



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΑΡΙΣΤΗΣ
ΖΑΓΟΡΙΟΥ**



Εκπόνηση: Δημήτριος Σμυρνής

Επιβλέποντες καθηγητές: Ειρήνη Βγενοπούλου

Σεπτέμβριος 2021



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
Περίληψη	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	7
2.1 Επιλογή Σημείων Ενδιαφέροντος	7
2.2 Κριτήρια Λήψης Δειγμάτων	8
2.3 Σημεία ενδιαφέροντος	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Κοκκομετρική Ανάλυση USCS	16
3.1 Περίληψη κοκκομετρικής ανάλυσης	16
3.2 Υπολογισμοί	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης	30
4.1 Πειραματική Διαδικασία	33
4.2 Υπολογισμοί	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Μελέτη Ευστάθειας Πρανών	41
5.1 Υπολογισμοί	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	50

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τον Νοέμβριο 2020 έως τον Σεπτέμβριο 2021 στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η γεωτεχνική μελέτη ευστάθειας πρανών της περιοχής Αρίστης Ιωαννίνων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάσκοντες μας Ειρήνη Βγενοπούλου και Ζαχαρία Χρήστου για την καθοδήγηση όλο αυτό το διάστημα και την βοήθειά τους.

Επίσης οφείλω ευχαριστίες στην συνάδελφό μου Δανάη-Θωμάϊδα Σκαμνέλου για την βοήθειά της στην εκπόνηση του τοπογραφικού διαγράμματος καθώς και στην λήψη δειγμάτων

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή έχει ως σκοπό την μελέτη σημείων ενδιαφέροντος στην περιοχή της Αρίστης Ιωαννίνων και αποσκοπεί στην θωράκιση του χωριού από κινδύνους ολίσθησης γαιών και αποφυγή πιθανών ατυχημάτων εξαιτίας τους.

Αρχικά δημιουργήθηκε τοπογραφικό διάγραμμα του οικισμού του χωριού. Στην συνέχεια εντοπίστηκαν περιοχές επιρρεπείς σε κινδύνους, από τις οποίες λήφθηκαν εδαφικά δείγματα για περαιτέρω εξέταση στο εργαστήριο.

Η εργαστηριακή μελέτη ξεκίνησε με κοκκομετρική ανάλυση για τον χαρακτηρισμό των εδαφών και για την κοκκομετρική αυτή ανάλυση επιλέχθηκαν οι παρακάτω αναφερόμενες εργαστηριακές μελέτες. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε δοκιμή διατμητικής αντοχής για την εύρεση της εσωτερικής γωνίας τριβής (ϕ) αλλά και του δείκτη συνοχής (c) των γαιών. Το τελικό στάδιο της εργαστηριακής μελέτης ήταν η εκείνη των πρανών και με αυτήν περατώθηκε η παρούσα εργαστηριακή μελέτη.

Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται η δυσκολία συλλογής δεδομένων για την μελέτη. Οι μετρήσεις των πρανών έγιναν τους ανοιξιάτικους μήνες του 2020 και η αναφορά στην εποχή γίνεται γιατί η πυκνότητα της ανοιξιάτικης βλάστησης των Ζαγοροχωρίων είχε ως συνέπεια κάποια μεγέθη να υπολογιστούν κατ' εκτίμηση.

Παρ' όλες τις δυσκολίες και την έλλειψη βασικού εξοπλισμού πολιτικών μηχανικών, όπως γεωδαιτικοί σταθμοί και χωματουργικά μηχανήματα για την αποψίλωση των θάμνων και την δειγματοληψία από μεγαλύτερα βάθη, έγινε το ανθρωπίνως δυνατό, με τα διατιθέμενα μέσα, να γίνουν οι μετρήσεις με το μικρότερο ποσοστό σφαλμάτων.

Στην συνέχεια αυτής της πτυχιακής αποτυπώνεται η αναλυτική μελέτη των εδαφικών δειγμάτων καθώς και η μελέτη ευστάθειας των συγκεκριμένων πρανών.

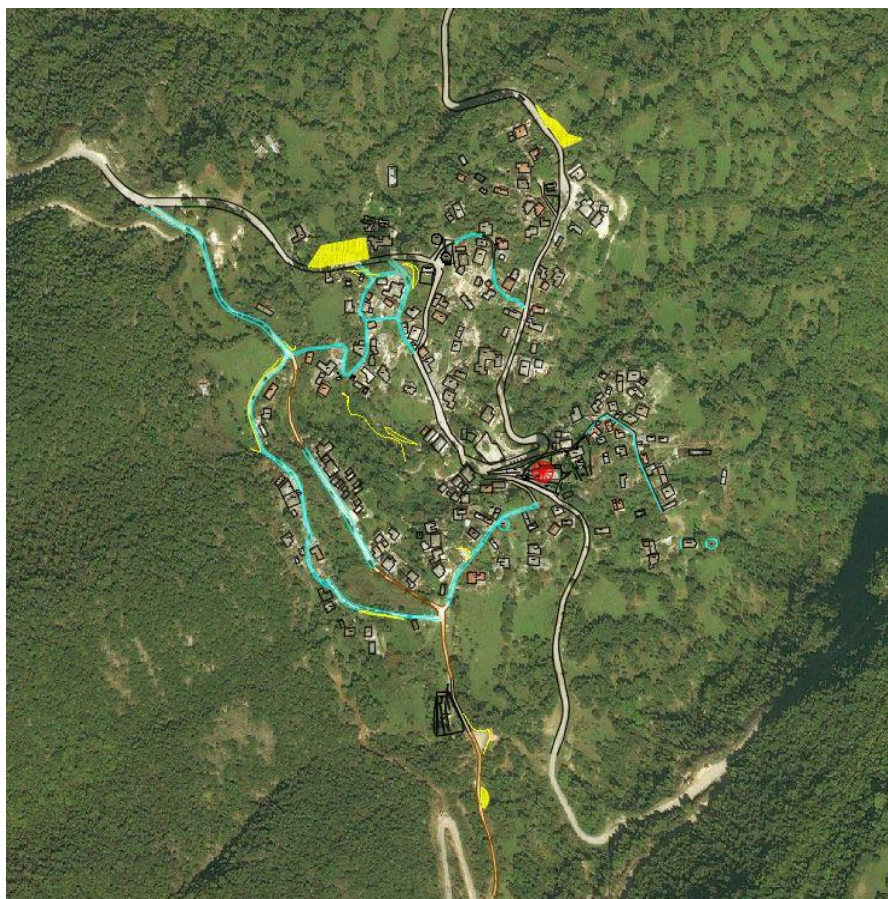
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Αρίστη είναι χωριό του νομού Ιωαννίνων ένα από τα 46 του δήμου Ζαγορίου και χωροθετείται στο Δυτικό Ζαγόρι. Είναι χτισμένη σε υψόμετρο 650 μέτρων και σε απόσταση 48 χλμ ΒΔ των Ιωαννίνων. Η αρχική ονομασία του οικισμού ήταν Αρτσιόστα ενώ το 1928 έλαβε τη σημερινή της ονομασία. Ήταν από τους μεγαλύτερους οικισμούς του Ζαγορίου τον 17^ο και 18^ο αιώνα. Η Αρίστη πιστεύεται πως δημιουργήθηκε ή, κατά άλλη εκδοχή, πως εμπλουτίστηκε πληθυσμιακά με κατοίκους από τον εγκαταλελειμμένο οικισμό Βόπατη και την κατεστραμμένη (τον 14^ο αι.) κώμη Ρευνίκο ή Ροϊνίκο (και τα δύο σε πολύ κοντινή απόσταση από το σημερινό χωριό).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Κυρίως με την χρήση της λειτουργίας Geolocation της εταιρείας Autodesk σε συνδυασμό με γεωγραφικές συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87 από το Ελληνικό Κτηματολόγιο δημιουργήθηκε το παρακάτω τοπογραφικό διάγραμμα του οικισμού, στο οποίο απεικονίζονται οι κατοικίες, το οδικό δίκτυο (οδόστρωμα και επαρχιακοί χωματόδρομοι), τα καλντερίμια, οι ιδιωτικοί και δημόσιοι χώροι, καθώς και τα πρανή του οικισμού. Τα παρακάτω τοπογραφικά διαγράμματα είναι σε μορφή .jpeg και δίνεται στη συνέχεια ταχυσύνδεσμος για την μορφή .dwt και την παρουσίαση του τοπογραφικού με δυνατότητα μεγέθυνσης, εύρεσης συντεταγμένων και καλύτερης ανάλυσης των σημείων ενδιαφέροντος.



Υπόμνημα. Χαρακτηρίζονται:

- με κίτρινο χρώμα τα πρανή της περιοχής
- το μπλε χρώμα τα καλντερίμια
- με καφέ χρώμα οι χωματόδρομοι
- με μαύρο χρώμα οι οικίες και το οδόστρωμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

2.1 Επιλογή Σημείων Ενδιαφέροντος

Αφού έγινε εντοπισμός των πρηνών της περιοχής και καταγραφής αυτών σε τοπογραφικό διάγραμμα του χωριού, επιλέχθηκαν για μελέτη τα πρηνή με τις μεγαλύτερες κλίσεις σε συνδυασμό με την επικινδυνότητα τους για την δημόσια ασφάλεια. Τα επιμέρους στοιχεία που συντέλεσαν στην επιλογή αυτών ήταν:

- Η θέση τους πλησίον κατοικημένης περιοχής
- Σε σημεία πρόσβασης των πολιτών (οδικό δίκτυο,καλντερίμια,πλατείες)
- Σε σημεία που είχαν δείγματα ολίσθησης, όπως φρύδι και επιμέρους ολισθήσεις

2.2 Κριτήρια Λήψης Δειγμάτων

Η περισυλλογή εδαφικών δειγμάτων στα σημεία ενδιαφέροντος έγινε με τα εξής κριτήρια:

- Λήφθηκαν τρία (3) δείγματα άνω κάθε πρικού και τρία (3) στα κάτω.
- τα σημεία λήψης κατά μήκος του πρικού απέχουν μεταξύ τους, δηλαδή ένα δείγμα λήφθηκε στην αρχή του πρικού, ένα στην μέση και ένα στο τέλος του.
- Τα σημεία λήψης είχαν μεταξύ τους απόσταση $\frac{1}{3}$ του συνολικού μήκους του πρικού
- Σε περίπτωση ύπαρξης βραχόμαζας προτιμήθηκαν δείγματα όχι απαραίτητα συνευθειακά αλλά αυτά με απόσταση τουλάχιστον τριών (3) μέτρων από βραχόμαζες, με μέριμνα να διατηρείται πάντα η απόσταση του $\frac{1}{3}$ του συνολικού μήκους του πρικού
- Το ελάχιστο βάθος λήψης κυμαίνεται από 0,5 έως 0,7 μέτρα

Στην δειγματοληψία η τήρηση της απόστασης των τριών (3) μέτρων από βραχόμαζες, που έφταναν, σε ορισμένες περιπτώσεις, το 10% του ολικού μήκους κάποιων πρικών, έγινε εξαιτίας της κακής ποιότητας και του κατακερματισμού των βραχομαζών τύπου φλύσχη Μετσόβου και της ανάμειξής τους, με την πάροδο του χρόνου, με το υπό εξέταση έδαφος. Με τις παραπάνω επιλογές αποφεύχθηκαν σφάλματα και μεγάλες αποκλίσεις των τιμών μεταξύ του αναμειχθέντος με κομμάτια βράχου εδάφους της επιφάνειας και του αδιατάρακτου εδάφους πάνω στο οποίο εδράζεται το πρικό.

2.3 Σημεία ενδιαφέροντος

Σημείο Πρώτο:



εικόνα πρώτου σημείου ενδιαφέροντος

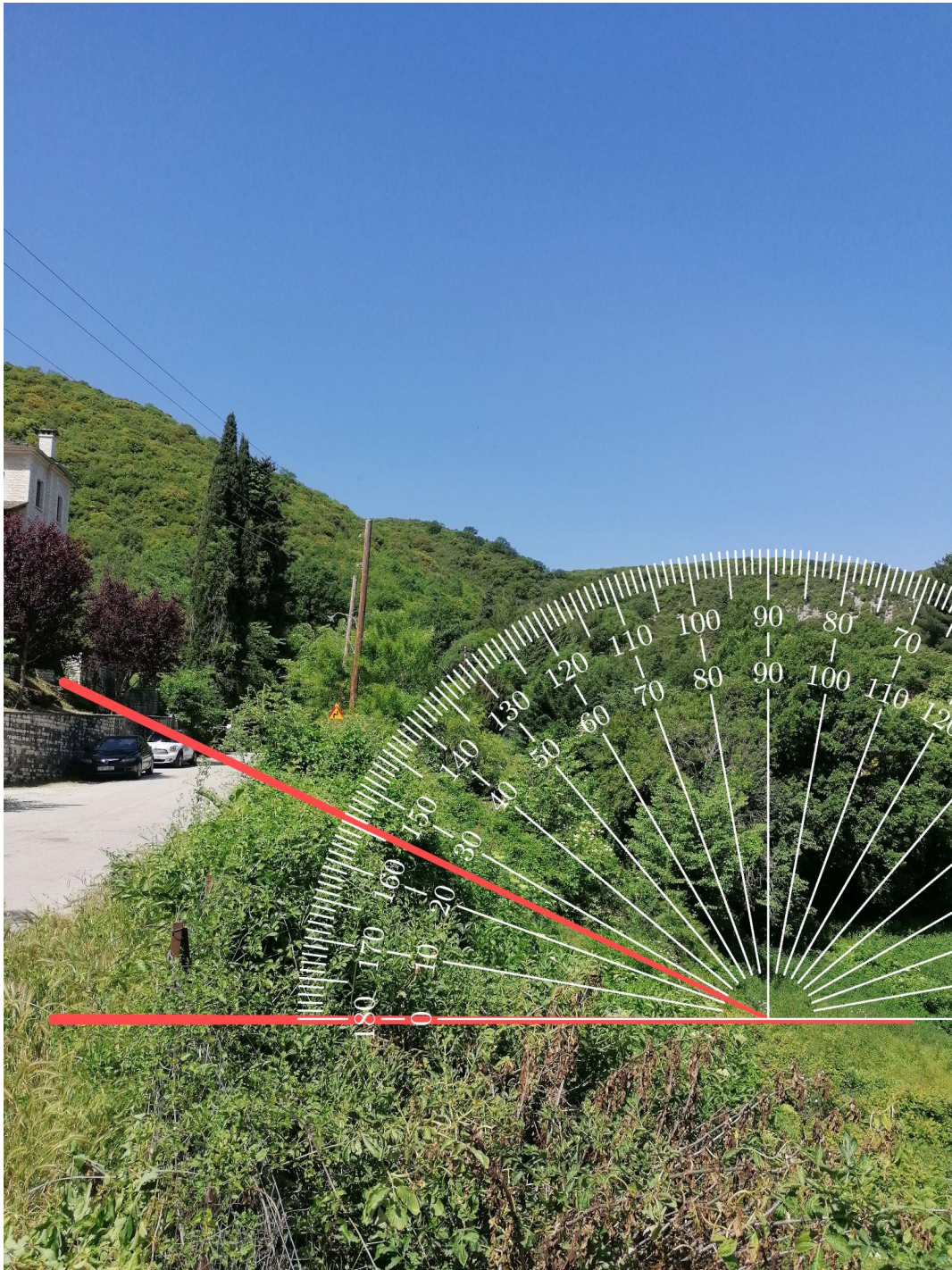
Από τα πρηνή που φαίνονται στο τοπογραφικό διάγραμμα επιλέχθηκαν τρία (3) σημεία εκ των οποίων:

Το πρώτο σημείο (σημείο 1) βρίσκεται σε κεντρική οδό του χωριού και εφάπτεται με τοπικό ξενοδοχείο, στο οποίο έχουν κατασκευαστεί τοίχοι αντιστήριξης, για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της ολίσθησης πρηνών, οπότε η παρούσα μελέτη αφορά στο συνεχόμενο με αυτό πρηνές, για το οποίο δεν έχει ληφθεί κανένα μέτρο από την πολιτεία ή και ιδιώτες για την θωράκισή του. Η επιλογή έγινε επειδή πληρούνται και τα τρία κριτήρια επιλογής, καθώς βρίσκεται εντός του οικισμού, εφάπτεται με το οδικό δίκτυο και φέρει ρηγματώσεις στο οδόστρωμα καθόλο το μήκος του, όπως στις παρακάτω φωτογραφίες εύκολα διακρίνεται.



Από τα περισυλλεγμένα στοιχεία γίνεται εμφανής η ανάγκη επέμβασης για την πρόληψη και αποφυγή πιθανού ατυχήματος. Το εν λόγω πρανές έχει μήκος 55-65 μέτρα και ύψος δύο (2) έως εννέα (9) μέτρα (2 μέτρα στο σημείο αμέσως μετά την στροφή του δρόμου και 9 μέτρα στο ψηλότερο σημείο του, κοντά στο ξενοδοχείο). Η εκτιμώμενη κλίση του κυμαίνεται από 25% έως 35% (η μικρότερη κλίση παρατηρείται στην στροφή του δρόμου και εντείνεται όσο απομακρυνόμαστε από αυτή). Στο οδόστρωμα παρατηρούνται ρωγμές στο πιό ανωφερές τμήμα των 65 μέτρων

(περίπου στα 7 μέτρα από την αρχή του, στη στροφή, και στα 3 μέτρα από το τέλος του, στο ξενοδοχείο. Οι ρωγμές έχουν απόσταση ένα (1) έως τρία (3) μέτρα από την αρχή της κλίσης του πρανούς και αναδεικνύουν την ανάγκη για την κατασκευή τοίχων αντιστήριξης στην περιοχή.



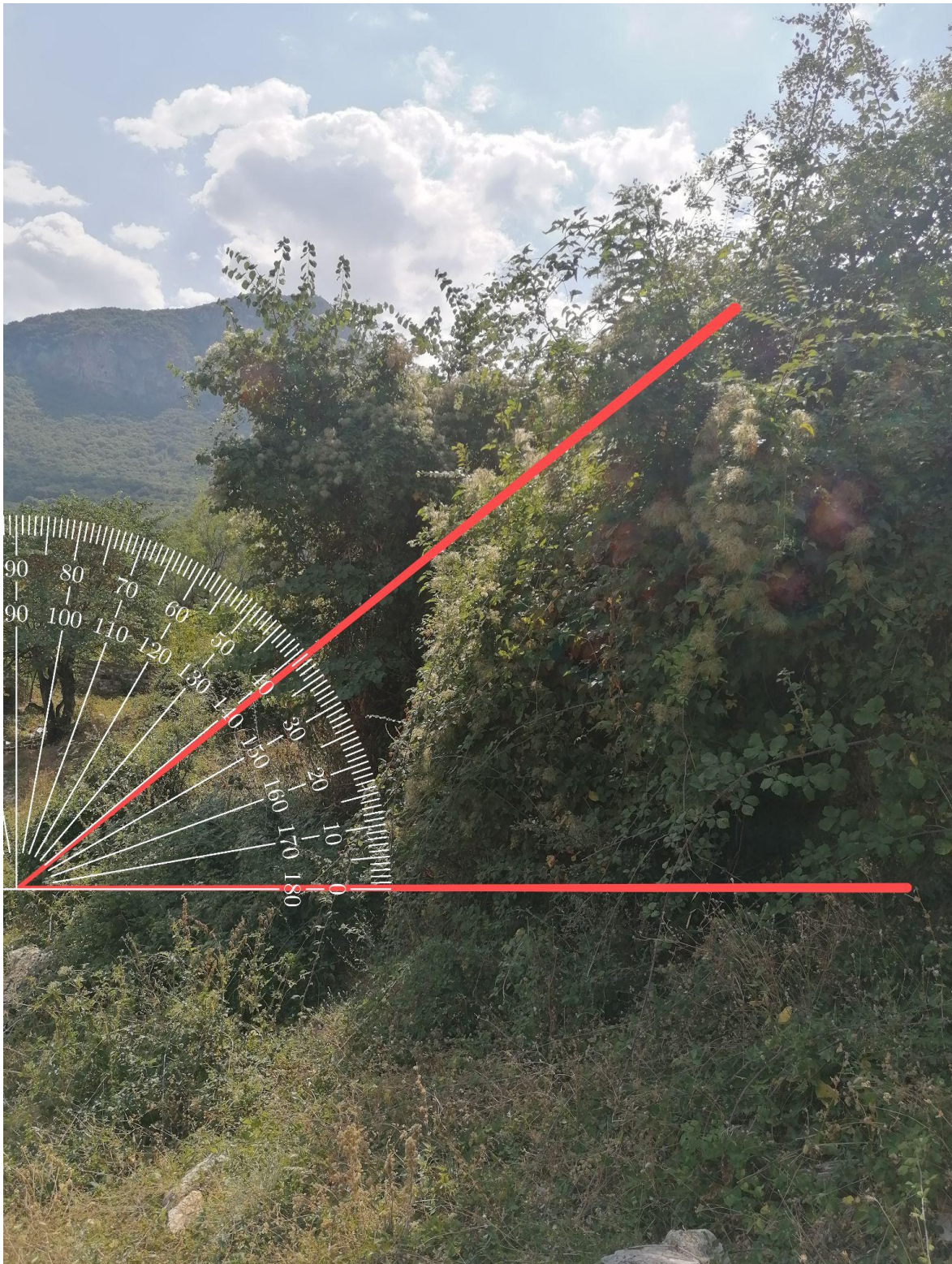
Σημείο Δεύτερο:



Το δεύτερο σημείο (σημείο 2) βρίσκεται στον κεντρικό δρόμο εισόδου στον οικισμό της Αρίστης. Στο τμήμα αυτό, λόγω της απότομης κλίσης και της μεγάλης επικινδυνότητας, έχουν κατασκευαστεί τμηματικοί τοίχοι αντιστήριξης, που εναλλάσσονται με βραχώδεις μάζες. Η παρούσα μελέτη περιορίζεται στα τμήματα όπου δεν υφίσταται κάποιο μέτρο προστασίας του οδοστρώματος. Η επιλογή μελέτης του τμήματος αυτού βασίζεται στα ίδια κριτήρια, που αναφέρονται παραπάνω, γιατί αν και βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τα σπίτια του οικισμού, εφάπτεται στο οδόστρωμα του κεντρικού δρόμου που οδηγεί στον οικισμό και ο κίνδυνος κατολίσθησής του είναι μεγάλος.

Το εν λόγω πρανές έχει μήκος 32 μέτρα και το ύψος του κυμαίνεται από δύο (2) μέτρα στην αρχή του, πεντέμισυ (5,5) μέτρα στο υψηλότερο σημείο του και δύο (2), επίσης, μέτρα πριν την βραχώμαζα. Η κλίση του εκτιμάται στο 40%-45% , μεγέθη, τα

οποία δεν ήταν πρακτικά δυνατό να υπολογιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια εξαιτίας της πυκνής βλάστησης στην περιοχή και της ανισοτροπίας, ανομοιογένειας και ασυνέχειας των φυσικών εδαφών. Κοντά στα πετρώματα η κλίση διπλασιάζεται σχεδόν, μιας και τα πετρώματα είναι πιο ευσταθή σε σύγκριση με το έδαφος της περιοχής.



Για την αποφυγή λάθους στην πειραματική διαδικασία τα δείγματα λήφθηκαν με μη τακτικό τρόπο. Το πρηνές μελετήθηκε σε όλο το μήκος του. Ακόμα και στα σημεία, που είχαν τοίχους αντιστήριξης, λήφθηκαν δείγματα, τα οποία ήταν διασκορπισμένα στο πεδίο και όχι επικεντρωμένα σε μικρή επιφάνεια

εδάφους, όπου πιθανό να εμφανιζόταν μεγαλύτερη και όχι αντιπροσωπευτική κοκκομετρία και διατμητική αντοχή. Ειδικότερα αποφεύχθηκε η λήψη δειγμάτων κοντά σε βραχώμαζες και επικεντρώθηκε στα πιο ευάλωτα εδαφικά τμήματα και κατά συνέπεια η όλη εργαστηριακή μελέτη βασίζεται σε συντηρητικότερους συντελεστές ασφαλείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Κοκκομετρική Ανάλυση USCS

(Unified Soil Classification System)

3.1 Περίληψη κοκκομετρικής ανάλυσης

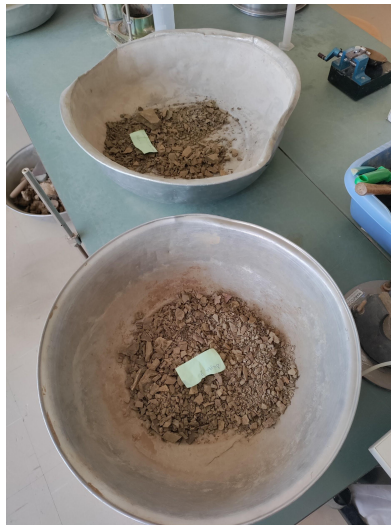
Η πρώτη πειραματική διαδικασία, που πραγματοποιήθηκε, αφορούσε στην κοκκομετρική ανάλυση, για να καθοριστεί το είδος των επόμενων εργαστηριακών ερευνών και να βρεθούν περαιτέρω πληροφορίες για την διαβάθμιση του μεγέθους των κόκκων στο έδαφος, αλλά και τον ποιοτικό χαρακτηρισμό αυτού.

Οι εργαστηριακές συσκευές και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής :

- Σειρά κοσκίνων με συλλέκτη και καπάκι



- Βούρτσα και πινέλο
- Ζυγαριά
- Φούρνος και σκεύη ξήρανσης (κάψες)



Κάψες και φούρνος ξήρανσης εργαστηρίου εδαφομηχανικής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

- Συσκευή δονήσεως των κοσκίνων
- Εργαλεία, όπως φτυάρι, σέσουλα, κλπ.

Το πρώτο στάδιο της μελέτης ξεκίνησε με την ανάμειξη των περισυλλεγμένων δειγμάτων. Τα τρία δείγματα που λήφθηκαν για κάθε πρανές στο άνω και κάτω μέρος, αντίστοιχα, αναμείχθηκαν μεταξύ τους για την εξομάλυνση πιθανών

σφαλμάτων, τα οποία πιθανότατα θα έδιναν μη αντιπροσωπευτικές τιμές για το σύνολο του πρανούς, εξαιτίας της μικρής επιφάνειας από την οποία καθένα είχε ληφθεί ξεχωριστά. Με την ανάμειξη των τριών δειγμάτων δημιουργήθηκε ένα πιο αντιπροσωπευτικό νέο δείγμα.

Στην συνέχεια τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 105 C και, αφού ξηράνθηκαν, τρίφτηκαν με γουδί, με στόχο την αποκόλληση των κόκκων και όχι την θραύση τους. Αφού οι κόκκοι αποκολλήθηκαν με προσοχή από το κάθε δείγμα ξεχωριστά, ζυγίστηκαν με ακρίβεια και τοποθετήθηκαν σε μία σειρά ειδικά επιλεγμένων κοσκίνων. Στην συνέχεια η “στήλη” των κοσκίνων τοποθετήθηκε σε ειδική συσκευή δόνησης για 10 λεπτά. Ακολούθως ζυγίστηκε με ακρίβεια το περιεχόμενο κάθε κόσκινου ξεχωριστά και καταγράφηκαν τα βάρη τους σε ένα αρχείο

Αμέσως μετά την καταγραφή των βαρών συμπληρώθηκαν τα κελιά του φύλλου με τους εξής τύπους:

- Συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο:
= (βάρος συγκρατούμενου εδάφους στο κόσκινο) / (συνολικό βάρος εδάφους)
x 100 %
- Αθροιστικό συγκρατούμενο ποσοστό σε κάθε κόσκινο:
= άθροισμα των ποσοστών που συγκρατήθηκαν στο υπ όψει κόσκινο και όλα τα κόσκινα με άνοιγμα βρόγχου μεγαλύτερο από αυτό.
- Ποσοστό λεπτότερο από κάθε μέγεθος κοσκίνου:
=100% - αθροιστικό συγκρατούμενο ποσοστό.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω υπολογισμών και διαφόρων επαληθεύσεων για το διερχόμενο ποσοστό του δείγματος από κάθε κόσκινο δημιουργήθηκε, σε λογαριθμική κλίμακα κατά τον οριζόντιο άξονα, γραφική παράσταση της διαβάθμισης του μεγέθους των κόκκων του εδάφους, η οποία συνέβαλε στον χαρακτηρισμό του τύπου αυτού, για τον οποίο ακολουθήθηκε το παρακάτω διάγραμμα:

Βασικός Διαχωρισμός		Σύμβολα	Περιγραφή	Κριτήρια Κατάταξης		
Χονδρό-Κοκκα εδάφη Περισσότερο από 50% παραμένει στο κόσκινο No 200	Χάλι - κες 50% ή περισσότερα παραμένουν επί του κόσκινου No 4	Χάλι - κες	GW	Καλά διαβαθμισμένοι χάλικες ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα	Κατάταξη με βάση το λεπτόκοκκο κλάσμα Διερχ. από το κόσκινο No 200 < 5% GW, GP, SW, SP Διερχ. από το κόσκινο No 200 > 12% GM, GC SM, SC Διερχ. από το κόσκινο No 200 μεταξύ 5% και 12% οριακή περίπτωση χρήση διπλού συμβολισμού	$C_c = D_{60}/D_{10} > 4$ $1 < C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) < 3$
			GP	Ομοιόμορφοι χάλικες ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα		Δεν ισχύουν τα δύο πιο πάνω κριτήρια για GW
		Χάλικες με λεπτόκοκκα	GM	Πυλώδεις χάλικες. Μίγματα χαλικών - άμμου - υλός		$PI < 4$ ή θέση στο σχήμα κάτω από τη γραμμή A
			GC	Αργιλώδεις χάλικες. Μίγματα χαλικών - άμμου - αργίλου		$PI > 7$ & θέση στο σχήμα επάνω από τη γραμμή A
	Άμμοι 50% ή περισσότερα διέρχονται από το κόσκινο No 4	Άμμοι	SW	Καλά διαβαθμισμένες άμμοι ή αμμοχάλικα με λίγα λεπτόκοκκα		$C_c = D_{60}/D_{10} > 6$ $1 < C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) < 3$
			SP	Ομοιόμορφα άμμοι ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα		Δεν ισχύουν τα δύο κριτήρια για SW
		Άμμοι με λεπτόκοκκα	SM	Πυλώδεις άμμοι. Μίγματα άμμου - υλός		$PI < 4$ η θέση στο σχήμα κάτω από τη γραμμή A
			SC	Αργιλώδεις άμμοι. Μίγματα άμμου - αργίλου		$PI > 7$ & θέση στο σχήμα επάνω από τη γραμμή A
Λεπτόκοκκα εδάφη Λιγότερο από 50% παραμένει στο κόσκινο No 200	ΐλεις και άργιλοι WL < 50%	ML	Ανόργανες ΐλεις, πολύ λεπτές άμμοι, υλώδεις και αργιλώδεις άμμοι	<p>Διάγραμμα πλαστικότητας</p>		
		CL	Ανόργανες άργιλοι χαμηλής πλαστικότητας (ενίοτε χαλικώδεις, αμμώδεις ή υλώδεις)			
		OL	Οργανικές ΐλεις ή υλώδεις άργιλοι χαμηλής πλαστικότητας			
	ΐλεις και άργιλοι WL > 50%	MH	Ανόργανες, συχνά μαρμαρυγιακές ΐλεις υψηλής πλαστικότητας			
		CH	Ανόργανες άργιλοι υψηλής πλαστικότητας			
		OH	Οργανικές άργιλοι μέσης έως υψηλής πλαστικότητας			
Πολύ οργανικά εδάφη	Pt	Βουρκόδη και τυρφόδη εδάφη	ΐνώδη οργανικά γεωυλικά προϊόντα απανθράκωσης			

διάγραμμα κατάταξης uscs

- Τα ποσοστά χαλικών στην κατάταξη υπολογίστηκαν από την άθροιση των συγκρατούμενων ποσοστών εδάφους μέχρι και το κόσκινο 4,75 (mm)
- τα ποσοστά των άμμων υπολογίστηκαν από την άθροιση των διερχόμενων ποσοστών εδάφους που διήλθαν από το κόσκινο 4,75 (mm) μέχρι και το κόσκινο 0,075 (mm)
- Και η ύλης μετρήθηκε από το συγκρατούμενο υλικό του υποδοχεία

Ακολούθησε αναλυτική παρουσίαση των υπολογισμών για κάθε μία περίπτωση αλλά και οι κοκκομετρικές καμπύλες για ευκολότερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής μελέτης.

3.2 Υπολογισμοί

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ

πάνω δείγμα

ΚΟΣΚΙΝΑ (mm)	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ)			
	ΒΑΡΟΣ(Gr)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (%)
25,000	0,00	0,00	0,00	100
19,000	0,00	0,00	0,00	100
12,500	231,00	9,43	9,43	90,57
9,500	101,00	4,12	13,55	86,45
4,750	268,00	10,94	24,50	75,50
2,360	350,00	14,29	38,79	61,21
2,000	133,00	5,43	44,22	55,78
1,180	410,00	16,74	60,96	39,04
1,000	123,00	5,02	65,98	34,02
0,600	265,00	10,82	76,80	23,20
0,425	134,00	5,47	82,28	17,72
0,250	148,00	6,04	88,32	11,68
0,150	105,00	4,29	92,61	7,39
0,075	110,00	4,49	97,10	2,90
Υποδοχέας	71,00	2,90	100,00	
Σ=	2449,00			

Κατάταξη		
		ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ)
ΧΑΛΙΚΕΣ		24,497
ΑΜΜΟΙ	ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΕΣ	19,722
	ΜΕΣΕΣ	38,056
	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΕΣ	14,822
ΙΛΥΣ		2,899
D₆₀		2,280
D₃₀		0,852
D₁₀		0,211
C_u	$C_u = D_{60} / D_{10}$	10,812
C_c	$C_c = D_{30}^2 / D_{60} * D_{10}$	1,509

Συμπεράσματα πρώτου πρανούς Πάνω δείγματος

Από το παραπάνω δείγμα διήλθε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% από το κόσκινο Νο 4 και ποσοστό μικρότερο του 5% από το κόσκινο Νο 200. Επειδή το $C_u = 10,81 > 6$ και ο δείκτης $C_c = 1,509$ τηρεί το κριτήριο $1 < C_c < 3$ συμπεραίνεται ότι το έδαφος είναι αμμοχαλικώδες με λίγα έως καθόλου λεπτόκοκκα, τύπου SW.

Κάτω Δείγμα

ΚΟΣΚΙΝΑ (mm)	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ (ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ)			
	ΒΑΡΟΣ(Gr)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (%)
25,000	0,00	0,00	0,00	100
19,000	0,00	0,00	0,00	100
12,500	93,00	5,74	5,74	94,26
9,500	62,00	3,82	9,56	90,44
4,750	335,00	20,67	30,23	69,77
2,360	426,00	26,28	56,51	43,49
2,000	92,00	5,68	62,19	37,81
1,180	235,00	14,50	76,68	23,32
1,000	59,00	3,64	80,32	19,68
0,600	109,00	6,72	87,05	12,95
0,425	48,00	2,96	90,01	9,99
0,250	50,00	3,08	93,09	6,91
0,150	33,00	2,04	95,13	4,87
0,075	55,00	3,39	98,52	1,48
Υποδοχέας	24,00	1,48	100,00	
Σ=	1621,00			

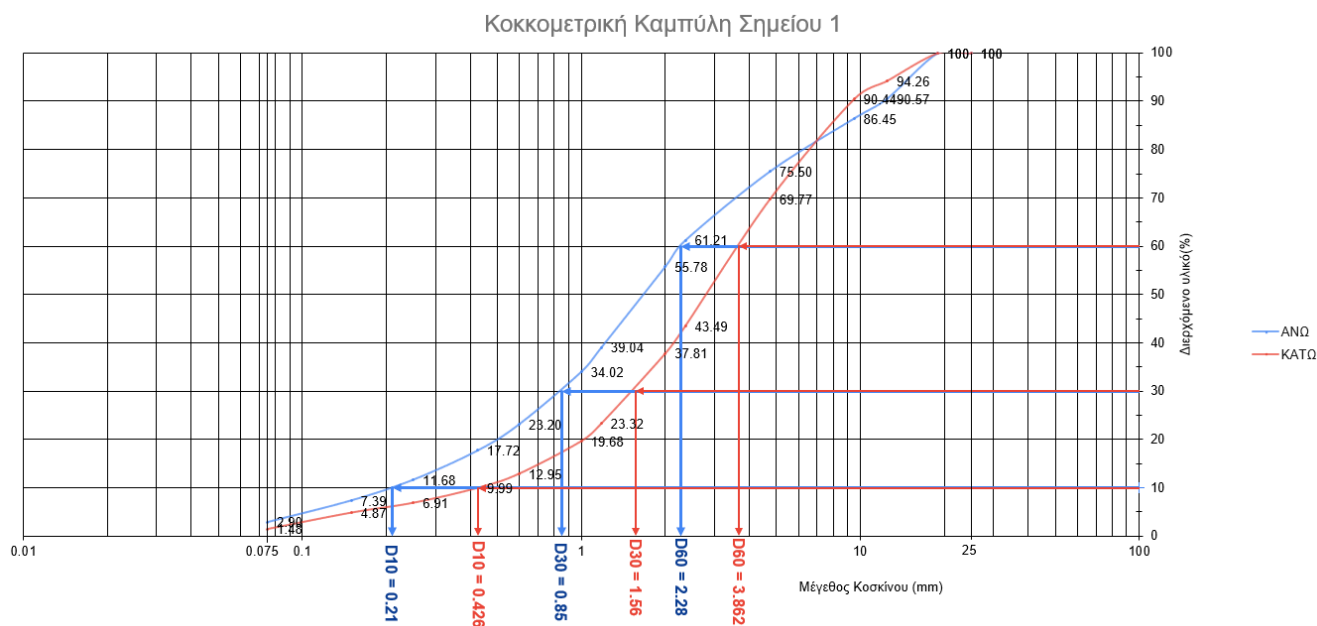
Κατάταξη		
		ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ (ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ)
ΧΑΛΙΚΕΣ		30,23
ΑΜΜΟΙ	ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΕΣ	31,95
	ΜΕΣΕΣ	27,82
	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΕΣ	8,51
ΙΛΥΣ		1,48
D₆₀		3,86
D₃₀		1,56
D₁₀		0,43
C_u	$C_u = D_{60} / D_{10}$	9,07
C_c	$C_c = D_{30}^2 / D_{60} * D_{10}$	1,48

Συμπεράσματα πρώτου πρανούς Κάτω δείγματος

Από το παραπάνω δείγμα διήλθε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% από το κόσκινο Νο 4 και ποσοστό μικρότερο του 5% από το κόσκινο Νο 200. Επειδή το $C_u = 9,07 > 6$ και ο δείκτης $C_c = 1,48$ δεν τηρεί το κριτήριο $1 < C_c < 3$ συμπεραίνεται ότι το έδαφος είναι αμμοχαλικώδες με λίγα έως καθόλου λεπτόκοκκα, τύπου SW.

Κοκκομετρική καμπύλη πρώτου πρανούς

Από τα παραπάνω δεδομένα δημιουργήθηκε κοκκομετρική καμπύλη για κάθε μία περίπτωση ξεχωριστά. Για λόγους ευκολίας και σύγκρισης τοποθετήθηκαν στο ίδιο διάγραμμα και διακρίνονται με χρωματικό διαχωρισμό.



Από το παραπάνω διάγραμμα το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αμμοχαλικώδες με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα τύπου SW, σύμφωνα με την κατάταξη uscs.

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Άνω Δείγμα

ΚΟΣΚΙΝΑ (mm)	ΟΔΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ)			
	ΒΑΡΟΣ(Gr)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝ Ο ΥΛΙΚΟ (%)
25,000	0,00	0,00	0,00	100
19,000	0,00	0,00	0,00	100
12,500	237,00	10,71	10,71	89,29
9,500	150,00	6,78	17,49	82,51
4,750	336,00	15,18	32,67	67,33
2,360	333,00	15,05	47,72	52,28
2,000	96,00	4,34	52,06	47,94
1,180	286,00	12,92	64,98	35,02
1,000	83,00	3,75	68,73	31,27
0,600	189,00	8,54	77,27	22,73
0,425	100,00	4,52	81,79	18,21
0,250	118,00	5,33	87,12	12,88
0,150	92,00	4,16	91,28	8,72
0,075	116,00	5,24	96,52	3,48
Υποδοχέας	77,00	3,48	100,00	
Σ=	2207,00			

Κατάταξη		
		ΟΔΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ)
ΧΑΛΙΚΕΣ		32,671
ΑΜΜΟΙ	ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΕΣ	19,385
	ΜΕΣΕΣ	29,733
	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΕΣ	14,731
ΙΛΥΣ		3,479
D₆₀		3,586
D₃₀		0,941
D₁₀		0,187
C_u	$C_u = D_{60} / D_{10}$	19,158
C_c	$C_c = D_{30}^2 / D_{60} * D_{10}$	1,318

Συμπεράσματα δεύτερου πρανούς Πάνω Δείγματος

Από το παραπάνω δείγμα διήλθε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% από το κόσκινο Νο 4 και ποσοστό

μικρότερο του 5% από το κόσκινο Νο 200. Επειδή το $C_u = 19,61 > 6$ και ο δείκτης $C_c = 1,318$ δεν τηρεί το κριτήριο $1 < C_c < 3$ συμπεραίνεται ότι το έδαφος είναι αμμοχαλικώδες με λίγα έως καθόλου λεπτόκοκκα, τύπου SW.

Κάτω Δείγμα

ΚΟΣΚΙΝΑ (mm)	ΟΔΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ)			
	ΒΑΡΟΣ(Gr)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (%)
25,000	0,00	0,00	0,00	100
19,000	0,00	0,00	0,00	100
12,500	290,00	12,39	12,39	87,61
9,500	114,00	4,87	17,26	82,74
4,750	398,00	17,00	34,26	65,74
2,360	530,00	22,64	56,90	43,10
2,000	131,00	5,60	62,50	37,50
1,180	377,00	16,10	78,60	21,40
1,000	80,00	3,42	82,02	17,98
0,600	178,00	7,60	89,62	10,38
0,425	77,00	3,29	92,91	7,09
0,250	73,00	3,12	96,03	3,97
0,150	35,00	1,50	97,52	2,48
0,075	39,00	1,67	99,19	0,81
Υποδοχέας	19,00	0,81	100,00	
Σ=	2341,00			

Κατάταξη		
		ΟΔΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑ ΕΞΟΔΟΥ (ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ)
ΧΑΛΙΚΕΣ		34,26
ΑΜΜΟΙ	ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΕΣ	28,24
	ΜΕΣΕΣ	30,41
	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΕΣ	6,28
ΙΛΥΣ		0,81
D₆₀		4,14
D₃₀		1,62
D₁₀		0,58
C_u	$C_u = D_{60} / D_{10}$	7,15
C_c	$C_c = D_{30}^2 / D_{60} * D_{10}$	1,09

Συμπεράσματα δεύτερου πρανούς Κάτω Δείγματος

Από το παραπάνω δείγμα διήλθε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% από το κόσκινο No 4 και ποσοστό μικρότερο του 5% από το κόσκινο No 200. Επειδή το $C_u = 7,15 > 6$ και ο δείκτης $C_c = 1,09$ δεν τηρεί το κριτήριο $1 < C_c < 3$ συμπεραίνεται ότι το έδαφος είναι αμμοχαλικώδες με λίγα έως καθόλου λεπτόκοκκα, τύπου SW.

Κοκκομετρική καμπύλη δευτέρου πρανούς

Από τα παραπάνω δεδομένα δημιουργήθηκε κοκκομετρική καμπύλη για κάθε μία περίπτωση ξεχωριστά. Για λόγους ευκολίας και σύγκρισης τοποθετήθηκαν στο ίδιο διάγραμμα και διακρίνονται με χρωματικό διαχωρισμό.



Από το παραπάνω διάγραμμα το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αμμοχαλικώδες με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα τύπου SW, σύμφωνα με την κατάταξη uscs.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης

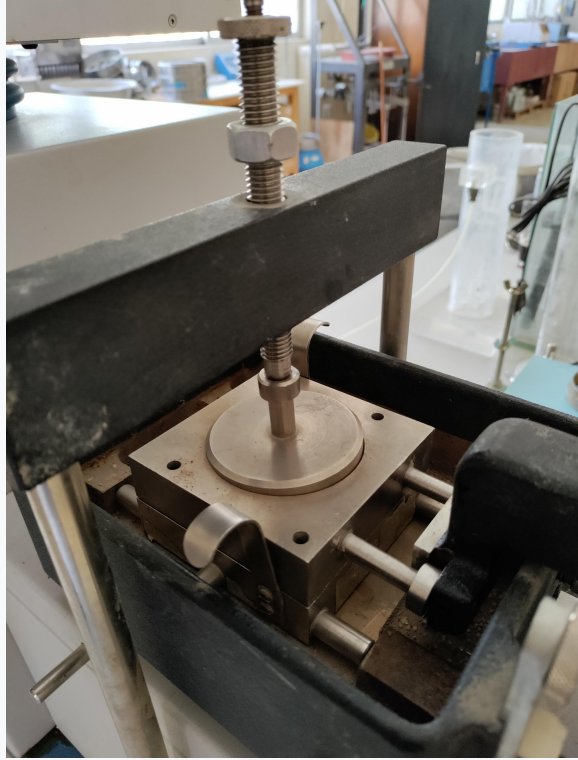
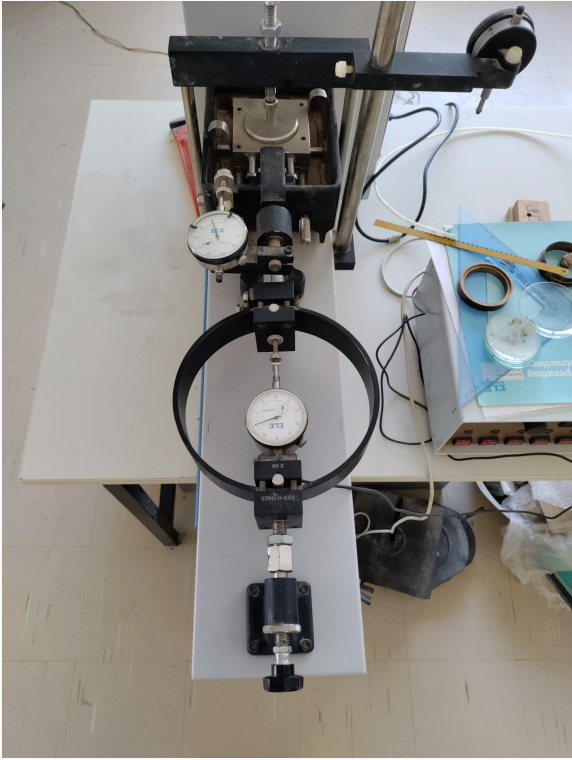
Μετά την ολοκλήρωση της κοκκομετρικής ανάλυσης απαιτήθηκε πειραματικός προσδιορισμός των παραμέτρων διατμητικής αντοχής του εδάφους. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε βραδεία δοκιμή άμεσης διάτμησης. Η πειραματική αυτή διαδικασία αναφέρεται στη βαθμιαία επιβολή διατμητικών μετακινήσεων στο εδαφικό δοκίμιο, προσαρμοσμένο εντός υποδοχέα διάτμησης, μέχρι τη θραύση του κατά μήκος του προδιαγεγραμμένου δοκιμίου ή μέχρι την κατά 10% μετατόπιση αυτού. Η θραύση οφείλεται στην αστοχία, κατά την αστοχία η διατμητική τάση κατά μήκος της επιφάνειας αστοχίας φτάνει στη διατμητική αντοχή του εδάφους, η οποία εξαρτάται από δύο παράγοντες:

- τη συνοχή (c) ανάμεσα στους εδαφικούς κόκκους.
- την αντίσταση στην ολίσθηση μεταξύ των κόκκων, που καλείται και γωνία εσωτερικής τριβής (φ).

Γενικά η δοκιμή άμεσης διάτμησης δείχνει την εσωτερική αντίσταση ανά μονάδα επιφανείας, την οποία μπορεί να προσφέρει το έδαφος για να αντισταθεί στην αστοχία.

Οι εργαστηριακές συσκευές και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής :

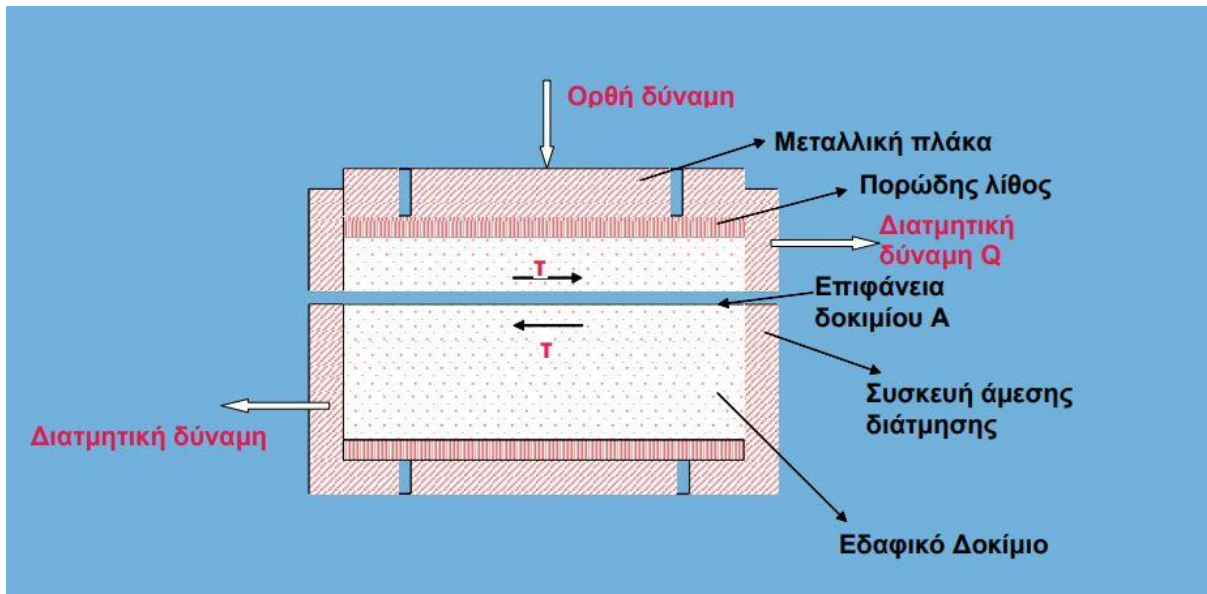
- Κλίβανος ξήρανσης ελεγχόμενος με θερμοστάτη, ικανός να διατηρήσει θερμοκρασία $110 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας.
- Ζυγοί ακριβείας 0,01 & 0,1 gr.
- Συσκευές για την αναζύμωση ή συμπύκνωση του δοκιμίου.
- Διάφορες άλλες μικροσυσκευές γενικής χρήσης όπως μαχαίρια, εξολκέας δείγματος, σπάτουλες, κάψες κ.λ.π.
- συσκευή διάτμησης



φωτογραφίες συσκευής διάτμησης εργαστηρίου εδαφομηχανικής
Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

4.1 Πειραματική Διαδικασία

Το υλικό τοποθετήθηκε στο κουτί διάτμησης σε τρεις στρώσεις με ελαφρά συμπίκνωση μεταξύ αυτών. Το δείγμα περικλείστηκε από πωρόλιθους, οι οποίοι πριν από την χρήση τους βράστηκαν για τον πλήρη κορεσμό τους. Στην συνέχεια τοποθετήθηκε στην συσκευή κουτιού διάτμησης, όπου επιβλήθηκε κατακόρυφη ορθή τάση $\sigma = P/A$ μέσω μεταλλικής πλάκας στο πάνω μέρος του δοχείου. Η κατακόρυφη τάση επιβλήθηκε στο εδαφικό δείγμα με ανάρτηση τυποποιημένων βαρών στην συσκευή. Για κάθε δείγμα ασκήθηκαν τρεις διαφορετικές κατακόρυφες τάσεις προκειμένου να ληφθούν τιμές μέγιστης διατμητικής τάσης για καθένα από αυτά και να σχηματιστούν τα αντίστοιχα διαγράμματα. Τα βάρη που εφαρμόστηκαν στις δοκιμές για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά ήταν πέντε, δέκα και δεκαπέντε κιλά. Το σύστημα επιβολής της ορθής τάσης απαιτείται να είναι ικανό να διατηρεί σταθερή τάση σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής με ακρίβεια $\pm 1\%$. Οι δυνατότητες του μηχανισμού επιβολής του φορτίου παράλληλα προς το επίπεδο διατμήσεως εξαρτώνται από το αν η δοκιμή γίνεται με ελεγχόμενη επιβολή φορτίου ή με ελεγχόμενη επιβολή παραμόρφωσης. Συνήθως επιβάλλεται διατμητική παραμόρφωση με σταθερή ταχύτητα με ανεκτή απόκλιση της τάξεως των $\pm 10\%$. Ακολούθως το ένα τμήμα της συσκευής μετακινήθηκε ως προς το άλλο και εφαρμόστηκε αυξανόμενη διατμητική τάση $\tau = Q/A$ με σταθερή ταχύτητα στο δοκίμιο. Το πάνω κομμάτι του υποδοχέα συνδέθηκε με το δυναμομετρικό δακτύλιο και ήταν σχετικά ακίνητο. Το κάτω κομμάτι εκινείτο μαζί με το μαύρο κιβώτιο.



σχηματικό διάγραμμα διάτμησης-σημειώσεις Εδαφομηχανικής Ι - Ειρήνη Βγενοπούλου

Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε η διάτμηση. Η συσκευή διαθέτει δύο μηχανοσκόπια. Το πρώτο συνδεδεμένο με τον δυναμομετρικό δακτύλιο για την μέτρηση της οριζόντιας τάσης που ασκείται στο δοκίμιο και το δεύτερο συνδεδεμένο με το μαύρο κιβώτιο για την μέτρηση της μετατόπισης. Αφού ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε εξολκέας δείγματος για την εξαγωγή του δείγματος από τον δειγματολήπτη, ώστε η εξαγωγή να γίνει με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του εδαφικού δείγματος.



φωτογραφίες δείγματος σε κουτί διάτμησης μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής από το εργαστήριο εδαφομηχανικής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Οι δύο μετρήσεις καταγράφηκαν σε έντυπο μαζί με τα αντίστοιχα φορτία και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν οι στήλες της κατακόρυφης τάσης (σ), οριζόντιας δύναμης (H), και διατμητικής τάσης (T). Το τυπολόγιο που χρησιμοποιήθηκε είναι το εξής:

- Κατακόρυφη τάση (σ) = Σταθερό φορτίο (Kg) / Εμβαδόν δοκιμίου (m^2)
- Οριζόντια δύναμη (H) = Στροφές φόρτισης / σταθερά του δυναμομετρικού δακτυλίου
- Διατμητική τάση (T) = Οριζόντια δύναμη (H) / Εμβαδόν δοκιμίου (m^2)

Από τα δεδομένα των πινάκων δημιουργήθηκε διάγραμμα Διατμητικής τάσης (T) προς Κατακόρυφη τάση (σ) με τρία σημεία στο κάθε δοκίμιο, από τα οποία διήλθε, με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, η βέλτιστη πειραματική ευθεία. Από τους τύπους των βέλτιστων ευθειών στην συνέχεια βρέθηκε η γωνία εσωτερικής τριβής (φ) αλλά και η συνοχή (c) του εδάφους.

4.2 Υπολογισμοί

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων για την εύρεση της βέλτιστης ευθείας η οποία είναι της μορφής $y = \alpha + \beta x$. Αποδεικνύεται από τη βιβλιογραφία ότι :

Θαυ:

$$\alpha = \frac{(1,580^2 + 3,160^2 + 4,739^2)(1,006 + 2,538 + 3,326) - (1,580 + 3,160 + 4,739)(1,580 \cdot 1,006 + 3,160 \cdot 2,538 + 4,739 \cdot 3,326)}{D}$$

και

$$\beta = \frac{3(1,580 \cdot 1,006 + 3,160 \cdot 2,538 + 4,739 \cdot 3,326) - (1,580 + 3,160 + 4,739)(1,006 + 2,538 + 3,326)}{D}$$

και

$$D = 3(1,580^2 + 3,160^2 + 4,739^2) - (1,580 + 3,160 + 4,739)^2$$

Άρα $\alpha = -0,0292$ και $\beta = 0,73$

συνάρτηση (4.1) (MET)

Από το διάγραμμα βαθμονόμησης του εργαστηριακού εξοπλισμού επιβολής διατμητικών τάσεων που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο, με την βοήθεια των εξισώσεων γραμμικής παρεμβολής (1), προέκυψε η οριζόντια δύναμη (H) το δε παρακάτω :

Υποδιαιρέσεις	0	144,4	289,2	430,3	574,9	719,1	867	1013,7	1160,8	1309,4	1457,9	x_i
KG	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	ψ_i

$$x_2 = \frac{(y_2 - y_1)(x_3 - x_1)}{(y_3 - y_1)} + x_1$$

$$y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1$$

εξισώσεις γραμμικής παρεμβολής (1)

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ

Άνω Δείγμα

Πρανές πρώτο Πάνω Δείγμα				
Φορτίο (KG)	Στροφές Φόρτισης	Κατακόρυφη Τάση (σ) (Kg/cm ²)	Οριζόντια Δύναμη (H) ->(KG)	Διατμητική Τάση (τ) (Kg/cm ²)
50,00	230,00	1,5798	31,855	1,006
100,00	580,00	3,1596	80,330	2,538
150,00	760,00	4,7393	105,260	3,326

Πρανές πρώτο	γωνία εσωτερικής τριβής (φ) (DEG)	συνοχή (c) (Kg/cm ²)	συνοχή (c) (KN/m ²)
Πάνω Δείγμα	42,06	-0,0292	-2,861

Από τον παραπάνω πίνακα με χρήση συνάρτησης (4.1) υπολογίστηκε το έδαφος του πρανού 1 πάνω το οποίο έχει γωνία εσωτερικής τριβής (φ) = 42 μοίρες και η συνοχή (c) είναι -2,861 (KN/m²)

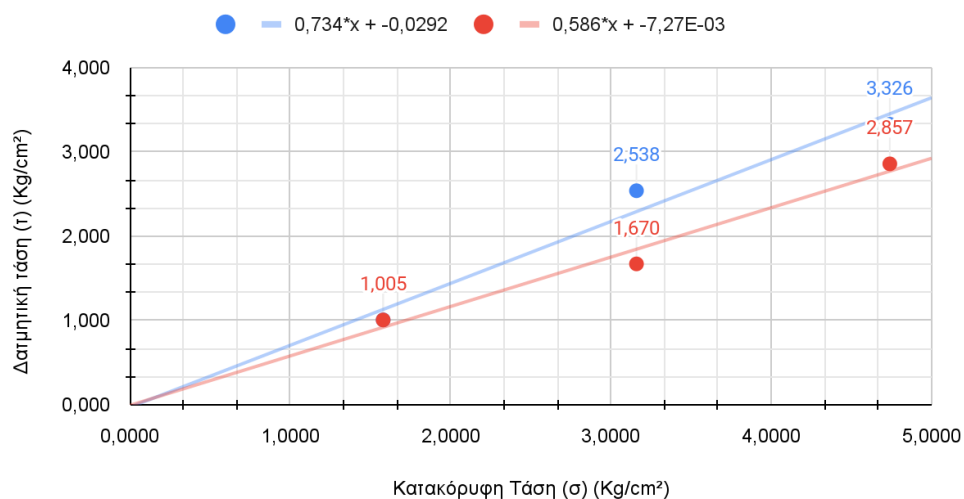
Λόγω έλλειψης πρόσφατης βαθμονόμησης του εργαστηριακού εξοπλισμού και άλλων πιθανών σφαλμάτων η συνοχή του δείγματος αυτού έχει μη αποδεκτή αρνητική τιμή.

Κάτω Δείγμα

Πρανές πρώτο Κάτω Δείγμα				
Φορτίο (KG)	Στροφές Φόρτισης	Κατακόρυφη Τάση (σ) (Kg/cm ²)	Οριζόντια Δύναμη (H) ->(KG)	Διατμητική Τάση (τ) (Kg/cm ²)
50,00	230,00	1,5798	31,820	1,005
100,00	380,00	3,1596	52,870	1,670
150,00	650,00	4,7393	90,420	2,857

Πρανές πρώτο	γωνία εσωτερικής τριβής (φ) (DEG)	συνοχή (c) (Kg/cm ²)	συνοχή (c) (KN/m ²)
κάτω δείγμα	33,58	-0,01	-0,71

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ



Από τον παραπάνω πίνακα χρήση συνάρτησης (4.1) υπολογίστηκε το έδαφος του πρανού 1 κάτω το οποίο έχει γωνία εσωτερικής τριβής (φ) = 33 μοίρες και η συνοχής του (c) είναι -0,71 (KN/m²)

Λόγω έλλειψης πρόσφατης βαθμονόμησης του εργαστηριακού εξοπλισμού και άλλων πιθανών σφαλμάτων η συνοχή του δείγματος αυτού έχει μη αποδεκτή αρνητική τιμή.

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Άνω Δείγμα

Πρανές δεύτερο Πάνω Δείγμα					
Φορτίο (KG)	Στροφές Φόρτισης	Στροφές Μετατόπισης	Κατακόρυφη Τάση (σ) (Kg/cm ²)	Οριζόντια Δύναμη (H) ->(KG)	Διατμητική Τάση (τ) (Kg/cm ²)
50,00	250,00	230,00	1,5798	27,680	0,875
100,00	480,00	315,00	3,1596	66,870	2,113
150,00	620,00	265,00	4,7393	86,260	2,725

Δεύτερο πρανές	γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ) (DEG)	συνοχή (c) (Kg/cm ²)	συνοχή (c) (KN/m ²)
Πάνω Δείγμα	33,56	0,0534	5,236

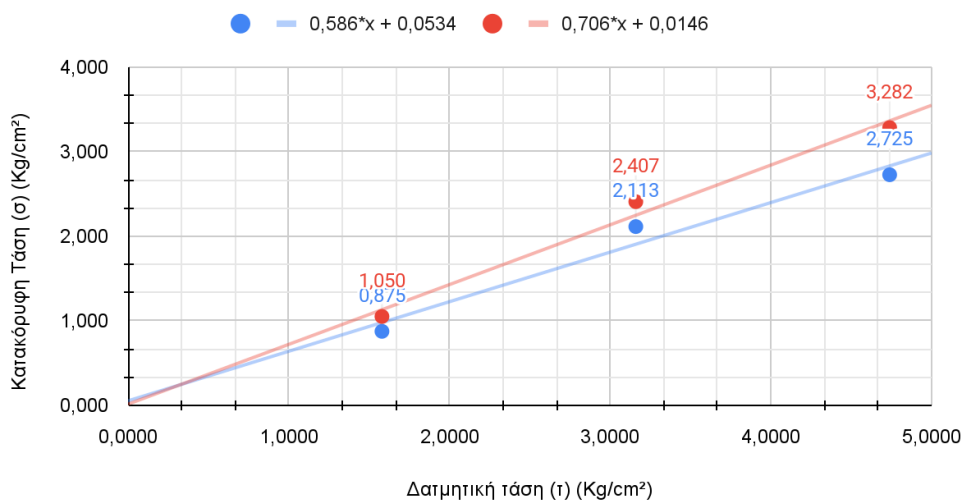
Από τον παραπάνω πίνακα χρήση συνάρτησης (4.1) υπολογίστηκε το έδαφος του πρανούς 2 πάνω το οποίο έχει γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ) = 33 μοίρες και συνοχή (c) ίση με 5,24 (KN/m²)

Κάτω Δείγμα

Πρανές δεύτερο Κάτω Δείγμα				
Φορτίο (KG)	Στροφές Φόρτισης	Κατακόρυφη Τάση (σ) (Kg/cm ²)	Οριζόντια Δύναμη (H) ->(KG)	Διατμητική Τάση (τ) (Kg/cm ²)
50,00	240,00	1,5798	33,240	1,050
100,00	550,00	3,1596	76,175	2,407
150,00	750,00	4,7393	103,875	3,282

Δεύτερο πρανές	γωνία εσωτερικής τριβής (φ) (DEG)	συνοχή (c) (Kg/cm ²)	συνοχή (c) (KN/m ²)
κάτω δείγμα	40,47	0,06	6,04

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

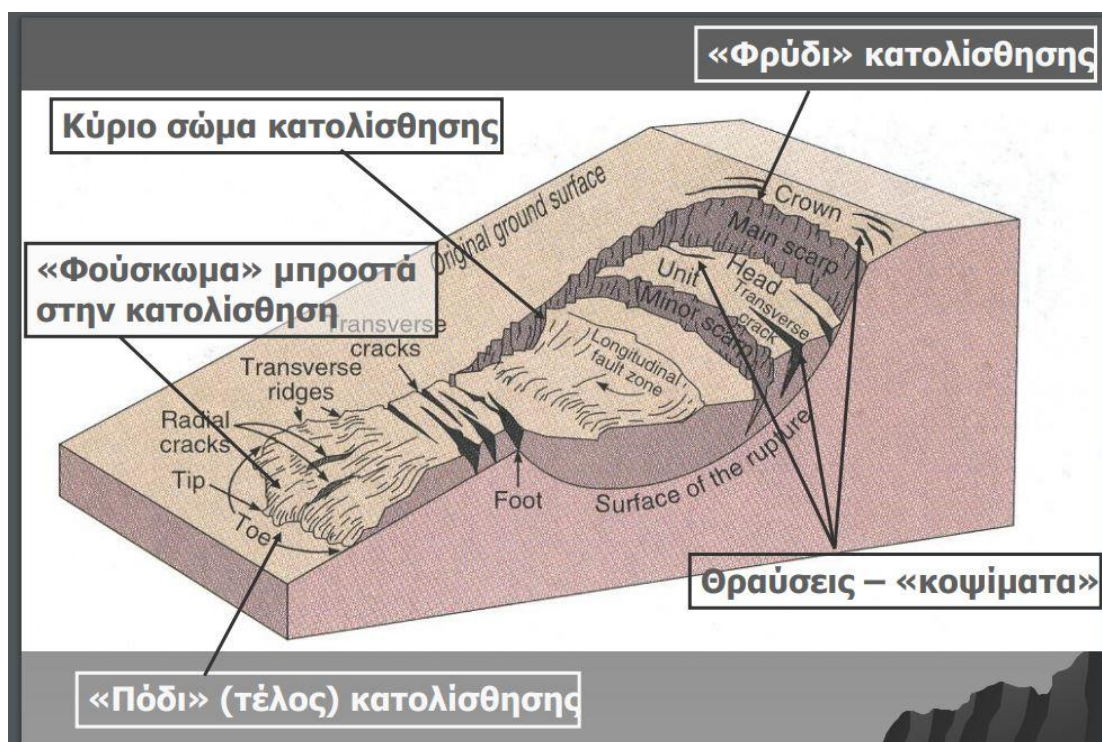


Από τον παραπάνω πίνακα χρήση συνάρτησης (4.1) υπολογίστηκε το έδαφος του πρανούς 2 κάτω το οποίο έχει γωνία εσωτερικής τριβής (φ) = 40 μοίρες και συνοχή (c) ίση με 6,04 (KN/m²)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μελέτη Ευστάθειας Πρανών

Σκοπός της εργασίας που προηγήθηκε ήταν να μελετηθούν τα φυσικά πρανή του παραπάνω οικισμού, δηλαδή κεκλιμένες εδαφικές μάζες σε πλαγιά, τα οποία είχαν ήδη κατολισθήσει ή κινδύνευαν να κατολισθήσουν. Κατολίσθηση πρανούς υφίσταται όταν το πρανές, υπό την επίδραση βαρυτικών δυνάμεων, μετακινείται ταχέως και ολισθαίνει κατά μήκος ενός συγκεκριμένου επιπέδου ολίσθησης σε σχέση με την υποκείμενη σταθερή επιφάνεια ή όταν το πρανές ολισθαίνει και παραμορφώνεται αργά και σε βάθος χρόνου. Η κατολίσθηση, δηλαδή, εκφράζει την αναζήτηση μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους. Το έδαφος διατηρεί την ισορροπία του ακόμη και όταν η ελεύθερη επιφάνειά του είναι κεκλιμένη, όπως στα πρανή, υπό την επίδραση όμως μακροχρόνιων γεωλογικών διεργασιών ή την επίδραση έντονων



φυσικών φαινομένων, όπως οι σεισμοί, ή ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η ισορροπία διαταράσσεται με αποτέλεσμα την μερική ή ολική αστοχία. Η αστοχία ενός πρανούς παρουσιάζει σταδιακή ανάπτυξη. Αρχικά εμφανίζονται ενδείξεις διατάραξης της ισορροπίας, όπως ρωγμές στο ανώτερο μέρος του, εν συνεχεία το τμήμα της

χαλαρωμένης μάζας αρχίζει να κινείται προς το κατώτερο τμήμα του και σιγά-σιγά συσσωρεύεται στο πόδι του πρηνούς. Κατά συνέπεια, έχουμε αρχικό, ενδιάμεσο και τελικό στάδιο μετακίνησης του πρηνούς. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να ερευνηθεί αν τα μελετηθέντα πρηνή διέθεταν ευστάθεια, δηλαδή αντίσταση στο να αστοχήσουν με κατάρρευση ή ολίσθηση.

5.1 Υπολογισμοί

Λόγω αδυναμίας περαίωσης της μελέτης πρηνών με αρνητικές τιμές συνοχής στα δείγματα πρηνούς πρώτου πάνω και κάτω τέθηκαν υπό θετικές τιμές για την συνέχιση της μελέτης. Οι υποθετικές τιμές προσδιορίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα ελάχιστα έως αμελητέα ποσοστά λεπτόκοκκων που βρέθηκαν στα δείγματα από τις κοκκομετρικές αναλύσεις τους. Η συνοχή του άνω δείγματος προσδιορίστηκε σε 4 (KN/m³) και του κάτω δείγματος σε 2 (KN/m³) επειδή το άνω δείγμα περιέχει διπλάσια ποσότητα λεπτόκοκκων σε σχέση με το κάτω.

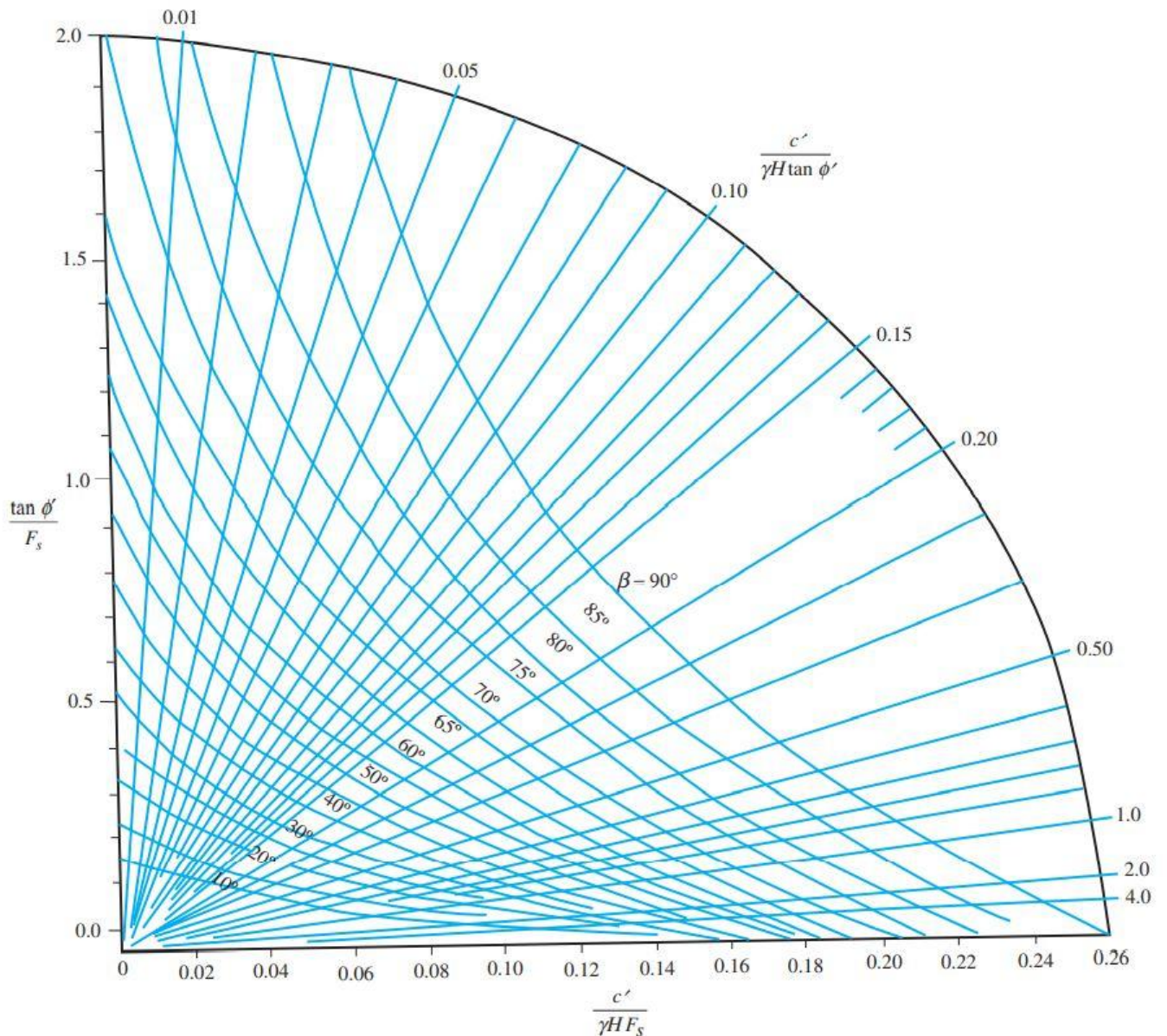
Λόγω της έλλειψης εξοπλισμού ήταν αδύνατη η λήψη αδιατάρακτου δείγματος για τον προσδιορισμό του (γ_d) των εδαφών. Λήφθηκαν από το Ελβετικό τυπικό χαρακτηριστικών εδαφικών συντελεστών “SN-670 010b” προσεγγιστικές τιμές σε σχέση με την κατάταξη των εδαφών. Για την ορθότερη απεικόνιση του συντελεστή ασφαλείας λήφθηκαν τιμές ± 2 (KN/m³) της μέσης τιμής του (γ_d) από το διάγραμμα που απεικονίζεται παρακάτω.

USCS	Description	Average value (kN/m ³)	References
GW	Well graded gravel, sandy gravel, with little or no fines	21 ± 1	[1];
GP	Poorly graded gravel, sandy gravel, with little or no fines	20.5 ± 1	[1];
GM	Silty gravels, silty sandy gravels	21.5 ± 1	[1];
GC	Clayey gravels, clayey sandy gravels	19.5 ± 1.5	[1];
SW	Well graded sands, gravelly sands, with little or no fines	20.5 ± 2	[1];
SP	Poorly graded sands, gravelly sands, with little or no fines	19.5 ± 2	[1];
SM	Silty sands	20.5 ± 2.5	[1];
SC	Clayey sands	18.5 ± 1.5	[1];
ML	Inorganic silts, silty or clayey fine sands, with slight plasticity		[1];
CL	Inorganic clays, silty clays, sandy clays of low plasticity		[1];
OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity		[1];
MH	Inorganic silts of high plasticity		[1];
CH	Inorganic clays of high plasticity		[1];
OH	Organic clays of high plasticity		[1];
Pt	Peat and other highly organic soils		[1];

REFERENCES

1. Swiss Standard SN 670 010b, Characteristic Coefficients of soils, Association of Swiss Road and Traffic Engineers

Ανάλογα με τα (γ_d) και τα πιθανά σφάλματα αυτών πάρθηκαν διαφορετικές τιμές συντελεστή ασφαλείας από το παρακάτω διάγραμμα του Steward et al. (2011) που απεικονίζει την σχέση συνοχής, γωνίας εσωτερικής τριβής, φαινόμενου βάρους, ύψους, κλίσης και συντελεστή ασφαλείας του πρανούς.



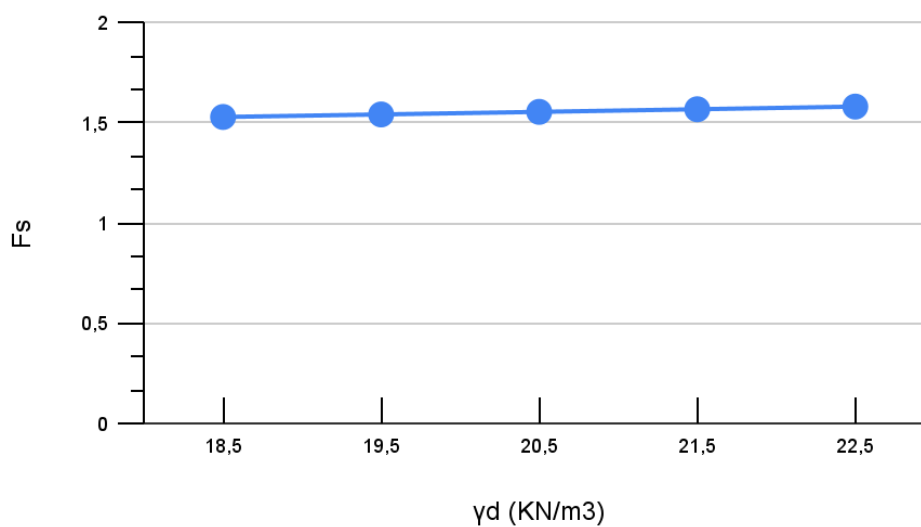
Analysis of Steward et al. (2011)—Design chart to estimate F_s

ΠΡΩΤΟ ΠΡΑΝΕΣ Άνω Δείγμα

Δεδομένα				
H (m)	β(DEG)	φ (RAD)	c (KN/m ²)	γ _d (KN/m ³)
9	35	0,750	4	18,5
				19,5
				20,5
				21,5
				22,5

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ ΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ		
$c/(\gamma_d * H * \tan(\varphi))$	$\tan(\varphi)/F_s$	F _s
0,0258	0,610	1,53
0,0244	0,605	1,54
0,0232	0,600	1,55
0,0222	0,595	1,57
0,0212	0,590	1,58

Διάγραμμα σχέσης F_s/γ_d

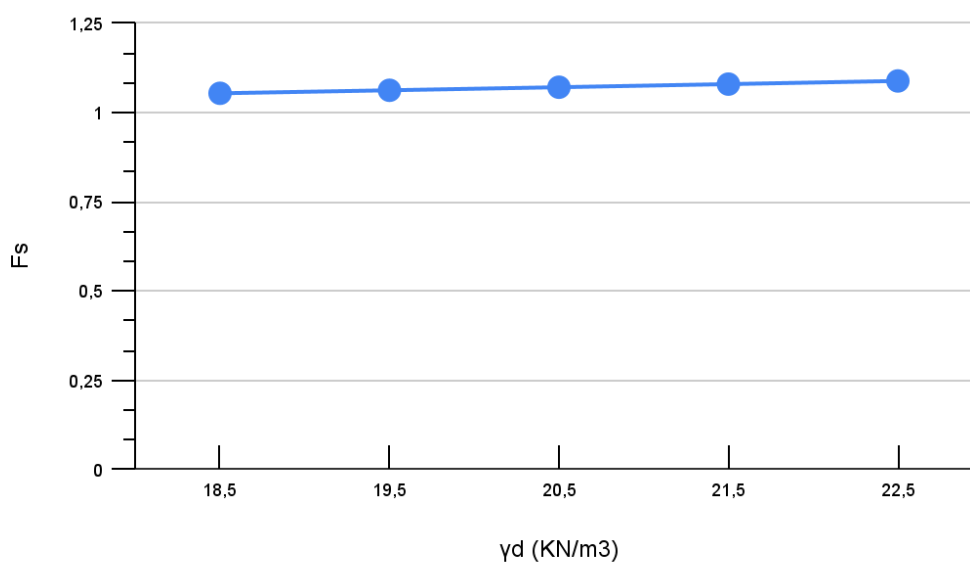


ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ Κάτω Δείγμα

Δεδομένα				
H (m)	β(DEG)	φ (RAD)	c (KN/m ²)	γd (KN/m ³)
9	35	0,586	2	18,5
				19,5
				20,5
				21,5
				22,5

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ		
$c/(\gamma_d \cdot H \cdot \tan(\varphi))$	$\tan(\varphi)/F_s$	F_s
0,0181	0,630	1,05
0,0172	0,625	1,06
0,0163	0,620	1,07
0,0156	0,615	1,08
0,0149	0,610	1,09

Διάγραμμα σχέσης F_s/γ_d

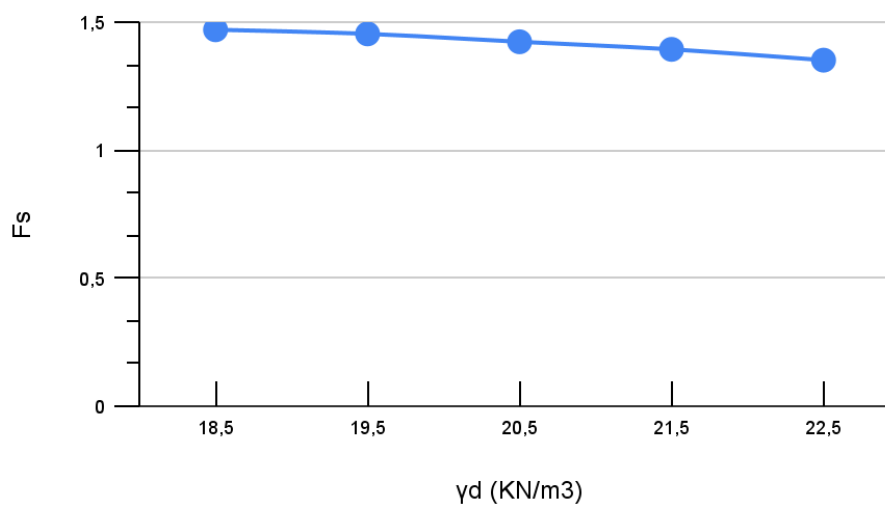


ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Άνω Δείγμα

Δεδομένα				
H (m)	β(DEG)	φ (RAD)	c (KN/m ²)	γd (KN/m ³)
5,5	45	0,590	5,236	18,5
				19,5
				20,5
				21,5
				22,5

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΑΝΩ ΔΕΙΓΜΑ		
$c/(\gamma_d * H * \tan(\varphi))$	$\tan(\varphi)/F_s$	F_s
0,0769	0,455	1,47
0,0729	0,460	1,46
0,0694	0,470	1,42
0,0661	0,480	1,39
0,0632	0,495	1,35

Διάγραμμα σχέσης F_s/γ_d

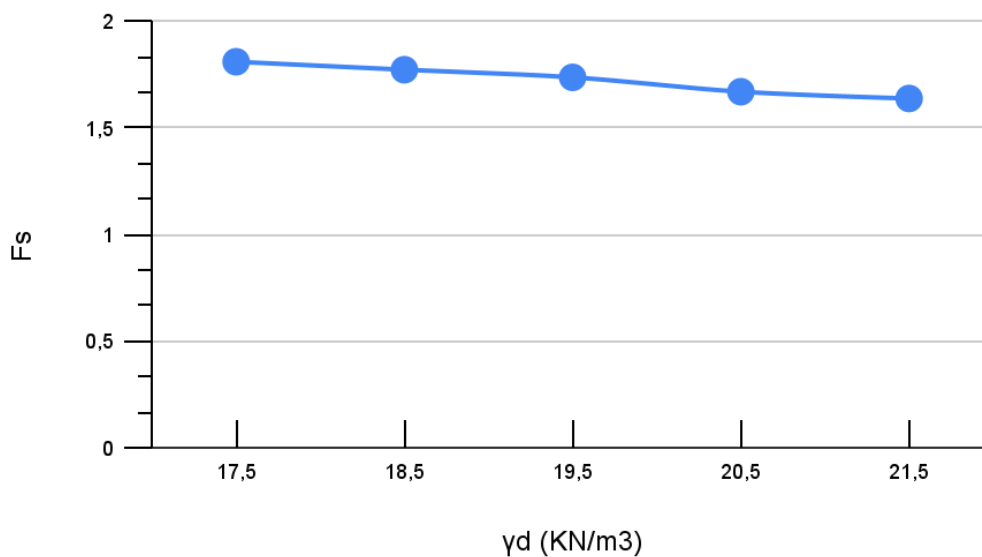


ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Κάτω Δείγμα

Δεδομένα				
H (m)	β(DEG)	φ (RAD)	c (KN/m ²)	γd (KN/m ³)
5,5	45	0,710	6,041	18,5
				19,5
				20,5
				21,5
				22,5

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΑΤΩ ΔΕΙΓΜΑ		
$c/(\gamma_d \cdot H \cdot \tan(\varphi))$	$\tan(\varphi)/F_s$	Fs
0,0691	0,475	1,81
0,0655	0,485	1,77
0,0623	0,495	1,74
0,0594	0,515	1,67
0,0568	0,525	1,64

Διάγραμμα σχέσης Fs/γd



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΡΑΝΕΣ ΠΡΩΤΟ

Προκειμένου το πρανές να βρίσκεται από την πλευρά της ασφάλειας από τα δύο δείγματα του ίδιου πρανούς επιλέγεται το πιο επιρρεπές σε κατολίσθηση. Από την παραπάνω μελέτη προκύπτει ότι το άνω δείγμα διαθέτει ικανοποιητικό δείκτη ασφαλείας, μεγαλύτερο του 1,5. Το κάτω δείγμα εμφανίζει μικρότερους δείκτες ασφαλείας για κάθε διαφορετικό (γ_d), οι οποίοι κυμαίνονται από 1,28 έως 1,33 και είναι αισθητά μικρότεροι του ορίου ασφαλείας. Το πρανές δεν έχει κατολισθήσει ακόμα διότι ο δείκτης (F_s) βρίσκεται στο όριο της ισορροπίας, που σε καμία περίπτωση δεν είναι αποδεκτός. Προκειμένου το πρανές να βρίσκεται προς την πλευρά της ασφάλειας χρήζει γεωτεχνικών έργων αντιστήριξης. Η κατασκευή τοίχων αντιστήριξης αποτελεί την ιδανική και οικονομικότερη λύση για την προστασία του οδοστρώματος αλλά και του εφαπτόμενου ξενώνα.

ΠΡΑΝΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Προκειμένου το πρανές να βρίσκεται από την πλευρά της ασφάλειας από τα δύο δείγματα του ίδιου πρανούς επιλέγεται το πιο επιρρεπές σε κατολίσθηση. Από την παραπάνω μελέτη προκύπτει ότι το κάτω δείγμα διαθέτει ικανοποιητικό δείκτη ασφαλείας, μεγαλύτερο του 1,5. Το άνω δείγμα εμφανίζει μικρότερους δείκτες ασφαλείας για κάθε διαφορετικό (γ_d), οι οποίοι κυμαίνονται από 1,37 έως 1,49 και είναι αισθητά μικρότεροι του ορίου ασφαλείας. Το πρανές δεν έχει κατολισθήσει ακόμα διότι ο δείκτης (F_s) βρίσκεται πάνω από το όριο της ισορροπίας, αλλά σε

καμία περίπτωση δεν είναι αποδεκτός. Προκειμένου το πρανές να βρίσκεται προς την πλευρά της ασφάλειας χρήζει γεωτεχνικών έργων αντιστήριξης. Η κατασκευή τοίχων αντιστήριξης αποτελεί την ιδανική και οικονομικότερη λύση για την προστασία του οδοστρώματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Schaum's Outline of Probability and Statistics, 4th Edition- p.258-p.260

(Steward et al. 2011)-Design chart to estimate F_s

Principles of Geotechnical Engineering (BRAJA M. DAS,KHALED SOBHAN)

ELE international (O.I. clamped Boss Load Measuring Rings 78-0860)

Bishop, A.W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes.

Geotechnique, Vol. 1, pp. 7-17

DIN 4123:Εκσκαφές και τάφροι - Πρανή ,αντιστήριξη

Engineering Field Manual - Chapter 4. Elementary Soil Engineering (USCS)

Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πελοποννήσου Ειρήνη Βγενοπούλου - σημειώσεις
εδαφομηχανικής 1 - eclass uop

Καθηγητή Πανεπιστημίου Πελοποννήσου Ζαχαρία Χρήστου - σημειώσεις
εδαφομηχανικής 1 και 2 - eclass uop

Λουπάκης Κωνσταντίνος - σημειώσεις εδαφομηχανική και στοιχεία θεμελιώσεων -
ΕΜΠ (2013-2014)