

**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 γιατί 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: ΑΥΒΟΥΙΝ και DERCOURT (1970), DAVIDSON (1974), ΑΥΒΟΥΙΝ, BONNEAU, DAVIDSON (1976), ANGELIER (1973), BARRIER (1979), ΚΕΡΑΥΔΡΕΝ και SOREL (1984), HATZIPANAGIOTOU (1983), ΚΟΕΡΚΕ (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.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

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

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

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

Ενότητα Αδριατικοϊόνιος: Ασβεστόλιθοι ανώιουραικοί λεπτοστρωματώδεις, κρυσταλλικοί, εναλλασσόμενοι με λευκούς δολομίτες. Δολομίτες παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι. Ασβεστόλιθοι ανωκρητιδικόι και ασβεστόλιθοι παλαιογενείς, σπιφροί, λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ή άστρωτοι υπόλευκοι που εναλλάσσονται με λευκούς δολομίτες. Δισοχιζονται από φλεβίδια ασβεσίτη και έχουν κερατολιθικές ενατρώσεις.

Ενότητα Τριπόλεως: Δολομίτες κρητιδικόι βιτουμενιούχοι, παχυστρωματώδεις. Φλύσχης ανωηκωκινικός, από εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών και ενατρώσεις λατυποπαγών και ασβεστολιθών, 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, μοργαίκοις ψαμμίτες και ψαμμίτες σε εναλλασσόμενα στρώματα. Τη μεγαλύτερή τους ανάπτυξη πορουαίζουν στο νότιο τμήμα του νησιού. Οι Τετορογενείς αποθέσεις έχουν πιά περιορισμένη ανάπτυξη και είναι ασβεσιτικοί ψαμμίτες, παράκτιοι ψαμμίτες (πύρος, κροκαλοπαγή, χειμαρρώδεις αποθέσεις και σύγχρονες προσχώσεις).

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

### Περιοχή Μεσοχωρίου

Στο δυτικό τμήμα της κεντρικής Καρπάθου σε υψόμετρα 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° και έχει αποτεθεί πάνω σε ένα ασβεστολιθικό παλαιοσνάγλυφο με κλίση πρηνούς 40% περίπου. Το πάχος των τεταρογενών σχηματισμών είναι μεγάλα 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 οριζόντες αποτελούνται από λεπτομερές λατυποκροκαλοπαγές με ψαμμιτομαργαϊκούς οριζόντες, ενώ τα ανώτερα ατρώματα αποτελούνται από οδρομερές 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 επαναδραστικοποιήθηκαν κατά το Τεταρτογενές και έχουν προσβάλλει και τα νεότερα ατρώματα. Κατά το κατώτερο Πλειστόκαινο έδρασαν κατακόρυφες (καταβυθιστικές) κινήσεις, όπως μαρτυρούν οι καλόβριες 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 απίας 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 μελετούμε 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 εμφάνισης 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 χαινόντα, κυρίως στο βόρειο τμήμα και παρατηρούνται σφηνοειδή τεμάχια τα οποία έχουν αποκοπεί και παρομέναν στη θέση αυτή τελείως ασύνδετα. Επίσης στη βάση του λατυποκροκαλοπαγούς αυτού παρατηρούνται απήλαια διαστάσεων έως (2 X 3 X 3)m τα οποία έχουν δημιουργηθεί από τη διάβρωση των νερών της βροχής που κατεiadύουν 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 τεμαχίων και καταστροφής της εκκλησίας που υπάρχει πάνω σ' αυτό. 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 πρνού εναντι αστοχίας μορφής σφήνας ή επιπέδου ολίσθησης, μορφή αστοχίας που ανομένεται πιθανώς να συμβεί εφόσον δημιουργούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις στην ασυνεχή βραχομάζα. Στις επόμενες σελίδες επίσης παρουσιάζεται η διαγραμματική απεικόνιση της αστοχίας σε ολίσθηση τεμάχου πετρώματος μορφής σφήνας ή επιπέδου.

Στις αναλύσεις της ευστάθειας των φυσικών πρνώ του λατυποκροκαλοπαγούς αυτού λάφου, υπολογίζεται η παρούσα και μελλοντική συμπεριφορά των βραχώδων πρνώ 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 πρνώ και τις τιμές των γεωμηχανικών παραμέτρων της βραχομάζας.
- β) Έλεγχος της επηροής της αύξησης της πίεσης νερού στις ασυνεχείες της βραχομάζας.

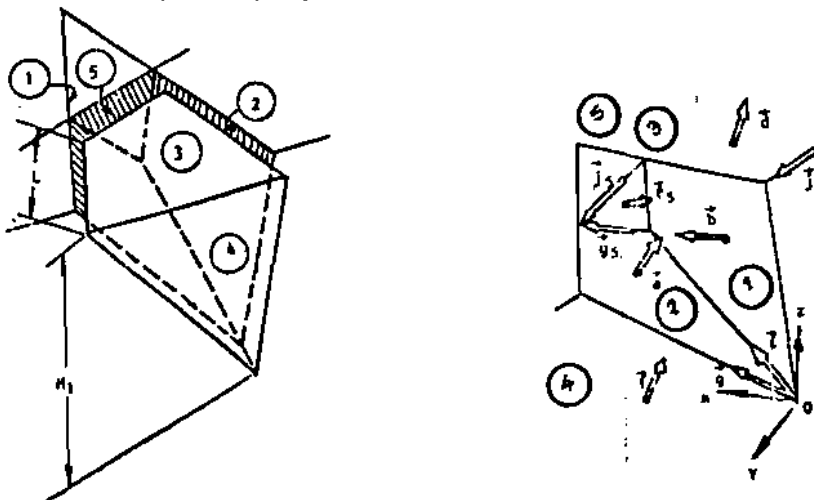
Οι αναλύσεις της ευστάθειας βασίζονται στην μέθοδο Hoek - Bray: "Advanced Comprehensive Solution for Translational slip of a tetrahedral Rock Wedge", και σε προσθήκες του Κ. Σαχπάζη, με τις παρακάτω παραδοχές:

- 1) Η τετραεδρική σφήνα σχηματίζεται σε βραχώδες πρανές απο δύο αλληλοτεμνόμενα επίπεδα ασυνέχειας, το μέτωπο του πρανούς και την ανώτερη επιφάνεια του εδάφους.
- 2) Δεν υπάρχει δυνατότητα κυκλικής ολίσθησης της βραχομάζας, ή αυτή δεν αναλύεται με την παρούσα μέθοδο.
- 3) Η ανάλυση επιτρέπει την εισαγωγή Διαφορετικών παραμέτρων Διστμητικής 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 Διστμητική 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 απο 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 (ρηγμάτα) της βραχομάζας, με βάση τον προσδιορισμό των μέγιστων συγκεντρώσεων των πόλων τους κατά Schmidt και Kamb, όσο και στις τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές ιδιότητες και παράμετρος 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 πρανούς.

### 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:

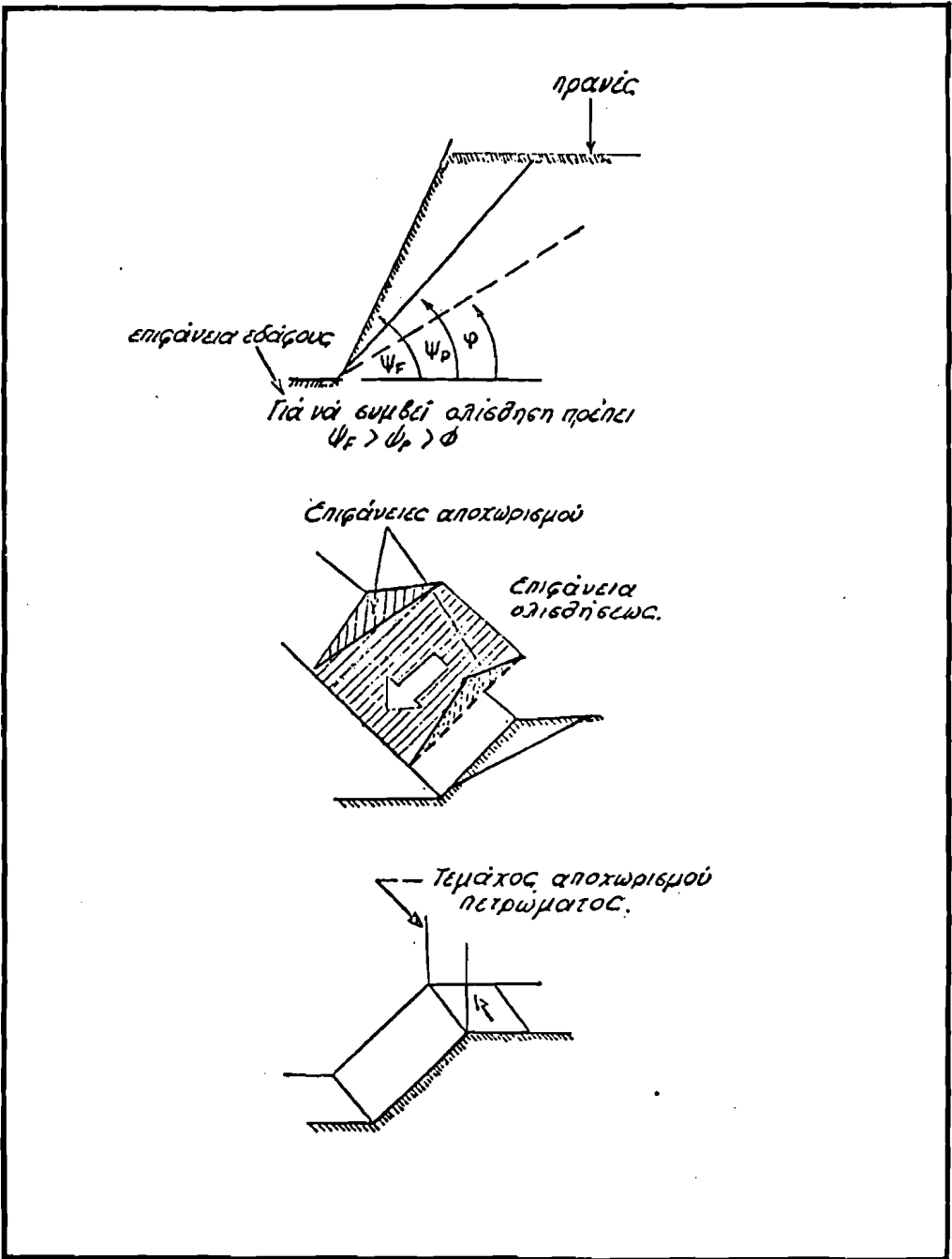
Πρώτη ομάδα ρηγμάτων: N50W/90NE (μέση τιμή) [επίπεδο 1].

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.

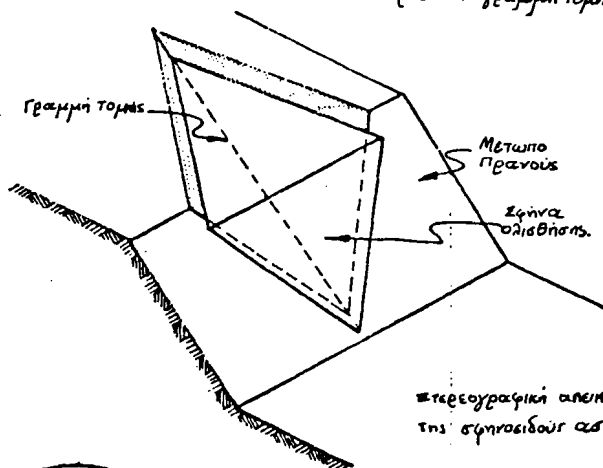
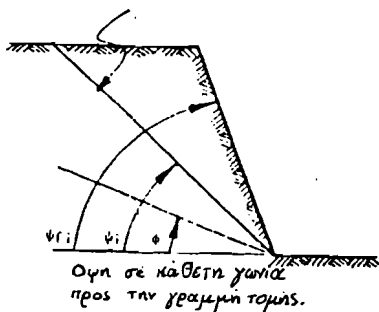
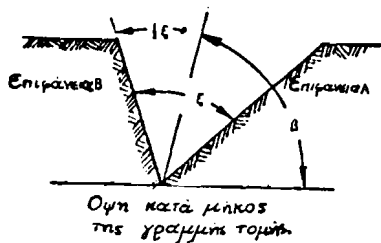
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ



Σχ. 3.



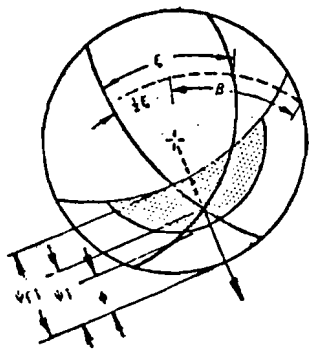
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ.



Για να συμβεί ολισθήση πρέπει

$$\psi_{f1} > \psi_i > \phi$$

Στερεογραφική προβολή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της σφηνοειδούς αστοχίας.



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 II (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 - Προόμετροι

Για το σκοπό της ανάλυσης της ευστάθειας των οκτώ φυσικών μελετώμενων πρηνών, απαιτείται ο προσδιορισμός των τεχνικογεωλογικών και βραχομηχανικών παραμέτρων και ιδιοτήτων της λατυποκροκαλοπαγούς βραχομάζας, και ειδικότερα: της μονάδας βάρους πετρώματος ( $\gamma$ ), της γωνίας τριβής ( $\varphi$ ) 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 KN/m<sup>3</sup>,
- Ελάχιστη γωνία τριβής μεταξύ των επιφανειών ασυνεχειών: 38°,
- Ελάχιστη συνοχή μεταξύ των επιφανειών ασυνεχειών: 0 KN/m<sup>2</sup>.

Έλεγχος αστοχίας ολίσθησης "σφήνας" ή "επιπέδου"

Με βάση όλα τα παραπάνω αναφερθέντα στοιχεία, εκτελέστηκαν συνολικά εικοσιτέσσερις αναλύσεις, σε συνθήκες πλήρως κορεσμένης κατάστασης, των οκτώ φυσικών πρηνών 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 πρανών.

Φυσικό	κατάσταση	Επίπεδα	Συντελεστής ασφάλειας
Πρανές		"σφήνας"	(F.S.)
"α"	Κορεσμένη Χωρίς σεισμό	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	2.31
		2 - 3	1.42
"α"	Κορεσμένη 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"	Κορεσμένη 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"	Κορεσμένη 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"	Κορεσμένη	1 - 2	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή
		1 - 3	Δεν σχηματίζεται σφήνα-Ευσταθή

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

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

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

Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν συνολικά:

8 (αριθμός φυσικών πρηνών)  $\times$  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 πρηνή, κάτω από συνθήκες πλήρους κορεσμού τους, καθώς και υπο 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 πρηνών σε καταστάσεις επίδρασης σεισμού και χωρίς:

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ευστάθεια των φυσικών πρηνών "β", "γ", "δ", "ε" και "στ" δεν είναι προβληματική. Οποσδήποτε 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 πρηνούς "β", όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των βραχομηχανικών ανάλύσεων, 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 πρηνών του λατυποκροκαλοπαγούς που βρίσκεται στο Μεσοχώρι Καρπάθου καταλήξαμε στα ακόλουθα.

Η δισμόρφωση των φυσικών πρηνών του κροκαλοπαγούς οφείλεται:

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

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 πρηνή α, ζ, η παρουσιάζουν προβλήματα ευστάθειας, όπως φαίνεται από τους συντελεστές ασφάλειας των πρηνών 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 πρηνή β, γ, δ, ε και στ δεν παρουσιάζουν προβλήματα ευστάθειας, χωρίς να αποκλείονται φαινόμενα μικροκαταπτώσεων εξ αιτίας της ύπαρξης τυχσίων μικροασυνχειών. Το πρηνές β σν 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 ασσθή και κατολισθαίνουν και γι' αυτά απαιτούνται ειδικά έργα συγκράτησης με αγκύρια.

Γιά την εξασφάλιση της ευστάθειας των πρηνών 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 πρηνών ώστε να μειώνεται και να ελέγχεται η διαβρωτική δράση των ρεόντων υδάτων πλησίον αυτού.
- 5) Σήραγγες (γαλαρίες) αποστράγγισης στη βραχομάζα πλησίον της βάσης του πρηνούς.
- 6) Τοίχοι αντιστήριξης στον πόδα του πρηνούς.
- 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 Karpathos 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 "α", "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.

Valuer 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 "β", "γ", "δ", "ε" 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 radomly 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 measure 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.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΛΕΞΟΥΑΝ-ΑΕΙΒΑΔΙΤΗ, Α., 1987. Γεωμορφολογική μελέτη των ακτών της Καρπάθου. Πρακτ. Ιου 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 slake 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, Phodes). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, (t7), 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.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1963. Γεωλογικός χάρτης Κερκάρου 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 isole italiane dell'Egeo (study geologici e geographico fisici). *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 niveaux marine*. Oceanis, 5: fasc., H.S.: 319-326.
- ΦΥΤΡΟΑΚΗΣ, Ν., ΑΛΕΞΟΥΛΗ-ΑΕΙΒΑΔΙΤΗ, Α., ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ Δ., 1989. Νεοτεκτονικός Χάρτης Κερκάρου-Κάσου. Αθήν. Εκθεση Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα.
- ΦΥΤΡΟΑΚΗΣ, Ν., 1989. Συμβολή στη γνώση των προνεογενών γεωλογικών ενοτήτων της Κερκάρου. *Πρακτ. 4ου Συνεδρ. Ελλην. Γεωλ. Εται. Του*. XXIII/1, σελ. 119-130. Αθήνα.
- HARZIPANAGIOTOU, K., 1983. Die oberste Einheit de Sud-adaischen Deck enstapels auf Rhodos and 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 6 T9, 1013-1035.



- JAEGER, J.C. and COOK, N.G.W., 1971. "Fundamentals of Rock Mechanics". Chapman and Hall Ltd.
- KAMD, W.B., 1959. Ice petrofabric observations from blue glacier, 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 Karpathos (Grece). Mouvements verticaux et datation radiometrique. L'Anthropologie (Paris). Tome 88, no 1, pp. 49, 61.
- KOEPKE, J., 1986. Die Ophiolithe der sudgäuschen Inslbrucke-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. Τύπος 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

-----

ΔΙΥΠΕΡΙΠΟΛΑΘΗΓΗΣ ΔΙΩΘΣ ΕΣΤΟ ΗΕΣΙΩΕΡΡΕΙ ΕΑΡΗΑΘΥΕ.

ΟΙ ΑΚΟΛΟΥΘΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΧΟΥΝ ΕΠΙΛΕΓΕΙ :

MODE : 1  
 (ΕΠΙΜΕΡΑ ΑΒΑΘΗΝΑ)  
 ITYPE : 1  
 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΣ ΗΟΡΦΗ ΤΕΤΑΡΤΟΚΥΚΛΙΩΤ)  
 IPAB : 3  
 (ΑΓΙΑΓΡΑΦΗΝΑ SCHMIDT AND KAMB)  
 ICON1 : 3 ΑΓΙΑΣΤΗΝΑ ΗΟΔΟΣΤΟΥ ΑΓΙΑΓΡΑΦΗΝΑΤΟΣ-ΠΥΞΙΟΤΗΤΑΣ - SCHMIDT  
 ICON2 : 3 ΑΓΙΑΣΤΗΝΑ ΚΙΓΧΝΑ ΑΓΙΑΓΡΑΦΗΝΑΤΟΣ - KAMB  
 FPLDT : .0000000  
 (ΑΓΙΑΓΡΑΦΗΝΑ ΗΟΔΟ ΣΕ ΡΕΙΝΤΕΡ)  
 IGR : 2  
 (ΥΠΟΔΟΓ/ΣΗΝΟΣ ΕΑΘΣ ΑΥΓΑΤΗΣ ΚΑΤΑΘΗΝΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ)

A/HEE ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ :

-----

22 ΚΥΗΗΙΑ

H32. V 80. HE H50. V 80. HE H25. V 80. HE H22. V 70. HE H40. E 80. HV  
 H12. E 24. HV H15. E 29. HV H 9. E 20. HV H18. E 29. HV H10. E 25. HV  
 H30. V 60. SV H50. V 90. HE H25. V 85. HE H 5. V 85. VE H50. V 80. HE  
 H80. E 80. HV H70. E 70. HV H60. E 85. HV H60. E 70. HV H40. V 70. SV  
 H15. E 21. HV H 8. E 27. HV H

ΚΑΤΑΘΗΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ:

-----

ΚΑΘΥΧΟΣ ΟΜΟΙΟΠΟΡΦΙΑΣ:

ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΦΕΡΟΥΣ ΣΗΝΑΤΙΧΑ ΑΝΘ ΤΗΕ ΟΜΟΙΟΠΟΡΦΙΑ ΣΕ ΣΗΗΕΑΘ . 95

ΚΑΘΥΧΟΣ ΚΑΤΑΘΗΝΗΣ :

ΑΝΑΗΛΟΗΗΗΘΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΘΗΝΗΣ : ΣΗΗΗΟΣ ΤΥΠΟΣ (CLUSTER)  
 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΧΟΥΝ ΙΣΧΥΡΑ ΣΗΙΑΚΤΙΣΚΟ ΗΡΟΣΑΗΑΤΟΑΙΣΗΘ

ΚΑΘΥΧΟΣ ΣΦΑΙΡΙΣΚΗΣ ΑΝΟΚΑΙΣΗΣ (S+):

S+ : .4189

ΑΓΙΑΦΕΡΡΕΙ ΣΗΗΑΤΙΧΑ ΑΝΘ ΗΙΑ ΣΗΙΑΚΤΙΣΚΗΣ ΚΑΤΑΘΗΝΗΣ ΣΗΗΗΟΥΤΣ (CLUSTER)



ΠΥΡΟΣΤΕΣΣΕΣ // ΣΧΗΜΑΤΑ ΣΑΡΑ ΜΕΝΔΑ ΣΑΜΗ (1999):

ΟΜΙΛΟΝΤΙΑ ΠΥΡΟΣΤΕΣΣΕΣ: . . . 200  
 ΑΝΑΦΟΡΟΚΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ: 8.19 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΕΔ ΑΠΕΓΧΑΝΙΣ ΠΥΡΟΣΤΕΣΣΕΣ  
 ΤΥΠΟΣ ΔΟΧΕΙΩΣ (ΣΕΤΡΑ): 2.13 : (ΑΝΑΦΟΡΟΚΕΝΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ) / 1.0  
 Ο ΣΤΙΒΟΣ ΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΗΣ ΚΙΜΑ: . . . 000 112 111 112  
 ΗΡ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΟΣΤΕΣΣΕΣ: . . . 5 ΣΕΤΡΑ  
 Η ΣΤΙΒΑ ΤΟΥ ΣΤΕΦΑΝΗ ΕΠΙΔΕΛΛΑΜΜΑΝΟΚΕΝΤΑΙ ΚΑΘΩ ΗΡΕΤΟ ΓΕΩΣΤΕΣΣΕΣ ΟΡΓΑΝΟΣ

