

A T T I
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI
RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE A

VOL. LXXXII - ANNO 1975

ARTI GRAFICHE PACINI MARIOTTI - PISA - 1975

I N D I C E

FICCARELLI G., TORRE D. - Differenze craniometriche nelle linci attuali .	Pag. 1
GIANNELLI L., SALVATORINI G. - I foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'arcipelago maltese. II. Biostratigrafia di: « Blue Clay », « Greensand » e « Upper Coralline Limestone » »	20
CERRINA FERONI A., PATACCA E. - Considerazioni preliminari sulla paleogeografia del dominio toscano interno tra il Trias superiore ed il Miocene medio »	43
RUGGIERI G. - Il problema dei microfossili inseriti in una microfauna in seguito a trasporto »	55
RAGGI G. - Le frane del territorio di Roccastrada »	62
SOLDATINI G. F., WAGGAN M. R. - Indagini sull'assorbimento del rame nel terreno agrario »	83
MENESINI E. - Considerazioni su <i>Schizaster parkinsoni</i> (Defrance) del Miocene dell'arcipelago maltese »	94
MENCACCI P., ZECCHINI M. - La buca di Castelvenere (Galliciano, Lucca) . . »	117
CORADOSSI N., CAMPAGNI F. - La distribuzione del boro in alcune rocce di tipo basaltico »	144
PASINI M. - Stadi giovanili di <i>Ostreidae</i> probabilmente riferibili ad <i>Ostrea (Ostrea) Lamellosa</i> Brocchi 1814 »	170
LEONI L., TROYSI M. - Ricerche sulla microdurezza dei silicati. II - <i>Le tormaline</i> »	177
LEONI L., PETRACCO C. - Le torbide del fiume Arno alla stazione idrografica di S. Giovanni alla Vena »	185
CRISCI G. M., LEONI L., SBRANA A. - La formazione dei marmi delle Alpi Apuane (Toscana). Studio petrografico, mineralogico e chimico . . . »	199
GENIOLA A., MALLEGNI F. - Il calvario neolitico di Lanciano (Chieti): note paleontologiche e studio antropologico »	237
<i>Elenco dei Soci per l'anno 1975</i> »	255

G. RAGGI

LE FRANE DEL TERRITORIO DI ROCCASTRADA

INDICE

1. Premessa	Pag. 63
2. Sguardo geologico d'insieme	» 64
3. Caratteristiche dei terreni e condizioni di stabilità dei pendii	» 67
4. Caratteri delle frane	» 69
5. La frana del Chiusone	» 73
6. La carta della stabilità dei terreni	» 80
7. Considerazioni conclusive	» 82

Riassunto — Vengono esaminati i caratteri di stabilità di un'area collinare nei dintorni di Roccastrada (Grosseto), ove negli ultimi anni si sono verificate vaste frane. L'alto grado di franosità è da mettere in relazione con la natura dei terreni e con particolari sovrapposizioni di rocce a diversa coesione e permeabilità. La frana di maggiori dimensioni, detta del «Chiusone», ha interessato anche una parte dell'abitato di Roccastrada ed un peggioramento della situazione, che può verificarsi attraverso nuove riprese di movimento, renderebbe molto critica la stabilità delle «Rocche», cioè di un ammasso di vulcaniti, poste alla sommità di un colle, e sulle quali è costruito il Centro Storico. La Carta geologica e la Carta della stabilità dei terreni esprimono la situazione rilevata nei giorni immediatamente successivi ai maggiori dissesti (marzo 1969), le sezioni mostrano i caratteri delle frane.

Résumé — L'étude a pour objet la stabilité d'une zone de collines des environs de Roccastrada (Grosseto) ou dans les dernières années ont eu lieu des importants glissements de terrain.

La remarquable tendance au glissement est en relation avec la superposition particulière de roches dont la cohésion et la perméabilité son différentes.

Le glissement, dont les dimensions sont les plus importantes dit «frana del Chiusone» a intéressé une partie de la petite ville de Roccastrada.

Une eventuelle reprise du mouvement, rendrait critique la situation du centre hystorique même, ce dernier étant bati sur une plaque de vulcanites formant le sommet d'un col et flottant sur des formations instables.

La Carta géologique schématique et la Carte de la stabilité des terrains expriment la situation, les caractères des glissements étant mis en évidence dans les coupes.

digere un interminabile elenco, eventualmente completo degli indici di frequenza dei vari costituenti. Come avrebbe potuto fermare la sua attenzione sulle specie autoctone, « rari nantes in gurgite vasto »? Al contrario, animato dalla ricerca del fossile significativo, non avrebbe mancato di sottolineare la presenza della *Hyalinea balthica*; né, da buon ecologo, avrebbe ignorato la presenza della glauconite. Morale: un quadro completamente distorto delle reali condizioni di sedimentazione del sedimento in esame.

Il metodo ora descritto è particolarmente valido nello studio delle calcareniti sciolte o debolmente cementate (suscettibili, cioè, di lavaggio), poiché la separazione della frazione galleggiante rappresenta oltre tutto un metodo di arricchimento del residuo, senza il quale lo studio del campione comporterebbe un intollerabile dispendio di tempo. I risultati che si ottengono, in realtà, sono non molto diversi da quelli che si otterrebbero lasciando cadere il residuo di lavaggio previamente essiccato in tetracloruro di carbonio, ed isolando la frazione che galleggia su questo. La separazione della frazione galleggiante sull'acqua in fase di lavaggio offre però il vantaggio di essere da un lato più selettiva, dall'altro di non mettere in pericolo la incolumità dell'operatore come avviene, ed io ne parlo per diretta esperienza, con l'uso del tetracloruro.

OPERE CITATE

- BENSON R. H., SYLVESTER-BRADLEY P. C. (1971) - Deep-sea ostracodes and the transformation of Ocean to sea in the Tethys. *Paléoécologie Ostracodes* (OERTLI H. J., edit.), *Bull. Centre Rech. Pau SNPA*, 5, suppl., 63-91, 15 ff.
- GRECO A., RUGGIERI G., SPROVIERI R. (1974) - La sezione calabriana di Monasterace (Calabria). *Boll. Soc. Geol. It.*, 93, 151-79, 6 ff.
- RUGGIERI G. (1966) - Un procedimento semplice ed efficace per il lavaggio dei campioni per microfossili. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, (A), 73, 291-4.
- RUGGIERI G., SPROVIERI R. (1974) - The lacustrine faunas in Sicily and the dessiccation theory of Messinian salinity crisis. (*preprint*) *Lavori Ist. Geol. Univ. Palermo*, 13, 4 pp., 2 ff.
- SEGUENZA G. (1880) - Le formazioni terziarie della provincia di Reggio (Calabria). *Mem. R. Acc. Lincei*, s. 3, 4, 445 pp., 17 tt.

(*ms. pres. il 10 marzo 1975; ult. bozze il 24 novembre 1975*)

1. PREMESSA

Nel marzo del 1969, in seguito ad un lungo periodo di piogge, sulle colline di Roccastrada si sono verificate numerose frane; la maggiore ha interessato una parte dell'abitato del Capoluogo, provocando danni notevoli. Questa frana, detta del « Chiusone », corrisponde ad una ripresa generale di movimento di un'area di circa 25 ettari nella quale in passato si erano manifestati dissesti diffusi, sempre considerati come « assestamenti locali » del terreno.

Roccastrada è un piccolo centro, capoluogo di comune in provincia di Grosseto, situato in una regione collinare compresa tra le valli dei fiumi Bruna e Ombrone. Il paese è costruito sul crinale di una collina, a circa 470 metri sul mare, ed è allungato ai lati della S.S. n. 73, Senese - Aretina, tra il Km 20 e 21 (fig. 1). L'abitato

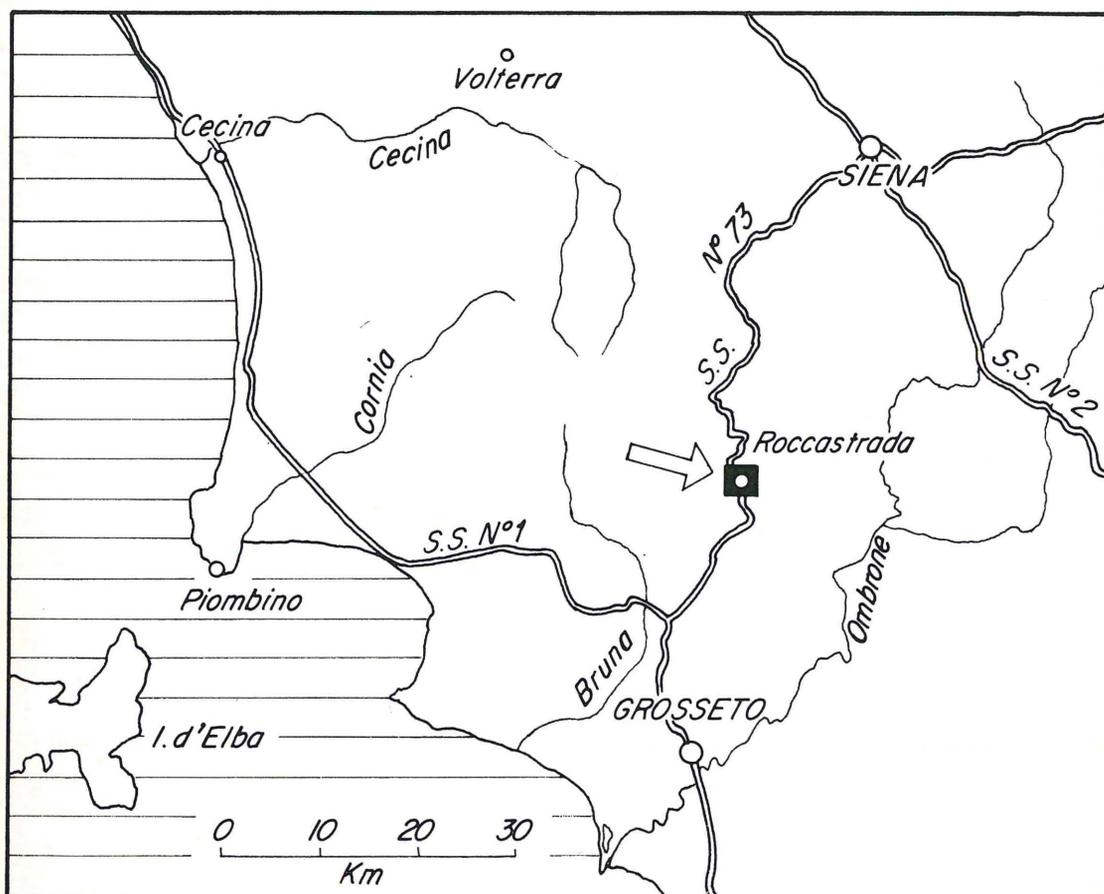


Fig. 1 - La posizione di Roccastrada nell'entroterra di Grosseto.

moderno si è sviluppato attorno ad un nucleo antico che occupa la sommità di una rupe di rocce vulcaniche; negli ultimi anni l'espansione edilizia era avvenuta in prevalenza sulla pendice sud-orientale della collina ove le forme dolci del terreno e l'esposizione favorevole offrivano le migliori condizioni per i nuovi insediamenti.

La frana del « Chiusone » ha messo in evidenza la situazione di forte instabilità che interessa in modo particolare quest'area, inoltre risulta ancora di più compromesso il precario equilibrio del margine occidentale delle « Rocche », cioè della rupe sulla quale si trova il Centro storico.

In questa nota vengono esaminati i fattori geologici che hanno determinato le condizioni di elevata franosità in questo gruppo di colline, ed esposti i caratteri delle frane, che per quanto riguarda quella del « Chiusone » risultano oltremodo particolari.

2 - SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME

I terreni che formano i rilievi nei dintorni di Roccastrada possono essere raggruppati in tre complessi, che dal basso si succedono come segue:

a - Un substrato antico, costituito dalle formazioni del « Verrucano » e delle « Evaporiti », appartenenti al Trias.

b - Una copertura trasgressiva, neogenica, comprendente depositi marini e lacustri del Pliocene e del quaternario antico.

c - Una copertura vulcanica, costituita da lave ed ignimbriti di tipo riolitico, ridotta a pochi ed esigui lembi.

— La successione dei terreni è rappresentata in forma di colon-

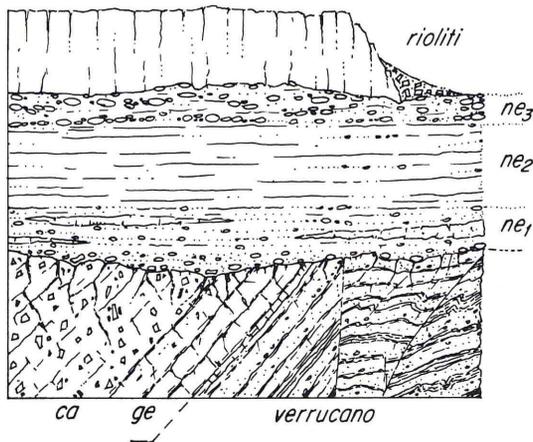


Fig. 2 - Schema per mostrare la successione dei terreni nei dintorni di Roccastrada.

na nella fig. 2, mentre la loro distribuzione è compendiata nella carta geologica della Tav. 1. I rapporti di giacitura tra le formazioni risultano dalle sezioni della Tav. 2.

2. 1 - *Il substrato antico*

Costituisce l'ossatura della dorsale che da Roccastrada si estende verso Nord sino a Monteriggioni, poco a Sud di Poggibonsi, contornata ed in parte ricoperta dai depositi del cielo neogenico.

Le rocce del substrato antico appaiono per lo più fortemente piegate e metamorfosate in vario grado; sulle colline di Roccastrada appaiono solo i termini più antichi, di età triassica:

ve: Formazione del « Verrucano ».

Essenzialmente quarziti in strati sottili, alternate con scisti sericitici verdastri e violacei; in subordinate conglomerati ad elementi prevalentemente di quarzo e a cemento quarzoso-sericitico (anageniti), in banchi che raramente superano lo spessore di un metro.

ge: Formazione dei gessi.

E' un grosso ammasso di gessi e anidriti (valutabile a circa 100 metri di potenza), con intercalazioni più o meno fitte di strati scompagnati di dolomia nevastra (evaporiti).

ca: Formazione del « Calcare Cavernoso ».

Si presenta come un calcare grigio di aspetto brecciato, che contiene numerosi elementi scheggiosi di dolomia; in superficie questa è per lo più alterata in polvere biancastra, e dove è stata dilavata dalle acque meteoriche, il calcare assume un aspetto vacuolare.

2. 2 - *La copertura neogenica*

E' rappresentata da un complesso di depositi pliocenici e quaternari, trasgressivi sulle rocce del substrato antico.

Mentre i terreni del Trias sono notevolmente piegati e spesso raddrizzati alla verticale, i depositi neogenici sono pressoché orizzontali o appena ondulati, cosicché tale giacitura discordante fa sì che la base dei sedimenti del ciclo neogenico poggia secondo i luoghi sulle diverse formazioni del substrato triassico,

La successione che si osserva nelle vicinanze di Roccastrada è in genere la seguente; (fig. 2):

*ne*₁: Conglomerati più o meno cementati, costituiti da ciotoli derivanti dal disfacimento delle rocce del substrato e per la maggior parte dalle quarziti del «Verrucano»; ai conglomerati si alternano letti di calcari detritico organogeni con fossili marini.

Sabbie e Arenarie tenere fogliettate, sabbie argillose e argille con fossili marini, intercalate in letti sottili nella parte alta dei conglomerati basali e quindi in successione al di sopra di questi.

*ne*₂: Argille con resti vegetali lignitizzati e concrezioni di forma tondeggiante, contenenti letti discontinui di ciottoli e sabbie.

*ne*₃: Conglomerati debolmente cementati, con ciottoli in prevalenza calcarei, e con intercalazioni lenticolari di sabbie e argille sabbiose.

I depositi dei gruppi *ne*₂ e *ne*₃ sono in prevalenza di ambiente salmastro e fluvio-lacustre.

2.3 - *La copertura vulcanica*

Rocce vulcaniche sono presenti solo alla sommità delle colline, ove formano rupi scoscese, come quella che sostiene il centro storico di Roccastrada.

Sono rioliti appartenenti ad espansioni di tipo ignimbrico e costituiscono lembi residui, preservati dall'erosione, di una copertura lavica originariamente assai estesa.

Le placche di riolite, di spessore variabile da 10 a 50 metri, presentano una pseudostratificazione suborizzontale ed un sistema di fessure pressochè verticale.

Poggiano sui depositi argillosi, sabbiosi e ciottolosi del gruppo *ne*₃.

L'età assoluta delle vulcaniti è di 2,3 milioni di anni fa*.

BORSI S., FERRARA G., TONGIORGI E. [1967] - Determinazione con il metodo del K/Ar delle età delle rocce magmatiche della Toscana. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, vol. 86.

3 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI E CONDIZIONI DI STABILITÀ DEI PENDII

Le rocce appartenenti alla formazione del «Verrucano», spesso intensamente piegate e fessurate, in genere possiedono caratteri di buona stabilità, che grazie al metamorfismo che le interessa non diminuiscono neppure ove prevalgono le intercalazioni scistose.

Solo su pendii molto forti hanno dato luogo a qualche modesto crollo e a coperture di detrito.

Pertanto i pendii ove appaiono quarziti, anageniti e scisti del «Verrucano» sono generalmente stabili nelle condizioni naturali, o soggetti a piccoli dissesti, limitati a smottamenti della copertura di detriti, specie nelle parti basse dei versanti, presso i fondivalle, ove è più attiva l'erosione e dove si realizzano le maggiori pendenze.

Il calcare cavernoso e i gessi possono presentarsi in condizioni di apparente buona stabilità anche in corrispondenza di pendii molto ripidi.

Sono però rocce soggette a una rapida dissoluzione ad opera delle acque, sia in superficie, come in profondità, con formazione quindi di cavità che possono dar luogo a crolli improvvisi.

I terreni che fanno parte del gruppo di depositi del ciclo neogenico sono costituiti quasi esclusivamente da materiali a scarsa coesione, tra i quali è sempre presente una frazione limoso-argillosa più o meno importante.

Si tratta quindi di terreni con caratteri fisici che conferiscono scarsa stabilità ai pendii da essi costituiti; fanno eccezione i depositi del gruppo *ne₁*, rappresentati prevalentemente da conglomerati, calcari organogeni ed arenarie scarsamente cementate, i quali, a parte qualche smottamento di lieve entità, si presentano abbastanza stabili.

Alcune frane di grosse dimensioni si sono però verificate ove questi terreni poggiano sopra i gessi del Trias, come lungo la valle del Fosso del Bogo; queste frane però sono state causate dal crollo di cavità sotterranee all'interno dei gessi, con il conseguente richiamo dei materiali a scarsa coesione soprastanti (fig. 3).

I terreni del gruppo *ne₃*, prevalentemente argillosi, sono più instabili. Negli affioramenti in posto, dove l'alterazione è scarsa, l'argilla si presenta compatta e abbastanza tenace. Si trasforma rapidamente in una massa incoerente non appena ha assorbito una pic-

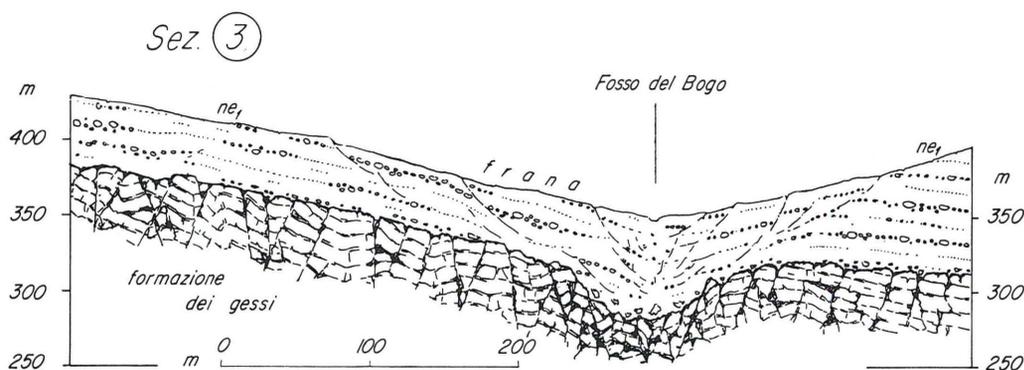


Fig. 3 - Schizzo per mostrare il meccanismo di alcune frane nella valle del Fosso del Bogo.

cola quantità d'acqua. Ne risulta che in genere le argille sono ricoperte da uno strato superficiale molto incoerente, plastificabile con facilità per azione delle acque che penetrano nel terreno attraverso la fratture di ritiro, e che tende quindi a scivolare sugli strati più compatti sottostanti.

Questo fenomeno si manifesta sotto forma di rigonfiamenti e di irregolarità nel terreno, in corrispondenza di pendii anche lievi.

Le intercalazioni di banchi ciottoloso-sabbiosi nell'argilla ne aumentano il grado di franosità; infatti costituiscono vie di penetrazione delle acque che plastificano le argille stesse anche in profondità. Le caratteristiche di massima franosità, in atto e potenziale si hanno allora ove i pendii sono costituiti da alternanze di argille, sabbie e ghiaie; le frane in atto hanno i caratteri di scoscendimenti multipli, con superfici di scorrimento di forma concava e profonde anche alcune decine di metri, (ad es. 30-40 metri nella frana del «Chiusone»). Evidentemente l'inclinazione e la giacitura dei banchi di ghiaie e sabbie, la loro frequenza e la loro potenza, costituiscono altrettanti fattori variabili, che determinano la diversa estensione e profondità delle frane.

I lembi di conglomerati, ciottoli e sabbie, del gruppo ne_3 , che rappresentano il tetto della successione neogenica, seguono passivamente i movimenti del loro substrato, ove è costituito da argille instabili.

Le placche di riolite poste alla sommità delle colline, mostrano

condizioni di instabilità specialmente nelle parti periferiche. La compagine della roccia è infatti scarsa a causa del piccolo spessore delle colate e per la presenza di sistemi di fratture, tra i quali prevale quello che ha andamento pressochè verticale; le rioliti poggiano su un substrato a scarsa coesione (conglomerati, ghiaie, sabbie e argille del livello ne_3), che a sua volta è sostenuto dai terreni in prevalenza argillosi del livello ne_2 . Facilmente si verificano allora situazioni di instabilità che possono dare luogo a frane di crollo per lo scalzamento alla base dei pilastri di riolite, secondo lo schema della figura 4.

Le pendici delle colline sono infatti coperte, su vaste aree, da ammassi di blocchi di riolite che testimoniano il susseguirsi di frane di crollo, avvenute in passato. Anche grosse placche di riolite, spesso notevolmente scompaginate per allentamento delle fessure, si trovano lungo i pendii, trascinate in tale posizione dai movimenti di scivolamento del loro substrato argilloso. Sono placche che si sono abbassate in blocco, mantenendo una certa unitarietà; le loro condizioni di stabilità dipendono ovviamente ancora da quelle del terreno sottostante, in quanto tendono a seguirne i movimenti.

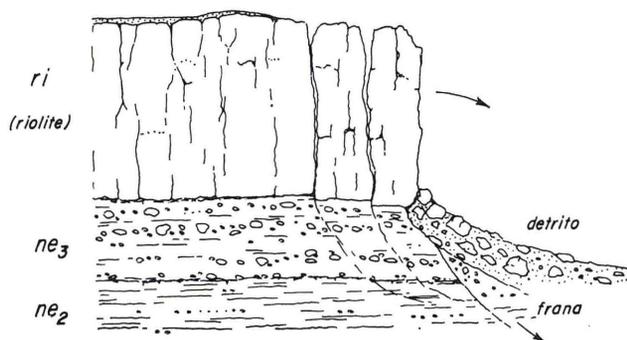


Fig. 4 - Le condizioni di instabilità al margine della placca di riolite delle «Rocche».

4. - CARATTERI DELLE FRANE

La carta geologica della Tav. 1 mostra l'estensione delle frane attuali, rilevate negli ultimi giorni del marzo 1969, e che hanno i caratteri di scoscientamenti multipli e colamenti. Mostra anche le fra-

ne avvenute in passato, testimoniate dalle forme del terreno e dalla presenza di grandi ammassi di blocchi di riolite, anche sotto forma di colate sulle pendici delle colline. Sono anche indicate le coperture di detrito, ove sono frequenti locali smottamenti ed estesi soliflussi. Le frane maggiori sono estese particolarmente sulla pendice occidentale della collina di Roccastrada ed i terreni maggiormente coinvolti, o nei quali si sono innescati i movimenti, sono quelli prevalentemente argillosi del gruppo *ne₂*.

Ne risulta pertanto un quadro che esprime una situazione di elevata instabilità, sia in atto che potenziale.

4.1 - I parametri della franosità

Da quanto sopra esposto, appare evidente come l'alto grado di franosità riscontrato in generale nel territorio di Roccastrada, sia da mettere in relazione con le caratteristiche dei terreni, con certe combinazioni di sovrapposizione di rocce a diverso grado di coesione e diverse caratteristiche di permeabilità, ed infine con l'orientamento degli strati rispetto ai versanti. Come si osserva sulla sezione della Tav. 2, gli strati argillosi e ghiaioso-sabbiosi dei depositi neogenici, hanno debole immersione verso SW, il che realizza una situazione di debole franapoggio relativamente alle pendici occidentali delle colline.

La pendenza del suolo, che in alcuni casi è determinante agli effetti della stabilità di un versante, qui in genere non costituisce un fattore importante, in quanto l'inclinazione media delle più grandi aree in frana non supera gli 8 gradi.

Quindi tra i parametri della franosità vengono ad assumere notevole importanza i parametri geologici.

Le condizioni climatiche locali evidentemente hanno avuto notevole peso nel determinare tale situazione critica; le piogge, qualora abbondanti e concentrate, costituiscono la causa ultima dei movimenti. A Roccastrada i totali annui delle precipitazioni, riferiti al periodo 1956 - 1970, sono compresi tra il valore minimo di 688 mm, registrato nel 1957, e il massimo di mm 1098 dell'anno 1966. Le piogge sono concentrate nell'arco di tempo che va dalla fine di settembre, sino a tutto il mese di aprile, con massimi nell'ottobre novembre e nel marzo-aprile.

4.1.1. - *I principali tipi di rocce secondo le caratteristiche di coesione, e le loro associazioni.*

Nel paragrafo 3 sono state esaminate le caratteristiche generali dei terreni; secondo il loro grado di coesione questi vengono così suddivisi:

1 - Rocce coerenti e semicoerenti per fessurazione e facile fessilità: gessi e calcare cavernoso, quarziti, anageniti e scisti sericitici, (formazioni del basamento antico).

2 - Rocce semicoerenti per fessurazione: rioliti.

3 - Rocce semicoerenti per scarsa cementazione: conglomerati, calcari detritico organogeni ed arenarie tenere del livello ne_1 .

4 - Rocce pseudocoerenti: argille con lenti di ciottoli e sabbie del livello ne_2 .

5 - Rocce incoerenti e solo localmente semicoerenti per scarsa cementazione: ghiaie, sabbie e conglomerati, del livello ne_3 .

Le associazioni e le combinazioni di rocce a diversa coesione e diverse caratteristiche di permeabilità, favorevoli a situazioni di forte instabilità potenziale, e determinanti frane attuali, e avvenute in passato, sono le seguenti:

1 - Le rocce semicoerenti dei livelli basali neogenici (ne_1) poggiano talora direttamente sui gessi del Trias. Eventuali crolli di cavità sotterranee all'interno dei gessi, innescano frane nel terreno di copertura (fig. 3)

2 - Le rioliti fessurate e permeabili, le ghiaie, le sabbie e i conglomerati a debole cementazione, a tetto della successione neogenica (ne_3), poggiano su terreni a forte componente argillosa, facilmente erodibili e di elevata instabilità generale (ne_2).

3 - le ghiaie e le sabbie, intercalate a vari livelli entro le argille del gruppo ne_2 , permettono la penetrazione dell'acqua in profondità, che determina un rammollimento della massa argillosa e una diminuzione generale della coesione e degli attriti.

4.2 - *Tipi di frane*

I blocchi di rioliti, disseminati sui pendii sia sotto forma di ammassi, sia come colate allungate entro depressioni del terreno, sono il risultato di una successione di frane verificatesi in passato.

L'erosione della copertura lavica, che in origine doveva essere pressochè continua, è avvenuta in gran parte per frane di crollo successive, che ne hanno provocato dapprima lo smembramento in varie placche e quindi ne hanno ridotto progressivamente i bordi.

I blocchi caduti, che hanno dimensioni variabili da piccoli frammenti a 5-6 metri cubi, sono stati trasportati sul dorso delle argille, che su vaste aree sono soggette a fenomeni di colamento plastico.

Sulle pendici delle colline, assieme a questi ammassi di blocchi si trovano anche grosse placche di rioliti anche di 50 metri di diametro, che hanno una posizione anomala rispetto ai lembi residui della copertura lavica, situati invece alla sommità dei rilievi.

Sono placche di roccia, che in seguito ai movimenti del substrato argilloso, hanno subito un abbassamento in blocco, e si sono quindi scompagnate per l'allentamento delle fessure preesistenti.

L'aspetto delle maggiori frane attuali è quello degli scoscendimenti multipli e dei colamenti plastici dei materiali argillosi. Solo al margine delle placche di riolite, come quella che sostiene il Centro Storico di Roccastrada, si hanno situazioni di instabilità predisponenti a frane di crollo. Inoltre vaste aree coperte da detrito, costituito da terreno argilloso-sabbioso, inglobante frammenti e blocchi di lava, sono soggette a smottamenti e diffusi soliflussi.

Le frane della valle del Bogo, a Nord-Nord ovest di Roccastrada e la frana del Chiusone, a parte le diverse dimensioni hanno le medesime caratteristiche, sia per aspetto morfologico, sia per il tipo di movimento.

Si tratta di frane miste: nella parte alta, presso la testata, una successione di scoscendimenti con prevalente movimento lungo superfici di taglio, rotazionali, nella parte mediana e frontale della frana prevale il movimento di traslazione planare, sotto forma di colamenti plastici.

Le due frane di maggiore estensione alla testata della Valle del Bogo, interessano i conglomerati e le ghiaie (ne_3) a tetto della successione neogenica, e le argille con intercalazioni di ghiaie e sabbie, sottostanti (ne_2). Il distacco delle frane corrisponde quindi all'area di contatto tra i due tipi di materiali, ove si verificano cioè le condizioni litologiche più sfavorevoli alla stabilità.

La parte superficiale delle argille, sovente alterata e rimaneg-

giata con detrito sabbioso, quindi debolmente permeabile, viene mantenuta plastica per azione delle acque che sgorgano alla base dei lembi di ghiaia posti alla sommità della collina; le acque entrano in profondità anche nella massa delle argille attraverso le fratture di ritiro e i letti permeabili ghiaioso-sabbiosi.

I movimenti avvengono quindi durante le stagioni piovose e durante l'estate si hanno contrazioni per effetto del disseccamento dell'argilla.

Le aree dissestate da queste frane tendono ad ampliarsi verso monte in quanto le testate retrocedono con una serie di scoscendimenti successivi; è un carattere tipico delle frane a scoscendimenti multipli in questi particolari terreni.

La frana situata più a valle, tra quelle presenti sul versante destro del Fosso del Bogo, ha ancora i caratteri di una frana per scoscendimenti multipli nella parte alta, mentre al piede, in corrispondenza del fondo-valle, si osserva una vasta depressione di forma tondeggiante, che può essere stata determinata dal crollo della volta di una cavità sotterranea all'interno dei gessi.

La formazione di uno sprofondamento nelle parti basse del versante può essere stata la causa che ha innescato il movimento; la sezione della fig. 3 rappresenta schematicamente questa situazione.

5. - LA FRANA DEL CHIUSONE

Con questo nome viene indicata a Roccastrada una vasta area interessata da dissesti da tempo immemorabile. All'interno di quest'area ed in particolare lungo il suo perimetro di monte, si sono sempre avuti edifici lesionati, alcuni in modo grave, tanto da dover essere demoliti.

I dissesti venivano allora messi in relazione con «assestamenti locali» del terreno, mentre in seguito ai movimenti del 16-17 marzo 1969 si è resa manifesta una frana unitaria, che investe una superficie di circa 25 ettari; molti fabbricati hanno riportato lesioni nelle strutture, determinando la necessità dello sgombero per circa 500 abitanti.

La frana interessa i livelli ne_2 e ne_3 del complesso dei terreni incoerenti e pseudocoerenti del Neogene e in parte le rioliti soprastanti. Come per le frane alla testata della valle del Bogo, il distacco iniziale è avvenuto presso il contatto tra le argille ne_2 e i conglomerati n_3 .



Fig. 5 - L'ammasso di riolite alla sommità della collina di Roccastrada, e il Centro Storico (Le Rocche). La linea indica il margine superiore della superficie di distacco della frana; la freccia il senso del movimento.

La sede degli scollamenti e scivolamenti attuali è il terreno ne_2 , mentre il terreno ne_3 e quindi la riolite sovrastante ne hanno seguito passivamente i movimenti.

La frana, come è schematizzata nelle sezioni della Tav. 2, è del tipo a scoscendimenti multipli, e cioè caratterizzata da una successione di superfici di taglio concave, che in profondità si innestano su una superficie di scorrimento comune.

L'inclinazione media della pendice franosa è di $7,5^\circ$, stesso valore all'incirca è da attribuire alla superficie di scorrimento che è localizzata all'interno delle argille con intercalazioni di ghiaie e sabbie del gruppo ne_2 .

La parte frontale è sovrascorsa al terreno ne_1 relativamente stabile e mostra i rigonfiamenti tipici delle frane in materiali argillosi.

Il perimetro di monte della frana, nei giorni immediatamente successivi al movimento, era segnato da un crepaccio continuo, che in più punti presentava un labbro abbassato di circa un metro e mezzo. Insieme a questo crepaccio periferico, corrispondente al margine superiore della superficie di taglio principale, si osserva tutta



Fig. 6 - Rigonfiamenti e profonde crepacce nella parte inferiore della frana del «Chiusone». In alto a sinistra «Le Rocche».

una serie di crepacci arcuati corrispondenti ai vari scoscendimenti minori.

Le singole zolle che costituiscono la frana a scoscendimenti multipli, presentano frontalmente una zona di compressione che si manifesta con rigonfiamenti ed alle spalle una zona di distensione che si manifesta con una o più superfici di taglio. Queste superfici sono concave, come è schematizzato nelle sezioni della Tav. 3, a monte sono quasi verticali ed in basso tendono a diventare parallele alla superficie di scorrimento basale. La componente verticale di mo-



Fig. 7 - Un particolare della superficie di taglio che delimita la frana del «Chiusone» lungo il margine Nord. La freccia indica il senso del movimento: la componente orizzontale è di circa 4 metri.

vimento prevale nelle parti di monte dell'area in frana, e raggiunge, come detto sopra, valori di un metro e mezzo; la componente orizzontale è stata di circa 4 metri nelle parti mediane (fig. 7); come mostra lo spostamento di una strada campestre, nella parte frontale il sovrascorrimento ha raggiunto valori di una decina di metri. Questi spostamenti sono stati compiuti nell'arco di tempo di circa due giorni.

Sullo spessore del corpo di frana non si hanno dati precisi, ma considerando le caratteristiche dei terreni e il tipo di movimento, la profondità media della superficie di rottura basale si può valutare fra 30 e 40 metri.

A monte le testate della frana arrivano alla base della placca di riolite sulla quale è costruita la parte antica di Roccastrada. Si verifica qui pertanto una condizione di forte instabilità per insufficiente sostegno dei pilastri di riolite, che predispone a frane di crollo (fig.



Fig. 8 - Una superficie di taglio all'interno del corpo della frana del «Chiusone». L'abbassamento è di circa 2 metri.

4). E' da notare che, sia le vulcaniti, sia il materiale detritico a grossi blocchi, alla base della ripida parete, formano una copertura permeabile che assorbe le acque piovane e le fa penetrare ai terreni argillosi ne_2 che, col rammollimento e conseguente riduzione dell'attrito interno, possono mettersi in movimento anche su superfici a piccola inclinazione.

Sulla frana, sempre nella parte alta, esistono grosse placche di riolite, già dislocate rispetto alla loro posizione originaria in conse-

guenza di antichi movimenti. Queste risultano meno scompagnate degli altri terreni in frana, poichè essendo materiali coerenti hanno conservato una certa unitarietà, più apparente che reale, in quanto, per la loro struttura colonnare, sono ridotte a blocchi giustapposti, ma non legati tra loro. Durante il movimento queste placche hanno subito deformazioni che sostanzialmente hanno determinato un maggiore allentamento dei singoli blocchi.

La parte frontale della frana si è incuneata tra due collinette,



Fig. 9 - La parte frontale della frana del «Chiusone» presso il fondovalle del Fosso Ribolgiani.

costituite dai terreni più stabili *nei*, e separate dall'incisione del Fosso Ribolgiani. Queste costituiscono un sostegno ed un ostacolo al movimento e contribuiscono quindi al costipamento del materiale argilloso presso il piede della frana stessa.

E' palese che la frana è determinata dal rammollimento delle argille, che avviene in profondità in quanto i letti di ghiaie e sabbie sono vie di penetrazione delle acque. I movimenti non hanno però velocità costante, nè si ripetono con le stesse modalità e la stessa

intensità ad ogni stagione piovosa. Ciò potrebbe indicare una ricorrenza nei movimenti, della quale non è stato determinato il periodo tra una ripresa e l'altra. Per un certo numero di anni il terreno si carica in acqua, si verificano locali scoscendimenti, resta più o meno attivo il crepaccio presso la scarpata principale, alla testata della frana, ma il fenomeno non si rivela nella sua completezza e con macroscopici dissesti. Ad un certo momento, quando il terreno argilloso raggiunge quasi la saturazione in acqua, ed il minimo di coesione, e quando gli attriti sono estremamente ridotti, l'effetto di una pioggia di forte intensità, ma non particolarmente eccezionale, può essere tale da causare una improvvisa ripresa ed accelerazione dei movimenti.

Considerando la debole pendenza della pendice franosa ($7,5^\circ$ in media), è evidente che le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno dovevano essere rapidamente decadute perchè potesse aver luogo un evento come quello verificatosi nel marzo 1969.

5.1 - *Indicazioni sui provvedimenti da eseguire*

E' impossibile consolidare un'area così estesa e fortemente scompaginata anche in profondità. Infatti per una sistemazione efficace, allo scopo di bloccare il movimento, sarebbe necessario costruire un sistema drenante fino alla superficie di scivolamento di base e la rete di drenaggi dovrebbe essere molto fitta a causa della permeabilità irregolare e relativamente piccola dei terreni. Lo spessore del corpo di frana imporrebbe inoltre drenaggi in galleria, a partire dalla base di esso; è noto però quali siano le difficoltà che si incontrano nell'escavazione di gallerie, sotto una esigua copertura, entro terreni argillosi, già dissestati, mobili e spingenti.

Tuttavia la rinuncia ad ogni provvedimento di bonifica, anche parziale porterebbe ad un peggioramento della situazione.

La frana presenta infatti la tendenza ad estendersi verso monte per arretramento della testata, che avviene attraverso nuovi e successivi scoscendimenti. Ad ogni movimento di scivolamento nella sua parte centrale ed inferiore, corrisponde infatti un allentamento presso la testata, ove si innescano quindi nuove superfici di taglio; inoltre si verifica un progressivo indebolimento nell'appoggio della placca di riolite alla sommità del colle.

E' quindi necessario intervenire con opere che impediscano una rapida evoluzione del fenomeno. Uno schema generale degli interventi potrebbe essere il seguente:

a - Drenaggi di piccola profondità a valle dei singoli affioramenti di rocce permeabili (placche e ammassi di blocchi di riolite, grossi banchi di ghiaie e sabbie).

b - Sistemazione della superficie del terreno sul corpo di frana, intesa a favorire il rapido deflusso delle acque, ottenuto con una appropriata rete di canaletti.

c - le acque dei drenaggi e dei canali di deflusso superficiali, saranno convogliate al Fosso Ribogliani, che già raccoglie la maggior parte degli scarichi del Paese. E' necessaria una razionale sistemazione del Fosso, per evitare ristagni ed erosioni.

d - Nella parte frontale della frana il substrato è formato dai terreni più stabili *ne₁*, che costituiscono due collinette, separate dall'incisione del Fosso Ribogliani, e fra le quali si incunea il terreno in movimento. Questa strozzatura nella parte frontale della frana tende al costipamento naturale della massa franosa, tendenza in parte neutralizzata dall'erosione, particolarmente attiva, del Fosso Ribogliani. Occorre quindi eseguire una serie di briglie intese ad arrestare localmente l'erosione. Inoltre per accentuare l'azione frenante, determinata dalle sue collinette tra le quali si insinua la frana, è idoneo un sistema di pali trivellati, disposti su più file, in serie alternate, ed infissi, attraverso il terreno in frana, entro i conglomerati del substrato *ne₁*. Questa cortina di pali dovrebbe essere realizzata nel tratto compreso tra le due colline.

Il terreno in movimento, incuneandosi tra una palificata e l'altra, tenderà a costiparsi espellendo l'acqua, e a ripartire le spinte lateralmente verso le due collinette. Nel tempo verrà così a formarsi un ammasso di terra fortemente costipata, presso il piede della frana, che costituirà un valido ostacolo al movimento di scivolamento; quindi progressivamente diminuirà la possibilità di nuovi scoscendimenti anche nella parte alta della frana.

6. - LA CARTA DELLA STABILITA' DEI TERRENI

La carta geologica mostra le frane principali e la loro ampiezza, e la distribuzione superficiale delle varie formazioni, delle quali sono stati esposti i caratteri generali, anche nei confronti della stabilità.

Allo scopo di esprimere una sintesi che fornisca un quadro più preciso della situazione, riferita all'abitato di Roccastrada e ai suoi

dintorni che possa guidare anche la scelta di nuove aree per i futuri insediamenti è stata elaborata una carta della stabilità, che tiene conto anche delle caratteristiche dei terreni dal punto di vista delle fondazioni degli edifici.

Il territorio viene così ripartito:

F - Aree interessate da frane recenti e attuali, localizzazione in gran parte nel livello ne_2 del complesso neogenico, nel quale prevalgono i materiali argillosi, ma che interessano indirettamente anche i terreni sovrastanti (conglomerati, ciottoli e sabbie del livello ne_3 , rioliti).

F_1 - Antiche frane, che hanno i caratteri di colate di blocchi di riolite, immersi in matrice argillosa. Si hanno condizioni di limitata stabilità e localmente indizi di recenti dissesti. Possibili anche riprese di vasti movimenti, in seguito a periodi di piogge eccezionali.

4 - Aree a franosità potenziale elevata, che comprendono nella quasi totalità della loro estensione le aree di affioramento dei depositi argillosi ne_2 , ma anche parti delle aree su ne_1 e ne_3 , ove si hanno spesse coperture di detrito argilloso-sabbioso fortemente instabile.

In *F* ed F_1 evidentemente non sono possibili nuovi insediamenti: in 4 possono essere prese in esame solo piccole aree, e comunque per costruzioni di piccola ampiezza e di modesto carico sul terreno.

3 - Aree a media stabilità, comprendono il crinale della collina, ove affiorano i conglomerati ne_3 e le vulcaniti. La stabilità di queste aree, specialmente nelle parti periferiche, può subire un peggioramento per una progressiva estensione delle frane attuali.

2 - Aree con buona stabilità, seppure di estensione modesta, sono costituite da piccoli appezzamenti di terreno, in particolari condizioni geomorfologiche, anche all'interno delle zone di affioramento delle formazioni neogeniche.

In 3 e in 2 sono possibili nuove costruzioni, tenendo presente la necessità di farle precedere da locali opere di bonifica del terreno, in special modo drenaggi, e prevedendo fondazioni continue su travi.

1 - 1_a - 1_b - Aree stabili, comprese su rocce litoidi di cui fanno parte solo per una zona molto limitata le rioliti, e per il resto rica-

dono sulle formazioni del substrato antico: verrucano, gessi, calcare cavernoso.

Mentre dove il terreno è costituito dalle quarziti e filladi del verrucano (1), non si hanno in genere riserve per quanto riguarda la stabilità e quindi sono possibili insediamenti di ogni tipo, per le aree sui calcari cavernosi (1_a) e in particolare sui gessi (1_b), sarà necessario approfondire le conoscenze locali prima di iniziare nuove costruzioni. Ciò è dovuto alla possibilità, seppure molto remota per il calcare cavernoso, di crolli per il cedimento della volta di cavità sotterranee, originate per dissoluzione delle rocce calcaree e dei gessi.

7. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La concentrazione delle frane e delle situazioni di franosità potenziale elevata, in un'area così ristretta, è da riferire alle sfavorevoli combinazioni morfologiche e idrogeologiche, che si verificano in questa parte delle colline.

La frana del Chiusone rappresenta inoltre un fenomeno, che, per quanto riguarda lo studio dei movimenti franosi, delle loro modalità e cause, risulta molto interessante, sia per quanto ne concerne il tipo di movimento, sia per l'aspetto morfologico della zona e della frana stessa.

Un esempio come questo è da tenere in considerazione pensando alla larga diffusione in Toscana, e in molte altre Regioni, di terreni aventi analoghe caratteristiche, e posti nelle medesime condizioni ambientali di quelle di Roccastrada.

(ms. pres. il 15 aprile 1975; ult. bozze il 13 novembre 1975)