

F. BOENZI (\*), C. CHERUBINI (\*\*)

## FRANE IN ROCCIA SUL VERSANTE OCCIDENTALE DEL MONTE SIRINO IN BASILICATA

**Riassunto** — Sul versante occidentale del Monte Sirino in Basilicata, poco a nord-est dell'omonimo lago, sono stati osservati particolari depositi detritici; si tratta di tre accumuli di frana sovrapposti gli uni agli altri.

Le frane del tipo da scorrimento traslazionale si sono verificate in tempi diversi. Fra le cause, che le hanno prodotte, una delle più importanti è rappresentata dagli eventi sismici, frequenti ed intensi nella zona.

**Abstract** — *Rockslides along the western side of Mount Sirino (Lucanian Apennines)*. Along the western side of Mount Sirino some debris sediments have been recognized. They consist of three traslational deposits laid one other. One of most important cause of the mass movements, produced in different periods, can be represented by seismic events, that are frequent and also strong in this area.

**Key words** — Rockslides, Lucanian Apennines.

### PREMESSA

Sul fianco occidentale del M. Sirino (fig. 1), esattamente sul versante orientale di Costa del Capraro, presso il Lago Sirino, sono stati osservati depositi detritici, sovrapposti gli uni agli altri sui quali, in parte, poggia l'autostrada Napoli-Reggio Calabria.

In particolare si tratta di accumuli di frana che si sono prodotti in tempi diversi, ma, nel complesso, relativamente recenti.

Si è ritenuto opportuno descrivere questi fenomeni franosi prima di tutto perché la loro tipologia e genesi, fra l'altro abba-

---

(\*) Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari.

(\*\*) Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica dell'Università degli Studi di Bari.

stanza complesse, ci forniscono qualche indicazione sull'evoluzione del versante esaminato, e poi perché queste frane non sono state oggetto di precedenti studi.



Fig. 1 - Ubicazione geografica del M. Sirino.

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I terreni affioranti sul versante considerato (fig. 2) sono rappresentati, in prevalenza, dai sedimenti della «Serie calcareo-silico-marnosa» (SCANDONE, 1972).

In particolare, la loro successione stratigrafica, dal basso in alto, è la seguente: calciruditi e calcareniti con liste e noduli di selce («Calcari con selce»); alternanza di marne, più o meno silicifere, di radiolariti e di argilliti («Scisti silicei»); alternanza di argilliti di marne e di calcilutiti («Flysch galestrino»).

I «Calcari con selce» costituiscono le parti alte e medie del versante, gli «Scisti silicei» quelle basse; il «Flysch galestrino» affiora, soprattutto, alla base del versante.

Gli strati, che hanno una giacitura a franapoggio, immergono verso sud e sud-ovest con una inclinazione, che si aggira sui 30°.

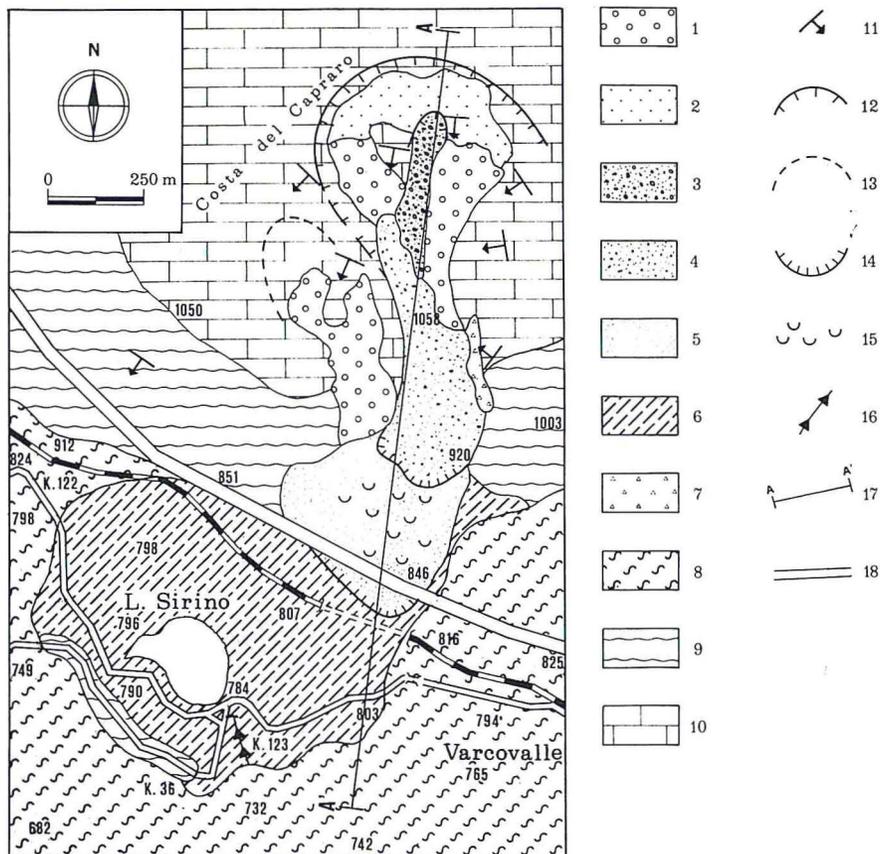


Fig. 2 - Carta geologica schematica del versante orientale di «Costa del Capraro»; 1) Detriti ciottolosi (Olocene); 2) Detriti prevalentemente sabbioso-ciottolosi (Olocene); 3) Accumulo di frana «a» (Olocene); 4) Accumulo di frana «b» (Olocene); 5) Accumulo di frana «c» (Olocene-Pleistocene sup. ?); 6) Detriti in sottili letti (Pleistocene ?); 7) Breccie cementate (Pleistocene); 8) «Flysch galestrino» (Cretaceo); 9) «Scisti silicei» (Giurassico); 10) Calcari con selce (Trias); 11) Giacitura degli strati; 12) Nicchia di distacco; 13) Nicchia di distacco mal conservata; 14) Fronti degli accumuli franosi; 15) Lobi; 16) Incisione in fase di erosione regressiva; 17) Traccia della sezione; 18) Autostrada.

Nel complesso i sedimenti descritti costituiscono il fianco sud-occidentale di una anticlinale con asse diretto, all'incirca, da nord a sud (SCANDONE, 1972).

Alla base del versante esaminato, precisamente a sud-ovest del Lago Sirino, lungo la S.S. n. 104, affiora un lembo poco esteso di «Scisti silicei», che poggia sul «Flysch galestrino». Questi «Sci-

sti silicei», che immergono debolmente verso nord-est, si sono staccati dal sovrastante versante producendo la depressione che oggi è occupata dal Lago Sirino (GUERRICCHIO e MELIDORO, 1981).

A luoghi, su alcuni tratti del versante esaminato, affiorano lembi poco estesi di brecce stratificate e cementate, costituite da elementi eterometrici di natura prevalentemente calcarea.

Questi sedimenti possono essere, in parte, di origine crioclastica e si son dovuti deporre nel corso di un periodo freddo.

Non si hanno notizie precise sull'età delle suddette brecce; a scopo indicativo, sulla base di studi condotti in zone limitrofe (BOUSQUET, 1973; BOENZI e CIARANFI, 1982), esse potrebbero essere attribuite ad una fase fredda del Pleistocene medio o medio-superiore.

Sui terreni mesozoici sopra descritti e sulle brecce pleistoceniche poggiano depositi detritici sciolti, alcuni dei quali possono interpretarsi come accumuli di frana; di questi si parlerà, più diffusamente, qui di seguito.

#### DESCRIZIONE DEI FENOMENI FRANOSI E CENNI SULL'ORIGINE DEL LAGO SIRINO

Il versante considerato ha una pendenza media di circa  $25^\circ$  ed è caratterizzato, nel tratto alto, dalla presenza di una vasta nicchia concava ed aperta verso sud.

La forma che si estende all'incirca fra le quote 1400 e 1200, è modellata nei «Calcari con selce» ed è larga 500-600 metri.

La testata ed il fianco occidentale della nicchia sono rappresentati da una scarpata abbastanza ripida; il fondo è inclinato ed ha una pendenza dell'ordine di  $30^\circ$ . A luoghi lo stesso fondo corrisponde ad una superficie di strato di «Calcari con selce». Il tratto alto della nicchia è coperto da depositi detritici, in prevalenza sabbioso-ciottolosi, provenienti per ruscellamento e/o gravità dalle parti più elevate del rilievo.

Questi depositi, il cui spessore è dell'ordine di 30-40 cm, poggiano sulla superficie di strato dei «Calcari con selce» (fig. 3) e sono interessati da fenomeni di scivolamento, di modeste dimensioni, i cui effetti sono rappresentati da piccoli gradini.

In alcuni casi questo materiale detritico è stato completamente asportato dall'erosione e, di conseguenza, affiora la superficie



Fig. 3 - Depositi detritici sabbioso-ciottolosi poggiati su una superficie di strato di «Calcarei con selce».

di strato. Un interessante particolare morfologico è rappresentato dalla presenza, sul fondo della descritta nicchia, di una forma analoga, ma di minori dimensioni.

Questa nicchia, più piccola, si apre verso sud ed è delimitata da pareti verticali sulle quali si nota la giacitura a franapoggio degli strati.

Procedendo dalle parti più elevate verso quelle più basse del versante possono essere distinti tre differenti accumuli detritici, che si sovrappongono gli uni agli altri (fig. 4); essi sono stati indicati rispettivamente con le lettere «a», «b», «c».

Qui di seguito vengono brevemente descritti i menzionati accumuli a cominciare da quello contraddistinto con la lettera «a», che è il più alto sia per posizione altimetrica che stratigrafica.

«a») Il deposito è formato da elementi angolosi eterometrici, ad assetto caotico, di dimensioni comprese tra 1-2 m<sup>3</sup> e qualche dm<sup>2</sup>. I blocchi rocciosi formano una lingua lunga 400-500 metri.

«b») L'accumulo (fig. 5) è simile al precedente; gli elementi che lo costituiscono sono di medie e grosse dimensioni e formano

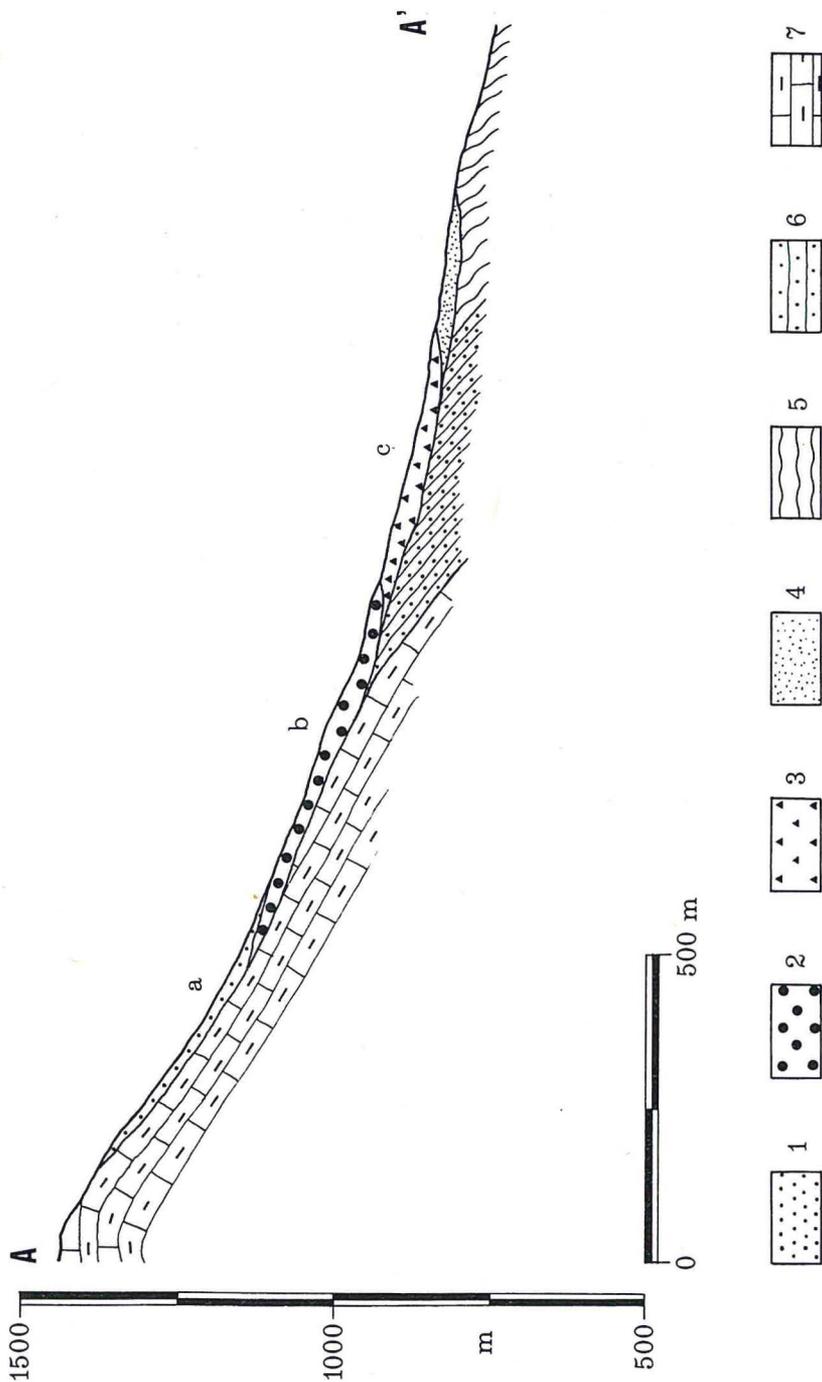


Fig. 4 - Sezione geologica. 1) Accumulo franoso «7»; 2) Accumulo franoso «b»; 3) Accumulo franoso «c»; 4) Detriti in sottili letti; 5) «Flysch galestrino»; 6) «Scisti silicei»; 7) «Calcarei con selce».



Fig. 5 - Aspetto dell'accumulo franoso «b».

una lunga colata il cui fronte è caratterizzato da una scarpata alta una decina di metri. Lo spessore del sedimento detritico è dell'ordine di 30-40 metri.

«c») Il deposito, pur presentando gli stessi caratteri dei precedenti è modellato in lobi e piccoli archi.

Queste forme denotano che il sedimento, il cui spessore è dello stesso ordine di grandezza di quello sopra descritto, è stato interessato da lenti movimenti.

Quest'ultimo deposito poggia, a sua volta, sopra particolari sedimenti detritici affioranti alla base del versante considerato, soprattutto ad E del Lago Sirino, dei quali si parlerà in seguito.

L'aspetto generale del versante, in particolare la presenza delle nicchie, la giacitura a franapoggio degli strati nonché la forma e l'assetto degli accumuli descritti inducono a ritenere che si tratta di fenomeni franosi che, nel complesso, possono essere considerati da scorrimento traslazionale in materiale roccioso (VARNES, 1978; CARRARA et Al., 1981).

In particolare la nicchia più vasta corrisponderebbe alla superficie di distacco dalla quale, in tempi diversi, si sarebbero

staccate le masse rocciose che hanno prodotto gli accumuli «b» e «c». La nicchia meno estesa, modellata nella precedente, corrisponde alla zona di distacco del corpo franoso «a».

Va notato che dalla scarpata che costituisce la testata di questa nicchia più piccola si sono staccati, molto di recente, grossi blocchi di dimensioni superiori ai 3-4 m<sup>3</sup>, rappresentati da interi pezzi di strato di «Calcari con selce» (fig. 6), i quali si sono addossati al corpo di frana «a».



Fig. 6 - Blocchi di Calcari con selce staccatisi dalla scarpata che costituisce la testata della nicchia di dimensioni minori.

Fra le cause che hanno potuto produrre i movimenti franosi, come si dirà anche nel paragrafo riguardante la stabilità del versante, sono da prendere in considerazione i fenomeni sismici.

Questi hanno dovuto agire su un versante roccioso, con strati a franapoggio, precedentemente allentato, dal punto di vista tensionale, da processi di erosione regressiva operati da un corso d'acqua.

L'importante ruolo avuto dai movimenti sismici si deduce dal lavoro di CALCAGNILE et Al. (1977). In particolare nella carta delle isosiste, riferite ad un periodo compreso tra il 1934 ed il 1973, si

nota infatti che il M. Sirino è compreso fra le isosiste ad intensità MSK IX e X.

Inoltre secondo un recente studio (CIARANFI et Al., 1983) il menzionato rilievo ricade in un'area dove i sollevamenti quaternari sono stati molto sensibili e dove il grado di sismicità è elevato.

Circa l'età delle frane descritte non si hanno elementi in proposito; l'unica cosa che può dirsi in proposito è che esse si sono prodotte dopo la formazione delle brecce del Pleistocene medio o medio-superiore (?), dal momento che nei depositi di frana sono contenuti frammenti delle stesse brecce.

Comunque, per il momento, facendo riferimento alla proposta di classificazione cronologica di CARRARA et Al. (1982), gli accumuli «a» e «b» possono essere considerati rispettivamente recente ed antico, quello «c» fossile.

Un discorso a parte merita, infine, il Lago Sirino, ubicato a S del versante esaminato. Il lago, che ha una lunghezza di circa 250 metri è alimentato da un immissario, che prende origine da una sorgente ubicata 250-300 metri a NNO dello stesso bacino lacustre.

Il lago occupa una depressione delimitata ad ovest da una dorsale, poco elevata, costituita da «Scisti silicei», i quali, come si è accennato, si sono staccati dal sovrastante versante (GUERRICCHIO e MELIDORO, 1981).

Su tutti gli altri lati del lago affiorano diffusamente sedimenti detritici, che prendono particolare sviluppo ad E dello stesso lago, dove costituiscono un ampio dosso, che raggiunge una quota di 820 metri.

Questi depositi detritici sono rappresentati da sottili letti costituiti da elementi, spigolosi e appiattiti, di piccole dimensioni alternati a letti sabbioso-siltosi.

Gli elementi detritici sono di varia natura litologica ma, nel complesso si ha l'impressione che essi provengono, in gran parte, dalla degradazione degli «Scisti silicei».

A luoghi questi sedimenti sono interessati da deformazioni, che denotano che essi, dopo la deposizione, sono stati interessati da un lento movimento verso valle. Questi depositi avrebbero sbarrato a SE la depressione compresa, come si è detto, fra la dorsale formata dagli «Scisti silicei» ed il versante meridionale di «Costa del Capraro» nella quale poteva scorrere un corso d'acqua e si sarebbe prodotto il lago.

Comunque non è escluso, e ciò sarebbe da approfondire con specifici studi, che la parte orientale dell'affioramento detritico considerato costituisca un conoide di deiezione. In questo caso la formazione del lago potrebbe essere collegata con la deposizione dei sedimenti del conoide, che avrebbero ostruito la menzionata depressione (1).

#### CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEL VERSANTE

Come è noto, il comportamento meccanico di masse rocciose non è controllato solamente dal tipo della roccia, ma anche e soprattutto dai difetti della roccia stessa.

Discontinuità, come piani di strato e fessure possono avere notevole influenza sul comportamento meccanico di un corpo roccioso e, quindi, sulla stabilità dei versanti in esso modellati. I caratteri strutturali possono controllare la mobilitazione della resistenza a taglio e, di conseguenza, influire direttamente sulla stabilità.

È quindi necessario, nel presente studio, accennare alle caratteristiche delle discontinuità esistenti nell'affioramento calcareo che costituisce il tratto alto del versante. Il riferimento, semi-quantitativo, è quello di DEERE (1963) e dell'IAEG (1981).

In particolare la spaziatura dei giunti di fessurazione, che interessa l'affioramento calcareo è classificabile come mediamente o notevolmente spaziata ( $600 \text{ mm} \div 2 \text{ m}$ ).

La forma dei blocchi di roccia va da tabulare a prismatica (classi b e c), secondo la classificazione di MATULA e HOLZER (1978).

Le aperture delle superfici di discontinuità rientrano nella categoria delle aperture «molto strette» (0-2 mm) o «strette» (2-6 mm).

La presenza dei numerosi giunti di fessurazione fa ritenere che, alla scala dell'affioramento calcareo, la coesione possa considerarsi quantitativamente poco significativa anche se, in minima entità, presente. Risulta quindi predominante, dal punto di vista della stabilità del versante calcareo, il solo attrito interno dello stesso.

HOEK e BRAY (1974) indicano, per rocce calcaree, valori di angolo d'attrito variabili da  $35^\circ$  a  $45^\circ$ .

Sulla base di questi dati è quindi possibile svolgere uno studio parametrico della stabilità del versante facendo riferimento al corpo franoso «a», che presenta un'acclività di circa  $30^\circ$  rispetto all'orizzontale.

La schematizzazione di calcolo scelta, di tipo pseudostatica, è quella semplice a pendio infinito, plausibile data la considerevole lunghezza del detto corpo di frana, che è di circa 400 m in relazione allo spessore del corpo stesso.

L'analisi di stabilità ha preso in considerazione le azioni si-

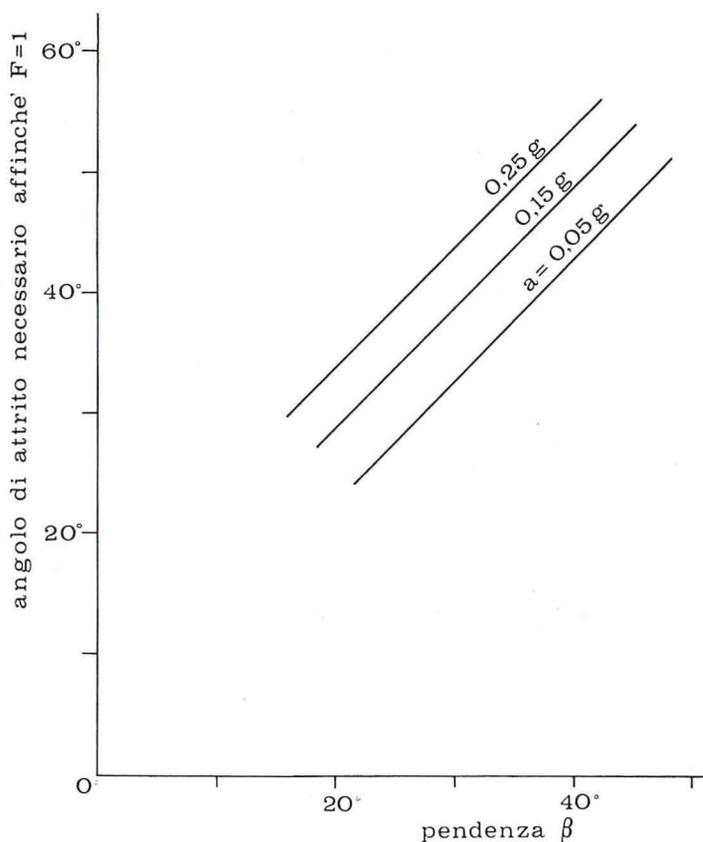


Fig. 7 - Angoli di attrito necessari affinché (in una schematizzazione di calcolo a pendio infinito) il coefficiente di sicurezza sia uguale all'unità per dati valori della pendenza del versante in relazione a tre valori (0,05, 0,15, 0,25 g) dell'accelerazione orizzontale.

smiche, individuate nel diagramma (fig. 7) da tre diversi valori dell'accelerazione orizzontale: 0,05 g; 0,15 g; 0,25 g. Inoltre nello stesso diagramma in ascissa viene riportata la pendenza del versante ed in ordinata l'angolo d'attrito  $\varphi$  necessario affinché il pendio, con queste configurazioni geometriche e con questi caratteri di resistenza, possa mobilizzarsi.

Considerando sempre l'accumulo «a», poiché è possibile caratterizzare l'affioramento roccioso, che costituisce il tratto alto del versante dal punto di vista della resistenza, attraverso un angolo d'attrito  $35^\circ$  (la presenza fra i giunti di strato di materiale argilloso che potrebbe diminuire tale valore è trascurabile), risulta che è stata necessaria una certa componente di sollecitazione orizzontale per poter spiegare il distacco dal versante stesso della massa rocciosa che ha dato origine al detto corpo di frana.

Lo stesso ragionamento può farsi per i movimenti che in precedenza hanno prodotto gli accumuli «b» e «c».

In particolare risulta necessaria un'accelerazione orizzontale superiore a 0,05 g affinché il coefficiente di sicurezza del pendio in esame scenda a valori uguali all'unità con il conseguente collasso.

Del resto se si utilizza la relazione di RICHTER (1958), che lega l'intensità di un terremoto all'accelerazione orizzontale

$$\log a = I/3 - 1/2$$

ove  $a$  è l'accelerazione in  $\text{cm}/\text{sec}^2$  e  $I$  è l'intensità MM, si ha che per

$$I = 6,5 \text{ a } \approx 0,05 \text{ g}$$

$$I = 7,5 \text{ a } \approx 0,1 \text{ g}$$

Terremoti di tale intensità, ed anche più intensi si sono verificati nella zona in epoche storiche.

Tali correlazioni vanno ovviamente assunte con le dovute cautele, in quanto legano intensità macrosismiche, rilevate dall'uomo secondo determinate classi convenzionali, con accelerazioni rilevabili solo strumentalmente. Tuttavia, per chi scrive, tali risultanze hanno un valore notevolmente significativo.

In base a quanto si è detto i corpi «b» e «c», sensibilmente meno acclivi, dovrebbero richiedere accelerazioni ben più elevate per mobilizzarsi.

Va tuttavia notato che in questi accumuli, fra gli elementi

che li costituiscono, sono presenti vuoti nei quali si possono instaurare moti di filtrazione dell'acqua.

Questo fenomeno connesso al fatto che fra gli stessi blocchi può essere intercalato materiale più fino può condurre ad una diminuzione dei coefficienti di sicurezza statici dei menzionati accumuli «b» e «c».

Un'ultima considerazione va fatta sulle possibili conseguenze prodotte dal sisma del 23 novembre 1980 sul versante esaminato.

Il terremoto, nella zona, si è manifestato con un'intensità pari al grado VI della scala Mercalli (COTECCHIA, 1981).

Il sisma ha certamente favorito fenomeni di allargamento di giunti e probabilmente ne ha prodotti altri. Pertanto non è da escludersi, anche se non dimostrato, che possa esserci stata una correlazione stretta tra il sisma e lo spostamento dei grossi blocchi rocciosi, che come si è accennato si sono staccati dalla scarpata, che costituisce la testata della nicchia di dimensioni minori.

## CONCLUSIONI

Da quanto esposto risulta che le frane descritte, si sono verificate dopo la deposizione dei sedimenti detritici affioranti intorno al Lago Sirino, dal momento che l'accumulo franoso «c», che è il più antico, poggia su di essi.

Inoltre si rileva che i fenomeni sismici hanno avuto un ruolo di notevole importanza nell'innescare dei movimenti franosi.

In particolare la successione degli eventi, che ha prodotto i fenomeni franosi, può essere stata, ipoteticamente, la seguente.

L'erosione regressiva, operata da un corso d'acqua, che incidava il versante esaminato e che, probabilmente, era connessa con il graduale approfondimento del Fiume Noce, che fungeva da livello di base locale, determinò uno scalzamento della base del versante stesso. Di conseguenza si verificò un allentamento tensionale del sovrastante tratto di versante che, in relazione ad uno o più eventi sismici, venne a franare.

Si produsse, quindi, un primo abbozzo di nicchia di distacco, nonché l'accumulo di frana «c», il quale, dopo la sua deposizione, dové subire un ulteriore, ma lento, movimento verso valle, come dimostrano i lobi in esso modellati.

La ripresa dell'erosione regressiva da parte del corso d'acqua

determinò un ulteriore scalzamento della base del versante; successivamente altre scosse sismiche favorirono un nuovo movimento franoso, in seguito al quale la nicchia, corrispondente alla superficie di distacco, si estese ulteriormente e si produsse il corpo franoso «b», che si sovrappose al precedente.

In tempi abbastanza recenti meccanismi simili a quelli descritti hanno prodotto la nicchia di dimensioni minori, modellata in quella più antica e più vasta, nonché l'accumulo di frana «a».

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AMALGIÀ R. (1910) - Osservazioni morfologiche sull'alto bacino del Noce (Tirreno). *R. Acc. Naz. dei Lincei Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, **19**, 283-291.
- BOENZI F., CIARANFI N. (1982) - Osservazioni stratigrafiche e tettoniche sui depositi continentali pleistocenici del versante orientale del M. Raparo (Appennino meridionale). *Geogr. Fis. Din. Quater.*, **5**, 174-178, 4 ff.
- BOUSQUET J.C. (1973) - La tectonique récente de l'Apennin Calabro-Lucanien dans son cadre géologique et géophysique. *Geologica Romana*, **12**, 103 pp., 57 ff.
- CALCAGNILE G., DEL PRETE M., MONTERISI L., PANZA G.F. (1977) - Seismic risk of Basilicata in its geostructural frame. *Boll. Geof. Teorica ed Appl.*, **19**, 117-139, 8 ff.
- CARRARA A., D'ELIA B., SEMENZA F. (1982) - Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi. Conv. P.F. «Conservazione del suolo», in stampa.
- CIARANFI N., GUIDA M., IACCARINO G., PESCATORE T., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., SGROSSO I., TORRE M., TORTORICI L., TURCO E., SCARPA R., CUSCITO M., GUERRA I., IANNAcone G., PANZA G.F., SCANDONE P. (1983) - Elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, **102**, 201-222, 7 ff., 2 tav.
- COTECCHIA V. (1981) - Considerazioni preliminari sui problemi geomorfologici, idrogeologici e geotecnici evidenziatisi nel territorio colpito dal sisma campano-lucano del 23 novembre 1980 e possibilità di intervento del sottoprogetto Fenomeni franosi. P.F. «Conservazione del suolo», Seduta Soc. Geol. It., Napoli, aprile 1981, in stampa.
- DEERE D.V. (1978) - Technical description of rock cores for engineering purposes. *Rock Mech. Eng. Geol.*, **4**, 18-22.
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G. (1981) - Movimenti di massa pseudotettonici nell'Appennino dell'Italia meridionale. *Geol. Appl. Idrogeol.*, **16**, 251-293, 42 ff.
- HOEK E., BRAY J.W. (1974) - Rock slope engineering. Inst. of Min., London, 402 pp.
- IAEG Commission on Engineering Geological Mapping (1981) - Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. *Bull. of IAEG*, **24**, 235-274, 4 ff.
- MATULA M., HOLZER R. (1978) - Engineering geological typology of rock masses. *Grundlagen und anwendung der Felsmechanik kolloquium Karlsruhe*, 107-121, 7 ff.

- RICHTER C.F. (1958) - Elementary seismology. W.H. Freeman and Company, 372 pp.
- SCANDONÉ P. (1972) - Studi di geologia lucana: carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative. *Boll. Soc. Nat. Napoli*, **81**, 225-299, 3 ff., 1 tav.
- VARNES D.J. (1978) - Slope movements type and processes. In: Schuster L.R. and Krizek R.J. Eds. «Landslides analysis and control». *Special report 176, Trans. Res. Board. Nat. Ac. of Sciences*, Washington, 234 pp.

(ms. pres. il 31 ottobre 1983; ult. bozze il 31 dicembre 1983)