

Antropizzazione e Dissesto Idrogeologico

Francesco Ronchetti – Università di Modena e Reggio Emilia
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

Diga del Vajont - 9 ottobre 1963

1918 vittime

In Ricordo al Prof. Maurizio Pellegrini

Ordinario di Geologia Applicata presso l'Università di Modena e Reggio Emilia. Precedentemente ha ricoperto il medesimo ruolo presso l'Università di Bologna, Direttore dell'Istituto di Geologia. Docente presso l'Università di Parma.

È stato anche Direttore, per la durata di due anni, dell'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Perugia.

Ha fatto parte del comitato di esperti in materia di frane e stabilità di centri abitati nell'ambito del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Esperto della Commissione Grandi Rischi dell'Agenzia di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna.

È stato consulente tecnico di parte civile nei procedimenti giudiziari a seguito delle catastrofi del Vajont (1963) e della Val di Stava (1985).

È stato socio fondatore dell'Associazione Italiana Geologia Applicata e Ambientale e dell'Associazione Italiana Geologia e Turismo.

Nel corso della sua pluridecennale carriera, ha coordinato gruppi di lavoro sia in ambito scientifico sia in ambito di collaborazione tra università ed istituzioni pubbliche, occupandosi prevalentemente di problematiche legate alla prevenzione e mitigazione del dissesto idrogeologico ed alla caratterizzazione e tutela delle risorse idriche sotterranee dell'Appennino emiliano e della Pianura Padana.

Dati Lega Ambiente <http://www.legambiente.it>

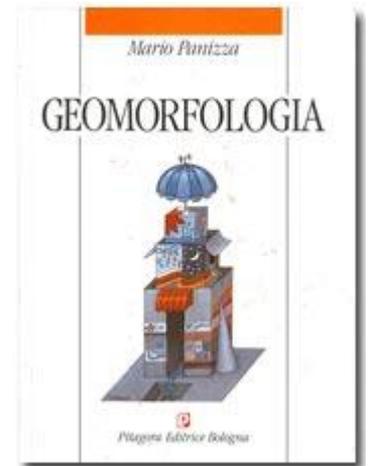
(2010)

I numeri del dissesto idrogeologico

- 68,9% - la quota di comuni (5.581) in aree classificate a potenziale rischio idrogeologico più alto.
- 7,1% - la parte di superficie nazionale a potenziale rischio idrogeologico più alto
- 100% - la quota di comuni a rischio potenziale più alto in Calabria, Umbria e Valle d'Aosta.
- 11% - la quota di comuni a rischio potenziale più alto in Sardegna
- 6,8% - la parte di territorio nazionale interessato da fenomeni franosi
- 43 - i miliardi di euro necessari per mettere in sicurezza il territorio italiano (27 al Centro-Nord, 13 al Sud, 3 per gli interventi di recupero delle coste)
- 10.000 – il numero di vittime, feriti o dispersi in Italia, tra il 1900 e oggi, a causa del dissesto idrogeologico
- 350.000 – il numero di senza tetto e sfollati, tra il 1900 e oggi, a causa del dissesto idrogeologico
- 8 – l'ammontare, in miliardi di euro, dei danni per alluvioni in Italia dal 1998 (anno della tragedia di Sarno) ad oggi
- 480mila - i fenomeni franosi verificatisi in Italia

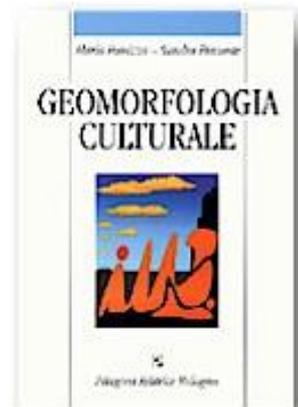
*Testo: Geomorfologia. Pitagora Editrice
di Mario Panizza (Docente Univ. Modena e Reggio Emilia)*

Geomorfologia: la scienza che ha per obiettivo lo studio e l'interpretazione delle forme della superficie terrestre e in particolare le cause che le hanno generate (M. Panizza 1992).



*Testo: Geomorfologia Culturale. Pitagora Editrice
di Mario Panizza e Sandra Piacente
(Docenti Univ. Modena e Reggio Emilia)*

Capitolo: “L'uomo come agente geomorfologico”



Con il termine **Antropizzazione** si intende l'**intervento** che l'**uomo** effettua **sull'ambiente** naturale, con lo scopo di conformarlo, quindi modificarlo e manipolarlo.

Per **Dissesto Idrogeologico** si intende comunemente l'effetto di quell'insieme di **Processi Morfologici** che producono modificazioni territoriali, spesso **interagendo in modo negativo o distruttivo sulla vita e le opere dell'uomo** (insediamenti, infrastrutture, attività sul territorio) assumendo di conseguenza una grande rilevanza sociale e economica.

Relazioni Uomo e Ambiente

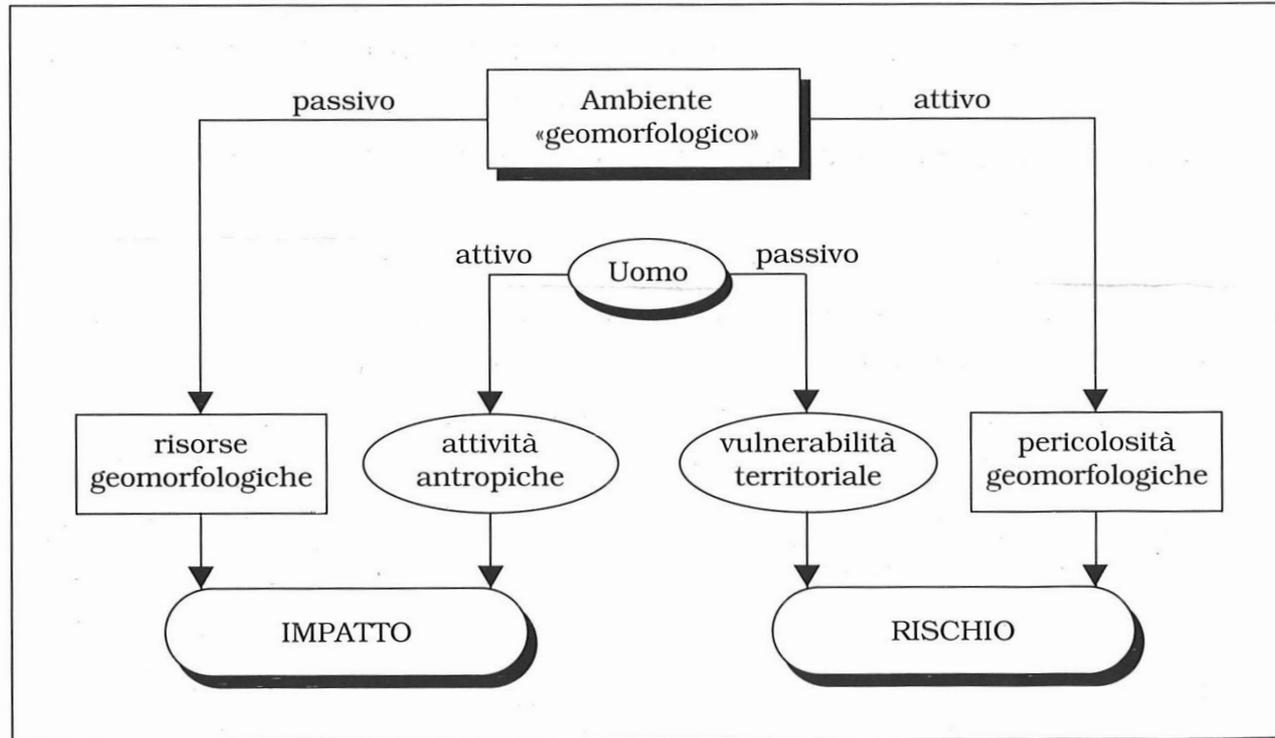
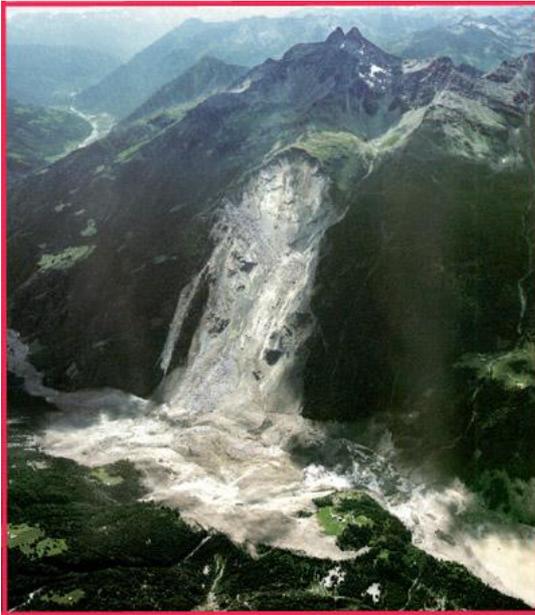


Tavola 19. Schema dei rapporti fra l'ambiente inteso in senso geomorfologico e l'uomo.

(da M. Panizza 1992)

Dissesti Idrogeologici



FENOMENI LEGATI ALLA GRAVITA'

**SOLIFLUSSO E REPTAZIONE
FRANE
SPROFONDAMENTI**

Val Pola (Valtellina) luglio 1987

**FENOMENI LEAGATI
ALL'AZIONE DEI CORSI D'ACQUA**

**INONDAZIONI
EROSIONE**



Relazioni Antropizzazione e Pericoli Naturali

Formula del Rischio

Rischio = Pericolosità X Vulnerabilità X Elementi esposti

*Distributore
Benzina*



Scuola

PERICOLOSITA' : La probabilità che un fenomeno di una certa intensità si verifichi
ELEMENTI ESPOSTI: valore – ammontare dei beni esposti (valori diretti-indiretti)
VULNERABILTA' : danno/perdite per un fenomeno di certa intensità

Relazioni Antropizzazione e Pericolo Naturale (Frana)

Rischio = Pericolosità X Vulnerabilità X Elementi esposti



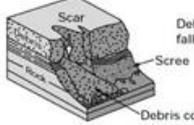
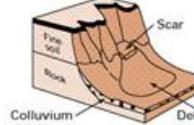
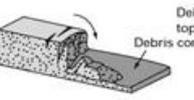
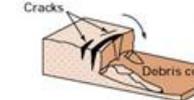
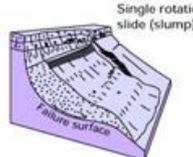
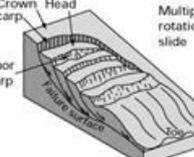
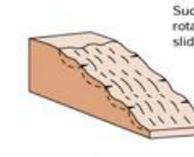
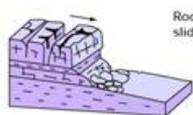
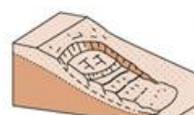
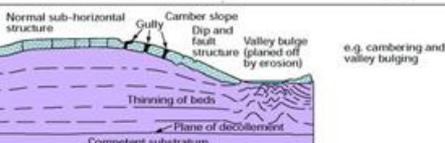
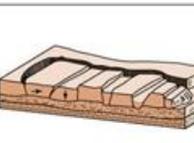
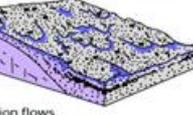
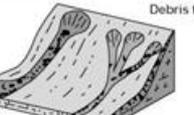
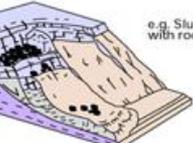
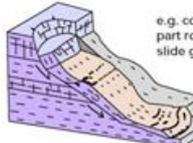
Frana in California – USA
Rischio Elevato



Deserto Mojave – USA
Rischio quasi nullo

.....Esistono vari tipi di frane....

Classificazione di Cruden and Varnes 1996 che suddivide le frane in base:
Tipo di movimento & **Materiale coinvolto**

Movement type	Material		
	ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLS	 <p>Scar Rock fall Debris</p>	 <p>Scar Debris fall Scree Debris cone</p>	 <p>Fine soil Scar Earth fall Colluvium Debris cone</p>
TOPPLES	 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple Debris cone</p>	 <p>Cracks Earth topple Debris cone</p>
SLIDES	 <p>Single rotational slide (slump) Failure surface</p>	 <p>Crown Scarp Head Scarp Multiple rotational slide Minor Scarp Failure surface Toe</p>	 <p>Successive rotational slides</p>
	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>
SPREADS	 <p>Cap rock Normal sub-horizontal structure Clay shale Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planned off by erosion) Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum</p> <p>e.g. cambering and valley bulging</p>		 <p>Earth spread</p>
FLOWS	 <p>Solifluction flows (Periglacial debris flows)</p>	 <p>Debris flow</p>	 <p>Earth flow (mud flow)</p>
COMPLEX	 <p>e.g. Slump-earthflow with rockfall debris</p>	 <p>e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe</p>	

Le frane possono essere anche suddivise in base allo spessore del materiale coinvolto

Frane superficiali



Spessore movimento max 5 m

Frane profonde



Spessore movimento anche decine di m

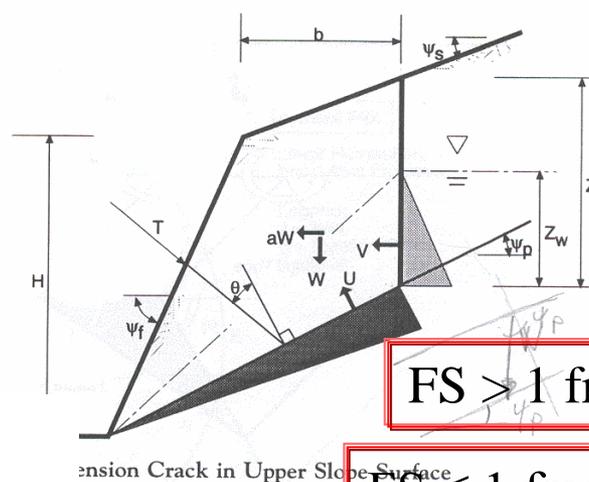
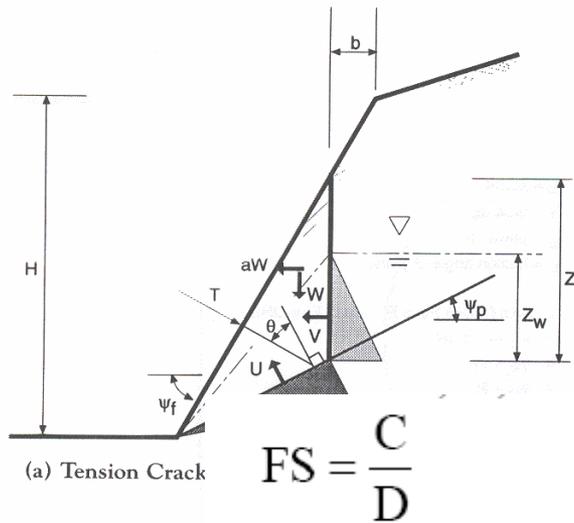
Le azioni dell'uomo sull'ambiente possono predisporre fenomeni superficiali o addirittura innescarli

Regola – non Regola

*normalmente parlando di dissesto,
l'uomo può innescare/accelerare
fenomeni/processi superficiali*



Non sempre vero – VEDI VAJONT



$FS > 1$ frana stabile

$FS \leq 1$ frana instabile

The stability equations are as follows:

For Case a:

Depth of tension crack:

$$Z = (H \cot \Psi_f - b) (\tan \Psi_f - \tan \Psi_p)$$

Weight of block:

$$W = (1/2) \gamma_r H^2 [(1 - Z/H)^2 \cot \Psi_p (\cot \Psi_p \tan \Psi_f - 1)]$$

Area of sliding plane:

$$A = (H \cot \Psi_f - b) \sec \Psi_p$$

For Case b:

Depth of tension crack:

$$Z = H + b \tan \Psi_s - (b + H \cot \Psi_f) \tan \Psi_p$$

Weight of block:

$$W = (1/2) \gamma_r (H^2 \cot \Psi_f X + bHX + bZ)$$

$$X = (1 - \tan \Psi_p \cot \Psi_f)$$

Area of sliding plane:

$$A = (H \cot \Psi_f + b) \sec \Psi_p$$

For either Case a or b:

Uplift water force:

$$U = (1/2) \gamma_w Z_w A$$

Driving water force:

$$V = (1/2) \gamma_w Z_w^2$$

Factor of safety:

$$FS = \frac{\{cA + [W(\cos \Psi_p - a \sin \Psi_p) - U - V \sin \Psi_p + T \cos \theta] \tan \phi\}}{[W(\sin \Psi_p + a \cos \Psi_p) + V \cos \Psi_p - T \sin \theta]}$$

where

- H = height of slope face;
- Ψ_f = inclination of slope face;
- Ψ_s = inclination of upper slope face;
- Ψ_p = inclination of failure plane;
- b = distance of tension crack from slope crest;
- a = horizontal acceleration, blast or earthquake loading;
- T = tension in bolts or cables;
- θ = inclination of bolt or cable to normal to failure plane;
- c = cohesive strength of failure surface;
- ϕ = friction angle of failure surface;
- γ_r = density of rock;
- γ_w = density of water;
- Z_w = height of water in tension crack;
- Z = depth of tension crack;
- U = uplift water force;
- V = driving water force;
- W = weight of sliding block; and
- A = area of failure surface.

Geometrie



Forze esterne



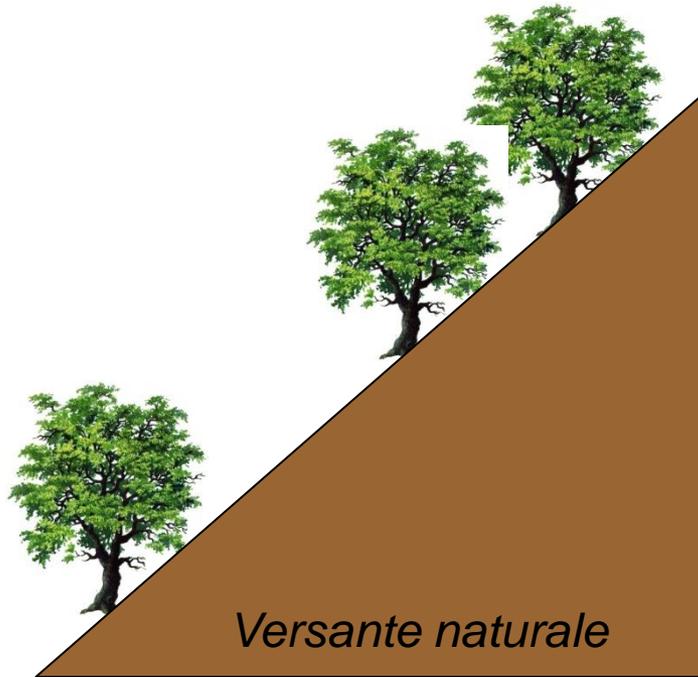
Resist. Roccia Terreno



Spinta - pressione acqua



Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali



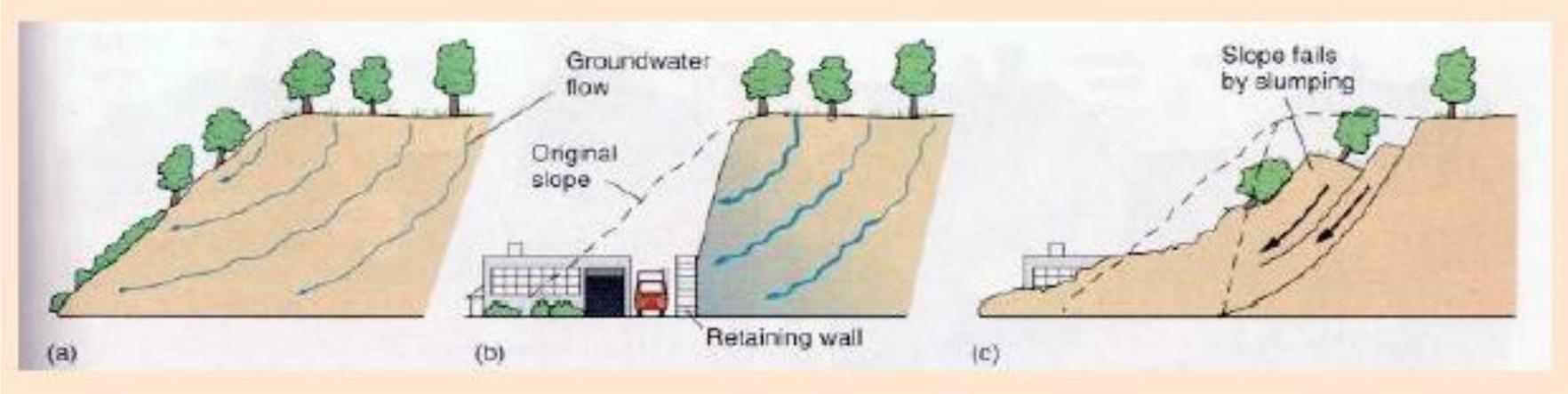
$$FS = \frac{C}{D}$$

C dette forze stabilizzanti
D forze ribaltanti

$FS > 1$ frana stabile

$FS \leq 1$ frana instabile

Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali



*Non sempre una azione attiva dell'uomo sull'ambiente provoca dissesto,
a volte può migliorare la situazione*

*Frana di Ca' Lita
Provincia di Reggio Emilia*



Non sempre una azione attiva dell'uomo sull'ambiente provoca dissesto, a volte può migliorare la situazione



Non sempre una azione attiva dell'uomo sull'ambiente provoca dissesto, a volte può migliorare la situazione

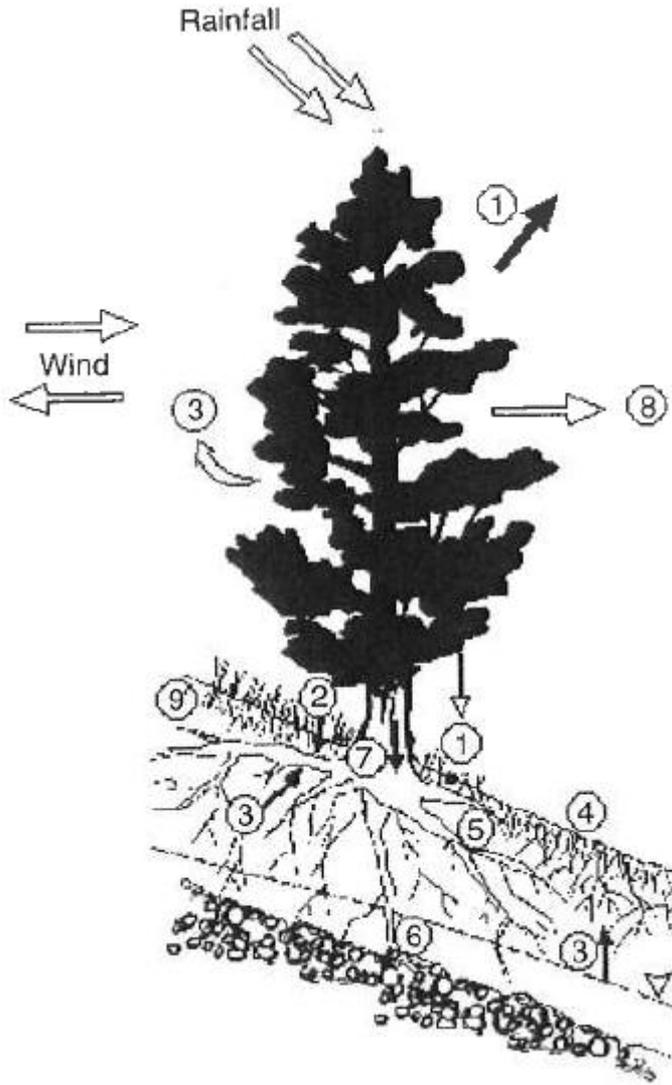


*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti della vegetazione*



Da Crozier 2010

*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti della vegetazione*



Effetti idrologici

- 1_ foglie intercettano piogge
- 2_ radici aumentano rugosità terreno ed infiltrazione
- 3_ radici assorbono acqua
- 4_ estrazione acqua aumenta fratture ed infiltrazione

Effetti meccanici

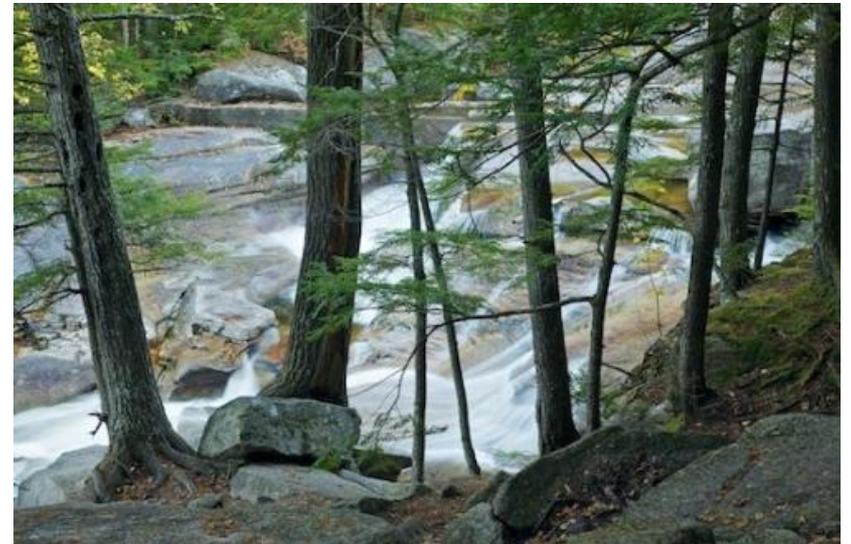
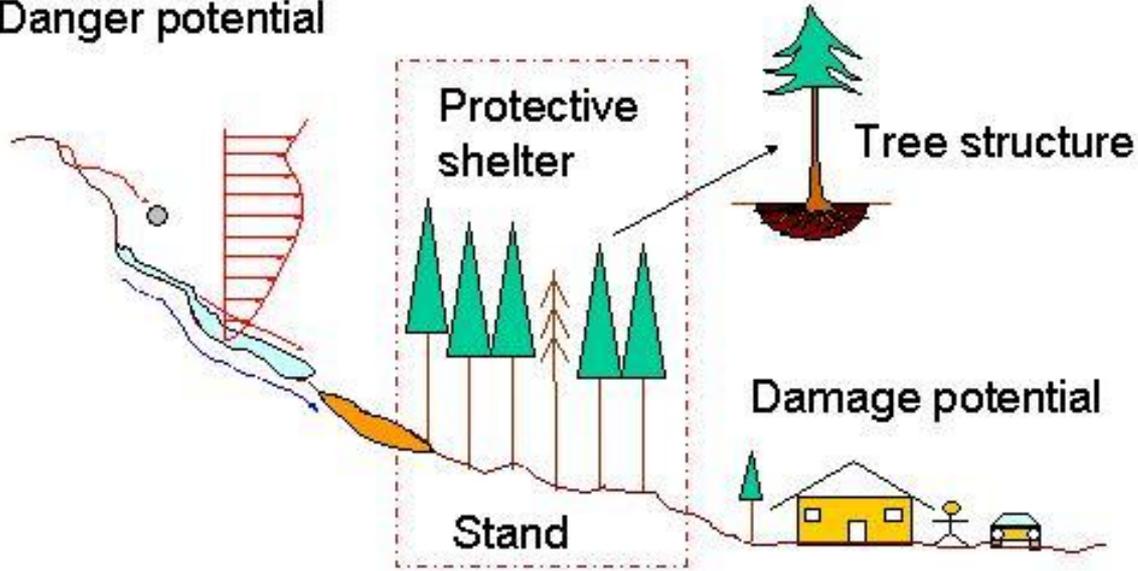
- 5_ resistenza delle radici
- 6_ azione di ancoraggio nella roccia
- 7_ peso dell'albero: forza verticale; forza orizzontale
- 8_ effetto vela della vegetazione
- 9_ radici legano particelle del suolo

Effetto stabilizzante

Effetto de-stabilizzante

*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti della vegetazione*

Danger potential



*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti dell'agricoltura*



Erosione del suolo

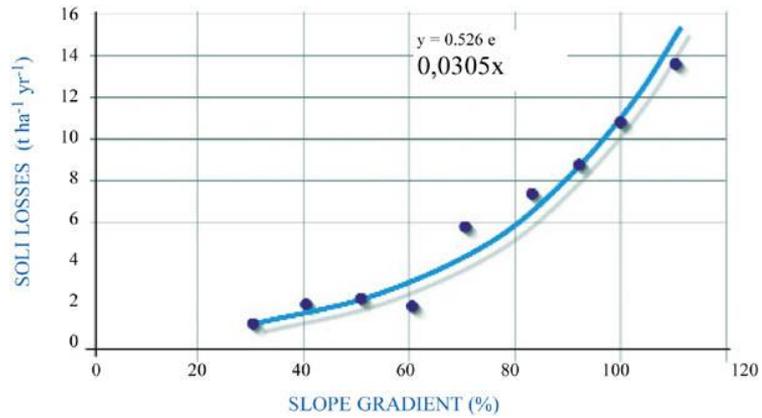
*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti dell'agricoltura*



Erosione del suolo

Effetti dell'agricoltura

<http://www.fao.org/wairdocs/tac/y4953e/y4953e05.htm>

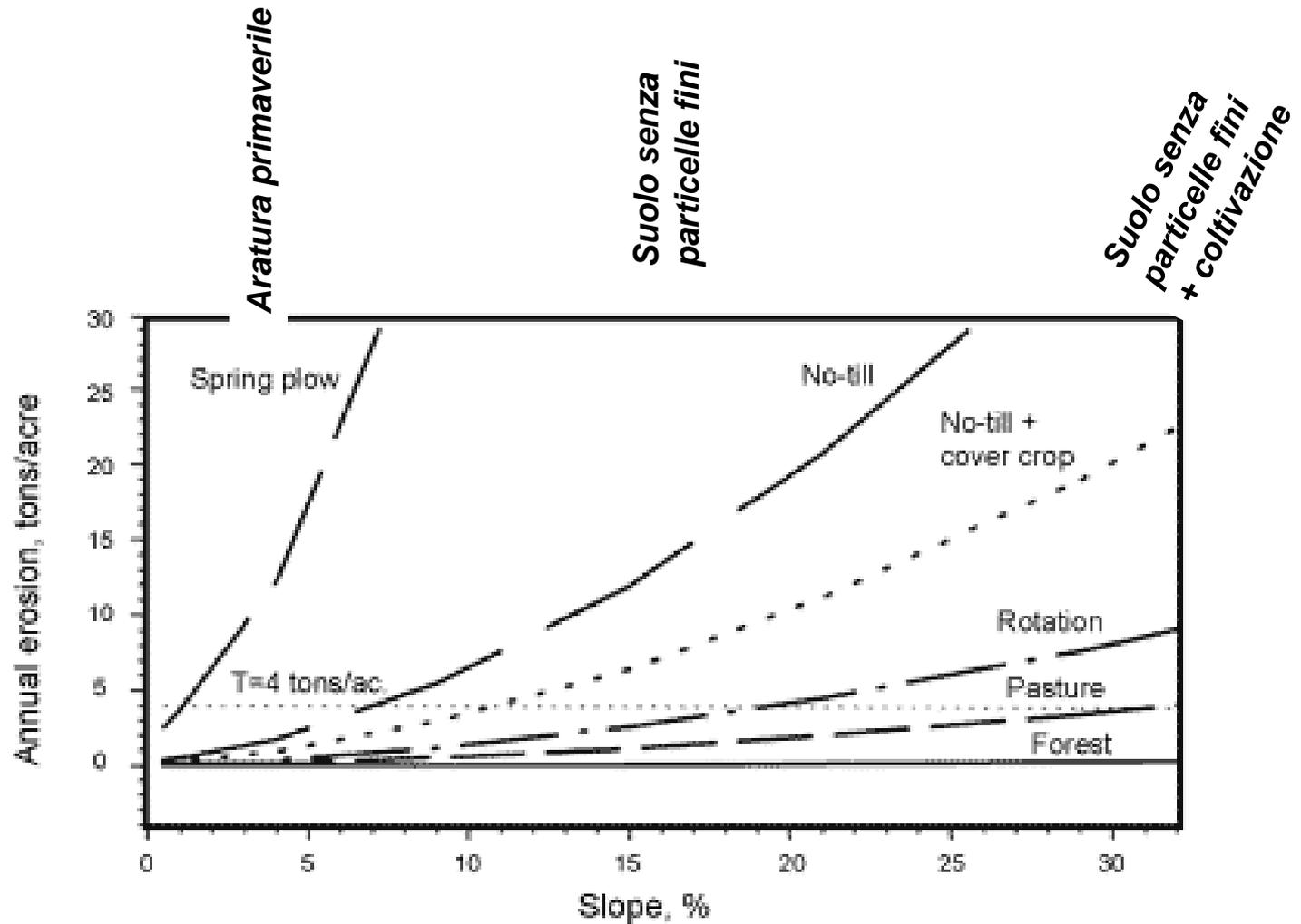


Effetti dell'agricoltura



Abbandono delle attività agricole

Effetti dell'agricoltura



*Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:
Effetti del pascolo*



- 1_ Eliminazione copertura vegetale con taglio o incendi.*
- 2_ Irrigazione e concimazione per crescita cotica erbacea*

Problema sur-pascolo (abbondanza di animali per unità di superficie)

Compattazione suolo, diminuzione del drenaggio, mobilizzazione continua particelle

Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:

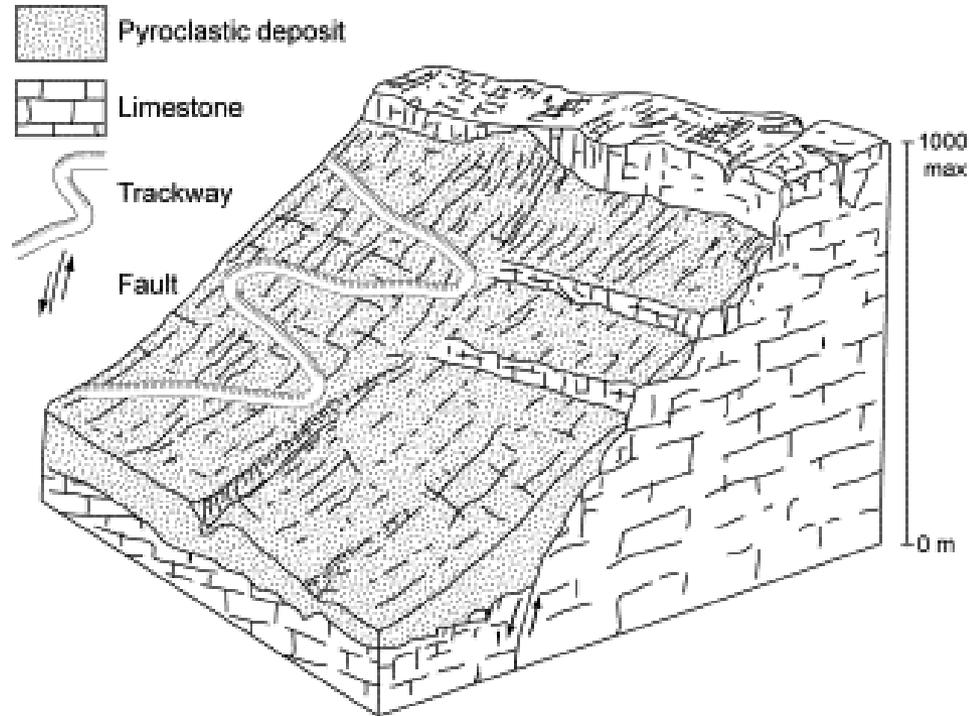
Alluvione di Sarno e Quindici 4-6 maggio 1998, 160 vittime



In 72 ore sono caduti oltre 140 millimetri di pioggia

Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:

Alluvione di Sarno e Quindici 4-6 maggio 1998, 160 vittime



Struttura geologica del versante

Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:

Alluvione di Sarno e Quindici 1998

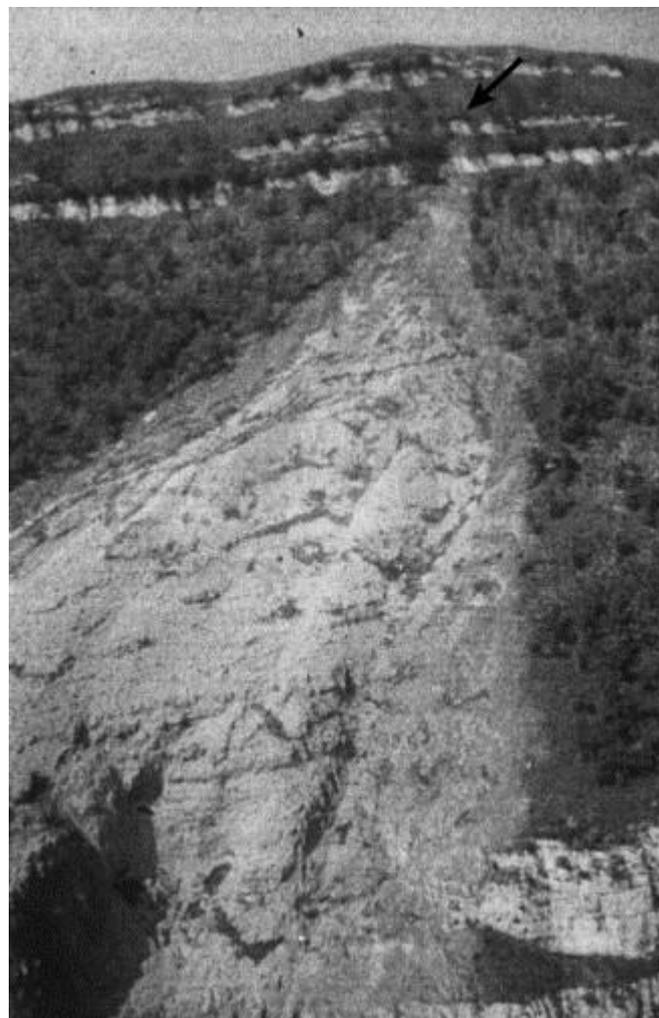
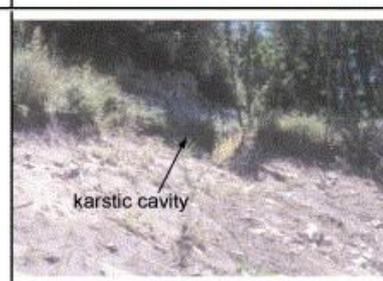
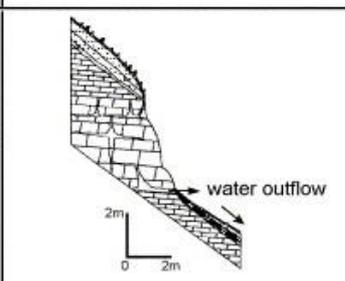
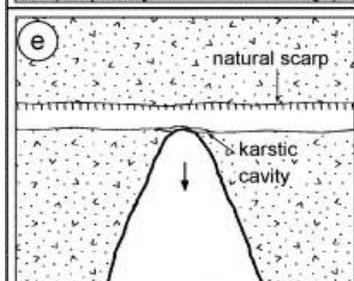
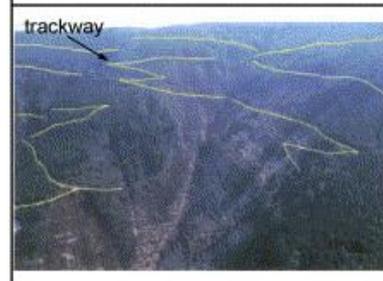
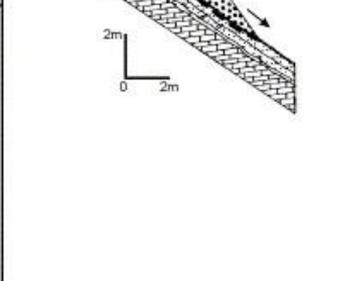
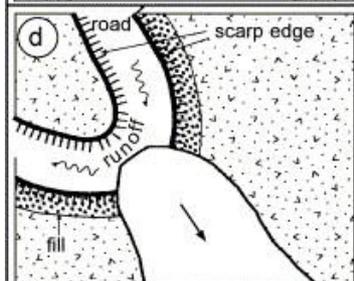
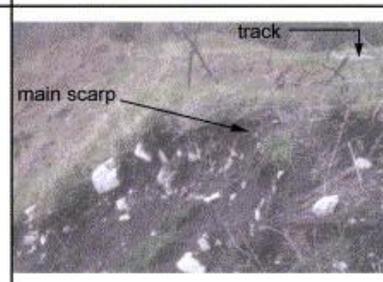
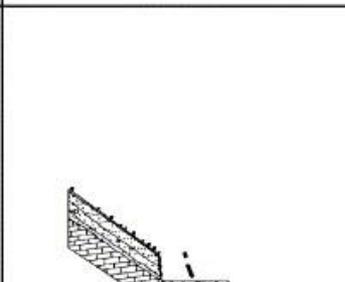
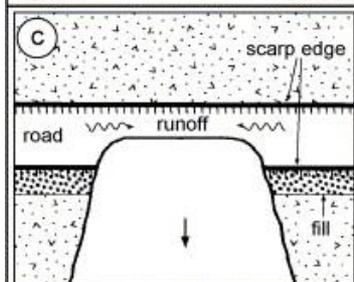
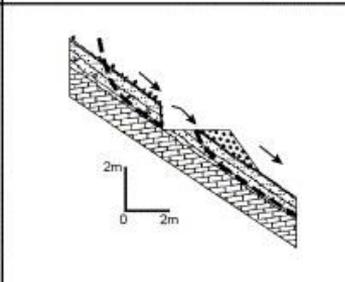
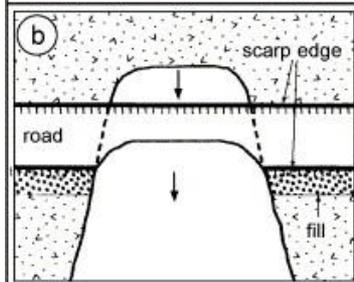
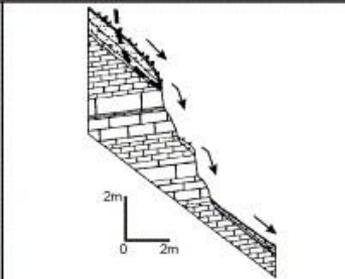
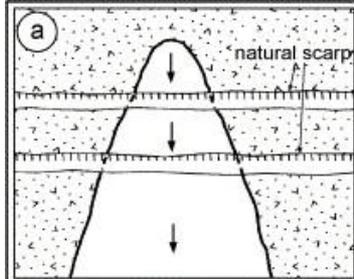
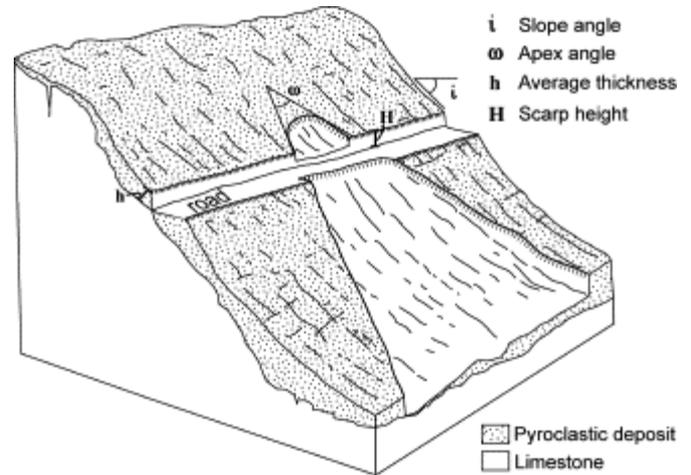
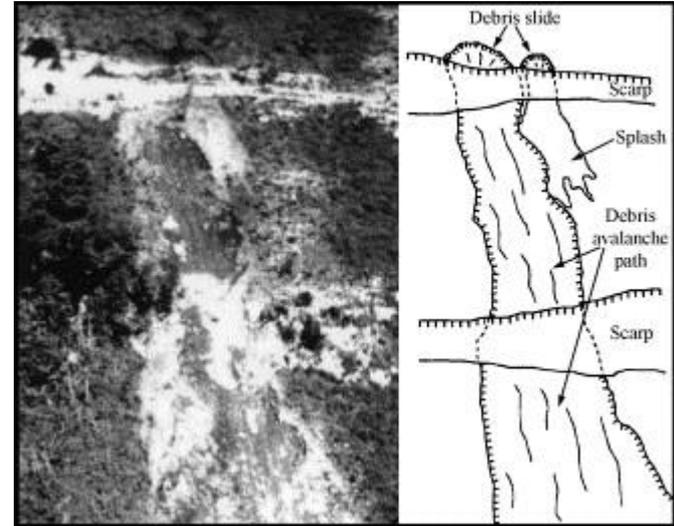


Foto dopo evento



Esempi Azione dell'uomo nei dissesti superficiali:

Alluvione di Sarno e Quindici 1998



Antropizzazione Dissesto: Versante Piagneto (Prov. Reggio Emilia-SS Passo del Cerreto)



Colle Piagneto

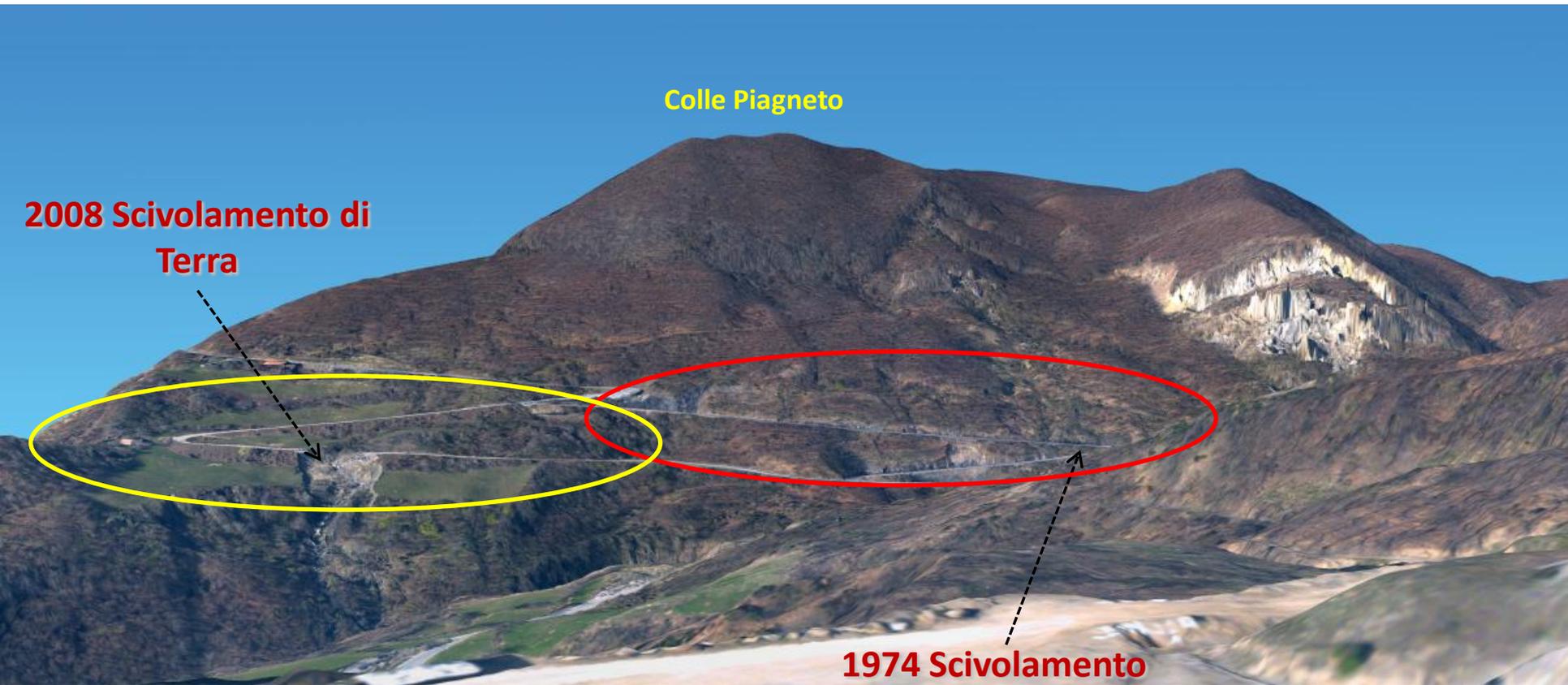
**2008 Scivolamento di
Terra**



**1974 Scivolamento
di roccia**



Antropizzazione Dissesto: Versante Piagneto (Prov. Reggio Emilia-SS Passo del Cerreto)

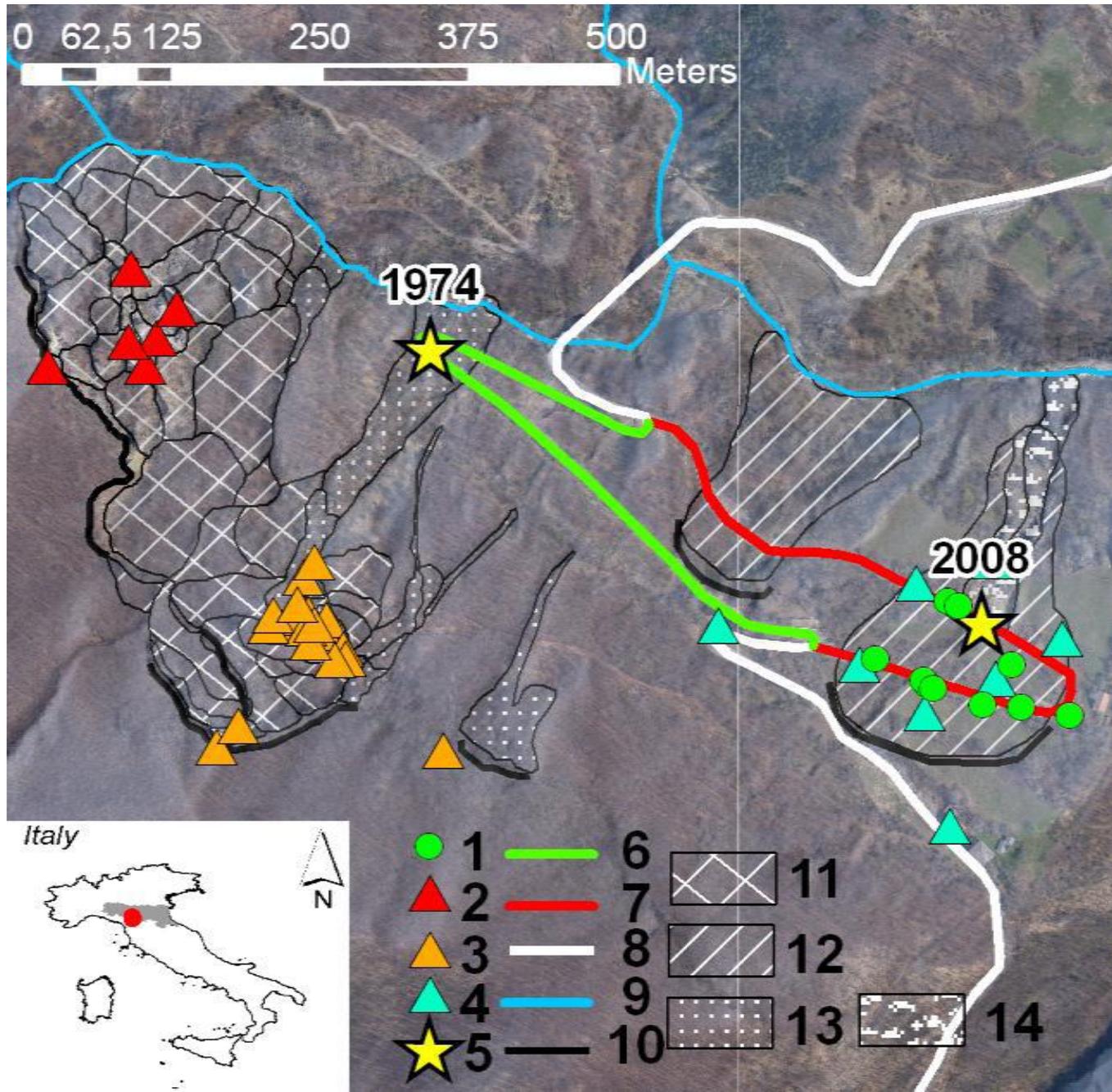


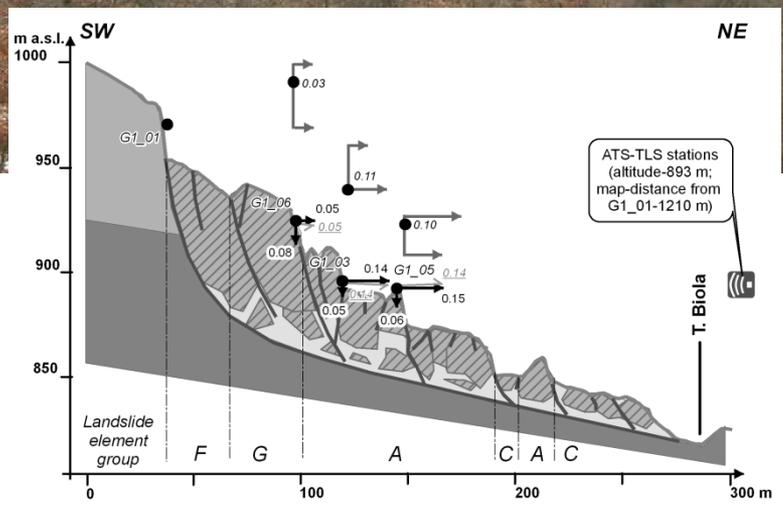
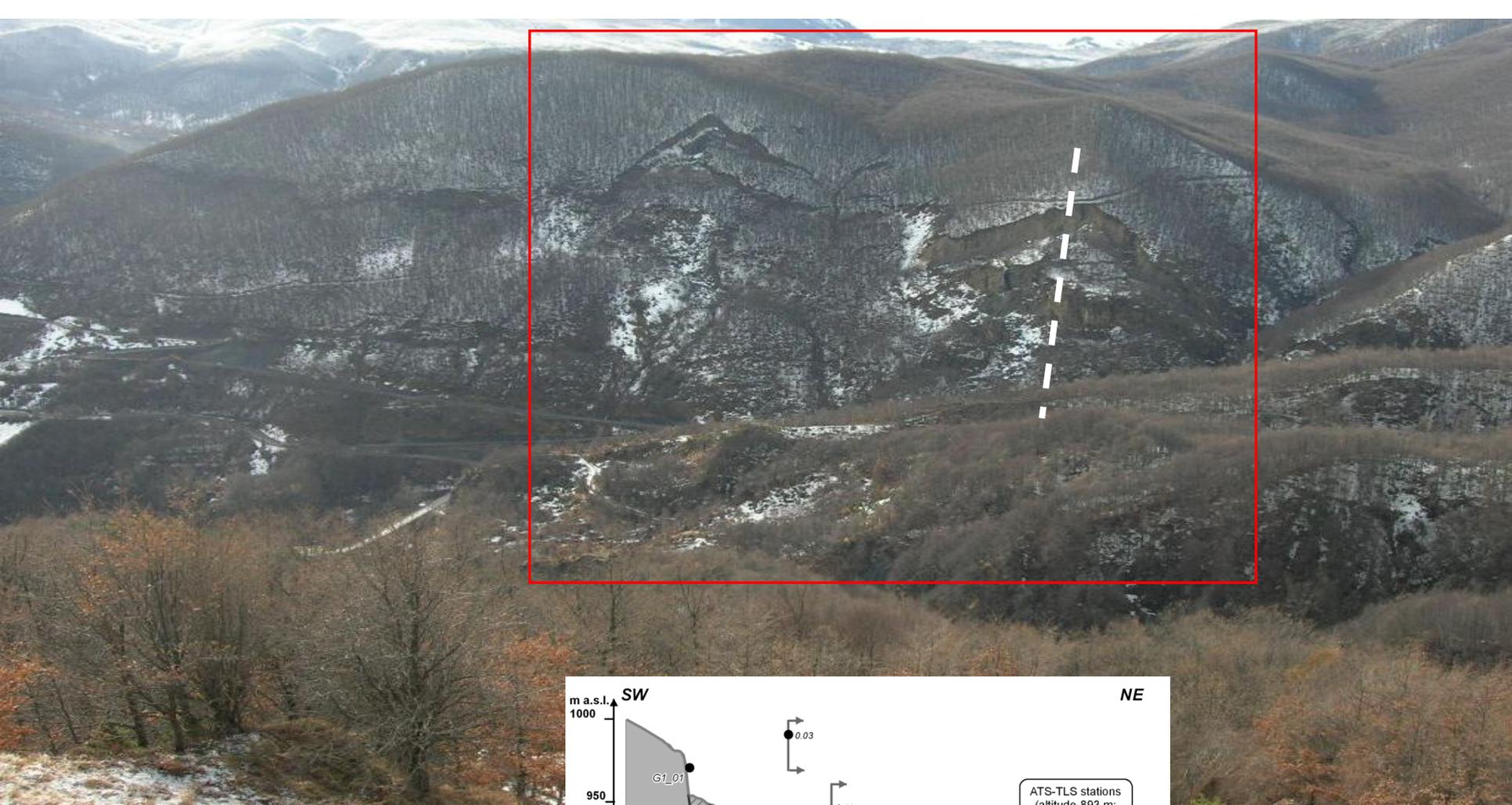
Colle Piagneto

**2008 Scivolamento di
Terra**

**1974 Scivolamento
di roccia**

Versante Piagneto







fondazione
stava1985 onlus

Il crollo delle discariche minerarie della Val di Stava, 19 luglio 1985

*Cause e conseguenze
di un disastro annunciato*

*di Giovanni Tosatti
(docente Univ. Modena e Reggio E.)*

Il 19 luglio 1985, alle ore 12:22, una disastrosa colata di fango distrusse completamente il villaggio di Stava e diverse abitazioni a Tesero, in Val di Fiemme (Provincia di Trento), e causò la morte di ben 268 persone, di cui 59 tra bambini e ragazzi.

Quali furono le cause di questo disastro e di chi furono le responsabilità di questa terribile distruzione?



Ubicazione della Val di Stava in Provincia di Trento (stella gialla)



La Val di Stava prima del disastro del 1985



L'alta Val di Stava con le discariche minerarie e la miniera di fluorite nel 1981



Fluorite (Derbyshire, England)



Fluorite (Mine Center, Ohio, USA)

Fluorite (CaF_2) è un minerale che cristallizza nel sistema cubico, ha durezza 4 (scala di Mohs) e densità di $3,1 \div 3,3$. È frequente in cristalli semplici o geminati; non è rara in masse compatte anche grossolanamente cristalline. Pura è incolore e perfettamente trasparente, ma può essere azzurra-blu, verde, gialla, rosa e viola.

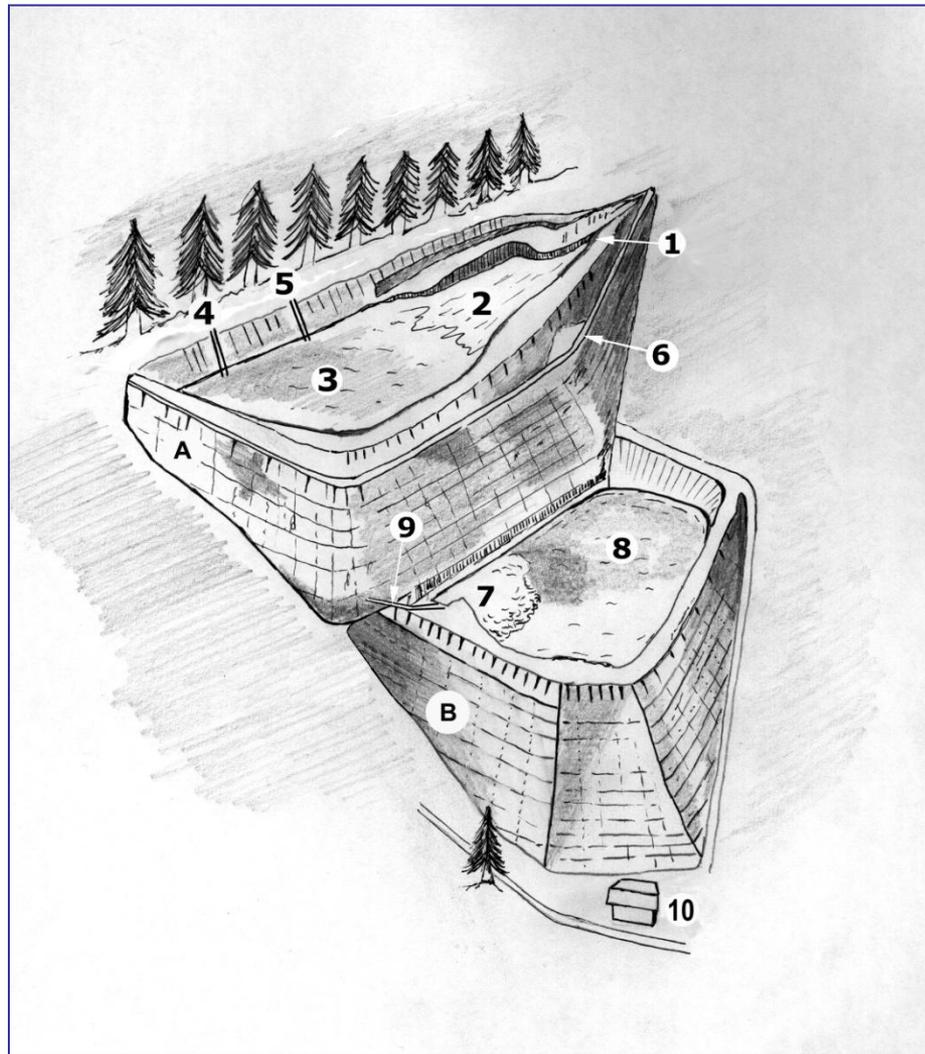
Circa la metà della fluorite estratta viene utilizzata nella produzione di acido fluoridrico, utile nell'industria chimica, e come conservante, fissativo e propellente nelle confezioni spray. L'altra metà viene utilizzata direttamente come fondente nell'industria siderurgica; una restante piccola percentuale è utilizzata nel campo della ceramica e della porcellana, del vetro, del cemento, come smalto e come componente di strumenti ottici di precisione.



Estrazione di roccia ricca di fluorite
dalla miniera di Prestavel



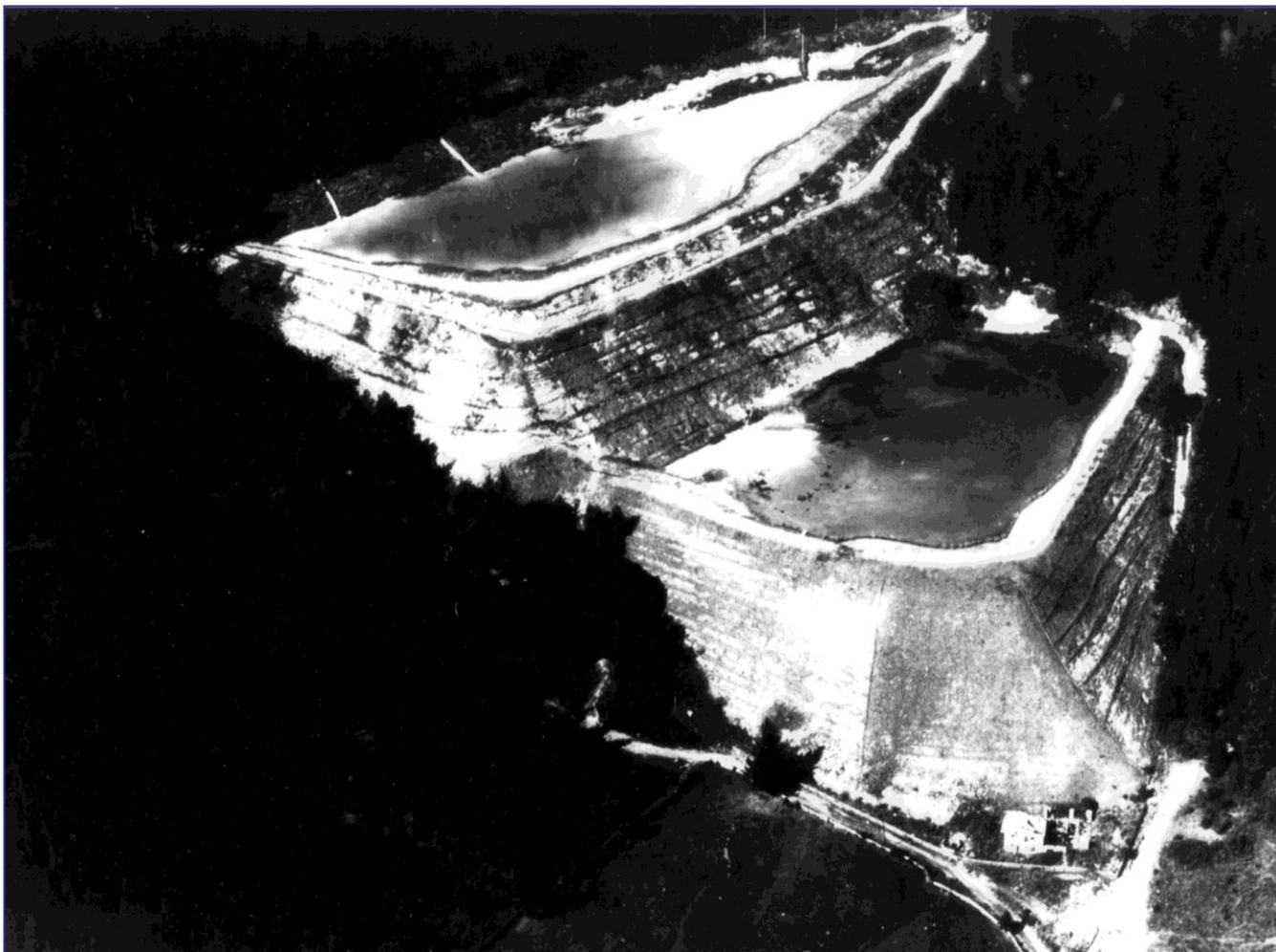
Particolare del processo di macinazione e flottazione nella miniera di Prestavel



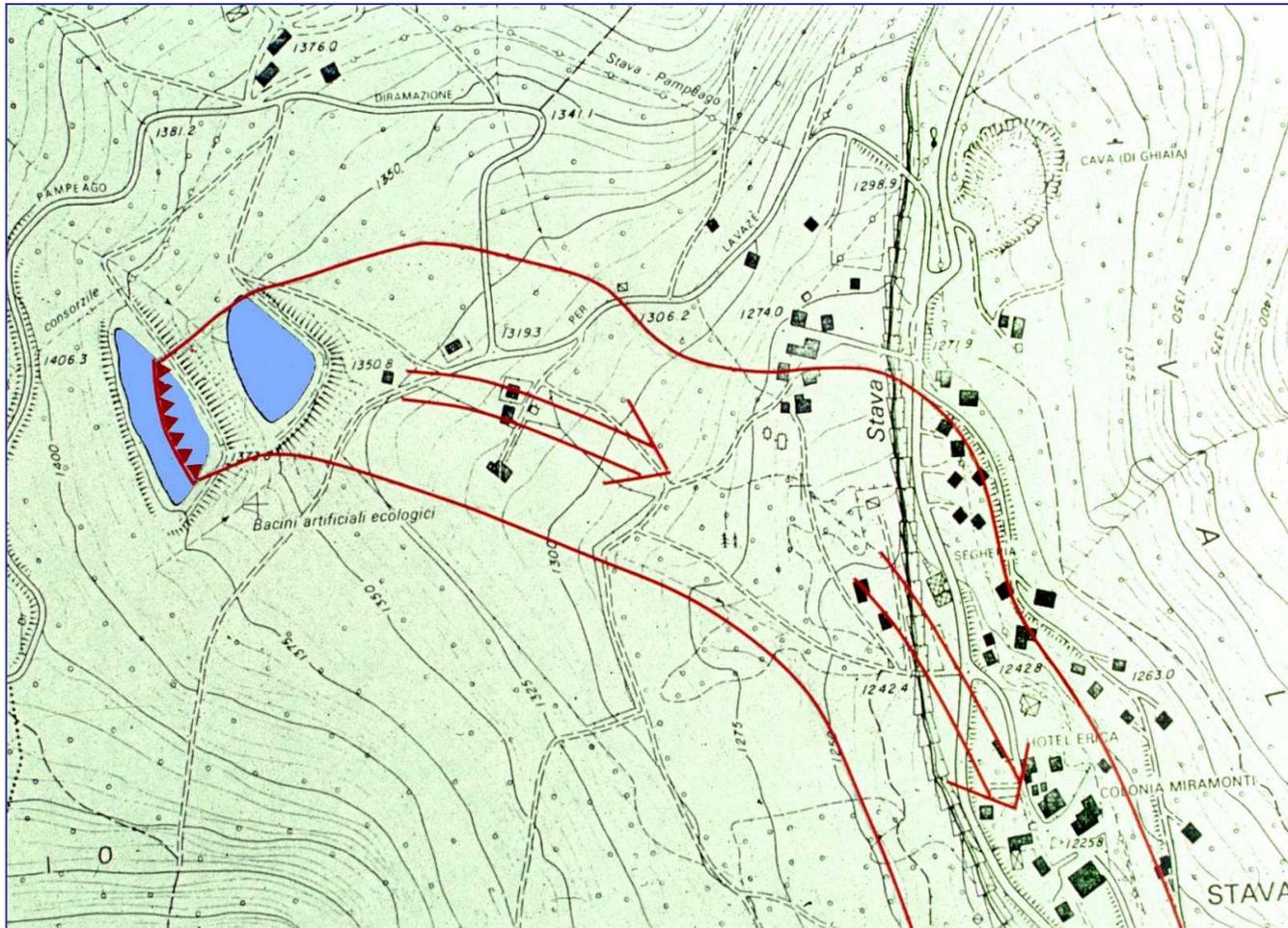
Disegno esemplificativo delle due discariche della miniera di Prestavel



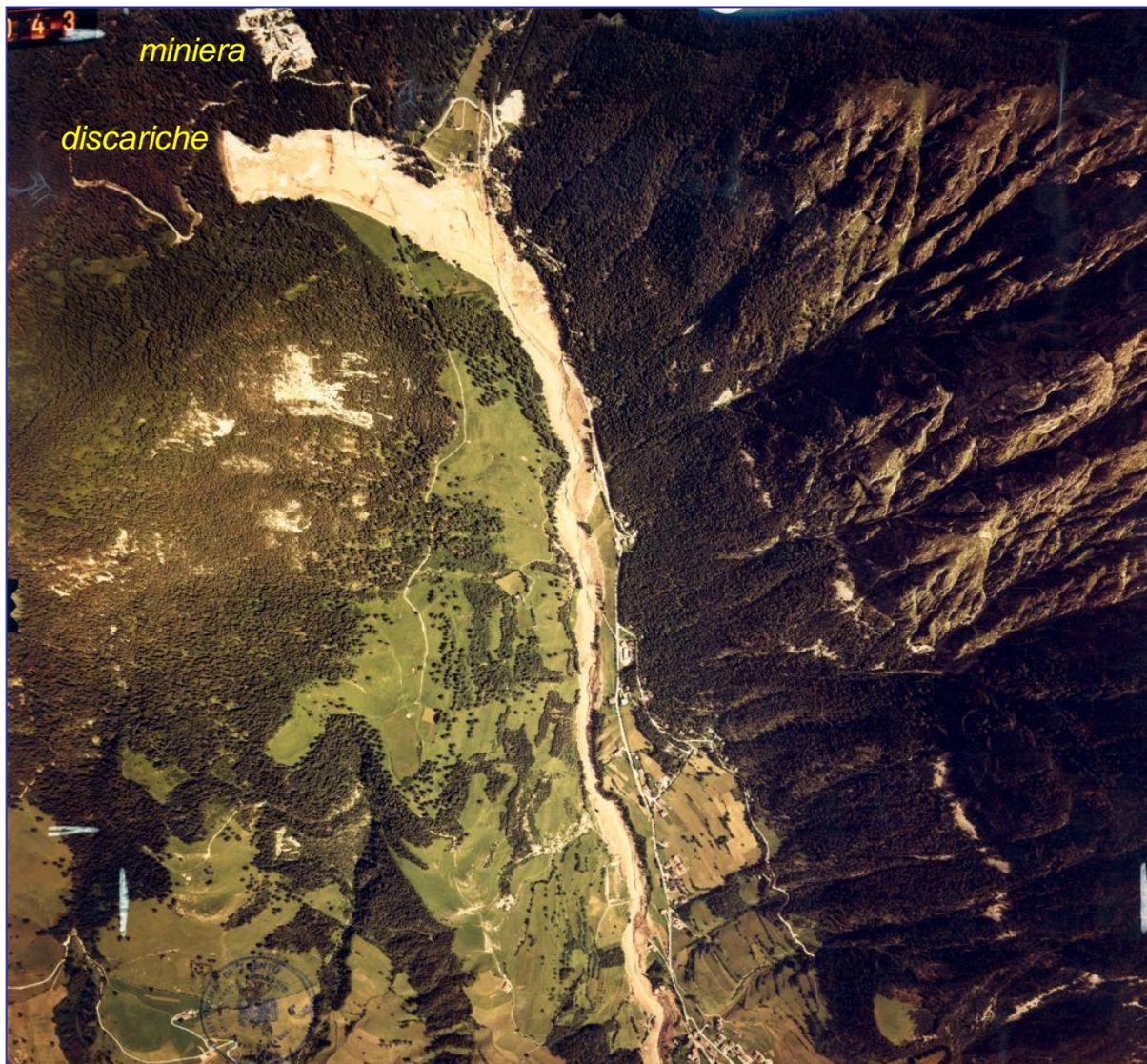
Gli argini dei bacini sullo sfondo di una delle prime case a valle delle discariche



Le discariche della miniera di fluorite di Prestavel in Val di Stava in una foto del 1981



Ubicazione delle discariche della miniera e percorso della colata di fango



19 luglio 1985: veduta aerea dell'alta Val di Stava poco dopo il crollo delle discariche minerarie



*I resti delle discariche
poco dopo il crollo*

Alta Val di Stava: l'effetto devastante della colata di fango



La Val di Stava devastata dal passaggio della colata di fango e detriti



I primi soccorsi dopo il disastroso impatto della colata



Un albergo parzialmente distrutto dalla colata



La Val di Stava sepolta da uno spesso strato di fango e detriti



L'alveo del Rio Stava presso l'abitato di Tesero

Le cifre del disastro della Val di Stava

- **La colata di fango:** 180.000 m³ di acqua e fango fuoriusciti dagli invasi più quasi 50.000 m³ provenienti da erosione del terreno, da distruzione di manufatti e dallo sradicamento di centinaia di alberi.
- **L'area interessata:** 435.000 m² per una lunghezza di 4,2 km.
- **I danni alle cose:** 53 case d'abitazione, 3 alberghi, 6 capannoni e 8 ponti completamente distrutti; 9 edifici gravemente lesionati.
- **Le vittime:** 268 morti, dei quali 28 bambini con meno di 10 anni; 31 ragazzi fra i 10 e i 18 anni; 89 uomini e 120 donne.



Il monumento alle vittime nel cimitero di Tesero

Quali sono state, dunque, le cause che hanno determinato un tale devastante disastro?

- *In oltre 20 anni d'attività le discariche della miniera non furono mai sottoposte a serie verifiche di stabilità da parte delle ditte che le gestivano o a controlli da parte degli Uffici pubblici preposti alla sicurezza.*
- *Quando nel 1975 venne finalmente eseguito un controllo tecnico, risultò che la stabilità del bacino superiore era "al limite". Ciò nonostante, la ditta che effettuò l'indagine diede risposte rassicuranti al Comune di Tesero e l'accrescimento dell'argine del bacino superiore continuò, seppure con una minore pendenza.*
- *Secondo il parere dei periti nominati dal Tribunale le discariche crollarono perché mal progettate, mal costruite e mal gestite senza mai considerare la loro potenziale pericolosità.*

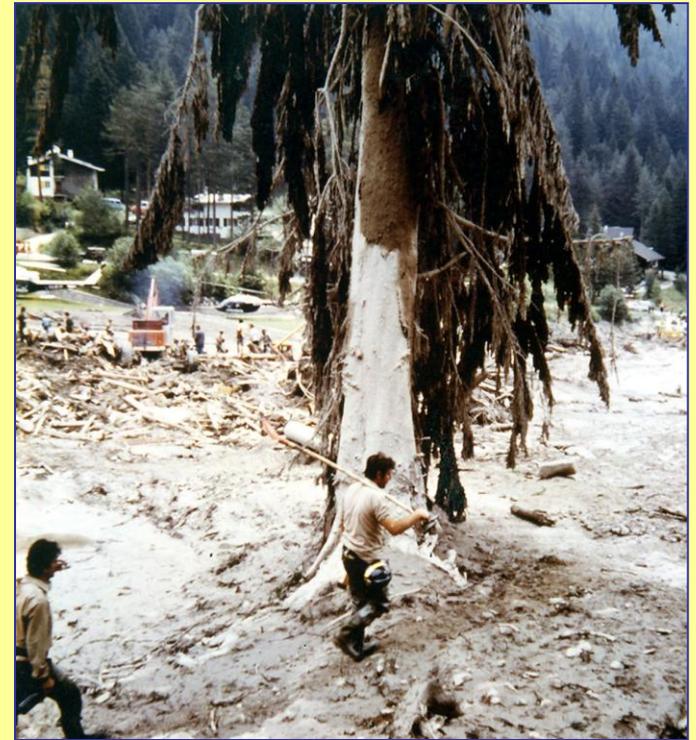
Le cause della cronica instabilità delle discariche che poi ha portato al loro crollo sono state le seguenti:

- a) La natura del terreno su cui erano state costruite era acquitrinoso e, in quanto tale, instabile e scadente.*
- b) Le discariche erano costruite su un versante molto ripido, con una pendenza media del 25%.*
- c) L'argine del bacino superiore era stato costruito con una pendenza eccessiva (oltre l'80%) e non consentiva né il drenaggio dell'acqua alla base né la consolidazione dei limi ivi contenuti.*
- d) Le tubazioni di sfioro delle acque di decantazione erano state collocate in modo errato.*

Date queste premesse, le discariche non potevano non crollare!

“Se a suo tempo fosse stata spesa una somma di denaro e una fatica pari soltanto a un decimo di quanto si è profuso negli accertamenti tecnici successivi al fatto, probabilmente il crollo di quasi 180.000 m³ di fanghi semifluidi non si sarebbe mai avverato”

[dall'ordinanza del Giudice istruttore del Tribunale di Trento]



Purtroppo il disastro di Stava non è stato l'unico nel suo genere. Molti, troppi crolli di discariche minerarie sono avvenuti nel mondo, prima e dopo Stava con il loro carico di distruzione e di morte...



I resti dell'argine della discarica per sterili di Sgorigrad in Bulgaria, al servizio di una miniera di zinco e piombo, che crollò il 1° maggio 1966 provocando la morte di centinaia di persone e ingentissimi danni ambientali.



Il disastro di Aberfan (Galles) del 21 ottobre 1966: una discarica di detriti provenienti da una miniera di carbone crollò riversandosi sul villaggio sottostante e distruggendo 20 abitazioni e una scuola. 144 persone persero la vita, fra le quali 116 alunni della scuola elementare e 5 insegnanti. La causa del disastro fu imputata a liquefazione, conseguente alla completa saturazione dell'accumulo detritico.



Il disastro di Buffalo Creek, West Virginia (USA), 26 febbraio 1972. In seguito a piogge torrenziali si verificò la tracimazione dell'invaso superiore, al servizio di una miniera di carbone, che comportò il cedimento dell'argine: tutte le strutture a valle furono distrutte da una colata di oltre 500.000 m³ di fango e detriti che causò la morte di 125 persone.



Il disastro di Taoshi nella contea di Shanxi (Cina), 8 settembre 2008: lo smottamento di un deposito di detriti della miniera di ferro Tashan, generò una valanga di tonnellate di scorie, pietre e fango, alto diversi metri su un fronte di circa 600 metri. L'incidente causò oltre 300 morti e ingentissimi danni ambientali.



Il Centro di Documentazione della “Fondazione Stava 1985”(Onlus), sito web: www.stava1985.it

fondazione
stava1985
onlus



Il Percorso Ideale della Memoria porta ai luoghi che furono teatro dell'attività mineraria e che ospitarono i bacini di decantazione dei fanghi che crollarono il 19 luglio 1985

Conclusioni

- *Abbiamo definito il dissesto idrogeologico.*
- *Abbiamo visto le forze in gioco nei versanti.*
- *Abbiamo visto le relazioni tra dissesti e attività antropiche e come queste siano circolari (spesso reazioni a catena).*
- *Nel campo dei fenomeni di versante (frane) abbiamo visto che l'uomo esercita azioni prevalenti sui fenomeni superficiali.*
- *Abbiamo visto che ci sono dissesti naturali (evoluzione naturale della superficie terrestre che dipendono dalla Geologia e dal Clima) e che ci sono dissesti innescati o accelerati dall'uomo:*
 1. *Azione Pascolo*
 2. *Azione Agricoltura*
 3. *Azione Urbanizzazione/Costruzioni/Tagli di versanti*
 4. *Ruolo della vegetazione*
- *L'uomo oltre ad innescare dissesti può essere anche colpito da dissesti (naturali o antropici). L'uomo può mitigare i dissesti.*

Conclusioni

L'influenza dell'uomo sui dissesti, spesso evocata, **non è facilmente quantificabile**, sebbene alcune **modifiche dirette del territorio** (disboscamenti e usi del suolo non idonei) e altre **indotte sul clima** a scala globale possono averne intensificato la azione.

Grazie per l'attenzione