

ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ



2<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ  
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ  
ΣΥΝΕΔΡΙΟ

Αθήνα 16-17 Δεκεμβρίου 1989

- I. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
- II. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ
- III. ΚΛΙΜΑ
- IV. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ
- V. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΩΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΡΑΝΩΝ  
ΣΤΟ ΜΕΣΟΧΩΡΙ ΚΑΡΠΑΘΟΥ  
Α.ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ\*, Κ.ΣΑΧΠΑΖΗ\*\*

Στην εργασία αυτή μελετώνται τα προβλήματα σταθερότητας των πρανών κροκαλοπαγούς όγκου στην περιοχή Μεσοχωρίου της Κεντρικής Καρπάθου.

Θέση

Η Κάρπαθος ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων που βρίσκεται στο βοριοδυτικό τμήμα του Αιγαίου Πελάγους.

Στο δυτικό τμήμα της κεντρικής Καρπάθου βρίσκεται το χωριό Μεσοχώρι, γεωλογικοί σχηματισμοί του οποίου αποτελούν το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας.

Γεωλογία-Τεκτονική

Η Κάρπαθος παρουσιάζει μεγάλο γεωλογικό ενδιαφέρον εξαιτίας της θέσης της στο ελληνικό νησιωτικό τόξο και τάφρο και γιαυτό έχουν ασχοληθεί μ'αυτήν πολλοί ερευνητές από τα τέλη κιόλας του περασμένου αιώνα: (FORSYTH και MAJOR, 1886, STEPHANI 1895, MARTELLI 1916, DESIO 1931, κ.α.).

Ο ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1960, 1963, 1967) παρουσίασε τις πρώτες λεπτομερείς γεωλογικές μελέτες και δημοσίευσε το γεωλογικό χάρτη της Καρπάθου σε κλίμακα 1:50.000.

Νεότερες έρευνες που αφορούν στη στρωματογραφία, τεκτονική, νεοτεκτονική, πετρολογία και μορφολογία του νησιού και έγιναν από τους: AUBOUIN και DERCOURT (1970), DAVIDSON (1974), AUBOUIN, BONNEAU, DAVIDSON (1976), ANGELIER (1973), BARRIER (1979), KERAUDREN και SOREL (1984), HATZIPANAGIOTOU (1983), KOERKE (1986), ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ (1987), ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ (1988) και ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ, ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ (1989).

Problems of slopes' stability in Messohori village of Karpathos island

\* Επ.Καθηγήτρια, Ε.Μ.Π., Πατησίων 42, Αθήνα.

\*\* M.Sc.Dr. Μηχανικός Γεωλόγος, Γ' Σεπτεμβρίου 56, Αθήνα.

Στην Κάρπαθο παρατηρείται μεγάλη ποικιλία lithολογικών σχηματισμών. Αυτοί είναι οι ακόλουθοι (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1963):

Ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας: Ασβεστόλιθοι άστρωτοι, ανώιουρασικοί, σκοτεινόφαιοι έως μαύροι.

Ενότητα Πίνδου: Δολομίτες παχυστρωματώδεις, μαύροι έως σκοτεινόφαιοι. Ασβεστόλιθοι λεπτοστρωματώδεις ανωκρητιδικόι φαιοί έως ερυθρίζοντες με κερατολιθικές ενστρώσεις.

Ενότητα Αδριατικοϊόνιος: Ασβεστόλιθοι ανώιουρασικοί λεπτοστρωματώδεις, κρυσταλλικοί, εναλλασσόμενοι με λευκούς δολομίτες. Δολομίτες παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι. Ασβεστόλιθοι ανωκρητιδικόι και ασβεστόλιθοι παλαιογενείς, στιφροί, λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ή άστρωτοι υπόλευκοι που εναλλάσσονται με λευκούς δολομίτες. Διασχίζονται από φλεβίδια ασβεστίτη και έχουν κερατολιθικές ενστρώσεις.

Ενότητα Τριπόλεως: Δολομίτες κρητιδικόι βιτουμενιούχοι, παχυστρωματώδεις. Φλύσχη ανωηκαινικός, από εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών και ενστρώσεις λατυποπαγών και ασβεστολίθων, που καταλαμβάνει και τη μεγαλύτερη έκταση του νησιού, κυρίως του κεντρικού και βόρειου τμήματος. Μέσα στο φλύσχη παρατηρούνται βασικά εκρηξιγενή πετρώματα και εμφανίσεις γύψου. Ακολουθούν νεογενείς αποθέσεις από μάργες, μαργαίκοις ψαμμίτες και ψαμμίτες σε εναλλασσόμενα στρώματα. Τη μεγαλύτερή τους ανάπτυξη παρουσιάζουν στο νότιο τμήμα του νησιού. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις έχουν πιό περιορισμένη ανάπτυξη και είναι ασβεστιτικοί ψαμμίτες, παράκτιοι ψαμμίτες (πώρος, κροκαλοπαγή, χειμαρρώδεις αποθέσεις και σύγχρονες προσχώσεις).

Η Κάρπαθος έχει υποστεί έντονο τεκτονισμό που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και Β-Ν έως ΒΔ-ΝΑ, που δίνουν μιά μορφολογική εικόνα από διαδοχικά τεκτονικά βυθίσματα και εξάρσεις. Επίσης παρατηρούνται θαλάσσιες αναβαθμιδες ή εγκοπές και επιφάνειες επιπέδωσης που μαρτυρούν την εκάστοτε στάθμη της θάλασσας, οι μεταβολές της οποίας οφείλονται αφ' ενός μεν στην τεκτονική και αφ' ετέρου δε σε ευστατικές μεταβολές.

#### Περιογή Μεσοχωρίου

Στο δυτικό τμήμα της κεντρικής Καρπάθου σε υψόμετρο 80-150 βρίσκεται το χωριό Μεσοχώρι. Είναι χτισμένο πάνω σ' ένα τεφρόλευκο συνεκτικό ασβεστολιθικό λατυποκροκαλοπαγές Καλαβρίου ηλικίας (BARRIER, 1979). Το κροκαλοπαγές έχει μέση τιμή κλίσης  $280/25^\circ$  και έχει αποθεθεί πάνω σε ένα ασβεστολιθικό παλαιοανάγλυφο με κλίση πρηνούς 40% περίπου. Το πάχος των τεταρτογενών σχηματισμών είναι μεγάλο και καλύπτουν



Εικ.1. Άποψη του κροκαλοπαγούς όγκου από ανατολικά. Φαίνεται η διαμόρφωση του χώρου με την εκκλησία στην επιφάνεια επιπέδωσης.



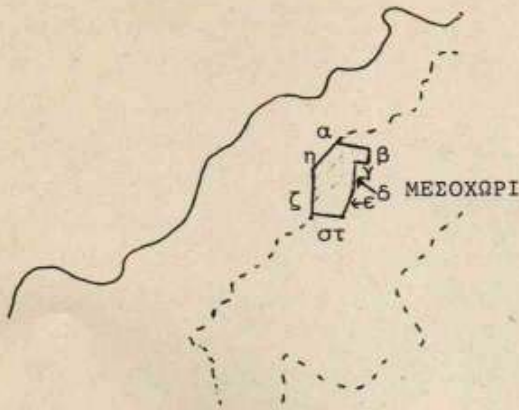
Εικ.2. Άποψη της πλευράς "η" του κροκαλοπαγούς όγκου στην οποία φαίνονται οι επιφάνειες ασυνέχειας.

την πλαγιά από υψόμετρο 60-200. Οι κατώτεροι οριζοντες αποτελούνται από λεπτομερές λατυποκροκαλοπαγές με ψαμμιτομαργαίικούς οριζοντες, ενώ τα ανώτερα στρώματα αποτελούνται από αδρομερές λατυποπαγές με διάμετρο λατυπών 5-10cm.

Η περιοχή έχει υποστεί έντονο κατακερματισμό, όπως και ολόκληρη η Κάρπαθος από ρήγματα ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ διευθύνσεως, τα οποία επαναδραστηριοποιήθηκαν κατά το Τεταρτογενές και έχουν προσβάλλει και τα νεότερα στρώματα. Κατά το κατώτερο Πλειστόκαινο έδρασαν κατακόρυφες (καταβυθιστικές) κινήσεις, όπως μαρτυρούν οι καλάβριες αποθέσεις και στη συνέχεια ανυψωτικές κινήσεις που δημιούργησαν τις θαλάσσιες εγκοπές και τις επιφάνειες επιπέδωσης που παρατηρούμε σε διάφορα υψόμετρα 0,40, 0,80, 1, 10, 20, 35, 60, 135, κλπ. Εξ αιτίας της διάβρωσης κατά την ανύψωση της χέρσου, σε συνδυασμό με την έντονη κατάτμηση που έχουν υποστεί οι λατυποκροκαλοπαγείς αποθέσεις, αποκόπηκαν και απομακρύνθηκαν μεγάλα τμήματά τους και απέμειναν μερικές εμφανίσεις σε διάφορα υψόμετρα. Ένα τέτοιο υπόλοιπο αποτελεί και η εμφάνιση που μελετάμε στην εργασία αυτή.

Δυτικά του χωριού σε υψόμετρο 80-135 υπάρχει μία εμφάνιση λατυποκροκαλοπαγούς σε σχήμα τραπεζίου, τις οποίες το ανώτερο τμήμα αποτελεί επιφάνεια επιπέδωσης. Οι διαστάσεις της εμφάνισέως αυτής είναι κατά προσέγγιση 180m X 550m περίπου και καταλαμβάνει έκταση 80000m<sup>2</sup>. Αποτελεί τη μοναδική σχεδόν επίπεδη έκταση του χωριού πάνω στο βόρειο τμήμα της οποίας έχει χτιστεί η εκκλησία του Αγ.Γεωργίου και έχει δημιουργηθεί και πλατεία. Οι πλευρές αυτού του κροκαλοπαγούς είναι σχεδόν κατακόρυφες ύψους έως 40m και έχουν δημιουργηθεί από ρήγματα. Όλος δε ο όγκος αυτός είναι κατακερματισμένος σε μπλοκ εξ αιτίας των ρηγμάτων με πυκνότητα ασυνεχειών 1-3m.

Τα ρήγματα σε πολλές θέσεις είναι χαίνοντα, κυρίως στο βόρειο τμήμα και παρατηρούνται σφηνοειδή τεμάχη τα οποία έχουν αποκοπεί και παραμένουν στη θέση αυτή τελείως ασύνδετα. Επίσης στη βάση του λατυποκροκαλοπαγούς αυτού παρατηρούνται σπήλαια διαστάσεων έως (2 X 3 X 3)m τα οποία έχουν δημιουργηθεί από τη διάβρωση των νερών της βροχής που κατεισδύουν διά μέσου της μάζας του κροκαλοπαγούς και των ρηγμάτων, καθώς και από τα νερά της ελεύθερης απορροής, που κυλώντας στην πλαγιά προσπίπτουν στη βάση του σχηματισμού και τον διαβρώνουν δημιουργώντας υψηλό κίνδυνο κατάρευσης μεγάλων τεμαχών και καταστροφής της εκκλησίας που υπάρχει πάνω σ' αυτά. Προκειμένου να εκτιμήσουμε την κατάσταση και να προτείνουμε μέτρα προστασίας γιά να αποφευχθεί η καταστροφή του χώρου και ο κίνδυνος ατυχημάτων προβήκαμε στις ακόλουθες εργασίες: Εγιναν μετρήσεις της διεύθυνσης κλίσης και ύψους των φυσικών πρανών, μετρήσεις της διεύθυνσης κλίσης και της πυκνότητας των ρηγμάτων και στη συνέχεια τα στοιχεία αυτά αναλύθηκαν όπως περιγράφεται πιο κάτω και εξήχθησαν τα συμπεράσματα.



Σχ.1. Σκαρίφημα στο οποίο φαίνεται η θέση του σχηματισμού και σημειώνονται με γράμματα τα πρνή όπως αναφέρονται στον πίνακα αναλύσεων.

#### ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ

##### Βασικές αρχές ανάλυσης και σχεδιασμού

Στην ενότητα αυτή δίνονται οι θεωρητικές αρχές ανάλυσης και υπολογισμού της ευστάθειας βραχώδους πρανούς έναντι αστοχίας μορφής σφήνας ή επιπέδου ολίσθησης, μορφή αστοχίας που αναμένεται πιθανώς να συμβεί εφόσον δημιουργούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις στην ασυνεχή βραχομάζα. Στις επόμενες σελίδες επίσης παρουσιάζεται η διαγραμματική απεικόνιση της αστοχίας σε ολίσθηση τεμάχους πετρώματος μορφής σφήνας ή επιπέδου.

Στις αναλύσεις της ευστάθειας των φυσικών πρανών του λατυποκροκαλοπαγούς αυτού λόφου, υπολογίζεται η παρούσα και μελλοντική συμπεριφορά των βραχωδών πρανών στις υπάρχουσες γεωμορφολογικά διαμορφωμένες κλίσεις τους κάτω και από συνθήκες ανάπτυξης σεισμικών δυνάμεων. Οι αναλύσεις αυτές περιλαμβάνουν τις παρακάτω περιπτώσεις:

- α) Υπολογισμός του συντελεστή ασφάλειας (F.S.) με βάση τον προσανατολισμό των ασυνεχειών (ρηγμάτων), των φυσικών πρανών και τις τιμές των γεωμηχανικών παραμέτρων της βραχομάζας.
- β) Έλεγχος της επηροής της αύξησης της πίεσης νερού στις ασυνέχειες της βραχομάζας.

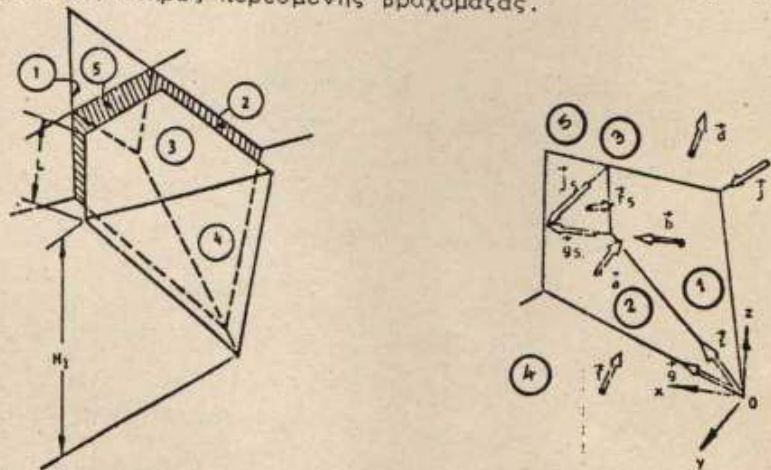
Οι αναλύσεις της ευστάθειας βασίζονται στην μέθοδο Hoek-Bray: "Advanced Comprehensive Solution for Translational slip of a tetrahedral Rock Wedge", και σε προσθήκες του Κ. Σαχπάζη, τις παρακάτω παραδοχές:

- 1) Η τετραεδρική σφήνα σχηματίζεται σε βραχώδες πρανές από 5 αλληλοτεμνόμενα επίπεδα ασυνέχειας, το μέτωπο του πρανούς και τη ανώτερη επιφάνεια του εδάφους.
- 2) Δεν υπάρχει δυνατότητα κυκλικής ολίσθησης της βραχομάζας, αυτή δεν αναλύεται με την παρούσα μέθοδο.
- 3) Η ανάλυση επιτρέπει την εισαγωγή διαφορετικών παραμέτρων διατμητικής αντοχής για τις διαφορετικές επιφάνειες ασυνέχειας.
- 4) Λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της πίεσης νερού στις ασυνέχειες.
- 5) Λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές σεισμικές δυνάμεις.
- 6) Η διατμητική αντοχή των επιφανειών ολίσθησης συσχετίζεται με βάση την γραμμική σχέση Coulomb:

$$S = c + \sigma_n \cdot \tan \phi,$$

όπου  $c$  = συνοχή και  $\phi$  = γωνία εσωτερικής τριβής.

- 7) Για τον έλεγχο της επίδρασης της πίεσης του νερού στις ασυνέχειες, υπολογίζεται ο συντελεστής ασφάλειας στην ακραία περίπτωση πλήρως κορεσμένης βραχομάζας.



Σχ.2. Οι αναλύσεις εκτελέστηκαν με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και προγράμματος μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης της αστοχίας της βραχομάζας, που αναπτύχθηκε από τον Κ. Σαχπάζη σε γλώσσα Fortran 77 (compiler version 4).

Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση φαίνονται στο σχήμα 2.

#### Ελεγχοι και αναλύσεις ευστάθειας πρανών

Η ανάλυση της ευστάθειας των οκτώ φυσικών πρανών βασίζεται τόσο στα στερεογραφικά χαρακτηριστικά των επιφανειών ασυνέχειας (ρηγάματα) της βραχομάζας, με βάση τον προσδιορισμό των μέγιστων συγκεντρώσεων των πόλων τους κατά Schmidt και Kamb, όσο και στις τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές ιδιότητες και παράμετρους των πετρωμάτων. Στη συνέχεια δίνονται τα βραχομηχανικά στοιχεία εισαγωγής (φυσικά χαρακτηριστικά πρανών, προσανατολισμοί ασυνεχειών, τεχνικογεωλογικές ιδιότητες - παράμετροι, σεισμικοί συντελεστές, κλπ), που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλλο των αναλύσεων και ελέγχων της ευστάθειας του κάθε πρανού.

#### Δίκτυα στερεογραφικής προβολής ασυνεχειών κατά Schmidt και Kamb

Στο νότιο τμήμα του κροκαλοπαγούς, παρουσιάζονται τρεις ομάδες επιφανειών ασυνεχειών (ρηγμάτων - στρώση), οι παρατάξεις και κλίσεις των οποίων φαίνονται στα συνημμένα τεκτονικά διαγράμματα Schmidt και Kamb, που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή όπως παρουσιάζονται στο παράρτημα. Οι τιμές της μέγιστης συγκέντρωσης των πόλων των επιπέδων των τριών ομάδων είναι:

Πρώτη ομάδα ρηγμάτων: N28W/76NE (μέση τιμή) [επίπεδο 1].

Δεύτερη ομάδα ρηγμάτων: N69E/75NW (μέση τιμή) [επίπεδο 2].

Τρίτη ομάδα επιπέδων στρώσης: N10/25NW (μέση τιμή) [επίπεδο 3].

Στο βόρειο τμήμα του κροκαλοπαγούς, παρουσιάζονται επίσης τρεις ομάδες επιφανειών ασυνεχειών (ρηγμάτων - στρώση), οι παρατάξεις και κλίσεις των οποίων είναι:

Πρώτη ομάδα ρηγμάτων: N50W/90NE (μέση τιμή) [επίπεδο 1].

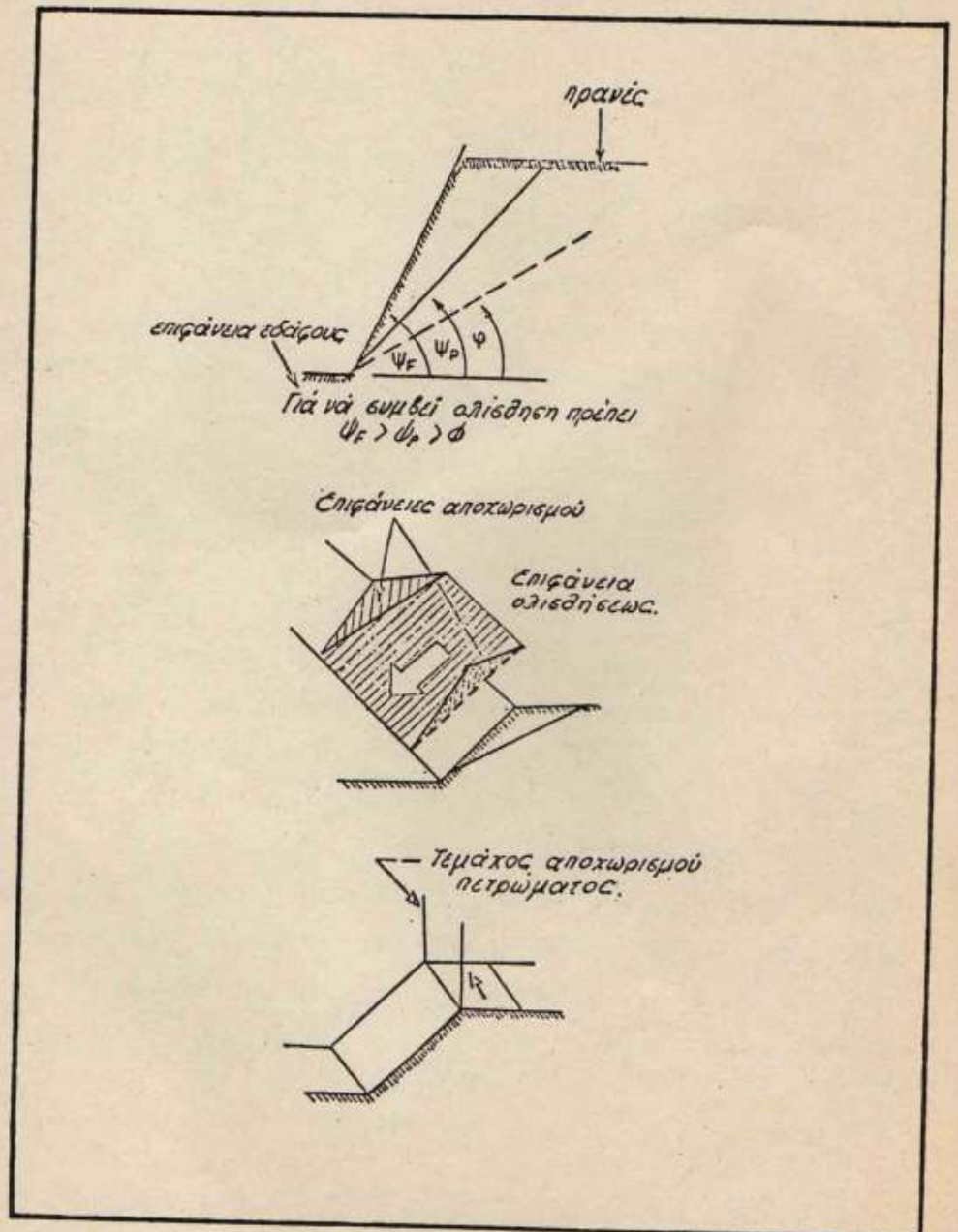
Δεύτερη ομάδα ρηγμάτων: N80E/88NW (μέση τιμή) [επίπεδο 2].

Τρίτη ομάδα επιπέδων στρώσης: N10/25NW (μέση τιμή) [επίπεδο 3].

Η πυκνότητα των ασυνεχειών είναι αραιή έως πολύ αραιή. Οι μέσες αποστάσεις μεταξύ των επιπέδων ασυνεχειών είναι: 1 - 3 μέτρα. Το μήκος ίχνους ασυνεχειών είναι μεγάλο (> 20 m). Η τραχύτητα των επιφανειών τους υψηλή.

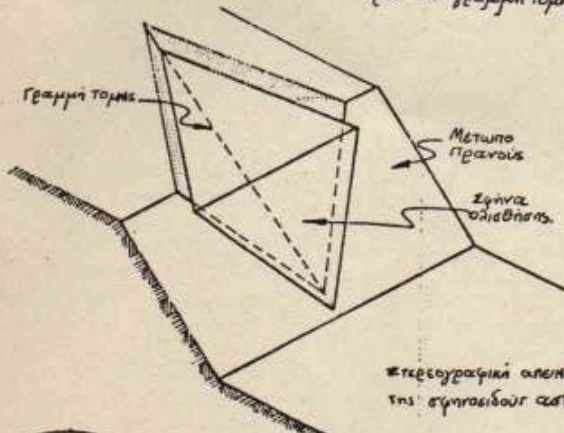
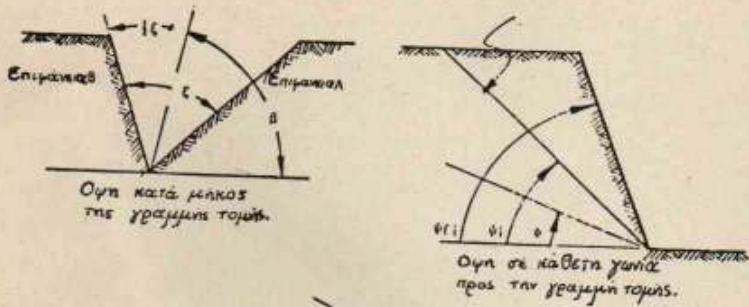


ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

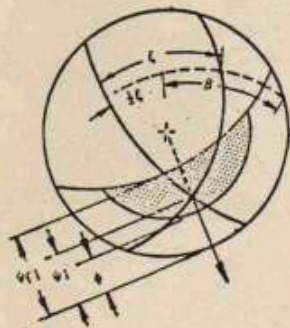


Σχ. 3.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ.



Για να συμβεί ολίσθηση πρέπει  $\psi_{f1} > \psi_{f2} > \phi$



Στερεογραφική προβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της σφηνοειδούς αστοχίας.

ΣΧ.4

Στοιχεία εδαφικής σεισμικής επικινδυνότητας

Σύμφωνα με τον νέο αντισεισμικό κανονισμό, Φ.Ε.Κ.: 239 - Β/84, η περιοχή της έρευνας χαρακτηρίζεται και κατατάσσεται από άποψη σεισμικότητας, στην κατηγορία ΙΙ (μετρίως σεισμόπληκτες περιοχές).

Από άποψη εδαφικής σεισμικής επικινδυνότητας το κροκαλοπαγές πέτρωμα του λόφου, κατατάσσεται στην κατηγορία: Α2, σύμφωνα με:

- α) τον αντισεισμικό κανονισμό του Φ.Ε.Κ. 239 - Β/6-4-1984,
- β) τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ν.Ε.Α.Κ.) όπως προτάθηκε από τον Ο.Α.Σ.Π. στις 13-6-1989, και
- γ) το προσχέδιο των Τάσιου - Γκαζέτα.

Τέλος, για τους σχηματισμούς της ερευνώμενης ζώνης, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, επιλέγεται συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης (ε) ίσος με : 0.06.

Τεχνικογεωλογικές Ιδιότητες - Παράμετροι

Για το σκοπό της ανάλυσης της ευστάθειας των οκτώ φυσικών μελετώμενων πρανών, απαιτείται ο προσδιορισμός των τεχνικογεωλογικών και βραχομηχανικών παραμέτρων και ιδιοτήτων της λατυποκροκαλοπαγούς βραχομάζας, και ειδικότερα: της μονάδας βάρους πετρώματος ( $\gamma$ ), της γωνίας τριβής ( $\phi$ ) μεταξύ των τεμαχών πετρώματος, και της συνοχής ( $c$ ) μεταξύ των τεμαχών πετρώματος, με εκτέλεση μεγάλης κλίμακας υπαίθριων δοκιμών. Λόγω όμως έλλειψης στοιχείων τέτοιων υπαίθριων δοκιμών, χρησιμοποιήθηκαν συγκριτικά βιβλιογραφικά στοιχεία, παρόμοιων συνθηκών και πετρωμάτων, από τη διεθνή βιβλιογραφία, όπως: "Review of a Shear Strength Criterion for rock joints", N.R. Barton (1973), "Rock Slope Engineering", E. Hoek & J.W. Bray (1981), κ.ά., για τον καθορισμό των παραμέτρων αυτών. Σύμφωνα με τα παραπάνω προέκυψε:

- Μονάδα βάρους λατυποκροκαλοπαγούς πετρώματος:  $26 \text{ KN/m}^3$ ,
- Ελάχιστη γωνία τριβής μεταξύ των επιφανειών ασυνεχειών:  $38^\circ$ ,
- Ελάχιστη συνοχή μεταξύ των επιφανειών ασυνεχειών:  $0 \text{ KN/m}^2$ .

Έλεγχος αστοχίας ολίσθησης "σφήνας" ή "επιπέδου"

Με βάση όλα τα παραπάνω αναφερθέντα στοιχεία, εκτελέστηκαν συνολικά εικοσιτέσσερεις αναλύσεις, σε συνθήκες πλήρους κορεσμένης κατάστασης, των οκτώ φυσικών πρανών ώστε να ελεγχθεί η ασφάλειά τους στην οριακή κατάσταση πλήρους κορεσμού των ασυνεχειών μετά από έντονη βροχόπτωση.

Στις αναλύσεις ελήφθη επίσης υπ' όψη και η δυσμενής επίδραση των σεισμικών δυνάμεων που δίνονται να αναπτυχθούν στην περιοχή αυτή.

Πίνακας Ι. Αποτελέσματα των αναλύσεων ευστάθειας των φυσικών πρηνών.

Φυσικό	κατάσταση	Επίπεδα	Συντελεστής ασφάλειας
Πρηνές		"σφήνας"	(F.S.)
"α"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	2.31
		2 - 3	1.42
"α"	Κορεσμενη Με σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	1.94
		2 - 3	1.38
"β"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		2 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
"β"	Κορεσμενη Με σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		2 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
"γ"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		2 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
"γ"	Κορεσμενη Με σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		2 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
"δ"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		2 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
"δ"	Κορεσμενη	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή

"ε"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		2 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
"ε"	Κορεσμένη Με σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		2 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
"στ"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		2 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
"στ"	Κορεσμένη Με σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		2 - 3	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
"ζ"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: 3.90
		2 - 3	: 1.69
"ζ"	Κορεσμένη Με σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: 3.12
		2 - 3	: 1.66
"η"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: 2.31
		2 - 3	: 1.61
"η"	Κορεσμένη Με σεισμό	1 - 2	: Δεν σχηματίζεται σήμα-Ευσταθή
		1 - 3	: 1.94
		2 - 3	: 1.52

Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδιασμοί ανά δύο μεταξύ των επιφανειών ασυνέχειας, δηλαδή:

$$\begin{array}{l} :3: \\ : : = 3! / [2! \times (3 - 2)!] = 3. \\ :2: \end{array}$$

Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν συνολικά:

8 (αριθμός φυσικών πρανών) x 3 (αριθμός συνδιασμού επιφανειών ασυνέχειας) = 24 αναλύσεις - έλεγχοι.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών με τους συντελεστές ασφάλειας, στις δυσμενέστερες συνθήκες πλήρους κορεσμού, δίνονται στον πίνακα I, όπως προκύπτει μετά από επεξεργασία με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικά αναπτυγμένο πρόγραμμα.

Όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των αναλύσεων και ελέγχων η ευστάθεια μερικών από τα φυσικά πρανά, κάτω από συνθήκες πλήρους κορεσμού τους, καθώς και υπό την πιθανή δυσμενή επίδραση σεισμικών δυνάμεων, είναι πολλές φορές κοντά στην οριακή.

Στον πίνακα I δίνονται συγκεντρωτικά για όλους τους συνδιασμούς ασυνεχειών οι συντελεστές ασφάλειας και των οκτώ πρανών σε καταστάσεις επίδρασης σεισμού και χωρίς:

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ευστάθεια των φυσικών πρανών "β", "γ", "δ", "ε" και "στ" δεν είναι προβληματική. Οπώσδήποτε το ενδεχόμενο μικροκαταπτώσεων τεμαχών πετρώματος που περιβάλλονται από τυχαίες μικροασυνέχειες υπάρχει, αλλά πρέπει να θεωρηθεί περιορισμένο και όχι καθοριστικό.

Αν και δεν υφίσταται άμεσος κίνδυνος μαζικής γενικής κατολίσθησης του φυσικού πρανούς "β", όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των βραχομηχανικών αναλύσεων, παρ' όλα αυτά διαπιστώνεται ότι λόγω της ύπαρξης στην περιοχή πολλών ρηγμάτων μερικά από τα οποία παρουσιάζουν τυχαίο προσανατολισμό, δημιουργούνται συνθήκες ανάπτυξης μικροτεμαχών (μικροσφηνών) πετρώματος τοπικής έκτασης, τα οποία είναι ασταθή και κατολισθαίνουν. Στις περιπτώσεις δημιουργίας τέτοιων συνθηκών η ανασχαιτήση των κατολισθητικών φαινομένων απαιτεί ειδικά έργα συγκράτησης με αγκύρια (Rockbolting).

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις μελέτες που έγιναν σχετικά με τη δημιουργία και τη σταθερότητα των φυσικών πρανών του λατυποκροκαλοπαγούς που βρίσκεται στο Μεσοχώρι Καρπάθου καταλήξαμε στα ακόλουθα.

Η διαμόρφωση των φυσικών πρανών του κροκαλοπαγούς οφείλεται:

Σε τεκτονική δράση κατά το Τεταρτογενές που προκάλεσε τα ρήγματα στα οποία οφείλονται τα σχεδόν κατακόρυφα πρανή.

Στην έντονη διάβρωση του αναγλύφου, κυρίως από θαλάσσιους παράγοντες κατά το στάδιο που έδρασαν οι ανυψωτικές κινήσεις.

Στην πυκνότητα των ρηγμάτων, που μειώνει την συνοχή και αντοχή της βραχομάζας και διευκολύνει τη διαβρωτική δράση των νερών της βροχής.

Τα πρανή α, ζ, η παρουσιάζουν προβλήματα ευστάθειας, όπως φαίνεται από τους συντελεστές ασφάλειας των πρανών αυτών, έναντι αστοχίας στην ολίσθηση. Οι τιμές των συντελεστών αυτών μειώνονται σημαντικά, ιδίως με την επίδραση σεισμικών δονήσεων και πλήρους κορεσμού και πλησιάζουν την οριακή κατάσταση.

Τα πρανή β, γ, δ, ε και στ δεν παρουσιάζουν προβλήματα ευστάθειας, χωρίς να αποκλείονται φαινόμενα μικροκαταπτώσεων εξ αιτίας της ύπαρξης τυχαιών μικροασυνχειών. Το πρανές β αν και από τις αναλύσεις φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει κίνδυνο μαζικής γενικής κατολίσθησης, διαπιστώθηκε ότι εξ αιτίας της ύπαρξης πολλών ρηγμάτων με τυχαίο προσανατολισμό δημιουργεί συνθήκες ανάπτυξης μικροτεμαχών πετρώματος, που είναι ασταθή και κατολισθαίνουν και γι' αυτό απαιτούνται ειδικά έργα συγκράτησης με αγκύρια.

Για την εξασφάλιση της ευστάθειας των πρανών και την αντιμετώπιση μελλοντικών προβλημάτων κατολισθήσεων προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- 1) Αποχέτευση των επιφανειακών νερών ώστε να μην κατεισδύουν στις ασυνέχειες της βραχομάζας και αυξάνουν την πίεση νερού,
- 2) Σφράγιση με σκυρόδεμα των ανοιχτών στην επιφάνεια ρωγμών εφελκυσμού και ασυνχειών,
- 3) Συνδιασμός κατακόρυφων και κεκλιμένων στραγγιστηρίων για την αποστράγγιση των υπόγειων νερών,
- 4) Περιφεριακή τάφρος και φρεάτια αποστράγγισης στον πόδα των πρανών ώστε να μειώνεται και να ελέγχεται η διαβρωτική δράση των ρεόντων υδάτων πλησίον αυτού,
- 5) Σήραγγες (γαλαρίες) αποστράγγισης στη βραχομάζα πλησίον της βάσης του πρανούς,
- 6) Τοίχοι αντιστήριξης στον πόδα του πρανούς,
- 7) Αγκυρώσεις των ασταθών τεμαχών πετρώματος.

#### SUMMARY

This paper deals with the stability problems of a conglomerate hill slopes in Mesochori village located in central Korpathos island.

Research, which conducted in relation to deposition and creation, as well as stability investigation of these natural slopes of the conglomerate hill, reveals the following conclusions.

Configuration of the slopes of the this hill is caused: a) by tectonic agents acted during Quaternary period which produced many faults created nearly vertical slopes, b) by intense erosion of the relief caused mainly by marine factors during the period of the uplifting motions, and c) by the close spacing of discontinuities (faults), which decrease cohesion and strength of rock mass, motivating and accommodating the erosional action of water runoff.

Slopes "a", "z" and "n" display stability problems, as it is shown by their low factors of safety against slope failure, which are computed by "Hoek and Bray" method using P.C. Software.

Value of factors of safety significantly reduce, tending to limits, especially with seismic action as well as water pressure developing during joint saturation after strong rainfall.

Slopes "B", "γ", "5", "e" and "στ" are generally stable although they display locally and occasionally landslide phenomena by rockfall, small scale wedge slides, toppling, e.t.c., due to occurrence of randomly orientated discontinuities (faults, joints). As proved by the computer aided rock slope stability analysis, these slopes do not display instability problems, as a whole rock mass, however it is realized that due to existence of many faults randomly oriented, some conditions are developed which favour small scale block landsliding. In these cases retaining works are necessary using anchors and rockbolting.

In order to secure in future possible landslide phenomena the following measures are proposed to be taken:

- a) Surface water drainage.
- b) Filling and sealing with concrete of surface open tension cracks and discontinuities.
- c) Combination of vertical and oblique drainage holes.
- d) Peripheral trenches and wells on the lower level of slopes, to reduce erosional action of running water (collector drains).
- e) Drainage galleries behind and in the lower location in the slope rock mass.
- f) Retaining walls, and
- g) Anchoring and Rockbolting of the unstable rock blocks.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ, Α., 1987. Γεωμορφολογική μελέτη των ακτών της Καρπάθου. Πρακτ. 1ου Πανελλ. Γεωγραφικού Συνεδρίου, Αθήνα.
- ANGELIER, J., Sur la neotectonique egeenne: failles antetyrheniennes et post-tyrrhenniennes dans l' ile de Karpathos (Dodecanese, Greece). G.R.Son.S.G.F., 1973.
- ANON. (1979): International Society for Rock Mechanics. Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for determining water content, porosity, den-



- sity, absorption and related properties and swelling and slope durability index properties. *Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.* Vol. 16, pp. 141 - 156.
- AUBOIN, J. et DECOURT, J., Sur la geologie de l' Egee: regard sur le Dodecanese meridional (Kassos, Karpathos, Rhodes). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, (7), XII, 1970.
- BARRIER, E., Etude neotectonique des iles de Karpathos et Kassos - etude geologique de l' ile de Kassos (Dodecanese, Grece). *Travaux du Departement de Geotectonique Universite Pierre et Marie Curie, These de 3eme cycle, Paris, 1979.*
- BARTON, N. (1973): Review of a new shear-strength criterion for rock joints. *Engng. Geol.* 287-332 (Also NGI Publ. No 105, Oslo, 1974).
- BARTON, N. and CHOUBEY, V. (1977): The shear-strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics (Springer-Verlag)* 10, 1-54.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1979): The geomechanics classification in rock engineering applications. *Proc. 4th Int. Cong. Rock Mechanics, Montreux (Suisse), 1, 41-48.*
- ΧΡΗΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1963. Γεωλογικός χάρτης Καπάσου 1:50.000 (2 φύλλα) Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.
- DAVIDSON, M.J., Contribution a l'etude geologique de l'are egeen: l'ile de Karpathos (Dodecanese meridional, Grece). *These 3eme cycle, Trav. Dept. Geol. Paris, 1974.*
- DESIO, A., 1931. La isola italiana dell'Egeo (study geologica e geographico fisica). *Mem. Descr. Carta. Geol. Italia, 24, 534p.*
- FARMER, I.W. (1980) Face and roadway stability in underground coal mines. *Geotechnical criteria.*
- FLEMING, N.C. 1979. Archeological indicators of sea level. *Seminaire NIVMER: les indicateurs de la niveau marine, Oceanis, 5 fasc., H.S.: 319-326.*
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., ΜΑΞΕΟΥΛΗ-ΛΕΙΒΑΔΙΤΗ, Α., ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ Δ., 1989. Νεοτεκτονικός Χάρτης Καπάσου-Κάσου. Αθήν. Εκθεση Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., 1989. Συμβολή στη γνώση των προνεογενών γεωλογικών ενότητων της Καπάσου. *Πρακτ. 4ου Συνεδρ. Ελλην. Γεωλ. Εται. Τομ. XXIII/1, σελ. 119-130, Αθήνα.*
- HARZIPANAGIOTOU, K., 1983. Die oberste Einheit de Sud-adeischen Deckenstapels auf Rhodos und Karpathos (Dodekanes/Griechenland). *Relikte eines Ophiolith-Komplexes. Dissertation Univ. Braunschweig.*
- HOEK, E. and BRAY, J. (1974): *Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 309 p.*
- HOEK, E. and BROWN, E.T. (1980 a): Empirical strength Criterion for Rock Masses. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proc. Am. Soc. Civ. Engrs, 106, No G T9, 1013-1035.*

- JAEGER, J.C. and COOK, N.G.W., 1971. "Fundamentals of Rock Mechanics", Chapman and Hall Ltd.
- KAMB, W.B., 1959. Ice petrofabric observations from blue clacier, Washington, in relation to theory and experiment: Journ. Geophys. Res., V. 64, P. 1891-1909. (Specifically P. 1908-9).
- KERAUDREN, B. et Sorel, D., 1984. Relations entre sedimentation tectonique et morphologie dans le Plio-Pleistocene de Karpethos (Grece). Mouvements verticaux et datation radiometrique. L'Anthropologie (Paris). Tome 88, no 1, pp. 49, 61.
- KOEPKE, J., 1986. Die Ophiolithe der sudagauschen Insbruck-Petrologies und Geochronologie. Dissertation Univ. Braunschweig, 1986.
- MARDIA, K.V., 1972. Statistics of directional data: Academic Press INC., London, 355 P.
- ΣΑΧΠΑΖΗΣ Κ. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. (1986). "Γεωτεχνική Περιγραφή, Ταξινόμηση και Ιδιότητες της Ανθρακικής και Ανθρακομιγούς βραχομάζας. Τρόπος καταγραφής". Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά. Τεύχος Δεκέμβριος 1986. No. 62.
- PIRAZZOLI, P., 1980. Formes de corrosion marine et vestiges archeologiques interpretation neotectonique de quelques exemples en Grece et en Yougoslavie. Ann. Inst. Oceanogr. Paris, 1980.
- SCHMIDT, W., 1925. Gefugestatistik tschermaks Mineralog. Petrog. Mitt., V.38, P.395-399.
- TURNER, F.J., and WEISS, L.E., 1963. structural analysis of metamorphic tectonites: McGraw-Hill Book Co., New York, 545 P.
- WOODCOCK, N.H., 1977. Specification of fabric shapes using an eigenvalue method: Geol. Soc. Amer. Bull., V.88, P.1231-36.

.....

STEREO--CONTOURED PETROFABRIC DIAGRAMS

-----

ΔΑΤΤΗΟΚΡΟΛΑΟΗΑΓΤΕ ΔΟΦΟΣ ΣΤΟ ΕΚΣΟΧΟΡΓΙ ΚΑΡΤΑΘΟΥ.

ΟΙ ΑΚΟΛΟΥΘΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΛΕΓΕΙ :

MODE : 1  
 (ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΒΛΟΗΣΗ)  
 ITYPE : 1  
 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΤΣΑΡΤΟΚΥΚΛΙΟΥ)  
 IPAB : 3  
 (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ SCHMIDT AND LAMB)  
 ICONF1 : 3 ΔΙΑΣΤΗΝΑ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ-ΕΥΚΛΙΝΗΤΑΕ - SCHMIDT  
 ICONF2 : 3 ΔΙΑΣΤΗΝΑ ΣΙΓΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ - LAMB  
 IPLOT : .0000000  
 (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΟΝΟ ΣΕ PRINTER)  
 IGR : 2  
 (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΕ ΑΥΤΑΥΤΕ ΚΑΤΑΝΟΗΕ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ)

Α/ΜΕΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ :

-----

22 ΣΗΜΕΙΑ

N32. V 80. NE N50. V 80. NE N25. V 80. NE N22. V 70. NE N80. E 88. NW  
 N12. E 24. NW N15. E 29. NW N 9. E 20. NW N18. E 25. NW N10. E 25. NW  
 N30. V 80. SW N50. V 90. NE N25. V 85. NE N 5. V 85. NE N50. V 80. NE  
 N80. E 80. NW N70. E 70. NW N60. E 85. NW N80. E 70. NW N60. V 70. SW  
 N15. E 21. NW N 8. E 27. NW N

ΚΑΤΑΝΟΗΕ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ:

-----

ΕΑΓΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ:

ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΦΕΡΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ .95

ΕΑΓΓΧΟΣ ΚΑΤΑΝΟΗΕ :

ΑΝΑΜΕΡΩΜΕΝΟΕ ΤΥΠΟΕ ΚΑΤΑΝΟΗΕ : ΕΜΗΝΟΕ ΤΙΝΟΝ (CLUSTER)  
 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΧΟΥΝ ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ

ΕΑΓΓΧΟΣ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (S\*):

S\* : .4189

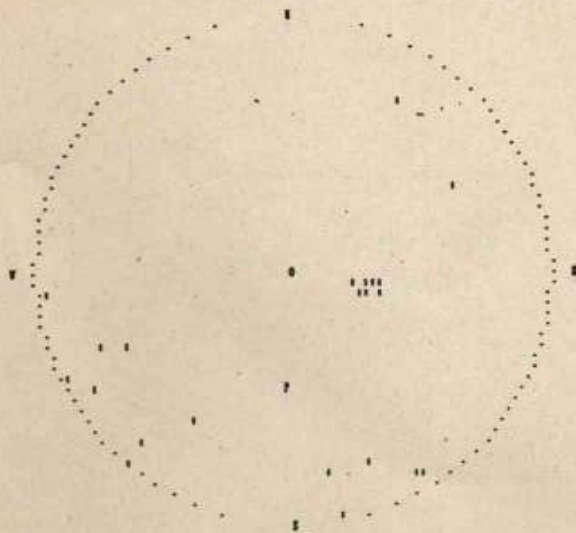
ΔΙΑΦΕΡΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΑΠΟ ΝΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΕ ΕΜΗΝΟΕ (CLUSTER)

II

ΣΗΜΑΙΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΑΙΤΗΣΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ, ΤΩΝ ΕΛΤΩ ΚΑΙ ΑΝΙΣΟΑΙΣΘΗΣΕΩΝ :

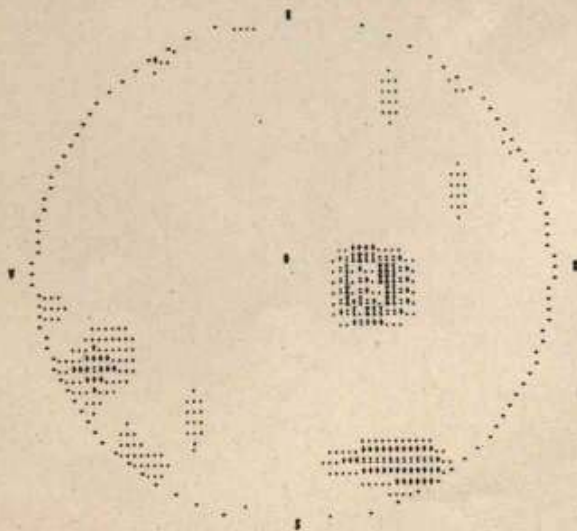
ΝΟΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ : 4                    ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΣΗΜΕΙΑ : 2 - 9  
ΣΗΜΕΙΟ ΕΙΔΩΣ ΣΗΜΑΙΩΝ : 7

ΝΟ. ΣΗΜΕΙΩΝ : 22



ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΤΩ ΝΟΜΩΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ (1925):

ΣΗΜΑΙΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ : 010  
Σ ΣΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ : ... \*\*\* \*\*\* III III  
ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ : 3 Σ ΣΗΜΕΙΑ ΑΝΑ 1 Σ ΣΗΜΑΙΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ  
Σ ΣΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΤΑΛΟΓΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ



.....

STENOGRUFEN 20 EKKENIS KATA NOMOLO KANU (1959):

ENIAGANIA STENOGRUFEN: .290  
 ANAKRINORHOC APINROC: 6.20 ENKIDIS ARA ENIAGANIA STENOGRUFEN  
 PTERIS ANOTALEN (SIFRA) : 2.13 : (ANAKRINORHOC APINROC) / 2.0  
 6 SIFRA TON STENOGRUFEN SIFRA: ... 499 III III III  
 20 ANOTAGAN STENOGRUFEN: 3 SIFRA  
 6 SIFRA TON STENOGRUFEN ENIAGANIA ENIAGANIA KANU ENIAGANIA ENIAGANIA

