

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΥΡΟΔΗΣ ΠΕΤΡΟΣ
Φοιτητής Γεωλογίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΡΑΝΩΝ ΣΤΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΓΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ-ΧΟΡΤΙΑΤΗ



Υπό την επίβλεψη του
Βασίλειου Χρηστάρα

Καθηγητή Γεωλογίας και διευθυντή του τομέα Γεωλογίας
Του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου

Θεσσαλονίκη 2005

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Διπλωματική εργασία» του όγδοου εξαμήνου, από τον φοιτητή Μαυροδὴ Πέτρο του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με θέμα «Ευστάθεια των πρανών στην περιοχή μελέτης Αγίου Βασιλείου-Χορτιάτη». Η εργασία έγινε υπό την επίβλεψη του Βασίλη Χριστάρα, καθηγητή Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και διευθυντή του τομέα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Από την θέση αυτή θέλω να ευχαριστήσω τον Γεωργιάδη Γιώργο μεταπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την βοήθεια που μου προσέφερε στη κατανόηση και εφαρμογή των προγραμμάτων corel 10 και stereonet στη διπλωματική μου εργασία.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	Σελ. 3
1.1	Σκοπός και μεθοδολογία	Σελ. 3
1.2	Γεωγραφική θέση και γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής	Σελ. 4
2.	Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής	Σελ. 5
3.	Ευστάθεια των πρανών	Σελ. 7
3.1	Τύποι διαρρήξεων	Σελ. 7
3.2	Test Markland	Σελ. 10
3.2.1	Βελτίωση Hockins	Σελ. 11
3.3	Ανάλυση βραχοσφήνας και προσδιορισμός του συντελεστή ασφάλειας του πρανούς με την μέθοδο του Talobre	Σελ. 11
3.31	Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς για περίπτωση ολίσθησης βραχοσφήνας	Σελ. 13
3.3.2	Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς για περίπτωση ολίσθησης σε μια επιφάνεια	Σελ. 13
3.4	Ευστάθεια των πρανών στη περιοχή μελέτης	Σελ. 14
3.4.1	Ανάλυση βραχοσφήνας με την μέθοδο του Talobre στη περιοχή μελέτης	Σελ. 24
3.5	Συμπεράσματα	Σελ. 36
	Παράρτημα	Σελ. 38
	Βιβλιογραφία	Σελ. 40

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και μεθοδολογία

Σκοπός της μελέτης είναι να διαπιστωθούν τυχόν αστοχίες που προέκυψαν στα πρανή του δρόμου μετά το πέρας των εργασιών κατασκευής του , λόγω δράσης τεκτονικών στοιχείων όπως ρήγματα, διακλάσεις, ρωγμώνσεις και σχιστότητα σε συνάρτηση με την διεύθυνση και την γωνία κλίσης του πρανούς. Πολλές φορές η χάραξη ενός δρόμου δεν μπορεί να είναι συμβατή με την μέγιστη επιθυμητή δυνατή ασφάλεια που θέλουμε ώστε να αποφύγουμε τις όποιες αστοχίες στα πρανή του . Έτσι υπάρχει ανάγκη συνεχούς παρατήρησης, εντοπισμού των αστοχιών και των αιτιών που τις προκάλεσαν καθώς και συντήρησης του δρόμου ώστε αυτός να παραμένει προσβάσιμος και σε καλή κατάσταση. Ανάλογα με την έκταση και το μέγεθος των αστοχιών προτείνονται μέτρα τα οποία θα αυξήσουν το συντελεστή ασφαλείας των πρανών ή θα ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις π.χ. από τυχόν κατολισθήσεις, αποτρέποντας το κλείσιμο του δρόμου.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην περίπτωση των βραχωδών πρανών στηρίζεται στην άμεση παρατήρηση , καταγραφή και μέτρηση όλων των τεκτονικών στοιχείων στην περιοχή μελέτης . Το βασικό εργαλείο μέτρησης είναι η γεωλογική πυξίδα. Με αυτήν μετράται η διεύθυνση και η γωνία κλίσης του πρανούς καθώς και όλων των τεκτονικών στοιχείων που μας ενδιαφέρουν. Στη συνέχεια τα δεδομένα τοποθετούνται κατά θέσεις στο στερεογραφικό δίκτυο schmidt όπου και ακολουθεί η ερμηνεία του αποτελέσματος. Η τοποθέτηση των τεκτονικών στοιχείων, της σχιστότητας αλλά και της επιφάνειας του πρανούς στο δίκτυο Schmidt μας δίνει μια εικόνα για τις σχέσεις μεταξύ των δεδομένων αυτών και πως αυτά επιδρούν στην ευστάθεια του πρανούς.

Η ανάλυση έγινε με την χρησιμοποίηση του τεστ *Markland* για τον εντοπισμό «ύποπτων» περιοχών όπου επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες ώστε να προκύψει αστοχία στο πρανές.

Η αξιολόγηση της βραχοσφήνας έγινε με την χρήση της μεθόδου του Talobre, με την οποία υπολογίστηκε και ο συντελεστής ασφαλείας του πρανούς.

Οι παραπάνω εργασίες, όσο αναφορά την απεικόνιση των στοιχείων που συλλέχθηκαν στο ύπαιθρο, έγιναν με την χρησιμοποίηση των προγραμμάτων stereonet και coreldraw 10. Η επεξήγηση των μεθόδων που ακολουθήθηκαν γίνεται παρακάτω.

1.2 Γεωγραφική θέση και γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής

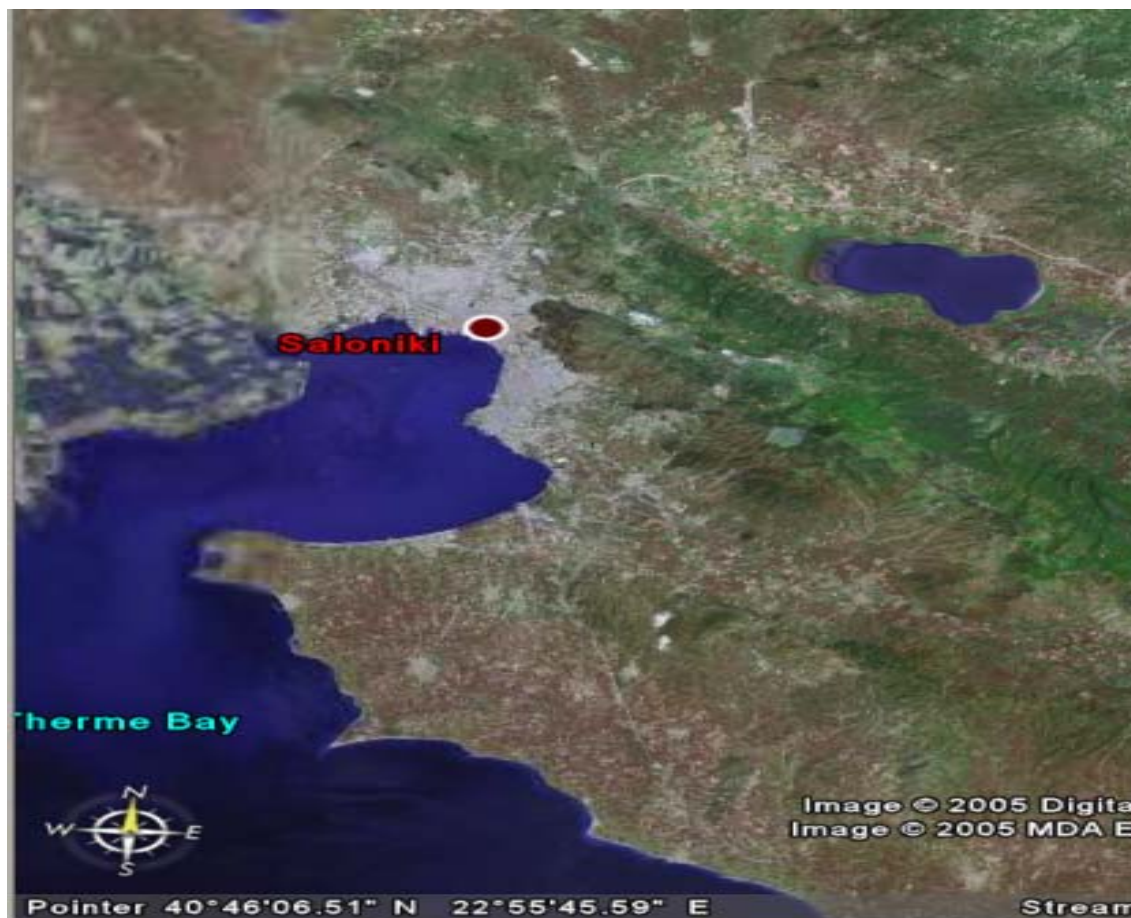
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στις παρυφές της λεκάνης της Μυγδονίας έξω από την Θεσσαλονίκη (εικ. 1)



Εικ.1. Γεωγραφική θέση της λεκάνης της Μυγδονίας (πηγή, googleearth.com)

Η λεκάνη της Μυγδονίας ακολουθεί την διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ. Το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης είναι σχετικά απότομο. Το μέγιστο υψόμετρο στην περιοχή μελέτης είναι 496μ. και το ελάχιστο 180μ. Ο δρόμος κόβει τις ισοϋψείς και έχει διεύθυνση κλίσης ΝΝΔ-ΒΒΔ προς την κατεύθυνση της λίμνης Αγίου Βασιλείου. Η κλίση του δρόμου μέχρι και τα πρώτα 500μ. είναι αρκετά μεγάλη και κυμαίνεται από 15⁰ έως 10⁰ ενώ στο δεύτερο κομμάτι της διαδρομής οι κλίσεις γίνονται αισθητά μικρότερες κυμαινόμενες από 9⁰ έως 7⁰. Γενικά παρατηρούμε ότι η κλίση του οδοστρώματος μειώνεται προοδευτικά καθώς κινούμαστε κατά μήκος της διαδρομής από τα υψηλότερα προς τα χαμηλότερα υψόμετρα. Όσο κινούμαστε προς χαμηλότερα υψόμετρα το ανάγλυφο εξομαλύνεται και το ύψος των πρανών μειώνεται. Περίπου στα 1000μ. από την αρχή της διαδρομής και μέχρι τα όρια του χωριού Άγιος Βασίλειος το ύψος των πρανών σχεδόν μηδενίζεται ή είναι πολύ χαμηλό. Δεν

παρατηρείται οικιστική ανάπτυξη κατά μήκος της διαδρομής παρά μόνο κοντά στην λίμνη όπου και υπάρχει το χωριό Άγιος Βασίλειος.

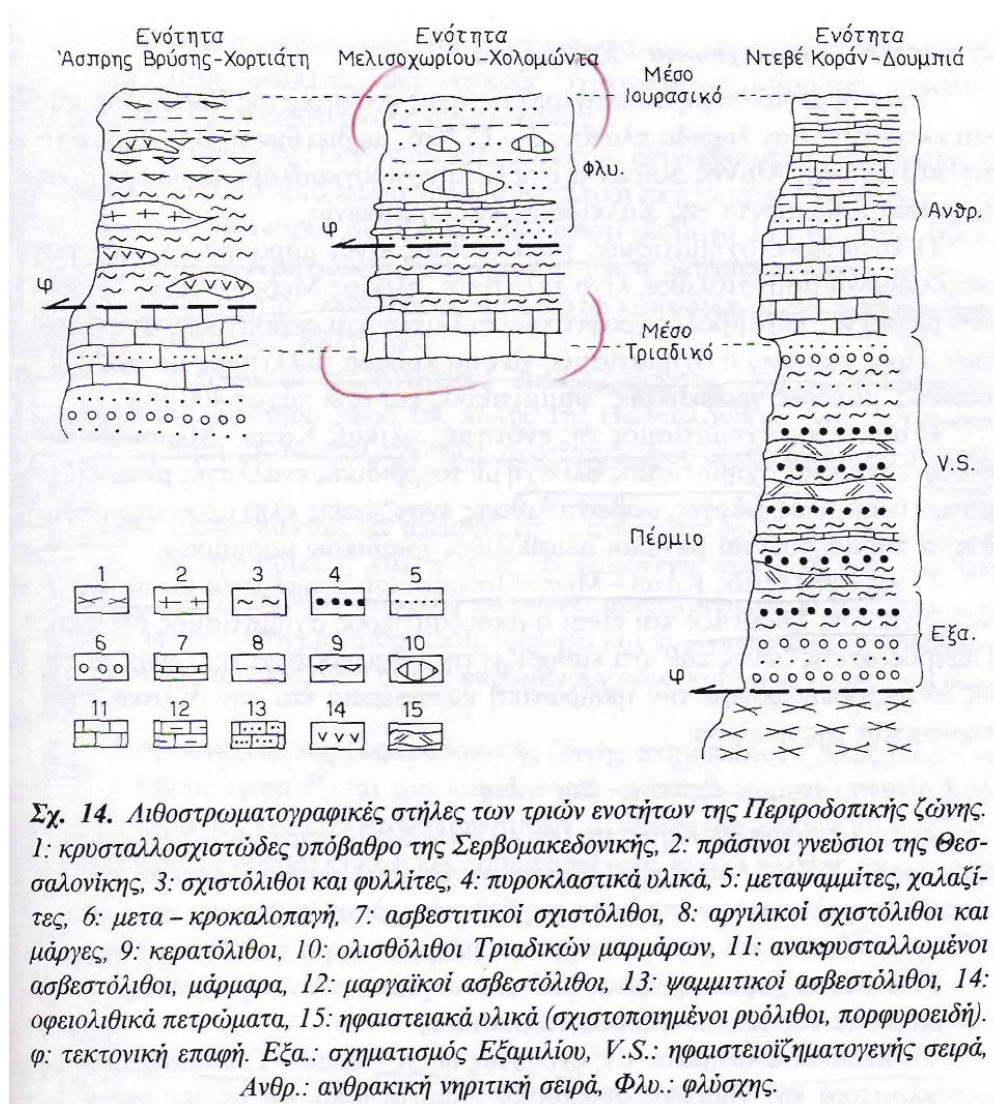


Εικ.1.2 Θέση της λίμνης Κορώνειας (Αγίου Βασιλείου) ως προς την πόλη της Θεσσαλονίκης (πηγή, googleearth.com)

2.Γεωλογία της ευρύτερης περιοχή

Η περιοχή μελέτης ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη της Περιοδοπικής και συγκεκριμένα στην ενότητα Μελισοχωρίου-Χολομώντα. Η Περιοδοπική ζώνη είναι η πιο εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων και συγκεκριμένα παλαιογεωγραφικά αποτελεί για τους γεωλόγους την ηπειρωτική κατωφέρεια της Σερβομακεδονικής και γενικότερα της ελληνικής ενδοχώρας στην διάρκεια του Ιουρασικού, η οποία κατέληγε σε μια βαθιά αύλακα, περιφερειακή της βαθιάς θάλασσας. Η Περιοδοπική εκτείνεται ως ζώνη πλάτους 10-20 , με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ στη δυτική πλευρά της Σερβομακεδονικής. Από τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα η ζώνη προεκτείνεται προς τα ΝΑ στη Λίμνη Λαγκαδά, στον κορμό της Χαλκιδικής και στη χερσόνησο της Σιθωνίας όπου κάμπτεται προς τα ΒΑ και με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ περνάει από την άκρη της χερσονήσου του Άθω και προεκτείνεται υποθαλάσσια προς το νησί της

Σαμοθράκης και την περιοχή της Αλεξανδρούπολης-Εβρου. Αποτελείται από τρεις ενότητες που από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά είναι οι εξής: α) Ντεβέν Κοράν-Δουμπιά, β) Μελισσοχωρίου-Χολομώντα και γ) Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη.(σχ.2.1)



Σχ 2.1. Στρωματογραφικές στήλες των τριών ενοτήτων της Περιοδοπικής (κατά Μουτράκη, Γεωλογία της Ελλάδος, 1985)

Η ενότητα **Μελισσοχωρίου-Χολομώντα** εκτείνεται σαν λωρίδα πλάτους 5-15 Km με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, από την περιοχή της λίμνης Δοϊράνης στα Ελληνογιογυγκοσλαβικά σύνορα προς το βουνό Χολομώντα της Χαλκιδικής και τη Σιθωνία.

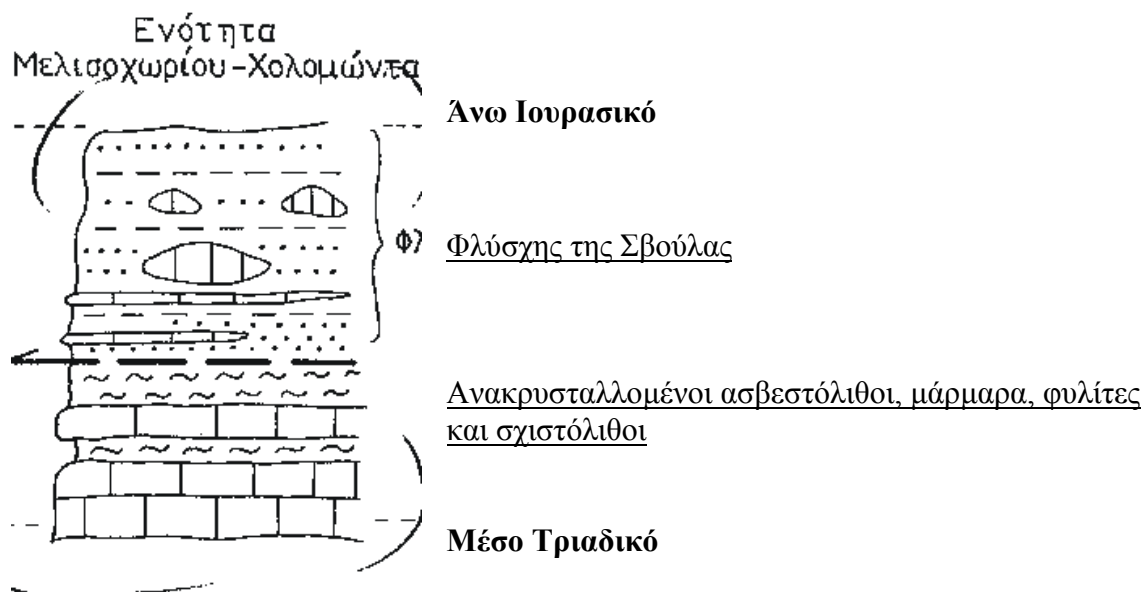
Η ενότητα χαρακτηρίζεται από μια ευγεωσυγκλινική ανάπτυξη κατά την διάρκεια του Κάτω-Μέσου Ιουρασικού.

Η στρωματογραφία της ενότητας από τον χαμηλότερο προς τον ανώτερο ορίζοντα έχει ως εξής.

- **Κατώτερος ορίζοντας** :Περιέχει μάρμαρα και ανακρυσταλλομένους ασβεστολίθους, λίγο πελαγικούς, ηλίκιας Μέσου-Ανω Τριαδικού με συχνές παρεμβολές γραφιτικών φυλλιτών και σερικιτικών σχιστόλιθων. Προς επάνω ο σχηματισμός γίνεται καθαρά φυλλιτικός με φυλλίτες κοινούς, μαύρους, γραφιτικούς ψαμμιτικούς και έχει πάχος 400μ.

- **Ανώτερος σχηματισμός** : Είναι ένας σχηματισμός φλύσχη ηλικίας Κάτω-Μέσου Ιουρασικού, με τουρβιδιτικές εναλλαγές μετα-ιζημάτων(ψαμμίτες, μάργες, ασβεστολιθικές ενστρώσεις κ.λ.π.) μέσα στα οποία συχνά παρατηρούνται μεγάλοι ολισθόλιθοι τουρβιδιτικών ρευμάτων.

Ο φλύσχη αυτός αναφέρεται ως «*Φλύσχη της Σβούλας*» και είναι ο σπουδαιότερος σχηματισμός της Περιοδοπικής ζώνης για ιδιαιτερότητα της ζώνης αυτής ως αντιπροσωπεύουσα την ηπειρωτική κατωφέρεια και την αύλακα στην περιφέρεια της ηπείρου (Σχ.2.2)



Σχ. 2.2 *Στρωματογραφική στήλη Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη*(κατά Μουτράκη, Γεωλογία της Ελλάδος, 1985)

3.Ευστάθεια των πρανών

3.1 Τύποι διαρρήξεων

Διαφορετικοί τύποι διαρρήξεων πρανών συνδέονται με διαφορετικούς τύπους γεωλογικών δομών και είναι σημαντικό ο σχεδιαστής των πρανών να είναι σε θέση να

αναγνωρίζει τα πιθανά προβλήματα ευστάθειας στα αρχικά στάδια μιας μελέτης. Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι διάρρηξης (σχ.3.1.1)

1. Κυκλικός αποχωρισμός

Όταν η βραχομάζα καθίσταται εξαιρετικά ασθενής λόγω έντονου κατακερματισμού της, τότε συμπεριφέρεται σαν εδαφικό υλικό και προκύπτει κυκλική επιφάνεια στο πρανές, η οποία επιτρέπει την ολίσθηση του υπερκείμενου τμήματος της αποσαθρωμένης βραχομάζας.

2. Αποχωρισμός σε ένα επίπεδο

Στην περίπτωση αυτή θα προκύψει ολίσθηση όταν η επιφάνεια έχει διεύθυνση κλίσης παράλληλη ή σχεδόν παράλληλη με την αντίστοιχη του πρανούς ενώ η γωνία κλίσης της επιφάνειας είναι μικρότερη από αυτή του πρανούς.

Στην περίπτωση που η διεύθυνση κλίσης της επιφάνειας σχηματίζει γωνία με αυτή του πρανούς τότε θα προκύψει ολίσθηση στην τομή των δύο επιφανειών. Αν η διεύθυνση κλίσης της επιφάνειας είναι αντίθετη με αυτή του πρανούς, τότε δεν υπάρχει περίπτωση να προκύψει αστοχία λόγω αυτής της επιφάνειας.

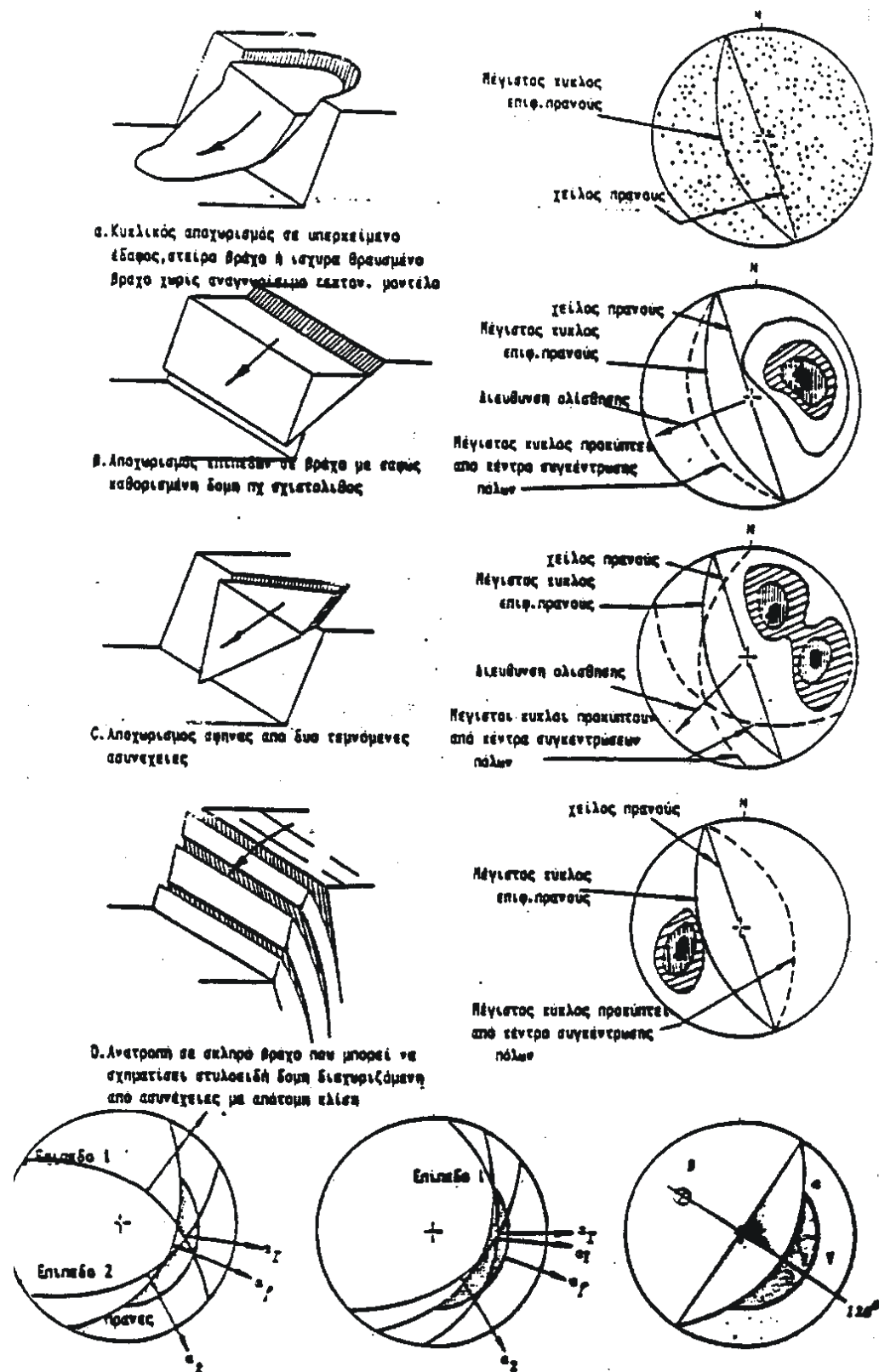
3. Αποχωρισμός σφήνας

Στην περίπτωση αυτή, δύο επίπεδα ασυνέχειας τέμνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προκύψει ολίσθηση κατά μήκος της γραμμής που ορίζεται από την τομή των δύο επιφανειών α-συνεχειών, η οποία έχει μικρότερη γωνία κλίσης από αυτή του πρανούς και η γραμμή αυτή κλίνει προς το πρανές. Πάνω σε αυτό το σκεπτικό βασίστηκε και το test Markland που θα αναλυθεί παρακάτω.

4. Ανατροπή

Ανατροπή προκύπτει όταν στην βραχομάζα υπάρχουν ασυνέχειες με μεγάλη γωνία κλίσης που είναι αντίθετη προς αυτή του πρανούς.

Τα διαγράμματα του σχήματος 3.1.1 έχουν επίτυδες απλοποιηθεί. Σε ένα πραγματικό βραχώδες πρανές μπορεί να είναι παρόντες διαφορετικοί συνδυασμοί γεωλογικών δομών και αυτό μπορεί να ενεργοποιήσει πρόσθετους μηχανισμούς διάρρηξης. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός α-συνεχειών που μπορούν να οδηγήσουν σε ανατροπή των τεμαχών μαζί με επίπεδα πάνω στα οποία μπορεί να προκύψει ολίσθηση σφήνας, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε τελική ολίσθηση σφήνας, η οποία διαχωρίζεται από την βραχομάζα με μια ρωγμή έκτασης.



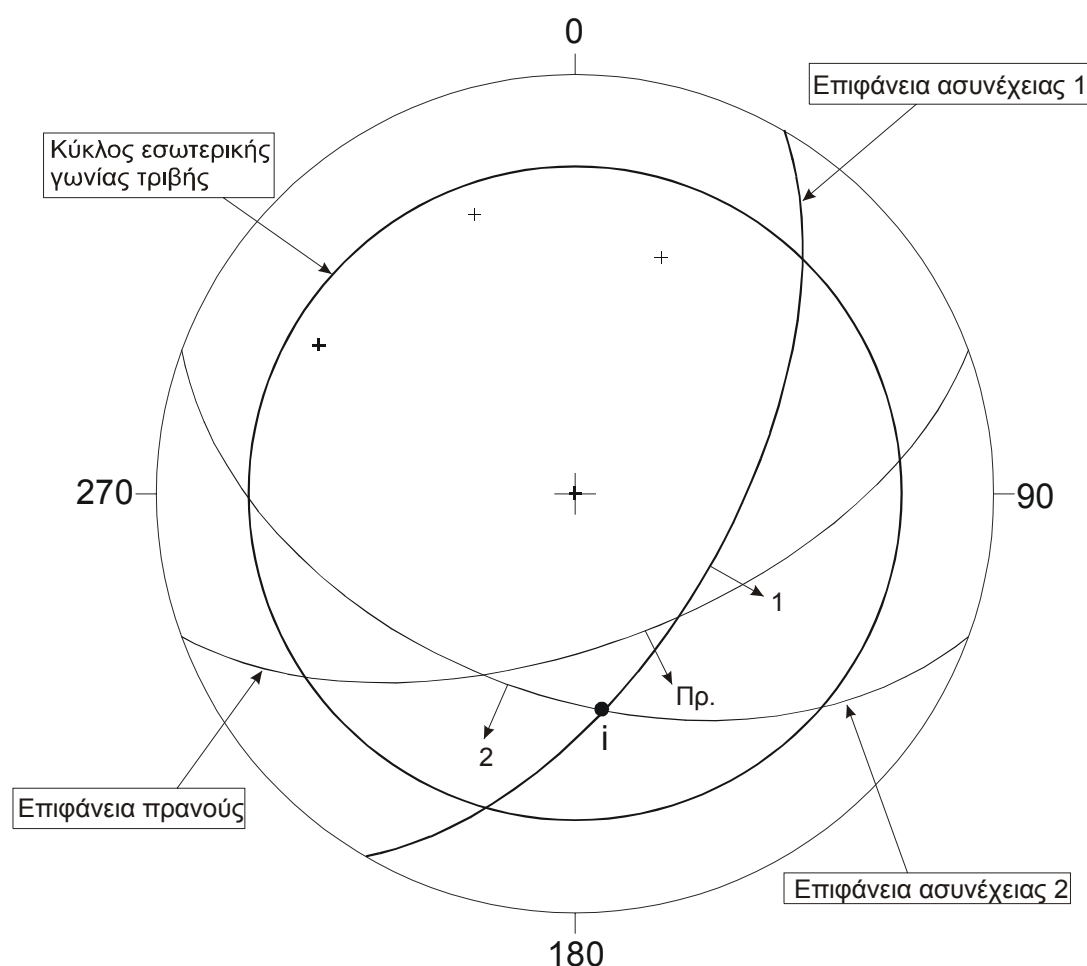
Σχ.3.1.1 Κόριοι τύποι αποχωρισμού πρανών και στερεοδιαγράμματα τεκτονικών δομών που συνήθως δίνουν την γένεση σε αυτούς (κατά Δημόπουλο, Ασκήσεις Τεχνικής Γεωλογίας και υποδείγματα σύνταξης γεωλογικών μελετών 1998-99)

3.2 Test Markland

To test Markland

➤ *Το test Markland σχεδιάστηκε για να καθορίζει την πιθανότητα μιας διάρρηξη σφήνας κατά την οποία προκύπτει ολίσθηση κατά μήκος της γραμμής τομής των δύο επιπέδων α-συνεχειών .*

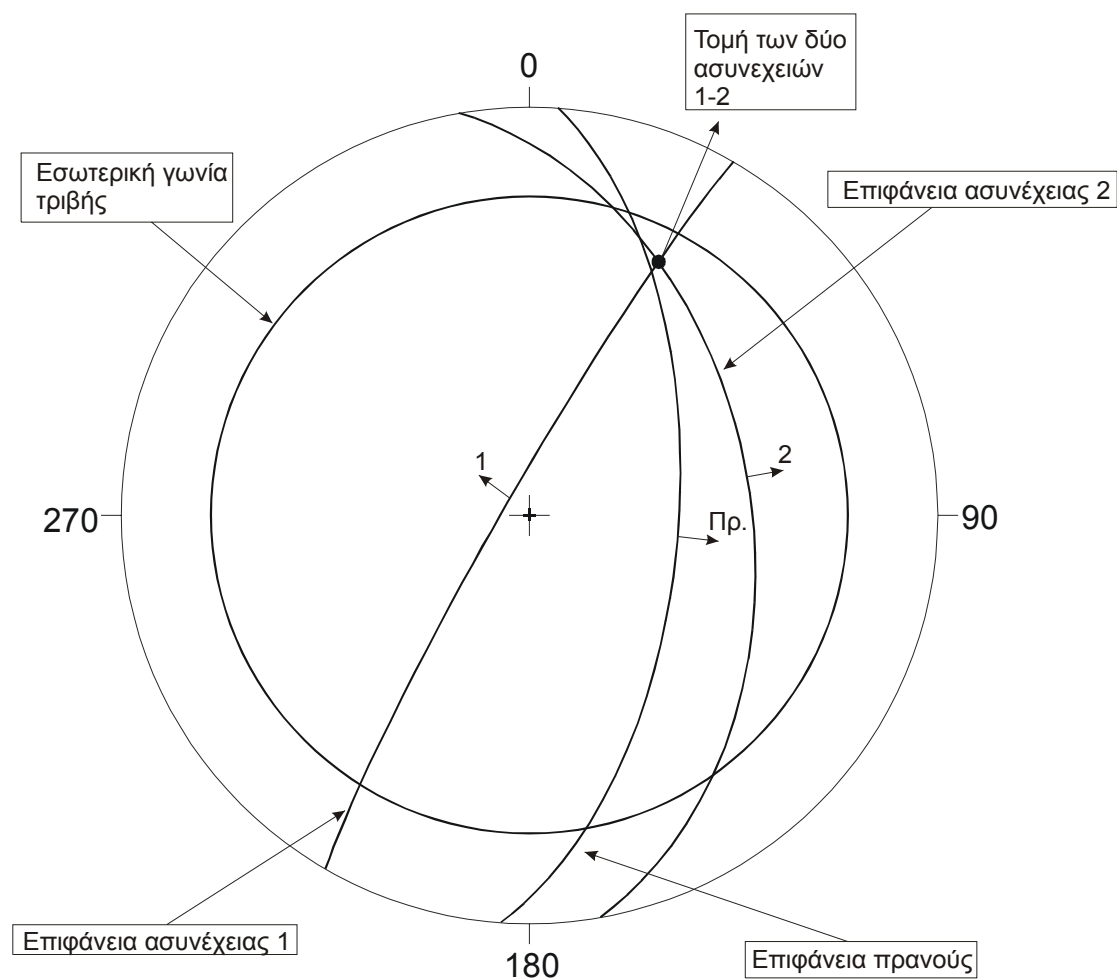
Όπως φαίνεται και στο σχήμα, όταν δύο επιφάνειες α-συνεχειών 1 και 2 τέμνονται και το σημείο τομής τους πέφτει μπροστά από το μέτωπο του πρανούς, εντός της περιοχής που ορίζεται από αυτό και το κύκλο της εσωτερικής γωνίας τριβής, τότε υπάρχουν σοβαρές πιθανότητες να προκύψει ολίσθηση βραχοσφήνας η οποία σχηματίζεται από τις δύο αυτές ασυνέχειες και την επιφάνεια του πρανούς.



Σχ.3.2.1 Απεικόνιση τεκτονικών α-συνεχειών και της επιφάνειας του πρανούς στο δίκτυο schmidt όπου επαληθεύονται οι συνθήκες του τεστ Markland για ολίσθηση βραχοσφήνας

3.2.1 Βελτίωση Hockins

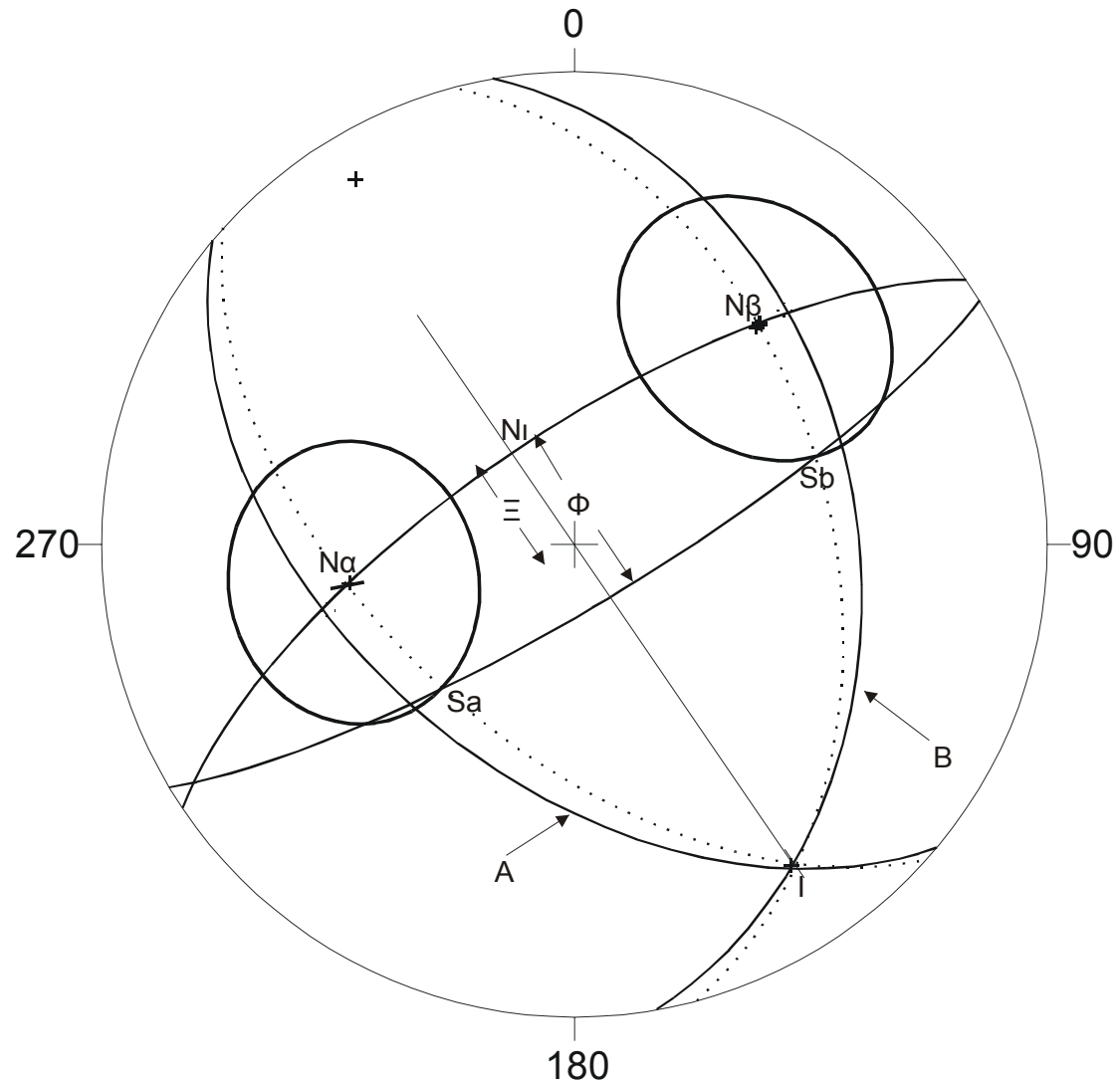
➤ Μια βελτίωση στο test Markland έχει προταθεί από τον Hocking. Αυτή η βελτίωση έχει εισαχθεί για να επιτρέπει στο χρήστη να κάνει τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην ολίσθηση μιας σφήνας κατά μήκος της γραμμής τομής και κατά μήκος του ενός εκ των δύο επιπέδων που σχηματίζουν τη βάση της σφήνας. Αν ικανοποιούνται οι συνθήκες του test Markland και αν η διεύθυνση κλίσης κάποιου από τα δύο επίπεδα πέφτει ανάμεσα στην διεύθυνση κλίσης της επιφάνειας του πρανούς και στην διεύθυνση της γραμμής τομής, τότε η ολίσθηση θα προκληθεί κατά μήκος αυτού του επιπέδου και όχι κατά μήκος της τομής αυτής (σχήμα.3.2.1.1)



Σχ.3.2.1.1 Εφαρμογή της βελτίωσης Hockins σε πρανές όπου ικανοποιούνται οι συνθήκες του τεστ Markland και φαίνεται να υπάρχει ολίσθηση σε ένα επίπεδο (ασυνέχεια 2)

3.3 Ανάλυση βραχοσφήνας και προσδιορισμός του συντελεστή ασφάλειας του πρανούς με την μέθοδο του Talobre.

Για τον προσδιορισμό της διεύθυνσης κινητικότητας της βραχομάζας χρησιμοποιείται η μέθοδος του κώνου τριβής του Talobre. Η μέθοδος αυτή δεν εξετάζει το διαφορετικό βαθμό ρωγμάτωσης και την πυκνότητα των κατατμήσεων των ξεχωριστών συστημάτων, έχει όμως το πλεονέκτημα μεγαλύτερης ευκολίας και ακρίβειας των υπολογισμών και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται συχνά με επιτυχία.



Σχ. 3.3.1 .Ανάλυση βραχοσφήνας με την μέθοδο Talobre

Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται και στο σχήμα, επιλέγοντας ένα ζεύγος τεκτονικών στοιχείων (π.χ A και B) τα οποία ,με την εφαρμογή του test Markland, αποδεικνύεται πως προκάλεσαν αστοχία στο πρανές, τοποθετούμε στο δίκτυο schmidt γύρω από τους πόλους των επιφανειών αυτών τον κώνο εσωτερικής γωνίας τριβής κάθε μιας επιφάνειας. Στην συνέχεια φέρουμε τους μέγιστους κύκλους που διέρχονται από το σημείο τομής των δύο επιφανειών I και τους αντίστοιχους πόλους των επιφανειών αυτών N_{α} και N_{β} . Στη συνέχεια, φέρουμε τον μέγιστο κύκλο που ενώνει τα σημεία

στα οποία οι παραπάνω επιφάνειες τέμνουν τους αντίστοιχους κύκλους εσωτερικής γωνίας τριβής των δύο τεκτονικών επιφανειών S_a και S_b .

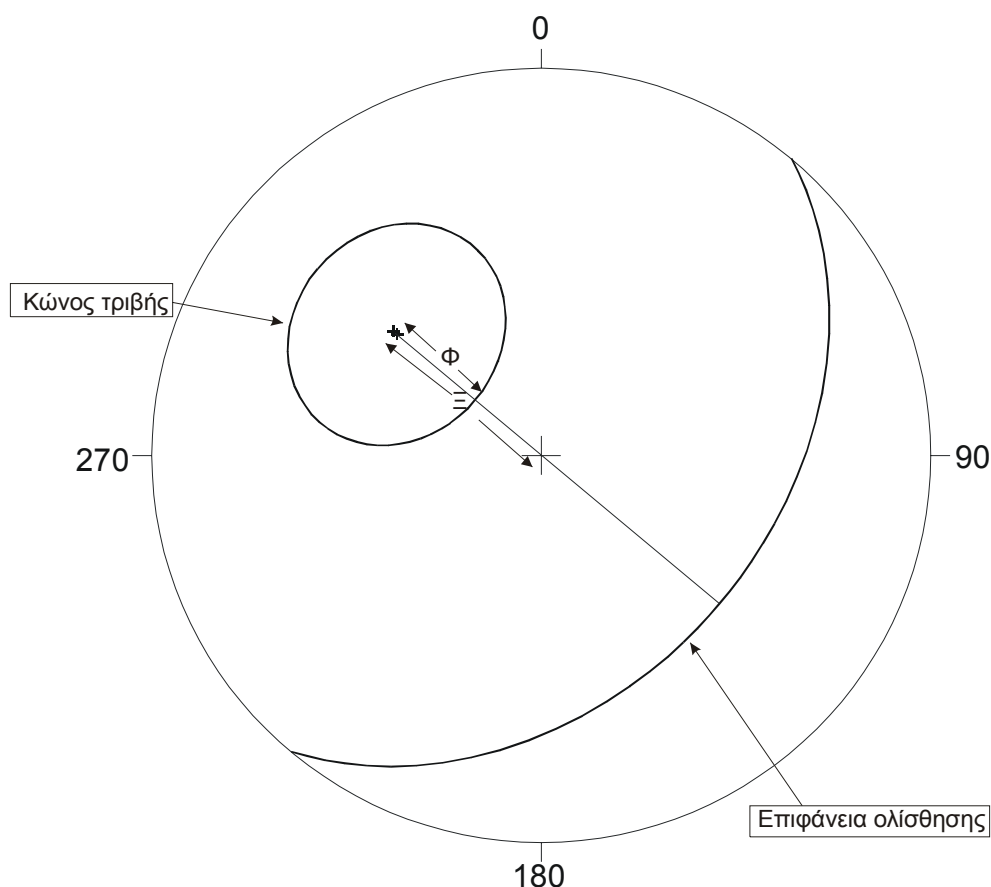
Τέλος τοποθετούμε τον μέγιστο κύκλο που ενώνει τους πόλους N_a και N_b .

3.3.1 Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς για περίπτωση ολίσθησης βραχοσφήνας

Η εύρεση του συντελεστή ασφάλειας του πρανούς προκύπτει από τον τύπο $F = \epsilon\phi\Phi / \epsilon\Phi\Xi$, όπου Φ η φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής και Ξ η γωνία του ευθύγραμμου τμήματος που σχηματίζεται από την τομή των δύο επιφανειών A και B . Οι δύο γωνίες Φ και Ξ μετρούνται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τα σημεία N_i και I (σχ.3.3.1)

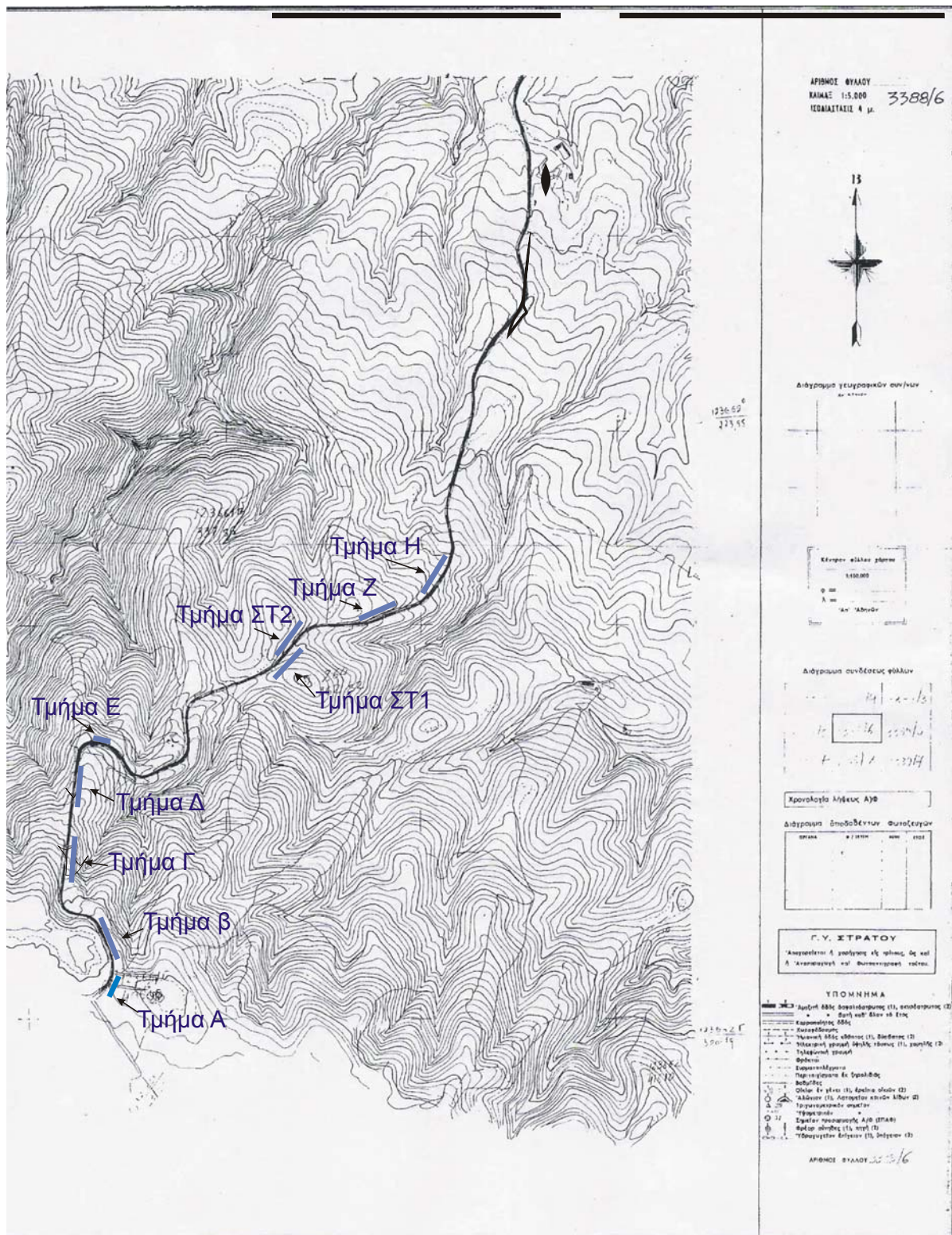
3.3.2 Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς για περίπτωση ολίσθησης ως προς μία επιφάνεια

Στην περίπτωση αυτή, όπως δείχνεται και στο σχήμα φέροντας την επιφάνεια ως προς την οποία υπάρχει ολίσθηση στο δίκτυο schmidt, σχηματίζουμε τον κώνο τριβής γύρω από τον πόλο της επιφάνειας και μετράμε τις γωνίες Φ και Ξ πάνω στην ευθεία αυτή.



Σχ.3.3.2.1 Ολίσθηση βραχοσφήνας ως προς μια επιφάνεια. Συντελεστής ασφάλειας $F = \epsilon\phi\Phi / \epsilon\Phi\Xi$

3.4 Ευστάθεια των πρανών στην περιοχή μελέτης



Χάρτης 3.4.1 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης (πηγή, Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 1970)

Στην περιοχή μελέτης εξετάστηκαν 9 περιπτώσεις πρανών τα οποία είτε εμφανίζουν αστοχίες είτε όχι. Τα ύψη στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από 2 έως 15μ. ενώ το μήκος είναι από 10μ. έως και τα 150μ. Ολόκληρη η διαδρομή μελέτης κόβει τον σχηματισμό του φλύσχη που είναι γνωστός και ως «φλύσχη της Σβούλας». Η γωνία εσωτερικής τριβής για τον φλύσχη είναι 23° .

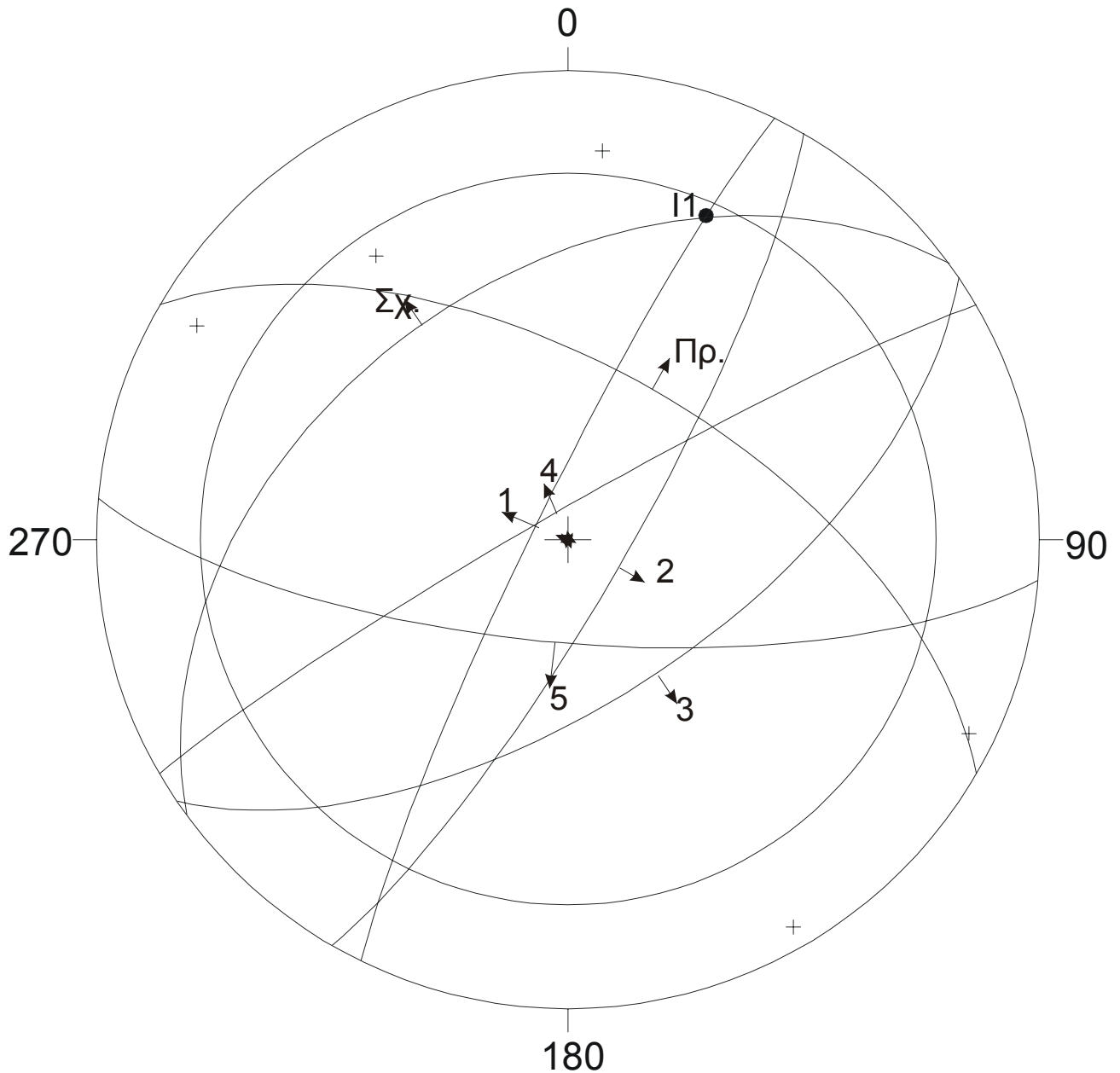


Εικ..3.4.1 Περιοχή μελέτης, δρόμος Αγίου Βασιλείου-Χορτιάτη(πηγή, googlearth.com)

Τμήμα Α

Το τμήμα Α είναι το πρώτο τμήμα του υπό μελέτη δρόμου Χορτιάτη-Αγίου Βασιλείου. Το ύψος του είναι περίπου 5μ. ενώ το μήκος του δεν ξεπερνά τα 25μ. Η

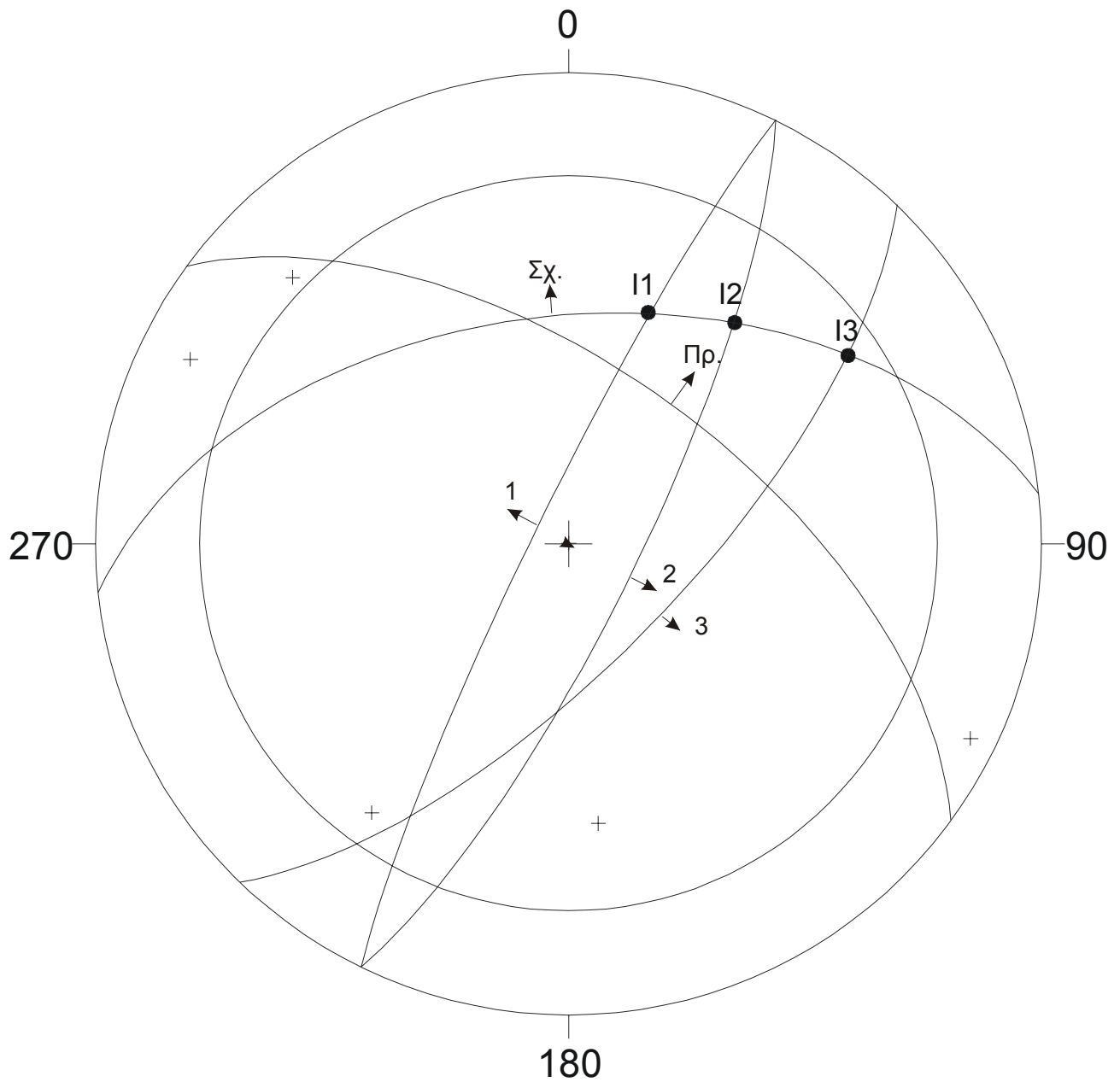
γενική διεύθυνση του πρανούς είναι $36^0/60^0$. Σύμφωνα με την προβολή των επιφανειών στο δίκτυο schmidt και την εφαρμογή του test Marckland, προκύπτει η περίπτωση πιθανής ολίσθησης βραχοσφήνας I1.



Τμήμα Β

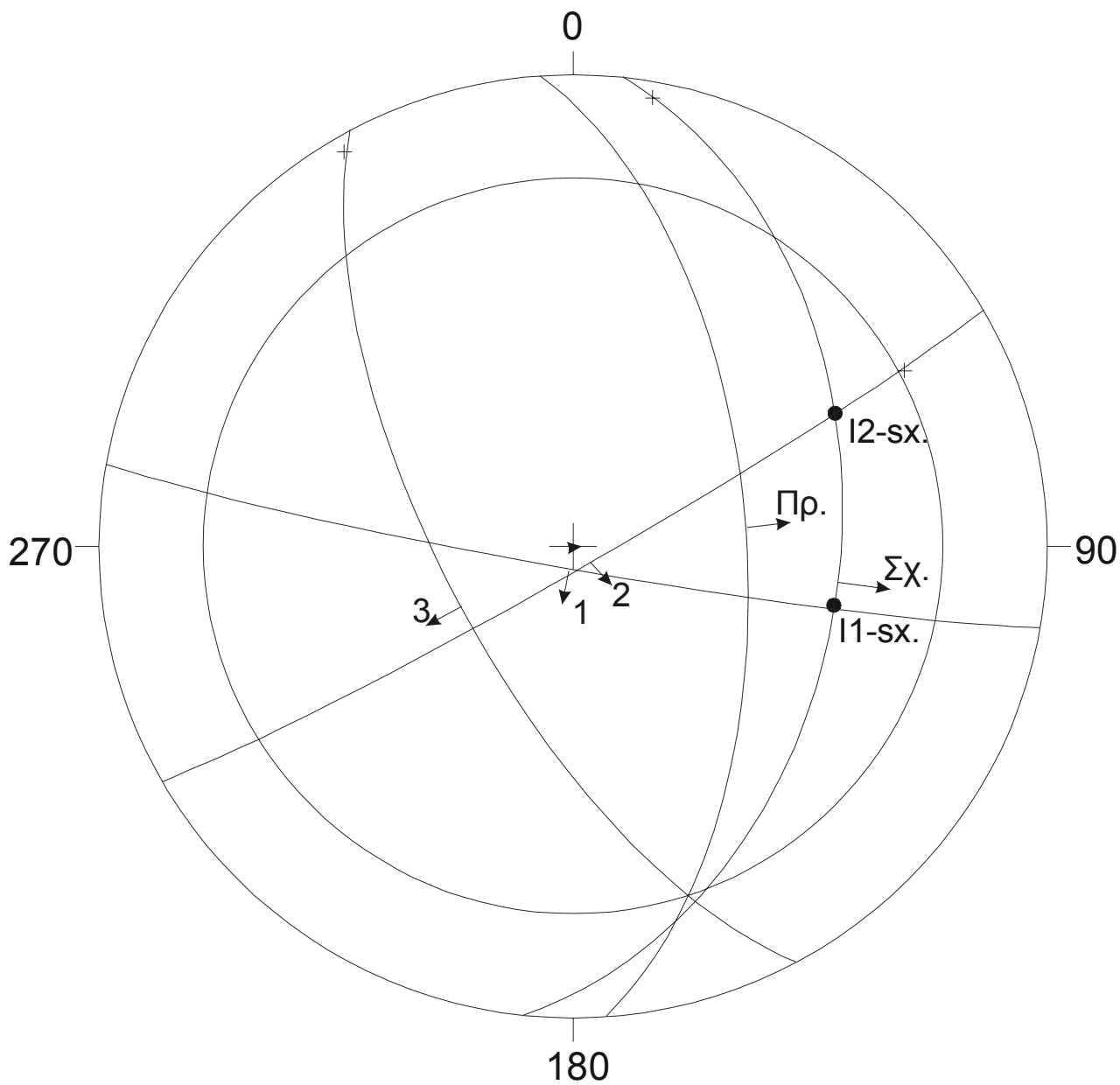
Το τμήμα Β βρίσκεται πάνω στην πρώτη στροφή που εμφανίζεται στον υπό μελέτη δρόμο, με ύψος πρανούς περίπου 6μ., μήκος 35μ. και στοιχεία $40^0/60^0$. Από την

εφαρμογή των παραπάνω υπάρχουν τρεις περιπτώσεις με σοβαρή πιθανότητα ολίσθησης βραχοσφήνας.



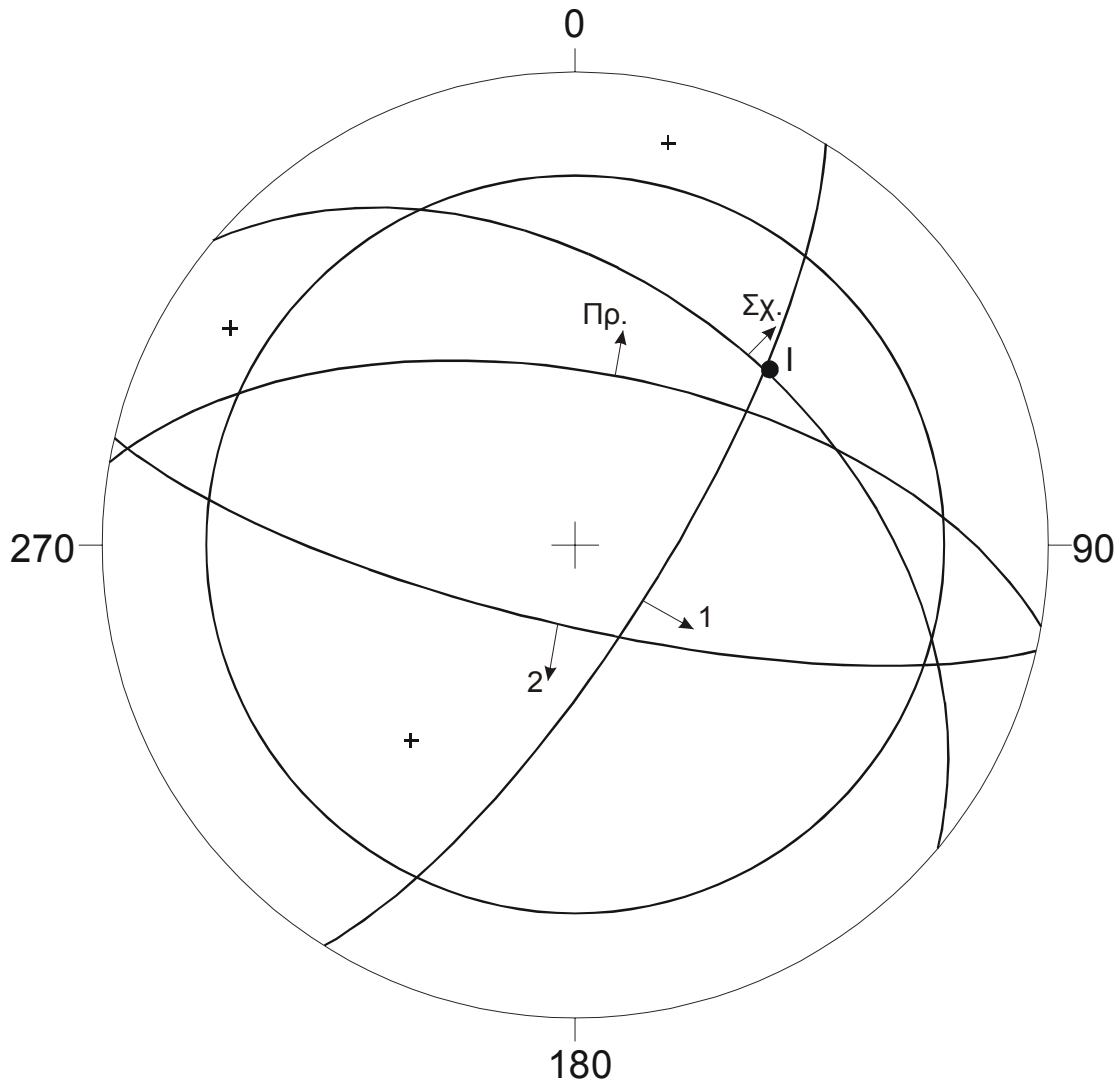
Τμήμα Δ

Το τμήμα Δ έχει ύψος 6μ. και μήκος 40μ. με μέση διεύθυνση 80 και γωνία κλίσης 60. Οι αντίστοιχες πιθανές περιοχές ολίσθησης βραχοσφήνας είναι οι I2-sx. και I1-sx.



Τμήμα Ε

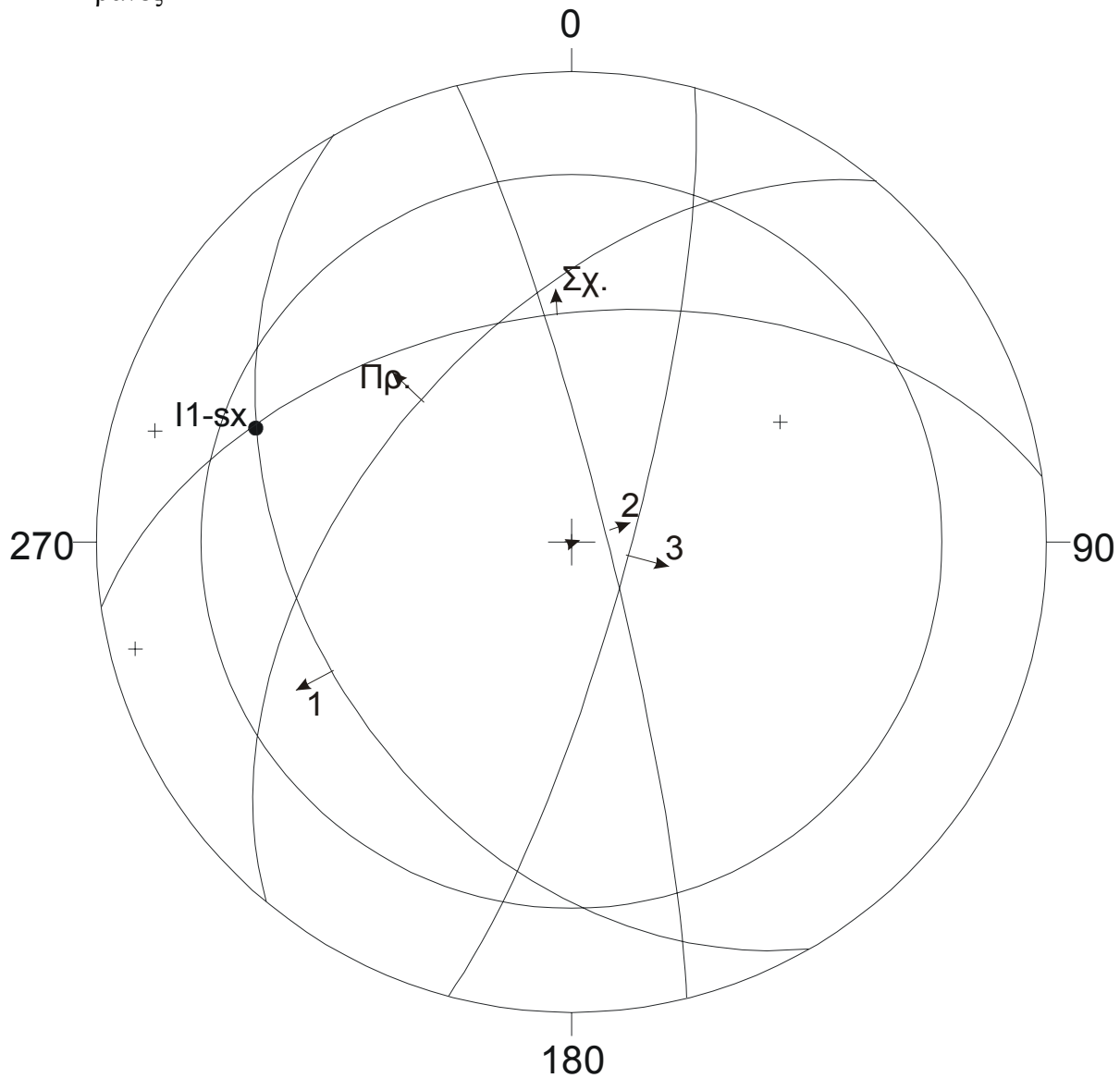
Το τμήμα Ε έχει μήκος 10μ. και ύψος 2μ. Τα στοιχεία του είναι $10^0/60^0$. Από την ανάλυση των στοιχείων προκύπτει ότι υπάρχει αστοχία στο πρανές με την μορφή της ολίσθησης βραχοσφήνας. Η βραχοσφήνα σχηματίζεται από τις επιφάνειες του πρανούς, την σχιστότητα και την διάκλαση 1.



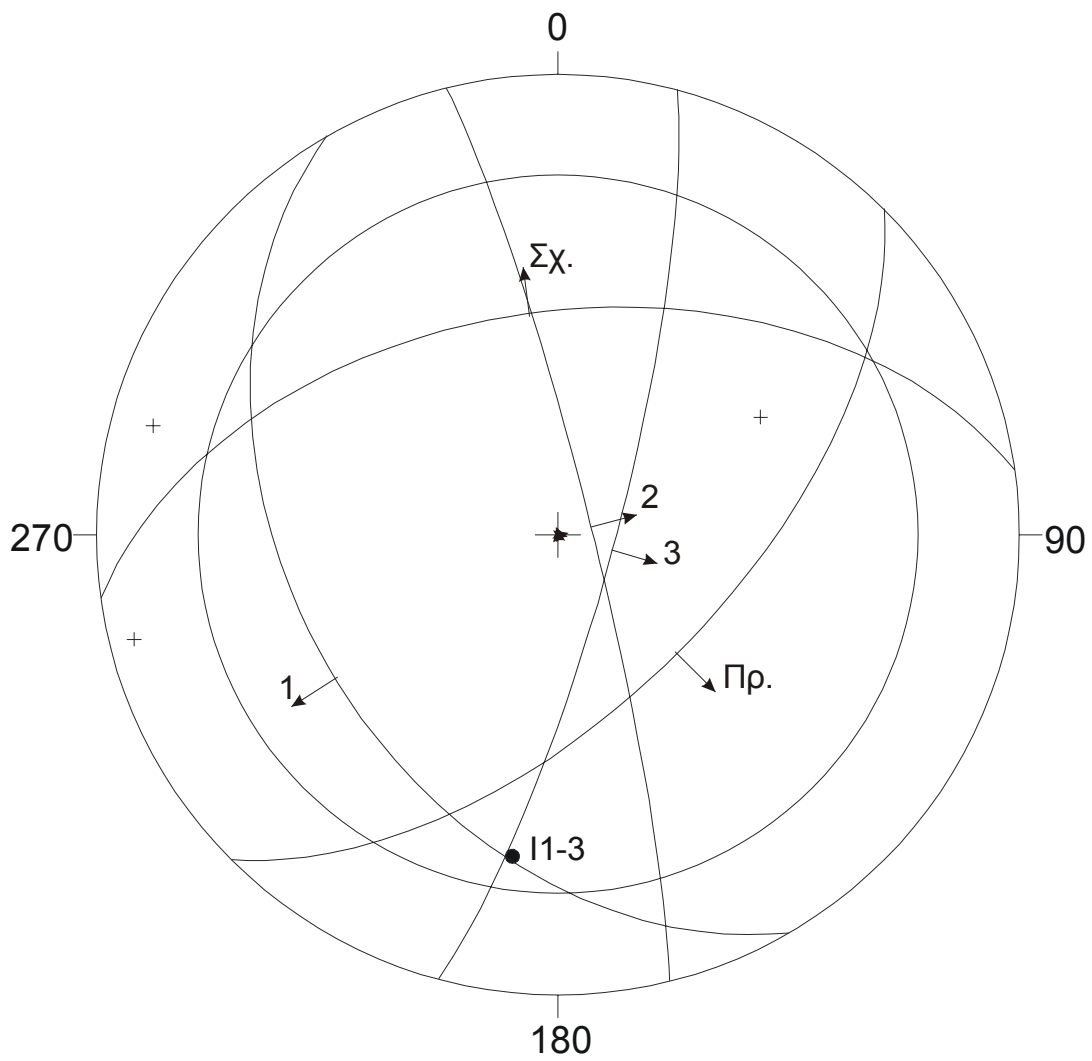
Τμήμα ΣΤ

Το τμήμα ΣΤ αποτελείται από δύο πρανή εκατέρωθεν του δρόμου. Το πρανές 1 με στοιχεία $310^{\circ}/55^{\circ}$, ύψος 10μ. και μήκος 4μ. και το πρανές δύο με στοιχεία $135^{\circ}/55^{\circ}$, μήκος 10μ. και ύψος 5μ.

Πρανές 1

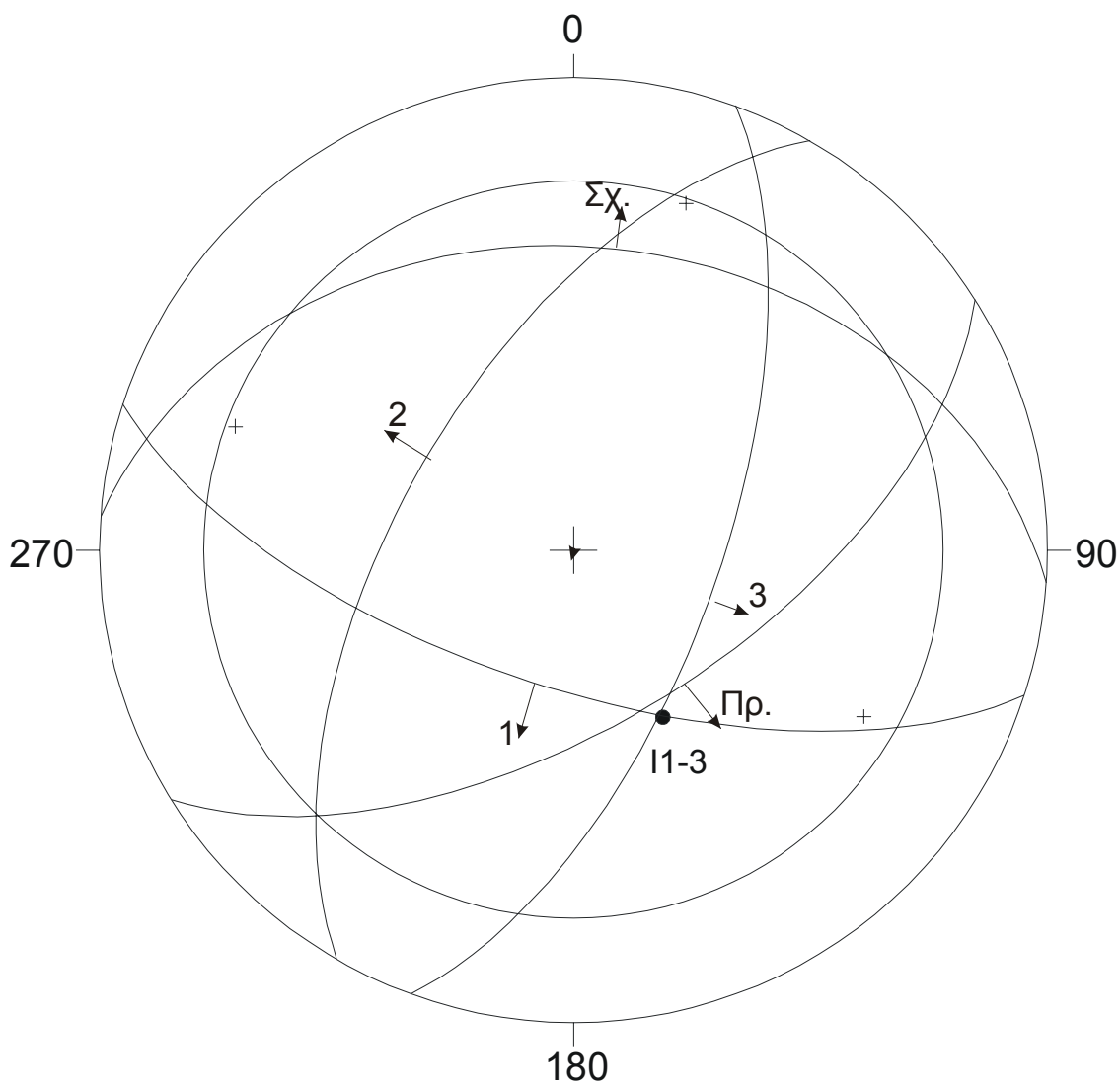


Πραγές 2



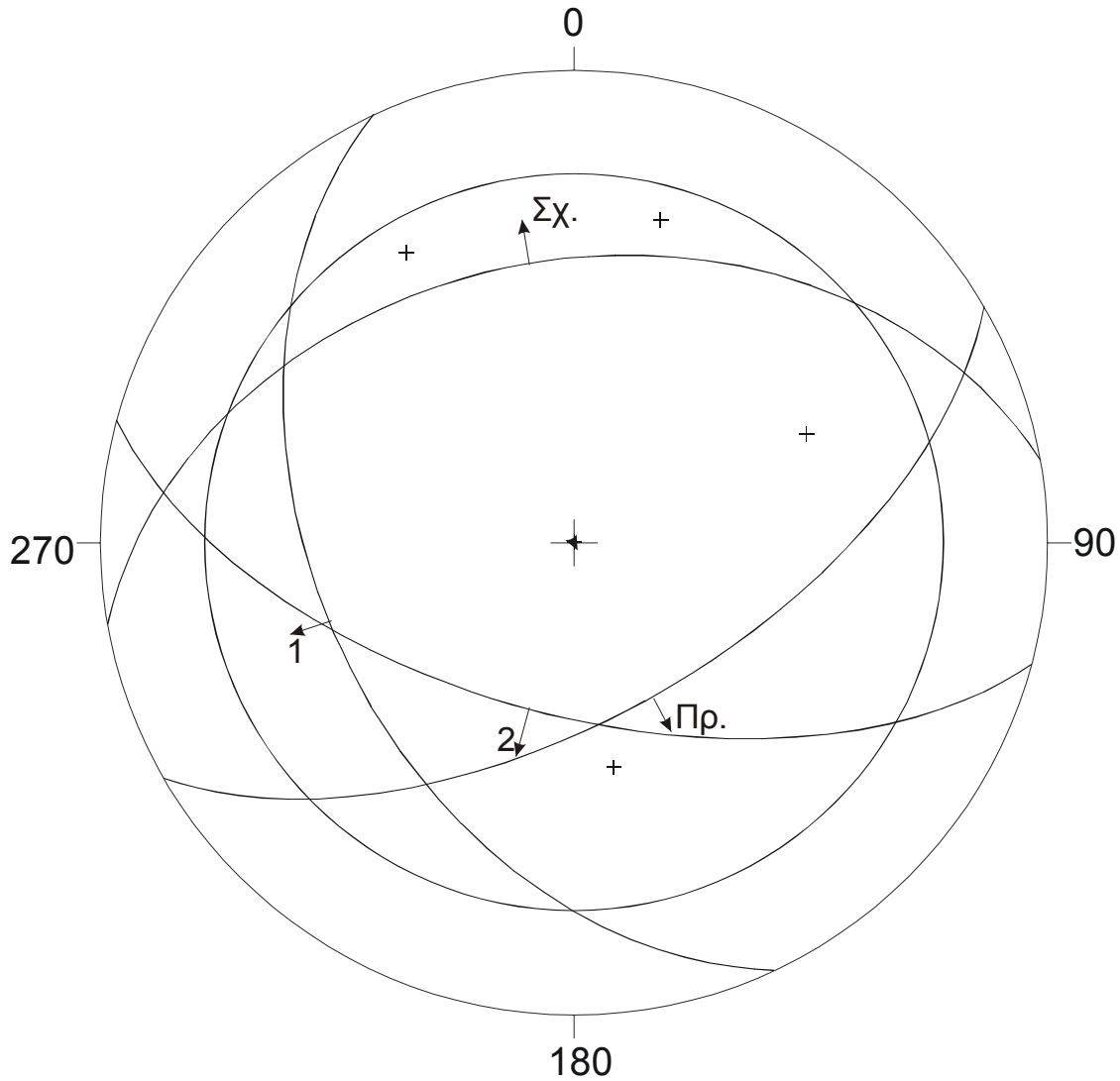
Τμήμα Z

Το πρανές στο τμήμα αυτό έχει διεύθυνση 148 και γωνία κλίσης 60. Το ύψος είναι περίπου 5μ. ενώ το μήκος 12μ. Το σημείο Ι1-3 έχει τις περισσότερες πιθανότητες να μας δώσει ολίσθηση βραχοσφήνας.



Τμήμα Η

Το πρηνές στο τμήμα αυτό του δρόμου με διεύθυνση κλίσης 150^0 και γωνία κλίσης 60^0 . Το ύψος 5μ. και μήκος 8μ. Από την απεικόνιση στο δίκτυο Schmidt δεν φαίνεται να προκύπτει πρόβλημα ευστάθειας.

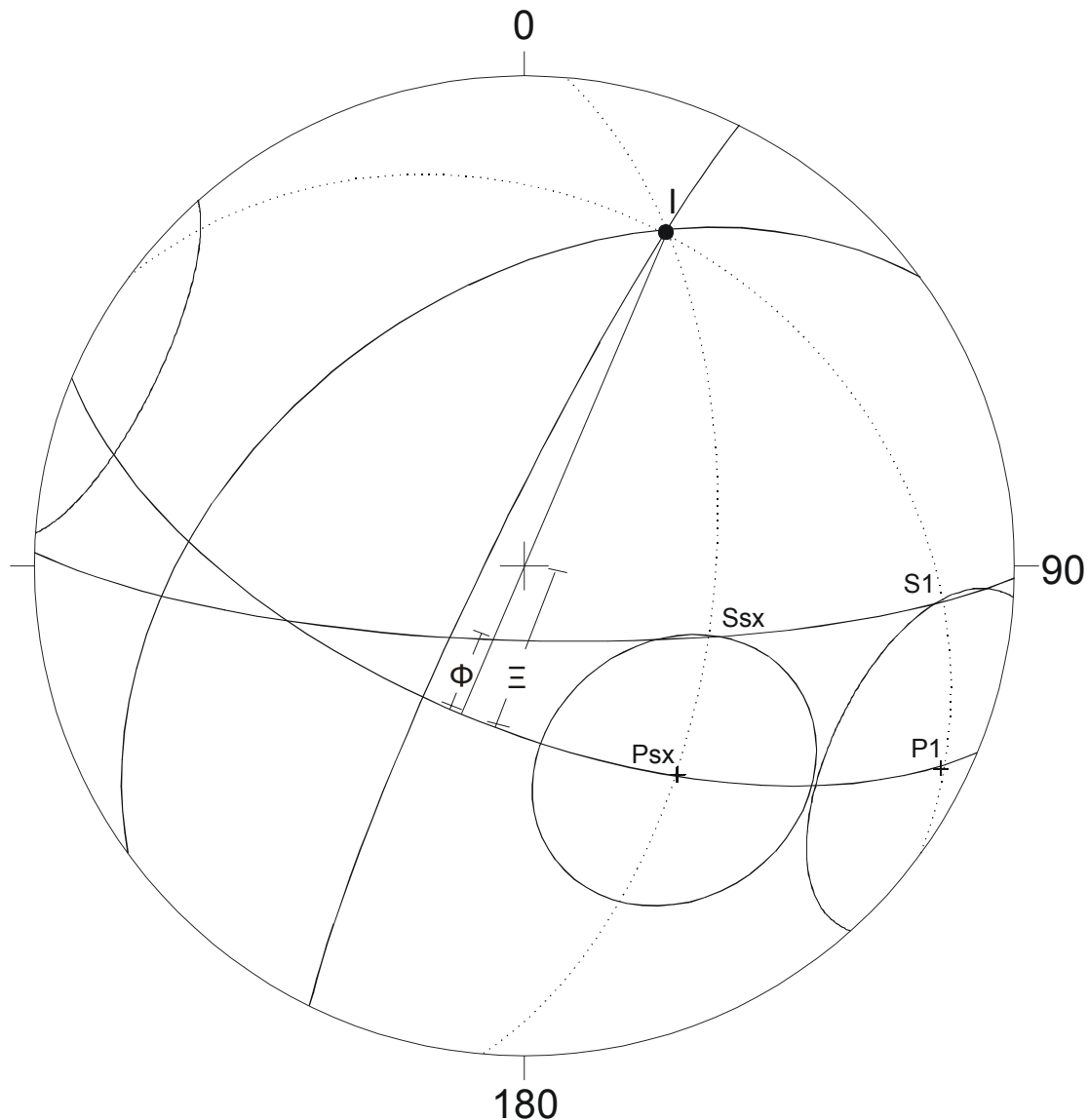


3.4.1 Ανάλυση βραχοσφήνας με την μέθοδο του Talobre στην περιοχή μελέτης

Στην παράγραφο αυτή θα γίνει ανάλυση των παραπάνω διαγραμμάτων με την μέθοδο του Talobre για να προκύψει η βεβαιότητα αν και κατά πόσο θα υπάρξει ολίσθηση βραχοσφήνας σε ένα από τα παραπάνω πρηνή καθώς και η εύρεση του συντελεστή ασφάλειας.

Τμήμα Α

Στο τμήμα Α στην εφαρμογή της μεθόδου για την περίπτωση ΙΙ έχουμε

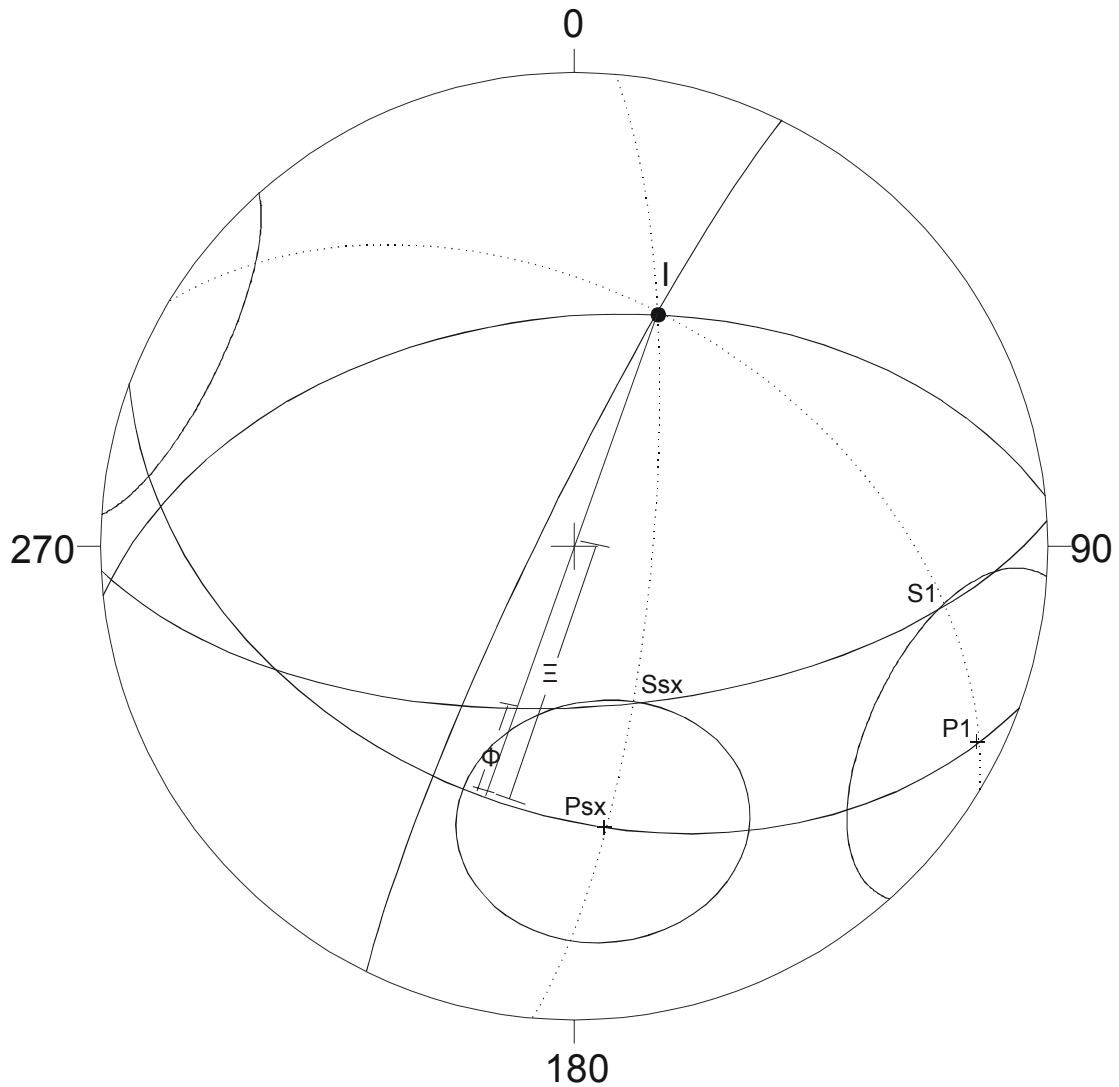


Για την παραπάνω βραχοσφήνα αξιολογήθηκαν και προέκυψαν οι παρακάτω τιμές

Συντελεστής ασφάλειας	$F=0.48$
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=13.7^{\circ}$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών	$\xi=27^{\circ}$

Τμήμα Β

Εφαρμόζοντας την μέθοδο για το σημείο ΙΙ προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα και τα παρακάτω αποτελέσματα



Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς $F = 0.28$

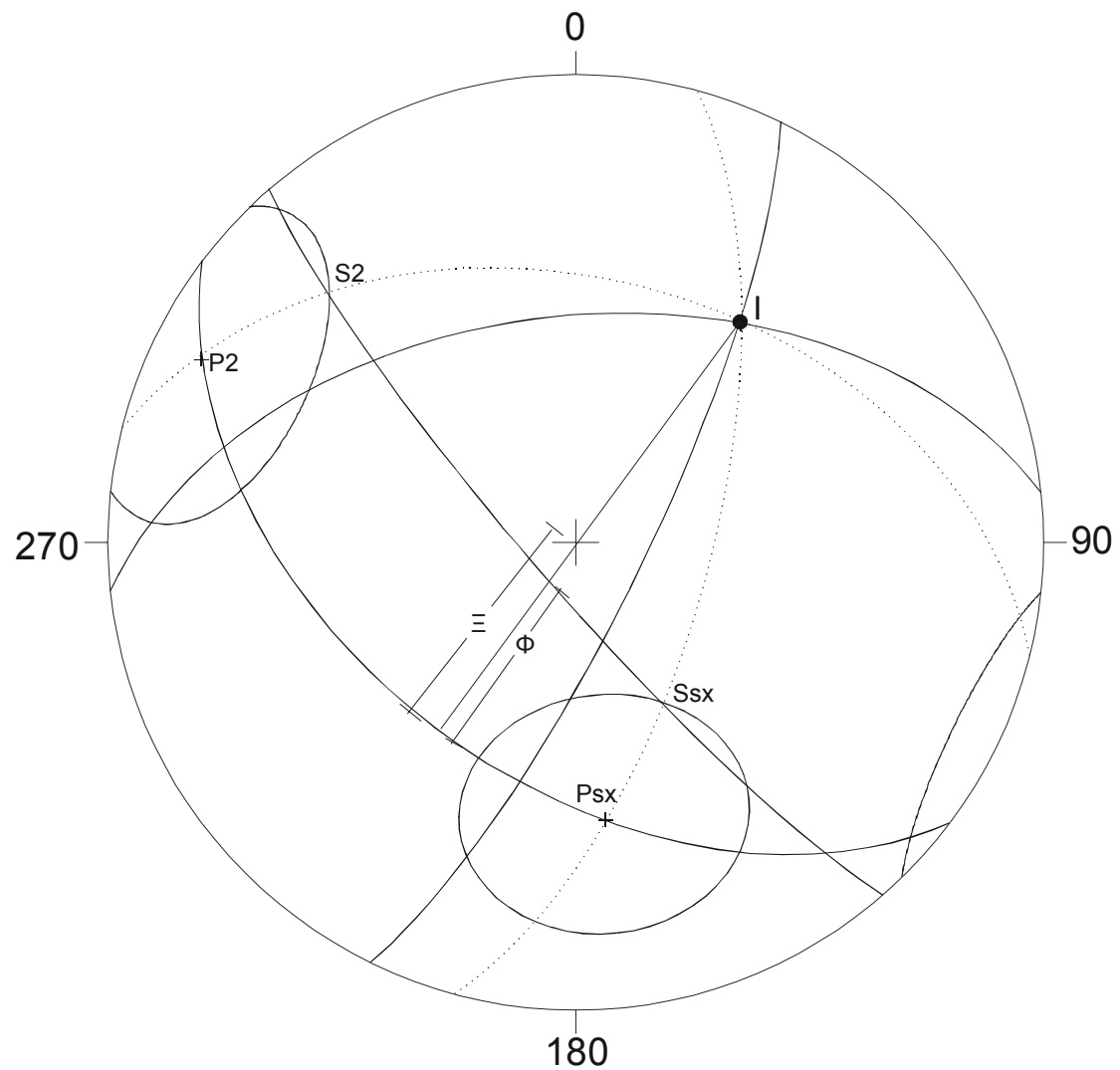
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής $\Phi = 17^\circ$

Γωνία κλίσης της τομής των

δύο ασυνεχειών

$\xi = 48^\circ$

Αντίστοιχα στην περίπτωση I2 έχουμε



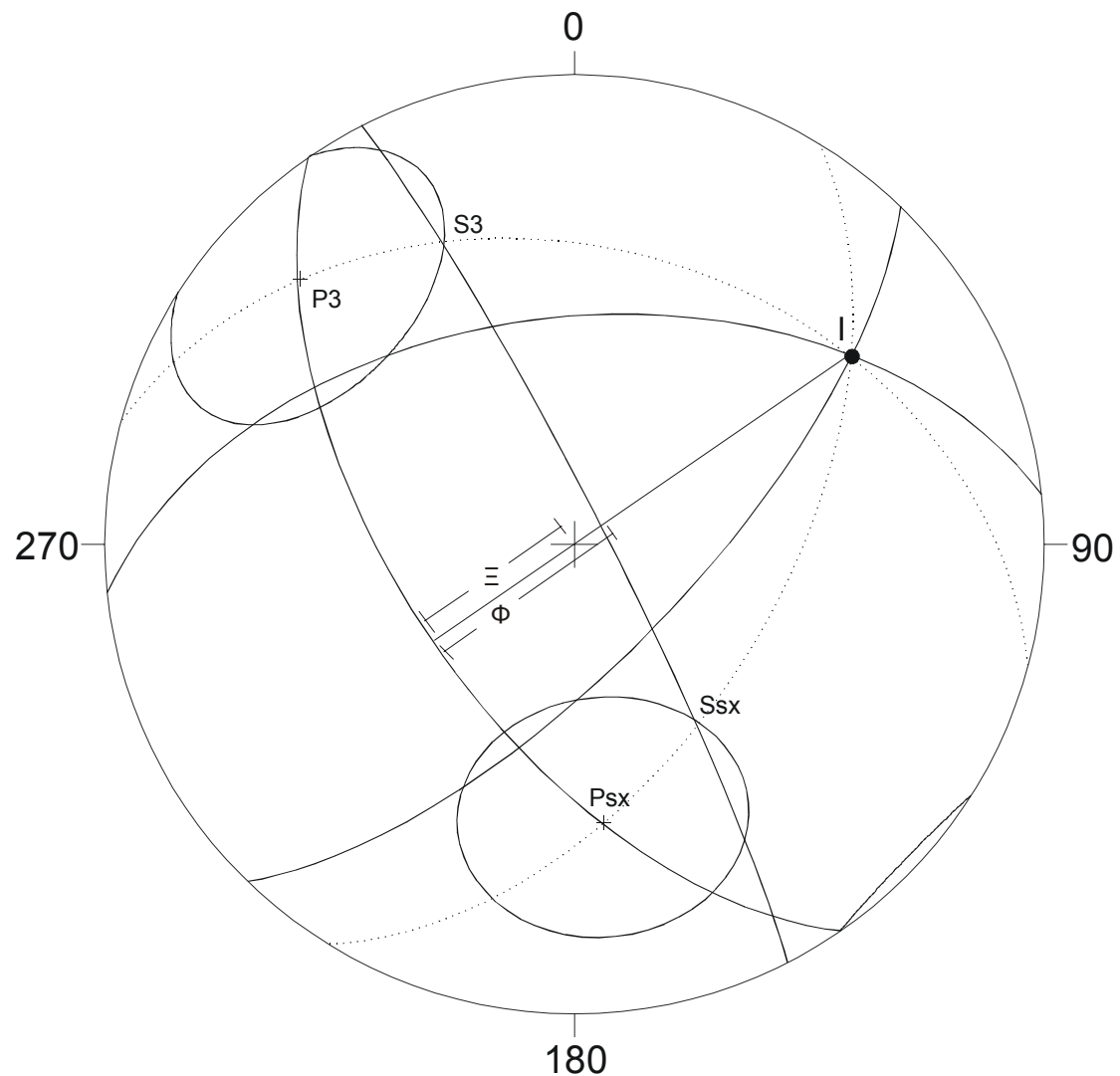
Συντελεστής ασφάλειας $F = 0.732$

Φαινόμενη γωνία εσωτερικής $\Phi = 32.5^\circ$

Γωνία κλίσης της τομής

των δύο επιφανειών $\xi = 41^\circ$

Ομοίως για το I3



Συντελεστής ασφάλειας	$F=1.21$
-----------------------	----------

Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=35.2^{\circ}$
-----------------------------------	---------------------

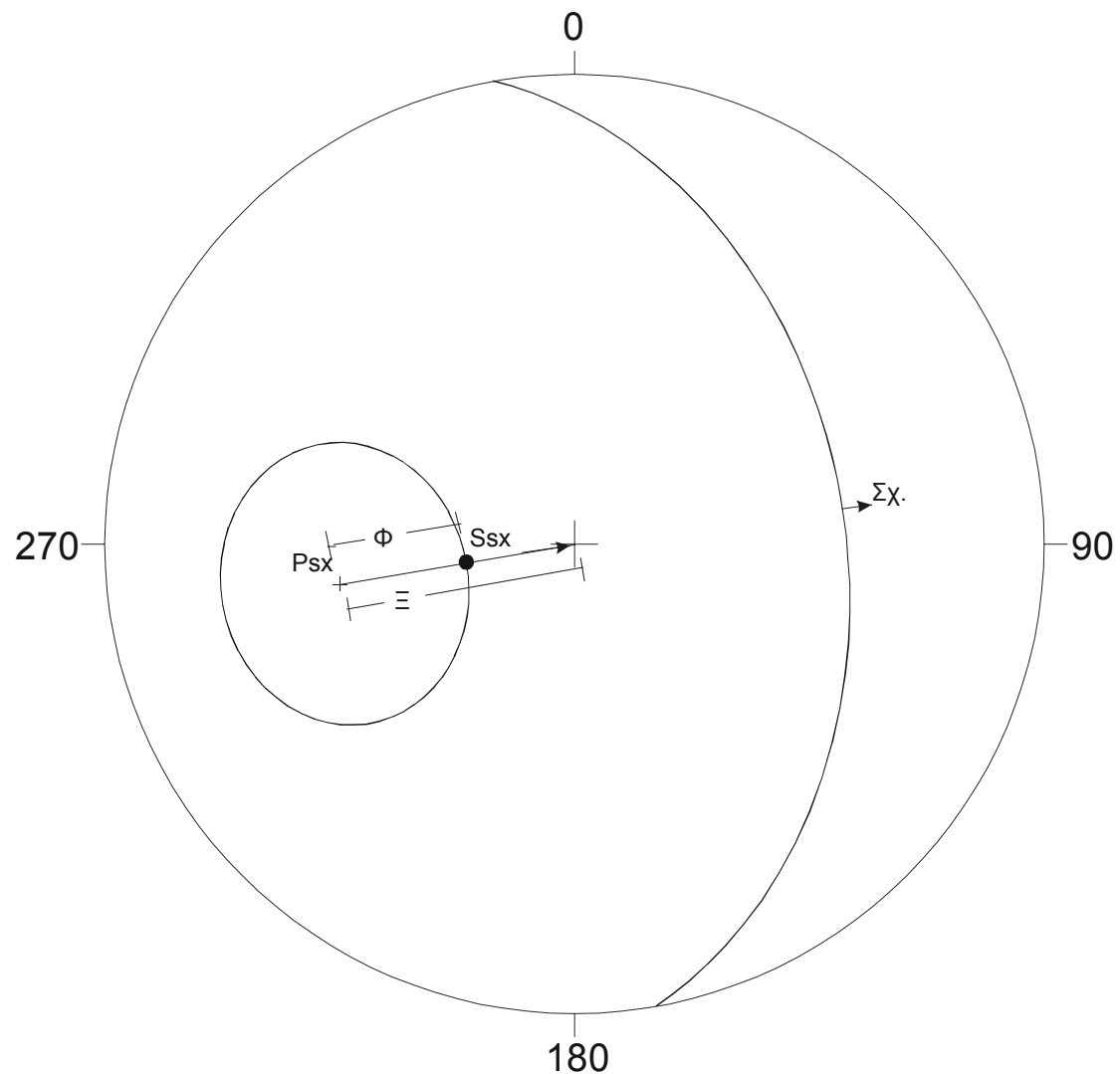
Γωνία κλίσης της τομής	
------------------------	--

των δύο ασυνεχειών	$\xi=29^{\circ}$
--------------------	------------------

Τμήμα Γ

Στο τμήμα Γ έχουμε την εμφάνιση μιας μεγαπτυχής όπου παρατηρείται ολίσθηση ως προς ένα επίπεδο και αυτό είναι η σχιστότητα. Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε από

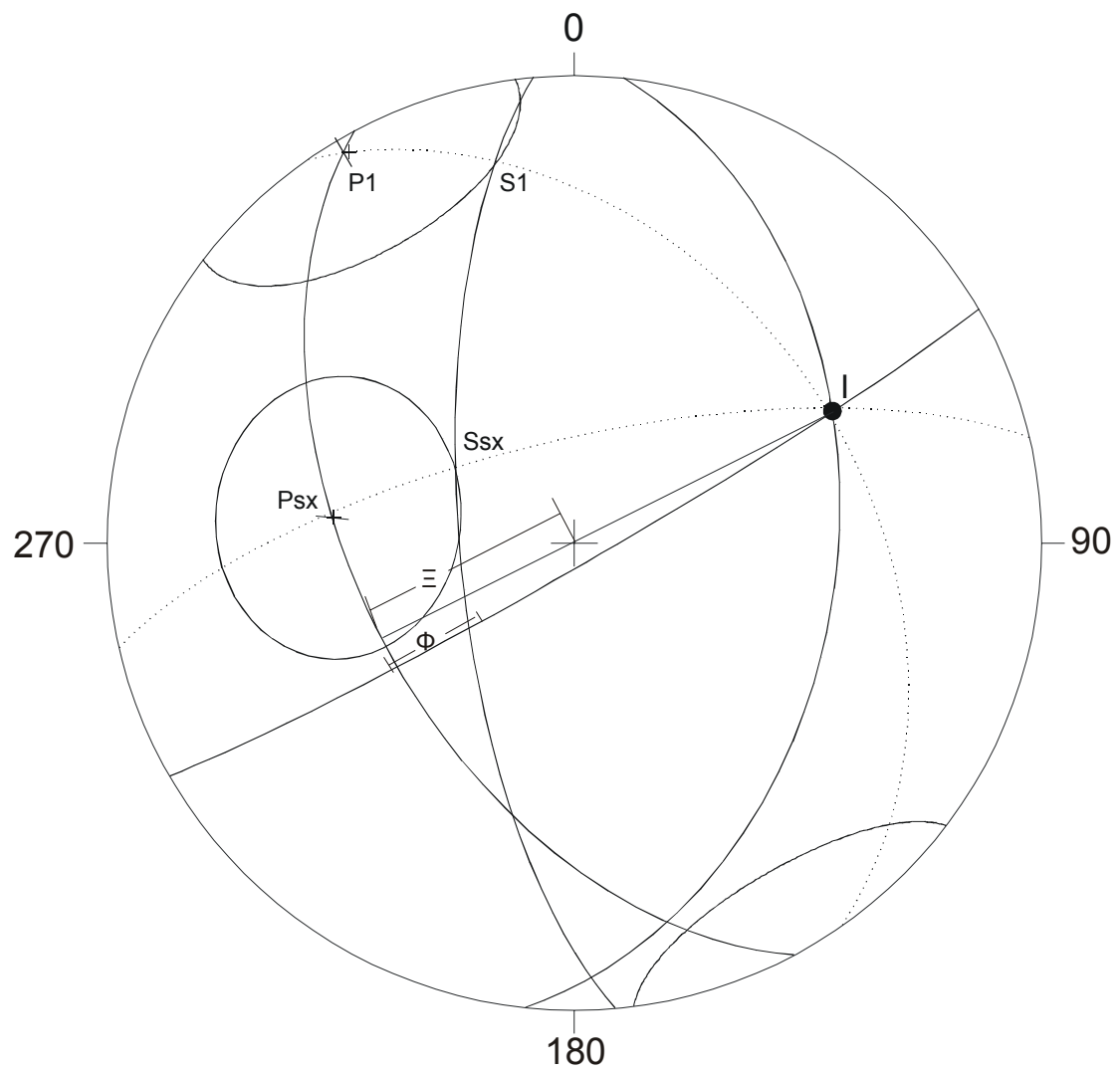
την εφαρμογή του test Markland και της βελτίωσης Hockins όπου και δείχθηκε ότι δεν υπάρχει περίπτωση ολίσθησης βραχοσφήνας.



Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς	$F=0.42$
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=20^0$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών	$\xi=42^0$

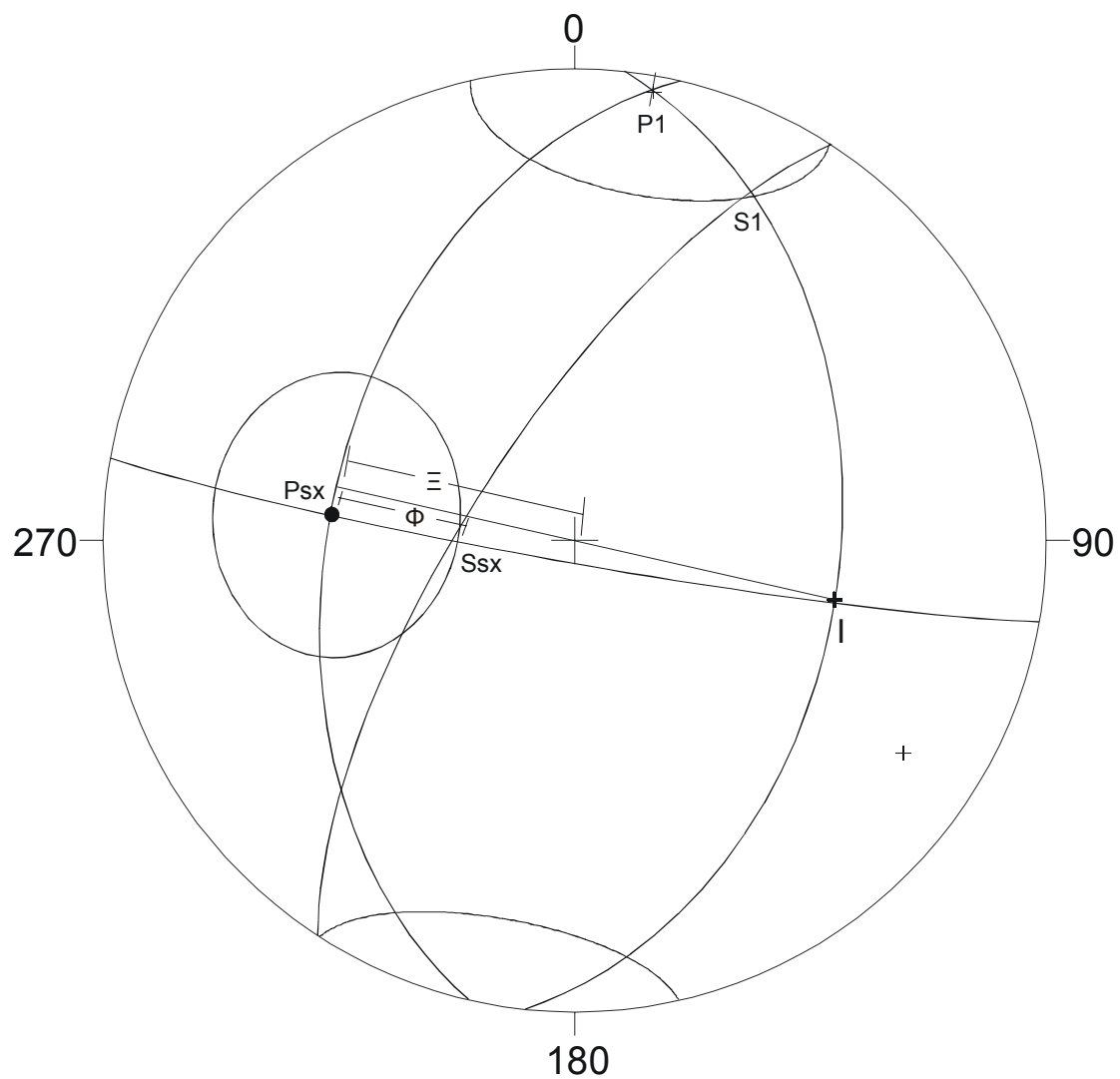
Τμήμα Δ

Η ανάλυση των στοιχείων για το συγκεκριμένο τμήμα έδειξε για το σημείο I1



Συντελεστής ασφάλειας	$F=0.391$
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=17^{\circ}$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών	$\xi=38^{\circ}$

Στο σημείο I2

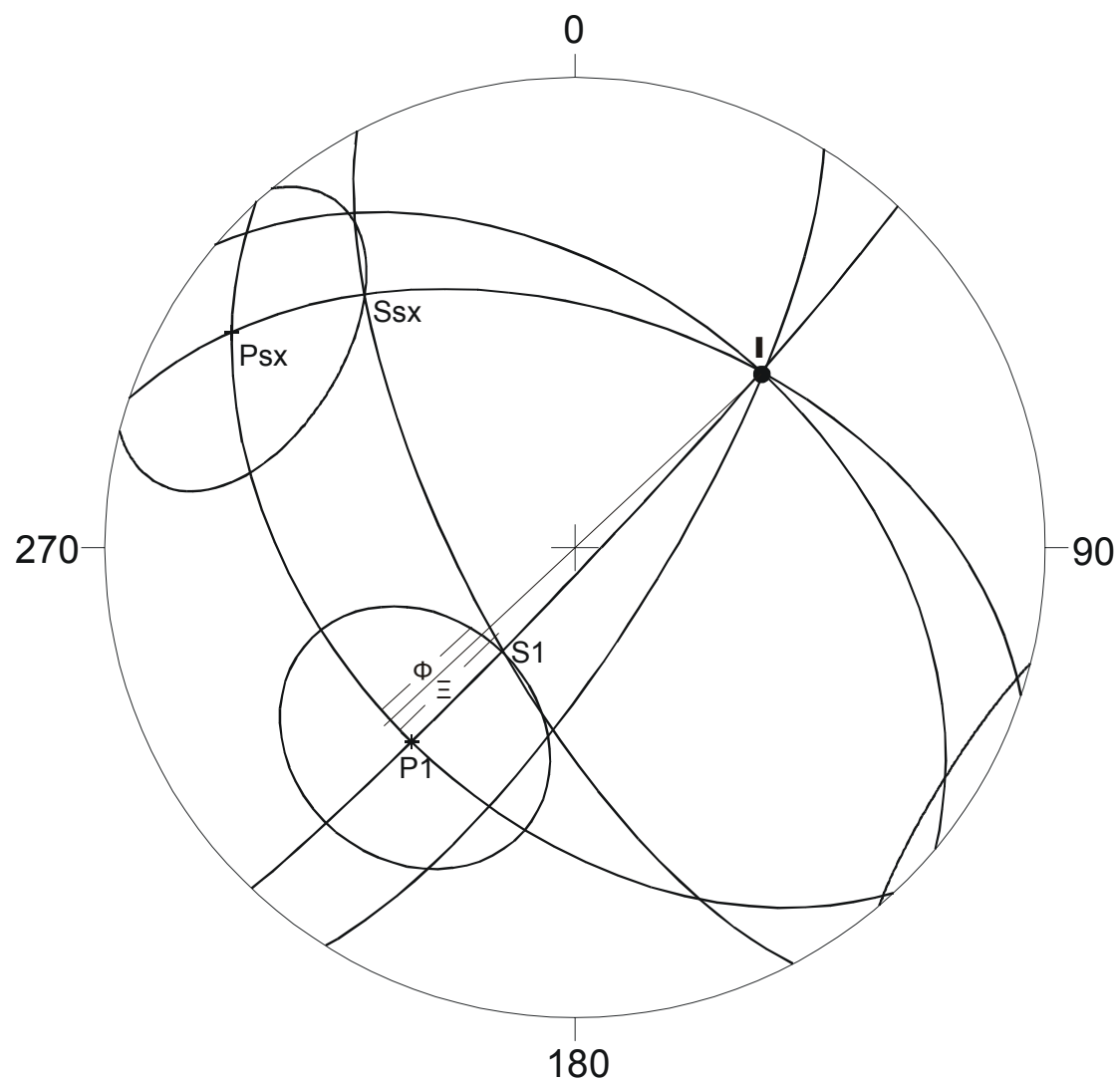


Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς $F=0.477$

Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής $\Phi=24^{\circ}$

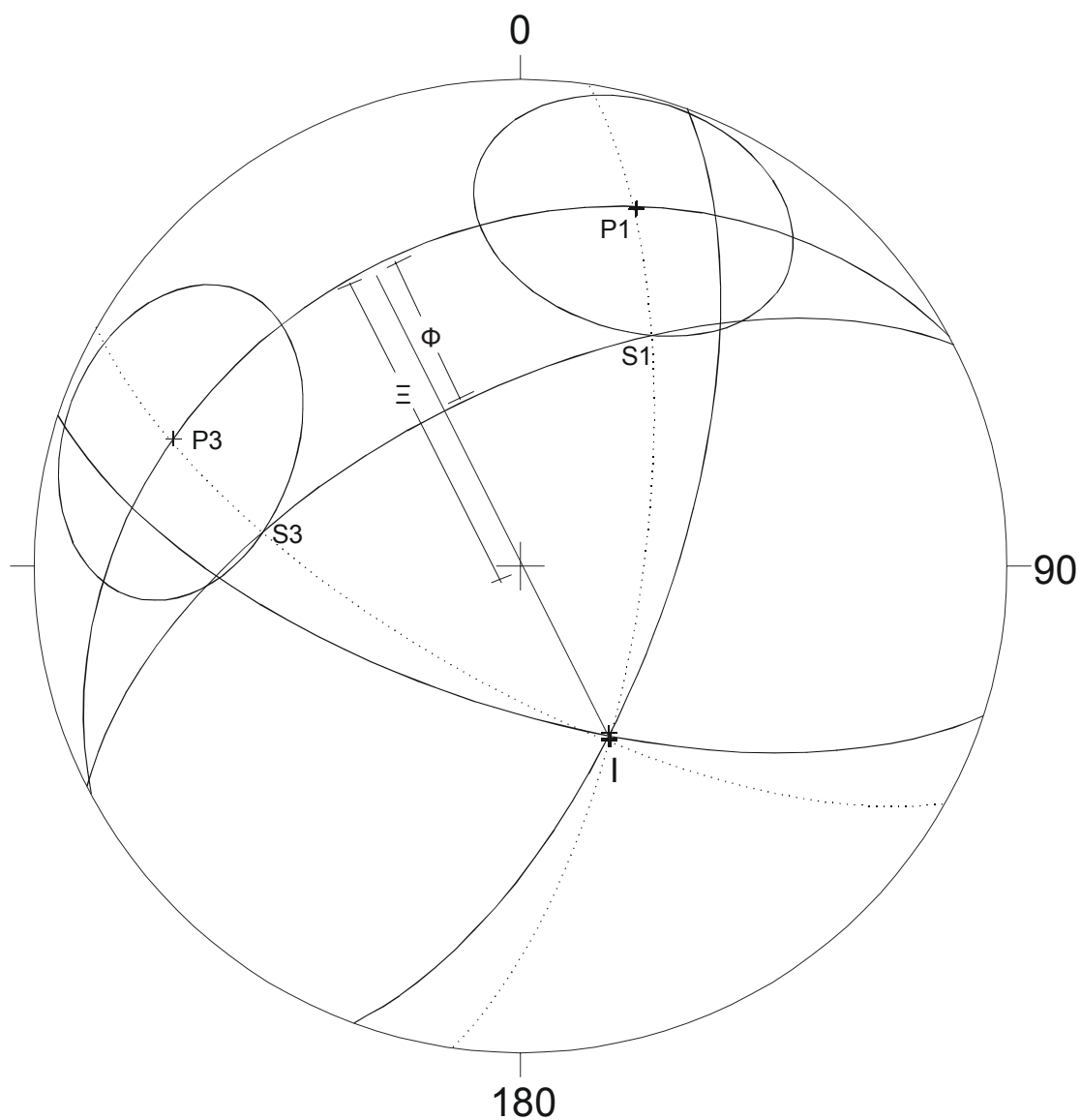
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών $\xi=43^{\circ}$

Τμήμα Ε



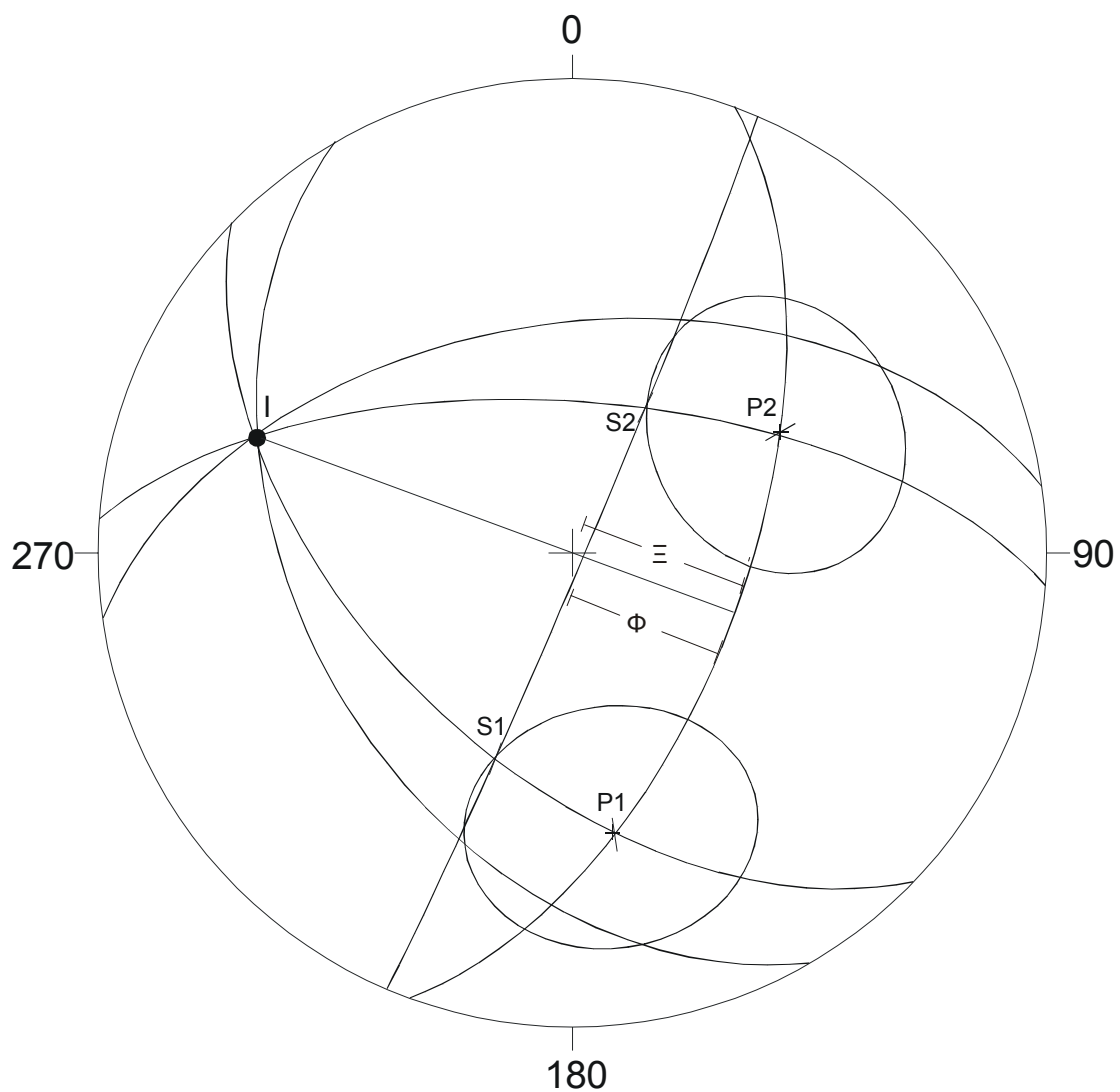
Συντελεστής ασφάλειας	$F=0,42$
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=23^0$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχείων	$\Xi=45^0$

Τμήμα ΣΤ



Συντελεστής ασφάλειας του πρηνούς	$F=0.346$
Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής	$\Phi=29^0$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών	$\xi=58^0$

Τμήμα Z

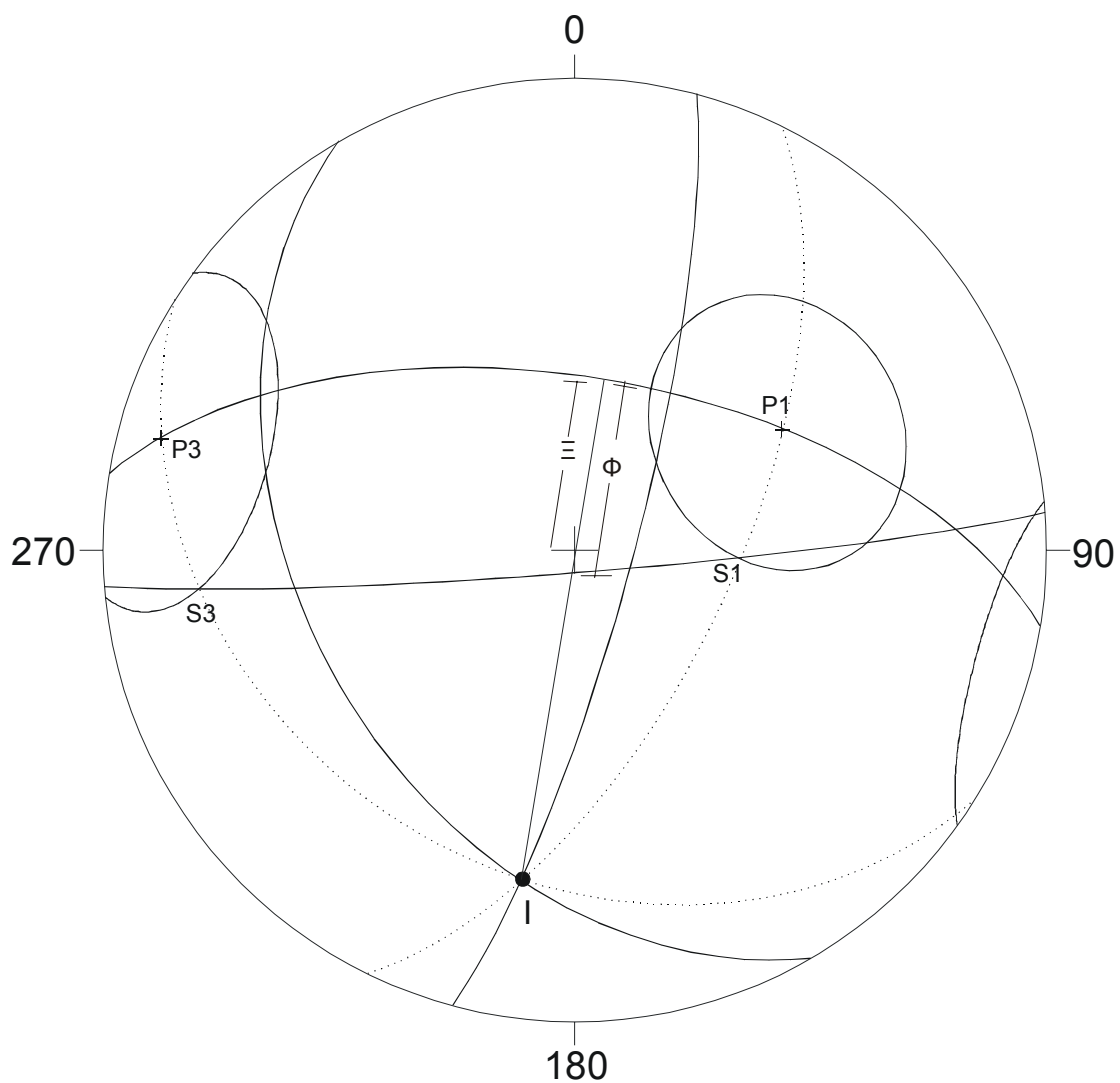


Συντελεστής ασφαλείας του πρανούς $F=0.9$

Φαινόμενη γωνία εσωτερικής τριβής $\Phi=28$

Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών $\xi=30$

Τμήμα Η



Συντελεστής ασφάλειας του πρανούς	$F=1.19$
Φαινόμενη γωνία τριβής	$\Phi=45^0$
Γωνία κλίσης της τομής των δύο ασυνεχειών	$\xi=30^0$

Συμπεράσματα

Στην περιοχή μελέτης ο δρόμος κόβει τον σχηματισμό «φλύσχη της Σβούλας» και ως επί το πλείστον φυλλίτες. Η συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων ανήκει στα βραχώδη πρανή. Εκτός από το τελευταίο κομμάτι της διαδρομής που δεν παρουσιάζει πρόβλημα ευστάθειας σε όλα τα υπόλοιπα έχει προκύψει κάποιου είδους αστοχία. Το είδος της αστοχίας που προέκυψε στα 7 από τα 8 πρανή ήταν ολίσθηση βραχοσφήνας και μόνο σε ένα εμφανίστηκε ολίσθηση ως προς ένα επίπεδο.

Στις περιπτώσεις που εμφανίστηκαν αστοχίες δεν φάνηκε να παίζει ρόλο το ύψος των πρανών καθώς και σε πρανή με μεγάλο ύψος αλλά και σε πρανή με μικρό ύψος είχαμε τέτοια φαινόμενα.

Λόγο της φύσης του πετρώματος οι επιφάνειες των διακλάσεων προς μέτρηση ήταν στις περισσότερες των περιπτώσεων δύσκολο να μετρηθούν λόγω της πολύ μικρής επιφάνειάς τους..

Η πυκνότητα των ασυνεχειών (διακλάσεις , ρωγμές) ήταν πολλές φορές πολύ μεγάλη κατακερματίζοντας την βραχομάζα .

5. Παράρτημα

Φωτογραφικό υλικό



Φωτογραφία 5.1 Τμήμα Α



Φωτογραφία 5.2 Τμήμα Γ



Φωτογραφία 5.3 Τμήμα Δ



Φωτογραφία 5.4 Τμήμα Z

Βιβλιογραφία

Μουτράκης, Δ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδος. Θεσσαλονίκη, University Studio Press.

Δημόπουλος, Γ. (1986). Τεχνική Γεωλογία με βασικές έννοιες βραχομηχανικής και γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη.

Δημόπουλος, Γ. (1998-99). Ασκήσεις Τεχνικής Γεωλογίας και υποδείγματα σύνταξης Γεωλογικών Μελετών. Θεσσαλονίκη, Τμήμα εκδόσεων, Πανεπιστημιακό τυπογραφείο

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, (1970). Τοπογραφικός χάρτης περιοχής Θέρμης 1:5000. Αριθμός φύλλου 3388/6

<http://www.googleearth.com>