



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΙΤΛΟΣ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ  
ΟΔΟΥ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ – ΚΑΛΛΟΝΗΣ**



**Κλειδαρά Ευαγγελία Α.Μ.4657**  
**Μεγίλη Μαρία-Ελένη Α.Μ. 4705**

**ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Γ. Ζησιμάτος**

**ΠΑΤΡΑ, 2014**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα Πτυχιακή εργασία αναλύονται μερικές από τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιούνται στα εργαστήρια εδαφομηχανικής. Στόχος των δοκιμών αυτών είναι η καλή γνώση και η λεπτομερής μελέτη της μορφολογίας του εδάφους, των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών τόσο της επιφάνειας του εδάφους όσο και του υπεδάφους για τον σχεδιασμό οδικών έργων.

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του εδάφους είναι ένα σημαντικό κομμάτι για την σωστή μελέτη ενός έργου. Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων επιτρέπει στον μελετητή να κατατάξει το εδαφικό υλικό σε κατηγορίες που χαρακτηρίζουν σε γενικές γραμμές τη μηχανική συμπεριφορά του. Τα χαρακτηριστικά αυτά λαμβάνονται από τις εργαστηριακές δοκιμές.

Η εκτέλεση της γεωτεχνικής έρευνας δεν θα πρέπει να παραλείπεται, παρά μόνον σε περιπτώσεις στις οποίες η εμπειρία και η γνώση της συμπεριφοράς του εδάφους για παρόμοιου τύπου κατασκευές είναι πολύ καλή και το έδαφος αρκετά ομοιόμορφο από πλευράς χαρακτηριστικών. Για μη συνεκτικά εδάφη, συνιστάται ο προσδιορισμός της πυκνότητας με επί τόπου δοκιμές.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πτυχιακή μας εργασία αποτελεί μέρος του προγράμματος του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών και είναι μία ολοκληρωμένη μελέτη στην αρχή της επαγγελματικής μας σταδιοδρομίας.

Στο σημείο αυτό αισθανόμαστε την ανάγκη να εκφράσουμε τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μας σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Πρώτα απ' όλα, στον επιβλέπον καθηγητή μας Κ. Γιώργο Ζησιμάτο για τη καθοδήγηση, την υποστήριξη, τις ουσιώδεις συμβουλές, καθώς και την συμπαράσταση που μας παρείχε όλο αυτό το διάστημα. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την εταιρία ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΑΤΕ Εμμ Παπαδακη 19, Ν.Ηράκλειο που μας έδωσε την μελέτη του εθνικού δρόμου και μπορέσαμε να εργαστούμε πάνω σε αυτή. Τέλος, να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που ήταν δίπλα μας όλα αυτά τα χρόνια και μας υποστήριζαν: τις οικογένειες μας, τους φίλους και συναδέλφους μας. Σε όλους αυτούς, που με την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή και την θετική τους σκέψη, συνέβαλαν στην εκπλήρωση των στόχων μας.

Μεχίλη Μαρία – Ελένη & Κλειδαρά Ευαγγελία  
Πάτρα, 2014

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας Πτυχιακής εργασίας με τίτλο <<ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ-ΚΑΛΛΟΝΗΣ>>, ασχολούμαστε με την γεωτεχνική μελέτη που πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ανακατασκευή και βελτίωση τμημάτων οδοποιίας της εθνικής οδού Μυτιλήνης – Καλλονής, όπου πραγματοποιήθηκε για το πρώτο μέρος της οδού με Χ.Θ. 4+810 – 4+895 και το δεύτερο μέρος με Χ.Θ. 5+025 – 5+065.

Αρχικά γίνεται αναφορά στη θέση του έργου καθώς και στη στρωματογραφία του εδάφους. Έπειτα αναπτύσσονται θεωρητικά οι δοκιμές άμεσης διάτμησης, πρότυπης δοκιμής διείσδυσης S.P.T., μονοαξονικής δοκιμής, τριαξονικής δοκιμής και η δοκιμή διαπερατότητας τύπου MAAG. Όπως επίσης και οι τρόποι που εκτελούνται οι δοκιμές, ο εξοπλισμός, οι παράγοντες που τους επηρεάζουν και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του εδάφους.

Τέλος παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία της μελέτης με πίνακες και διαγράμματα, όπως και τα αποτελέσματα που πήραμε από τις εργαστηριακές δοκιμές και επιτόπου δοκιμές για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους.

## ABSTRACT

The purpose of this Graduation Thesis, entitled << LABORATORY TESTS FOR THE IMPROVEMENT AND WIDENING OF NATIONAL ROAD MYTILENE-KALLONI>>, is to analyse the geotechnical research conducted in order to rebuild and improve some highway road sections between Mytilene and Kalloni. In particular, it is based on two parts of the section, KP 4+810 - 4+895, being the first part and KP 5+025 - 5+065, the second one.

In the beginning, there is a reference to the location of the project and the stratigraphy of the soil. Then, an examination of the theoretical background of direct shear tests, standard penetration test SPT, uniaxial test, triaxial test and permeability test type MAAG is conducted. In addition, the tests procedures, the equipment, the factors that affect them and the identifying characteristics of the soil are presented.

Finally, the data gathered from the above is presented in detail, in the form of tables and charts, as well as the results obtained from laboratory tests and field tests to determine soil characteristics.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
1.1 Χάρτης της περιοχής .....	1
1.2 Γεωλογική δομή περιοχής .....	2
1.3 Περισοφικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις .....	3
1.4 Γεωτρητικός εξοπλισμός – Γεωτρύπανα .....	3
1.5 Δειγματολήπτες .....	4
1.6 Στρωματογραφία του εδάφους .....	8
1.6.1 Περιοχή (Α) Χ.Θ. 4+810 - 4+895 .....	8
1.6.2 Περιοχή (Β) Χ.Θ. 5+025 - 5+065 .....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	11
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	11
2.1 Δοκιμή διάτμησης .....	11
2.1.1 Εξοπλισμός δοκιμής .....	13
2.1.2 Εκτέλεση της δοκιμής .....	14
2.1.3 Δοκιμή ταχείας διάτμησης .....	15
2.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την δοκιμή διάτμησης .....	16
2.2 Πρότυπη δοκιμή διείδυσης S.P.T. ....	17
2.2.1 Εκτέλεση της δοκιμής .....	18
2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα του S.P.T. ....	20
2.2.3 Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του εδάφους .....	23
2.2.4 Ανάλυση .....	24
2.3 Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης .....	25
2.3.1 Εργαστηριακός εξοπλισμός - δοκίμιο .....	25
2.3.2 Εκτέλεση Δοκιμής .....	27
2.3.3 Πίνακες για τον χαρακτηρισμό του εδάφους .....	29
2.4 Τριαξονική δοκιμή .....	30
2.4.1 Σκοπός – εξοπλισμός .....	31
2.4.2 Πορεία δοκιμής .....	33
2.4.3 Είδη τριαξονικών δοκιμών .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	36
ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ MAAG .....	36
3.1 Υδραυλική Αγωγιμότητα .....	36
3.2 Δοκιμές εισπίεσης νερού .....	38

3.3 Υπολογισμός συντελεστή υδροπερατότητας .....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	43
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	43
4.1 Γεωτρήσεις και Δειγματοληψία .....	43
4.2 Διακύμανση στάθμης υπόγειου ύδατος μέσα στις γεωτρήσεις.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	48
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ .....	48
5.1 Αποτελέσματα δοκιμών διάτμησης.....	48
5.2 Αποτελέσματα δοκιμών δοκιμής S.P.T.....	50
5.2.1 Κρίσιμες Γεωτεχνικές Παράμετροι Εδαφικών Σχηματισμών.....	50
5.3 Αποτελέσματα δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης .....	51
5.4 Αποτελέσματα δοκιμών τριαξονικής θλίψης .....	55
5.5 Αποτελέσματα δοκιμών εισπίεσης νερού τύπου MAAG.....	64
5.5.1 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου MAAG (Γ1-A, 1 <sup>η</sup> ) .....	64
5.5.2 Δοκιμή διαπερατότητας MAAG (Γ1-A, 2 <sup>η</sup> ).....	65
5.5.3 Δοκιμή διαπερατότητας MAAG (Γ1-A, 3 <sup>η</sup> ).....	66
5.5.2 Δοκιμή διαπερατότητας MAAG (Γ2-B, 1 <sup>η</sup> ) .....	67
5.5.5 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου MAAG (Γ2-B, 2 <sup>η</sup> ) .....	68
5.5.6 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου MAAG (Γ2-B, 3 <sup>η</sup> ) .....	69
5.5.7 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής MAAG.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> .....	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1.1 Χάρτης της περιοχής



→ Εθνική οδός Μυτιλήνης – Καλλονής.

Περιοχή (Α): 4+810 - 4+895 και Περιοχή (Β): Χ.Θ. 5+025 - 5+065

## 1.2 Γεωλογική δομή περιοχής

Η Λέσβος είναι το τρίτο σε έκταση νησί της Ελλάδας μετά την Κρήτη και την Εύβοια, βρίσκεται στο ΒΑ Αιγαίο και έχει έκταση 1641km<sup>2</sup>.

Παρουσιάζει ευρείες πεδινές εκτάσεις που συσσωρεύονται κυρίως στις παράκτιες περιοχές, οι οποίες εναλλάσσονται με ορεινές ή ημιορεινές εκτάσεις που απαντούν εσωτερικότερα.

Οι ψηλότερες κορυφές της Λέσβου είναι ο Όλυμπος (967m), βόρεια του Πλωμαρίου, στο νοτιοκεντρικό τμήμα του νησιού, και ο Λεπέτυμνος (968m), νοτιοανατολικά του Μόλυβου, στο βόρειο άκρο του νησιού. Βασικό μορφολογικό χαρακτηριστικό της Λέσβου είναι η πολυσχιδής ακτογραμμή της, η οποία διαμορφώνει δύο ιδιαίτερα βαθείς και κλειστούς κόλπους στο νότιο μέρος του νησιού, τον κόλπο της Καλλονής (κεντρικά), που είναι και ο ευρύτερος, και τον κόλπο της Γέρας (νοτιοανατολικά), ο οποίος, λόγω της δυσχερούς ανανέωσης των νερών του, παρουσιάζει πλέον χαρακτηριστικά λιμνοθάλασσας. Εκεί βρίσκεται και η περιοχή που έγινε η μελέτη για την διαπλάτυνση του δρόμου με τον οποίο ασχοληθήκαμε στην πτυχιακή εργασία.

Το κύριο γεωλογικό χαρακτηριστικό του νησιού είναι η εκτεταμένη παρουσία όξινων κυρίως ηφαιστειακών πετρωμάτων που καλύπτουν σχεδόν το σύνολο της έκτασης στο βόρειο, βορειοανατολικό, νοτιοκεντρικό και δυτικό τμήμα του νησιού. Η παρουσία των πετρωμάτων αυτών μαρτυρεί την έντονη ηφαιστειακή δράση που έλαβε χώρα στην ευρύτερη περιοχή (Χίος, Τουρκία) κατά το Ανώτερο Μειόκαινο.

Ο Χριστόπουλος, 1991, σελ. 9, διακρίνει τρεις ενότητες γεωλογικών σχηματισμών:

1. Ενότητα μεταμορφωμένων σχηματισμών, όπου περιλαμβάνονται οι αλπικοί και προαλπικοί σχηματισμοί, καθώς και το τεκτονικό κάλυμμα των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών.
2. Ενότητα οφιολιθικών πετρωμάτων
3. Ενότητα μεταλλικών σχηματισμών (ηφαιστειακών και ιζηματογενών).

Οι KATSIKATSOS et al, 1986, σελ. 204 – 208, περιγράφουν και οριοθετούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις προαναφερθείσες ενότητες: Αυτόχθονη σειρά αλπικών και προαλπικών σχηματισμών, η οποία αποτελείται από νεοπαλαιοζωικούς και τριαδικούς σχηματισμούς: Οι νεοπαλαιοζωικοί σχηματισμοί αποτελούνται στην πλειονότητά τους από μαρμαρυγικούς, σερικιτικούς και χλωριτικούς σχιστολίθους, εναλλασσόμενους με μεταψαμμίτες και χαλαζίτες. Στα ανώτερα μέλη των σχηματισμών αυτών συναντώνται φακοί και ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων και δολομιτών. Η σειρά έχει υποστεί πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση στα όρια της πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Οι τριαδικοί σχηματισμοί, που αποτελούν την ομαλή εξέλιξη των υποκείμενων νεοπαλαιοζωικών σχηματισμών αποτελούνται κυρίως από σχιστόλιθους και μεταψαμμίτες.



### 1.3 Περιστροφικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις

Η δειγματοληψία θεωρείται επιτυχής, όταν το εδαφικό ή βραχώδες δείγμα φθάνει στην επιφάνεια, από το βάθος εξόρυξής του, σε όσο το δυνατό καλύτερη κατάσταση αντιπροσωπευτική για τον εδαφικό ή βραχώδες σχηματισμό. Η μέθοδος δειγματοληψίας που αποδίδει την καλύτερη ποιότητα δειγμάτων εδάφους ή βράχου είναι η περιστροφική διάτρηση και η απόληψη πυρήνων με τους κατάλληλους κάθε φορά δειγματολήπτες.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν τα στρώματα παραμένουν στη θέση τους μετά τη διάτρηση χωρίς να εμφανισθούν καταπτώσεις ή διογκώσεις στο διάτρημα. Συγκεκριμένα γίνεται περιστροφή της διατρητικής στήλης μέσα από τις κοίλες κοπτικές κεφαλές (κορώνες) και το δείγμα απομακρύνεται με κατάλληλο δειγματολήπτη, ενώ ακολουθεί σωλήνωση της γεώτρησης για να προστατευθεί το διάτρημα από πιθανές καταπτώσεις των τοιχωμάτων. Η διάτρηση γίνεται είτε με μονή καροταρία, είτε με διπλή καροταρία και κοπτική κεφαλή με κόκκους ή σκόνη διαμαντιών (αδαμαντοκορώνα) ανάλογα της σκληρότητάς των πετρωμάτων.

### 1.4 Γεωτρητικός εξοπλισμός – Γεωτρύπανα

1. Ο γεωτρητικός εξοπλισμός που απαιτείται για δειγματοληπτικές περιστροφικές γεωτρήσεις υδραυλικής προώθησης, διακρίνεται σε:
  - Εξοπλισμό επιφανείας
  - Διατρητικά εξαρτήματα
  - Όργανα επί τόπου δοκιμής

Στον εξοπλισμό επιφανείας περιλαμβάνονται γεωτρύπανα, αντλίες, πύργοι ανύψωσης ενώ στα διατρητικά εξαρτήματα ανήκουν τα στελέχη διάτρησης, δειγματολήπτες, σωλήνες επένδυσης. Τέλος τα όργανα ελέγχου αφορούν συσκευές, εξαρτήματα και όργανα ελέγχου για επί τόπου δοκιμές μέσα στη γεώτρηση.

2. Γεωτρύπανα ονομάζουμε τα μηχανήματα που κυρίως χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση και δειγματοληψία εδαφών ή πετρωμάτων. Η προώθηση της δειγματοληπτικής διατρητικής στήλης γίνεται με μηχανή εσωτερικής καύσης μέσω του συστήματος μετάδοσης κίνησης. Οι συνηθισμένοι τύποι γεωτρύπανων στην Ελλάδα είναι συνήθως οι ακόλουθοι: ACKER, BOYLES, CRAELIUS, HANS-ENGLAND, JOY, LONGYEAR.

Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται αυτοκινούμενο γεωτρύπανο τύπου BOYLES BBS-17 που εκτελεί γεωτεχνική έρευνα στο ΟΑΚΑ.



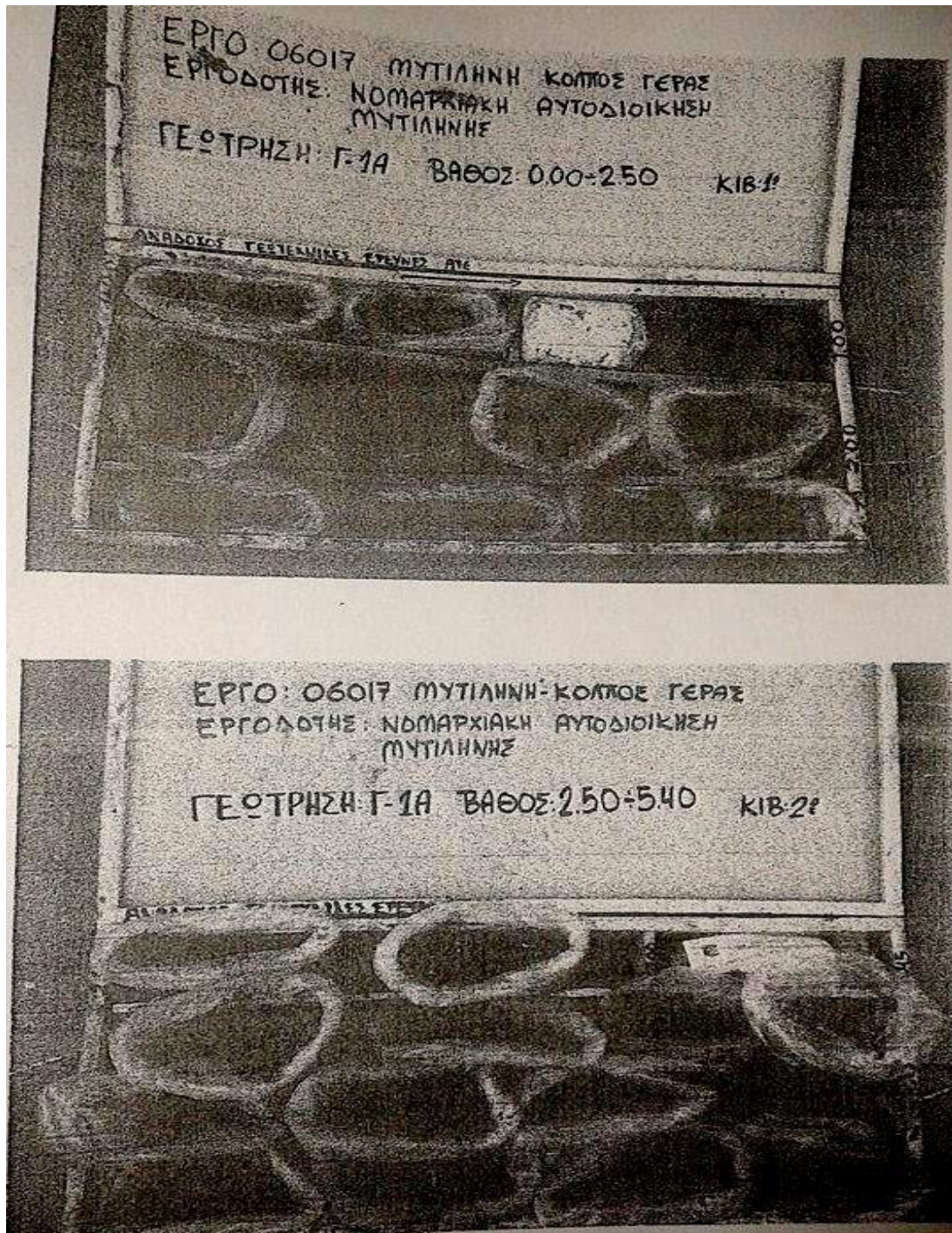
(Εικόνα 1.1, αυτοκινούμενο γεωτρήπανο τύπου BOYLES BBS-17, ΟΑΚΑ)

## 1.5 Δειγματολήπτες

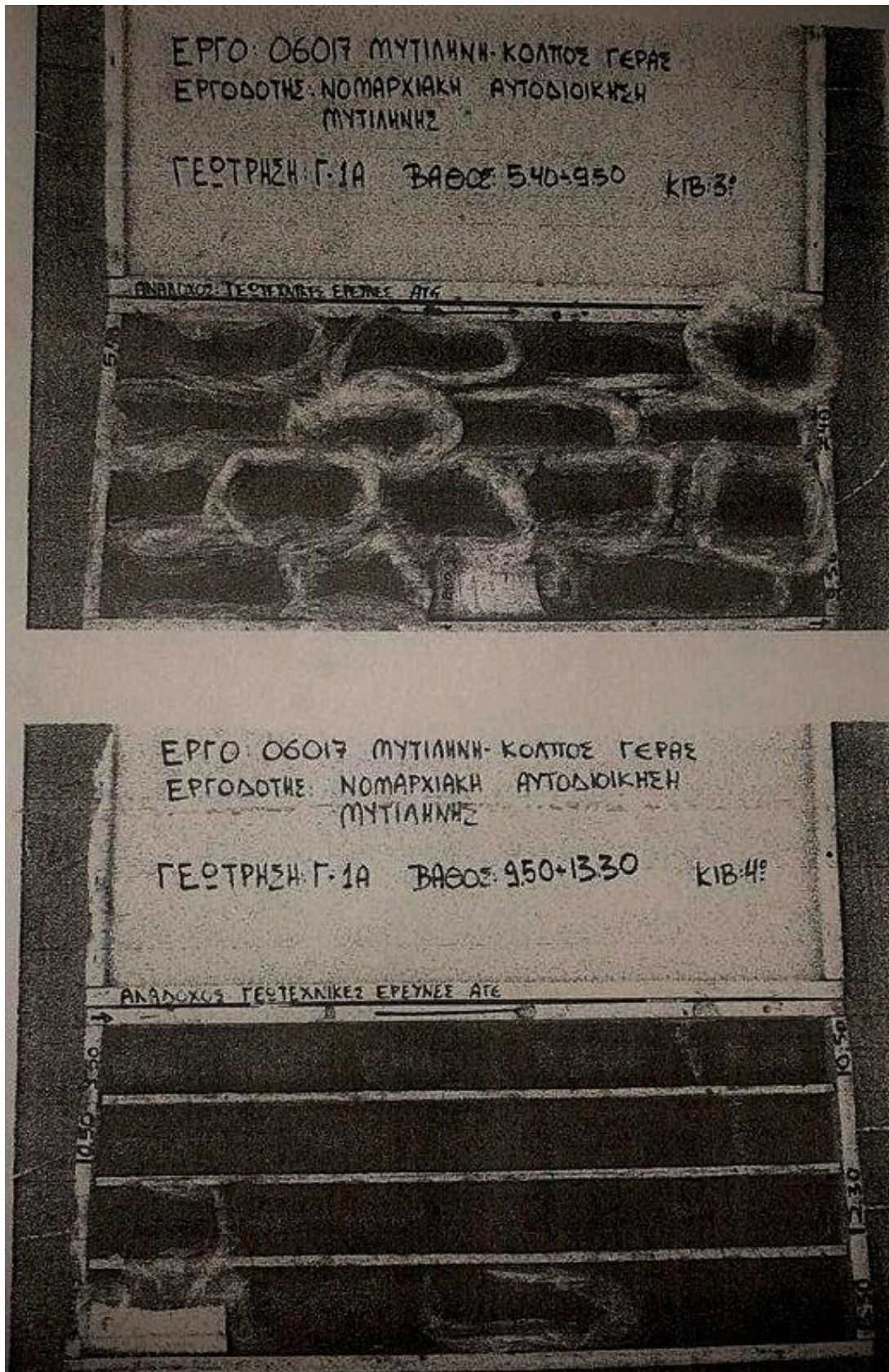
Οι δειγματολήπτες χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή δείγματος, εδαφικού ή βραχώδους, καθώς προχωρά η διάτρηση. Ανάλογα με τη διάτρηση σε εδαφικούς ή βραχώδεις σχηματισμούς διακρίνονται σε

- Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων
  1. Δειγματοληψία αδιατάρακτων δειγμάτων
  2. Δειγματοληψία διαταραγμένων δειγμάτων
- Δειγματοληψία βραχώδων δειγμάτων
- Δειγματοληψία με μονούς δειγματολήπτες
- Δειγματοληψία με διπλούς δειγματολήπτες

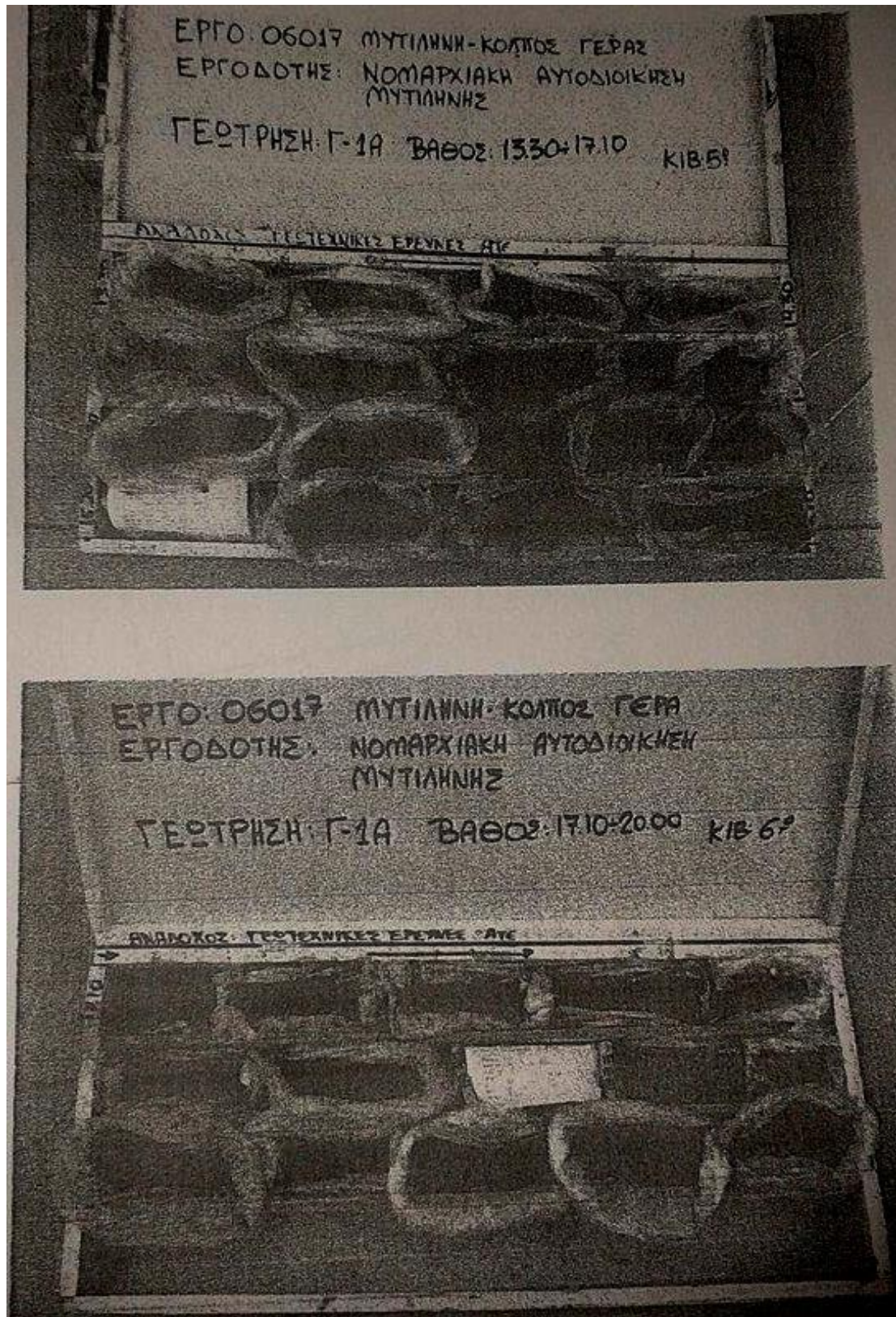
Στις επόμενες φωτογραφίες παρουσιάζονται οι δειγματοληψίες εδάφους που έγιναν για την πραγματοποίηση της μελέτης.



(Εικόνα 1.1., κιβώτιο δοκιμίου 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup>)



(Εικόνα 1.2., κιβώτιο δοκιμίου 3° και 4°)



(Εικόνα 1.3., κιβώτιο δοκιμίου 5º και 6º)

## 1.6 Στρωματογραφία του εδάφους

### 1.6.1 Περιοχή (Α) Χ.Θ. 4+810 - 4+895

#### **ΣΤΡΩΜΑ Ια:** Ιλυώδεις άμμος με χαλίκια (SM)

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 0,60m έως το βάθος των 3,00m. Κοκκομετρικά χαρακτηρίζεται ως ιλυώδης άμμος με χαλίκια (SM), χωρίς πλαστικότητα, σκούρου καστανού έως καστανού χρώματος. Από την επιφάνεια του εδάφους έως το βάθος των 0,60m διατρήθηκε τμήμα οδοστρώματος και σκυροδέματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 37% και 32% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 31%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 13,1%.

Στο σχηματισμό δεν εκτελέστηκε πρότυπη δοκιμή διείσδυσης SPT.

#### **ΣΤΡΩΜΑ Ιβ:** Αμμώδης ισχνή άργιλος με λεπτά χαλίκια (CL)

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 3,00m έως το βάθος των 6,00m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως αμμώδης ισχνή άργιλος με λεπτά χαλίκια (CL), μικρής έως μέσης πλαστικότητας, σιφρή, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 26% και 22% αντίστοιχα ενώ ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 52%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ίσος με 16%. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 12,2%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=18.

#### **ΣΤΡΩΜΑ Ιια:** Αργιλώδης άμμος με χαλίκια (SC)

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 6,00m έως το βάθος των 9,50m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως αργιλώδης άμμος με χαλίκια (SC), μέσης πυκνότητας, μικρής έως μέσης πλαστικότητας, καστανοκίτρινου έως κίτρινου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 32% και 20% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 48%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ίσος με 16%. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 24,6%.

Η εκτέλεση δύο δοκιμών της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων που κυμαίνεται από NSPT=12 έως NSPT=18.

#### **ΣΤΡΩΜΑ Ιιβ:** Αμμώδης ιλύς (ML)

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 9,50m έως το βάθος των 12,90m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως αμμώδης ιλύς με λίγα λεπτά χαλίκια (ML), χωρίς πλαστικότητα, καστανοκίτρινου έως κίτρινου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 24% και 6% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 70%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 32,1%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=24.

**ΣΤΡΩΜΑ IIγ: Ιλυώδης χαλίκια με άμμο (GM)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 12,90m έως το βάθος των 15,30m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως ιλυώδης χάλικες με άμμο (GM), ποικίλης προέλευσης, χωρίς πλαστικότητα, με λεπτόκοκο υλικό καστανοκίτρινου έως κίτρινου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 31% και 45% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 24%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 16,3%.

Στον σχηματισμό δεν εκτελέστηκε πρότυπη δοκιμή διείδυσης SPT.

**ΣΤΡΩΜΑ III: Ιλύς με άμμο (ML)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-1Α από το βάθος των 15,30m έως το βάθος των 20,00m (τέλος της γεώτρησης). Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως ιλύς με άμμο (ML), μέσης πλαστικότητας έως χωρίς πλαστικότητα, καστανοκίτρινου έως κίτρινου χρώματος μέχρι το βάθος των 15,90m και γκριζου χρώματος στο υπόλοιπο τμήμα του.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια κυμαίνεται από 16% και 0% έως 8% και 1% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο κυμαίνεται από 81% έως 84%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) κυμαίνεται από NP έως 17%. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) κυμαίνεται από 36,2% έως 41,7%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείδυσης έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=16.

**1.6.2 Περιοχή (B) Χ.Θ. 5+025 - 5+065**

Στη περιοχή (B) στην οποία εκτελέστηκε η γεώτρηση Γ-1Α η αναλυτική στρωματογραφία του εδάφους περιγράφεται ως ακολούθως:

**ΣΤΡΩΜΑ I: Αργιλώδεις χάλικες με άμμο (GC)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-2B από το βάθος των 0,50m έως το βάθος των 4,20m. Κοκκομετρικά χαρακτηρίζεται ως αργιλώδεις χάλικες με άμμο (GC), μικρής έως μέσης πλαστικότητας, πυκνής απόθεσης, καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος. Από την επιφάνεια του εδάφους έως το βάθος των 0,50m διατρήθηκε εδαφικός μανδύας αμμώδους αργίλου με χαλίκια και φυτικά ριζίδια καστανού έως καστανοκόκκινου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 19% και 43% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 38%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ίσος με 16%. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 12,7%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=54.

**ΣΤΡΩΜΑ II: Ιλυώδεις χάλικες με άμμο (GM)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-2B από το βάθος των 4,20m έως το βάθος των 6,50m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως υλιώδεις χάλικες με άμμο (GM) και μικρά τεμάχια κροκαλοπαγούς, χωρίς πλαστικότητα, καστανού έως καστανοκίτρινου χρώματος. Από το βάθος των 6,50m έως το βάθος των 7,00m εμφανίζεται μικρός ορίζοντας αμμώδους ιλύος με χαλίκια έως ιλυωδών χαλίκων με άμμο, σκούρου καστανού έως γκριζου χρώματος.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 26% και 26% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 48%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 8,7%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=18.

### **ΣΤΡΩΜΑ ΙΙΙ: Κροκαλοπαγές**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-2B από το βάθος των 7,00m έως το βάθος των 8,00m. Πρόκειται για σχηματισμό κροκαλοπαγούς, πολύμικτου, ισχυρά συγκολλημένου, μέτρια κερματισμένου, ελαφρά αποσαθρωμένου (IB-II), με 100% πυρινοληψία και R.Q.D. 50%. Η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη του σχηματισμού είναι της τάξεως 8,82MPa.

### **ΣΤΡΩΜΑ ΙVα: Ιλύς (ML)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-2B από το βάθος των 8,00m έως το βάθος των 16,10m. Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως ιλύς (ML), χωρίς πλαστικότητα, καστανοκίτρινου έως κίτρινου χρώματος, με αμμώδεις ενστρώσεις στα βάθη 12,40-12,80m και 15,50-15,60m.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια κυμαίνεται από 9% και 0% έως 9% και 4% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο κυμαίνεται από 87% έως 91%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) κυμαίνεται από 33,3% έως 37,0%.

Η εκτέλεση τριών δοκιμών της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης έδωσε αριθμό κρούσεων που κυμαίνεται από NSPT=14 έως NSPT=19 με μέσο όρο NSPT=16.

### **ΣΤΡΩΜΑ ΙVβ: Αμμώδης ιλύς (ML)**

Το στρώμα αυτό συναντάται στη γεώτρηση Γ-2B από το βάθος των 16,10m έως το βάθος των 20,00m (τέλος της γεώτρησης). Κοκκομετρικά ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται ως αμμώδης ιλύς (ML), χωρίς πλαστικότητα, γκριζου χρώματος. Στο βάθος των 19,20-19,50m διακρίνεται ορίζοντας χαλικιών.

Η περιεκτικότητα του σχηματισμού σε άμμο και χαλίκια είναι της τάξεως του 30% και 2% αντίστοιχα ενώ σε ιλύ και άργιλο είναι της τάξεως του 68%. Ο δείκτης πλαστικότητας (IP) προσδιορίστηκε ως NP. Τέλος, η φυσική υγρασία (W) είναι της τάξεως του 30,6%.

Η εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης SPT έδωσε αριθμό κρούσεων NSPT=14.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

#### 2.1 Δοκιμή διάτμησης

Η ασφάλεια κάθε γεωτεχνικής κατασκευής εξαρτάται από την αντοχή του εδάφους. Εάν το έδαφος αποτύχει, όποια κατασκευή στηρίζεται σε αυτό μπορεί να καταρρεύσει. Η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι η δομή για τη λύση των προβλημάτων για σταθερό έδαφος.

Στη δοκιμή της άμεσης διάτμησης το έδαφος θραύεται κατα μία προδιαγεγραμμένη επίπεδη επιφάνεια, που ονομάζεται επιφάνεια διάτμησης. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: Ο υποδοχέας, που περιέχει το δοκίμιο, χωρίζεται σε δύο τμήματα, τα οποία ολισθαίνουν το ένα σε σχέση με το άλλο, με σταθερή ταχύτητα.

Οι τάσεις που εφαρμόζονται στο δοκίμιο κατά τη διάρκεια μιάς δοκιμής είναι:

- Η σταθερή ορθή τάση ( $\sigma$ ) και
- Η αυξανόμενη διατμητική ( $\tau$ ) με σταθερή ταχύτητα.

Η διατμητική τάση του εδάφους δίνεται από τη σχέση Coulomb

$$\tau = c + \sigma \cdot \epsilon\phi$$

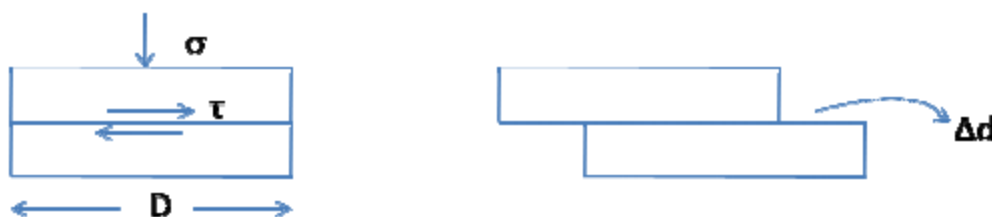
όπου:

$\tau$  → διατμητική αντοχή

$c$  → συνοχή

$\sigma$  → ορθή τάση

$\phi$  → γωνία εσωτερικής τριβής



(Σχήμα 2.1., διατμητική αντοχή ( $\tau$ ) και τάση ( $\sigma$ ))

Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός της συνοχής ( $c$ ) και της γωνίας εσωτερικής τριβής ( $\phi$ ) του εδάφους.

Η γωνία εσωτερικής τριβής ( $\phi$ ) αντιπροσωπεύει την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ των κόκκων του εδάφους. Τα επιβαλλόμενα φορτία σε ένα έδαφος αναλαμβάνονται από τον εδαφικό σκελετό και αναπτύσσονται ορθές και διατμητικές τάσεις μεταξύ των κόκκων. Αποτέλεσμα των τάσεων αυτών είναι οι ολισθήσεις και μετακινήσεις των κόκκων.

Η συνοχή ( $c$ ) συμβάλλει στην ανάπτυξη της διατμητικής αντοχής. Δημιουργείται από την αμοιβαία έλξη μεταξύ των λεπτομερών τεμαχιδίων των αργιλικών ορυκτών και των προσροφημένων διπλών στρώσεων. Εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση του

εδαφικού υλικού, γι' αυτό και τα συνεκτικά εδάφη έχουν σημαντικό ποσοστό λεπτομερών κλασμάτων.

Ένα έδαφος καθαρά συνεκτικό έχει γωνία εσωτερικής τριβής μηδενική, ενώ αντίθετα ένα κοκκώδες έχει μηδενική συνοχή. Ενδιάμεσοι τύποι εδαφών παρουσιάζουν  $c$  και  $\phi$ .

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη γωνία εσωτερικής τριβής  $\phi$ .

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΕΠΙΔΡΑΣΗ
Λόγος κενών, $e$	$e \uparrow, \phi \downarrow$
Γωνιώδες σχήμα, $A$	$A \uparrow, \phi \uparrow$
Κοκκομετρική διαβάθμιση	$Cu \uparrow, \phi \uparrow$
Επιφανειακή Τραχύτητα, $R$	$R \uparrow, \phi \uparrow$
Υγρασία, $w$	$w \uparrow, \downarrow \phi$ ελάχιστα
Μέγεθος κόκκων, $S$	Καμία επίδραση (με σταθερό $e$ )
Προστερεοποίηση ή Προφόρτιση	Μικρή επίδραση

(Πίνακας 2.1, Παράγοντες που επηρεάζουν τη γωνία  $\phi$ , Κούκης Γ. Σαμπατακάκης Ν., 2002 «Τεχνική Γεωλογία» Εκδόσεις Παπασωτηρίου)

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων διατμητικής αντοχής ενός εδαφικού σχηματισμού προϋποθέτει την εκτέλεση εργαστηριακών ή επί τόπου δοκιμών.

Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι οι εξής:

- Δοκιμή τριαξονικής φόρτισης
- Δοκιμή απευθείας διάτμησης
- Δοκιμή απλής διάτμησης

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τυπικές τιμές γωνίας εσωτερικής τριβής για διάφορα υλικά.

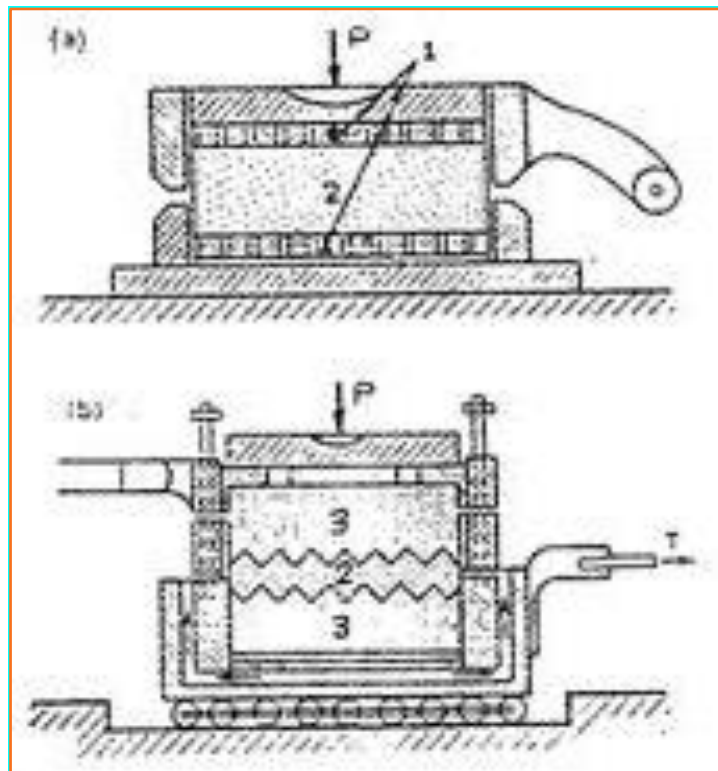
Τύπος Εδάφους	$\Phi$ (μοίρες)
Άμμος: στρογγυλωμένοι κόκκοι	
Χαλαρή	27-30
Μέση	30-35
Πυκνή	35-38
Άμμος: γωνιώδεις κόκκοι	
Χαλαρή	30-35
Μέση	35-40
Πυκνή	40-45
Χάλικες με λίγη άμμο	34-48
Ίλος	26-35

(Πίνακας 2.2, Τυπικές τιμές γωνίας εσωτερικής τριβής σε συνθήκες στράγγισης για άμμους – ίλους, Κούκης Γ. Σαμπατακάκης Ν., 2002 «Τεχνική Γεωλογία» Εκδόσεις Παπασωτηρίου)

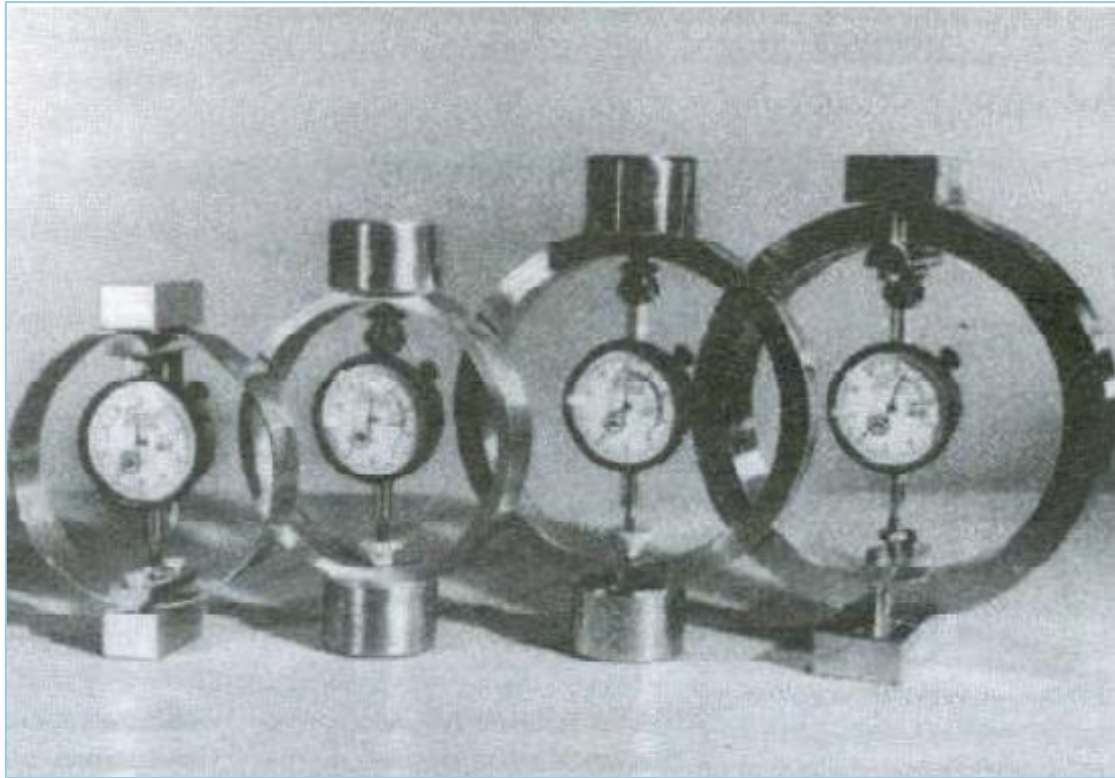
### 2.1.1 Εξοπλισμός δοκιμής

Ο εξοπλισμός της δοκιμής άμεσης διάτμησης αποτελείται από:

1. Μηχανή διάτμησης, η οποία αποτελείται από τα εξής τμήματα
  - Συσκευή διάτμησης (υποδοχέας δοκιμίου) ,η οποία αποτελείται βασικά από δύο μεταλλικά πλαίσια που ολισθαίνουν μεταξύ τους και δύο πορολίθους που τοποθετούνται πάνω και κάτω από το δοκίμιο, που επιτρέπουν τη στράγγιση του δοκιμίου
  - Μηκυσιόμετρο (μετράει τη καθίζηση του δοκιμίου) (1)
  - Μηκυσιόμετρο (μετράει τη σχετική μετατόπιση των τμημάτων της συσκευής) (2)
  - Μηκυσιόμετρο (μετράει τη βράχυνση του δυναμομετρικού δακτυλίου) (3)
  - Σύστημα εφαρμογής φορτίου
    - Κάθετου προς την επιφάνεια διάτμησης (επιβολή ορθής τάσης)
    - Παράλληλου προς την επιφάνεια διάτμησης (επιβολή διατμητικής τάσης)
2. Εξολκέας δείγματος
3. Κλίβανος ξήρανσης, (για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας)
4. Ζυγαριά ακριβείας 0,01gr
5. Υγραντήρας, (για τη διατήρηση της υγρασίας του δοκιμίου).



( Εικόνα 2.1, Συσκευή άμεσης διάτμησης)



(Εικόνα 2.2., Δυναμομετρικοί δακτύλιοι για τη μετρηση της μεταβολής του φορτίου στις δοκιμές αντοχής)

### 2.1.2 Εκτέλεση της δοκιμής

Η δοκιμή άμεσης διατμήσης μπορεί να γίνει σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη. Το δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι αρκετό για τον σχηματισμό 3 τουλάχιστον δοκιμών, με τις ίδιες διαστάσεις. Το δοκίμιο πρέπει είναι τετραγωνικό με πλευρά 6 cm και πάχος περίπου 1 cm.

Από αδιατάρακτο δείγμα αρκετού όγκου, ώστε να προκύψουν τρία τουλάχιστον δοκίμια με τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις, μορφώνεται το δοκίμιο στις διαστάσεις του δακτυλίου της συσκευής άμεσης διάτμησης (κιβώτιο Casagrande) ανάμεσα στα μεταλλικά πορώδη φίλτρα. Οι διαστάσεις και ο όγκος του δοκίμιου είναι γνωστές από τις διαστάσεις του δακτυλίου που χρησιμοποιείται. Στο κιβώτιο προστίθεται απεσταγμένο νερό για κορεσμό του δείγματος και αφήνεται έτσι χωρίς το κατακόρυφο φορτίο για 24 h. Από τα αποκομμένα τεμάχια του δείγματος που παρέμειναν κατά την τελική του παρασκευή βρίσκουμε τη φυσική του υγρασία κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Μετά τον κορεσμό του δείγματος και την επιβολή της κάθετης φόρτισης, το δείγμα στερεοποιείται και αφού γίνει στερεοποίηση, αφαιρούμε τους πύρους συγκράτησης των δακτυλίων με προσοχή, μηδενίζοντας τα μηκυσιόμετρα του δυναμομετρικού δακτυλίου και των παραμορφώσεων, θέτοντας ταυτόχρονα σε κίνηση τη συσκευή επιβολής της οριζόντιας λεπτά) τις ενδείξεις των μηκυσιομέτρων. Όταν ο δείκτης του δυναμομετρικού μήκους στο μέτρο του δακτυλίου αρχίζει να οπισθοχωρεί η θραύση του δείγματος έχει γίνει. Η ταχύτητα  $\Delta\tau/\Delta t$  ή  $\Delta l/\Delta t$  παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Μετά το τέλος της δοκιμής, το δοκίμιο αφαιρείται ξηραίνεται στους 105ο C και υπολογίζεται το ξηρό βάρος του δείγματος. Ακόμη υπολογίζονται: ο δείκτης πόρων (πριν και μετά τη στερεοποίηση) και ο βαθμός κορεσμού (πριν και μετά τη στερεοποίηση). Η δοκιμή επαναλαμβάνεται σε τρία τουλάχιστον δοκίμια με διαφορετική κάθε φορά ορθή φόρτιση.

Από κάθε δοκιμή προκύπτουν τα ζεύγη τιμών φόρτισης και Ορθής φόρτισης. Ζεύγη τιμών φόρτισης (διατμητικής δύναμης), καταγράφονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (15 με 20).

Ζεύγη τιμών Ορθής φόρτισης (ορθής τάσης) σN:

- Διατμητικής τάσης θραύσης  $t_f$
- Παραμόρφωση  $\Delta l$

Στη μελέτη μας έγιναν δοκιμές ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση.

- Ταχεία δοκιμή με στερεοποίηση του δοκιμίου (CD).

Σ' αυτόν τον τύπο δοκιμής, και πριν από το στάδιο διατμητικής φόρτισης, πραγματοποιείται στερεοποίηση του δοκιμίου υπό πίεση ίση με την ορθή τάση που θα εφαρμοσθεί κατά το στάδιο της διάτμησης. Αμέσως μετά την τοποθέτηση του δοκιμίου και την εφαρμογή μιας μικρής αρχικής ορθής τάσης γεμίζεται με νερό ο υποδοχέας γύρω από το δακτύλιο του δοκιμίου και η στάθμη του διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής, ώστε το δοκίμιο να είναι πάντοτε κορεσμένο.

Η στερεοποίηση του δοκιμίου γίνεται είτε σε ένα στάδιο με την εφαρμογή της επιθυμητής ορθής τάσης, είτε σε περισσότερα στάδια, όπου η φόρτιση γίνεται κατά βαθμίδες. Η κάθε βαθμίδα τάσεως εφαρμόζεται στο δοκίμιο μέχρι πλήρους στερεοποίησής του. Το δοκίμιο θεωρείται στερεοποιημένο υπό συγκεκριμένη τάση όταν έχει ολοκληρωθεί η πρωτεύουσα στερεοποίηση.

Κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης του δοκιμίου μετράται η μεταβολή του ύψους του δοκιμίου σε συνάρτηση με το χρόνο. Σχεδιάζεται η καμπύλη “μεταβολή ύψους – λογάριθμος χρόνου

### 2.1.3 Δοκιμή ταχείας διάτμησης

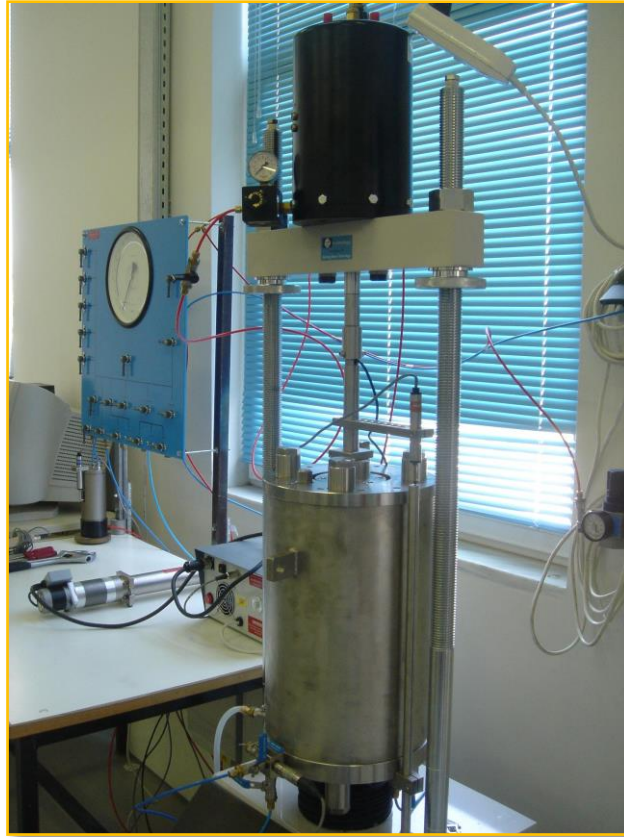
Η δοκιμή έχει εφαρμογή σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη, είναι δε δυνατόν να εκτελεστεί κατά τρεις τρόπους ως εξής: (α) Ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου (β) Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου χωρίς αποστράγγιση (γ) Βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου

Στη δοκιμή ταχείας διάτμησης καταγράφεται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους σε σχέση με τη μεταβολή της ορθής τάσης που εφαρμόζεται κάθετα στην προκαθορισμένη επιφάνεια διατμήσεως. Η δοκιμή εφαρμόζεται σε συνεκτικά και ψαθυρά εδάφη με σκοπό τον προσδιορισμό των παραμέτρων διατμητικής αντοχής (γωνία τριβής και συνοχή).

Με την εκτέλεση της δοκιμής απευθείας διάτμησης (ταχεία εκτέλεση) είναι δυνατόν να επιτευχθούν αστράγγιστες συνθήκες, οπότε είναι δυνατόν ο προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής του εδάφους σε ενεργές τάσεις καθώς και της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής  $S_u$ . Λόγω του μικρού πάχους του δοκιμίου είναι πρακτικά αδύνατον να επιτευχθούν τελείως αστράγγιστες συνθήκες.

Το έδαφος θραύεται κατά μήκος προκαθορισμένης από τη συσκευή επιφάνειας (επιφάνεια διάτμησης), με την οριζόντια μετακίνηση του ενός (άνω) τμήματος του υποδοχέα

που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο. Έτσι στη δοκιμή αυτή καταγράφεται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους σε σχέση με την ορθή τάση, που επιβάλλεται κάθετα στην επιφάνεια διάτμησης.



(Εικόνα 2.3., Συσκευή απευθείας διάτμησης)

#### 2.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την δοκιμή διάτμησης

Η αλληλεμπλοκή των κόκκων του δοκιμίου δημιουργεί αντίσταση στη διάτμηση. Αυτό είναι εντονότερο σε πυκνές άμμους και για μικρές παραμορφώσεις. Σε μεγαλύτερες παραμορφώσεις καταστρέφεται η αλληλεμπλοκή και η διατμητική δύναμη εμφανίζεται μειωμένη.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής των μη συνεκτικών εδαφών, παρουσιάζεται μεταβολή του όγκου του δοκιμίου. Πολλές φορές η μεταβολή αυτή είναι πιο σημαντική από τη γωνία της εσωτερικής τριβής.

Σε κορεσμένες άμμους, υπάρχει η πιθανότητα να ρευστοποιηθούν λόγω της μεταφοράς των θλιπτικών δυνάμεων στο νερό ( κορεσμένα πρηνή υπό σεισμική δόνηση).

Ένα μειονέκτημα της δοκιμής αυτής σε σχέση με τις τριαξονικές δοκιμές είναι ο προκαθορισμός του επιπέδου αστοχίας, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι συνθήκες υπαίθρου δεν προσομοιάζονται με αυτές που λαμβάνουν χώρα στο εργαστήριο.

## 2.2 Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης S.P.T.

Η Πρότυπη Δοκιμή Διείσδυσης ή S.P.T. , είναι η πιο γνωστή δοκιμή σε ολόκληρο τον κόσμο. Χρησιμοποιείται συνήθως για τον έλεγχο των δύσκαμπτων ή συνεκτικών εδαφών και βράχων.

Η δοκιμή SPT αποτελείται από έναν δειγματολήπτη με εξωτερική διάμετρο 50mm με λεπτά τοιχώματα το οποίο διεισδύει στο έδαφος μέχρι το κάτω μέρος της γεώτρησης, με επαναλαμβανόμενα χτυπήματα από σφυρί 63.5kg. Ο αριθμός των χτυπημάτων (N), που απαιτείται για να επιτευχθεί μία διείσδυση είναι απαραίτητη μετά από μια αρχική ώθηση 150 mm

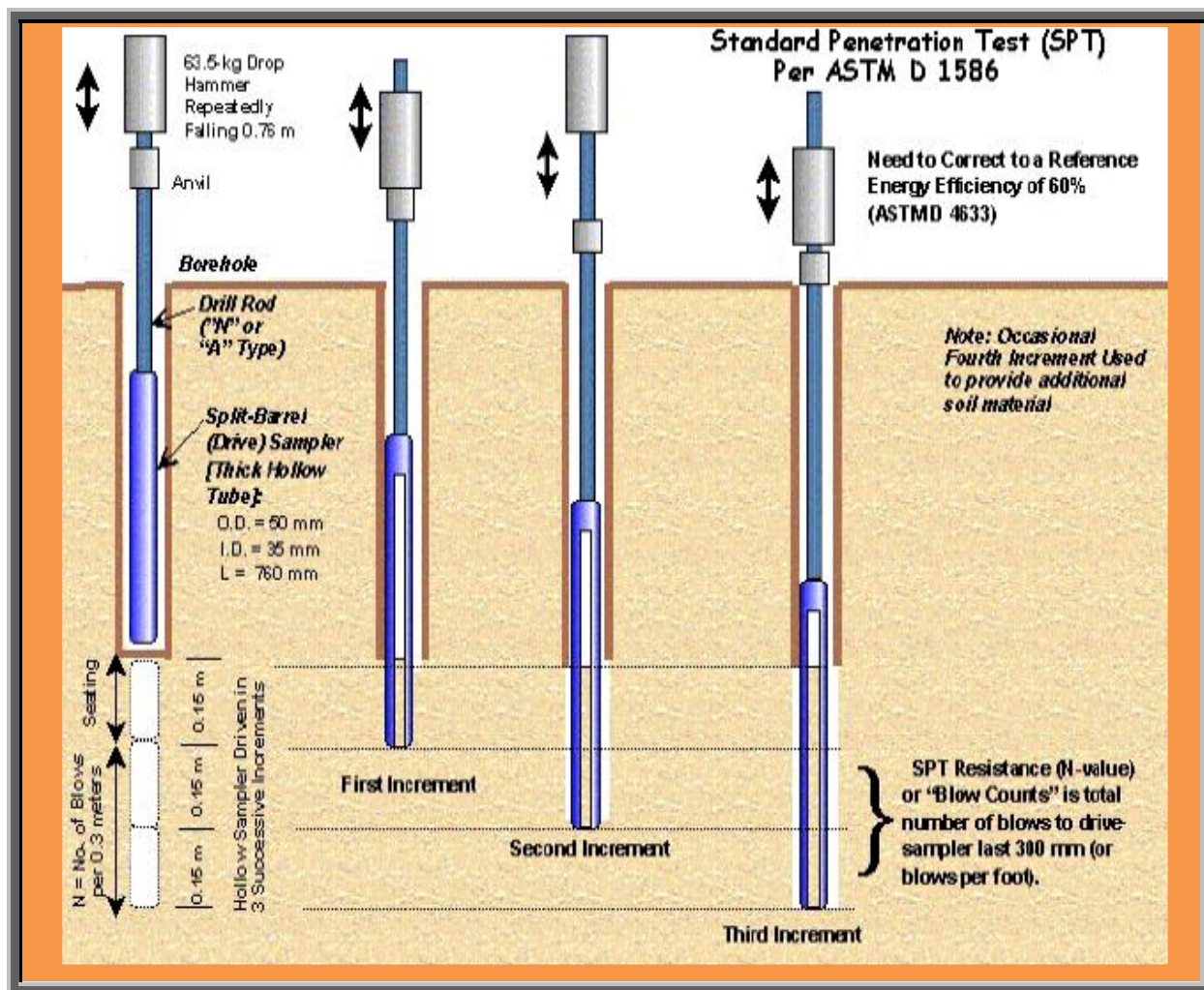
Ένα από τα πλεονεκτήματα της δοκιμής είναι ότι διεξάγεται σε γεωτρήσεις εξερεύνησης διαφόρων διαμέτρων χωρίς ειδικό εξοπλισμό.

Η Πρότυπη Δοκιμή Διείσδυσης εισήχθη το 1947, και είναι τώρα σε διαδεδομένη χρήση, λόγω του χαμηλού κόστους, την απλότητα και την ευελιξία του.

- Η διαδικασία SPT αρχικά προέκυψε από την επιθυμία να αποκτήσουν φθηνές συμπληρωματικές πληροφορίες κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας.
- Η δοκιμή δεν είναι ακόμη πλήρως τυποποιημένη, είτε σε εθνικό επίπεδο είτε διεθνώς.
- Διαφορές στον εξοπλισμό και τη διαδικασία δοκιμής είναι πιθανό να επηρεάζουν την αξία του SPT.
- Η δοκιμή S.P.T. παρέχει μια απλή γενικής εφαρμογής μέθοδο.
- Η δοκιμή έχει επαρκή ευελιξία ώστε να μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με δύσκολα δείγματα εδάφους και βράχους.

Ο Charles R. Gow (1902) , πρώτος στη Βοστώνη, ξεκίνησε διερευνητικές γεωτρήσεις για την λήψη ξηρών δειγμάτων με το σύστημα υδραυλικής ράβδου. Ο σωλήνας που χρησιμοποίησε είχε διάμετρο 1in και η προώθηση του γινόταν με βάρος 50kg. Η εξέλιξη αυτού του πρώτου δειγματολήπτη ονομάστηκε αργότερα SPT, ένας δειγματολήπτης 2in σχισμένος κατά μήκος, με βάρος πλέον 63.5kg και ύψος πτώσης 76.2cm. Η αρχική λειτουργία της δοκιμής SPT ήταν η λήψη δειγμάτων για τον σχεδιασμό θεμελιώσεων με μεγάλο βάθος, όμως οι Terzaghi & Peck πέτυχαν να κωδικοποιήσουν έτσι τη χρήση αυτής της δοκιμής ώστε να χρησιμοποιείται και για μελέτες άβαθων θεμελιώσεων.

Το SPT τώρα πια χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο, Δίνει δείγματα για συνηθισμένες εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης, μέσω τον αριθμό κρούσεων (N), και ενδείξεις για την πυκνότητα (άμμος) και την συνοχή (άργιλος) των εδαφών που διαπερνά.



(Εικόνα 2.4., Πρότυπη δοκιμή διείδυσης S.P.T.)

### 2.2.1 Εκτέλεση της δοκιμής

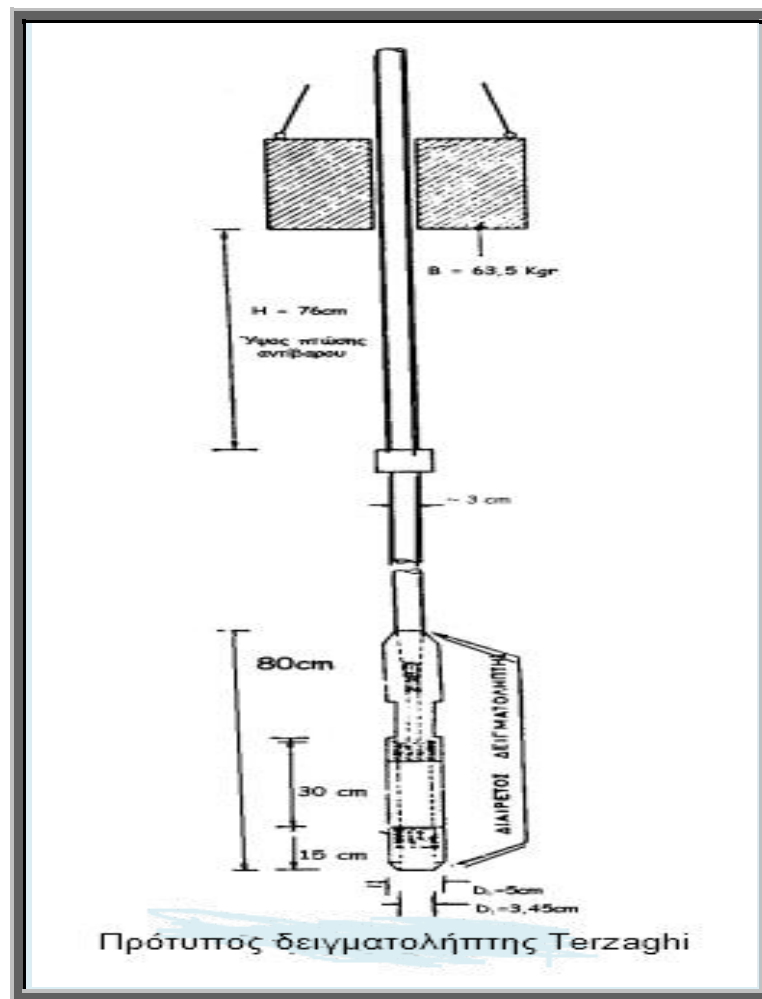
Η μέθοδος αυτή περιγράφει μια διαδικασία προσδιορισμού της αντίστασης σε διείδυση εδάφους με ένα διαιρετό δειγματολήπτη και τη λήψη δειγμάτων εδάφους από την γεώτρηση για σκοπούς αναγνώρισης. Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την δοκιμή η ακαμψία του εδάφους. Στο σχήμα (2.1) φαίνεται ο δειγματολήπτης που προτάθηκε από τους Terzaghi & Peck με βάρος 63,5kg και ύψος 0,76m.

Κατά τη λήψη του δείγματος τα δύο τμήματα του δειγματολήπτη συγκρατούνται στα άκρα τους με κοχλιώμενα τεμάχια σωλήνα μικρού μήκους. Το ένα από αυτά τα τεμάχια χρησιμεύει για τη σύνδεση του δειγματολήπτη με τον σωλήνα εκπλύνσεως. Το δεύτερο έχει αιχμηρά χείλη και χρησιμεύει σαν κοπτικό άκρο κατά την είσοδο του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος.

Με επαναλαμβανόμενες κρούσεις επιτυγχάνεται η προώθηση του διαιρετού δειγματολήπτη. Ο αριθμός κρούσεων N που είναι ο απαιτούμενος για να επιτευχθεί διείδυση 0,30m θεωρείται σαν η αντίσταση σε διείδυση. Κατά τη δοκιμή μετρείται ο αριθμός των



κρούσεων που απαιτούνται για την διείσδυση του πρότυπου δειγματολήπτη μέσα στο εξεταζόμενο στρώμα τα πρώτα 15cm απορρίπτονται και λαμβάνουμε υπόψη τα επόμενα 15cm. Όταν δεν έχει επιτευχθεί προώθηση του δειγματολήπτη κατά 30cm μετά από 50 κρούσεις, μετριέται η διείσδυση που πραγματοποιήθηκε στις 50 κρούσεις. Ο αριθμός N στη πράξη μετριέται σαν το άθροισμα του αριθμού των κρούσεων που απαιτούνται για 2 διεισδύσεις 15cm η κάθε μία. Η δοκιμή εκτελείται σε διάφορα βάθη αφού όμως προηγουμένως καθαριστεί το έδαφος στη στάθμη εκτέλεσης της δοκιμής. Συνήθως γίνεται δοκιμή SPT κάθε 1,5m μέσα στη γεώτρηση. Εάν όμως η δοκιμή εκτελείται κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα πρέπει η γεώτρηση να πληρούται με νερό ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος “υδραυλικής θραύσης”.



(Σχήμα 2.1, Πρότυπος δειγματολήπτης Terzaghi S.P.T.)

## 2.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα του S.P.T.

1. Το ακόνισμα της αιχμής εισόδου
2. Το μήκος, το βάρος και η ευκαμψία των ράβδων, οι οποίες απορροφούν ένα μέρος της ενέργειας
3. Η θέση του υπόγειου ορίζοντα σε σχέση με το βάθος εκτέλεσης της δοκιμής
4. Το βάθος εκτέλεσης της δοκιμής
5. Οι σχετικές θέσεις του πυθμένα της οπής και του κατώτερου άκρου των ράβδων
6. Η κατάσταση του δειγματολήπτη (τυχόν σκουριασμένα τμήματα ή στρεβλωμένα μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα)
7. Ο χρόνος που περνάει από τη στιγμή που θα ανοιχθεί η γεώτρηση μέχρι τη στιγμή που θα εκτελεστεί η δοκιμή.

Από τη μακροχρόνια χρήση δεδομένων της δοκιμής S.P.T., σύμφωνα με τον A. W. Skempton, (1986), διαπιστώθηκε ότι στη διαδικασία υπεισέρχονται αρκετοί παράγοντες λάθους. Ο βασικότερος παράγοντας λάθους είναι η απομείωση της αποτελεσματικής ενέργειας πρόσκρουσης του αντίβαρου λόγω των τριβών της διάταξης ή λόγω απειρίας – απροσεξίας του χειριστή. Άλλοι παράγοντες που εισάγουν σφάλματα στα τελικά αποτελέσματα είναι το μεγάλο μήκος της στήλης, το βάρος των υπερκείμενων σχηματισμών, η διάμετρος της γεώτρησης και ο τύπος του δειγματολήπτη.

Όταν η δοκιμή εκτελείται με αντίβαρο μη αυτόματης πτώσης, η ενέργεια απομειώνεται στο 60% της θεωρητικής, ενώ όταν εκτελείται με αντίβαρο αυτόματης πτώσης, η ενέργεια απομειώνεται στο 90%, Hazen, (1892). Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη όλους τους προαναφερόμενους λόγους, η τιμή του  $N_{field}$  που μετρείται κατά την εκτέλεση της δοκιμής μπορεί να διορθώνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$N_{60} = N_{field} * C_e * C_1 * C_s * C_d * C_N$$

Όπου:

*C<sub>e</sub>*: συντελεστής διόρθωσης σύμφωνα με το σύστημα απελευθέρωσης της ενέργειας του αντιβάρου.

*C<sub>1</sub>*: συντελεστής διόρθωσης σύμφωνα με το μήκος της στήλης διείσδυσης

*C<sub>s</sub>*: συντελεστής διόρθωσης σύμφωνα με το είδος του δειγματολήπτη

*C<sub>d</sub>*: συντελεστής διόρθωσης σύμφωνα με τη διάμετρο της γεώτρησης

*C<sub>N</sub>*: συντελεστής διόρθωσης σύμφωνα με την πίεση των υπερκείμενων,  $\sigma_v$

$$C_N = P/\sqrt{\sigma_v}$$

Όπου η πίεση αναφοράς  $P$  έχει ως προτεινόμενη τιμή τα 100kPa ή 1Kg/cm<sup>2</sup>.

Οι τιμές των προαναφερόμενων συντελεστών διόρθωσης ποικίλουν ανάλογα με τις προτάσεις των ερευνητών. Στον πίνακα (2.1) παρουσιάζονται οι τιμές τους σύμφωνα με την πρόταση του A. W. Skempton, (1986).

Ce = Correction for Hammer Release System Energy				
Release Type	Cathead	Hammer		
(USA) Trip	None	Automatic	1.38	
(USA) Slip rope, 2 turns	Large	Safety	0.92	
(USA) Slip rope, 2 turns	Large	Donut	0.75	
(Japan) Tombi	None	Automatic	1.30	
(Japan) Slip rope, 2 turns	Small	Donut	0.90	
(UK) Trip	None	Pilcon	1.00	
(UK) Slip rope, 1 turn	Small	Old standard	1.00	
(China) Trip	None	Automatic	1.00	
(China)		Donut	0.83	
Ci = Correction for Rod Length				
Drill rod length, meters	3.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	over 10
Drill rod length, feet	10.00-13.00	13.00-20.00	20.00-33.00	over 33
Rod length correction, Ci	0.75	0.85	0.95	1.00
Cs = Correction for Sampler Type				
Split Barrel Sampler Type	Without Liner	With Liner	With Liner	
	(1 1/2"ID)	(1 -3/8"ID)	(1 -3/8" ID)	
		Dense sand, clay	Loose sand	
Sampler Correction Cs	1.00	0.80	0.90	
Cd = Correction for Bore Hole Diameter*				
Bore Hole Diameter, cm	6.5-12	15	20	
Bore Hole Diameter, in	2.5-5	6.00	8.25	
Bore Hole Diameter, Cd	1.0	1.05	1.15	
* Cd = 1.0 for all diameters of hollow stem augers where SPT is taken through the stem.				

(Πίνακας 2.1, Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών διόρθωσης σύμφωνα με τον Skempton (1986).)

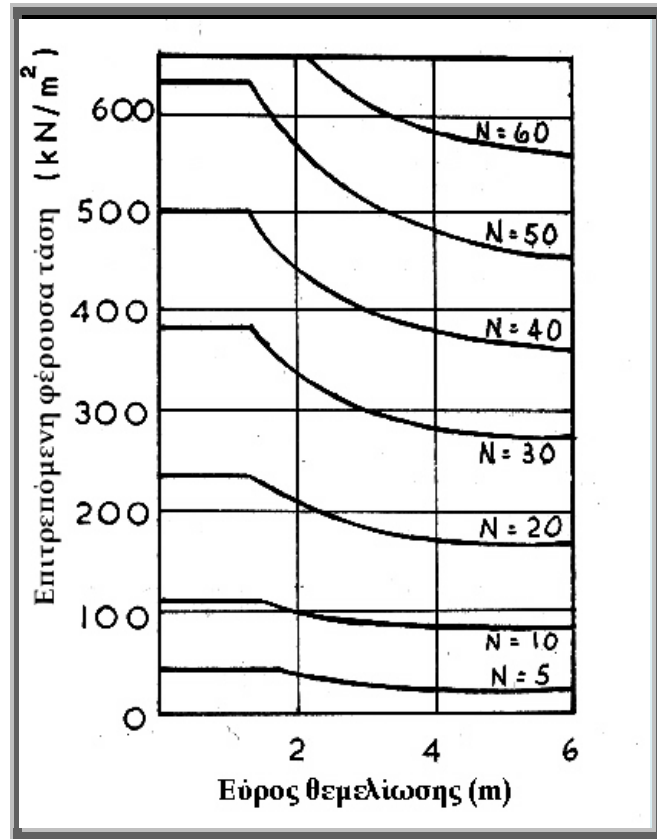
Αντίστοιχος τύπος για τη διόρθωση των τιμών της δοκιμής SPT προτείνεται και στον Ευρωκώδικα 7 όπου η τιμή N60 δίνεται από τη σχέση:

$$N_{60} = (E_r/60) * \lambda * CN * N_{field}$$

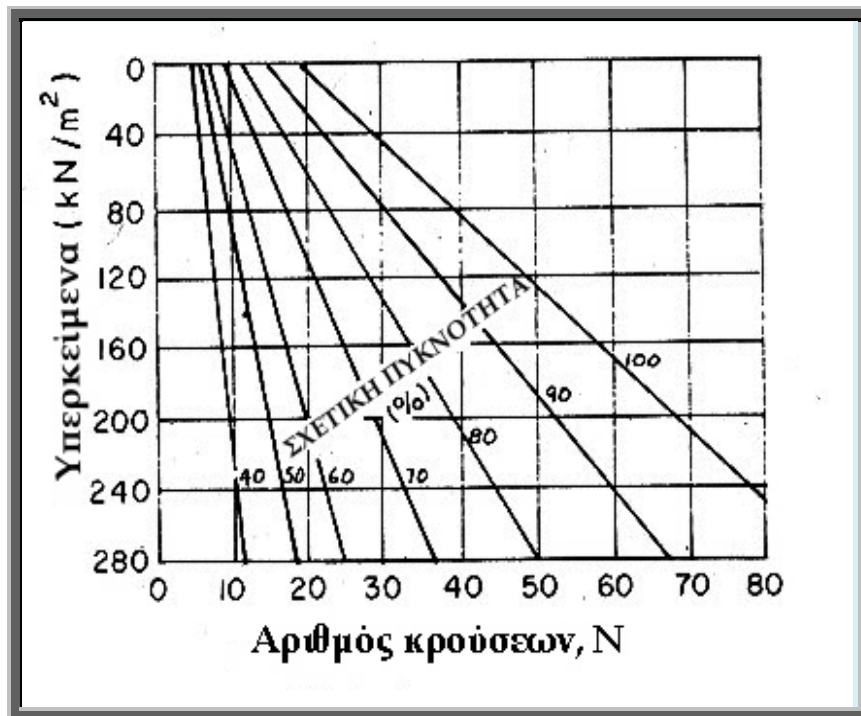
Όπου:

*E<sub>r</sub>* : η ενέργεια πρόσκρουσης ανάλογα με τον εξοπλισμό της δοκιμής  
*λ*: οι απώλειες ενέργειας λόγω του μήκους των στελεχών της δοκιμής  
*CN*: ο συντελεστής διόρθωσης από το βάρος των υπερκειμένων  
*N<sub>field</sub>*: η τιμή του *N* που μετράται στην ύπαιθρο.

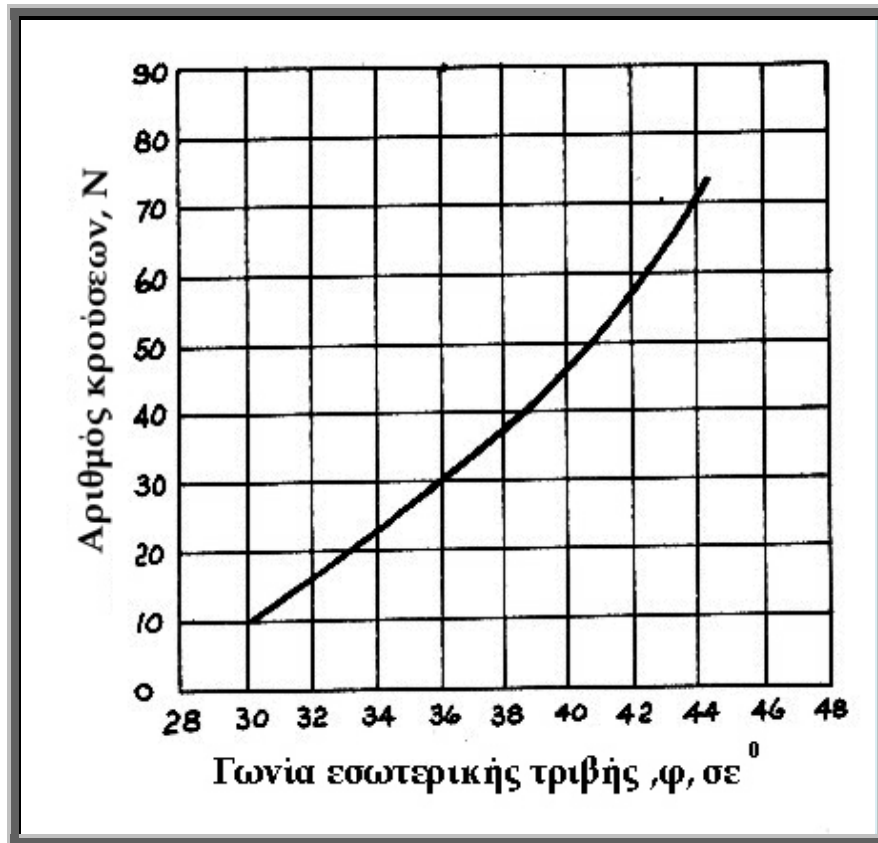
Οι τιμές για τις επιμέρους παραμέτρους και συντελεστές διόρθωσης του τύπου δίνονται από σχετικούς πίνακες των Spigolon S. J., (2001). Στα επόμενα σχήματα δίνονται μερικές χρήσιμες σχέσεις του αριθμού *N* από τη δοκιμή S.P.T. με την επιτρεπόμενη φέρουσα τάση, το εύρος των θεμελίων, το φορτίο των υπερκειμένων και της σχετικής πυκνότητας, καθώς και τη γωνία εσωτερικής τριβής.



(Σχήμα 2-2, Σχέση επιτρεπόμενης φέρουσας τάσης (kN/m<sup>2</sup>), εύρους θεμελίωσης (m) και κρούσεων Terzaghi (N).)



(Σχήμα 2-3, Σχέση φορτίου υπερκειμένων (kN/m<sup>2</sup>), σχετικής πυκνότητας (%) και κρούσεων Terzaghi (N). Έμμεσος προσδιορισμός τάσης προστερεοποίησης.)



(Σχήμα 2-4, Σχέση γωνίας τριβής ( $\phi^\circ$ ) και κρούσεων Terzaghi (N).)

### 2.2.3 Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του εδάφους

Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται πως χαρακτηρίζουμε τα εδάφη με βάση τη γωνία τριβής  $\phi$ , πίνακας (2.2) και την αστράγγιστη συνοχή  $c$ , πίνακας (2.3).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΜΜΟΥ	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ $\phi$
$0 < N < 4$	Έδαφος Πολύ Χαλαρό	28-29
$4 < N < 10$	Έδαφος Χαλαρό	29-30
$10 < N < 30$	Έδαφος Μέσης Πυκνότητας	30-36
$30 < N < 50$	Έδαφος Πυκνό	36-41
$50 < N$	Έδαφος Πολύ Πυκνό	41-44

(Πίνακας 2.5, Χαρακτηρισμός κοκκώδων εδαφικών σχηματισμών και εμπειρική πρόταση της Commission of Engineering Geological Mapping, (1981), για την γωνία τριβής,  $\phi$ .)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΡΓΙΛΟΥ	ΑΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗ ΣΥΝΟΧΗ Cu (kPa)
< 2	Πολύ Μαλακή	< 12,5
2 < N < 4	Μαλακή	12,5-25
4 < N < 8	Μέσης Συνεκτικότητας	25-50
8 < N < 15	Στιφρή	50-100
15 < N < 30	Πολύ Στιφρή	100-200
30 < N	Σκληρή	> 200

(Πίνακας 2.6, Χαρακτηρισμός συνεκτικών εδαφικών σχηματισμών και εμπειρική πρόταση του Terzaghi & Peck (1948), για την αστράγγιστη συνοχή, c.)

## 2.2.4 Ανάλυση

Με βάση τον CRI Clayton, (1995), βασικός σκοπός στην έρευνα υπεδάφους είναι η γνώση της χωρικής κατανομής, σε έκταση και σε βάθος των γεωλογικών χαρακτήρων στην περιοχή που γίνεται η έρευνα. Ο τρόπος με τον οποίο διαπιστώνεται η κατανομή των σχηματισμών γίνεται μέσω της δειγματοληψίας τους, η οποία πραγματοποιείται:

- Είτε με χρήση απλών μηχανικών μέσων (πχ. Εκσκαφείς), όπου όμως περιορίζεται στο βάθος που μπορεί να σκάψει ο βραχίονας του εκσκαφέα,
- Είτε με χρήση ειδικών μηχανημάτων, που ονομάζονται γεωτρύπανα και έχουν τη δυνατότητα να εξορύξουν δείγματα, εδαφικά ή και βραχώδη, σε πολύ μεγάλα βάθη.

Στη δική μας μελέτη χρησιμοποιούμε το γεωτρύπανο το οποίο κάνει μια εργασία που καλείται γεώτρηση, όπου διανοίγεται διάτρηση με συγκεκριμένη διάμετρο, διεύθυνση, ενώ μπορεί να φθάσει σε μεγάλα βάθη για να ληφθεί το δείγμα. Η διάνοιξη γίνεται με περιστροφή.

- Σε αβαθείς περιπτώσεις με μέγιστο βάθος τα 500m το γεωτρύπανο έχει συνήθως ισχύ που κυμαίνεται από 50 έως 150HP.
- Σε βαθιές περιπτώσεις με μέγιστο βάθος τα 4000m το γεωτρύπανο έχει συνήθως ισχύ που κυμαίνεται από 1000 έως 2000HP.
- Και σε πολύ βαθιές περιπτώσεις με βάθος που μπορεί να υπερβαίνει και τα 7000m το γεωτρύπανο έχει συνήθως ισχύ που υπερβαίνει τους 2000HP.

Σε περιστροφικά γεωτρύπανα όπου η προχώρηση γίνεται με υδραυλική πίεση και περιστροφή της γεωτρητικής δειγματοληπτικής στήλης λαμβάνοντας συγχρόνως πυρήνες από το εδαφικό ή βραχώδες δείγμα, υπάρχουν τρεις μέθοδοι εξαγωγής του δείγματος με κανονική έκπλυση, όπου διοχετεύεται συνήθως νερό υπό πίεση μέσω των κοίλων στελεχών της διατρητικής στήλης

1. εξαγωγή δείγματος με ανάποδη έκπλυση, όπου διοχετεύεται συνήθως νερό μέσα από τα σωληνώμενα τοιχώματα της γεώτρησης και το οποίο επιστρέφει μέσα από τα κοίλα στελέχη της διατρητικής στήλης
2. εξαγωγή δείγματος χωρίς έκπλυση, όπου διακόπτεται η κυκλοφορία υγρών κατά τη διάτρηση (φραγμός).

Υπάρχουν τεχνικά έργα που έχουν ως βασικό υλικό κατασκευής το έδαφος όπως στη περίπτωση μας υποβάσεις και βάσεις οδικών αξόνων.

Ο απαραίτητος εξοπλισμός σε μία γεωτεχνική έρευνα αποτελείται από τα ακόλουθα:

- Υδραυλικό περιστροφικό αυτοκινούμενο ή πάνω σε έλκηθρα γεωτρήπανο
- Δειγματολήπτες, στελέχη, κοπτικά άκρα, σωληνώσεις και αντλίες νερού
- Ειδικό εξοπλισμό για την εκτέλεση επιτόπου δοκιμών (πχ. Αντίβαρο 62,5kg και δειγματολήπτη Terzaghi για την εκτέλεση της πρότυπης δοκιμής διείδουσής SPT.)
- Ειδικό διαπυστευμένο εργαστήριο εδαφομηχανικής για την εκτέλεση των απαραίτητων εργαστηριακών δοκιμών.

### 2.3 Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης

Η μέθοδος αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της ανεμπόδιστης αντοχής αδιατάρακτου δείγματος συνεκτικού εδάφους κατά την εφαρμογή ενός αξονικού φορτίου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συνεκτικότητα του εδάφους να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει τη διατήρηση της γεωμετρίας του δοκιμίου χωρίς την εφαρμογή πλευρικής πίεσης.

Η δοκιμή αυτή γίνεται μόνο κάτω από τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- i. Να είναι το έδαφος συνεκτικό , γιατί το δοκίμιο είναι ελεύθερο πλευρικά
- ii. Η γωνία εσωτερικής τριβής  $\phi = 0$
- iii. Η δοκιμή να ολοκληρώνεται μέσα σε 15 min το πολύ, για να μην χάνει υγρασία το δοκίμιο, οπότε η  $\phi$  να διατηρείται ίση με μηδέν

Η δοκιμή γίνεται σε κορεσμένα αργιλικά δοκίμια. Η εκτέλεση της δοκιμής δεν είναι εφικτή στα μη συνεκτικά εδάφη, επειδή δεν είναι δυνατή η παρασκευή εδαφικών δοκιμίων. Με τον όρο αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη εννοούμε τη θραύση μετά από πίεση ενός δείγματος κατά μία μόνο κατεύθυνση (κατακόρυφη), ενώ πλευρικά μπορεί να επεκτείνεται χωρίς κανένα εξωγενή προσδιορισμό.

Ως αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (το δοκίμιο είναι ελεύθερο από πλευρική πίεση) ορίζεται η τάση από την εφαρμογή της οποίας το δοκίμιο εμφανίζει κάποια από τις δύο ακόλουθες καταστάσεις:

- i. Παρουσιάζει επιφάνεια διατμητικής θραύσης
- ii. Η παραμόρφωση συνεχίζεται χωρίς την αύξηση φορτίου

Εάν καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις δε συμβαίνει , τότε ως αντοχή λαμβάνεται η τάση που αντιστοιχεί σε ανοιγμένη παραμόρφωση 20%.

Η συλλογή των δοκιμίων γίνεται επί τόπου με ειδικό δειγματολήπτη. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ειδικός εξολκέας δειγμάτων για την εξαγωγή τους από το δειγματολήπτη. Η εξαγωγή του δείγματος θα πρέπει να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δείγματος και με διεύθυνση εξολκείσεως την ίδια με αυτή της δειγματοληψίας (AASHTO T-2/60, ASTM D-75/82).

#### 2.3.1 Εργαστηριακός εξοπλισμός - δοκίμιο

1. Συσκευή για την εκτέλεση της δοκιμής, εφοδιασμένη με:
  - Μετρητή παραμορφώσεως, που έχει ικανότητα ανάγνωσης 0,01mm
2. Το δοκίμιο μπορεί να είναι :
  - Αδιατάραχτο
  - Αναζυμώμενο

➤ Αδιατάραχτα δοκίμια

Κατά τη μόρφωση των αδιατάρακτων δοκιμίων δίνεται πολλή μεγάλη προσοχή στην αποφυγή διαταράξεως του δείγματος κατά την εξαγωγή του από το δειγματολήπτη. Αν παρατηρείται οποιαδήποτε διατάραξη του δείγματος κατά την εξόλκευσή του από το δειγματολήπτη τότε ο σωλήνας που περιέχει το δείγμα θα πρέπει να κόβεται εγκάρσια ή κατά μήκος του, έτσι ώστε να διευκολύνεται η εξαγωγή του δοκιμίου χωρίς διατάραξη.

Κατά τη διάρκεια μόρφωσης του δοκιμίου θα πρέπει να τηρούνται όλες οι προφυλάξεις, κυλινδρικό με διατομές ίσες και κάθετες προς τον άξονά του. Όταν η κατάσταση του δοκιμίου το επιτρέπει μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόνος για τη μόρφωση της κυλινδρικής επιφάνειας.

Όταν το δείγμα περιέχει χαλίκια που δυσχεραίνουν τη μόρφωση, τότε οι άνω και κάτω επιφάνειες του δοκιμίου καλύπτονται με λεπτό στρώμα γύψου, ώστε να επιτυγχάνεται η επιπεδότητα και καθετότητα των διατομών αυτών ως προς τον άξονα του δοκιμίου.

➤ Αναζυμωμένα δοκίμια

Η προπαρασκευή των δοκιμίων γίνεται είτε χρησιμοποιώντας θραυσμένο αδιατάρακτο δοκίμιο είτε διαταραγμένο δείγμα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται θραυσμένο αδιατάρακτο δοκίμιο το υλικό τυλίγεται σε αεροστεγή μεμβράνη και δουλεύεται εξωτερικά με τα δάκτυλα, ώστε να εξασφαλιστεί πλήρης αναζύμωση του υλικού.

- Δακτύλιο ανάγνωσης των ασκούμενων φορτίων.
- Παχύμετρο.
- Χρονόμετρο.
- Κλίβανο θερμοκρασίας  $105 \pm 5$  °C.
- Ζυγαριές με ακρίβια 0,1 gr και 0,01 gr.
- Δοχεία, εργαλεία κοπής και αναζύμωσης, εξολκεία.

Μετά την αναζύμωση το υλικό επανασυμπυκνώνεται μέσα σε κυλινδρικά καλούπια με επιθυμητές διαστάσεις και γίνεται προσπάθεια ώστε το αναζυμωμένο δοκίμιο να έχει τον ίδιο δείκτη πόρων και την ίδια φυσική υγρασία με το αδιατάρακτο δείγμα.

Μετά την εξαγωγή του δοκιμίου από το κυλινδρικό καλούπι γίνεται μόρφωση των ακραίων διατομών του.

Το δοκίμιο που θα προκύψει πρέπει :

- Να μην έχει εγκλωβισμένο αέρα.
- Να έχει ομοιόμορφη πυκνότητα.
- Να έχει τη φυσική του υγρασία και το φυσικό λόγο κενών.

Στη συνέχεια το δοκίμιο συμπυκνώνεται σε κυλινδρικό τύπο με τους παρακάτω περιορισμούς:

- Η ελάχιστη διάμετρος του δοκιμίου θα είναι 3,30 cm.
- Ο μεγαλύτερος κόκκος του δοκιμίου πρέπει να είναι μικρότερος από το  $1 / 10$  της διαμέτρου του δοκιμίου. Για δοκίμια με διάμετρο μεγαλύτερη από 7,15 cm, το μέγεθος του μεγαλύτερου κόκκου πρέπει να είναι μικρότερο από το  $1 / 6$  της διαμέτρου.
- Ο λόγος του ύψους του δοκιμίου (H) προς τη διάμετρό του (D) πρέπει να είναι  $2 \leq H / D \leq 3$ , για να μη γίνεται λυγισμός.





(Εικόνα 2.5., -μηχανή ανεμπόδιστης θλίψης-)



(Εικόνα 2.6., -Μορφοποιητής αδιατάρακτου δοκιμίου (τόρνος εδάφους)-)

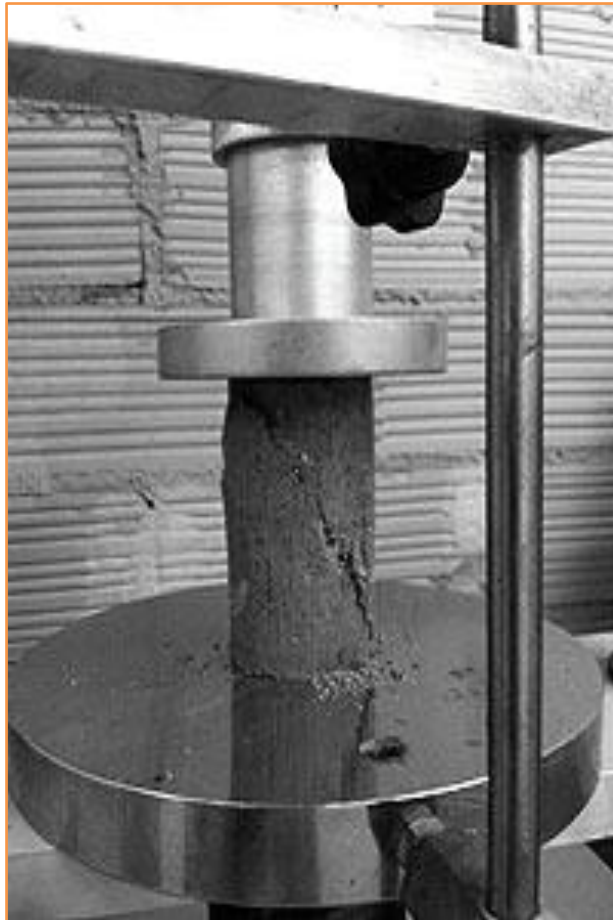
### 2.3.2 Εκτέλεση Δοκιμής

Το δοκίμιο τοποθετείται στη συσκευή φόρτισης στο κέντρο της κάτω πλάκας. Η συσκευή ρυθμίζεται έτσι ώστε η άνω πλάκα να βρίσκεται σε επαφή με την άνω επιφάνεια του δοκιμίου και μηδενίζεται ο μετρητής των παραμορφώσεων.

Στο δοκίμιο εφαρμόζεται θλιπτικό αξονικό φορτίο τέτοιο ώστε η παραμόρφωση που θα επιτυγχάνεται να είναι της τάξεως των 0,5 έως 2% ανά λεπτό. Η καταγραφή των τιμών των αξονικών φορτίων και των αντίστοιχων παραμορφώσεων γίνεται ανά 30 sec. Η ταχύτητα των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η ολική διάρκεια της

δοκιμής να μην ξεπερνά τα 10 min προκειμένου για δοκίμια που δεν προστατεύονται με αεροστεγή μεμβράνη. Η επιβολή του θλιπτικού αξονικού φορτίου συνεχίζεται μέχρι να παρατηρηθεί μείωση του φορτίου με αυξανόμενες παραμορφώσεις ή μέχρι να φθάσει η παραμόρφωση την τιμή 20%.

Στην περίπτωση που τα δοκίμια προστατεύονται με αεροστεγή μεμβράνη η ταχύτητα των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων μπορεί να είναι μικρότερη και συνεπώς η ολική διάρκεια της δοκιμής μεγαλύτερη. Η ταχύτητα παραμόρφωσης αναγράφεται στο σχετικό έντυπο της δοκιμής και σχεδιάζεται σκαρίφημα που να δείχνει τον τρόπο θραύσης του δοκιμίου.



(Εικόνα 2.7., εκτέλεση δοκιμής επί τόπου στο δοκίμιο)

## 2.3.3 Πίνακες για τον χαρακτηρισμό του εδάφους

ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΟ ΧΕΡΙ	ΑΝΤΟΧΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ (Kgr/cm <sup>2</sup> )
<b>ΠΟΛΥ ΜΑΛΑΚΗ</b>	ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΗΣ ΠΥΓΜΗΣ ΤΟΥ ΧΕΡΙΟΥ	<0,25
<b>ΜΑΛΑΚΗ</b>	ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	0,25-0,5
<b>ΜΕΣΗ</b>	ΜΕ ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	0,5-1
<b>ΣΚΛΗΡΗ</b>	ΕΥΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ ΑΛΛΑ ΔΙΕΙΣΔΥΕΙ ΜΕ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ	1-2
<b>ΠΟΛΗ ΣΚΛΗΡΗ</b>	ΕΥΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΝΥΧΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	2-4
<b>ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ</b>	ΔΥΣΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΝΥΧΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	>4

(Πίνακας 2.7., επί τόπου δοκιμές αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη)

ΕΛΑΦΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		
	ΧΩΡΙΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ UU	ΜΕ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ CU	ΜΕ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ CD
ΧΑΛΙΚΙΑ Μεσαίου μεγέθους Αμμώδη	44° - 55° 35° - 50°		40° - 55° 35° - 50°
ΑΜΜΟΣ Χαλαρή-ξηρή Χαλαρή-κορεσμένη	28,5° - 34° 28,5° - 34°		
Πυκνή-ξηρή Πυκνή-κορεσμένη	35° - 46° 34° - 45°		43° - 50° 43° - 50°
ΙΛΥΣ ή ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΜΜΟΣ Χαλαρή Πυκνή	20° - 22° 25° - 30°		27° - 30° 30° - 35°
ΑΡΓΙΛΟΣ	0° (κορεσμένη)	3° - 20°	20° - 42°

(Πίνακας, 2.8., Αντιπροσωπευτικές τιμές της γωνίας εσωτερικής τριβής, φ)

## 2.4 Τριαξονική δοκιμή

Η δοκιμή αυτή καλύπτει τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής κυλινδρικών δοκιμίων συνεκτικών εδαφών, σε αδιατάρακτη κατάσταση, ή ύστερα από αναζύμωση. Κατ' αυτήν τη δοκιμή ένα κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, που περιβάλλεται με μία ελαστική μεμβράνη και στη συνέχεια από ένα υγρό μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο θάλαμο πίεσεως, υποβάλλεται σε μία ομοιόμορφη πλευρική πίεση.

Στη συνέχεια το δοκίμιο υφίσταται κατακόρυφη αυξανόμενη σταδιακά φόρτιση μέχρι του σημείου θραύσης του. Η εφαρμογή του κατακόρυφου φορτίου, που εξασκείται κατά τον άξονα του δοκιμίου, που υπόκειται ταυτόχρονα σε πλευρική πίεση, ελέγχεται με τη μέτρηση των παραμορφώσεων του δοκιμίου και των τάσεων που εξασκούνται σ' αυτό.

Η δοκιμή αυτή παρέχει τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των διατμητικών ιδιοτήτων και της σχέσεως τάσης - παραμόρφωσης των εδαφών. Είναι η πλέον αντιπροσωπευτική και αξιόπιστη δοκιμή διερεύνησης της συμπεριφοράς του εδάφους που υπόκειται σε εντατικές καταστάσεις.

Η δοκιμή τριαξονικής θλίψης είναι ουσιαστικά μία εξέλιξη της μονοαξονικής δοκιμής, όπου είναι δυνατός ο έλεγχος της παράπλευρης τάσης - πίεσης ( $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1$ ). Είναι έτσι δυνατή η διενέργεια πολλών δοκιμών με διαφορετικά σεί ( $\sigma_1, \sigma_3$ ) που οδηγούν στην αστοχία, σχεδιασμός των αντίστοιχων κύκλων Mohr, της περιβάλλουσας αστοχίας και τέλος της εκτίμησης των παραμέτρων  $\phi$ ,  $c$ . Επιπλέον είναι δυνατός ο έλεγχος της πίεσης - υπερπίεσης πόρων και των συνθηκών στράγγισης.

<b>ΠΟΛΥ ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	4 – 28
<b>ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	17 – 42
<b>ΜΕΣΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	42 – 84
<b>ΣΚΛΗΡΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	70 – 170
<b>ΑΜΜΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	280 – 420
<b>ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	70 – 210
<b>ΧΑΛΑΡΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	105 – 250
<b>ΠΥΚΝΗ ΑΡΓΙΛΟΣ</b>	500 – 840
<b>ΠΥΚΝΟ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ</b>	1000 – 2000
<b>ΑΙΟΛΙΚΗ ΓΗ</b>	1000 – 1300

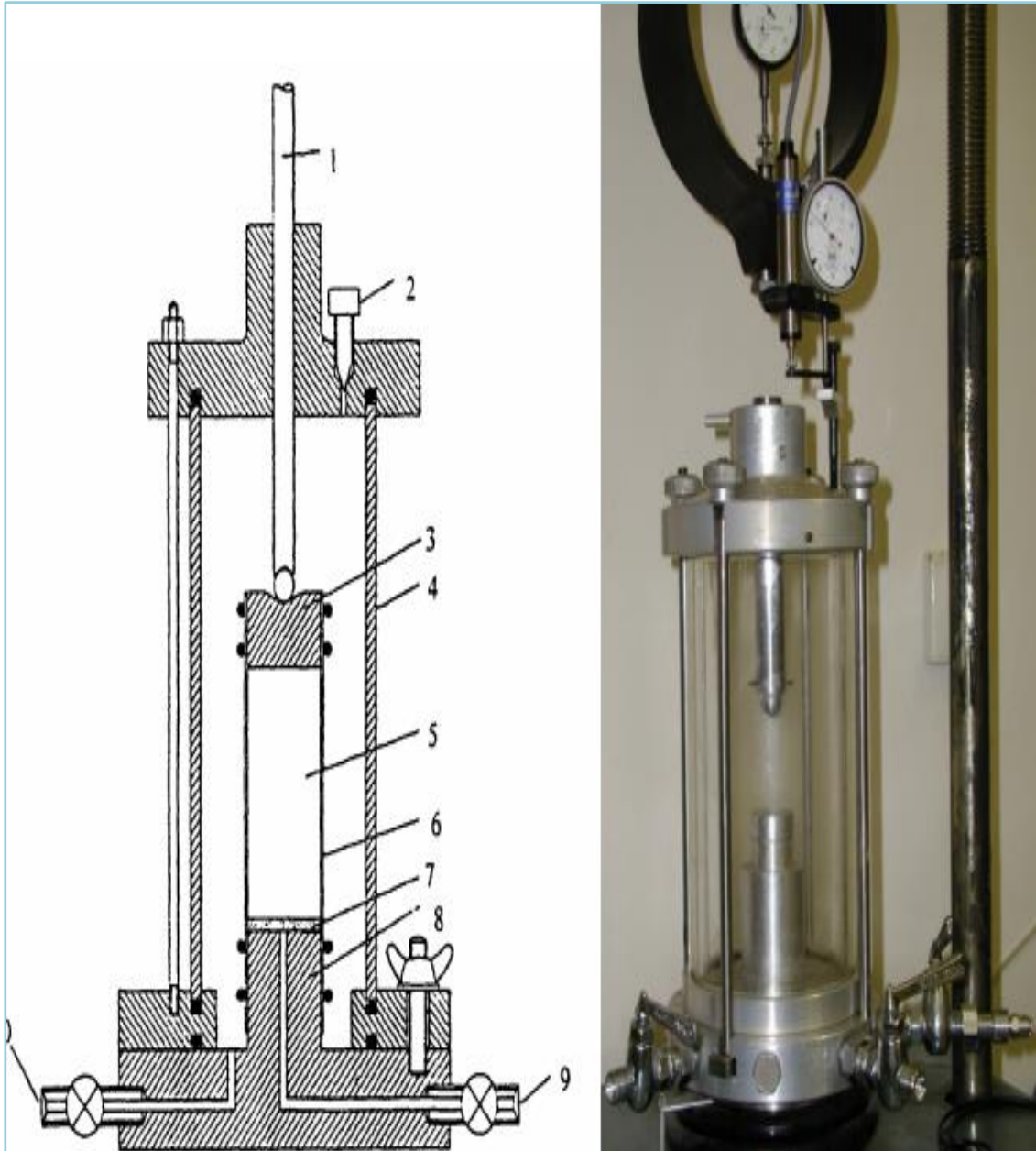
(Πίνακας, 2.8., Μέτρο συμπίεστότητας  $E_s$  (Kgr/cm<sup>2</sup>) )

### 2.4.1 Σκοπός – εξοπλισμός

1. Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός των βασικών παραμέτρων του εδάφους
  - συνοχή (C)
  - γωνία εσωτερικής τριβής ( $\phi$ )
2. Εξοπλισμός
  - ρυθμιζόμενη μηχανή θλίψης
  - τριαξονική κυψέλη
  - καλούπι δείγματος, λαστιχένια μεμβράνη, πορώδεις πλάκες
  - αντλία κενού και πηγή πεπιεσμένου αέρα
  - σύστημα μέτρησης της πίεσης του νερού των πόρων.



(Εικόνα 2.8., Βοηθητικά εξαρτήματα)



(Εικόνα 2.9., Διάταξη τριαξονικής δοκιμής – κυψέλη, σχεδιάγραμμα (α) (Craig, Soil Mechanics), φωτογραφία (β) (φωτ. Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής))

## 2.4.2 Πορεία δοκιμής

Η προετοιμασία του δοκιμίου, κατά προτίμηση, πρέπει να γίνεται σε υγρό θάλαμο, για να αποφεύγεται η απώλεια υγρασίας του. Επίσης κατά την προπαρασκευή του δοκιμίου πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια ώστε η διατάραξή του να μειώνεται στο ελάχιστο.

Για την τριαξονική δοκιμή μπορεί να χρησιμοποιηθούν δοκίμια οποιουδήποτε μεγέθους και διαμέτρου, αρκεί να προσαρμοσθεί κατάλληλα η συσκευή και να διατηρείται η σχέση διαμέτρου προς ύψος από 1:2 έως 1:3 με μία ελάχιστη διάμετρο 33mm. Τα πιο επικρατέστερα όμως μεγέθη που συνηθίζονται στην πράξη είναι τα δοκίμια με ύψος 72mm και διάμετρο 35mm.

Η δοκιμή πραγματοποιείται ως εξής:

- Μορφώνεται το δείγμα σε κυλινδρικό δοκίμιο. Η μόρφωση γίνεται προσεκτικά ώστε να μην διαταραχθεί το δείγμα.
- Το δείγμα τοποθετείται μεταξύ παρόλιθων, πλακών φόρτισης. Στεγανοποιούμε το δείγμα χρησιμοποιώντας ελαστική μεμβράνη και o-rings.
- Κλείνουμε ερμητικά την κυψέλη με το σύστημα περισφιξης. Τοποθετούμε την κυψέλη μεταξύ των εμβόλων φόρτισης.
- Γεμίζουμε την κυψέλη νερό, απαερώνουμε και συνδέουμε την διάταξη επιβολής υδροστατικής πίεσης (στήλες υδραργύρου ή κομπρεσέρ ή έμβολα με σερβομηχανισμό). Ανεβάζουμε την υδατική πίεση στο επιθυμητό σημείο. Το δείγμα είναι σε ομοιόμορφη - υδροστατική πίεση  $\sigma_1 = \sigma_{1,2,3}$ . Μηδενίζουμε την μέτρηση κατακόρυφου φορτίου.
- Επιβάλουμε αξονικό φορτίο στο δείγμα (P). Μετράμε το φορτίο P και την αξονική παραμόρφωση  $\Delta l$ .
- Το δοκίμιο αστοχία όταν με την αύξηση της παραμόρφωσης, το φορτίο μένει σταθερό ή μειώνεται. Καταγράφουμε το οριακό φορτίο για να κάνουμε τους υπολογισμούς αντοχής.

### 2.4.3 Είδη τριαξονικών δοκιμών

Σύμφωνα με τον καθηγητή Βασίλη Χρηστάρα (Θεσσαλονίκη, 2005) η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι συνάρτηση όχι μόνο του μεγέθους της πίεσης που εξασκείται σ' αυτό και της πίεσης του νερού των πόρων, αλλά εξαρτάται και από την εντατική κατάσταση που βρίσκονταν το έδαφος πριν από τη δοκιμή του. Από τη συμπεριφορά αυτή της διατμητικής αντοχής προέκυψε η ανάγκη ανάπτυξης μιας σειράς από τριαξονικές δοκιμές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

➤ Ταχεία δοκιμή χωρίς στερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση (UU)

Κατά την πιο πάνω δοκιμή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων κατά τη θραύση ενός κυλινδρικού δοκιμίου εδάφους όπου δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου κατά την τριαξονική φόρτιση. Στην περίπτωση αυτή η περιβάλλουσα προκύπτει θεωρητικά παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα και τα μηχανικά χαρακτηριστικά έχουν  $\varphi = \varphi_u \rightarrow 0$  και  $c = c_u$ .

Κατά τη δοκιμή αυτή δεν μετράται η πίεση του νερού των πόρων. Αν ζητηθούν μετρήσεις της πίεσης του νερού των πόρων, η διάρκεια της δοκιμής αυξάνει ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου η ίδια σε όλο το ύψος του δοκιμίου.

Η τριαξονική UU δοκιμή πρακτικά συμπίπτει με τη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης στην οποία δεν υπάρχει διάταξη επιβολής πλευρικής τάσης  $\sigma_3$ . Κατά τη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης μετράται άμεσα η αντίστοιχη αντοχή του δοκιμίου  $\sigma$  και υπολογίζεται εύκολα η αστράγγιστη αντοχή  $c_u$  ίση με  $\sigma/2$ . Η κατάσταση αυτή για τις περιπτώσεις των κανονικά στερεοποιημένων και ελαφρά υπερστερεοποιημένων συνεκτικών εδαφών, κατά κανόνα είναι η πιο δυσμενής και αντιστοιχεί στη πράξη με περιπτώσεις στις οποίες μεγάλο τμήμα του συνολικού φορτίου προσάγεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

➤ Δοκιμή με στερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση με μέτρηση της πίεσης του νερού των πόρων(CUPP)

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σ' ένα προστερεοποιημένο κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτισή του δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων. Κατά τη δοκιμή μετράται η πίεση του νερού των πόρων. Κατά το στάδιο της διάτμησης, η ταχύτητα φόρτισής του θα πρέπει να είναι αρκετά βραδεία ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου ίδια σε όλο το ύψος του δοκιμίου.

Η τύπου CUPP δοκιμή φαίνεται να αντιστοιχεί στην πράξη σε αργιλικά εδάφη, στις περιπτώσεις που το κινητό φορτίο είναι σχετικά σημαντικό. Για την περίπτωση εδαφών που δεν αποστραγγίζονται οι κύκλοι του Mohr που χαράζονται αντιστοιχούν σε ενεργές τάσεις και οι παράμετροι που υπολογίζονται είναι οι  $c'$ ,  $\varphi'$ .

➤ Δοκιμή με στερεοποίηση και με αποστράγγιση (CD)

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σ' ένα κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτιση μετά από την στερεοποίηση λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου. Κατά το στάδιο της διάτμησης, η ταχύτητα φόρτισης του δοκιμίου θα πρέπει να είναι τόσο βραδεία, ώστε πρακτικά να μην αναπτύσσεται καμία πίεση του νερού των πόρων στο δοκίμιο ( $u=0$ ).

Η δοκιμή αυτού του τύπου αντιστοιχεί στα αμμώδη εδάφη κάτω από οποιοσδήποτε πραγματικές συνθήκες (επειδή οδηγεί σε  $c=0$  και  $\varphi \neq 0$ ), ενώ για τα συνεκτικά εδάφη αντιστοιχεί γενικά στην περίπτωση που ο χρόνος κατασκευής είναι αργός και το κινητό φορτίο είναι μικρό.



Ο χρόνος στερεοποίησης για τις δοκιμές CUPP και CD διαρκεί είτε μέχρι πλήρους αποστράγγισης του δοκιμίου, για το δεδομένο φορτίο προστεροποίησης, που ελέγχεται με τη βοήθεια μιας μπιουρέτας, όπου μαζεύεται το νερό αποστράγγισης, είτε μέχρι μηδενισμού της πίεσης του νερού των πόρων του δοκιμίου.

Η τριαξονική δοκιμή εκτελείται στο εργαστήριο από ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα τριαξονικών δοκιμών εδαφικών δοκιμών (της GDS) που περιλαμβάνει πλήρες σύστημα πλαισίου φόρτισης τριαξονικής συσκευής, σύστημα 2 ηλεκτρονικών controllers πίεσης όγκου, ηλεκτρονικό pore pressure transducer, ανεξάρτητο ηλεκτρονικό σύστημα προετοιμασίας δειγμάτων, ένα ηλεκτρονικό σύστημα σύνδεσης όλων των συσκευών με ηλεκτρονικό υπολογιστή και ειδικό software επεξεργασίας. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει όλους τους αυτοματισμούς μέτρησης, καταγραφής και εκτέλεσης υπολογισμών, μέσω Η/Υ, με στόχο την αυτοματοποιημένη διαδικασία της δοκιμής και της παροχής του τελικού προϊόντος, το οποίο αφορά τη μηχανική συμπεριφορά του εδάφους σε διαφορετικές πλευρικές και κατακόρυφες φορτίσεις.

Η αυτοματοποιημένη εκτέλεση της δοκιμής, μέσω ηλεκτρονικών συστημάτων, του υπολογισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφών σε διάφορες πιθανές εντατικές καταστάσεις και προσδιορισμού της συμπεριφοράς του κατά την εκτέλεση ενός τεχνικού έργου συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης των παρεχόμενων υπηρεσιών εργαστηριακών δοκιμών Εδαφομηχανικής του Εργαστηρίου. Η χρησιμοποίηση της τριαξονικής συσκευής συμπληρώνει τις ήδη παρεχόμενες υπηρεσίες εδαφομηχανικής και συντελεί στην παροχή εξειδικευμένων και ολοκληρωμένων υπηρεσιών σε τομείς όπως οι τεχνικογεωλογικές μελέτες για την ασφαλή κατασκευή των των επιφανειακών και υπόγειων τεχνικών έργων όπως κατολισθήσεις, αυτοκινητόδρομοι, φράγματα και σήραγγες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΜΑΑΓ

#### 3.1 Υδραυλική Αγωγιμότητα

Διαπερατότητα είναι η ιδιότητα των υλικών να επιτρέπουν την κίνηση ενός ρευστού διαμέσου της μάζας τους. Συνεπώς οποιοσδήποτε σχηματισμός επιτρέπει τη διέλευση ρευστού δια μέσου της μάζας του καλείται πέρατος, ενώ όταν η κίνηση αυτή μέσα στη μάζα του σχηματισμού είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη, τότε αυτός καλείται αδιαπερατός.

Η γνώση της διαπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών είναι αναγκαία προκειμένου να αντιμετωπιστούν γεωτεχνικά προβλήματα:

- (α) εισροών νερού μέσα σε εκσκαφές
- (β) διαρροών κάτω από κατασκευές συγκράτησης νερού

Η εσωτερική ή πραγματική διαπερατότητα φαίνεται να είναι στενά συνδεδεμένη με το πορώδες των διάφορων εδαφικών ή και βραχωδών σχηματισμών. Για τους βραχώδεις σχηματισμούς, πέρα από το πρωτογενές πορώδες, η διαπερατότητα συνδέεται και με την παρουσία και άλλων κενών χώρων μέσα στη μάζα τους, όπως για παράδειγμα ρωγμών, διαρρήξεων, καρστικών αγωγών, κ.λ.π. , που διαμορφώνουν το δευτερογενές πορώδες ή ρωγμώδες. Τέτοια κενά ενδεχόμενα να μην επηρεάζουν την υδροπερατότητα, αν δεν υπάρχει σύνδεση-επικοινωνία μεταξύ τους, οπότε ο σχηματισμός είναι αδιαπέρατος.

Ποιο συγκεκριμένα, η αρχική διαπερατότητα στους πορώδεις σχηματισμούς σχετίζεται με:

- i) Το πορώδες και τη κοκκομετρική σύσταση, παράμετροι που καθορίζουν της διαστάσεις των πόρων αλλά και τη μεταξύ τους επικοινωνία.
- ii) Οι βαθμοί στερεοποίησης και διαγένεσης του πορώδους μέσου, οι οποίου αυξανόμενοι μειώνουν της τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας.
- iii) Δευτερευόντως, η θερμοκρασία του σχηματισμού και του ρευστού, η οποία επηρεάζει το κινηματικό ιξώδες του ρευστού, και ο όγκος των αέριων εγκλεισμάτων, που μειώνουν το πορώδες.

Αναφορικά με τη δευτερογενή διαπερατότητα, αυτή επηρεάζεται από:

- i) το φυσικό μέγεθος των πόρων, ρωγμών και εγκοίλων που περιέχονται στη βραχώμαζα.
- ii) Το βαθμό διασύνδεσης και επικοινωνίας των όποιων κενών μέσα στη μάζα του πετρώματος (ενεργό πορώδες).

Συνεπώς, στους βραχώδεις σχηματισμούς η διαπερατότητα εξαρτάται κυρίως από το δευτερογενές πορώδες και είναι μόνο έμμεσα συνδεδεμένη με το πρωτογενές πορώδες.

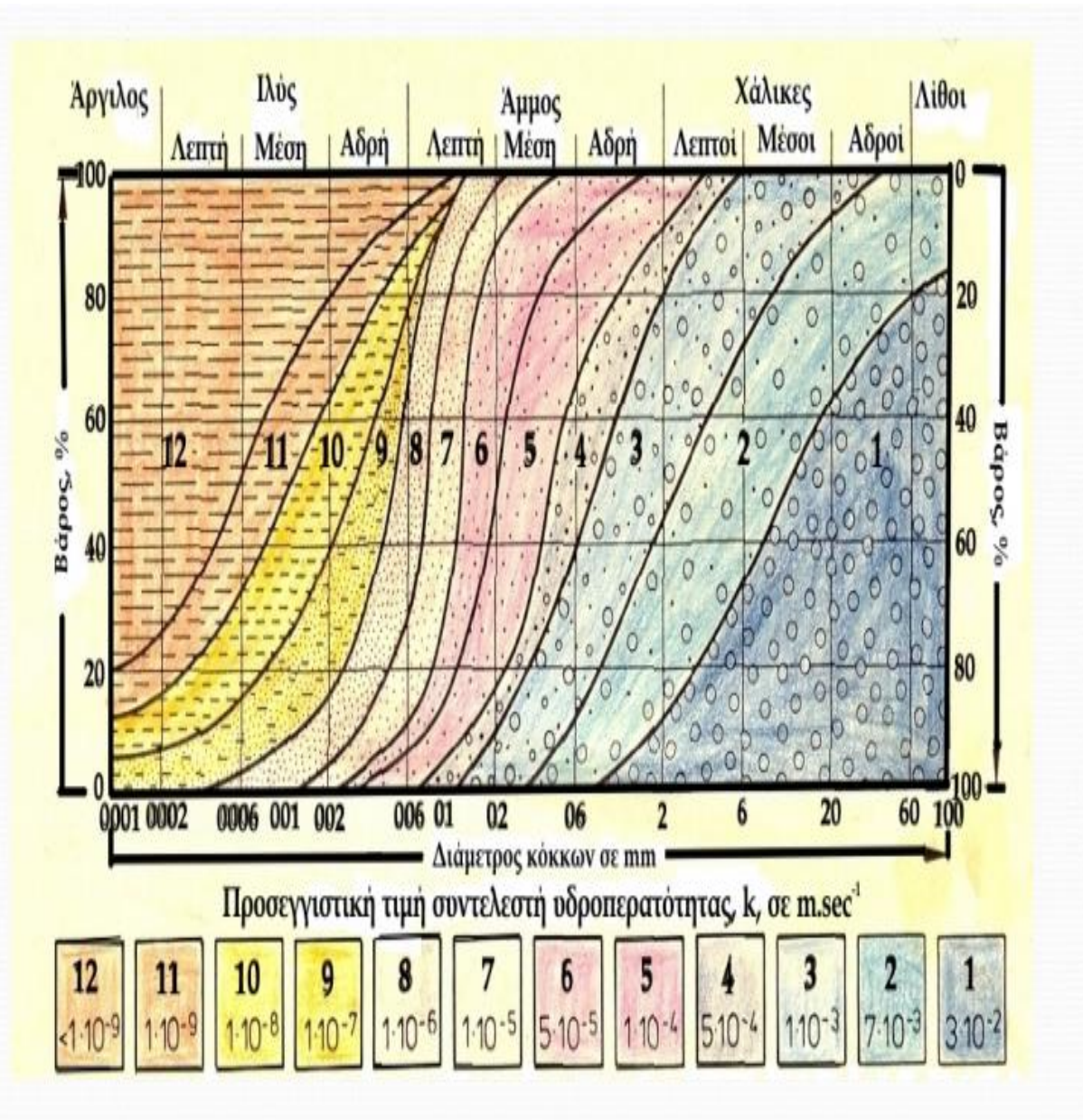
Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, πέρα από το υλικό μέσο (μέγεθος πόρων, βαθμός σύνδεσης των πόρων κλπ) στην περίπτωση της υδραυλικής αγωγιμότητας υπεισέρχονται και οι ιδιότητες του ρευστού (ιξώδες, πυκνότητα κλπ).

Στο γενικευμένο νόμο του Darcy  $u = c \cdot i$  όταν το ρευστό είναι το νερό τότε  $c = k$  (συντελεστής υδροπερατότητας ή υδραυλική αγωγιμότητα )

Συνεπώς, θα πρέπει να διακρίνεται η εσωτερική ή πραγματική διαπερατότητα  $K$ , η οποία είναι μια ιδιότητα του υλικού μέσου μεταβίβασης του ρευστού και ανεξάρτητη των ιδιοτήτων του ρευστού που "μεταβιβάζεται", από την υδραυλική αγωγιμότητα ή συντελεστή υδροπερατότητας  $k$ .

Τύπος Εδάφους	Συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας $k$ m/sec
Λίθοι	$10^{-1} - 5$
Αδρόι Χάλικες	$10^{-2} - 2$
Μέσοι Χάλικες	$10^{-3} - 1$
Λεπτοί Χάλικες	$10^{-4} - 10^{-2}$
Αδρή Άμμος	$10^{-5} - 10^{-2}$
Μέση Άμμος	$10^{-6} - 10^{-3}$
Λεπτή Άμμος	$10^{-6} - 10^{-4}$
Ίλος	$10^{-9} - 10^{-5}$
Άργιλος	$11^{-9} - 10^{-5}$

(Πίνακας 3.1., Τιμές του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας  $k$  των κυριότερων εδαφών)



(Σχήμα 3.1., Προσεγγιστική τιμή συντελεστή υδροπερατότητας k)

### 3.2 Δοκιμές εισπίεσης νερού

Οι δοκιμές εισπίεσης νερού:

- i) Αποτελούν τον καταλληλότερο τρόπο επιτόπου εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας, k, σε επιλεγμένα τμήματα μίας γεωτεχνικής γεώτρησης.
- ii) Αποτελούν τον μόνο τρόπο επιτόπου υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας, κυρίως για το τμήμα του υπεδάφους που βρίσκεται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα, δηλαδή στην ακόρεστη ζώνη.

- iii) Χαρακτηρίζονται από την ταχύτητα εκτέλεσής τους, τη δυνατότητα συχνής επανάληψης αυτών κατά τη διάρκεια της διάτρησης, αλλά και για την καλή αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους.

Κατά τις επιτόπου δοκιμές εισπίεσης διακρίνονται σε:

- i) Δοκιμές σταθερού φορτίου κατά τις οποίες διοχετεύεται νερό στη γεώτρηση και καταγράφεται η ποσότητα νερού που απαιτείται για την διατήρηση της στάθμης σε σταθερό επίπεδο.
- ii) Δοκιμές μεταβλητού φορτίου κατά τις οποίες η στάθμη του νερού ανυψώνεται και καταγράφεται ο ρυθμός με τον οποίο επανέρχεται στην αρχική της θέση.

Όλοι οι τύποι υπολογισμού του συντελεστή υδροπερατότητας, εξαρτούν την ακριβή εφαρμογή τους στην προϋπόθεση της πλήρους ομοιογένειας του στρώματος του εδάφους που δοκιμάζεται.

Αναγκαία ακόμα η απομόνωση του εισπιεζόμενου τμήματος μέσα στη γεώτρηση είτε με την πλήρη εφαρμογή της προσωρινής σωλήνωσης στις περιπτώσεις εδαφικών σχηματισμών είτε με την πλήρη εφαρμογή των παρεμβυσμάτων στους βραχώδεις σχηματισμούς, άλλως τα αποτελέσματα θα είναι εσφαλμένα, με όλες τις επακόλουθες συνέπειες στην ασφάλεια του τεχνικού έργου.

Στην πράξη τα πράγματα είναι διαφορετικά:

- i) Η περατότητα ακόμα και σε ένα ομοιόμορφο σχηματισμό μεταβάλλεται από το ένα σημείο στο άλλο
- ii) Η παρουσία στρωσιγένειας υποδηλώνει συνήθως διαφορετική περατότητα κατά την οριζόντια και την κατακόρυφο.

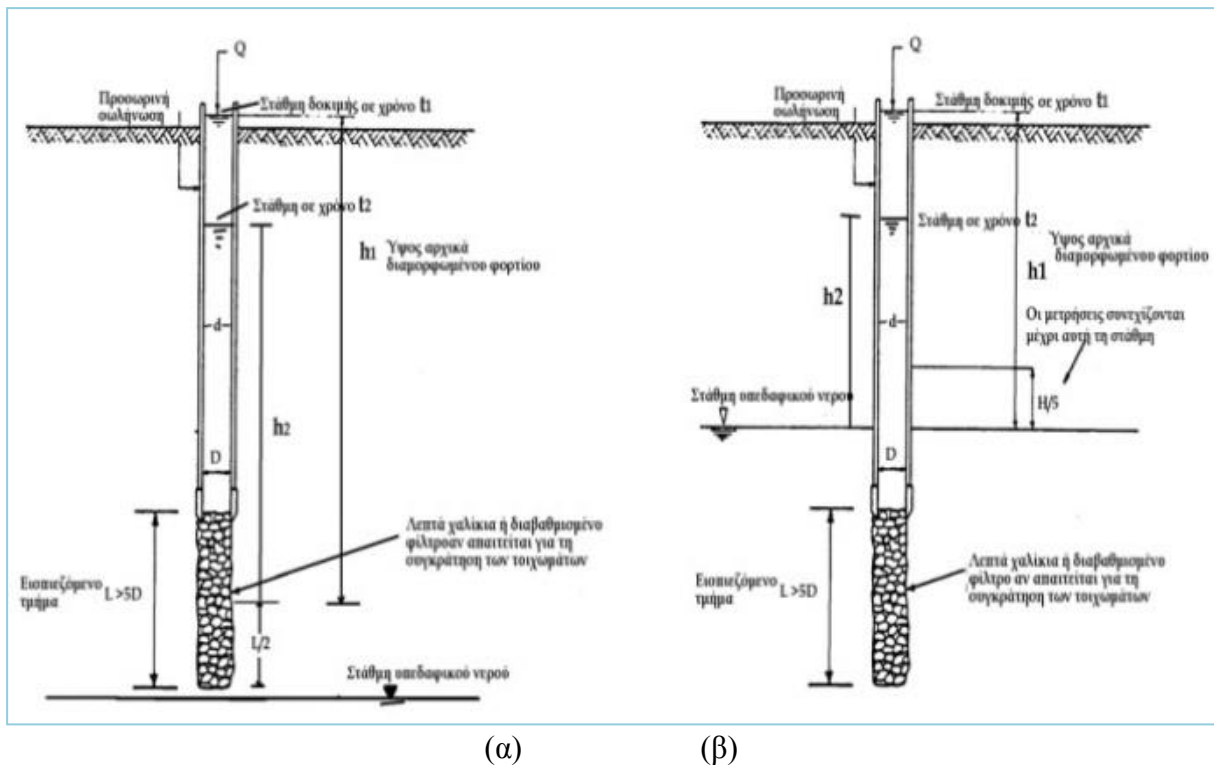
Έτσι συνήθως μετριέται η περατότητα του πλέον υδροπερατού οριζοντα. Εν τούτοις, καθώς δεν υπάρχει ικανοποιητική μέθοδος διαφοροποίησης της οριζόντιας από την κατακόρυφη διαπερατότητα, οι τιμές που λαμβάνονται στην ύπαιθρο θεωρούνται αντιπροσωπευτικές του εδαφικού στρώματος σαν σύνολο.

### 3.3 Υπολογισμός συντελεστή υδροπερατότητας

Η απλούστερη μέθοδος προσδιορισμού του συντελεστή υδροπερατότητας και αυτή στην οποία θα αναφερθούμε είναι η δοκιμή Maag, που χρησιμοποιείται στην περίπτωση λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών, δηλαδή υλικών με χαμηλή υδροπερατότητα.

Σύμφωνα με τη δοκιμή αυτή, παροχετεύεται νερό στη γεώτρηση και μετριέται ο χρόνος που χρειάζεται για να κατέβει η νέα στάθμη που δημιουργήθηκε σε μια πιο χαμηλή θέση. Αν το πρόσθετο υδραυλικό φορτίο σε σχέση με την υδροστατική στάθμη του υδροφόρου είναι σε ένα ύψος περισσότερο από 2 μέτρα, οι μετρήσεις χρόνου - στάθμης γίνονται κάθε φορά που η στάθμη πέφτει περίπου 10 εκατοστά. Αν το φορτίο είναι σε ύψος λιγότερο από ένα μέτρο, οι

αναγνώσεις της πτώσης της στάθμης θα γίνονται κάθε 2,5-5cm. Οι μετρήσεις συνεχίζονται μέχρι το πρόσθετο υδραυλικό φορτίο να μειωθεί στο 20% του αρχικού.



(Σχήμα 3.2., Τυπική διάταξη δοκιμής μεταβλητού (πίπτοντος) φορτίου (δοκιμή Maag) με τη στάθμη του υπόγειου νερού, (α) κάτω από το εισπνεζόμενο τμήμα της γεώτρησης και (β) πάνω από αυτό.)

Γενικά ο συντελεστής  $k$  υπολογίζεται με βάση το γενικό τύπο:

$$k = \frac{A}{Ft}$$

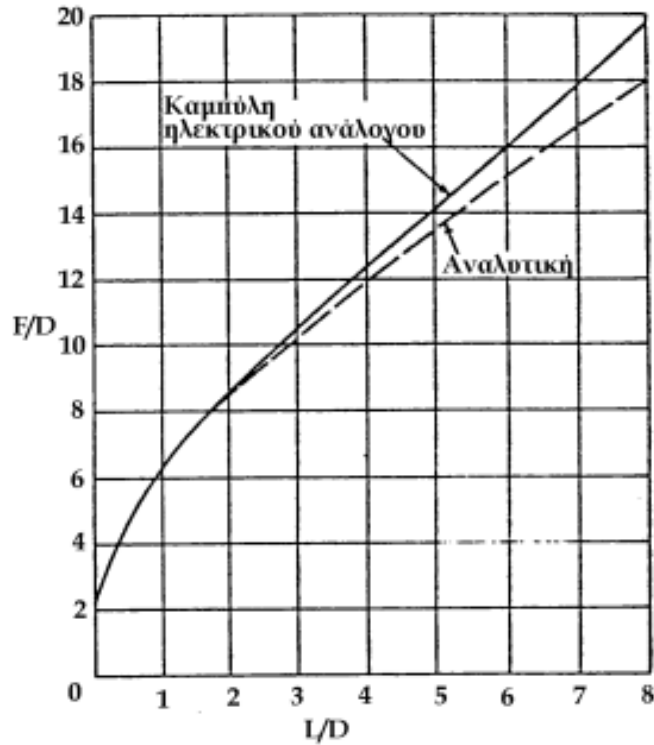
Όπου:

$A$  = το εμβαδό της διατομής της γεώτρησης στο βάθος εκτέλεσης της δοκιμής,

$F$  = αδιάστατος παράγοντας σχετιζόμενος με τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος,

$t$  = η χρονική διάρκεια του εκάστοτε βήματος μέτρησης της πτώσης στάθμης.

Ο παράγοντας  $F$  υπολογίζεται με τη βοήθεια διαγραμμάτων, που σχετίζουν τους λόγους  $F/D$  και  $L/D$  (όπου  $D$  η διάμετρος του δοκιμαζόμενου τμήματος).



Υπάρχουν διάφορες εκφράσεις του γενικού τύπου υπολογισμού του συντελεστή υδροπερατότητας, όπως:

$$k = \frac{A}{ct} \ln \frac{h_1}{h_2} ,$$

Όπου:

$A$  = το εμβαδό της διατομής του δοκιμαζόμενου τμήματος ( $\pi r^2$  σε  $cm^2$ ),

$c$  = συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος

$t$  = η χρονική διάρκεια του βήματος πτώσης της στάθμης (σε  $sec$ ),

$h_1$  = το αρχικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε  $cm$ ),

$h_2$  = το τελικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε  $cm$ ).

Σαν επίπεδο αναφοράς λαμβάνεται το μέσο του δοκιμαζόμενου τμήματος, όταν η δοκιμή εκτελείται σε ξερό περιβάλλον ή η υδροστατική στάθμη, όταν η δοκιμή γίνεται κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.

Αναφορικά με το συντελεστή  $c$  αυτός μπορεί να λάβει διάφορες τιμές ανάλογα με τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος, όπως:

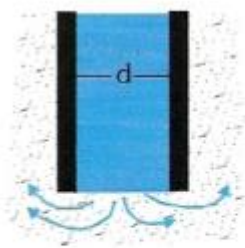
$c = 4\pi r$  για σφαιρικού σχήματος δοκιμαζόμενο τμήμα, ακτίνας  $r$ ,

$c = 2,75d$  όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι η κυκλική επιφάνεια του πυθμένα της γεώτρησης, με  $d$  την εσωτερική διάμετρο της προσωρινής σωλήνωσης στο βάθος της δοκιμής (Σχήμα 1α)

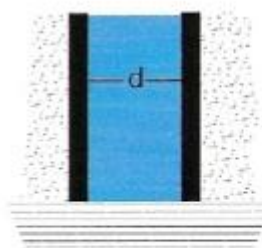
$c = 2d$  όταν η δοκιμή γίνεται στην επαφή υδροστεγανού – υδροπερατού σχηματισμού (Σχήμα 1β)

$c = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{D}\right)}$  όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι διαμέτρου  $D$  και μήκους  $L$  με σχέση  $L \geq 5D$  (Σχήμα 1γ), και τέλος,

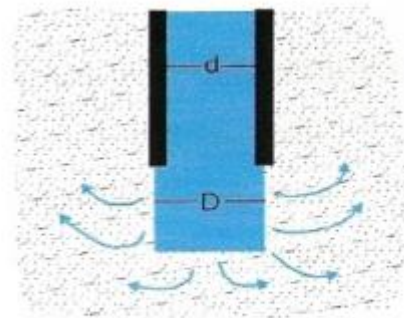
$c = \frac{2\pi L}{\sinh^{-1}\left(\frac{L}{D}\right)}$  όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι διαμέτρου  $D$  και μήκους  $L$  με σχέση  $5D > L > D/2$  (Σχήμα 1γ).



(α)



(β)



(γ)

(Σχήμα 3.3., Σχηματική απεικόνιση των διαφόρων μορφών που μπορεί να έχει ο δοκιμαζόμενος θύλακας.)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 4.1 Γεωτρήσεις και Δειγματοληψία

Για την διερεύνηση των συνθηκών του υπεδάφους εκτελέστηκε εδαφοτεχνική έρευνα που περιελάμβανε δυο γεωτρήσεις Γ1-Α και Γ2-Β. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι στις περιοχές που ελέγχτηκαν, η βελτίωση της οδοποιίας τίθεται επί της υφιστάμενης, διπλά σε απότομα πρηνή 7,00-8,00m που καταλήγουν στη θάλασσα ενώ η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως “Natura” με αποτέλεσμα να απαγορεύονται οι εμφανείς επεμβάσεις.

Οι εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν την εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων με περιστροφικό γεωτρήπανο, τη συνεχή δειγματοληψία και τη μέτρηση της στάθμης του υπογείου φρεάτιου ορίζοντα μέσα στις γεωτρήσεις κατά την εκτέλεση της διάτρησης αλλά και μεταγενέστερα στα πιεζόμετρα που τοποθετήθηκαν. Ο εργοταξιακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε περιγράφεται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες.

Αριθμός γεωτρή-πανου	ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥ-ΠΑΝΟΥ	ΕΤΟΣ ΚΤΗΣΕΩΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΙΣΧΥΣ/ΣΤΡΟ-ΦΕΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ (Hp/rpm)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
3	BOYLES	BBS-17	1999	54670N	5815737	DEUTZ F4L913	68/2300 (λειτουργίας) 87/2800 (μέγιστο)	Επι αυτοκινήτου MERCEDES 1729 AK

(Πίνακας 4.1.,Γεωτρήπανα)

Αριθμός γεωτρή-πανου	ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ		ΑΝΤΑΙΑ ΝΕΡΟΥ			ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	
	ΜΑΡΚΑ ΤΥΠΟΣ	ΜΑΡΚΑ	ΠΑΡΟΧΗ (lt/min)	ΠΙΕΣΗ (atm)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΦΡΑΓΜΑ-ΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ	ΣΤΕΛΕΧΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ
3	BOYLES BBS-17	T122 TRIPLEX	120	60	Εμβολοφόρα δυο σειρών, τριών εμβόλων με μηχανική πίεση	Φ180/160 Φ140/125 Φ114/104 Φ98/89	Φ80 ΚΩΝΙΚΑ

(Πίνακας 4.2.,Γεωτρητικός εξοπλισμός)

Οι γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν περιστροφικές με συνεχή δειγματοληψία και καθημερινή μέτρηση πρωινής και βραδινής στάθμης του νερού κατά την εξέλιξη της διάτρησης με συνολικό μήκος διάτρησης 40,00 m.

Η μέθοδος προχώρησης και η αρχική διάμετρος της κάθε γεώτρησης επελέγησαν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχής ολοκλήρωση της στο συμβατικά προβλεπόμενο βάθος έρευνας, χωρίς τεχνικά προβλήματα.

Ο εξοπλισμός, που χρησιμοποιήθηκε και η τεχνική διάτρησης ήταν προσαρμοσμένα στη φύση του υπεδάφους έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό ποσοστό δειγματοληψίας χωρίς απόπλυση και διατάραξη του δείγματος. Το διατρητικό υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πάντα καθαρό νερό και η τροφοδοσία του έγινε με εμβολοφόρα αντλία.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Χ.Θ.	ΒΑΘΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	
			Χ	Ψ
Γ-1 <sup>A</sup>	4+803	20,00	715641	4332159
Γ-2 <sup>A</sup>	5+067	20,00	715443	4332323

ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ (απόλυτο-m)	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ		ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ
	ΕΝΑΡΞΗΣ	ΠΕΡΑΤΩΣΗΣ	
7,10	12/3/2006	14/3/2006	
9,40	10/3/2006	12/3/2006	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ

(Πίνακας 4.3, στοιχεία ερευνητικών γεωτρήσεων)

ΕΙΔΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΗ	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΤΕΣ ΗΜΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΩΝ-ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ												ΕΙΔΟΣ ΚΟΙΠΤΙΚΟΥ ΑΚΡΟΥ
	Μονού τοιχώματος			Διπλού τοιχώματος			Τριπλού τοιχώματος			Είδος δείγματος	Είδος δείγματος	Είδος δείγματος	
	Είδος- Εξωτ.διά- μετρος δείγματος	Είδος δείγματος	Εξωτ.διά- μετρος δείγματος	Είδος- Εξωτ.διά- μετρος δείγματος	Είδος δείγματος	Εξωτ.διά- μετρος δείγματος	Είδος- Εξωτ.διά- μετρος δείγματος	Είδος δείγματος	Εξωτ.διά- μετρος δείγματος				
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ Χαλαροί σχηματισμοί ιλύες, άργιλοι, άμμοι μη αυτοσυγκρατούμενοι με $10 < N_{SP,T} < 25$	Φ140 T116 T101	Φραγμός	125 96 82	Φραγμός	T6S-116	86	Φραγμός	Φραγμός με ελατήρια υποπίεσης	Φραγμός με ελατήρια υποπίεσης	Φραγμός με ελατήρια υποπίεσης	Φραγμός με ελατήρια υποπίεσης	Φραγμός με ελατήρια υποπίεσης	Στεφάνη από σκληρομέταλλα
Ιλύες, άργιλοι, άμμοι, μάργες αυτοσυγκρατούμενοι σχηματισμοί με $N_{SP,T} > 25$	T116 T101	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	96 82	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	T6S-116	86	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Στεφάνη από σκληρομέταλλα. Σε μάργες και πολύ σφιχτούς άργιλους αδιαμάντινη στεφάνη σκόνης
Αμμοχάλικα	Φ140 T116 T101	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	125 96 82	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	T6S-116	86	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Φραγμός και διαταραγμένα δείγματα	Στεφάνη από σκληρομέταλλα. Προτι- μούνται δείγματα μεγάλης διαμέτρου
Βράχοι με R.Q.D > 25					T6S-116	86	Διατα-ραγμένα δείγματα	Διατα-ραγμένα δείγματα	Διατα-ραγμένα δείγματα	Διατα-ραγμένα δείγματα	Διατα-ραγμένα δείγματα	Διατα-ραγμένα δείγματα	Αδαματοκόρονα κόκου ή σκόνης σε βράχους σκληρότητας >6 Mohs

(Πίνακας 4.4, Τεχνική Δειγματοληψίας-Δειγματολήπτες)

## 4.2 Διακύμανση στάθμης υπόγειου ύδατος μέσα στις γεωτρήσεις

Κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου μετρήθηκαν και καταγράφηκαν στο αντίστοιχο δελτίο σε καθημερινή βάση η πρωινή και βραδινή στάθμη του νερού μέσα στις γεωτρήσεις.

Τα αποτελέσματα αυτά καθώς επίσης και βοηθητικές πληροφορίες σχετικά με τις απώλειες επιστρεφόμενων νερών, με σκοπό να συμπληρώσουν, όσο το δυνατόν, την εικόνα της πραγματικής κατάστασης του υπογείου νερού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟ-ΜΗΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (m)	ΤΥΠΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ-σχετικό (m)		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Γ-1Α	13/3/2006	3,45	0,00-3,00	Φ140	/	2,60	
	13/3/2006	13,80	0,00-5,00	Φ140	3,10	9,50	
			0,00-13,30	Φ117			
	14/3/2006	20,00	0,00-5,00	Φ140	12,50	6,70	
			0,00-15,30	Φ117			
	10/3/2006	6,50	0,00-5,50	Φ140	/	4,70	
11/3/2006	16,05	0,00-7,00	Φ140	6,10	5,40		
		0,00-12,80	Φ117				
12/3/2006	20,00	0,00-7,00	Φ140	7,40	8,10		
		0,00-12,80	Φ117				

(Πίνακας 4.5, στάθμη του νερού μέσα στις γεωτρήσεις)

Η στάθμη του υπόγειου νερού υπόκειται γενικά σε αυξομειώσεις ανάλογα με την εποχή του έτους και με το ύψος των βροχοπτώσεων. Με τις μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια των εργασιών καταγράφηκε η στάθμη κατά το συγκεκριμένο αυτό χρονικό διάστημα χωρίς να γίνει εκτίμηση για τυχόν διακυμάνσεις της κατά τη διάρκεια του έτους.

Επειδή όμως, η δίαυτα του υπογείου νερού παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των γεωτεχνικών συνθηκών, η γεώτρηση Γ2-Β εξοπλίστηκε με πιεζόμετρο, το οποίο μπορεί να παρέχει μετρήσεις σε μεταγενέστερους χρόνους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡΟ-ΜΗΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ (m)	ΤΥΠΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ	ΖΩΝΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ		ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ Υ ΝΕΡΟΥ σχετικό- (m)
					ΑΠΟ	ΕΩΣ	
Γ-2B	14/3/2006	20,00	20,00	Φ50	3,00	17,00	8,25
	16/3/2006						8,28
	18/3/2006						8,30
	20/3/2006						8,28
	23/3/2006						8,26

(Πίνακας 4.6, στάθμη του νερού στην γεώτρηση Γ-2B με πιεζόμετρο)

Από τις παραπάνω μετρήσεις συμπεραίνουμε ότι η στάθμη του υπόγειου νερού στη περιοχή της γεώτρησης Γ-2B βρίσκεται στο υψόμετρο των +1.14m και λαμβάνεται υπόψη κατά τους γεωτεχνικούς υπολογισμούς που ακολουθούν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

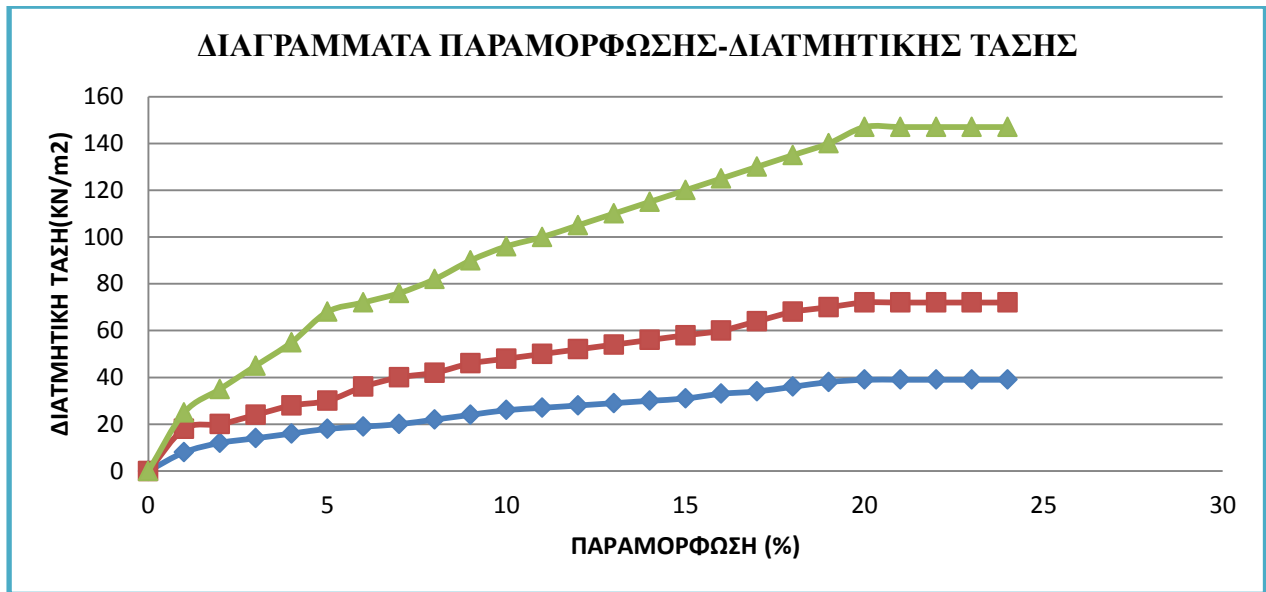
#### 5.1 Αποτελέσματα δοκιμών διάτμησης

ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ	
ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α	ΔΕΙΓΜΑ : Δ1
ΒΑΘΟΣ : 2,00-2,50	
<u>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ</u>	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙΑ (SM)
ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	CU
ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	49.00
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (mm)	63.50
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	10.8
ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (KN/m <sup>3</sup> )	18.0

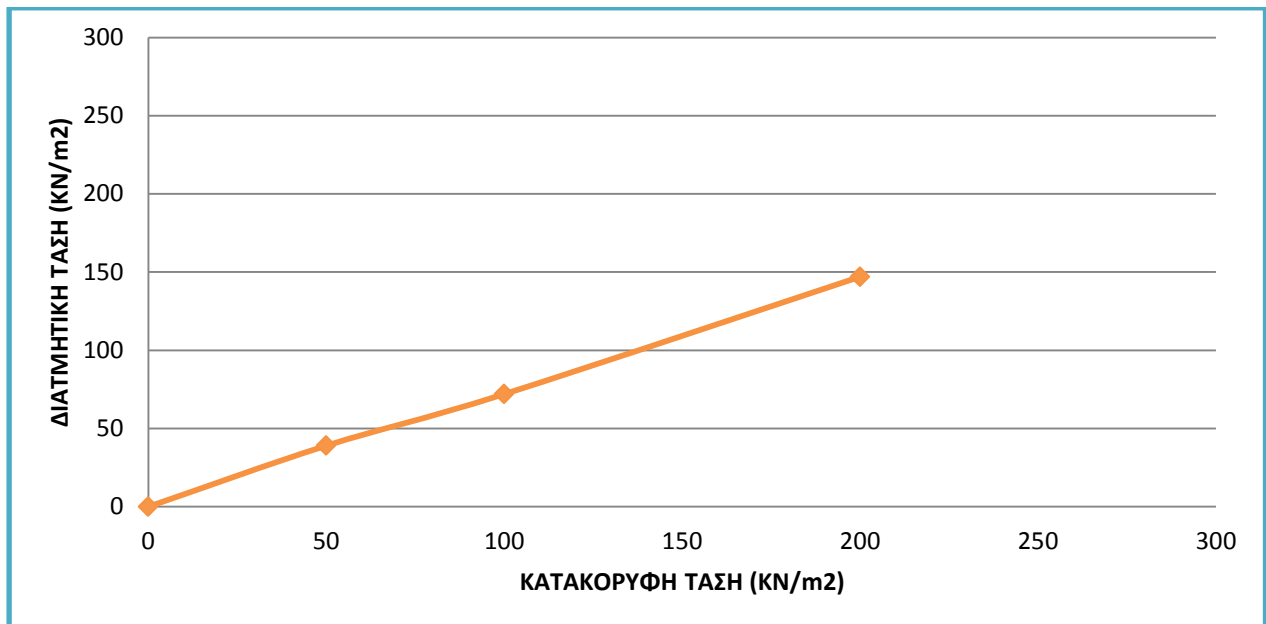
(Πίνακας 5.1.1., Γεώτρηση Γ1Α, χαρακτηριστικά δοκιμής)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΑΣΗ (KN/m <sup>2</sup> )	ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (KN/m <sup>2</sup> )	ΠΡΟΦΟΡΤΩΣΗ (KN/m <sup>2</sup> )	ΤΑΧ.ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ mm/min	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ (%)
1	50	39	50	0.50	-
2	100	72	100	0.50	-
3	200	147	200	0.50	-

(Πίνακας 5.1.2., Μετρήσεις τάσεων και παραμόρφωσης)



(Διάγραμμα 5.1.1., διατμητικής τάσης – παραμόρφωσης)



(Διάγραμμα 5.1.2., διατμητικής – κατακόρυφης τάσης)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ
<b>ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ = <math>36^{\circ}</math></b>
<b>ΣΥΝΟΧΗ = <math>2,2 \text{ KN/m}^2</math></b>

(Πίνακας 5.1.3., αποτελέσματα γωνίας εσωτερικής τριβής  $\phi$  και συνοχής  $c$ )

## 5.2 Αποτελέσματα δοκιμών δοκιμής S.P.T.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ	ΚΡΟΥΣΕΙΣ/15cm	N	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
Γ-1Α	3,00-3,45	9-7-11	18	Πολύ Στιφρό
	6,00-6,45	9-5-7	12	Μέσο
	8,80-9,25	11-8-10	18	Μέσο
	12,30-12,75	28-14-10	24	Πολύ Στιφρό
	16,20-16,65	5-7-9	16	Πολύ Στιφρό
	18,40-18,85	9-7-9	16	Πολύ Στιφρό
Γ-2Β	3,00-3,45	14-28-26	54	Πολύ Πυκνό
	5,50-5,95	13-11-7	18	Μέσο
	9,60-10,05	6-7-8	15	Στιφρό
	12,80-13,25	5-8-11	19	Πολύ Στιφρό
	15,60-16,05	7-7-7	14	Στιφρό
	18,50-18,95	4-6-8	14	Στιφρό

(Πίνακας 5.2.1., Αποτελέσματα δοκιμών S.P.T. για τις γεωτρήσεις Γ-1Α και Γ-2Β)

### 5.2.1 Κρίσιμες Γεωτεχνικές Παράμετροι Εδαφικών Σχηματισμών

#### Περιοχή (Α)

Α/Α	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
		ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ NSPT
Ια	Ιλυώδης Άμμος με χαλίκια (SM)	
Ιβ	Αμμώδης ισχνή άργιλος με χαλίκια (CL)	18
Ια	Αργιλώδης Άμμος με χαλίκια (SC)	12-18 (Μ.Ο) 15
Ιβ	Αμμώδης ιλύς (ML)	24
Ιγ	Ιλυώδης χάλικες με άμμο (GM)	
ΙΙΙ	Ιλύς με άμμο (ML)	16

(Πίνακας 5.2.2., χαρακτηρισμός εδάφους και αριθμός κρούσεων NSPT, περιοχή (Α))

#### Περιοχή (Β)

Α/Α	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
		ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ NSPT
I	Αργιλώδης χάλικες με άμμο (GC)	54
II	Ιλυώδεις χάλικες με άμμο (GM)	18
Ινα	Ιλύς (ML)	14-19 (Μ.Ο) 16
Ινβ	Αμμώδης ιλύς (ML)	14

(Πίνακας 5.2.3., χαρακτηρισμός εδάφους και αριθμός κρούσεων NSPT, περιοχή (Β))

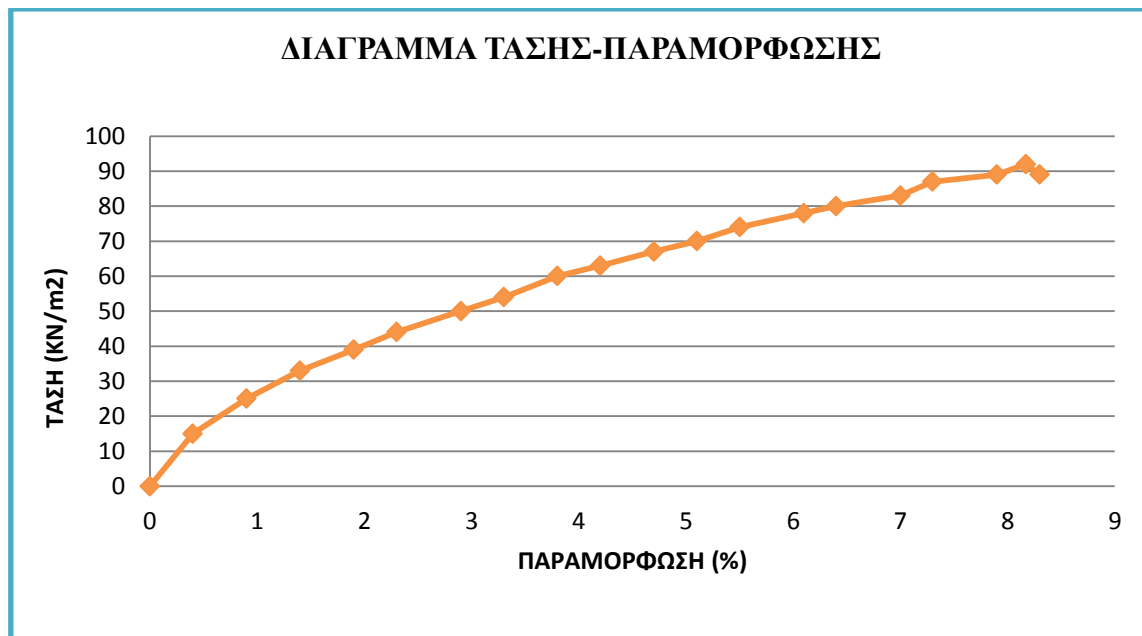


### 5.3 Αποτελέσματα δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΕΛΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ				
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ				
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1Α	Γ1Α	Γ2Β	Γ2Β
ΔΕΙΓΜΑ	Δ3	Δ7	Δ4	Δ6
ΒΑΘΟΣ	8,20-8,80	17,80-18,40	10,50-11,00	16,80-17,20
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΑΡΓΙΛΩΔΗΣ ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙΑ (SC)	ΙΛΥΣ ΜΕ ΑΜΜΟ (ML)	ΙΛΥΣ (ML)	ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΣ (ML)
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (mm/min)	1.14	1.14	1.14	1.14
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (cm)	8.45	7.92	8.34	8.42
ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (cm)	13.16	13.62	13.38	11.87
ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	25.1	35.4	34.1	28.5
ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΚΝ/m <sup>3</sup>	20.9	23.0	19.7	21.6
ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΚΝ/m <sup>3</sup>	16.7	17.0	14.7	16.8
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	2.70	2.70	2.70	2.70
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ	0.616	0.586	0.835	0.607

(Πίνακας 5.3.1., Αποτελέσματα δοκιμής ανεμπόδιστης θλίψης)

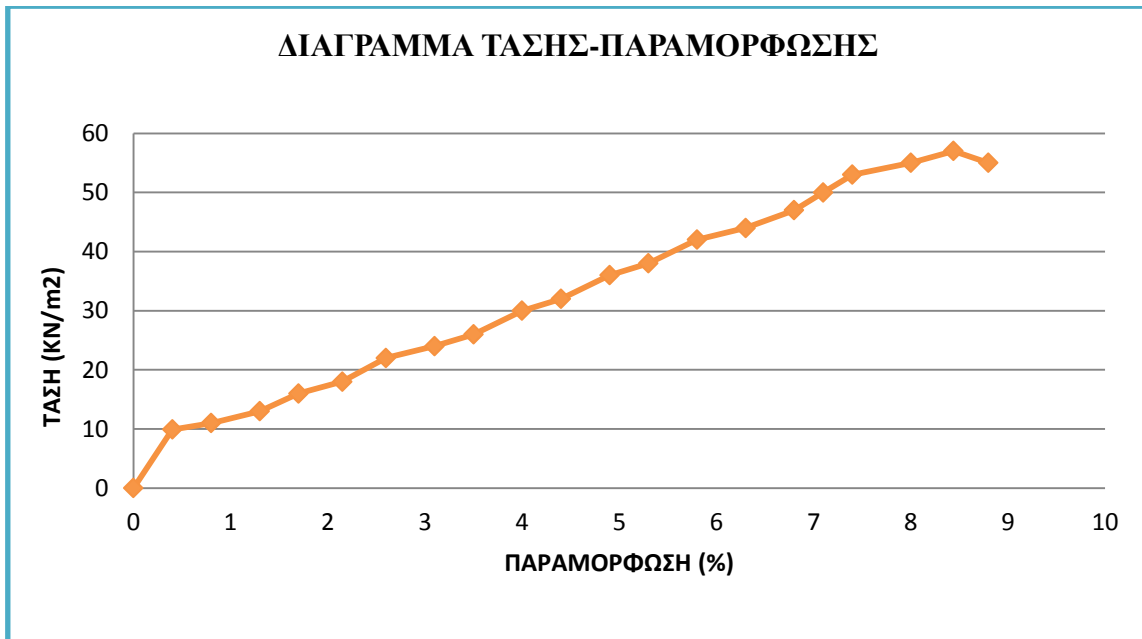
#### ΔΕΙΓΜΑ : Δ3



ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ = 92 KN/m<sup>2</sup>

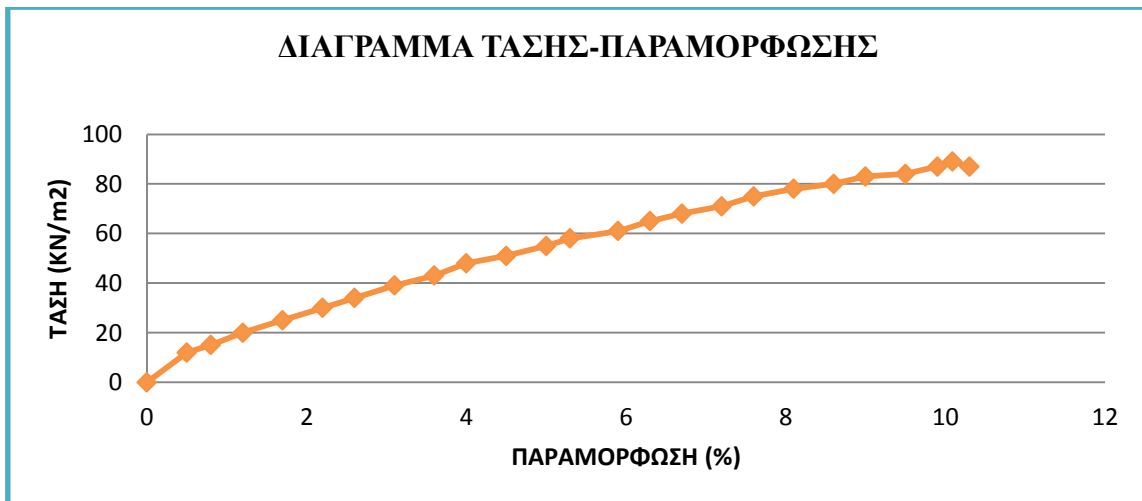
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ = 8,17 %

**ΔΕΙΓΜΑ : Δ7**

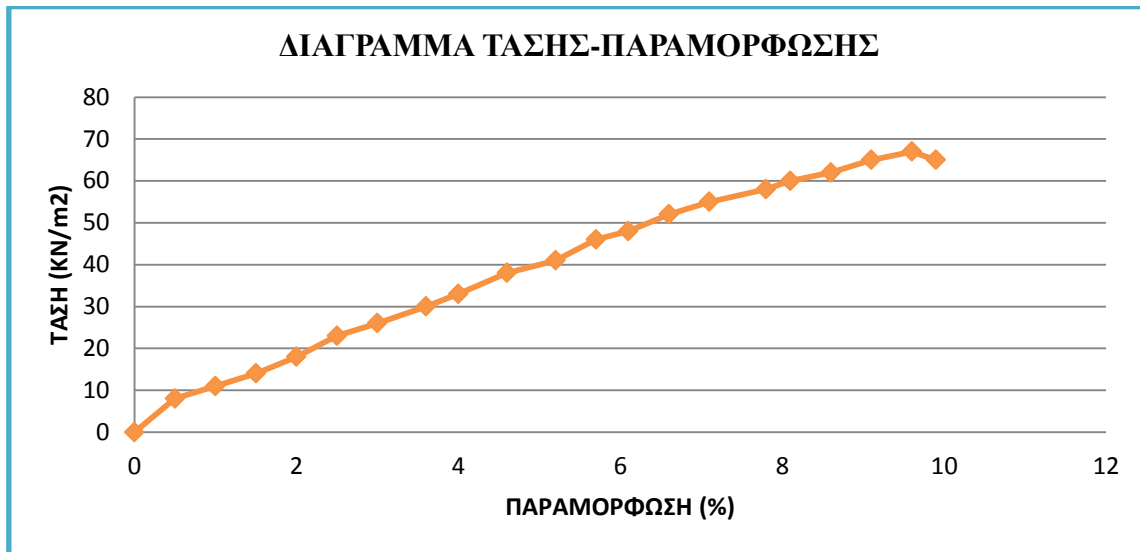


ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ = 57 KN/m<sup>2</sup>  
 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ = 8,44 %

**ΔΕΙΓΜΑ : Δ4**



ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ = 89 KN/m<sup>2</sup>  
 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ = 10,09 %

**ΔΕΙΓΜΑ : Δ6**

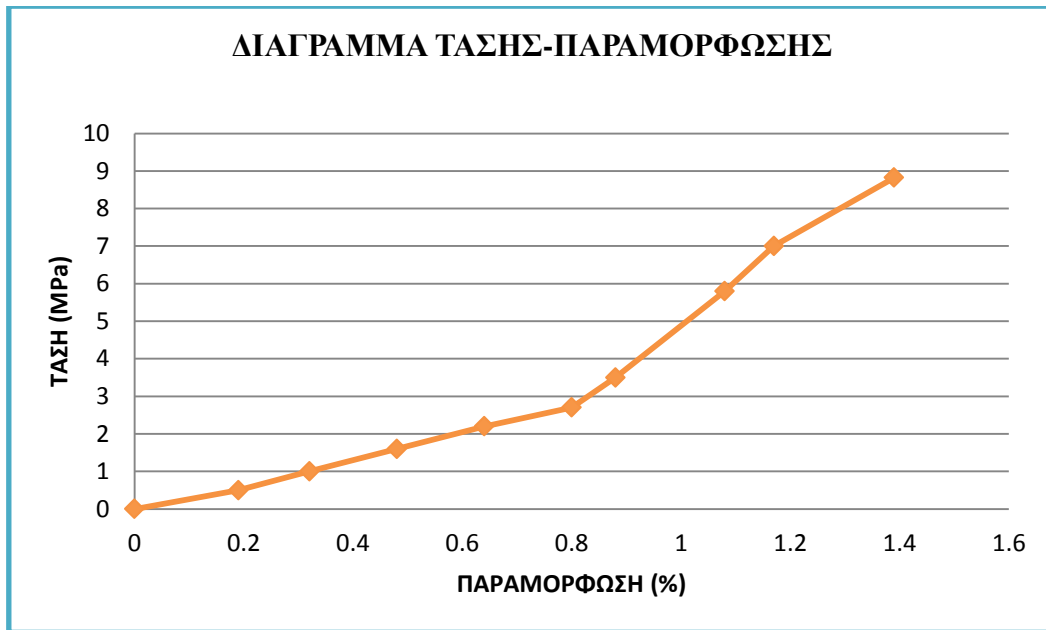
ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ = 67 KN/m<sup>2</sup>

ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ = 9,60 %

(Διαγράμματα 5.3.1., τάσης – παραμόρφωσης για τα δείγματα Δ3, Δ4, Δ6 και Δ7)

<b>ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ</b>	
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ</b>	
<b>ΓΕΩΤΡΗΣΗ</b>	Γ2Β
<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	Δ3
<b>ΒΑΘΟΣ</b>	7,40-7,60
<b>ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ
<b>ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (MPa/min)</b>	0,50
<b>ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (cm)</b>	8,50
<b>ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (cm)</b>	13,30
<b>ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)</b>	1,20
<b>ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m<sup>3</sup></b>	22,6
<b>ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m<sup>3</sup></b>	22,4
<b>ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ</b>	2,50
<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ (MPa)</b>	8,82
<b>ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ (%)</b>	1,39
<b>ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (MPa)</b>	1201,37

(Πίνακας 5.3.1., Χαρακτηριστικά δοκιμής ανεμπόδιστης θλίψης για την γεώτρηση Γ-2Β)



(Διάγραμμα 5.3.3., διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης)

## 5.4 Αποτελέσματα δοκιμών τριαξονικής θλίψης

<b>ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ</b>			
<b>ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α</b>	<b>ΔΕΙΓΜΑ : Δ4</b>	<b>ΒΑΘΟΣ : 11,70-12,30</b>	
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ</b>			
<b>ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ</b>	U.U.		
<b>ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (mm/min)</b>	0.7		
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ AUSCS</b>	ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΣ (ML)		
<b>ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ</b>			
<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ</b>	1	2	3
<b>ΥΓΡΑΣΙΑ %</b>	24.9	32.8	26.0
<b>ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m<sup>3</sup></b>	20.9	19.7	20.6
<b>ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m<sup>3</sup></b>	16.7	14.8	16.4
<b>ΠΟΡΩΔΕΣ</b>	0.379	0.449	0.392
<b>ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ</b>	0.610	0.815	0.645
<b>ΚΟΡΕΣΜΟΣ %</b>	109.9	108.2	108.3
<b>ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ KN/m<sup>3</sup></b>	26.9	26.9	26.9
<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΗΣ</b>			
<b>ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ</b>	1	2	3
<b>ΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m<sup>2</sup></b>	75	150	300
<b>ΟΛΙΚΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m<sup>2</sup></b>	219	319	509
<b>ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ KN/m<sup>2</sup></b>			
<b>ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m<sup>2</sup></b>	75	150	300
<b>ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m<sup>2</sup></b>	219	319	509
<b>ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ %</b>	9.77	9.87	9.82

(Πίνακας 5.4.1., Αποτελέσματα δοκιμής τριαξονικής θλίψης, δείγμα Δ4)

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	
	<b>ΟΛΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ</b>
<b>ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ</b>	$\varphi=7^\circ$
<b>ΣΥΝΟΧΗ</b>	$c=54 \text{ KN/m}^2$

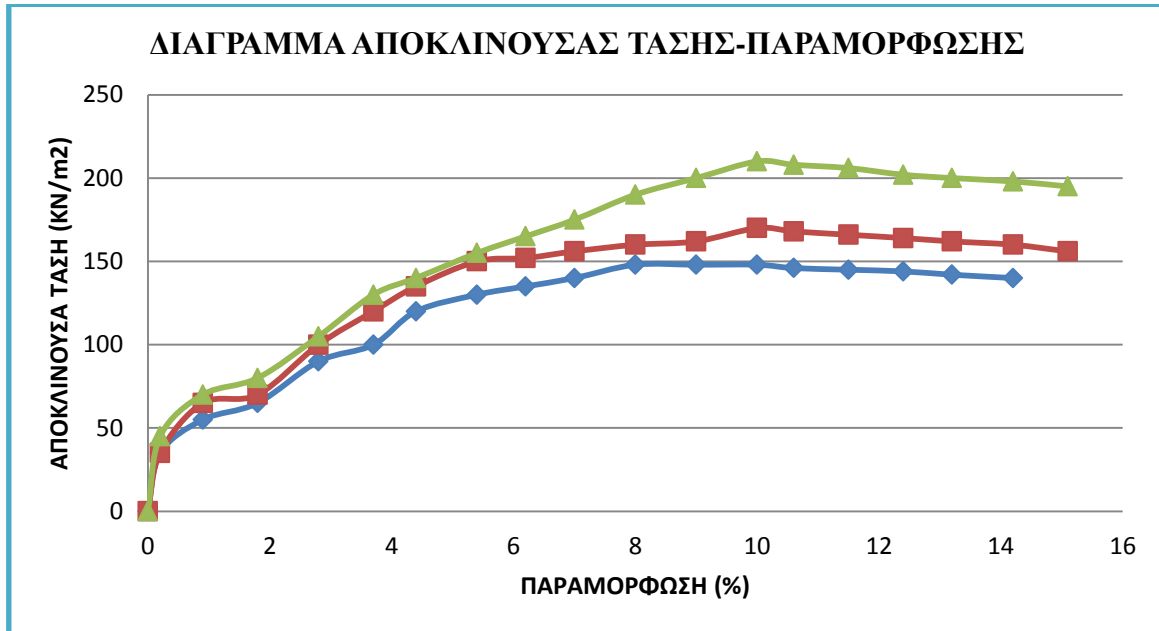
(Πίνακας 5.4.2., Αποτελέσματα γωνίας εσωτερικής τριβής  $\varphi$  και συνοχής  $c$ , δείγμα Δ4)

## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

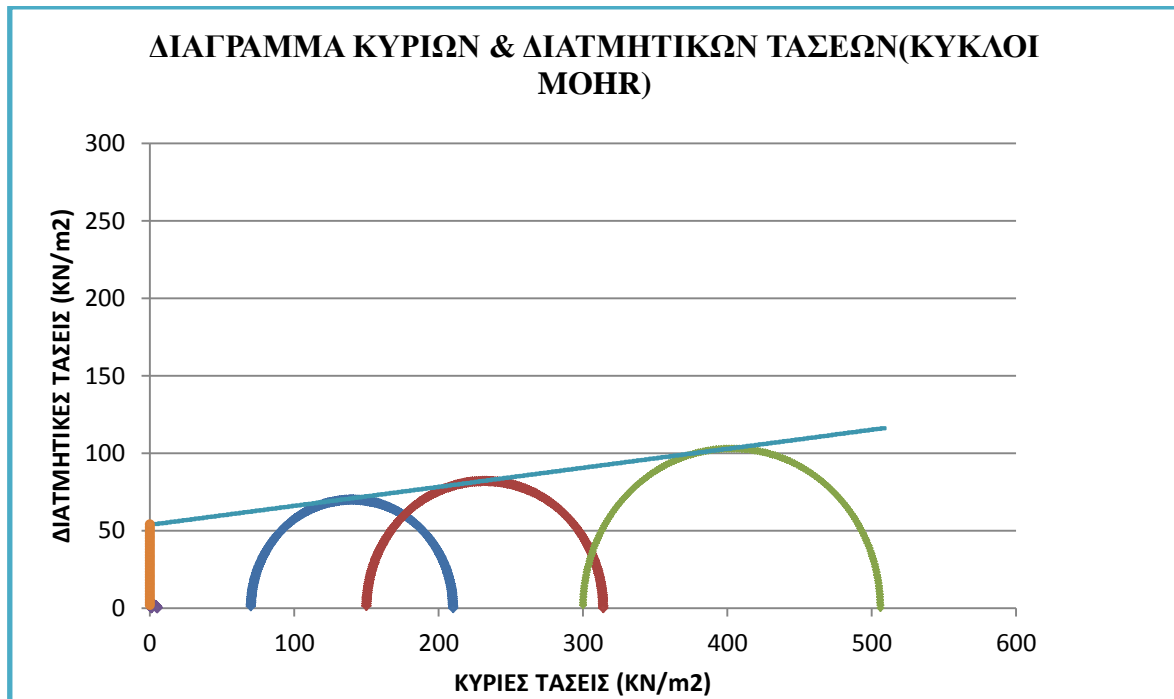
ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α

ΔΕΙΓΜΑ : Δ4

ΒΑΘΟΣ : 11,70-12,30



(Διάγραμμα 5.4.1., αποκλίνουσας τάσης – παραμόρφωσης, δείγμα Δ4)



(Διάγραμμα 5.4.2., κύκλοι ΜΟΗΡ, δείγμα Δ4)

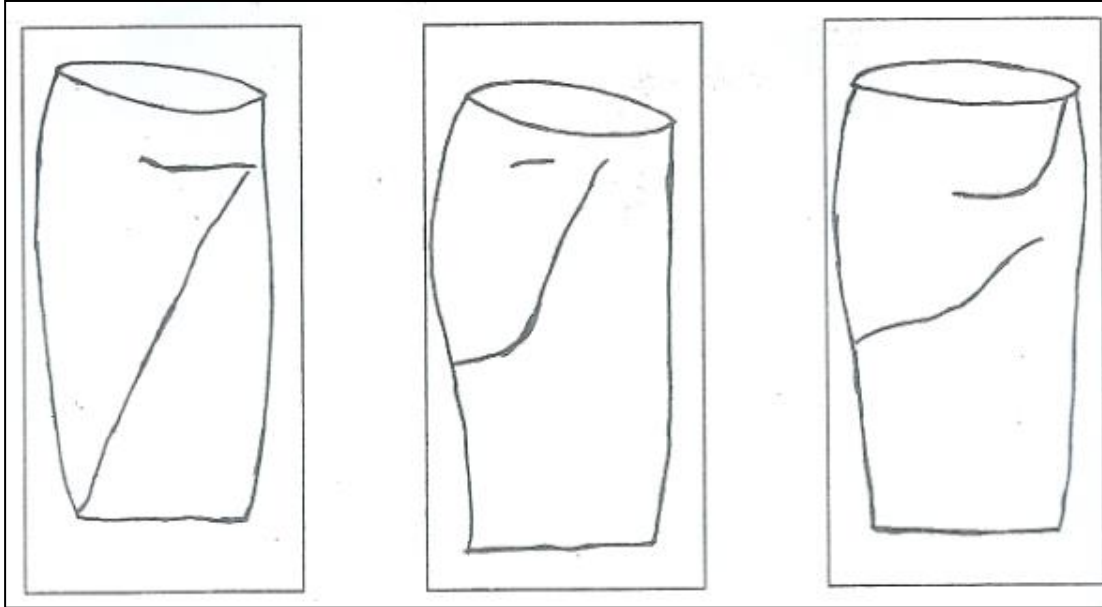
## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α

ΔΕΙΓΜΑ : Δ4

ΒΑΘΟΣ : 11,70-12,30

### ΜΟΡΦΗ ΘΡΑΥΣΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 1

ΔΟΚΙΜΙΟ 2

ΔΟΚΙΜΙΟ 3

### ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 1 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΑΜΜΟ

ΔΟΚΙΜΙΟ 2 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΑΜΜΟ

ΔΟΚΙΜΙΟ 3 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΑΜΜΟ

**ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ**

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α

ΔΕΙΓΜΑ : Δ7

ΒΑΘΟΣ : 17,80-18,40

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ**

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	U.U.
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (mm/min)	0.7
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ AUSCS	ΙΛΥΣ ΜΕ ΑΜΜΟ (ML)

**ΔΕΛΟΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
ΥΓΡΑΣΙΑ %	38	34.1	38.5
ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	19.1	20.5	19.1
ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	13.8	15.3	13.8
ΠΟΡΩΔΕΣ	0.489	0.432	0.489
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ	0.956	0.762	0.958
ΚΟΡΕΣΜΟΣ %	107.4	120.8	108.6
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	27.0	27.0	27.0

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΗΣ**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
ΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	75	150	300
ΟΛΙΚΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	163	263	430
ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ KN/m <sup>2</sup>			
ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	75	150	300
ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	163	263	430
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ %	10.66	11.02	15.02

(Πίνακας 5.4.3., Αποτελέσματα δοκιμής τριαξονικής θλίψης, δείγμα Δ7)

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	
	<b>ΟΛΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ</b>
<b>ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ</b>	$\varphi=5^\circ$
<b>ΣΥΝΟΧΗ</b>	$c=36 \text{ KN/m}^2$

(Πίνακας 5.4.4., Αποτελέσματα γωνίας εσωτερικής τριβής  $\varphi$  και συνοχής  $c$ , δείγμα Δ7)

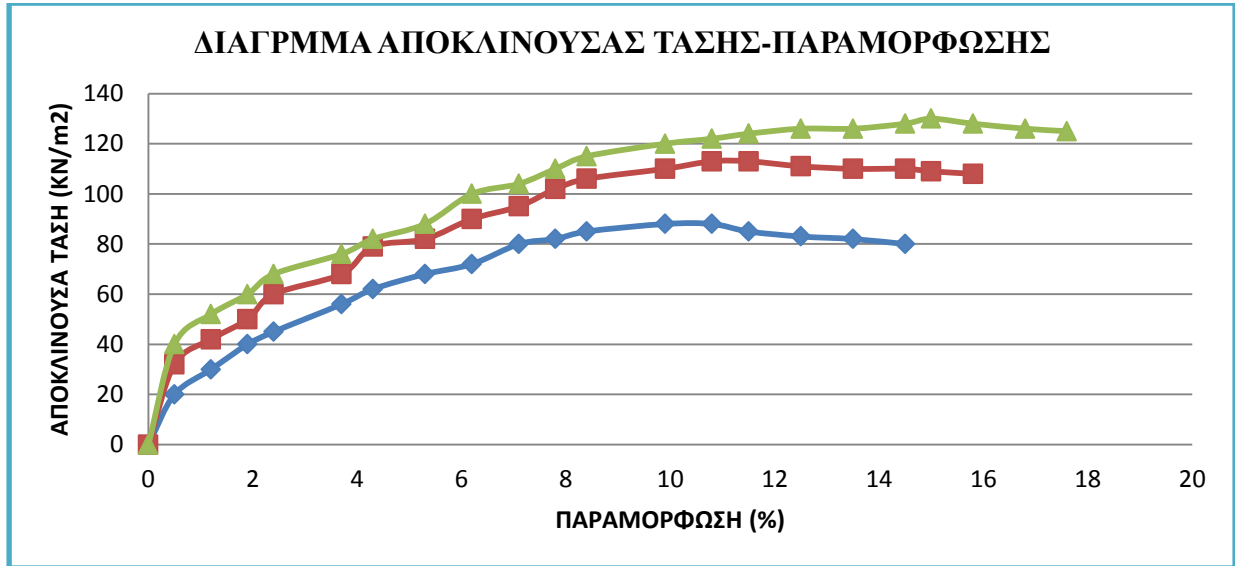


## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

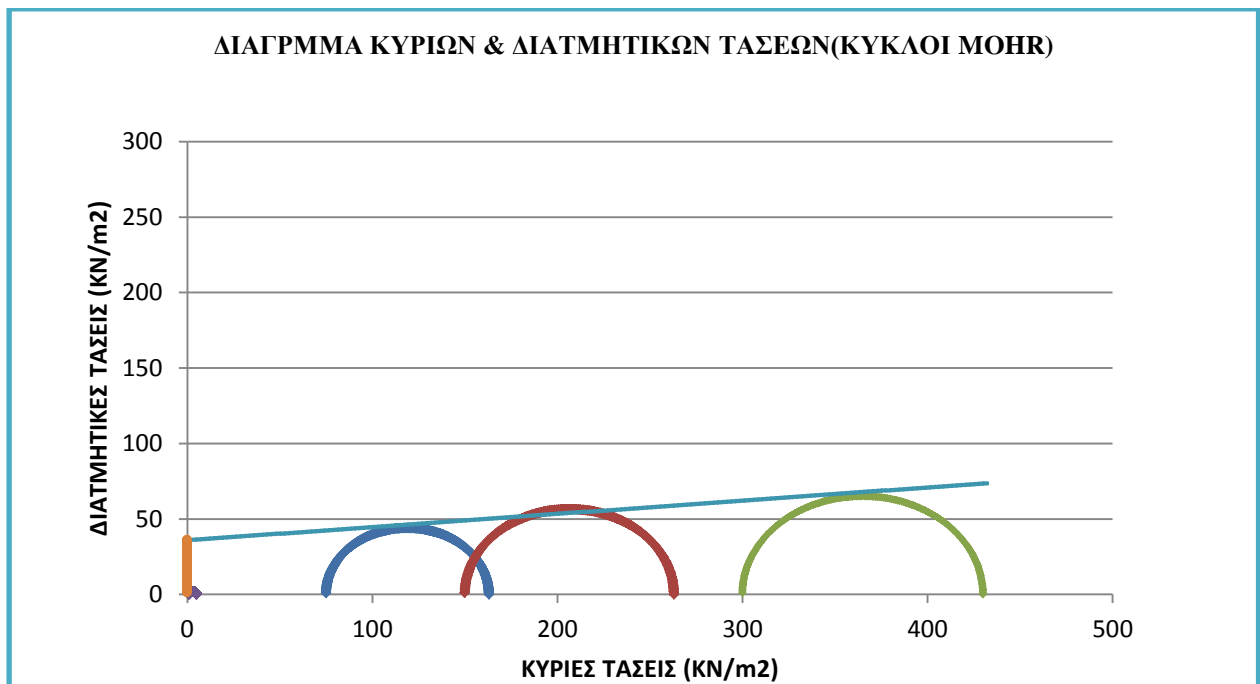
ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α

ΔΕΙΓΜΑ : Δ7

ΒΑΘΟΣ : 17,80-18,40



(Διάγραμμα 5.4.3., αποκλίνουσας τάσης – παραμόρφωσης, δείγμα Δ7)



(Διάγραμμα 5.4.4., κύκλοι ΜΟΗΡ, δείγμα Δ7)

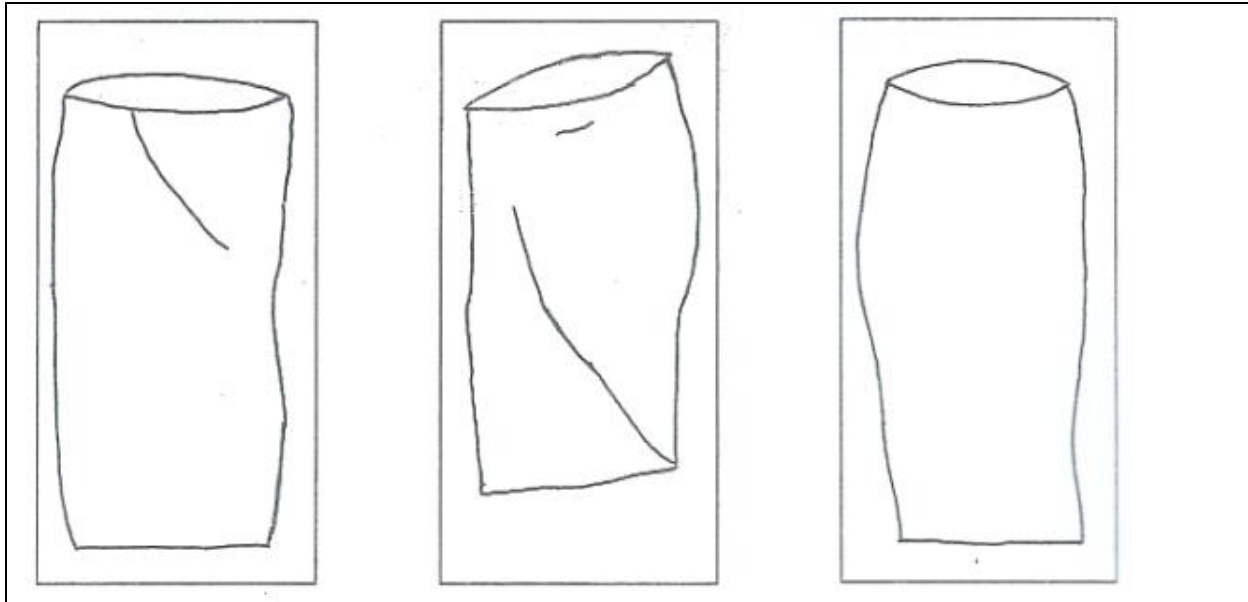
## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ1Α

ΔΕΙΓΜΑ : Δ7

ΒΑΘΟΣ : 17,80-18,40

### ΜΟΡΦΗ ΘΡΑΥΣΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 1

ΔΟΚΙΜΙΟ 2

ΔΟΚΙΜΙΟ 3

### ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 1 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 2 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 3 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

**ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ**

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ2Β

ΔΕΙΓΜΑ : Δ5

ΒΑΘΟΣ : 13,70-14,30

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΗΣ**

ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	U.U.
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (mm/min)	0.7
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ AUSCS	ΙΛΥΣ

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
ΥΓΡΑΣΙΑ %	37.8	37.3	39.2
ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	20.0	19.1	19.9
ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	14.5	13.9	14.3
ΠΟΡΩΔΕΣ	0.461	0.486	0.472
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ	0.857	0.946	0.892
ΚΟΡΕΣΜΟΣ %	119.3	106.6	118.6
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ KN/m <sup>3</sup>	27.0	27.0	27.0

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΗΣ**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
ΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	75	150	300
ΟΛΙΚΗ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	147	242	407
ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ KN/m <sup>2</sup>			
ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	75	150	300
ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ KN/m <sup>2</sup>	147	242	407
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ %	11.88	13.54	10.25

(Πίνακας 5.4.5., Αποτελέσματα δοκιμής τριαξονικής θλίψης, δείγμα Δ5)

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	
<b>ΟΛΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ</b>	
<b>ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ</b>	$\varphi=4^\circ$
<b>ΣΥΝΟΧΗ</b>	$c=30 \text{ KN/m}^2$

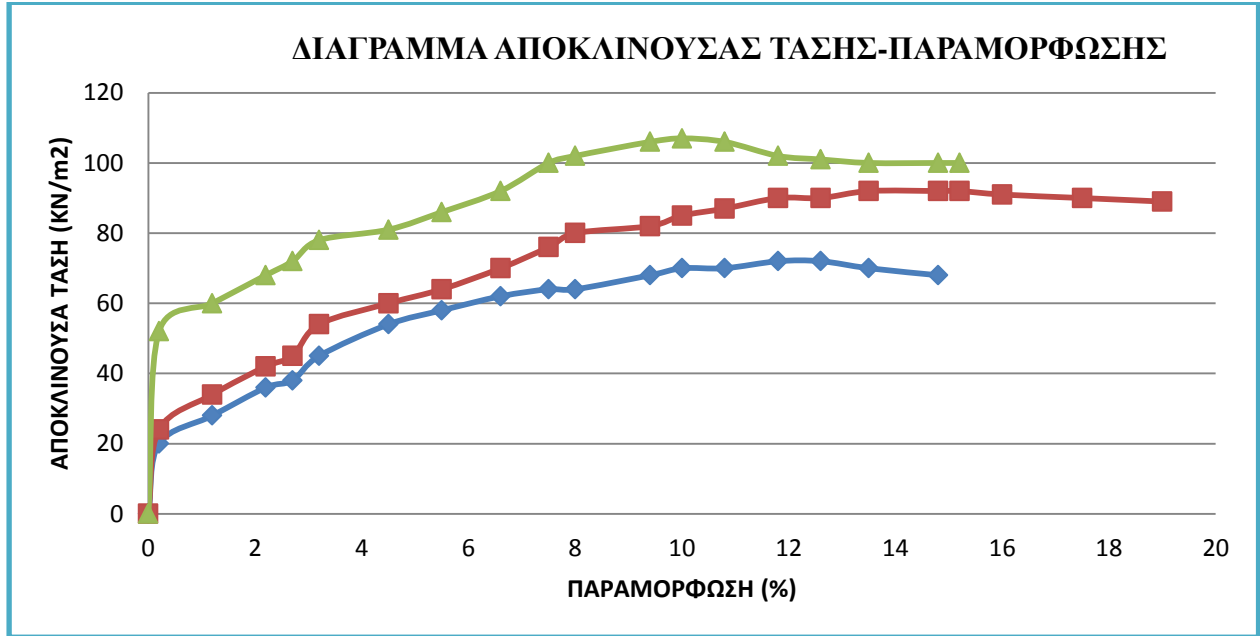
(Πίνακας 5.4.6., Αποτελέσματα γωνίας εσωτερικής τριβής  $\varphi$  και συνοχής  $c$ , δείγμα Δ5)

## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

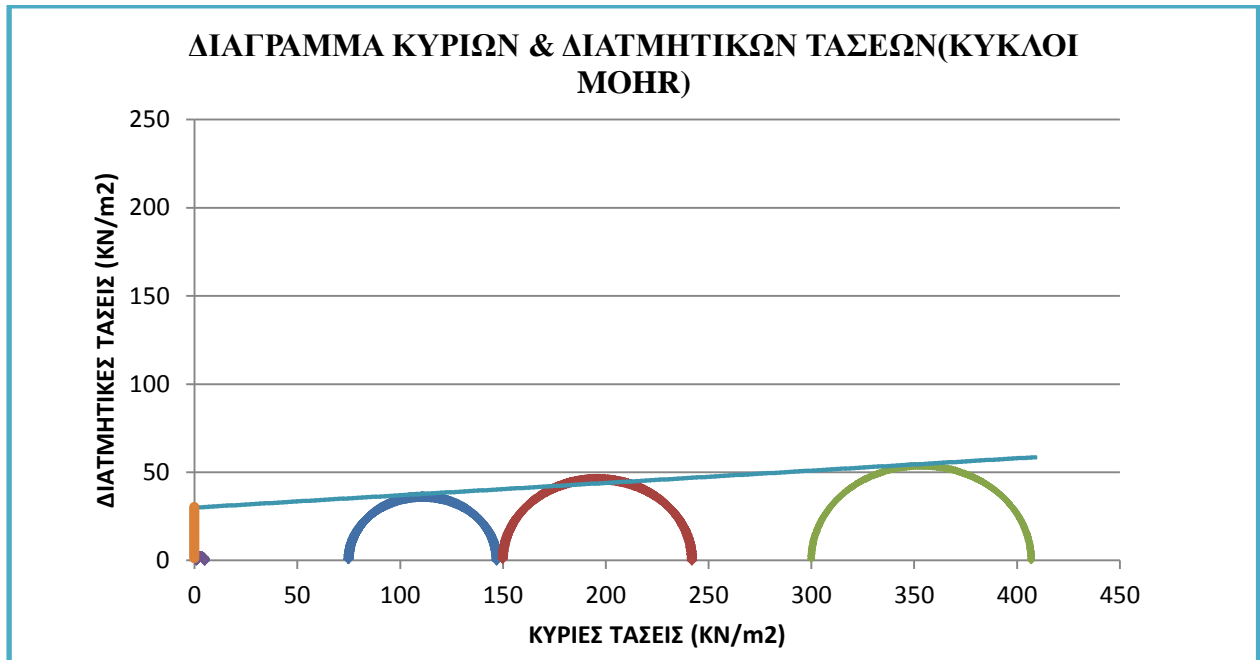
ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ2Β

ΔΕΙΓΜΑ : Δ5

ΒΑΘΟΣ : 13,70-14,30



(Διάγραμμα 5.4.4., αποκλίνουσας τάσης – παραμόρφωσης, δείγμα Δ5)



(Διάγραμμα 5.4.6., κύκλοι ΜΟHR, δείγμα Δ5)

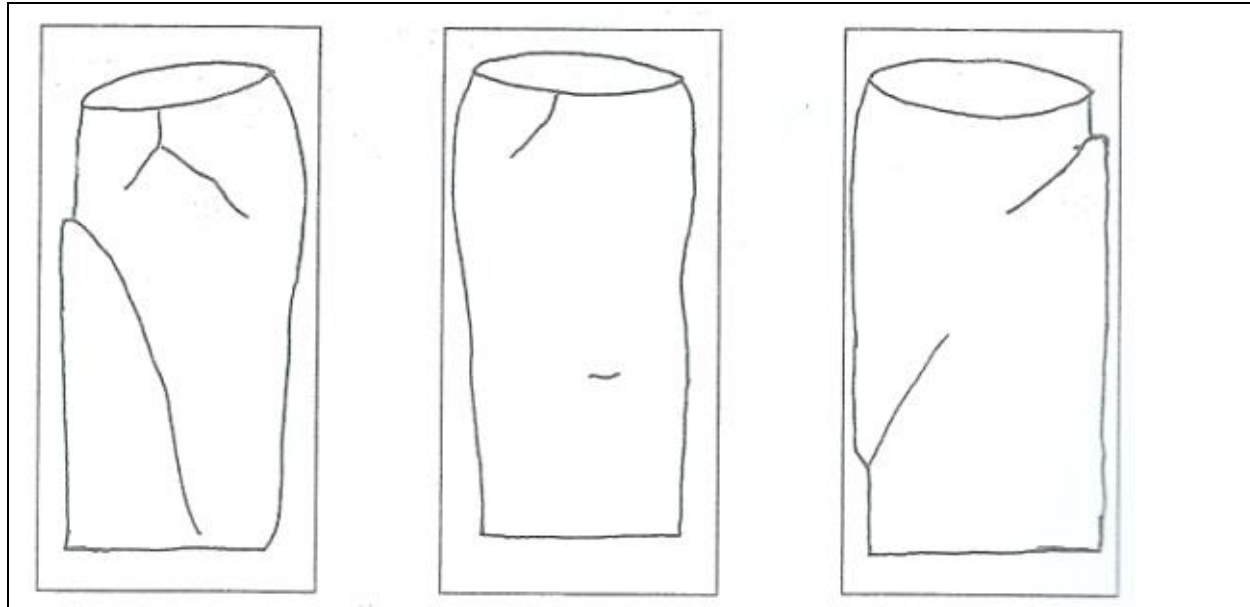
## ΔΟΚΙΜΗ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ2Β

ΔΕΙΓΜΑ : Δ5

ΒΑΘΟΣ : 13,70-14,30

### ΜΟΡΦΗ ΘΡΑΥΣΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 1

ΔΟΚΙΜΙΟ 2

ΔΟΚΙΜΙΟ 3

### ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 1 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 2 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

ΔΟΚΙΜΙΟ 3 : ΙΛΥΩΔΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ

## 5.5 Αποτελέσματα δοκιμών εισπίεσης νερού τύπου ΜΑΑΓ

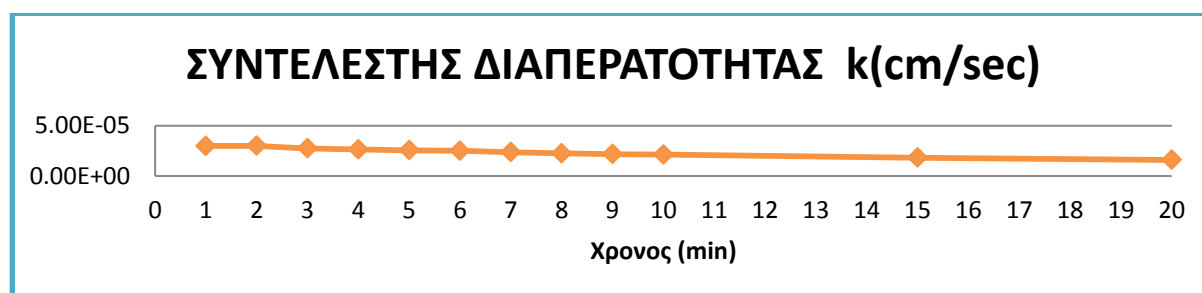
### 5.5.1 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου ΜΑΑΓ (Γ1-Α, 1<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1Α	Α/Α ΔΟΚΙΜΗ	1η
		ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	5.00	ΕΩΣ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (Dεσ.):			12.50 cm
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (Dγεωτρ.):			11.60 cm
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :			0.70 m
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :			12.50 m
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			12
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :			220.67 cm
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :			6.2 m

(Πίνακας 5.5.1., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ1-Α, 1<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
Α/Α	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	2.0	6.180	2.99E-05
2	2	4.0	6.160	3.00E-05
3	3	5.5	6.145	2.75E-05
4	4	7.0	6.130	2.63E-05
5	5	8.5	6.115	2.56E-05
6	6	10.0	6.100	2.51E-05
7	7	11.0	6.090	2.37E-05
8	8	12.0	6.080	2.26E-05
9	9	13.0	6.070	2.18E-05
10	10	14.0	6.060	2.12E-05
11	15	18.0	6.020	1.82E-05
12	20	21.0	5.990	1.60E-05

(Πίνακας 5.5.2., Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> δοκιμής)



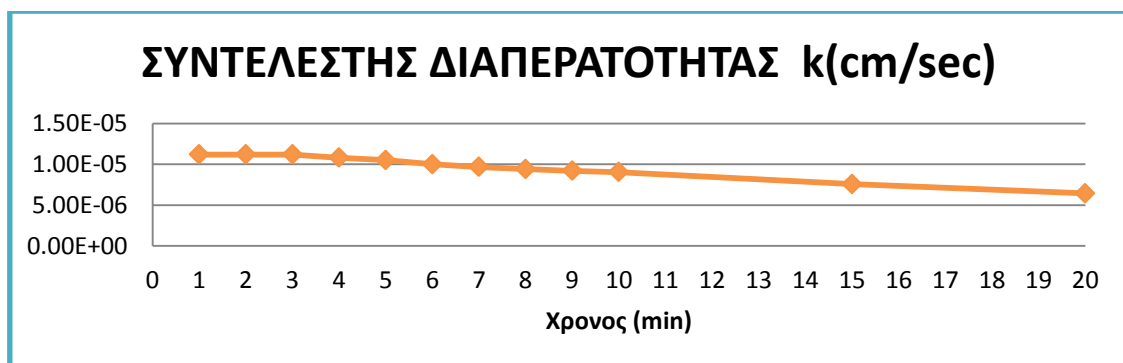
Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας k=1.60E-05 cm/sec

5.5.2 Δοκιμή διαπερατότητας ΜΑΑΓ (Γ1-Α, 2<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1Α	Α/Α ΔΟΚ	2η
	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	8.20	ΕΩΣ	10.50
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (D <sub>εσ.</sub> ):	10.40 cm		
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (D <sub>γεωτρ.</sub> ):	10.10 cm		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :	0.70 m		
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :	12.50 m		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	12		
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :	378.44 cm		
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :	10.05 m		

(Πίνακας 5.5.3., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ1-Α, 2<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
Α/Α	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	3.0	10.020	1.12E-05
2	2	6.0	9.990	1.12E-05
3	3	9.0	9.960	1.12E-05
4	4	11.5	9.935	1.08E-05
5	5	14.0	9.910	1.05E-05
6	6	16.0	9.890	1.00E-05
7	7	18.0	9.870	9.66E-06
8	8	20.0	9.850	9.40E-06
9	9	22.0	9.830	9.20E-06
10	10	24.0	9.810	9.04E-06
11	15	30.0	9.750	7.56E-06
12	20	34.0	9.710	6.44E-06

(Πίνακας 5.5.4., Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> δοκιμής)

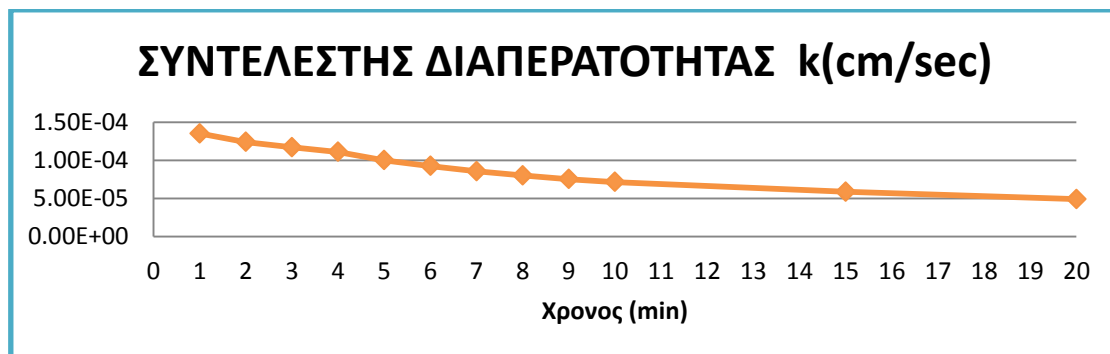
Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας k=6.44E-06 cm/sec

5.5.3 Δοκιμή διαπερατότητας ΜΑΑΓ (Γ1-Α, 3<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1Α	Α/Α ΔΟΚ	3η
	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	14.80	ΕΩΣ	16.20
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (D <sub>εσ.</sub> ):	10.40 cm		
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (D <sub>γεωτρ.</sub> ):	10.10 cm		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :	0.70 m		
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :	12.50 m		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	12		
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :	264.77 cm		
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :	13.2 m		

(Πίνακας 5.5.5., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ1-Α, 3<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
Α/Α	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	33.0	12.870	1.35E-04
2	2	60.0	12.600	1.24E-04
3	3	84.0	12.360	1.17E-04
4	4	105.0	12.150	1.11E-04
5	5	118.0	12.020	1.00E-04
6	6	130.0	11.900	9.24E-05
7	7	140.0	11.800	8.56E-05
8	8	149.0	11.710	8.01E-05
9	9	157.0	11.630	7.52E-05
10	10	165.0	11.550	7.14E-05
11	15	200.0	11.200	5.86E-05
12	20	221.0	10.990	4.90E-05

(Πίνακας 5.5.6., Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> δοκιμής)

Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας  $k=4.90E-05$  cm/sec

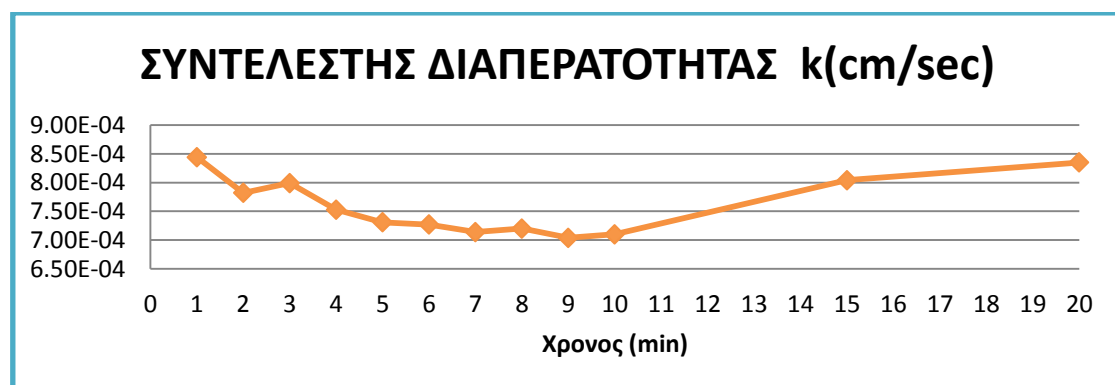


5.5.2 Δοκιμή διαπερατότητας ΜΑΑΓ (Γ2-B, 1<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ2B	A/A ΔΟΚ	1 <sup>η</sup>
	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	4.20	ΕΩΣ	5.50
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (D <sub>εσ.</sub> ):	12.5 cm		
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (D <sub>γεωτρ.</sub> ):	11.6 cm		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :	0.70 m		
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :	8.26 m		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	12		
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :	262.67 cm		
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :	5.55 m		

(Πίνακας 5.5.7., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ2-B, 1<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
A/A	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	57.0	4.980	8.44E-04
2	2	101.0	4.540	7.82E-04
3	3	147.0	4.080	7.99E-04
4	4	178.0	3.770	7.53E-04
5	5	208.0	3.470	7.31E-04
6	6	238.0	3.170	7.27E-04
7	7	263.0	2.920	7.14E-04
8	8	290.0	2.650	7.20E-04
9	9	309.0	2.460	7.04E-04
10	10	332.0	2.230	7.10E-04
11	15	437.0	1.180	8.04E-04
12	20	490.0	0.650	8.35E-04

(Πίνακας 5.5.8., Αποτελέσματα 1<sup>ης</sup> δοκιμής)

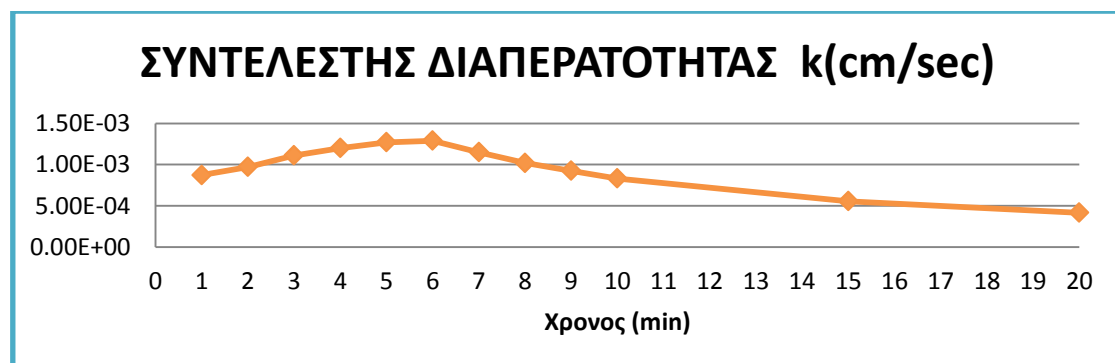
Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας  $k=8.35E-04$  cm/sec

5.5.5 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου ΜΑΑΓ (Γ2-Β, 2<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ2Β	Α/Α ΔΟΚ	2η
	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	7.00	ΕΩΣ	9.60
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (D <sub>εσ.</sub> ):	12.5 cm		
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (D <sub>γεωτρ.</sub> ):	11.6 cm		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :	0.70 m		
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :	8.26 m		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	12		
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :	429.58 cm		
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :	8.96 m		

(Πίνακας 5.5.9., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ2-Β, 2<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
Α/Α	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	150.0	7.460	8.72E-04
2	2	300.0	5.960	9.71E-04
3	3	450.0	4.460	1.11E-03
4	4	570.0	3.260	1.20E-03
5	5	660.0	2.360	1.27E-03
6	6	720.0	1.760	1.29E-03
7	7	730.0	1.660	1.15E-03
8	8	735.0	1.610	1.02E-03
9	9	740.0	1.560	9.25E-04
10	10	740.0	1.560	8.32E-04
11	15	740.0	1.560	5.55E-04
12	20	740.0	1.560	4.16E-04

(Πίνακας 5.5.10., Αποτελέσματα 2<sup>ης</sup> δοκιμής)

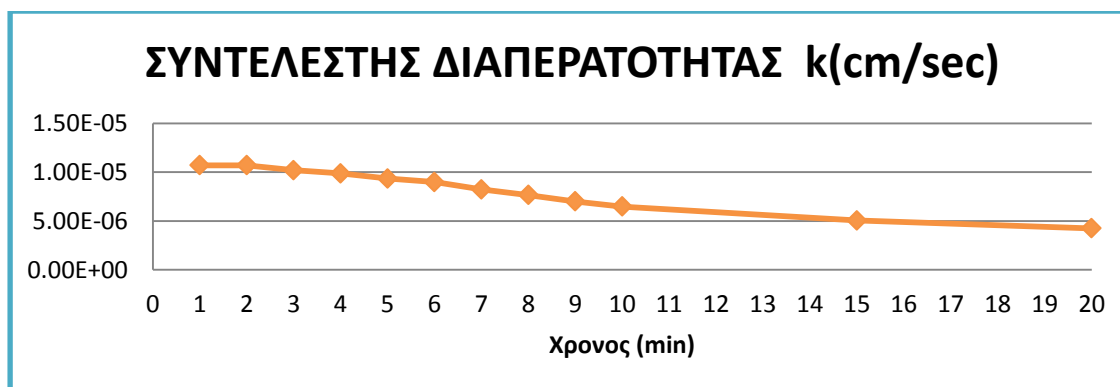
Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας k=4.16E-04 cm/sec

5.5.6 Δοκιμή διαπερατότητας τύπου ΜΑΑΓ (Γ2-B, 3<sup>η</sup>)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ2B	Α/Α ΔΟΚ	3η
	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ	12.80	ΕΩΣ	15.60
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (D <sub>εσ.</sub> ):	10.40 cm		
	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΟΠΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (D <sub>γεωτρ.</sub> ):	10.10 cm		
	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (υ) :	0.80 m		
	ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ (H <sub>υ</sub> ) :	8.26 m		
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	12		
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΥΛΑΚΑ (C) :	438.14 cm		
	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ t <sub>0</sub> (H <sub>0</sub> ) :	9.06 m		

(Πίνακας 5.5.11., Στοιχεία έρευνας γεώτρησης Γ2-B, 3<sup>η</sup>)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				
Α/Α	ΧΡΟΝΟΣ t(min)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ω(cm)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ h(m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)
1	1	3.0	9.030	1.07E-05
2	2	6.0	9.000	1.07E-05
3	3	8.5	8.975	1.02E-05
4	4	11.0	8.950	9.87E-06
5	5	13.0	8.930	9.34E-06
6	6	15.0	8.910	8.99E-06
7	7	16.0	8.900	8.23E-06
8	8	17.0	8.890	7.65E-06
9	9	17.5	8.885	7.00E-06
10	10	18.0	8.880	6.48E-06
11	15	21.0	8.850	5.05E-06
12	20	23.5	8.825	4.25E-06

(Πίνακας 5.5.12., Αποτελέσματα 3<sup>ης</sup> δοκιμής)

Μέσος Ενδεικτικός Συντελεστής Διαπερατότητας k=4.25E-06 cm/sec

## 5.5.7 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής ΜΑΑΓ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ (m)		ΜΗΚΟΣ ΑΣΩΛΗΝΩΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ (m)	ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ (ΚΑΤΑ AUSCS)	ΜΕΣΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ k(cm/sec)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ				
Γ-1Α	5,00	6,00	1,00	ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΣΧΝΗ ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙΑ (CL)	1,60E-05	ΜΙΚΡΗ
	8,00	10,50	2,30	ΑΡΓΙΛΩΔΗΣ ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΑ ΕΩΣ ΑΜΜΩΔΗΣ ΙΛΥΣ (SC)-(ML)	6,44E-06	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ
	14,80	16,20	1,40	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΑΜΜΟ ΕΩΣ ΙΛΥΣ ΜΕ ΑΜΜΟ (GM)-(ML)	4,90E-04	ΜΙΚΡΗ
Γ-2Β	4,20	5,50	1,30	ΙΛΥΩΔΕΙΣ ΧΑΛΙΚΕΣ ΜΕ ΑΜΜΟ (GM)	8,35E-04	ΜΙΚΡΗ
	7,00	9,60	2,60	ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ ΕΩΣ ΙΛΥΣ (ML)	4,16E-04	ΜΙΚΡΗ
	12,80	15,60	2,80	ΙΛΥΣ (ML)	4,25E-06	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ

(Πίνακας 5.5.13., Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων δοκιμής ΜΑΑΓ)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων με την εφαρμογή συγκεκριμένων δοκιμών εδαφομηχανικής. Μετά το πέρας των δοκιμών καταλήξαμε στα εξής αποτελέσματα.

- Δοκιμή διάτμησης

Σε δοκίμιο ύψους 49mm, διάμετρο 63.50mm με φυσική υγρασία = 10.8(%) και υγρό φαινόμενο βάρος = 18.0 (KN/m<sup>3</sup>), εκτελέστηκε η δοκιμή διάτμησης 3 φορές με κατακόρυφη τάση 50, 100, 200 (KN/m<sup>2</sup>) και διατμητική τάση 39, 72, 147 (KN/m<sup>2</sup>) αντίστοιχα. Τα διαγράμματα τάσης, παραμόρφωσης έδωσαν τα αποτελέσματα:

- Γωνία εσωτερικής τριβής = 36°
- Συνοχή = 2,2 KN/m<sup>2</sup>

Με βάση τον (Πίνακα 2.2, Κούκης Γ. Σαμπατάκης Ν., 2002) το έδαφος κατατάσσεται στη κατηγορία: Άμμος στρογγυλωμένοι κόκκοι πυκνή.

- Πρότυπη δοκιμή διείδυσης S.P.T.

Στα αποτελέσματα της δοκιμής S.P.T. το έδαφος στη γεώτρηση Γ1-A χαρακτηρίζεται πολύ σφιγγό και στη γεώτρηση Γ2-B σφιγγό με βάση τον (Πίνακα 2.5, Commission of Engineering Geological Mapping, (1981).

- Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης

Στη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης για κάθε γεώτρηση μετρήθηκαν τα αποτελέσματα από 2 δείγματα.

- Για τη γεώτρηση Γ1-A τα δείγματα Δ3 και Δ7
- Για τη γεώτρηση Γ2-B τα δείγματα Δ4 και Δ6

Δείγμα: Δ3

Μέγιστη αξονική τάση = 92 KN/m<sup>2</sup> και παραμόρφωση = 8,17%

Δείγμα: Δ7

Μέγιστη αξονική τάση = 57 KN/m<sup>2</sup> και παραμόρφωση = 8,44%

Δείγμα: Δ4

Μέγιστη αξονική τάση = 89 KN/m<sup>2</sup> και παραμόρφωση = 10,09%

Δείγμα: Δ6

Μέγιστη αξονική τάση = 67 KN/m<sup>2</sup> και παραμόρφωση = 9,60%

- Τριαξονική δοκιμή

Η δοκιμή τριαξονικής δοκιμής εφαρμόστηκε στο δοκίμιο Δ4 σε 3 διαφορετικά βάθη. Τα αποτελέσματα για το βάθος: 11,70 – 12,30

- $\varphi = 7^\circ$
- $c = 54 \text{ KN/m}^2$

βάθος: 17,80 – 18,40

- $\varphi = 5^\circ$
- $c = 36 \text{ KN/m}^2$

βάθος: 13,70 – 14,30

- $\varphi = 4^\circ$
- $c = 30 \text{ KN/m}^2$

- Δοκιμή διαπερατότητας MAAG

Στη τελευταία μας εργαστηριακή δοκιμή για κάθε γεώτρηση έγιναν από τρεις δοκιμές σε διαφορετικά βάθη.

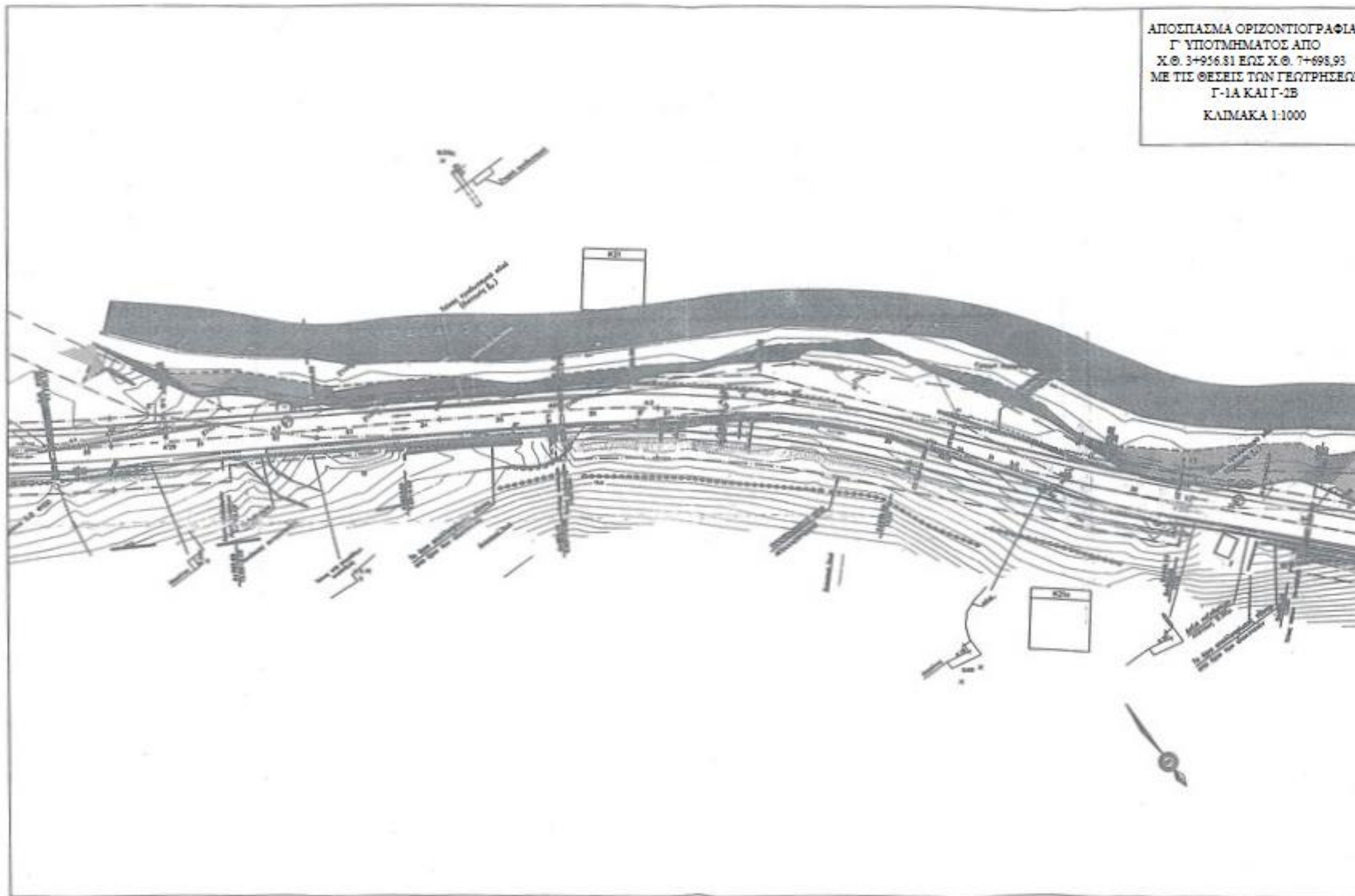
Γεώτρηση Γ1-A

- βάθος 5,00-6,00 m το έδαφος χαρακτηρίζεται μικρής διαπερατότητας
- βάθος 8,00-10,50 m το έδαφος χαρακτηρίζεται πολύ μικρής διαπερατότητας
- βάθος 14,80-16,20 m το έδαφος χαρακτηρίζεται μικρής διαπερατότητας

Γεώτρηση Γ2-B

- βάθος 4,20-5,50 m το έδαφος χαρακτηρίζεται μικρής διαπερατότητας
- βάθος 7,00-9,60 m το έδαφος χαρακτηρίζεται μικρής διαπερατότητας
- βάθος 12,80-15,60 m το έδαφος χαρακτηρίζεται πολύ μικρής διαπερατότητας

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αλέξανδρος Ι. Σοφιανός, Παύλος Π. Νομικός., (Οκτώβριος 2008). Προχωρημένη Μηχανική Πετρωμάτων

Βασίλης Χρηστάρας., (Θεσσαλονίκη 2005). Εργαστηριακές και επι τόπου δοκιμές εδαφομηχανικής, , Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας

Γραμματικόπουλος Ι.Ν., (2002). Εδαφομηχανική, ασκήσεις και προβλήματα, Εκδόσεις Αφοι Κυριακίδη α.ε., Θεσσαλονίκη

Κούκης Γ., Σαμπατακάκης Ν., (2002) «Τεχνική Γεωλογία» Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Μ.Σακελλαρίου ,(2003) Εργαστηριακές Δοκιμές Εδαφομηχανικής ,Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ρόζος Δ., (2007) Τεχνική Γεωλογία Ι, Σημειώσεις ΕΜΠ.

Τσουτρέλης Χ., Γκίκας Ν., Νομικός Π. (2000). “Εργαστηριακές ασκήσεις Μηχανικής Πετρωμάτων”, ΕΜΠ.

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Π., 1991, «Υδρογεωλογική αναγνώριση ιαματικών πηγών Θερμής», Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, Μυτιλήνη.



## ΞΕΝΗ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

Charles R. Gow (1902). Standard Penetration Test.

Commission of Engineering Geological Mapping, (1981)

Clayton, C.R.I. (1995)., The standard penetration test (SPT): Methods and use. CIRIA Report 143, London.

Hazen., (1892). Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

ISRM (1974). “Suggested Methods for Determining Shear Test. Part 2: Suggested Method for Laboratory Determination of Direct Shear Strength”, in ISRM Suggested methods, ed. ET Brown 1981, Pergamon Press.

ISRM (1983). “Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression”, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, Committee on Laboratory Tests p. 47-51.

KATSIKATSOS G., MIGIROS G., TRIANTAFYLLIS M. & A. METTOS, 1986, “Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly – SW. Macedonia, Euboia – Attica – Northern Cyclades islands and Lesvos)”, Geol. & Geoph. Res., IGME, Athens.

Spigolon S. J., (2001)., Standard Penetration Test in soil mechanics.

Terzaghi & Peck., (1948), Soil Mechanics in Engineering Practice.