

## CARATTERISTICHE DELLE FRANE

F. PENTA (\*)

**SOMMARIO:** L'Autore sistema sedici categorie di caratteristiche dei movimenti franosi; le illustra sinteticamente, aggiornando e perfezionando la precedente sua trattazione del 1959.

Qualche attenzione pone (nei riassunti in francese, inglese e tedesco) alla terminologia usuale in tema di movimenti franosi.

Nello studio delle frane occorre considerare non solo le caratteristiche vere e proprie dei movimenti franosi, ma anche i loro aspetti, rapporti e riflessi ambientali e temporali, che chiamiamo qui egualmente caratteristiche.

Individuato tale assieme, il movimento franoso resta compreso, definito, delimitato e spiegato.

Le caratteristiche, così intese, delle frane e che hanno maggior peso agli effetti tecnici sono: 1) *tipo di « corpo »* che frana; 2) *natura del materiale* che frana; 3) *ambiente geografico*; 4) *caratteri geometrici e topografici*; 5) *caratteristiche meccaniche del franamento*; 6) *superfici di distacco ed eventuali superfici di scorrimento*; 7) *ambiente geologico*; 8) *morfolgia* (forma, aspetto esteriore, modo di manifestarsi all'esterno) della frana; 9) *parti nelle quali si suddivide un'area franata*; 10) *meccanismo* (decorso, sviluppo, evoluzione, estrinsecazione) dell'evento franoso; 11) *cause* della frana; 12) *comportamento nel tempo* di una singola frana o di più frane nella stessa località; 13) *rapporti fra due o più frane* di una stessa località; 14) *effetti* della frana; 15) *prevedibilità*; 16) *rimediabilità* in s.l.

Con la presente si sistema un pò più ordinatamente, si aggiorna e si cerca di completare il contenuto della « *Relazione Generale sulle frane* », svolta a Padova nel maggio 1959 in occasione del *Quarto Convegno di Geotecnica*, per cui vedi in « *GEOTECNICA* », 6 pp. 181-229, 1959.

Si chiariscono anche i significati con i quali vanno intese le sedici categorie di caratteristiche elencate, delle quali molte dipendenti fra loro.

### 1) *Tipo di corpo che frana*

Questo può essere:

*naturale*: rilievo montuoso ripido fino a spuntoni di roccia emergenti; rilievo terminante con una pendice o con una scarpata acclive; terreno pianeggiante orizzontale che « *subside* »; pareti di trincee, fosse, pozzi, gallerie ecc.

*artificiale*: terrapieno, rilevato, diga, argine.

(\*) Prof. Ing. Francesco PENTA - Direttore dell'Istituto di Geologia Applicata della Facoltà di Ingegneria della Università di Roma e Direttore del Centro di Studi per la Geologia Tecnica del C.N.R.

### 2) *Natura del materiale che frana* (1)

Da questo punto di vista si possono distinguere, anzitutto, materiali « *naturali* » (cioè naturalmente depositati o formati), materiali *artificialmente accumulati* (di riporto ecc.) ed i loro complessi o mescolanze, materiali *dovuti a precedenti frane* ecc.

I materiali naturali possono essere: *rocce lapidee* (« *solide* », « *dure* » ecc.) « *massive* », stratificate, scistose ecc., integre o fratturate fino a disgregate; *rocce sciolte incoerenti* (sabbie, limi, fango, terra, detriti vari, materiali misti, morene, alluvioni in genere, sabbie bollenti ecc.); *rocce sciolte coerenti*, tipo argille asciutte, argille « *indurite* » (integre o suddivise in scaglie come le argille scagliose) ecc.; materiali *argillosi tixotropici*, argille sensitive; *torbe* ecc.

### 3) *Ambiente geografico* (2)

Da questo punto di vista determinano o influenzano le frane:

a) il *clima*: temperato, sopra o sotto il limite del bosco; asciutto; umido; desertico; polare ecc.; con piovosità, nevi ecc.;

b) la *sede*: frane subaeree e frane subacquee; rive, cave, trincee, tagli a mezzacosta; scavi in sottterraneo; « *a picchi* »;

(1) Si ricorda che le caratteristiche del materiale si distinguono in *fondamentali* (litologiche e petrografiche), costituite da composizione mineralogica (talora soltanto chimica), tessitura, struttura, stato di aggregazione con il tipo di legame, ordine di formazione o deposizione dei singoli costituenti, e *caratteristiche tecniche* (dipendenti dalle prime), costituite dalle proprietà meccaniche e fisiche in genere, chimiche, chimico-fisiche, dal comportamento rispetto all'acqua e dalle proprietà « *miste* » (vedi F. PENTA in « *Giornale del Genio Civile* » 100, n. 3-4, 1962).

(2) L'ambiente geografico, geofisico e locale è definito in genere dalle caratteristiche: 1) *climatiche* costituite dai fattori della degradazione (vento, gelo, alternanze di temperatura, insolazione) e da altri fattori (come neve ecc.); 2) *idrografiche, idrologiche e glaciali* (ghiacciai, stagni, paludi, lagune, corsi d'acqua, bacini idrici compresi quelli artificiali ecc.); 3) *morfologiche*, costituite da accidentalità o meno della topografia, di influenza variabile con il grado ed il tipo di coesione dei materiali interessati; 4) *geofisiche* (fenomeni vulcanici o postvulcanici, sismi, bradisismi ecc.); 5) *locali* costituite da presenza di altri manufatti, di vuoti sottterranei di ogni sorta, acque sotterranee ecc., (v. F. PENTA, op. cit., 1962).

- c) l'altitudine;
- d) l'esposizione;
- e) la morfologia esterna (vedi caratteristiche geometriche e topografiche al seguente n. 4);
- f) la sismicità;
- g) il vulcanismo attivo (vedi, per es., Vulcani e frane delle Ande).

E' da distinguere, perciò: la *franosità secondo le provincie geomorfiche o fisiografiche* (risultate dalle azioni dei fattori geologici, climatici a piogge, acque selvagge ecc.) con i *cicli morfogenici*; la *distribuzione geografica delle frane*; i *distretti franosi* ecc.

#### 4) Caratteristiche geometriche e topografiche

Sotto questo punto di vista le frane sono caratterizzate da:

a) *estensione del movimento franoso*: l'estensione interessa secondo i punti di vista (geografico, di ingegneria ecc.; frane regionali, frane locali ecc.).

b) *punto di osservazione del movimento*: da sotto, da sopra ecc.

c) *inclinazione della superficie esterna del terreno*: pareti verticali o strapiombanti; pendii inclinati; aree orizzontali o quasi (subsidenze, soliflussi ecc.).

d) *profondità alla quale si spinge il fenomeno*:  
 A) fenomeni che interessano la crosta terrestre (bradisismi, sismi, dislocazioni tettoniche in atto ecc.);  
 B) dislocazioni o dissesti che interessano soltanto la parte superficiale della crosta terrestre (frane, scoscendimenti, lame, subsidenze e frane miste) e che possono coinvolgere intere masse o sfiorare soltanto la parte più superficiale del terreno.

e) *sede del disturbo che produce la frana*: corpo stesso che frana o il suo sottosuolo.

f) *posizione della massa che frana rispetto all'acqua sotterranea*: al disopra o al disotto del pelo libero della falda freatica.

g) *direzione prevalente del movimento* (vedi caratteristiche meccaniche al n. 5).

#### 5) Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche statiche, cinematiche e dinamiche di un franamento possono così schematizzarsi:

a) *stato del materiale che frana* e che eventualmente può variare durante l'evolvere della frana: solido, plastico, liquido viscoso, frammentario discontinuo ecc.;

b) *grado di omogeneità*: omogeneo, quasi omogeneo ed eterogeneo;

c) *resistenza al taglio* del singolo corpo o di due corpi a contatto;

d) *tipo di « movimento »*:

1) di *solido*: semplice deformazione plastica (lama) o movimento vero e proprio (di traslazione, di rotazione, misto) di una o più masse, ciascuna in se stessa, in solido;

2) di *liquido* (correnti, colate ecc.);

3) di mezzo *discontinuo* (cadute, correnti ecc.);

4) *misti*;

e) *velocità del « movimento »*: lento, rapido, lento nel complesso, ma localmente rapido; frane improvvise quasi istantanee ecc.; lento è anche quello della corrosione superficiale;

f) *direzione prevalente del « moto »*: orizzontale, verticale, (verso il basso o verso l'alto), qualunque (la risultante) con movimenti locali differenti o diversi (specialmente nel caso delle deformazioni plastiche nelle varie parti di una massa « scoscesa »).

#### 6) Superficie di distacco ed eventuale superficie di scorrimento

Il caso dell'esistenza di una superficie di scorrimento, quello della preesistenza di una superficie inclinata di scorrimento ed, infine, quello dell'esistenza di una superficie che sia contemporaneamente di distacco preconstituito e di scorrimento non sono i più frequenti.

Può intervenire una superficie di discontinuità attuale (preesistente) o potenziale (di « neoformazione »), come luogo di minore resistenza al taglio, lungo la quale avviene il distacco della massa che frana da quella che rimane in sede; queste superfici possono o non coincidere totalmente con quelle lungo le quali avviene, se avviene, lo scorrimento (lo slittamento).

Ma nè la preesistenza della discontinuità, nè la coincidenza con la superficie di slittamento sono condizioni necessarie perché si verifichi una frana.

Le varie frane, da questo punto di vista, possono essere, infatti, così caratterizzate:

a) *manca di una vera superficie di distacco e senza una vera superficie di scorrimento*, ma con una superficie, sempre rinnovantesi, che separa il sottosuolo ancora stabile (in equilibrio, in quiete) dalla massa in fase di deformazione plastica attraversata da innumerevoli, variabili ed effimere superfici di rottura (« lame »);

b) *preesistenza di una discontinuità* qualsiasi: fratture (insite od acquisite), giunti di stratificazione, contatti (tettonici, stratigrafici ecc.) con o senza acqua, con o senza materiale argilloso; è caratterizzante l'origine della discontinuità, con la sua forma, posizione, estensione;

c) *superficie preesistente soltanto in parte* che si amplia ed estende con l'evolvere della frana (passa a f e g);

d) *più superfici preesistenti* (multiple): scistosità, scagliosità, fratture e giunti molto ravvicinati;

e) uno o più *vuoti sotterranei*;

f) *superficie piana di neoformazione* (di minore resistenza al taglio) nelle rocce sciolte incoerenti; è caratterizzante l'inclinazione di questo piano;

g) *superficie cilindrica* di minore resistenza al taglio nelle rocce sciolte coerenti (rocce argillose); è caratterizzante la forma con la posizione di questa superficie;

h) *superficie gobba*, come in g, ma quando sono efficaci anche i vincoli laterali;

i) *superficie qualunque*, nelle rocce lapidee (a sbalzo, con fronti molto alti, soggette a forti alteranze di temperature, ad intensa azione del gelo ecc.);

j) *una o più superfici « anulari »*, imbutiformi, concentriche intorno ad un asse passante per un « difetto » sotterraneo di materiale o della sua resistenza; tipo di franamento passante gradualmente a:

k) *inflessioni ed abbassamenti* senza rotture e distacchi e:

l) *sprofondamenti e crolli*.

## 7) Ambiente geologico <sup>(3)</sup>

Le particolarità geologiche che (insieme con quelle geografiche e geofisiche locali) intervengono nel determinare, influenzare e, comunque, nel caratterizzare un movimento franoso, il ripetersi o l'associarsi di più frane nella stessa località sono rappresentate specialmente da: *costituzione litologica, forma, dimensioni, giacitura, stato di conservazione e rapporti reciproci dei « corpi »* (geologici) partecipanti all'evento insieme con l'azione, spesso decisiva, delle acque sotterranee (*situazione idrogeologica della località*).

*Pieghe, faglie, fratture, curvature sin-genetiche* delle formazioni (per es. vulcaniche), *alternanze di rocce di differente comportamento meccanico* (compresa la permeabilità), *interstratificazioni argillose* e loro posizione e giacitura rispetto alle superfici limiti esterne dei terreni, *lato affiorante (esposto) delle strutture tettoniche* di estensione regionale (differente franosità per es. sui due versanti dell'Appennino, secondo ALMAGIÀ), ecc. costituiscono, a parità delle altre condizioni locali e geografiche generali, fattori determinanti e comunque caratterizzanti della franosità sporadica, occasionale e di quella specifica di « unità » geomorfologiche, di « province » franose e di vaste regioni oro-idrografiche in genere.

## 8) Morfologia del franamento

Forma, aspetto esteriore, modo di manifestarsi (all'esterno o nel sotterraneo), lineamenti della frana, in considerazione anche della forma o tipo di « corpo »

che frana, costituiscono altri caratteri essenziali degli eventi franosi. Tali caratteri si tende ad esprimerli con dizioni sintetiche, prese per lo più dal linguaggio comune come quelle che qui sotto si riportano:

a) *slittamento* (o scivolamento) *solidale* (in solido) lungo una superficie preesistente di uno (o più blocchi successivi) di *roccia lapidea*, facente parte di un rilievo e che precipita con o senza rotolamento; per es., scivolamento di uno o più strati su di una base «rammollita»; slittamento di falda acclive fino a strapiombo ecc.;

b) *slittamento « solidale »* (scivolamento) di *materiale sciolto* (di detriti asciutti di qualsiasi natura ed origine, compresa la coltre superficiale) lungo una superficie di distacco preesistente o di neoformazione;

c) *deformazione plastica* (lama) di una massa (omogenea o eterogenea) con contenuto di acqua compresso entro i dovuti limiti; es. frane delle argille scagliose, spostamento di masse plastico-molli ecc.;

d) *crollo* (abbandono della propria sede, distacco) di *grossi blocchi lapidei* (o, sotto questo aspetto, equivalenti) in loro stessi solidali e caduta libera (in aria) o con « rotolio », « rovinio » dei pezzi che precipitano; è compresa qui la sfogliazione (desquamazione) di formazioni argillose « compatte » (asciutte) o di rocce con debole cementazione (alcune arenarie, alcuni conglomerati, molti tufi vulcanici ecc.);

e) *crollo* (abbandono di sede) di *materiale sciolto* (asciutto) e caduta libera in aria con rotolio, rovinio ecc.;

f) *abbassamento* di corpi (naturali o artificiali) in rilievo con eventuale rifluimento della parte basale dello stesso corpo;

g) *avvallamento* di terreno pianeggiante, inflessione, cioè, con concavità verso l'alto della superficie del suolo;

h) *affondamento* in solido (seguito poi da fratture e dislocazioni) di un corpo appoggiato (es.: rilievo detto « galleggiante », manufatto rigido ecc.) su una base compressibile che si schiaccia e che può anche rifluire verso le superfici esterne, non contenute, non contrastate;

i) *sprofondamento* di rocce di qualsiasi genere;

j) *fluimento* (corrente, colamento, colata ecc.) di masse sciolte di ogni tipo imbevute, impregnate di acqua, comprese le eruzioni di sabbie, sabbia bollente, dilavamento ecc.

## 9) Parti nelle quali si suddivide la area interessata da una frana

Caratteristiche comuni ad un vasto gruppo di frane, ma sensibilmente variabili da tipo a tipo sono le *tre parti* che si possono distinguere nell'area della frana, i tipi diversi di *crepe* del corpo franato e del terreno rimasto in sede, ma che ha comunque risentito dell'evento, i *gradini* di frana nonché i *dossi di rifluimento* (verso l'alto) del materiale stesso franato e della base, a valle, contro cui la massa dislocata ha esercitato una spinta.

<sup>(3)</sup> Le caratteristiche geologiche, che definiscono l'ambiente dal punto di vista strutturale interno, si possono suddividere in: 1) *geometriche* (forme dei corpi geologici interessati, loro dimensioni, andamento delle superfici limiti, giaciture, successione stratigrafica, tettonica, contatti, grado di discontinuità ecc. e 2) *fisiche* (idrogeologia, comportamento meccanico, termico, contenuto di gas ecc.).

Specialmente le caratteristiche del secondo gruppo risentono molto della profondità (v. F. PENTA, op. cit., 1962).

Le tre parti che si succedono, da monte verso valle, sono: 1) la *regione del distacco* (di rottura, di origine, nicchia di strappo, ciglio del distacco, ciglio frontale o spigolo frontale) con il relativo « salto »; 2) la *regione dello scorrimento* (regione di scivolamento, pendio di scorrimento, mediana, letto di scorrimento, lizza, tratta mediana, parte intermedia, zona interna, superficie o via di slittamento ecc.) con i relativi « lati », « gradini », « crepe », « dossi », ecc.; 3) *zona di deposito* (distretto o zona di deiezione, regione di quiete, falda ecc.) con relativi « dossi », « crepe » ecc.

Queste tre parti cambiano di sviluppo, forma, evidenza, ecc. secondo il tipo di franamento.

Le *crepe* (parallele o normali alla direzione prevalente del movimento) laceranti il corpo della frana sono dovute a taglio e a trazione, nella parte mediana, e ad effetto della spinta verso l'alto nei dossi e specialmente in quelli della zona di deposito.

Crepe intersecanti il terreno rimasto in sede, ma influenzato dalla rottura (distacco e spostamento del corpo franato), oltre quelle dovute alla *lacerazione* (trazione), si sviluppano per effetto del taglio lateralmente; crepe provocate dalla *spinta verso valle* (operata dal corpo franante) possono manifestarsi a valle dell'area di deposito del materiale franato.

Crepe di due o più nature o origini possono coesistere (*crepe combinate*).

I *dossi* dovuti a rifluimento possono crearsi sia nella parte più bassa della frana, che nel corpo tutto della frana stessa; suddivisi dalle crepe di spinta, i dossi possono svilupparsi anche nel terreno in sede a valle della vera frana.

I *gradini*, delimitati dalle crepe profonde di taglio nel corpo della frana, costituiscono altra caratteristica di una frana singola di alcuni tipi, mentre i *gradini legati a terrazze di frane* sono propri dei complessi di due o più frane successive (frane multiple) separate nel tempo da periodi di quiete con relativi depositi acquei.

*Forma* (per es., verticaleggiante in alto e poi incurvatura nelle parti più profonde), *stato* (aperte o « beanti », chiuse), *posizione, andamento planimetrico* (circolare, parabolico ecc.) delle crepe, *posizione, sviluppo, forme, numero* ecc. dei dossi sono talora caratteristici dei singoli tipi di frana.

L'assieme di queste caratteristiche permette di individuare e delimitare il franamento dal punto di vista di estensione in superficie ed in profondità. Lo *stato di conservazione* delle crepe, dei dossi e dei gradini caratterizza l'epoca del franamento.

## 10) Meccanismo del franamento

Intendiamo con questo termine il decorso, lo sviluppo, l'evoluzione, l'estrinsecazione dell'evento franoso analizzato, interpretato e spiegato dal punto di vista meccanico con la puntualizzazione dell'ambiente (geologico e geografico) e con l'indicazione delle cause. La tendenza ad esprimere il meccanismo in termini sintetici si basa principalmente sulle denominazioni proprie della *morfologia*, di cui al precedente n. 8.

Fanno parte del meccanismo la *durata* dell'intero evento, i *movimenti* (precursori, durante la frana ed i postumi), la *velocità* (franamenti da lentissimi a ra-

pidi, quasi istantanei), eventuali *trasformazioni* di uno o più caratteri durante lo svolgimento del processo franoso (da frana a colamenti di fluidificazione col variare delle caratteristiche litologiche del terreno che frana specialmente se questo è argilloso sensitivo, tixotropico ed interviene l'acqua), *portata* della massa franante, la quale assume significato nel caso di basse velocità e di movimento perdurante per lungo tempo.

Come meccanismi delle frane vanno ricordati specialmente quelli propri degli:

a) *slittamenti* (scorrimenti, scivolamenti) in solido, per es., di rocce lapidee su rocce sciolte o viceversa, con o senza l'intervento dell'acqua;

b) *crolli per scalzamenti* per erosione, cioè, idrica (mare, fiumi, laghi) o anche eolica della base, del substrato con le « frane di sponda » dovute ai riflessi delle maree sulla falda idrica sotterranea;

c) *crolli di formazioni lapidee* terminanti con ripidi pendii e intensamente fratturate (frane di disgregamento o di crollo);

d) « *schacciamento* » di *materiale plastico* (o comunque molle) contenuto fra due formazioni più consistenti, libero di rifluire da una o più parti e che dà luogo, per es., ad una « corrente di fango alla base o sulla pendice di un rilievo »: *rifluimento* (plastico o liquido) di *spremitura*;

e) « *rammollimento* » (plasticizzazione fino a fluidificazione) del terreno più o meno argilloso, che dà luogo a « lame ». (superficiali dette di « ammolimento », o profonde dette da alcuni « cedimenti ») rapide (su pendii ripidi) o lente ecc.; rammollimento di argille con intercalazioni di sabbie acquifere ecc.;

f) *schacciamento* di *materiale plastico* o plasticizzato dall'acqua e dal carico: frane per plasticizzazione, per « fluidificazione », « ammolimento » in genere del substrato (vedi e) e conseguente cedimento dei corpi sovrastanti (detti *cedimenti, scivolamenti* ecc.);

g) *fluimenti* (o rovinii) di *materiale sciolto* o reso sciolto dalla fratturazione intensa, diffusa (alcune frane dette « per disgregazione ») *senza l'intervento dell'acqua*;

h) *fluimenti connessi all'intervento dell'acqua*: colamenti di rovinio (o di detrito di falda limoso), mure, lahare ecc.; fluidificazione di sabbie attraversate da correnti idriche sotterranee (fluimenti sotterranei) con conseguenti franamenti delle parti sovrastanti.

## 11) Cause delle frane

Fra le tante cause delle frane, che intervengono nella loro caratterizzazione, sono da ricordare:

a) *cause comuni* a tutte le frane: gravità (escluso il soliflusso);

b) *cause proprie* di tipi singoli di frane;

c) *cause naturali* e *cause artificiali*;

d) *età delle cause* (geologiche e attuali);

e) *cause prime* (o predisponenti) e *cause provocatrici*;

- f) *cause intrinseche* e cause estrinseche;
- g) *cause ordinarie* (o principali) e fattori predisponenti;
- h) *cause determinanti*;
- i) *concause* o fattori concomitanti;
- j) *cause reali e cause immediate*;
- k) *cause ordinate dal punto di vista meccanico*;
- l) *cause ordinate secondo il grado di immediatezza del loro rapporto con l'evento franoso*;
- m) *cause meccaniche pure*; cause « terrestri »: sovraccarichi, scalzamenti, scuotimenti e vibrazioni artificiali (mine, traffico ecc.) e naturali (sismi, microsismi), richiamo del vuoto ecc.;
- n) *gli agenti geofisici*;
- o) *gli agenti geochimici* (compresi quelli di tipi elettrolitici dovuti alle correnti che nascono nel sottosuolo al contatto fra corpi diversi);
- p) *gli agenti misti* (geofisici e geochimici) e *fattori geomorfogenici* (specialmente acqua);
- q) *l'acqua* come fattore, agente, causa di moltissime frane: acque selvagge, di fiume, laghi, mare, ristagni d'acqua, acque sotterranee, acque di rifiuto ecc.;
- r) *la vegetazione*;
- s) *gli animali*;
- t) *il fattore umano* (« cause tecniche »).

#### 12) *Comportamento nel tempo di una singola frana o di più frane che investono una stessa località*

Sotto questo punto di vista, del rapporto, cioè, fra frana e tempo caratterizzante i diversi tipi di frane (dalle geologiche alle attuali) si possono ricordare: *periodicità* (es. frane stagionali), *perpetuità* (perennità) o *sporadicità, frequenza, successivi stadi di sviluppo* di una frana (frana in preparazione, in corso o evoluzione, avvenuta, postumi), tipi di frane che si ripetono o si continuano (una volta iniziate), modo di succedersi nel tempo di una serie di frane (retrogressive, successive, progressive ecc.), tempi di inizio delle franosità regionali, variazioni nel tempo di alcuni caratteri di una stessa frana ecc.

#### 13) *Rapporti fra più frane in una stessa località*

La *coesistenza, la contemporaneità, la successione locale, la distribuzione e la densità regionale* delle frane sono altre caratteristiche di molti tipi di frane e della franosità in genere.

Sotto questo punto di vista si possono, per es., citare:

- a) *frane multiple*, molteplici, indipendenti fra di loro, fra cui anche alcune frane locali sovrapposte a frane regionali;
- b) *frane composite*, dipendenti fra di loro: 1) con

le stesse cause e con effetti contemporanei o no; 2) più frane legate fra di loro da rapporti di causa ed effetto (fra cui anche qualche frana locale sovrapposta a frana regionale); 3) uno stesso franamento che, nel suo evolvere nel tempo e nel suo sviluppo spaziale, assume aspetti diversi.

#### 14) *Effetti delle frane*

Sono caratteristiche di molti tipi di frane anche le loro influenze sulla *geografia locale o regionale*, sullo sviluppo e conservazione delle *opere dell'uomo* (effetti economici), sugli *insediamenti umani* stessi (« effetti antropici », oltre le perdite di vite umane) e sull'*economia* delle regioni in generale.

Per ciò che riflette la *geografia locale o regionale*, basta ricordare che è caratteristico di alcuni tipi di frane la modifica rapida della *morfologia* e del *regime delle acque* esterne e sotterranee; le frane funzionano, cioè, come *agenti, fattori morfogenici*, nella area stessa nella quale si verificano o al di fuori di essa; direttamente o indirettamente concorrono al *modellamento* della « plastica » locale; alcune spingono la loro azione fino a modificare, sia pure nelle parti più superficiali, le strutture (« geologiche ») del sottosuolo (lame « ad uncino » provocanti l'inversione della immersione della stratificazione).

Per ciò che si riferisce alle *opere costruite dall'uomo*, si ricordano la distruzione di alcuni laghi dovuta al loro riempimento operato da frane, i danni diretti o indiretti (onde del pelo libero) creati in questi dal franamento delle sponde, ponti distrutti, tracciati di strade o di ferrovie, condotte d'acqua, canali, gallerie, elettrodotti ecc. da allungare fortemente (o da sviluppare in gallerie) per evitare aree franose, interruzioni del flusso d'acqua e dell'esercizio dei relativi impianti dovute a frane che temporaneamente o definitivamente ne hanno sbarrato il corso.

Per ciò che si riferisce allo *sviluppo industriale* (compresa l'agricoltura, silvicoltura, ecc., utilizzazione di campi minerari fra i quali i petroliferi ecc.), la franosità dei relativi territori può rendere impossibile o, se non altro, molto difficile e costoso il sorgere ed il consolidamento di centri industriali.

In quanto agli *insediamenti umani* ed allo *sviluppo edilizio* (frequenza, distribuzione, estensione e densità degli agglomerati umani) il cui sviluppo è oggi più che mai connesso alle vie di comunicazione, molte plaghe franose (da secoli e anche da millenni ed ormai irrimediabilmente) sono caratterizzate, appunto, dall'assenza di ogni insediamento di qualche rilievo.

#### 15) *Prevedibilità*

Il *grado di prevedibilità* (questione piuttosto di probabilità) varia col tipo di frana, natura del terreno, caratteristiche geologiche e geografiche.

In molti casi si hanno segni precursori, premonitori, concomitanti. Osservazioni sistematiche, bene, razionalmente e tempestivamente impiantate e opportunamente interpretate, forniscono quasi sempre utili avvertimenti.

I calcoli di verifica di stabilità, specialmente se basati anche sulla esperienza raccolta su frane simili

(a quella prevedibile) già avvenute nelle stesse condizioni ambientali, sono indispensabili in proposito per molti tipi di frane; occorre, però, che i valori che si assumono per le grandezze fisiche entranti in gioco (coesione, resistenza al taglio, grado di continuità, omogeneità, isotropia ecc.) siano aderenti alla realtà dei luoghi e del momento.

### 16) Rimediabilità

Il grado di rimediabilità, con i fattori vari che caratterizzano le frane dal punto di vista di misure preventive, provvedimenti, assicurazioni, consolidamenti, sistemazione ecc. permette di distinguere le frane in:

- a) frane allo stato potenziale che possono evitarsi definitivamente o temporaneamente;
- b) frane in atto che possono contrastarsi;

### LES CARACTERISTIQUES DES MOUVEMENTS DU SOL (ÉBOULEMENTS, GLISSEMENTS, ETC.).

*Resumé:* L'auteur classe et décrit d'une manière synthétique les caractéristiques des éboulements, glissements et autres mouvements du sol (affaissements, affaissements en cuvette, arrachements, balancements; avalanches de débris, chutes de débris, chutes de rochers, déformations, disposition des couches en crochet, déplacements, éboulements des versants, etc., fauchage, glissements des terrains, subsidences, etc.).

Ces caractéristiques se réduisent aux seize catégories suivantes: 1) type du corps qui se déplace; 2) nature du matériel qui se déplace; 3) milieu géographique environnant; 4) caractéristiques géométriques et topographiques du déplacement; 5) caractéristiques mécaniques du déplacement; 6) surface de la rupture et éventuellement surface du glissement; 7) milieu géologique environnant; 8) morphologie du mouvement; 9) parties dans lesquelles se distribue la zone glissée (déplacée, etc.); 10) mécanismes du déplacement; 11) causes du phénomène; 12) évolution du mouvement; 13) relations entre deux ou plusieurs éboulements, glissements, etc. dans une même localité; 14) effets de tels mouvements; 15) possibilité de prévoir les mouvements; 16) possibilité et modalité de prévenir ou empêcher les mouvements mêmes.

### THE CHARACTERISTICS OF LANDSLIDES AND RELATED PHENOMENA

*Summary:* The author has classified and synthetically described the main characteristics of landslides and related phenomena (for the meaning of these expressions, see F. PENTA "Lezioni sulla frane" III Ed.; Roma, 1962): slides (rotational sl., transl. sl., mixed sl., shear sl. or slumps, slab sl., earth sl., rock sl., debris sl., deep deformation sl., sliding, etc.), slips (landslips, slipouts, slippages, slump or shear slide along a "neoformation" surface, slumping, slips of cliffs, clay sl., earth sl., etc.), falls (falling, slide falls, soil falls, sand f., rock f., debris f.), flows (flow slides, flow slips, flowages, earth fl., clay fl., mud fl., silt fl., sand fl., debris fl., rock fragments fl., burstings), creeps ("lame", slow flowages, leakage, soil cr., talus cr., rock cr., solifluction, rock glaciers, creeping, outcrop curvature, terminal creep), settlements (settling), subsidences, displacements (with the catastrophic dep.), movements (of detritus, of solid rock, mass movements, of quick sand, q. clay), avalanches (debris avalanches, etc.), cracking and failures (failing, base failure, etc.), breaks of a slope (br. down, br. through, etc., sloop breaks, sloop cracking, sl. failures, overbreakage or blast fracturing, rock wasting), rock pressure (cliffs pressure or pressure of cliffs), the excavation, undercutting, bulges (bulging) or ridges, solifluction and subsoil fluction, downhill slippa-

c) frane in atto che possono ridursi definitivamente o temporaneamente (differendone, cioè, nel tempo il decorso principale);

d) frane in atto che non possono più contenersi in tempi ragionevoli;

e) frane in atto che possono contrastarsi con opere e provvedimenti i cui effetti benefici si risentiranno soltanto dopo molto tempo.

Le caratteristiche in proposito potremmo distinguere in: *evitabilità*; *riducibilità* totale o parziale, definitiva o temporanea; *inevitabilità* o *incontrastabilità assoluta*; *riducibilità* o *contrastabilità a lunga scadenza di tempo*.

Roma (S. Pietro in Vincoli) Centro di Studio per la Geologia Tecnica del CNR, presso l'Istituto di Geologia Applicata della Facoltà di Ingegneria (Università), 1 novembre 1962.

ges, downwarping and drawdown, liquefaction, squeezing out, wrung, leakage, depression, effects of underground erosion, stream cut of cliffs until the bluffs.

The author explains the following sixteen categories: 1) type of the moving mass; 2) nature of this mass; 3) geographical environment; 4) geometrical and topographical characteristics; 5) mechanical characteristics of the movement; 6) surface of the failure and eventually of the sliding; 7) geological environment; 8) displacement morphology; 9) parts of the slid zone; 10) mechanics of the movement; 11) causes; 12) behaviour with the time; 13) relations between two or many slides in a same place; 14) effects; 15) possibility and degree of foreseeing; 16) possibility and relative modality of controlling or checking.

### KENNZEICHEN DER RUTSCHUNGEN

*Zusammenfassung:* Der Verfasser betrachtet hier die Rutschungen und ähnliche Erscheinungen, d.h.: 1) Bodenzerstörungen; Bodenbewegungen, Erdfälle, abschiebende Berge, wandernde Berge; 2) Stürze, Hinabstürze, Schuttstürze, Felsstürze, Bergstürze ( $\cong$  Bergrutsche); absturzdrehende Felswände; 3) Gleitungen, Abgleitungen, Hinabgleitung, Abwärtsgleitungen; 4) Rutschungen, Abrutschungen, Hinabrutschungen, Schuttrutschungen, Felsrutschungen, Dammrutschungen, Erdrutschungen felsiger Gesteine, Berggrutschungen, Erdrutschabsturz, Einschnittsrutschungen, Serienrutschungen, Verrutschungen, Erdschlippe; 5) Brüche, Abbrüche, Risse (Schrumpfrisse); 6) Krieche, Gekrieche, Kriechrutschungen, Ha(c)kenbrüche, Ha(c)kenslagen, Ha(c)kenwerfen; 7) Ausfließungen, Abfließungen, Rutschfließungen, Berstungsbrüche, Berstungsfließungen, Ströme, Blockströme, Schuttströme, Schlammströme, Schwimmsande, Müre, Murbrüche, Rufe, Vermuren; 8) Senkungen, Absenkungen, Absetzungen, Bodensetzungen, Bergschäden, Setzungsfließungen, Solifluktion; 9) Ausquetschungen, Ausweichung, Auspressung, Auslaugung; 10) Hebungen, Unterspülung, unterirdische Sandströme, u.s.w. Der Verfasser ordnet und beschreibt die besonderen Merkmale dieser Erscheinungen, die er in 16 Kategorien zusammenfasst:

1) der Körper, der rutscht; 2) die Bersachaffenheit des Materials, das rutscht; 3) die geographische Umgebung; 4) die geometrischen, topographischen Kennzeichen der Rutschung; 5) die mechanischen Kennzeichen der Rutschung; 6) die Abscheidungsfläche und eventuelle Gleitfläche; 7) die geologische Umgebung; 8) die Morphologie der Rutschung; 9) die verschiedenen Teile der gerutschten Zone; 10) der Mechanismus; 11) die Ursache; 12) das zeitliche Verhalten; 13) das Verhältnis zwischen zwei oder mehreren Rutschungen an der gleichen Stelle; 14) die Wirkungen der Rutschungen; 15) die Voraussichtlichkeit; 16) die Möglichkeiten, sie zu verhindern.