

Ordine dei Geologi della Regione Campania

**Corso di perfezionamento
Analisi e Gestione del Rischio Idrogeologico
(8 gennaio- 7 aprile 2003)**

**Primo Ciclo
Cartografia Geotematica di Base
(8-22 gennaio 2003)**

**Lezione V
Metodi di studio di frane lente o a cinematica intermittente
(17 gennaio 2003)**

Dr. Domenico Guida
(ex) Libero Professionista

Sommario

1. Introduzione

2. Richiami terminologici e concettuali sulla classifica delle frane di Cruden&Varnes

2.1. Considerazioni generali

2.2 Criteri di Classificazione

2.3 Tipo di Movimento, Tipo di Materiale,

2.4 Contenuto d'Acqua e Velocità

2.5 Stato, Distribuzione e Stile di Attività

2.6. Età e Tendenza Evolutiva

2.7 Geometria

3. Riconoscimento e Caratterizzazione delle frane singole lente e/omoderate

3.1 Gli Scorrimenti Rotazionali e Traslativi, (5 esempi)

3.2 Le Colate di Terra (Earthflows), (5 esempi)

3.3 Soil Creep, Mass Creep e Deep Creep, (5 esempi)

3.4 Espansioni Laterali, (2 esempi)

3.5 Deformazioni Gravitative Profonde di Versante, (3 esempi)

3.6 Le frane complesse (3 esempi)

3.7 Le Riattivazioni (3 esempi)

4. Metodi di Studio delle frane su Area Vasta

4.1 Generalità

4.2 Caratterizzazione Areale

4.2.1 Gli insiemi di frana

4.2.2 Gli Ambiti Morfologici

4.2.3 Gli Areali di Riferimento

4.3 Caratterizzazione Temporale

4.3.1 Caratterizzazione Multitemporale

4.3.2 Ricostruzione Morfoevolutiva

5. Esempi di frane e franosità significative

5.1 Frana Covatta ed Areale del Medio Biferno

5.2 Frana di Brindisi Scalo ed areale dell'Alto Basento

5.3 Frana Caporra e l'areale terrigeno pedemontano del Cilento

5.4 Frane di Castelfranci

5.5 Frane di Ginestra degli Schiavoni

5.6 Frana di San Giorgio La Molara

5.7 Frana di Serra delle Forche

5.8 Frana di Roscigno e l'areale subcollinare del Calore Salernitano

Appendice I: La classifica delle frane di Cruden&Varnes

Appendice II: La Scheda IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani)

Appendice III: Applicazione della Scheda IFFI ad esempi reali di frane lente ed intermittenti

Appendice IV: Esempio di Analisi Multitemporale di frane intermittenti

Appendice V : Modello evolutivo delle frane tipo colata

1. Introduzione

La presente nota affronta alcune problematiche inerenti i “metodi di studio delle frane ad evoluzione lenta ed a cinematisimo intermittente”.

Con “ metodo di studio” si intende l’intero processo conoscitivo ed interpretativo che comprende le fasi di riconoscimento, di caratterizzazione e di elaborazione cartografica e alfanumerica delle informazioni relative alle frane, come evento singolo e come processo geomorfico che concorre, assieme agli altri, alla dinamica evolutiva dei versanti ed al modellamento del paesaggio.

In tal senso l’approccio è essenzialmente geomorfologico, che si ritiene più idoneo ad affrontare la tematica frane su vasta area, almeno in prima approssimazione.

Oggetto di studio saranno, in generale, le frane, intese nel senso oramai universalmente accettato di “ movimento di una massa di roccia, detrito o terra lungo un versante” (Cruden, 1991). In particolare, oggetto di approfondimento saranno le frane in cui sia il primo movimento, inteso come rottura o prima deformazione di un materiale di versante gravitativamente indisturbato, e sia il secondo movimento, inteso come ulteriore spostamento della massa già deformata, temporalmente successivo, presentano una velocità da estremamente lenta, cioè inferiore a 16 mm/anno (5×10^{-7} m/sec nel SI) a moderata, cioè fino a 1.8 m/ora (5×10^{-1} m/sec).

In considerazione della grande variabilità spazio-temporale della distribuzione di velocità nelle varie tipologie di frana e nell’ambito della stessa tipologia, ciascuna con un diverso stato di attività, la velocità cui si farà riferimento è quella “massima reale” per i fenomeni in atto al momento della osservazione e quella “ massima attesa” per i fenomeni sospesi e quiescenti, in previsione di una loro rimobilitazione o riattivazione.

Si farà riferimento, inoltre, agli spostamenti relativi alla massa in movimento e non a quelli che possono avvenire lungo un elemento lineare tra la massa spostata e il materiale di versante indisturbato al contorno o nell’ambito della massa spostata, ad esempio il rapido abbassamento a gradinata lungo la scarpata principale o le scarpate secondarie.

Infine, saranno trattate a parte sia le frane complesse in cui si verifica una transizione nel tempo da un tipo di movimento a velocità lenta e/o moderata ad un tipo di movimento a velocità rapida e sia le frane che, nell’ambito della loro evoluzione, possono iniziare in modo rapido e poi fare transizione a stadi con velocità moderate e/o lente, senza escludere eventuali ripetizioni della sequenza per riattivazione parziale o totale Tali assunzioni non esauriscono tutta la casistica riscontrabile sul territorio e risentono della naturale forzatura insita in qualsivoglia classificazione di eventi naturali. Il notevole e prolungato sforzo messo in atto da parte della comunità scientifica internazionale e nazionale per uniformare, sistematizzare e semplificare gli aspetti terminologici e concettuali inerenti le frane (Varnes, 1978; International Symposium on Landslides di New Delhi,

1980, Toronto, 1984, Lausanne, 1988, Christchurch, 1992, Thronheim, 1996; Working Party on World Landslide Inventory, 1990, 1991 e 1993; Cruden& Varnes, 1996), consente, però, di avere un quadro di riferimento unitario circa le problematiche poste in essere da queste fenomenologie.

Nel prossimo capitolo si riporteranno alcuni richiami terminologici e concettuali relativi alla classifica delle frane proposta da Cruden&Varnes (1996) con particolare riferimento all'inquadramento delle tipologie di frana ad evoluzione da lenta a moderata ed a cinematisimo intermittente (Appendice I).

Nel capitolo 3 saranno affrontati gli aspetti relativi al riconoscimento ed alla caratterizzazione degli eventi singoli con opportuni esempi di casi reali e con illustrazione delle modalità di redazione della Scheda IFFI, riportato in Appendice II.

Nel Capitolo 4, invece, saranno illustrati i metodi di studio generali delle frane su area vasta nel quadro della dinamica evolutiva dei versanti e della interazione di quest'ultima con la dinamica dei fondovalle, con particolare riferimento alla distribuzione della franosità nei vari contesti territoriali ed ambientali ed alla sue tendenze evolutive.

Nel capitolo 5, infine, saranno illustrati alcuni esempi significativi dei metodi di studio di questa categoria di frane ripresi sia dalla letteratura che dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico delle Autorità di Bacino Regionali, Interregionali e Nazionale della Regione Campania.

2. Richiami terminologici e concettuali della classifica delle frane di Cruden&Varnes

2.1. Considerazioni generali

La Classifica delle frane proposta da Cruden&Varnes (1996) costituisce l'ulteriore aggiornamento della proposta di D.J. Varnes (1978) sulla base del notevole impegno profuso dalla comunità scientifica internazionale in tema di uniformazione e semplificazione terminologica e precisazione concettuale nell'arco di circa un ventennio (Landslide Inventory Symposiums e WP/WLI).

La Classifica delle Frane proposta riveste una notevole importanza dal punto di vista scientifico, ma anche da un punto di vista professionale in quanto essa è stata recepita quale "standard" di riferimento dalle normative tecniche nazionali ed internazionali in tema di rischio idrogeologico.

In particolare, gli "Atti di Indirizzo e Coordinamento" di cui al D.P.C.M. 24 settembre 1998, indicavano la "Classifica di Cruden&Varnes" come "standard" da utilizzare prima nella fase di redazione dei Piani Straordinari per la rimozione delle situazioni a rischio più elevato e poi nella fase di redazione dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di cui alla Legge 183/89.

Qui di seguito si riprendono i tratti generali della "Classifica" con particolare riferimento ai fenomeni franosi di interesse, cioè quelli a cinematica lenta ed intermittente, evidenziando la necessità di una rigorosa applicazione delle indicazioni ivi contenute, ma evidenziando anche i limiti connessi alla sua utilizzazione in termini di pianificazione territoriale.

La dichiarata assunzione secondo cui il punto di vista dell'utilizzatore la "Classifica" è quello di "un rilevatore che deve redigere un rapporto di sopralluogo lungo una strada di comunicazione interessata da una *frana*", impone una necessaria messa a punto per le finalità di studio delle frane su "vasta area" e su tempi lunghi, cioè un approccio conoscitivo dal punto di vista del "geomorfologo". Da questo punto di vista, infatti, le frane sono da considerare come forme espressione spaziale di processi che agiscono sui materiali costituenti i versanti sotto l'azione di fattori geomorfici differenziati in cui prevale la gravità ed è sempre subordinato il ruolo delle acque correnti. In tal senso, l'attenzione viene allargata al versante ed alla sua evoluzione geomorfologica ed alle *land-unit* generatrici le frane.

Il punto di vista geomorfologico meglio si adatta alle problematiche di pianificazione territoriale di settore, nonché di previsione e prevenzione del rischio idrogeologico, in cui sono da tenere in conto non solo le aree in frana, ma anche quelle al contorno delle aree in frana ed anche quelle potenzialmente soggette a fenomeni franosi.

Qui di seguito vengono illustrati sinteticamente i lineamenti fondamentali della Classifica, con alcune considerazioni, rimandando all'Appendice I per ulteriori approfondimenti.

2.2 Criteri di Classificazione

I criteri di classificazione di Cruden&Varnes si basano sulla necessità di descrivere il fenomeno franoso con termini relativi a caratteri o descrittori ad ordine di importanza decrescente.

A) Descrittori fondamentali:

- 1) Tipo di Movimento della massa spostata
- 2) Tipo di materiale coinvolto dal movimento

B) Descrittori complementari

- 1) Contenuto d'acqua
- 2) Velocità della massa spostata

C) Descrittori accessori

- 1) Stato di attività
- 2) Distribuzione attività
- 3) Stile di attività
- 4) Età relativa/assoluta

2.3 Tipo di Movimento

E' il criterio di classificazione primario delle frane e corrisponde alla cinematica di una frana, cioè a come il movimento si distribuisce attraverso la massa spostata, ovvero alle modalità di spostamento della massa. La descrizione si riferisce al momento dell'innescò nel primo movimento nei fenomeni singoli ed alla evoluzione dei successivi nei fenomeni complessi

Sono stati definiti i seguenti tipi di movimento:

- Crolli (*Falls*)
- Ribaltamenti (*Topples*)
- Scorrimenti (*Slides*)
- Espansioni (*Spreads*)
- Colate (*Flows*)
- Complessi (*Complex*)

Una precisazione concettuale è da introdurre in merito all'osservazione del tipo di movimento all'atto del rilevamento.

Mentre per alcuni tipi di frana, come gli scorrimenti, le espansioni ed alcuni tipi di colate lente o lentissime, è possibile osservare il movimento della massa spostata al momento dell'osservazione, per altri tipi di frane, come i crolli, le colate detritiche o fangose solo raramente è possibile

osservare la massa in movimento. In tal caso, si considerano come “frana” anche le zone di distacco quasi permanente di crolli e colate detritiche, nonché le relative zone di transito e di invasione.

2.4 Tipo di Materiale

Questo elemento risulta significativo in quanto la natura del materiale e la sua struttura influenzano notevolmente il suo comportamento in relazione agli sforzi applicati dalla gravità lungo i versanti.

I materiali sono stati suddivisi prima in due grandi categorie:

- 1) Rocce, corrispondono a quei materiali i cui costituenti sono tenuti assieme da cemento legato alla diagenesi, ma che possono essere interessati da una o più famiglie di discontinuità primarie (piani di stratificazione) e secondarie (faglie, diaclasi e fratture)
- 2) Terreni sciolti (Engineering soils), come aggregati più o meno omogenei e isotropi di elementi lapidei in materiale più sottile, come matrice.

I terreni sciolti a loro volta sono suddivisi in

- a) Detriti, se i costituenti maggiori di 2 mm sono presenti in quantità superiore al 20% e l'intera massa risulta clastosostenuta;
- b) Terre, se i costituenti minori di 2 mm sono presenti nella massa in quantità comprese fra il 20 e l'80%; fango se il materiale sottile è presente in quantità superiore a 80%.

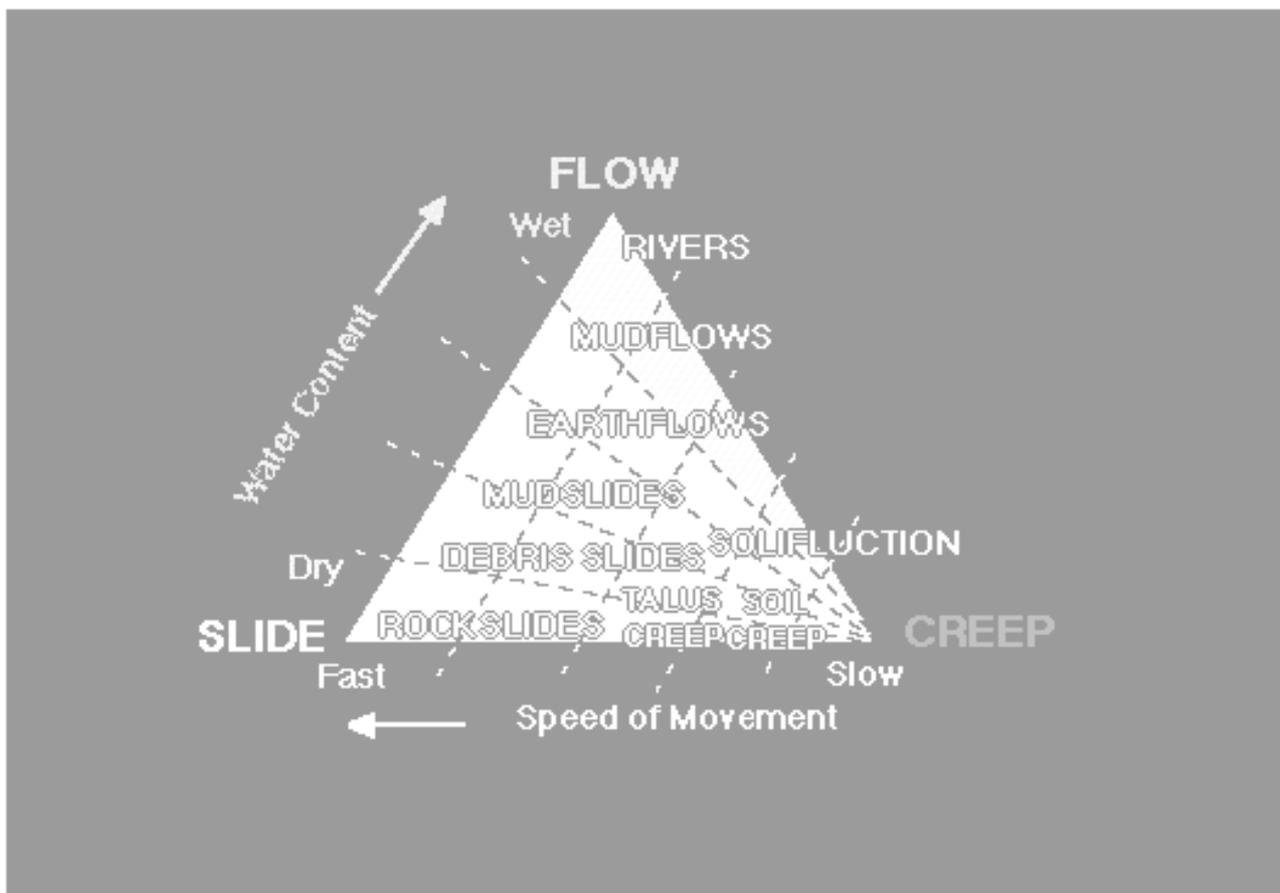
In base a questi parametri , è stata impostata la classifica abbreviata mostrata in figura.

Sulla figura successiva si mostra, per comparazione la Classifica di Kirkby, che pur essendo meno utilizzata , è sempre opportuno tenere presente in quanto tiene conto del punto di vista geomorfologico, in cui le differenziazioni fra tipologie, velocità e contenuto d'acqua non sono nette ma possono coesistere nello sviluppo di una frana.

Gli altri caratteri utilizzati per descrivere le frane (Contenuto d'Acqua, Velocità, Stato di attività, Distribuzione dell'attività e Stile di Attività ed Età, sono più ampiamente descritti in Appendice I.

Descrizione abbreviata

Tipo di Movimento	Tipo	di	Materiale
	<i>Bedrock</i>	<i>Engineering</i>	<i>Soil</i>
		Detrito (Debris)	Terra (Earth)
Crollo (<i>Fall</i>)	Crollo di roccia (<i>Rockfall</i>)	Crollo di Detrito (Debris Fall)	Crollo di Terra (Earth Fall)
Ribaltamento (Topple)	Ribaltam. di roccia (Rock Topple)	Ribaltam. di Detrito (Debris Topple)	Ribaltam. di Terra (Earth Topple)
Scorrimento (Slide)	Scorrim. di Roccia (Rockslide)	Scorrim. di Detrito (Debris Slide)	Scorrim. di Terra (Earth Slide)
Espansione (Spreading)	Espans. di Roccia (Rock Streading)	Esoansion. di Detrito (Debris Spreading)	Espans. di Terra (Earth Spreading)
Colata (Flow)	Colata di Roccia (Rockflow)	Colata di Detrito (Debrisflow)	Colata di Terra (Earthflow)



3. Riconoscimento e Caratterizzazione delle frane singole lente e/o moderate

Il vecchio adagio secondo cui metà della soluzione del problema è il riconoscimento che il problema esiste risulta oltremodo appropriato nel campo delle frane.

Il riconoscimento della presenza del potenziale sviluppo di movimenti di massa lungo i versanti e la identificazione della tipologia e delle cause dei movimenti di versante sono importanti per lo sviluppo di procedure di prevenzione e mitigazione delle frane.

Le esperienze maturate a seguito di intense ed approfondite indagini sulle frane condotte durante gli ultimi decenni hanno consentito di porre le basi per l'attuale approccio allo studio delle frane, dei versanti interessati da frane ovvero potenzialmente soggetti a frane.

Questo approccio consolidato si basa sui seguenti presupposti di fondo:

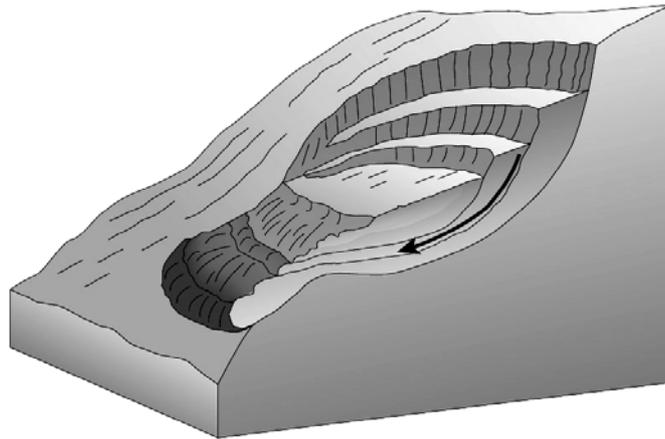
1. La maggior parte delle frane o delle potenziali rotture di versante si possono prevedere se vengono effettuati in tempo appropriate indagini e rilievi;
2. Il costo di prevenzione delle frane è inferiore al costo della loro stabilizzazione o mitigazione, ad eccezione dei piccoli fenomeni che possono essere controllati da usuali tecniche di manutenzione;
3. Intervenire su vasti movimenti franosi può costare diverse volte il costo di interventi effettuati per evitare la loro prima mobilitazione;
4. L'occorrenza di iniziali movimenti di versanti può portare ad ulteriori condizioni di instabilità e frane lungo i versanti indisturbati.

Scopo di questa nota è la illustrazione delle tecniche utilizzate per il riconoscimento della presenza o del potenziale sviluppo di frane a velocità da lenta a moderate e per l'acquisizione di quei caratteri distintivi che aiutano a identificare questi tipi di movimenti di versante

3.1 Gli Scorrimenti Rotazionali e Traslativi

Definizione generale

“Movimento verso valle di una massa di terra o di roccia che si verifica prevalentemente lungo superfici di rottura ben definite e visibili o lungo strette zone di intensa deformazione da taglio che possono essere ragionevolmente ricostruite e delimitate”.



Cinematismo

Il movimento può essere progressivo e non si verifica simultaneamente sull'intero sviluppo di quello che eventualmente diventerà la superficie di rottura, il movimento, infatti, si può propagare a partire da un'area più ristretta di rottura locale.

Segni premonitori

I segni premonitori dei movimenti che preludono a scorrimenti consistono in fratture (cracks) sull'originale piano di campagna lungo il quale prenderà forma la scarpata principale del futuro scorrimento; Le fratture in genere sono concave nel verso di spostamento del futuro scorrimento.



Evoluzione “ post failure”

Una volta innescatosi lo scorrimento, la massa spostata può scorrere oltre l’unghia della superficie di rottura sovrapponendosi all’originario piano di campagna del versante, che , quindi, diventa una superficie di separazione fra la massa spostata ed il versante indisturbato



Sub-tipologie di Scorrimenti

Sia Varnes (1978) che Cruden e Varnes (1996) differenziano gli scorrimenti in :

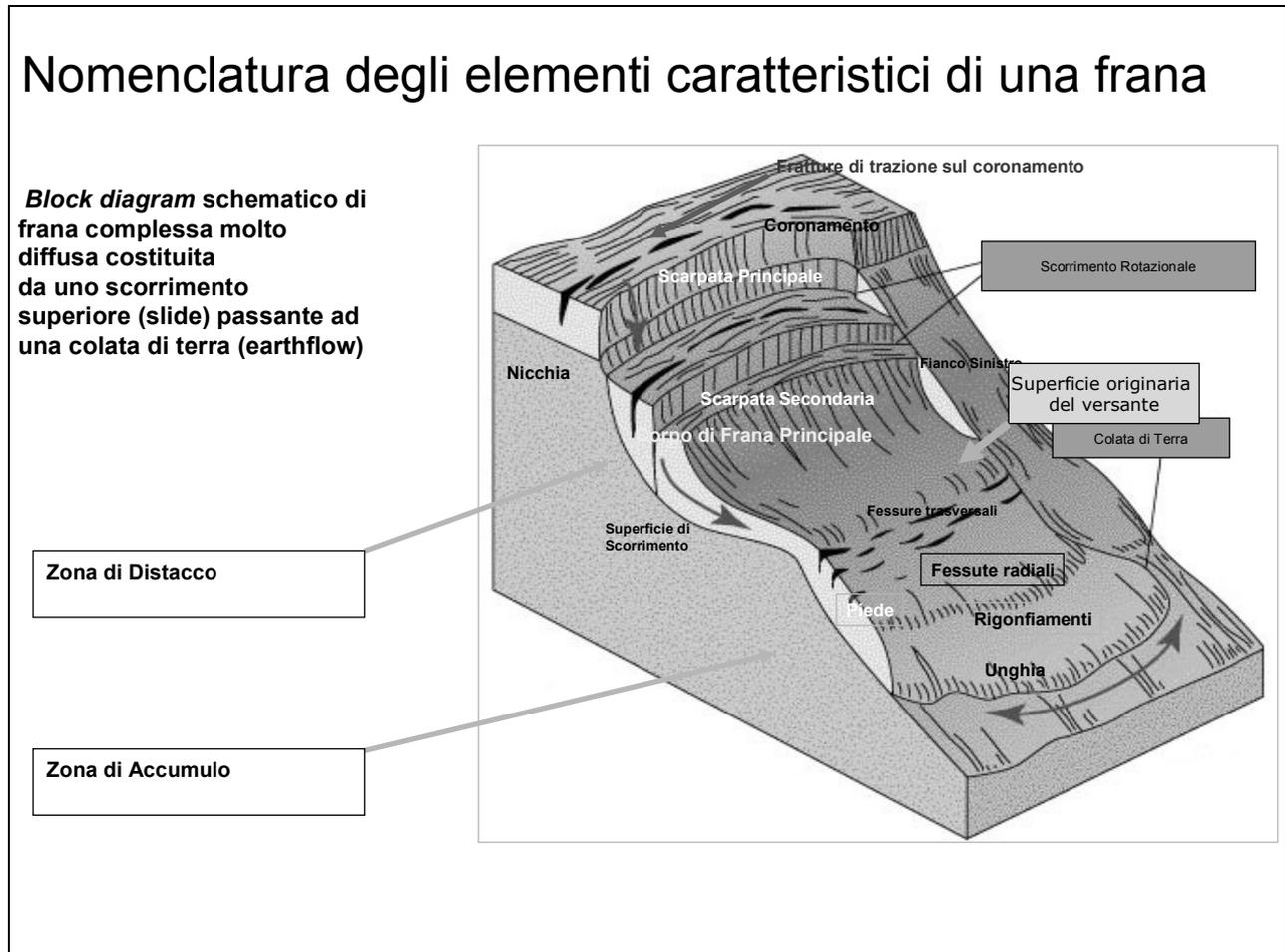
- ◆ **Scorrimenti Rotazionali**
(Rotational Slides)
- ◆ **Scorrimenti Traslativi**
(Traslational Slides)

in quanto significativi ai fini delle analisi di stabilità e dei metodi di stabilizzazione.

Scorrimento Rotazionale

Movimento di terra o di roccia che si sviluppa lungo una superficie di scorrimento di neoformazione avente una forma curva e concava verso l'alto.

Il polo o l'asse di rotazione del movimento è localizzato al di sopra del centro di gravità della massa. Presentano un rapporto fra profondità e lunghezza della superficie di rottura (D_r/L_r) compreso fra 0.15 e 0.33 (Skemton and Hutchinson, 1969). Scorrimenti rotazionali con superfici circolari o cicloidali implicano una cinematica *in blocco* con la massa in movimento che si può muovere lungo la superficie di scorrimento senza apprezzabili deformazioni interne.



La testata della massa spostata si può muovere quasi verticalmente lungo le preesistenti fratture di trazione.

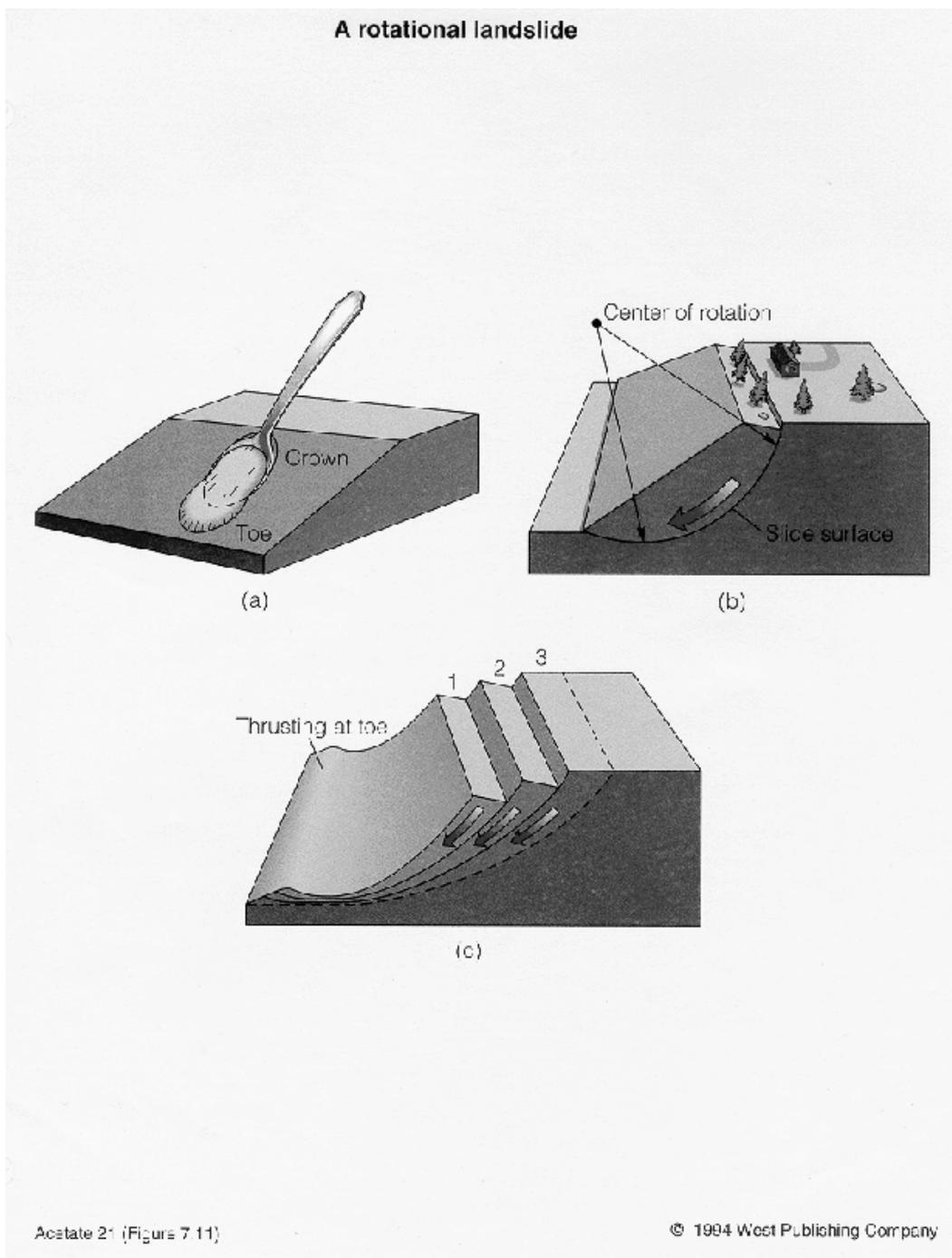


La superficie superiore del materiale spostato ruota in contropendenza rispetto al versante; si possono creare, così, nuovi movimenti retrogressivi lungo la Scarpata Principale e accumuli idrici (*Sag Pond*) nella zona endoreica in contropendenza del blocco ruotato.



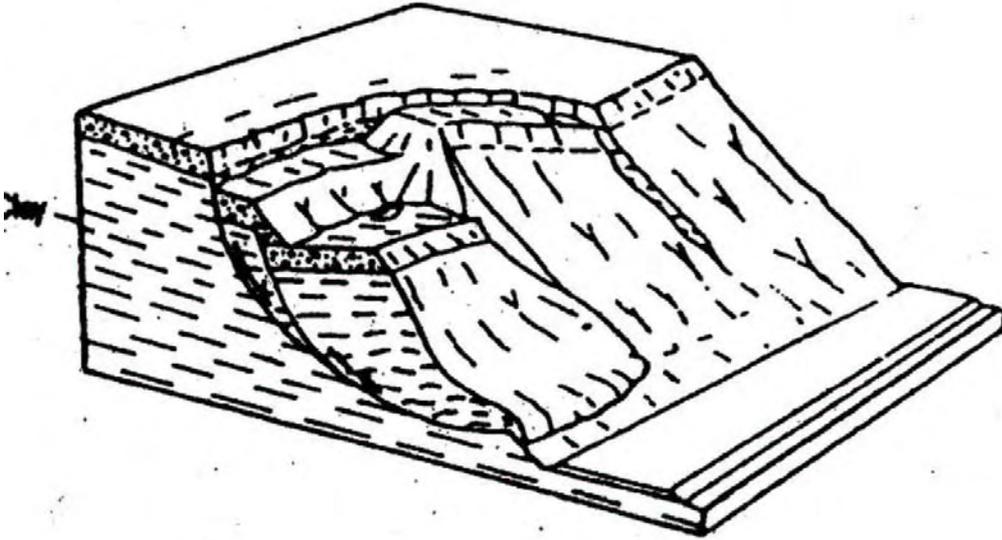
Distinzione geometrica:

- a) Scorrimenti rotazionali “spoon-shaped”, la cui superficie di scorrimento è conformata a cucchiaio con un rapporto Larghezza/Lunghezza prossimo a 1;
- b) Scorrimenti cilindrici, si estendono per considerevoli distanze lungo il versante perpendicolarmente alla direzione di movimento e presentano una superficie di scorrimento all'incirca cilindrica;
- c) Scorrimenti multipli

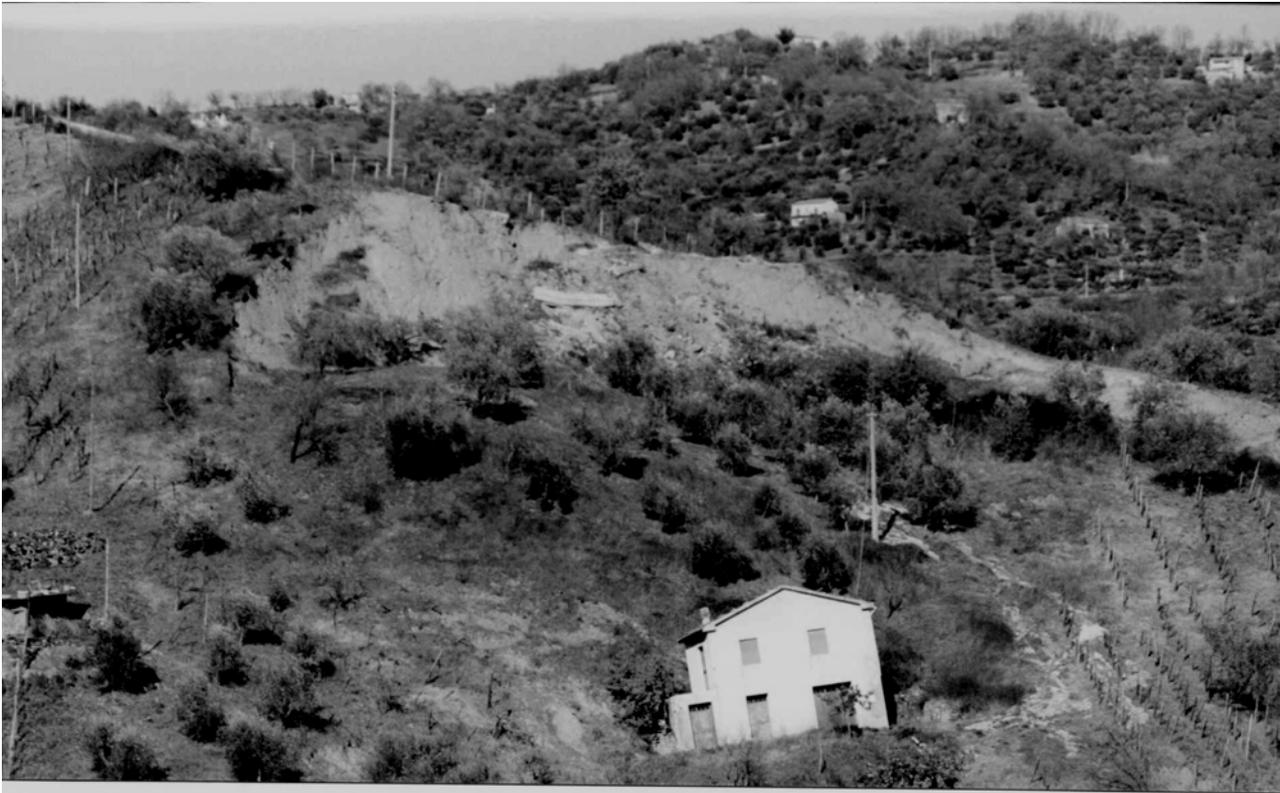
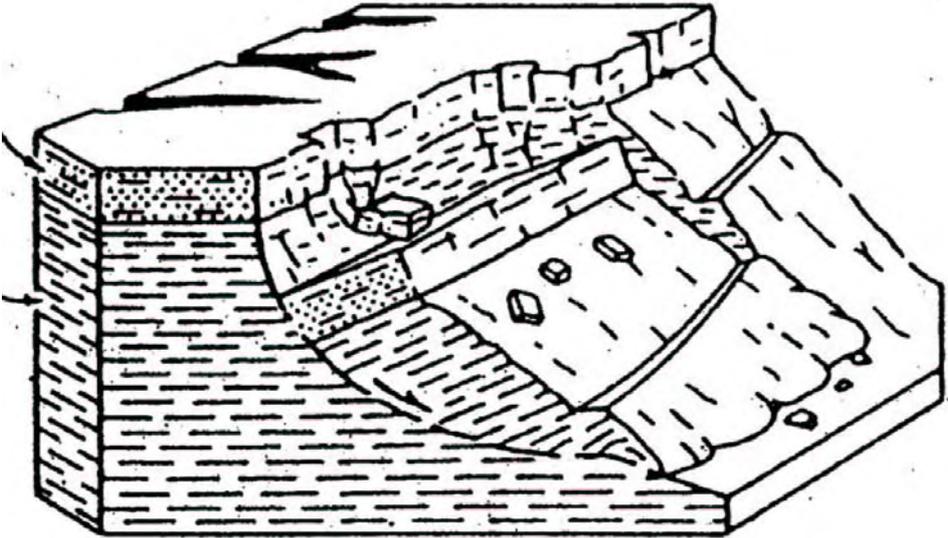


Distinzione in base al tipo di materiale:

a) Scorrimento Rotazionale di Terra



b) Scorrimento Rotazionale di Roccia



Distinzione in base al controllo delle discontinuità

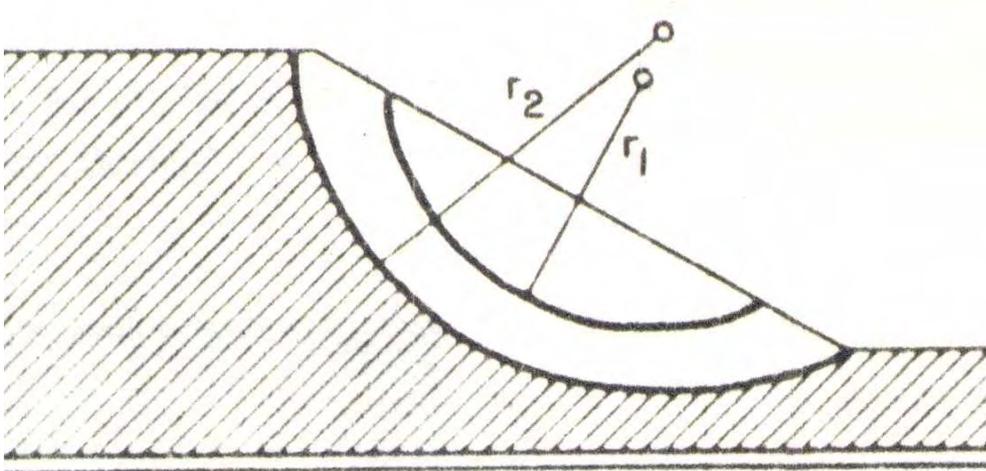
Lungo i versanti naturali costituiti da materiali omogenei, la superficie di scorrimento risulta pressoché circolare.

Lungo i versanti non omogenei la superficie di scorrimento segue le discontinuità e le fasce di disomogeneità;

Seguono alcuni esempi:

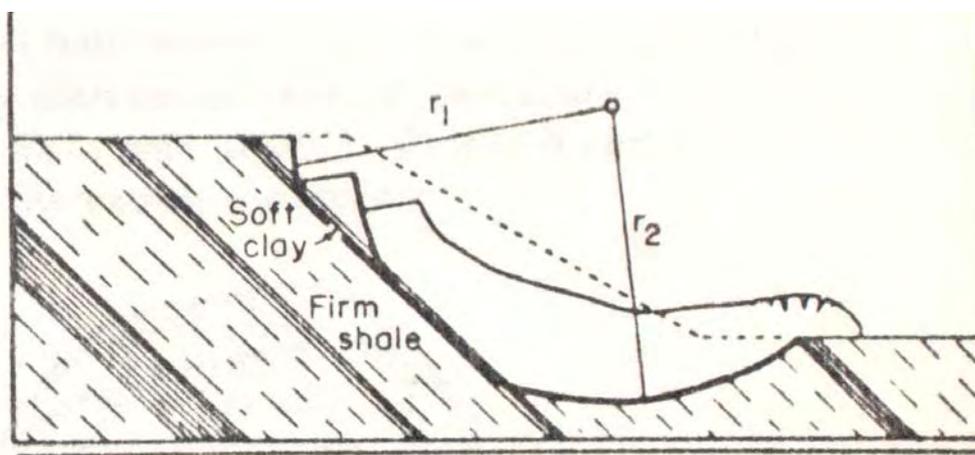
Scorrimenti Rotazionali in litologia omogenea:

- ◆ Superficie di scorrimento quasi circolare
- ◆ Rottura di versante, r_1
- ◆ Rottura al piede del versante, r_2



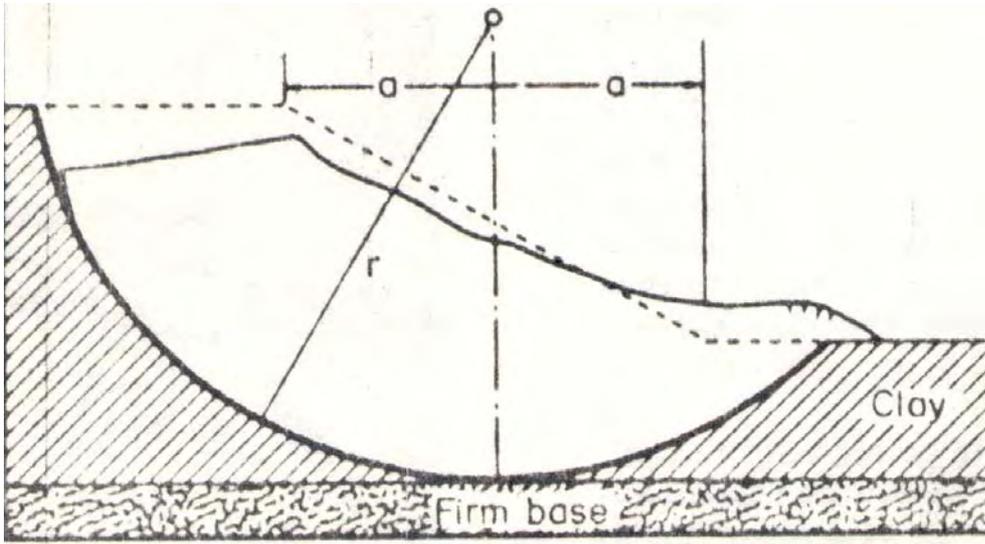
Scorrimento Rotazionale in materiale non-omogeneo a strati inclinati più o meno competenti

- ◆ Superficie di scorrimento composita
- ◆ Planare lungo gli strati meno resistenti, r_1
- ◆ Circolare negli orizzonti competenti, r_2
- ◆ Rottura alla base del versante, r_2



Scorrimento Rotazionale in materiale omogeneo su strato orizzontale più competente

- ◆ Scorrimento circolare tangente allo strato competente
- ◆ Centro di scorrimento sulla verticale della bisettrice del versante originario
- ◆ Rottura alla base del versante, r



Scorrimento Rotazionale in materiale non-omogeneo: Caso di uno strato consistente su strato orizzontale poco consistente

- ◆ Superficie di scorrimento composita
- ◆ Planare lungo lo strato meno consistente
- ◆ Circolare negli orizzonti consistenti, r
- ◆ Rottura alla base del versante

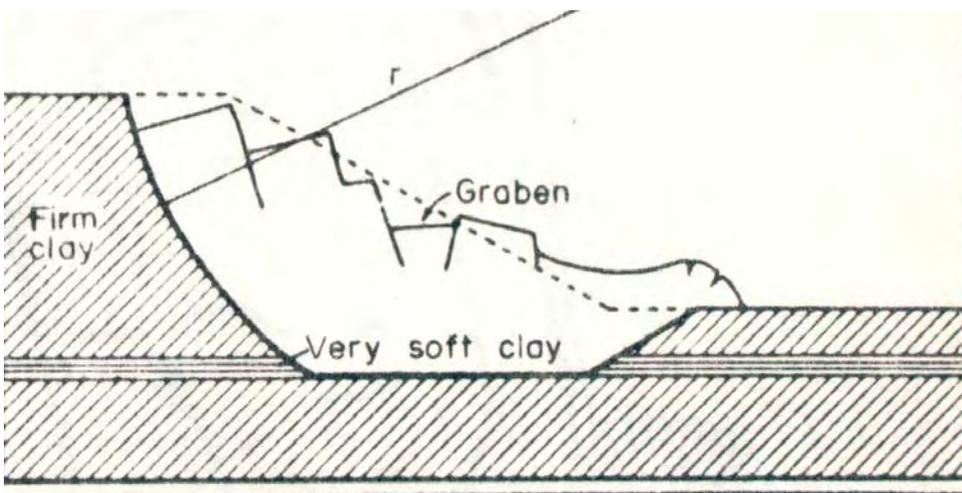


Tabella 1: Caratteri macroscopici di riconoscimento dei fenomeni di scorrimento rotazionali
Rib and Ta Liang (1978)

Tipo di Materiale	Aree al contorno della frana			Area del materiale franato			
	Coronamento	Scarpata Principale	Fianchi	Testata	Corpo	Piede	Unghia
Terra	Numerose fratture di trazione concave nel verso del movimento	Acclive, denudata, concava verso la frana; può mostrare strie e solchi sulla superficie di scivolamento dal coronamento alla testata; può essere verticale nella parte superiore	Strie con forte componente verticale vero la testata e forte componente orizzontale verso il piede; l'altezza della scarpata decresce verso il piede tra il piede e l'unghia può essere più elevata della superficie originaria; presenta fratture en echelon che delinea lo scorrimento nella fase iniziale	Presenta residui della originaria superficie meno acclivi o in contropendenza, creando depressioni alla base della scarpata principale in cui si possono formare laghetti di frana (<i>sag ponds</i>); presenta fratture trasversali, scarpate secondarie, graben, blocchi dislocati, stratificazione discordante con quella delle aree adiacenti e alberi e manufatti che pendono verso monte	Composto dagli originali blocchi franati disarticolati in masse più piccole; presenta fratture longitudinali, rigonfiamenti e occasionali accavallamenti; comunemente si formano <i>sag ponds</i> proprio sopra il piede	Comunemente presenta fratture trasversali sviluppate sul piede e rigonfiamenti trasversali sotto il piede; presenta zone di sollevamento, blocchi più limitati ed alberi e manufatti che pendono verso valle	Risulta spesso una zona di colata di terra (<i>earth flow</i>) in cui il materiale si accartocchia e seppellisce; vi sono alberi atterrati o inclinati a vario angolo mescolati con il materiale della frana
Roccia	Presenta fratture che tendono a seguire il pattern della roccia originaria	Acclive, denudata, concava verso la frana; può mostrare strie e solchi sulla superficie di scivolamento dal coronamento alla testata; può essere verticale nella parte superiore	Strie con forte componente verticale vero la testata e forte componente orizzontale verso il piede; l'altezza della scarpata decresce verso il piede tra il piede e l'unghia può essere più elevata della superficie originaria; presenta fratture en echelon che delinea lo scorrimento nella fase iniziale	Presenta residui della originaria superficie meno acclivi o in contropendenza, creando depressioni alla base della scarpata principale in cui si possono formare laghetti di frana (<i>sag ponds</i>); presenta fratture trasversali, scarpate secondarie, graben, blocchi dislocati, stratificazione discordante con quella delle aree adiacenti e alberi e manufatti che pendono verso monte	Composto dagli originali blocchi franati, spesso disarticolati; presenta poche deformazioni plastiche; fratture longitudinali, rigonfiamenti e occasionali accavallamenti; comunemente si formano <i>sag ponds</i> proprio sopra il piede	Comunemente presenta fratture trasversali sviluppate sul piede e rigonfiamenti trasversali sotto il piede; presenta zone di sollevamento, blocchi più limitati ed alberi e manufatti che pendono verso valle	Non evolve in <i>earth flow</i> ; risulta spesso rettilinea e chiusa al piede; può avere il fronte acclive.

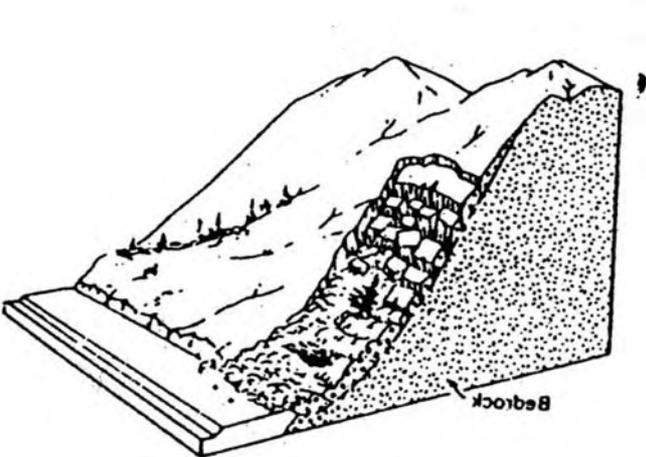
Scorrimenti Traslativi

Movimenti di terra o di roccia che si sviluppano lungo una superficie di scorrimento avente una forma planare o, al massimo, ondulata. Presentano un rapporto $D_r/L_r < 0.1$.

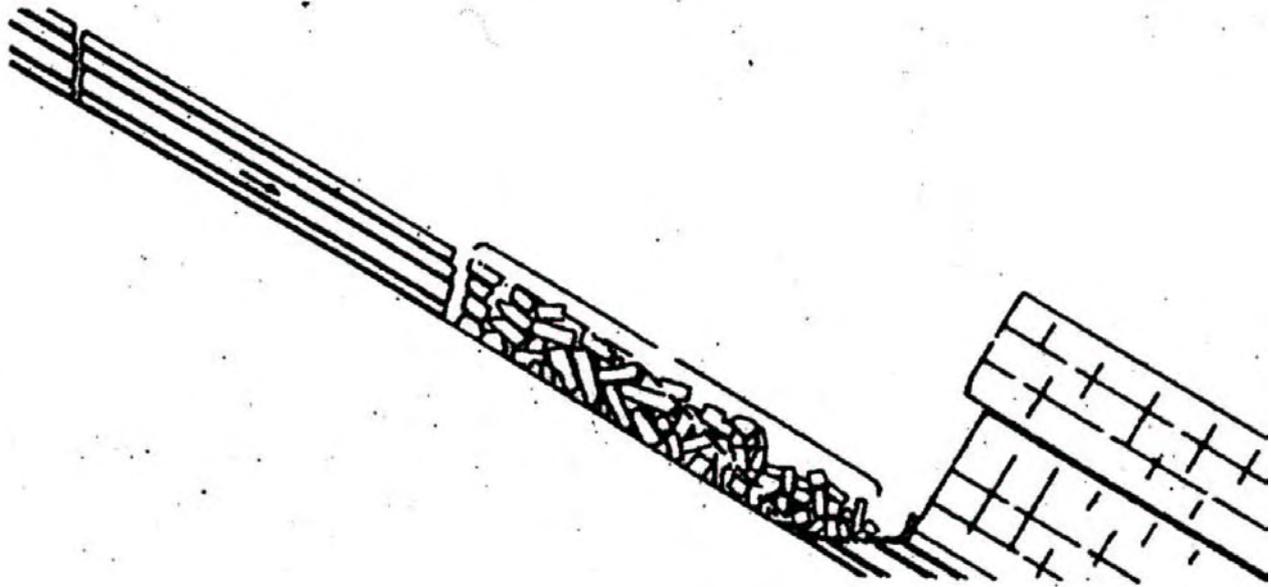
Le superfici di scorrimento spesso seguono discontinuità preesistenti come faglie, diaclasi o piani di strato, ovvero il contatto fra *bedrock* e regolite o detriti trasportati



Scorrimento traslativo di terra su bedrock



Scorrimenti traslativi che si sviluppano a partire da discontinuità singole presenti nelle masse rocciose sono stati definiti “ Block Slides” da Pane (1969) o “Planar Slides” da Hoek and Bray (1981)



E' possibile una transizione graduale da Rock Block Slide, caratterizzati da spostamenti moderati il cui materiale dislocato rimane integro (in blocco, appunto) sulla superficie di rottura, a Scorrimenti Traslativi che si verificano lungo tratti di pendio più acclivi e ripidi ed il cui materiale si disarticola in detrito. In particolari condizioni si possono trasformare in Sturzstroms.

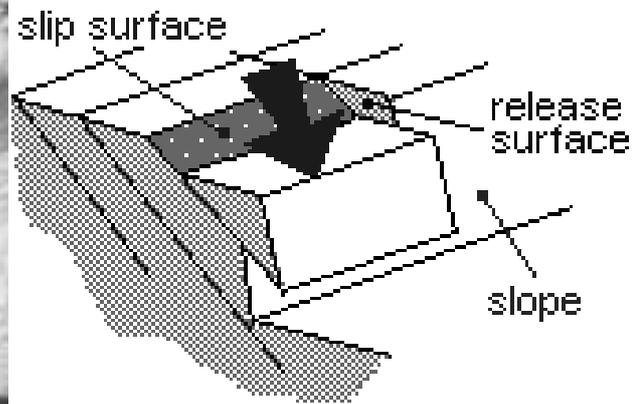
Spostamenti di masse rocciose dipendenti dalla disposizione delle discontinuità nell'ambito della massa stessa e dalle interrelazioni con la giacitura e geometria del versante;

Sono stati riconosciuti due tipi:

- ◆ Scorrimenti Planari
- ◆ Scorrimenti a Cuneo

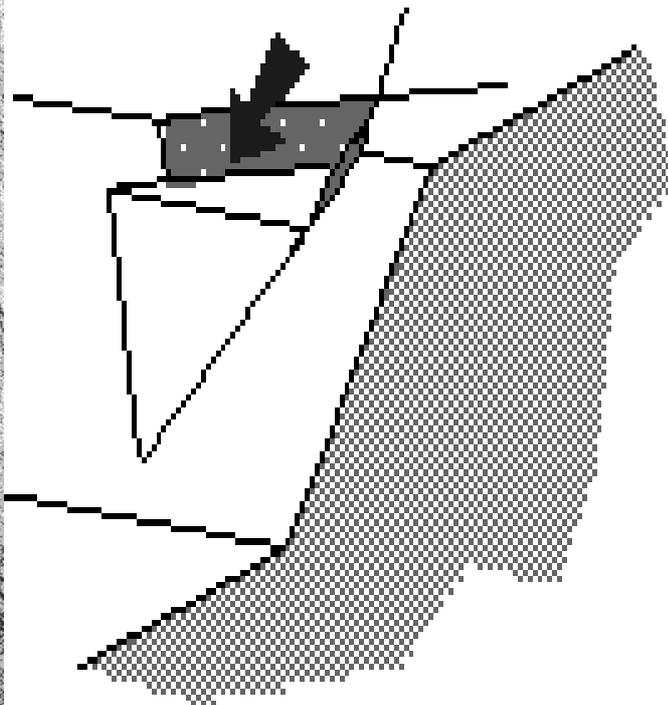
Scorrimenti Planari

Lo scorrimento avviene lungo una discontinuità singola ed è controllato dalle sue caratteristiche geometriche e geomeccaniche.



Scorrimenti a Cuneo

Scorrimenti traslativi in roccia che avvengono lungo due discontinuità la cui intersezione si dispone conforme al versante



3.2 Le Colate (Flows)

Definizione generale

Movimento di terra o di roccia:

- Spazialmente continuo
- Superfici di taglio di breve durata
- Superfici di taglio multiple e molto ravvicinate
- Superfici di scorrimento scarsamente conservative

Condizioni al contorno

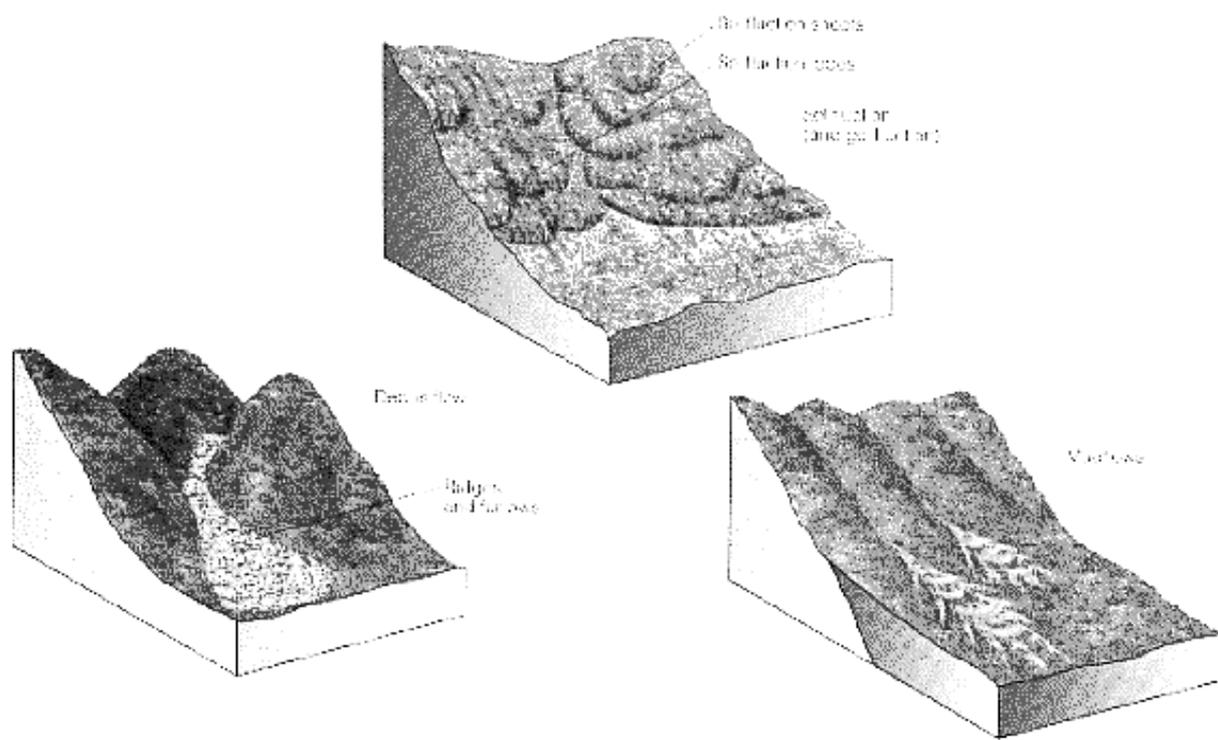
Il limite inferiore della massa spostata o in movimento può essere costituito da:

- Una superficie in corrispondenza della quale sono in atto o sono avvenuti significativi movimenti differenziali;
- Una fascia di sottosuolo più o meno ampia in cui i movimenti di taglio sono variamente distribuiti

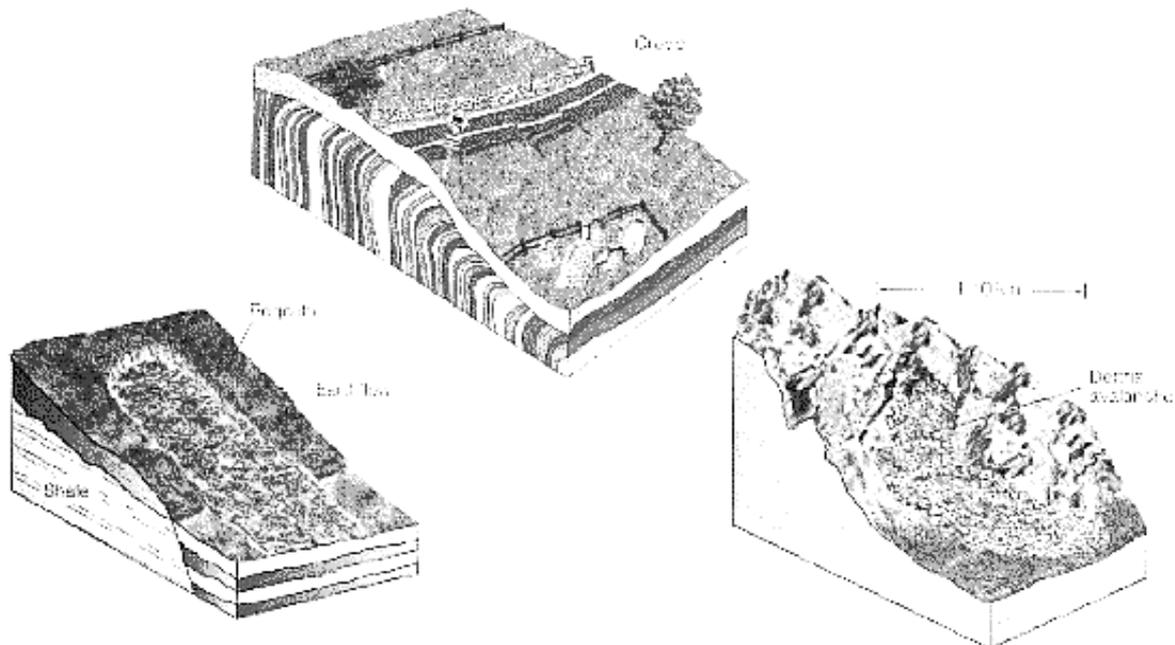
Esiste una graduale transizione da scorrimenti (Slides) in colate lente o rapide (Flows) in funzione del contenuto d'acqua e dell'evoluzione del movimento.

Es. : Debris Slides possono diventare Debris Flows estremamente rapidi o Debris Avalanches appena il materiale spostato si disarticola, si frantuma, perde coesione, assume acqua e si sviluppa su versanti ad elevata acclività.

SLURRY (WET) FLOWS



GRANULAR (DRY) FLOWS



Le Colate di Terra (Earthflows)

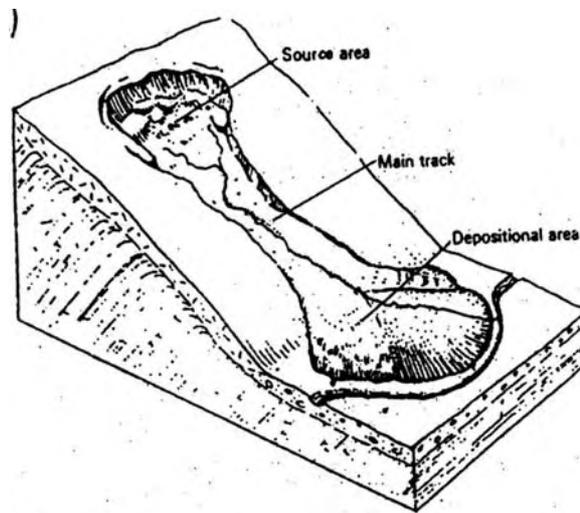
Movimenti generalmente caratterizzati da velocità da basse a moderate di terreni ad alto contenuto di argilla o limo e con un contenuto d'acqua da basso a medio

I fenomeni, anche di grandi estensione, interessano, in genere, versanti di media pendenza costituiti da rocce argillose o rocce alterate con matrice argillosa

Il movimento avviene prevalentemente lungo i limiti della massa spostata e, subordinatamente, attraverso deformazioni interne alla stessa.

Si distinguono tre zone:

- Area o bacino di alimentazione,
- Canale di flusso ed
- Area deposizionale



Schema



Caso reale

3.3 Soil Creep, Mass Creep e Deep Creep

Dal punto di vista della meccanica dei materiali, il creep si definisce:

“Deformazione permanente sotto sforzi costanti”

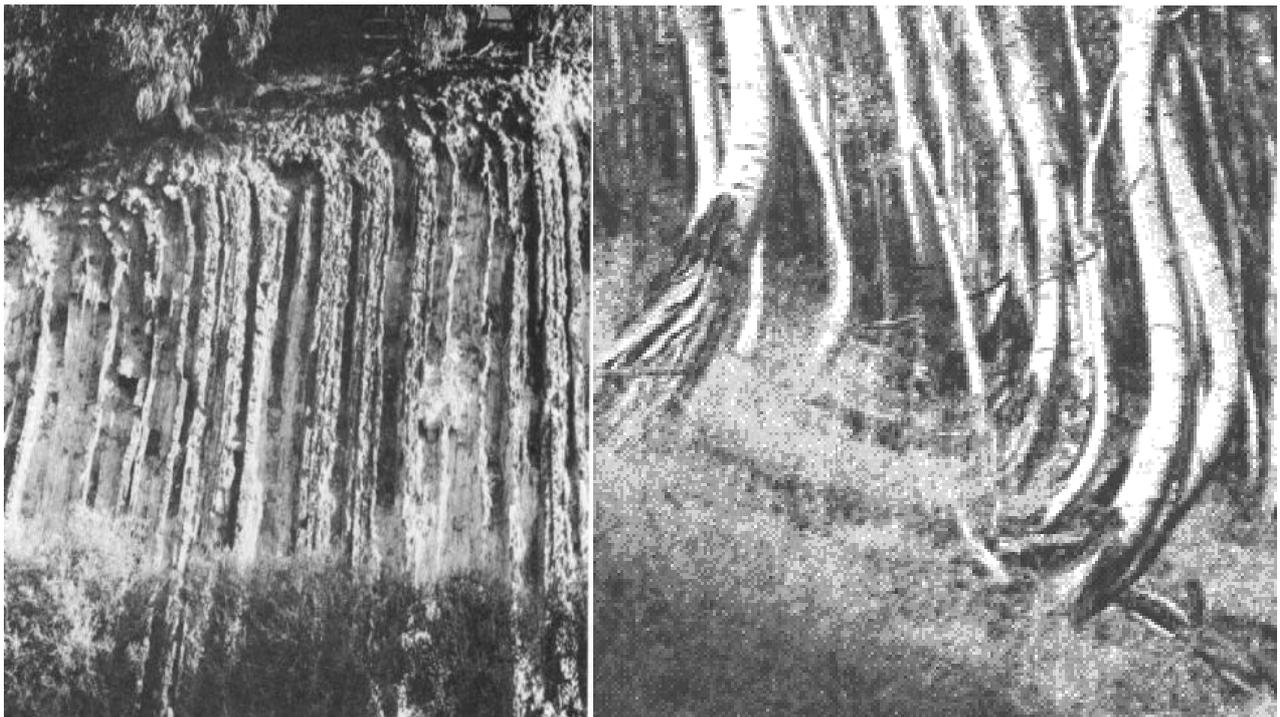
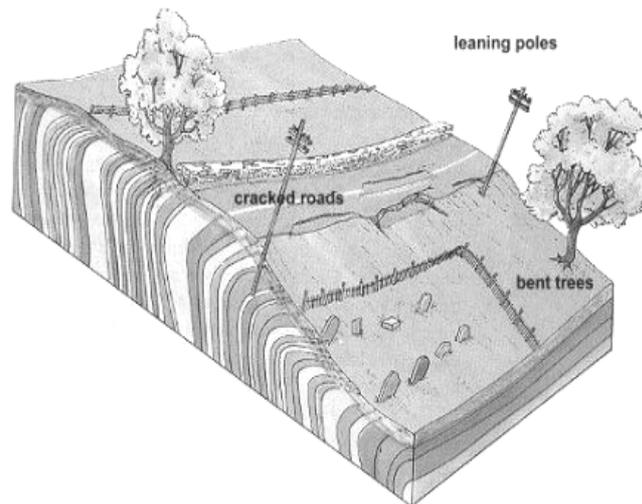
Dal punto di vista geomorfologico è:

“Movimento impercettibile di rocce o terre distribuiti nella massa più che lungo superfici definite”

Soil Creep

Deformazione lenta della copertura detritica o regolitica lungo il versante sotto l'azione della gravità ed a seguito delle variazioni stagionali di umidità del terreno

Evidenze superficiali del soil creep





Il soil creep può diventare earth flow in particolari condizioni litologiche e di saturazione della massa detritica o terrosa.



Mass Creep

Il creep di massa si verifica quando le coperture detritico-colluviali o i cumuli di frana preesistenti tendono ad una stabilizzazione temporanea, per avere acquisito una sagoma morfologica complessiva più adatta alle caratteristiche tecniche dei materiali.
Il movimento deriva da una deformazione viscosa del corpo detritico.



Fig. 9. Le ondulazioni irregolari della Fase C nella parte mediana della frana di Sorg. Tarossa: foto dell'aprile '89.*

Creep profondo

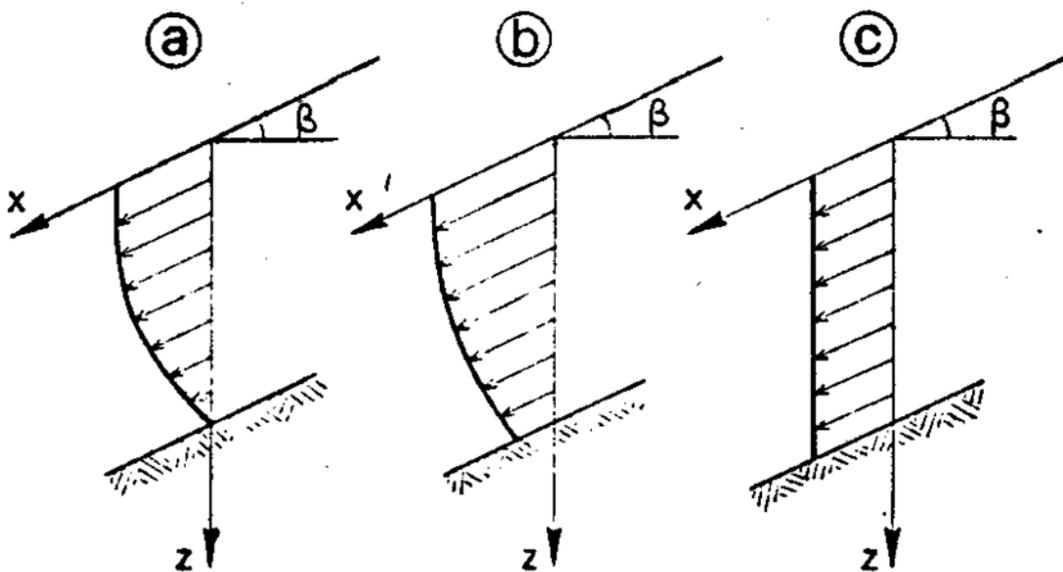
Movimento lento o estremamente lento di masse anche lapidee, di notevoli dimensioni mobilizzate per frane almeno "recenti" che nella fase attuale non hanno ancora raggiunto uno stato di equilibrio morfoevolutivo nell'ambito del sistema crinale-versante-fondovalle

Le superfici interessate dai movimenti attuali sono in genere preesistenti, originate durante la fase di collasso della massa franata.

Si può ritenere che gli spostamenti siano legati a stati tensionali intrinseci al cumulo di frana, che tendono a dissiparsi con basse energie durante le fasi terminali del movimento originario.

Nel tempo si può passare, nello stesso corpo di frana, a profilo di creep continuo, profilo di creep discontinuo con scorrimenti a traslazione pura dovuta a scorrimento alla base.

In numerose situazioni, si possono verificare delle condizioni di transizione fra creep, creep-scorrimento e scorrimento, soprattutto nelle coltri detritico-colluviali.



Colata di Terra

Quando la massa in movimento presenta rilevanti deformazioni interne, assenza di superfici di rottura associati a striature laterali (*slickensides*) lungo i margini, la frana si può definire

- Colata di Terra (Earth Flow)

Quando la massa in movimento presenta trascurabili deformazioni interne e superfici di rottura associati a striature laterali (*slickenside*) lungo i margini, la frana si può definire

- Scorrimento traslativo di terra (Translational Earth Slide)

Se la massa presenta entrambe le modalità di spostamento e deformazione, allora la frana è chiaramente una

- Composita da Colata di Terra-Scorrimento di Terra Lenti
- (Slow, composite earth slide-earth flows)





► FIG. 3 - La zona di accumulo del sistema franoso al 19 Aprile 1996.

3.4 Espansioni Laterali,

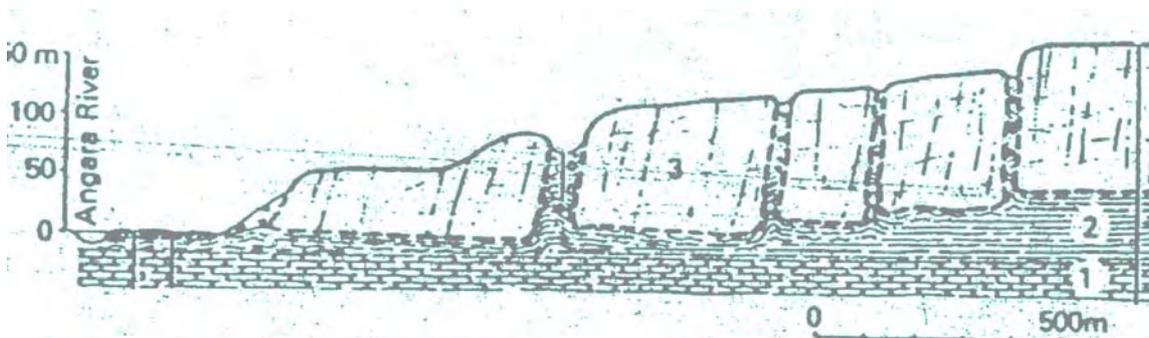
Movimento di estensione di una terra coesiva o di una massa rocciosa combinato con una generale subsidenza della massa fratturata, che si disarticola in diverse parti, in una massa di materiale incompetente coesivo. La superficie di rottura, in genere, non corrisponde ad una superficie di intenso stress. L'espansione può risultare da liquefazione, flusso o estrusione del materiale incompetente sottostante. Si tratta di movimenti generalmente lenti

Varnes (1978) riconosce due tipologie di Spreads:

- ◆ 1) Espansioni in roccia senza superfici di rottura identificabili (Block Spreads);
- ◆ 2) Espansioni in terre coesive sovrapposte a materiale liquefatto o che fluisce plasticamente (Liquefaction Spreads)

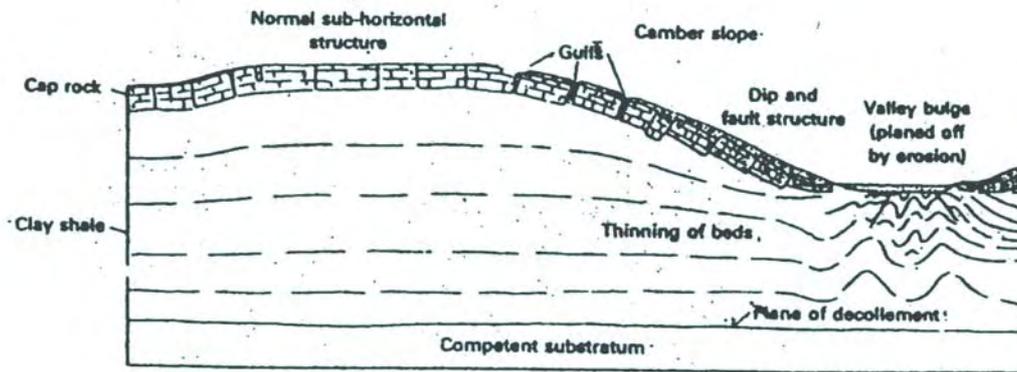
Block Type Spreads

Uno spesso strato di rocce, sovrapposto a materiale incompetente, si frattura, disarticola e separa in "Blocchi"; il materiale incompetente è estruso ("squeezed") nelle fratture fra i blocchi, che si riempiono anche di materiale roccioso disarticolato. La velocità di movimento è estremamente lenta.



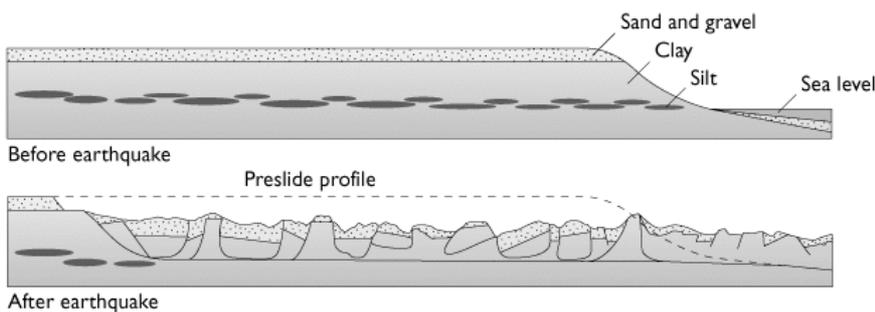
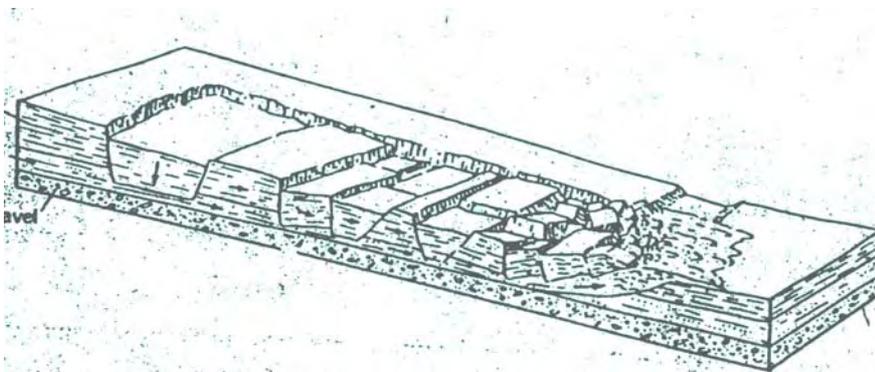
Cambering & Valley Bulging (Hutchinson, 1991)

Fenomeno in grande che si caratterizza da una curvatura dei blocchi rigidi superiori (cambering) che si inclinano verso valle ed una elevata deformazione e rigonfiamento (bulging) degli strati incompetenti sottostanti al centro della valle.



Espansioni in terre coesive tipo Liquefaction Type Spreads

Si forma nelle argille e limi sensitivi che hanno perso resistenza a causa di disturbi che danneggiano la loro struttura; il movimento è traslazionale e spesso retrogressivo. I blocchi sovrastanti possono sprofondare, formando graben, e si può avere flusso eiettato all'unghia della massa spostata. Il movimento può diventare improvviso e raggiungere velocità localmente molto elevate. Sono fenomeni frequenti a seguito di forti terremoti.



3.5 Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (Sags, Sakungen)

Fenomeni estremamente complessi che si manifestano con meccanismi non ancora completamente chiariti e che interessano grandi volumi montagnosi su lunghi periodi di tempo.

Deformazioni distribuite nell'ambito della massa attraverso sistemi di fratture di varie dimensioni (da grandi diaclasi a microfratture) strettamente spaziate e non necessariamente interconnesse possono interessare grandi ammassi di rocce competenti.

Assenza di concentrazione di spostamenti lungo fratture discrete con movimenti in blocco estremamente lenti.

Nelle rocce incompetenti , i fenomeni si concretizzano in diversi tipi di comportamento plastico in grande delle masse rocciose :

- Piegamento (Folding)
- Curvatura (Bending)
- Rigonfiamento (Bulging)

Diffuso è il comportamento deformativo di sequenze rocciose molto spesse, tipo calcari, su materiali incompetenti, tipo argille.

Le evidenze morfologiche più significative sono presenti sulla sommità delle montagne con contropendenze, trincee (Trenches), sdoppiamento di creste, nonché rigonfiamenti e inarcamenti alla base dei versanti montagnosi.



3.6 Le frane complesse

Si definisce complesso un fenomeno franoso con due o più tipi di movimento che avvengono in sequenza temporale.

In precedenza sono stati illustrati alcuni dei più frequenti casi di frane complesse, a velocità da lenta a moderata: scorrimento-colata, soil creep-colata di terra, ecc...

Nei paesaggi modellati su successioni argilloso-marnose strutturalmente complesse e con franosità di lungo termine sono i fenomeni più diffusi.

Nel successivo capitolo 5 saranno analizzati, in particolare, alcuni casi di frane complesse:

- Frana Caporra
- Frana Covatta
- Frana di Brindisi di Montagna Scalo

significativi sia per gli aspetti tipologici, cinematici ed evolutivi specifici, ma anche per la rappresentatività dei fenomeni a scala territoriale e per la valutazione delle loro pericolosità geomorfologica.

3.7 Le Riattivazioni

Una delle caratteristiche peculiari delle frane moderate e lente, al contrario di quelle a cinematismo rapido (crolli e colate detritiche), è quella che il corpo di frana, dopo il primo distacco, può subire una più o meno lunga storia evolutiva, che lo porta a modificazioni di forma, di volume, di consistenza e di cinematismo.

Il corpo di frana degli scorrimenti e delle colate di terra può essere, infatti, soggetto a riattivazione omotetica o eterotetica dopo un periodo di inattività più o meno lungo, comunque superiore all'ultimo ciclo stagionale.

Anche per le riattivazioni si ritiene opportuno fare riferimento ai casi reali esposti nel Capitolo 5.

4. Metodi di Studio delle frane lente e moderate su Area Vasta

4.1 Generalità

I fenomeni franosi lenti o moderati presenti in aree collinari e montane dell'Appennino Campano sono caratterizzati da una molteplicità di tipologie, dimensioni, età e stati di attività per la diversificazione delle condizioni geolitologiche e la storia morfoevolutiva dei versanti.

Se a questa caratteristica di fondo si aggiunge il diverso grado di “leggibilità morfologica”, strettamente connesso all'evoluzione più o meno intensa dei versanti e dei bacini, ne deriva che, mentre il singolo fenomeno può essere riconosciuto, identificato e caratterizzato, i fenomeni franosi nel loro insieme risultano di complessa identificazione ed interpretazione.

L'inventario dei fenomeni franosi su vasta area, con un dettaglio utile per la definizione del rischio di frana e per fornire indicazioni pertinenti per le azioni di assetto territoriale, richiede, pertanto, il ricorso a criteri e metodi integrativi in grado, tra l'altro, di interpretare in maniera sistematica ed omogenea le caratteristiche morfologiche di un territorio particolarmente vasto, condizione questa indispensabile per la valutazione della incidenza dei fenomeni franosi nel quadro più generale di modellamento del paesaggio.

Necessita, pertanto, come già accennato in precedenza, il punto di vista “geomorfologico” per adeguare la lettura del territorio ad ordini di grandezza di scale spaziali e temporali più ampie di quelle sufficienti ad affrontare fenomeni franosi singoli.

Risulta necessario, quindi, porsi le seguenti domande:

1) I fenomeni franosi, quando risultano agenti geomorfici prevalenti a scala territoriale, possono essere studiati singolarmente, cioè senza interferenze reciproche, oppure devono essere “letti” in forma sistemica, cioè con reciproche interconnessioni e retroazioni?

2) I fenomeni franosi possono essere caratterizzati senza che si definisca anche l'ambito morfologico significativo o land-unit generatrice oppure, ingegneristicamente, il volume territoriale significativo, cioè quell'intorno territoriale fisicamente delimitabile entro cui i processi geomorfici esplicano attività sotto l'influenza di fattori geomorfici che possono essere riconosciuti, caratterizzati e delimitati ed entro cui, ingegneristicamente, risulta necessario estendere l'analisi per definire le condizioni al contorno dei meccanismi idrologici e geomeccanici?

3) I fenomeni franosi ed i loro ambiti morfologici possono essere studiati a scala territoriale senza individuare l'“areale di riferimento”, cioè quel settore territoriale, individuabile e delimitabile, avente caratteristiche geolitologiche, geostrutturali, geoclimatiche, morfotettoniche e morfoevolutive talmente omogenee da giustificare caratteri omogenei di franosità come distribuzione ed evoluzione, nel quadro più generale di evoluzione del sistema geomorfico doppio *versanti-reticolo drenante*?

Per rispondere a queste domande sono stati utilizzati dei criteri metodologici e procedurali innovativi che, prendendo le mosse da ricerche su aree campione, sono stati poi applicati, con diverse modalità e sensibilità, nella formazione dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per la definizione del Rischio Frane.

Si ritiene opportuno accennare brevemente a questi criteri, anche ai fini di una loro utile ricaduta in fase di attualizzazione e gestioni dei Piani Territoriali di Settore.

I criteri in questione, già sperimentati in alcune zone dell'Appennino meridionale, partono dal presupposto che i fenomeni franosi hanno una distribuzione spaziale non casuale, rappresentando una fase della naturale evoluzione dei versanti, e che le crisi di franosità, avvenute nel corso delle ultime migliaia di anni, hanno determinato la sovrapposizione di frane di differente estensione areale e di diversa età ed evoluzione morfologica.

I criteri generalmente utilizzati per la individuazione e perimetrazione dei fenomeni franosi singoli sono quelli noti nella letteratura relativa alla stesura di cartografie tematiche sulla franosità avvenuta.

Le metodologie adottate per le analisi su vasta area hanno imposto di definire una più completa integrazione delle frane con la distribuzione degli elementi morfologici nei singoli tratti di rilievo considerati.

A tal fine, nella fase di raccolta dei dati, è stato necessario discriminare le informazioni utili per ottenere a cascata:

- il riconoscimento delle zone soggette a fenomeni franosi;
- la definizione del tipo di movimento del fenomeno franoso;
- la definizione del perimetro dell'area interessata dal movimento;
- la discriminazione delle riattivazioni avvenute dopo il primo distacco;
- il trasferimento delle informazioni su base topografica in scala 1 : 25.000;
- la definizione e perimetrazione, laddove possibile, delle aree contermini ad alcuni tipi di fenomeni per la individuazione delle zone sede di materiali che possono costituire alimentazione di ulteriori frane, della stessa tipologia di movimento, e delle aree di transito accumulo dei materiali franati, utilizzando criteri discriminanti di tipo morfologico e geologico-morfologico;
- la individuazione, su basi geomorfologiche, del possibile sviluppo in estensione verso valle del fenomeno (*runout*) e della interferenza di questo con la dinamica di fondovalle;
- la verifica della coerenza delle informazioni del dato di base "frana" con i principali elementi geomorfologici e geologici che concorrono alla definizione completa dell'evoluzione del sistema versante-fondovalle.

In tal senso è utile ricordare che le condizioni morfoevolutive dell'area, nell'intorno del fenomeno, concorrono in modo determinante, unitamente ai caratteri geologici e litostratigrafici, allo sviluppo della frana, al tipo di movimento ed alla evoluzione della stessa nel tempo.

Su vasta area, quindi, la fase di riconoscimento e di identificazione dei fenomeni franosi singoli deve essere integrata con l'analisi morfoevolutiva dei versanti interessati e del tratto di fondovalle significativo.

Questi approcci, pertanto, impongono l'esecuzione di una sequenza di operazioni secondo uno schema definito per la individuazione delle tipologie di frana dominanti e dei fenomeni franosi con scarsa leggibilità morfologica. La sequenza "tipo" eseguita per la acquisizione delle informazioni di base è riconducibile alle seguenti operazioni:

- definizione delle caratteristiche morfologiche e morfoevolutive del tratto di rilievo collinare o collinare-montano di cui si effettua l'analisi;
- analisi da aereofoto stereoscopiche per il riconoscimento e posizionamento dei fenomeni franosi di normale "leggibilità morfologica";
- analisi di dettaglio delle aereofoto per la individuazione specifica delle anomalie di versante utilizzati come indicatori morfologici dei fenomeni franosi con scarse evidenze morfologiche.

rilevamento mirato e programmato sul terreno per validare le ipotesi e per prospettare, laddove necessario, approfondimenti di indagini dirette e indirette.

Si individuano, così, tre fasi conoscitive progressive:

Fase A: analisi morfoevolutiva

La metodologia da adottare deve considerare i fenomeni franosi come parte integrante della evoluzione morfologica dei singoli tratti del rilievo.

Alcune considerazioni di base costituiscono la linea di indirizzo concettuale per la acquisizione dei dati sulla franosità avvenuta. In tal senso le frane di versante sono distribuite in modo non casuale nei singoli tratti di rilievo e sono fenomeni ricorrenti in funzione della sequenza morfoevolutiva tipica di quel settore di catena (areale di riferimento) e di quei versanti o bacini (ambito morfologico).

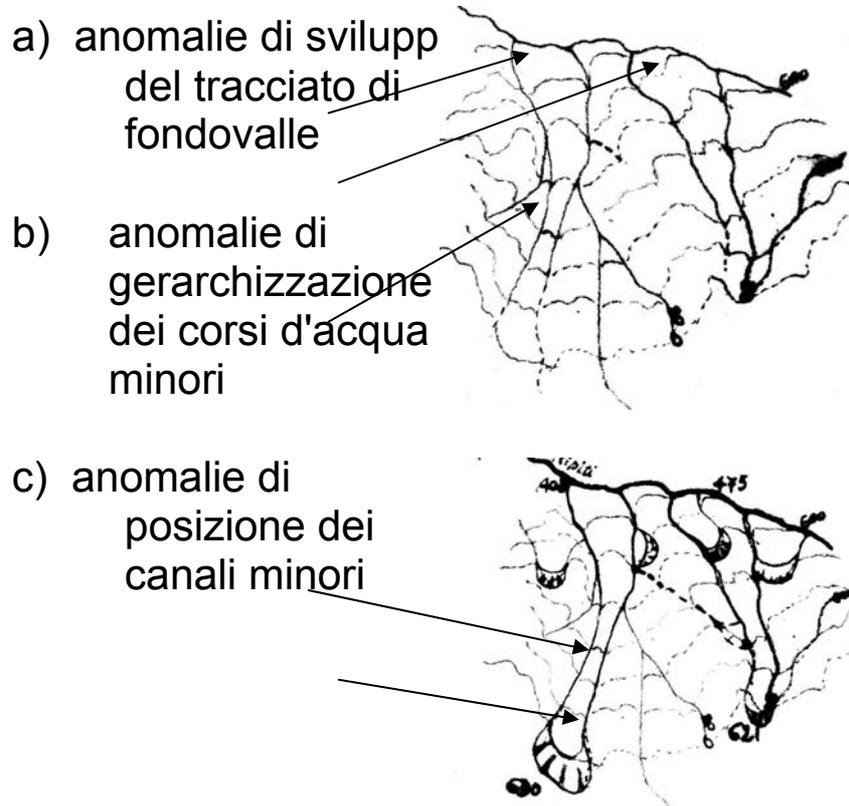
L'impostazione dell' analisi utilizza l'approccio di tipo morfoevolutivo e considera l'evento "frana" (nel'insieme delle possibili varianti dimensionali, tipologiche e cinematiche) come agente

modellatore che controlla in modo significativo la "storia" del versante attuale, in un intervallo di tempo considerevolmente più ampio rispetto a quello generalmente considerato nelle consuete analisi di stabilità dei pendii.

La ripetizione di più cicli morfogenetici, successivi alla definitiva emersione post-pleistocenica della catena appenninica, ha determinato la sovrapposizione di più momenti di franosità nella stessa area, le cui tracce coesistono con differente grado di leggibilità, richiedendo una vera e propria "decodificazione geomorfologica" per la collocazione spazio-temporale di ciascun evento franoso.

Le tecniche geomorfologiche originali utilizzate, ampiamente sperimentate in Cilento, in Lucania, nel Beneventano ed in Alta Irpinia a partire dai primi anni '80 (Guida D. et alii, 1982; Agnesi V. et alii, 1983 Guida M. e Iaccarino, 1984) ed utilizzate anche da altri ricercatori, che prendono in esame alcune configurazioni caratteristiche acquisite dal reticolo drenante di basso ordine ("minor drainage network") e le relative anomalie di gerarchizzazione, indotte dal modellamento per trasporto in massa, lungo tratti di versante e di fondovalle secondari.

Minor Drainage Network Analysis



L'analisi di tali configurazioni consente: di "filtrare" progressivamente gli eventi franosi più recenti, rispetto a quelli più antichi; di ricostruire in alcuni casi, sequenze morfoevolutive complete e coerenti con il contesto geomorfologico locale e regionale.

La verifica sperimentale delle tecniche citate è stata applicata in particolare su aree che ricadono nei Fogli I.G.M. 198, 199, 209, 210 ed hanno consentito di individuare centinaia di forme correlate a frane. In particolare sono state analizzate le aree lungo il piedimonte di M.te Sacro e M.te Centaurino (Guida et alii, 1982; Guida, Iaccarino e Perrone, 1988) dove, per la minore dinamica morfoevolutiva rispetto alle zone assiali di catena, sussiste una maggiore conservatività morfologica delle frane.

La registrazione di questi eventi denudazionali permane memorizzata per più tempo come impronta morfologica anomala nel reticolo idrografico, anche quando, per effetto delle progressive "cancellazioni" erosive, tendono a scomparire le "forme" più evidenti del fenomeno frana, legate all'insieme "nicchia di distacco-cumulo di frana", ovvero quando sedimentazioni successive ricoprono parzialmente o totalmente gli accumuli di frana (*hidden landslides* di Rib e Ta Liang, 1978).

L'applicazione del metodo in più ambienti territoriali, con diversa storia morfoevolutiva e con estensione tale da giustificare un significato di tipo regionale, ha consentito di discriminare alcuni possibili casi di convergenza morfologica.

L'integrazione di un maggior dettaglio morfologico su spazi di limitata estensione, consente di filtrare le anomalie gerarchiche di ordine inferiore del reticolo idrografico, sulla base di un modello teorico di organizzazione del reticolo drenante con sviluppo regolare (Leopold e Langbein, 1962) che consente di verificare agevolmente la maggior parte dei casi dubbi.

La completa definizione metodologica e procedurale è in fase di approntamento, anche con l'ausilio di *modellazione tridimensionale*.

Le concavo-convessità di frana così identificate, risultano inserite in un elaborato cartografico di sintesi, da cui si può enucleare la sola "Carta inventario delle frane", che risulta composta da morfotipi fondamentali identificati nell'ambito del sistema crinale-versante-fondovalle.

Sistema che rappresenta la unità morfologica di base su cui i diversi fattori interagiscono per lo sviluppo della franosità. Gruppi o serie di morfotipi fondamentali , inoltre, compongono l'intera area di interesse.

Un criterio di verifica e conferma dell'attendibilità del prodotto è la relativa "indipendenza" di ciascun morfotipo dall'insieme morfologico e morfoevolutivo di ordine superiore, costituito dal bacino idrografico di riferimento (Budel, 1970).

Tale conclusione fornisce l'approccio ad una preliminare definizione della problematica inerente al "volume significativo" dell'evento frana.

La fase fin qui descritta è necessariamente propedeutica alle classiche fasi di analisi tramite interpretazione di aereofoto stereoscopiche. .

Il risultato ottenuto in questa fase è legato alla scala della cartografia disponibile nell'area studiata, e definisce le "forme" o figure caratteristiche associate a processi specifici.

Fase B: analisi da aereofoto stereoscopiche.

Come è ben noto la visione stereoscopica del rilievo consente il riconoscimento degli "elementi morfologici" presenti sui versanti e rende possibile la separazione dei dati utili in funzione di ciascun argomento tematico.

La molteplicità dei fattori che possono condizionare lo sviluppo delle frane rende sempre complesso l'isolamento degli elementi specifici che intervengono in quella zona, su quel determinato esempio di frana.

Nel caso della "Carta inventario delle frane" risultano di interesse le forme ed i processi che interagiscono con le caratteristiche di struttura geologica e di litologia, determinando quelle variazioni nella sequenza morfoevolutiva che provocano l'adeguamento della sagoma del rilievo; processi che determinano di fatto le condizioni di instabilità e pertanto la variazione della distribuzione della massa lungo il volume di versante significativo che costituisce il tratto in evoluzione.

La successiva cancellazione del sistema nicchia-cumulo è ovviamente proporzionale alla resistenza intrinseca dei materiali su cui la frana si sviluppa, ma è proporzionale anche allo stato di attività della frana, perchè distacchi continui ringiovaniscono le anomalie morfologiche che ne consentono la identificazione.

E' intuibile che, accettando l'esistenza di cicli di franosità successivi che hanno colpito le stesse aree, si può accettare che l'attuale assetto morfologico dei versanti risulti comprensivo di differenti stadi di "invecchiamento" delle concavo -convessità tipiche delle frane.

Frane di tipo diverso che abbracciano un "*range*" dimensionale estremamente ampio e su litologie spesso simili, ma non identiche, facilitano lo sviluppo di periodi di "cancellazione" differenti da caso a caso.

I movimenti successivi al primo distacco possono apportare differenziazioni anche per la composizione litologica del cumulo di frana, come anche per i volumi della massa in gioco,

introducendo ulteriori elementi che influiscono sulla permanenza degli indizi morfologici necessari per il riconoscimento da foto aerea del sistema nicchia-cumulo.

Il momento della "ripresa aerea" cristallizza una situazione di evoluzione differente per ciascuna frana, ovvero coglie un momento della morfoevoluzione del versante in cui le informazioni relative allo stato evolutivo di ciascun fenomeno sono frammiste e sovrapposte a quelle dei fenomeni precedenti. Ne deriva la disomogeneità di aspetto delle forme presenti sui versanti ovvero il "rumore di fondo" (Siever, 1983) delle informazioni raccolte dall'analisi da aereofoto, che può essere filtrato utilizzando uno schema di riferimento della evoluzione morfologica complessiva del pendio osservato.

Questo schema viene fornito dalla fase precedente.

Sia gli elementi geologici che quelli strutturali influenzano l'evoluzione della sagoma del rilievo e determinano, come è noto, anomalie morfologiche locali sui versanti, che possono produrre "convergenze di forma" con gli indizi legati alla franosità.

Ne deriva la necessità di eliminare quante più incognite possibili dall'analisi delle aereofoto, utilizzando il maggior numero di informazioni disponibili: geologiche, litologiche e strutturali con un dettaglio compatibile con la dimensione dei fenomeni franosi da individuare per dare maggiore efficacia al filtraggio morfologico.

Nel caso delle successioni con alternanze di litologie a competenza diversa questo si traduce in una approfondita e dettagliata conoscenza della litostratigrafia della successione per proporzionare gli elementi litologici nell'ambito di ciascun pendio.

La situazione morfologica attuale interpretata con le aereofoto, risulta comprensiva di diversi stadi di "invecchiamento" delle forme concavo-convesse delle frane, individuate in momenti temporali diversi, con dimensioni diverse ed in posizioni differenti nell'ambito dello stesso versante.

La discriminazione di ciascun caso è affidata a regole non fisse, che lasciano alla capacità dell'operatore di distinguere i dati utili, sopprimendo le interferenze sia litologiche che strutturali.

Questa operazione risulta possibile solo se si possiede uno schema generale e non generico dell'attuale stato morfoevolutivo di ciascun settore del rilievo, con i necessari adattamenti per ciascun versante.

Fase C: controlli sul terreno.

L'ultima fase di lavoro è costituita dall'impegnativo controllo sul terreno, a cui è affidato il compito di accertare i casi dubbi tramite il riconoscimento mirato delle anomalie geomorfologiche ed,

inoltre, di ricostruire il significato dei depositi recenti in "copertura" sul substrato di versante, con particolare riguardo agli accumuli che possono essere riferiti ai materiali di frana e dei loro rapporti geometrici con il contesto litostratigrafico locale.

In pratica il controllo sul terreno diventa una operazione specialistica, con aspetti di importanza non trascurabile, maggiore quando è minore la "riconoscibilità" del fenomeno franoso.

Sulla base delle informazioni fornite dalle due fasi precedenti, è possibile ridurre al minimo le aree destinate alle indagini dirette sul terreno.

L'esperienza di rilevamento di dettaglio condotto sul territorio dell'alta valle del Basento conferma che è possibile ridurre di oltre il 50% le aree da verificare con rilevamenti diretti.

In molti casi la precedente acquisizione della posizione delle aree "sospette" tramite il controllo cartografico e la lettura delle aereofoto, consente di individuare le aree, con accumulo dei materiali di frana, sottoposti a lunghi periodi di morfogenizzazione e pertanto ben raccordati con la morfologia di versante, che possono anche sfuggire ad un controllo non mirato.

La corretta interpretazione delle anomalie geomorfologiche significative deve essere completata dal controllo, al momento del rilevamento, dello "stato di attività" di ciascun fenomeno franoso e dalla stima dello spessore delle "coperture" sui versanti, sia dei detriti che dei cumuli di frana.

Questa fase va in genere completata con il reperimento e confronto con i dati relativi alle indagini dirette, ai dati inclinometrici, etc.

Le fasi di approccio conoscitivo citate devono essere, quindi, improntate al continuo raffronto con le caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche dell'area esaminata.

In genere, la fase di individuazione dei fenomeni franosi si è realizzata con l'analisi di tratti di rilievo di estensione pari a 1-5 kmq ed il continuo confronto con le aree di maggiore estensione (10-20 kmq) situate all'intorno, per ottenere l'eliminazione delle condizioni di "convergenza morfologica" presenti sui versanti.

4.2 Caratterizzazione Areale

Le caratteristiche di franosità endemica lungo la maggior parte dei versanti impostati su terreni strutturalmente complessi nell'Appennino campano obbliga a integrare l'approccio standard sul riconoscimento delle frane singole con un criterio più adeguato alla distribuzione spazio-temporale delle frane stesse. A tale scelta si è obbligati non solo dalla necessità di inquadrare i fenomeni nel contesto morfologico, ma anche dalla possibilità di pervenire alle più probabili tendenze evolutive di tipo gravitativo del versante.

E' stato proposto un sistema di classificazione tassonomico, ancora in fase sperimentale, che ottempera alle prime due esigenze e soddisfa i requisito di trattamento informatico delle frane.

Tale sistema si basa sulla utilizzazione contemporanea dei tre parametri di classificazione per gli insiemi di frana che coesistono in adiacenza, sovrapposizione e successione temporale sui versanti:

- tipologia
- età
- stato di attività

Per quanto attiene alla tipologia ed allo stato di attività si è già sufficientemente esposto nel paragrafo precedente, mentre per quanto riguarda l'età è opportuno fare delle considerazioni adeguate al contesto geologico dell'Appennino Campano.

L'analisi delle frane cartografate su versanti con caratteristiche strutturali e litologiche diverse e soggette a più cicli di franosità, non sempre correlabili, ha imposto una classificazione che separi l'età della frana dal suo stato di attività, intendendo questi elementi non collegati da una semplice corrispondenza con rapporto diretto. E' infatti nota la progressiva riduzione degli spostamenti dopo la fase di rapido deflusso delle frane di colata. In molti esempi di frane non attuali, anche di ampia dimensione, è stata verificata la riattivazione improvvisa e con spostamenti rapidi, dopo una lunga fase di quiescenza. In altri casi è stato riscontrato il permanere di movimenti nei cumuli di frana "recenti" ed antichi in cui la morfogenesi ha obliterato buona parte degli elementi di identificazione morfologica iniziali.

Lo schema interattivo proposto è adatto alla classificazione della maggior parte dei comportamenti osservati, che risultano coerenti, se interpretati con uno schema articolato su criteri geomorfologici classici.

Brevemente vengono esposti i caratteri distintivi di ciascun termine che distingue l'età del fenomeno franoso in funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche.

Si propongono definizioni specifiche che per il momento sembrano rispondere alla generalità dei casi considerati, tenendo conto delle situazioni riscontrate in altri ambienti morfoevolutivi diversi da quelli sperimentati nell'alto bacino del Basento.

I termini relativi all'ETA' comprendono:

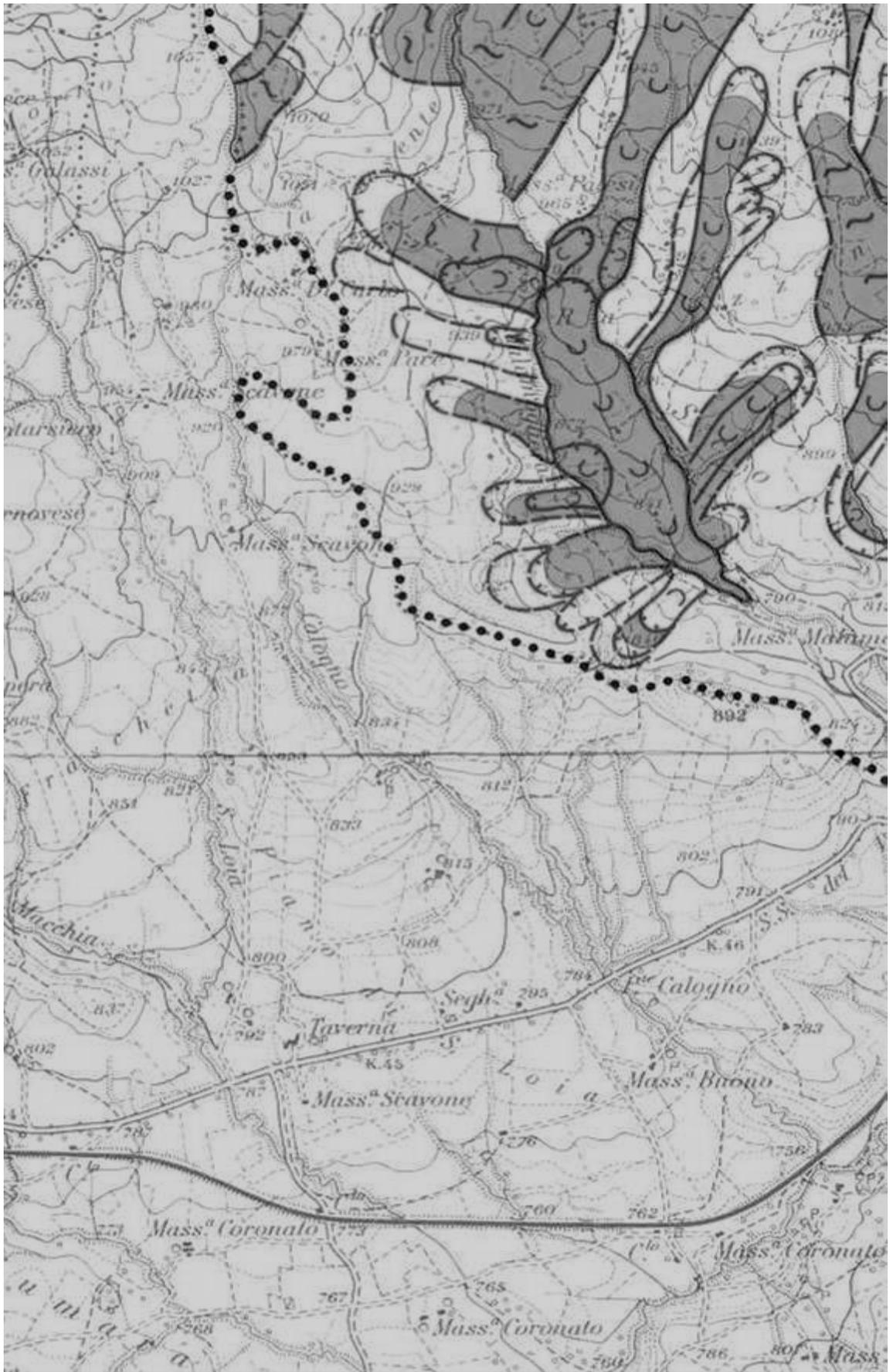
- FOSSILE
- ANTICA
- RECENTE
- ATTUALE

La differenziazione è basata su:

- correlazione con l'attuale regime morfoclimatico;
- congruenza con l'andamento morfologico del versante attuale;
- rapporto con le forme denudazionali e deposizionali del rilievo; -
- facilità di individuazione nel contesto del versante osservato.

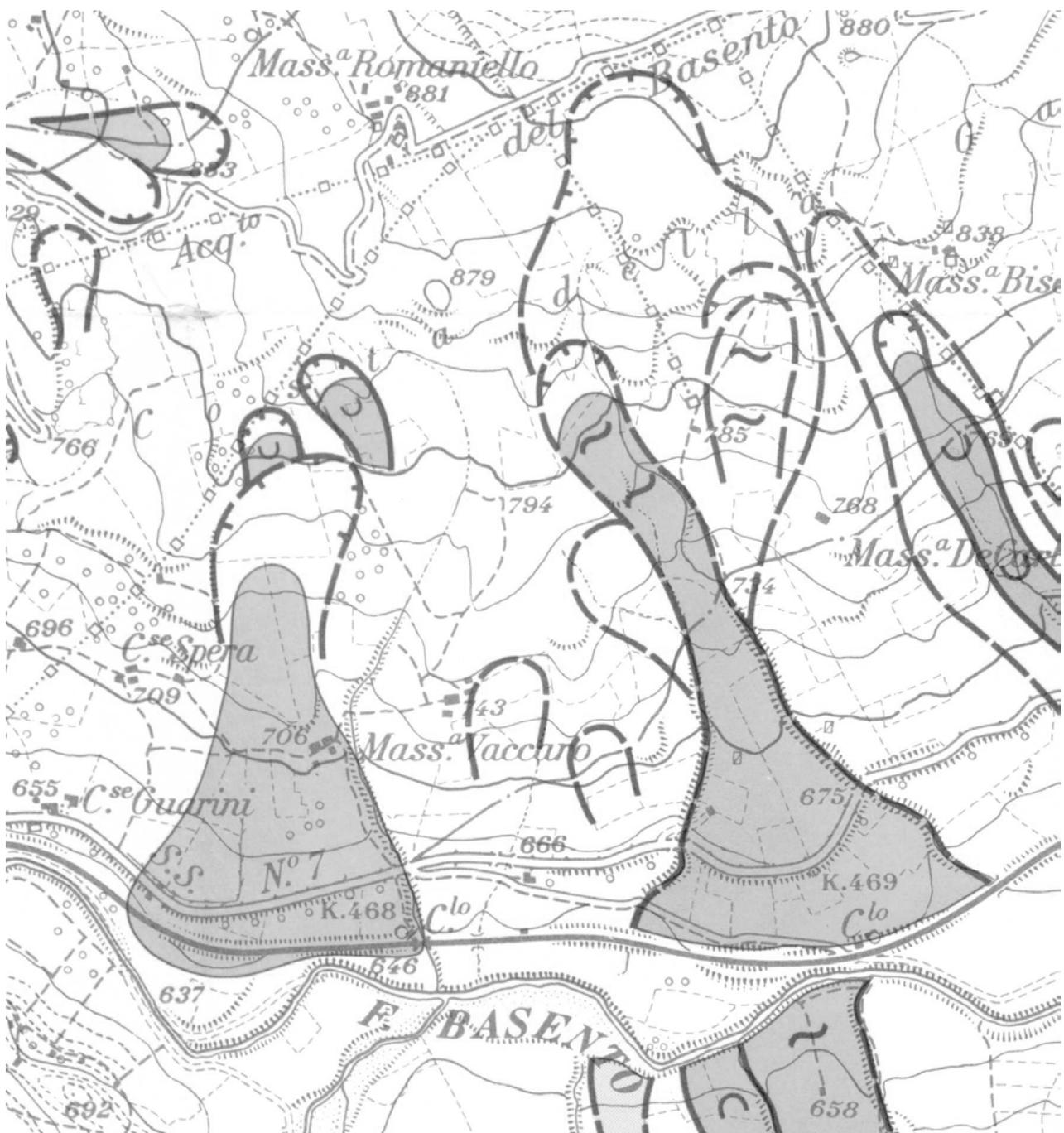
FOSSILE

La nicchia di distacco è poco o niente riconoscibile alla osservazione diretta o da foto aeree; è individuabile per "convergenza di indizi morfologici"; la sagoma concava è regolarizzata rispetto agli elementi morfologici adiacenti sul versante. L'accumulo di materiali di frana può essere in affioramento oppure sepolto ("fossilizzato" appunto) da materiali detritici più recenti; comunque è riferibile ad una frana non congruente con l'attuale andamento morfologico del versante. Il deposito di frana risulta fossilizzato da eventi geologici e/o morfologici successivi, che dimostrano l'esaurirsi della dinamica morfoevolutiva del tratto di versante considerato, almeno con le stesse modalità ed intensità originarie.



ANTICA

Il sistema "nicchia di distacco-cumulo di frana" è caratterizzato da un elevato grado di evoluzione morfologica, ma con possibilità di riconoscimento diretto delle concavo-convessità morfologiche. La frana è legata ad un sistema morfoclimatico diverso dall'attuale, ma è congruente con l'attuale evoluzione morfologica del versante. E' caratteristico di queste frane che l'eventuale riattivazione si realizzi secondo modalità e tipologie diverse da quelle iniziali. Sembra inutile sottolineare l'importanza di queste considerazioni per gli aspetti applicativi.



RECENTE

Il sistema "nicchia di distacco-cumulo di frana" è riconoscibile alla osservazione diretta o con foto aeree, ovvero riconoscibile con difficoltà, ma ben individuabile tramite le evidenze morfologiche con il confronto diretto con le "forme" minori presenti sul versante.

L'innescò e la evoluzione dei fenomeni franosi recenti è legata all'attuale sistema morfoclimatico ed è congruente con l'attuale geometria del versante.

Le frane di età "recente" nel territorio sono in genere le più diffuse, confermando l'evoluzione ancora in atto della gran parte dei versanti e la importanza dei fenomeni franosi nella definizione della sagoma del rilievo.

La gran parte delle frane segnalate risultano legate all'attuale approfondimento retrogressivo della rete idrografica di ordine gerarchico minore, che ha variato sensibilmente l'acclività dei tratti di base dei pendii.

Ulteriori variazioni significative sono state indotte dai cambiamenti del regime idrico superficiale per effetto dell'uso agricolo.

Ne deriva che la maggior parte dei fenomeni segnalati è ancora in evoluzione, con macroscopiche deformazioni dei cumuli di frana. E' importante osservare, inoltre, che la nicchia di distacco di molte frane è rappresentata da una concavità morfologica riconoscibile, ma con bordi smussati e raccordati con la sagoma del versante; volte sono ben riconoscibili i movimenti successivi marcati da nicchie secondarie di aspetto più fresco.

Il movimento più diffuso è del tipo colata con deflusso lento dei materiali di frana, senza distacchi ulteriori nella nicchia.

La ripetizione delle concavità morfologiche nell'ambito dello stesso fenomeno forniscono una evidente dimostrazione della evoluzione della franosità recente.

E' evidente che la riconoscibilità dei fenomeni franosi che si sovrappongono nella stessa area dipende anche dalle modalità evolutive degli stessi, oltre che dalla dimensione e dall'epoca della riattivazione più recente, ma si segnala il più facile riconoscimento delle frane retrogressive, che espongono a monte la nicchia di distacco mobilizzata per ultima.

Gran parte delle frane segnalate non sono legate a questo modello di arretramento per distacchi successivi, ma al contrario sono riferibili alla migrazione di cumuli di frana che si assestano verso i fondovalle.

In questo modo il modello di riferimento è più semplice ed è legato, specie per le frane di colata, a distacchi localizzati nei settori superiori dei versanti ed al deflusso dei cumuli di frana verso il più prossimo fondovalle.

Altro fattore da non trascurare è la notevole variabilità di evoluzione morfologica, sia della

concavità della nicchia di distacco che della sagoma convessa dei cumuli di frana.

In pratica sono frane recenti, sia le frane con sistema nicchia-cumulo ben individuabile da foto aeree e all'osservazione diretta, che le frane con morfologia sensibilmente evoluta che hanno subito una più intensa "cancellazione" per gli agenti esogeni.

Questa marcata variabilità è legata, come è noto, al contributo di diverse variabili quali il tipo litologico su cui si sviluppa la frana, la dimensione della frana, il tipo di movimento, etc.

In pratica questi fattori fanno in modo che non risulta possibile valutare l'età della frana dal solo aspetto morfologico in base alla posizione della stessa lungo il versante.

E' necessario correlare ciascun fenomeno alle modalità di formazione ed allo stato morfoevolutivo del sistema crinale-versante-fondovalle, considerato come unità morfoevolutiva elementare, tentando di risalire al regime morfoclimatico in cui si è sviluppato l'evento franoso.

Le attuali conoscenze sulla datazione dei depositi "recenti" di versante sono ancora frammentarie e, mentre risulta possibile discriminare i tipi "fossili" e "antichi" in base ai rapporti geometrici tra cumulo di frana e depositi recenti significativi, non è ancora possibile distinguere l'età dei singoli eventi franosi in cui le fasi di attività sono ripetute in un arco di tempo relativamente breve e relativamente prossimo all'attuale.

Questo tipo di problematica è attualmente in fase di ipotesi di lavoro, ma l'estremo dettaglio del rilevamento di superficie, la mancanza di indagini dirette mirate e con costi elevati, la necessità di agire su un elevato numero di frane per ottenere un campione significativo, rallentano notevolmente la possibilità di acquisire dati discriminanti.



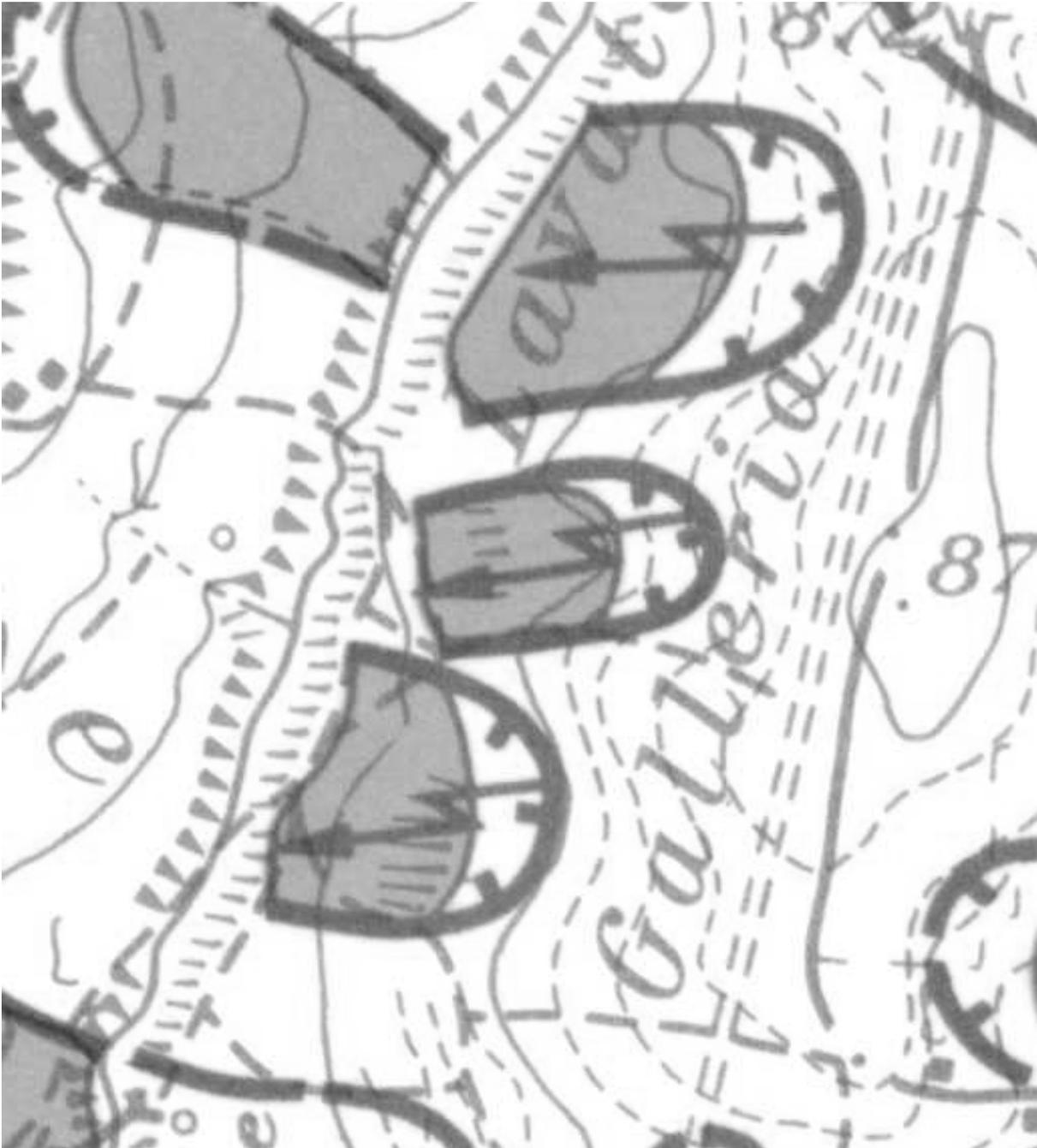
ATTUALE

La frana è legata, per innesco ed evoluzione di insieme, al sistema morfoclimatico attuale. Esistono notizie dell'innescò di primo distacco.

Risultano attuali le riattivazioni di frane *RECENTI*, purchè esista una prova concreta del distacco o movimento in atto nell'ambito degli ultimi cicli stagionali.

Tenendo conto della definizione suggerita risultano frane attuali quelle segnalate in aree in cui non sono riconoscibili movimenti franosi precedenti.

Le riattivazioni di nicchie di distacco preesistenti, rappresentano, nell'ambito del fenomeno franoso, una continuità spazio-temporale che annulla eventuali distinzioni morfologiche ed il perdurare dello stato di instabilità locale nel tratto di versante che si ricollega al sistema morfoclimatico attuale e che risulta vincolato (in termini di volumi significativi) alla sagoma attuale del pendio.



Per una corretta applicazione della classificazione proposta si precisa che la mancanza di una prova documentata che possa collocare il fenomeno franoso in una delle categorie definite, determina il passaggio alla categoria immediatamente più prossima all'attuale, sottolineando in tal modo la maggiore pericolosità del fenomeno ai fini dell'utilizzazione del territorio.

Alcuni termini della classificazione relativa all'ETA' dei fenomeni franosi assumono un significato restrittivo, non casuale (per motivi pratici facilmente intuibili) legati anche alla necessità di competenze specialistiche per la individuazione morfologica delle frane con minore leggibilità diretta.

E' opportuno ricordare che una frana "fossile" è un evento raro, almeno allo stato attuale delle conoscenze, con dati eterogenei ed incompleti su ampi tratti del territorio campano-lucano. Il termine "fossile" deve pertanto essere utilizzato solo se ciascun caso è effettivamente dimostrabile. Una maggiore elasticità può invece essere accettata per il termine "attuale", anche per i motivi prima esposti che rendono difficoltoso ed a volte inutile (a fini pratici) l'accertamento del singolo caso "attuale" rispetto al "recente" quando si riscontrano movimenti in atto.

La verifica sperimentale della elevata diffusione delle frane recenti, con diverso grado di evoluzione morfologica, non ha consentito di individuare frane con movimenti in atto che non siano inserite in una nicchia di distacco preesistente.

Ne deriva la necessità di chiarire che la definizione di "frana attuale", per motivi legati alla potenziale utilizzazione del territorio, deve approfondire le eventuali connessioni con eventi franosi pregressi.

A questo proposito un limite non trascurabile è legato alla scarsa o nulla disponibilità di documenti e documentazione cartografica sul territorio, che impedisce riferimenti sistematici ad epoche relativamente prossime ad oggi.

D'altro canto, se la densità di frana sui versanti è elevata, è facile verificare che la possibilità di frane di primo distacco è quantomeno poco probabile, a meno di interventi antropici significativi, o per eventi naturali anomali.

Una classificazione e rappresentazione che utilizza i due caratteri sopra esposti è mostrata isulla figura successiva.

		STATO DI ATTIVITA'		
TIPOLOGIA	ETA'	ATTIVO	QUIESCENTE	INATTIVO
SCORRIMENTO ROTAZIONALE O SCORRIMENTO TRASLATIVO	ATTUALE			
	RECENTE			
	ANTICA			
COLATA DA LENTA A RAPIDA	ATTUALE	DI PRIMO DISTACCO 		
	RECENTE	RIATTIVATA 		
	ANTICA	RIATTIVATA 		

4.2.1 Gli insiemi di frana

L'approccio di tipo morfoevolutivo allo studio delle frane su vasta area può consentire di pervenire al riconoscimento ed alla caratterizzazione della "intera popolazione" di frane esistenti sul territorio nella più diversa articolazione tipologica, dimensionale, stadio di sviluppo e tendenza evolutiva.

In tal senso, diventa necessario, come espresso in precedenza, caratterizzare in cascata gli insiemi di frana, gli ambiti morfologici delle frane e gli areali di riferimento della franosità.

Per quanto riguarda gli insiemi di frana, si possono distinguere così:

- **Frana Singola**, intesa nel senso di Cruden (1991)



0001

FRANA SINGOLA

tipo colata lenta, attuale, attiva.

0001L

- **Frana Complessa**, intesa nel senso di Varnes (1978) e Cruden&Varnes (1996)



0002

FRANA COMPLESSA

Scorrimento attuale, attivo

0002ci0003L

0003

in colata rapida attuale attiva

0003ci0002L

- **Frane Successive**, intese nel senso di Cruden& Varnes (1996)

- **Associazione di frane**, intese nel senso di un insieme di frane adiacenti e variamente giustapposte e interconnesse che, sviluppandosi su di un tratto significativo di versante o di bacino, risultano della stessa tipologia, dello stesso stato di attività e della stessa età.



0004

ASSOCIAZIONE DI FRANE

0001L0001A

0005

Insieme di frane tipo colata lenta

0002L0001A

0006

attuale, attive con :

0003L0001A

A:=TF=ET=ST

- **Gruppo di Frane**, inteso nel senso di insieme di frane adiacenti e variamente giustapposte e interconnesse che, sviluppandosi su di un tratto significativo di versante o di bacino, risultano della stessa tipologia e della stessa età, ma con un diverso stato di attività.



0007	GRUPPO DI FRANE	0001L0001G
0008	Insieme di frane tipo colata	0002L0001G
0009	lenta dello stessa età' e con	0001L01A0001G
0010	diverso grado di attività'	0002L02A0001G
	G:=TF=ET#ST	

- **Famiglia di Frane**, inteso nel senso di insieme di frane adiacenti e variamente giustapposte e interconnesse che, sviluppandosi su di un tratto significativo di versante o di bacino, risultano della stessa tipologia, ma con diversa età e diverso stato di attività.



	FAMIGLIA DI FRANE	
0011	Insieme di frane tipo colata	0001L0001F
0012	lenta con diverse età' e	0002L0001F
0013	stato di attività'.	0001L01G0001F
0014	F:=TF#ET#ST	0002L01G0001F
0015		0003L01F

- **Sistema Franoso**, concettualmente definito in Guida et al. 1988, inteso nel senso di frane di diverso tipo, anche complesse e con riattivazioni, con diversa età e stato di attività.



0016	SISTEMA DI FRANE	01L001S
0017	Insieme di frane di	02L001S
0018	diverso tipo, di diversa età	00180001F001S
0019	in diverso stato di attività.	01L01A01F00018L001S
0020	S:#TF#ET#ST.	02L01A01F00018L001S
0021		01L01F00018L001S
0022		0022002F001S
0023		01L01G02F00022L001S
0024		02L01G02F00022L001S
0025		01L02F00022L001S

4.2.2 Gli Ambiti Morfologici

Come già esposto in precedenza, uno dei problemi più rilevanti da risolvere nello studio sulla franosità territoriale è rappresentato dalla individuazione e caratterizzazione dei fenomeni franosi nel contesto morfologico e nello sviluppo della storia morfoevolutiva del paesaggio.

Ampliando il campo spaziale si deve congruentemente ampliare il campo temporale con la definizione dei rapporti cronologici relativi con le altre forme del rilievo.

La risoluzione di questa problematica può essere facilitata da un percorso metodologico che, sulla scorta di un approccio multitematico integrato, consenta di:

- individuare l'intera popolazione di frane esistente nell'area;
- discriminare gli indizi morfologici ed i fattori geologici legati ai fenomeni franosi inserendoli nella storia evolutiva di ciascun versante;
- caratterizzare le frane secondo vari aspetti rappresentati dal tipo di movimento, dalle caratteristiche cinematiche, dal tipo di materiale, dallo stato di attività e dall'età morfologica del fenomeno in rapporto alla successione degli eventi ed alle fasi morfogenetiche note in letteratura ed acquisite attraverso approfondimenti di dettaglio;
- definire modelli preliminari di evoluzione geomorfologica di ciascun settore territoriale significativo e le più probabili tendenze evolutive in atto e future, da validare successivamente attraverso studi interdisciplinari di maggiore dettaglio.

Il riconoscimento sistematico dei parametri morfologici rende possibile una interessante interconnessione tra gli indizi morfologici minori e l'identificazione dei fenomeni franosi, anche se parzialmente obliterati dalla evoluzione morfologica successiva alla fase di primo distacco.

Le anomalie morfologiche alterano, infatti, la configurazione teorica "regolare" attesa nello "spazio-versante" elementare considerato secondo i modelli noti di evoluzione dei versanti.

In tal senso i fenomeni di instabilità sono intimamente legati alla storia morfoevolutiva del versante e vengono evidenziati dagli elementi morfologici significativi che si sono sovrapposti nello spazio compreso tra il crinale superiore ed il relativo fondovalle nella evoluzione per frana dei tratti elementari di pendio.

Risulta evidente che per raggiungere tali obiettivi di integrazione conoscitiva le indagini per la costruzione della Carta inventario delle frane devono essere condotte insieme a quelle della costruzione della Carta Geomorfologica ad indirizzo applicativo specifico.

Infatti, nello sviluppo dei Piani Stralcio, la redazione della carta geomorfologica è rientrata in uno schema metodologico e procedurale più generale, che ha integrato le fasi conoscitive di ciascun Settore Tematico (geologico, geomorfologico, idrogeologico), ne ha finalizzato le attività verso un obiettivo specifico (valutazione del rischio di frana) e contemporaneamente ha strutturato le informazioni territoriali in modo coerente per il trattamento informatico, sia cartografico che alfanumerico.

In particolare, il processo conoscitivo ha tentato di :

- delimitare le aree in frana attuali, storiche ed antiche, ciascuna, ove possibile con il suo rispettivo grado di attività (attivo, quiescente e stabilizzato);
- riconoscere e cartografare gli elementi morfologici connessi con i fenomeni d'instabilità reale o potenziale;
- cartografare le particolarità geomorfologiche, anche non direttamente connesse con i fenomeni di instabilità, ma che rappresentano evidenze di fattori litostratigrafici e litostrutturali che condizionano o possono condizionare la circolazione idrica superficiale o sotterranea.

A partire da tali indicazioni generali, gli obiettivi specifici delle elaborazioni geomorfologiche a supporto della definizione del rischio da frana sono state:

- delimitare le aree in frana al momento del rilevamento;

- individuare le aree interessate da frane, ancora leggibili, avvenute in un passato anche recente e che attualmente si trovano in una condizione di evoluzione morfologica diversa da quella originaria;
- Individuare le aree modellate da frane ripetitive, prive di elementi specifici, ma che attualmente mostrano solo gli effetti denudazionali e deposizionali delle stesse;
- individuare gli indicatori morfologici più direttamente connessi alle fasi di alimentazione, innesco, propagazione ed invasione delle aree in frana in atto o potenziali;
- delimitare gli ambiti morfologici significativi per la franosità e più direttamente concorrenti alla dinamica gravitativa dei versanti ;
- indicare , laddove sussistono le condizioni di chiara leggibilità di elementi specifici, le tendenze morfoevolutive di ciascuna frana nell'ambito di ciascun ambito, in relazione agli indicatori morfologici.

L'evento frana, pertanto, deve essere inserito nel contesto spazio-temporale di evoluzione del territorio per una analisi mirata della distribuzione e della intensità in relazione a ben definiti ambiti territoriali significativi, sopra denominati **ambiti morfologici**, *caratterizzati da condizioni morfogenetiche e morfoevolutive omogenee tali da giustificare, insieme ad altri fattori di fondo quali la litologia del substrato e delle coperture e la idrogeologia, la presenza ed i caratteri peculiari della franosità avvenuta e di quella attuale e tali da orientare nella valutazione della propensione a franare delle rimanenti aree non ancora interessate da frane , ma con le medesime caratteristiche idrogeomorfologiche .*

In tal senso, il concetto di ambito morfologico significativo assume il significato di Unità Territoriale di Riferimento (Guida et. Al., 1996) specifica per la franosità, alla scala di versante, come *volume territoriale significativo* nell'ambito del quale le variabili di stato fondamentali (natura litostratigrafica, assetto strutturale e conformazione) esprimono la storia passata e sono sufficienti a determinare quella futura in base agli eventi franosi rilevati ed ai relativi indicatori di evento e di tendenza morfoevolutiva.

L'approccio utilizzato tenta di affrontare e risolvere uno dei problemi di maggiore difficoltà che tutti i metodi di valutazione della suscettibilità del territorio a franare si trovano di fronte, vale a dire la definizione più appropriata dell'*Unità Cartografica di Riferimento*.

Guzzetti et al. (1999), nel ritenere tale operazione preliminare alla valutazione della suscettibilità da frana, individuano cinque metodi principali rispettivamente basati sulle:

- *grid-cells*

- *terrain units*
- *unique-condition units*
- *slope-units*
- *unità topografiche*

L'approccio utilizzato consente di evitare generalizzazioni eccessive nell'applicazione di metodi parametrici di analisi territoriale e fornisce, di fatto, un elaborato che identifica univocamente l'Unità Cartografica di Riferimento attraverso il metodo del "*terrain unit*" e la classifica attraverso il "*land-system*", internazionalmente riconosciuto, unificandolo al metodo dell'"*unique-condition unit*" e predisponendolo all'analisi parametrica attraverso il metodo delle "*grid-cells*".

Gli ambiti morfologici, così come sopra definiti, sono stati utilizzati come utile strumento per la delimitazione delle aree a vario grado e tipo di pericolosità da frana, quale base per la definizione del rischio di frana su vaste aree nella elaborazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nazionale Liri , Garigliano e Volturno, e, con diverse specificazioni dalle autorità di Bacino Regionali del Destra e Sinistra Sele.

4.2.3 Gli Areali di Riferimento

Come già accennato, per "areale di riferimento" delle frane si intende *quel settore territoriale avente caratteristiche geolitologiche, geostrutturali, geoclimatiche , morfotettoniche e morfologiche talmente omogenee da giustificare caratteri omogenei di franosità come distribuzione ed evoluzione, nel quadro più generale di evoluzione del sistema geomorfico doppio versanti-reticolo drenante.*

La delimitazione degli **areali di riferimento** si effettua per macrozonazioni territoriali successive sulla scorta di tutti i dati raccolti nella fase conoscitiva.

La prima fase individua gli elementi morfotettonici di primo ordine, come:

- 1) Catena
- 2) Avanfossa e bacini intrappenninici
- 3) Avampaese
- 4) Apparati Vulcanici Peritirrenici

Nell'ambito di ciascuno di questi si individuano ulteriori macrozone su base geostatigrafica e geostrutturale, come per esempio in ambiente di Catena:

- 1) Massicci carbonatici
- 2) Massicci terrigeni
- 3) Colline argillo-marnose
- 4) Colline arenacee

In successione, si distinguono gli **areali di riferimento** per ulteriori differenziazioni su base geolitologica e morfoevolutiva, come, ad esempio, nei massicci carbonatici:

- 1) Areale dei massicci calcarei con coperture piroclastiche significative
- 2) Areale dei massicci calcareo-dolomitici privi di coperture piroclastiche significative
- 3) Areale di massicci dolomitici
- 4) Areali dei massicci calcareo-marnosi

Risulta evidente che in ciascuno di tali areali esemplificativi si possono impostare stili di franosità differenziati e prevalenti dei quali bisogna tenere conto nella fase di analisi territoriale per evitare di incorrere in eccessive generalizzazioni.

Ad esempio, nell'ambito dell'areale carbonatico delle piroclastiti la franosità tipica è caratterizzata da colate rapide di fango e, subordinatamente, da crolli, mentre nell'areale dei massicci dolomitici la franosità è generalmente caratterizzata da colate detritiche e subordinatamente da crolli.

4.3 Caratterizzazione Temporale

La evoluzione dei versanti pregressa influenza, come ripetutamente ribadito, la dinamica gravitativa attuale dei versanti. Questo risulta oltremodo verificato negli areali di franosità caratterizzati da frane ad evoluzione da lenta a moderata.

Una corretta e completa analisi territoriale, quindi, non può prescindere da una caratterizzazione multitemporale dei fenomeni franosi, proporzionata al grado di leggibilità residuo dei fenomeni.

Il problema che si tenta di risolvere attraverso l'analisi geomorfologica è quello di impostare degli scenari evolutivi che siano significativi di

- transizione da uno stato indisturbato allo stato di deformazione o rottura di versante,
- transizione da un tipo di frana a lenta evoluzione ad uno più accelerato e profondo,
- transizione da uno stato di attività parossistico a quello di progressiva attenuazione e

stabilizzazione naturale.

A questo risultato si perviene impostando un modello di evoluzione dei versanti su area vasta ed attraverso la oggettivazione di tale modello su casi campione significativi dell'intera popolazione di frane grazie agli approfondimenti ingegneristici, di tipo geotecnico ed idrologico.

Le risultanze di questo approccio integrato possono essere utilmente confrontate con le ricostruzioni degli eventi storici e con eventi attuali occorrenti in contesti analoghi.

4.3.1 Caratterizzazione Multitemporale

Dato che i contesti naturali in cui si sviluppano le frane e su cui si possono impostare questi studi di caratterizzazione multitemporale risultano molto differenziati, non è stata ancora formalizzata una metodologia consolidata, qui di seguito si farà riferimento a due esperienze significative in ambiente di catena ed in areale di riferimento delle aree collinari su terreni strutturalmente complessi a prevalente composizione argillosa.

Come esempio si riporta quello relativo alla media valle del Biferno, in Molise, e riguarda la estensione ad una popolazione significativa di frane di un modello evolutivo ricostruito a medio termine per la frana di grandi dimensioni avvenuta il 1996.

4.3.2 Ricostruzione Morfoevolutiva

Un ulteriore grado di approfondimento dello studio delle frane lente e moderate su vasta area è quello che riguarda la modellazione evolutiva del sistema frane-versanti attraverso la ricostruzione delle sequenze morfoevolutive di un tratto significativo di rilievo.

Questo aspetto, ancora in fase sperimentale e sviluppato a livello di ricerca scientifica, chiude l'iter conoscitivo di approccio metodologico ed apre quello della interazione con la oggettivazione ingegneristica spazio-temporale.

In questa sede si presenta solo come ulteriore potenzialità intrinseca del metodo geomorfologico e non come strumento da utilizzare nelle usuali analisi territoriali connesse alla gestione dei Piani di Bacino.

Come esempio di ricostruzione morfoevolutiva si riporta quello relativo all'Alta valle del F. Basento, in Basilicata, e riguarda il modello evolutivo delle colate di terra soggette a riattivazione,

5. Esempi di frane e franosità significative

- 5.1 Frana Covatta ed Areale del Medio Biferno (Appendice IV)
- 5.2 Frana di Brindisi Scalo ed areale dell'Alto Basento (Appendice V)
- 5.3 Frana Caporra e l'areale terrigeno pedemontano del Cilento (Appendice VI)
- 5.4 Frane di Castelfranci (Appendice VII)
- 5.5 Frane di Ginestra degli Schiavoni Appendice VIII)
- 5.6 Frana di San Giorgio La Molara (Appendice IX)
- 5.7 Frana di Serra delle Forche (Appendice X)