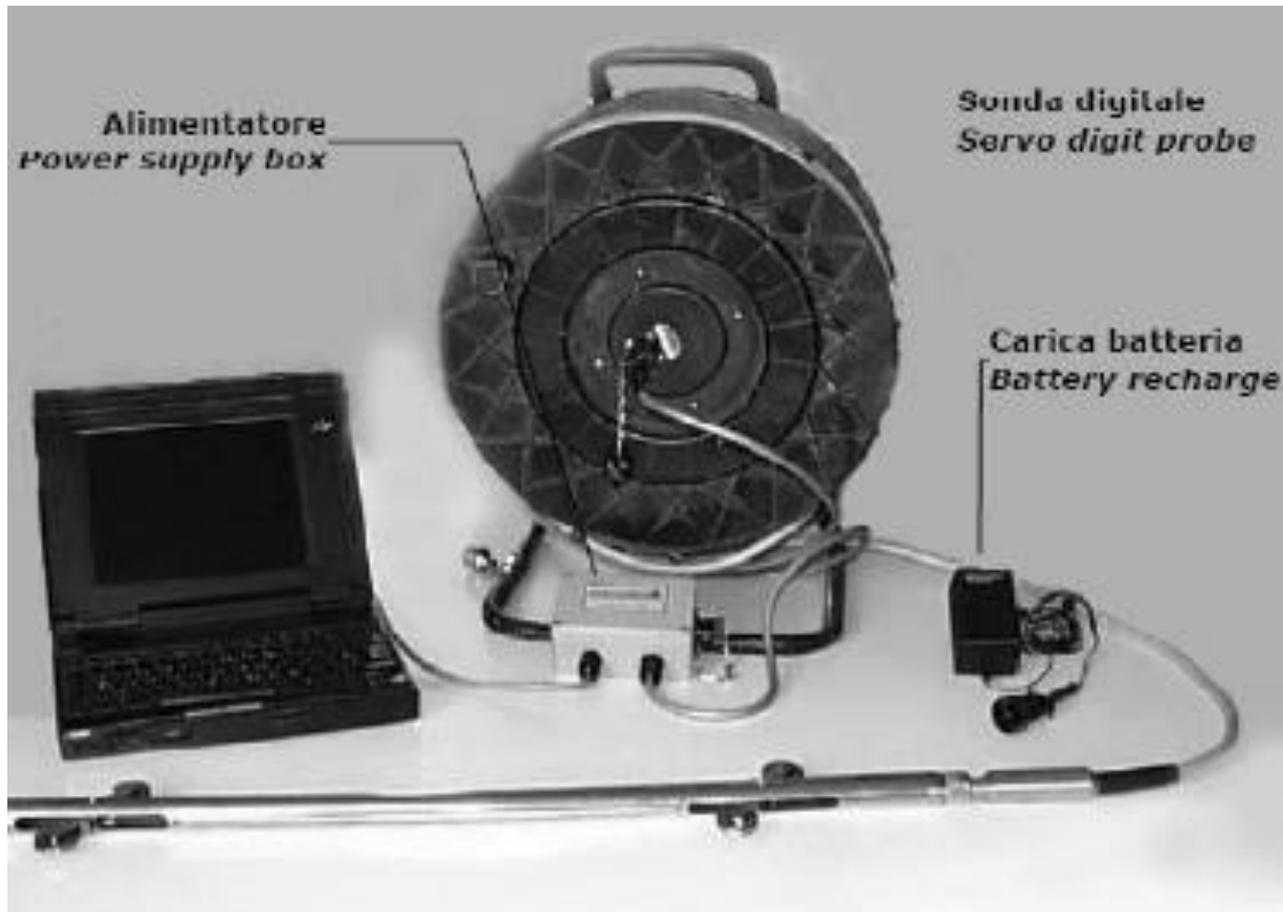
### CONTRO

- Necessario accesso
- Difficoltà installazione
- Interpretazione dati

# Inclinometri

- È lo strumento tradizionale più usato per il monitoraggio delle frane
- Consente di misurare:
  - La profondità della superficie di rottura
  - Lo spessore della superficie di rottura
  - L'entità dello spostamento
  - La velocità del movimento
  - La direzione del movimento

# Inclinometri



# Inclinometri



# Inclinometri

## Principio di funzionamento:

Misura della deviazione dalla verticale di punti in un foro di sondaggio (mediante un accelerometro)

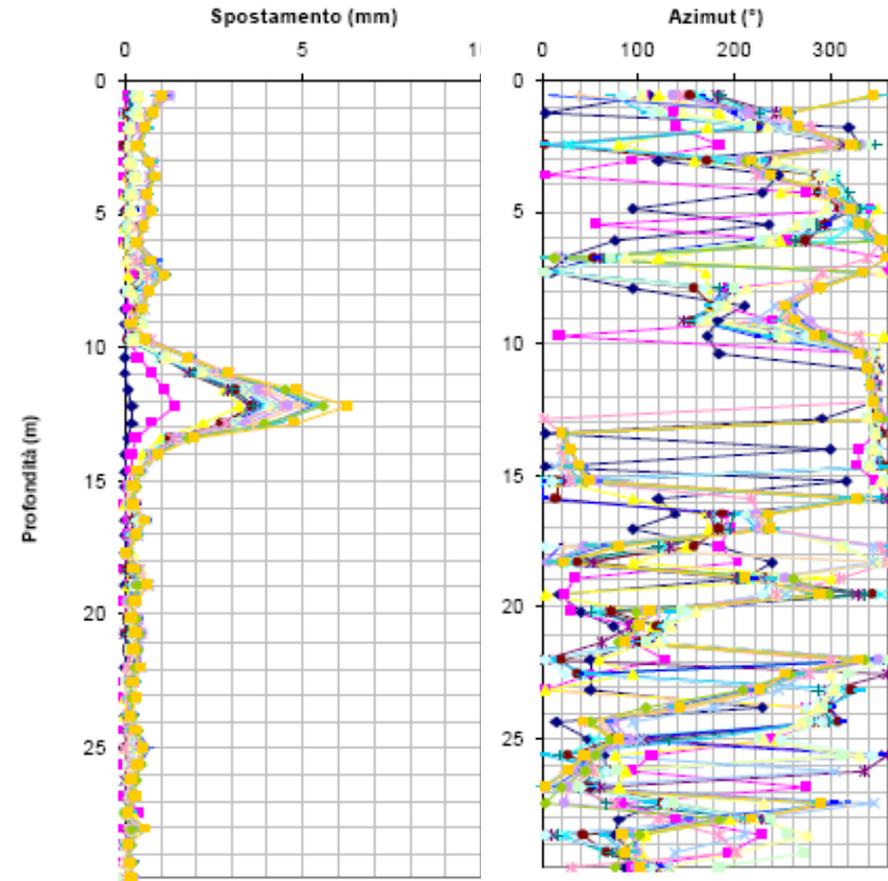
### PRO

- Elevata risoluzione
- Definizione profondità superficie di rottura (se intercettata...)

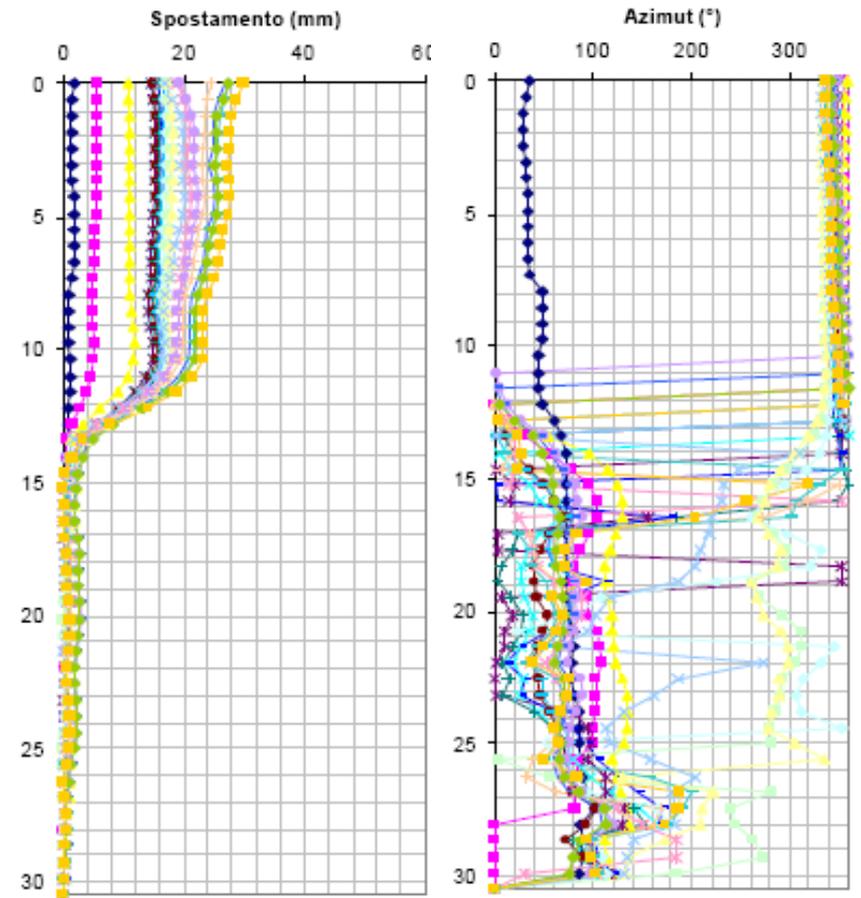
### CONTRO

- Necessario accesso
- Costo (periodico)
- Difficoltà installazione
- Interpretazione dati
- Non automatizzabile
- Vita tecnica breve

# Letture inclinometriche



Elaborazione in differenziale per punti



Elaborazione in differenziale per integrazione

# Differential monitoring of stability (DMS)

- 'Catena di inclinometri, automatizzabile
- Costi elevati



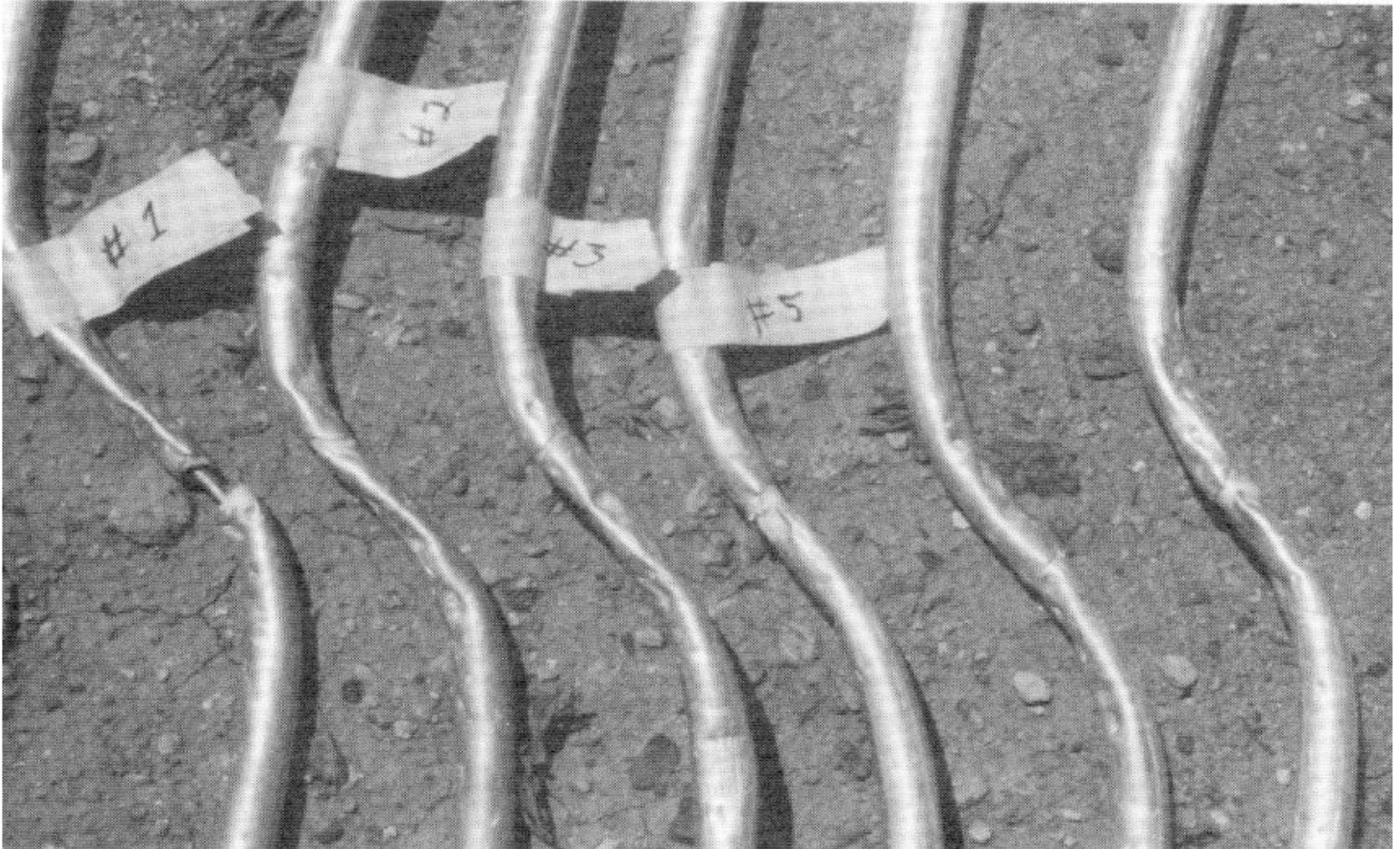
Figure 3. D.M.S. II.



# TDR

- La tecnica si basa sull'uso di cavi coassiali costituiti da un materiale conduttore ricoperto da materiale dielettrico
- Lungo il cavo viene inviato un segnale elettrico; eventuali alterazioni della geometria della sezione causano un cambiamento nella impedenza che genera un'onda riflessa, misurata con un oscilloscopio
- Poiché la velocità di propagazione dell'onda è una caratteristica intrinseca del cavo, le misure danno indicazioni sulla posizione dell'anomalia e sulla intensità della deformazione

# TDR



# TDR

## **Principio di funzionamento:**

Misura della deformazione in cavi coassiali in foro di sondaggio

### **PRO**

- Costo
- Vita tecnica lunga

### **CONTRO**

- Risoluzione modesta
- Non automatizzabile
- Accesso all'area

# Monitoraggio profondo - piezometri

## Obiettivi:

- Correlazione tra livelli piezometrici e spostamenti
- Correlazione tra afflussi meteorici e piezometria
- Dati di input per analisi di stabilità

# Tipi di piezometri

## Senza diaframma

- A tubo aperto
- Idraulici a due tubi

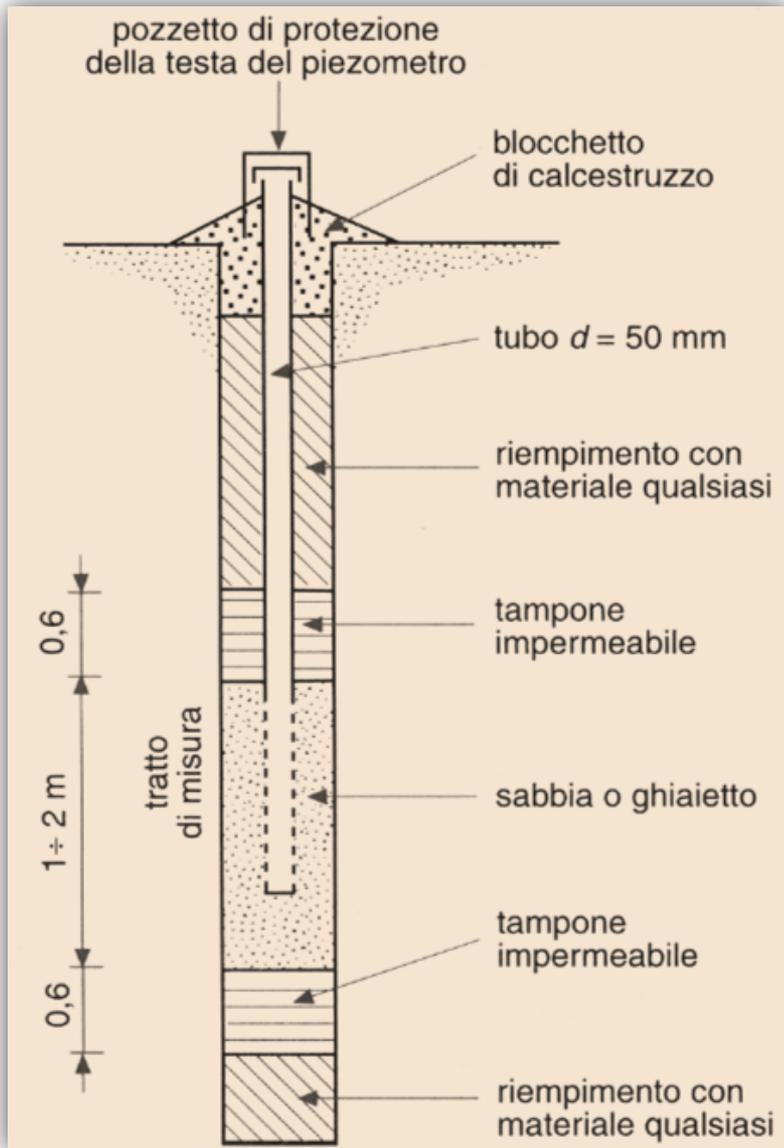
## Con diaframma

- Pneumatico
- A corda vibrante
- A resistenza elettrica

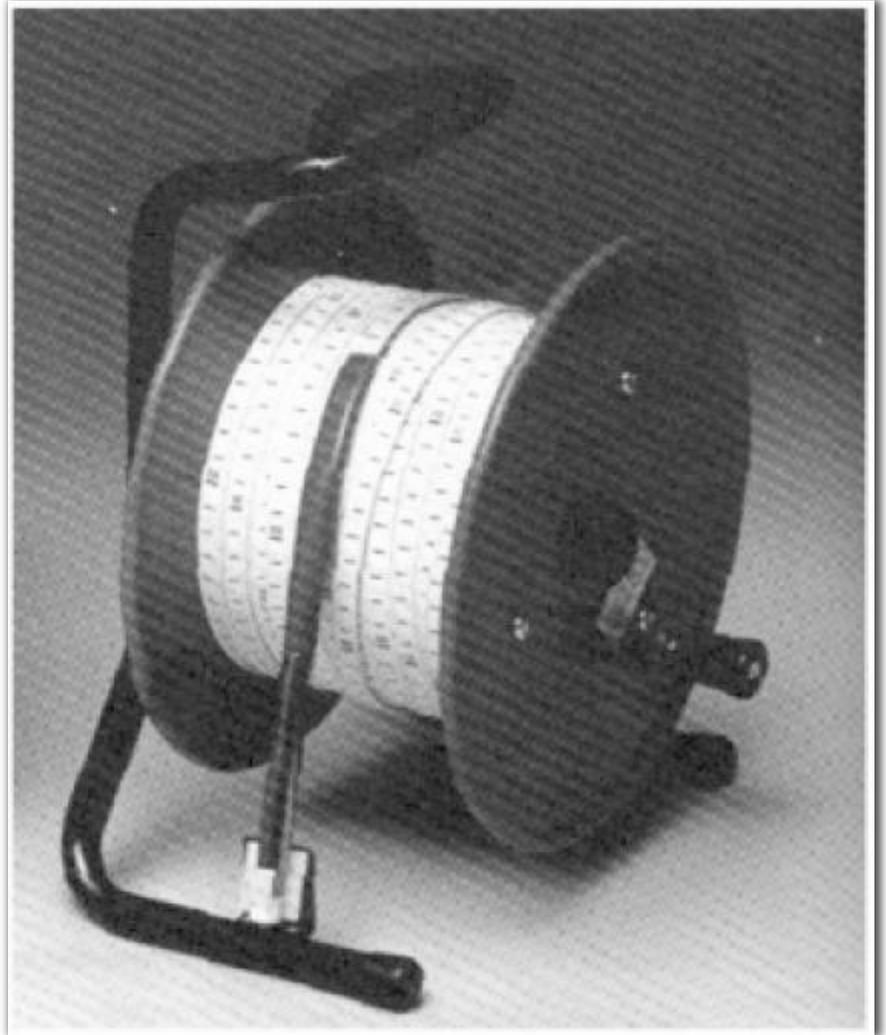
# Piezometro a tubo aperto

- Il tipo più semplice
- Costituito da un tubo (di metallo o di plastica) inserito in un foro di sondaggio, dotato di un tratto finestrato alla profondità di interesse
- Il livello dell'acqua è rilevato mediante una sonda galvanometrica (Freatimetro)
- Se il terreno è omogeneo e la quota piezometrica è costante lungo la verticale non è necessario sigillare il tratto finestrato
- Altrimenti è necessario isolare idraulicamente il tratto fenestrato mediante tamponi impermeabili
- Misure attendibili solo per terreni ad elevata permeabilità ( $K > 10^{-6} \text{m/s}$ , ovvero per sabbie e limi)

# Piezometro a tubo aperto



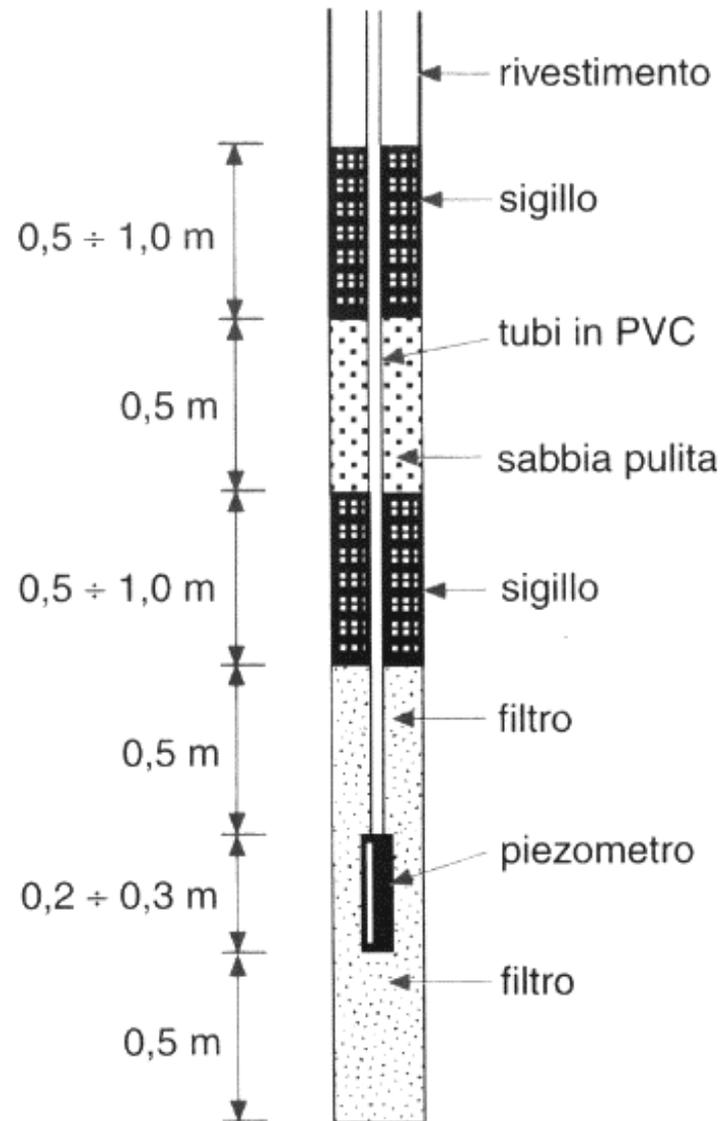
## Freatimetro



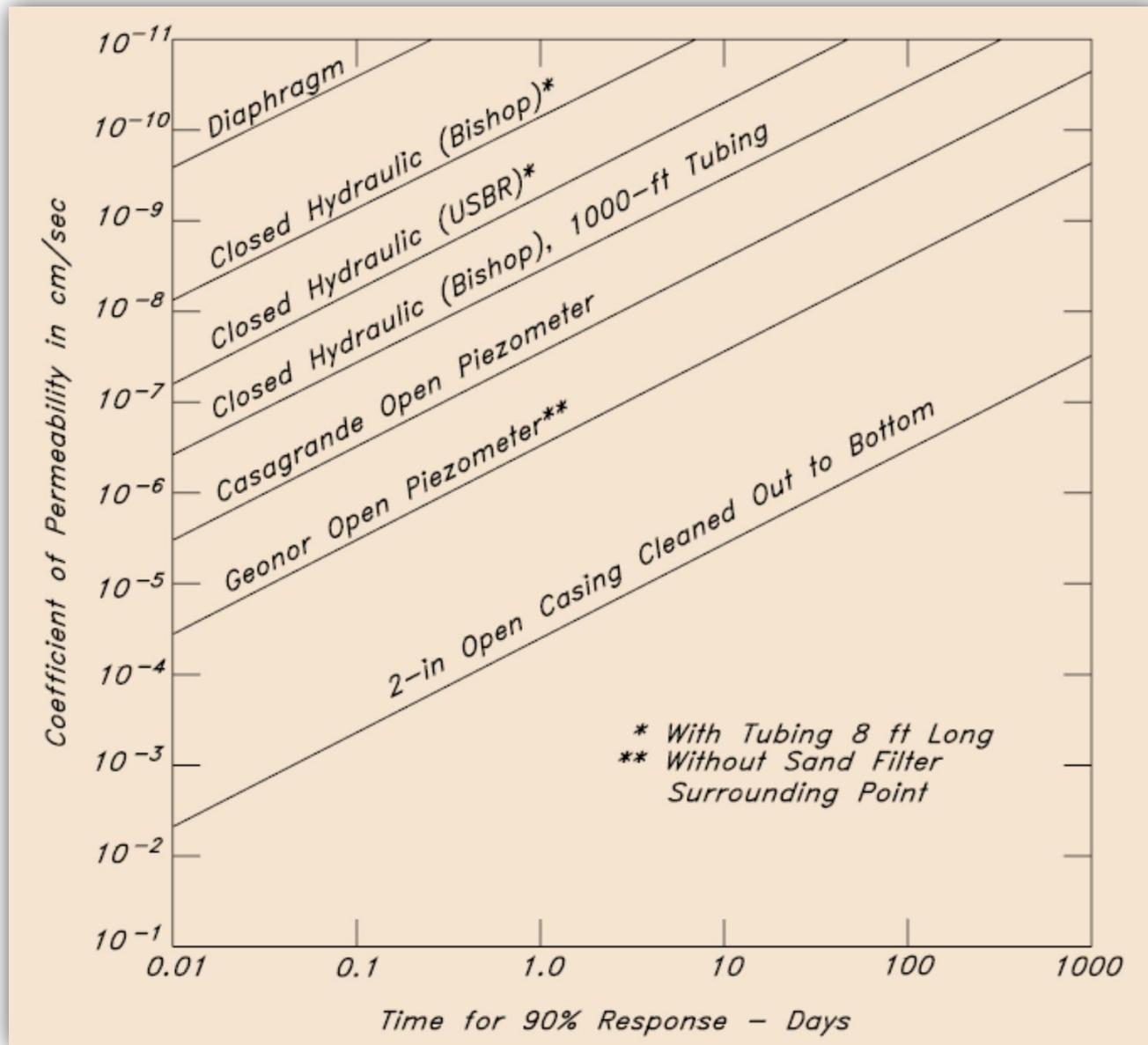
# Piezometro di Casagrande

- Consiste in una cella idraulica, costituita da un cilindro cavo di pietra porosa, inserita nel foro di sondaggio alla profondità di interesse
- L'estremità superiore della cella è collegata con la superficie mediante due tubicini rigidi in PVC
- All'interno del foro intorno alla cella idraulica è posto un filtro di materiale permeabile e al di sopra di questo è posto un sigillo impermeabile
- La pressione dentro la cavità della cella si ottiene misurando il livello dell'acqua nel tubicino con una sonda elettrica
- Il piezometro Casagrande consente di ottenere misure attendibili in terreni con  $K > 10^{-8} \div 10^{-9}$  m/s

# Piezometro di Casagrande



# Tempi di risposta dei piezometri



# Il monitoraggio in emergenza

## *Finalità*

Controllo dell' **evoluzione** del fenomeno  
a **breve termine**

## *Parametri di scelta*

- Tipologia del **fenomeno**
- **Velocità** del fenomeno
  - **Effettiva** utilità

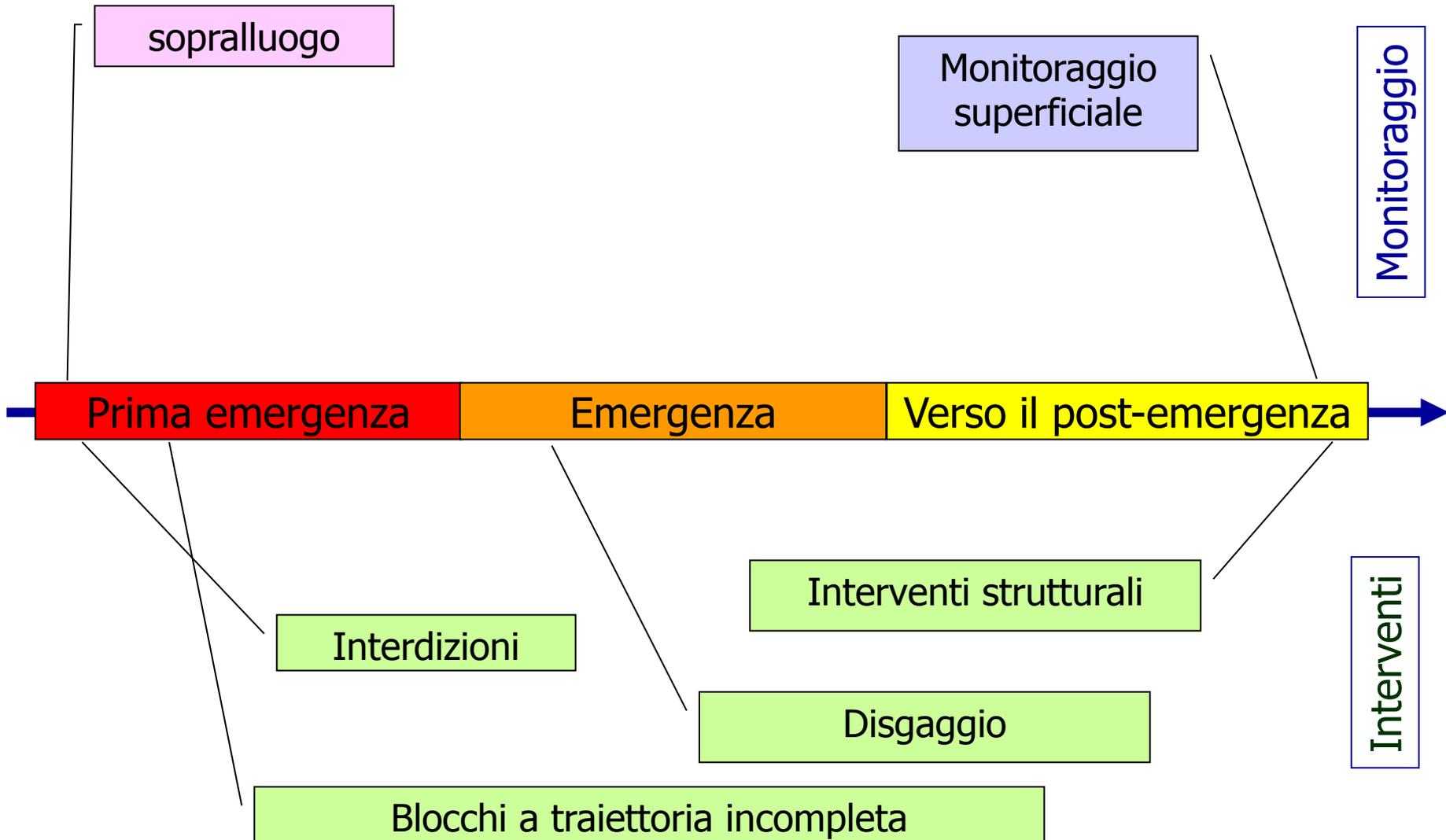
# Tipi di evento e scelte prioritarie

- In funzione della tipologia di evento e della fase evolutiva in cui esso viene osservato (evento in corso, esaurito, incipiente o ricorrente) possono collocarsi in ordine temporale le scelte in materia di monitoraggio e di interventi.
- Si distinguono in questo senso:
  - Crolli
  - Scivolamenti a cinematica lenta
  - Colate e scivolamenti a cinematica rapida

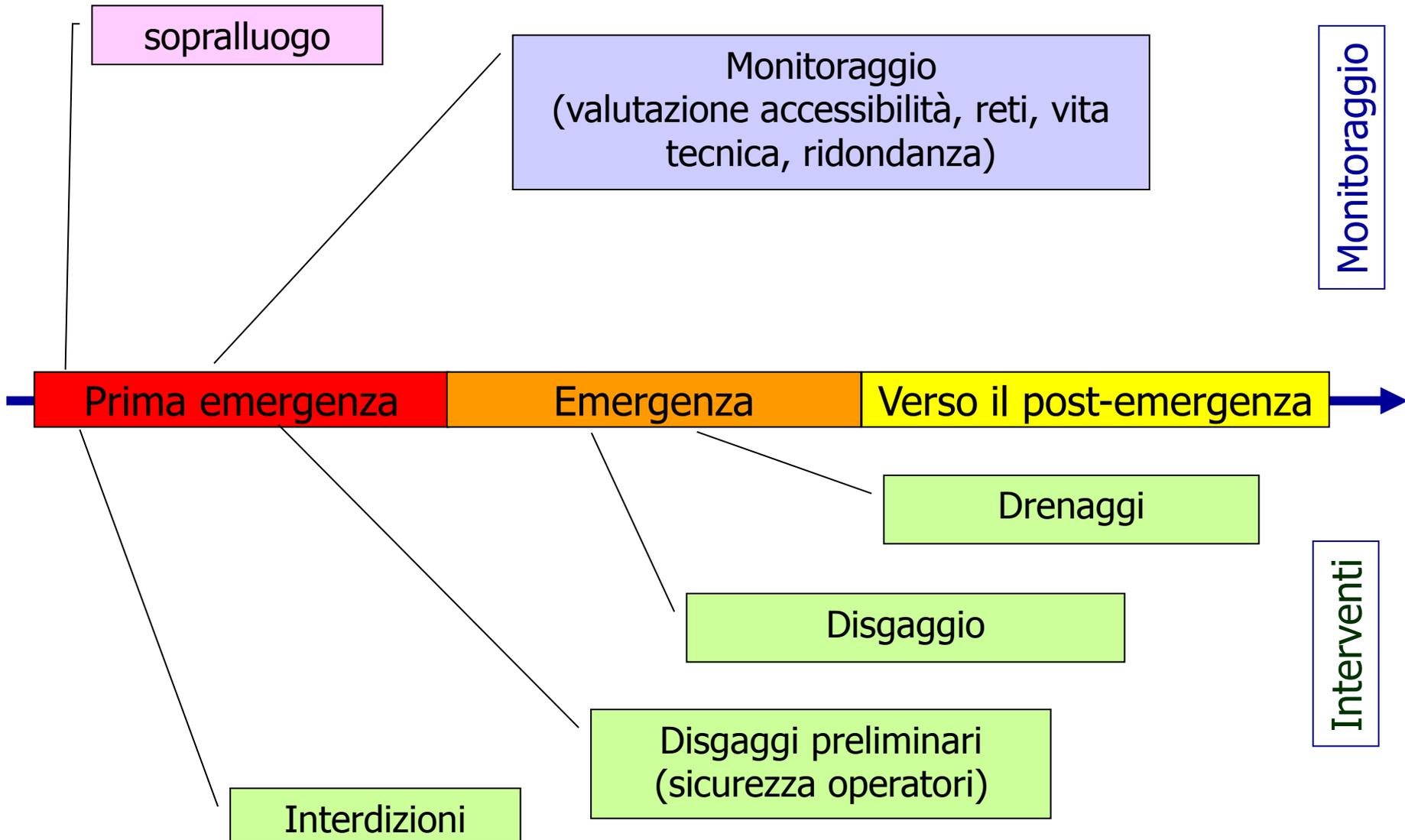
# Crolli, fase emergenziale

- Il fenomeno potrà essere osservato in una delle seguenti fasi:
  - Fenomeno esaurito
  - Fenomeno incipiente
  - Accelerazione di un fenomeno ricorrente

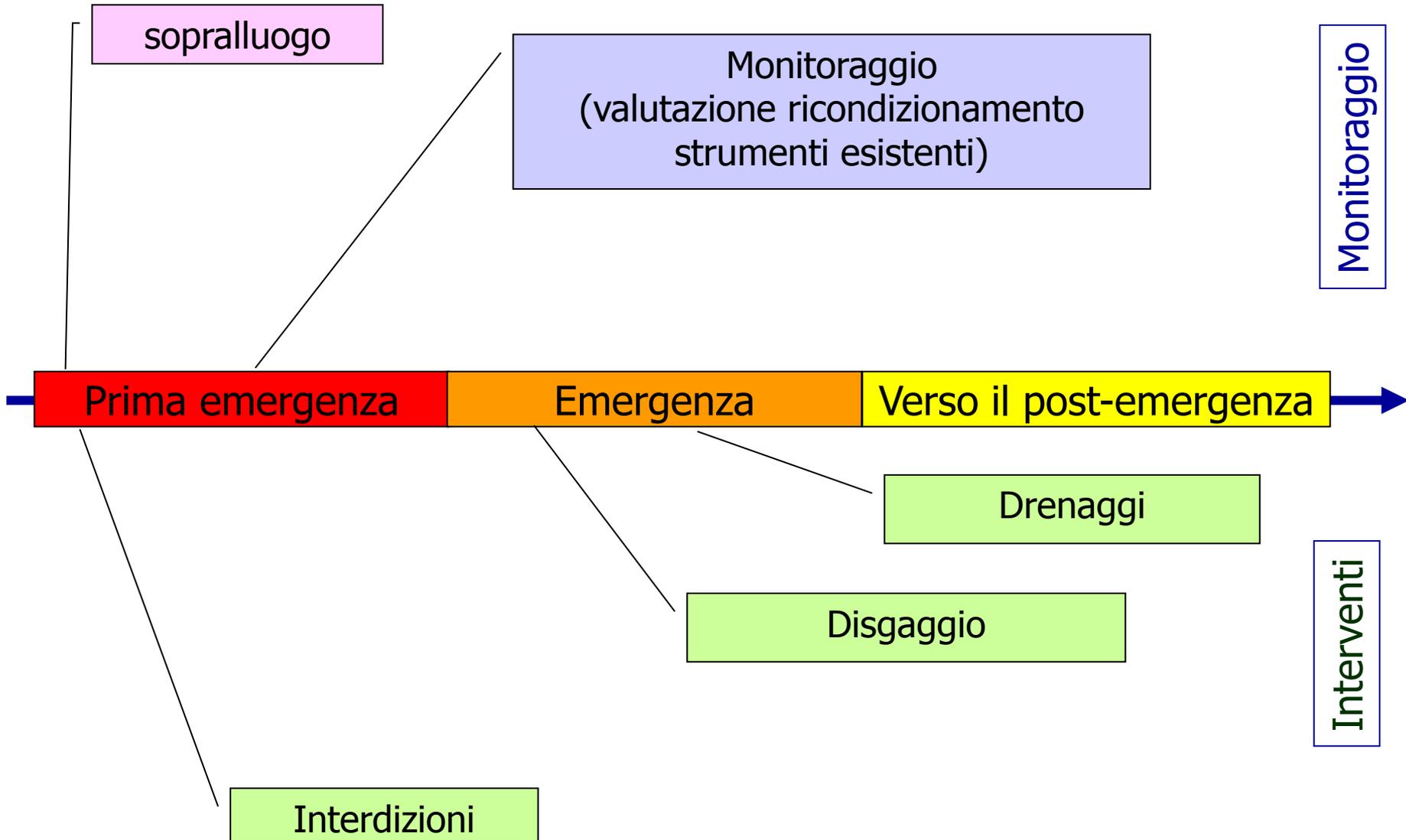
# Crollo esaurito



# Crollo incipiente



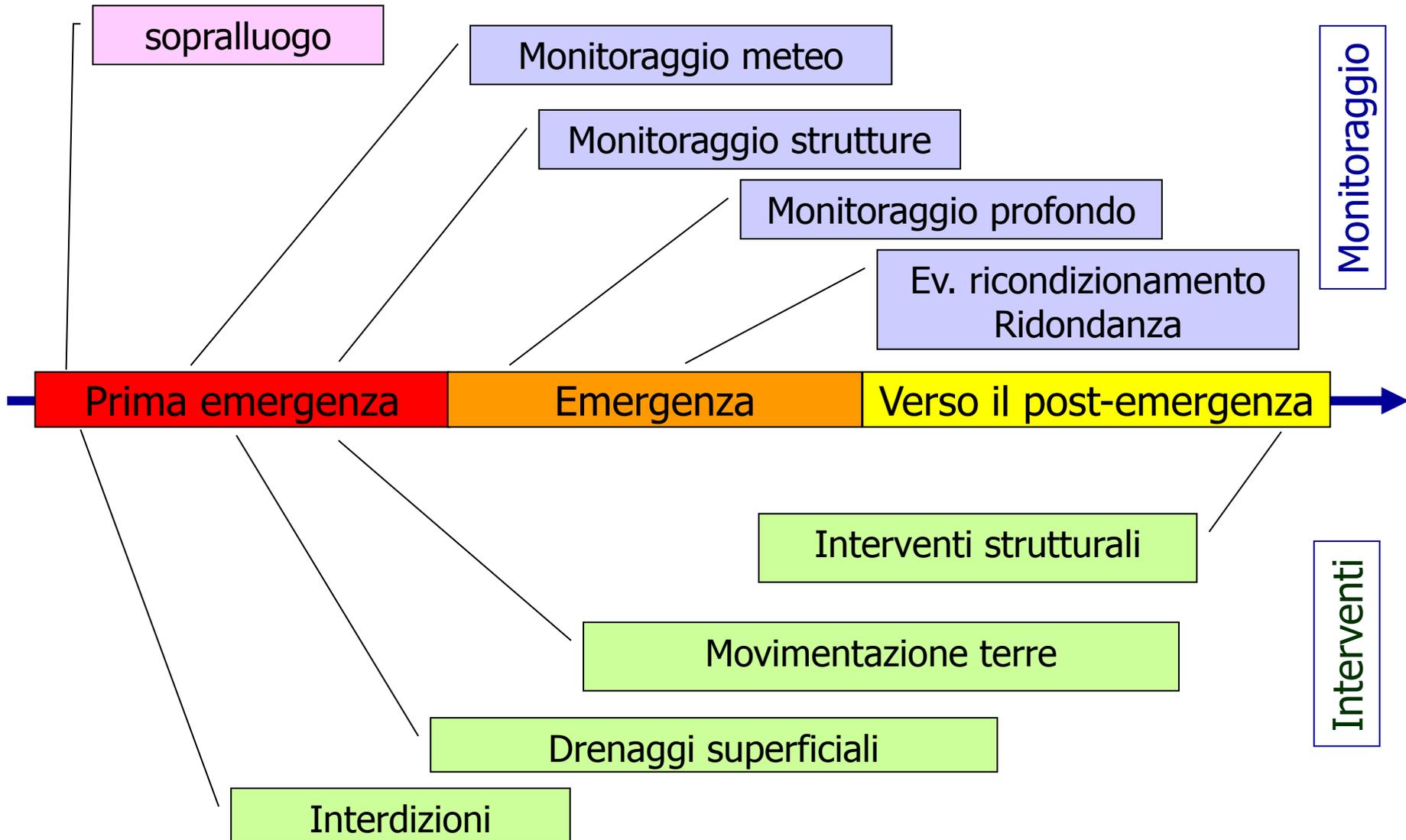
# Crollo ricorrente



# Scivolamenti, fase emergenziale

- Il fenomeno potrà essere osservato in una delle seguenti fasi:
  - Fenomeno in corso

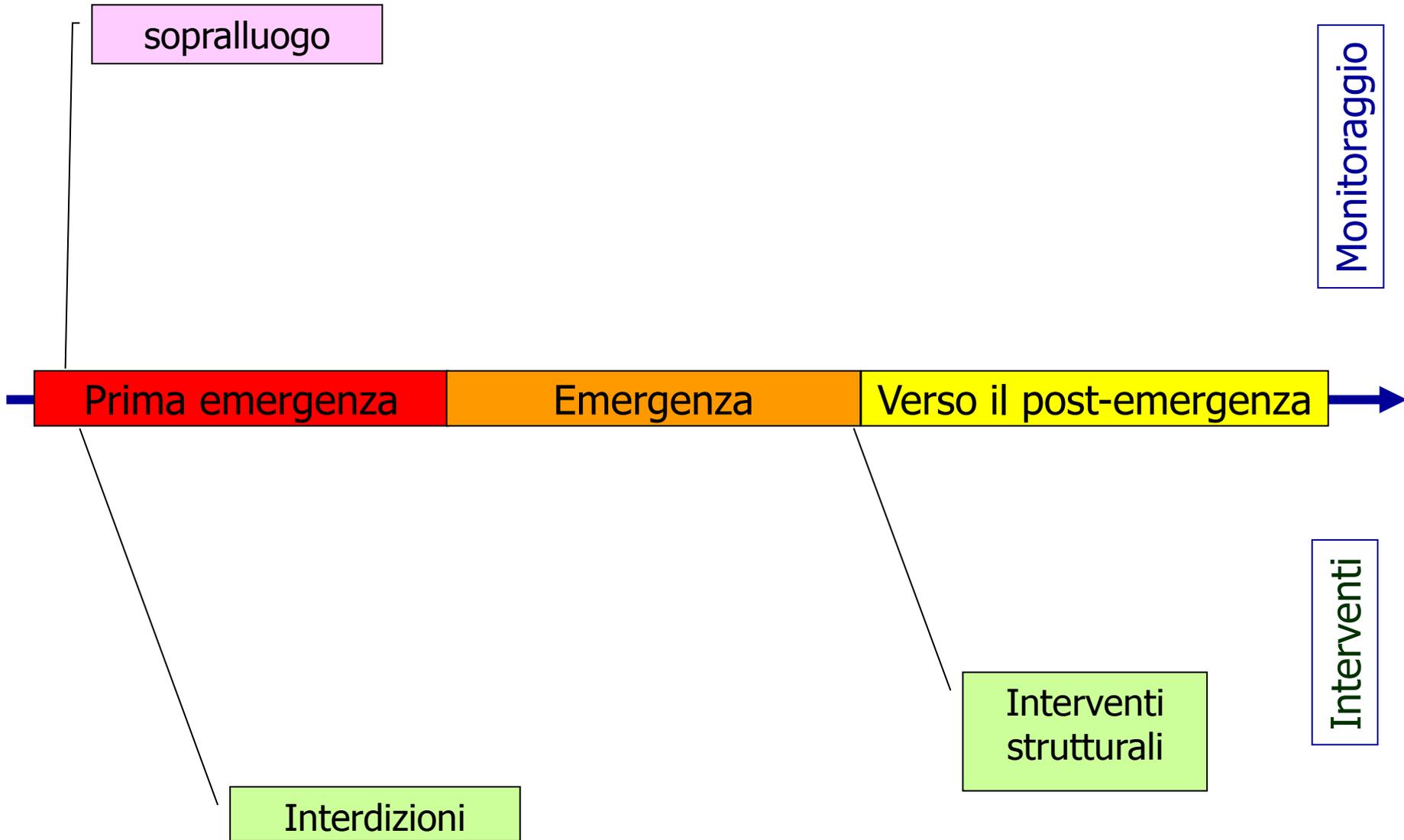
# Scivolamento in corso



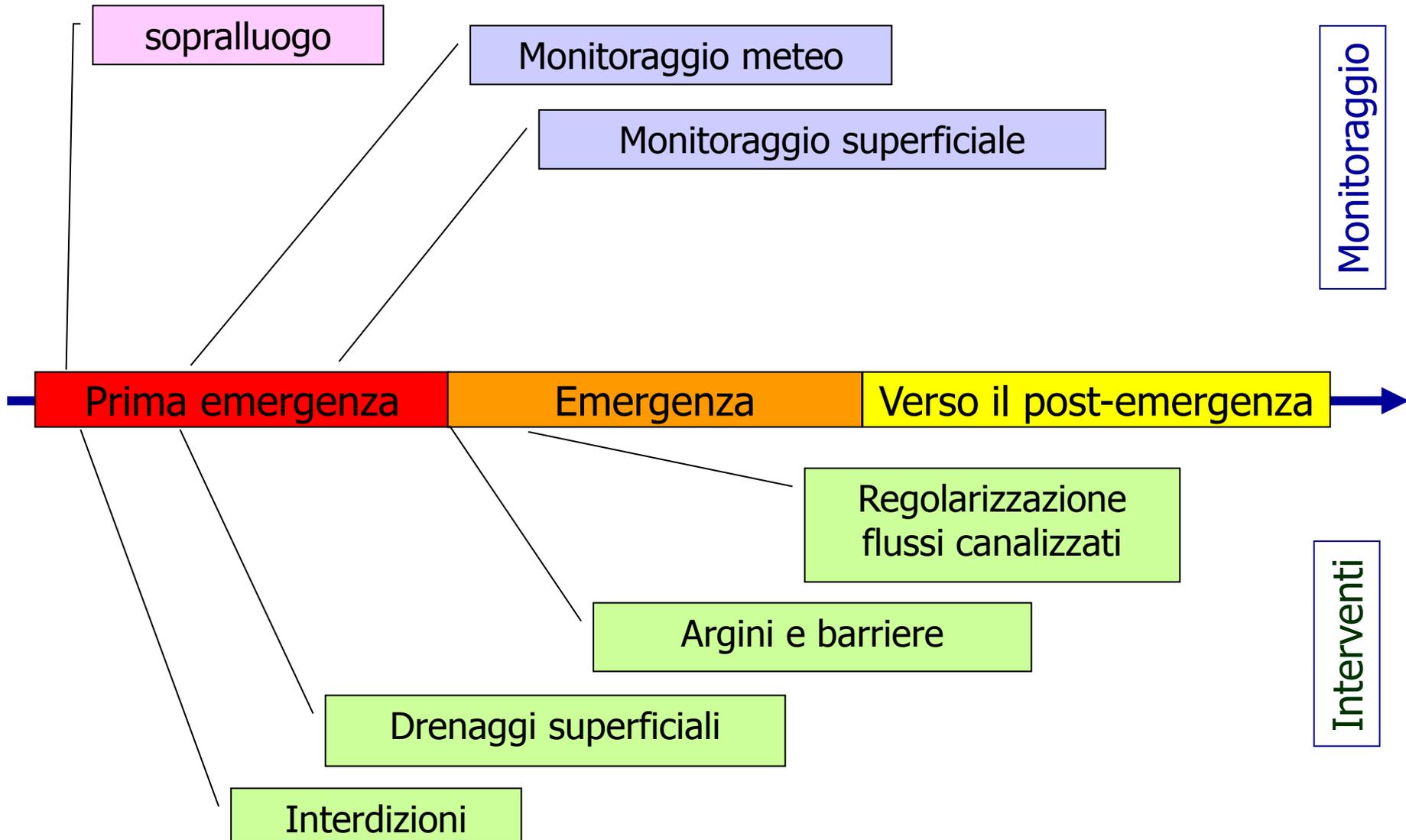
# Colate, fase emergenziale

- Il fenomeno potrà essere osservato in una delle seguenti fasi:
  - Fenomeno esaurito
  - Fenomeno incipiente
  - Fenomeno ricorrente (in questo caso coincidente con il fenomeno incipiente)

# Colata esaurita



# Colata incipiente o ricorrente



# Termeno, gennaio 2014



# LITERALLY

www.happyblog.it

LIKE A  ROLLING STONE

# Termeno, gennaio 2014



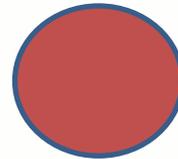
# Termeno, gennaio 2014

ALTO ADIGE



**Tramin / Termeno**

**21.01.2014**



# Termeno, gennaio 2014

