



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Αξιολόγηση φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων λεπτόκοκκων εδαφών κατά μήκος της Διώρυγας Θηβών

Μπερής Ανάργυρος

Επιβλέπων: Ζευγώλης Ιωάννης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Αξιολόγηση φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων λεπτόκοκκων εδαφών κατά μήκος της Διώρυγας Θηβών

Μπερής Ανάργυρος

Επιβλέπων: Ζευγώλης Ιωάννης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις ΗΗ/ΜΜ/ΕΤΟΣ

Ζευγώλης Ιωάννης, Αναπλ. Καθηγητής, επιβλέπων .....(Υπογραφή)

Μενεγάκη Μαρία, Καθηγήτρια, .....(Υπογραφή)

Μπενάρδος Ανδρέας, Καθηγητής, .....(Υπογραφή)

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Copyright © Μπερής Ανάργυρος, 2023.

Σχολή Μεταλλειολόγων – Μεταλλουργών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο  
Πολυτεχνείο

Απαγορεύεται η ολική ή μερική αναπαραγωγή του παρόντος κειμένου με ηλεκτρονικό, φωτοτυπικό ή οποιονδήποτε άλλο τρόπο χωρίς τη γραπτή άδεια του συγγραφέα.

# Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον Τομέα Μεταλλευτικής, στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Διάνοιξης Σηράγγων της Σχολής Μεταλλειολόγων – Μεταλλουργών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αντικείμενο της εργασίας είναι η συλλογή, στατιστική επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων, φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών, λεπτόκοκκων εδαφών που έχουν προκύψει από εργαστηριακές αλλά και από επί τόπου δοκιμές. Οι εργασίες αυτές έλαβαν χώρα στο πλαίσιο της γεωτεχνικής έρευνας για την ολοκλήρωση των επεμβάσεων στη Διώρυγα Θηβών του Υδραγωγείου του Μόρνου. Το έργο πραγματοποιήθηκε από την ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΤΕ και τα δεδομένα δόθηκαν σε συνεννόηση με την εταιρεία με σκοπό την περαιτέρω μελέτη στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Με τη συγγραφή αυτής της εργασίας ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στην Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών. Έχοντας φοιτήσει πέντε (5) χρόνια στη σχολή, έχοντας διδαχθεί και εξεταστεί επιτυχώς σε εξήντα (60) μαθήματα και ολοκληρώσει δύο (2) πρακτικές ασκήσεις, έφτασα, στο τελευταίο στάδιο των προπτυχιακών μου σπουδών, όπου περιλαμβάνεται η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Από την επιλογή του θέματος μέχρι την καθοδήγηση για τη συγγραφή και τελικά την εκπόνησή της συνεργάστηκα με τον καθηγητή μου, κύριο Ζευγώλη Ιωάννη, την εταιρεία Εδαφομηχανική ΑΤΕ και τους υπεύθυνους κ.κ. Μπασδέκη Αναστάσιο, Κολλιό Αναστάσιο και Τσιάβο Χαρίλαο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Πρωτίστως τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ζευγώλη Ιωάννη, για την επιστημονική του καθοδήγηση, για τις υποδείξεις του και το γενικότερο ενδιαφέρον που έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια τη συνεργασίας μας, καθώς επίσης και για την κατανόηση που επέδειξε σε δύσκολες προσωπικές στιγμές.

Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Εδαφομηχανική ΑΤΕ, στην οποία ήρθα για πρώτη φορά σε επαφή με το αντικείμενο σπουδών μου μέσω της πρακτικής άσκησής μου, αλλά και εργάστηκα στη συνέχεια ως συμβασιούχος και στο πλαίσιο αυτό είχα την ευκαιρία εκ παραλλήλου να εκπονήσω τη διπλωματική μου εργασία. Πιο συγκεκριμένα, ύστερα από προσωπική παρέμβαση του επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ζευγώλη Ι., και επικοινωνία με τα στελέχη της Εδαφομηχανικής ΑΤΕ κ. κ. Μπασδέκη Αναστάσιο, Κολλιό Αναστάσιο και Τσιάβο Χαρίλαο προκειμένου να με διευκολύνουν στην εξεύρεση και διατύπωση θέματος για τη διπλωματική μου εργασία. Ευχαριστώ θερμά τους παραπάνω συναδέλφους μου, με τους οποίους είχα την τιμή να συνεργαστώ, για την δεκτικότητά τους, την παροχή των στατιστικών στοιχείων και επιστημονικών δεδομένων και την βοήθειά τους προς την κατεύθυνση αυτή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τους γονείς μου Παναγιώτη και Παναγιώτα, τον αδερφό μου Φίλιππο και την κοπέλα μου Ηρώ για την στήριξη, την συμπαράσταση και τη βοήθεια που μου παρείχαν το διάστημα που ασχολήθηκα με την εργασία μου.

# Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη στατιστική επεξεργασία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από εργαστηριακές δοκιμές εδαφικών δοκιμών και δοκιμές πεδίου σε λεπτόκοκκους σχηματισμούς. Τα δείγματα προέρχονται από την ευρύτερη περιοχή του κάμπου της Κωπαΐδας. Το έργο αφορούσε τον προσδιορισμό της στρωματογραφίας και της διαπερατότητας των σχηματισμών θεμελίωσης με απώτερο σκοπό τη στεγανοποίηση της Διώρυγας Θηβών και τη σταθεροποίηση, αντιστήριξη και αποστράγγιση, αυτής και σχετικών τεχνικών (γεφυρών). Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν οι μετρήσεις των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και οι πληροφορίες που προέκυψαν αποτέλεσαν τον κορμό της εργασίας. Σε συνέχεια όλων αυτών, στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας αναλύθηκαν οι αρχικές πληροφορίες. Κατόπιν αυτού, σημαντικό βήμα ήταν η χωροθέτηση των γεωτρήσεων στην εξεταζόμενη περιοχή με σκοπό την αξιολόγηση της περιοχής. Γι' αυτό χρησιμοποιήθηκε η στρωματογραφία, όπως προκύπτει από τα δείγματα των γεωτρήσεων, και η χιλιομετρική θέση αυτών. Παρατηρώντας τα στοιχεία, συμπεραίνεται ότι η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ενιαία. Ύστερα, η εργασία απαντά στο ποια δεδομένα θα αξιολογήσει, δηλαδή αν τα λεπτόκοκκα υλικά διαφοροποιούνται ή συμφωνούν στις τιμές που καταγράφηκαν κατά τις δοκιμές. Όπως προκύπτει, άργιλοι και ιλύες διαφοροποιούνται και η εργασία επικεντρώνεται μόνο στα αργιλικά δείγματα. Έπειτα, παρουσιάζονται συσχετίσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των αργίλων, αναλύονται οι δοκιμές SPT και  $Maag$  και παρουσιάζονται σχήματα που ελέγχουν πως αλληλεπιδρούν οι ιδιότητες μεταξύ τους. Τέλος, διατυπώνονται συμπεράσματα που χαρακτηρίζουν την περιοχή και αναδεικνύονται ζητήματα για περαιτέρω μελέτη.

**Λέξεις Κλειδιά:** εδαφομηχανική, γεωτεχνικές ιδιότητες, εμπειρικές σχέσεις, λεπτόκοκκα υλικά, άργιλοι, ιλύες, Κωπαΐδα

# Abstract

This thesis deals with the statistical processing and evaluation of the results obtained from laboratory tests, soil and rock samples, and field tests in fine-grained formations. The samples come from the wider area of the Kopaida plain. The project concerned the determination of the stratigraphy and permeability of the foundation formations with the ultimate goal of sealing the Thebes Canal and stabilizing, supporting and draining it and the bridges. In addition, the above actions were aimed at investigating the causes of micro-cracks and movements in the body of the bridges. Specifically, the measurements of the tests carried out were analyzed and the resulting information formed the body of the work. Following all this, the initial information was analyzed in the context of the thesis. Following this, an important step was the location of the boreholes in the examined area in order to evaluate the area. That is why the stratigraphy was used, as obtained from the samples of the boreholes, and their kilometer location. Observing the evidence, it is concluded that the area is characterized as a single one. Then, the paper answers what data to evaluate, i.e. whether the fine-grained materials differ or agree with the values recorded during the tests. As it turns out, clays and silts are differentiated and the work focuses only on the clay samples. Then, correlations between clay properties are presented, SPT and Maag tests are analyzed, and schemes are presented that check how the properties interact with each other. Finally, conclusions are formulated that characterize the region and issues for further study are highlighted.

**Keywords:** soil mechanics, geotechnical properties, empirical correlations, fine-grained material, clays, silts, Kopaida

## **Assessment of physical and mechanical properties of fine-grained soils along the axis of Thiva's canal**

by *Anargyros P. Beris*

Thesis Submitted for the Degree  
*Diploma in School of Mining and Metallurgical Engineering*

School of Mining and Metallurgical Engineering  
National Technical University of Athens

Supervisor: Dr. Ioannis E. Zevgolis  
Associate Professor, NTUA



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	3
Αντικείμενο Εργασίας.....	3
Δομή Εργασίας.....	3
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	4
Εισαγωγικά στοιχεία.....	4
Βασικά στοιχεία γεωτεχνικών τευχών.....	4
Γεωτρήσεις - Δειγματοληψία .....	4
Δοκιμές φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.....	4
Ενοποιημένο σύστημα κατάταξης εδαφών USCS .....	5
ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	7
Κάτοψη εξεταζόμενης περιοχής.....	7
Περιοχές διεξαγωγής γεωτρητικών εργασιών .....	7
Συγκεντρωτικά στοιχεία γεωτρήσεων.....	9
Στρωματογραφία και χιλιομετρική θέση γεωτρήσεων .....	9
Συμπεράσματα .....	13
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ .....	14
Εισαγωγικά στοιχεία.....	14
Διαχωρισμός αργιλικών και ιλυωδών δειγμάτων .....	14
Ποσοστό λεπτόκοκκων υλικών επί των δειγμάτων.....	14
Όρια Atterberg, φυσική υγρασία $w$ , φαινόμενο βάρος $\gamma$ και ειδικό βάρος $G_s$ .....	17
Σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων.....	19
Συμπεράσματα .....	20
ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΡΓΙΛΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	21
ΔΟΚΙΜΗ SPT ΚΑΙ MAAG.....	24
Δεδομένα δοκιμών .....	24
Δοκιμή SPT .....	24
Δοκιμή Maag.....	25
ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	26
Δείκτης Υδαρότητας $L_I$ .....	26
Δείκτες Συμπιεστότητας $C_c$ και Επανασυμπίεσης $C_r$ .....	27
Αρχικός Δείκτης Πόρων $e_0$ .....	28
Γωνία Εσωτερικής Τριβής $\phi$ και Συνοχή $c$ .....	29
Αργιλικό Κλάσμα με Δείκτη Πλασιμότητας $PI$ .....	34

Σχήματα με το Μέτρο Συμπίεσης $E_s$ .....	35
Φυσική Υγρασία $w$ , Όριο Υδαρότητας $W_L$ και Πλασιμότητας $W_P$ .....	36
ΣΥΝΟΨΗ.....	39
Συμπεράσματα .....	39
Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	39
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	40
Παράρτημα Πινάκων .....	40
Παράρτημα Σχημάτων .....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67

Σχήμα 1: Ευρύτερη περιοχή του εξεταζόμενου τμήματος του υδραγωγείου (άξονας υδραγωγείου με κόκκινη-πράσινη γραμμή) .....	7
Σχήμα 2: Ποσοστό αργίλου στα δείγματα με Χ.Θ. (C) αριστερά, Ποσοστό αργίλου στα δείγματα με Χ.Θ. (M) δεξιά .....	11
Σχήμα 3: Ποσοστό σε άργιλο με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων .....	11
Σχήμα 4: Όριο Πλασιμότητας LL, Όριο Υδαρότητας PL, Φυσική Υγρασία w με Χ.Θ. (C) αριστερά, (M) δεξιά .....	12
Σχήμα 5: Όριο Πλασιμότητας LL, Όριο Υδαρότητας PL, Φυσική Υγρασία w με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων .....	12
Σχήμα 6: Αριθμός κύπων N με το βάθος .....	24
Σχήμα 7: Συντελεστής διαπερατότητας k με το βάθος .....	25
Σχήμα 8: Δείκτης Υδαρότητας LI με το βάθος .....	26
Σχήμα 9: Δείκτης Υδαρότητας LI με το βάθος με διάκριση στην πλαστικότητα .....	27
Σχήμα 10: Δείκτης Συμπιεστότητας Cc με Δείκτη Επανασυμπίεσης Cr .....	27
Σχήμα 11: Δείκτης Συμπιεστότητας Cc με Δείκτη Επανασυμπίεσης Cr για αργίλους με διαφορετική πλασιμότητα .....	28
Σχήμα 12: Αρχικός Δείκτης Πόρων e0 συναρτήσει του γ (γwet, γdry) .....	29
Σχήμα 13: Αρχικός Δείκτης Πόρων e0 συναρτήσει του γ (γwet, γdry) .....	29
Σχήμα 14: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχή c για τη δοκιμή διάτμησης CU .....	30
Σχήμα 15: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχή c για τη δοκιμή διάτμησης CD .....	30
Σχήμα 16: Ολική Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Ολική Συνοχή c για την τριαξονική δοκιμή CUPP .....	31
Σχήμα 17: Ενεργή Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Ενεργή Συνοχή c για την τριαξονική δοκιμή CUPP .....	31
Σχήμα 18: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχής c για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές .....	32
Σχήμα 19: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με τη Συνοχής c για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές ανά πλασιμότητα .....	32
Σχήμα 20: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές .....	33
Σχήμα 21: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές διαφορετικής πλασιμότητας .....	33
Σχήμα 22: Συνοχή c με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές .....	34
Σχήμα 23: Συνοχή c με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές διαφορετικής πλασιμότητας .....	34
Σχήμα 24: Αργιλικό Κλάσμα με Δείκτη Πλασιμότητας IP .....	35
Σχήμα 25: Αργιλικό Κλάσμα με το Δείκτη Πλασιμότητας IP για αργίλους διαφορετικής πλασιμότητας .....	35
Σχήμα 26: Μέτρο Συμπιέσεως Es με το βάθος για διάφορες τιμές του Es .....	36
Σχήμα 27: Μέτρο Συμπιέσεως Es με το βάθος για διάφορες τιμές του Es και διάκριση ανάλογα την πλασιμότητα .....	36
Σχήμα 28: Φυσική Υγρασία w, Όριο Υδαρότητας WL και Όριο Πλασιμότητας WP με το βάθος .....	37
Σχήμα 29: Φυσική Υγρασία w, Όριο Υδαρότητας WL και Όριο Πλασιμότητας WP με το βάθος για δείγματα διαφορετικής πλασιμότητας .....	38

Πίνακας 1: Ποσότητα δειγμάτων και δοκιμών ανά γεώτρηση .....	5
Πίνακας 2: Ποσότητα δειγμάτων κατά USCS .....	6
Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τη χιλιομετρική θέση των γεωτρήσεων .....	9
Πίνακας 4: Στρωματογραφία βάσει περιγραφής δειγμάτων .....	10
Πίνακας 5: Ποσοστό υλικών επί των αργιλικών δειγμάτων .....	15
Πίνακας 6: Ποσοστό υλικών επί των ιλυωδών δειγμάτων .....	15
Πίνακας 7: Ποσοστό υλικών επί του συνόλου των λεπτόκοκκων .....	16
Πίνακας 8: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία και βάρη αργιλικών δειγμάτων .....	17
Πίνακας 9: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία και βάρη ιλυωδών δειγμάτων .....	17
Πίνακας 10: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία, βάρη λεπτόκοκκων δειγμάτων .....	18
Πίνακας 11: Συσχετίσεις φυσικών - μηχανικών ιδιοτήτων αργιλικών δειγμάτων .....	22

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

## Αντικείμενο Εργασίας

Οι μελέτες και τα δεδομένα που εξήχθησαν λειτούργησαν ως πρόδρομος για την εν λόγω διπλωματική εργασία. Η εργασία στοχεύει στην κατανόηση των χαρακτηριστικών της εξεταζόμενης περιοχής μέσω της μελέτης των μετρήσεων και της επεξεργασίας τους. Κατά τη μελέτη των δεδομένων, αναδύθηκαν δύο βασικά ερωτήματα. Το πρώτο είναι αν η περιοχή δύναται να εξεταστεί ως ενιαίο σύνολο ή υπάρχουν διαφοροποιήσεις κατά τόπους που το καθιστούν αδύνατο. Συνεπώς, μελετήθηκε η θέση που πραγματοποιήθηκε το έργο με σκοπό την εξέρευση του τρόπου με τον οποίο θα μελετηθεί η περιοχή. Το δεύτερο ερώτημα σχετίζεται με τη διάκριση ή μη των αργιλικών και των ιλυωδών δειγμάτων. Έτσι, αναλύθηκαν τα δεδομένα των αργιλικών και ιλυωδών δειγμάτων με στόχο την ομαδοποίησή τους σε περίπτωση συμφωνίας των τιμών τους ή αναζήτηση διαφορετικού τρόπου μελέτης σε περίπτωση μη συμφωνίας. Σκοπός της εργασίας είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για την περιοχή, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για μελλοντικά τεχνικά έργα και εργασίες.

## Δομή Εργασίας

Στη πρώτη ενότητα συγκεντρώνονται οι αρχικές πληροφορίες που αντλήθηκαν από τους πίνακες των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών.

Στη δεύτερη ενότητα εξετάζεται η περιοχή των γεωτρήσεων και γίνεται αναφορά στη στρωματογραφία. Επίσης, παρατηρούνται ορισμένα διαγράμματα φυσικών ιδιοτήτων με τη χιλιομετρική θέση.

Στην τρίτη ενότητα συγκρίνονται άργιλοι και ιλύες με στόχο τη διερεύνηση των δειγμάτων που θα μελετηθούν περαιτέρω.

Στην τέταρτη ενότητα προσδιορίζονται συσχετίσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των αργιλικών δειγμάτων.

Στην πέμπτη ενότητα παρατίθενται οι δοκιμές SPT και Maag.

Στην έκτη ενότητα παρουσιάζονται σχήματα με τις ιδιότητες της εδαφομηχανικής και σχολιάζεται ο τρόπος που αλληλεπιδρούν.

Στην έβδομη ενότητα συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παραπάνω μελέτη της περιοχής.

Στην όγδοη ενότητα βρίσκεται το παράρτημα πινάκων και σχημάτων.

Στην ένατη ενότητα αναφέρονται οι βιβλιογραφικές αναφορές.

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### Εισαγωγικά στοιχεία

Το έργο πραγματοποιήθηκε περίξ της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Θήβας. Συνολικά, εκτελέστηκαν τριάντα πέντε (35) γεωτρήσεις κατά μήκος της διώρυγας και συγκεκριμένα από τη Χ.Θ. 5+100 έως τη Χ.Θ. 38+700. Από κάθε γεώτρηση ελήφθησαν δείγματα (από 6 έως 12, με μέσο όρο 9) για τον προσδιορισμό φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών. Η συναντώμενη στρωματογραφία αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκα εδάφη, κατά κύριο λόγο αργίλους και δευτερευόντως ιλύες.

### Βασικά στοιχεία γεωτεχνικών τευχών

Πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές και τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε πίνακες στην αρχή του Παραρτήματος Πινάκων. Πιο συγκεκριμένα, στους πίνακες αποτυπώνονται τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων και δεδομένα από δοκιμές SPT και Maag.

### Γεωτρήσεις - Δειγματοληψία

Εκτελέσθηκαν τριάντα πέντε (35) γεωτρήσεις (G1I, G1P, G2I, G3P, G4I, G5P, G6P, G7I, G8I, G9P, G10P, G11P, G12I, G12DW, G13P, G14I, G15P, G16I, G17, G18P, G19I, G20P, G21I, GT1, GT5, GT6, GT7, GT8, GT9, GT10, GT11, GT12, GT2P, GT3P, GT4P) από τις οποίες ελήφθησαν συνολικά τριακόσια εννέα (309) δείγματα. Ο μέγιστος αριθμός δειγμάτων σε γεώτρηση είναι δώδεκα (12) και ο ελάχιστος έξι (6), ο δε μέσος όρος δειγμάτων ανά γεώτρηση είναι εννέα (9). Οι δοκιμές που διεξήχθησαν αφορούσαν τόσο φυσικές όσο και μηχανικές ιδιότητες των δειγμάτων.

### Δοκιμές φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων

Για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων των δειγμάτων υλοποιήθηκαν δοκιμές κατάταξης. Η κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα και με αραιόμετρο (υδραυλική ανάλυση), τα όρια ATTERBERG για το όριο υδαρότητας και το όριο πλασιμότητας, καθώς και ο προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας των δοκιμών αποτέλεσαν τον κύριο όγκο των δοκιμών. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για τον προσδιορισμό του ξηρού και του υγρού φαινομένου βάρους, του ειδικού βάρους και οργανικών ουσιών.

Όσον αφορά στις μηχανικές ιδιότητες, εκτελέστηκαν δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης, δοκιμές συμπίεσομέτρου για τον προσδιορισμό του μέτρου

συμπιέσεως με ταυτόχρονη μέτρηση της δυνατότητας για διόγκωση. Επίσης, για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της διατμητικής αντοχής, διενεργήθηκαν δοκιμές διατμήσεως. Στο εργαστήριο έγιναν επίσης δοκιμές τριαξονικής θλίψης με προφορτισμένα – στερεοποιημένα δοκίμια (CUPP) αλλά και με δοκίμια χωρίς στερεοποίηση και αποστράγγιση (UU). Τέλος, έγιναν περιορισμένες δοκιμές δακτυλιοειδούς διάτμησης (Ring Shear Test) με σκοπό τον προσδιορισμό της παραμένουσας γωνίας εσωτερικής τριβής.

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται ο αριθμός των δειγμάτων ανά γεώτρηση και το πλήθος των δειγμάτων για κάθε δοκιμή.

α/α	Γεώτρηση	Φυσικά Χαρακτηριστικά								Μηχανικά Χαρακτηριστικά								
		Δείγματα	Κοκκομετρική Ανάλυση	Όρια Atterberg	Φαινόμενο Βόρος	Πορώδες	Ειδικό Βόρος	Φασική Υγρασία	Όργανικά	Θετικά	Ανεπιτόστι Θύλη	Δοκιμή Διάτμησης	Τριεξονική Δοκιμή	Συμπιεσόμετρο	Διόγκωση	Διαπερατότητα	Δοκιμή Proctor	Δοκιμή CBR
1	G11	10	5	5	3		1	5		3	1		1	1				
2	G1P	9	5	5	2		3	5		1	1		2	1				
3	G2I	12	5	6	3			6		3	2		1	1				
4	G3P	9	5	5	2		2	5		1	1	1	1	1				
5	G4I	10	5	5	2		2	5		2	1	1	1	1				
6	G5P	8	4	4	1		1	4		1	1	1	1	1				
7	G6P	8	4	4	3		1	4		2	1	1	1	1				
8	G7I	9	4	4	3		1	4		2	1	1	1	1				
9	G8I	10	5	5	3		1	5		2	1							
10	G9P	11	6	6	2		1	6		2	1		2					
11	G10P	6	4	4	2			4		1	1							
12	G11P	10	5	5	2		1	5		3		1	1					
13	G12I	10	5	5	2		2	5		2	1	1	1	1				
14	G12DW	7	4	4	2			4		2	1							
15	G13P	12	6	6	3		1	6		4	1		1	1				
16	G14I	10	5	5	3		2	5		2	1		1	1				
17	G15P	9	5	5	2		1	5		2	1		1	1				
18	G16I	9	5	5	2		2	5		2	1		1					
19	G17P	9	5	5	1		1	5	1	2	1		1	1				
20	G18P	7	4	4	2		2	4	1	1	1		1	1				
21	G19I	12	6	6	1		1	6	1	3	1	1	1	1				
22	G20P	8	4	4	1		1	4	1	2	1		1	1				
23	G21I	11	4	4	2		2	4	2	3	1	1	1	1				
24	GT1	9	4	4	1			4		3	1		1	1				
25	GT5	6	3	3	1			3		1	1		1	1				
26	GT6	8	4	4	1			4		2	1		1	1				
27	GT7	7	3	3	1			3	1	2	1		1	1				
28	GT8	7	3	3	1		1	3	1	2	1		1	1				
29	GT9	8	4	4	1			4		2	1		1	1				
30	GT10	7	4	4	1			4		1	1		1	1				
31	GT11	7	3	3	1		1	3	1	2	1		1	1				
32	GT12	7	4	4	1			4		1	1		1	1				
33	GT2P	8	5	5				5		2	1							
34	GT3P	9	5	5	1		1	5	1	2	1		1	1				
35	GT4P	10	5	5	2		1	5	1	3	1		1	1				
	Σύνολο	309	158	158	59	0	33	158	11	0	73	35	7	33	18	0	0	0

Πίνακας 1: Ποσότητα δειγμάτων και δοκιμών ανά γεώτρηση

## Ενοποιημένο σύστημα κατάταξης εδαφών USCS

Το ενοποιημένο σύστημα ταξινόμησης εδαφών (USCS) διαχωρίζει τους σχηματισμούς σε χονδρόκοκκους και λεπτόκοκκους. Χονδρόκοκκα είναι οι χάλικες και οι άμμοι. Οι λεπτόκοκκοι σχηματισμοί, για τους οποίους γίνεται λόγος στην εργασία, είναι οι άργιλοι και οι ιλύες. Στον Πίνακα 2 απεικονίζονται οι σχηματισμοί που συναντήθηκαν κατά τις γεωτρητικές εργασίες.

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ			ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Χαρακτηρισμός USCS	Ποσότητα	%	Χαρακτηρισμός USCS	Ποσότητα	Με δοκιμή
GW			GW		
GP			GP		
GM	2	1,3%	GM	2	2
GC	3	1,9%	GC	1	1
SW			SW		
SP			SP		
SM	9	5,7%	SM	8	8
SC	6	3,8%	SC	8	8
ML	12	7,6%	ML	8	8
CL	77	49,0%	CL	74	73
MH	6	3,8%	MH	6	6
CH	42	26,8%	CH	44	44
Σύνολο	157	100,0%	Σύνολο	151	150

Πίνακας 2: Ποσότητα δειγμάτων κατά USCS

Διαπιστώνεται ότι από τα εκατόν πενήντα επτά (157) δείγματα τα εκατόν δέκα εννέα (119), ποσοστό 76%, περιέχουν άργιλο. Πιο αναλυτικά, το 49% χαρακτηρίζεται ως άργιλος χαμηλής πλασιμότητας και το υπόλοιπο 27% ως υψηλής. Οι άργιλοι χαμηλής πλασιμότητας εμφανίζουν ποσοστά σε άργιλο από 8.2% έως 49.7%, ενώ για τις αργίλους υψηλής πλασιμότητας τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 13.8% και 68.2%. Επιπρόσθετα, παρατηρούμε ότι σε δέκα οκτώ (18) δείγματα ιλύος, τα δώδεκα (12) είναι χαμηλής πλασιμότητας και τα έξι (6) υψηλής πλασιμότητας. Στα ιλυώδη δείγματα τα ποσοστά σε άργιλο είναι χαμηλά με το εύρος κυμαίνεται από 9.2% έως 32.2%. Επίσης, μετρήθηκαν δέκα πέντε (15) δείγματα άμμου. Από αυτά, τα εννέα (9) περιέχουν ιλύ και τα υπόλοιπα άργιλο. Τέλος, εντοπίζονται πέντε (5) δείγματα χαλίκων.

Από τα ποσοστά των σχηματισμών, γίνεται κατανοητό ότι η περιοχή χαρακτηρίζεται, κατά κύριο λόγο από λεπτόκοκκα εδάφη, άργιλο και ιλύ, σε ποσοστό 87%.



## ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### Κάτοψη εξεταζόμενης περιοχής

Η περιοχή στην οποία έλαβαν χώρα οι επεμβάσεις στη διώρυγα Θηβών του υδραγωγείου του Μόρνου εκτείνεται από τη Χ.Θ. 5+100 έως τη Χ.Θ. 38+700, περίπου μεταξύ των περιοχών Μελισσοχώρι, στα νοτιοδυτικά της πόλης της Θήβας, έως την περιοχή της Δαφνούλας προς τα νοτιοανατολικά. Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται η κάτοψη της περιοχής και διακρίνεται η έκταση των εργασιών καθώς και η τοποθεσία των γεωτρήσεων. (Σχ. 1)



Σχήμα 1: Ευρύτερη περιοχή του εξεταζόμενου τμήματος του υδραγωγείου (άξονας υδραγωγείου με κόκκινη-πράσινη γραμμή)<sup>1</sup>

### Περιοχές διεξαγωγής γεωτρητικών εργασιών

Οι ονομασίες των γεωτρήσεων, όπως αυτές ορίστηκαν από την Εδαφομηχανική ΑΤΕ, είναι οι εξής: G1I, G1P, G2I, G3P, G4I, G5P, G6P, G7I, G8I, G9P, G10P, G11P, G12I, G12DW, G13P, G14I, G15P, G16I, G17P, G18P, G19I, G20P, G21I, GT1, GT5, GT6, GT7, GT8, GT9, GT10, GT11, GT12, GT2P, GT3P, GT4P.

Οι γεωτεχνικές εργασίες εκτελέστηκαν στις παρακάτω θέσεις κατά μήκος της διώρυγας Θηβών:

<sup>1</sup>Β. Ξενάκη και Γ. Ντούλης, "Οριστική Μελέτη Ολοκλήρωσης Επεμβάσεων στη Διώρυγα Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου και Σύμβαση Τευχών Δημοπράτησης Μ-202", Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Απρίλιος 2021. Σελ. 5-8

Στην Χ.Θ. 5+100<sup>2</sup> οι γεωτρητικές εργασίες περιέλαβαν την διεξαγωγή μίας (1) δειγματοληπτικής γεώτρησης. Έτσι, εντοπίζεται η γεώτρηση GT5 στην οποία εγκαταστάθηκε και πιεζόμετρο.

Οι αμέσως επόμενες γεωτρήσεις εμφανίζονται σε περιοχές εκδήλωσης αστοχιών. Γι' αυτό το λόγο έχουν πραγματοποιηθεί από δύο (2) γεωτρήσεις σε κάθε περίπτωση και έχουν εγκατασταθεί πιεζόμετρα και κλισιόμετρα. Περί τη Χ.Θ. 14+650 (G20P και G21I), τη Χ.Θ. 15+400 (G18P και G19I), τη Χ.Θ. 16+750 και τη Χ.Θ. 17+500 (G16I και G17P).

Όσον αφορά στην Χ.Θ. 16+750, η γεωτεχνική έρευνα περιλάμβανε μία γεώτρηση, την GT4P. Το ίδιο συμβαίνει και για τη χιλιομετρική θέση Χ.Θ. 21+250 (GT6) με εγκατάσταση πιεζόμετρου και τη Χ.Θ. 22+650 (GT7). Στη Χ.Θ. 24+500 πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση GT8 με εγκατάσταση πιεζόμετρου. Αντίστοιχα, στη Χ.Θ. 25+200 συναντάται τεχνικό έργο, και συγκεκριμένα γέφυρα, η οποία πρόκειται να ανακατασκευαστεί. Για το λόγο αυτό, εκτελέστηκε η γεώτρηση GT3P. Για τη Χ.Θ. 26+050 διανοίχθηκε μία (1) δειγματοληπτική γεώτρηση με εγκατάσταση πιεζόμετρου, η γεώτρηση GT9.

Στη Χ.Θ. 28+050 διανοίχθηκε η γεώτρηση GT2P. Κατά μήκος του αγωγού περί τη Χ.Θ. 28+750 έχουν εκδηλωθεί αστοχίες. Για τους σκοπούς της μελέτης διεξήχθησαν τρεις (3) δειγματοληπτικές γεωτρήσεις με εγκατάσταση γεωτεχνικών οργάνων. Συγκεκριμένα, η γεώτρηση G13P έγινε ανάντη του αγωγού και οι γεωτρήσεις G14I και G15P στα κατόντη του αγωγού.

Γέφυρες εμφανίζονται και στις θέσεις Χ.Θ. 32+550, όπου πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση GT10<sup>3</sup> κατόντη του αγωγού, Χ.Θ. 33+350 στην οποία έγινε η γεώτρηση GT11 κατόντη του αγωγού και στη Χ.Θ. 35+600 που έγινε η γεώτρηση GT12 κατόντη του αγωγού.

Η περιοχή μεταξύ των Χ.Θ. 35+035 και Χ.Θ. 38+225 ονομάζεται «Δαφνούλα» και είναι το τμήμα 7Α. Κατά μήκος της περιοχής της Δαφνούλας, μήκους 3.2km, πρόκειται να εκτελεστούν έργα στεγανοποίησης της διώρυγας και αποκατάστασης αστοχιών που έχουν εκδηλωθεί στο παρελθόν. Ενδεικτικά, στις χιλιομετρικές θέσεις Χ.Θ. 36+535, Χ.Θ. 37+340 και Χ.Θ. 37+630 έχουν συμβεί αστοχίες. Περί τη Χ.Θ. 36+535 εκτελέστηκαν οι γεωτρήσεις G8I, G9P, G10P, G11P, G12I και G12DW (καταστροφική). Στην ενοποιημένη περιοχή από Χ.Θ. 37+340 έως τη Χ.Θ. 37+630 εκτελέστηκαν οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις G1I, G1P, G2I, G3P, G3DW (καταστροφική), G4I, G5P, G6P και G7I.

---

<sup>2</sup> Β. Ξενάκη και Α. Μπασδέκης, "Γεωτεχνικές Έρευνες για τον Έλεγχο Μικρομετακινήσεων σε πέντε θέσεις οδογεφυρών της Διώρυγας Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου", Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022. Σελ. 5-7

<sup>3</sup> Β. Ξενάκη και Γ. Ντούλης, "Οριστική Μελέτη Ολοκλήρωσης Επεμβάσεων στη Διώρυγα Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου και Σύνταξη Τευχών Δημοπράτησης Μ-202", Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022. Σελ. 5-6

Τέλος, στη Χ.Θ. 37+400 πραγματοποιήθηκε η γεώτρηση GT1 για τη διερεύνηση του υπεδάφους με σκοπό την ανακατασκευή της γέφυρας που βρίσκεται στη θέση αυτή.

## Συγκεντρωτικά στοιχεία γεωτρήσεων

Χ.Θ.	Σχετική Χ.Θ. (m)	Σχετική Χ.Θ. (km)	Απόσταση η μεταξύ των γεωτρήσεων	Σχετική Χ.Θ. (%)	Γεωτρήσεις										Αριθμός γεωτρήσεων	Παρατηρήσεις		
5.100	0	0	9,4	0%	GT5												1	Αγωγός
14.500	9.400	9,4	0,15	28%													0	
14.650	9.550	9,55	0,75	28%	G20P	G21I											2	Αστοχές
15.400	10.300	10,3	1,35	31%	G18P	G19I											2	Αστοχές
16.750	11.650	11,65	0,75	35%	GT4P												1	Τεχνικό
17.500	12.400	12,4	3,75	37%	G16I	G17P											2	Αστοχές
21.250	16.150	16,15	1,4	48%	GT6												1	Αγωγός
22.650	17.550	17,55	1,85	52%	GT7												1	Αγωγός
24.500	19.400	19,4	0,7	58%	GT8												1	Αγωγός
25.200	20.100	20,1	0,85	60%	GT3P												1	Τεχνικό
26.050	20.950	20,95	2	62%	GT9												1	Αγωγός
28.050	22.950	22,95	0,7	68%	GT2P												1	Τεχνικό
28.750	23.650	23,65	3,8	70%	G13P	G14I	G15P										3	
32.550	27.450	27,45	0,8	82%	GT10												1	Αγωγός
33.350	28.250	28,25	1,685	84%	GT11												1	Αγωγός
35.035	29.935	29,935	0,565	89%													0	
35.600	30.500	30,5	0,935	91%	GT12												1	Αγωγός
36.535	31.435	31,435	0,805	94%	G8I	G9P	G10P	G11P	G12I	G12DW							6	
37.340	32.240	32,24	0,06	96%													0	
37.400	32.300	32,3	0,23	96%	GT1	G1I	G1P	G2I	G3P	G3DW	G4I	G5P	G6P	G7I		10	Τεχνικό	
37.630	32.530	32,53	0,595	97%													0	
38.225	33.125	33,125	0,475	99%													0	
38.700	33.600	33,6	0	100%													0	

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τη χιλιομετρική θέση των γεωτρήσεων

Στον Πίνακα 3, αποτυπώνεται η κατανομή των γεωτρήσεων, σύμφωνα με τη χιλιομετρική θέση τους. Επίσης, διακρίνεται η σχετική χιλιομετρική θέση των γεωτρήσεων σε m, σε km και σε ποσοστό (%). Έτσι, διακρίνεται πιο ξεκάθαρα η θέση των γεωτρήσεων στον άξονα του Σχήματος 1.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 3, φαίνεται ότι η γεώτρηση GT5 βρίσκεται αποκομμένη από τις υπόλοιπες γεωτρήσεις. Η επόμενη γεώτρηση που συναντάται τοποθετείται 9,55 km ανατολικότερα προς τη Δαφνούλα. Συνοπτικά, η γεώτρηση GT5 είναι απομονωμένη από τον κύριο όγκο των γεωτεχνικών ερευνών, αφού οι υπόλοιπες γεωτρήσεις έχουν απόσταση από 0,7 έως 3,75 km.

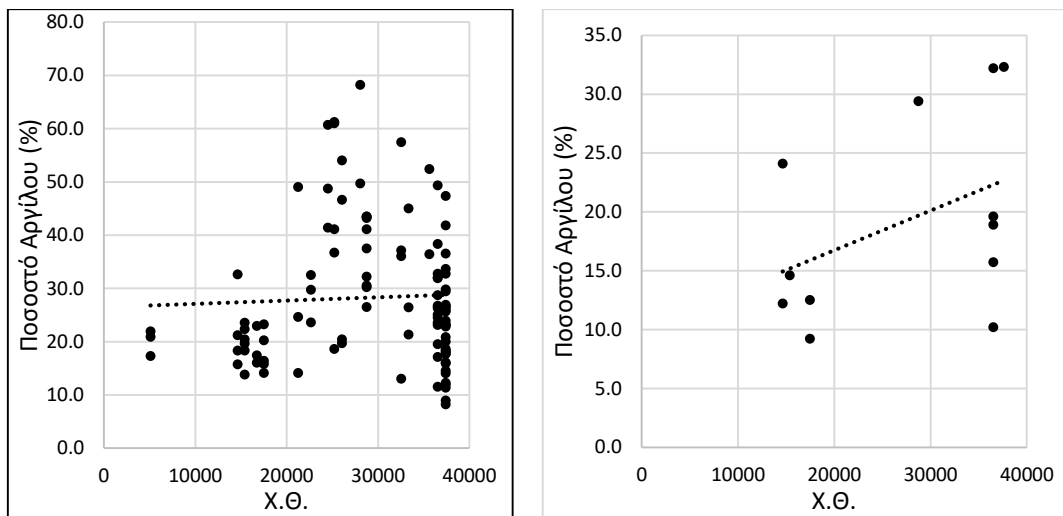
## Στρωματογραφία και χιλιομετρική θέση γεωτρήσεων

Αρχικά, μελετάται η λιθολογική περιγραφή όπως εμφανίζεται στον πίνακα των φυσικών χαρακτηριστικών στο Παράρτημα Πινάκων. Έπειτα, κατασκευάζεται πίνακας, με τους ορίζοντες κάθε γεώτρησης. Οι γεωτρήσεις κατανέμονται βάσει της χιλιομετρικής τους θέσης και γίνεται αναφορά στο βάθος του δείγματος, στο σχηματισμό που συναντάται και στο ποσοστό του δείγματος σε ιλύ και άργιλο. Σκόπιμα, έχουν παραληφθεί τα βάρη όπου δεν εμφανίζονται σχηματισμοί. Τα προαναφερθέντα βρίσκονται στον Πίνακα 4.

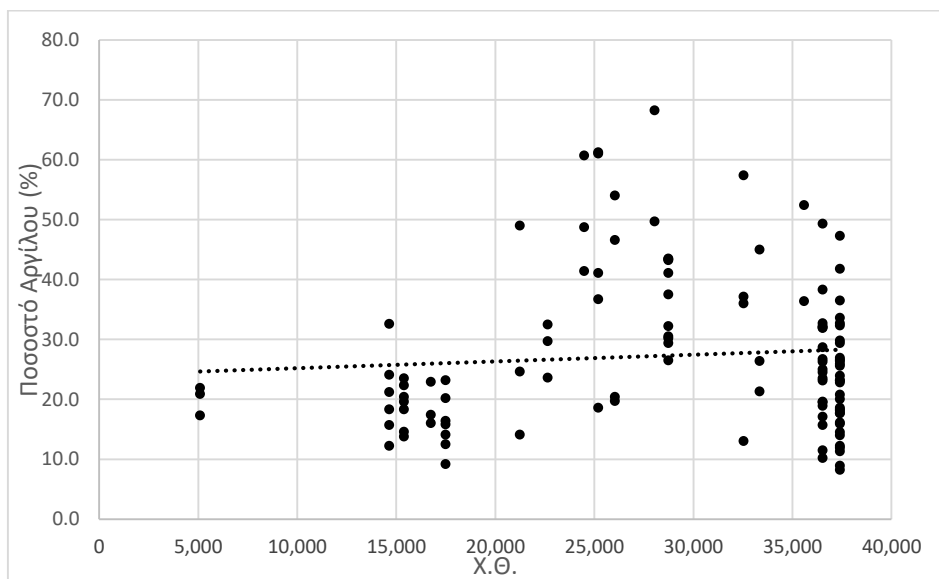
Χ.Θ.	5.100	14.650	14.650	15.400	15.400	16.750	17.500	17.500	21.250	22.650	24.500	25.200	26.950	28.950	28.750	28.750	28.750	32.550	33.350	35.600	36.535	36.535	36.535	36.535	36.535	36.535	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400	37.400			
Σύνολο Χ.Θ. (m)	0	9.550	9.550	10.300	10.300	11.650	12.400	12.400	16.150	17.550	19.400	20.100	20.950	22.950	23.650	23.650	27.450	28.250	30.900	31.435	31.435	31.435	31.435	31.435	31.435	31.435	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300	32.300			
Σύνολο Χ.Θ. (%)	0%	28%	28%	31%	31%	35%	37%	37%	48%	52%	58%	60%	62%	68%	70%	70%	70%	82%	84%	91%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	96%	
Βάθος	Χαρακτηριστικά	GT5	GT2P	GT11	GT8P	GT9I	GT4P	GT6I	GT7P	GT6	GT7	GT8	GT3P	GT9	GT2P	GT13P	GT4I	GT15P	GT10	GT11	GT12	GT8	GT9P	GT10P	GT11P	GT12	GT1D	GT12W	GT1	GT11	GT1P	GT2I	GT3P	GT4I	GT5P	GT6P	GT7I				
0-1.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
1.00-2.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού	1.40-1.70 CH				1.30-1.70 CL		1.00-1.30 CL	1.20-1.50 CL	1.40-1.80 GM																															
2.00-3.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού	2.50-2.90 CL	2.00-2.30 CH			2.00-2.30 CL	2.60-2.90 ML	2.30-2.70 CL							2.70-3.00 CL	2.00-2.30 CL																									
3.00-4.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
4.00-5.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού	4.00-4.30 CH				4.70-5.00 CL		4.30-4.60 SM	4.40-4.80 GM																																
5.00-6.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
6.00-7.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού	6.00-6.30 CH	6.40-6.70 CH																																						
7.00-8.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
8.00-9.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
9.00-10.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού	8.70-10.00 CH	9.50-9.80 ML																																						
10.00-11.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
11.00-12.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
12.00-13.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
13.00-14.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
14.00-15.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
15.00-16.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
16.00-17.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
17.00-18.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
18.00-19.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
22.00-23.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								
24.00-25.00	Ευρος Βάθους USCS Πλο. Μασκ Πλο. Απυκτού																																								

Πίνακας 4: Στριματογραφία βάσει περιγραφής δειγμάτων

Μελετώντας τον Πίνακα 4 διαπιστώνεται ότι οι οριζόντες παρουσιάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό ομοιότητες ως προς τον σχηματισμό. Κυριαρχούν οι λεπτόκοκκοι σχηματισμοί, με τις αργίλους να εμφανίζονται σε ποσοστό 76% και τις ιλύες 11,4%. Οι εμφανίσεις χαλίκων και άμμων είναι περιορισμένες και δεν εναλλάσσονται συχνά με τα λεπτόκοκκα. Η διαπίστωση αυτή, δεν είναι ικανή να οδηγήσει στη θεώρηση της περιοχής ως ενιαίας. Συνεπώς, σε αυτή την κατεύθυνση θα αξιοποιηθεί και η χιλιομετρική θέση των γεωτρήσεων. Για κάθε χιλιομετρική θέση υπάρχουν καταγεγραμμένες οι τιμές των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα. Τα σχήματα που ακολουθούν αναφέρονται στα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφικών δειγμάτων των αργίλων, των ιλύων και των λεπτόκοκκων συνολικά. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται τα παρακάτω σχήματα:

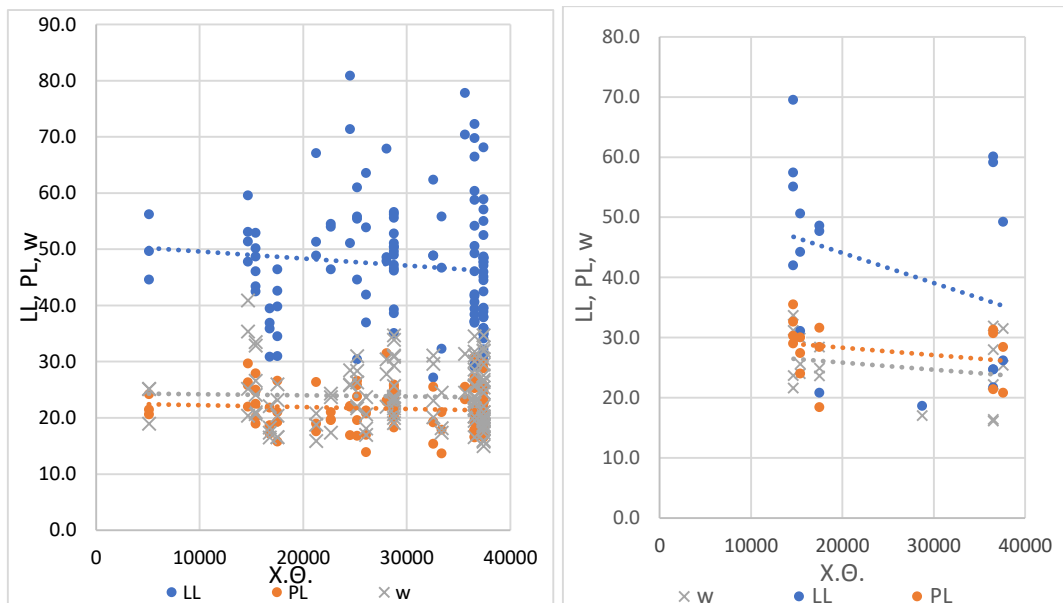


Σχήμα 2: Ποσοστό αργίλου στα δείγματα με Χ.Θ. (C) αριστερά, Ποσοστό αργίλου στα δείγματα με Χ.Θ. (M) δεξιά

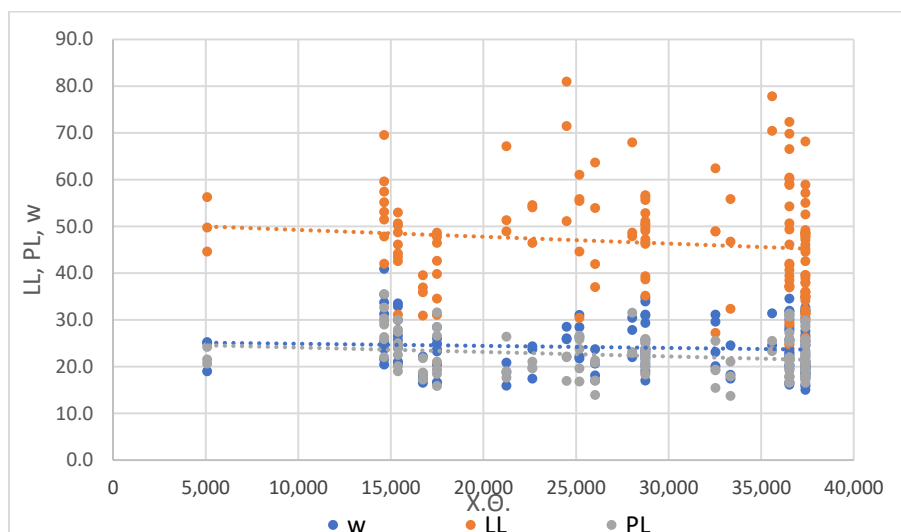


Σχήμα 3: Ποσοστό σε άργιλο με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων

Στο Σχήμα 2 φαίνεται το ποσοστό της αργίλου στα δείγματα με βάση τη χιλιομετρική θέση. Στα αριστερά τοποθετούνται τα αργιλικά δείγματα και στα δεξιά τα ιλυώδη. Παρατηρείται ότι η γραμμή της τάσης των τιμών έχει πολύ μικρή κλίση για τις αργίλους. Στα αργιλικά δείγματα το ποσοστό της αργίλου λαμβάνει τιμές από 8,2% έως 68,2% με τις περισσότερες μετρήσεις να εντοπίζονται μεταξύ του 10% και 39%. Αυτό σημαίνει ότι η μέση τιμή των μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών δεν μεταβάλλονται ιδιαίτερα. Αντίθετα, στα ιλυώδη δείγματα παρατηρείται ελαφρώς μεγαλύτερη κλίση στη γραμμή της τάσης. Ωστόσο, από το Σχήμα 3, που αφορά το ποσοστό της αργίλου για τους λεπτόκοκκους σχηματισμούς συνολικά, γίνεται αντιληπτό ότι η κλίση ομοιάζει με αυτή των αργιλικών δειγμάτων. Δηλαδή, τα ιλυώδη δείγματα δεν επηρεάζουν ουσιαστικά τα αποτελέσματα των αργιλικών δειγμάτων.



Σχήμα 4: Όριο Πλασιμότητας LL, Όριο Υδαρότητας PL, Φυσική Γρασαία w με X.Θ. (C) αριστερά, (M) δεξιά



Σχήμα 5: Όριο Πλασιμότητας LL, Όριο Υδαρότητας PL, Φυσική Γρασαία w με X.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων

Τα Σχήματα 4 και 5 αφορούν στην παρατήρηση του Ορίου Πλασιμότητας LL, του Ορίου Υδαρότητας PL και της Φυσικής Υγρασίας  $w$  με βάση τη χιλιομετρική θέση. Το Σχήμα 4 αναφέρεται στις αργίλους στο αριστερό τμήμα και στις ιλύες στο δεξιό. Το Σχήμα 5 αφορά τα λεπτόκοκκα εδάφη συνολικά. Στα αργιλικά δείγματα παρατηρείται μικρή κλίση στα LL και PL και ελαφρώς μεγαλύτερη στη Φυσική Υγρασία. Για τα ιλυώδη δείγματα, οι κλίσεις είναι εντονότερες και για τα τρία μεγέθη όπως φαίνεται στο σχήμα.

Το LL στις αργίλους παίρνει τιμές από 27,2% έως 80,9%, ενώ στις ιλύες από 18,6% έως 69,5%. Επίσης για τις αργίλους, καταγράφηκαν τιμές 13,7% έως 31,5% και 15% έως 40,9%, για το Όριο Πλασιμότητας PL και τη Φυσική Υγρασία αντίστοιχα. Για τις ιλύες, τα ποσοστά αυτά ήταν 18,4% έως 35,5% και 16,1% έως 33,7%. Το κοινό διάγραμμα έδειξε ότι οι τάσεις των μεγεθών παραμένουν σχετικά όμοιες με αυτές των αργίλων.

Οι διαπιστώσεις αυτές είναι σημαντικές αφού δείχνουν ότι οι τιμές που έχουν προκύψει διαφέρουν σε μικρό βαθμό, σε όποια θέση και αν αναφέρονται και όση απόσταση και αν έχουν μεταξύ τους τα δείγματα.

Στο Παράρτημα Σχημάτων παρατίθενται και άλλα σχετικά σχήματα για τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των δειγμάτων. Σε όλες τις περιπτώσεις τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των λεπτόκοκκων ακολουθούν πλήρως τη σταθερότητα των τάσεων που εμφανίζεται στα σχήματα των αργιλικών δειγμάτων. Τόσο η εικόνα της στρωματογραφίας όσο και τα πορίσματα που προκύπτουν από τις τιμές των σχημάτων είναι καθοριστικοί παράγοντες για να διαμορφωθεί το πλαίσιο της θεώρησης της εξεταζόμενης περιοχής ως ενιαίας περιοχής με κοινά χαρακτηριστικά.

## Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η εξεταζόμενη περιοχή εκτείνεται σε μία έκταση 35 χιλιομέτρων στην οποία πραγματοποιήθηκαν τριάντα πέντε (35) γεωτρήσεις. Κάθε γεωτρητικό συγκρότημα απέχει από 0,7 km έως 3,75 km από το επόμενο του με ένα μέσο όρο 1,46 km. Τέθηκε το ερώτημα, αν αυτή η περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί γεωλογικά ενιαία. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε η στρωματογραφία της περιοχής. Όπως φάνηκε, η στρωματογραφία εμφανίζεται όμοια σε μεγάλο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό, όμως, δεν είναι επαρκές για να θεωρηθεί η περιοχή ως ενιαία. Συνεπώς, απαραίτητο κρίθηκε να κατασκευαστούν σχήματα με βάση τη χιλιομετρική θέση. Η παρατήρηση αυτών έδειξε ότι η μέση τιμή των μετρήσεων και η τυπική απόκλιση δεν μεταβάλλονται ιδιαίτερα. Άρα, η περιοχή δύναται να χαρακτηριστεί ως ενιαία και σε αυτή τη διαπίστωση θα βασιστεί το υπόλοιπο της παρούσας εργασίας.

## ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

### Εισαγωγικά στοιχεία

Εφόσον κρίθηκε ότι η περιοχή μελετάται ως ενιαία, όλες οι εργασίες περιλαμβάνουν και αναφέρονται στο σύνολο των λεπτόκοκκων κατά μήκος του άξονα της εξεταζόμενης περιοχής.

### Διαχωρισμός αργιλικών και ιλυωδών δειγμάτων

Συνεπώς, μελετώνται τα δεδομένα και των αργιλικών δειγμάτων και των ιλυωδών δειγμάτων και εξετάζεται κατά πόσο ομοιάζουν άργιλοι και ιλύες με σκοπό να αποσαφηνιστεί αν αξιολογηθούν από κοινού. Στην κατεύθυνση αυτή θα βοηθήσει η εξέταση ορισμένων στοιχείων. Περιληπτικά, υπολογίζεται το πλήθος  $N$  των δειγμάτων για κάθε δοκιμή και ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση που εμφανίζεται και η οποία αποτελεί μέτρο της διασποράς των τιμών σε σχέση με το μέσο όρο, ο συντελεστής μεταβλητότητας  $COV$ , η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, το εύρος των τιμών και η μέση τιμή. Η σύγκριση των παραπάνω στοιχείων γίνεται για τις αργίλους, τις ιλύες και τα λεπτόκοκκα υλικά και με διάκριση στην πλασιμότητα.

Σημειώνεται ότι μετρήθηκαν εκατόν δέκα εννέα (119) αργιλικά δείγματα και δέκα οκτώ (18) ιλυώδη. Συνεπώς, οι άργιλοι είναι περίπου έξι (6) φορές παραπάνω από τις ιλύες. Καθοριστικοί παράγοντες για τη διάκριση ή μη αργίλων και ιλύων είναι ο συντελεστής μεταβλητότητας  $COV$  και η μέση τιμή.

### Ποσοστό λεπτόκοκκων υλικών επί των δειγμάτων

Προκειμένου να μελετηθούν τα ποσοστά των λεπτόκοκκων υλικών στα δείγματα, κατασκευάστηκαν πίνακες με τα φυσικά χαρακτηριστικά οι οποίοι βρίσκονται στο Παράρτημα Πινάκων. Μέρος αυτών των πινάκων παρατίθεται παρακάτω. Συγκεκριμένα, οι Πίνακες 5, 6 και 7 περιέχουν τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω για τα ποσοστά των λεπτόκοκκων υλικών.



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ
<b>ΑΡΓΙΛΟΙ CL-CH</b>	Πλήθος N	119	119	106	106	119
	Μέσος Όρος	3,9	14,3	53,2	28,3	81,8
	Τυπική Απόκλιση	4,4	9,5	10,7	13,1	10,4
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	113%	66%	20%	46%	13%
	min	0,0	0,8	29,3	8,2	53,7
	max	29,0	36,3	79,2	68,2	98,9
	range	29,0	35,5	49,9	60,0	45,2
	median	2,8	12,3	53,3	24,6	83,0
<b>ΑΡΓΙΛΟΙ CL</b>	Πλήθος N	77	77	70	70	77
	Μέσος Όρος	4,4	17,9	54,6	23,0	77,7
	Τυπική Απόκλιση	5,0	9,0	9,9	8,5	9,5
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	115%	50%	18%	37%	12%
	min	0,0	2,8	29,5	8,2	53,7
	max	29,0	36,3	79,2	49,7	95,5
	range	29,0	33,5	49,7	41,5	41,8
	median	3,0	16,5	55,9	22,1	78,6
<b>ΑΡΓΙΛΟΙ CH</b>	Πλήθος N	42	42	36	36	42
	Μέσος Όρος	3,0	7,6	50,3	38,4	89,4
	Τυπική Απόκλιση	2,7	6,3	11,8	14,5	7,4
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	89%	83%	23%	38%	8%
	min	0,0	0,8	29,3	13,8	69,6
	max	10,8	27,7	73,2	68,2	98,9
	range	10,8	26,9	43,9	54,4	29,3
	median	2,5	5,8	50,7	36,6	91,8

Πίνακας 5: Ποσοστό υλικών επί των αργιλικών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ
<b>ΙΛΥΕΣ ML-ΜΗ</b>	Πλήθος N	18	18	12	12	18
	Μέσος Όρος	4,2	19,2	58,7	19,2	76,6
	Τυπική Απόκλιση	5,4	11,2	10,4	8,4	12,5
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	128%	58%	18%	44%	16%
	min	0,3	1,2	42,6	9,2	54,8
	max	22,2	38,1	74,7	32,3	94,8
	range	21,9	36,9	32,1	23,1	40,0
	median	1,8	19,0	60,1	17,3	76,5
<b>ΙΛΥΕΣ ML</b>	Πλήθος N	12	12	9	9	12
	Μέσος Όρος	4,4	23,0	56,2	17,2	72,6
	Τυπική Απόκλιση	6,4	10,3	10,6	8,3	11,9
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	145%	45%	19%	48%	16%
	min	0,3	6,9	42,6	9,2	54,8
	max	22,2	38,1	74,7	32,3	92,5
	range	21,9	31,2	32,1	23,1	37,7
	median	1,6	23,6	53,8	14,6	69,7
<b>ΙΛΥΕΣ ΜΗ</b>	Πλήθος N	6	6	3	3	6
	Μέσος Όρος	3,9	11,5	66,4	25,3	84,7
	Τυπική Απόκλιση	3,2	9,2	5,7	6,4	10,1
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	81%	80%	9%	25%	12%
	min	0,6	1,2	59,9	19,6	68,7
	max	8,4	22,9	70,7	32,2	94,8
	range	7,8	21,7	10,8	12,6	26,1
	median	3,1	8,8	68,5	24,1	88,2

Πίνακας 6: Ποσοστό υλικών επί των ιλυωδών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CL-CH, ML-MH	Πλήθος N	137	137	118	118	137
	Μέσος Όρος	3,9	14,9	53,7	27,3	81,1
	Τυπική Απόκλιση	4,5	9,8	10,8	12,9	10,8
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	115%	66%	20%	47%	13%
	min	0,0	0,8	29,3	8,2	53,7
	max	29,0	38,1	79,2	68,2	98,9
	range	29,0	37,3	49,9	60,0	45,2
	median	2,7	13,6	53,7	23,8	82,4
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CL-ML	Πλήθος N	89	89	79	79	89
	Μέσος Όρος	4,4	18,6	54,8	22,4	77,0
	Τυπική Απόκλιση	5,2	9,3	9,9	8,6	9,9
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	118%	50%	18%	38%	13%
	min	0,0	2,8	29,5	8,2	53,7
	max	29,0	38,1	79,2	49,7	95,5
	range	29,0	35,3	49,7	41,5	41,8
	median	2,9	18,0	55,7	21,2	78,4
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CH-MH	Πλήθος N	48	48	39	39	48
	Μέσος Όρος	3,1	8,1	51,5	37,4	88,8
	Τυπική Απόκλιση	2,7	6,7	12,2	14,5	7,8
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	87%	83%	24%	39%	9%
	min	0,0	0,8	29,3	13,8	68,7
	max	10,8	27,7	73,2	68,2	98,9
	range	10,8	26,9	43,9	54,4	30,2
	median	2,5	6,2	52,2	36,4	91,4

Πίνακας 7: Ποσοστό υλικών επί του συνόλου των λεπτόκοκκων

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5, από τα 119 δείγματα των αργίλων, τα 42 είναι υψηλής πλασιμότητας (CH) και τα 77 χαμηλής (CL). Ο Πίνακας 6 πληροφορεί ότι στις ιλύες, τα 18 δείγματα διακρίνονται σε 6 MH και 12 ML. Συνολικά, στον Πίνακα 7, γίνεται αναφορά σε 137 δείγματα, εκ των οποίων 48 με υψηλή πλασιμότητα (CH ή MH) και 89 με χαμηλή (CL ή ML).

Προκύπτει ότι, τα δείγματα των αργίλων εμφανίζουν μέσο όρο ποσοστού σε ιλύ και άργιλο 81,8 (Πίν. 5). Η τυπική απόκλιση ισούται με 10,4 και η μέση τιμή παρουσιάζεται να είναι 83,0. Ο συντελεστής COV ισούται με 13%.

Από την άλλη, στις ιλύες το ποσοστό παρουσίας ιλύος και αργίλου πλησιάζει το 77,0%. Στο σύνολό τους οι ιλύες χαρακτηρίζονται από τυπική απόκλιση ίση με 12,5 με COV 16% και τιμή median 76,5 (Πιν. 6).

Συγκεντρωτικά, επί του συνόλου των δειγμάτων (Πιν. 7), ο μέσος όρος φτάνει το 81,1% με μέση τιμή 82,4 και τυπική απόκλιση 10,8, όπου το COV είναι 13%. Αν διαχωριστούν τα λεπτόκοκκα δείγματα βάσει πλασιμότητας, τότε για την υψηλή πλασιμότητα προκύπτουν μέσος όρος 88,8 και COV 9%, ενώ για την χαμηλή πλασιμότητα 77,0 και 13%. Τα στοιχεία δείχνουν την ομοιότητα μεταξύ των δύο σχηματισμών.

## Όρια Atterberg, φυσική υγρασία w, φαινόμενο βάρος γ και ειδικό βάρος Gs

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζονται οι Πίνακες 8, 9 και 10 για τα αργιλικά, τα ιλυώδη και τα λεπτόκοκκα δείγματα αντίστοιχα. Οι πίνακες αποτυπώνουν τις φυσικές ιδιότητες των ορίων Atterberg, της φυσικής υγρασίας, του φαινομένου και του ειδικού βάρους.

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ y <sub>wet</sub>	ΞΗΡΟ y <sub>dry</sub>	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ
ΑΡΓΙΛΟΙ CL-CH	Πλήθος N	119	119	119	49	49	28	119	119
	Μέσος Όρος	47,2	21,6	25,6	20,0	16,2	2,71	23,8	0,089
	Τυπική Απόκλιση	11,2	3,6	9,1	0,9	1,4	0,50	5,4	0,22
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	24%	17%	35%	4%	9%	19%	22%	242%
	min	27,2	13,7	7,1	17,1	11,7	2,7	15,0	-0,8
	max	80,9	31,5	58,8	21,6	18,9	2,7	40,9	0,7
	range	53,7	17,8	51,7	4,5	7,2	0,0	25,9	1,5
median	47,2	21,2	25,0	20,1	16,6	2,7	23,1	0,1	
ΑΡΓΙΛΟΙ CL	Πλήθος N	77	77	77	31	31	17	77	77
	Μέσος Όρος	40,8	20,0	20,8	20,1	16,4	2,71	22,4	0,107
	Τυπική Απόκλιση	6,5	2,7	5,2	0,9	1,4	0,64	4,8	0,24
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	16%	13%	25%	5%	9%	24%	21%	227%
	min	27,2	13,7	7,1	18,0	12,8	2,7	15,0	-0,8
	max	49,7	27,2	31,3	21,6	18,9	2,7	34,7	0,7
	range	22,5	13,5	24,2	3,6	6,1	0,0	19,7	1,5
median	40,6	19,7	21,6	20,3	16,6	2,7	21,4	0,1	
ΑΡΓΙΛΟΙ CH	Πλήθος N	42	42	42	18	18	11	42	42
	Μέσος Όρος	58,9	24,5	34,4	19,8	15,9	2,72	26,5	0,057
	Τυπική Απόκλιση	8,0	3,2	7,9	0,8	1,3	0,01	5,4	0,15
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	14%	13%	23%	4%	8%	0%	20%	271%
	min	50,2	16,9	24,5	17,1	11,7	2,7	17,4	-0,2
	max	80,9	31,5	58,8	20,5	17,5	2,7	40,9	0,4
	range	30,7	14,6	34,3	3,4	5,8	0,0	23,5	0,6
median	56,0	25,1	32,9	20,0	16,1	2,7	25,6	0,1	

Πίνακας 8: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία και βάρη αργιλικών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ y <sub>wet</sub>	ΞΗΡΟ y <sub>dry</sub>	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ
ΙΛΥΕΣ ML-MH	Πλήθος N	18	15	15	3	3	2	18	15
	Μέσος Όρος	41,7	28,0	17,8	20,0	16,4	2,7	25,3	0,2
	Τυπική Απόκλιση	16,0	4,8	11,3	0,5	1,0	0,0	5,4	0,8
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	38%	17%	63%	2%	6%	0%	21%	445%
	min	18,6	18,4	2,4	19,6	15,6	2,7	16,1	-0,6
	max	69,5	35,5	34,0	20,5	17,5	2,7	33,7	2,2
	range	50,9	17,1	31,6	0,9	1,9	0,0	17,6	2,7
median	46,0	29,0	19,3	20,0	16,0	2,7	25,2	0,0	
ΙΛΥΕΣ ML	Πλήθος N	12	9	9	1	1	1	12	9
	Μέσος Όρος	33,3	25,5	11,7	20,0	16,0	2,7	23,1	0,4
	Τυπική Απόκλιση	12,1	4,5	8,1				4,8	1,0
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	36%	18%	69%				21%	285%
	min	18,6	18,4	2,4	20,0	16,0	2,7	16,1	-0,6
	max	49,2	31,6	20,8	20,0	16,0	2,7	31,5	2,2
	range	30,6	13,2	18,4	0,0	0,0	0,0	15,4	2,7
median	28,7	27,4	13,0	20,0	16,0	2,7	23,8	0,0	
ΙΛΥΕΣ MH	Πλήθος N	6	6	6	2	2	1	6	6
	Μέσος Όρος	58,6	31,7	26,9	20,1	16,6	2,7	29,7	-0,1
	Τυπική Απόκλιση	6,3	2,1	4,8	0,6	1,3		3,5	0,2
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	11%	6%	18%	3%	8%		12%	-200%
	min	50,6	30,0	20,6	19,6	15,6	2,7	23,7	-0,4
	max	69,5	35,5	34,0	20,5	17,5	2,7	33,7	0,0
	range	18,9	5,5	13,4	0,9	1,9	0,0	10,0	0,4
median	58,3	31,0	27,8	20,1	16,6	2,7	30,6	0,0	

Πίνακας 9: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία και βάρη ιλυωδών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ w <sub>wet</sub>	ΞΗΡΟ w <sub>dry</sub>	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ Σ
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙΛΙΕΣ CL-CH, ML-MH	Πλήθος N	137	134	134	52	52	30	137	134
	Μέσος Όρος	46,5	22,3	24,7	20,0	16,2	2,7	24,0	0,1
	Τυπική Απόκλιση	12,0	4,2	10,0	0,9	1,4	0,5	5,4	0,3
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	26%	19%	41%	4%	8%	18%	22%	332%
	min	18,6	13,7	2,4	17,1	11,7	2,7	15,0	-0,8
	max	80,9	35,5	58,8	21,6	18,9	2,7	40,9	2,2
	range	62,3	21,8	56,4	4,5	7,2	0,0	25,9	2,9
	median	47,2	21,5	24,6	20,1	16,6	2,7	23,6	0,1
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙΛΙΕΣ CL-ML	Πλήθος N	89	86	86	32	32	18	89	86
	Μέσος Όρος	39,8	20,6	19,8	20,1	16,4	2,7	22,5	0,1
	Τυπική Απόκλιση	7,8	3,4	7,0	0,9	1,4	0,6	4,8	0,4
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	20%	16%	35%	5%	9%	23%	21%	295%
	min	18,6	13,7	2,4	18,0	12,8	2,7	15,0	-0,8
	max	49,7	31,6	31,3	21,6	18,9	2,7	34,7	2,2
	range	31,1	17,9	28,9	3,6	6,1	0,0	19,7	2,9
	median	39,8	20,3	20,6	20,3	16,6	2,7	21,7	0,1
ΑΡΓΙΛΟΚΑΙΛΙΕΣ CH-MH	Πλήθος N	48	48	48	20	20	12	48	48
	Μέσος Όρος	58,9	25,4	33,5	19,8	15,9	2,7	26,9	0,0
	Τυπική Απόκλιση	7,7	3,9	7,9	0,8	1,3	0,0	5,3	0,2
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	13%	15%	24%	4%	8%	0%	20%	405%
	min	50,2	16,9	20,6	17,1	11,7	2,7	17,4	-0,4
	max	80,9	35,5	58,8	20,5	17,5	2,7	40,9	0,4
	range	30,7	18,6	38,2	3,4	5,8	0,0	23,5	0,8
	median	56,2	25,5	32,4	20,0	16,1	2,7	25,9	0,0

Πίνακας 10: Όρια Atterberg, φυσική υγρασία, βάρη λεπτόκοκκων δειγμάτων

Το όριο υδαρότητας LL εμφανίζει μέσο όρο 47,2 στο σύνολο των αργίλων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 8, με τυπική απόκλιση 11,2 και μέση τιμή 47,2. Στον Πίνακα 9, οι τιμές για τα 18 δείγματα των ιλύων που καταγράφονται είναι 41,7, 16,0 και 46,0 αντίστοιχα. Οι συντελεστές COV υπολογίζονται σε 24% για τις αργίλους και 38% για τις ιλύες. Συγκεντρωτικά, προκύπτει μέσος όρος 46,5, τυπική απόκλιση 12,0 με COV 26% και median 47,2 για τα λεπτόκοκκα δείγματα, σύμφωνα με τον Πίνακα 10. Κατ' αντίστοιχο τρόπο, ο δείκτης υδαρότητας I<sub>L</sub> για τις αργίλους, χαρακτηρίζεται από μέσο όρο τιμών 0,089, τυπική απόκλιση 0,22 με συντελεστή μεταβλητότητας 242% και μέση τιμή 0,1 (Πίν. 8). Οι ιλύες εμφανίζουν μέσο όρο 0,2, τυπική απόκλιση 0,8 και COV 445% (Πίν. 9). Το σύνολο των λεπτόκοκκων εμφανίζει μέσο όρο και μέση τιμή 0,1 με COV 332% και τυπική απόκλιση 0,3 (Πίν. 10). Σε αυτό το σημείο γίνεται αντιληπτό ότι ο δείκτης υδαρότητας διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των λεπτόκοκκων σχηματισμών.

Το όριο πλασιμότητας PL για τις αργίλους εμφανίζει μέσο όρο 21,6 και τυπική απόκλιση 3,6. Έτσι, προκύπτει συντελεστής μεταβλητότητας 17% με μέση τιμή 21,2 (Πίν. 8). Οι ιλύες, από την άλλη, αντιπροσωπεύονται από μέσο όρο 28,0, τυπική απόκλιση 4,8 και μέση τιμή 29,0. Ο συντελεστής μεταβλητότητας φαίνεται να είναι 17% (Πίν. 9). Από τις δύο κατηγορίες σχηματισμών συμπεραίνονται τα εξής: ο μέσος όρος είναι 22,3 και η τυπική απόκλιση 4,2, άρα ο συντελεστής COV είναι 19% και η μέση τιμή 21,5 (Πίν. 10). Όσον αφορά το δείκτη πλασιμότητας I<sub>p</sub> οι συντελεστές μεταβλητότητας για τις αργίλους και τις ιλύες είναι 35% και 63% αντίστοιχα και 41% συνολικά. Η σύγκριση των τιμών επέδειξε 28 μονάδες διαφορά στο I<sub>p</sub>. Επίσης, σημαντικές ομοιότητες φαίνεται να υπάρχουν για το όριο πλασιμότητας.

Ο συντελεστής μεταβλητότητας COV για τη φυσική υγρασία  $w$  φαίνεται να είναι 22% για τις αργίλους και 21% για τις ιλύες. Έτσι, προκύπτει ότι τα λεπτόκοκκα δείγματα χαρακτηρίζονται από COV 22%. Επίσης, για τις αργίλους, η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε 5,4 με 23,1 μέση τιμή (Πίν. 8). Για τις ιλύες, η τυπική απόκλιση είναι 3,5 έως 5,4 και η τιμή median 25,2 (Πίν. 9). Συνολικά, η τυπική απόκλιση είναι 5,4 και 23,6 η τιμή median (Πίν. 10). Οι τιμές για την φυσική υγρασία υποδηλώνουν ομοιότητα αργίλων και ιλύων.

Αναφορικά με το φαινόμενο βάρος  $\gamma$ , υπάρχουν δεδομένα τόσο για το  $\gamma_{wet}$  όσο και για το  $\gamma_{dry}$ . Για το  $\gamma_{wet}$  ο μέσος όρος είναι σταθερός και ίσος με 20 kN/m<sup>3</sup> για όλα τα λεπτόκοκκα δείγματα, είτε είναι αργιλικά είτε ιλυώδη. Η τυπική απόκλιση είναι 0,9 και η μέση τιμή 20 kN/m<sup>3</sup>. Ο συντελεστής μεταβλητότητας COV εμφανίζει ποσοστό 4% στις αργίλους και 2% στις ιλύες. Στο σύνολο των δεδομένων το ποσοστό εκτιμάται 4%. Το  $\gamma_{dry}$ , για τα λεπτόκοκκα δείγματα, χαρακτηρίζεται από μέσο όρο 16,2 kN/m<sup>3</sup> και τυπική 1,4. Η μέση τιμή εμφανίζεται 16,6 kN/m<sup>3</sup>. Η τιμή του COV παρουσιάζεται 9% για τις αργίλους, 6% για τις ιλύες και 8% συνολικά στα λεπτόκοκκα.

Τέλος, ομαδοποιώντας τα λεπτόκοκκα, για το ειδικό βάρος  $G_s$ , ο μέσος όρος και η μέση τιμή αποτυπώνονται ως 2,7. Επίσης, η τυπική απόκλιση έχει τιμή 0,5 για αργίλους και 0 για ιλύες. Από τους πίνακες εξάγεται ότι το ποσοστό του COV είναι 19% για αργίλους και 18% συνολικά.

## Σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων

Στο Παράρτημα Πινάκων περιλαμβάνονται τρεις (3) πίνακες για τις μηχανικές ιδιότητες των αργίλων, των ιλύων και των λεπτόκοκκων. Όπως φαίνεται, δεδομένα υπάρχουν μόνο για την τάση της δοκιμής μονοαξονικής θλίψης εδάφους.

Οι τιμές που καταγράφονται για τα αργιλικά δείγματα διαφέρουν από αυτές που συνοδεύουν τις ιλύες. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της τάσης  $q_u$  για τις αργίλους είναι 456,4 kPa με τυπική απόκλιση 260,1 και τιμή median 423,4 kPa. Υπολογίζοντας τον συντελεστή μεταβλητότητας, προκύπτει να είναι 57%. Οι ιλύες έχουν μέσο όρο 254,3 kPa, τυπική απόκλιση 179,4 και συντελεστή COV 71%. Ακόμα, η μέση τιμή είναι 264,8 kPa. Από τα παραπάνω, για τα λεπτόκοκκα προκύπτει συντελεστής μεταβλητότητας 62%, με μέσο όρο 417,9 kPa, τυπική απόκλιση 258,2 και μέση τιμή 383,7 kPa.

Επιπρόσθετα, κατά τη δοκιμή διάτμησης CU εντοπίζεται ένα δείγμα για ιλύ. Η γωνία  $\phi$  εμφανίζει μέσο όρο 24,8° στις αργίλους και τιμή 31° στις ιλύες. Η συνοχή, από την άλλη, έχει μέσο όρο 16,7 kPa στις αργίλους και τιμή 18,0 kPa για τις ιλύες. Τα παραπάνω οδηγούν σε τιμές 25,2 kPa και 16,8° συνολικά για τα λεπτόκοκκα.

Όπως διαφαίνεται, η τάσης  $q_u$  διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο σχηματισμών. Πιο αναλυτικά, η διαφορά πλησιάζει τα 200 kPa στο μέσο όρο

και τη μέση τιμή, ενώ στον συντελεστή COV αγγίζει τις 20 μονάδες. Στη διάτμηση CU η συνοχή παρουσιάζει ίδιες τιμές και η γωνία κινείται στις 27°.

## Συμπεράσματα

Αφού αποδείχτηκε η ενοποίηση της περιοχής, το επόμενο ζήτημα ήταν ο τρόπος αξιολόγησης των δεδομένων των λεπτόκοκκων. Για το σκοπό αυτό, κατασκευάστηκαν πίνακες φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών για τα οποία υπολογίστηκαν ορισμένα στοιχεία, όπως η μέση τιμή των μετρήσεων και ο συντελεστής μεταβλητότητάς τους. Μελετώντας τους πίνακες, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: αργιλικά και ιλυώδη δείγματα συμφωνούν στην κοκκομετρική ανάλυση, στη φυσική υγρασία, στο όριο πλασιμότητας και όριο υδαρότητας, στο φαινόμενο και στο ειδικό βάρος. Ωστόσο, διαφοροποιήσεις εντοπίζονται σε ορισμένες ιδιότητες. Συγκεκριμένα, οι δείκτες πλασιμότητας και υδαρότητας και η τάση  $q_u$  παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις. Ο δείκτης υδαρότητας παρουσιάζει διπλάσια τιμή συντελεστή μεταβλητότητας στα ιλυώδη δείγματα σε σχέση με τα αργιλικά. Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη διαφέρει κατά 100 kPa στη μέση τιμή, με μεγαλύτερη να εμφανίζεται στις αργίλους και ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι διπλάσιος στις αργίλους συγκριτικά με τις ιλύες. Συνεπώς, διαπιστώνεται ότι δεν μπορούν να μελετηθούν τα λεπτόκοκκα συνολικά και η εργασία θα ασχοληθεί με τη μελέτη των αργιλικών δειγμάτων τα οποία υπερτερούν σημαντικά αριθμητικά.

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΡΓΙΛΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αφού μελετώνται μόνο τα αργιλικά δείγματα, υπολογίζονται οι συσχετίσεις των ιδιοτήτων των αργιλικών δειγμάτων με τη χρήση της συνάρτησης Correl στο Excel. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζονται οι σχέσεις ανάμεσα στις εδαφικές ιδιότητες μέσω του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης  $\rho$  που προκύπτει. Θετικό πρόσημο υποδεικνύει θετική συσχέτιση. Η μονάδα (-1, +1) σημαίνει μεγάλη συσχέτιση, ενώ το 0 καμία ή ασθενή συσχέτιση. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν εμφανίζονται στον Πίνακα 11 και αναλύονται παρακάτω.

Ισχυρή συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ του δείκτη πλασιμότητα PI και του ορίου υδαρότητας LL, όπου εμφανίζουν  $\rho=0,96$ . Επίσης, το ειδικό βάρος  $G_s$  με το LL και το PI έχουν  $\rho=0,70$  και  $\rho=0,68$  αντίστοιχα. Τέλος, η φυσική υγρασία  $w$  με το ξηρό φαινόμενο βάρος  $\gamma_{dry}$  παρουσιάζουν αρνητικό συντελεστή  $\rho= -0,78$ . Συνεπώς, όταν το ειδικό βάρος  $G_s$  αυξάνεται, υπάρχει αύξηση στις τιμές του PI και του LL. Από την άλλη, η αύξηση της φυσικής υγρασίας προκαλεί μείωση του βάρους  $\gamma_{dry}$ . Ο δείκτης LI εμφανίζει αύξηση με αύξηση της φυσικής υγρασίας ( $\rho=0,63$ ) και ελαφριά μείωση με το όριο LL ( $\rho= -0,09$ ).

Η μονοαξονική θλίψη εδάφους συσχετίζεται θετικά με το ειδικό βάρος ( $\rho=0,69$ ) και αρνητικά με τη φυσική υγρασία ( $\rho=-0,35$ ). Η γωνία τριβής  $\phi$ , στη διάτμηση CU, και η συνοχή  $c$  έχουν αρνητική συσχέτιση ως προς τη φυσική υγρασία  $w$ , εμφανίζοντας συντελεστές  $\rho= -0,61$  και στις δύο περιπτώσεις. Η μεταξύ τους συσχέτιση, από την άλλη, δίνει θετικό αποτέλεσμα και συγκεκριμένα μετρίως ισχυρό ( $\rho=0,67$ ). Το ίδιο συμβαίνει και με τη διάτμηση CD, με  $\rho=0,55$ .

Όσον αφορά την τριαξονική δοκιμή CUPP, η γωνία τριβής  $\phi$ , ενεργή και ολική, εμφανίζει αρνητική συσχέτιση  $\rho= -1$  με τους δείκτες πλασιμότητας και υδαρότητας αλλά και με τους αντίστοιχους δείκτες τους (PL, PI, LL και LI). Κατά αντίστοιχο τρόπο, η συνοχή των δοκιμών  $c$  εμφανίζει ισχυρό συντελεστή συσχέτισης  $\rho=1$  με όλα τα προαναφερόμενα μεγέθη.

Το μέτρο συμπίεσεως  $E_s$  εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με τους δείκτες και τα όρια πλασιμότητας και υδαρότητας. Επίσης, το μέτρο  $E_s$ , για όλες τις τιμές που λαμβάνει (50,100,200,400,800) χαρακτηρίζεται από αρνητική συσχέτιση με τη φυσική υγρασία  $w$  των δοκιμών. Η τάση  $q_u$  των δοκιμών μονοαξονικής θλίψης, αντίθετα, φαίνεται να επηρεάζει θετικά τις τιμές των δοκιμών συμπίεσόμετρο.

	ρ	ΥΓΡΑΣΙΑ-ATTERBERG-BAPH								ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΕΣ		ΔΙΑΤΜΗΧΕΙΣ					ΤΡΙΑΣΟΝΙΚΑ								ΣΥΜΠΙΞΟΜΕΤΡΑ									
		LL	PL	PI	ywet	ydry	Gs	w	LI	qu	φ (CU)	c (CU)	φ (UU)	c (UU)	φ (CD)	c (CD)	φ (RING)	c (UU)	φ (CD)	c (CD)	φEN (CUPP)	φ0A (CUPP)	cEN (CUPP)	c0A (CUPP)	Es0	Es100	Es200	Es400	Es800	Cr	Cc	e0	Cv	
ΥΓΡΑΣΙΑ-ATTERBERG	LL	-	0.69	0.96	-0.35	-0.38	0.70	0.47	-0.09	0.08	0.00	-0.09	-	-	-0.10	-0.28	-	-0.50	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-0.30	-0.31	-0.21	-0.29	-0.28	0.08	0.41	0.17	-0.10	
	PL	0.69	-	0.46	-0.54	-0.58	0.52	0.54	-0.22	0.00	-0.10	0.05	-	-	-0.22	-0.19	-	0.00	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-0.62	-0.37	-0.29	-0.43	-0.45	0.20	0.57	0.49	-0.25	
	PI	0.96	0.46	-	-0.21	-0.24	0.68	0.37	-0.02	0.09	0.02	-0.12	-	-	-0.05	-0.27	-	-0.73	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-0.20	-0.23	-0.16	-0.21	-0.19	0.03	0.31	0.04	-0.04	
	ywet	-0.35	-0.54	-0.21	-	0.96	-0.07	-0.70	-0.52	0.50	0.06	0.22	-	-	-0.08	0.01	-	0.67	-	-	1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.78	0.48	0.40	0.38	0.23	0.05	-0.51	-0.95	0.10	
	ydry	-0.38	-0.58	-0.24	0.96	-	-0.11	-0.78	-0.60	0.61	0.06	0.07	-	-	-0.24	-0.01	-	0.66	-	-	1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.78	0.44	0.36	0.35	0.25	0.01	-0.55	-0.95	0.24	
	Gs	0.70	0.52	0.68	-0.07	-0.11	-	0.32	-0.02	0.69	-	-	-	-	-0.69	-0.71	-	-0.64	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	0.25	-0.22	0.02	-0.18	-0.31	0.22	0.19	0.03	-0.19	
	w	0.47	0.54	0.37	-0.70	-0.78	0.32	-	0.63	-0.35	-0.61	-0.61	-	-	0.10	0.05	-	-0.54	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-0.57	-0.38	-0.25	-0.26	-0.23	0.11	0.44	0.82	-0.35	
	LI	-0.09	-0.22	-0.02	-0.52	-0.60	-0.02	0.63	-	-0.27	-0.41	-0.46	-	-	0.37	0.31	-	-0.83	-	-	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-0.42	-0.27	-0.17	-0.05	0.04	-0.03	0.16	0.75	-0.28	
ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΕΣ	qu	0.08	0.00	0.09	0.50	0.61	0.69	-0.35	-0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.96	0.11	0.12	0.23	-0.71	-0.29	-0.88	0.83		
ΔΙΑΤΜΗΧΕΙΣ	φ (CU)	0.00	-0.10	0.02	0.06	0.06	-	-0.61	-0.41	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	c (CU)	-0.09	0.05	-0.12	0.22	0.07	-	-0.61	-0.46	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	φ (UU)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	c (UU)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	φ (CD)	-0.10	-0.22	-0.05	-0.08	-0.24	-0.69	0.10	0.37	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.93	-0.91	-0.86	-0.71	-0.82	-0.29	0.74	0.80	-1.00	
	c (CD)	-0.28	-0.19	-0.27	0.01	-0.01	-0.71	0.05	0.31	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.95	-0.93	-0.89	-0.76	-0.85	-0.35	0.78	0.83	-0.99	
	φ (RING)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ΤΡΙΑΣΟΝΙΚΑ	c (UU)	-0.50	0.00	-0.73	0.67	0.66	-0.64	-0.54	-0.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00		
	φ (CD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	c (CD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	φEN (CUPP)	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-1.00	-1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	φ0A (CUPP)	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-1.00	-1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	cEN (CUPP)	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.00	-1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	c0A (CUPP)	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.00	-1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΣΥΜΠΙΞΟΜΕΤΡΑ	Es0	-0.30	-0.62	-0.20	0.78	0.78	0.25	-0.57	-0.42	-	-	-	-	-0.93	-0.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.96	0.87	0.83	0.27	0.44	-0.44	-0.73	0.65		
	Es100	-0.31	-0.37	-0.23	0.48	0.44	-0.22	-0.38	-0.27	0.96	-	-	-	-	-0.91	-0.93	-	1.00	-	-	-	-	-	-	0.96	-	0.93	0.83	0.73	-0.29	-0.69	-0.47	0.08	
	Es200	-0.21	-0.29	-0.16	0.40	0.36	0.02	-0.25	-0.17	0.11	-	-	-	-	-0.86	-0.89	-	1.00	-	-	-	-	-	-	0.87	0.93	-	0.89	0.60	-0.11	-0.68	-0.38	-0.09	
	Es400	-0.29	-0.43	-0.21	0.38	0.35	-0.18	-0.26	-0.05	0.12	-	-	-	-	-0.71	-0.76	-	1.00	-	-	-	-	-	-	0.83	0.83	0.89	-	0.84	-0.30	-0.82	-0.37	-0.07	
	Es800	-0.28	-0.45	-0.19	0.23	0.25	-0.31	-0.23	0.04	0.23	-	-	-	-	-0.82	-0.85	-	1.00	-	-	-	-	-	-	0.27	0.73	0.60	0.84	-	-0.40	-0.83	-0.27	-0.07	
	Cr	0.08	0.20	0.03	0.05	0.01	0.22	0.11	-0.03	-0.71	-	-	-	-	-0.29	-0.35	-	-1.00	-	-	-	-	-	-	0.44	-0.29	-0.11	-0.30	-0.40	-	0.29	0.10	0.02	
	Cc	0.41	0.57	0.31	-0.51	-0.55	0.19	0.44	0.16	-	-	-	-	-	0.74	0.78	-	-1.00	-	-	-	-	-	-	-0.44	-0.69	-0.68	-0.82	-0.83	0.29	-	0.47	0.03	
	e0	0.17	0.49	0.04	-0.95	-0.95	0.03	0.82	0.75	-0.88	-	-	-	-	0.80	0.83	-	-1.00	-	-	-	-	-	-	-0.73	-0.47	-0.38	-0.37	-0.27	0.10	0.47	-	-0.17	
	Cv	-0.10	-0.25	-0.04	0.10	0.24	-0.19	-0.35	-0.28	0.83	-	-	-	-	-1.00	-0.99	-	1.00	-	-	-	-	-	-	0.65	0.08	-0.09	-0.07	-0.07	0.02	0.03	-0.17	-	

Πίνακας 11: Συσχετίσεις φυσικών - μηχανικών ιδιοτήτων αργιλικών δειγμάτων



Ο δείκτης συμπίεσης  $C_c$  είναι ανάλογος με το όριο υδαρότητας με  $\rho=0,41$  και το δείκτη  $LI$  με  $\rho=0,16$ . Θετική συσχέτιση προκύπτει και για το όριο πλασιμότητας και το δείκτη  $PI$  με  $\rho=0,57$  και  $\rho=0,31$  αντίστοιχα. Ο δείκτης επανασυμπίεσης  $C_r$  έχει ισχνή συσχέτιση με το όριο πλασιμότητας  $LI$  με  $\rho=0,20$  και τη φυσική υγρασία με  $\rho=0,11$ . Ο αρχικός δείκτης πόρων  $e_0$ , με τη σειρά του, συμπεριφέρεται αυξητικά σε σχέση με όλα τα μεγέθη Atterberg και τη φυσική υγρασία και συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το δείκτη  $LI$  με  $\rho=0,75$ . Τέλος, ο συντελεστής στερεοποίησης  $C_v$  μειώνεται, σε μικρό βαθμό, όταν αυξάνονται τα ανωτέρω μεγέθη.

Μεταξύ των μεγεθών  $C_c$ ,  $C_r$ ,  $e_0$  και  $C_v$  υπάρχει ασθενής θετική συσχέτιση, εκτός από την περίπτωση συσχέτισης του αρχικού δείκτη πόρων με το συντελεστή στερεοποίησης που έχουν  $\rho= -0,17$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μεγέθη αυτά, πλην του συντελεστή στερεοποίησης, χαρακτηρίζονται από ασυμφωνία με την τάση  $q_u$ . Ενδεικτικά, με το  $q_u$ , ο συντελεστής  $C_c$  έχει  $\rho= -0,29$ , ο συντελεστής  $C_r$  συνοδεύεται με  $\rho= -0,71$ , ο δείκτης  $e_0$  με  $\rho=-0,88$  και ο συντελεστής  $C_v$  με  $\rho=0,83$ .

## ΔΟΚΙΜΗ SPT ΚΑΙ MAAG

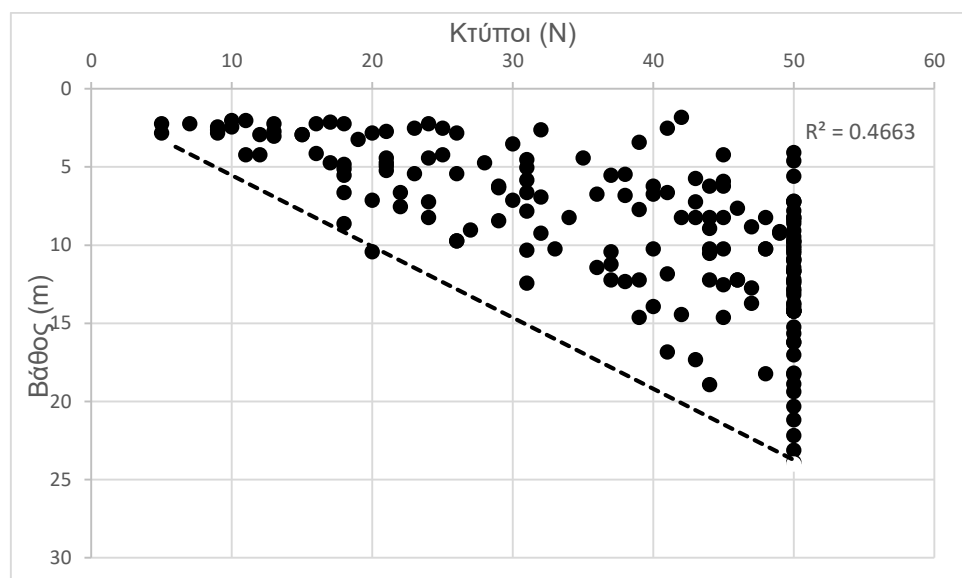
### Δεδομένα δοκιμών

Ο τρίτος και ο τέταρτος πίνακας που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Πινάκων απεικονίζουν τα δεδομένα της δοκιμής πρότυπης διείδυσης SPT και της επί τόπου δοκιμής υδατοπερατότητας τύπου Maag αντίστοιχα. Από τον τρίτο πίνακα εξάγονται ο σχηματισμός, το βάθος της δοκιμής, ο αριθμός N των κρούσεων και ο χαρακτηρισμός κατά Terzaghi, αν είναι δηλαδή κοκκώδη ή συνεκτικά τα εδάφη. Ειδικότερα, ο τέταρτος πίνακας παρέχει πληροφορίες για το συντελεστή k και το χαρακτηρισμό για τη διαπερατότητα.

### Δοκιμή SPT

Από τον πίνακα SPT, συνάγεται το συμπέρασμα ότι στα βάθη που έγιναν οι δοκιμές SPT συναντώνται εκατόν εβδομήντα εννέα (179) αργιλικά δείγματα. Από αυτά, τα εκατόν είκοσι δύο (122) είναι σκληρά, σαράντα (40) πολύ στιφρά, δέκα τέσσερα (14) στιφρά και τρία (3) μετρίως συνεκτικά.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε τρεις (3) περιπτώσεις το N έχει τιμή από 4 έως 8, σε δέκα τέσσερις (14) περιπτώσεις το N έχει εύρος τιμών από 8 έως 15, σε σαράντα (40) μετρήσεις το N κυμάνθηκε από 15 έως 30 και σε εκατόν είκοσι δύο (122) περιπτώσεις μετρήθηκε το  $N > 30$ . Από τα 122 σκληρά δείγματα, τα πενήντα πέντε (55) έδειξαν άρνηση με μέσο όρο 74 mm. Στο Σχήμα 6 φαίνονται πιο ξεκάθαρα πως συμπεριφέρεται ο αριθμός N με το βάθος.



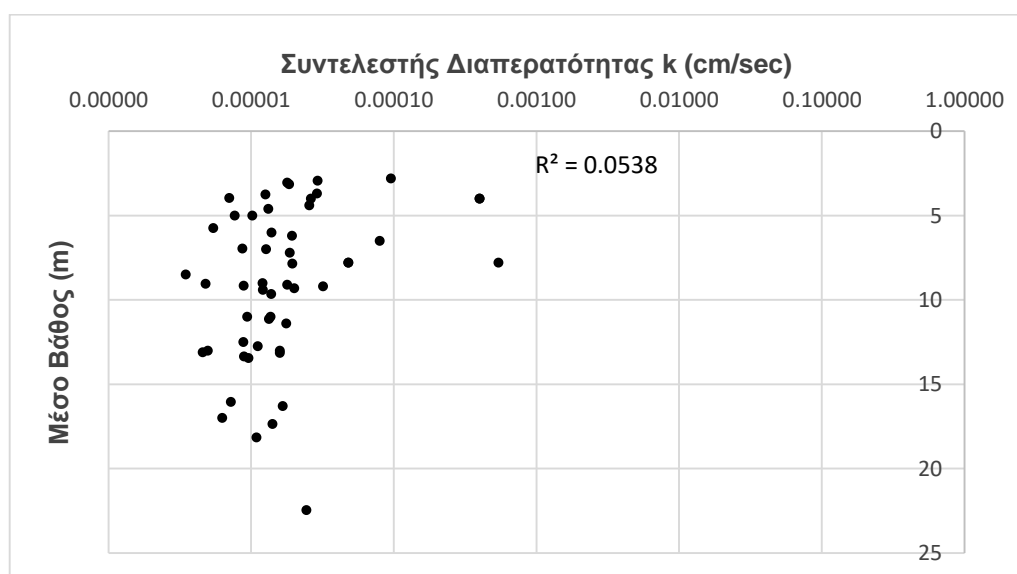
Σχήμα 6: Αριθμός κτύπων N με το βάθος

Παρατηρώντας το Σχήμα 6, συμπεραίνεται ότι οι κτύποι (N) αυξάνονται προοδευτικά με την αύξηση του βάθους στο οποίο λαμβάνει χώρα κάθε φορά η δοκιμή SPT. Αυτό αποδεικνύει και η διακεκομμένη γραμμή που κατασκευάστηκε στο Excel και η οποία αναπαριστά το κατώτατο όριο εμφάνισης τιμών.

Οι επί τόπου δοκιμές SPT στα αργιλικά δείγματα φαίνεται να χαρακτηρίζονται σε πολλές περιπτώσεις από άρνηση, δηλαδή αριθμό κτύπων  $N=0$ . Συνεπώς, τα συνεκτικά εδάφη έχουν μεγάλη αντοχή  $q_u$ , το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλη φέρουσα ικανότητα. Δηλαδή, τα αργιλικά δείγματα είναι ικανά να αναλάβουν φορτία. Συνεπώς, καθίστανται προστερευοποιημένα.

## Δοκιμή Maag

Σύμφωνα με τον πίνακα της δοκιμής Maag, καταμετρήθηκαν εξήντα οκτώ (68) αργιλικά δείγματα. Οι τιμές του συντελεστή διαπερατότητας  $k$  και του βάθους των δειγμάτων τοποθετούνται στο Σχήμα 7. Η μελέτη του σχήματος αυτού δείχνει ότι η σχέση μεταξύ του συντελεστή  $k$  και του βάθους είναι αντιστρόφως ανάλογη. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής  $k$  μειώνεται με την αύξηση του βάθους.



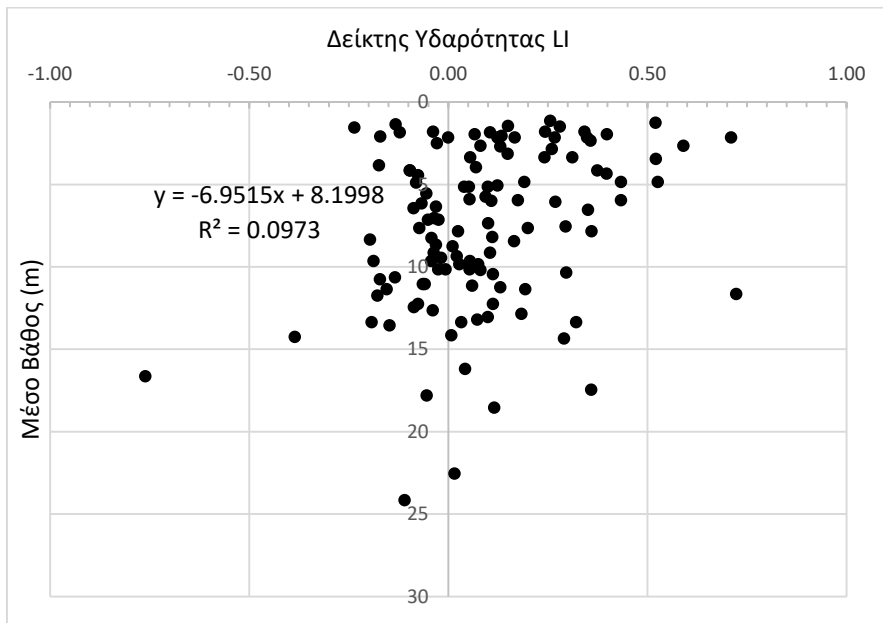
Σχήμα 7: Συντελεστής διαπερατότητας  $k$  με το βάθος

Οι τιμές φαίνεται να κυμαίνονται μεταξύ του  $10^{-4}$  και  $10^{-6}$  με διασπορά  $R^2=0,0538$ . Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι επρόκειτο για σχηματισμούς χαμηλής έως πολύ χαμηλής διαπερατότητας. Η χαμηλή διαπερατότητα συνεπάγεται ότι οι άργιλοι ενδέχεται να έχουν υποστεί στερευοποίηση.

# ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

## Δείκτης Υδαρότητας LI

Παρακάτω παρατίθενται τα Σχήματα 8 και 9 τα οποία παρουσιάζουν και αναλύουν τα αποτελέσματα του δείκτη Υδαρότητας συναρτήσεως του βάθους. Το Σχήμα 8 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων των αργιλικών δειγμάτων συνολικά, ενώ στο Σχήμα 9 προβάλλονται τα ίδια αποτελέσματα με διάκριση την πλασιμότητα των δειγμάτων.

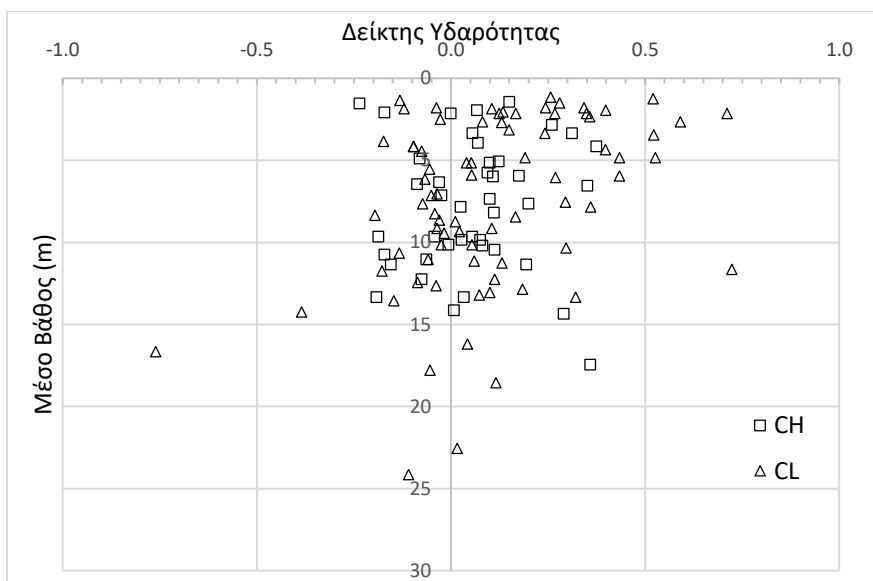


Σχήμα 8: Δείκτης Υδαρότητας LI με το βάθος

Από το Σχήμα 8, παρατηρείται ότι ο δείκτης Υδαρότητας LI μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος. Η διασπορά εμφανίζεται να είναι  $R^2 = 0,0973$ . Η πλειονότητα των τιμών του LI βρίσκεται μεταξύ του -0.2 και του 0.4. Από αυτό γίνεται αντιληπτό ότι οι σχηματισμοί οι οποίοι μελετώνται είναι προστερεοποιημένοι, γεγονός που υποδηλώνει ότι μπορούν να χαρακτηριστούν ως πλάσιμα στερεά και ως ημι-στερεά<sup>4</sup>.

Το Σχήμα 9, από την άλλη, παρέχει πληροφορίες για τις διαφορές που εμφανίζουν οι άργιλοι ανάλογα την πλασιμότητά τους. Παρατηρείται ότι οι άργιλοι υψηλής πλασιμότητας περιέχονται σε μικρότερο εύρος τιμών, έχουν δηλαδή μικρότερη διασπορά, ενώ οι άργιλοι χαμηλής πλασιμότητας καταλαμβάνουν και τιμές πέραν του -0,2 και του 0,5. Συνεπώς, μερικά δείγματα είναι κανονικά στεροποιημένα και ορισμένα άλλα εντόνως προστεροποιημένα.

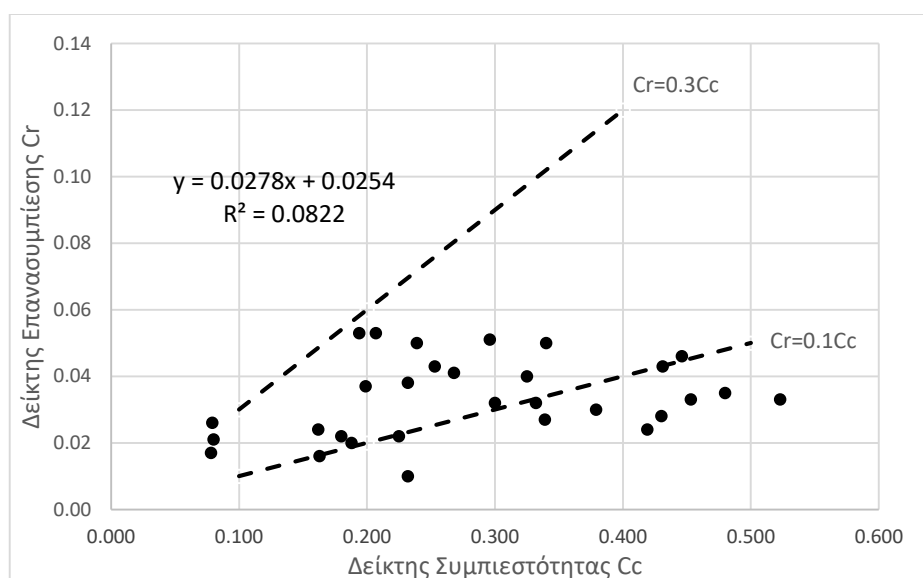
4 Ι. Ε. Ζευγώλης, "Εισαγωγή στην Εδαφομηχανική", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής, Αθήνα, Νοέμβριος 2022. Σελ. 9



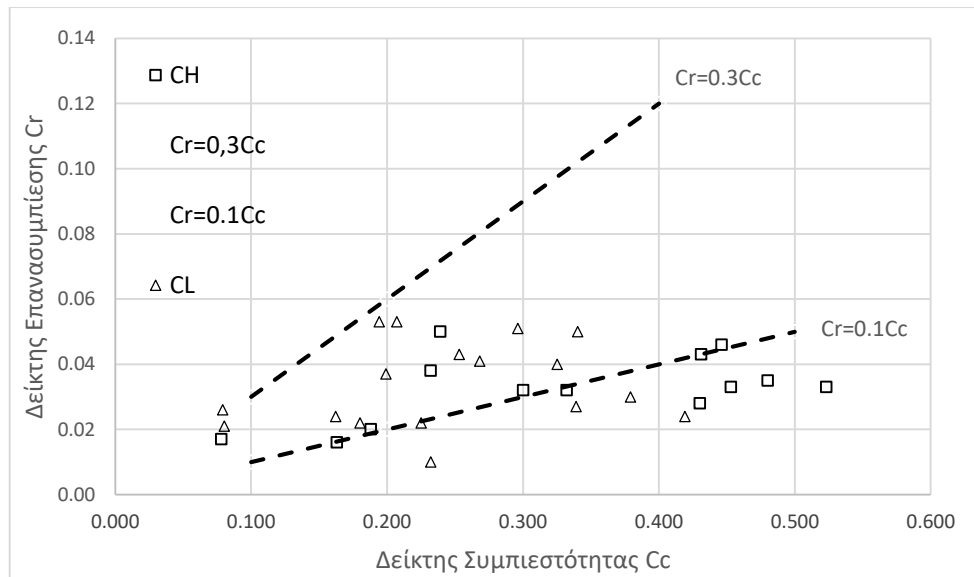
Σχήμα 9: Δείκτης Υδαρότητας LI με το βάθος με διάκριση στην πλαστικότητα

## Δείκτες Συμπιεστότητας $C_c$ και Επανασυμπίεσης $C_r$

Στα Σχήματα 10 και 11 αποτυπώνονται οι τιμές των δεικτών συμπίεσης και επανασυμπίεσης  $C_c$  και  $C_r$  αντίστοιχα. Και στα δύο σχήματα εισήχθησαν οι εξισώσεις  $C_r=0,1C_c$  και  $C_r=0,3C_c$  που συνδέουν τα δύο μεγέθη. Προκύπτει ότι η αύξηση του ενός δείκτη οδηγεί σε αύξηση και του δεύτερου. Επίσης, η διασπορά υπολογίζεται σε  $R^2 = 0,082$ . Συμπερασματικά, όσο πιο συμπιεστός είναι ο σχηματισμός τόσο μεγαλύτερο δείκτη επανασυμπίεσης έχει.



Σχήμα 10: Δείκτης Συμπιεστότητας  $C_c$  με Δείκτη Επανασυμπίεσης  $C_r$

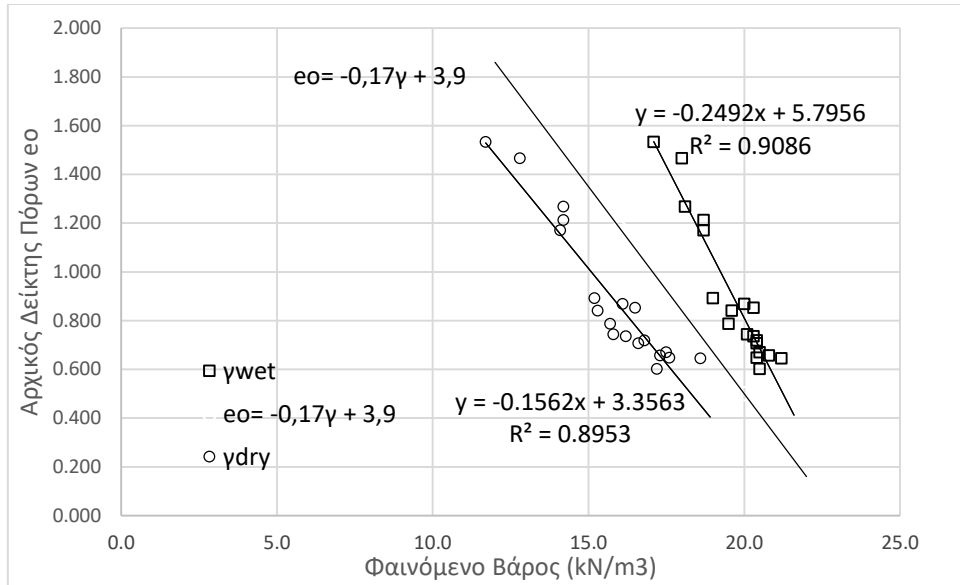


Σχήμα 11: Δείκτης Συμπίεστος Cc με Δείκτη Επανασυμπίεσης Cr για αργίλους με διαφορετική πλαστικότητα

Από τις τιμές των αργιλικών δειγμάτων στα παραπάνω σχήματα εξάγεται ότι περίπου τα μισά δείγματα είναι μεταξύ των τιμών 0.3 και 0.5. Αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για απροφόρτιστα κορεσμένα αργιλικά υλικά. Ορισμένα άλλα δείγματα, δέκα τρία (13) στον αριθμό, είναι μεταξύ των τιμών 0.08 και 0.25 που σημαίνει ότι πρόκειται για στερεοποιημένη άργιλο. Επίσης, διαπιστώνεται ότι σχεδόν τα 2/3 των δειγμάτων βρίσκονται μεταξύ των ευθειών που προκύπτουν από τις εξισώσεις που συνδέουν τις ιδιότητες.

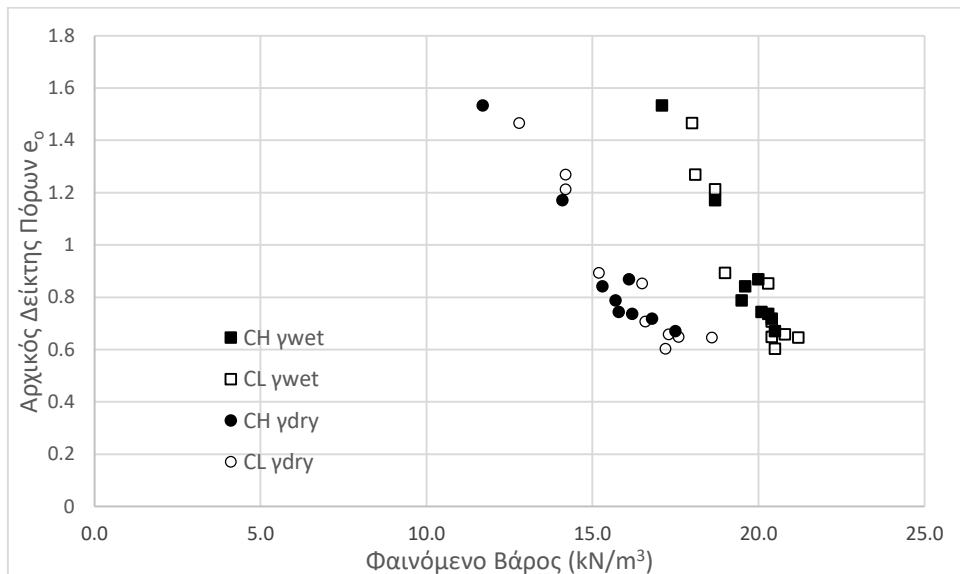
### Αρχικός Δείκτης Πόρων $e_0$

Στο Σχήμα 12 απεικονίζονται ο αρχικός δείκτης πόρων  $e_0$  και το φαινόμενο βάρος  $\gamma$ . Συγκεκριμένα, προκύπτουν δύο συναρτήσεις. Η μία αφορά το ξηρό φαινόμενο βάρος  $\gamma_{dry}$  και η άλλη το υγρό  $\gamma_{wet}$ . Επίσης, προστίθεται η εμπειρική σχέση  $e_0 = -0,17\gamma + 3,9$ . Και στις δύο περιπτώσεις, τα βάρη μειώνονται με την αύξηση του  $e_0$ . Για το υγρό βάρος ισχύει  $\gamma = -0,2492x + 5,7956$  με  $R^2 = 0,9086$  και για το ξηρό  $\gamma = -0,1562x + 3,3563$  με  $R^2 = 0,8953$ . Συμπεραίνεται ότι οι δύο εξισώσεις έχουν ίδια μορφή με την εμπειρική. Ωστόσο, αυτή του  $\gamma_{dry}$  είναι σχεδόν πανομοιότυπη.



Σχήμα 12: Αρχικός Δείκτης Πόρων  $e_0$  συναρτήσει του  $\gamma$  ( $\gamma_{wet}, \gamma_{dry}$ )

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η κατανομή των τιμών σε κάθε περίπτωση και διακρίνεται η πλασιμότητα των δειγμάτων. Αναφορικά με το  $\gamma_{wet}$ , οι τιμές του κυμαίνονται γύρω από τα  $20,0 \text{ kN/m}^3$ , ενώ για το  $\gamma_{dry}$  οι αντίστοιχες τιμές είναι από  $15,0 \text{ kN/m}^3$  έως  $17,0 \text{ kN/m}^3$ . Από το Σχήμα 13 φαίνεται ότι ο κύριος όγκος των τιμών των φαινομένων βαρών  $\gamma_{wet}$  και  $\gamma_{dry}$  αντιστοιχεί σε τιμές δείκτη πόρων από 0,6 έως 0,9.

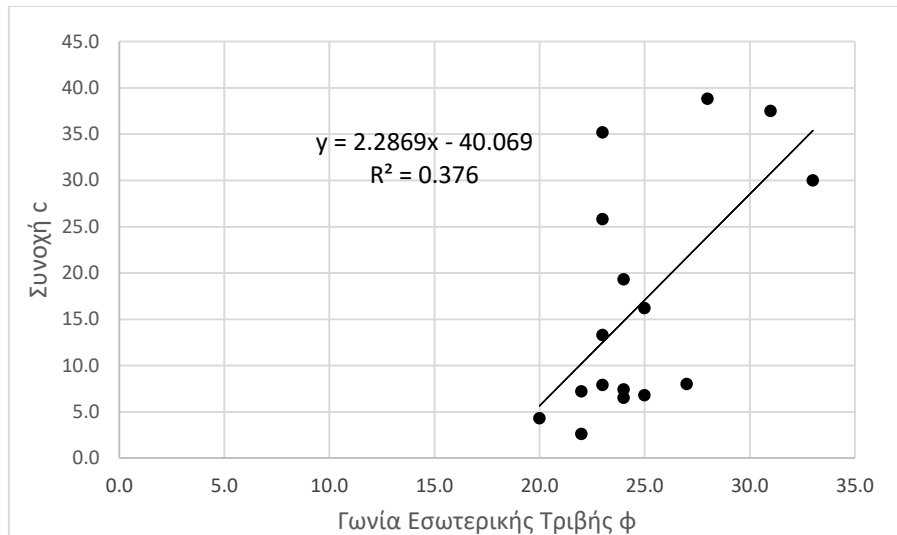


Σχήμα 13: Αρχικός Δείκτης Πόρων  $e_0$  συναρτήσει του  $\gamma$  ( $\gamma_{wet}, \gamma_{dry}$ )

## Γωνία Εσωτερικής Τριβής $\phi$ και Συνοχή $c$

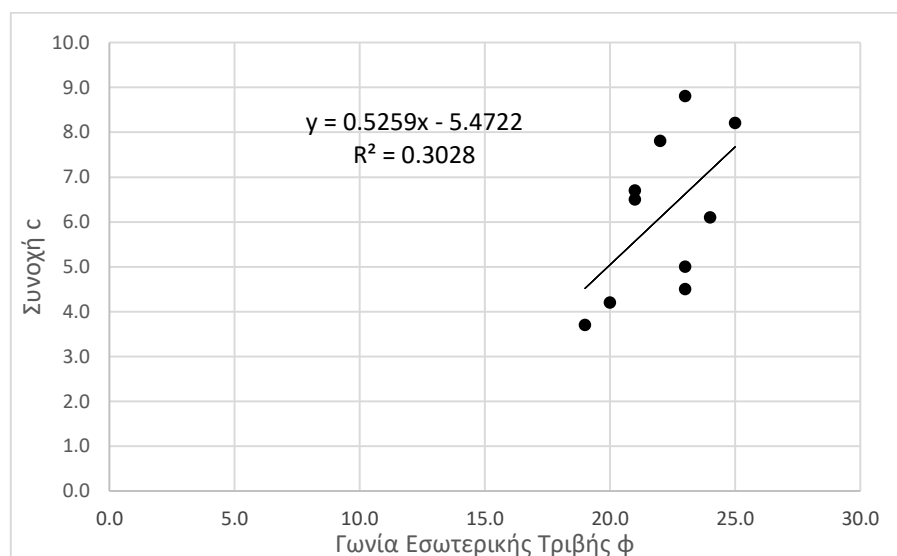
Αρχικά, μελετήθηκαν ξεχωριστά οι δοκιμές διάτμησης και τριαξονικών. Στη συνέχεια, συγκεντρώθηκαν όλα τα δεδομένα για τη συνοχή  $c$  και τη γωνία εσωτερικής τριβής  $\phi$  σε ένα πίνακα. Στόχος ήταν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη γωνία  $\phi$  και τη συνοχή  $c$  για κάθε δοκιμή και έπειτα συνολικά.

Ενδεικτικά, εμφανίζονται τα διαγράμματα για τις δοκιμές διάτμησης CU, CD και την τριαξονική δοκιμή CUPP. Κατά τις διατμήσεις εξετάστηκαν είκοσι έξι (26) δείγματα από τα τριάντα ένα (31), δηλαδή ποσοστό 83,9% των δοκιμών. Επίσης, για τα τριαξονικά, παρατηρήθηκε διαφορετική τάση από την αναμενόμενη ανάμεσα στα μεγέθη.



Σχήμα 14: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχή c για τη δοκιμή διάτμησης CU

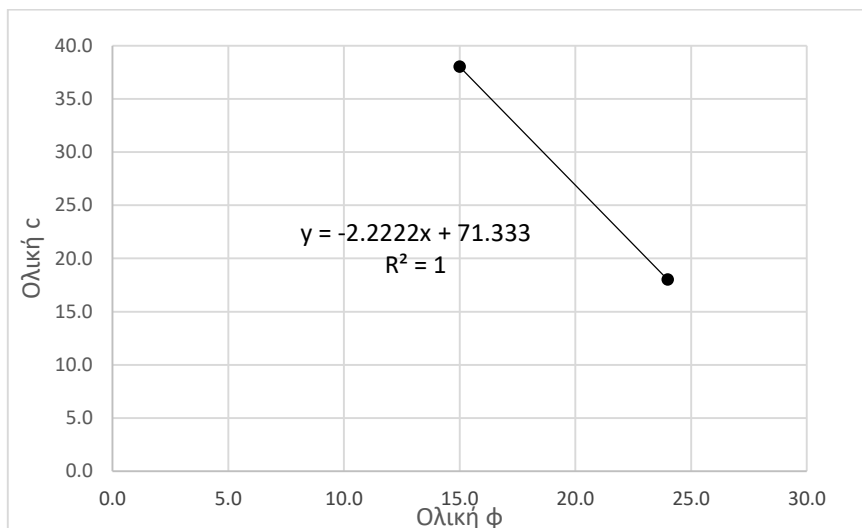
Στο Σχήμα 14, η γωνία φ αυξάνεται με την αύξηση της συνοχής c. Η γενική εξίσωση που περιγράφει αυτή την τάση είναι η  $y=2,2869x-40,069$  και η διασπορά είναι  $R^2=0,376$ . Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία τριβής των κόκκων τόσο μεγαλύτερη διατμητική αντοχή εμφανίζει ο σχηματισμός. Το σχήμα, επίσης, αποτυπώνει τη μεγάλη ομοιομορφία των τιμών, αφού τα περισσότερα δείγματα εμφανίζουν τιμές από  $20,0^\circ$  έως  $27,0^\circ$ . Για το Σχήμα 15 ισχύουν τα ίδια συμπεράσματα με τα παραπάνω.



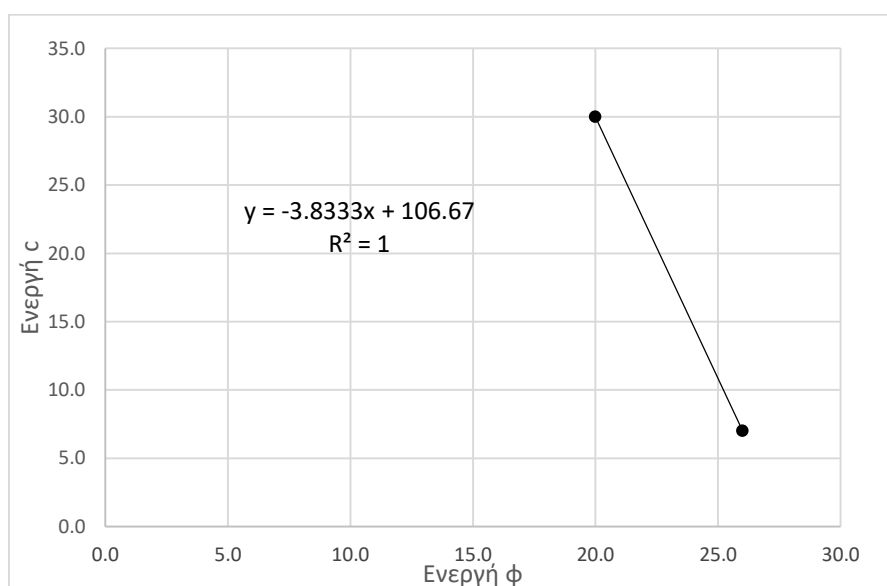
Σχήμα 15: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχή c για τη δοκιμή διάτμησης CD



Η τριαξονική δοκιμή CUPP, με δύο δείγματα, έδωσε τα παρακάτω Σχήματα 16 και 17 για ολικά και ενεργά αντίστοιχα. Όσο αυξάνεται η συνοχή των δειγμάτων, ολική και ενεργή, μειώνεται και η γωνία αντίστοιχα. Η μείωση στο  $\phi$  είναι της τάξης των  $9^\circ$  στην ολική και των  $6^\circ$  στην ενεργή. Το αναμενόμενο θα ήταν να επέλθει αύξηση στη γωνία  $\phi$ .



Σχήμα 16: Ολική Γωνία Εσωτερικής Τριβής  $\phi$  με Ολική Συνοχή c για την τριαξονική δοκιμή CUPP

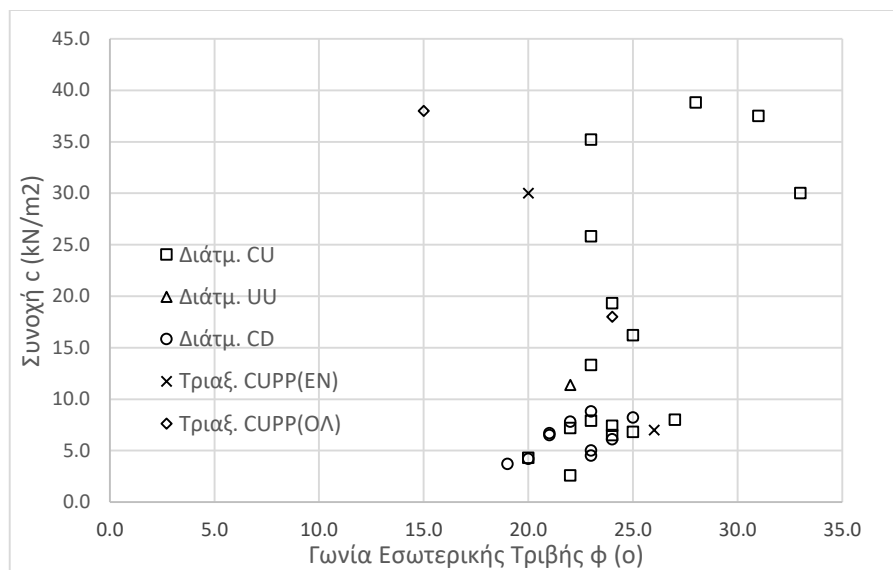


Σχήμα 17: Ενεργή Γωνία Εσωτερικής Τριβής  $\phi$  με Ενεργή Συνοχή c για την τριαξονική δοκιμή CUPP

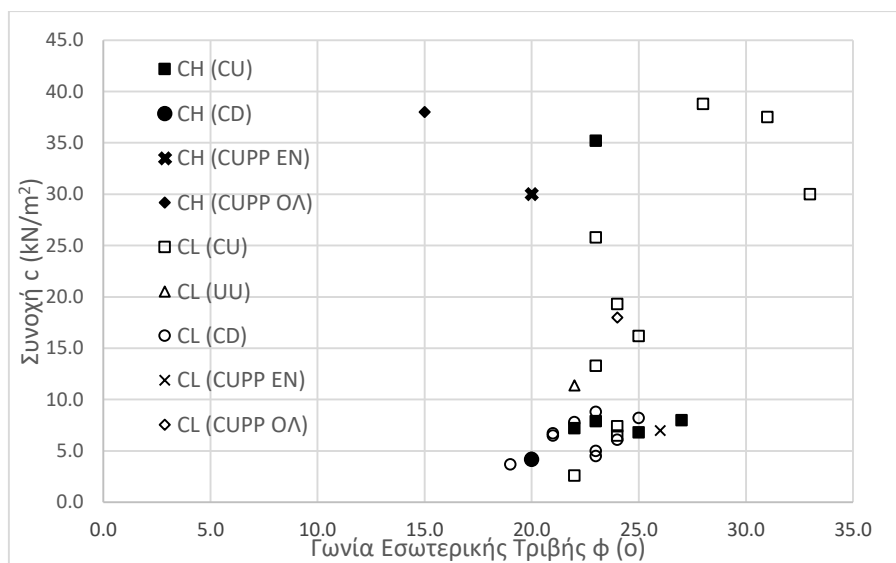
Στη δεύτερη φάση, κατασκευάστηκαν τα Σχήματα από 18 έως 23, τα οποία αναφέρονται στο σύνολο των δεδομένων. Γι' αυτό το λόγο, κάθε δοκιμή και τύπος δοκιμής απεικονίζονται με διαφορετικό σύμβολο.

Τα Σχήματα 18 και 19 μελετούν τη συνοχή συναρτήσει της γωνίας τριβής. Όπως φαίνεται, από τα κοινά διαγράμματα, ο κύριος όγκος των τιμών, για την γωνία, βρίσκεται μεταξύ  $20^\circ$  και  $25^\circ$ . Αυτές οι τιμές αντιστοιχίζονται, κατά βάση, με τιμές συνοχής από  $3 \text{ kN/m}^2$  έως  $11 \text{ kN/m}^2$ . Επιπρόσθετα, το Σχήμα 19

δείχνει ότι η πλειοψηφία των δειγμάτων αποτελείται από αργίλους χαμηλής πλασιμότητας.

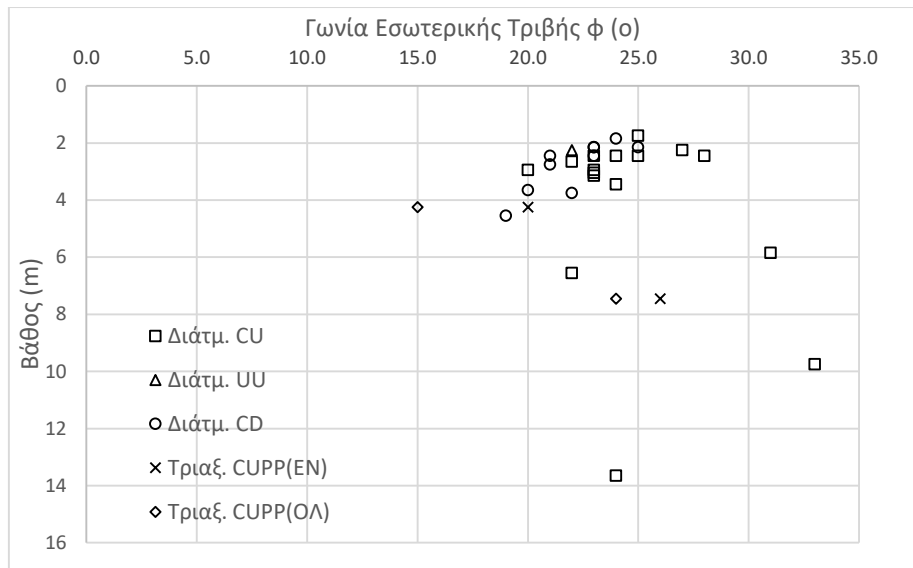


Σχήμα 18: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Συνοχής c για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές

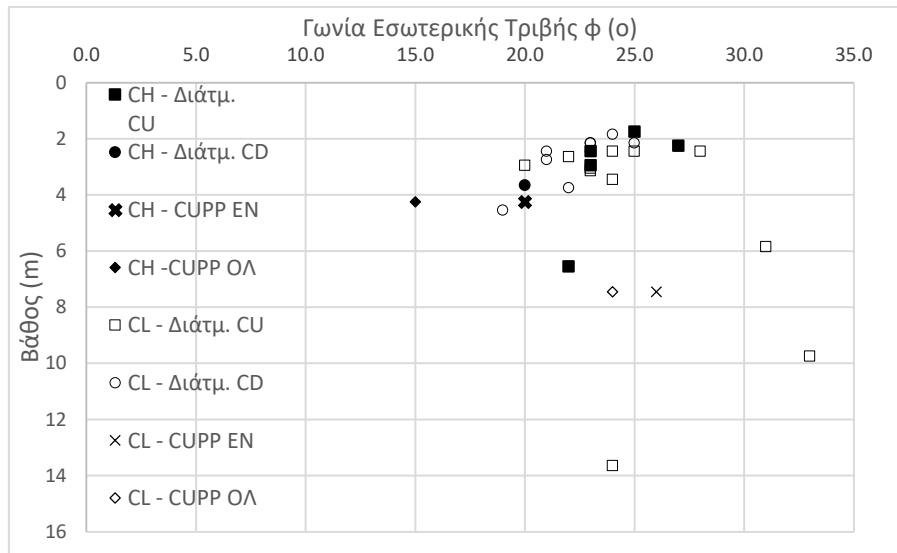


Σχήμα 19: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με τη Συνοχής c για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές ανά πλασιμότητα

Το Σχήμα 20 παρέχει πληροφορίες για τη γωνία συναρτήσεως του βάθους. Το 60% των δειγμάτων αναφέρεται σε βάθη έως 4 m. Για τη διάτμηση CU παρατηρείται αύξηση του φ με αύξηση του βάθους. Το ίδιο συμβαίνει και στη δοκιμή CUPP τόσο στην ενεργή όσο και στην ολική γωνία. Αντίθετα, με την αύξηση του βάθους μειώνονται οι τιμές της γωνίας φ κατά τη διάτμηση CD. Στο Σχήμα 21 φαίνεται ότι πέραν του βάθους των 4 m εμφανίζονται περισσότερες αργίλοι χαμηλής πλασιμότητας.

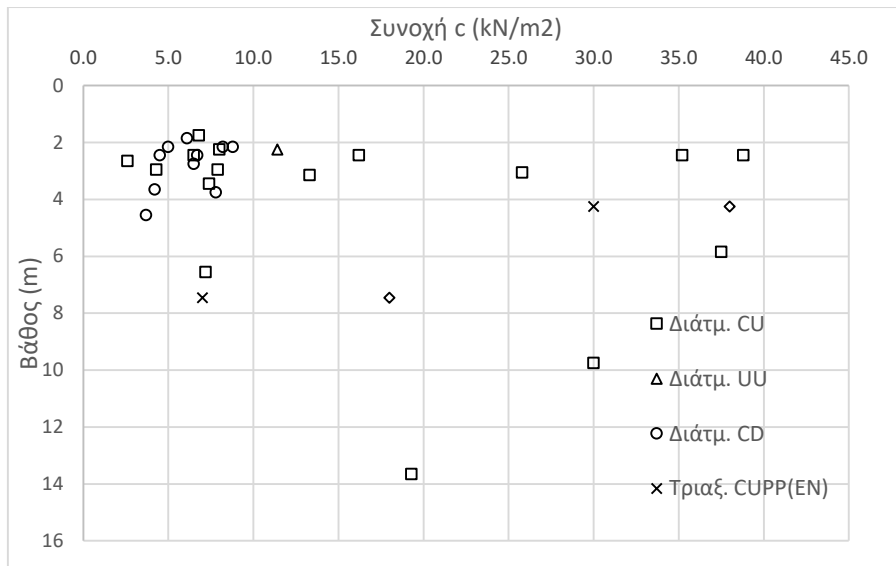


Σχήμα 20: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές

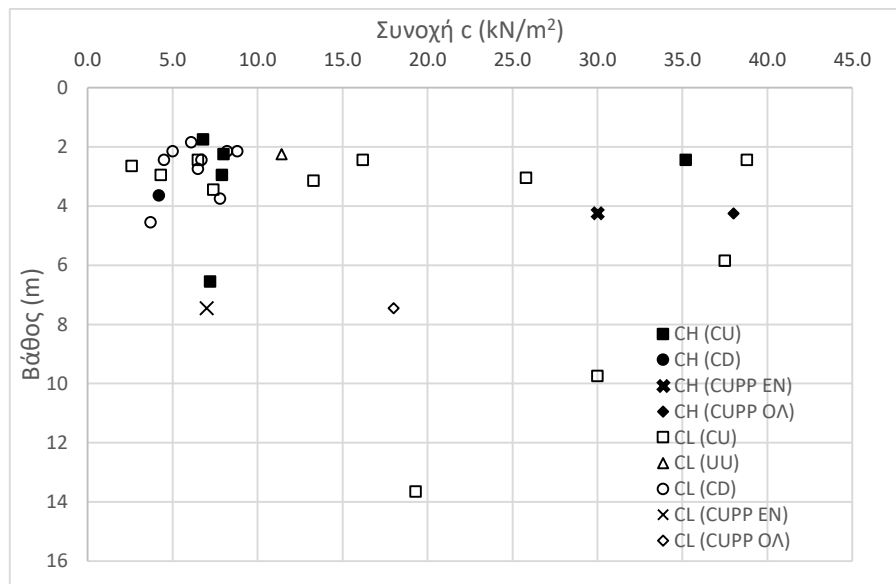


Σχήμα 21: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές διαφορετικής πλασιμότητας

Συνήθως η συνοχή ενός σχηματισμού αυξάνεται με το βάθος. Στην προκειμένη περίπτωση, όμως, παρόλο που στην δοκιμή Διάτμησης CU η συνοχή αυξάνεται με την αύξηση του βάθους, στις υπόλοιπες δοκιμές (διάτμηση UU, τριαξονικά CUPP) η συνοχή φθίνει με την αύξηση του βάθους. Αυτό δείχνει το Σχήμα 22.



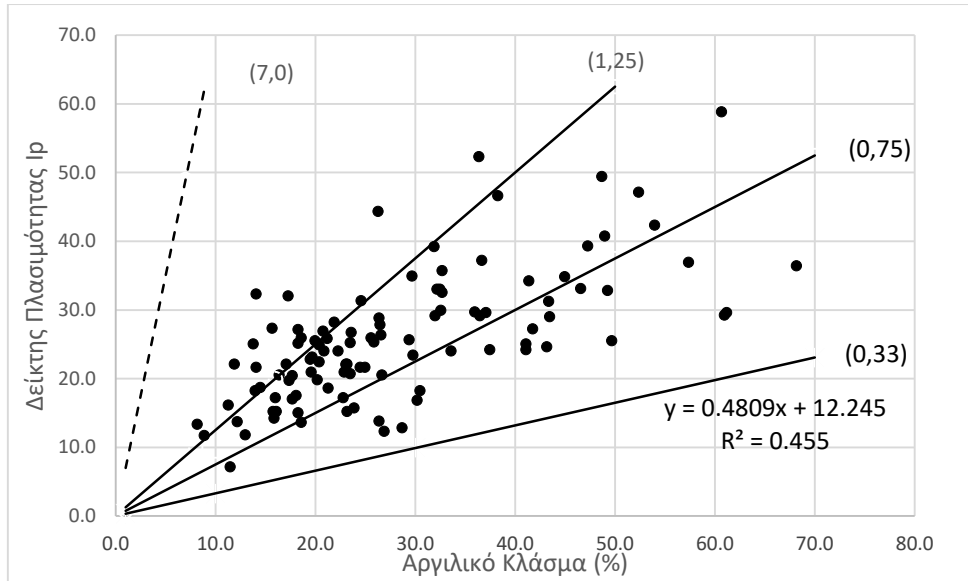
Σχήμα 22: Συνοχή c με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές



Σχήμα 23: Συνοχή c με το βάθος για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές δοκιμές διαφορετικής πλασιμότητας

## Αργιλικό Κλάσμα με Δείκτη Πλασιμότητας PI

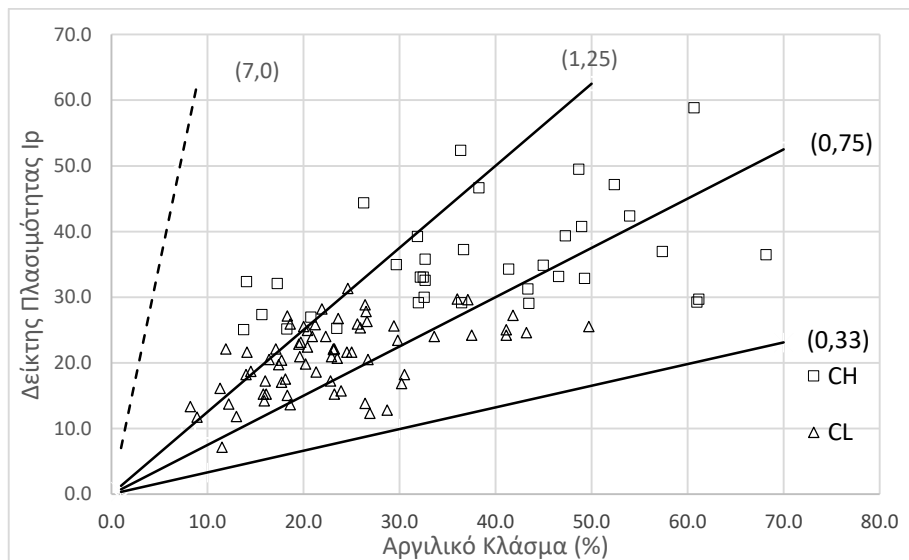
Στο Σχήμα 24 έχουν εισαχθεί δεδομένα που αναπαρίστανται με ευθείες γραμμές και παρέχουν πληροφορίες για τη δραστικότητα της αργίλου. Συγκεκριμένα, έχουν εισαχθεί οι ευθείες (0,33), (0,75), (1,25) και (7,0), οι οποίες αποτελούν όρια στα οποία αλλάζει η δραστικότητα. Δηλαδή, μεταξύ 0,33-0,75 η άργιλος χαρακτηρίζεται ως μη δραστική, στο διάστημα 0,75-1,25 ως κανονικής δραστικότητας και από 1,25 έως 7,0 ως δραστική.



Σχήμα 24: Αργιλικό Κλάσμα με Δείκτη Πλασιμότητας IP

Η διασπορά των δειγμάτων φαίνεται να είναι  $R^2 = 0,455$ . Το γράφημα δείχνει ότι όσο πιο πλάσιμη μορφή έχουν οι άργιλοι τόσο περισσότερη ποσότητα αργίλου περιέχεται σε αυτές. Από τη μελέτη του σχήματος προκύπτει ότι τα δείγματα της αργίλου που μελετήθηκαν είναι στην πλειονότητά τους κανονικά δραστικά, ενώ ορισμένα είναι μη δραστικά και άλλα δραστικά.

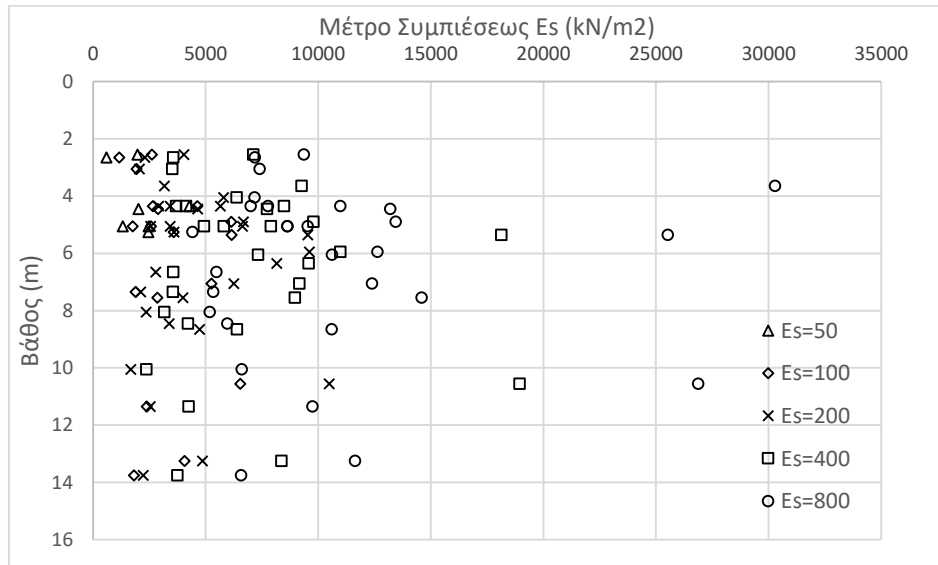
Στο Σχήμα 25 φαίνεται πως κατανέμονται οι άργιλοι βάσει πλασιμότητας. Οι άργιλοι χαμηλής πλασιμότητας εμφανίζουν ποσοστό σε άργιλο 10-37%, ενώ οι άργιλοι υψηλής πλασιμότητας 30-60% και κατ' αντίστοιχο τρόπο διαμορφώνονται και οι τιμές του Δείκτη IP.



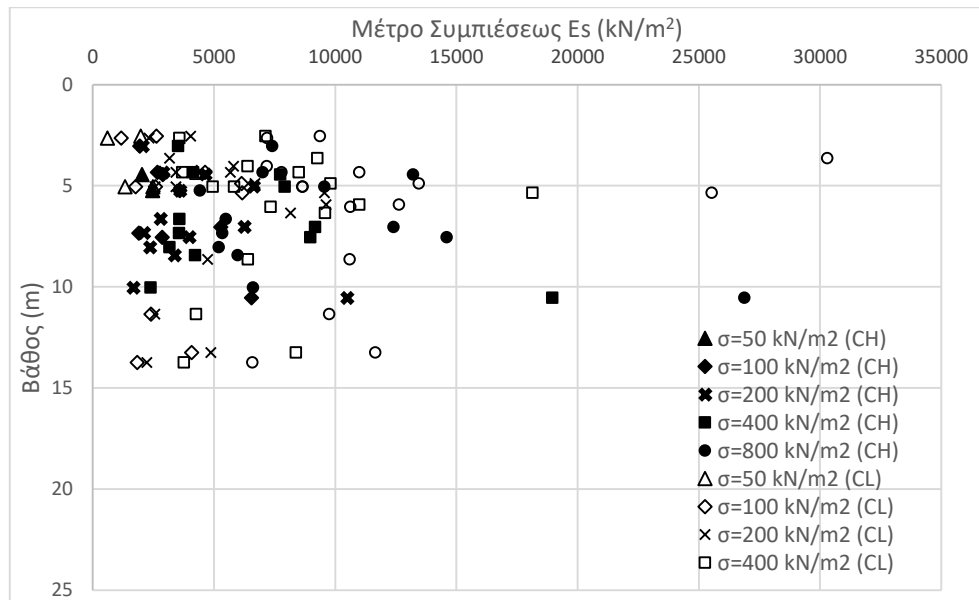
Σχήμα 25: Αργιλικό Κλάσμα με το Δείκτη Πλασιμότητας IP για αργίλους διαφορετικής πλασιμότητας

## Σχήματα με το Μέτρο Συμπύεσης Es

Τα Σχήματα 26 και 27 δείχνουν πως συμπεριφέρεται το μέτρο συμπίεσης σε συνάρτηση με το βάθος. Για τις δύο πρώτες φορτιοβαθμίδες (50 και 100 kN/m<sup>2</sup>) υπάρχει μικρή αύξηση του μέτρου συμπίεσης ανάλογα με το βάθος. Για τις φορτιοβαθμίδες των 200 και 800 kN/m<sup>2</sup> παρατηρείται ασθενής αύξηση του Es με μείωση του βάθους, ενώ για την φορτιοβαθμίδα των 400 kN/m<sup>2</sup> έχουμε ασθενή αύξηση του μέτρου συμπίεσης προοδευτικά με το βάθος.



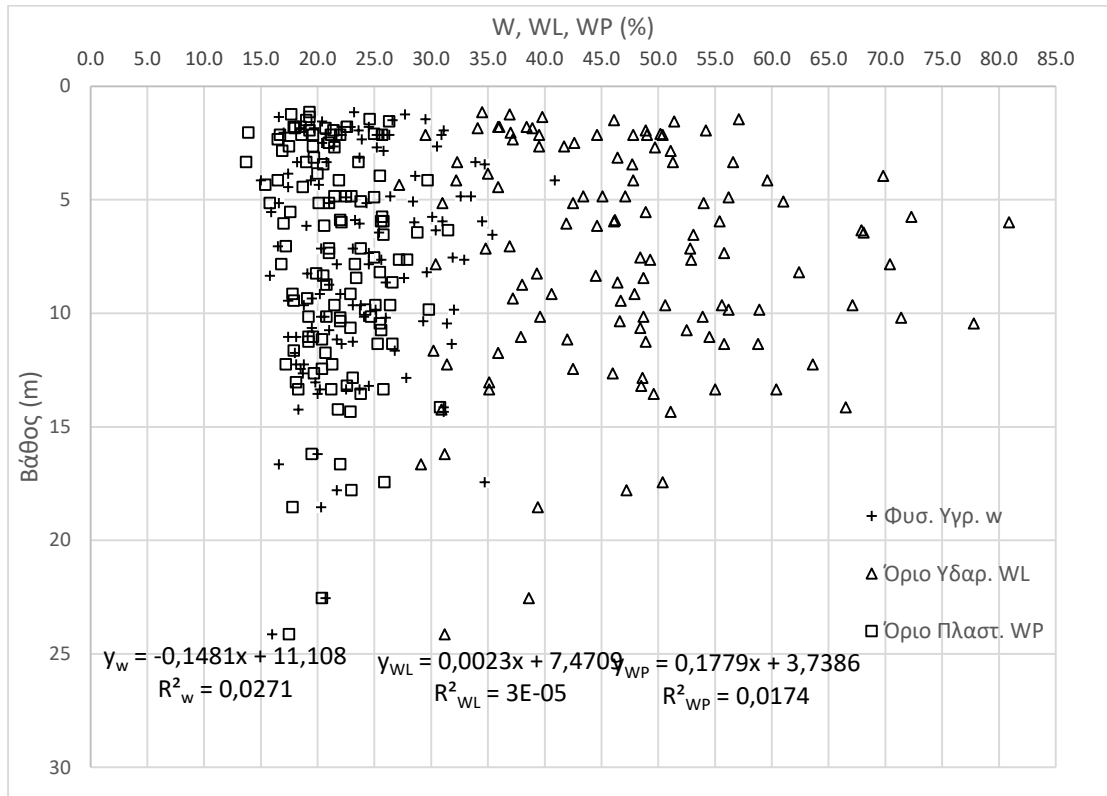
Σχήμα 26: Μέτρο Συμπίεσης  $E_s$  με το βάθος για διάφορες τιμές του  $E_s$



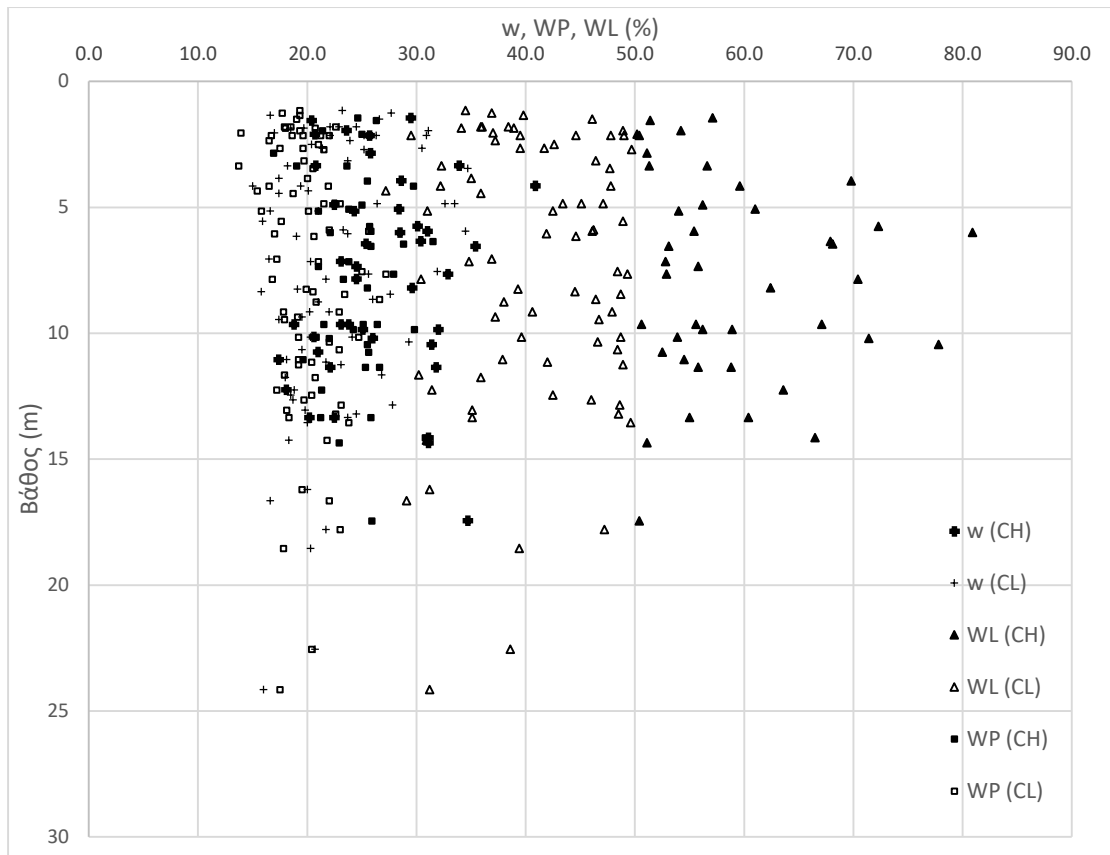
Σχήμα 27: Μέτρο Συμπίεσης  $E_s$  με το βάθος για διάφορες τιμές του  $E_s$  και διάκριση ανάλογα την πλασιμότητα

Φυσική Υγρασία  $w$ , Όριο Υδαρότητας  $W_L$  και Πλασιμότητα  $W_P$

Στο Σχήμα 28 φαίνεται πως μεταβάλλονται η φυσική υγρασία  $w$ , το όριο υδαρότητας  $W_L$  και πλασιμότητας  $W_P$  με την αύξηση του βάθους. Όπως φαίνεται από τις εξισώσεις, η υγρασία  $w$  μειώνεται με την αύξηση του βάθους με  $R^2_w = 0,0271$ . Αντίθετα, τα όρια  $W_L$  και  $W_P$  είναι ανάλογα της αύξησης του βάθους με  $R^2_{WL} = 3E-05$  και  $R^2_{WP} = 0,0174$  αντίστοιχα. Το  $w$  κυμαίνεται από 15-40% με μέση τιμή στο 23%, το όριο  $W_L$  από 27-81% έχοντας μέση τιμή το 47% και το όριο  $W_P$  από 13-31% με τιμή median 21%.



Σχήμα 28: Φυσική Υγρασία  $w$ , Όριο Υδαρότητας  $W_L$  και Όριο Πλασιμότητας  $W_P$  με το βάθος



Σχήμα 29: Φυσική Υγρασία  $w$ , Όριο Υδαρότητας  $WL$  και Όριο Πλασιμότητας  $WP$  με το βάθος για δείγματα διαφορετικής πλασιμότητας

Από το Σχήμα 29 συνάγεται ότι οι άργιλοι υψηλής πλασιμότητας διαφέρουν στις τιμές  $WL$ , 25 μονάδες κατά μέσο όρο συγκριτικά με τις αργίλους χαμηλής πλασιμότητας. Συγκεκριμένα, οι πρώτες κυμαίνονται από 50% έως 80%, ενώ οι δεύτερες από 30% έως 50%. Το ίδιο συμβαίνει και για το όριο  $WP$ , για το οποίο η διαφορά είναι 5 μονάδες.



## ΣΥΝΟΨΗ

### Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι η εξεταζόμενη περιοχή αποτελείται σε ποσοστό 87% από λεπτόκοκκους σχηματισμούς και πιο συγκεκριμένα σε ποσοστό 76% από αργιλικά δείγματα. Από την εξέταση της θέσης των γεωτρητικών εργασιών εξάγεται ότι η έκταση που καταλαμβάνει το έργο είναι περίπου 35 km. Η στρωματογραφία κρίθηκε ότι αποτελείται από αρκετά όμοιους οριζόντες χωρίς εμφανίσεις και εναλλαγές χονδροκόκκων. Όσον αφορά τη χιλιομετρική θέση, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές που παρουσίασαν οι ιδιότητες των δειγμάτων κινήθηκαν εντός πρακτικά σταθερών και αμετάβλητων ορίων δίχως μεγάλη τυπική απόκλιση. Αυτά τα δύο αποτελέσματα συνηγόρησαν στην θεώρηση της ενοποίησης της περιοχής. Δηλαδή, δύνανται να θεωρηθούν όλα τα λεπτόκοκκα σαν ενιαίο σύνολο. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, όμως, έδειξε ότι άργιλοι και ιλύες, παρόλο που οι ιδιότητές τους χαρακτηρίζονται από παρεμφερείς τιμές σε ορισμένες περιπτώσεις, εμφανίζουν και σημαντικές διαφορές. Για παράδειγμα, η διαφορά στις τιμές της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη εδάφους αγγίζει τα 200 KN/m<sup>2</sup> με μεγαλύτερη να εμφανίζεται στα αργιλικά δείγματα. Γι' αυτό, η μελέτη των λεπτόκοκκων δειγμάτων στηρίχθηκε αποκλειστικά στις αργίλους. Τέλος, από τη δοκιμή SPT προέκυψε ότι σε ποσοστό 68,1% οι άργιλοι προσδιορίζονται ως σκληρές το οποίο συμφωνεί με τα 456,4 KN/m<sup>2</sup> κατά μέσο όρο στην τάση  $q_u$ .

### Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην τριαξονική δοκιμή CUPP παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της συνοχής  $c$  δεν συνδέεται με αύξηση της γωνίας  $\phi$ . Έχοντας δύο δείγματα για τη δοκιμή CUPP παρατηρήθηκε ότι η γωνία μειώνεται. Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί μία ειδική περίπτωση. Συνεπώς, κρίνεται ότι χρειάζεται να γίνουν περαιτέρω μελέτες, κυρίως τριαξονικές, με μεγαλύτερη εφαρμογή τόσο κατά μήκος της περιοχής όσο και σε βάθος με έμφαση σε βάθη από 4 έως 7 m. Σε περίπτωση που επιβεβαιωθεί αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να υποδηλώσει την εμφάνιση ενός παχύρρευστου σχηματισμού.



















Πίνακας: Συγκεντρωτικά στοιχεία φυσικών χαρακτηριστικών αργιλικών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤ/ΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ ywet	ΞΗΡΟ ydry	ΠΟΡΩΔΕΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΩΣ Dr	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ e	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΙΜΟΥ Sr	ΟΡΓΑΝΙΚΑ	CaCO <sub>3</sub>	ΘΕΙΙΚΑ	
ΑΡΓΙΛΟΙ CL-CH	Πλήθος N	119	119	106	106	119	119	119	119	49	49		28	119	119	106					12		
	Μέσος Όρος	3,9	14,3	53,2	28,3	81,8	47,2	21,6	25,6	20,0	16,2		2,71	23,8	0,089	19,75					0,2		
	Τυπική Απόκλιση	4,4	9,5	10,7	13,1	10,4	11,2	3,6	9,1	0,9	1,4		0,50	5,4	0,22	14,77					0,4		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	113%	66%	20%	46%	13%	24%	17%	35%	4%	9%		19%	22%	242%	75%					145%		
	min	0,0	0,8	29,3	8,2	53,7	27,2	13,7	7,1	17,1	11,7		2,7	15,0	-0,8	1,8					0,0		
	max	29,0	36,3	79,2	68,2	98,9	80,9	31,5	58,8	21,6	18,9		2,7	40,9	0,7	84,5					0,9		
	range	29,0	35,5	49,9	60,0	45,2	53,7	17,8	51,7	4,5	7,2		0,0	25,9	1,5	82,7					0,9		
median	2,8	12,3	53,3	24,6	83,0	47,2	21,2	25,0	20,1	16,6		2,7	23,1	0,1	15,5					0,0			
ΑΡΓΙΛΟΙ CL	Πλήθος N	77	77	70	70	77	77	77	77	31	31		17	77	77	70					8		
	Μέσος Όρος	4,4	17,9	54,6	23,0	77,7	40,8	20,0	20,8	20,1	16,4		2,71	22,4	0,107	24,54					0,4		
	Τυπική Απόκλιση	5,0	9,0	9,9	8,5	9,5	6,5	2,7	5,2	0,9	1,4		0,64	4,8	0,24	15,44					0,4		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	115%	50%	18%	37%	12%	16%	13%	25%	5%	9%		24%	21%	227%	63%					104%		
	min	0,0	2,8	29,5	8,2	53,7	27,2	13,7	7,1	18,0	12,8		2,7	15,0	-0,8	5,8					0,0		
	max	29,0	36,3	79,2	49,7	95,5	49,7	27,2	31,3	21,6	18,9		2,7	34,7	0,7	84,5					0,9		
	range	29,0	33,5	49,7	41,5	41,8	22,5	13,5	24,2	3,6	6,1		0,0	19,7	1,5	78,7					0,9		
median	3,0	16,5	55,9	22,1	78,6	40,6	19,7	21,6	20,3	16,6		2,7	21,4	0,1	20,6					0,3			
ΑΡΓΙΛΟΙ CH	Πλήθος N	42	42	36	36	42	42	42	42	18	18		11	42	42	36					4		
	Μέσος Όρος	3,0	7,6	50,3	38,4	89,4	58,9	24,5	34,4	19,8	15,9		2,72	26,5	0,057	10,42					0,0		
	Τυπική Απόκλιση	2,7	6,3	11,8	14,5	7,4	8,0	3,2	7,9	0,8	1,3		0,01	5,4	0,15	7,01					0,0		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	89%	83%	23%	38%	8%	14%	13%	23%	4%	8%		0%	20%	271%	67%					0,0		
	min	0,0	0,8	29,3	13,8	69,6	50,2	16,9	24,5	17,1	11,7		2,7	17,4	-0,2	1,8					0,0		
	max	10,8	27,7	73,2	68,2	98,9	80,9	31,5	58,8	20,5	17,5		2,7	40,9	0,4	31,8					0,0		
	range	10,8	26,9	43,9	54,4	29,3	30,7	14,6	34,3	3,4	5,8		0,0	23,5	0,6	30,1					0,0		
median	2,5	5,8	50,7	36,6	91,8	56,0	25,1	32,9	20,0	16,1		2,7	25,6	0,1	8,4					0,0			

Πίνακας: Συγκεντρωτικά στοιχεία φυσικών χαρακτηριστικών ιλυωδών δειγμάτων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ ywet	ΞΗΡΟ ydry	ΠΟΡΩΔΕΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΩΣ Dr	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ e	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ Sr	ΟΡΓΑΝΙΚΑ	CaCO3	ΘΕΙΙΚΑ		
ΙΛΥΣ ML-MH	Πλήθος N	18	18	12	12	18	18	15	15	3	3		2	18	15	12								
	Μέσος Όρος	4,2	19,2	58,7	19,2	76,6	41,7	28,0	17,8	20,0	16,4		2,7	25,3	0,2	24,4								
	Τυπική Απόκλιση	5,4	11,2	10,4	8,4	12,5	16,0	4,8	11,3	0,5	1,0		0,0	5,4	0,8	20,8								
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	128%	58%	18%	44%	16%	38%	17%	63%	2%	6%		0%	21%	445%	85%								
	min	0,3	1,2	42,6	9,2	54,8	18,6	18,4	2,4	19,6	15,6		2,7	16,1	-0,6	6,9								
	max	22,2	38,1	74,7	32,3	94,8	69,5	35,5	34,0	20,5	17,5		2,7	33,7	2,2	82,2								
	range	21,9	36,9	32,1	23,1	40,0	50,9	17,1	31,6	0,9	1,9		0,0	17,6	2,7	75,3								
median	1,8	19,0	60,1	17,3	76,5	46,0	29,0	19,3	20,0	16,0		2,7	25,2	0,0	18,7									
ΙΛΥΣ ML	Πλήθος N	12	12	9	9	12	12	9	9	1	1		1	12	9	9								
	Μέσος Όρος	4,4	23,0	56,2	17,2	72,6	33,3	25,5	11,7	20,0	16,0		2,7	23,1	0,4	29,4								
	Τυπική Απόκλιση	6,4	10,3	10,6	8,3	11,9	12,1	4,5	8,1					4,8	1,0	21,9								
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	145%	45%	19%	48%	16%	36%	18%	69%					21%	285%	75%								
	min	0,3	6,9	42,6	9,2	54,8	18,6	18,4	2,4	20,0	16,0		2,7	16,1	-0,6	12,1								
	max	22,2	38,1	74,7	32,3	92,5	49,2	31,6	20,8	20,0	16,0		2,7	31,5	2,2	82,2								
	range	21,9	31,2	32,1	23,1	37,7	30,6	13,2	18,4	0,0	0,0		0,0	15,4	2,7	70,1								
median	1,6	23,6	53,8	14,6	69,7	28,7	27,4	13,0	20,0	16,0		2,7	23,8	0,0	24,2									
ΙΛΥΣ MH	Πλήθος N	6	6	3	3	6	6	6	6	2	2		1	6	6	3								
	Μέσος Όρος	3,9	11,5	66,4	25,3	84,7	58,6	31,7	26,9	20,1	16,6		2,7	29,7	-0,1	9,6								
	Τυπική Απόκλιση	3,2	9,2	5,7	6,4	10,1	6,3	2,1	4,8	0,6	1,3			3,5	0,2	2,4								
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	81%	80%	9%	25%	12%	11%	6%	18%	3%	8%			12%	-200%	25%								
	min	0,6	1,2	59,9	19,6	68,7	50,6	30,0	20,6	19,6	15,6		2,7	23,7	-0,4	6,9								
	max	8,4	22,9	70,7	32,2	94,8	69,5	35,5	34,0	20,5	17,5		2,7	33,7	0,0	11,4								
	range	7,8	21,7	10,8	12,6	26,1	18,9	5,5	13,4	0,9	1,9		0,0	10,0	0,4	4,5								
median	3,1	8,8	68,5	24,1	88,2	58,3	31,0	27,8	20,1	16,6		2,7	30,6	0,0	10,4									

Πίνακας: Συγκεντρωτικά στοιχεία φυσικά χαρακτηριστικά λεπτόκοκκων

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΙΛΥΣ+ΑΡΓΙΛΟΣ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ WL	ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ WP	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΤΑΣ IP	ΥΓΡΟ	γ <sub>sat</sub>	ΞΗΡΟ	γ <sub>dry</sub>	ΠΟΡΩΔΕΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΠΟΘΕΣΕΩΣ Dr	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ e	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ Sr	ΟΡΓΑΝΙΚΑ	CaCO <sub>3</sub>	ΘΕΙΙΚΑ		
ΑΡΓΙΛΟΙ ΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CL-CH, ML-MH	Πλήθος N	137	137	118	118	137	137	134	134	52	52				30	137	134	118							12	
	Μέσος Όρος	3,9	14,9	53,7	27,3	81,1	46,5	22,3	24,7	20,0	16,2				2,7	24,0	0,1	20,2							0,2	
	Τυπική Απόκλιση	4,5	9,8	10,8	12,9	10,8	12,0	4,2	10,0	0,9	1,4				0,5	5,4	0,3	15,4							0,4	
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	115%	66%	20%	47%	13%	26%	19%	41%	4%	8%				18%	22%	332%	76%							145%	
	min	0,0	0,8	29,3	8,2	53,7	18,6	13,7	2,4	17,1	11,7				2,7	15,0	-0,8	1,8							0,0	
	max	29,0	38,1	79,2	68,2	98,9	80,9	35,5	58,8	21,6	18,9				2,7	40,9	2,2	84,5							0,9	
	range	29,0	37,3	49,9	60,0	45,2	62,3	21,8	56,4	4,5	7,2				0,0	25,9	2,9	82,7							0,9	
median	2,7	13,6	53,7	23,8	82,4	47,2	21,5	24,6	20,1	16,6				2,7	23,6	0,1	15,5							0,0		
ΑΡΓΙΛΟΙ ΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CL-ML	Πλήθος N	89	89	79	79	89	89	86	86	32	32				18	89	86	79							8	
	Μέσος Όρος	4,4	18,6	54,8	22,4	77,0	39,8	20,6	19,8	20,1	16,4				2,7	22,5	0,1	25,1							0,4	
	Τυπική Απόκλιση	5,2	9,3	9,9	8,6	9,9	7,8	3,4	7,0	0,9	1,4				0,6	4,8	0,4	16,2							0,4	
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	118%	50%	18%	38%	13%	20%	16%	35%	5%	9%				23%	21%	295%	65%							104%	
	min	0,0	2,8	29,5	8,2	53,7	18,6	13,7	2,4	18,0	12,8				2,7	15,0	-0,8	5,8							0,0	
	max	29,0	38,1	79,2	49,7	95,5	49,7	31,6	31,3	21,6	18,9				2,7	34,7	2,2	84,5							0,9	
	range	29,0	35,3	49,7	41,5	41,8	31,1	17,9	28,9	3,6	6,1				0,0	19,7	2,9	78,7							0,9	
median	2,9	18,0	55,7	21,2	78,4	39,8	20,3	20,6	20,3	16,6				2,7	21,7	0,1	20,8							0,3		
ΑΡΓΙΛΟΙ ΚΑΙ ΙΛΥΕΣ CH-MH	Πλήθος N	48	48	39	39	48	48	48	48	20	20				12	48	48	39								
	Μέσος Όρος	3,1	8,1	51,5	37,4	88,8	58,9	25,4	33,5	19,8	15,9				2,7	26,9	0,0	10,4								
	Τυπική Απόκλιση	2,7	6,7	12,2	14,5	7,8	7,7	3,9	7,9	0,8	1,3				0,0	5,3	0,2	6,8								
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	87%	83%	24%	39%	9%	13%	15%	24%	4%	8%				0%	20%	405%	65%								
	min	0,0	0,8	29,3	13,8	68,7	50,2	16,9	20,6	17,1	11,7				2,7	17,4	-0,4	1,8								1,8
	max	10,8	27,7	73,2	68,2	98,9	80,9	35,5	58,8	20,5	17,5				2,7	40,9	0,4	31,8								
	range	10,8	26,9	43,9	54,4	30,2	30,7	18,6	38,2	3,4	5,8				0,0	23,5	0,8	30,1								
median	2,5	6,2	52,2	36,4	91,4	56,2	25,5	32,4	20,0	16,1				2,7	25,9	0,0	8,6									

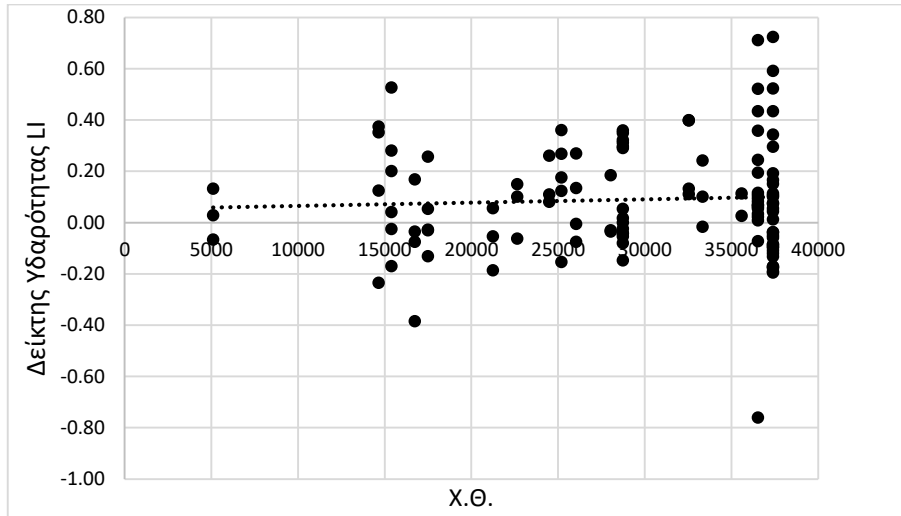
Πίνακας: Συγκεντρωτικά στοιχεία μηχανικών χαρακτηριστικών αργιλικών δειγμάτων

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΝΕΜΙΟΛ ΒΥΘΗ		ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΩΣΗΣ								ΤΡΙΑΣΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ						ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ						ΔΟΚΙΜΗ		ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ				ΔΟΚΙΜΗ PROCTOR				CBR															
	ΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	CU		UU		CD		RING SHEAR		UU		CD		CUPP		ΜΕΤΡΟ ΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ Es						Cr	Cc	αs	Cv	ΔΟΚΙΜΗ		ΣΥΝΤ. ΔΙΑΤ. K				STANDARD	MODIFIED	ΔΕΙΚΤΗΣ C.B.R.													
			ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΕΝΕΡΓΗ φ	ΟΛΙΚΗ φ	ΕΝΕΡΓΗ c	ΟΛΙΚΗ c	σ = 50 kN/m <sup>2</sup>	σ = 100 kN/m <sup>2</sup>	σ = 200 kN/m <sup>2</sup>	σ = 400 kN/m <sup>2</sup>	σ = 800 kN/m <sup>2</sup>	ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΑΝΑΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ	ΑΡΧΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ	ΣΥΝΤ. ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΤΑΣΗ ΔΙΟΡΚΩΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΟΡΚΩΣΗΣ	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	H <sub>v</sub>	ΜΕΓ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ		ΒΕΛΤΙΩΘ. ΥΓΡΑΣΙΑ	ΜΕΓ. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΕΛΤΙΩΘ. ΥΓΡΑΣΙΑ										
			σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>		σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>h</sub>							
ΑΡΓΙΟΙ CL-CH	Πλήθος N	51	51	16	16	1	1	10	10	1	5					2	2	2	2	7	18	29	29	29	30	30	30	30	19	19																		
	Μέσος Όρος	456,4	6,2	24,8	16,7	22,0	11,4	22,1	6,2	14,0	328,3					23,0	19,5	18,5	28,0	2167,6	3390,3	4545,4	7078,9	10864,4	0,033	0,282	0,8	12,9	73,1	1,1																		
	Τυπική Απόκλιση	260,1	2,38	3,41	12,72			1,85	1,77		119,90					4,24	6,36	16,26	14,14	1068,31	2127,00	2561,81	4151,79	6610,45	0,012	0,123	0,26	17,52	60,26	1,22																		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	57%	38%	14%	76%			8%	29%		37%					18%	33%	88%	51%	49%	63%	56%	59%	61%	36%	44%	31%	136%	82%	110%																		
	min	67,9	2,1	20,0	2,6	22,0	11,4	19,0	3,7	14,0	222,3					20,0	15,0	7,0	18,0	609,0	1176,0	1684,0	2382,0	4425,0	0,0	0,1	0,5	0,8	20,0																			
	max	1165,0	13,9	33,0	38,8	22,0	11,4	25,0	8,8	14,0	510,0					26,0	24,0	30,0	38,0	4291,0	6546,0	10496,0	18955,0	30299,0	0,1	0,5	1,5	82,4	210,0	4,4																		
range	1097,1	11,9	13,0	36,2	0,0	0,0	6,0	5,1	0,0	287,7					6,0	9,0	23,0	20,0	3682,0	5370,0	8812,0	16573,0	25874,0	0,0	0,4	1,0	81,6	190,0	4,4																			
median	423,4	6,0	24,0	10,7	22,0	11,4	22,5	6,3	14,0	286,0					23,0	19,5	18,5	28,0	2027,0	2758,5	3608,0	6398,0	9370,0	0,0	0,3	0,8	7,9	35,0	0,5																			
ΑΡΓΙΟΙ CL	Πλήθος N	29	29	11	11	1	1	9	9	4					1	1	1	1	5	10	16	17	16	17	17	17	17	10	10																			
	Μέσος Όρος	466,2	6,4	25,2	18,3	22,0	11,4	22,3	6,4		350,9					26,0	24,0	7,0	18,0	2137,0	3338,8	4927,3	7527,8	11935,7	0,034	0,246	0,8	14,0	76,4	0,9																		
	Τυπική Απόκλιση	252,1	2,65	3,92	13,09			1,80	1,73		125,49									1221,94	2170,11	2678,90	3591,78	7013,92	0,013	0,096	0,27	19,02	66,22	0,90																		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	54%	41%	16%	71%			8%	27%		36%					57%	65%	54%	48%	57%	65%	54%	48%	59%	39%	39%	32%	136%	87%	101%																		
	min	67,9	2,1	20,0	2,6	22,0	11,4	19,0	3,7		222,3					26,0	24,0	7,0	18,0	609,0	1176,0	2232,0	3573,0	6589,0	0,0	0,1	0,5	1,4	20,0																			
	max	1105,7	13,9	33,0	38,8	22,0	11,4	25,0	8,8		510,0					26,0	24,0	7,0	18,0	4291,0	6165,0	9621,0	18143,0	30299,0	0,1	0,4	1,5	82,4	210,0	3,2																		
range	1037,8	11,9	13,0	36,2	0,0	0,0	6,0	5,1		287,7					0,0	0,0	0,0	0,0	3682,0	4989,0	7389,0	14570,0	23710,0	0,0	0,3	0,9	81,0	190,0	3,2																			
median	487,0	6,0	24,0	16,2	22,0	11,4	23,0	6,5		335,7					26,0	24,0	7,0	18,0	1977,0	2602,5	4390,5	7127,0	10177,5	0,0	0,2	0,8	8,2	42,5	0,6																			
ΑΡΓΙΟΙ CH	Πλήθος N	22	22	5	5			1	1	1	1				1	1	1	1	2	8	13	12	13	13	13	13	13	9	9																			
	Μέσος Όρος	443,4	5,9	24,0	13,0			20,0	4,2	14,0	237,7					20,0	15,0	30,0	38,0	2244,0	3454,8	4075,5	6442,8	9545,8	0,033	0,330	0,8	11,4	69,4	1,3																		
	Τυπική Απόκλιση	275,6	1,99	2,00	12,41															847,34	2153,61	2469,38	4787,71	6185,58	0,011	0,141	0,26	15,97	56,65	1,52																		
	Συντελεστής μεταβλητότητας COV	62%	34%	8%	95%															38%	62%	61%	74%	65%	32%	43%	31%	140%	82%	113%																		
	min	81,9	2,7	22,0	6,8			20,0	4,2	14,0	237,7					20,0	15,0	30,0	38,0	2027,0	1894,0	1684,0	2382,0	4425,0	0,0	0,1	0,6	0,8	20,0																			
	max	1165,0	11,2	27,0	35,2			20,0	4,2	14,0	237,7					20,0	15,0	30,0	38,0	2461,0	6546,0	10496,0	18955,0	28878,0	0,1	0,5	1,5	61,3	180,0	4,4																		
range	1083,1	8,5	5,0	28,4			0,0	0,0	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0	0,0	434,0	4652,0	8812,0	16573,0	22453,0	0,0	0,4	0,9	60,5	160,0	4,4																			
median	375,5	5,5	23,0	7,9			20,0	4,2	14,0	237,7					20,0	15,0	30,0	38,0	2244,0	2874,0	3382,0	4180,5	7007,0	0,0	0,3	0,7	4,3	35,0	0,5																			

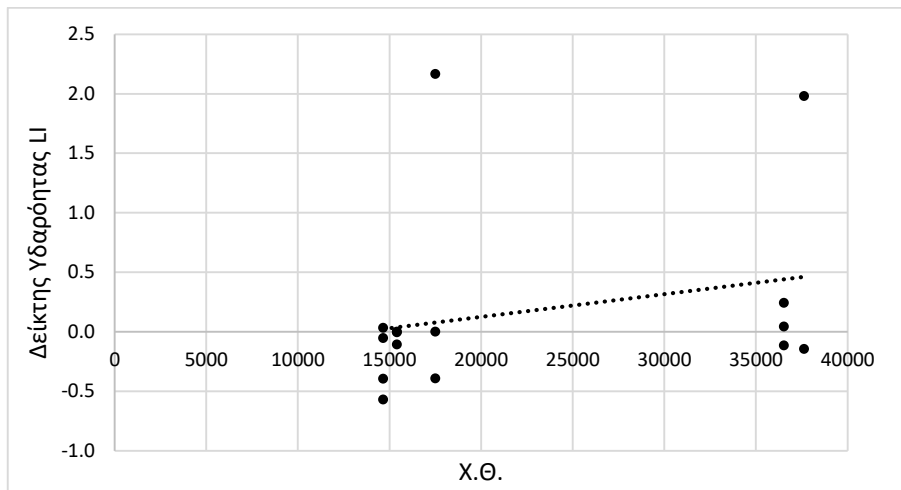




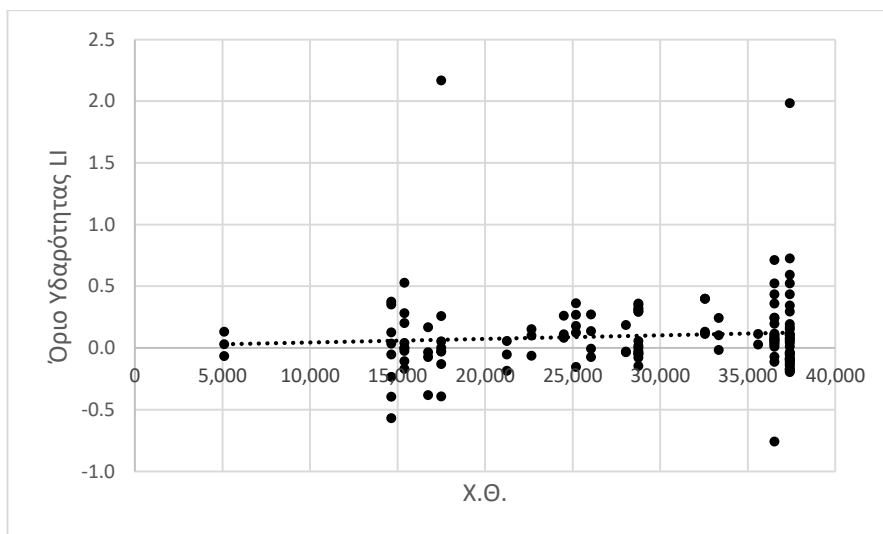
## Παράρτημα Σχημάτων



Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με Χ.Θ. (C)

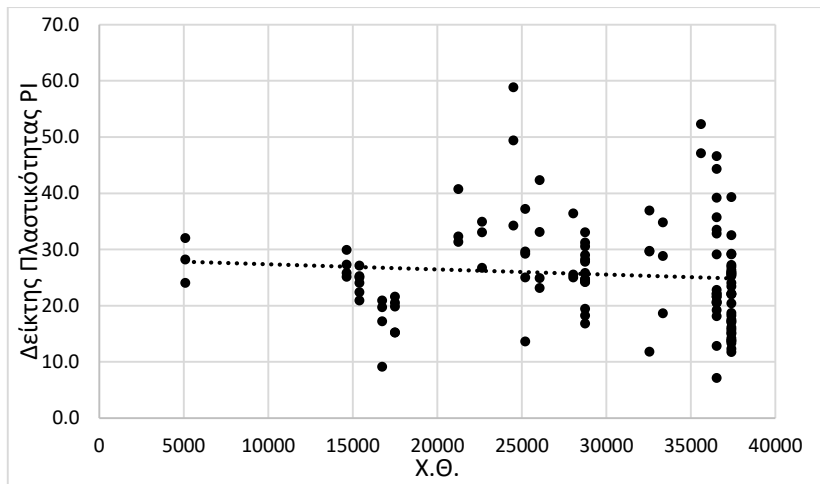


Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με Χ.Θ. (M)

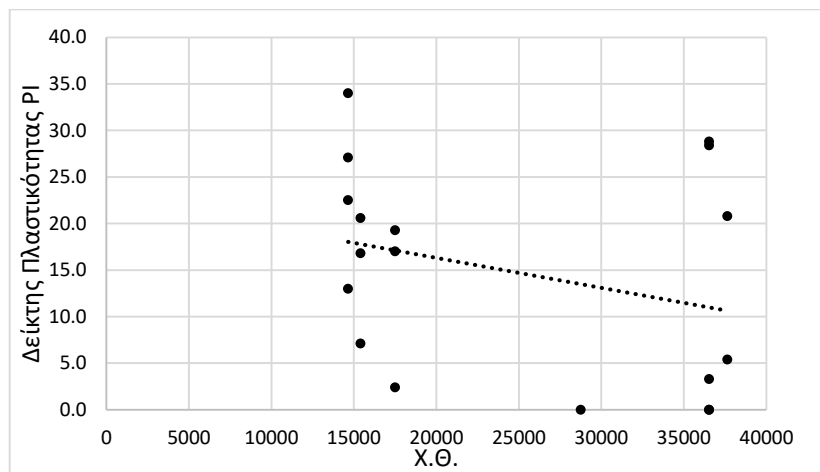




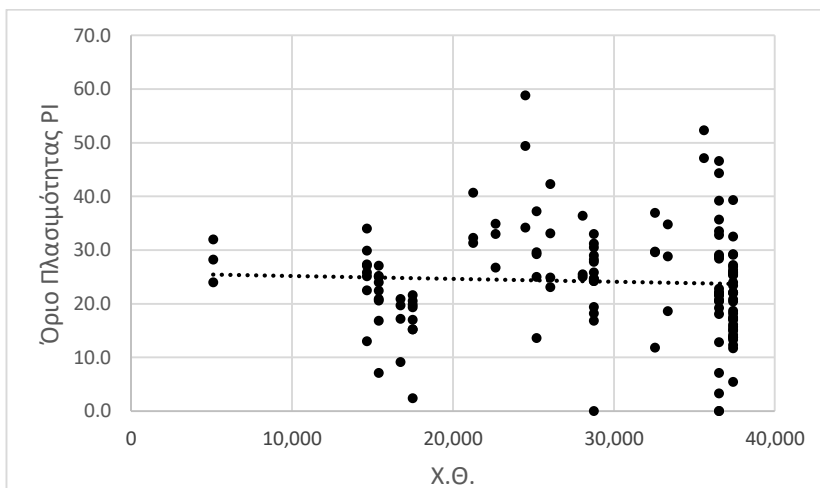
Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων



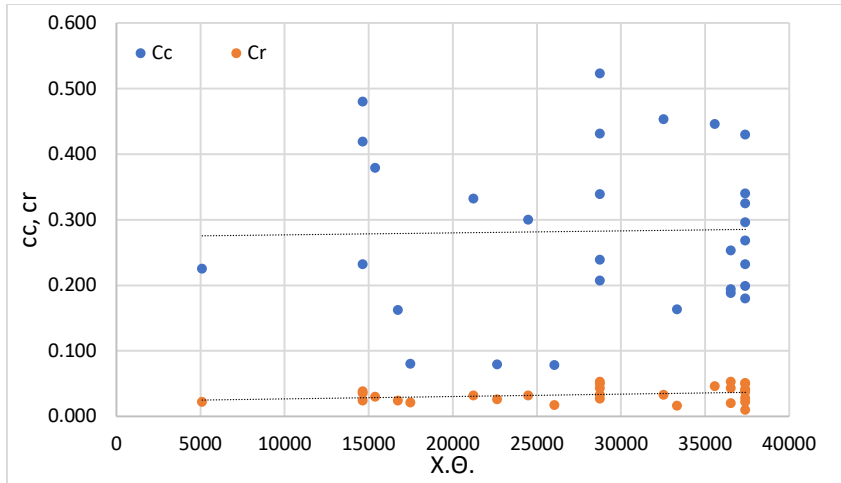
Σχήμα: Δείκτης Πλασιμότητας PI με Χ.Θ. (C)



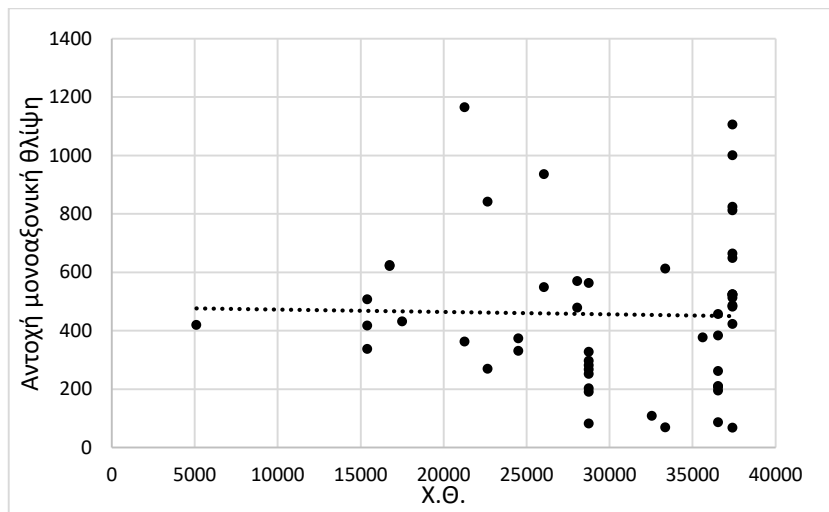
Σχήμα: Δείκτης Πλασιμότητας PI με Χ.Θ. (M)



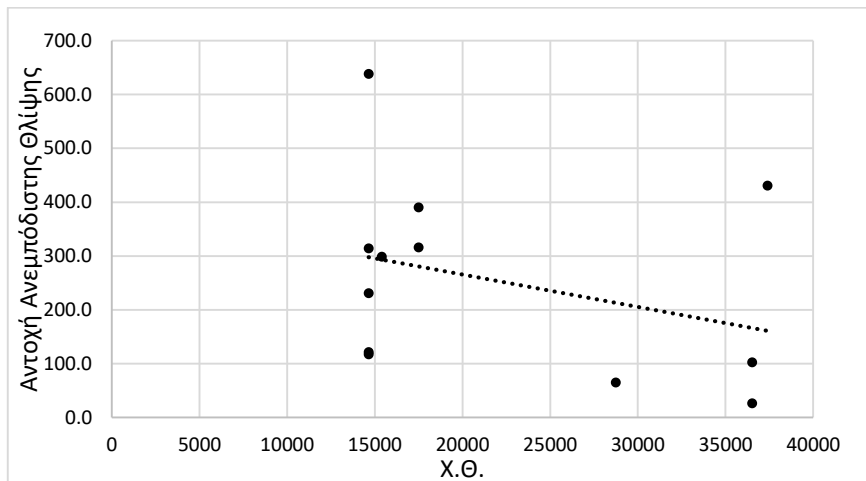
Σχήμα: Δείκτης Πλασιμότητας PI με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων



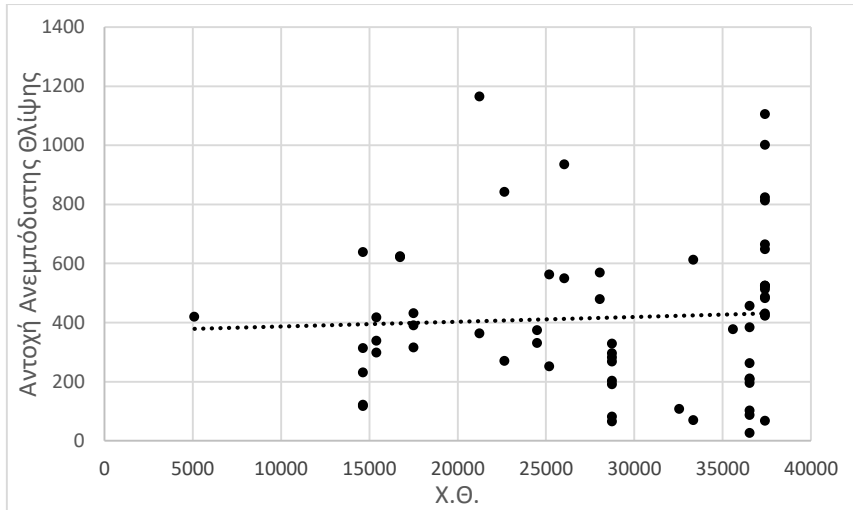
Σχήμα: Δείκτης Συμπίεστος Cc και Δείκτης Επανασυμπίεσης Cr με Χ.Θ. (C)



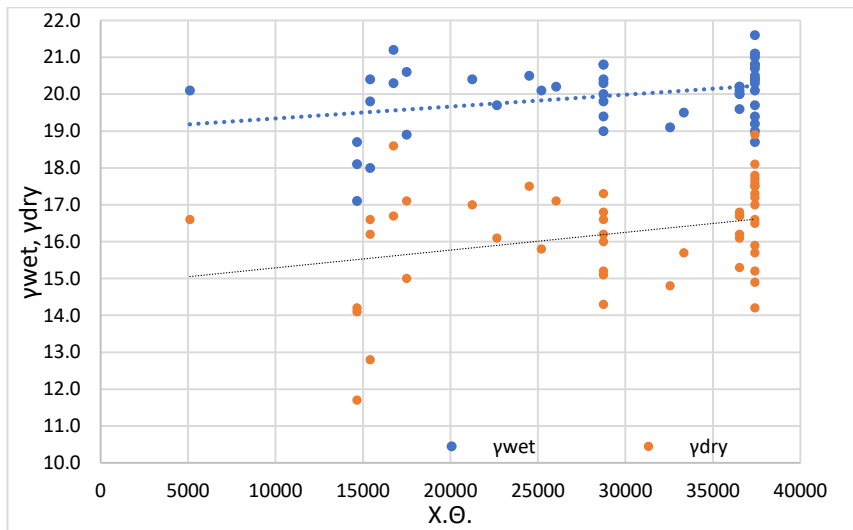
Σχήμα: Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη με Χ.Θ. (C)



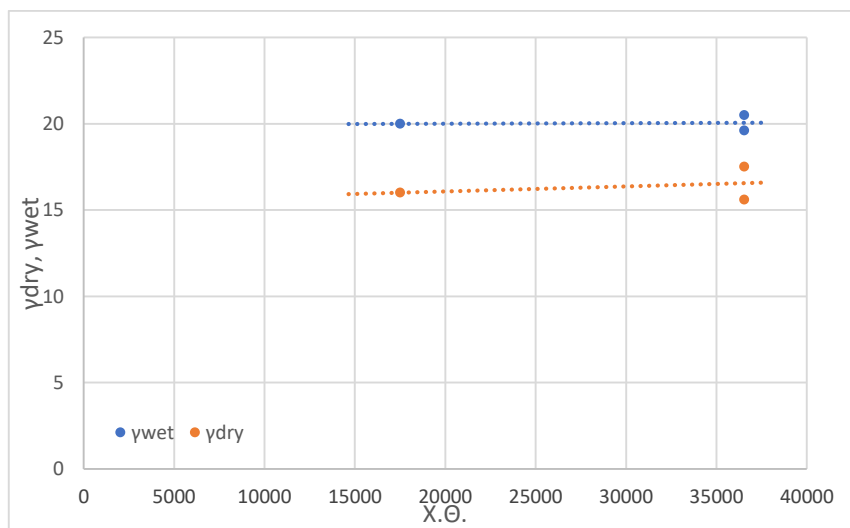
Σχήμα: Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη με Χ.Θ. (M)



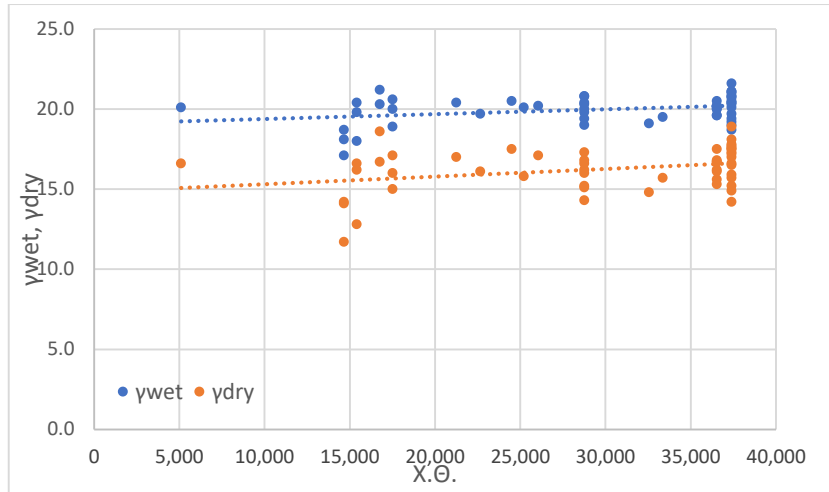
Σχήμα: Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων



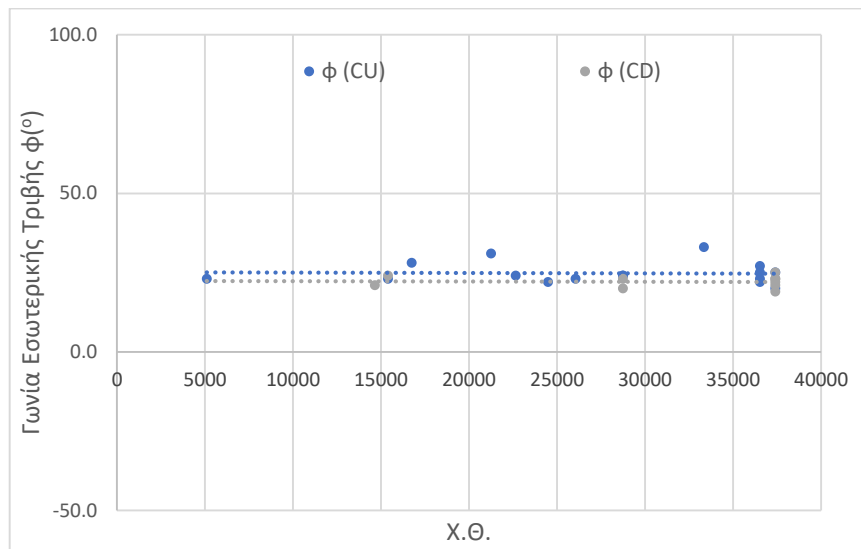
Σχήμα: Φαινόμενο Βάρους γ με Χ.Θ. (C)



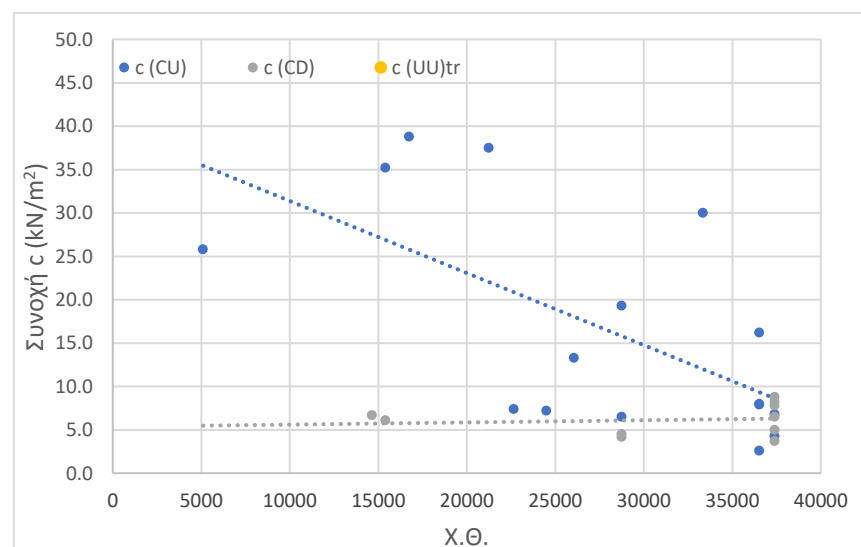
Σχήμα: Φαινόμενο Βάρους γ με Χ.Θ. (M)



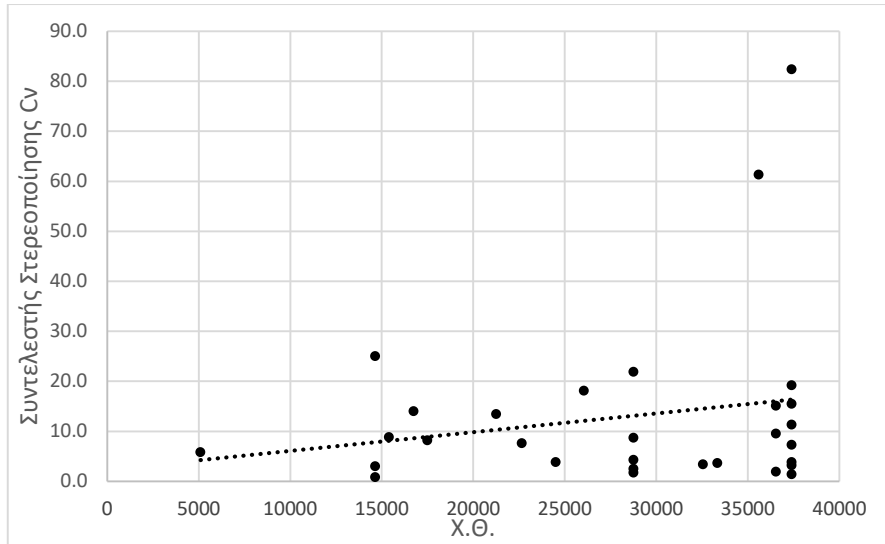
Σχήμα: Φαινόμενο Βάρους γ με Χ.Θ. για το σύνολο των λεπτόκοκκων



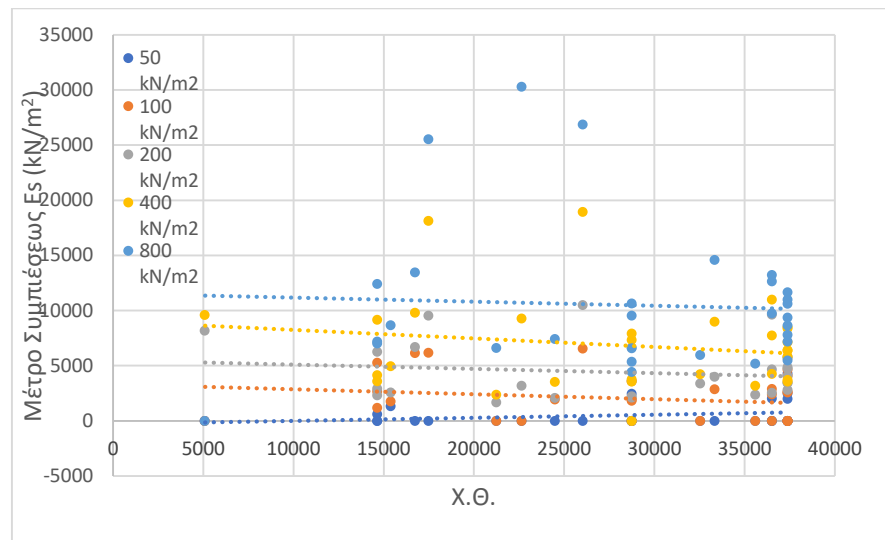
Σχήμα: Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ με Χ.Θ. (C)



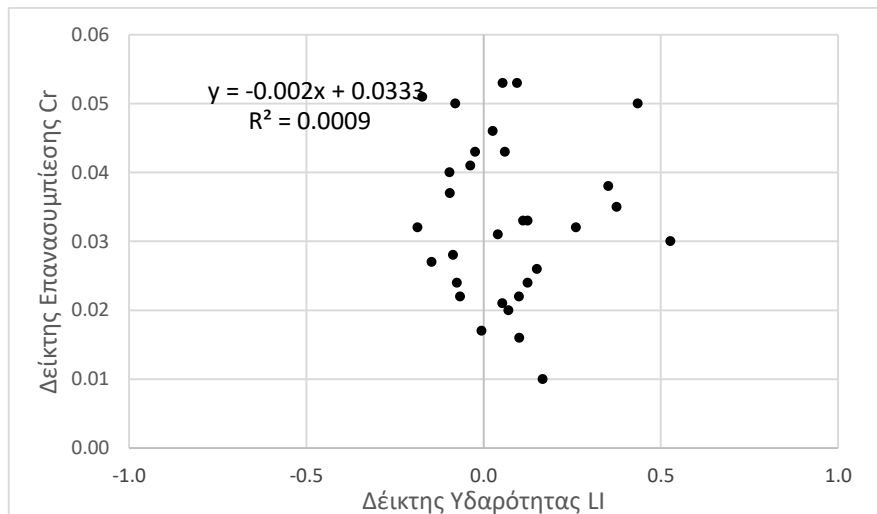
Σχήμα: Συνοχή c με Χ.Θ. (C)



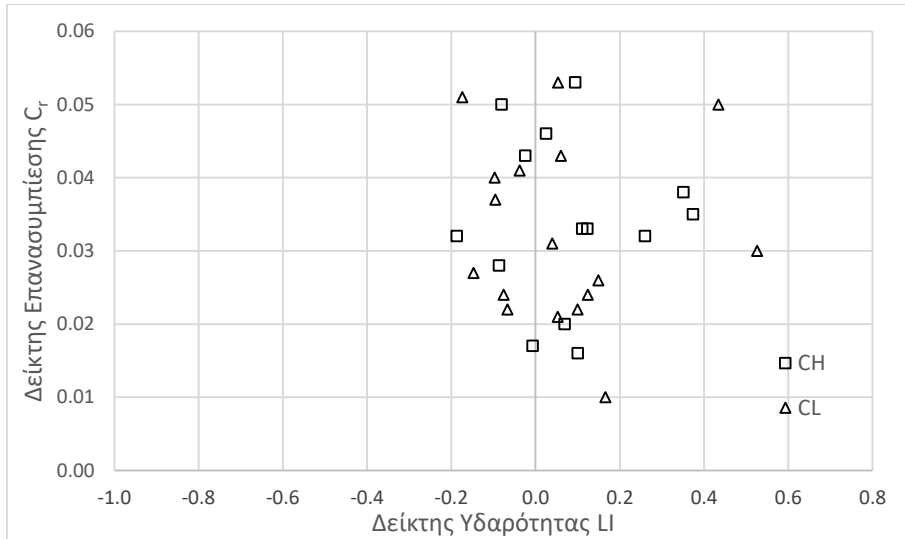
Σχήμα: Συντελεστής Στερεοποίησης Cv με Χ.Θ. (C)



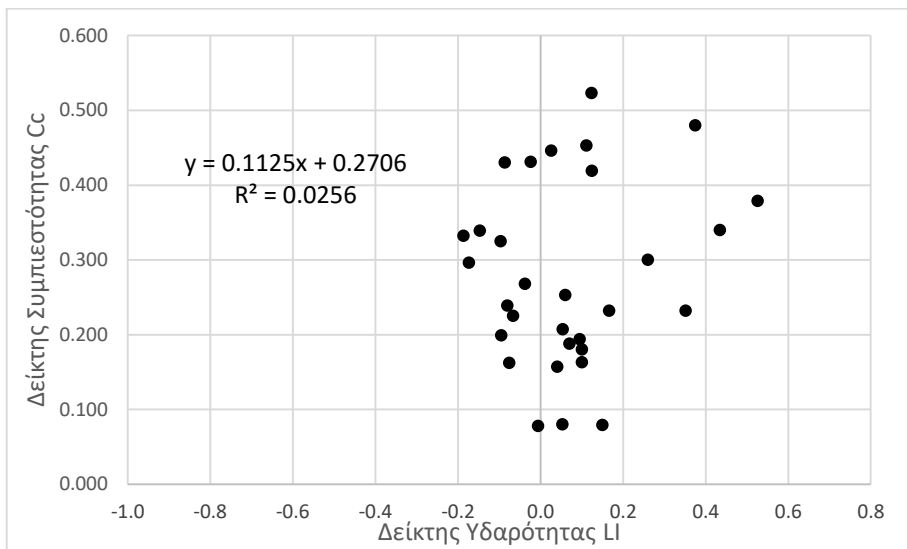
Σχήμα: Μέτρο Συμπίεσης Es με Χ.Θ. (C)



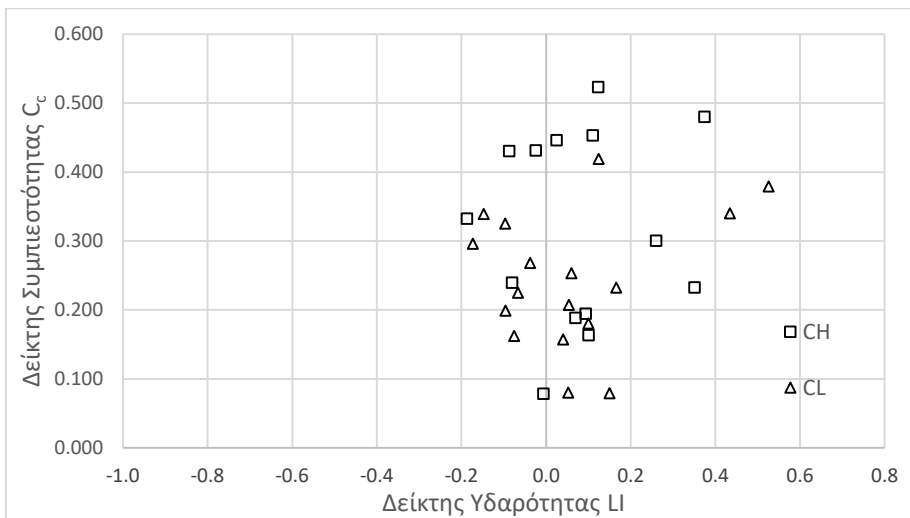
Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με το Δείκτη Επανασυμπίεσης Cv



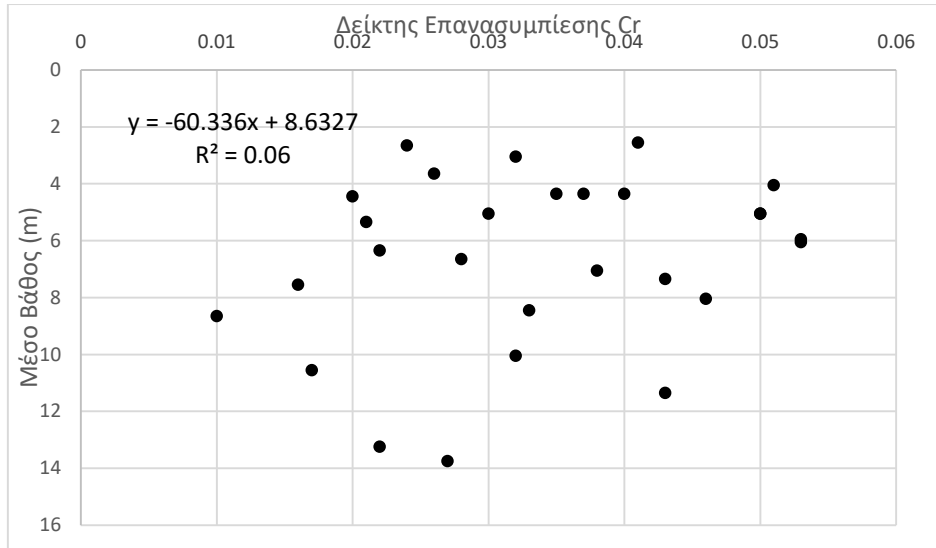
Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με το Δείκτη Επανασυμπίεσης Cc



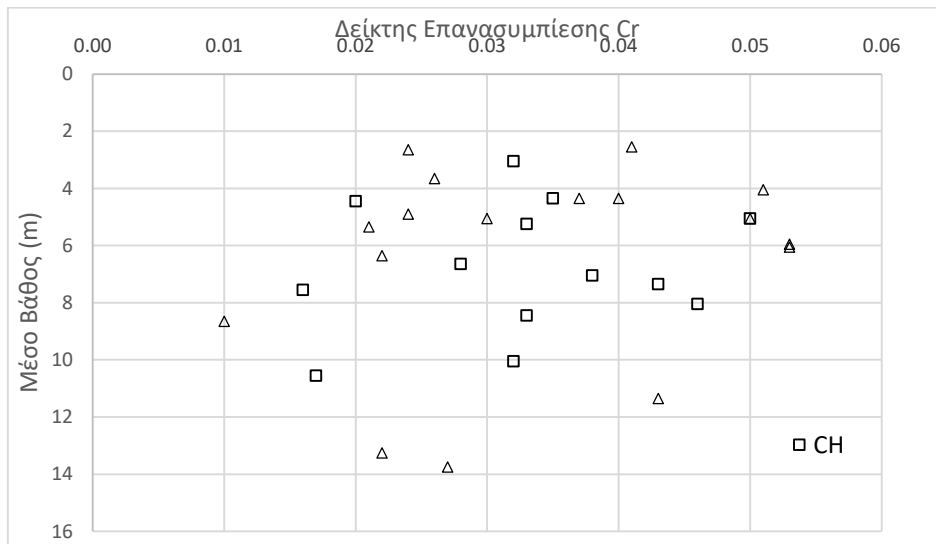
Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με το Δείκτη Συμπίεσότητας Cc



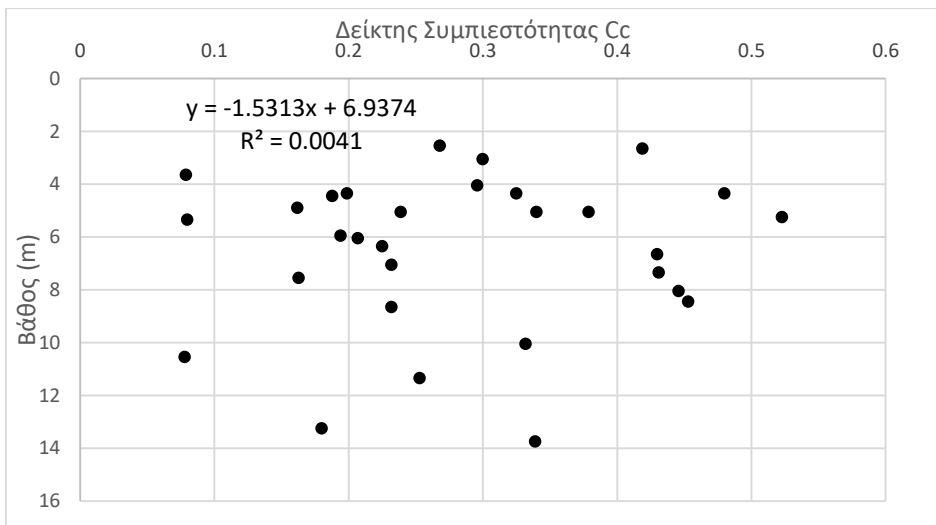
Σχήμα: Δείκτης Υδαρότητας LI με το Δείκτη Συμπίεσότητας Cc



Σχήμα: Δείκτης Επανασυμπίεσης Cr με το βάθος



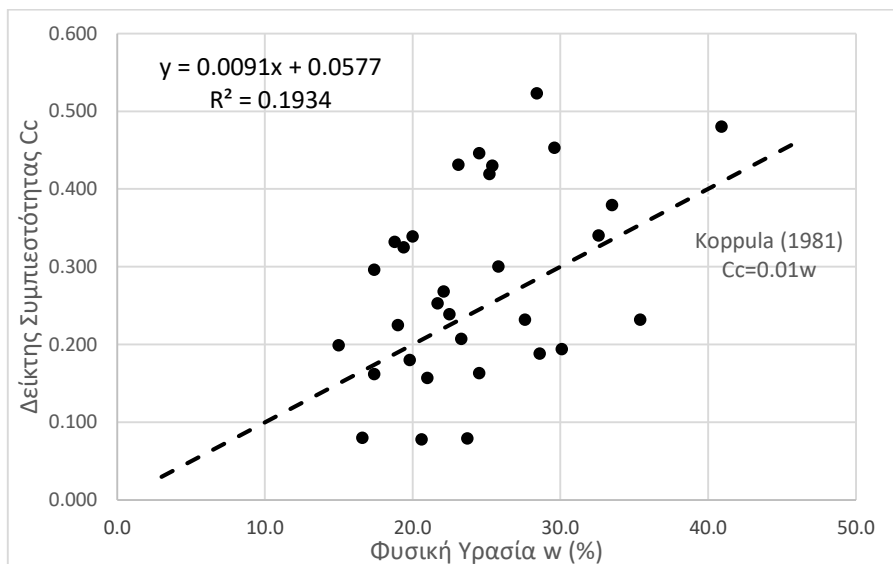
Σχήμα: Δείκτης Επανασυμπίεσης Cr με το βάθος



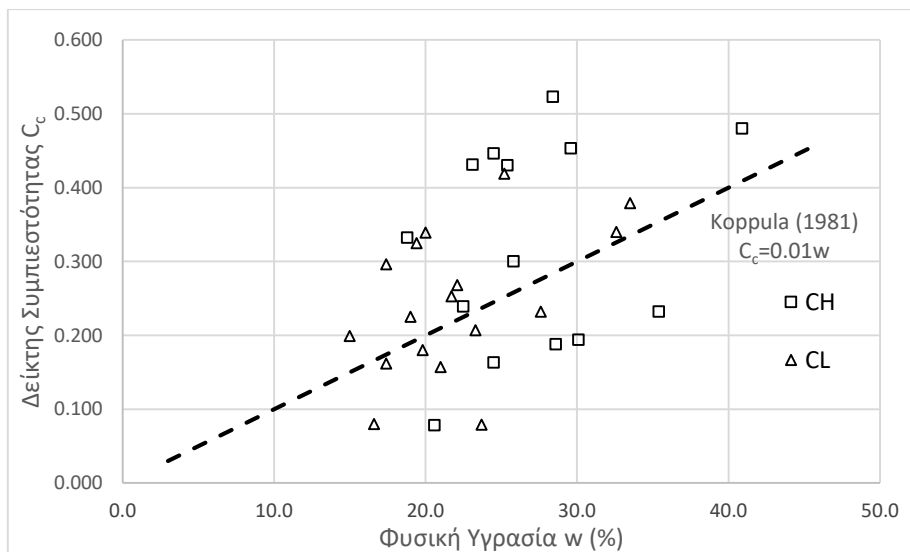
Σχήμα: Δείκτη Συμπίεσότητας Cc με το βάθος



Σχήμα: Δείκτη Συμπίεστικότητας  $C_c$  με το βάθος

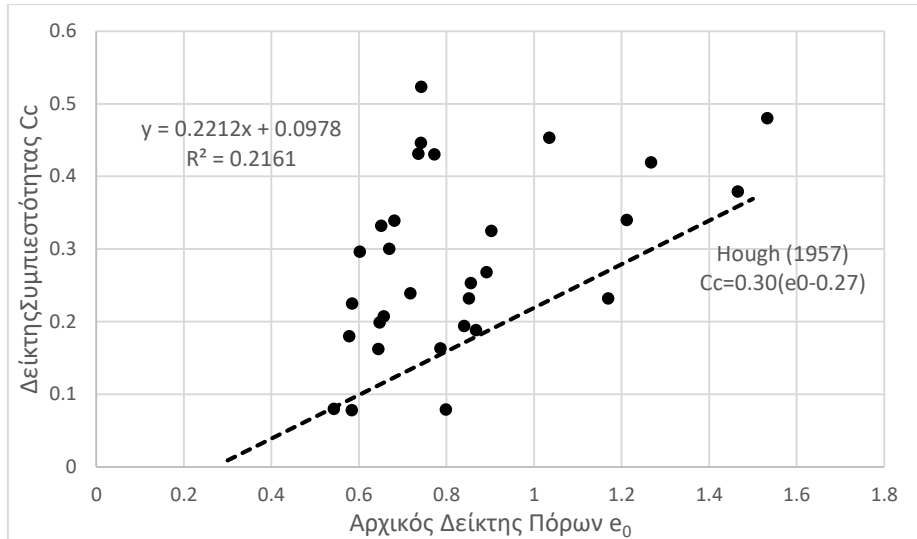


Σχήμα: Δείκτη Συμπίεστικότητας  $C_c$  με τη Φυσική Υγρασία  $w$

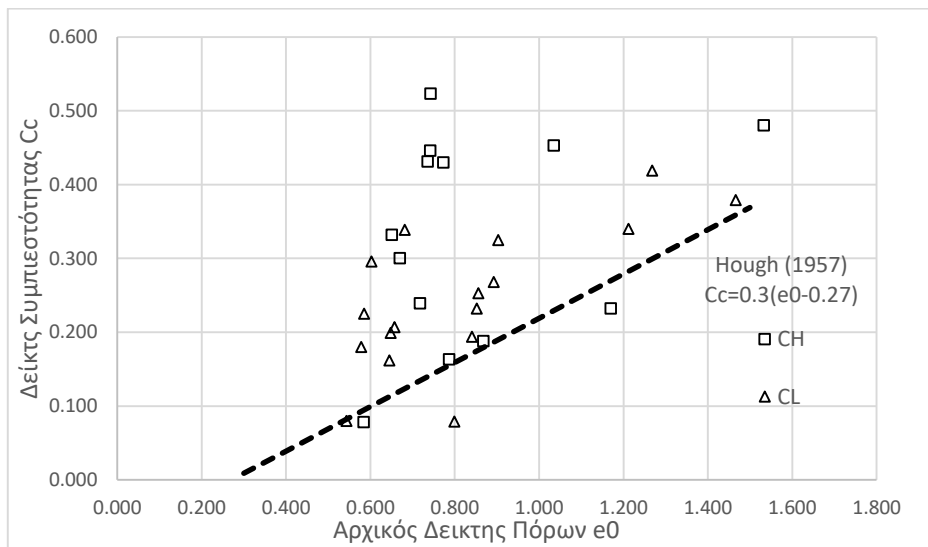


Σχήμα: Δείκτη Συμπίεστικότητας  $C_c$  με τη Φυσική Υγρασία  $w$

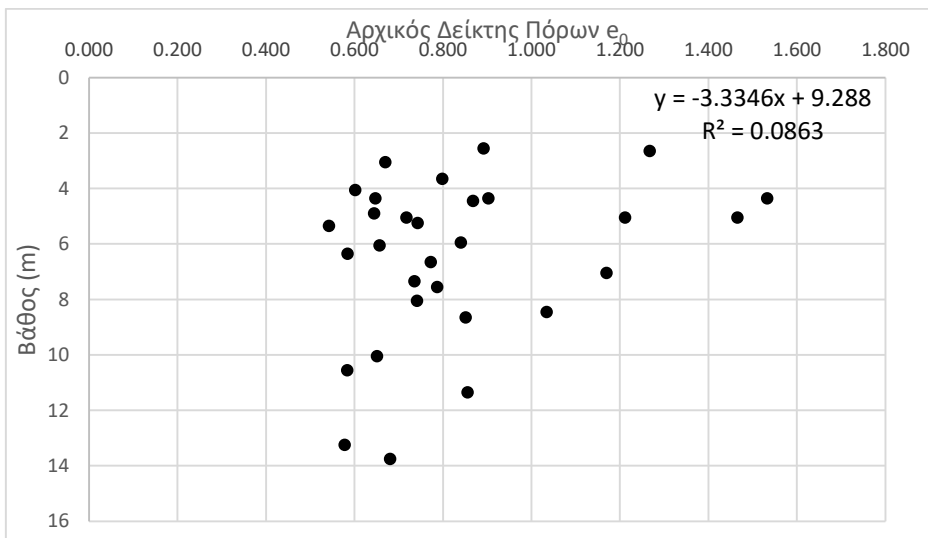




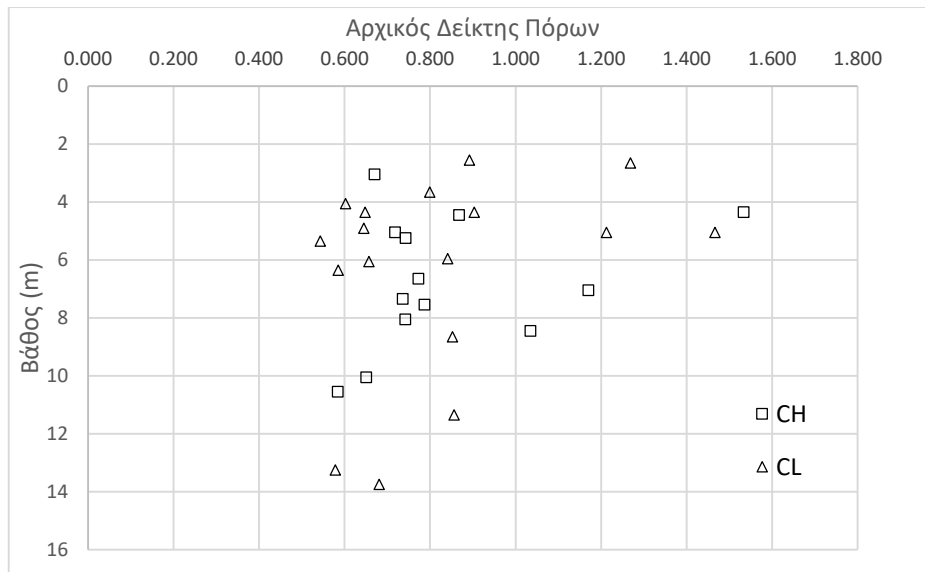
Σχήμα: Αρχικός Δείκτης Πόρων  $e_0$  συναρτήσσει του Δείκτη Συμπίεστικότητας  $C_c$



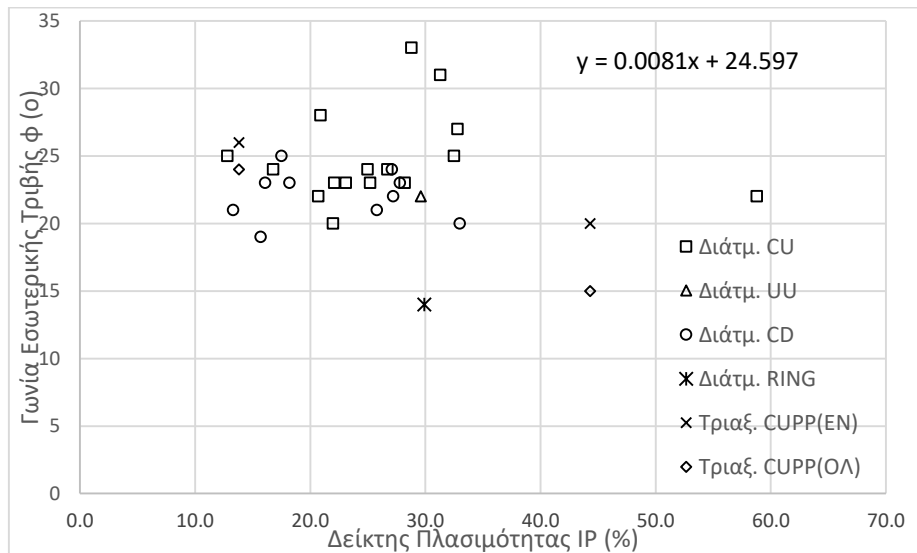
Σχήμα: Αρχικός Δείκτης Πόρων  $e_0$  συναρτήσσει του Δείκτη Συμπίεστικότητας  $C_c$



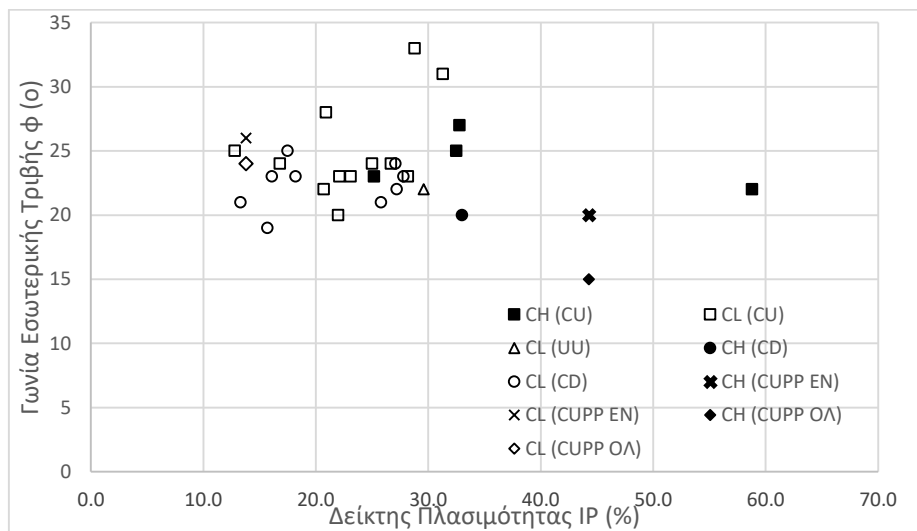
Σχήμα: Αρχικός Δείκτης Πόρων  $e_0$  συναρτήσσει του βάθους



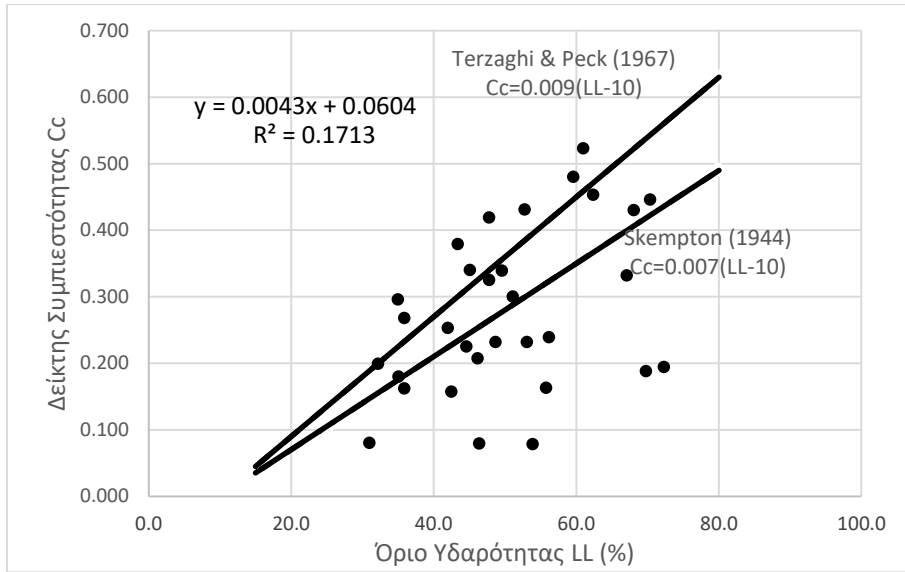
Σχήμα: Αρχικός Δείκτης Πόρων εθ συναρτήσει του βάθους



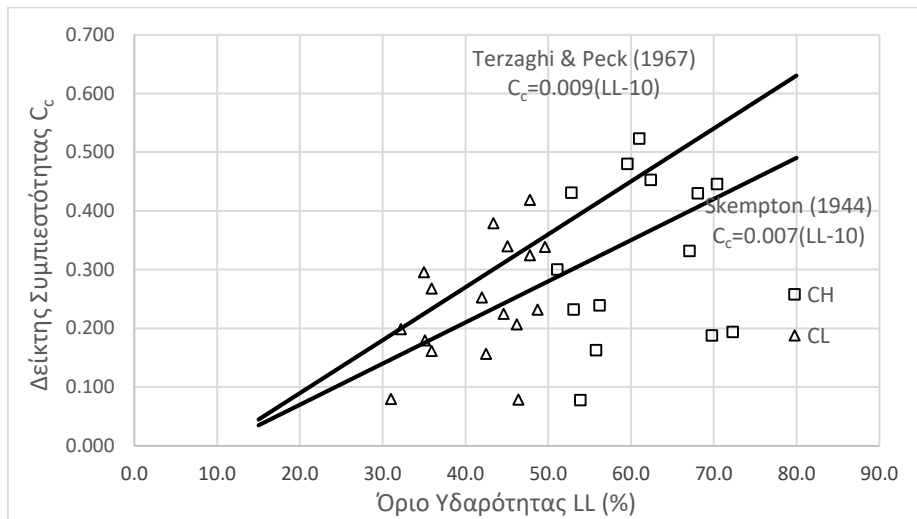
Σχήμα: Δείκτης Πλασιμότητας IP με τη Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές



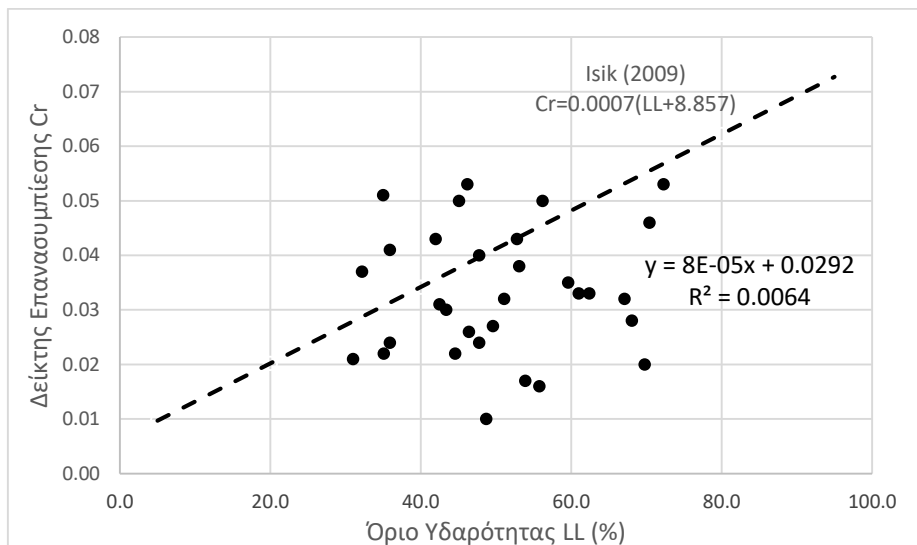
Σχήμα: Δείκτης Πλασιμότητας IP με τη Γωνία Εσωτερικής Τριβής φ για δοκιμές διάτμησης και τριαξονικές



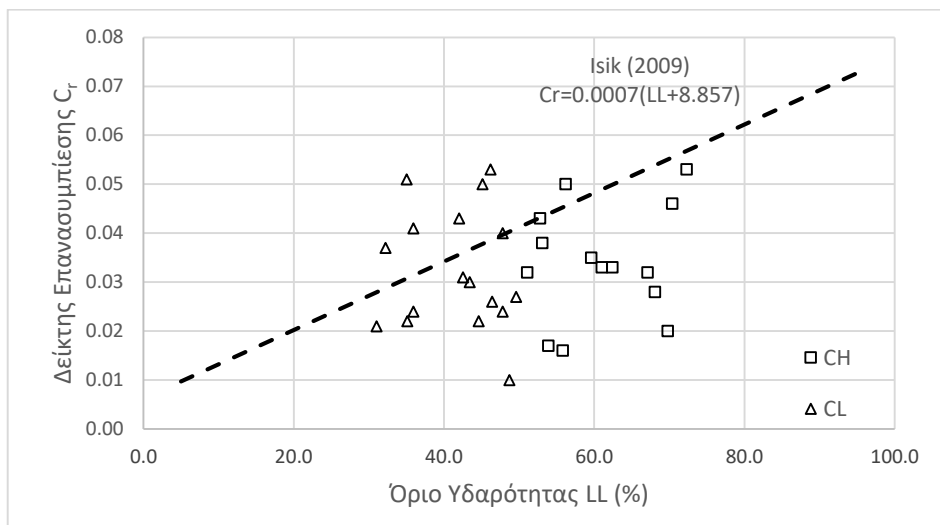
Σχήμα: Δείκτης Συμπίεστος  $C_c$  με το Όριο Υδαρότητας LL



Σχήμα:  $C_c$  και LL με διάκριση την πλασιμότητα των αργίλων



Σχήμα: Δείκτης Επανασυμπίεσης  $C_r$  με το Όριο Υδαρότητας LL



Σχήμα:  $C_r$  με LL με διαχωρισμό σε CH και CL

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εδαφομηχανική ΑΤΕ, “Οριστική Μελέτη Ολοκλήρωσης Επεμβάσεων στη Διώρυγα Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου και Σύνταξη Τευχών Δημοπράτησης Μ-202”, Β. Ξενάκη και Γ. Ντούλης, Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Απρίλιος 2021.
- Εδαφομηχανική ΑΤΕ, “Γεωτεχνικές Έρευνες για τον Έλεγχο Μικρομετακινήσεων σε πέντε θέσεις οδογεφυρών της Διώρυγας Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου”, Β. Ξενάκη και Α. Μπασδέκης, Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022.
- Εδαφομηχανική ΑΤΕ, “Οριστική Μελέτη Ολοκλήρωσης Επεμβάσεων στη Διώρυγα Θηβών του Υδραγωγείου Μόρνου και Σύνταξη Τευχών Δημοπράτησης Μ-202”, Β. Ξενάκη και Γ. Ντούλης, Νέο Ηράκλειο, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022.
- Ζευγώλης, Ι.Ε., “Εισαγωγή στην Εδαφομηχανική”, Σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής, Αθήνα, Νοέμβριος 2022.
- Carter, M., Bentley, S.P., Soil Properties and their Correlations, 2<sup>nd</sup> edition, Wiley, 2016
- Ameratunga, J., Sivakugan, N., Das, B.M., Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering, Springer, 2016