



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ»
ΤΜΗΜΑΤΑ: ΜΗΧ. ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧ.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗ
ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ: ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ
ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Τσαπραλής Γεώργιος

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Λουπασάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ»
ΤΜΗΜΑΤΑ: ΜΗΧ. ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧ.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗ
ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ: ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ
ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσαπραλής Γεώργιος

Επιβλέπων:

Κωνσταντίνος Λουπασάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις __/__/__

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Αναπλ. Καθηγητής

Αθανασάς Κωνσταντίνος, Επικ. Καθηγητής

Μαρίνος Βασίλης, Επικ. Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021

Copyright © Tsapralis Georgios, 2021

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων» της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, με στόχο την ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών και την απόκτηση του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Λουπασάκη Κωνσταντίνο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, από την ανάθεση του θέματος μέχρι και κατά τη διάρκεια της συγγραφής.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Ελισσάβητ Χατζηχαραλάμπους, Γεωλόγο , μέλος ΕΔΠΠ στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ και υποψήφια διδάκτορα της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, για την πολύτιμη συνεργασία σε όλα τα στάδια της εργασίας από τις εργασίες πεδίου μέχρι την επεξεργασία των εργαστηριακών δοκιμών.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μιχαέλα-Μαρία Καραθάνου-Νικολαΐδη και τον Δημήτρη Τσούτσα για την βοήθεια στις εργασίες πεδίου και συγκεκριμένα στην συλλογή δειγμάτων για τις εργαστηριακές δοκιμές.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου παρέχουν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής είναι η γεωτεχνική αξιολόγηση των τεταρτογενών αποθέσεων στην λεκάνη της Κωπαΐδας, δίνοντας έμφαση στον εμπλουτισμό των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών που αφορούν τις εδαφικές υποχωρήσεις.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση των δεδομένων που είναι διαθέσιμα για την περιοχή μελέτης, με σκοπό την συγκέντρωση στοιχείων για τους εδαφικούς σχηματισμούς στην λεκάνη της Κωπαΐδας. Τα διαθέσιμα στοιχεία προήλθαν από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής και κατά κύριο λόγο από τεχνικές εκθέσεις και μελέτες που συλλέχτηκαν από το Κ.Ε.Δ.Ε (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων). Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία επιλέχθηκαν 12 θέσεις δειγματοληψίας κοντά στις οποίες δεν βρέθηκαν δεδομένα για να πραγματοποιηθούν εργαστηριακές δοκιμές.

Στην συνέχεια έγιναν επισκέψεις στην περιοχή μελέτης, όπου έγινε επί τόπου παρατήρηση των καταστροφών που έχουν προκληθεί σε κτήρια στον Αλιάρτο και στα χωριά που βρίσκονται νότια και νοτιοδυτικά της λεκάνης της Κωπαΐδας και πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία στις προεπιλεγμένες θέσεις.

Τα δείγματα υποβλήθηκαν σε διάφορες εργαστηριακές δοκιμές προκειμένου να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά των εδαφικών σχηματισμών στις θέσεις δειγματοληψίας. Από τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών σε συνδυασμό με τα στοιχεία από τις προϋπάρχουσες μελέτες διαμορφώθηκε μια πληρέστερη εικόνα για τα χαρακτηριστικά των σχηματισμών της λεκάνης της Κωπαΐδας.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν αφορούν κυρίως τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών και την επίδραση τους σε πιθανές εδαφικές υποχωρήσεις .

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

The subject of this master's thesis is the geotechnical evaluation of the quaternary deposits in the Kopais basin, emphasizing the enrichment of the geotechnical characteristics concerning the land subsidence phenomena. Extensive deformations causing damages to buildings and infrastructure at the study area (Figure 1), is considered that are resulted by land subsidence, mainly induced by the oxidation of the organic material.



Figure 1: Damages to buildings and infrastructure at the study area.

2. Study Area

Kopais plain is located in Boeotia county about 110km NW of Athens. It extends in an area of about 215 km² and came from the drainage of the homonymous lake. Efforts to drain it began in 1834 and finally the drainage of the lake was achieved in 1892. With the first drainage of the lake, the 4 meter thick peat that was at the bottom self-ignited and led to subsidence of the ground surface by more than 3 meters. The largest cities in the area are Livadia in the Southwest and Thebes in the Southeast, while the smaller are Orchomenos in the Northwest, Kastro and Akraifnio in the Northeast and Aliartos in the South (Figure 1).



Figure 2: Satellite image of the Kopais basin from Google Earth.

3. Geological and hydrogeological settings

The quaternary deposits, which cover the dried lake of Kopais, consist of clays with small layers of peat, marl and lignite and silt. According to data from drilling of IGME, these deposits reach a depth of at least 220 m.

The plain of Kopais and the basin of Boeotian Kifissos are a single hydrographic basin. This section north and south is closed. Northeast it is drained from the sink of Ag. Ioanni and east by the artificial canal of Karditsa. The total runoff reaches 132,451,200 m³ per year.

4. Data collection and field work

In the first stage, a bibliographic review of the data available for the study area was performed, in order to collect data on the soil formations in the Kopais basin. The available data came from geological maps of the area and mainly from technical reports and studies collected by the Central Laboratory of Public Works. These studies included drilling and laboratory tests of various projects carried out in the area from 1965 until today.

This way it was identified in which positions there are information gaps that need to be filled through sampling. Twelve sampling sites were selected by this procedure (Figure 3).



Figure 3: Sampling positions.

The first visit to the study area took place on 1/10/2020. Initially, the damage caused to buildings in Aliartos and the villages located south and southwest of the Kopais basin (Alalkomenes, Mavrogia, Karia, etc.) was observed on the spot. These damages are considered to be due to soil retreat, which is mainly caused by the oxidation of the remaining organic material. Sampling was then performed at positions 1 to 5. The second visit took place on 5/10/2020 and concerned exclusively the collection of samples. Sampling was done at positions 6 to 12 and fieldwork was completed.

5. Soil mechanics laboratory tests

The laboratory tests performed in the laboratory are (Figure 4):

- Determination of specific gravity of soil solids
- Determination of Atterberg Limits
- Cone penetrometer test
- Particle Size Distribution..
- Direct shear test consolidated undrained
- Oedometer test

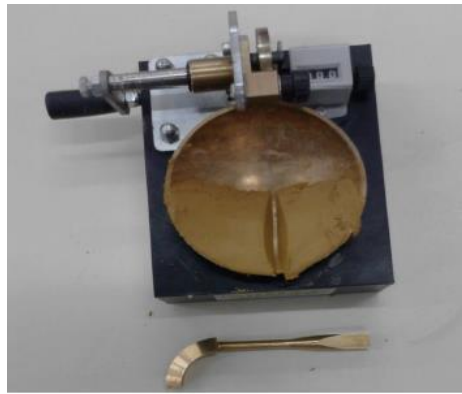


Figure 4: The laboratory tests performed in the laboratory

6. Results

The conclusions that emerged from the visits and fieldwork in the Kopais basin, but also from the laboratory tests carried out in the laboratory are the following:

- The Kopais basin is filled with quaternary deposits and more specifically clays and silt.
- The specific gravity of soil formations are low due to the presence of organic matter.
- From the correlation of the water limit resulting from the Casagrande device and the water limit obtained from the cone penetrometer test, the following linear equation was created that correlates the two limits:

$$y = 0.6253x + 12.899$$

$$y = LL(\text{ cone})$$

$$x = LL(\text{ Atterberg})$$

- From the correlation of the water limit resulting from the Casagrande device and the water limit obtained using only one acceptable test from the Casagrande device, the following linear equation was created that correlates the two limits:

$$y = 0.9894x + 0,3558$$

$$y = LL(\text{ only one test})$$

$$x = LL(\text{ Atterberg})$$

- The coherence values obtained from the direct shear test range from 26.63 kPa to 82.6 kPa, while the values of the internal friction angle ϕ ($^{\circ}$) range from 19.8 $^{\circ}$ to 36.7 $^{\circ}$.
- The values of the resulting one-dimensional solidification coefficient C_v are low. This is due to the fact that the materials in the basin are cohesive and a low coefficient of one-dimensional solidification indicates that potential precipitations are evolving over time at a slow rate.
- Throughout the basin the formations are compressible and have a high compressibility index C_c .

- For the center of the Kopais basin, in the attempt to spatially separate the data, equations emerged that correlate the water limit LL and the plasticity limit PL with the compressibility index Cc.

$$y = 62.748x + 33.32$$

$$y = \text{LL (Atterberg)}$$

$$x = \text{Cc (compression ratio)}$$

$$y = 2.5274x + 0.5119$$

$$y = \text{PL (Atterberg)}$$

$$x = \text{Cc (compression ratio)}$$

- The values of the oedometer elasticity modulus E_s range from 2684 KN / m² to 13377 KN / m² acceptable values for clays and silt.
- In the south and west of the Kopais basin there are increased percentages of organic matter in the soil, which are likely to play an important role in the soil retreats of the settlements in these areas due to their possible oxidation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
EXTENDED ABSTRACT.....	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ix
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	xii
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	xv
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	xvii
1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	3
1.1 Γενικά στοιχεία	3
1.2 Αποσύνθεση και Οξείδωση οργανικών εδαφών	5
1.3 Το δέλτα των ποταμών Sacramento και San Joaquin, California.....	7
1.4 Ολλανδία.....	9
1.5 Οργανικά εδάφη και εδαφικές υποχωρήσεις στην Ελλάδα	12
2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	13
2.1 Γεωγραφική τοποθέτηση.....	13
2.2 Ιστορικά στοιχεία.....	15
2.2.1 Μινύες και αποστραγγιστικά έργα στην λίμνη Κωπαΐδα.....	15
2.2.2 Ιστορικό της αποξήρανσης της Κωπαΐδας από το Νέο Ελληνικό Κράτος.....	18
2.3 Γεωλογία περιοχής.....	23
2.4 Γεωτεκτονικά στοιχεία περιοχής	24

2.5	Μορφολογία περιοχής.....	26
2.5.1	Μορφές κλιτύων, ράχων και κορυφών	26
2.5.2	Μορφές κοιλάδων.....	27
2.5.3	Καρστικές μορφές.....	29
2.6	Υδρογεωλογικές συνθήκες.....	32
3	ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ	37
3.1	Συλλογή γεωτεχνικών στοιχείων περιοχής.	37
3.2	Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας.....	37
3.3	Εργασίες πεδίου-Δειγματοληψία	38
4	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.....	43
4.1	Ειδικό βάρος	43
4.2	Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας-πλαστικότητας.....	45
4.2.1	Όριο υδαρότητας με την χρήση της συσκευής Casagrande και την μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου	45
4.2.2	Όριο πλαστικότητας	50
4.3	Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα.....	52
4.4	Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο	55
4.5	Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη και κατάταξη δειγμάτων κατά U.S.C.S.....	62
4.6	Δοκιμή άμεσης διάτμησης – Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου(CU).....	64
4.7	Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης	71
4.7.1	Προσδιορισμός συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης (Cv)	73
4.7.2	Προσδιορισμός δείκτη συμπίεστότητας (Cc).....	75
4.7.3	Προσδιορισμός οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es)	78
4.8	Άμεσος προσδιορισμός οργανικών.....	79
5	ΣΥΓΚΕΝΤΡΟΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	80

5.1	Ειδικό βάρος	80
5.2	Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας-πλαστικότητας	81
5.3	Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη και κατάταξη δειγμάτων κατά U.S.C.S.....	85
5.4	Δοκιμή άμεσης διάτμησης – Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου (CU).....	86
5.5	Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης	87
5.5.1	Προσδιορισμός συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης (Cv)	87
5.5.2	Προσδιορισμός δείκτη συμπιεστότητας (Cc)	88
5.5.3	Προσδιορισμός οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es)	94
5.6	Άμεσος προσδιορισμός οργανικών	95
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	1

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1-1: Κατανομή τύρφης παγκοσμίως (Huat et all, 2014).....	3
Εικόνα 1-2: Στο διάγραμμα παρουσιάζετε ο βαθμός εδαφικής υποχώρησης σε σχέση με το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα (Wösten et all, 1997).....	4
Εικόνα 1-3: Μηχανισμός εκδήλωσης εδαφικών υποχωρήσεων λόγω αφαίρεσης ρευστών από το έδαφος (Λουπασάκης, 2014)	5
Εικόνα 1-4: Περιγραφή του μηχανισμού εδαφικής υποχώρησης λόγω αποστράγγισης του εδάφους (University of Leicester, n.d.)	6
Εικόνα 1-5: Ποσοστό περιεκτικότητας σε οργανικά των εδαφών του δέλτα των ποταμών Sacramento-San Joaquin (Deverel et all, 2016).....	7
Εικόνα 1-6: Παρουσίαση του πιθανού κίνδυνου αστοχίας των επιχωμάτων εξαιτίας των εδαφικών υποχωρήσεων. (Λουπασάκης, 2014).....	8
Εικόνα 1-7: Ρυθμός εδαφικών υποχωρήσεων στην περιοχή του δέλτα των ποταμών Sacramento-San Joaquin	9
Εικόνα 1-8: Χωρική κατανομή της τύρφης στην Ολλανδία με τις περιεκτικότητες σε οργανική ύλη (Koster, 2017).....	10
Εικόνα 1-9: Εκτίμηση της εδαφικής υποχώρησης με την ολική οξείδωση των οργανικών του εδάφους (Koster, 2017).	11
Εικόνα 1-10: Κατανομή οργανικών εδαφών στην Ελλάδα (Yassoglou et al., 2017).	12
Εικόνα 2-1: Τοπογραφικός χάρτης λεκάνης Κωπαΐδας (πηγή ΓΥΣ, φύλλα Βάγια, Λάρυμνα, Λιβανάτες, Λιβαδειά, Ελάτεια και Θήβα)	14
Εικόνα 2-2: Δορυφορική απεικόνιση της λεκάνης της Κωπαΐδας από Google Earth	15
Εικόνα 2-3: Κάτωση των υδραυλικών έργων των Μινύων με βάση τις θεωρίες του Καμπάνη.....	16
Εικόνα 2-4 Κάστρο Γλα στην λεκάνη της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019) ..	17
Εικόνα 2-5: Λίμνη Κωπαΐδα 1886 (Η φωτογραφία περιέχεται σε φωτογραφικό λεύκωμα με τον τίτλο DESSECHEMENT DU LAC COPAIS INAUGURATION DU 12 JUIN 1886. © Gennadius Library Archives).	20
Εικόνα 2-6: Άποψη από το ψηλότερο σημείο της σήραγγας της Καρδίτσας	21
Εικόνα 2-7: Άποψη παλαιά σήραγγας Καρδίτσας σήμερα (“Η Κωπαΐδα - Ιστορικό,” n.d.).	22

Εικόνα 2-8: Θέσεις ρηγμάτων στην περιοχή της Κωπαΐδας σύμφωνα με τα φύλλα ΙΓΜΕ(ΛΑΡΥΜΝΑ, ΒΑΓΙΑ, ΘΗΒΑ) όπως αυτά ψηφιοποιήθηκαν από την Καραθάνου-Νικολαΐδη το 2019.	25
Εικόνα 2-9: Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην περιοχή της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).	27
Εικόνα 2-10: Σηλαιοκαταβόθρα στη περιοχή της Νοτιοανατολικής Κωπαΐδας (Τζιρίτης, 2008).	31
Εικόνα 2-11: Θέσεις καταβοθρών στην περιοχή της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).	32
Εικόνα 2-12: Ποταμοί που εισέρχονται στην πεδιάδα της Κωπαΐδας καθώς και οι καταβόθρες που έχουν εντοπιστεί στην ίδια περιοχή. Η κόκκινη κουκίδα πάνω αριστερά δηλώνει τη θέση των πηγών Χαρίτων (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).	34
Εικόνα 2-13: Απεικόνιση των πηγών στην περιοχή μελέτης (Τζιρίτης, 2008).	36
Εικόνα 3-1: Θέσεις γεωτρήσεων περιοχής. Με πράσινο χρώμα γεωτρήσεις που έγιναν την περίοδο 1965-1984, με μαύρο γεωτρήσεις που έγιναν το 1985 και με κίτρινο γεωτρήσεις που έγιναν από το 1986 μέχρι σήμερα.	37
Εικόνα 3-2: Θέσεις δειγματοληψίας.	38
Εικόνα 3-3: Φωτογραφία από μάντρα στις Αλαλκομενές.	39
Εικόνα 3-4: Φωτογραφία από μάντρα στα Μαυρόγια.	39
Εικόνα 3-5: Ρωγμή σε κτίριο στα Μαυρόγια.	40
Εικόνα 3-6: Ρωγμές σε οδόδromo στον Αλίαρτο.	40
Εικόνα 3-7: Λήψη διαταραγμένου δείγματος από θέση δειγματοληψίας.	41
Εικόνα 3-8: Λήψη αδιατάρακτου δείγματος από θέση δειγματοληψίας.	42
Εικόνα 3-9: Δείγματα τυλιγμένα με πλαστική μεμβράνη.	42
Εικόνα 4-1: Επιβολή βρασμού στο δείγμα με σκοπό την απομάκρυνση του αέρα που έχει παγιδευτεί.	43
Εικόνα 4-2: Συσκευή Casagrande και ειδικό εργαλείο χάραξης.	46
Εικόνα 4-3: Κλείσιμο χαραγής στη συσκευή Casagrande.	47
Εικόνα 4-4: Συσκευή δοκιμής πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.	49
Εικόνα 4-5: Διαδικασία προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (PL).	51
Εικόνα 4-6 Κονιοποίηση ξηρού υλικού με την χρήση γουδιού.	53

Εικόνα 4-7: Κοσκίνιση δείγματος για κοκομετρική ανάλυση.	53
Εικόνα 4-8: Παρασκευή διαλύματος πολυφωσφορικού νατρίου και συσκευή μηχανικής αναδέυσεως (αριστερά).	56
Εικόνα 4-9: Δείγματα που προορίζονται για δοκιμή αραιομέτρου.	56
Εικόνα 4-10: Ανατάραξη ογκομετρικού σωλήνα και δείγματα κατά την πορεία των μετρήσεων με το αραιόμετρο.	57
Εικόνα 4-11: Υγρή κοσκίνιση του αιωρήματος από την ανάλυση ιλύος.	58
Εικόνα 4-12: Συσκευή διάτμησης εργαστηρίου.	64
Εικόνα 4-13: Διαμορφωμένα δείγματα για την δοκιμή άμεσης διάτμησης.	65
Εικόνα 4-14: Προσπάθεια διαμόρφωσης δείγματος για την δοκιμή άμεσης διάτμησης στο δείγμα 9.	65
Εικόνα 4-15: Οθόνη συσκευής άμεσης διάτμησης – ρυθμός παραμορφώσεως.	67
Εικόνα 4-16: Δοκίμιο μετά την δοκιμή άμεσης διάτμησης .Φαίνεται ότι η μετακίνηση επιβάλλεται στο πάνω μέρος της διάταξης.	67
Εικόνα 4-17: Δοκίμιο μετά την δοκιμή άμεσης διάτμησης. Φαίνεται η επιφάνεια διάτμησης.	68
Εικόνα 4-18: Διάταξη εργαστηριακού εξοπλισμού για την δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.	71
Εικόνα 4-19: Διαμορφωμένα δείγματα για την δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.	72
Εικόνα 4-20: Συσκευή στερεοποίησης μαζί με εδαφικό δείγμα.	72
Εικόνα 4-21: Δοκίμιο μετά το πέρας της δοκιμής μονοδιάστατης στερεοποίησης.	73
Εικόνα 5-1: Θέσεις γεωτρήσεων με εργαστηριακά δεδομένα για τον Δείκτη συμπίεστότητας (Cc).	90
Εικόνα 5-2: Θέσεις δειγματοληψίας με κίτρινη πινέζα θέσεις γεωτρήσεων με μαύρη πινέζα.	92
Εικόνα 5-3: Τιμές οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es) για εδάφη (Bowles, 1997).	95
Εικόνα 5-4: Όριο οργανικών στη λεκάνη της Κωπαΐδας.	96

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Σχετική πυκνότητα νερού και συντελεστής αναγωγής K για διάφορες θερμοκρασίες.	44
Πίνακας 2 : Αποτελέσματα προσδιορισμού ειδικού βάρους Δείγμα 7.	45
Πίνακας 3: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande (Δείγμα 7)	47
Πίνακας 4: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας με τη μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου (Δείγμα 7)	49
Πίνακας 5: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (Δείγμα 7).	52
Πίνακας 6: Διερχόμενο βάρος από τα κόσκινα.	54
Πίνακας 7: Πίνακας διορθώσεων για τον παράγοντα διασποράς και τους συντελεστές K_L , K_G , K_N	59
Πίνακας 8: Διορθωμένη ανάγνωση R' και Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση $W\%$	60
Πίνακας 9: Υπολογισμός του d'	61
Πίνακας 10: Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών U.S.C.S.	63
Πίνακας 11: Αποτελέσματα αθροιστικής κοκκομετρικής καμπύλης και χαρακτηριστικών του σχηματισμού (Δείγμα 7).....	63
Πίνακας 12: Μέγιστη διατμητική τάση και η αντίστοιχη οριζόντια παραμόρφωση για κάθε ορθή τάση (Δείγμα 7)	69
Πίνακας 13: Στοιχεία σχηματισμού για τον υπολογισμό του δείκτη πόρων.....	76
Πίνακας 14 : Υπολογισμός δείκτη πόρων (Δείγμα 7).	77
Πίνακας 15: Υπολογισμός οιδιμετρικού μέτρου ελαστικότητας (Δείγμα 7).	79
Πίνακας 16: Ειδικό βάρος στερεών G_s στις θέσεις δειγματοληψίας.	80
Πίνακας 17: Όρια Atterberg στις θέσεις δειγματοληψίας.	81
Πίνακας 18: Όριο υδαρότητας από όρια Atterberg και από μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.....	82
Πίνακας 19: Υπολογισμός ορίου υδαρότητας χρησιμοποιώντας μόνο μία αποδεκτή δοκιμή από την συσκευή Casagrande.	83
Πίνακας 20: Κατάταξη των δειγμάτων κατά U.S.C.S.	85
Πίνακας 21: Συνοχή C (kpa) και η γωνία εσωτερικής τριβής $\phi(^{\circ})$ στις θέσεις δειγματοληψίας.	86

Πίνακας 22: Συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης $C_v(\text{mm}^2/\text{min})$	87
Πίνακας 23: Δείκτης συμπιεστότητας (C_c) και δείκτης κενών (e_0).....	88
Πίνακας 24: Δείκτης συμπιεστότητας (C_c) και δείκτης κενών (e_0) από τα δεδομένα των γεωτρήσεων.....	89
Πίνακας 25: Οιδημετρικό μέτρο ελαστικότητας (E_s).	94
Πίνακας 26: Άμεσος προσδιορισμός ποσοστού οργανικών στο έδαφος.	96

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 4-1: Διάγραμμα υπολογισμού ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande (Δείγμα 7).....	48
Διάγραμμα 4-2: Διάγραμμα υπολογισμού ορίου υδαρότητας με τη μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου (Δείγμα 7)	50
Διάγραμμα 4-3: Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με κόσκινα.	55
Διάγραμμα 4-4: Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με αραιόμετρο.	61
Διάγραμμα 4-5: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη (Δείγμα 7).....	62
Διάγραμμα 4-6: Στάδιο στερεοποίησης – Διάγραμμα καθιζήσεων συναρτήσει του χρόνου (Δείγμα 7).	66
Διάγραμμα 4-7: Διάγραμμα κατακόρυφης μετατόπισης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Δείγμα 7).....	68
Διάγραμμα 4-8: Διάγραμμα διατμητικής τάσης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Δείγμα 7).....	69
Διάγραμμα 4-9: Διάγραμμα διατμητικής αντοχής συναρτήσει της επιβαλλομένης ορθής τάσης και υπολογισμός c και ϕ (Δείγμα 7).	70
Διάγραμμα 4-10: Διαδικασία εύρεσης t_{50} με την μέθοδο Casagrande (Δείγμα 2, Ορθή τάση 800 kPa).....	75
Διάγραμμα 4-11: Διάγραμμα τάσεων – δείκτη πόρων και υπολογισμός δείκτη συμπιεστότητας (Δείγμα 7).....	77
Διάγραμμα 4-12: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων (Δείγμα 7).....	78
Διάγραμμα 5-1: Διάγραμμα LL(Atteberg)-LL(Κώνου)	82
Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα LL(Atteberg)-LL(από μία μόνο δοκιμή).....	84
Διάγραμμα 5-3: Συσχετισμός ορίου πλαστικότητας PL με τον δείκτη συμπιεστότητας Cc.	91
Διάγραμμα 5-4: Συσχετισμός ορίου υδαρότητας LL με τον δείκτη συμπιεστότητας Cc.	91
Διάγραμμα 5-5: Διάγραμμα LL(Atteberg)-Cc(δείκτης συμπιεστότητας)	93
Διάγραμμα 5-6: Διάγραμμα PL(Atteberg)-Cc(δείκτης συμπιεστότητας)	94

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη της Κωπαΐδας αποτελεί την περιοχή που προήλθε από την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας, συνολικής έκτασης 215km². Σήμερα είναι μια έντονα καλλιεργήσιμη περιοχή με μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον. Οι προσπάθειες για την αποξήρανσή της ξεκίνησαν από το 1834 και τελικά η οριστική αποξήρανση της λίμνης επιτεύχθηκε το 1892.

Με την πρώτη αποξήρανση της λίμνης η πάχους 4 μέτρων τύρφη που υπήρχε στον πυθμένα αναφλέχθηκε και οδήγησε σε καθίζηση του εδάφους πάνω από 3 μέτρα. Τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα εδαφικών υποχωρήσεων στα δυτικά της λεκάνης της Κωπαΐδας, όπου έχει απομείνει ακόμα ένα μέρος οργανικών τα οποία δεν αναφλέχθηκαν

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία στοχεύει στον εμπλουτισμό των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών που υπάρχουν για την λεκάνη της Κωπαΐδας και στην συσχέτισή τους με τις υφιστάμενες εδαφικές υποχωρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

- 1^ο κεφάλαιο: Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για το φαινόμενο των εδαφικών υποχωρήσεων εξαιτίας της οξειδωσης των οργανικών εδαφών.
- 2^ο κεφάλαιο: Σε αυτό κεφάλαιο γίνεται μια συνολική παρουσίαση της περιοχής μελέτης της λεκάνης της Κωπαΐδας.
- 3^ο κεφάλαιο: Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της συλλογής δεδομένων, των θέσεων δειγματοληψίας και των εργασιών πεδίου που έγιναν.
- 4^ο κεφάλαιο: Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν.
- 5^ο κεφάλαιο: Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και η επεξεργασία τους.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

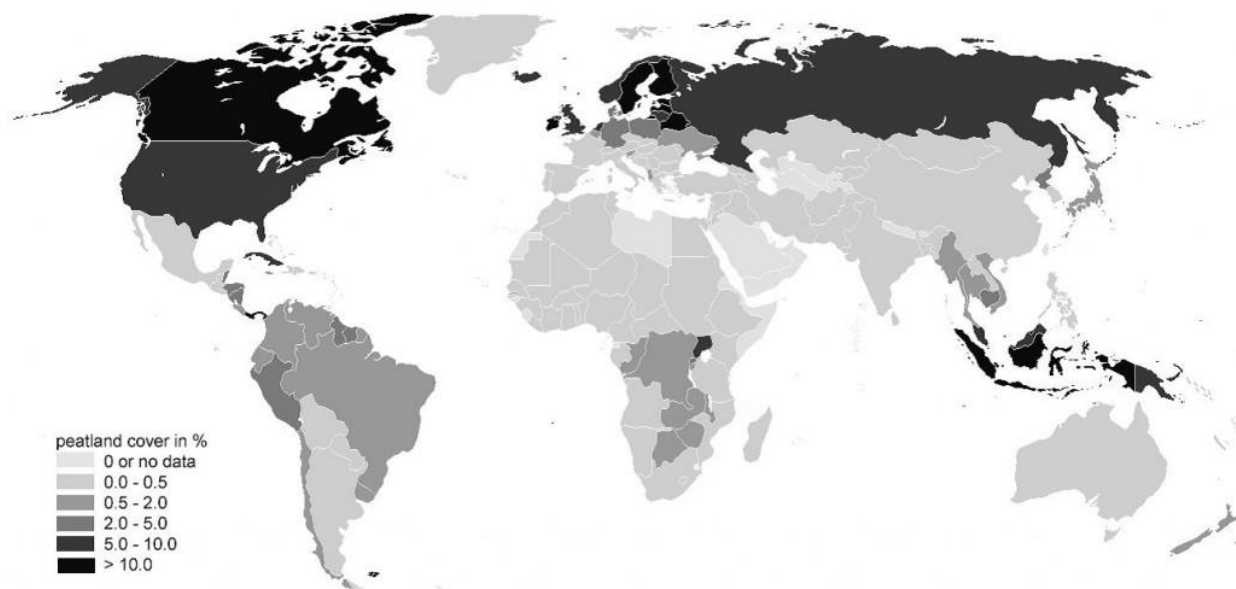
- 6^ο κεφάλαιο: Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για το φαινόμενο των εδαφικών υποχωρήσεων εξαιτίας της οξείδωσης των οργανικών εδαφών, περιγράφεται ο μηχανισμός του φαινομένου και παρουσιάζονται κάποιες γνωστές περιπτώσεις ανά τον κόσμο.

1.1 Γενικά στοιχεία

Τα οργανικά εδάφη καλύπτουν περίπου το 5% έως 8% της συνολικής επιφάνειας της γης. Συναντώνται κυρίως σε υγροτόπους και σχεδόν το 60% αυτών είναι τύρφη. Στην παρακάτω Εικόνα 1-1 φαίνεται μια ενδεικτική κατανομή της τύρφης παγκοσμίως (Huat et al Kazemian, 2011).



Εικόνα 1-1: Κατανομή τύρφης παγκοσμίως (Huat et al, 2014).

Σε πολλές περιπτώσεις αυτοί οι υγρότοποι χρησιμοποιούνται ως καλλιεργήσιμες εκτάσεις οι οποίες έχουν προκύψει με τεχνητό τρόπο, δηλαδή με αποστραγγιστικά έργα. Αυτή η παρέμβαση όμως μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένες εδαφικές υποχωρήσεις. Βασική αιτία αυτών είναι ο μηχανισμός οξείδωσης των οργανικών εδαφών. Η οξυγόνωση των εδαφών επιτρέπει την μικροβιακή αποσύνθεση των οργανικών τα οποία μετατρέπονται σε αέριο διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

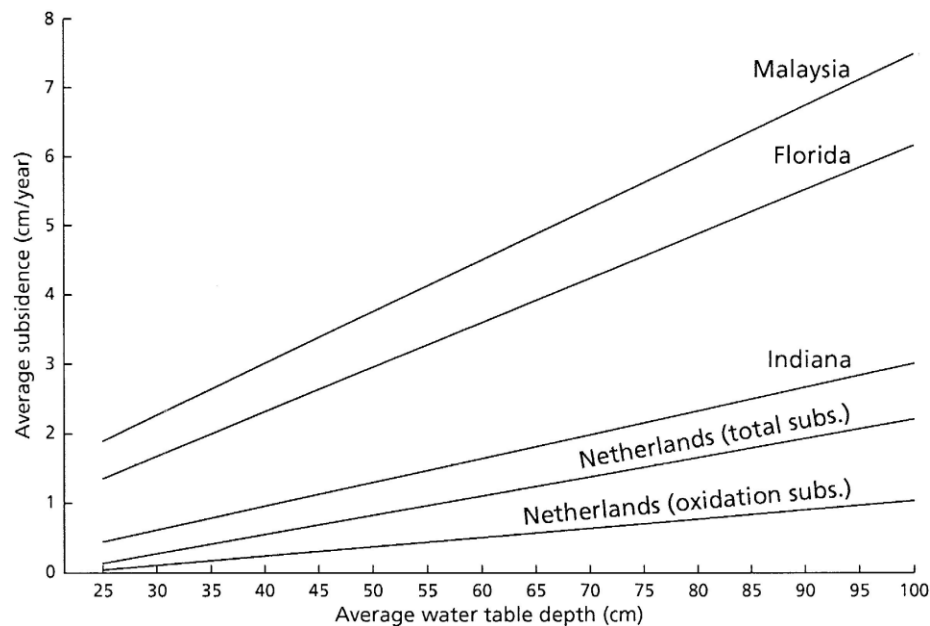
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Άλλοι μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν υποχωρήσεις στα εδάφη μετά από την αποστράγγιση μιας έκτασης είναι (Λουπασάκης, 2014):

- η στερεοποίηση λόγω μεταβολής του γεωστατικού πεδίου των τάσεων.
- η ξήρανση και η συρρίκνωσή τους.
- η διάβρωση τους από το νερό και τον αέρα.
- καθώς και η καύση τους επί σκοπό ή από ατύχημα.

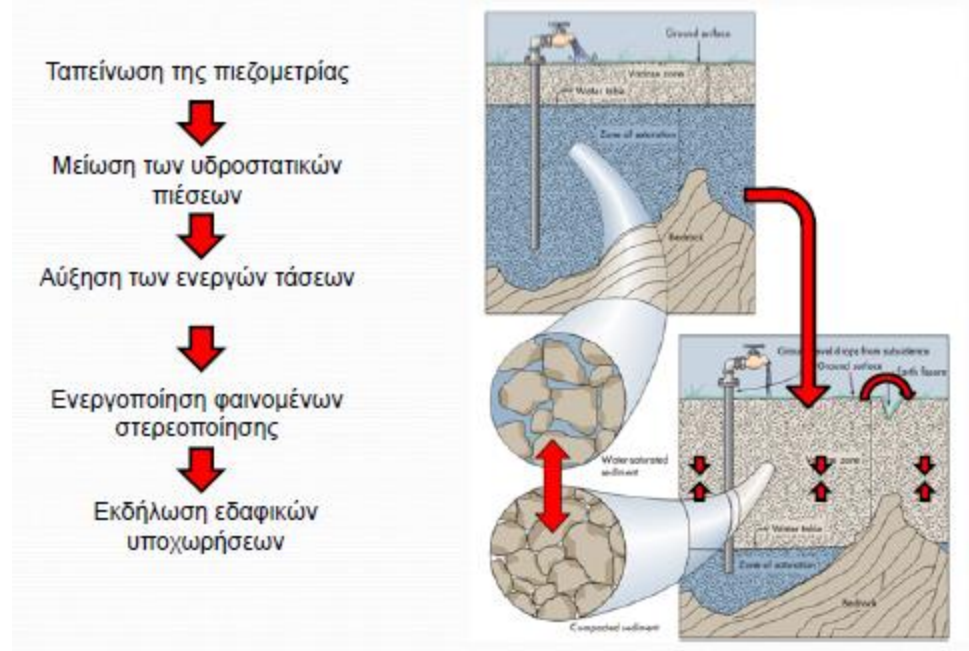
Η ένταση αυτών των μηχανισμών επηρεάζεται άμεσα από τη στάθμη των υπόγειων υδάτων. Χαμηλώνοντας την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα (Εικόνα 1-2) :

- προκαλείται μείωση των υδροστατικών πιέσεων, αύξηση των ενεργών τάσεων και τελικώς στερεοποίηση (Εικόνα 1-3).
- επιταχύνεται επίσης η διαδικασία αποσύνθεσης καθώς η μείωση του βαθμού κορεσμού του εδάφους επιτρέπει στο οξυγόνο να διεισδύει στο έδαφος και επιταχύνει την οξείδωση της οργανικής ύλης.
- ενώ η συρρίκνωση ως ένα αποτέλεσμα της αποξήρανσης εμφανίζεται κυρίως στα στρώματα πάνω από την επιφάνεια των υπόγειων υδάτων.



Εικόνα 1-2: Στο διάγραμμα παρουσιάζετε ο βαθμός εδαφικής υποχώρησης σε σχέση με το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα (Wösten et all, 1997).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 1-3: Μηχανισμός εκδήλωσης εδαφικών υποχωρήσεων λόγω αφαίρεσης ρευστών από το έδαφος (Λουπασάκης, 2014) .

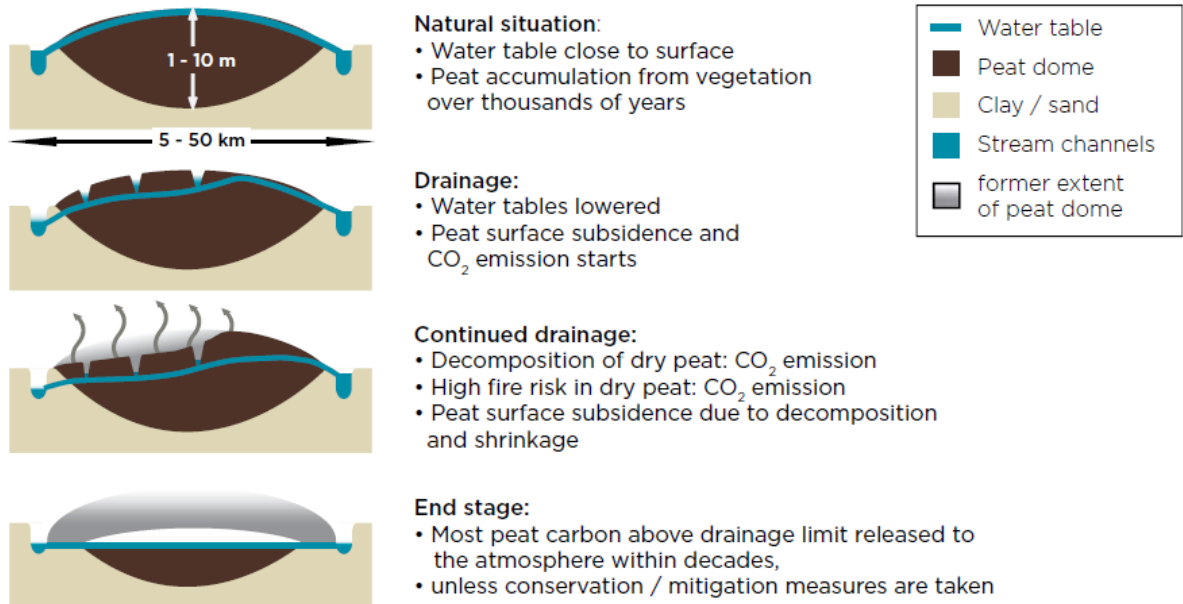
1.2 Αποσύνθεση και Οξείδωση οργανικών εδαφών

Αποσύνθεση των οργανικών του εδάφους ονομάζεται η βιολογική διαδικασία που οδηγεί στον μετασχηματισμό ενός σύνθετου οργανικού κλάσματος σε απλούστερες μορφές βιολογικών υποπροϊόντων. Οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν νεκρά οργανικά υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης. Με την διαδικασία αυτή σχηματίζονται διοξείδιο του άνθρακα, πτητικά οξέα, μεθάνιο, νερό, νέα κύτταρα και μειώνεται η περιεκτικότητα σε οργανικά στερεά στο έδαφος. Αυτά τα προϊόντα αποσύνθεσης μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του οργανικού εδάφους με την πάροδο του χρόνου (Al-Khafaji and Andersland, 1981).

Η εναπόθεση οργανικών εδαφών πραγματοποιείται κυρίως σε υγροτόπους. Λόγω της παρουσίας του νερού δεν πραγματοποιείται η διαδικασία της οξείδωσης και επομένως το οργανικό υλικό αποσυντίθεται ελαφρώς. Η ισορροπία διατηρείται επειδή ο ρυθμός συσσώρευσης είναι υψηλότερος από τον ρυθμό αποσύνθεσης-οξείδωσης. Η αποστράγγιση αυτών των περιοχών διαταράσσει αυτήν την ισορροπία και δημιουργεί τις κατάλληλες

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

αερόβιες συνθήκες κάτω από τις οποίες η οργανική ύλη οξειδώνεται, συνήθως με αργό και σταθερό ρυθμό (Εικόνα 1-4).



Εικόνα 1-4: Περιγραφή του μηχανισμού εδαφικής υποχώρησης λόγω αποστράγγισης του εδάφους (University of Leicester, n.d.).

Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διεργασία της αποσύνθεσης και της οξείδωσης μπορεί να κυμαίνεται από ημέρες έως χρόνια και εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες (Τζανακάκης,2020):

- την ποιότητα των προστιθέμενων υπολειμμάτων ως πηγής τροφής για τους εδαφικούς οργανισμούς .
- τις περιβαλλοντικές συνθήκες στο έδαφος.
- τη γηγενή μικροβιακή κοινότητα.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που ευνοούν την ταχεία αποσύνθεση και οξείδωση περιλαμβάνουν ένα περίπου ουδέτερο pH, επαρκή υγρασία εδάφους, καλό αερισμό (περίπου 60% του όγκου των εδαφικών πόρων γεμάτων νερό) και θερμές θερμοκρασίες (25 έως 35 °C).

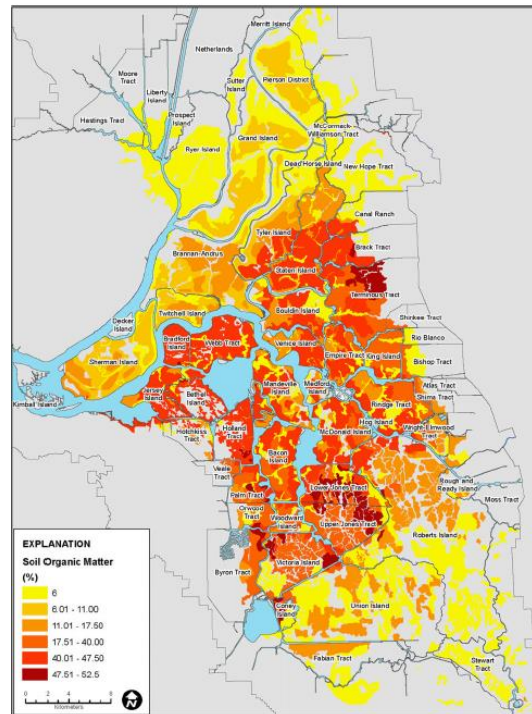
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Περιοδικές καταπονήσεις του εδάφους, όπως επεισόδια σοβαρής ξηρασίας, επιταχύνουν την διαδικασία της αποσύνθεσης εξαιτίας της δραματικής έκρηξης της μικροβιακής δραστηριότητας που συμβαίνει όταν το έδαφος επανυγραίνεται.

1.3 Το δέλτα των ποταμών Sacramento και San Joaquin, California

Οι μεγάλες εδαφικές υποχωρήσεις στο δέλτα των ποταμών Sacramento και San Joaquin αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα οξείδωσης οργανικών εδαφών. Η αποξήρανση και η καλλιέργεια των εδαφών του δέλτα από το 1850 είχε ως αποτέλεσμα την καθίζηση σε πάνω από 60 νησιά από 1 έως και πάνω από 8 μέτρα (Deverel and Leighton, 2010). Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της εδαφικής υποχώρησης είναι:

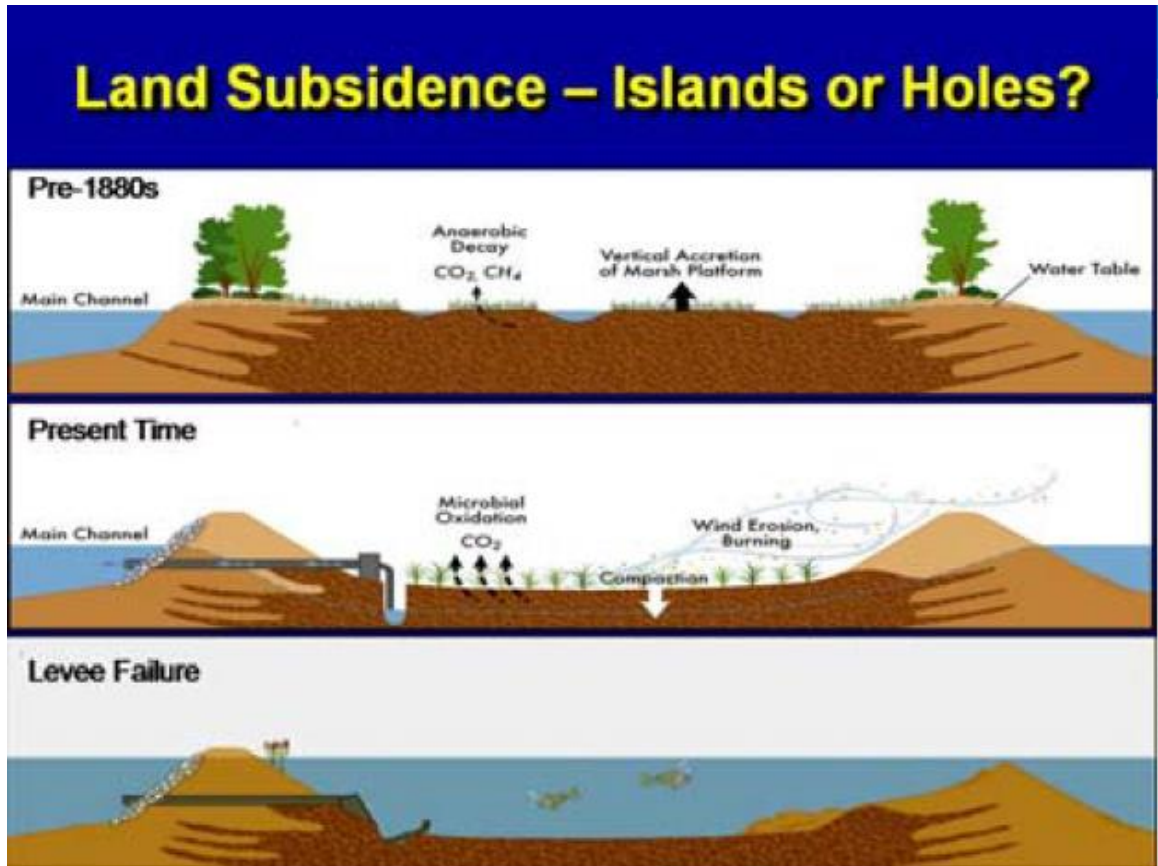
- το ποσοστό οργανικής ύλης εδάφους (Εικόνα 1-5).
- το βάθος στο οποίο βρίσκονται τα οργανικά.
- το έτος αρχικής αποστράγγισης.
- οι πρακτικές διαχείρισης όπως η καύση ή η καλλιέργεια καλλιεργειών που αφήνουν το έδαφος εκτεθειμένο στη διάβρωση του ανέμου (Deverel and Leighton, 2010).



Εικόνα 1-5: Ποσοστό περιεκτικότητας σε οργανικά των εδαφών του δέλτα των ποταμών Sacramento-San Joaquin (Deverel et al, 2016).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

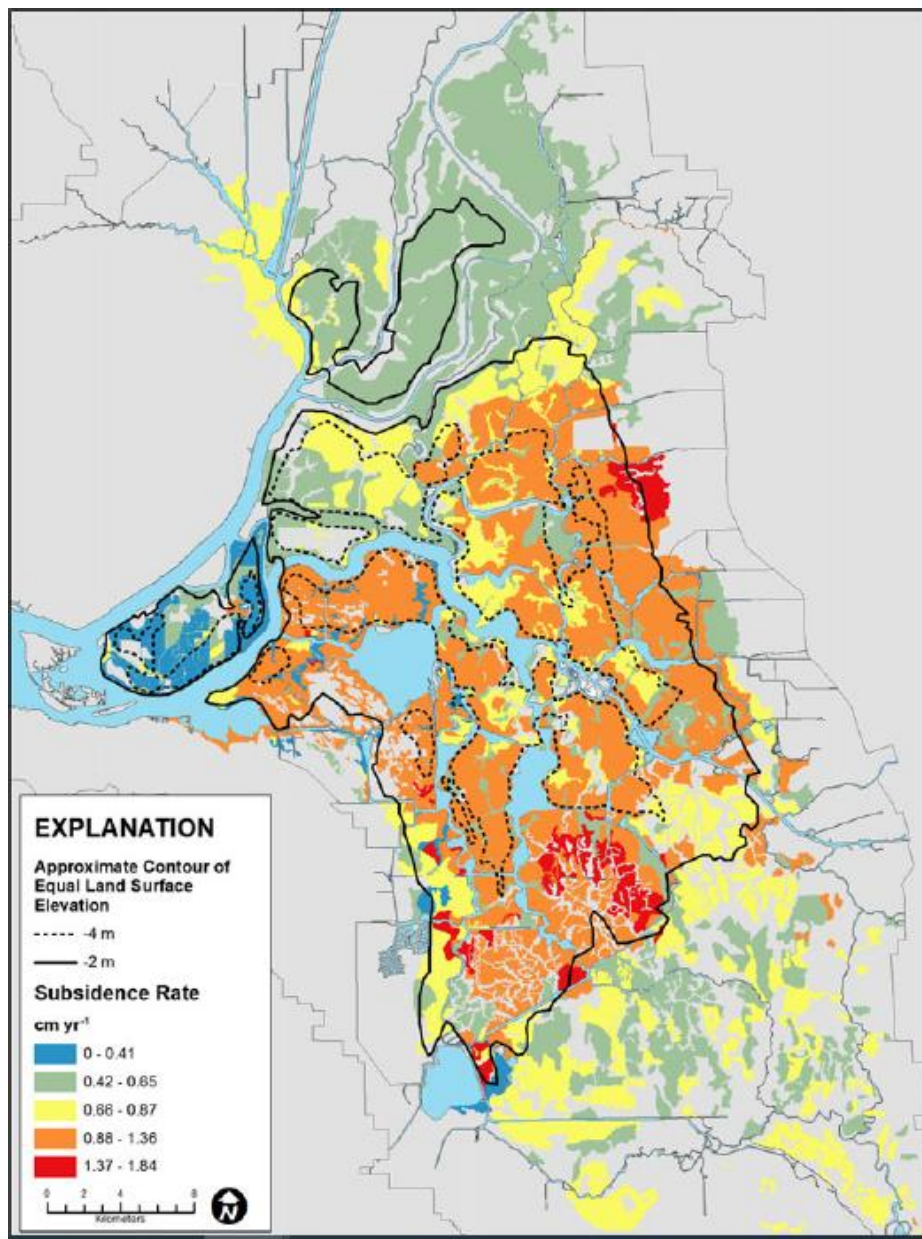
Εξαιτίας της συνεχούς εξέλιξης του φαινομένου, μελέτες γίνονται με στόχο την εκτίμηση των μελλοντικών μετακινήσεων, καθώς αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία των επιχωμάτων και σε τεράστιες οικονομικές καταστροφές (Εικόνα 1-6).



Εικόνα 1-6: Παρουσίαση του πιθανού κινδύνου αστοχίας των επιχωμάτων εξαιτίας των εδαφικών υποχωρήσεων. (Λουπασάκης, 2014).

Στην Εικόνα 1-7 φαίνεται μια εκτίμηση του ρυθμού εδαφικής υποχώρησης από πρόσφατη έρευνα στην περιοχή. Φαίνεται πως η μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά (βλ. Εικόνα 1-5) οδηγεί σε έντονες μετακινήσεις.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 1-7: Ρυθμός εδαφικών υποχωρήσεων στην περιοχή του δέλτα των ποταμών Sacramento-San Joaquin (Deverel et al., 2016).

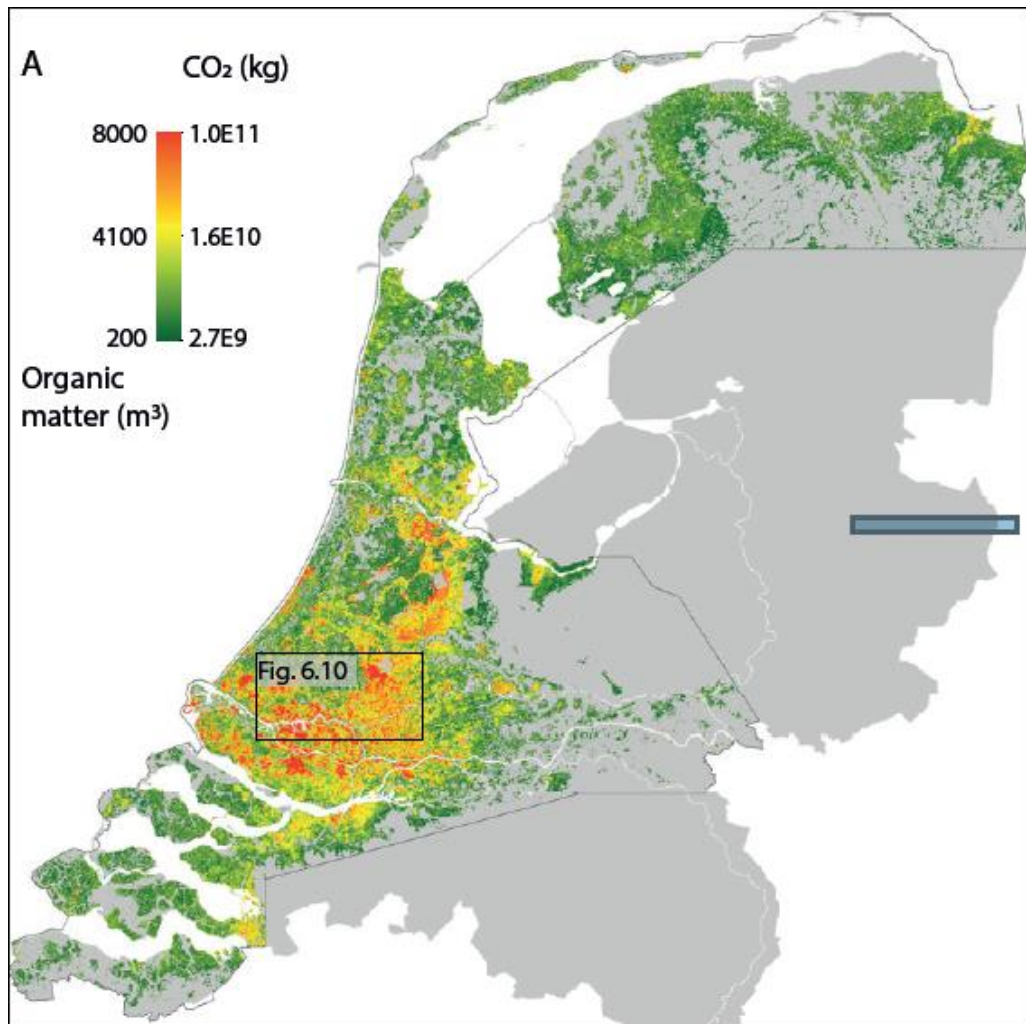
1.4 Ολλανδία

Η Ολλανδία αποτελεί μια ακόμα περίπτωση αποξήρανσης μεγάλων υγροτόπων με σκοπό την δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων, που είχε ως αποτέλεσμα μεγάλες

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

εδαφικές υποχωρήσεις. Από τον 9^ο αιώνα άρχισαν σταδιακά οι εργασίες αποξήρανσης που οδήγησαν στην εγκατάσταση ανεμόμυλων για την αποστράγγιση των περιοχών εξαιτίας των μεγάλων εδαφικών υποχωρήσεων. Όμως εξαιτίας της τεχνολογικής βελτίωσης των αποστραγγιστικών έργων οι ρυθμοί των υποχωρήσεων έχουν αυξηθεί τον 20^ο αιώνα και απαιτούν μια ορθολογική διαχείριση του προβλήματος (Λουπασάκης, 2014).

Παρόλη την μείωση των οργανικών εδαφών που έχει προκληθεί από ανθρώπινη δραστηριότητα μεγάλοι όγκοι τύρφης έχουν παραμείνει (Εικόνα 1-8) (Erkens et al, 2016).

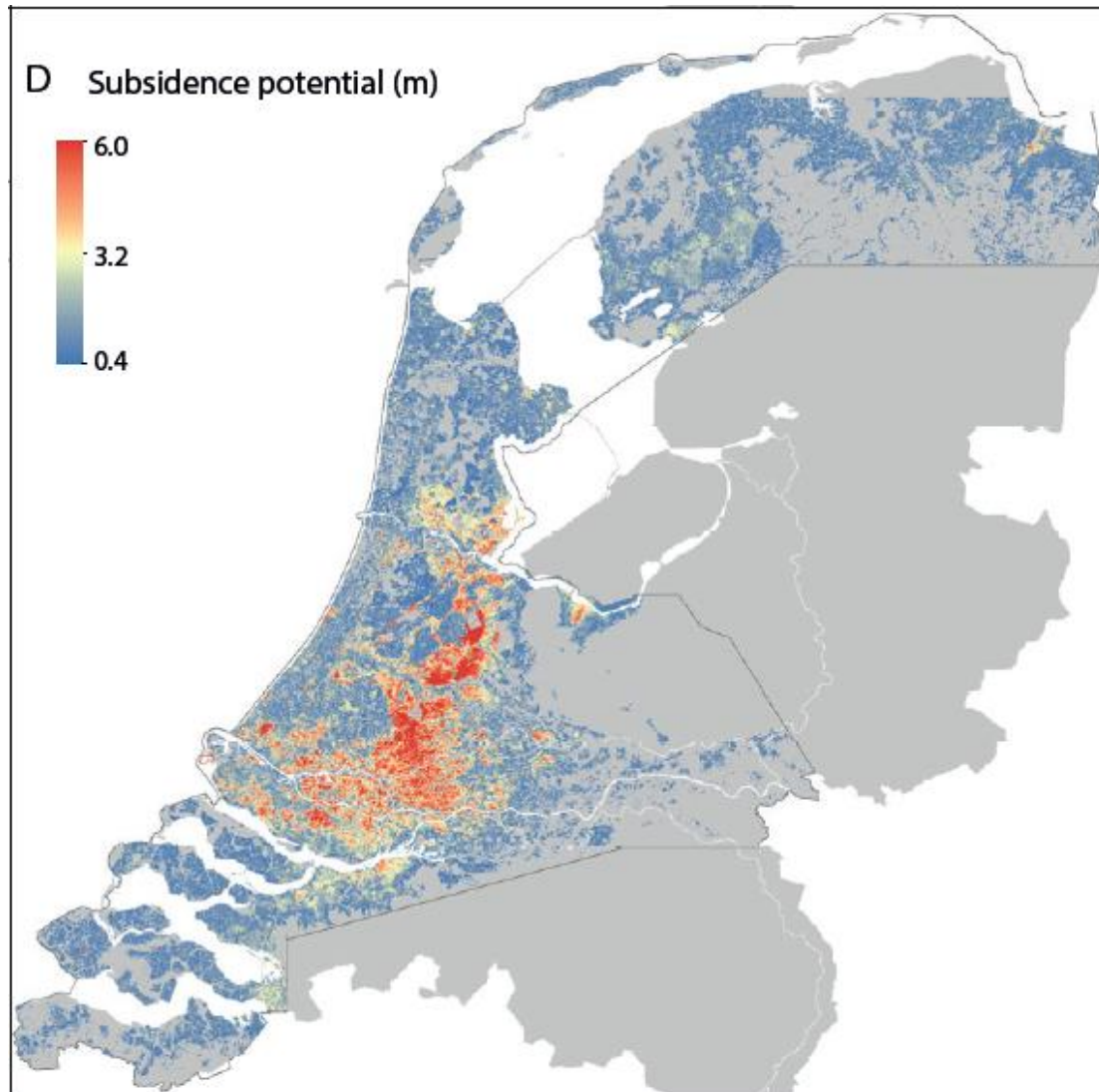


Εικόνα 1-8: Χωρική κατανομή της τύρφης στην Ολλανδία με τις περιεκτικότητες σε οργανική ύλη (Koster, 2017).

Εάν η Ολλανδία δεν αλλάξει ριζικά την διαχείριση των υπογείων υδάτων, οι αυξημένοι ρυθμοί εδαφικής υποχώρησης θα διατηρηθούν , καθώς η τύρφη θα συνεχίσει να

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

συμπιέζεται και να οξειδώνεται περαιτέρω (Εικόνα 1-9). Το συνολικό κόστος των επιπτώσεων που θα προκληθούν από τις εδαφικές υποχωρήσεις που σχετίζονται με την τύρφη εκτιμάται σε 20 δισεκατομμύρια ευρώ για την περίοδο μεταξύ 2010 και 2050, με 90% του κόστους για ζημιές σε αστικές περιοχές, και 10% σε γεωργικές εκτάσεις (Van den Born et al., 2016).



Εικόνα 1-9: Εκτίμηση της εδαφικής υποχώρησης με την ολική οξείδωση των οργανικών του εδάφους (Koster, 2017).

1.5 Οργανικά εδάφη και εδαφικές υποχωρήσεις στην Ελλάδα

Η οξείδωση των οργανικών υλικών σε συνδυασμό με τη χρήση βαρέων μηχανημάτων για καλλιέργεια είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές εδαφικές υποχωρήσεις οργανικών εδαφών στην Ελλάδα. Μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στα εδάφη των Φιλιππων εμφάνισαν ποσοστό καθίζησης 3–5 cm ανά έτος (Yassoglou, Tsadilas, & Kosmas, 2017). Οι περιοχές στις οποίες εντοπίζονται οργανικά εδάφη στην Ελλάδα παρουσιάζονται στην Εικόνα 1-10.



Εικόνα 1-10: Κατανομή οργανικών εδαφών στην Ελλάδα (Yassoglou et al., 2017).

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

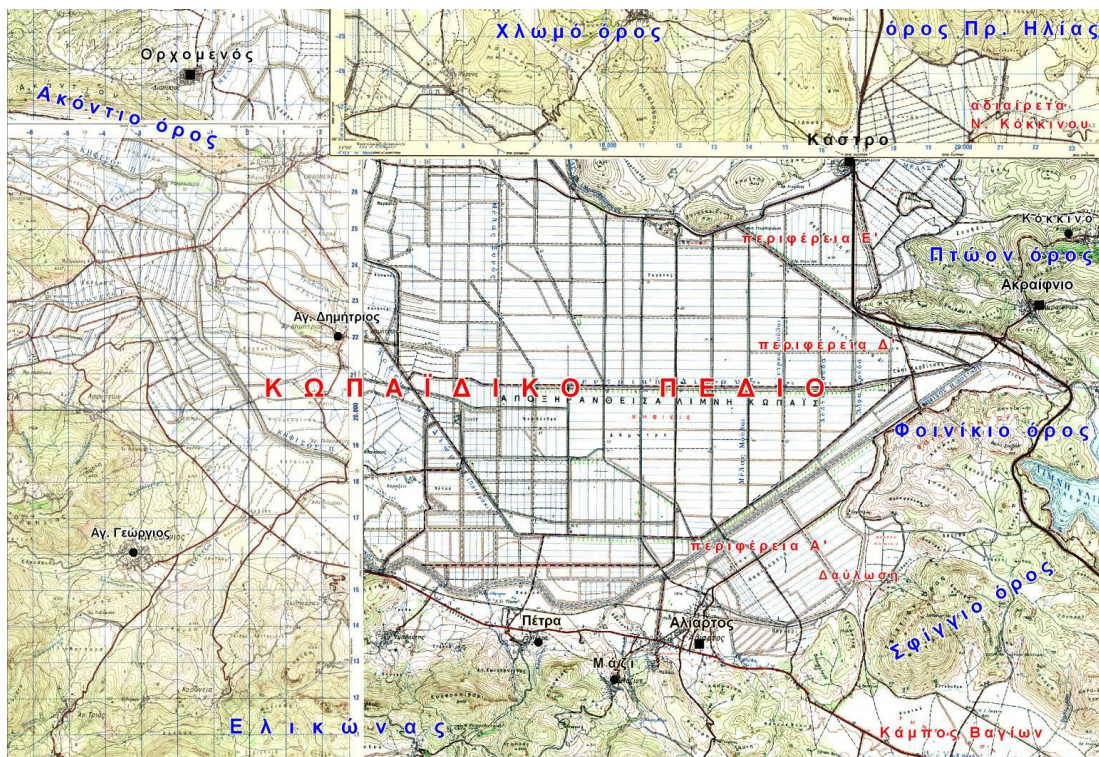
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια συνολική παρουσίαση της περιοχής μελέτης της λεκάνης της Κωπαΐδας. Αρχικά γίνεται μια σύντομη περιγραφή της γεωγραφικής θέσης και της ιστορίας της περιοχής και τέλος παρουσιάζονται αναλυτικά η μορφολογία τα γεωλογικά και τα υδρογεωλογικά στοιχεία της περιοχής.

2.1 Γεωγραφική τοποθέτηση

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, στο Νομό Βοιωτίας, 110km ΒΔ από την Αθήνα. Πρόκειται για την περιοχή που προήλθε από την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας, συνολικής έκτασης 215km². Σήμερα στη θέση της υπάρχει μια έντονα καλλιεργήσιμη περιοχή, στην απόληξη του ρου του Βοιωτικού Κηφισού (Τζιρίτης, 2008).

Οριοθετείται στα Δυτικά από τις Βόρειες απολήξεις του Ελικώνα (Τούρλα 732m) και τους ορεινούς όγκους Θούριου (511m), Ακοντίου (502m) και Υφαντείου (544m). Στα Βόρεια από τις απολήξεις του Χλωμού όρους (1801m) και από τον ορεινό όγκο του προφήτη Ηλία (636m). Στα Ανατολικά από τα Δυτικά περιθώρια του Πτώου όρους (724m) και από τους ορεινούς όγκους Φοινίκιο (339m) και Σφίγγιο (565m), ενώ τέλος οι Νότιες παρυφές της Κωπαΐδας οριοθετούνται από την Βορειοανατολική πλευρά του Ελικώνα (υψώματα Πέτρα, Κουφοσπιθάρι, Λυκοφός, Χάρμαινα και Αγνάντιο) (Τζιρίτης, 2008).

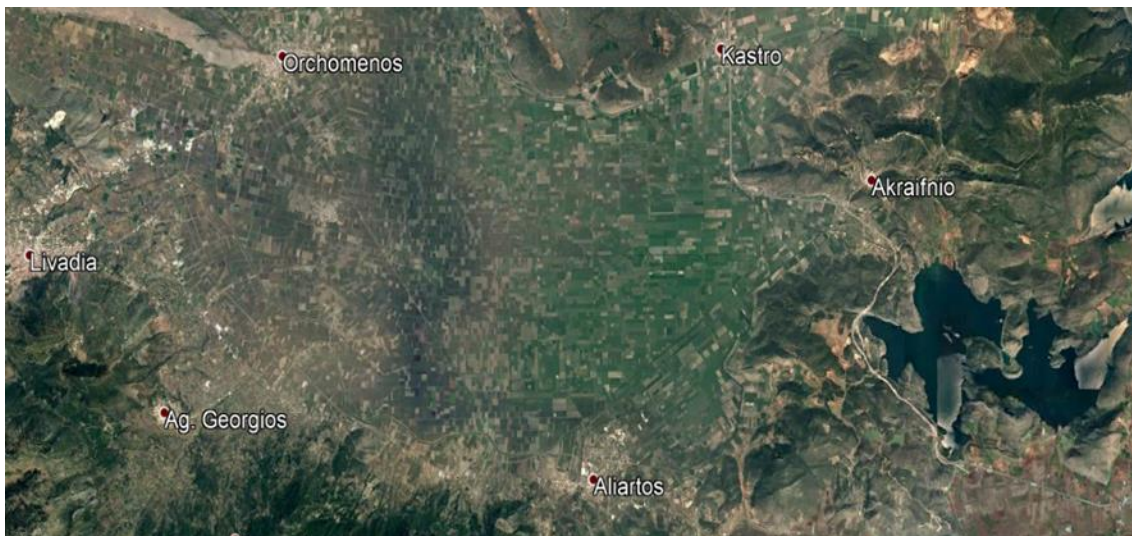
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 2-1: Τοπογραφικός χάρτης λεκάνης Κωπαΐδας (πηγή ΓΥΣ, φύλλα Βάγια, Λάρυμνα, Λιβανάτες, Λιβαδειά, Ελάτεια και Θήβα)

Οι μεγαλύτερες πόλεις που βρίσκονται στη περιοχή (Εικόνα 2-2) είναι η Λιβαδειά στα Νοτιοδυτικά και η Θήβα στα Νοτιοανατολικά, ενώ μικρότερες είναι ο Ορχομενός στα Βορειοδυτικά, το Κάστρο και το Ακράϊφνιο στα Βορειοανατολικά και ο Αλιάρτος στα Νότια.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 2-2: Δορυφορική απεικόνιση της λεκάνης της Κωπαΐδας από Google Earth

2.2 Ιστορικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή της Κωπαΐδας κατοικούνταν από τα προϊστορικά ακόμα χρόνια, αφού έχουν βρεθεί σε σπηλαιοκαταβόθρες της περιοχής αντικείμενα της Νεολιθικής εποχής. Σύμφωνα με μαρτυρίες από τον Πausανία και τον Στράβωνα, η Κωπαΐδα αποτελούσε περιοδική λίμνη, με συχνές μεταβολές τις στάθμης της. Το χειμώνα τα νερά της έφθαναν στο μέγιστο ύψος και το καλοκαίρι άλλοτε υποχωρούσαν τελείως και άλλοτε δημιουργούσαν σποραδικά μικρά έλη (Παπαδοπούλου, 1990).

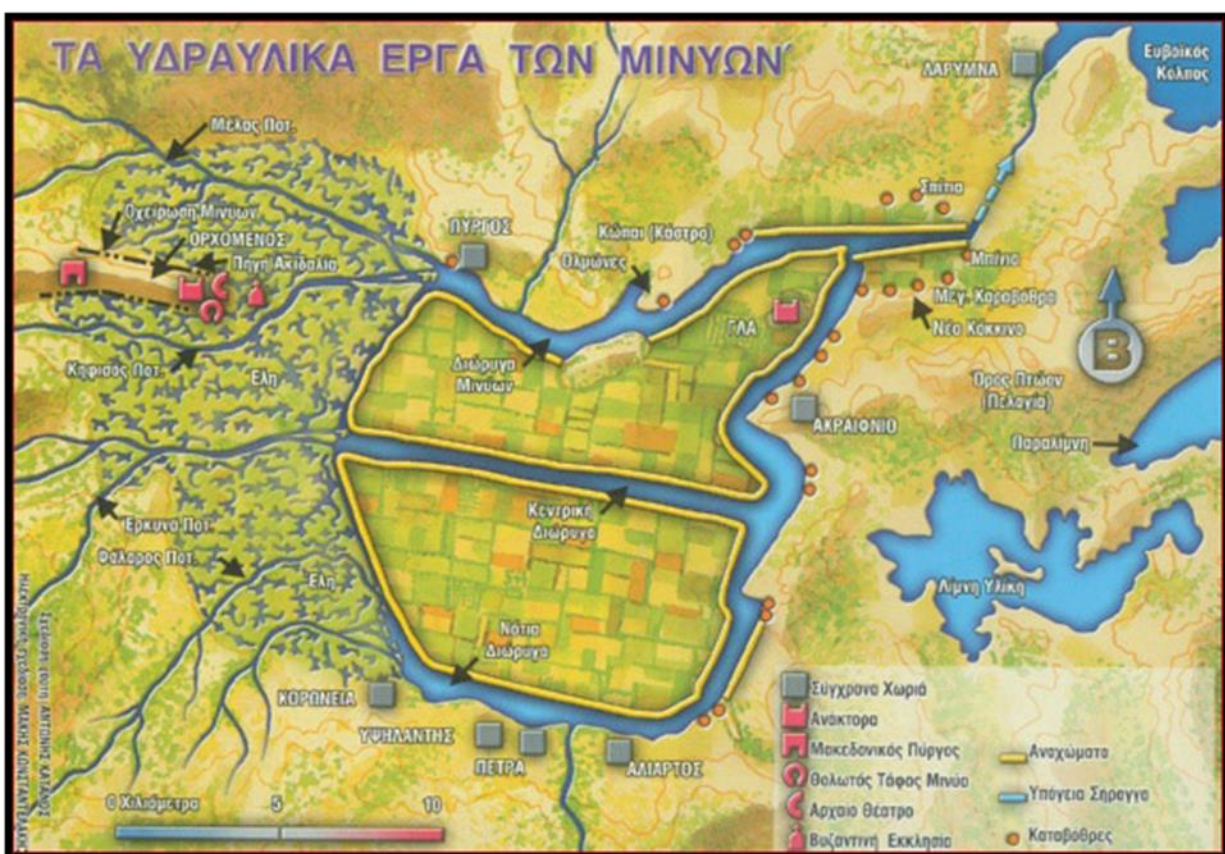
2.2.1 Μινύες και αποστραγγιστικά έργα στην λίμνη Κωπαΐδα

Οι πρώτες προσπάθειες για την αποξήρανση της λίμνης έγιναν κατά το 14ο π.Χ. αιώνα από το λαό των Μινύων, που ήταν έμπειρος στα υδραυλικά έργα. Οι Μινύες ήταν φύλο ειρηνικό το οποίο είχε αναπτύξει εμπορικές σχέσεις με άλλα ελληνικά φύλα, κάτι που είχε σαν αποτέλεσμα την απόκτηση μεγάλου πλούτου και δύναμης. Άλλωστε είναι χαρακτηριστικό πως κατά τη διαδοχή των βασιλιάδων του Ορχομενού δεν υπήρχαν βιαιοπραγίες και σφετερισμοί. Εκπληκτικές για την εποχή τους ήταν τόσο οι υδραυλικές γνώσεις τους όσο και αυτές στον τομέα της ναυσιπλοΐας, κάτι που έκανε την πρωτεύουσά τους, τον Ορχομενό, άξια συναγωνισμού των θησαυρών των Μυκηνών, του Άργους, της Πύλου αλλά ακόμα και της Αιγυπτιακής Θήβας (www.orchomenos.gr).

Οι Μινύες, με τη δημιουργία αναχωμάτων συνολικού μήκους περί τα 20 km, ώθησαν τα νερά των κυριότερων ποταμών της περιοχής (Βοιωτικός Κηφισός και Μέλανας) στις

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

φυσικές καταβόθρες του βορειοανατολικού άκρου της λεκάνης, από όπου παροχετεύονταν κατά κύριο λόγο στον Ευβοϊκό Κόλπο (Κnauss, 1991) .Έτσι κατόρθωσαν να αποστραγγίσουν τμήματα της λίμνης και να τα μεταβάλουν σε εύφορα κομμάτια καλλιεργήσιμης γης. Ο σχεδιασμός των έργων αυτών πραγματοποιήθηκε από τον Ορχομένο, γιο του βασιλιά Μινύα. Ο Μ. Καμπάνης μαζί με τον μηχανικό Lallier ήταν αυτοί που πρώτοι επιχείρησαν να κάνουν ανασκαφές για την εύρεση των αρχαίων αποστραγγιστικών καναλιών το 1891-1892(Εικόνα 2-3).



Εικόνα 2-3: Κάτωση των υδραυλικών έργων των Μινύων με βάση τις θεωρίες του Καμπάνη.

Μεγάλης ιστορικής σημασίας είναι το αρχαίο οχυρό του Γλά, το οποίο είναι χτισμένο πάνω σε έναν απόκρημνο βράχο στον ανατολικό μυχό του τεκτονικού βυθίσματος της Κωπαΐδας (Εικόνα 2-4). Στην κορυφή του λόφου υπάρχει οχυρωμένη ακρόπολη κατασκευασμένη από τους Μινύες. Πριν την αποξήρανση της Κωπαΐδας από τους Μινύες ο Γλας ήταν νησί. Μετά τα αποστραγγιστικά έργα των Μινυών ο λόφος έγινε προσβάσιμος

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

από την ξηρά, οπότε τότε και οχυρώθηκε. Πρόκειται για ένα κολοσσιαίο οχυρωματικό έργο, επταπλάσιο σε έκταση από τις Μυκήνες και δεκαπλάσιο από την Τίρυνθα, με αποτέλεσμα να αποτελεί τη μεγαλύτερη μυκηναϊκή οχύρωση (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).



Εικόνα 2-4 Κάστρο Γλα στην λεκάνη της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019)

2.2.2 Ιστορικό της αποξήρανσης της Κωπαΐδας από το Νέο Ελληνικό Κράτος.

Μετά την απελευθέρωση και την ανασύσταση του Ελληνικού κράτους το 1830, οι πρώτες σκέψεις και προτάσεις για την αποξήρανση άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους. Το 1833 ο Ιωάννης Κωλέττης πρέσβης της Ελλάδας στο Παρίσι υποδεικνύει στους Γάλλους κεφαλαιούχους, στους τραπεζίτες και στις μεγάλες επιχειρήσεις το θέμα της αποξήρανσης της Κωπαΐδας. Τελικά χρειάστηκαν πάνω από 50 χρόνια, μέχρι να αποδοθεί στην καλλιέργεια η λεκάνη της Κωπαΐδας.

Παρακάτω παρατίθεται μια συνοπτική περιγραφή των προσπαθειών που έγιναν για την αποξήρανση της λίμνης, που χρονολογικά έχουν ως εξής (“Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ,” 2013), (“Η Κωπαΐδα - Ιστορικό,” n.d.):

- Το 1834, μηχανικοί του βασιλιά Όθωνα συνέταξαν μελέτη αποξήρανσης, όμως δεν δόθηκε συνέχεια.
- Το 1836 ο Βαυαρός γεωμέτρης D.A Gebhard (Γκέμπχαρντ) ανέλαβε την τοπογραφική καταγραφή της περιοχής Κωπαΐδας. Την περίοδο αυτή λόγω της μεγάλης ξηρασίας τα νερά της λίμνης είχαν σχεδόν στερέψει. Ο Gebhard κατέγραψε όλες τις καταβόθρες και σχεδίασε μια μελέτη αποξήρανσης της λίμνης την οποία παρέδωσε στη γραμματεία των Εσωτερικών. Ο προϋπολογισμός του έργου, σύμφωνα με τον βαυαρό γεωμέτρη, ανερχόταν στο ποσό του 1.664.000 δρχ. Το έργο δεν εκτελέστηκε λόγω υψηλού, για την εποχή, κόστους.
- Το 1844, ο ειδικός στις αποξηράνσεις, Γάλλος μηχανικός, Σωβάτζ(Sauvage) συνέταξε μελέτη αποξήρανσης η οποία δεν υλοποιήθηκε λόγω υψηλού κόστους, αλλά οι προτάσεις του δωρίστηκαν στην Ελληνική Κυβέρνηση.
- Το 1853, ο καθηγητής δημοσίων έργων Παπαγεωργίου, με εντολή της Κυβέρνησης συνέταξε μελέτη αποξήρανσης, στη λογική των έργων των αρχαίων Μινύων, δηλαδή η αποστράγγιση θα γινόταν μέσω της Μεγάλης Καταβόθρας που βρίσκεται στον οικισμό Άγιος Ιωάννης στο Νέο Κόκκινο. Το έργο δεν υλοποιήθηκε λόγω υψηλού κόστους.
- Το 1858, Άγγλοι επιχειρηματίες ενδιαφέρθηκαν για το θέμα της αποξήρανσης, αλλά οι προτάσεις τους που αφορούσαν την εκμετάλλευση των εκτάσεων και της γύρω περιοχής, απορρίφθηκαν από την Ελληνική Κυβέρνηση. Οι προτάσεις των Άγγλων

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

προέβλεπαν, την αφορολόγητη εκμετάλλευση των αποξηραμένων εκτάσεων για τα πέντε πρώτα χρόνια και την παραχώρηση της διαχείρισης του κάμπου για 99 χρόνια με πληρωμή στο κράτος του 20% πάνω στα παραγόμενα προϊόντα.

- Το 1865 παρουσιάζεται ως εκπρόσωπος των Γάλλων κεφαλαιούχων ο Σαρραζίν Μομφεριέρ ο οποίος εκδηλώνει το ενδιαφέρον του για την ανάληψη του έργου της αποξήρανσης. Στις 22 Ιουλίου του 1865 η κυβέρνηση Α. Κουμουνδούρου υπογράφει την σχετική σύμβαση η οποία προβλέπει την παραχώρηση της εκμετάλλευσης του κάμπου για 99 χρόνια. Μετά την προθεσμία αυτή 80.000 στρέμματα θα ανήκαν στον Μομφεριέρ και 160.000 στρέμματα στους αγρότες της Βοιωτίας και της Λοκρίδας. Φαίνεται όμως ότι ο Μομφεριέρ δεν είχε τις δυνατότητες να εκτελέσει ένα τόσο μεγάλο έργο. Αναγκάστηκε να το παραχωρήσει στον Γάλλο Ερρίκο Μπονέρ. Τελικά ούτε αυτός μπόρεσε να κάνει τίποτα και έτσι η Ελληνική κυβέρνηση αναγκάστηκε να τους κηρύξει έκπτωτους.
- Το 1866, Ελληνική επιτροπή προσπάθησε να κινητοποιήσει Έλληνες ομογενείς, ώστε να αναλάβουν τη χρηματοδότηση του έργου, χωρίς αποτέλεσμα.
- Το 1876, Όμιλος Ελληνικών Τραπεζών υπέβαλλε πρόταση στην Ελληνική Κυβέρνηση να συσταθεί Ανώνυμη Εταιρεία για την υλοποίηση του έργου, αλλά το θέμα δεν είχε συνέχεια.
- Το 1879, ο Γάλλος πολιτικός μηχανικός Μουλέ, προτείνει να μη στηριχθεί η αποξήρανση στο σχέδιο Σωβάζ, δηλαδή στην παροχέτευση των υδάτων στις καταβόθρες, αλλά στις δύο λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη, μέσω τεχνητής υπόγειας διώρυγας, οι οποίες θα λειτουργούσαν και ως δεξαμενές-αποταμιευτήρες, για την άρδευση των καλλιεργειών τους θερινούς μήνες.
- Το 1880, υπογράφεται σύμβαση μεταξύ της Ελληνικής Κυβέρνησης και της Γαλλικής εταιρείας με την επωνυμία: 'Γαλλική Εταιρεία προς αποξήρανση και καλλιέργειαν της Κωπαΐδας λίμνης' για την εκτέλεση του έργου με τους ίδιους όρους που προβλέπονταν στη σύμβαση Μονφερριέρ και με τις αναγκαίες τροποποιήσεις στα σχέδια Σωβάζ.

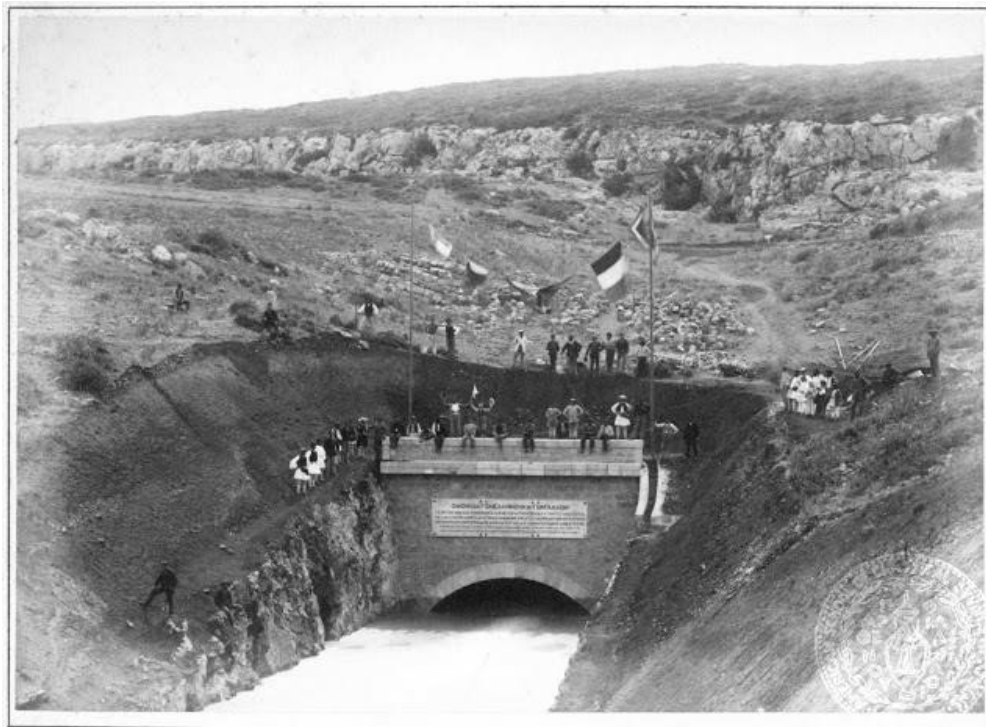
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Το 1882 αρχίζουν επιτέλους τα έργα και παρά τις αντίξοες συνθήκες και πολλές δυσκολίες, το έργο ολοκληρώνεται.
- Τον Ιούνιο 1886 γίνονται τα εγκαίνια, με κάθε λαμπρότητα όπως ταιριάζει σε ένα τόσο μεγάλο έργο (Εικόνα 2-5)(Εικόνα 2-6).



Εικόνα 2-5: Λίμνη Κωπαΐδα 1886 (Η φωτογραφία περιέχεται σε φωτογραφικό λεύκωμα με τον τίτλο DESSECHEMENT DU LAC COPAIS INAUGURATION DU 12 JUIN 1886. © Gennadius Library Archives).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 2-6: Άποψη από το ψηλότερο σημείο της σήραγγας της Καρδίτσας

- Το 1887 η Κωπαΐδα ξαναγίνεται λίμνη. Οι Γάλλοι μηχανικοί Ταράτ και Ποσσέ κάνουν έκαναν το λάθος να μη λάβουν υπόψη τους ότι ο πυθμένας της λίμνης αποτελείτο από τύρφη πάχους 4 μέτρων, που πήρε φωτιά μετά την αποξήρανση και καιγόταν σε έκταση δεκάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων χωρίς να μπορεί να σβηστεί για πολλά χρόνια. Εξαιτίας αυτού η επιφάνεια του εδάφους έπεσε περισσότερο από τρία μέτρα με αποτέλεσμα να βρεθεί η διώρυγα αιωρούμενη και άχρηστη για το έργο για το οποίο κατασκευάστηκε.
- Το 1887 η Γαλλική εταιρεία, μη μπορώντας να ανταπεξέλθει οικονομικά στην ανακατασκευή του έργου, εκχωρεί τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις στην Αγγλική εταιρεία 'Lake Copais Co LTD'. Η Ελληνική Κυβέρνηση αναγνώρισε την εκχώρηση αυτή και η ανακατασκευή ξεκινά με τους Άγγλους να κάνουν πολλά πρόσθετα αποστραγγιστικά και αρδευτικά έργα, με διώρυγες, τάφρους και φράγματα σε διάφορα σημεία.
- Το 1892, τελειώνουν τα έργα ανακατασκευής και η λίμνη Κωπαΐδα αποστραγγίζεται οριστικά.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Το 1953 απαλλοτριώνεται η έκταση, μοιράζεται σε ακτήμονες και δημιουργείται ο Οργανισμός Κωπαΐδας με σκοπό την προγραμματισμένη καλλιέργεια, τη βελτίωση και συμπλήρωση των έργων και των εγκαταστάσεων, ώστε ν' αυξηθεί η παραγωγή. Η διάθεση της έκτασης των 240.289 στρεμμάτων, έγινε ως ακολούθως:
 - 1.862 στρ. παραχωρήθηκαν στους περιοίκους της Υλίκης
 - 28.427 στρ. ήταν οι απαιτήσεις τρίτων από το Δημόσιο
 - 145.000 στρ. παραχωρήθηκαν σε μισθωτές
 - 48.000 στρ. για καλλιέργεια από την εταιρεία
 - 17.000 στρ. για κοινωφελή έργα (δρόμοι, διώρυγες κ.λ.π.)
- Το 1977 η παλαιά σήραγγα της Καρδίτσας (ή Ακραιφνίου), μέσω της οποίας οδηγούνταν τα νερά της Κωπαΐδας στην Υλίκη, αντικαθίστανται από νέα, μεγαλύτερης παροχευτικότητας, η οποία λειτουργεί έως σήμερα. Η παλαιά σήραγγα διατηρείται επισκευασμένη αναμένοντας να παραλάβει τις υπερχειλίσεις της νεότερης.



Εικόνα 2-7: Άποψη παλαιά σήραγγας Καρδίτσας σήμερα (“Η Κωπαΐδα - Ιστορικό,” n.d.).

2.3 Γεωλογία περιοχής

Σύμφωνα με διδακτορική διατριβή, «Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας», της Παπαδοπούλου-Βруνιώτη το 1990: *“Το προνεογενές υπόβαθρο της περιοχής μελέτης ανήκει κατά το μεγαλύτερο μέρος στη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας και μόνο στο δυτικό της τμήμα εμφανίζονται οι ζώνες Παρνασσού - Γκιώνας και Βοιωτική. Στη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας και στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας επικρατούν οι νηρητικοί ασβεστόλιθοι. Η ανθρακική ιζηματογένεση στους ασβεστόλιθους της ζώνης της Αν. Ελλάδας άρχισε κατά το Αν. Ιουρασικό (Μάλμιο) και συνεχίστηκε μέχρι το Κατ. Κρητιδικό. Στους ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας η ιζηματογένεση συνεχίστηκε μέχρι το Αν. Κρητιδικό (Σενώνιο). Πολύ σημαντική είναι η ανάπτυξη του φλύσχη, ο οποίος εμφανίζεται και στις δύο ζώνες. Η ιζηματογένεση του στη ζώνη της Αν. Ελλάδας άρχισε κατά το Παλαιόκαινο και σταμάτησε κατά το Μέσο-Αν. Ηώκαινο. Κατά το Παλαιόκαινο άρχισε η ιζηματογένεση και στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, στην οποία συνεχίστηκε μέχρι τα τέλη του Κατ. Μειόκαινου. Οι δολομίτες, που εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής ανήκουν επίσης στη ζώνη της Αν. Ελλάδας. Πρόκειται για σχηματισμούς του άνω-μέσο Τριαδικού και μαζί με τους περιδοτίτες του οφιολιθικού καλύμματος αποτελούν τους παλαιότερους πετρολογικούς σχηματισμούς της περιοχής. Αποτέλεσμα της παλαιοτεκτονικής των εσωτερικών ζωνών της Βοιωτικής ζώνης αποτελεί ο βοιωτικός φλύσχος .”*

Νεογενείς σχηματισμοί εμφανίζονται μόνο στα ΒΔ και στα ΒΑ της περιοχής. Πρόκειται κύρια για λιμναίες Πλειοκαινικές αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, μάργων, μαργαϊκών ασβεστόλιθων, ψαμμιτών, άμμων και αργίλων με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις. Οι λιμναίες πλειοκαινικές αποθέσεις, που εκτείνονται βόρεια και νότια της Κωπαΐδας αποτελούν υπολείμματα Πλειοκαινικών λιμνών ή μιας ενιαίας λίμνης, άρα κατά την περίοδο του πλειοκαίνου η περιοχή αποτελούσε μια εκτεταμένη λιμναία λεκάνη. Σε μεταγενέστερη φάση οι αποθέσεις αυτές, λόγω ποικίλων τεκτονικών κινήσεων, κατακερματίστηκαν, ανυψώθηκαν ή καταβυθίστηκαν με αποτέλεσμα σήμερα να είναι διάσπαρτες σε διάφορες θέσεις. Στην περιοχή του Ελικώνα, με τα μεγάλα υψόμετρα και τις μεγάλες κλίσεις, πουθενά δε συναντώνται Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις. Αυτό σημαίνει ότι ο Ελικώνας από το Πλειόκαινο και μετά δε ξαναπροσχώθηκε και ότι τα Πλειοκαινικά ιζήματα που άλλοτε τον κάλυπταν έχουν εντελώς διαβρωθεί. Τα διαβρωμένα αυτά ιζήματα στη συνέχεια επανατοποθετήθηκαν και

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

σήμερα βρίσκονται στην περιοχή των Θηβών με τη μορφή κροκαλοπαγών. Το γεγονός αυτό φανερώνει την ταχύτερη ανυψωτική κίνηση του νότιου τμήματος σχετικά με το βόρειο. Βόρεια, όπου επικρατούν χαμηλότερα υψόμετρα και πολύ περισσότερες θέσεις με μικρή κλίση η μηχανική διάβρωση ήταν μικρότερη και κατά συνέπεια η εξάπλωση των Πλειοκαινικών ιζημάτων πολύ μεγαλύτερη. (Παπαδοπούλου-Βρυγιώτη, 1990)

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες καλύπτουν την αποξηραμένη λίμνη της Κωπαΐδας αποτελούνται από αργίλους με μικρές ενδιαστρώσεις τύρφης, μαργών και λιγνιτών. Σύμφωνα με στοιχεία από γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ, οι αποθέσεις αυτές φθάνουν μέχρι το βάθος των 220 m τουλάχιστον. Από παλινολογικές αναλύσεις προκύπτει ότι πιθανώς δημιουργήθηκαν κατά το Κατ. Πλειστόκαινο. Τεταρτογενείς αποθέσεις εντοπίζονται και στα ασβεστολιθικά έγκοιλα της περιοχής αποτελούμενες από ερυθρές αργίλους του τύπου Terra-gossa. Τεταρτογενείς τέλος είναι οι κώνοι κορημάτων και οι κώνοι πρόσχωσης, που συναντώνται στα νότια κυρίως περιθώρια της πρώην λίμνης Κωπαΐδας (Κουμαντάκης, 1967).

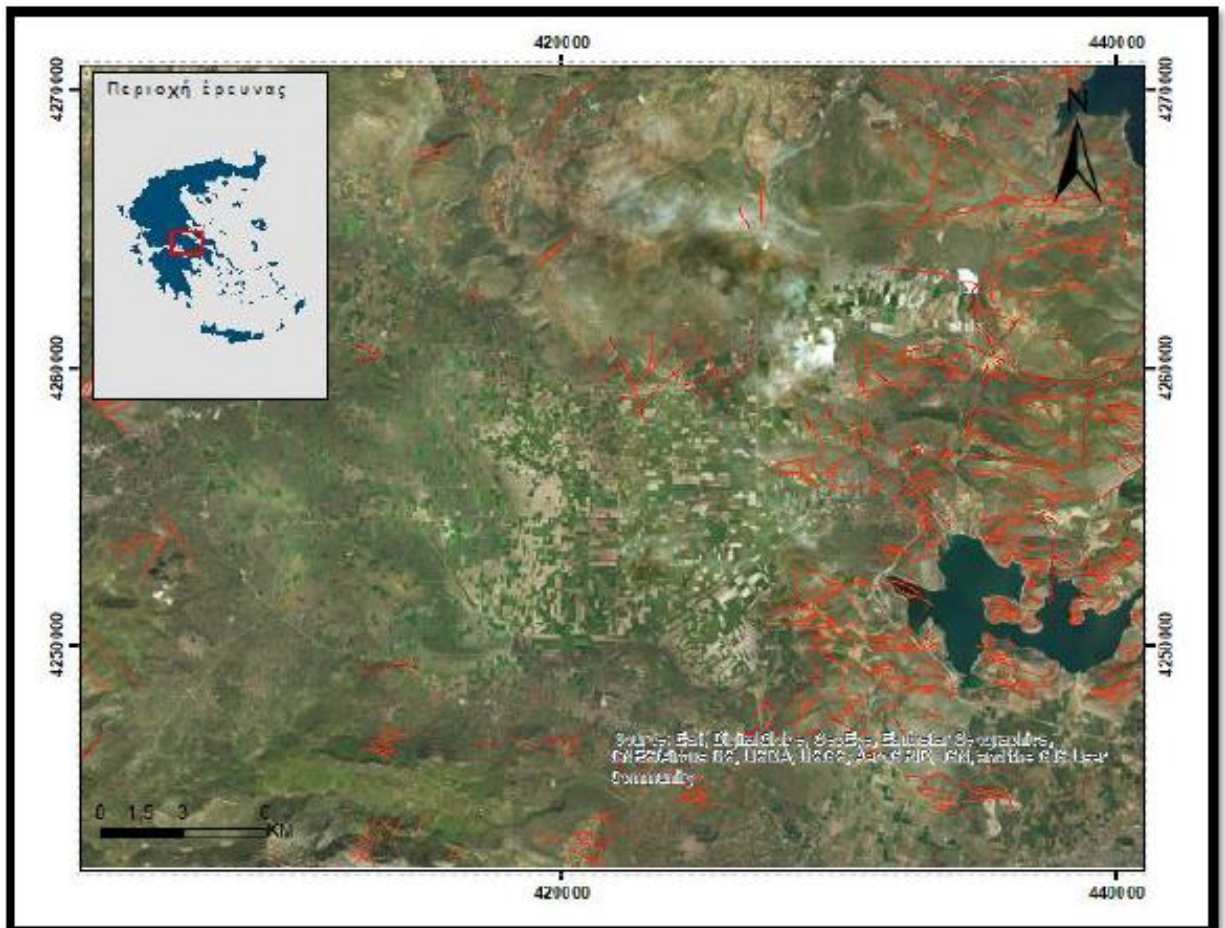
2.4 Γεωτεκτονικά στοιχεία περιοχής

Σημαντικό γεγονός αποτελεί το ότι στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας έχει επωθηθεί τόσο η ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας όσο και η Βοιωτική. Οι εφαπτομενικές κινήσεις και οι επωθήσεις, οι οποίες έλαβαν χώρα κατά το Μέσο-Αν.Ιώκαινο, είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλες ανθρακικές μάζες να επωθηθούν πάνω σε αδιαπέρατους σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν τοπικά επίπεδα βάσης της καρστικής διάβρωσης, που εντοπίζεται σε διάφορες θέσεις της περιοχής. Τα στρώματα εμφανίζονται συχνά σε σύγκλινα και αντίκλινα με το φλύσχη στον άξονα των συγκλίνων (Παπαδοπούλου, 1990).

Σύμφωνα με διδακτορική διατριβή, «Γεωμορφολογική μελέτη της περιοχής Κωπαΐδας», της Παπαδοπούλου-Βρυγιώτη το 1990 : *“Η μικροτεκτονική ανάλυση που έχει γίνει στην περιοχή Λοκρίδας-Βοιωτίας (Ροντογιάννη, Θ. 1984) οδήγησε στο συμπέρασμα ότι έντονες εφελκυστικές τάσεις είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών και μεγάλων κανονικών ρηγμάτων. Η πρώτη εφελκυστική φάση με κύρια διεύθυνση επέκτασης ΒΑ-ΝΔ τοποθετείται κατά και μετά την πλειοκαινική περίοδο. Η φάση αυτή προκάλεσε τη δημιουργία των πλειοκαινικών λεκανών και μετά την ιζηματογένεση αυτών επηρέασε τους λιμναίους σχηματισμούς. Η δεύτερη εφελκυστική φάση έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και είναι τεταρτογενούς*

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

ηλικίας. Σ' αυτή οφείλεται η επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων ρηγμάτων, η δημιουργία νέων καθώς και ο σχηματισμός του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου, που κατά το Αν. Πλειστόκαινο κατακλύστηκε από τη θάλασσα. Ο ρηξιγενής τεκτονισμός, στον οποίο οφείλεται η δημιουργία του Φωκικού - Βοιωτικού βυθίσματος πρέπει να άρχισε στις αρχές του Πλειοκαίνου αφού, όπως αναφέρουν τα γεωφυσικά δεδομένα, το βύθισμα έχει πληρωθεί με πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις. Στις όχθες της λεκάνης της Κωπαΐδας τόσο τα Τριαδικά όσο και τα Κρητιδικά στρώματα εμφανίζονται συχνά διαρρηγμένα από νέα ρήγματα. Η ρηματογόνος τεκτονική προκάλεσε γενικά μεγάλες μετακινήσεις που είχαν σαν αποτέλεσμα το άλμα των μεταπτώσεων στους ασβεστόλιθους να ξεπεράσει τα 100 m. Η κατάσταση αυτή επηρέασε επίσης το φλύσχη, έτσι ώστε να παρατηρείται συχνά ανώμαλη επαφή μεταξύ των μεσαίων και των ανώτερων ψαμμιτικών στρωμάτων αυτού. ”



Εικόνα 2-8: Θέσεις ρηγμάτων στην περιοχή της Κωπαΐδας σύμφωνα με τα φύλλα ΓΓΜΕ(ΛΑΡΥΜΝΑ, ΒΑΓΙΑ, ΘΗΒΑ) όπως αυτά ψηφιοποιήθηκαν από την Καραθάνου-Νικολαΐδη το 2019.

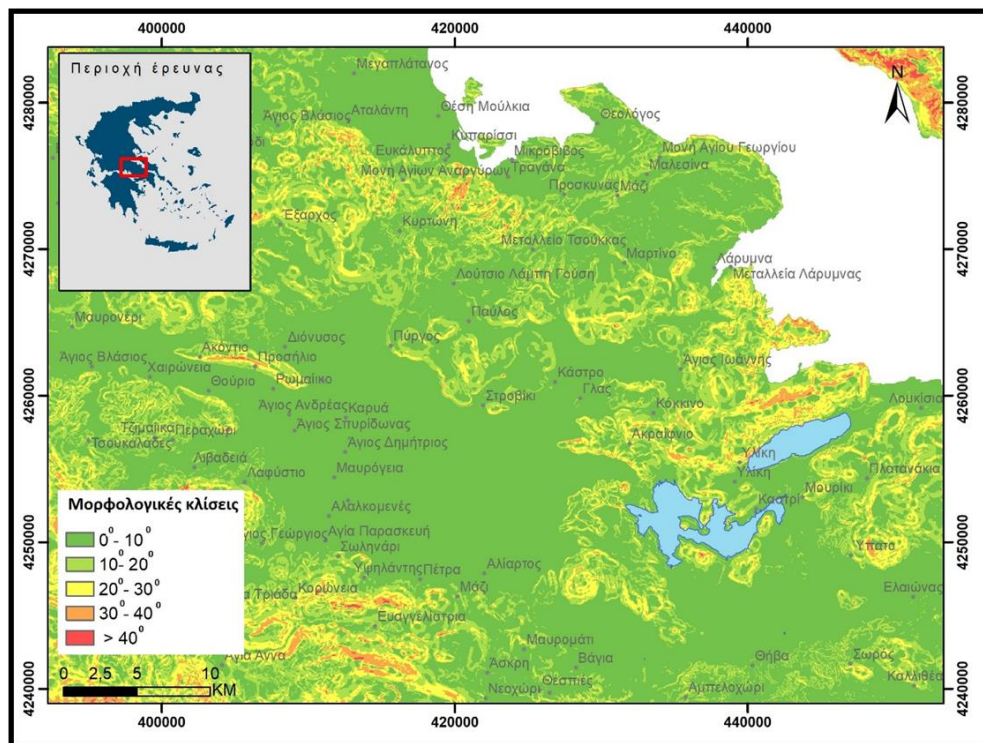
2.5 Μορφολογία περιοχής

Στην περιοχή της Κωπαΐδας παρατηρούνται πολλές και ποικίλες γεωμορφές, οι οποίες αναπτύσσονται σε διάφορους πετρολογικούς σχηματισμούς και σε υψόμετρα μεταξύ 87-1400 m.

2.5.1 Μορφές κλιτύων, ράχων και κορυφών

Σύμφωνα με τη διδακτορική διατριβή της Παπαδοπούλου-Βρυνιώτη το 1990, οι κλιτείς ταξινομήθηκαν ανάλογα με τη κλίση τους, σε κλιτείς των οποίων η κλίση κυμαίνεται από 7°-25° και χαρακτηρίστηκαν «κλιτείς μέτριας μέχρι μέσης κλίσης» και σε κλιτείς με κλίση μεγαλύτερη από 25°, που χαρακτηρίστηκαν «κλιτείς μέσης μέχρι υψηλής κλίσης» (Εικόνα 2-9). Η πρώτη κατηγορία αναπτύσσεται κυρίως στο φλύσχη και συχνά παρουσιάζει εδαφοκάλυμμα. Συνήθως παρατηρείται στα χαμηλά υψόμετρα τόσο του νότιου, όσο και του βόρειου τμήματος της μελετώμενης περιοχής, όπου οι ράχες των βουνών είναι ομαλές και καταλήγουν σε κορυφές αποστρογγυλωμένες. Η δεύτερη κατηγορία αναπτύσσεται κυρίως στους ασβεστόλιθους, στα μεγάλα υψόμετρα του νότιου τμήματος και στα ασβεστολιθικά περιθώρια της πρώην λίμνης Κωπαΐδας, όπου οι ράχες των βουνών είναι απότομες και καταλήγουν σε κορυφές οξύληκτες.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ, ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 2-9: Χάρτης μορφολογικών κλίσεων στην περιοχή της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).

2.5.2 Μορφές κοιλάδων

Οι μορφές των κοιλάδων διαχωρίζονται με βάση την εξέλιξη τους σε (Παπαδοπούλου, 1990):

- Ρυάκια, τα οποία αποτελούν τις πιο σύγχρονες μορφές ποτάμιας διάβρωσης. Αναπτύσσονται σε ολόκληρη την περιοχή και σε κάθε πετρογραφικό σχηματισμό. Διακρίνονται καθαρά από τις κοιλάδες με οξύληκτο πυθμένα, γιατί παρουσιάζουν πολύ μικρότερες κλίσεις. Η κλίση τους είναι ίδια ή τουλάχιστον παρόμοια με τις κλιτείς, τις οποίες διαβρώνουν. Πρόκειται κατά συνέπεια για τις λεγόμενες «προκύπτουσες κοιλάδες», που όπως είναι γνωστό ακολουθούν την κλίση των κλιτύων. Αναπτύσσονται κύρια σε ολοκαινικές αποθέσεις.
- Κοιλάδες με πυθμένα οξύληκτο, που θεωρούνται μορφές πρόσφατης και συνεχούς κατά βάθος διάβρωσης. Πρόκειται για διαβρωσιγενείς κοιλάδες, οι οποίες δημιουργούνται στην περίπτωση, που η αποκομιδή των κλιτύων τους συμβαδίζει με την κατά βάθος διάβρωσή τους. Αποτελούν τις πιο διαδομένες κοιλαδικές μορφές στην περιοχή της Κωπαΐδας, οι οποίες αναπτύσσονται σε όλους τους πετρολογικούς

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

σηματισμούς. Στο νότιο τμήμα εντοπίστηκαν κοιλάδες με οξύληκτο πυθμένα, οι κλιτείς των οποίων στο επάνω μέρος είναι σχεδόν επίπεδες ενώ προς τα κάτω γίνονται απότομες, είναι δηλαδή κυρτές. Αντίθετα στο βόρειο τμήμα παρατηρήθηκαν κοιλάδες, που οι κλιτείς τους στο επάνω μέρος είναι απότομες ενώ προς τα κάτω εξελίσσονται σε ήπιες, είναι δηλαδή κοίλες. Σε επίπεδο πυθμένα εξελίσσεται το καταληκτικό τμήμα ορισμένων μικρών κοιλάδων με οξύληκτο πυθμένα λίγο πριν φθάσουν στο Κωπαϊδικό πεδίο. Αναπτύσσονται στους εκεί ασβεστόλιθους και δίνουν την εικόνα κολπίσκων, από τους οποίους πολύ εύκολα διαχωρίζονται, γιατί αντίθετα με αυτούς, συνεχίζονται προς τα ανάντη, προς την πλευρά δηλ. των ορεινών όγκων. Κοιλάδες με επίπεδο πυθμένα δημιουργούνται όταν η κατά βάθος διάβρωση έχει ουσιαστικά σταματήσει και ο ποταμός διαβρώνει μόνον πλευρικά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το πλούσιο σε CO₂ νερό της άλλοτε λίμνης Κωπαΐδας ήταν αυτό, το οποίο ασκούσε οριζόντια χημική διάλυση στο πλησιέστερο προς τη λίμνη τμήμα της κοιλάδας με αποτέλεσμα τη διαπλάτυνση του πυθμένα της.

- Κοιλάδες με αποστρογγυλωμένο πυθμένα, οι οποίες αντιπροσωπεύουν ένα πιο προχωρημένο στάδιο στην εξέλιξη της ποτάμιας διάβρωσης. Δημιουργούνται όταν ο ποταμός δεν είναι σε θέση να απομακρύνει τα υλικά, που προέρχονται από την αποσάθρωση των κλιτύων τους. Στο βόρειο τμήμα αναπτύσσονται στους δολομίτες σε υψόμετρο 400-600 m και οι κλιτείς τους παρουσιάζουν κλίση από 3ο-7ο. Αναπτύσσονται επίσης στους περιδοτίτες σε υψόμετρο 300 m και οι κλιτείς τους εμφανίζουν πολύ ήπιες κλίσεις. Εδώ πρόκειται για υπολείμματα κοιλάδων κάποιου παλαιότερου υδρογραφικού δικτύου η ηλικία του οποίου, τοποθετείται στην περίοδο Αν. Μειοκαίνου-Κατ. Πλειοκαίνου. Στις νεογενείς αποθέσεις παρατηρούνται συχνά κοιλάδες αυτού του τύπου και πολλές φορές αποτελούν το επάνω τμήμα κοιλάδων με οξύληκτο πυθμένα. Και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για μορφές πολύ νεώτερες από τις προηγούμενες.
- Επιγενετικές κοιλάδες και Εγκιβωτισμένους μαιάνδρους. Επιγενετικές λέγονται οι κοιλάδες εκείνες, οι οποίες αναπτύσσονται μέσα στο ανθιστάμενο υγιές πέτρωμα κάποιου παλαιότερου ανάγλυφου, αφού πρώτα διάβρωσαν τις νεώτερες μαλακές αποθέσεις, που το είχαν καλύψει. Οι κοιλάδες αυτές επομένως δεν ελέγχονται από τη δομή των στρωμάτων πάνω στα οποία αναπτύσσονται σήμερα, αλλά από τη δομή

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

των στρωμάτων, στα οποία είχαν διαμορφωθεί αρχικά. Οι κοιλάδες αυτές αναπτύσσονται σε ένα μέσο υψόμετρο 180 m και παρουσιάζουν μέση κλίση 3° . Αναπτύχθηκαν αρχικά στις Πλειστοκαινικές και νεογενείς αποθέσεις που κάλυπταν άλλοτε το συγκεκριμένο χώρο. Μετά από την ανανέωση της κατά βάθος διάβρωσης η εκβάθυνση προχώρησε τόσο πολύ μέχρις ότου έφθασε στους Ιουρασικούς ασβεστόλιθους. Τα μαλακά πετρώματα σιγά-σιγά απομακρύνθηκαν εντελώς και τελικά δημιουργήθηκαν οι παραπάνω κοιλάδες, που σήμερα αναπτύσσονται στους Ιουρασικούς ασβεστόλιθους χωρίς να συμφωνούν με την κλίση και την τεκτονική της περιοχής. Οι μαιάνδροι δημιουργήθηκαν κατά την εποχή, που η περιοχή ήταν καλυμμένη με χαλαρά ιζήματα, βρισκόταν κοντά στο βασικό επίπεδο και επικρατούσε τεκτονική ηρεμία. Αργότερα λόγω τεκτονικών και κλιματικών αιτίων οι ποταμοί άρχισαν να εκβαθύνουν την ήδη μαιανδρική κοίτη τους μέχρι που εγκιβωτίστηκαν στο υγιές υπόβαθρο, το οποίο διαβρώνουν σήμερα. Μικροί εγκιβωτισμένοι μαιάνδροι παρατηρούνται σποραδικά σε ολόκληρη την περιοχή και σε διάφορα υψόμετρα.

- Ξηρές καρστικές κοιλάδες. Πρόκειται για τις λεγόμενες «Ξηρές κοιλάδες» που δημιουργούνται τόσο σε περιοχές καρστικές όσο και σε περιοχές με μακροδιαπερατά πετρώματα. Στη περιοχή έχουν αναπτυχθεί αποκλειστικά σε καρστικά πετρώματα για αυτό τις χαρακτηρίζονται καρστικές. Οι κοιλάδες αυτές δημιουργήθηκαν από την έντονη ποτάμια διάβρωση σε περίοδο που τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα ήταν άφθονα. Η αλλαγή όμως των κλιματικών συνθηκών και η πτώση του υδροφόρου ορίζοντα είχε σαν αποτέλεσμα την αποξήρανση τους.

2.5.3 Καρστικές μορφές

Καρστικές λέγονται οι μορφές εκείνες, οι οποίες δημιουργούνται σε ευδιάλυτα πετρώματα από τη χημική και μηχανική δράση του νερού. Στην περιοχή της Κωπαΐδας, που κατά το μεγαλύτερο μέρος δομείται από ασβεστόλιθους, υπάρχει μεγάλη ποικιλία καρστικών μορφών όπως (Παπαδοπούλου, 1990):

- Γλυφές. Ο όρος γλυφές αναφέρεται σε ολόκληρο το σύμπλεγμα των μικρών καρστικών μορφών, που δημιουργούνται στα καρστικοποιούμενα πετρώματα ανεξάρτητα από το αν είναι γυμνά, μερικά καλυμμένα ή αν παρουσιάζουν

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

φυτοκάλυψη ή εδαφοκάλυψη και χαρακτηρίζονται αντίστοιχα γλυφές ελεύθερες, ημιελεύθερες και καλυμμένες.

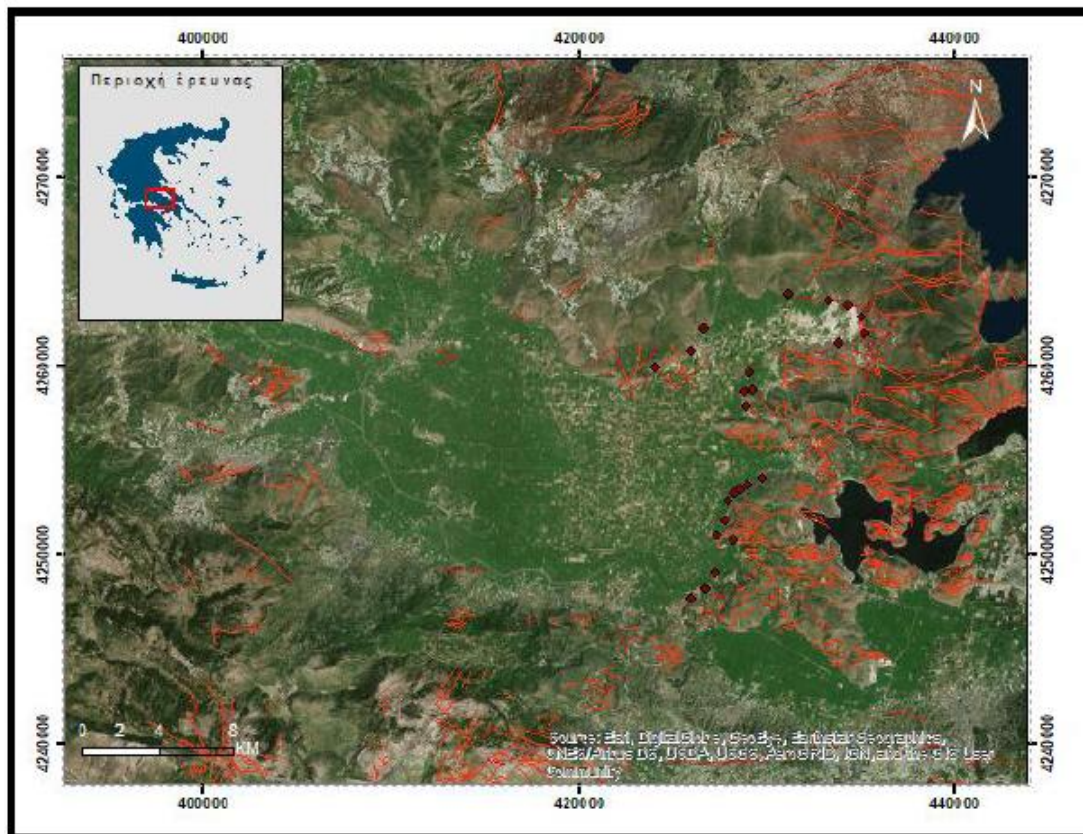
- Δολίνες. Οι δολίνες θεωρούνται μετά τις γλυφές οι κύριες μορφές καρστικοποίησης. Βρίσκονται σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη και σχηματίζονται σε όλα τα ευδιάλυτα πετρώματα καλυμμένα ή όχι με χαλίκια, αποθέσεις κορημάτων ή μοραίων.
- Ουβάλες. Ουβάλες είναι οι ρηχές κοίλες καρστικές μορφές οι οποίες προέρχονται από τη συνένωση γειτονικών λεκανοειδών δολινών που αναπτύσσονται ταυτόχρονα. Συνήθως έχουν μεγάλο μήκος, μικρό πλάτος, ήπια πρηνή (κλίση 10 -12) και δάπεδο ανώμαλο, καλυμμένο μερικά με αδιάλυτα υλικά. Το ανώμαλο δάπεδο είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των μορφών αυτών. Οφείλεται στα χαμηλά (μέχρι 10 m ύψος) βραχώδη διαφράγματα που απομένουν μετά τη συνένωση των δολινών. Οι ουβάλες επομένως αποτελούν ουσιαστικά δολίνες που βρίσκονται σε πιο προχωρημένο στάδιο εξέλιξης.
- Πόλγες. Στην καρστική μορφολογία πόλγες λέγονται οι μεγάλες κλειστές κοίλες μορφές, που τουλάχιστον ένα τμήμα τους αναπτύσσεται σε περιοχή ευδιάλυτων πετρωμάτων. Συνήθως έχουν μεγάλο μήκος και πλάτος με αποτέλεσμα να δίνουν την εντύπωση κοιλάδων ή λεκανών. Έχουν απότομες πλευρές, επίπεδο πυθμένα και υπόγεια αποχέτευση.
- Καρστικά στενά. Ως καρστικά στενά χαρακτηρίζονται οι επιμήκεις μορφές, που αναπτύσσονται στις καρστικές περιοχές σε μήκος εκατοντάδων μέτρων μέχρι και μερικών χιλιομέτρων. Έχουν απόκρημνα πρηνή και βάθος ίσο περίπου με το πλάτος.
- Humi. Humi λέγονται οι απομονωμένου ασβεστολιθικοί λοφίσκοι., που συνήθως βρίσκονται κοντά στα περιθώρια των πολγών ή στα απόκρημνα περιθώρια των καρστικών περιφερειακών επιπέδων. Πρόκειται για ασβεστολιθικά μπλοκ, που απομονώθηκαν από τα περιθώρια λόγω οριζόντιας χημικής διάβρωσης. Το ύψος αυτών κυμαίνεται από 100-120 m. Στη μελετώμενη περιοχή υπάρχουν Humi στα ΝΑ, Β και ΒΑ περιθώρια του Κωπαϊδικού πεδίου με ύψος μέχρι και 246 m.
- Καταβόθρες-Σπήλαια. Στις βόρειες, βορειοανατολικές, ανατολικές και νοτιοανατολικές ασβεστολιθικές παρυφές της πρώην λίμνης Κωπαΐδας παρατηρούνται σε διάφορα υψόμετρα πολυάριθμες σπηλαιοκαταβόθρες (Εικόνα 2-10, Εικόνα 2-11). Τα καρστικά αυτά έγκοιλα τύπου πυλοειδούς καταβόθρας, τα

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

οποία δίνουν υποοριζόντια παράκτια σπήλαια αναπτύσσονται σε πρηνή με μεγάλη κλίση. Γενικά αυτά έχουν δημιουργηθεί από την προοδευτική διάνοιξη διακλάσεων, ρωγμών ή ρηγματών και τα περισσότερα στις θέσεις όπου η γενική διεύθυνση των στρωμάτων είναι παράλληλη προς την ακτογραμμή. Αρκετές τέλος έχουν δημιουργηθεί στους άξονες πτυχώσεων. Η δημιουργία των σπηλαιοκαταβόθρων είναι αποτέλεσμα της διαβρωτικής δράσης του άφθονου σε CO₂ νερού της άλλοτε λίμνης και της έστω και μικρής κυματώγής αυτού στις ασθενείς, λόγω τεκτονισμού, ζώνες. Η εγκατακρήμνιση της οροφής των σπηλαίων που συχνά παρατηρείται, εκτός των άλλων, οφείλεται και στη συμπίεση του αέρα, η οποία δημιουργείται μέσα στα σπήλαια από την κίνηση του νερού. Τα καρστικά όμως έγκοιλα, που αναπτύσσονται σε μεγάλα υψόμετρα αποτελούν σπήλαια, τα οποία δημιουργήθηκαν από τη διαβρωτική δράση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στις διάφορες τεκτονικές ασυνέχειες.



Εικόνα 2-10: Σπηλαιοκαταβόθρα στη περιοχή της Νοτιοανατολικής Κωπαΐδας (Τζιρίτης, 2008).



Εικόνα 2-11: Θέσεις καταβοθρών στην περιοχή της Κωπαΐδας (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).

2.6 Υδρογεωλογικές συνθήκες

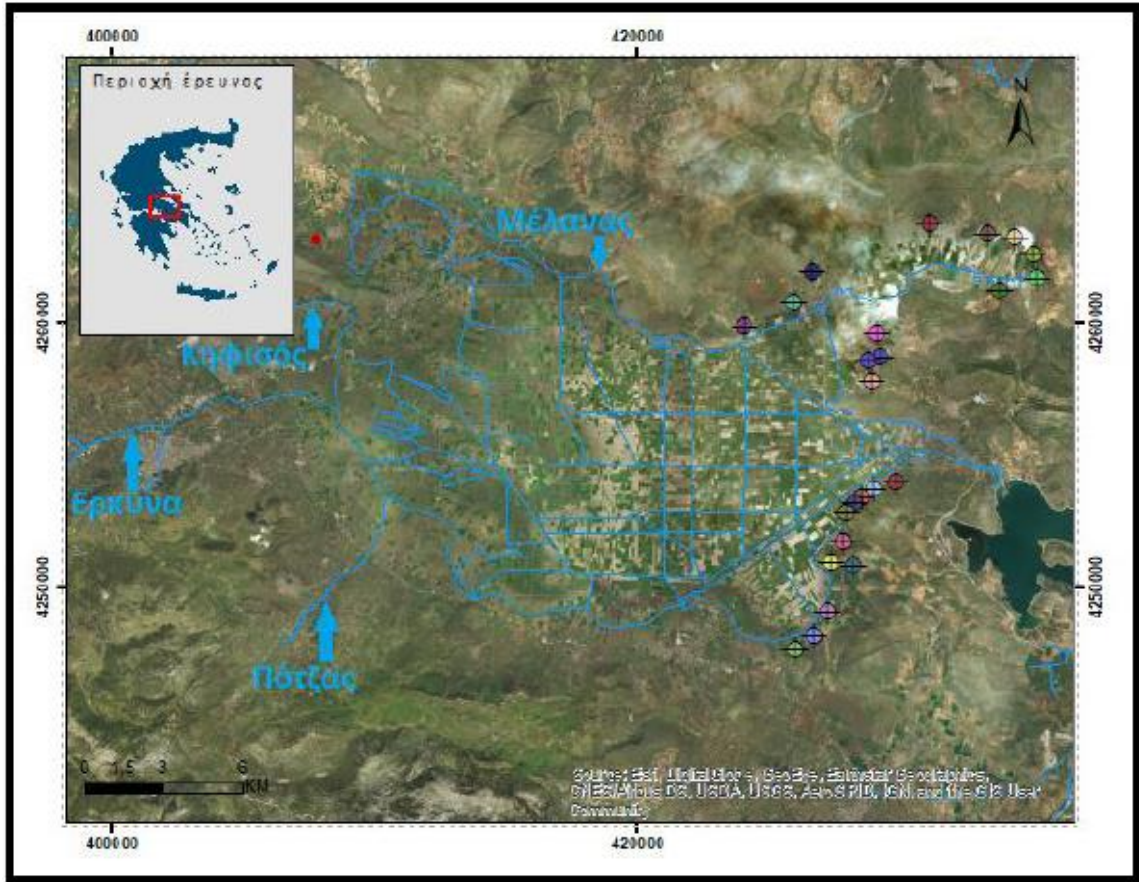
Η πεδιάδα της Κωπαΐδας και η λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισσού αποτελούν μία ενιαία υδρογραφική λεκάνη, που τη συνθέτουν πολλές μικρότερες. Η ενότητα αυτή βόρεια και νότια είναι κλειστή. Βορειοανατολικά αποστραγγίζεται από την καταβόθρα του Αγ. Ιωάννη που δέχεται 3-12 m³/sec νερού ενώ ανατολικά αποστραγγίζεται από την τεχνητή διώρυγα της Καρδίτσας, της οποίας η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή ανέρχεται σε 423.522.173 m³. Η Κωπαΐδα επικοινωνεί έμμεσα με το Θηβαϊκό πεδίο μέσω της λίμνη Υλίκης, η οποία δέχεται τα νερά της υδρογραφικής λεκάνης. Μεγάλοι όγκοι νερού εισέρχονται στο Κωπαϊδικό πεδίο από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από τις γύρω επιφανειακές και υπόγειες απορροές. Η συνολική παροχή των απορροών φτάνει τα 132.451.200 m³ το χρόνο. Ο όγκος ο οποίος προέρχεται από βροχοπτώσεις που δέχεται άμεσα φτάνει τα 146.160.000 m³ το χρόνο. Από το συνολικό αυτό όγκο των 770.111.000 m³ νερού το

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

43,7% διηθείται στο έδαφος και το υπόλοιπο αποδίδεται στην εξάτμιση/διαπνοή και την επιφανειακή απορροή (Παπαδοπούλου, 1990).

Η επιφανειακή απορροή γίνεται από μεγάλο αριθμό χειμάρρων και από τον ποταμό Μέλανα, ο οποίος διασχίζει το βόρειο περιθώριο της πρώην λίμνης της Κωπαΐδας. Ένα μέρος από τα νερά του καταλήγουν στην καταβόθρα του Αγ. Ιωάννη και τα υπόλοιπα διοχετεύονται στη διώρυγα της Καρδίτσας. Ο Βοιωτικός Κηφισσός, που πηγάζει από την περιοχή της Κάτω Αγόριαννης με παροχή 154 m³/sec κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δεν αποτελεί τμήμα της επιφανειακής απορροής της περιοχής διότι ακόμα και πριν από την αποστράγγιση της λίμνης χυνόταν κοντά στον Ορχομενό δημιουργώντας έτσι ένα μεγάλο δελταϊκό κώνο και μόνο όταν πλημμύριζε κάποιος κλάδος του τροφοδοτούσε το έλος του Αγ. Δημητρίου. Αξιόλογοι χειμάρροι της περιοχής είναι ο Έρκυνας και ο Μακρυσαίος, ο οποίος ενώνεται με τον προηγούμενο σχηματίζοντας τον Διπόταμο. Τα νερά αυτού διοχετεύονται σήμερα στην περιφερειακή διώρυγα, ενώ πριν από την αποξήρανση της λίμνης τροφοδοτούσαν το έλος του Αγ. Δημητρίου. Οι χειμάρροι Πότζα και Περμεσσός χύνονται στη μεγάλη περιφερειακή τάφρο της Κωπαΐδας ενώ πριν την αποξήρανση ο πρώτος χυνόταν ανατολικά του Αγ. Γεωργίου σχηματίζοντας ένα μεγάλο δελταϊκό κώνο ενώ ο δεύτερος χυνόταν στην Αλίαρτο σχηματίζοντας επίσης ένα κώνο. Οι χειμάρροι που βρίσκονται βόρεια έχουν πολύ μικρή παροχή ώστε μπορούν να θεωρηθούν ρέματα (Παπαδοπούλου, 1990)(Εικόνα 2-12).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 2-12: Ποταμοί που εισέρχονται στην πεδιάδα της Κωπαΐδας καθώς και οι καταβόθρες που έχουν εντοπιστεί στην ίδια περιοχή. Η κόκκινη κουκίδα πάνω αριστερά δηλώνει τη θέση των πηγών Χαρίτων (Καραθάνου-Νικολαΐδη, 2019).

Στη ευρύτερη περιοχή μελέτης έχουν αναπτυχθεί καρστικές πηγές, ορισμένες εκ των οποίων παρουσιάζουν μεγάλες παροχές και διαμορφώνουν σε ένα βαθμό το υδατικό δυναμικό της λεκάνης, επηρεάζοντας τις υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες. Οι κυριότερες πηγαίες αναβλύσεις με τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους είναι οι εξής (Τζιρίτης, 2008)(Εικόνα 2-13) :

- Πηγές Χαρίτων ή Μέλινα. Βρίσκονται στο ΒΔ άκρο του Κωπαϊδικού πεδίου στη περιοχή του Ορχομενού. Αναβλύζουν από τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους του Ακόντιου όρους, σε ένα μέτωπο μήκους 2,5 km περίπου, μέσω συνεχούς ροής. Είναι πηγή υπερχείλισης, η οποία εκδηλώνεται στην επαφή των ανθρακικών πετρωμάτων με τον φλύσχη και τους αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς του Πλείο-Πλειστοκαίνου. Η μέση ετήσια παροχή είναι $108 \times 10^6 \text{ m}^3$.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Πηγή Πολυγύρας. Βρίσκεται 4 km περίπου βορειότερα των πηγών Χαρίτων και αναβλύζει μέσω Κρητιδικών ασβεστόλιθων. Ο μηχανισμός δημιουργίας της είναι ο ίδιος με τις πηγές Χαρίτων, δηλαδή είναι πηγή υπερχείλισης που σχηματίζεται στην επαφή με το φλύσχη και την υποκείμενη διάπλαση. Η ανάβλυση της είναι διάσπαρτη με συνεχή ροή και η ετήσια παροχή της κυμαίνεται από 18×10^6 έως 46×10^6 m³. Η χρήση της είναι κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς.
- Πηγή Κρύας ή Έρκυνα. Βρίσκεται στη πόλη της Λιβαδειάς, στο ΝΔ άκρο της περιοχής μελέτης. Αναβλύζει από τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας και ο μηχανισμός δημιουργίας της παραπέμπει σε πηγή επαφής, καθώς σχηματίζεται στην τεκτονική επαφή των ανθρακικών με το φλύσχη, με μορφή διάχυτη, συνεχούς και σημαντικής ροής. Η τροφοδοσία της είναι δύσκολο να αποσαφηνιστεί επακριβώς, λόγω της πολύπλοκης τεκτονικής και του αναπτυγμένου καρστ, αλλά σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι πραγματοποιείται μέσω των ανθρακικών σχηματισμών του Ανατολικού Παρνασσού και του Βόρειου Ελικώνα. Η μέση ετήσια παροχή φθάνει τα 28×10^6 m³. Η πηγή έχει πολλαπλή χρήση καθώς υδρεύει και αρδεύει παρακείμενες περιοχές αλλά χρησιμοποιείται και για την τροφοδοσία των βιομηχανικών μονάδων που εδρεύουν πέριξ της πόλης.
- Πηγή Καλυμπάκι. Βρίσκεται στο ΝΑ άκρο της λεκάνης της Κωπαΐδας, στα περιθώρια του Σφίγγιου όρους. Η ύπαρξη της διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου. Πρόκειται για πηγή υπερπλήρωσης που αναβλύζει στην επαφή των Κενομάνιων ασβεστόλιθων της Αν. Ελλάδας με τους Τεταρτογενείς σχηματισμούς της Κωπαΐδας και ενδεχομένως τη διάπλαση. Σε γενικές γραμμές, δεν φαίνεται να εκφορτίζει μεγάλους όγκους νερού, καθώς έχει συνεχή ροή αλλά μικρή. Χρησιμοποιείται κυρίως από τον τοπικό πληθυσμό για ύδρευση και περιορισμένου εύρους άρδευση των γύρω χωραφιών.
- Πηγή Παναγιά. Βρίσκεται αρκετά κοντά στην Πηγή Καλυμπάκι, αλλά εμφανίζει διαφορετικά υδρογεωχημικά χαρακτηριστικά γεγονός που δηλώνει τη διαφορετική τροφοδοσία που έχει. Είναι πηγή υπερπλήρωσης που αναβλύζει μέσω των Ιουρασικών ασβεστόλιθων της Υποπελαγονικής στην επαφή τους με Τεταρτογενείς αδιαπέρατους σχηματισμούς. Η ροή της είναι μόνιμη αλλά μικρή και οι χρήσεις της περιορίζονται σε ύδρευση και άρδευση του τοπικού πληθυσμού.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Πηγή Δαύλωση. Βρίσκεται πλησίον των δυο προηγούμενων. Τα υδροχημικά της χαρακτηριστικά μοιάζουν αρκετά με αυτά της Πηγής Παναγιάς και πιθανόν να έχουν την ίδια τροφοδοσία. Είναι και αυτή πηγή υπερπλήρωσης και αναβλύζει από Ιουρασικούς ασβεστόλιθους. Η ροή της είναι αρκετά μικρή και περιοδική, γεγονός που την καθιστά αυτόνομη .Η χρήση της περιορίζεται αποκλειστικά σε ύδρευση αιγοπροβάτων.



Εικόνα 2-13: Απεικόνιση των πηγών στην περιοχή μελέτης (Τζιρίτης, 2008).

3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

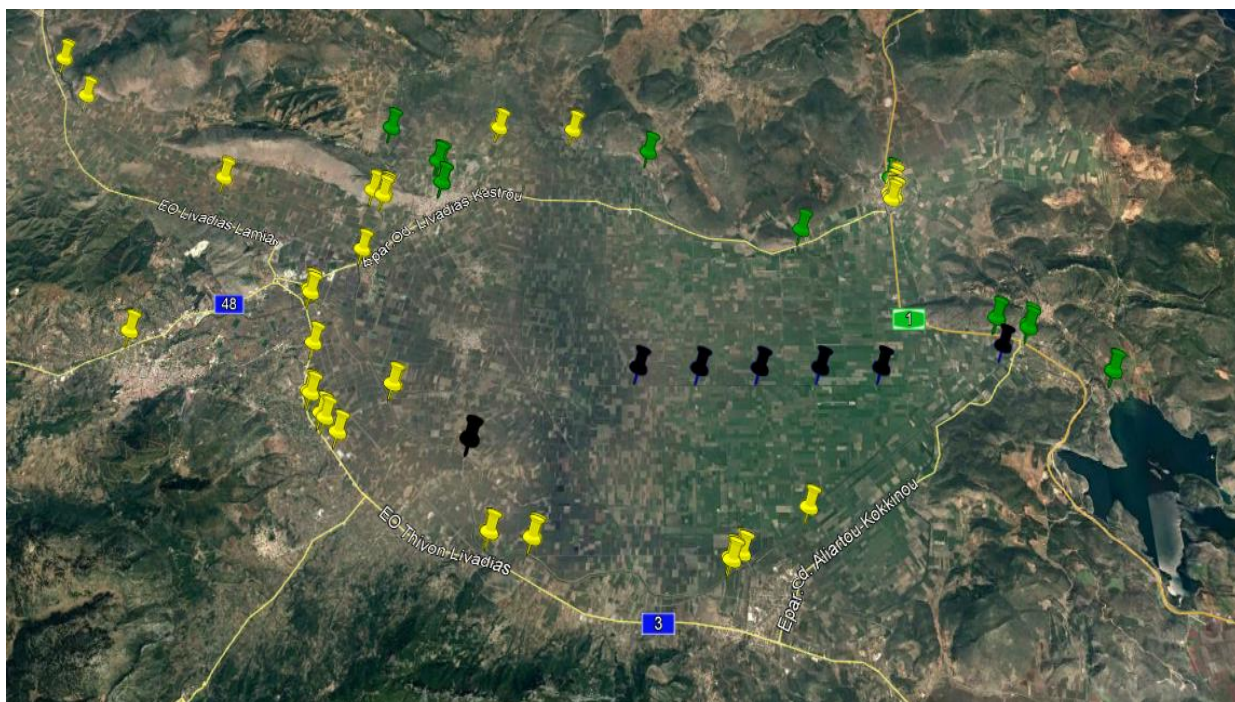
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της συλλογής δεδομένων, των θέσεων δειγματοληψίας και των εργασιών πεδίου που έγιναν κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας.

3.1 Συλλογή γεωτεχνικών στοιχείων περιοχής.

Σε πρώτο στάδιο έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση των δεδομένων που είναι διαθέσιμα για την περιοχή μελέτης, με σκοπό την συγκέντρωση στοιχείων για τους εδαφικούς σχηματισμούς στην λεκάνη της Κωπαΐδας. Τα διαθέσιμα στοιχεία προήλθαν από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής και κατά κύριο λόγο από τεχνικές εκθέσεις και μελέτες που συλλέχτηκαν από το Κ.Ε.Δ.Ε (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων). Οι μελέτες αυτές περιείχαν γεωτρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές από διάφορα έργα που έχουν γίνει στην περιοχή από το 1965 έως και σήμερα.

3.2 Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας

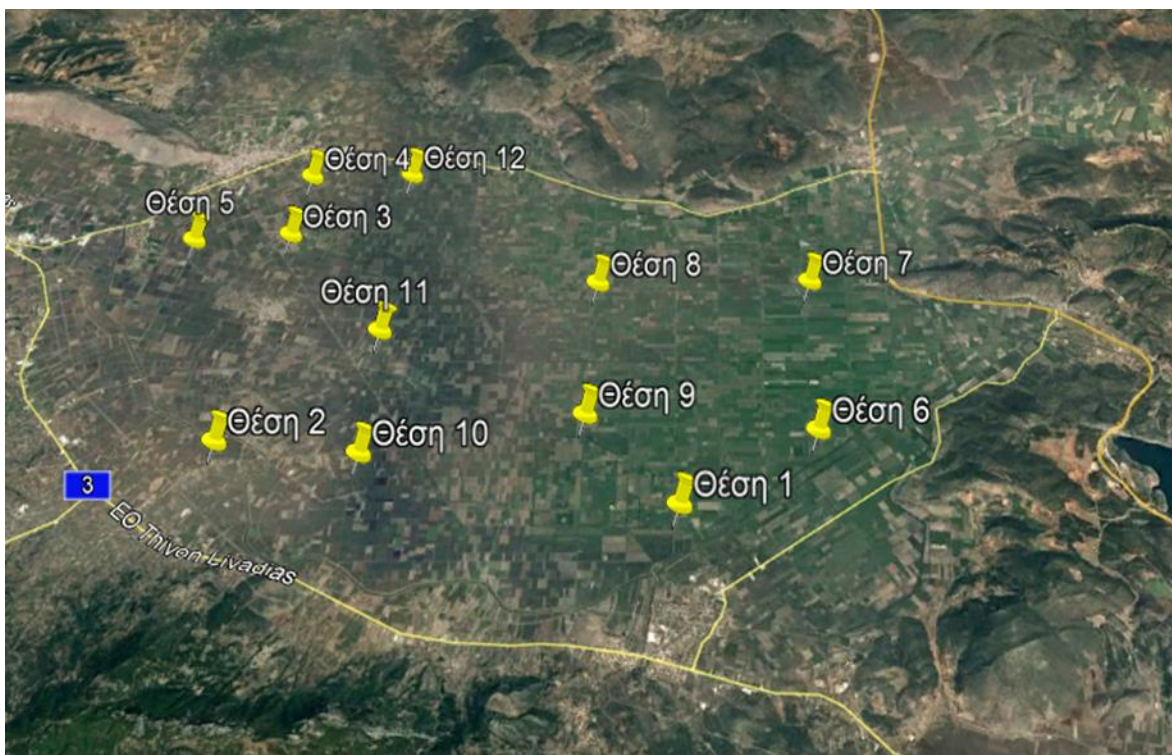
Προκειμένου να γίνει η επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας, ερευνήθηκαν πρώτα οι θέσεις των διαθέσιμων γεωτρητικών δεδομένων (Εικόνα 3-1).



Εικόνα 3-1: Θέσεις γεωτρήσεων περιοχής. Με πράσινο χρώμα γεωτρήσεις που έγιναν την περίοδο 1965-1984, με μαύρο γεωτρήσεις που έγιναν το 1985 και με κίτρινο γεωτρήσεις που έγιναν από το 1986 μέχρι σήμερα.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Με αυτό τον τρόπο διαπιστώθηκε σε ποιες θέσεις υπάρχουν κενά πληροφόρησης τα οποία πρέπει να συμπληρωθούν μέσω δειγματοληψίας. Με την διαδικασία αυτή επιλέχθηκαν 12 θέσεις δειγματοληψίας (Εικόνα 3-2).



Εικόνα 3-2: Θέσεις δειγματοληψίας.

3.3 Εργασίες πεδίου-Δειγματοληψία

Η πρώτη επίσκεψη στην περιοχή μελέτης έγινε στις 1/10/2020. Αρχικά έγινε επί τόπου παρατήρηση των ζημιών που έχουν προκληθεί σε κτήρια στον Αλιάρτο και στα χωριά που βρίσκονται Νότια και νοτιοδυτικά της λεκάνης της Κωπαΐδας (Αλαλκομενές, Μαυρόγια, Καριά κλπ.) (Εικόνα 3-3, Εικόνα 3-4, Εικόνα 3-5, Εικόνα 3-6). Θεωρείται πως αυτές οι ζημιές οφείλονται στην εδαφική υποχώρηση, που προκαλείται κυρίως από την οξείδωση του εναπομείναντος οργανικού υλικού.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 3-3: Φωτογραφία από μάντρα στις Αλαλκομενές.

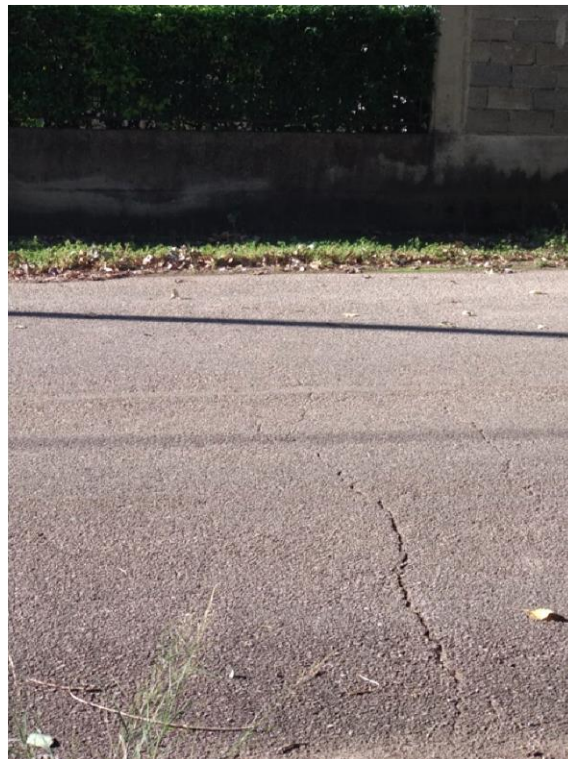


Εικόνα 3-4: Φωτογραφία από μάντρα στα Μαυρόγια.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 3-5: Ρωγμή σε κτίριο στα Μαυρόγια.



Εικόνα 3-6: Ρωγμές σε οδόστρωμα στον Αλιάρτο.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες στις θέσεις από 1 έως 5 (βλ. Εικόνα 3-2). Η δεύτερη επίσκεψη έγινε στις 5/10/2020 και αφορούσε αποκλειστικά την συλλογή δειγμάτων. Έγιναν οι δειγματοληψίες στις θέσεις από 6 έως 12 (βλ. Εικόνα 3-2) και ολοκληρώθηκαν οι εργασίες πεδίου.

Όσον αφορά την δειγματοληψία των εδαφικών σχηματισμών επιλέχθηκαν θέσεις όσο το δυνατόν λιγότερο διαταραγμένες και χωρίς φυτοκάλυψη. Σε κάθε θέση αρχικά απομακρυνόταν το επιφανειακό στρώμα του σχηματισμού και στη συνέχεια με την βοήθεια εργαλείων φτάναμε με σε ένα επιθυμητό βάθος ώστε ο σχηματισμός να είναι κατά το δυνατό αδιατάραχτος. Σε κάθε θέση πραγματοποιήθηκε λήψη διαταραγμένου υλικού για τις δοκιμές ταξινόμησης (Εικόνα 3-7) και αδιατάρακτων δειγμάτων με την χρήση ειδικού δειγματολήπτη (Εικόνα 3-8). Τέλος τα τεμάχια τυλίγονταν με πλαστική μεμβράνη ώστε να μεταφερθούν στον χώρο του εργαστηρίου χωρίς να ξηραθούν και να καταπονηθούν (Εικόνα 3-9).



Εικόνα 3-7: Λήψη διαταραγμένου δείγματος από θέση δειγματοληψίας.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 3-8: Λήψη αδιατάρακτου δείγματος από θέση δειγματοληψίας



Εικόνα 3-9: Δείγματα τυλιγμένα με πλαστική μεμβράνη.

4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν.

4.1 Ειδικό βάρος

Η παρακάτω διαδικασία ακολουθήθηκε και στις 12 θέσεις δειγματοληψίας :

- Το πυκνόμετρο καθαρίστηκε με αποσταγμένο νερό, ξηράθηκε, ζυγίστηκε και καταγράφηκε το βάρος του(W_1).
- Το εδαφικό δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμή ξηράθηκε στον κλίβανο,
- Το δείγμα τοποθετήθηκε στο πυκνόμετρο και ζυγίστηκε το πυκνόμετρο μαζί με το δείγμα(W_2).
- Το πυκνόμετρο συμπληρώθηκε με αποσταγμένο νερό και του επιβλήθηκε ελαφρός βρασμός με σκοπό να απομακρυνθεί ο αέρας που έχει παγιδευτεί (Εικόνα 4-1).



Εικόνα 4-1: Επιβολή βρασμού στο δείγμα με σκοπό την απομάκρυνση του αέρα που έχει παγιδευτεί.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Στη συνέχεια αφού το δείγμα έφτασε σε θερμοκρασία δωματίου, πληρώθηκε με αποσταγμένο νερό, καθαρίστηκε εξωτερικά από τυχόν υπολείμματα, ζυγίστηκε (W_3) και μετρήθηκε η θερμοκρασία του.
- Τέλος το πυκνόμετρο πληρώθηκε με αποσταγμένο νερό, προσδιορίστηκε το βάρος του πυκνόμετρου με το νερό (W_4) και μετρήθηκε η θερμοκρασία του.
- Το ειδικό βάρος εδάφους ως προς νερό θερμοκρασίας T_x (θερμοκρασία του περιεχομένου του δοχείου κατά τη μέτρηση) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$\rho_s(\text{gr/cc}) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

- Η τιμή του ειδικού βάρους στους 20°C , προκύπτει από τη σχέση :

$$\text{Ειδικό βάρος σε } (20^{\circ}\text{C}) = K * \text{ειδικό βάρος σε } (T_x^{\circ}\text{C})$$

- Ο αριθμός K προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Σχετική πυκνότητα νερού και συντελεστής αναγωγής K για διάφορες θερμοκρασίες.

Θερμοκρασία $^{\circ}\text{C}$	Σχετική πυκνότητα νερού	Συντελεστής διόρθωσης (αναγωγής), K
18	0.9986244	1.0004
19	0.9984347	1.0002
20	0.9982343	1.0000
21	0.9980233	0.9998
22	0.9978019	0.9996
23	0.9975702	0.9993
24	0.9973286	0.9991
25	0.997077	0.9988
26	0.9968156	0.9986
27	0.9965451	0.9983
28	0.9962652	0.9980
29	0.9959761	0.9977
30	0.995678	0.9974

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Η δοκιμή εκτελέστηκε σε δύο δοκίμια από το κάθε δείγμα (Πίνακας 2). Όταν τα αποτελέσματα διέφεραν μεταξύ τους πάνω από 0,03 η δοκιμή επαναλαμβανόταν.

Πίνακας 2 : Αποτελέσματα προσδιορισμού ειδικού βάρους Δείγμα 7.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	2/3	5/7
ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	36.573	40.816
ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	57.61	60.354
ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	149.437	152.638
ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	136.508	140.665
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0.9986244	0.9986244
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.59	2.58
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1.0004	1.0004
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2.59	2.58

- Ως τελικό ειδικό βάρος θεωρήθηκε η μέση τιμή των δοκιμών που εκτελέστηκαν σε κάθε δείγμα επί τον συντελεστή Κ για τους 20 °C.

4.2 Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας-πλαστικότητας.

Για τον προσδιορισμό των ορίων υδαρότητας και πλαστικότητας χρησιμοποιήθηκε ποσότητα υλικού το οποίο έχει ξηραθεί και έχει διέλθει από το κόσκινο Νο 40.

4.2.1 Όριο υδαρότητας με την χρήση της συσκευής Casagrande και την μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου .

Ο προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας με της χρήση της συσκευής Casagrande έγινε και στα 12 δείγματα, ενώ η μέθοδος πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου στα δείγματα από 7-12 .Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Αρχικά το υλικό ζυμώθηκε με κατάλληλη ποσότητα νερού, ώστε να σχηματιστεί μια μαλακή μάζα.
- Ένα μέρος του τοποθετήθηκε στη συσκευή Casagrande και απλώθηκε ώστε το μέγιστο πάχος να μην ξεπερνά το 1cm.
- Με το ειδικό εργαλείο χάραξης το δείγμα χαράσσεται σε όλο το μήκος του (Εικόνα 4-2).



Εικόνα 4-2: Συσκευή Casagrande και ειδικό εργαλείο χάραξης.

- Στη συνέχεια έγινε περιστροφή του μοχλού, με ταχύτητα περίπου 2 στροφές το δευτερόλεπτο, μέχρι να κλείσει η χαραγή σε μήκος περίπου 12,7mm. Τέλος μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε κατάλληλη κάψα ζυγίστηκε, ξηράθηκε και ζυγίστηκε πάλι, ώστε να προκύψει το ξηρό βάρος του υλικού και η υγρασία που έχασε.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-3: Κλείσιμο χαραγής στη συσκευή Casagrande.

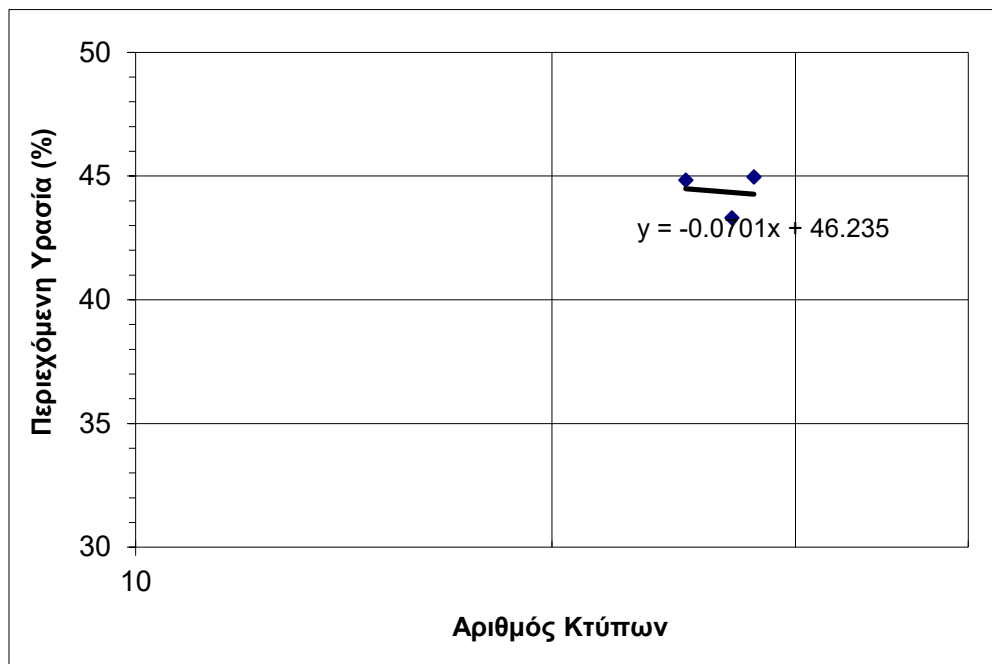
- Η προηγούμενη διαδικασία επαναλήφθηκε όσες φορές χρειάστηκε μέχρι να υπάρχει ένας τουλάχιστον προσδιορισμός υγρασίας σε κάθε μία από της περιοχές κτύπων 25-32, 20-30, 15-25 (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande (Δείγμα 7) .

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	27	28	25
ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ ($\Delta=B-G$)(gr) :	6.80	5.80	5.20
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ($E=G-A$) (gr) :	15.70	12.90	11.60
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ($Z=\Delta \times 100/E$)% :	43.31	44.96	44.83

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Οι τιμές αριθμών κτύπων (N) και περιεχόμενης υγρασίας (W%) σχεδιάστηκαν σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα δημιουργώντας μία ευθεία. Η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας για N=25 αποτελεί το όριο υδαρότητας (Διάγραμμα 4-1).



Όριο υδαρότητας LL
για x=25 χτύποι
y= 44.48

Διάγραμμα 4-1: Διάγραμμα υπολογισμού ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande (Δείγμα 7).

- Στις περιπτώσεις που το υλικό ήταν εντός των περιοχών κτύπων που προαναφέρθηκαν, μέρος του δείγματος από το οποίο χρησιμοποιήθηκε υλικό για τη συσκευή Casagrande λήφθηκε για να πραγματοποιηθεί η μέθοδος πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου (Εικόνα 4-4).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-4: Συσκευή δοκιμής πεντρομέτρου πίπτοντος κώνου.

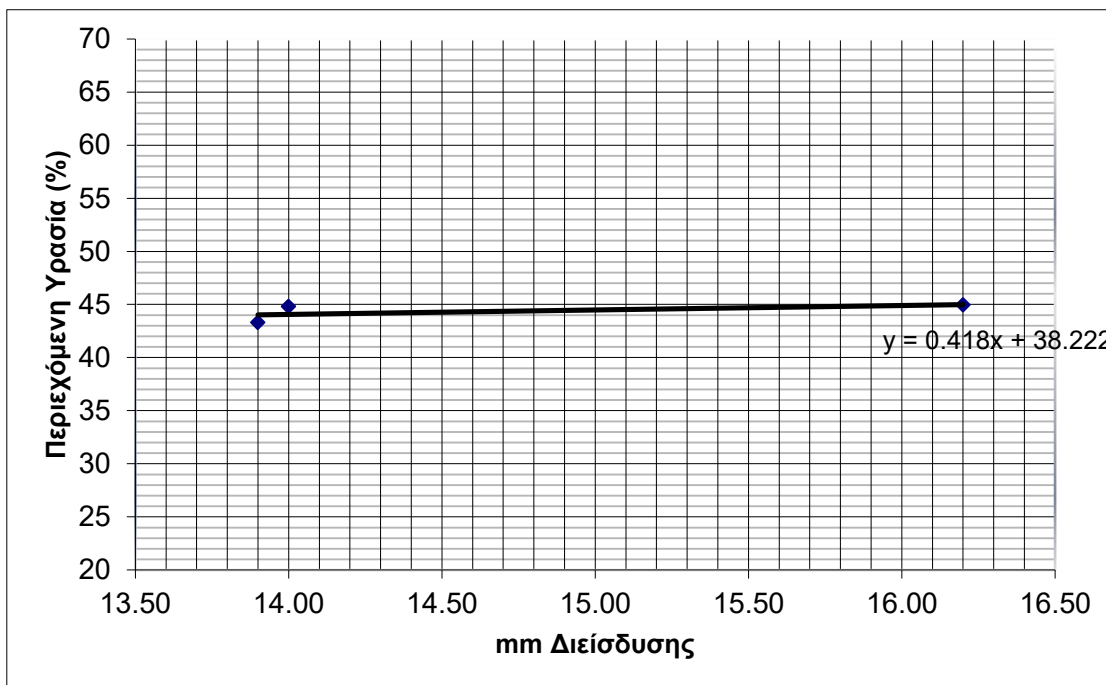
- Η ειδική κάψα πληρώθηκε με το υλικό και το κωνικό βαρίδιο ,βάρους 60gr και γωνίας ανοίγματος 60°, απελευθερώθηκε, ώστε να βυθιστεί στο εδαφικό υλικό. Τέλος καταγράφηκε το βάθος διείσδυσης σε mm. Ως περιεχόμενη υγρασία λήφθηκε η υγρασία των αντίστοιχων δοκίμων με τη συσκευή Casagrande (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας με τη μέθοδο πεντρομέτρου πίπτοντος κώνου (Δείγμα 7) .

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
ΒΑΘΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ :	13.9	16.2	14
ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=Β-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (Ε=Γ-Α) (gr) :	15.70	12.90	11.60
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/Ε)% :	43.31	44.96	44.83

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Οι τιμές βάθους διείσδυσης (mm) και περιεχόμενης υγρασίας (W%) σχεδιάστηκαν σε δεκαδικό διάγραμμα δημιουργώντας μία ευθεία. Ως όριο υδαρότητας ορίστηκε η περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί σε 10mm βάθους διείσδυσης (Διάγραμμα 4-2).



Όριο υδαρότητας LL

για $x=10\text{mm}$

$y= 42.40$

Διάγραμμα 4-2: Διάγραμμα υπολογισμού ορίου υδαρότητας με τη μέθοδο πεντρομέτρου πίπτοντος κώνου (Δείγμα 7) .

4.2.2 Όριο πλαστικότητας

Ο προσδιορισμός του ορίου έγινε και στα 12 δείγματα, ακολουθώντας την εξής διαδικασία:

- Ποσότητα του υλικού ανακατεύτηκε με αποσταγμένο νερό μέχρι το υλικό να είναι αρκετά πλαστικό ώστε να σχηματίζει εύκολα βόλο.
- Ως δείγμα για την κάθε δοκιμή χρειάστηκε ποσότητα περίπου 8g.
- Το δείγμα πλάσθηκε σε λεπτό κύλινδρο μέχρι η διάμετρός του να φτάσει τα 3 mm. Στη συνέχεια ο κύλινδρος αναπλάστηκε και η διαδικασία επαναλήφθηκε

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

μέχρι ο κύλινδρος να θρυμματιστεί. Όταν ο κύλινδρος θρυμματιστεί η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος θεωρείται το όριο πλαστικότητας (PL) (Εικόνα 4-5).



Εικόνα 4-5: Διαδικασία προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (PL).

- Το δείγμα ζυγίστηκε, τοποθετήθηκε στον κλίβανο για να ξηραθεί και στη συνέχεια ζυγίστηκε ξανά. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκε η απώλεια σε νερό δηλαδή η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος.
- Ως όριο πλαστικότητας ορίστηκε ο μέσος όρος των δοκιμών που έγιναν (Πίνακας 5) .

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 5: Αποτελέσματα προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας (Δείγμα 7).

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ3	κ1	κ22
ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	10.60	19.2	18.1
ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	20.30	28.5	24.3
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.70	25.9	22.7
ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=Β-Γ)(gr) :	2.6	2.6	1.6
ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (Ε=Γ-Α) (gr) :	7.1	6.7	4.6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Ζ=Δx100/Ε)%:	36.62	38.81	34.78

Όριο πλαστικότητας, PL :	36.7	(%)
--------------------------	------	-----

4.3 Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα

Η παρακάτω διαδικασία ακολουθήθηκε και στα 12 δείγματα :

- Προκειμένου το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό της θέσης δειγματοληψίας έγιναν επαναλαμβανόμενοι τετραμερισμοί του υλικού, ώστε να προκύψουν περίπου 500g δείγματος.
- Στη συνέχεια μετά από μερική θραύση του δείγματος, το δείγμα τοποθετήθηκε σε κλίβανο για να ξηραθεί και κονιοποιήθηκε με την χρήση γουδιού (Εικόνα 4-6).
- Ζυγίστηκε οι ποσότητα του υλικού η οποία κοσκινίστηκε.
- Επιλέχθηκε σειρά κοσκίνων Νο 4, Νο 10, Νο20, Νο40, Νο60, Νο 100, Νο 200 τοποθετημένα ώστε αυτό με την μεγαλύτερη οπή να βρίσκεται στην κορυφή και έγινε χειρονακτικά κοσκίνιση μέχρι το υλικό να διαχωριστεί στα επί μέρους κλάσματα (Εικόνα 4-7).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-6 Κονιοποίηση ξηρού υλικού με την χρήση γουδιού.



Εικόνα 4-7: Κοσκίνιση δείγματος για κοκομετρική ανάλυση.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Μετά το πέρας της κοσκίνισης αφαιρέθηκε προσεκτικά το υλικό από τα κόσκινα και ζυγίστηκε το συγκρατούμενο βάρος στο κάθε ένα. Όμως εξαιτίας της φύσης του υλικού (πολλά συσσωματώματα) τα μόνα κλάσματα που έγιναν δεκτά από την ξηρή κοσκίνιση είναι τα συγκρατούμενα στα κόσκινα Νο 4 και Νο 10. Τα υπόλοιπα λήφθηκαν από την υγρή κοσκίνιση που έγινε με το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση ιλύος (βλ 4.4), με αναγωγή στο βάρος της ξηρής κοσκίνισης..
- Τέλος μετατράπηκαν τα συγκρατούμενα βάρη σε διερχόμενα (Πίνακας 6) και δημιουργήθηκε η κοκκομετρική καμπύλη για τα συγκεκριμένα κλάσματα (Διάγραμμα 4-3).

Πίνακας 6: Διερχόμενο βάρος από τα κόσκινα.

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76.20	0.0	558.7	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	558.7	100.0
2"	50.80	0.0	558.7	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	558.7	100.0
1 1/4"	31.75	0.0	558.7	100.0
1"	25.40	0.0	558.7	100.0
3/4"	19.05	0.0	558.7	100.0
5/8"	15.87	0.0	558.7	100.0
1/2"	12.70	0.0	558.7	100.0
3/8"	9.52	0.0	558.7	100.0
1/4"	6.35	0.0	558.7	100.0
No. 4	4.75	4.2	554.5	99.2
No. 8	2.36	0.0	554.5	99.2
No. 10	2.00	6.2	548.3	98.1
No. 20	1.18	3.2	545.1	97.6
No. 30	0.60	0.0	545.1	97.6
No. 40	0.425	3.2	541.9	97.0
No. 50	0.30	0.0	541.9	97.0
No. 60	0.18	4.3	537.6	96.2
No. 100	0.15	9.7	527.9	94.5
No. 200	0.075	22.6	505.3	90.4
	Παιπάλη	505.3		
	Ολικό Βάρος:	558.7		



Διάγραμμα 4-3: Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με κόσκινα.

4.4 Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο

Η παρακάτω διαδικασία ακολουθήθηκε και στα 12 δείγματα :

- Προετοιμάστηκε το διάλυμα διασποράς, προσθέτοντας 21,6g πολυφωσφορικού νατρίου σε ένα λίτρο αποσταγμένο νερό και αναδεύοντας σε θερμοκρασία βρασμού (Εικόνα 4-8).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-8: Παρασκευή διαλύματος πολυφωσφορικού νατρίου και συσκευή μηχανικής αναδεύσεως (αριστερά).

- Από το κλάσμα του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10, λήφθηκε ποσότητα περίπου 50g, τοποθετήθηκε σε ποτήρι 250ml, καλύφθηκε με το διάλυμα διασποράς και παρέμεινε έτσι για τουλάχιστον 12 ώρες για να αποσυσσωματωθούν οι κόκκοι (Εικόνα 4-9).



Εικόνα 4-9: Δείγματα που προορίζονται για δοκιμή αραιομέτρου

- Στη συνέχεια το μίγμα τοποθετήθηκε στη μηχανική συσκευή αναδεύσεως με επιπλέον αποσταγμένο νερό για να επιτευχθεί η διασπορά (Εικόνα 4-8).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Το αιώρημα τοποθετήθηκε σε ογκομετρικό κύλινδρο, ο οποίος συμπληρώθηκε με αποσταγμένο νερό έως τα 1000 ml και αναταράχθηκε για ένα λεπτό με το ειδικό πάμα του κυλίνδρου (Εικόνα 4-10).



Εικόνα 4-10: Ανατάραξη ογκομετρικού σωλήνα και δείγματα κατά την πορεία των μετρήσεων με το αραιόμετρο.

- Έπειτα διαβάστηκαν οι ενδείξεις του αραιόμετρου με προσέγγιση 0,5 g/L σε χρόνους 2, 5, 15, 30, 60, 250, 1440 και 2880 λεπτών από την έναρξη της καθίζησης των κόκκων. Για κάθε μέτρηση καταγράφηκε και η θερμοκρασία του αιωρήματος με τη χρήση θερμομέτρου υδραργύρου.
- Στο τέλος των μετρήσεων το αιώρημα πλύθηκε πάνω σε σειρά κοσκίνων, προκειμένου να συμπληρωθεί η κοκκομετρική καμπύλη για αυτά τα κλάσματα (Εικόνα 4-11). Τα συγκρατούμενα κλάσματα κάθε κόσκινου ξηράθηκαν και ζυγίστηκαν. Τέλος έγινε αναγωγή στο βάρος του συνολικού δείγματος της ξηρής κοσκίνισης (βλ. Πίνακας 6).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-11: Υγρή κοσκίνιση του αιωρήματος από την ανάλυση ιλύος.

- Οι ενδείξεις του αραιομέτρου διορθώθηκαν σύμφωνα με πίνακες που εφαρμόζονται για τον παράγοντες διασποράς και για αποκλίσεις της θερμοκρασίας (Πίνακας 7). Το ποσοστό του εδάφους που παρέμεινε σαν αιώρημα υπολογίστηκε από τον τύπο (Πίνακας 8):

$$W(\%) = \frac{W_{10} 1606(R' - 1)\alpha}{W_s}$$

- R' = η διορθωμένη ένδειξη του αραιομέτρου
- W_s = το βάρος του αρχικού δείγματος του εδάφους μείων την υγρασία του
- α = σταθερά που εξαρτάται από την πυκνότητα του αιωρήματος (για $G_s = 2.65$, $\alpha = 1.00$).
- W_{10} = ποσοστό του συνολικού δείγματος διερχομένου στο κόσκινο No 10

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 7: Πίνακας διορθώσεων για τον παράγοντα διασποράς και τους συντελεστές K_L , K_G , K_N .

C°	K_N	Πυκνότητα	K_L	Εδ. Βάρος	K_G	Θερμοκρασία	
15	1.053	1.000	1.000				
15.5	1.046	1.001	0.990	2.6	1.016	Βαθμοί °C	NaPO ₃
16	1.043	1.002	0.980	2.61	1.013	19	-0.00456
16.5	1.034	1.003	0.971	2.62	1.01	19 1/2	-0.00443
17	1.028	1.004	0.962	2.63	1.007	20	-0.0043
17.5	1.02	1.005	0.955	2.64	1.003	20 1/2	-0.00418
18	1.014	1.006	0.946	2.65	1	21	-0.00404
18.5	1.008	1.007	0.938	2.66	0.998	21 1/2	-0.00392
19	1	1.008	0.927	2.67	0.995	22	-0.00399
19.5	0.995	1.009	0.918	2.68	0.99	22 1/2	-0.00367
20	0.988	1.010	0.907	2.69	0.987	23	-0.00354
20.5	0.984	1.011	0.896	2.7	0.985	23 1/2	-0.00342
21	0.98	1.012	0.888	2.71	0.983	24	-0.00329
21.5	0.975	1.013	0.878	2.72	0.98	24 1/2	-0.00316
22	0.967	1.014	0.868	2.73	0.978	25	-0.00304
22.5	0.962	1.015	0.860	2.74	0.975	25 1/2	-0.00292
23	0.956	1.016	0.850	2.75	0.972	26	-0.0028
23.5	0.95	1.017	0.841			26 1/2	-0.00267
24	0.946	1.018	0.833			27	-0.00255
24.5	0.94	1.019	0.825			27 1/2	-0.00244
25	0.935	1.020	0.817			28	-0.00232
25.5	0.93	1.021	0.805			28 1/2	-0.0022
26	0.925	1.022	0.796			29	-0.00207
26.5	0.92	1.023	0.788			29 1/2	-0.00195
		1.024	0.778			30	-0.00184
		1.025	0.770			30 1/2	-0.00171
		1.026	0.760			31	-0.00158
		1.027	0.752			31 1/2	-0.00146
		1.028	0.743			32	-0.00134
		1.029	0.737			32 1/2	-0.00122
		1.030	0.728			33	-0.00110
		1.031	0.718			33 1/2	-0.00097

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 8: Διορθωμένη ανάγνωση R' και Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση W%.

Χρόνος (min)	Θερμοκρασία °C	Ανάγνωση R	Συντελεστής διόρθωσης Ανάγνωσης	Διορθωμένη ανάγνωση R'	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση W%
2	22	1.026	-0.00399	1.02201	48.18
5	22	1.024	-0.00399	1.02001	43.80
15	22	1.022	-0.00399	1.01801	39.42
30	22	1.020	-0.00399	1.01601	35.05
60	22	1.017	-0.00399	1.01301	28.48
250	22	1.011	-0.00399	1.00701	15.35
1440	21	1.005	-0.00404	1.00096	2.10
2880	-	-	-	-	-

- Οι διάμετροι των κόκκων διορθώθηκαν σύμφωνα με πίνακες (Πίνακας 7) με την χρήση του τύπου (Πίνακας 9):

$$d' = d_0 \times K_L \times K_G \times K_N$$

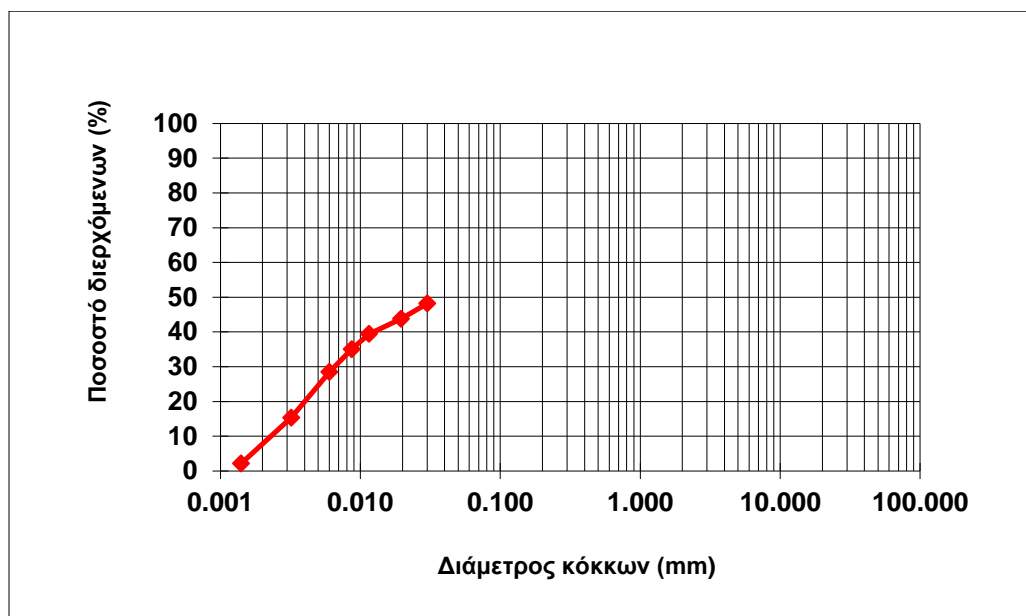
- d' = είναι διορθωμένη διάμετρος κόκκων σε mm
- d_0 = είναι η μέγιστη διάμετρος κόκκων που υπολογίζεται με το νόμο του Stokes
- K_L = ο συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με την ανάγνωση του υδρομέτρου χωρίς τη σύνθετη διόρθωση
- K_G = ο συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος του εδάφους
- K_N = ο συντελεστής διόρθωσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 9: Υπολογισμός του d'.

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d_0 (mm)	K_N	K_L	K_G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
2	0.041	0.967	0.760	1.000	0.0301
5	0.026	0.967	0.778	1.000	0.0196
15	0.015	0.967	0.796	1.000	0.0115
30	0.011	0.967	0.817	1.000	0.0087
60	0.0074	0.967	0.841	1.000	0.0060
250	0.0037	0.967	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.98	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	-

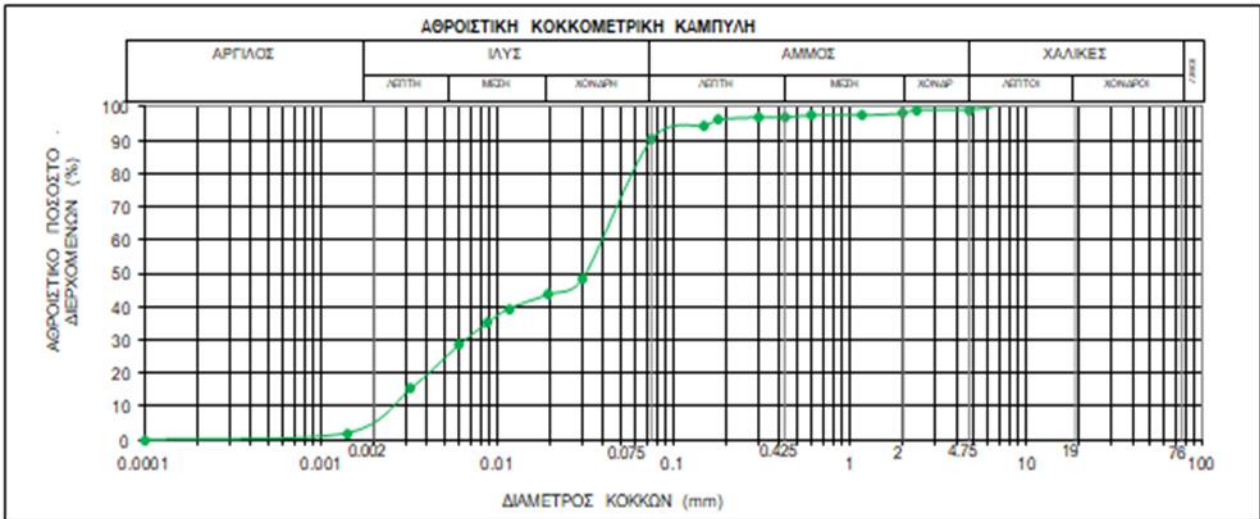
- Τέλος συνδυάζοντας το ποσοστό των κόκκων σε αιώρηση (W%) μαζί με την διάμετρο των κόκκων σε αιώρηση (d') και κάθε μέτρηση προέκυψε η κοκκομετρική καμπύλη όπως αυτή προκύπτει από την ανάλυση με αραιόμετρο (Διάγραμμα 4-4).



Διάγραμμα 4-4: Κοκκομετρική καμπύλη όπως προκύπτει από την ανάλυση με αραιόμετρο.

4.5 Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη και κατάταξη δειγμάτων κατά U.S.C.S.

Η αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη προέκυψε από το συνδυασμό των αναλύσεων με κόσκινα και αραιόμετρο (Διάγραμμα 4-5). Η περιοχή της καμπύλης από 0,075 mm ως και 25 mm αντλήθηκε από το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα και η περιοχή από 0 ως 0,074 mm από το διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης με αραιόμετρο.



Διάγραμμα 4-5: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη (Δείγμα 7).

Η ομοιομορφία του εδάφους εκφράστηκε μέσω του συντελεστή ομοιομορφίας (C_u) που υπολογίζεται από τον τύπο (Πίνακας 11):

$$C_u = d_{60} / d_{10}$$

d_{60} και d_{10} είναι οι διαμέτροι των κόκκων σε ποσοστά διερχομένων αντίστοιχα 60% και 10% του βάρους πάνω στην κοκκομετρική καμπύλη (Χρηστάρας, 2006).

- A) για $U < 5$, το έδαφος χαρακτηρίζεται ομοιόμορφο
- B) για $U = 5$ ως $U = 15$, ανομοιόμορφο
- Γ) για $U > 15$, πολύ ανομοιόμορφο.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ, ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Η κοκκομετρική καμπύλη δίνει επίσης πληροφορίες για τη διαβάθμιση του εδάφους, δηλαδή σχετικά με το πόσο σταθερό είναι, την αντοχή του σε φθορά και διάβρωση και το μέγεθος της συμπύκνωσης του. Για τον υπολογισμό του βαθμού διαβάθμισης (C_c) χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (Πίνακας 11) :

$$C_c = (d_{30}^2) / (d_{60} * d_{10})$$

Όσον αφορά την κατάταξη των εδαφών χρησιμοποιήθηκε το Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών U.S.C.S. Βασικά κριτήρια του συστήματος είναι η κοκκομετρική σύνθεση και τα όρια Atterberg. Με βάση αυτά και τον παρακάτω Πίνακα 10 έγινε κατάταξη του εδάφους σε κάθε θέση δειγματοληψίας (Πίνακας 11).

Πίνακας 10: Ενιαίο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών U.S.C.S.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΤΑ A.S.T.M D2487-90

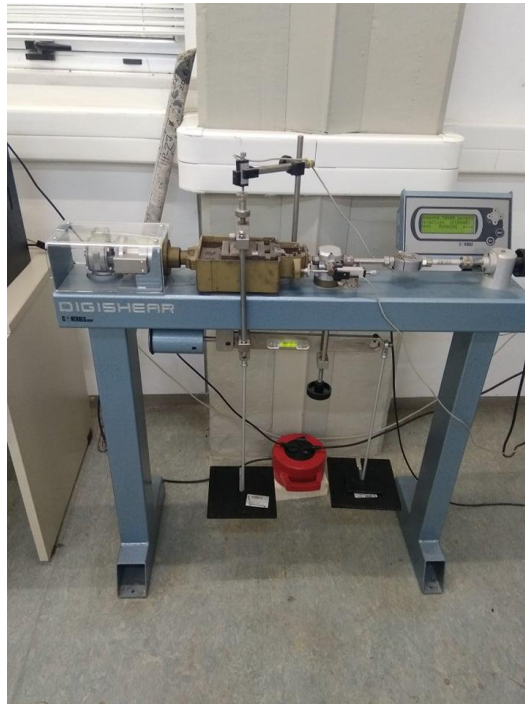
ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΙΑΚΡΙΣΜΟΣ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ		ΥΠΟΜΗΝΗΜΑ			
				ΓΕΝΙΚΑ	ΕΙΔΙΚΑ				
ΚΟΜΜΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ $P_{25} \geq 50\%$	ΧΑΛΙΚΑ	Ποσοστό 60% πάνω από το Νο 4	GW	Καλά διαβρωσιμότητα χαλίκου ή Αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα συστατικά	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ Με βάση το % λεπτόκοκκο ποσοστό εδάφους, από το άκονο Νο 200 1) $P_{25} < 5\%$ αντιστοιχεί σε GW, GP, SW, SP 2) $P_{25} < 12\%$ αντιστοιχεί σε GM, GC, SM, SC 3) $50\% < P_{25} < 75\%$ Οριστεί περίπτωση "αμφίβλοτου" ή κρήνη Διευκρίνιση:	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ συντελεστής ομοιομορφίας $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$ συντελεστής κημάκωσης		
			GP	Φτωχά διαβρωσιμότητα χαλίκου ή Αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα συστατικά	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το GW				
		GM	Πλούσιος χαλίκος ή Μέγιστα χαλίκων - άμμου - βύσος	$I_p < 4$ ή θέση κάτω από την «A»	Θέση πάνω από την γραμμή «A» με $4 < I_p < 7$ επιβάλλει δοκλό συμβολισμό				
		GC	Αργιλώδης χαλίκος ή Μέγιστα χαλίκων - άμμου - βύσος	$I_p > 7$ ή θέση πάνω από την «A»					
		ΑΜΜΟΣ	Ποσοστό >50% πάνω από το Νο 4	Χάλικα με άμμο	SW			Λιμνός καλώς διαβρωσιμότητα ή Αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα υλικά	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$
					SP			Λιμνός φτωχά διαβρωσιμότητα ή Αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα υλικά	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το SW
	Άμμοι με άμμο			SM	Πλούσιος άμμος ή μέγιστα άμμου - βύσος	$I_p < 4$ ή θέση κάτω από την «A»	Θέση πάνω από την γραμμή «A» με $4 < I_p < 7$ επιβάλλει δοκλό συμβολισμό.		
				SC	Αργιλώδης άμμος ή μέγιστα άμμου - βύσος	$I_p > 7$ ή θέση πάνω από την «A»			
	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ $P_{25} < 50\%$	ΛΙΓΣ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΟΣ	LL > 50%	ML	Ανώμαλη υλός, πολύ λεπτή άμμος, βυλίδες και αργιλώδης άμμος χαμηλής πλαστεικότητας	<p style="text-align: center;">Εξίσωση γραμμής "A": $I_p = 0,73(LL - 20)$</p>			
				CL	Ανώμανη άργιλος χαμηλής πλαστεικότητας ή χαλκιώδης άργιλος ή αμμώδης άργιλος ή ιαλιώδης άργιλος				
LL < 50%			OL	Οργανική υλός ή οργανική ιαλιώδης άργιλος χαμηλής πλαστεικότητας					
			MH	Ανώμανη υλός (συνήθως μαργαριταρένια) υψηλής πλαστεικότητας					
			CH	Ανώμανη άργιλος, υψηλής πλαστεικότητας, παγετώ άργιλος					
			OH	Οργανική άργιλος μέσης μέχρι υψηλής πλαστεικότητας					
Πολύ οργανικά εδάφη		PE	Βουρκοειδής και τυρφοειδής εδάφη, Γεωλογικά προϊόντα αποσπάρματος						

Πίνακας 11: Αποτελέσματα αθροιστικής κοκκομετρικής καμπύλης και χαρακτηριστικών του σχηματισμού (Δείγμα 7)

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ C_u	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΗΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ C_c	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ G_s	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.	
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI					
1	9	90	15	0.42	44.48	36.74	7.75	45.50	16.69	2.59	ML	
		ΙΛΥΣ (%)										ΑΡΓΙΛΟΣ (%)
		83										8

4.6 Δοκιμή άμεσης διάτμησης - Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου(CU)

Για τον προσδιορισμό της συνοχής (c) και της γωνίας εσωτερικής τριβής (ϕ) εφαρμόστηκε η ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου (CU). Χρησιμοποιήθηκε συσκευή διάτμησης όπου η διάτμηση του υλικού επιβάλλεται κατά μία επίπεδη επιφάνεια τετραγωνικού δοκιμίου η οποία επιτρέπει την εφαρμογή ορθής και διατμητικής τάσης, κάθετης και παράλληλης προς το επίπεδο διάτμησης αντίστοιχα (Εικόνα 4-12: Συσκευή διάτμησης εργαστηρίου. Στην διάρκεια της δόκιμης μετρούνται η μεταβολή του πάχους του δοκιμίου και η διατμητική παραμόρφωση με τη βοήθεια ηλεκτρικών μηχανοσυστημάτων.



Εικόνα 4-12: Συσκευή διάτμησης εργαστηρίου.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής :

- Αρχικά έγινε διαμόρφωση των δειγμάτων, τρία για κάθε θέση δειγματοληψίας, με την χρήση τετραγωνικού πλαισίου διαστάσεων 6×6cm (Εικόνα 4-13). Στην περίπτωση της θέσης δειγματοληψίας 9 δεν κατορθώθηκε να διαμορφωθούν δείγματα λόγω της φύσης του υλικού (Εικόνα 4-14).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



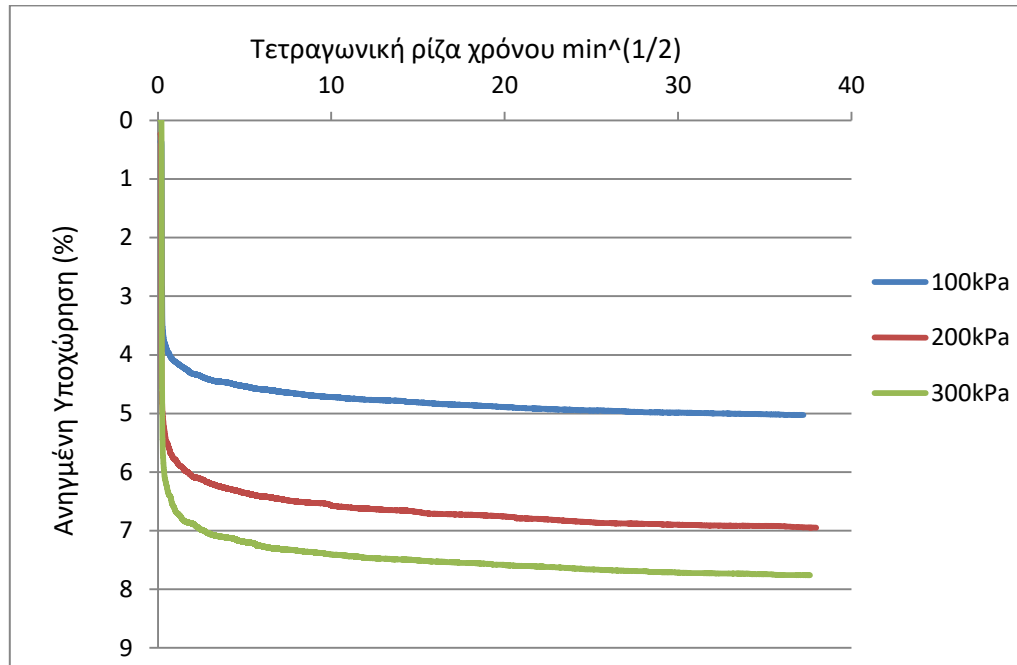
Εικόνα 4-13: Διαμορφωμένα δείγματα για την δοκιμή άμεσης διάτμησης.



Εικόνα 4-14: Προσπάθεια διαμόρφωσης δείγματος για την δοκιμή άμεσης διάτμησης στο δείγμα 9.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

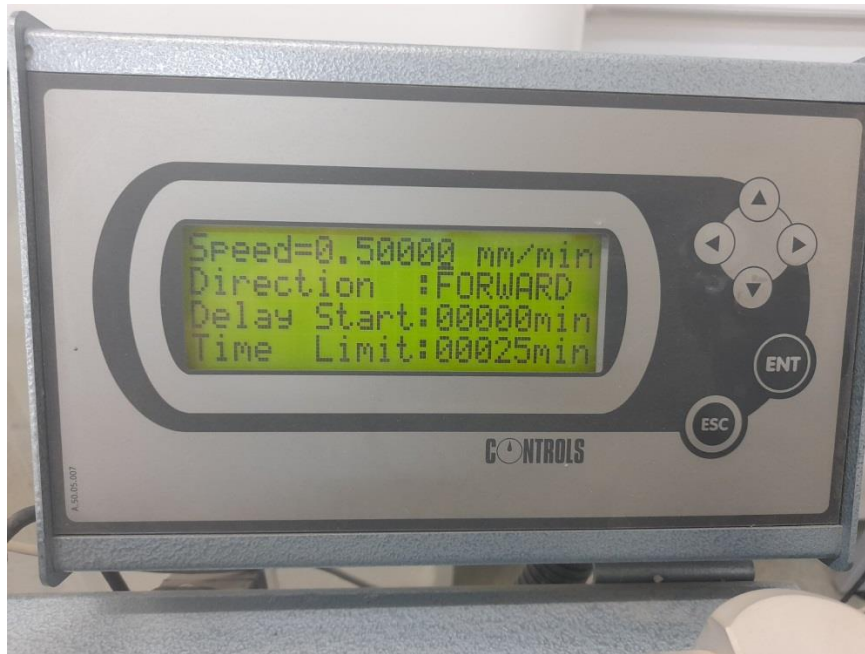
- Το δείγμα τοποθετήθηκε προσεκτικά στην υποδοχή του μηχανήματος μεταξύ παρόλιθων και πληρώθηκε με αποσταγμένο νερό.
- Στη συνέχεια επιβλήθηκε σε κάθε δείγμα μία ορθή τάση, 100, 200 και 300 kPa για κάθε θέση δειγματοληψίας, στην οποία το δείγμα στερεοποιήθηκε για 24 ώρες, καταγράφοντας παράλληλα την κατακόρυφη μετατόπιση του δείγματος (Διάγραμμα 4-6).



Διάγραμμα 4-6: Στάδιο στερεοποίησης – Διάγραμμα καθιζήσεων συναρτήσει του χρόνου (Δείγμα 7).

- Μετά το πέρας των 24 ωρών ξεκινάει η δοκιμή. Η συσκευή ρυθμίστηκε ώστε να επιβάλλει στο δοκίμιο ρυθμό παραμόρφωσης 0,5 mm/min (Εικόνα 4-15), καθώς τα πρότυπα ορίζουν μέγιστη διάρκεια δοκιμής 15-20 λεπτά και ρυθμό διατμητικής παραμόρφωσης 1/2 – 2%. Με τον συγκεκριμένο ρυθμό παραμόρφωσης η δοκιμές είχαν διάρκεια 16,5 λεπτά και ρυθμό διατμητικής παραμόρφωσης 0,83%.
- Η μετακίνηση γίνεται στο πάνω μέρος της συσκευής, ενώ το κάτω τμήμα παρεμποδίζεται από την άκαμπτη σύνδεσή του με δυναμομετρικό δακτύλιο (Εικόνα 4-16). Έτσι δημιουργείται επιφάνεια διάτμησης στο σημείο που ασκείται η μετακίνηση (Εικόνα 4-17).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-15: Οθόνη συσκευής άμεσης διάτμησης – ρυθμός παραμορφώσεως.



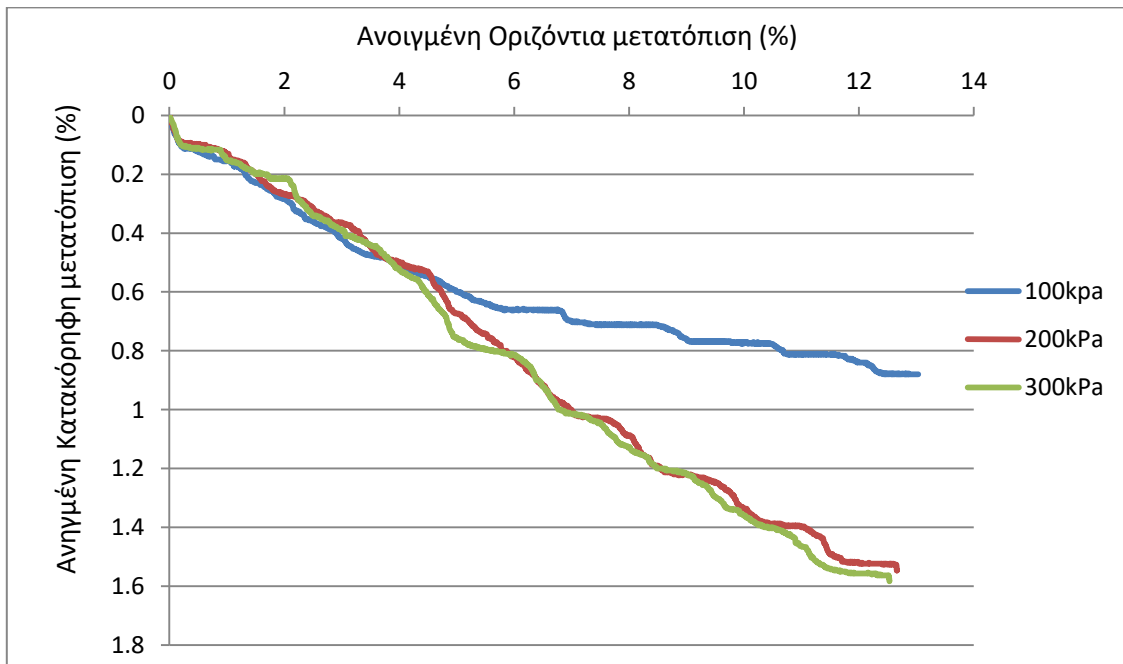
Εικόνα 4-16: Δοκίμιο μετά την δοκιμή άμεσης διάτμησης .Φαίνεται ότι η μετακίνηση επιβάλλεται στο πάνω μέρος της διάταξης.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



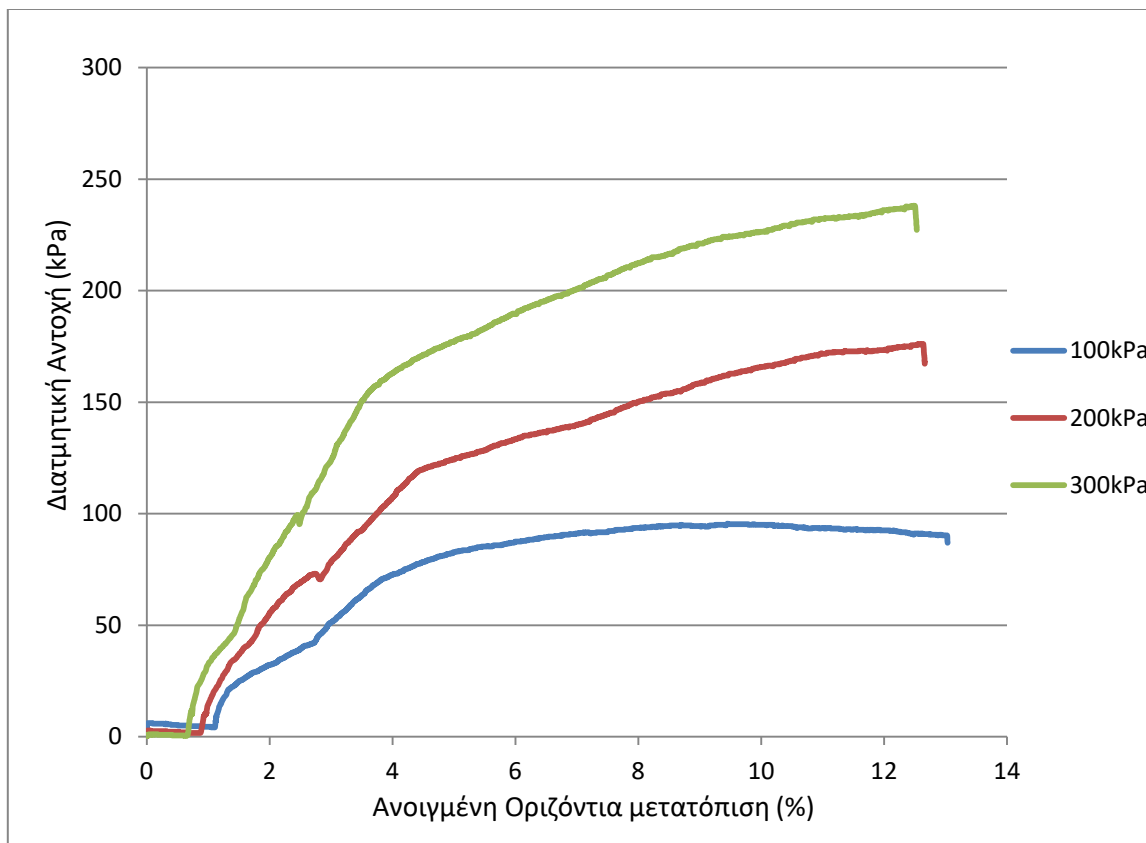
Εικόνα 4-17: Δοκίμιο μετά την δοκιμή άμεσης διάτμησης. Φαίνεται η επιφάνεια διάτμησης.

- Από τα αποτελέσματα τις δοκιμής σχεδιάστηκε το διάγραμμα κατακόρυφης μετατόπισης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Διάγραμμα 4-7) και το διάγραμμα διατμητικής τάσης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Διάγραμμα 4-8) για κάθε ορθή τάση.



Διάγραμμα 4-7: Διάγραμμα κατακόρυφης μετατόπισης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Δείγμα 7)..

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Διάγραμμα 4-8: Διάγραμμα διατμητικής τάσης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης (Δείγμα 7)..

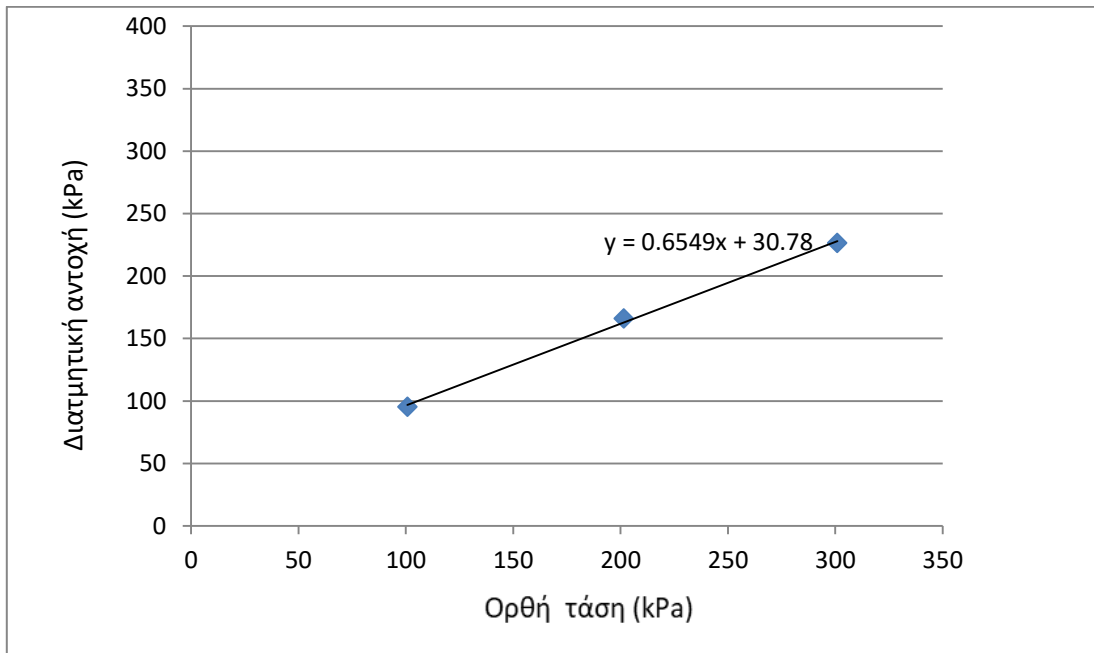
- Από το διάγραμμα διατμητικής τάσης συναρτήσει της οριζόντιας παραμόρφωσης υπολογίστηκε η μέγιστη διατμητική τάση και η αντίστοιχη οριζόντια παραμόρφωση για κάθε ορθή τάση δημιουργώντας τρία ζεύγη τιμών (Πίνακας 12). Ως μέγιστη τάση ορίστηκε η μέγιστη τιμή της μέχρι τα 6mm οριζόντιας μετατόπισης δηλαδή σε παραμόρφωση 10%.

Πίνακας 12: Μέγιστη διατμητική τάση και η αντίστοιχη οριζόντια παραμόρφωση για κάθε ορθή τάση (Δείγμα 7)

σ (kPa)	τ (kPa)
100.7778	95.27777778
201.5806	165.83333333
301	226.38888889

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Από τα αποτελέσματα των τριών δοκιμών διάτμησης, σχεδιάστηκε το διάγραμμα διατμητικής αντοχής συναρτήσει της επιβαλλομένης ορθής τάσης και προέκυψε μια ευθεία. Από την κλίση της προσδιορίζεται η γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ) και από την τομή της ευθείας με τον άξονα των τεταγμένων προσδιορίζεται η συνοχή (c) (Διάγραμμα 4-9).



c(kpa)	ϕ (deg)
30.78	33.2

Διάγραμμα 4-9: Διάγραμμα διατμητικής αντοχής συναρτήσει της επιβαλλομένης ορθής τάσης και υπολογισμός c και ϕ (Δείγμα 7).

4.7 Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης (C_v), του δείκτη συμπιεστότητας (C_c) και του οιδιμετρικού μέτρου ελαστικότητας (E_s), πραγματοποιήθηκε δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας. Χρησιμοποιήθηκε συσκευή φόρτισης για την εφαρμογή των κατακόρυφων φορτίων, συσκευή στερεοποίησης η οποία επιτρέπει τον συνεχή κορεσμό του δείγματος, την επιβολή κατακόρυφου φορτίου και την μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου (Εικόνα 4-18). Για την μέτρηση της μεταβολής του ύψους χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα μηκυνσιόμετρα.



Εικόνα 4-18: Διάταξη εργαστηριακού εξοπλισμού για την δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής :

- Αρχικά έγινε διαμόρφωση των δειγμάτων, για κάθε θέση δειγματοληψίας, με την χρήση μεταλλικού δακτυλίου με διάμετρο 5cm και ύψος 2cm (Εικόνα 4-19) και ζυγίστηκε ο δακτύλιος μαζί με το δείγμα.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 4-19: Διαμορφωμένα δείγματα για την δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης.

- Ο δακτύλιος με το εδαφικό δείγμα τοποθετήθηκε στη συσκευή στερεοποίησης μεταξύ δύο κορεσμένων παρόλιθων (Εικόνα 4-20) και η συσκευή στερεοποίησης τοποθετήθηκε στη συσκευή φόρτισης. Η διαβροχή του δοκιμίου έγινε αμέσως μετά την εφαρμογή του πρώτου φορτίου. Όταν κατά τη διαβροχή σημειώθηκε διόγκωση του δοκιμίου, τότε το αμέσως επόμενο φορτίο της κλίμακας προστέθηκε μέχρι να σταματήσει να διογκώνεται.



Εικόνα 4-20: Συσκευή στερεοποίησης μαζί με εδαφικό δείγμα.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Στη συσκευή το δοκίμιο φορτίστηκε αξονικά με διπλασιαζόμενα φορτία 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8 και 16 kg, αφήνοντας κάθε ένα από αυτά τουλάχιστον 24 ώρες. Τα βάρη αυτά για τη συσκευή του εργαστηρίου αντιστοιχούν σε κατακόρυφες τάσεις 12,5, 25, 50, 100, 200, 400, και 800 KN/m². Οι μετρήσεις καταγράφηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για κάθε διαφορετική βαθμίδα φόρτισης. Μετά τη φόρτιση των 16 kg αφαιρέθηκαν τα βάρη εκτός από 0,25 kg και μετρήθηκε η αποσυμπίεση του δείγματος.
- Τέλος το δοκίμιο αφαιρέθηκε από τη συσκευή (Εικόνα 4-21), ξηράθηκε και ζυγίστηκε για τον υπολογισμό του ξηρού βάρους των κόκκων.



Εικόνα 4-21: Δοκίμιο μετά το πέρας της δοκιμής μονοδιάστατης στερεοποίησης.

4.7.1 Προσδιορισμός συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης (C_v)

Ο συντελεστής συμπιεστότητας C_v , υποδεικνύει το ρυθμό συμπίεσης κατά τη φόρτιση και υπολογίζεται σε κάθε στάδιο της δοκιμής. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος λογαρίθμου του χρόνου κατά Casagrande στην οποία ο συντελεστής συμπιεστότητας C_v προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$C_v = 0,196 \cdot H^2 / t_{50}$$

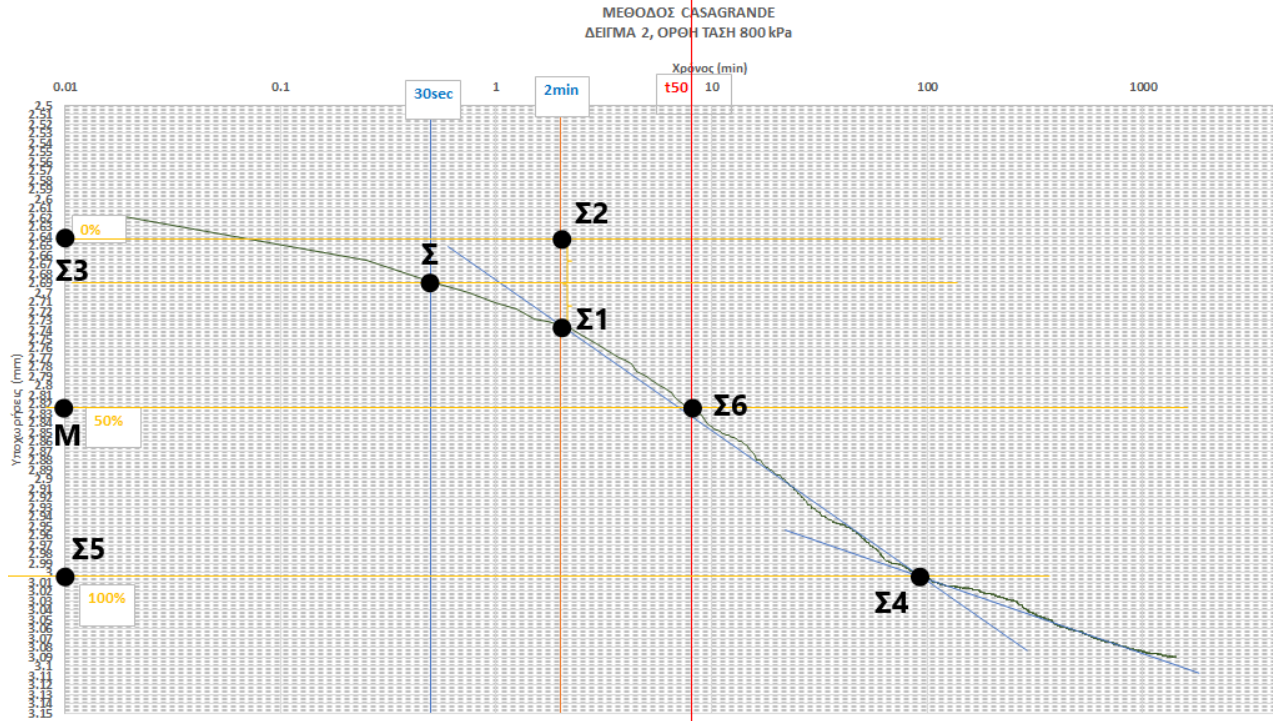
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- $C_v = 0$ συντελεστής συμπιεστότητας σε mm^2/min .
- $H =$ το υποδιπλασιασμένο μέσο ύψος του δοκιμίου στο στάδιο φόρτισης σε mm .
- $t_{50} = 0$ χρόνος που απαιτείται για 50% πρωτεύουσα στερεοποίηση σε min .

Ο υπολογισμός του t_{50} γίνεται ως εξής (Διάγραμμα 4-10):

- Οι εργαστηριακές μετρήσεις προερχόμενες από μία βαθμίδα φόρτισης (μετρήσεις 24ωρου) μεταφέρθηκαν σε ορθογώνιο σύστημα “logt – ποσοστό καθιζήσεων επί της συνολικής”, δημιουργώντας μία καμπύλη η οποία έχει σχήμα ανάποδου ανοικτού S.
- Επιλέχτηκε ένας χρόνος $t_1 = 30\text{sec}$ στον οριζόντιο άξονα. Από την προβολή του σημείου αυτού στην καμπύλα στερεοποίησης προκύπτει το σημείο Σ.
- Λαμβάνοντας στον οριζόντιο άξονα το σημείο που αντιστοιχεί σε χρόνο $4 \cdot t_1 = 2\text{min}$ από την προβολή του οποίου στην ίδια καμπύλη προκύπτει το σημείο Σ1.
- Μετρώντας τη κατακόρυφη απόσταση ΣΣ1 και προκύπτει το σημείο Σ2 (κατακόρυφα προς τα πάνω), το οποίο απέχει απόσταση $2(\Sigma\Sigma1)$ από το σημείο Σ1.
- Προβάλλοντας το σημείο Σ2 στον κατακόρυφο άξονα, εντοπίζεται το σημείο Σ3, το οποίο αντιστοιχεί σε βαθμό στερεοποίησης $U = 0\%$.
- Στη συνέχεια χαράχτηκαν οι δύο εφαπτόμενες στο τμήμα της καμπύλης που έχει τα κοίλα προς τα κάτω και από τη τομή τους προέκυψε το σημείο Σ4.
- Προβάλλοντας το σημείο Σ4 στον κατακόρυφο άξονα, εντοπίζεται το σημείο Σ5, το οποίο αντιστοιχεί σε βαθμό στερεοποίησης $U = 100\%$.
- Τέλος από το μέσον Μ του κατακόρυφου τμήματος μεταξύ $U = 0\%$ και $U = 100\%$ και με διπλή συνεχόμενη προβολή, αφενός επί της καμπύλης (σημείο Σ6) και αφετέρου στον οριζόντιο βρίσκεται η τιμή του t_{50} .

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Διάγραμμα 4-10: Διαδικασία εύρεσης t_{50} με την μέθοδο Casagrande (Δείγμα 2, Ορθή τάση 800 kPa).

4.7.2 Προσδιορισμός δείκτη συμπίεστικότητας (C_c)

Ο δείκτης συμπίεστικότητας (C_c) εκφράζει το πόσο συμπιεστός είναι ο εδαφικός σχηματισμός και αποτελεί αδιάστατο μέγεθος (Λουπασάκης, 2015). Προσδιορίζεται από την κλίση του λογαριθμικού διαγράμματος τάσεων – δείκτη πόρων στο ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης. Ο υπολογισμός του γίνεται από τη σχέση :

$$C_c = -\Delta e / \Delta \log \sigma'$$

Για να προκύψει το διάγραμμα δείκτη πόρων (e) – πίεσης (p) (Διάγραμμα 4-11) έγιναν τα εξής:

- Υπολογίζεται ο δείκτης κενών για 100% στερεοποίηση για κάθε βαθμίδα φόρτισης ή αποφόρτισης του δοκιμίου (Πίνακας 14). Ο δείκτης κενών e στο τέλος κάθε βαθμίδας φόρτισης δίνεται από τον τύπο:

$$e = (H - H_s) / H_s$$

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- H : το ολικό ύψος δοκιμίου στο τέλος της έκαστης βαθμίδας φόρτισης ($= H_0 - \Delta h_i$)
 - H_0 : το αρχικό ύψος δοκιμίου
 - Δh_i : η συνολική μεταβολή του ύψους του δοκιμίου
- Το ύψος των στερεών συστατικών H_s του εδαφικού δείγματος δίνεται από τον τύπο:

$$H_s = V_s / A$$

- V_s : ο όγκος των στερεών κόκκων που είναι ίσος με το λόγο του ξηρού βάρους (W_s) προς το ειδικό βάρος των κόκκων (γ_s) (Πίνακας 13)
- A : η επιφάνεια του δοκιμίου (Πίνακας 13)

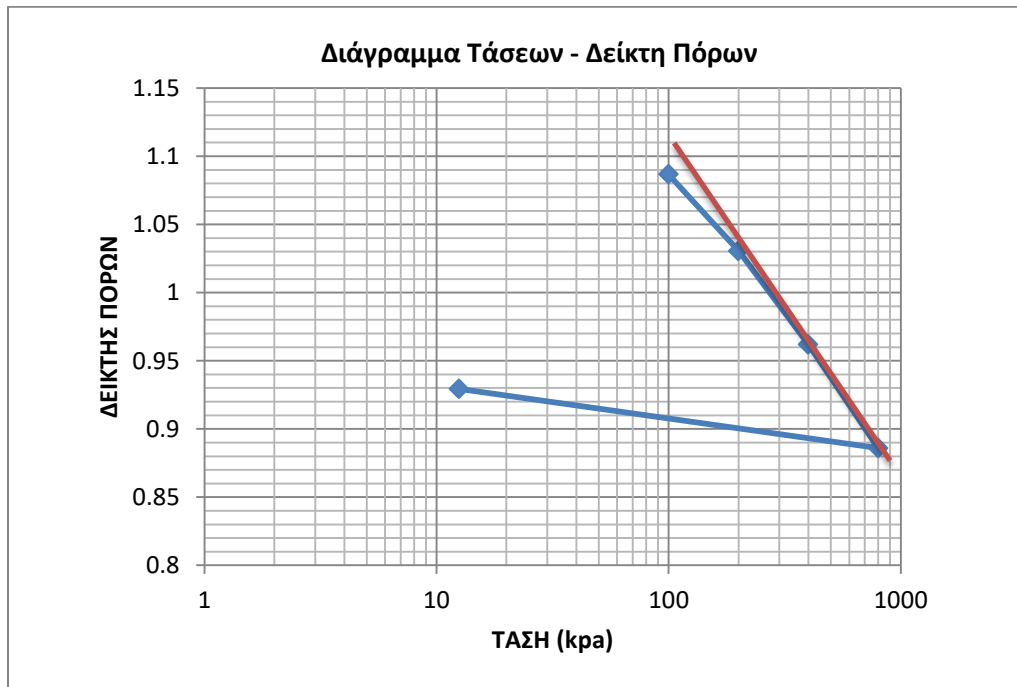
Πίνακας 13: Στοιχεία σχηματισμού για τον υπολογισμό του δείκτη πόρων.

$\Delta 7$	
Κατάταξη κατά AUSCS	ML
Αρχική υγρασία	45.5
Υγρό φαινόμενο βάρος (KN/m ³)	16.69
Ξερό φαινόμενο βάρος (KN/m ³)	11.47
Πορώδες	0.55
Διάμετρος δοκιμίου(mm)	50
Αρχικό ύψος δοκιμίου (mm)	20
Αρχικό βάρος δοκιμίου (gr)	66.8
Αρχικός όγκος δοκιμίου(cm ³)	39.25
Ξηρό βάρος(gr)	45.9
Ειδικό βάρος στερεών συστατικών (gr/cm ³)	2.59

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 14 : Υπολογισμέ δείκτη πόρων (Δείγμα 7).

Τάση (kN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Δείκτης Πόρων e_f
0	0	1.2147603
100	1.156	1.0867472
200	1.664	1.0304923
400	2.283	0.9619455
800	2.969	0.8859792
12.5	2.577	0.9293885



$C_c = 0.252$

Διάγραμμα 4-11: Διάγραμμα τάσεων – δείκτη πόρων και υπολογισμός δείκτη συμπίεστικότητας (Δείγμα 7).

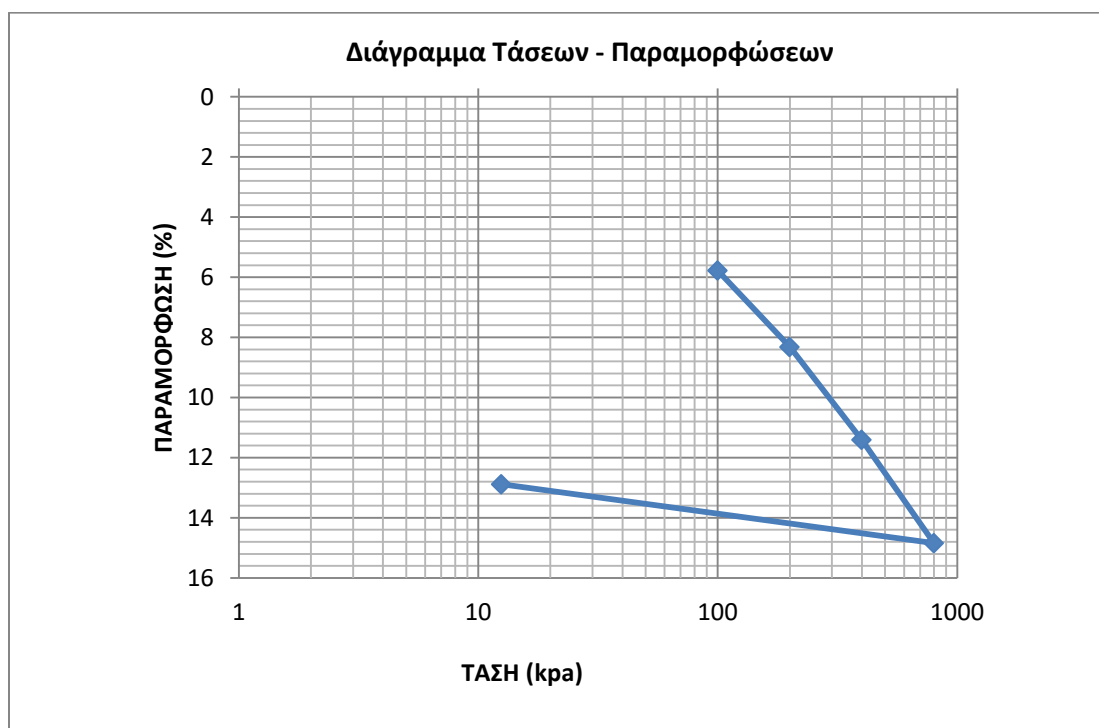
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

4.7.3 Πεσοδιορισμός οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (E_s)

Το οιδημετρικό μέτρο ελαστικότητας δεν αποτελεί σταθερά του εδάφους, αλλά παρουσιάζει την σχέση τάσεων-παραμορφώσεων και υπολογίζεται για κάθε βαθμίδα φόρτισης. Προκύπτει από το λογαριθμικό διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων (Διάγραμμα 4-12). Ο υπολογισμός του γίνεται από τη σχέση (Πίνακας 15):

$$E_s = \Delta\sigma_v / (\Delta H / H_0)$$

➤ H_0 : το αρχικό ύψος δοκιμίου



Διάγραμμα 4-12: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων (Δείγμα 7).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 15: Υπολογισμός οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Δείγμα 7).

Τάση (KN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Παραμόρφωση(%)	Es (KN/m ²)
0	0	0	-
100	1.156	5.78	-
200	1.664	8.32	3937.00787
400	2.283	11.415	6462.03554
800	2.969	14.845	11661.8076
12.5	2.577	12.885	-

4.8 Άμεσος προσδιορισμός οργανικών

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους μπορεί να γίνει άμεσα και βασίζεται στην απώλεια βάρους του δείγματος που συνεπάγεται η καταστροφή της. Για το σκοπό αυτό γίνεται πύρωση του δείγματος σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα δεν είναι ακριβή, γιατί αφενός μεν η οξείδωση της οργανικής ουσίας από το H₂O₂, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ατελής, αφετέρου η απώλεια βάρους που συνεπάγεται η πύρωση του δείγματος σε υψηλές θερμοκρασίες δεν οφείλεται μόνο στην καταστροφή της οργανικής ουσίας, αλλά και στην απώλεια του προσροφημένου νερού από τα ορυκτά της αργίλου (Σινάνης, 2015).

Στην συγκεκριμένη εργασία τα δείγματα που υποβλήθηκαν στον άμεσο προσδιορισμό οργανικών ήταν τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας και πλαστικότητας των εδαφικών σχηματισμών στις θέσεις από 3 έως 12.

Σε όλες τις ξηράνσεις που υποβλήθηκαν τα δείγματα, πριν τον άμεσο προσδιορισμό οργανικών, η θερμοκρασία ήταν 60 °C ώστε να διασφαλιστεί η μη καταστροφή των οργανικών που περιέχουν.

Τα δείγματα έμειναν στον κλίβανο του εργαστηρίου σε θερμοκρασία 110 °C για δέκα ημέρες και στη συνέχεια ζυγίστηκαν με σκοπό να διαπιστωθεί η απώλεια βάρους.

5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Στο παρών κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και η επεξεργασία αυτών.

5.1 Ειδικό βάρος

Από τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους για τις 12 θέσεις δειγματοληψίας προέκυψαν τιμές ειδικού βάρους στους 20°C από 2,53 έως 2,66 gr/cm³ (Πίνακας 16). Οι τιμές του ειδικού βάρους για συνήθη εδάφη είναι 2,6-2,7 gr/cm³, άρα τα δείγματα θεωρούνται ελαφροβαρή. Αυτό οφείλεται στην οργανική ύλη του εδάφους η οποία έχει τιμές ειδικού βάρους κοντά στα 1,5 gr/cm³.

Πίνακας 16: Ειδικό βάρος στερεών Gs στις θέσεις δειγματοληψίας.

Θέση Δειγματοληψίας	Ειδικό βάρος στερεών Gs
1	2.53
2	2.66
3	2.59
4	2.62
5	2.62
6	2.58
7	2.59
8	2.54
9	2.63
10	2.56
11	2.63
12	2.57

5.2 Προσδιορισμός ορίων υδαρότητας-πλαστικότητας.

Από τον προσδιορισμό των ορίων Atterberg για τις 12 θέσεις δειγματοληψίας προέκυψαν οι παρακάτω τιμές:

Πίνακας 17: Όρια Atterberg στις θέσεις δειγματοληψίας.

Θέση Δειγματοληψίας	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)		
	LL	PL	PI
1	49.49	NP	NP
2	32.65	21.83	10.82
3	35.42	20.61	14.81
4	50.52	29.73	20.78
5	38.30	22.33	15.97
6	0.00	NP	NP
7	44.48	36.74	7.75
8	49.18	40.00	9.18
9	50.99	42.93	8.06
10	65.00	35.66	29.34
11	34.90	22.18	12.72
12	39.49	25.30	14.20

Η μέθοδος πεντρομέτρου πίπτοντος κώνου για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας πραγματοποιήθηκε στις θέσεις δειγματοληψίας από 7 έως 12 (Πίνακας 18). Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αυτά του ορίου υδαρότητας από τα όρια Atterberg, στις αντίστοιχες θέσεις δειγματοληψίας, με σκοπό να διαπιστωθεί η αξιοπιστία της μεθόδου πεντρομέτρου πίπτοντος κώνου.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Πίνακας 18: Όριο υδαρότητας από όρια Atterberg και από μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.

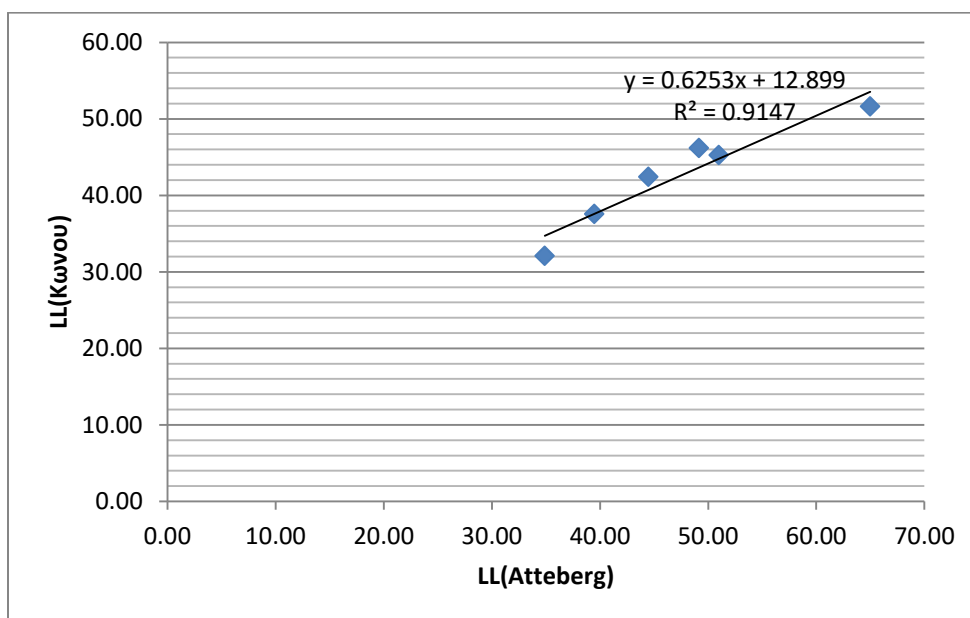
Θέση Δειγματοληψίας	LL (Atterberg)	LL (Κώνου)
7	44.48	42.40
8	49.18	46.15
9	50.99	45.25
10	65.00	51.58
11	34.90	32.08
12	39.49	37.55

Τα αποτελέσματα προβλήθηκαν σε διάγραμμα LL(Atterberg)-LL(Κώνου) (Διάγραμμα 5-1) και προέκυψε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τα δύο όρια υδαρότητας:

$$y = 0.6253x + 12.899$$

- $y = \text{LL}(\text{Κώνου})$
- $x = \text{LL}(\text{Atterberg})$

Ο συντελεστής προσδιορισμού της εξίσωσης είναι $R^2 = 0.9147$, δηλαδή πολύ κοντά στο 1. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πολύ καλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων και άρα η μέθοδος πενετρομέτρου πίπτοντος κώνου βγάζει αξιόπιστα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 5-1: Διάγραμμα LL(Atterberg)-LL(Κώνου) .

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής, υπολογίστηκε το όριο υδαρότητας για κάθε θέση δειγματοληψίας χρησιμοποιώντας μόνο μία αποδεκτή δοκιμή από την συσκευή Casagrande (Πίνακας 19). Ο αποδεκτός αριθμός κτύπων για το κλείσιμο της χαραγής ώστε να υπάρχει ακρίβεια ήταν μεταξύ 20 και 30 κτύπων. Για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση :

$$W_L = W_N * (N/25)^{0.121}$$

- N= κτύποι
- W_N = περιεχόμενη υγρασία σε N κτύπους

Πίνακας 19: Υπολογισμός ορίου υδαρότητας χρησιμοποιώντας μόνο μία αποδεκτή δοκιμή από την συσκευή Casagrande.

Θέση Δειγματοληψίας	Αριθμός Κτύπων	LL (Atterberg)	LL (από μόνο μία δοκιμή)
1	20	49.49	48.67
2	29	32.65	31.77
2	26	32.65	33.06
2	21	32.65	32.84
3	28	35.42	35.38
4	29	50.52	50.48
5	28	38.30	36.20
5	21	38.30	39.16
5	30	38.30	38.66
7	27	44.48	43.81
7	28	44.48	45.58
7	25	44.48	44.83
8	30	49.18	47.50
9	30	50.99	50.65
9	22	50.99	50.8
10	22	65.00	66.92
10	29	65.00	62.94
11	26	34.90	35.00
12	30	39.49	40.89

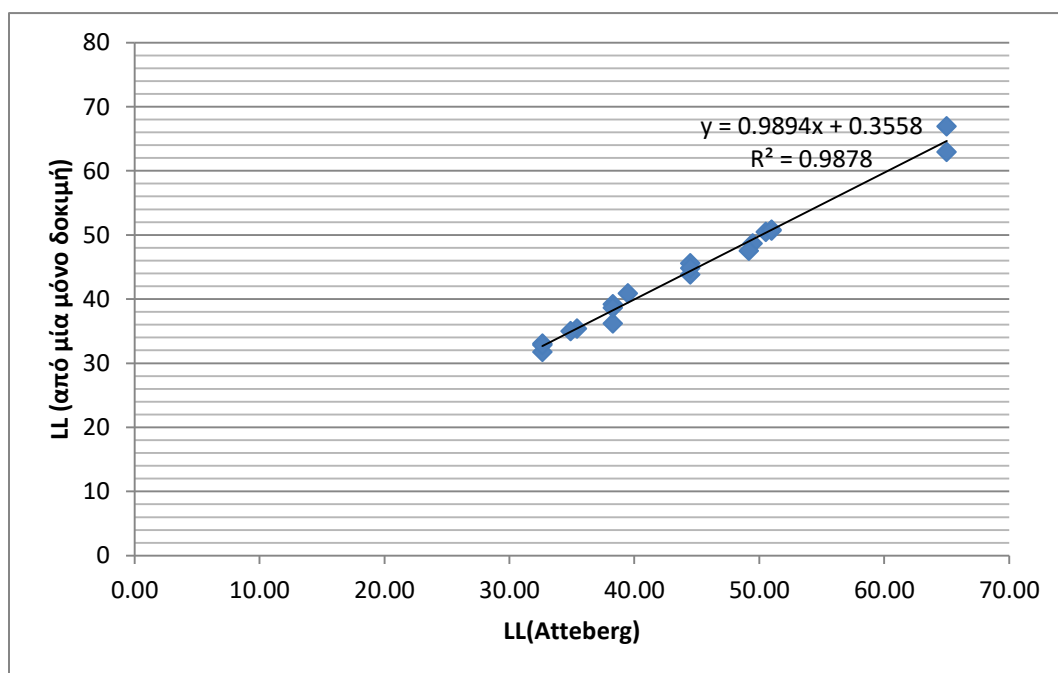
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα προβλήθηκαν σε διάγραμμα LL(Atteberg)-LL(από μία μόνο δοκιμή) και προέκυψε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τα δύο όρια υδαρότητας (Διάγραμμα 5-2):

$$y = 0.9894x + 0,3558$$

- $y = LL$ (από μία μόνο δοκιμή)
- $x = LL$ (Atterberg)

Ο συντελεστής προσδιορισμού της εξίσωσης είναι $R^2 = 0.9894$, δηλαδή πολύ κοντά στο 1. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πολύ καλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων και άρα η μέθοδος με την χρήση μίας μόνο αποδεκτής τιμής από την συσκευή Casagrande έχει αξιόπιστα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 5-2: Διάγραμμα LL(Atteberg)-LL(από μία μόνο δοκιμή).

5.3 Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη και κατάταξη δειγμάτων κατά U.S.C.S.

Η αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη προέκυψε από το συνδυασμό των αναλύσεων με κόσκινα και αραιόμετρο. Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών καμπύλων και τα όρια Atterberg έγινε οι κατάταξη των δειγμάτων κατά U.S.C.S. στις 12 θέσεις δειγματοληψίας (Πίνακας 20).

Πίνακας 20: Κατάταξη των δειγμάτων κατά U.S.C.S.

Θέση Δειγματοληψίας	Κατάταξη κατά U.S.C.S.
1	ML
2	CL
3	CL
4	MH
5	CL
6	ML
7	ML
8	ML
9	ML
10	MH
11	CL
12	ML

Από τα αποτελέσματα των κατατάξεων που έγιναν στις θέσεις δειγματοληψίας και σε συνδυασμό με τα δεδομένα των γεωτρήσεων που συλλέχτηκαν από το Κ.Ε.Δ.Ε (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων), προκύπτει ότι η λεκάνη καλύπτεται από αργίλους και ιλείς.

5.4 Δοκιμή άμεσης διάτμησης - Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου (CU)

Από τις δοκιμές άμεσης διάτμησης που πραγματοποιήθηκαν στις θέσεις δειγματοληψίας δεν προέκυψαν αποτελέσματα για τις θέσεις 9, 10 και 12. Στη θέση 9 δεν διαμορφώθηκαν κατάλληλα δείγματα λόγω της φύσης του υλικού, ενώ στις θέσεις 10 και 12 τα αποτελέσματα μας οδήγησαν στο να απορρίψουμε τις δοκιμές. Για τις υπόλοιπες θέσεις δειγματοληψίας προέκυψαν η συνοχή C (kPa) και η γωνία εσωτερικής τριβής ϕ (°) όπως φαίνονται στον Πίνακα 21:

Πίνακας 21: Συνοχή C (kPa) και η γωνία εσωτερικής τριβής ϕ (°) στις θέσεις δειγματοληψίας.

Θέση Δειγματοληψίας	Συνοχή C (kPa)	Γωνία εσωτερικής τριβής ϕ (°)
1	37.82	23.1
2	60.53	24.50
3	32.25	28.34
4	73.61	26.00
5	45.24	19.80
6	54.18	27.50
7	30.78	33.20
8	26.63	29.50
9	-	-
10	101.01	7.10
11	82.66	36.70
12	180.63	1.50

Για την συνοχή προέκυψαν τιμές από 26,63 kPa έως 82,6 kPa, ενώ για την γωνία εσωτερικής τριβής ϕ (°) τιμές από 19,8° έως 36,7°.

5.5 Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης

Η δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης πραγματοποιήθηκε σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας.

5.5.1 Προσδιορισμός συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης (C_v)

Αρχικά υπολογίστηκε ο συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης $C_v(\text{mm}^2/\text{min})$ για τις διαφορετικές αξονικές φορτίσεις που ασκήθηκαν στα δείγματα. Χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος λογαρίθμου του χρόνου κατά Casagrande. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 22:

Πίνακας 22: Συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης $C_v(\text{mm}^2/\text{min})$

Συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης $C_v(\text{mm}^2/\text{min})$	Τάση (KN/m^2)			
	100	200	400	800
θέση 1	1.0907	-	1.6971	1.8187
θέση 2	-	2.3124	2.0932	1.855
θέση 3	4.4587	7.2696	5.1332	1.0321
θέση 4	-	1.7423	1.928	1.1402
θέση 5	4.4427	1.9338	2.1077	1.4614
θέση 6	-	0.9366	1.5703	3.2079
θέση 7	1.0835	2.4153	2.2183	1.6328
θέση 8	-	2.4004	2.58	-
θέση 9	-	2.5498	3.7117	6.9572
θέση 10	2.7405	1.4115	0.7017	0.8151
θέση 11	2.159	2.6579	3.4891	7.3811
θέση 12	4.1252	2.5141	2.7227	1.163

Οι τιμές του συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης που προέκυψαν είναι χαμηλές. Αυτό προκύπτει λόγω του ότι τα υλικά στην λεκάνη είναι συνεκτικά. Τα συνεκτικά εδάφη παρουσιάζουν πολύ μικρή διαπερατότητα και η αναπτυσσόμενη λόγω των φορτίων υπερπίεση του νερού των πόρων αργεί πολύ να εκτονωθεί. Συνεπώς οι τιμές των πειραμάτων είναι λογικές. Τέλος ο χαμηλός συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης υποδηλώνει ότι οι πιθανές καθιζήσεις εξελίσσονται στο χρόνο με αργό ρυθμό.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

5.5.2 Προσδιορισμός δείκτη συμπίεστικότητας (C_c)

Στη συνέχεια έγινε ο προσδιορισμός του δείκτη συμπίεστικότητας (C_c) και του δείκτη κενών (e_o) στις θέσεις δειγματοληψίας 4, 5, 7, 9, 10, 11 και 12. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 23:

Πίνακας 23: Δείκτης συμπίεστικότητας (C_c) και δείκτης κενών (e_o).

Θέση Δειγματοληψίας	C_c	e_o
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	0.302	0.67
5	0.229	0.80
6	-	-
7	0.252	1.21
8	-	-
9	0.268	1.45
10	0.233	0.88
11	0.140	0.41
12	0.234	0.88

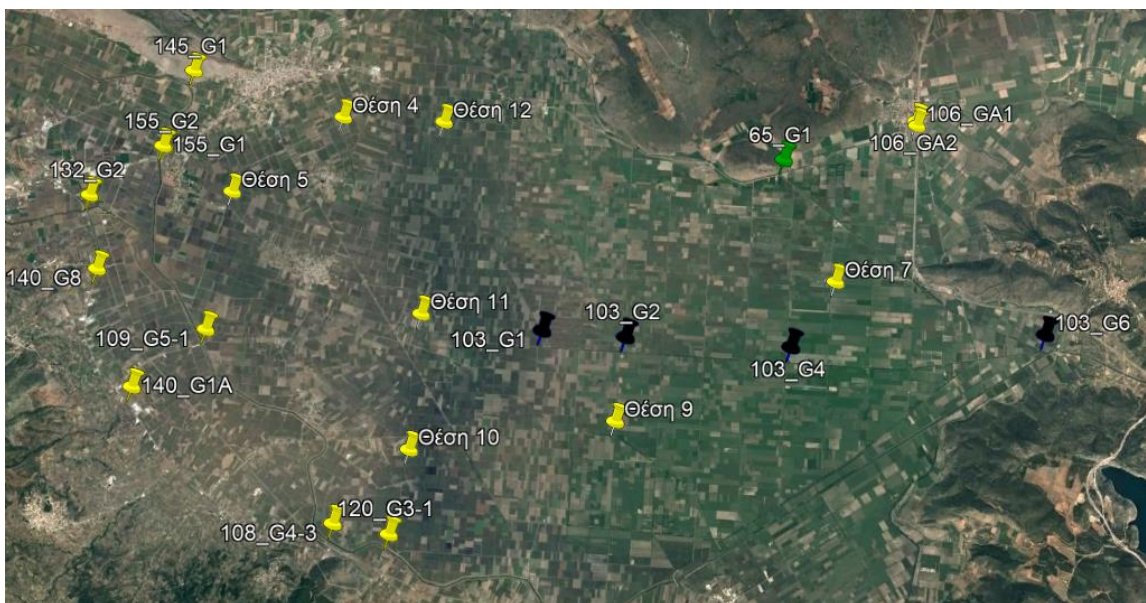
Οι τιμές του δείκτη συμπίεστικότητας είναι μεγάλες και κυμαίνονται από 0,151 έως 0,263 γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η λεκάνη της Κωπαΐδας αποτελείται από συμπίεστους σχηματισμούς. Αυτό το συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από τα δεδομένα των γεωτρήσεων που συλλέχτηκαν από το Κ.Ε.Δ.Ε (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων) (Πίνακας 24), καθώς και σε αυτά οι τιμές του δείκτη συμπίεστικότητας είναι μεγάλες και κατανέμονται σε όλη την λεκάνη της Κωπαΐδας (Εικόνα 5-1).

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ**

Πίνακας 24: Δείκτης συμπίεστικότητας (C_c) και δείκτης κενών (e_o) από τα δεδομένα των γεωτρήσεων

Τεχνική έκθεση_Γεώτρηση	Κατάταξη	C_c	e_o
65_G1	CL	0.109	0.23
103_G1	ML	0.21	1.213
103_G1	ML	0.238	1.127
103_G2	MH	0.128	1.32
103_G4	ML	0.157	0.961
103_G6	CL	0.111	0.649
103_G6	CL	0.082	0.897
103_G6	CL	0.116	0.75
103_G6	CL	0.158	0.789
106_GA1	CL	0.16	1.03
106_GA2	CH	0.152	0.831
108_G4-3	CL	0.145	0.802
109_G5-1	CL	0.184	0.659
109_G5-1	CH	0.268	0.981
120_G3-1	CL	0.196	0.622
132_G2	CH	0.243	0.632
140_G1	CL	0.16	0.68
140_G1	CL	0.115	0.53
140_G1	CL	0.11	0.57
140_G8	CL	0.065	0.41
140_G8	CL	0.09	0.41
145_G1	CL	0.167	0.64
155_G1	CL	0.187	0.737
155_G2	CL	0.136	0.57

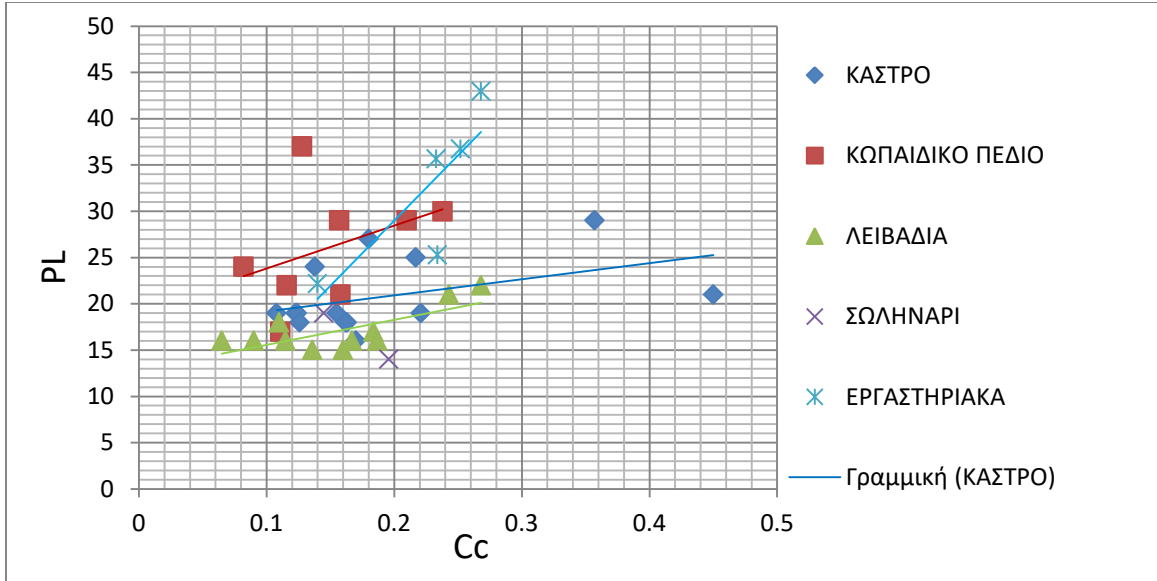
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



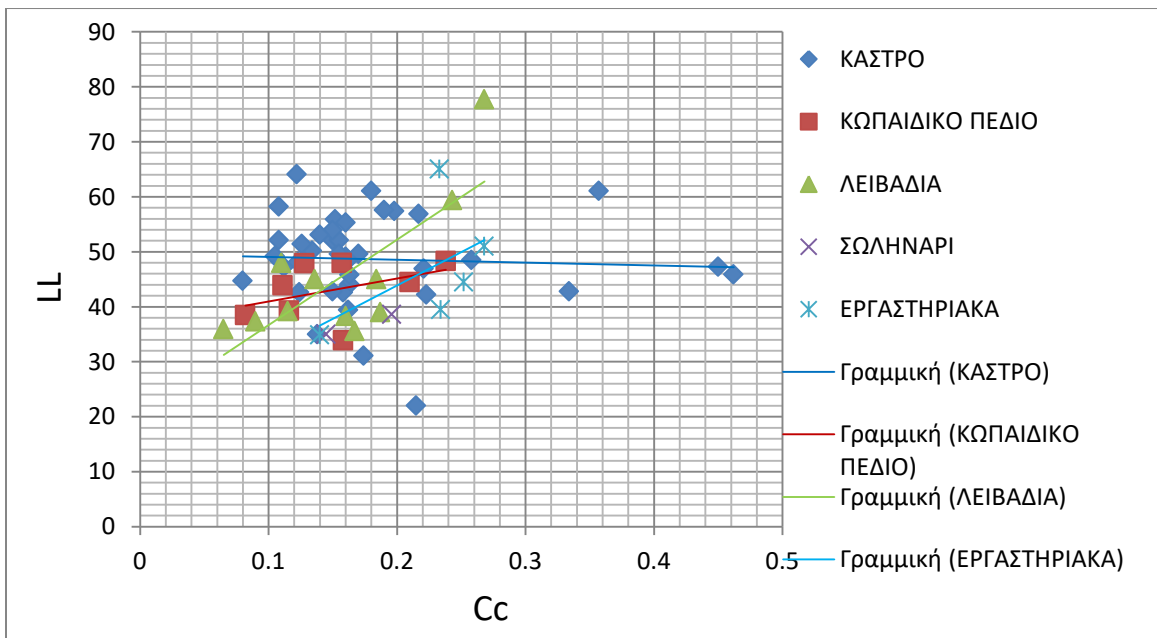
Εικόνα 5-1: Θέσεις γεωτρήσεων με εργαστηριακά δεδομένα για τον Δείκτη συμπίεστότητας (Cc).

Με την βοήθεια το δεδομένων που υπήρχαν διαθέσιμα για τον δείκτη συμπίεστότητας από τις γεωτρήσεις έγινε μια προσπάθεια συσχέτισής τους με τα αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο. Τα αποτελέσματα των δοκιμών και τα στοιχεία από τις γεωτρήσεις προβλήθηκαν σε κοινά διαγράμματα, συνδυάζοντας τον δείκτη συμπίεστότητας Cc με άλλες χαρακτηριστικές τιμές του εδάφους (LL, PL, e_0). Με αυτόν τον τρόπο προέκυψε ένας χωρικός διαχωρισμός. Οι τιμές των γεωτρήσεων που έχουν γίνει κατά μήκος του κεντρικού αγωγού της Κωπαΐδας (στα διαγράμματα ως ΚΩΠΑΙΔΙΚΟ ΠΕΔΙΟ) είχαν παρόμοια κατανομή τιμών με τα αποτελέσματα των θέσεων δειγματοληψίας που βρίσκονταν στις περιοχές δίπλα από αυτές (στα διαγράμματα ως ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

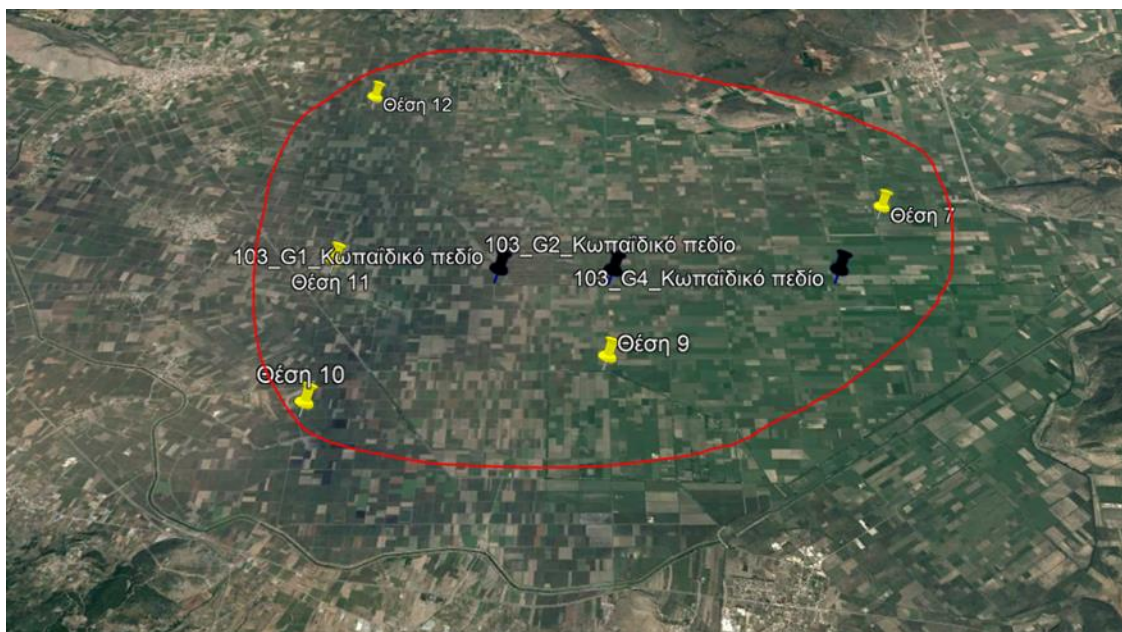


Διάγραμμα 5-3: Συσχετισμός ορίου πλαστικότητας PL με τον δείκτη συμπεστότητας Cs.



Διάγραμμα 5-4: Συσχετισμός ορίου υδαρότητας LL με τον δείκτη συμπεστότητας Cs.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 5-2: Θέσεις δειγματοληψίας με κίτρινη πινέζα θέσεις γεωτρήσεων με μαύρη πινέζα.

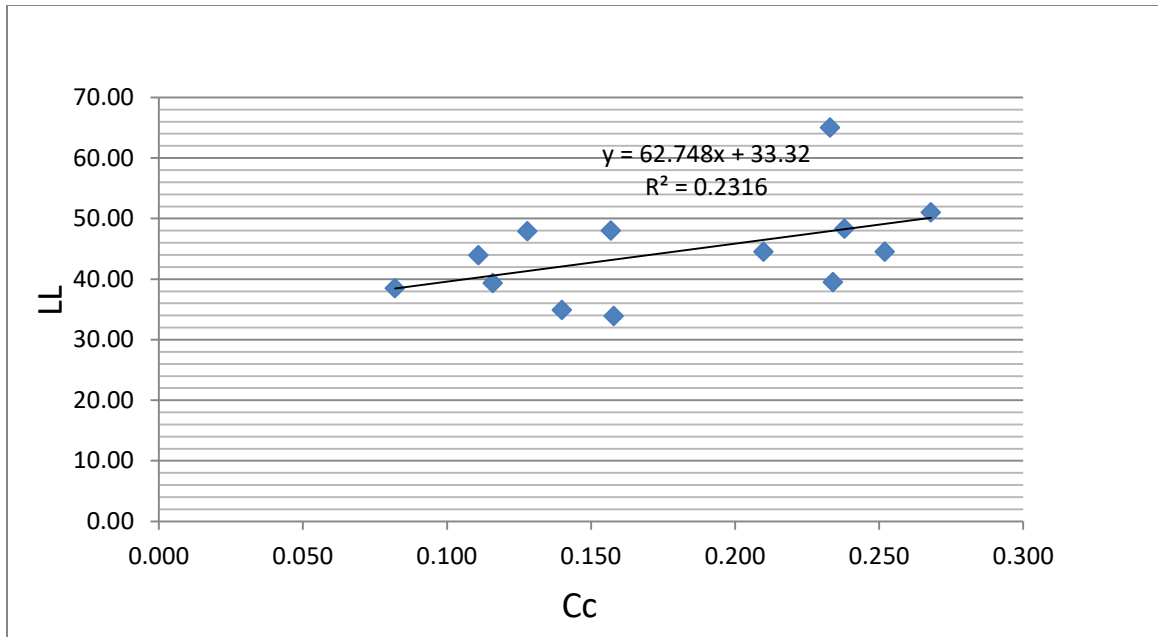
Προβάλλοντας συνδυαστικά τις τιμές των γεωτρήσεων που έχουν γίνει κατά μήκος του κεντρικού αγωγού της Κωπαΐδας (στα διαγράμματα ως ΚΩΠΑΙΔΙΚΟ ΠΕΔΙΟ) και των θέσεων δειγματοληψίας που βρίσκονταν στις περιοχές δίπλα από αυτές (στα διαγράμματα ως ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ) δημιουργήθηκαν εξισώσεις που συνδέουν τον δείκτη συμπίεστικότητας C_c με το όριο υδαρότητας LL και το όριο πλαστικότητας PL για την συγκεκριμένη περιοχή (Εικόνα 5-2).

Τα αποτελέσματα του ορίου υδαρότητας με τον δείκτη συμπίεστικότητας προβλήθηκαν σε διάγραμμα $LL(Attreberg)-C_c$ (δείκτης συμπίεστικότητας) και προέκυψε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τις τιμές (Διάγραμμα 5-5):

$$y = 62,748x + 33,32$$

- $y = LL$ (Atterberg)
- $x = C_c$ (δείκτης συμπίεστικότητας)

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



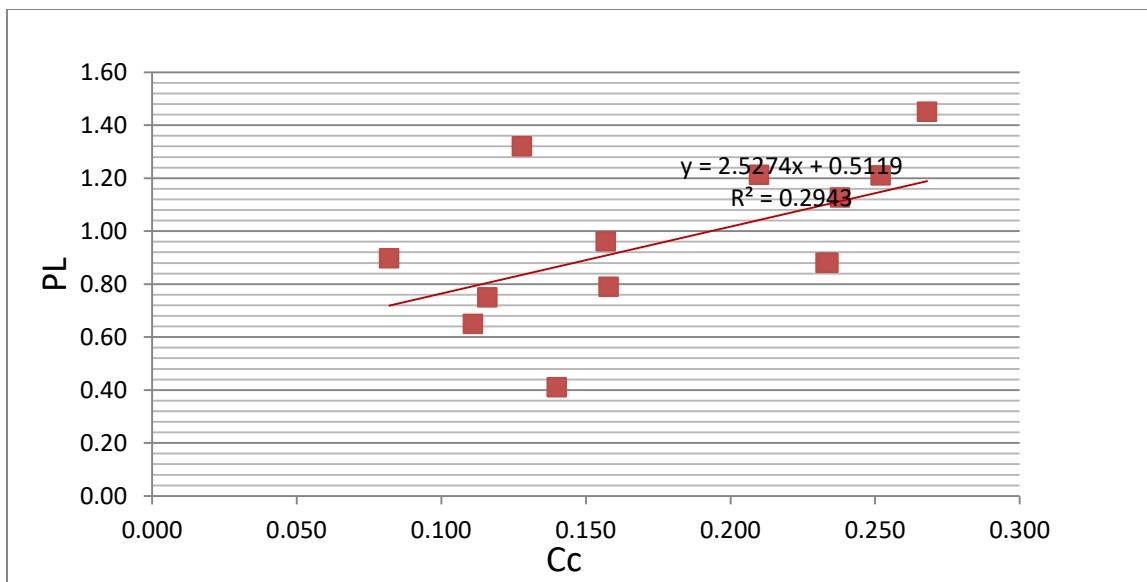
Διάγραμμα 5-5: Διάγραμμα LL(Atterberg)-Cc(δείκτης συμπίεσότητας) .

Τα αποτελέσματα του ορίου πλαστικότητας με τον δείκτη συμπίεσότητας προβλήθηκαν σε διάγραμμα PL(Atterberg)-Cc(δείκτης συμπίεσότητας) και προέκυψε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τις τιμές (Διάγραμμα 5-6) :

$$y = 2.5274x + 0.5119$$

- $y = PL(Atterberg)$
- $x = Cc$ (δείκτης συμπίεσότητας)

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Διάγραμμα 5-6: Διάγραμμα PL(Atterberg)-Cc(δείκτης συμπιεστότητας) .

5.5.3 Προσδιορισμός οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es)

Τέλος έγινε ο προσδιορισμός του οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es) στις θέσεις δειγματοληψίας 4,5,7,9,10,11 και 12. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 25:

Πίνακας 25: Οιδημετρικό μέτρο ελαστικότητας (Es).

Τάση (KN/m ²)	Οιδημετρικό μέτρο ελαστικότητας Es(KN/m ²)						
	θέση 4	θέση 5	θέση 7	θέση 9	θέση 10	θέση 11	θέση 12
200	3619.91	2684.564	3937.008	-	3311.258	6802.721	2985.075
400	7511.737	5234.917	6462.036	6191.95	5221.932	8602.151	5494.505
800	7346.189	9651.345	11661.81	12139.61	10680.91	13377.93	10666.67

Οι τιμές του οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας (Es) κυμαίνονται από 2684 KN/m² έως 13377 KN/m². Με βάση τη βιβλιογραφία τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται ως πολύ μαλακά και μπορούν να είναι πολύ μαλακές έως μαλακές άργιλοι και χαλαρές ιλεις (Εικόνα 5-3).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

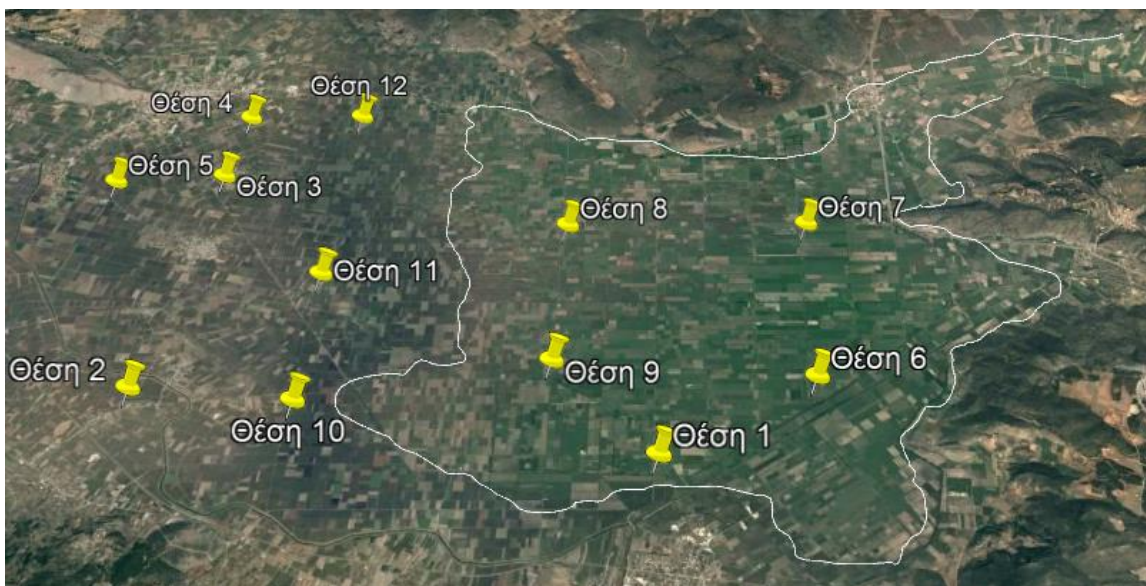
Soil	E_s , MPa
Clay	
Very soft	2–15
Soft	5–25
Medium	15–50
Hard	50–100
Sandy	25–250
Glacial till	
Loose	10–150
Dense	150–720
Very dense	500–1440
Loess	15–60
Sand	
Silty	5–20
Loose	10–25
Dense	50–81
Sand and gravel	
Loose	50–150
Dense	100–200
Shale	150–5000
Silt	2–20

Εικόνα 5-3: Τιμές οιδιμετρικού μέτρου ελαστικότητας (E_s) για εδάφη (Bowles, 1997).

5.6 Άμεσος προσδιορισμός οργανικών

Παρατηρώντας την λεκάνη της Κωπαΐδας και γνωρίζοντας την ύπαρξη καθιζήσεων στους οικισμούς δυτικά και νότια της λεκάνης, θεωρήθηκε με βάση την χρωματική διαφοροποίηση του εδάφους ένα όριο το οποίο περιέχει πιο ανοιχτόχρωμους σχηματισμούς συγκριτικά με την υπόλοιπη λεκάνη. Εκτός αυτού του ορίου θεωρήθηκε ότι οι εδαφικοί σχηματισμοί περιέχουν αρκετά οργανικά (Εικόνα 5-4). Μία επιπλέον πληροφορία που οδήγησε στο συγκεκριμένο όριο είναι ότι με την καύση της τύρφης που υπήρχε στην λεκάνη μετά την πρώτη αποξήρανση της λίμνης το 1887 στα δυτικά και νότια της λεκάνης παρέμεινε ένα πάχος οργανικών το οποίο δεν κάηκε.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα 5-4: Όριο οργανικών στη λεκάνη της Κωπαΐδας.

Μετά την δημιουργία του ορίου έγινε μία προσπάθεια άμεσου προσδιορισμού της οργανικής ουσίας του εδάφους με πύρωση του δείγματος σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα (Πίνακας 26) έδειξαν κάποια μικρά ποσοστά οργανικών.

Πίνακας 26: Άμεσος προσδιορισμός ποσοστού οργανικών στο έδαφος.

Θέση Δειγματοληψίας	Ποσοστό οργανικών στο έδαφος %
2	-
3	2.7
4	3
5	0.74
10	1.91
11	1.4
12	1.46

Ο συνδυασμός των παραπάνω πληροφοριών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι εδαφικές υποχωρήσεις που παρατηρήθηκαν στην λεκάνη της Κωπαΐδας είναι πιθανό να οφείλονται ,σε σημαντικό βαθμό, στην οξείδωση των οργανικών εδαφών.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις επισκέψεις και τις εργασίες πεδίου στην λεκάνη της Κωπαΐδας, αλλά και από τις εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο είναι τα ακόλουθα:

- Η λεκάνη της Κωπαΐδας είναι πληρωμένη με τεταρτογενής αποθέσεις και πιο συγκεκριμένα αργίλους και ιλεις.
- Τα ειδικά βάρη των εδαφικών σχηματισμών είναι χαμηλά εξαιτίας της ύπαρξης οργανικών.
- Από την συσχέτιση του ορίου υδαρότητας που προέκυψε από τη συσκευή Casagrande και του ορίου υδαρότητας που προέκυψε από τη μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου, δημιουργήθηκε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τα δύο όρια :

$$y = 0.6253x + 12.899$$

- $y = LL$ (Κώνου)
- $x = LL$ (Atterberg)
- Από την συσχέτιση του ορίου υδαρότητας που προέκυψε από τη συσκευή Casagrande και του ορίου υδαρότητας που προέκυψε χρησιμοποιώντας μόνο μία αποδεκτή δοκιμή από την συσκευή Casagrande, δημιουργήθηκε η παρακάτω γραμμική εξίσωση που συσχετίζει τα δύο όρια :

$$y = 0.9894x + 0,3558$$

- $y = LL$ (από μία μόνο δοκιμή)
- $x = LL$ (Atterberg)
- Οι τιμές της συνοχής που προέκυψαν από την δοκιμή άμεσης διάτμησης κυμαίνονται από 26,63 kPa έως 82,6 kPa, ενώ οι τιμές της γωνίας εσωτερικής τριβής φ (°) από 19,8° έως 36,7°.
- Οι τιμές του συντελεστή μονοδιάστατης στερεοποίησης C_v που προέκυψαν είναι χαμηλές. Αυτό προκύπτει λόγω του ότι τα υλικά στην λεκάνη είναι συνεκτικά και ο

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

χαμηλός συντελεστής μονοδιάστατης στερεοποίησης υποδηλώνει ότι οι πιθανές καθιζήσεις εξελίσσονται στο χρόνο με αργό ρυθμό.

- Σε όλη την λεκάνη η σχηματισμοί είναι συμπιεστοί και έχουν υψηλό δείκτη συμπιεστότητας C_c .
- Για το κέντρο της λεκάνης της Κωπαΐδας ,στην προσπάθεια χωρικού διαχωρισμού των δεδομένων, προέκυψαν εξισώσεις που συσχετίζουν το όριο υδαρότητας LL και το όριο πλαστικότητας PL με τον δείκτη συμπιεστότητας C_c .

$$y = 62,748x + 33,32$$

- $y = LL$ (Atterberg)
- $x = C_c$ (δείκτης συμπιεστότητας)

$$y = 2.5274x + 0.5119$$

- $y = PL$ (Atterberg)
- $x = C_c$ (δείκτης συμπιεστότητας)

- Οι τιμές του οιδημετρικού μέτρου ελαστικότητας E_s κυμαίνονται από 2684 KN/m² έως 13377 KN/m² τιμές αποδεκτές για αργίλους και ιλείς.
- Στα νότια και δυτικά της λεκάνης της Κωπαΐδας υπάρχουν αυξημένα ποσοστά οργανικών στο έδαφος, τα οποία είναι πιθανό να παίζουν σημαντικό ρόλο στις εδαφικές υποχωρήσεις των οικισμών στις περιοχές αυτές εξαιτίας της πιθανής οξειδώσής τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Khafaji, A. W. N., & Andersland, O. B. (1981). Compressibility and strength of decomposing fibre–clay soils. *Géotechnique*, 31, 497–508.
- Bowles, J. E. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. Civil Engineering Materials* (fifth). The McGraw-Hill Companies, Inc. https://doi.org/10.1007/978-1-349-13729-9_26
- Deverel, SJ, Leighton, D. (2010). Historic, recent, and future subsidence, Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA. *San Franc Estuary Watershed Science*, 8(2).
- Deverel, S. J., Ingrum, T., & Leighton, D. (2016). Present-day oxidative subsidence of organic soils and mitigation in the Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA. *Hydrogeology Journal*, 24(3), 569–586. <https://doi.org/10.1007/s10040-016-1391-1>
- Erkens , G, Van der Meulen, M, Middelkoop, H. (2016). Double trouble: subsidence and CO2 respiration due to 1000 years of cultivation of the Dutch coastal peatlands. *Hydrogeology*, 24, 551–568.
- Huat, B. B. K., Prasad, A., Asadi, A., & Kazemian, S. (2014). *Geotechnics of Organic Soils and Peat*. CRC Press.
- Huat, B. B. K., Kazemian, S., Prasad, A., & Barghchi, M. (2011). State of an art review of peat : General perspective. *International Journal of the Physical Sciences*, 6, 1988–1996.
- Koster, K. (2017). *3D characterization of Holocene peat in the Netherlands : Implications for coastal-deltaic subsidence (Dissertation) Utrecht Studies in Earth Sciences : 140*. Utrecht University.
- University of Leicester. (n.d.). Subsidence - a progressive problem. Retrieved May 31, 2021, from <https://www2.le.ac.uk/departments/geography/research/projects/tropical-peatland/subsidence-a-progressive-problem>
- Van den Born, G. ., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Van Bommel, B., & Van der Sluis, S.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

(2016). *Dalende bodem, stijgende kosten*. PBL.

Wösten, J. H. M., Ismail, A. B., & Van Wijk, A. L. M. (1997). Peat subsidence and its practical implications: A case study in Malaysia. *Geoderma*, 78, 25–36.

Yassoglou, N., Tsadilas, C., & Kosmas, C. (2017). Recent Lacustrine and Organic Soils (pp. 61–66). https://doi.org/10.1007/978-3-319-53334-6_7

Η Κωπαΐδα - Ιστορικό. (n.d.). Retrieved May 31, 2021, from www.orchomenos.gr

Καραθάνου-Νικολαΐδη, Μ.-Μ. (2019). *Θεώρηση των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών των αποστραγγιστικών έργων των μινύων στην λεκάνη της Κωπαΐδας*. ΕΜΠ.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1964). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Βοιωτικού Κηφισσού εις Υλίκη.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1965). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Γέφυρας Παύλου Μέλανος Ποταμού οδού ορχομενού-Παθλου. Βοιωτίας.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1973). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Δημοτικού Καταστήματος Ορχομενού Βοιωτίας.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1973). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Γυμνασίου Ορχομενού.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1980). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Γέφυρα Τουρλογιάννη.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1981). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-Πνευματικόν Κέντρον Κάστρου Βοιωτίας.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1982). ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ-ΓΕΦΥΡΑΣ ΟΡΧΟΜΕΝΟΥ-ΔΙΟΝΥΣΟΥ Ν.ΒΟΙΩΤΙΑΣ.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1983). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Ε.Ο ΑΘΗΝΩΝ-ΛΑΜΙΑΣ Χ.Θ 103+100.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1985). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Γέφυρα Αλαλκομενών στο Βοιωτικό Κηφισσό Ν.Βοιωτίας (κωπαΐδα).

Κ.Ε.Δ.Ε. (1985). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Α ΚΩΠΑΪΔΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ Ν.ΒΟΙΩΤΙΑΣ.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Για την θεμελίωση των συνθηκών θεμελίωσης ρουφράκτη (BOOT) στον Βοιωτικό Κηφισό. Ν.Βοιωτίας.

Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Κόμβος Κάστρου Ν.Βοιωτίας.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Κάτω Διάβαση Κάστρου Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Θεμελίωση Γέφυρας Πέτρας στο Βοιωτικό Κηφισό Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Θυρογράμματος Ράχης στο Βοιωτικό Κηφισό Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Θεμελίωση Φράγματος Γύφτισας στο Βοιωτικό Κηφισό Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Γέφυρας Κόμβου Κάστρου χ.θ 110+887 Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Φράγμα Μουλκίου.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Επεξεργασία Λυμάτων Δήμου Ορχομενού Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Φράγμα Πέτρας, Φράγμα Μαζίου.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1986). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Άνω Διάβαση Κάστρου χ.θ 110+410.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1988). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Παράκαμψη Λειβαδιάς (χ.θ 1+680 Γεφ. ποταμού Ερκύμα-χ.θ 8+425 Γεφ. ποταμού Μακρυσαίου).
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1988). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Παράκαμψη Λειβαδιάς χ.θ 8+425 Γεφ. ποταμού Μακρυσαίου.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (1992). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-ΕΡΓΟ: Γεωτεχνική έρευνα για τη διερεύνηση των συνθηκών θεμελίωσης του θυροφράγματος Μαζίου στον Βοιωτ.Κηφισό.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19893). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-ΕΡΓΟ: Ε.Ο ΘΗΒΑΣ-ΛΕΙΒΑΔΕΙΑΣ χ.θ 109 έως 118 περίπου.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19893). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Εκτέλεση γεωτρήσεων για τη θεμελίωση της γέφυρας Δαύλειας στη Χ.Θ. 14+460 ανάντι ρουφράκτη ΒΟΟΤ, στο Βοιωτικό Κηφισό.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ
ΤΗΣ ΚΩΠΑΪΔΑΣ , ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΙΣ

- Κ.Ε.Δ.Ε. (19893). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Εκτέλεση γεωτρήσεων για τη θεμελίωση της γέφυρας στη θέση Γύφτισσα, στη Χ.Θ. 23+050 κατάντι ΒΟΟΤ Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19893). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Παράκαμψη Λειβαδιάς Τμήμα Α' χ.θ 1+635 Ν.Βοιωτίας.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19893). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Εκτέλεση γεωτρήσεων στη θέση πεζογέφυρας (χ.θ. 5+623 ανάντι ΒΟΟΤ), στον Βοιωτικό Κηφισσό.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19895). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-ΕΡΓΟ: ΓΕΦΥΡΑ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΣΟΥ, Χ.Θ 12+620.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19896). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-ΓΕΦΥΡΑ ΑΓ.ΑΝΔΡΕΑ ΒΟΙΩΤΙΑΣ.
- Κ.Ε.Δ.Ε. (19896). ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ-Αποτελέσματα γεωτρήσεων για τη γέφυρα Κοινότητας Πύργου Ν.Βοιωτίας.
- ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι. (1967). Γεωλογία της περιοχής των βοιωτικών λιμνών Υλίκης - Παραλίμνης. Συμβολή στη γνώση του φλύσχου (Πρόδρομος ανακοίνωση). *Ann. Géol. Pays Hellen*, 18(527–533).
- Λουπασάκης, Κ. (2014). *Τεχνική Γεωλογία Ι (Σημειώσεις Διαλέξεων)*. Αθήνα: ΕΜΠ.
- Λουπασάκης, Κ. (2015). *Εδαφομηχανική και Στοιχεία Θεμελιώσεων(Σημειώσεις Διαλέξεων)*.
- Παπαδοπούλου. (1990). *ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΩΠΑΙΔΑΣ (ΒΟΙΩΤΙΑ)*. Kapodistrian University of Athens.
- Σινάνης. (2015). ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (pp. 62–68).
- Τζανακάκης, Β. (2020). *Μάθημα Εδαφολογίας*. Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστή.
- Τζιρίτης, Ε. Π. (2008). *Υδρογεωχημική – Περιβαλλοντική μελέτη του καρστικού συστήματος Αν . Κωπαΐδας – Υλίκης και προσομοίωση της τρωτότητας του με μεθόδους Γεωπληροφορικής Διδακτορική Διατριβή*. ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ.
- Χρηστάρας, Β. (2006). *Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής*.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

1

Συντεταγμένες: 38°23'53.77"B, 23° 6'23.70"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	1	9	1
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	55.809	51.65	55.792
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	75.839	72.218	76.638
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	167.777	164.076	168.21
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	155.569	151.664	155.602
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	20	20	19
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0.9982343	0.9982343	0.9984347
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.56	2.52	2.53
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1.0000	1.0000	1.0002
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2.56	2.52	2.53

G_s στους 20°C = 2.53353



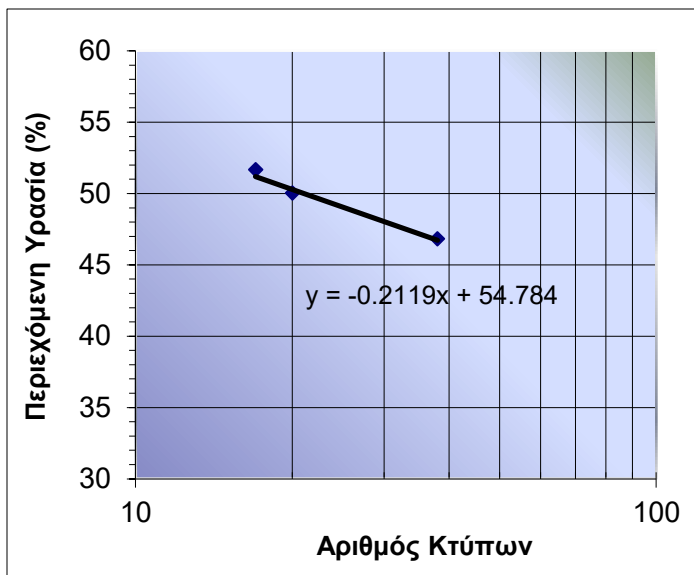
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	P6	P5	P2
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	17	38	20
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.40	33.70	33.60
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	47.20	47.50	49.80
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	42.50	43.10	44.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	4.70	4.40	5.40
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	9.10	9.40	10.80
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	51.65	46.81	50.00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :			
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :			
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :			
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :			
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (φαίνεται να έχει άμμο)



Όριο υδαρότητας LL

για x=25 χτύποι

y= 49.49

Όριο υδαρότητας, LL : 49.49 (%)

Όριο πλαστικότητας, PL : NP (%)

Δείκτης πλαστικότητας, PI : NP

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76.20	0.0	340.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	340.0	100.0
2"	50.80	0.0	340.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	340.0	100.0
1 1/4"	31.75	0.0	340.0	100.0
1"	25.40	0.0	340.0	100.0
3/4"	19.05	0.0	340.0	100.0
5/8"	15.87	0.0	340.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	340.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	340.0	100.0
1/4"	6.35	0.0	340.0	100.0
No. 4	4.75	0.9	339.1	99.7
No. 8	2.36	0.0	339.1	99.7
No. 10	2.00	10.3	328.8	96.7
No. 16	1.18	0.0	328.8	96.7
No. 30	0.60	0.0	328.8	96.7
No. 40	0.425	4.6	324.2	95.4
No. 50	0.30	0.0	324.2	95.4
No. 60	0.18	2.5	321.7	94.6
No. 100	0.15	8.1	313.6	92.2
No. 200	0.075	29.0	284.6	83.7
	Παιπάλη	284.6		
	Ολικό Βάρος:	340.0		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

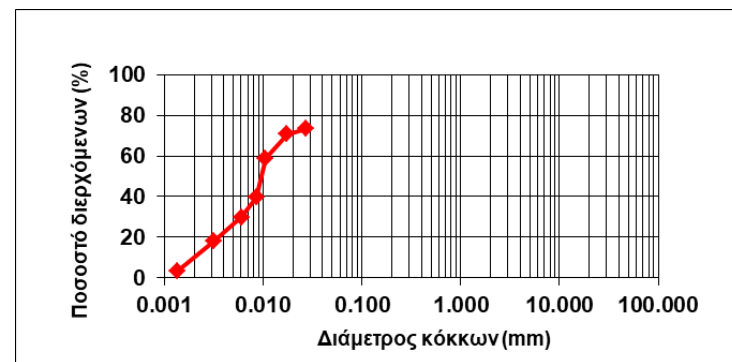


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασία	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμενο βάρος %
15	1.053	1.000	1.000					
15.5	1.046	1.001	0.990	2.6	1.016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76.20
16	1.043	1.002	0.980	2.61	1.013	19		63.50
16.5	1.034	1.003	0.971	2.62	1.01	19 1/2		50.80
17	1.028	1.004	0.962	2.63	1.007	20		38.10
17.5	1.02	1.005	0.955	2.64	1.003	20 1/2		31.75
18	1.014	1.006	0.946	2.65	1	21		25.40
18.5	1.008	1.007	0.938	2.66	0.998	21 1/2		19.05
19	1	1.008	0.927	2.67	0.995	22		15.87
19.5	0.995	1.009	0.918	2.68	0.99	22 1/2		12.70
20	0.988	1.010	0.907	2.69	0.987	23		9.520
20.5	0.984	1.011	0.896	2.7	0.985	23 1/2		6.350
21	0.98	1.012	0.888	2.71	0.983	24		4.7500
21.5	0.975	1.013	0.878	2.72	0.98	24 1/2		2.3600
22	0.967	1.014	0.868	2.73	0.978	25		2.0000
22.5	0.962	1.015	0.860	2.74	0.975	25 1/2		1.1800
23	0.956	1.016	0.850	2.75	0.972	26		0.6000
23.5	0.95	1.017	0.841			26 1/2		0.4250
24	0.946	1.018	0.833			27		0.3000
24.5	0.94	1.019	0.825			27 1/2		0.1800
25	0.935	1.020	0.817			28		0.1500
25.5	0.93	1.021	0.805			28 1/2		0.0750
26	0.925	1.022	0.796			29		#Δ/Υ 0.00
26.5	0.92	1.023	0.788			29 1/2		#Δ/Υ 0.00
		1.024	0.778			30		#Δ/Υ 0.00
		1.025	0.770			30 1/2		0.0270 73.23
		1.026	0.760			31		0.0174 70.83
		1.027	0.752			31 1/2		0.0107 58.81
		1.028	0.743			32		0.0086 39.57
		1.029	0.737			32 1/2		0.0060 29.96
		1.030	0.728			33		0.0032 17.94
		1.031	0.718			33 1/2		0.0014 3.51

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	-

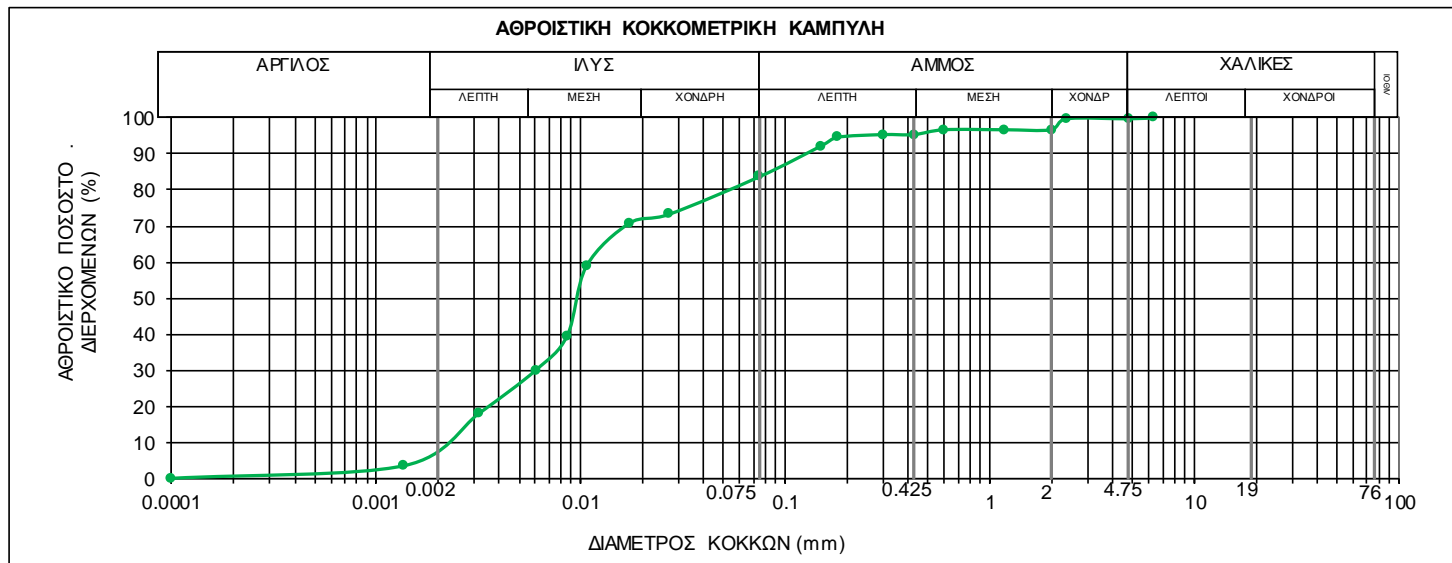


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

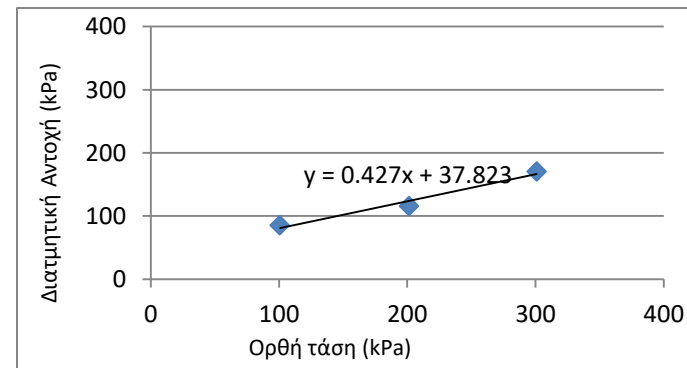
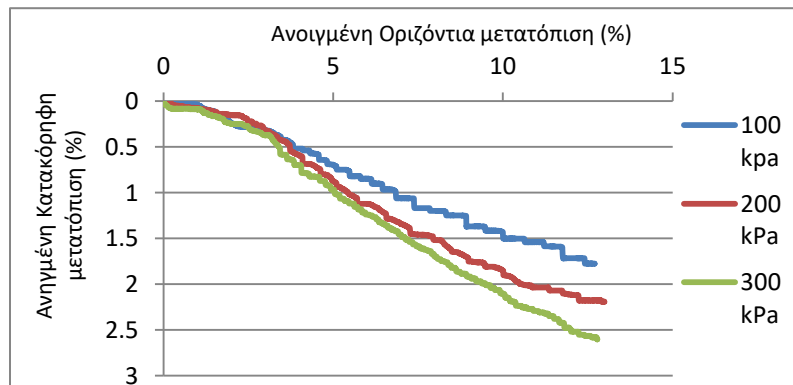
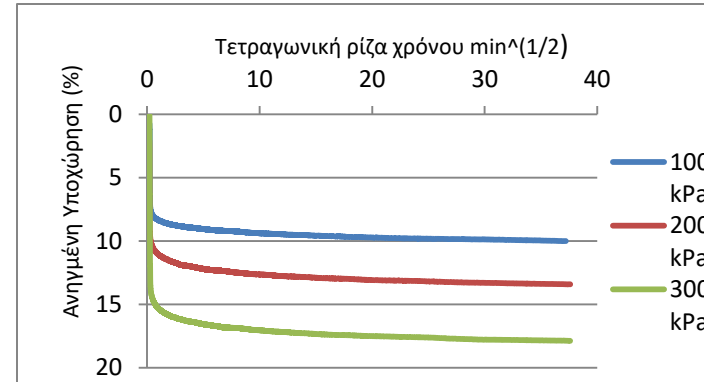
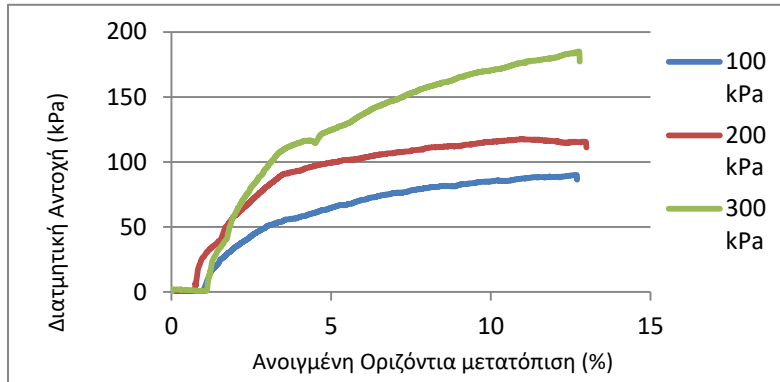
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Α.U.S.C.S.				
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI								
0	16	84	5.22	1.30	49.49	NP	NP	16.50	19.63	2.53	ML				
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>ΙΛΥΣ (%)</td> <td>ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</td> </tr> <tr> <td>74</td> <td>10</td> </tr> </table>										ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)	74	10
ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)														
74	10														



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

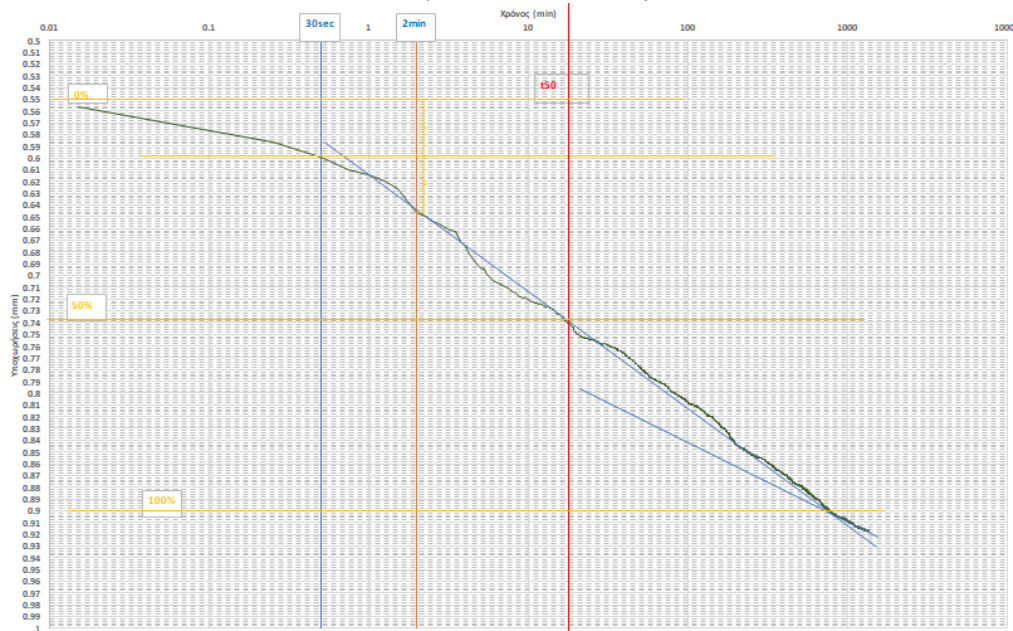


c(kPa)	φ(deg)
37.823	23.1



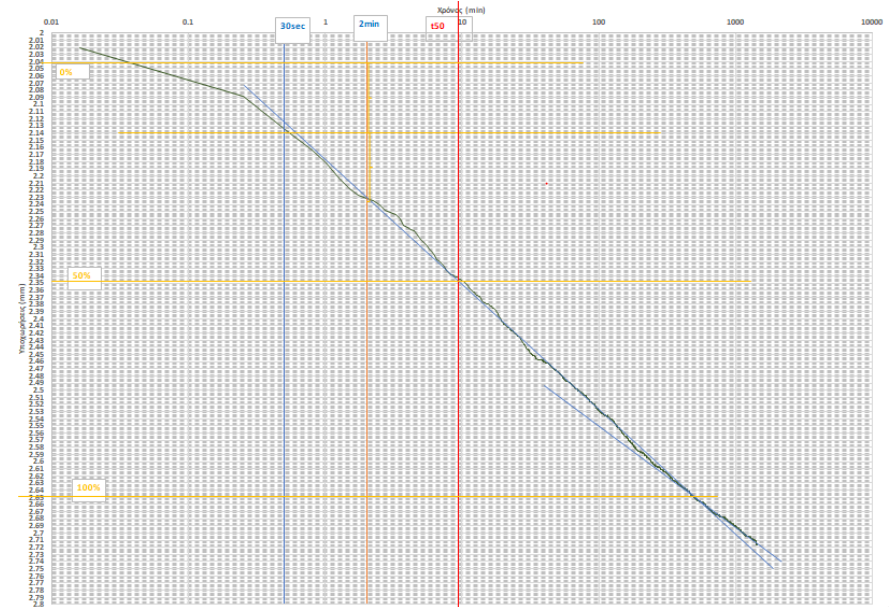
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 ΚΝ/μ²



H₀ =	19.44	mm
t₅₀ =	16.98	min
C_v =	1.09	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 ΚΝ/μ²



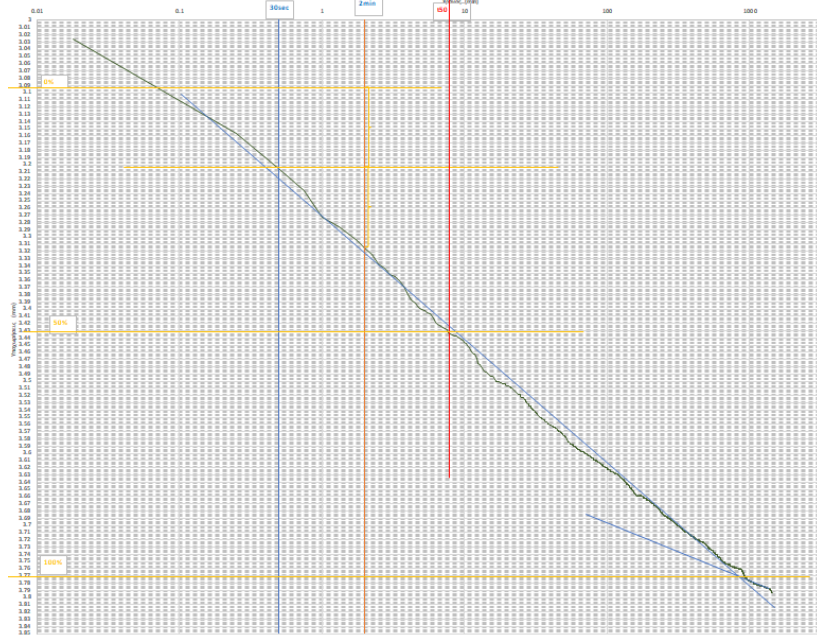
H₀ =	17.97	mm
t₅₀ =	9.33	min
C_v =	1.69	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

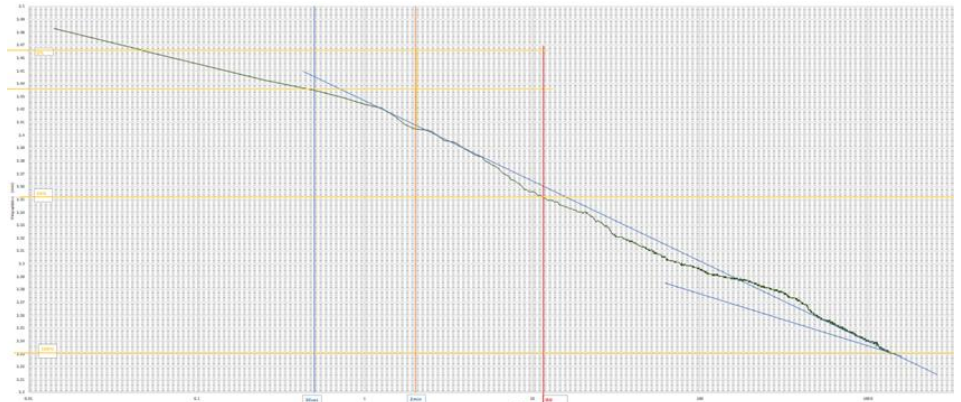


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 KN/m²



ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²



H₀ =	16.97	mm
t₅₀ =	7.76	min
C_v =	1.82	mm ² /min

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

2

Συντεταγμένες: 38°24'43.67"B, 22°59'25.03"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	1	9
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	55.801	51.66
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	76.781	73.322
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	168.698	165.285
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	155.613	151.718
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0.9986244	0.9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.65	2.67
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1.0004	1.0004
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2.65	2.67

G_s στους 20°C = 2.6640

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



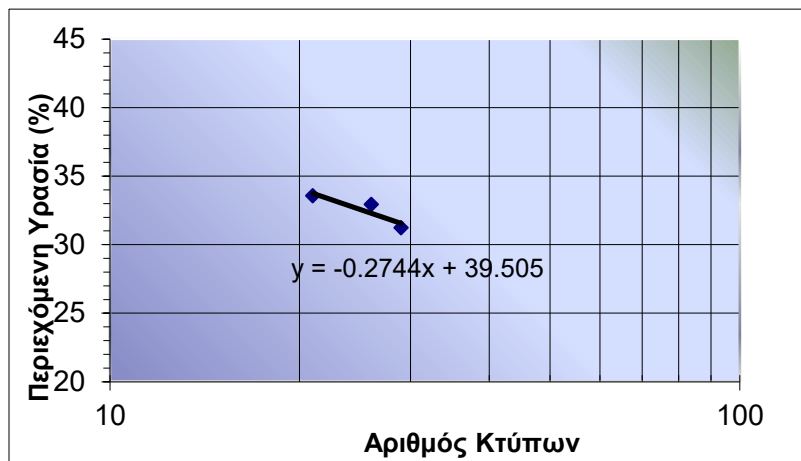
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	ΓΕΩΤΕΧ3	ΓΕΩΤΕΧ9	ΓΕΩΤΕΧ5
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	29	26	21
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	34.10	30.30	37.40
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	54.70	51.30	58.90
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	49.80	46.10	53.50
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	4.90	5.20	5.40
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.70	15.80	16.10
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	31.21	32.91	33.54

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)					
	1	2	3	4	5	6
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :						
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	ΧΑΡΤ11	ΧΑΡΤ12	ΧΑΡΤ13	γεωτεχν3	γεωτεχν22	γεωτεχν5
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2.4	2.3	1.6	34	30.2	37.2
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	10.4	11.3	10.4	45.6	39	47.7
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	9.1	9.7	8.8	43.4	37.4	45.8
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1.3	1.6	1.6	2.2	1.6	1.9
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	6.7	7.4	7.2	9.4	7.2	8.6
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	19.40	21.62	22.22	23.40	22.22	22.09



Όριο υδαρότητας LL

για $x=25$ χτύποι
 $y= 32.65$

Όριο υδαρότητας, LL :

32.65 (%)

Όριο πλαστικότητας, PL :

21.8 (%)

Δείκτης πλαστικότητας, PI :

10.82

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

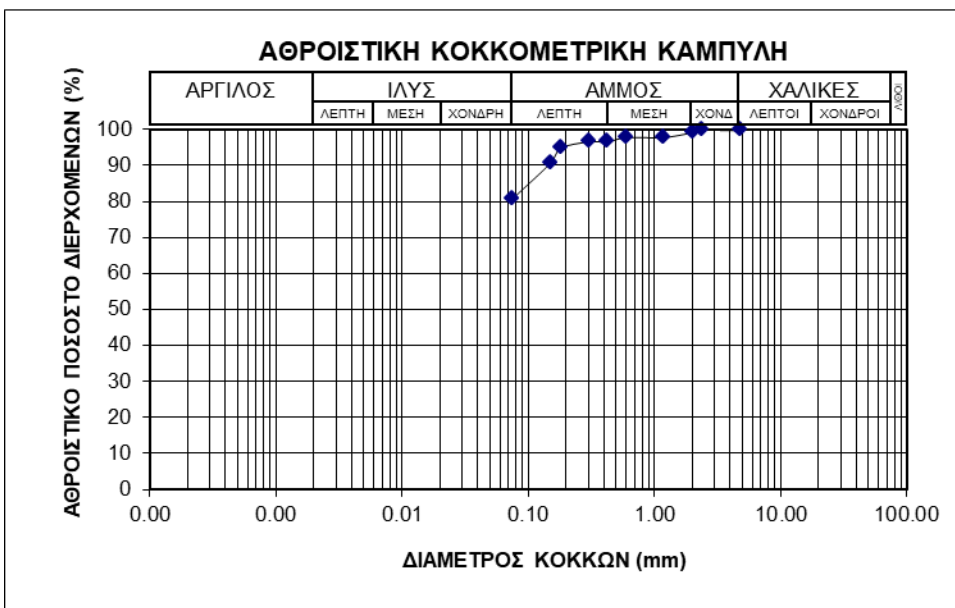


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76.20	0.0	477.2	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	477.2	100.0
2"	50.80	0.0	477.2	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	477.2	100.0
1 1/4"	31.75	0.0	477.2	100.0
1"	25.40	0.0	477.2	100.0
3/4"	19.05	0.0	477.2	100.0
5/8"	15.87	0.0	477.2	100.0
1/2"	12.70	0.0	477.2	100.0
3/8"	9.52	0.0	477.2	100.0
1/4"	6.35	0.0	477.2	100.0
No. 4	4.75	1.4	475.8	99.7
No. 8	2.36	0.0	475.8	99.7
No. 10	2.00	2.9	472.9	99.1
No. 20	1.18	6.6	466.3	97.7
No. 30	0.60	0.0	466.3	97.7
No. 40	0.425	5.7	460.7	96.5
No. 50	0.30	0.0	460.7	96.5
No. 60	0.18	8.5	452.1	94.7
No. 100	0.15	19.9	432.3	90.6
No. 200	0.075	47.3	385.0	80.7
	Παιπάλη	385.0		
	Ολικό Βάρος:	477.2		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



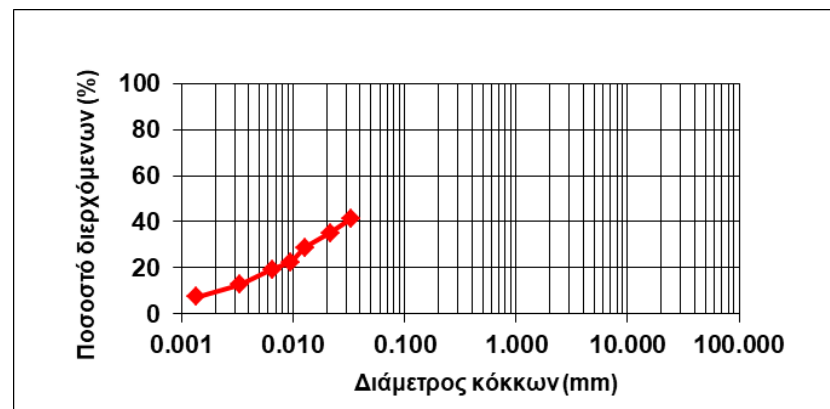
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ

A.S.T.M. D 422-63

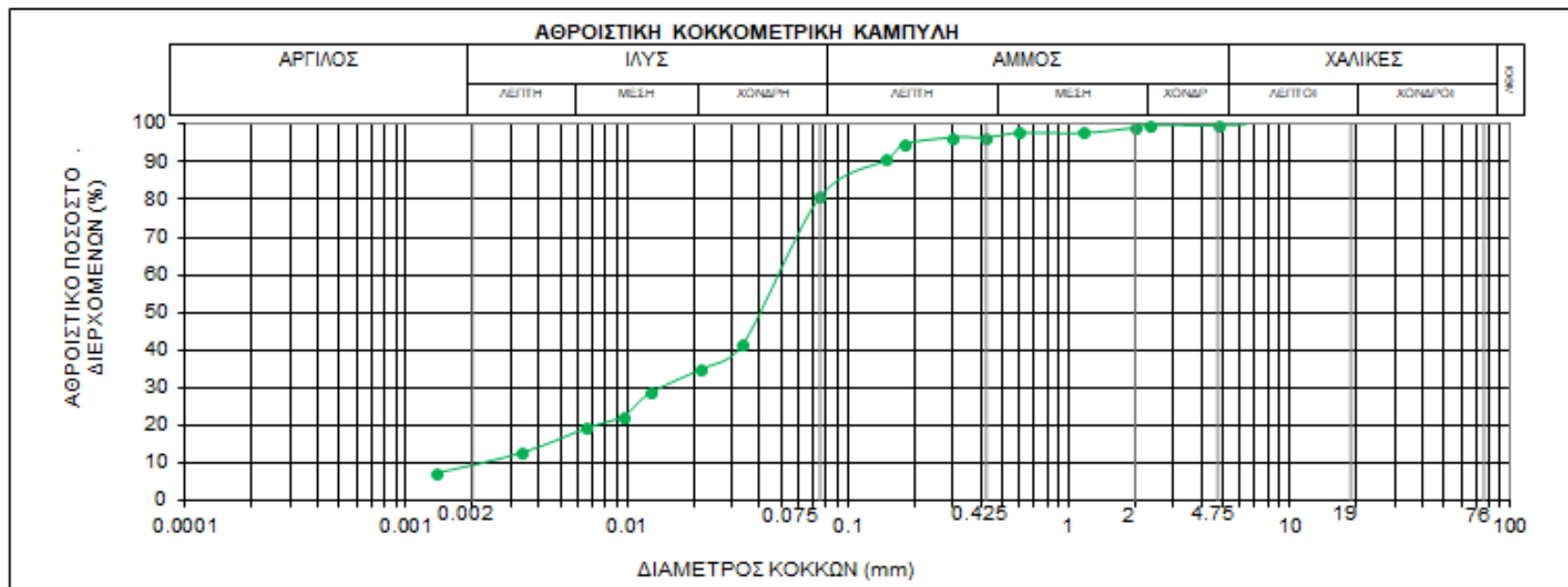
Co	KN	Πυκνότητα	KL					Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμενο βάρος %
15	1.053	1.000	1.000	Ειδ. Βάρος	KG	Θερμοκρασία			
15.5	1.046	1.001	0.990	2.6	1.016	Βαθμοί οC	NaPO3	76.20	
16	1.043	1.002	0.980	2.61	1.013	19	-0.00456	63.50	
16.5	1.034	1.003	0.971	2.62	1.01	19 1/2	-0.00443	50.80	
17	1.028	1.004	0.962	2.63	1.007	20	-0.0043	38.10	
17.5	1.02	1.005	0.955	2.64	1.003	20 1/2	-0.00418	31.75	
18	1.014	1.006	0.946	2.65	1	21	-0.00404	25.40	
18.5	1.008	1.007	0.938	2.66	0.998	21 1/2	-0.00392	19.05	
19	1	1.008	0.927	2.67	0.995	22	-0.00399	15.87	
19.5	0.995	1.009	0.918	2.68	0.99	22 1/2	-0.00367	12.70	
20	0.988	1.010	0.907	2.69	0.987	23	-0.00354	9.520	
20.5	0.984	1.011	0.896	2.7	0.985	23 1/2	-0.00342	6.350	
21	0.98	1.012	0.888	2.71	0.983	24	-0.00329	4.7500	
21.5	0.975	1.013	0.878	2.72	0.98	24 1/2	-0.00316	2.3600	
22	0.967	1.014	0.868	2.73	0.978	25	-0.00304	2.0000	
22.5	0.962	1.015	0.860	2.74	0.975	25 1/2	-0.00292	1.1800	
23	0.956	1.016	0.850	2.75	0.972	26	-0.0028	0.6000	
23.5	0.95	1.017	0.841			26 1/2	-0.00267	0.4250	
24	0.946	1.018	0.833			27	-0.00255	0.3000	
24.5	0.94	1.019	0.825			27 1/2	-0.00244	0.1800	
25	0.935	1.020	0.817			28	-0.00232	0.1500	
25.5	0.93	1.021	0.805			28 1/2	-0.0022	0.0750	
26	0.925	1.022	0.796			29	-0.00207	#Δ/Υ	0.00
26.5	0.92	1.023	0.788			29 1/2	-0.00195	#Δ/Υ	0.00
		1.024	0.778			30	-0.00184	#Δ/Υ	0.00
		1.025	0.770			30 1/2	-0.00171	0.0333	41.42
		1.026	0.760			31	-0.00158	0.0216	35.05
		1.027	0.752			31 1/2	-0.00146	0.0127	28.68
		1.028	0.743			32	-0.00134	0.0096	22.54
		1.029	0.737			32 1/2	-0.00122	0.0065	19.35
		1.030	0.728			33	-0.00110	0.0033	12.77
		1.031	0.718			33 1/2	-0.00097	0.0014	7.42

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





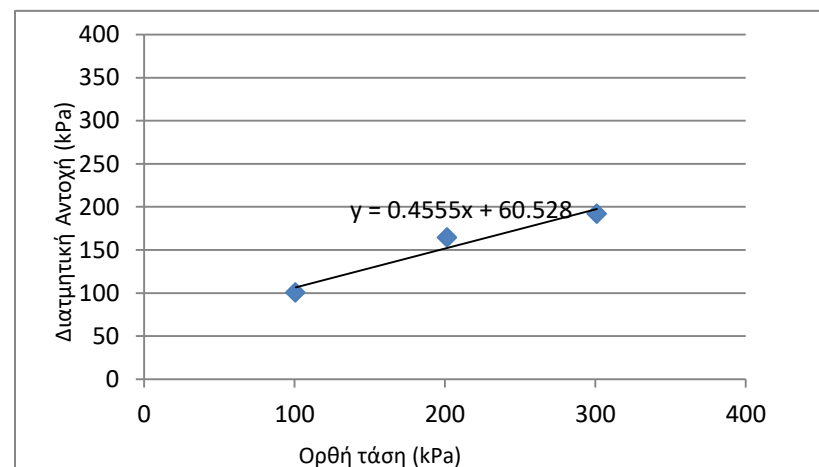
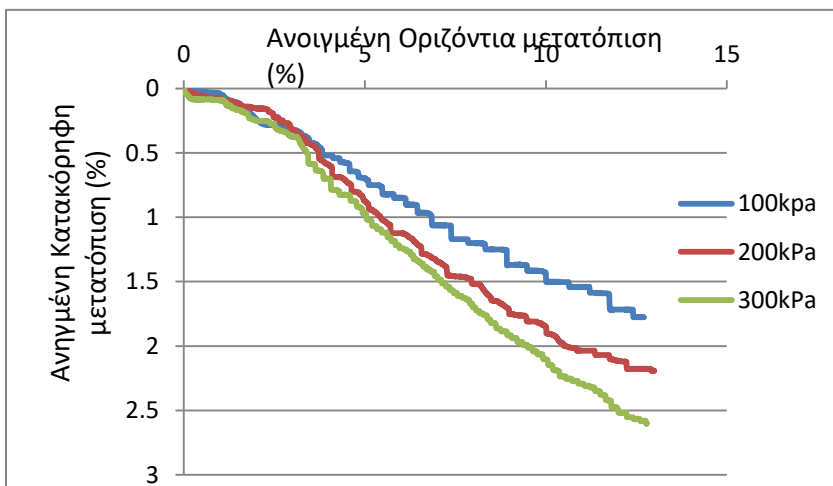
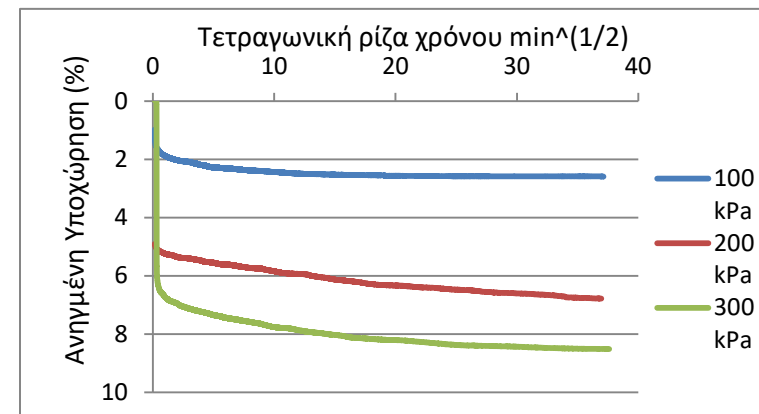
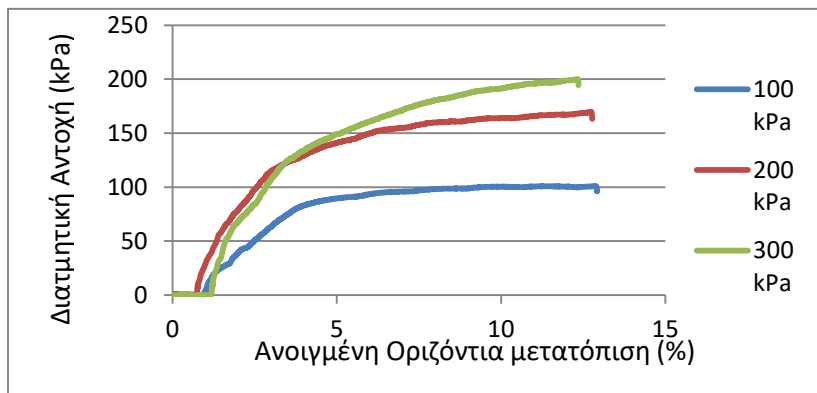
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
0	19	81	2.45	0.23	32.65	21.83	10.82	-	-	2.66	CL
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">ΙΛΥΣ (%)</td> <td style="width: 50%;">ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">71</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </table>									
ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)										
71	10										



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

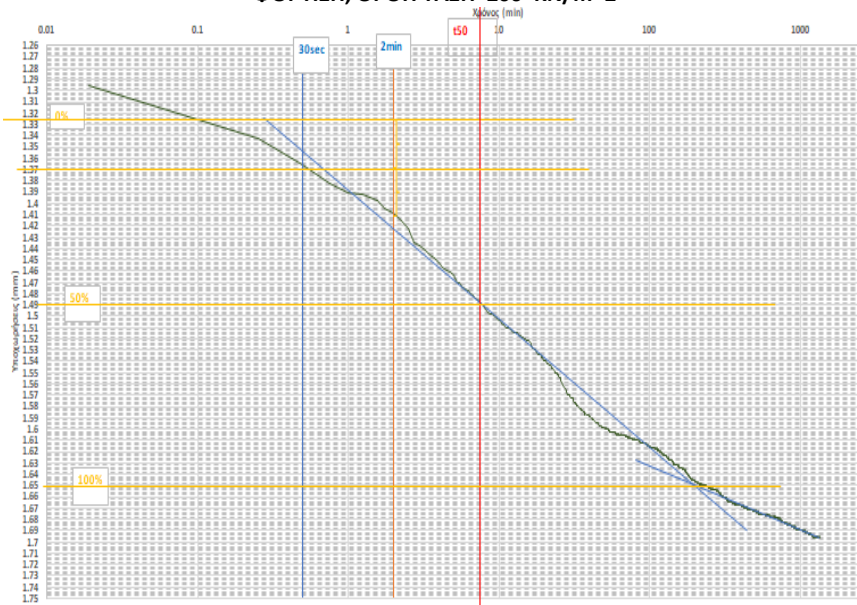


c(kPa)	φ(deg)
60.528	24.5



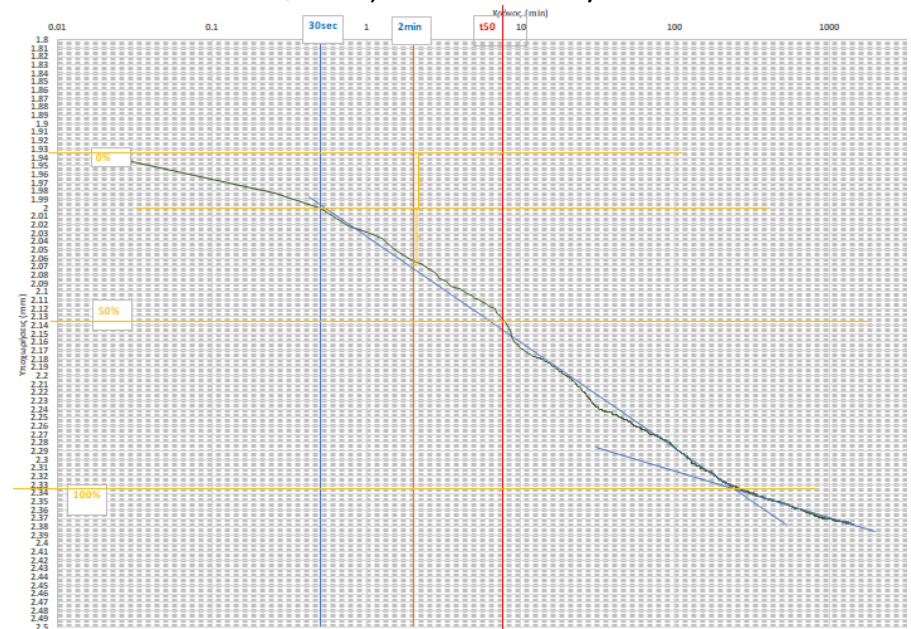
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
 ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H ₀ =	18.70	mm
t ₅₀ =	7.41	min
C _v =	2.31	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



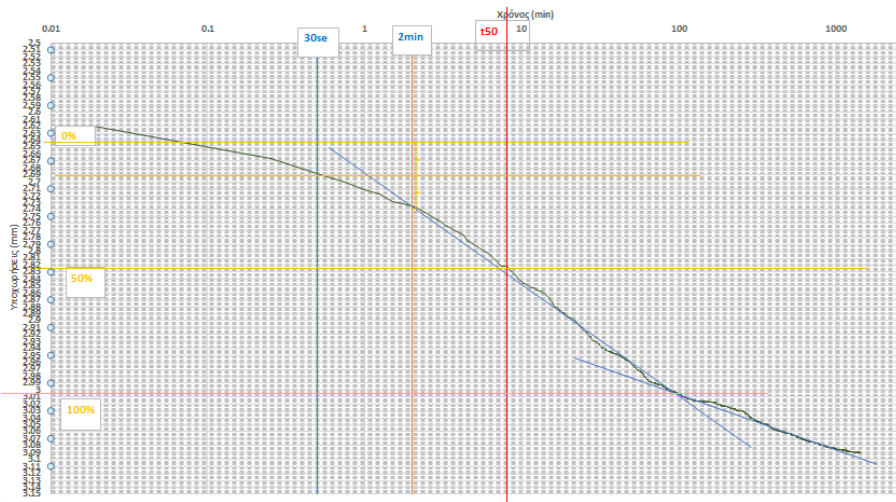
H ₀ =	18.06	mm
t ₅₀ =	7.64	min
C _v =	2.09	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

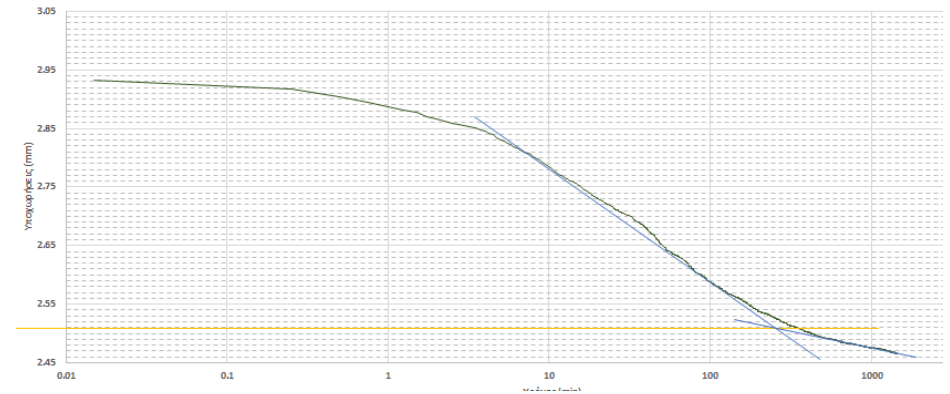


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/μ²



ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 ΚΝ/μ²



H₀ =	17.38	mm
t₅₀ =	7.97	min
C_v =	1.85	mm ² /min

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

3

Συντεταγμένες: 38°27'51.64"B, 22°59'53.24"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	7*	2/3
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	52.63	36.572
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	73.773	56.764
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	165.466	148.877
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	152.493	136.421
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	20	20
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0.9982343	0.9982343
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.58	2.61
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ K	1.0000	1.0000
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2.58	2.61

G_s στους 20°C = 2.5944

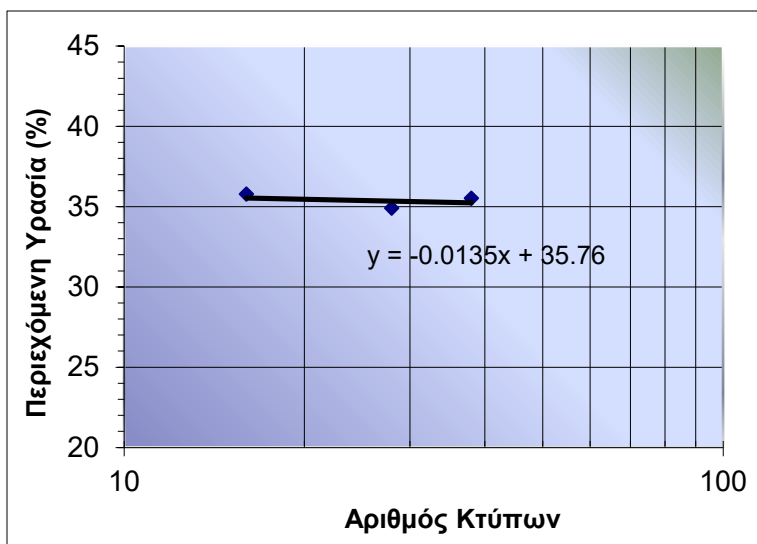


ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	ΓΕΩΤΕΧ22	2	4
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	16	28	38
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	30.20	39.40	38.00
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	50.70	59.50	56.70
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	45.30	54.30	51.80
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	5.40	5.20	4.90
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.10	14.90	13.80
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	35.76	34.90	35.51

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)					
		1	2	3	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	α	β	γ		β	γ
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.6	33.7	33.9	34.2	33.7	34
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	43.8	43	48	44.5	45.1	43.5
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	42	41.4	45.5	42.7	43.2	42
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1.8	1.6	2.5	1.8	1.9	1.5
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	8.4	7.7	11.6	8.5	9.5	8
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)%:	21.43	20.78	21.55	21.18	20.00	18.75



Όριο υδαρότητας LL

για x=25 χτύποι

y= 35.42

Όριο υδαρότητας, LL :

35042 (%)

Όριο πλαστικότητας, PL :

20.6 (%)

Δείκτης πλαστικότητας, PI :

14.81

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76.20	0.0	511.1	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	511.1	100.0
2"	50.80	0.0	511.1	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	511.1	100.0
1 1/4"	31.75	0.0	511.1	100.0
1"	25.40	0.0	511.1	100.0
3/4"	19.05	0.0	511.1	100.0
5/8"	15.87	0.0	511.1	100.0
1/2"	12.70	0.0	511.1	100.0
3/8"	9.52	0.0	511.1	100.0
1/4"	6.35	0.0	511.1	100.0
No. 4	4.75	0.3	510.8	99.9
No. 8	2.36	0.0	510.8	99.9
No. 10	2.00	0.5	510.3	99.8
No. 20	1.18	1.0	509.3	99.6
No. 30	0.60	0.0	509.3	99.6
No. 40	0.425	2.0	507.2	99.2
No. 50	0.30	0.0	507.2	99.2
No. 60	0.18	6.1	501.1	98.0
No. 100	0.15	13.2	487.9	95.5
No. 200	0.075	54.0	433.9	84.9
	Παιπάλη	433.9		
	Ολικό Βάρος:	511.1		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



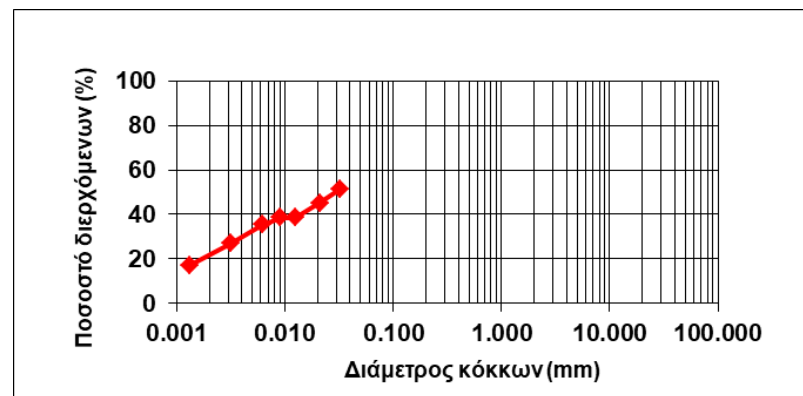
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ

A.S.T.M. D 422-63

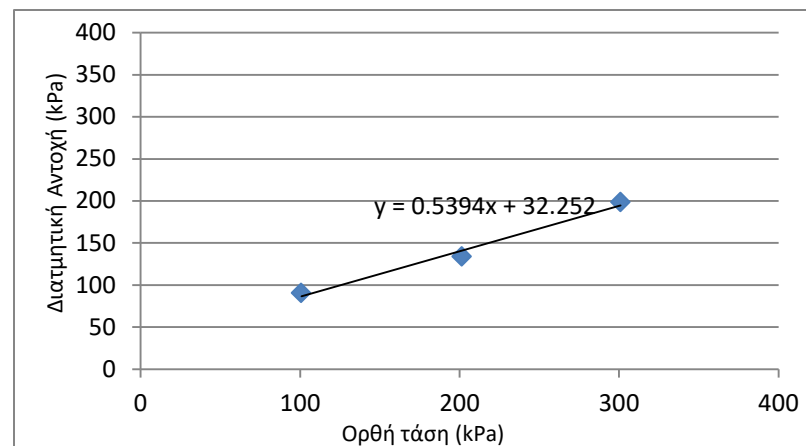
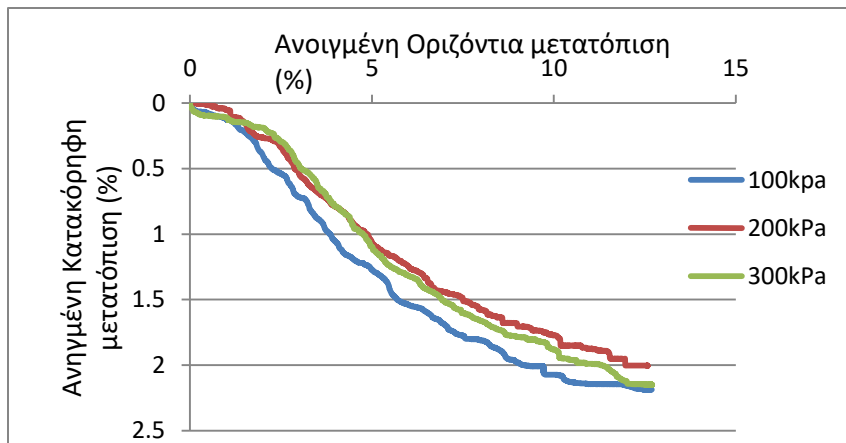
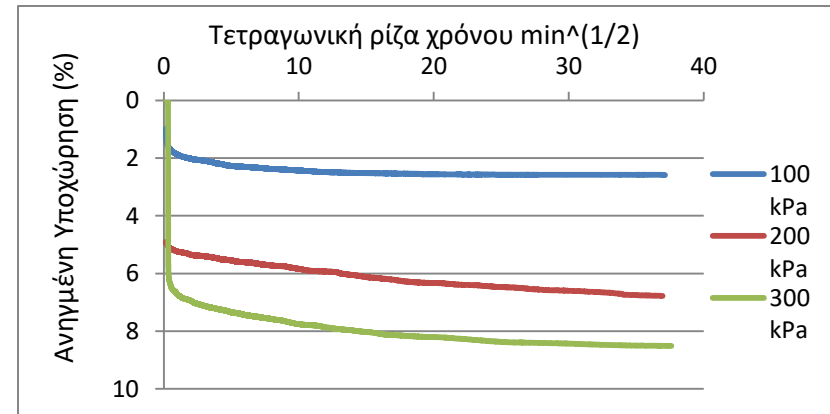
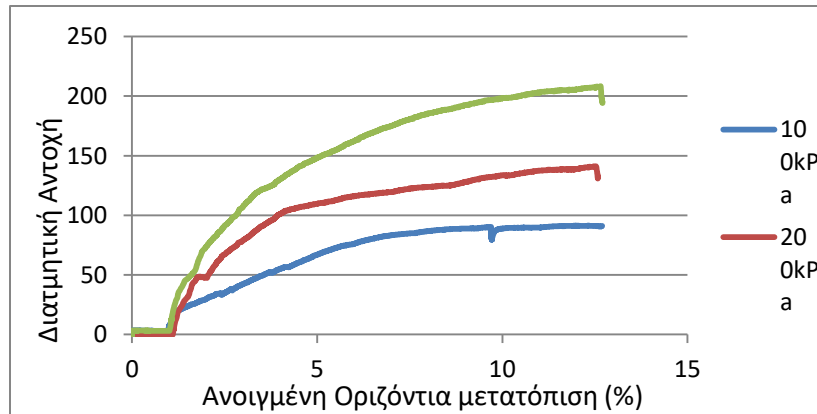
C ^o	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασία α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1.053	1.000	1.000						
15.5	1.046	1.001	0.990	2.6	1.016	19	NaPO ₃	76.20	
16	1.043	1.002	0.980	2.61	1.013	19		63.50	
16.5	1.034	1.003	0.971	2.62	1.01	19 1/2		50.80	
17	1.028	1.004	0.962	2.63	1.007	20		38.10	
17.5	1.02	1.005	0.955	2.64	1.003	20 1/2		31.75	
18	1.014	1.006	0.946	2.65	1	21		25.40	
18.5	1.008	1.007	0.938	2.66	0.998	21 1/2		19.05	
19	1	1.008	0.927	2.67	0.995	22		15.87	
19.5	0.995	1.009	0.918	2.68	0.99	22 1/2		12.70	
20	0.988	1.010	0.907	2.69	0.987	23		9.520	
20.5	0.984	1.011	0.896	2.7	0.985	23 1/2		6.350	
21	0.98	1.012	0.888	2.71	0.983	24		4.7500	
21.5	0.975	1.013	0.878	2.72	0.98	24 1/2		2.3600	
22	0.967	1.014	0.868	2.73	0.978	25		2.0000	
22.5	0.962	1.015	0.860	2.74	0.975	25 1/2		1.1800	
23	0.956	1.016	0.850	2.75	0.972	26		0.6000	
23.5	0.95	1.017	0.841			26 1/2		0.4250	
24	0.946	1.018	0.833			27		0.3000	
24.5	0.94	1.019	0.825			27 1/2		0.1800	
25	0.935	1.020	0.817			28		0.1500	
25.5	0.93	1.021	0.805			28 1/2		0.0750	
26	0.925	1.022	0.796			29		#Δ/Υ	0.00
26.5	0.92	1.023	0.788			29 1/2		#Δ/Υ	0.00
		1.024	0.778			30		#Δ/Υ	0.00
		1.025	0.770			30 1/2		0.0327	51.46
		1.026	0.760			31		0.0211	45.06
		1.027	0.752			31 1/2		0.0124	38.66
		1.028	0.743			32		0.0091	38.66
		1.029	0.737			32 1/2		0.0062	35.46
		1.030	0.728			33		0.0031	27.08
		1.031	0.718			33 1/2		0.0013	17.06

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d _o (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

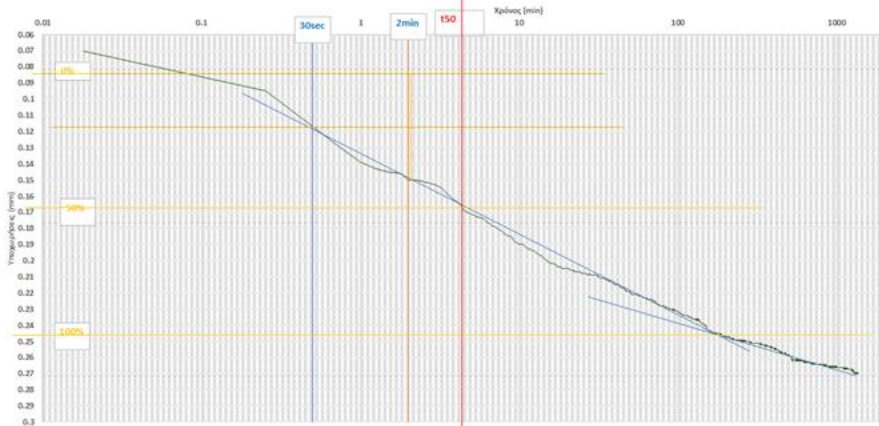


c(kPa)	φ(deg)
32.252	28.34



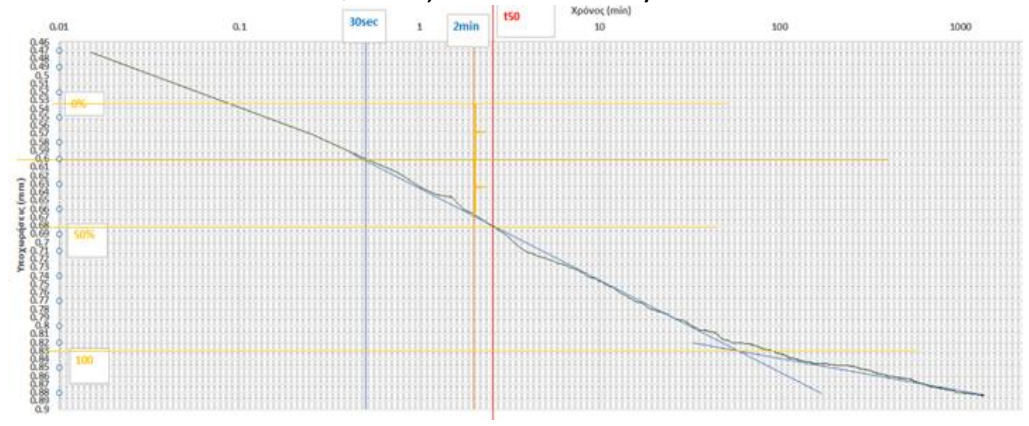
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 ΚΝ/μ²



H₀ =	19.93	mm
t₅₀ =	4.36	min
C_v =	4.46	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 ΚΝ/μ²



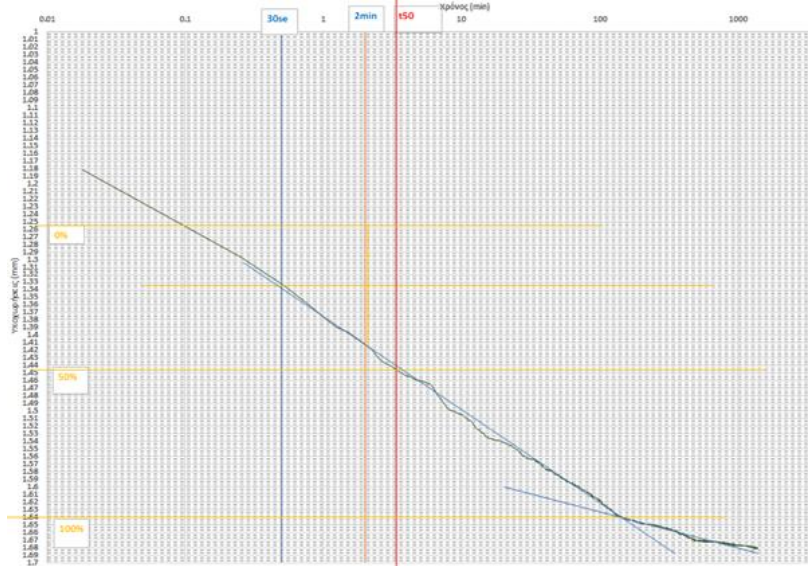
H₀ =	19.53	mm
t₅₀ =	2.57	min
C_v =	7.27	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



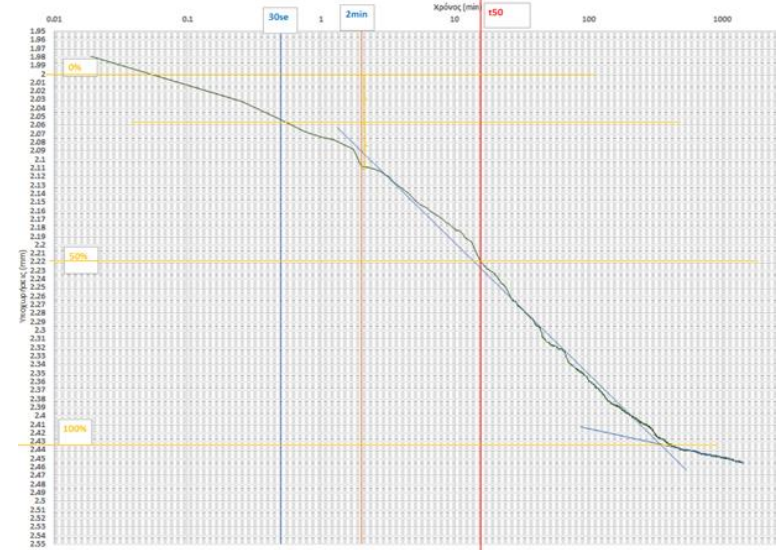
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 ΚΝ/Μ²**



H₀ =	18.82	mm
t₅₀ =	3.38	min
C_v =	5.13	mm ² /min

**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/Μ²**



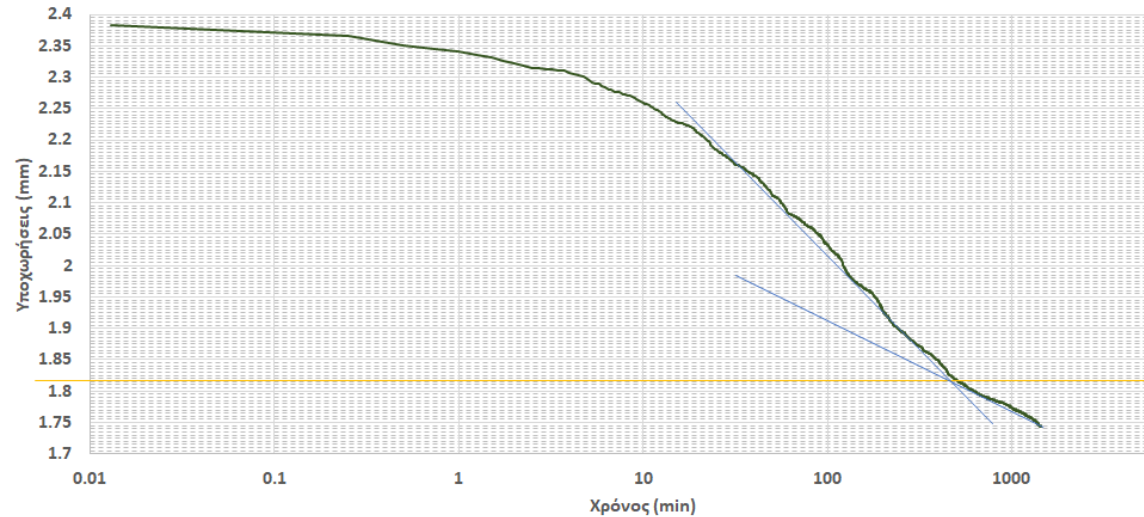
H₀ =	18.02	mm
t₅₀ =	15.42	min
C_v =	1.03	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
τηλ.:+30 2107722087,
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
tel.: +30 2107722087
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²



Α ΕΤΕΛΕΣΤΕ

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

4

Συντεταγμένες: 38°28'51.95"Β, 23° 0'2.77"Α

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	2	4	2*
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	41,276	40,015	41,271
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	55,318	53,774	51,275
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	106,276	105,561	97,382
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	97,641	97,006	91,187
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	19	19	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9984347	0,9984347	0,9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,59	2,64	2,62
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0002	1,0002	1,0004
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,59	2,64	2,62

G _s στους 20°C =	2.6192
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



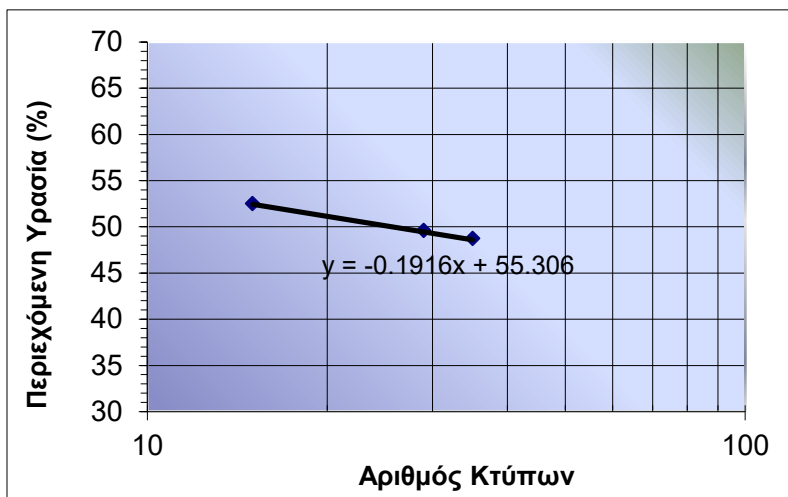
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	P6	P2	P5
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	15	35	29
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	33,40	33,70	33,70
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	54,90	51,10	51,50
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	47,50	45,40	45,60
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	7,40	5,70	5,90
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	14,10	11,70	11,90
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	52,48	48,72	49,58

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)					
		1	2	3	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4	5	6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	α	β	γ		β	γ
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.6	33.7	33.9	34.2	33.7	34
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	43.8	43	48	44.5	45.1	43.5
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	42	41.4	45.5	42.7	43.2	42
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1.8	1.6	2.5	1.8	1.9	1.5
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	8.4	7.7	11.6	8.5	9.5	8
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)%:	21.43	20.78	21.55	21.18	20.00	18.75



Όριο υδαρότητας LL
 για x=25 χτύποι
 $y = 50,52$

Όριο υδαρότητας, LL :	50.52	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	29.7	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	20.78	

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



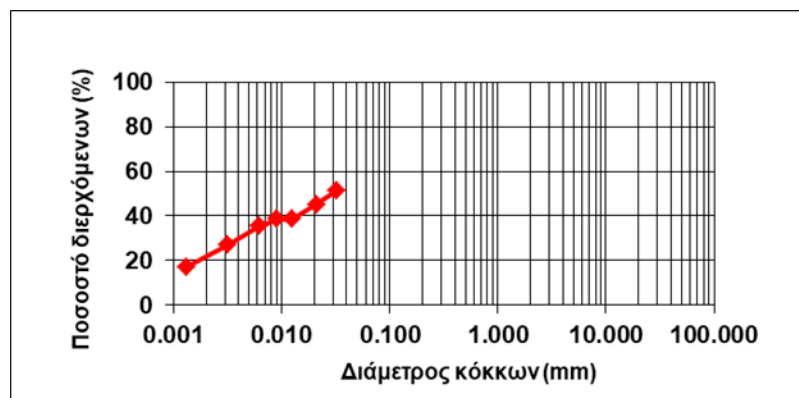
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ

A.S.T.M. D 422-63

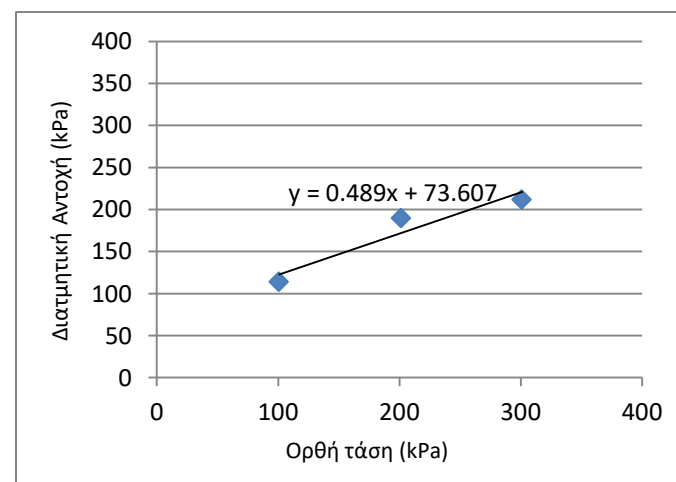
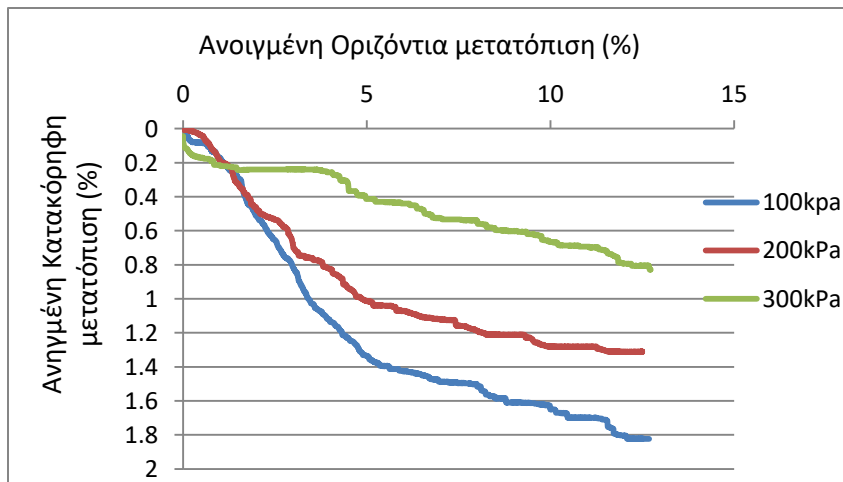
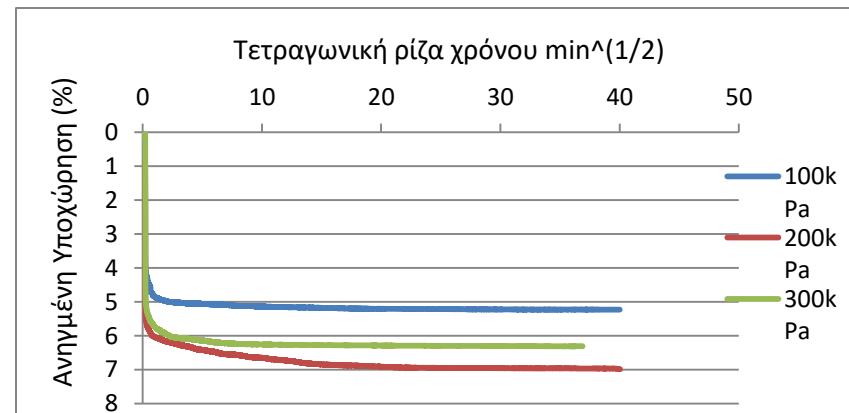
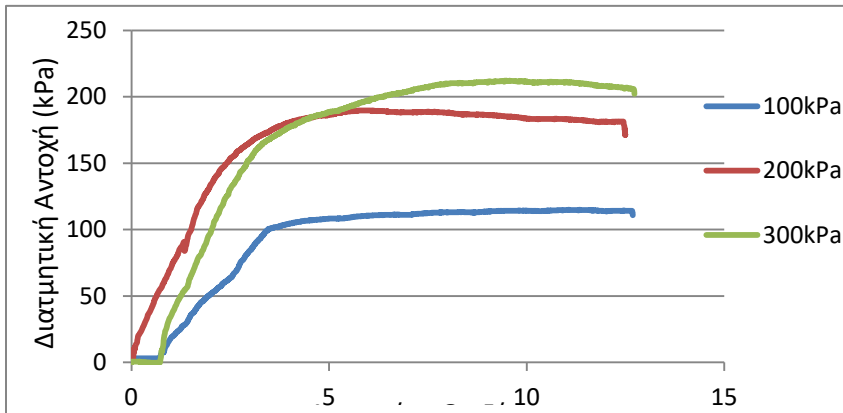
C°	K _N	Πυκνότητ α	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασ ια	Θερμοκρασ ια	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμ ενο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0291	80,21
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0188	74,06
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0111	67,91
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0083	64,83
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0057	58,68
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0029	44,47
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0013	27,71

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₉₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

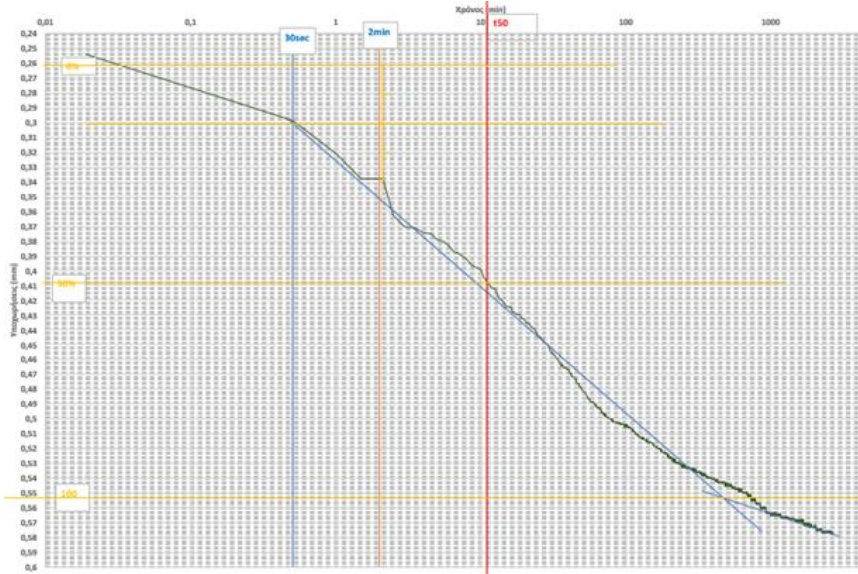


c(kPa)	φ(deg)
73,607	26



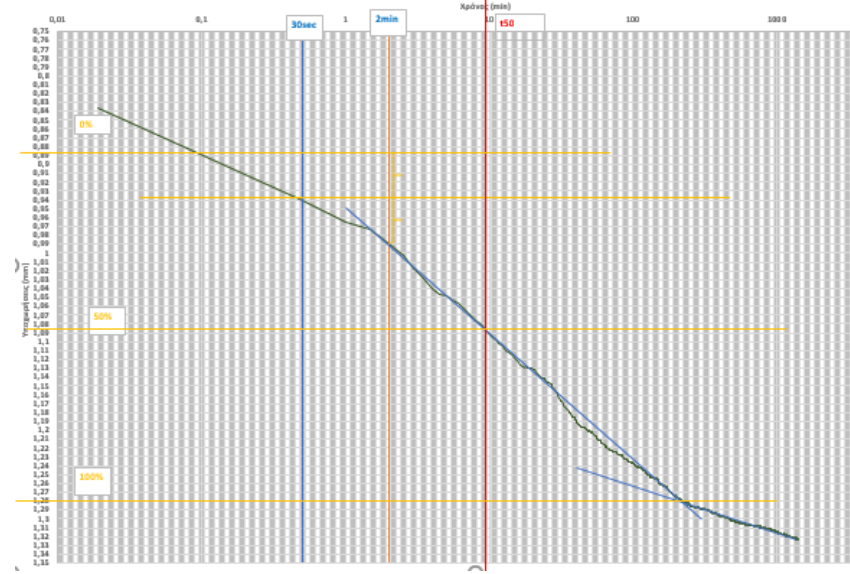
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
 ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H₀ =	19.75	mm
t₅₀ =	10.96	min
C_v =	1.74	mm ² /min

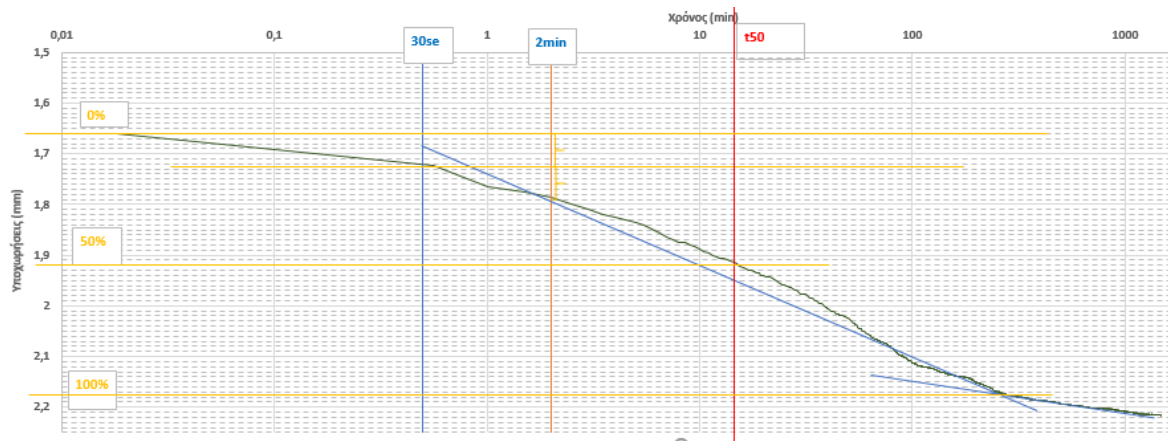
ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



H₀ =	19.16	mm
t₅₀ =	9.33	min
C_v =	1.93	mm ² /min

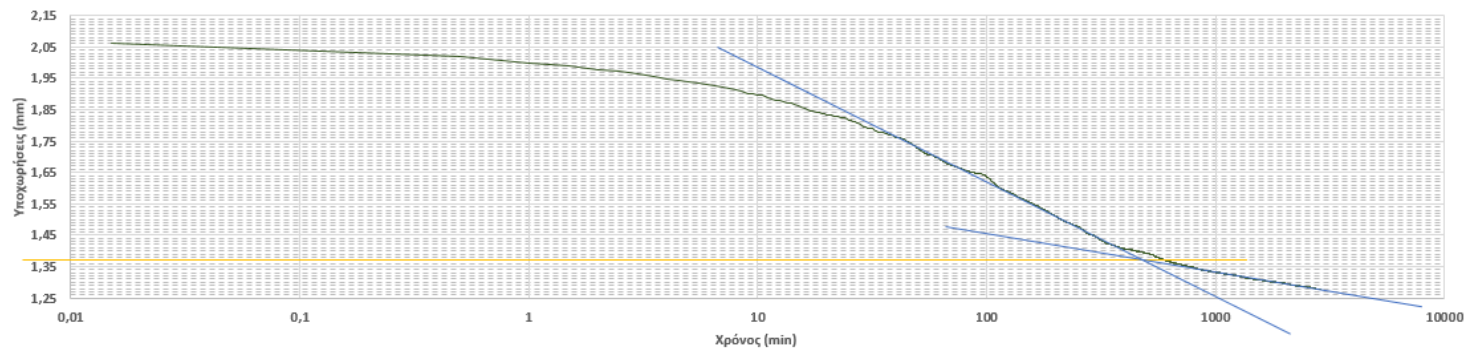


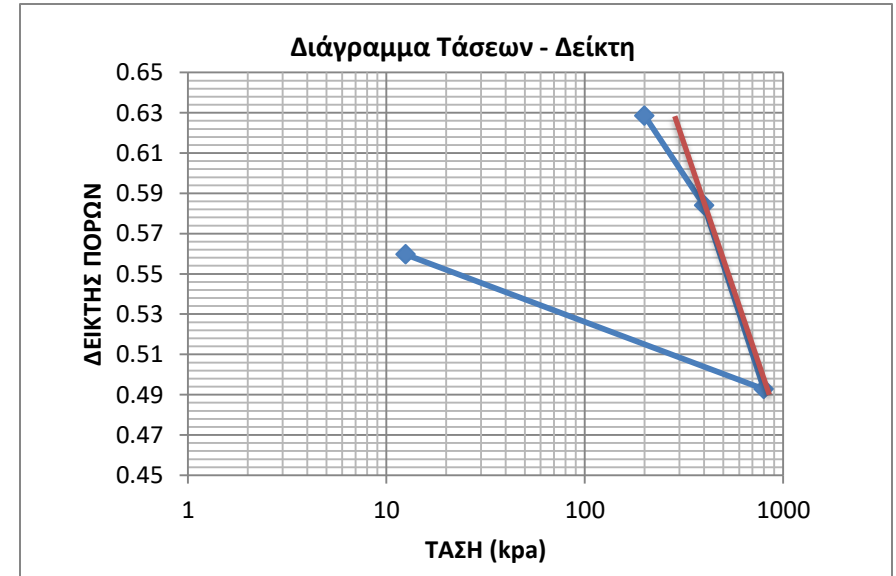
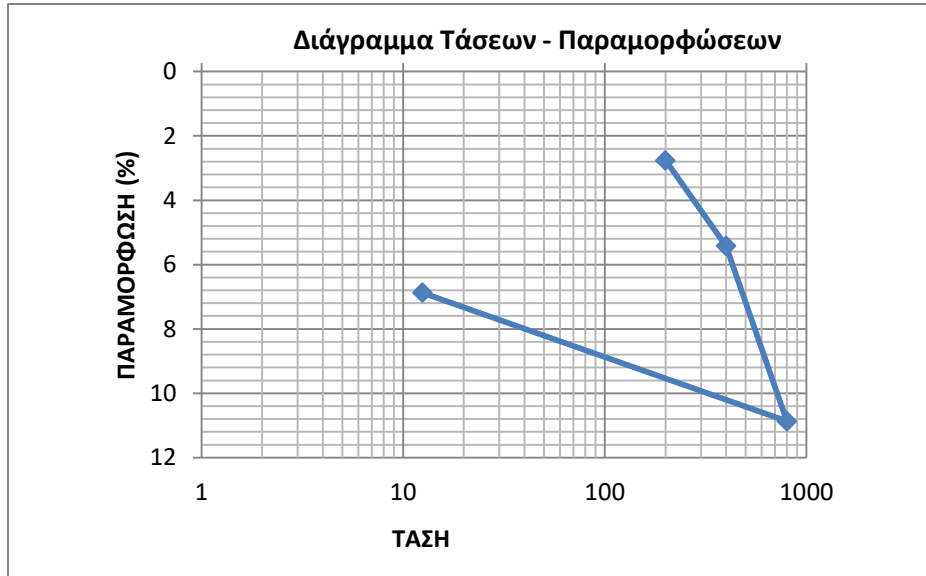
ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 KN/m²



H₀ =	18.34	mm
t₅₀ =	14.45	min
C_v =	1.14	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²





Τάση (KN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (KN/m ²)
0	0	-
200	0.5525	-
400	1.085	7511.737
800	2.174	7346.189
12.5	1.375	-

Cc=	0.302
e _o =	0.67

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

5

Συντεταγμένες: 38°27'46.17"Β, 22°58'18.17"Α

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	41	7*	4
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	44,062	52,644	40,011
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	64,397	72,381	51,609
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	156,581	164,718	97,139
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	143,913	152,529	90,013
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9986244	0,9986244	0,9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,65	2,61	2,59
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,00	1,00	1,00
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,65	2,61	2,59

G_s στους 20°C =	2.6176
--------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



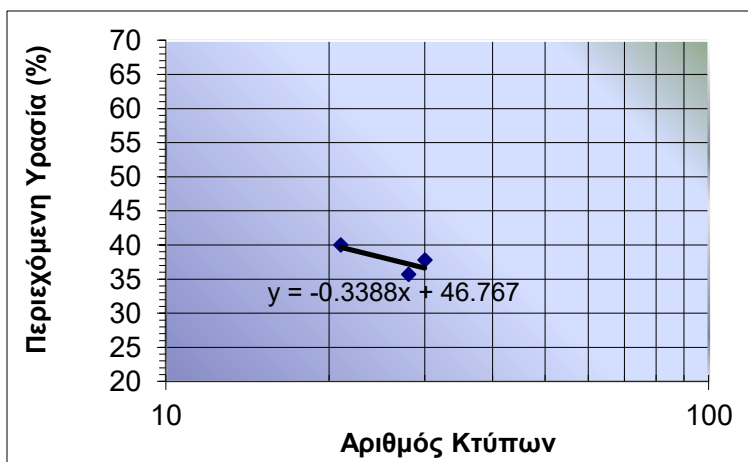
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	7	11	12
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	28	21	30
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	9,30	9,50	9,30
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	30,20	29,80	30,80
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	24,70	24,00	24,90
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	5,50	5,80	5,90
Ε	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15,40	14,50	15,60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	35,71	40,00	37,82

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)				
		1	2	3	4	5
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4	5
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ21	κ5	ρ1	ρ4	
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17,7	10,7	33,6	33,7	38,3
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	25,3	19,4	44,1	47,5	51,5
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	23,9	17,8	42,2	45,1	49
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1,4	1,6	1,9	2,4	2,5
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	6,2	7,1	8,6	11,4	10,7
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	22,58	22,54	22,09	21,05	23,36



Όριο υδαρότητας LL για x=25 χτύποι $y = 38,30$	Όριο υδαρότητας, LL :	38.30	(%)
	Όριο πλαστικότητας, PL :	22.3	(%)
	Δείκτης πλαστικότητας, PI :	15.97	

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

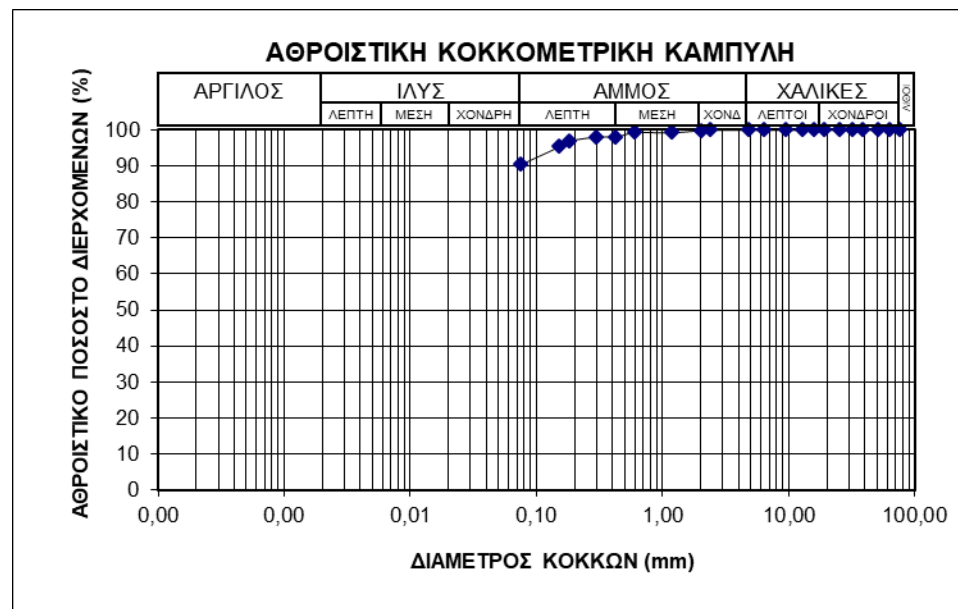


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76,20	0,0	512,6	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	512,6	100,0
2"	50,80	0,0	512,6	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	512,6	100,0
1 1/4"	31,75	0,0	512,6	100,0
1"	25,40	0,0	512,6	100,0
3/4"	19,05	0,0	512,6	100,0
5/8"	15,87	0,0	512,6	100,0
1/2"	12,70	0,0	512,6	100,0
3/8"	9,52	0,0	512,6	100,0
1/4"	6,35	0,0	512,6	100,0
No. 4	4,75	0,0	512,6	100,0
No. 8	2,36	0,0	512,6	100,0
No. 10	2,00	0,6	512,0	99,9
No. 20	1,18	3,0	509,0	99,3
No. 30	0,60	0,0	509,0	99,3
No. 40	0,425	6,0	503,0	98,1
No. 50	0,30	0,0	503,0	98,1
No. 60	0,18	6,0	497,0	97,0
No. 100	0,15	8,0	489,0	95,4
No. 200	0,075	25,1	463,9	90,5
	Παιπάλη	463,9		
	Ολικό Βάρος:	512,6		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



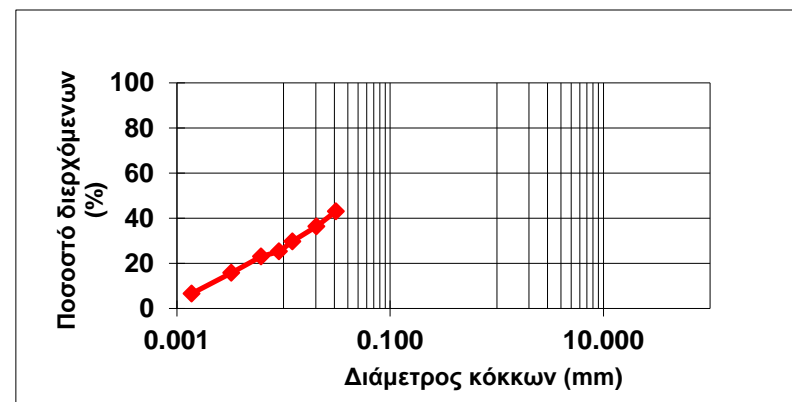
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ

A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασία	Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμενο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20
15,5	1,046	1,001	0,990	2,61	1,013	19		63,50
16	1,043	1,002	0,980	2,62	1,01	19 1/2		50,80
16,5	1,034	1,003	0,971	2,63	1,007	20		38,10
17	1,028	1,004	0,962	2,64	1,003	20 1/2		31,75
17,5	1,02	1,005	0,955	2,65	1	21		25,40
18	1,014	1,006	0,946	2,66	0,998	21 1/2		19,05
18,5	1,008	1,007	0,938	2,67	0,995	22		15,87
19	1	1,008	0,927	2,68	0,99	22 1/2		12,70
19,5	0,995	1,009	0,918	2,69	0,987	23		9,520
20	0,988	1,010	0,907	2,7	0,985	23 1/2		6,350
20,5	0,984	1,011	0,896	2,71	0,983	24		4,7500
21	0,98	1,012	0,888	2,72	0,98	24 1/2		2,3600
21,5	0,975	1,013	0,878	2,73	0,978	25		2,0000
22	0,967	1,014	0,868	2,74	0,975	25 1/2		1,1800
22,5	0,962	1,015	0,860	2,75	0,972	26		0,6000
23	0,956	1,016	0,850			26 1/2		0,4250
23,5	0,95	1,017	0,841			27		0,3000
24	0,946	1,018	0,833			27 1/2		0,1800
24,5	0,94	1,019	0,825			28		0,1500
25	0,935	1,020	0,817			28 1/2		0,0750
25,5	0,93	1,021	0,805			29		0,0207
26	0,925	1,022	0,796			29 1/2		#Δ/Υ 0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			30		#Δ/Υ 0,00
		1,024	0,778			30 1/2		0,0311 43,07
		1,025	0,770			31		0,0204 36,38
		1,026	0,760			31 1/2		0,0121 29,70
		1,027	0,752			32		0,0091 25,24
		1,028	0,743			32 1/2		0,0062 23,01
		1,029	0,737			33		0,0032 15,77
		1,030	0,728			33 1/2		-0,00097 0,0014 6,59
		1,031	0,718					

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	

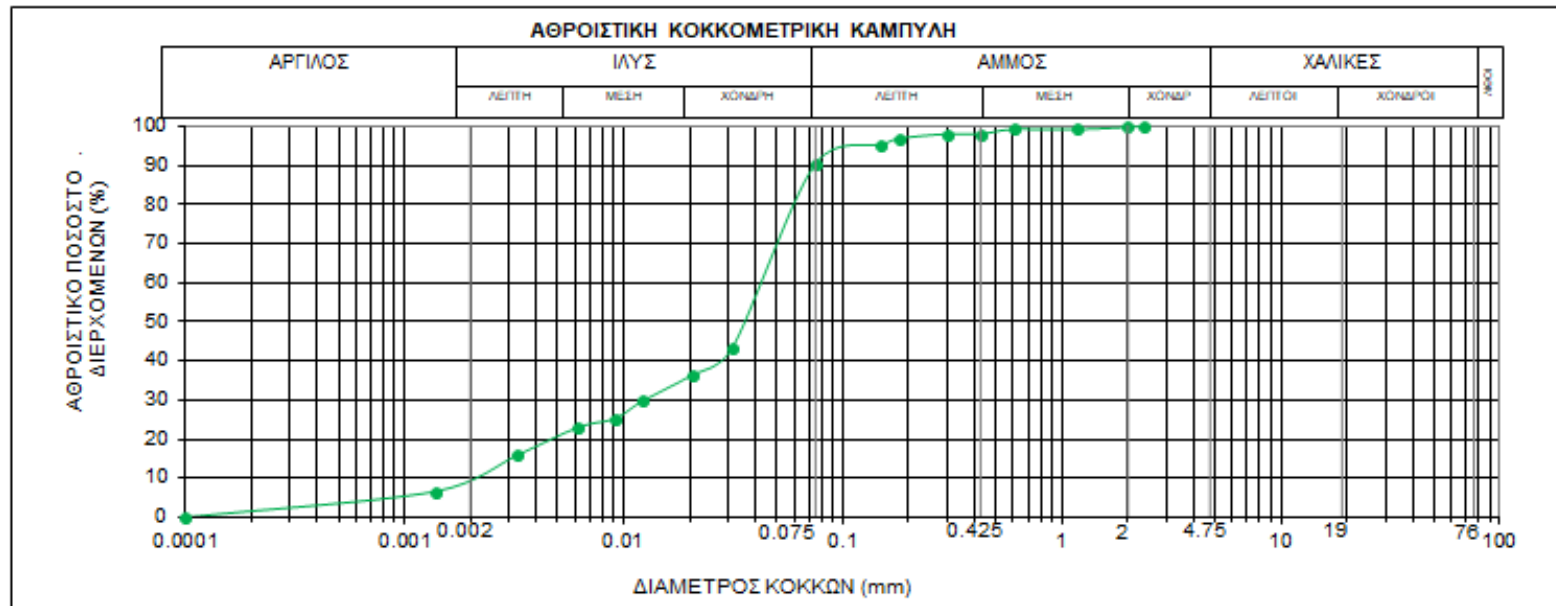


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

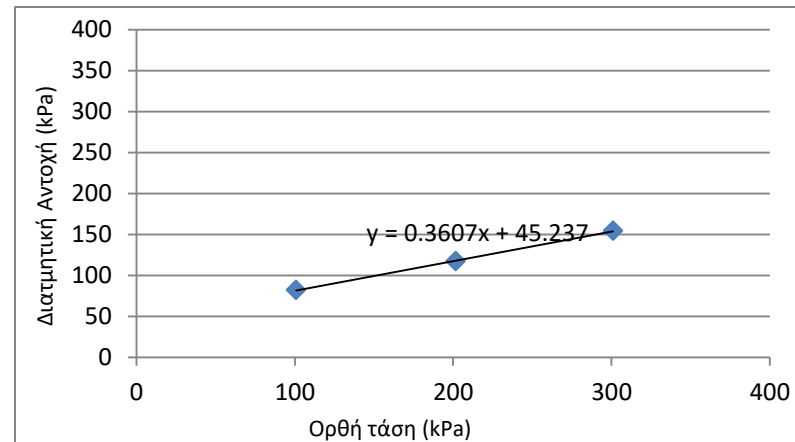
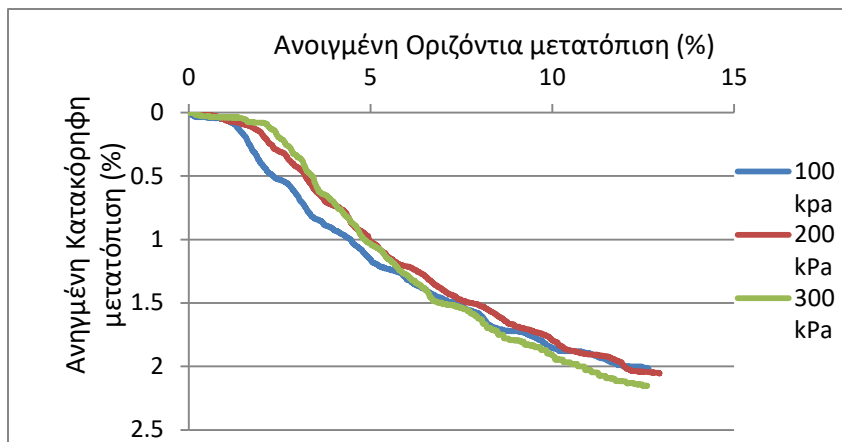
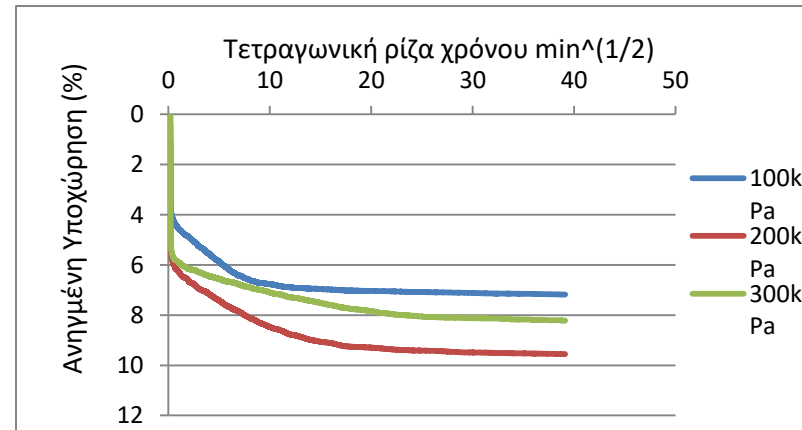
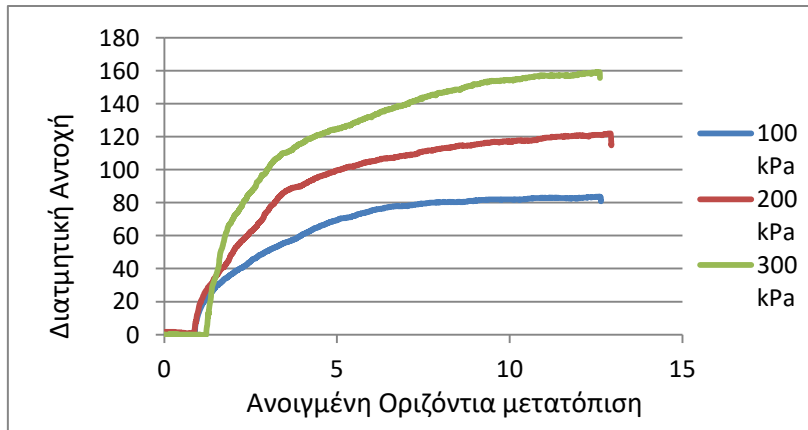
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΣΩΡΥ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
0	9	90	19	1.83	38.30	22.33	15.97	28.30	18.24	2.62	CL
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">ΙΛΥΣ (%)</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">80</td> <td style="text-align: center;">11</td> </tr> </table>									
ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)										
80	11										



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

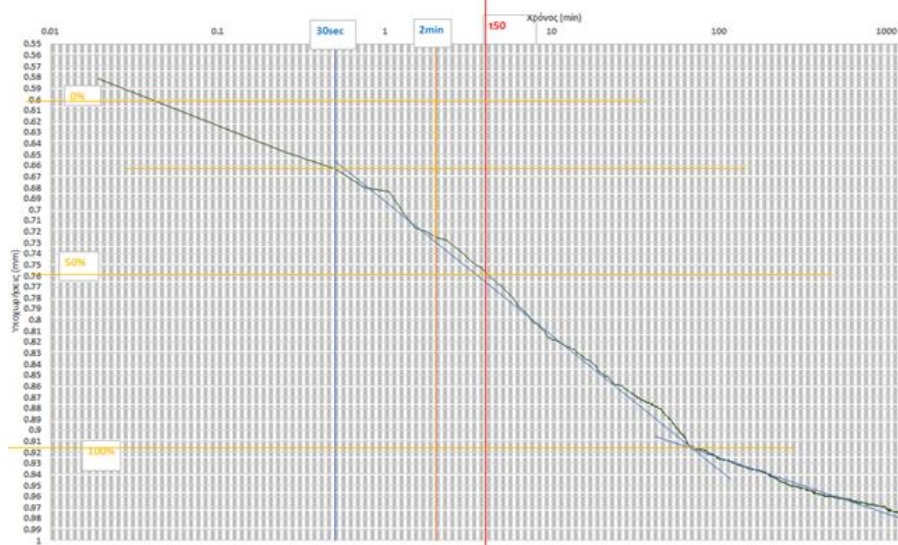


c(kPa)	φ(deg)
45.237	19.8



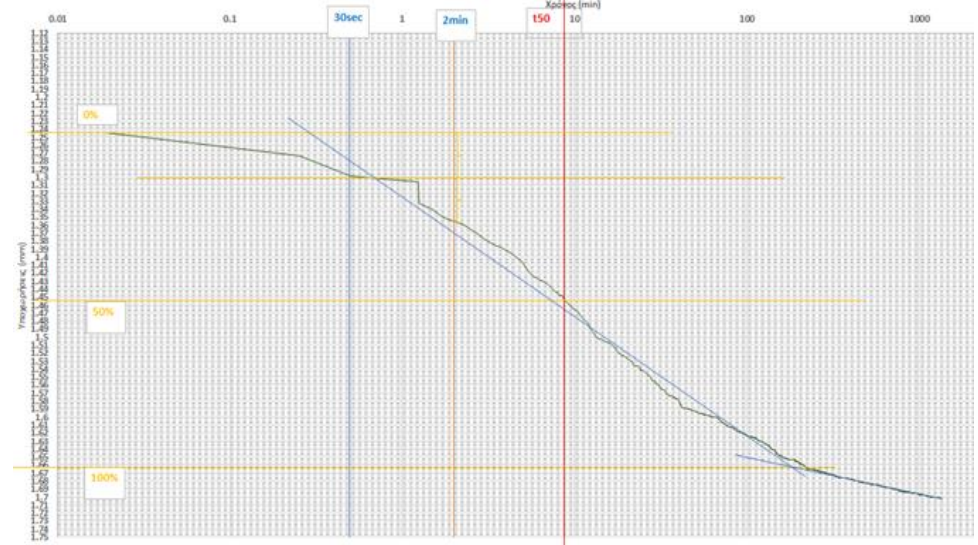
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 KN/m²



H₀=	19.42	mm
t₅₀=	4.16	min
C_v=	4.44	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



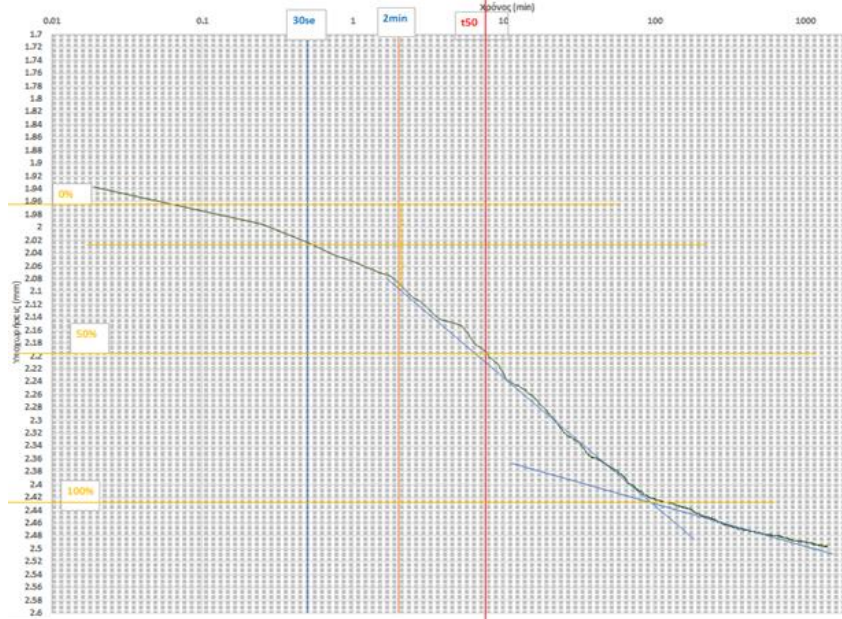
H₀=	18.75	mm
t₅₀=	8.91	min
C_v=	1.93	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



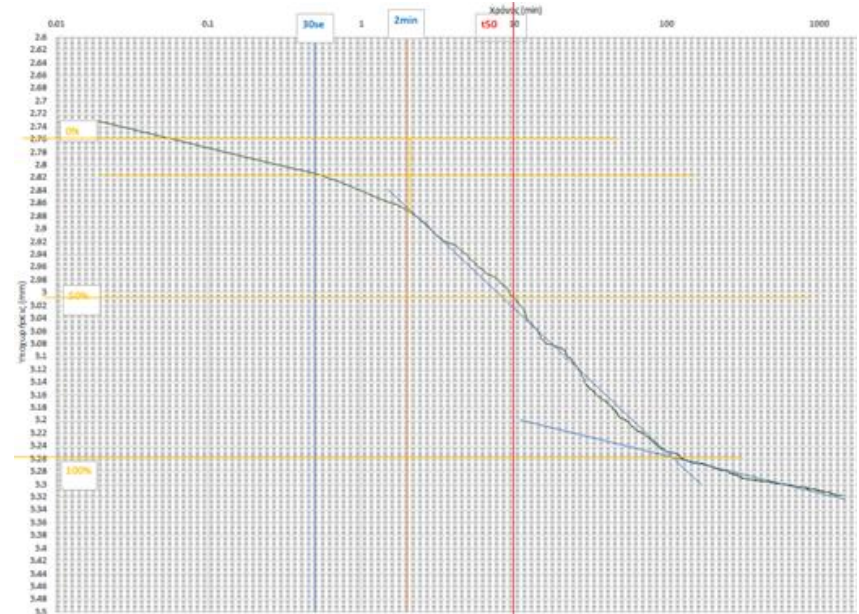
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²**



H₀ =	18.06	mm
t₅₀ =	7.58	min
C_v =	2.11	mm ² /min

**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 KN/m²**



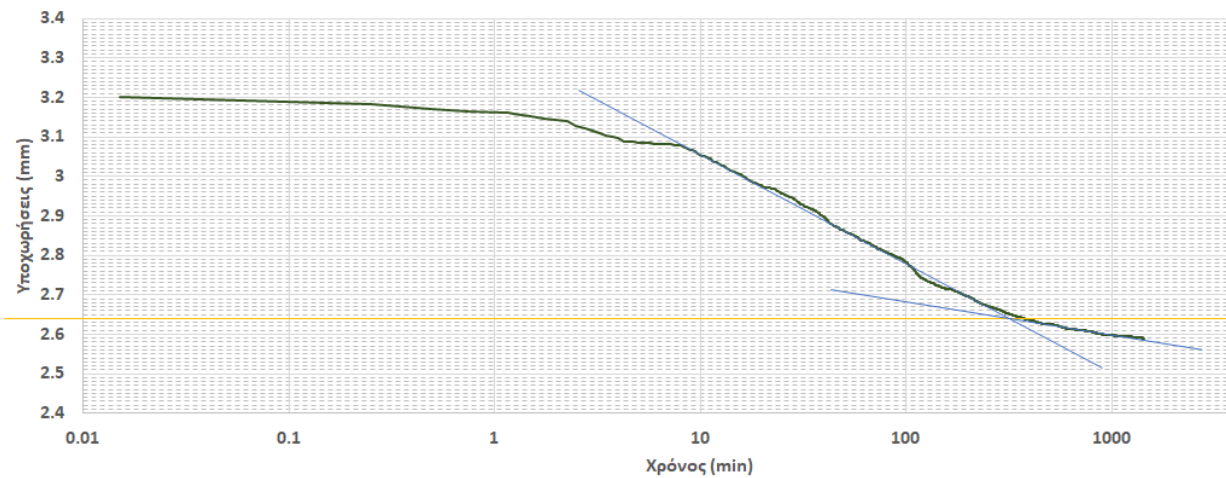
H₀ =	17.27	mm
t₅₀ =	10	min
C_v =	1.46	mm ² /min

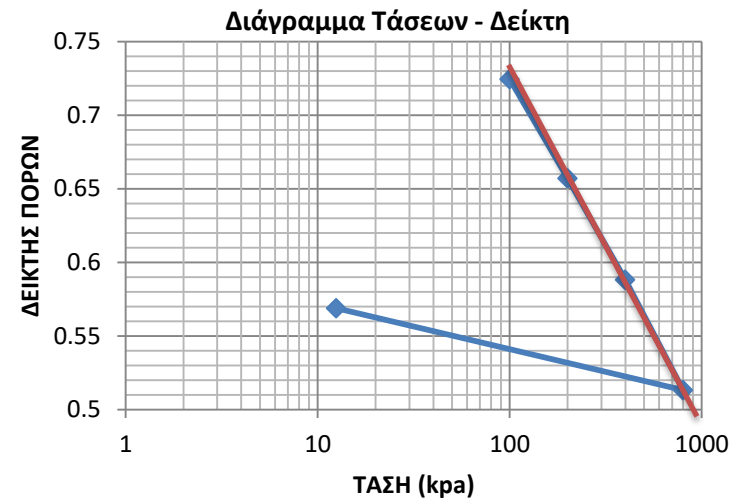
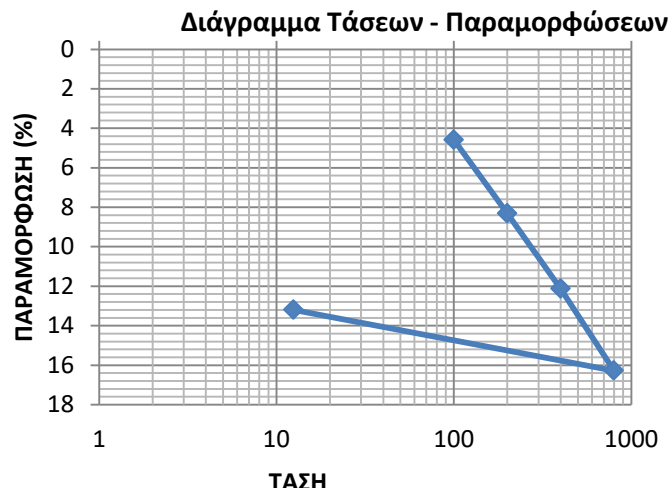
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
τηλ.:+30 2107722087,
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
tel.: +30 2107722087
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 ΚΝ/Μ²





Τάση (kN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (kN/m ²)
0	0	-
100	0.917	-
200	1.662	2684.564
400	2.4261	5234.917
800	3.255	9651.345
12.5	2.64	-

Cc=	0.229
eo=	0.8

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

6

Συντεταγμένες: 38°24'53.16"B, 23° 8'28.64"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	5/7	41
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	40.811	44.062
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	61.282	64.562
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	153.228	156.471
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	140.704	143.903
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	20	20
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0.9982343	0.9982343
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2.57	2.58
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1.0000	1.0000
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2.57	2.58

G _s στους 20°C =	2.5756
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

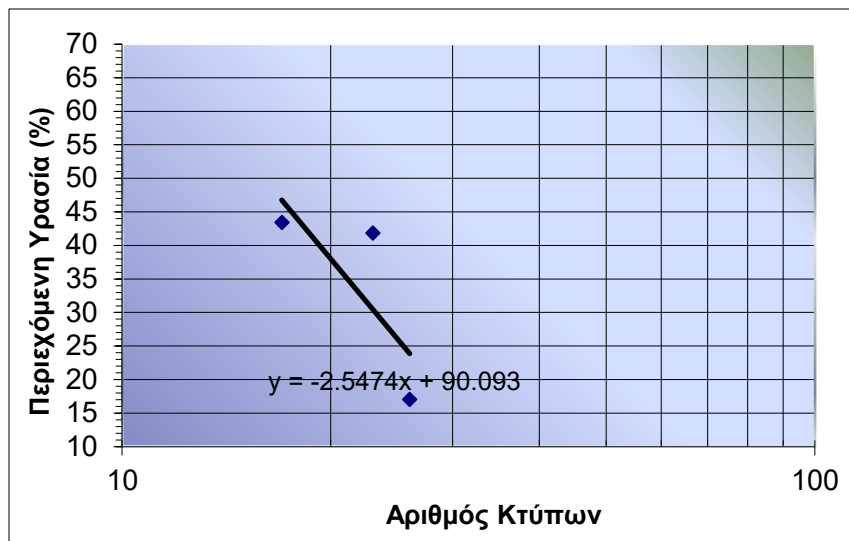
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	8	9	10
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	17	23	26
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	9,40	9,30	9,40
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	29,90	28,30	21,10
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	23,70	22,70	19,40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6,20	5,60	1,70
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	14,30	13,40	10,00
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43,36	41,79	17,00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :			
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :			
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :			
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :			
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :			
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ (φαίνεται να έχει άμμο)



Όριο υδαρότητας LL
 για x=25 χτύποι
 $y = 26,41$

Όριο υδαρότητας, LL :	NP	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	NP	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	NP	

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

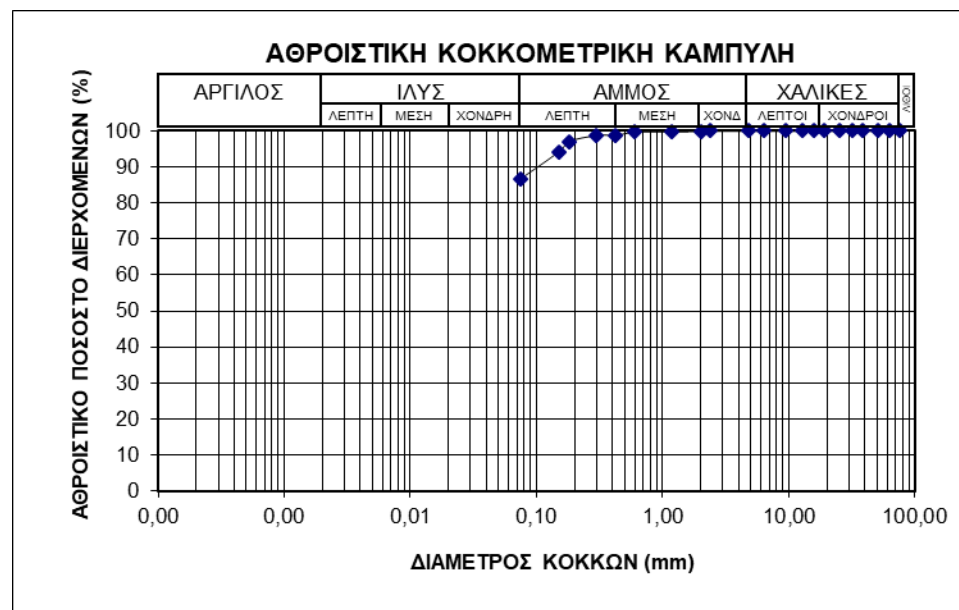


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76,20	0,0	452,1	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	452,1	100,0
2"	50,80	0,0	452,1	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	452,1	100,0
1 1/4"	31,75	0,0	452,1	100,0
1"	25,40	0,0	452,1	100,0
3/4"	19,05	0,0	452,1	100,0
5/8"	15,87	0,0	452,1	100,0
1/2"	12,70	0,0	452,1	100,0
3/8"	9,52	0,0	452,1	100,0
1/4"	6,35	0,0	452,1	100,0
No. 4	4,75	0,0	452,1	100,0
No. 8	2,36	0,0	452,1	100,0
No. 10	2,00	0,3	451,8	99,9
No. 20	1,18	0,9	450,9	99,7
No. 30	0,60	0,0	450,9	99,7
No. 40	0,425	4,3	446,6	98,8
No. 50	0,30	0,0	446,6	98,8
No. 60	0,18	7,7	439,0	97,1
No. 100	0,15	12,8	426,2	94,3
No. 200	0,075	34,0	392,2	86,8
	Παιπάλη	392,2		
	Ολικό Βάρος:	452,1		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

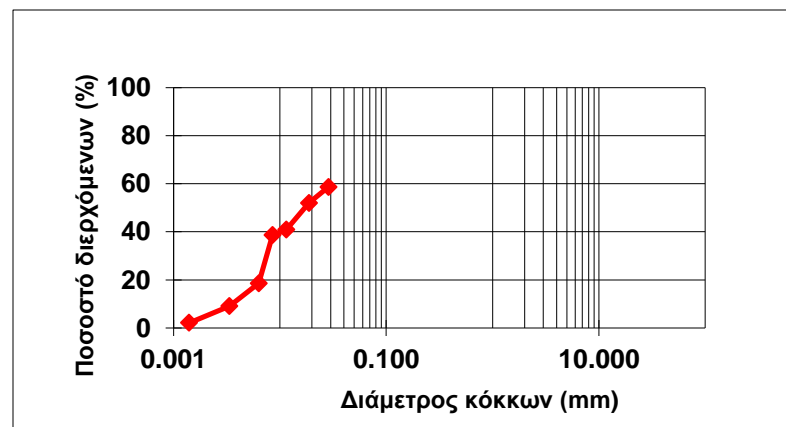


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασία α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμενο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0287	58,69
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0188	52,00
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0115	40,85
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0085	38,63
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0063	18,57
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0033	9,09
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0014	2,14

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	

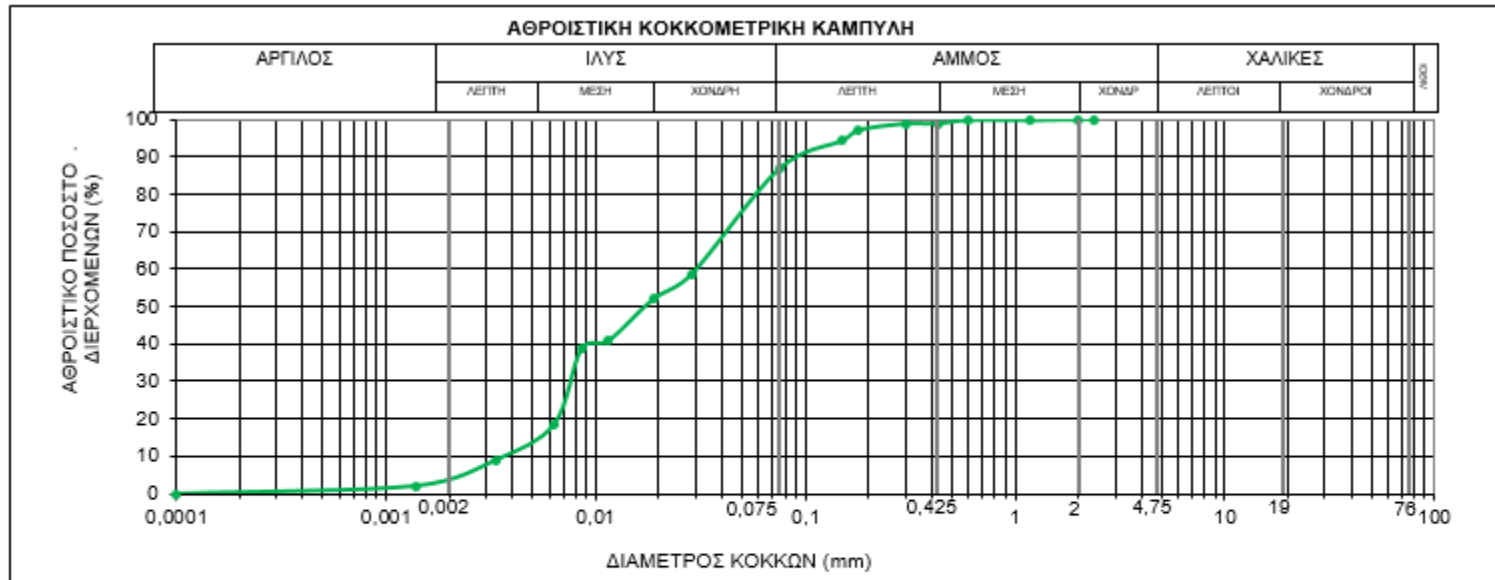


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

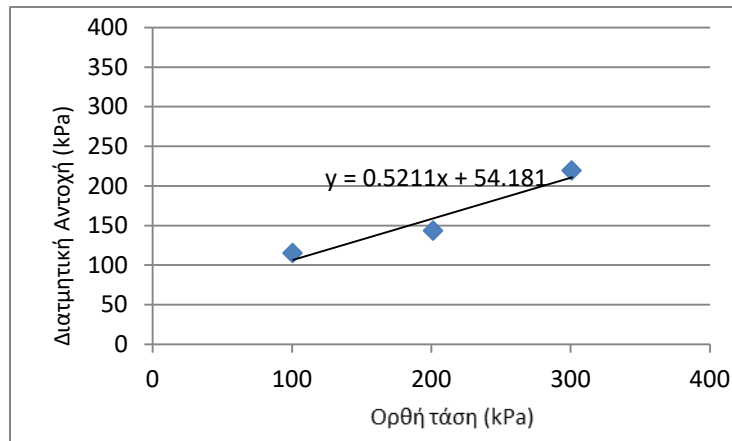
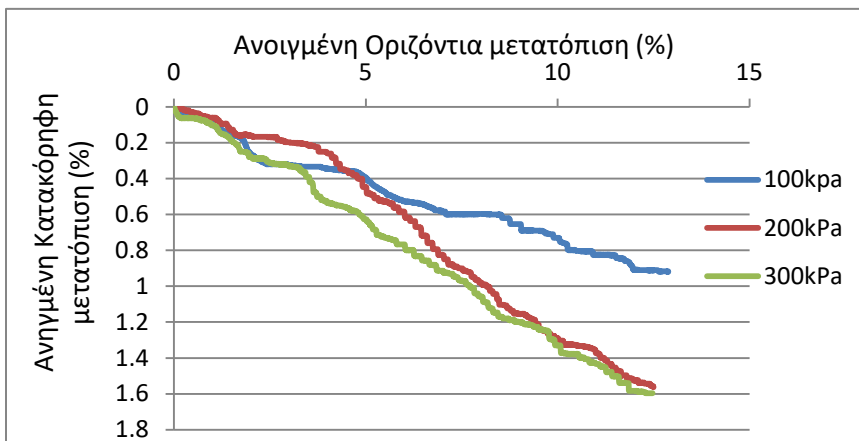
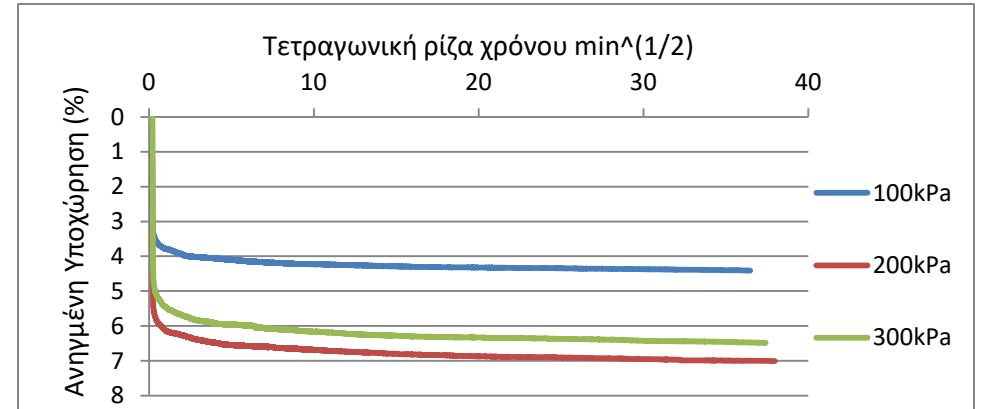
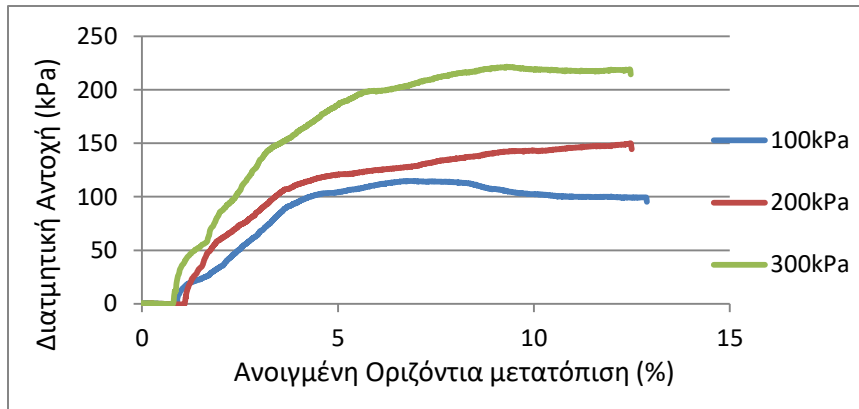
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.	
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI					
0	13	87		14	2,58	NP	NP	NP	-	-	2,58	ML+OL
		ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)									
		82	5									



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

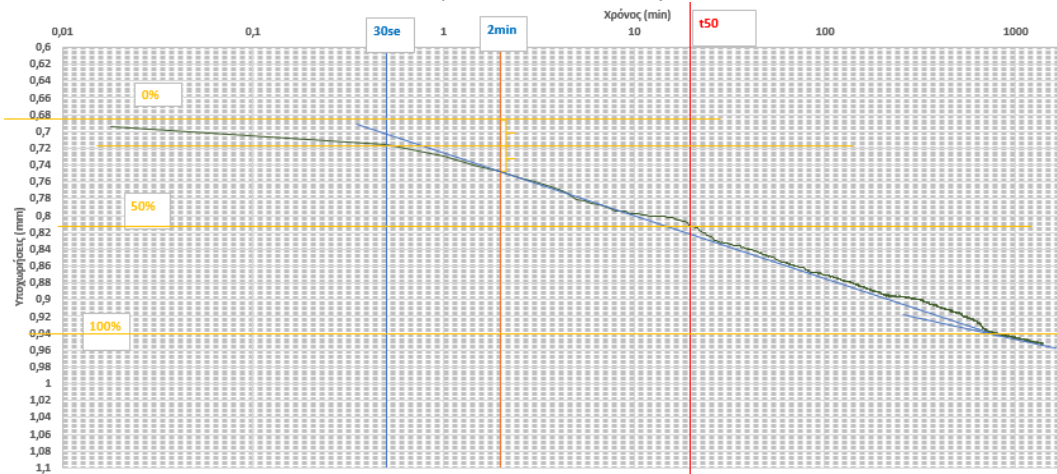


c(kpa)	φ(deg)
54,181	27,5



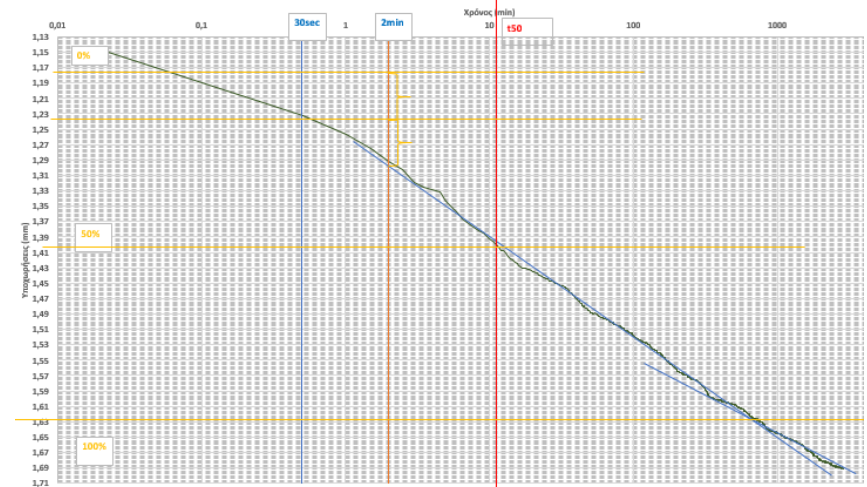
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H₀ =	19.31	mm
t₅₀ =	19.50	min
C_v =	0.94	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



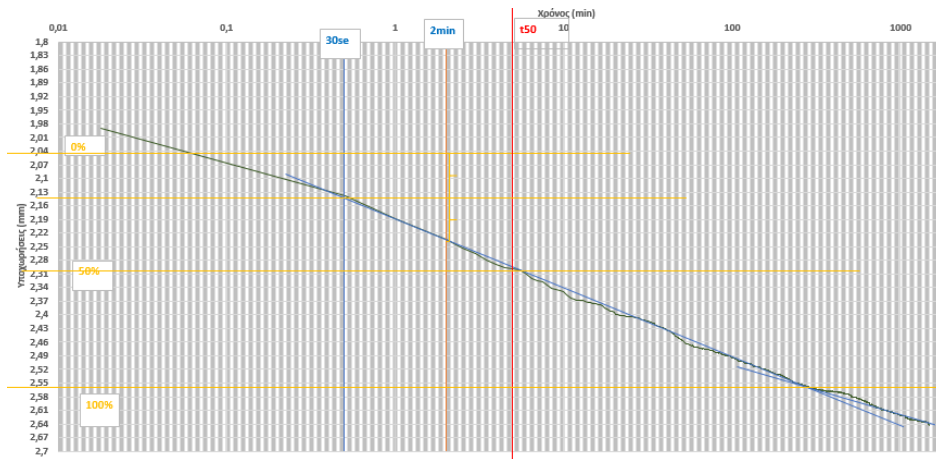
H₀ =	18.85	mm
t₅₀ =	11.09	min
C_v =	1.57	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

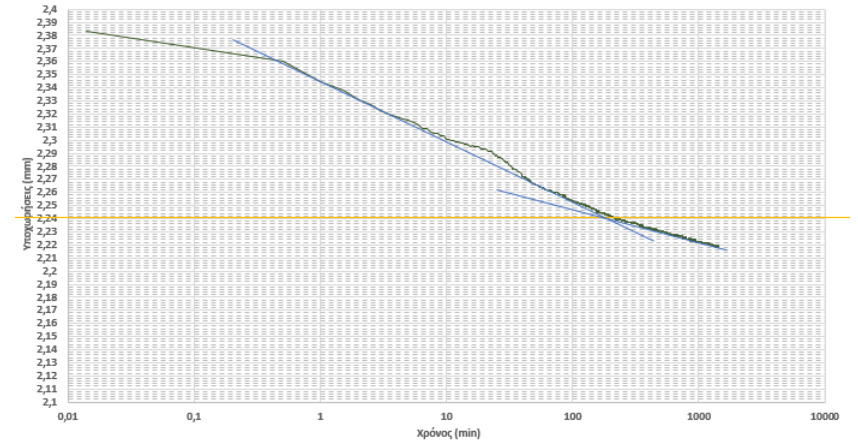


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/μ²



ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 ΚΝ/μ²



H₀ =	18.01	mm
t₅₀ =	4.95	min
C_v =	3.21	mm ² /min

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

7

Συντεταγμένες: 38°27'5.53"Β, 23° 8'28.76"Α

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	2/3	5/7
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	36,573	40,816
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	57,61	60,354
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	149,437	152,638
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	136,508	140,665
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9986244	0,9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,59	2,58
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0004	1,0004
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,59	2,58

G_s στους 20°C = 2.5860

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	27	28	25
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17,90	19,00	10,80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40,40	37,70	27,60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33,60	31,90	22,40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6,80	5,80	5,20
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15,70	12,90	11,60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43,31	44,96	44,83

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ3	κ1	κ22
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	10,60	19,2	18,1
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	20,30	28,5	24,3
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	17,70	25,9	22,7
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	2,6	2,6	1,6
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	7,1	6,7	4,6
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)%:	36,62	38,81	34,78



Όριο υδαρότητας LL
 για x=25 χτύποι
 $y = 44,48$

Όριο υδαρότητας, LL :	44.48	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	36.7	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	7.75	

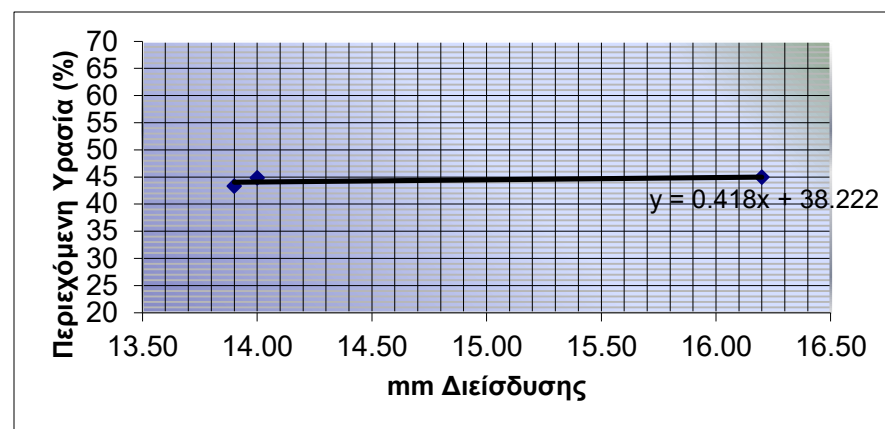
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΙΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	13.9	16.2	14
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=Β-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
Ε	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (Ε=Γ-Α) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/Ε)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL

για x=10mm

y= 42.40

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

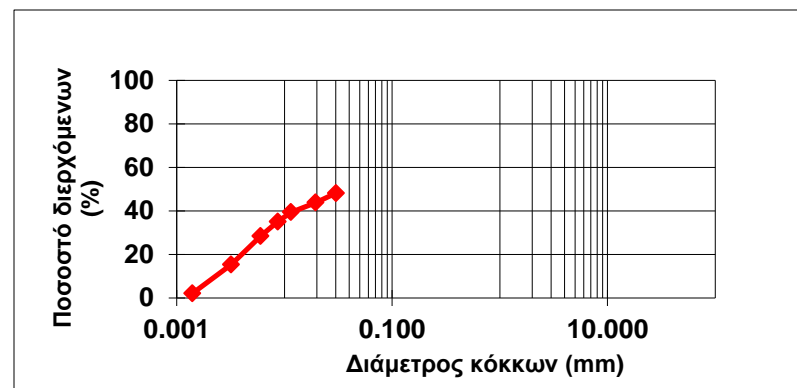


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασί α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0301	48,18
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0196	43,80
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0115	39,42
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0087	35,05
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0060	28,48
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0032	15,35
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0014	2,10

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





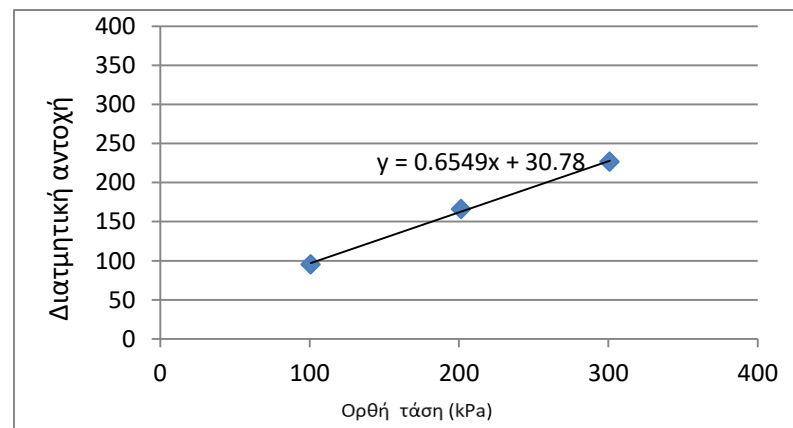
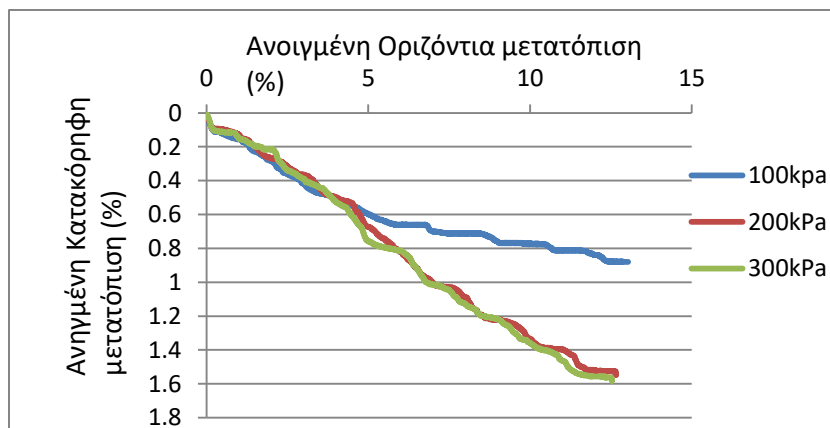
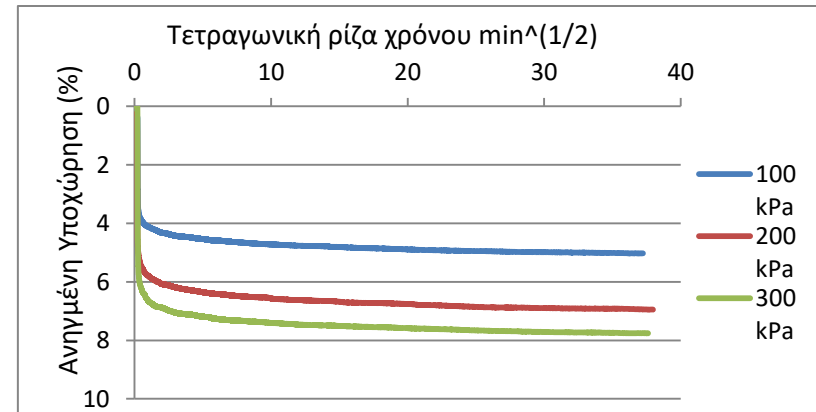
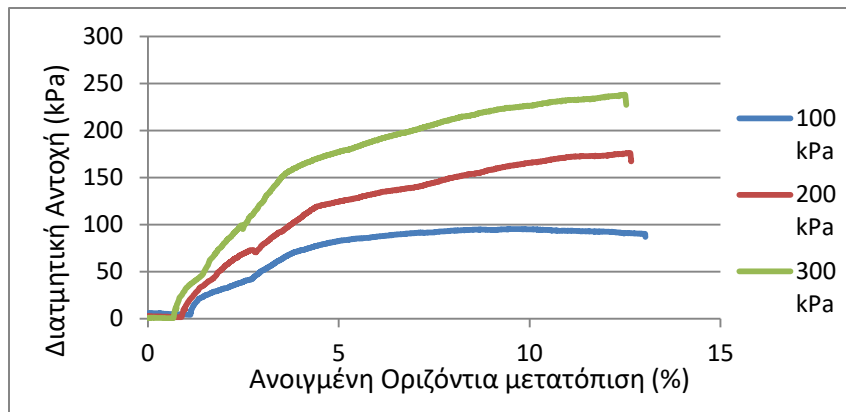
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Co	ΟΡΙΑ ΑΠΤΕΡΒΕΡΓ (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
		90	15	0.42	44.48	36.74	7.75	45.50	16.69	2.59	ML
1	9	ΙΛΥΣ (%)									
		ΑΡΓΙΛΟΣ (%)									
		83	8								



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

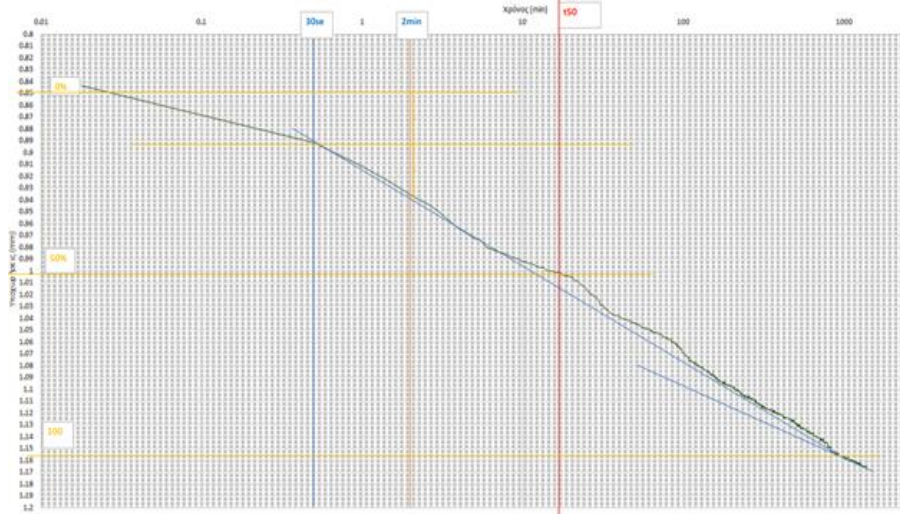


c(kPa)	φ(deg)
30.78	33.2



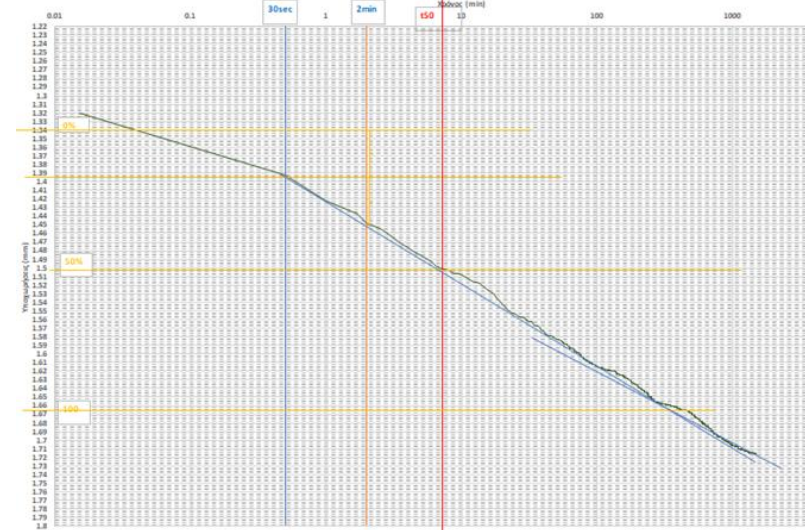
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 KN/m²



H_o=	19.16	mm
t₅₀=	16.59	min
C_v=	1.08	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



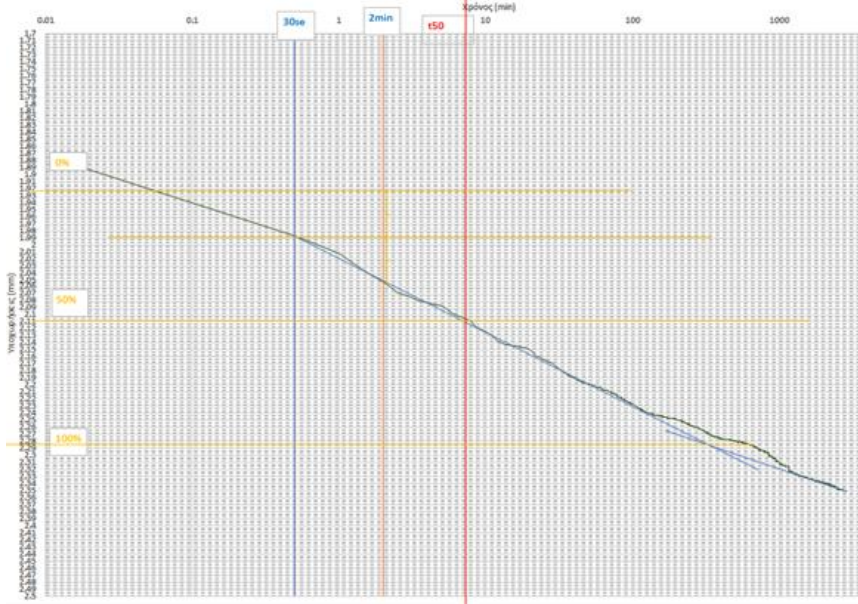
H_o=	18.68	mm
t₅₀=	7.08	min
C_v=	2.41	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



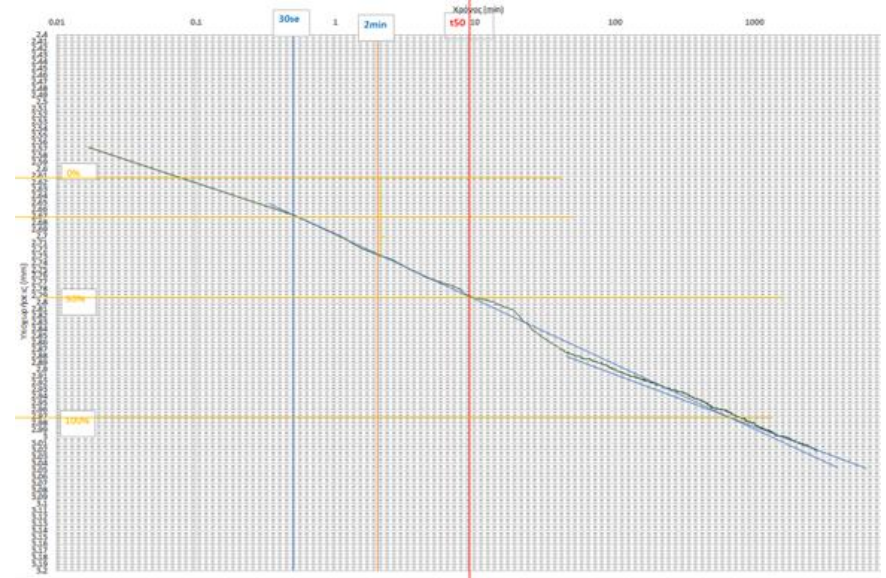
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



H₀ =	18.11	mm
t₅₀ =	7.24	min
C_v =	2.21	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 KN/m²



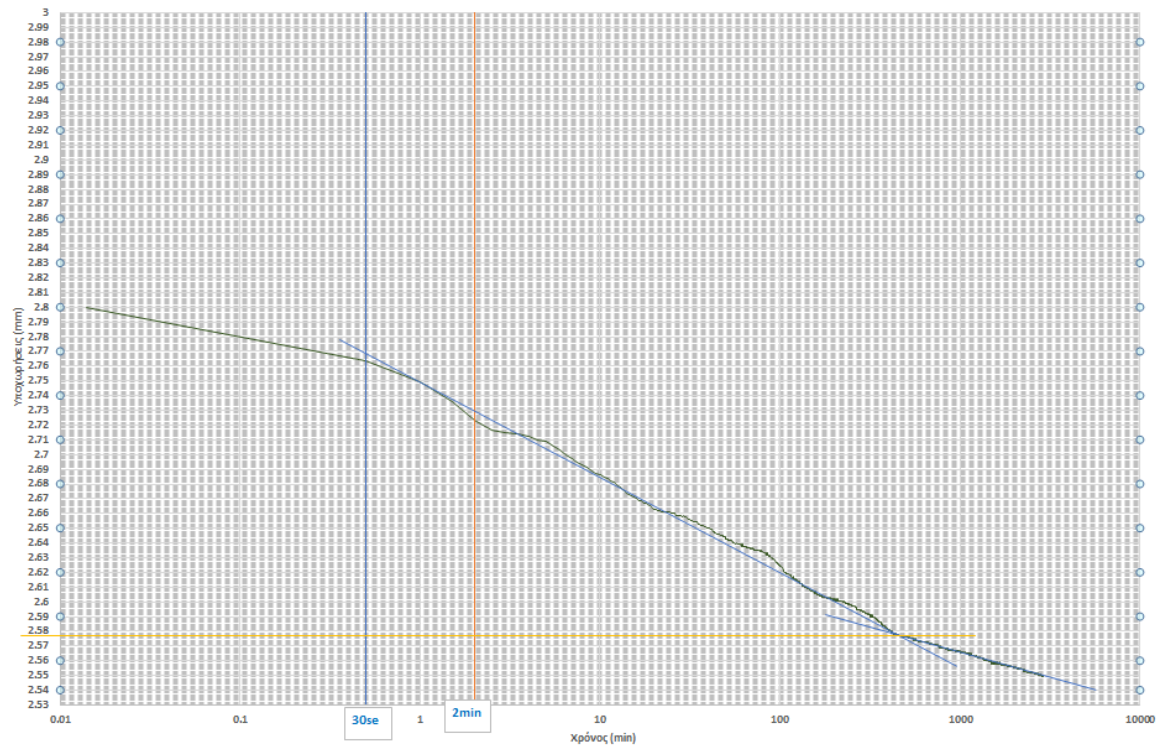
H₀ =	17.43	mm
t₅₀ =	9.12	min
C_v =	1.63	mm ² /min

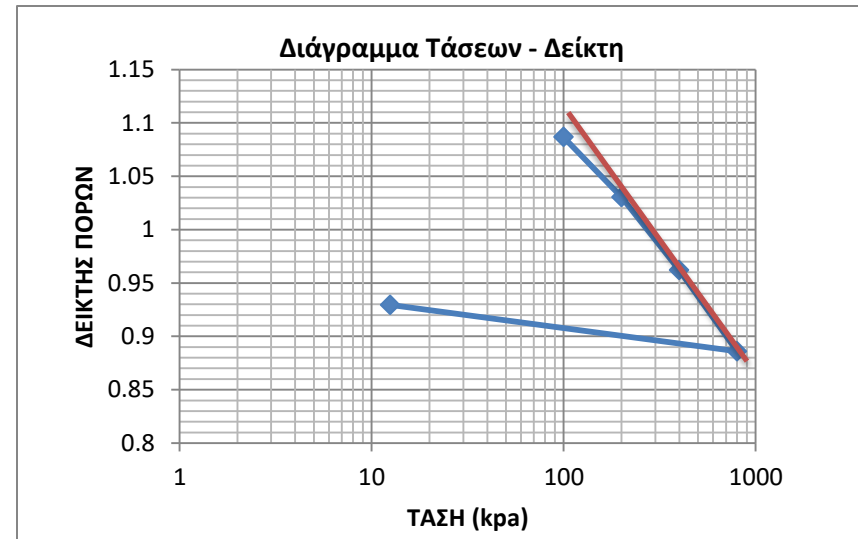
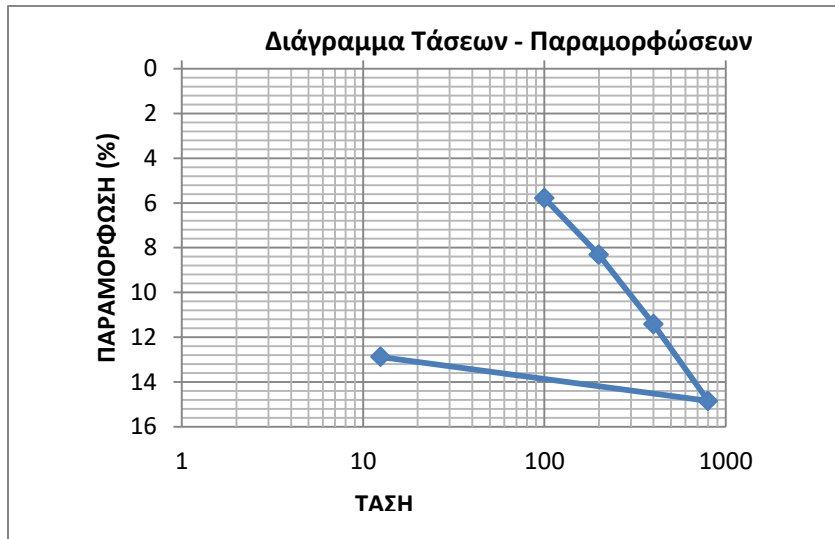
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
τηλ.:+30 2107722087,
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
tel.: +30 2107722087
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²





Τάση (kN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (kN/m ²)
0	0	-
100	1.156	-
200	1.664	3937.008
400	2.283	6462.036
800	2.969	11661.81
12.5	2.577	-

C _c =	0.252
e _o =	1.21

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

8

Συντεταγμένες: 38°27'3.94"B, 23° 5'2.56"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	1	9	2/3
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	55,805	52,019	36,587
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	78,835	74,893	58,088
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	169,541	165,684	149,532
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	155,723	151,778	136,406
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9986244	0,9986244	0,9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,50	2,55	2,56
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0004	1,0004	1,0004
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,50	2,55	2,56

G _s στους 20°C =	2.5368
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



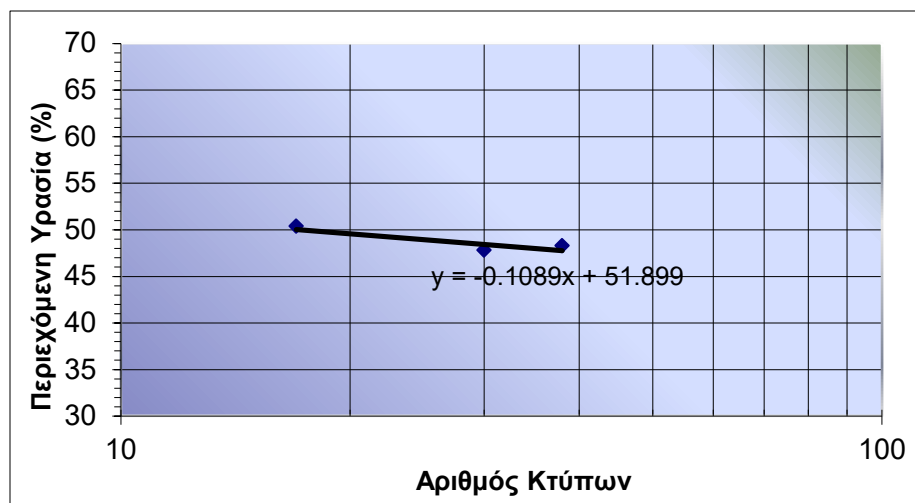
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	1	6	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	17	38	30
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	18,60	18,60	18,50
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	39,20	35,80	42,00
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	32,30	30,20	34,40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6,90	5,60	7,60
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	13,70	11,60	15,90
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	50,36	48,28	47,80

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	4	5	2
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	18,60	17,2	18,6
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	28,10	28,1	29
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	25,40	25	26
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	2,7	3,1	3
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	6,8	7,8	7,4
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	39,71	39,74	40,54



Όριο υδαρότητας LL		
για $x=25$ χτύποι		
$y= 49,18$		

Όριο υδαρότητας, LL :	49.18	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	40	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	9.18	

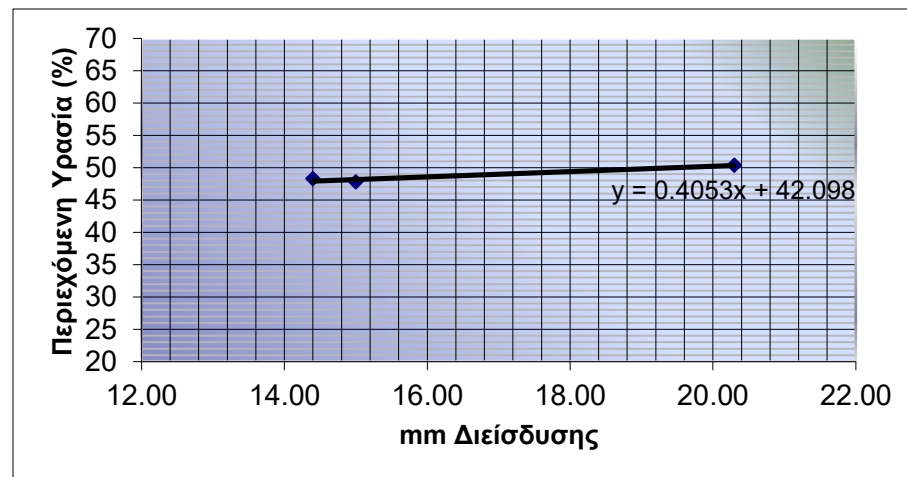
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΪΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	20.3	14.4	15
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL

για x=10mm

y= 46.15

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

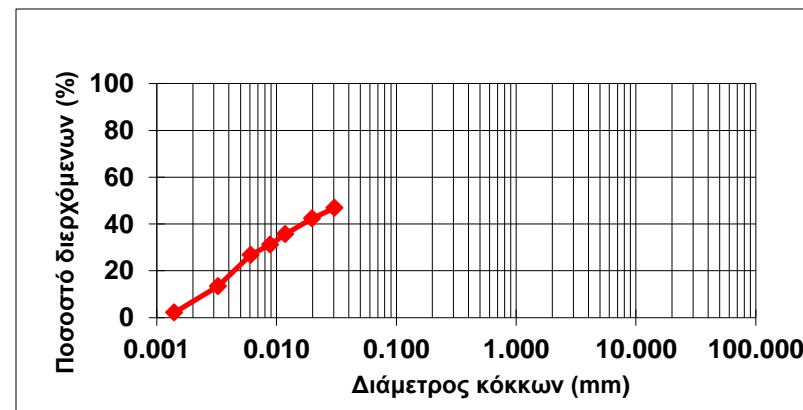


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασία α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0305	46,86
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0198	42,40
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0119	35,71
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0089	31,25
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0061	26,79
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0032	13,40
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0014	2,14

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





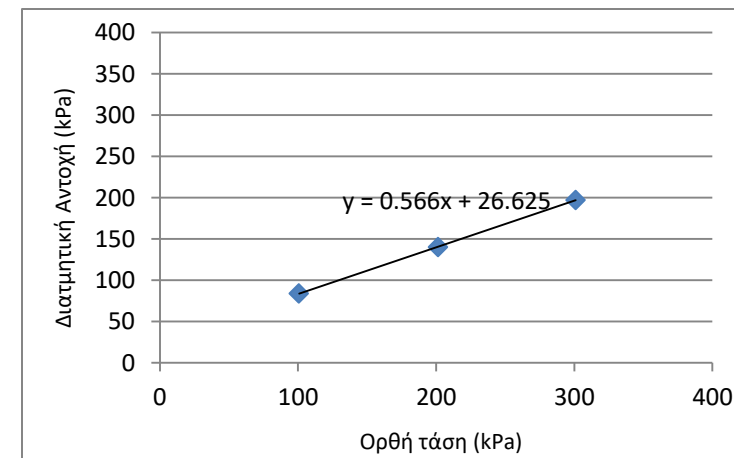
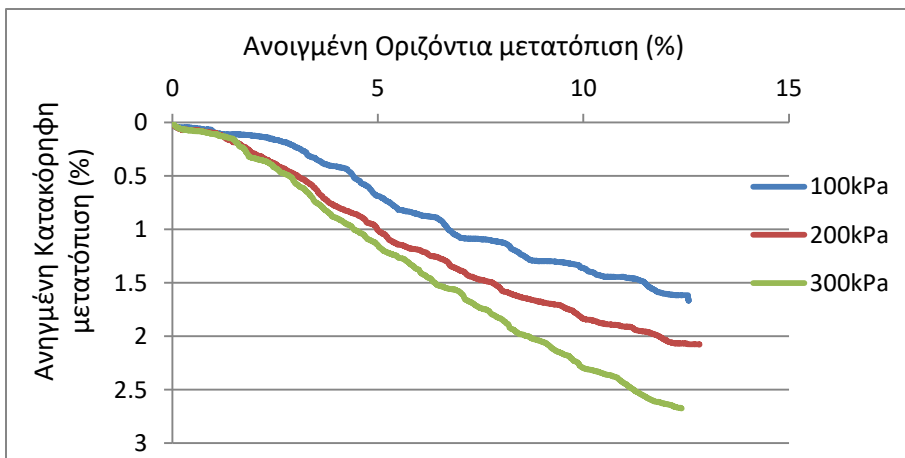
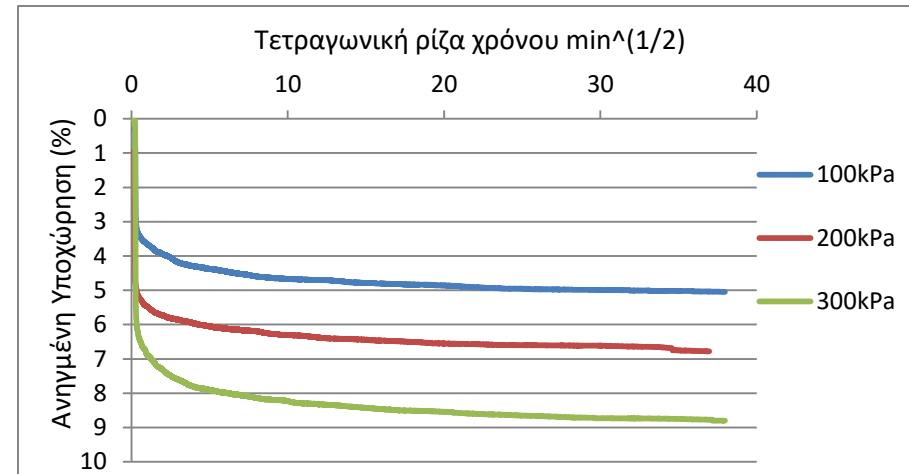
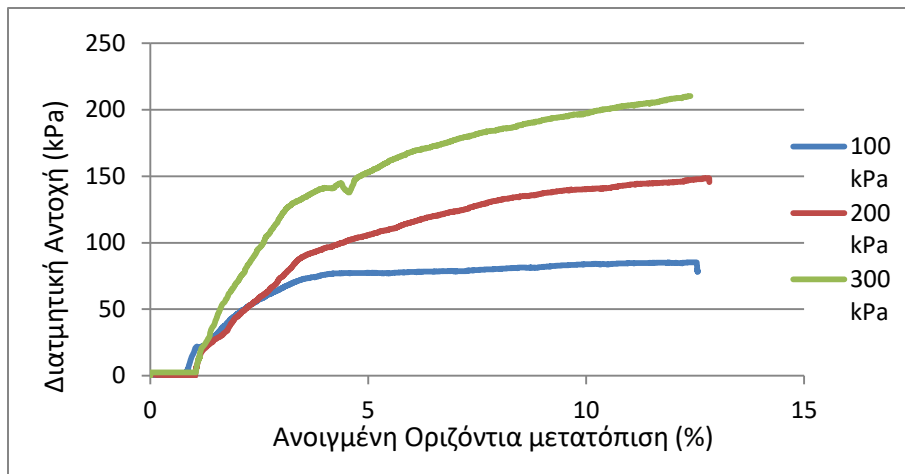
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)				ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)				LL	PL	PI				
0	10	90		15	0,56	49,18	40,00	9,18	43,00	15,72	2,54	ML
		ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)									
		83	7									



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90



c (kPa)	φ (deg)
26,625	29,5

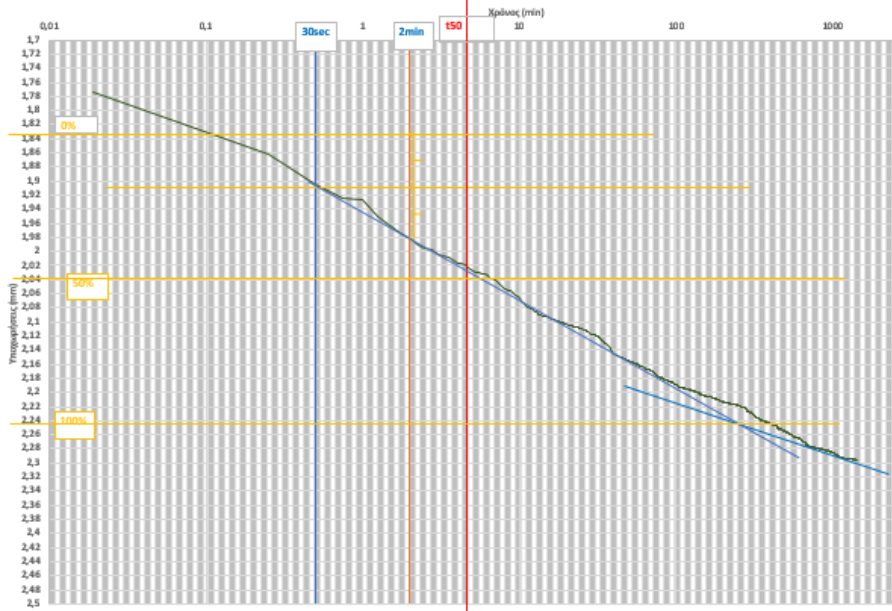
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

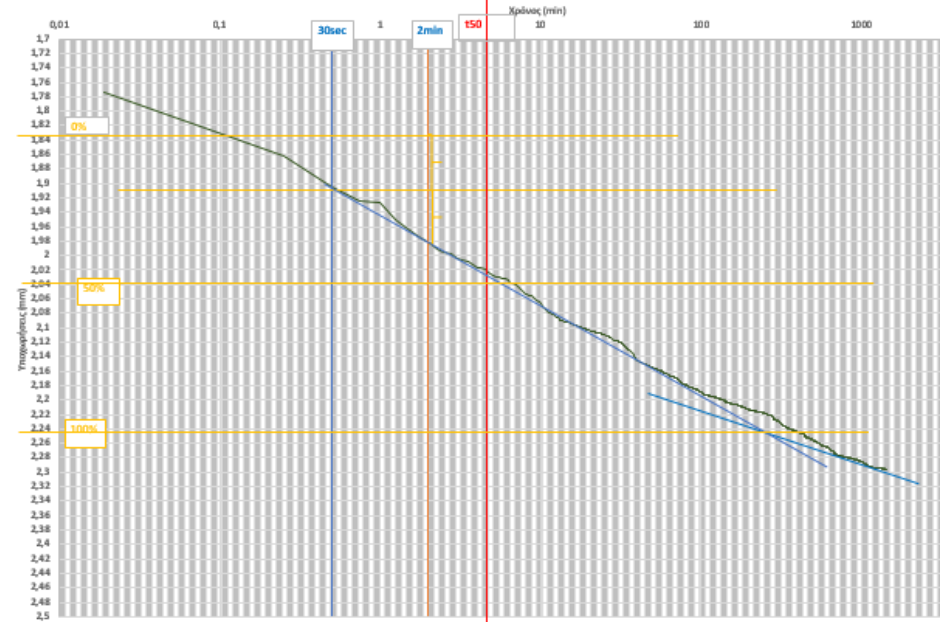
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H₀ =	18.84	mm
t₅₀ =	4.62	min
C_v =	2.40	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



H₀ =	18.23	mm
t₅₀ =	4.62	min
C_v =	3.52	mm ² /min

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

9

Συντεταγμένες: 38°25'5.93"B, 23° 4'57.01"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	5/7	41
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	40,813	44,064
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	61,927	65,073
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	153,82	156,986
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	140,702	143,97
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9986244	0,9986244
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,64	2,62
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0004	1,0004
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,64	2,63

G _s στους 20°C =	2.6319
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



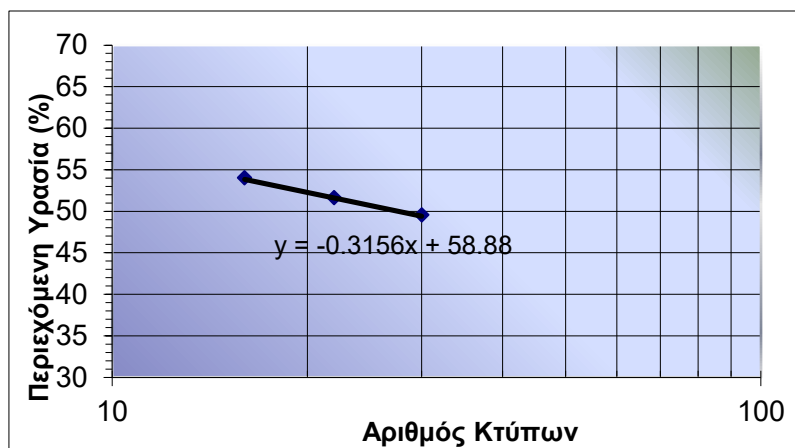
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ

A.S.T.M. D 4318-00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 1	διηθητικό 2	διηθητικό 3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	16	30	22
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	1,70	3,20	2,60
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	22,80	19,80	21,40
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	15,40	14,30	15,00
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	7,40	5,50	6,40
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	13,70	11,10	12,40
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	54,01	49,55	51,61

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	Γεωτεχ 13	Γεωτεχ 1	Γεωτεχν 9
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	35,20	41,1	33,6
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	44,10	50,4	45,4
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	41,40	47,6	41,9
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	2,7	2,8	3,5
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	6,2	6,5	8,3
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)%:	43,55	43,08	42,17



Όριο υδαρότητας LL
 για $x=25$ χτύποι
 $y= 50,99$

Όριο υδαρότητας, LL :	50.99	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	42.9	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	8.06	

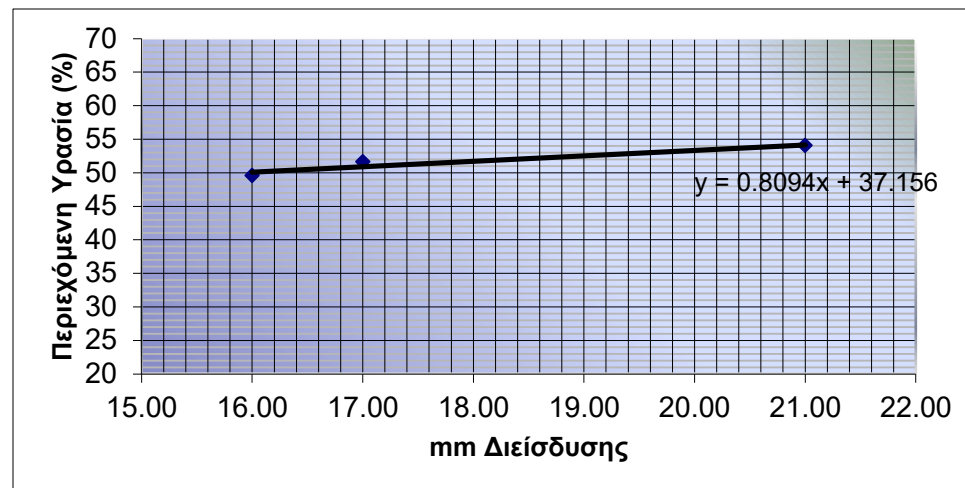
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΪΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	21	16	17
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL

για $x=10\text{mm}$

$y= 45.25$

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76,20	0,0	477,5	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	477,5	100,0
2"	50,80	0,0	477,5	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	477,5	100,0
1 1/4"	31,75	0,0	477,5	100,0
1"	25,40	0,0	477,5	100,0
3/4"	19,05	0,0	477,5	100,0
5/8"	15,87	0,0	477,5	100,0
1/2"	12,70	0,0	477,5	100,0
3/8"	9,52	0,0	477,5	100,0
1/4"	6,35	0,0	477,5	100,0
No. 4	4,75	1,5	476,0	99,7
No. 8	2,36	0,0	476,0	99,7
No. 10	2,00	0,3	475,7	99,6
No. 20	1,18	0,9	474,8	99,4
No. 30	0,60	0,0	474,8	99,4
No. 40	0,425	1,8	473,0	99,1
No. 50	0,30	0,0	473,0	99,1
No. 60	0,18	4,5	468,5	98,1
No. 100	0,15	12,7	455,8	95,5
No. 200	0,075	43,4	412,4	86,4
	Παιπάλη	412,4		
	Ολικό Βάρος:	477,5		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

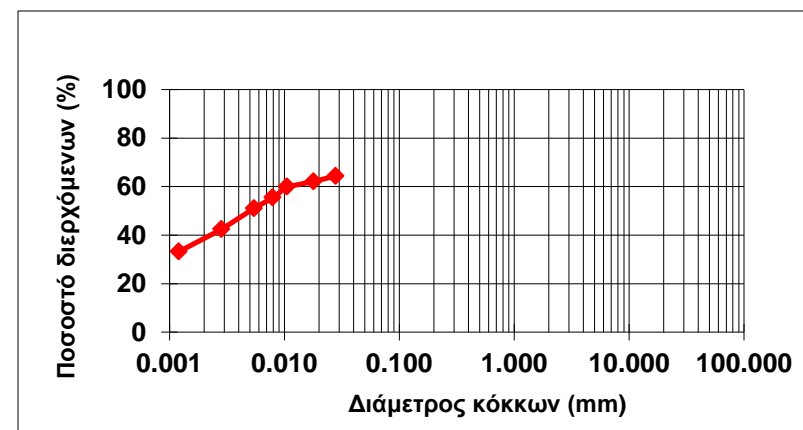


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

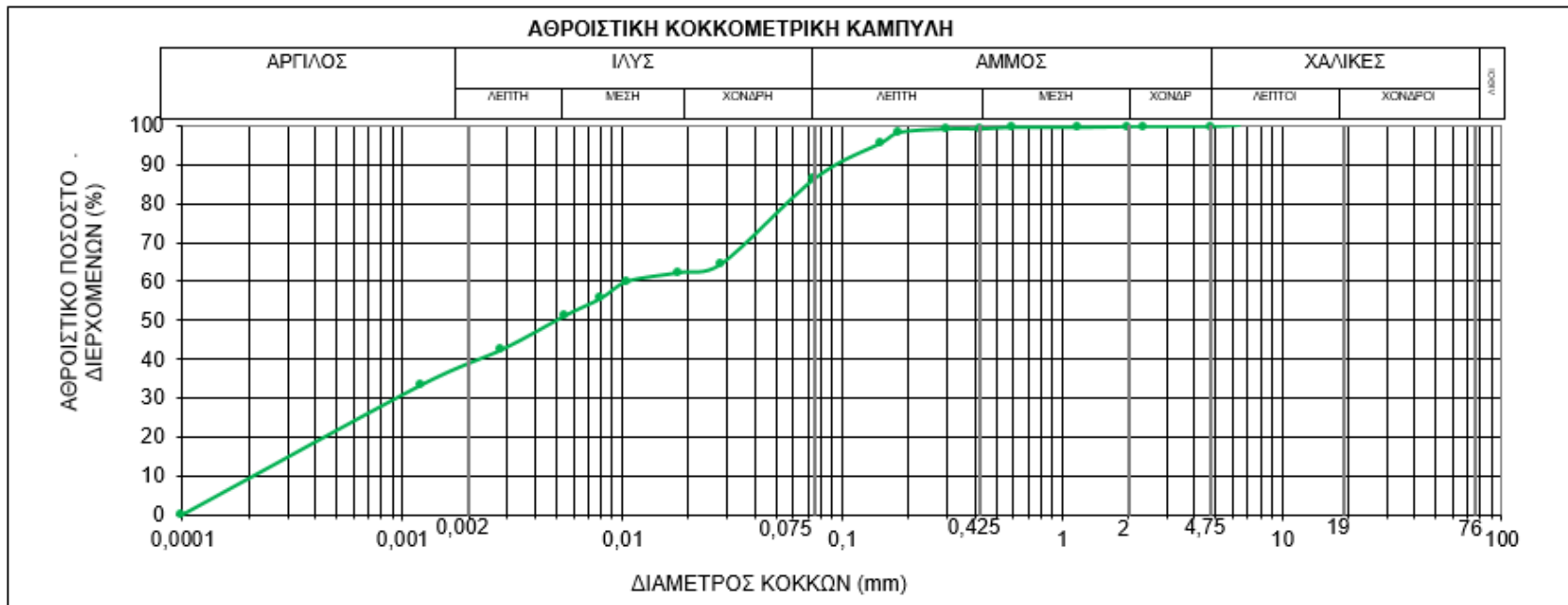
C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασί α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0281	64,35
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0180	62,13
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0106	59,91
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0079	55,47
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0055	51,02
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0028	42,40
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0012	33,24

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

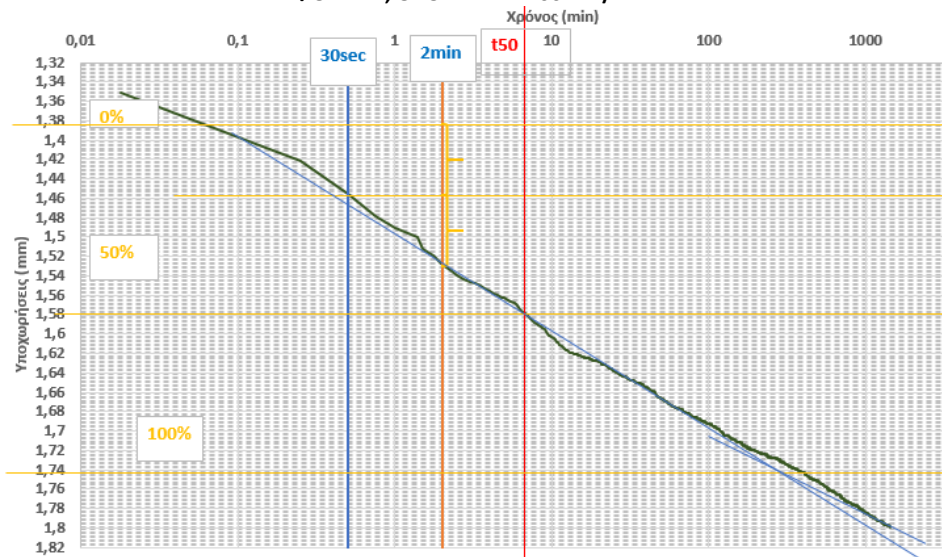


ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ C _u	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ C _c	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ G _s	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
0	13	86	55	0,45	50,99	42,93	8,06	48,00	15,57	2,63	ML
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">ΙΛΥΣ (%)</td> <td style="text-align: center;">ΑΡΓΙΛΟΣ (%)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">48</td> <td style="text-align: center;">39</td> </tr> </table>									
ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)										
48	39										



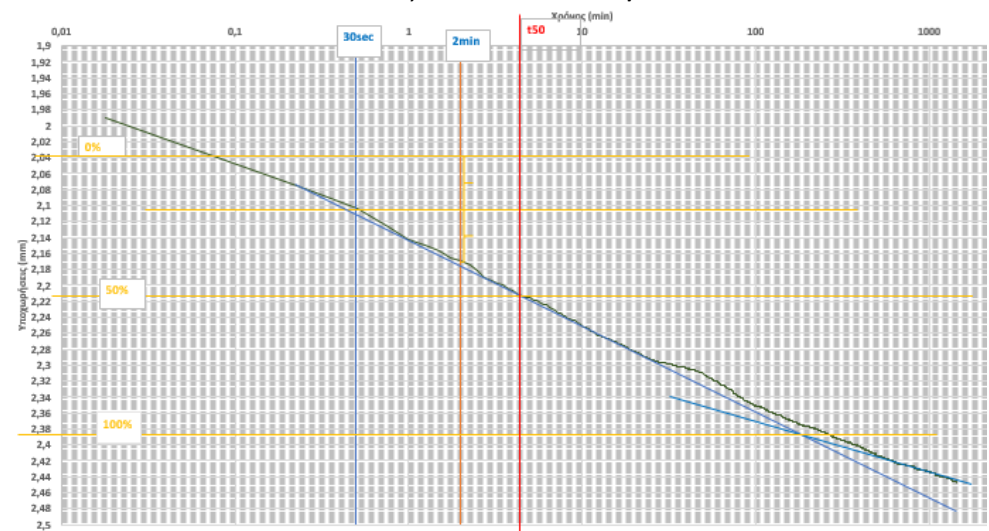
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H₀ =	18.65	mm
t₅₀ =	6.68	min
C_v =	2.55	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 KN/m²



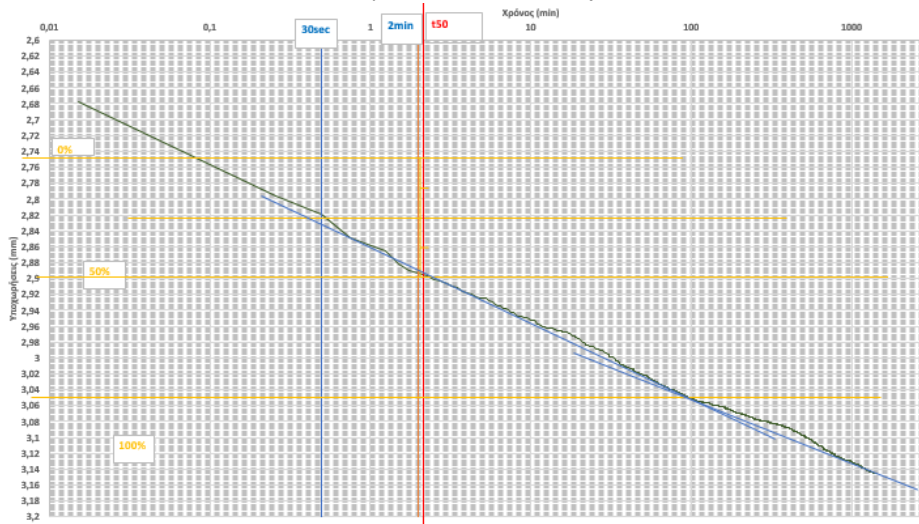
H₀ =	18.01	mm
t₅₀ =	4.28	min
C_v =	3.72	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



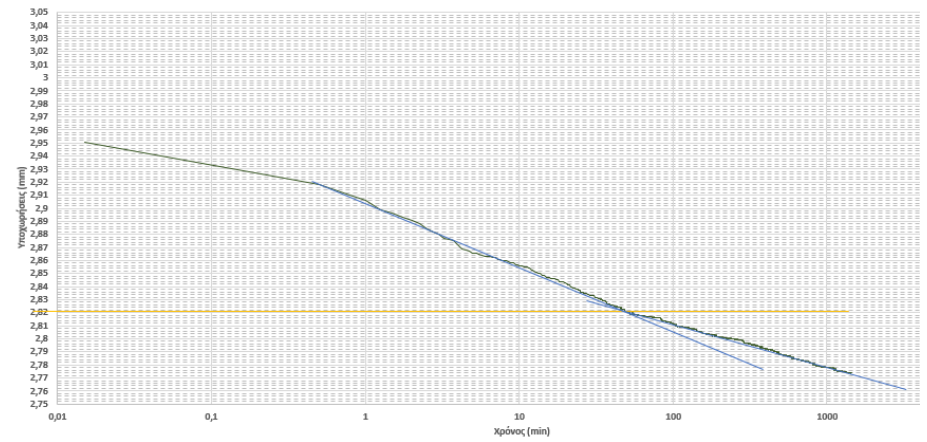
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

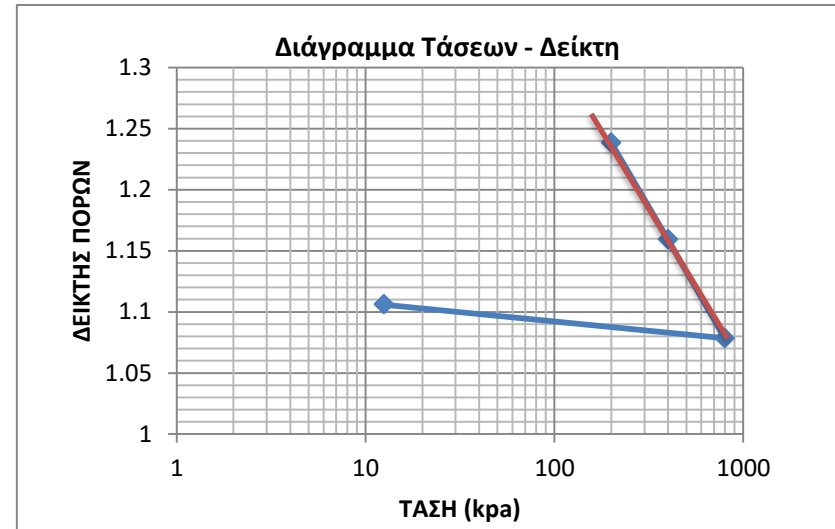
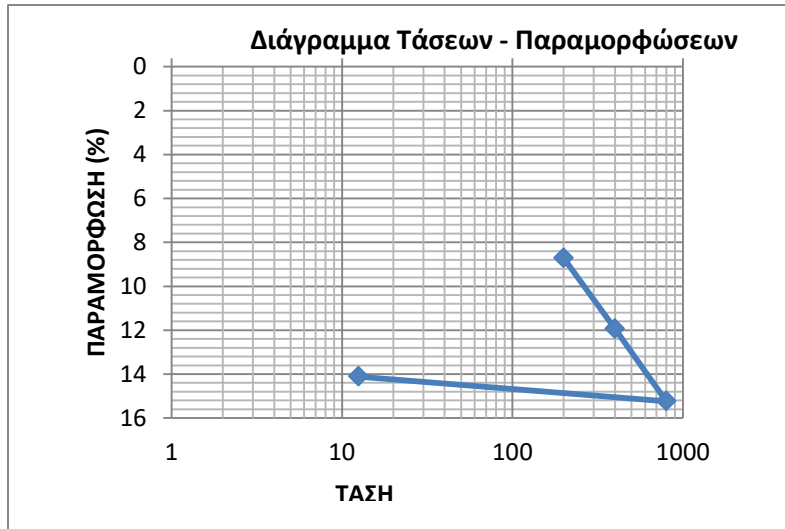
ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 KN/m²



H₀ =	17.32	mm
t₅₀ =	2.11	min
C_v =	6.96	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²





Τάση (KN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (KN/m ²)
0	0	-
200	1.742	-
400	2.388	6191.95
800	3.047	12139.61
12.5	2.822	-

Cc=	0.268
e _o =	1.45

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

10

Συντεταγμένες: 38°24'34.21"Β, 23° 1'36.63"Α

<p>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ τηλ.:+30 2107722087, email:cloupasakis@metal.ntua.gr Fax: 210 7722144</p>		<p>NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS tel.: +30 2107722087 email:cloupasakis@metal.ntua.gr Fax: 210 7722144</p>
--	--	--

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4	5
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	2	3	7*	7*	2/3
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	41,268	88,099	52,628	52,633	36,573
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	55,037	101,276	73,515	74,022	57,879
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	99,537	301,302	165,616	165,549	149,45
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	91,062	293,548	152,56	152,526	136,398
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	19	19	19	19	19
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9984347	0,9984347	0,9984347	0,9984347	0,9984347
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) \cdot \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,60	2,43	2,66	2,55	2,58
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0002	1,0002	1,0002	1,0002	1,0002
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,60	2,43	2,66	2,55	2,58

G_s στους 20°C =	2.5636
--------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 7	διηθητικό 8	διηθητικό 9
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	22	18	29
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,60	2,40	2,20
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	19,90	21,90	20,00
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	12,90	13,90	13,20
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	7,00	8,00	6,80
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	10,30	11,50	11,00
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	67,96	69,57	61,82

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 4	διηθητικό 5	διηθητικό 6
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,40	1,9	2,5
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	9,50	12,1	11,9
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	7,60	9,5	9,4
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1,9	2,6	2,5
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	5,2	7,6	6,9
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	36,54	34,21	36,23



Όριο υδαρότητας LL
 για $x=25$ χτύποι
 $y= 65,00$

Όριο υδαρότητας, LL :	65	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	35.7	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	29.34	

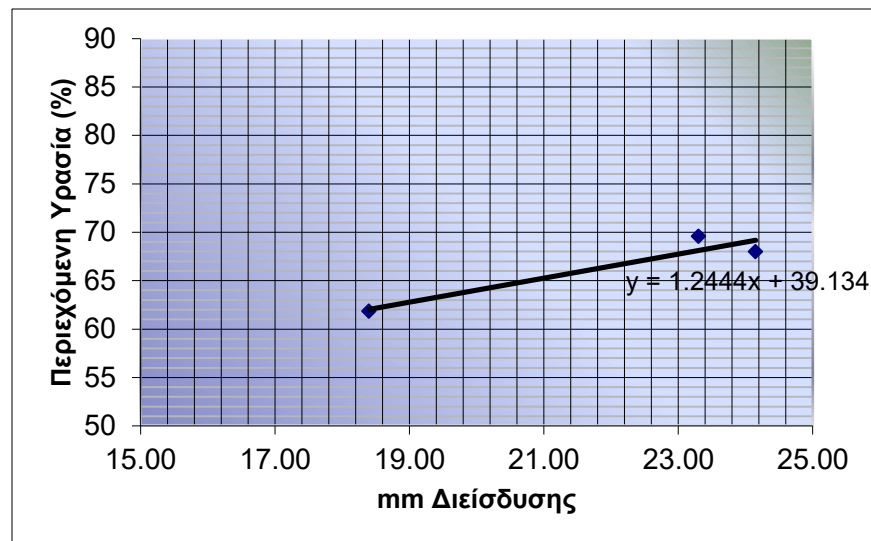
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΙΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	24.15	23.3	18.4
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL

για $x=10\text{mm}$

$y= 51.58$

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

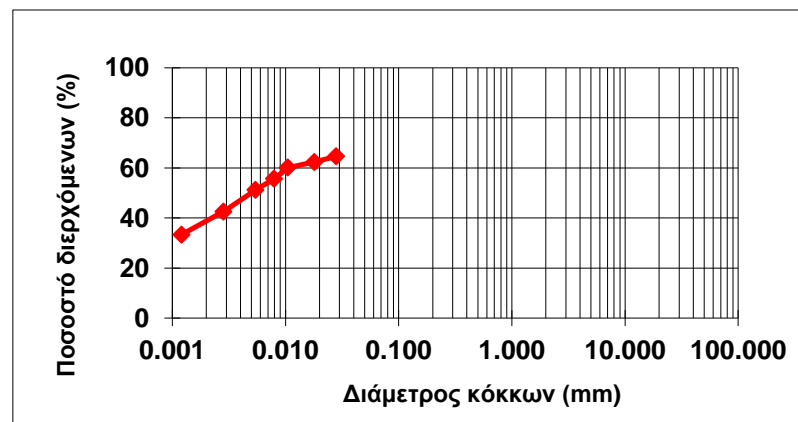


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

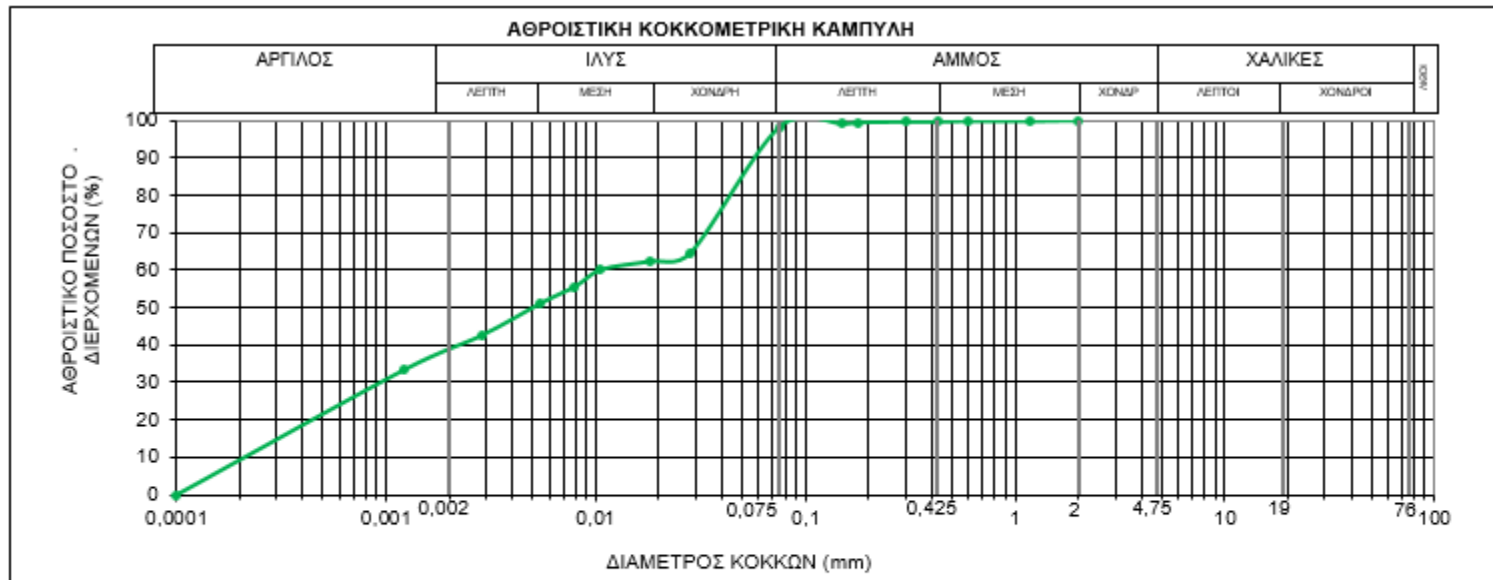
C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασί α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0281	64,58
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0180	62,35
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0106	60,12
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0079	55,66
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0055	51,20
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0028	42,55
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0012	33,36

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	





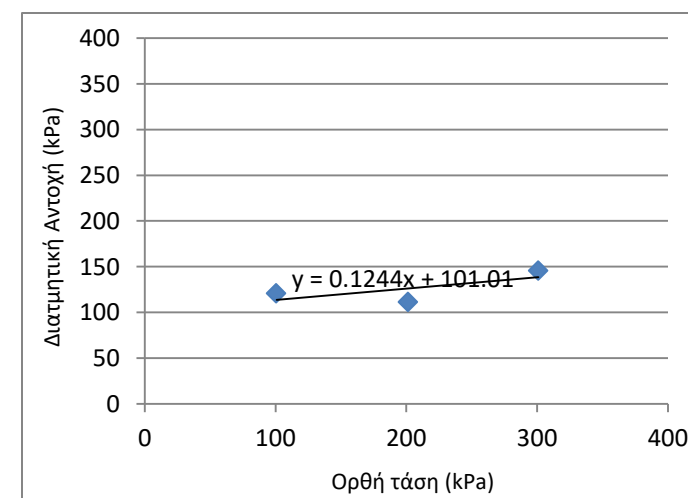
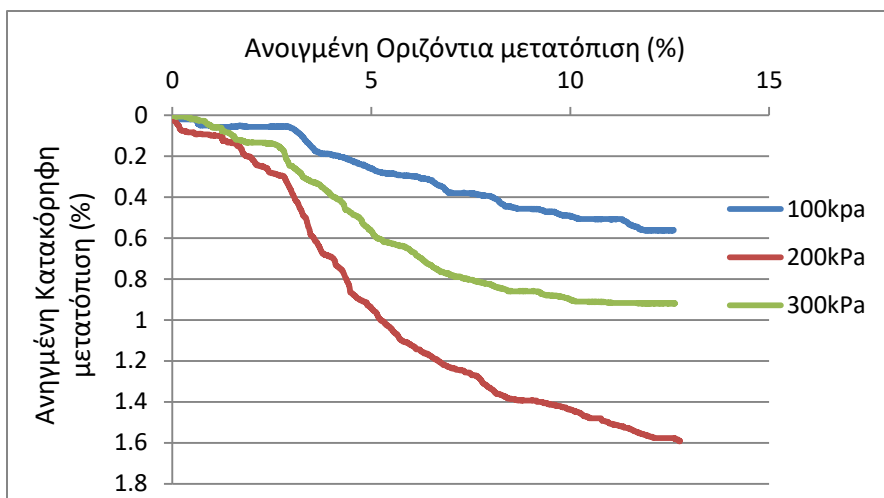
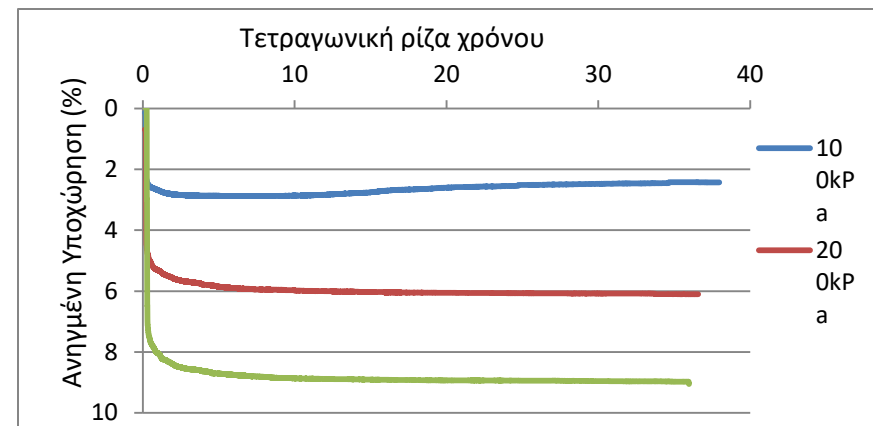
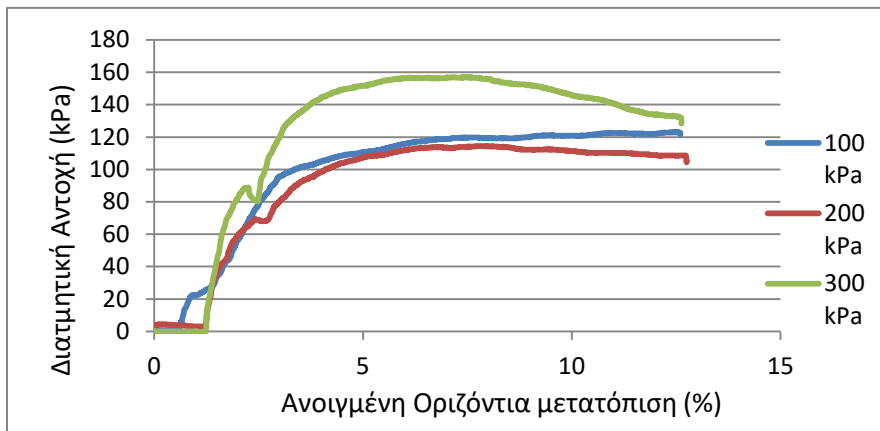
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
0	2	98	45	38,81	65,00	35,88	29,34	37,20	18,34	2,56	MH
		ΙΛΥΣ (%) ΑΡΓΙΛΟΣ (%)									



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
 ASTM D3080-90

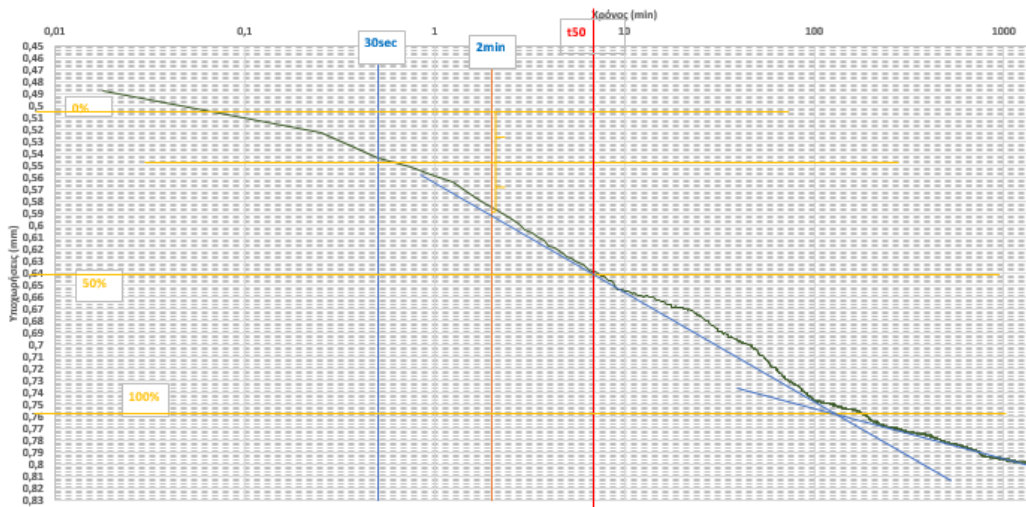


c(kPa)	φ(deg)
101,01	7,1



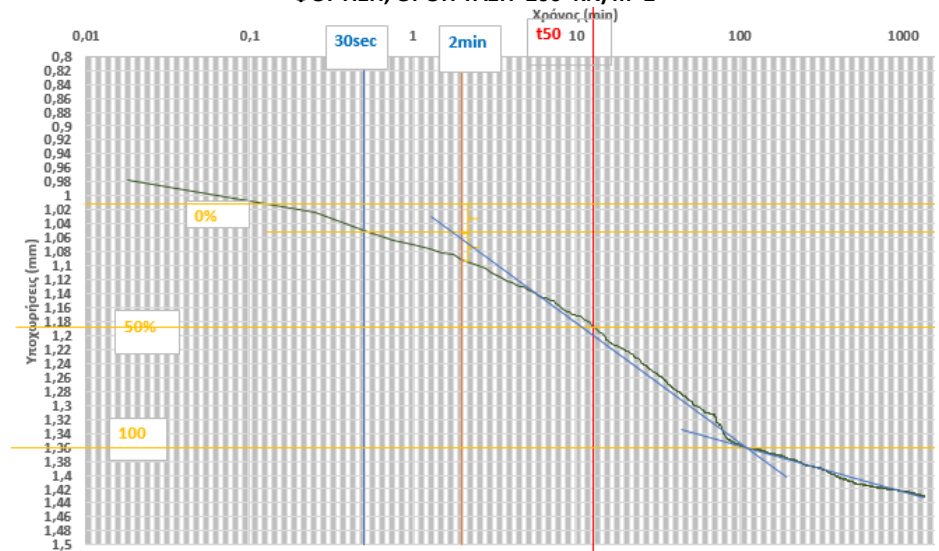
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 KN/m²



H₀ =	19.51	mm
t₅₀ =	6.81	min
C_v =	2.74	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



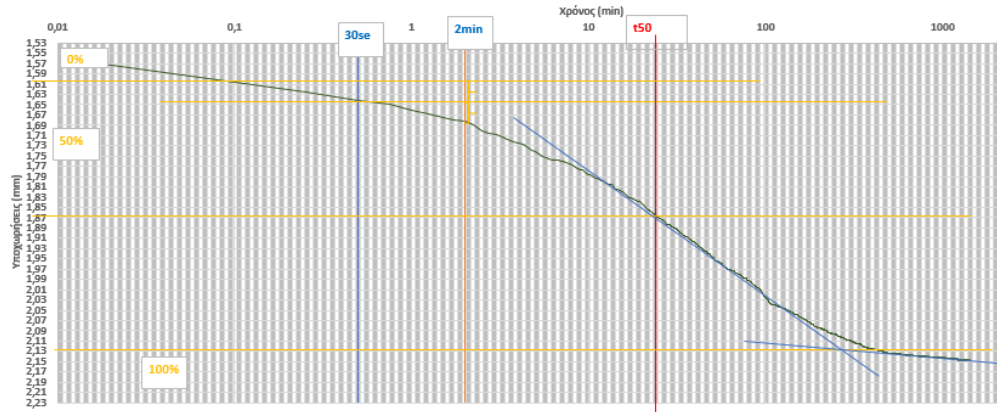
H₀ =	19.02	mm
t₅₀ =	12.56	min
C_v =	1.41	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



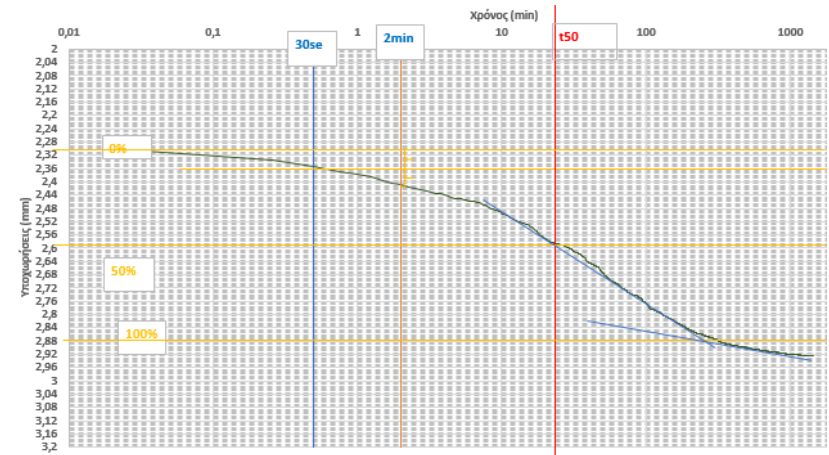
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 ΚΝ/μ²



H₀ =	18.42	mm
t₅₀ =	23.71	min
C_v =	0.70	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/μ²



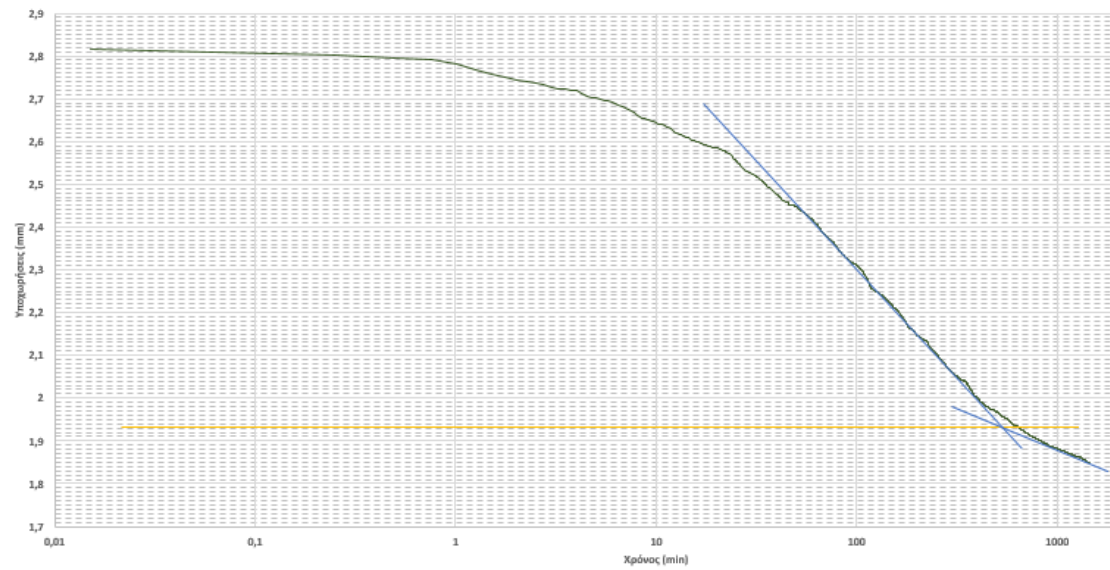
H₀ =	17.70	mm
t₅₀ =	18.84	min
C_v =	0.81	mm ² /min

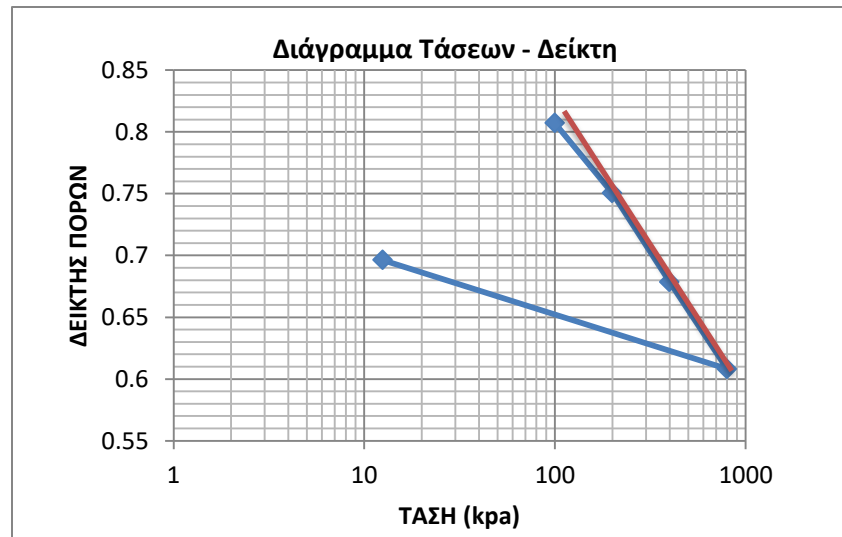
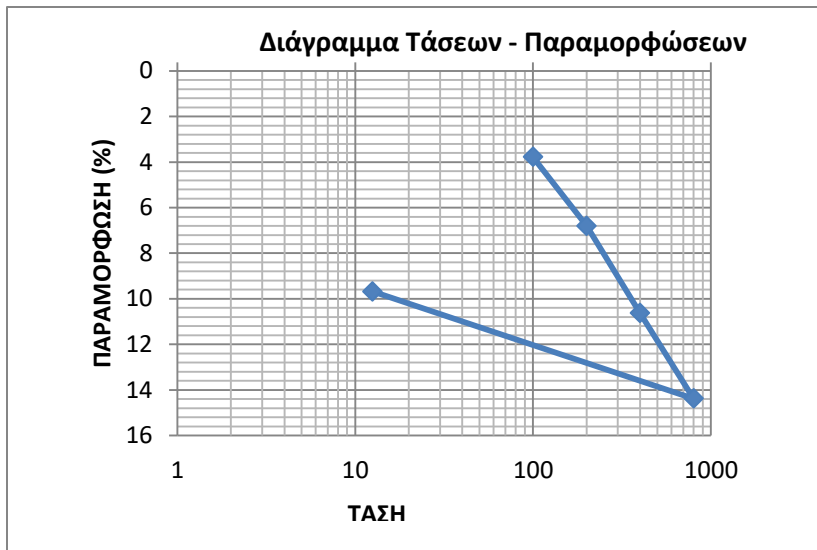
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
τηλ.:+30 2107722087,
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
tel.: +30 2107722087
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 ΚΝ/Μ²





Τάση (KN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (KN/m ²)
0	0	-
100	0.756	-
200	1.36	3311.258
400	2.126	5221.932
800	2.875	10680.91
12.5	1.936	-

Cc=	0.233
e _o =	0.88

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

11

Συντεταγμένες: 38°26'19.43"B, 23° 1'37.82"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	7*	2/3	1
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	52,634	36,573	
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	73,582	57,408	
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	165,609	149,432	
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	152,599	136,506	
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	18	18	
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9986244	0,9986244	
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,64	2,63	
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0004	1,0004	
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,64	2,63	

G _s στους 20°C =	2.6340
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



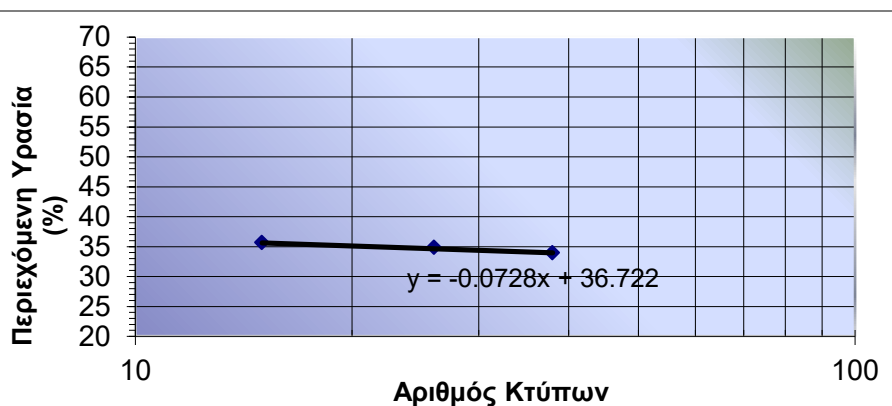
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)			
	1	2	3	4
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 13	διηθητικό 14	διηθητικό 19	διηθητικό 15
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	15	38	26	
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,40	2,40	2,40	
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	24,10	24,10	23,30	
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	18,40	18,60	17,90	
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	5,70	5,50	5,40	
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	16,00	16,20	15,50	
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	35,63	33,95	34,84	33,73

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 10	διηθητικό 11	διηθητικό 12
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,40	2,4	2,4
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	12,70	14,9	13,7
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	10,90	12,6	11,6
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1,8	2,3	2,1
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	8,5	10,2	9,2
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	21,18	22,55	22,83



Όριο υδαρότητας LL

για $x=25$ χτύποι

$y= 34,90$

Όριο υδαρότητας, LL :

34.90

(%)

Όριο πλαστικότητας, PL :

22.2

(%)

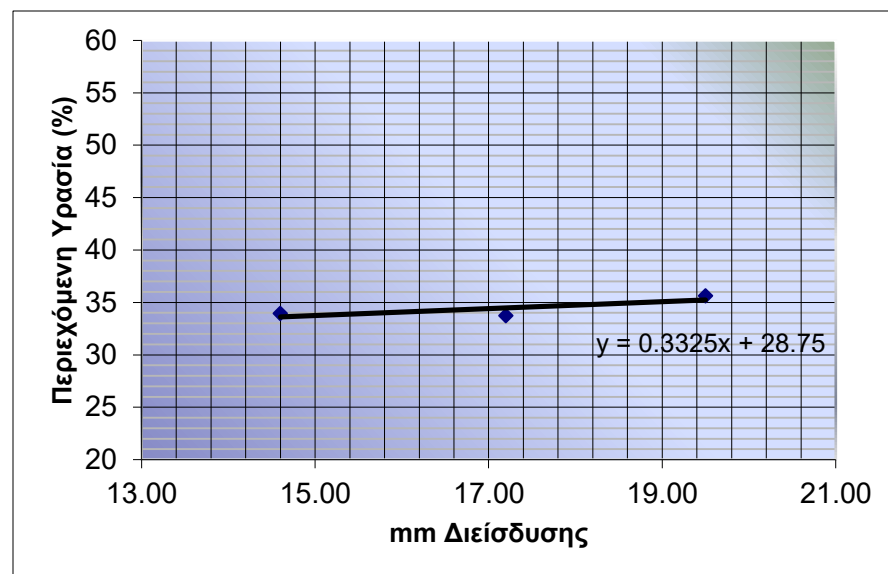
Δείκτης πλαστικότητας, PI :

12.72



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΪΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	19.5	14.6	17.2
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
E	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL

για $x=10\text{mm}$

$y= 32.08$

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

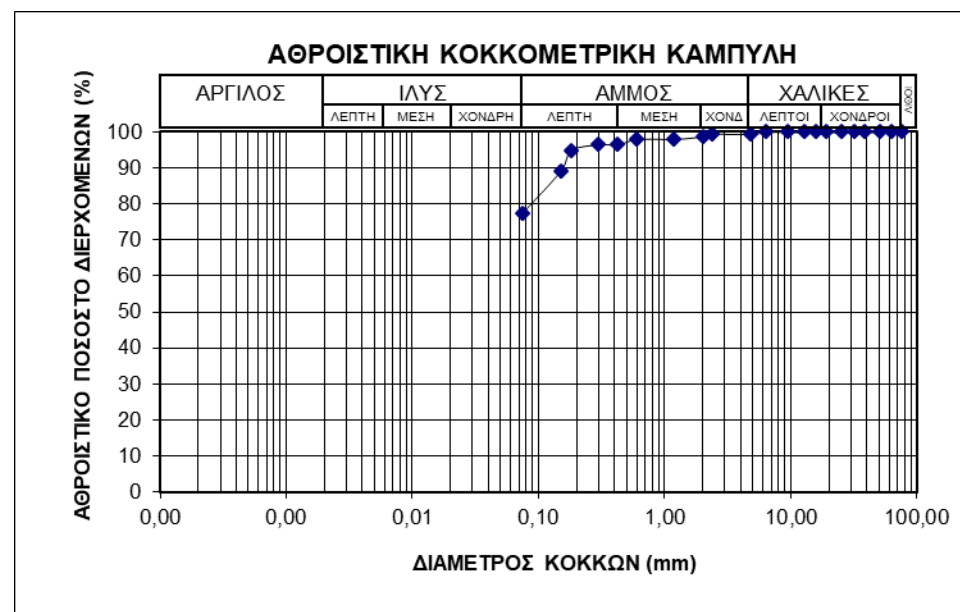


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76,20	0,0	682,8	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	682,8	100,0
2"	50,80	0,0	682,8	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	682,8	100,0
1 1/4"	31,75	0,0	682,8	100,0
1"	25,40	0,0	682,8	100,0
3/4"	19,05	0,0	682,8	100,0
5/8"	15,87	0,0	682,8	100,0
1/2"	12,70	0,0	682,8	100,0
3/8"	9,52	0,0	682,8	100,0
1/4"	6,35	0,0	682,8	100,0
No. 4	4,75	3,8	679,0	99,4
No. 8	2,36	0,0	679,0	99,4
No. 10	2,00	4,5	674,5	98,8
No. 20	1,18	5,2	669,3	98,0
No. 30	0,60	0,0	669,3	98,0
No. 40	0,425	10,4	658,9	96,5
No. 50	0,30	0,0	658,9	96,5
No. 60	0,18	10,5	648,4	95,0
No. 100	0,15	39,0	609,4	89,2
No. 200	0,075	80,6	528,8	77,4
	Παιπάλη	528,8		
	Ολικό Βάρος:	682,8		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

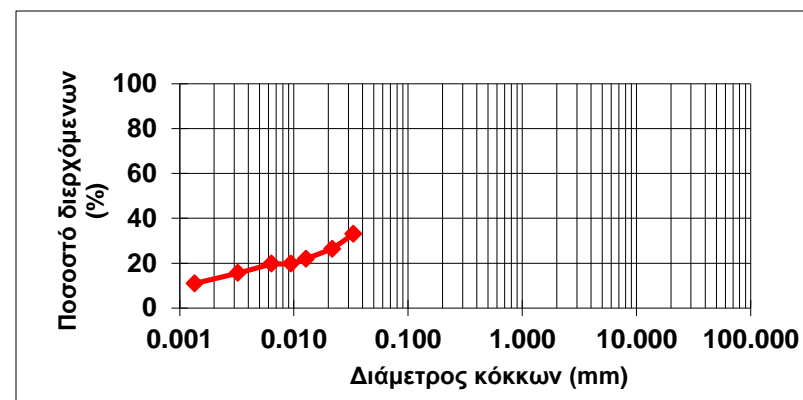


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασί α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0331	32,96
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0217	26,35
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0128	21,94
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0095	19,74
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0064	19,74
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0032	15,60
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0013	10,93

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	

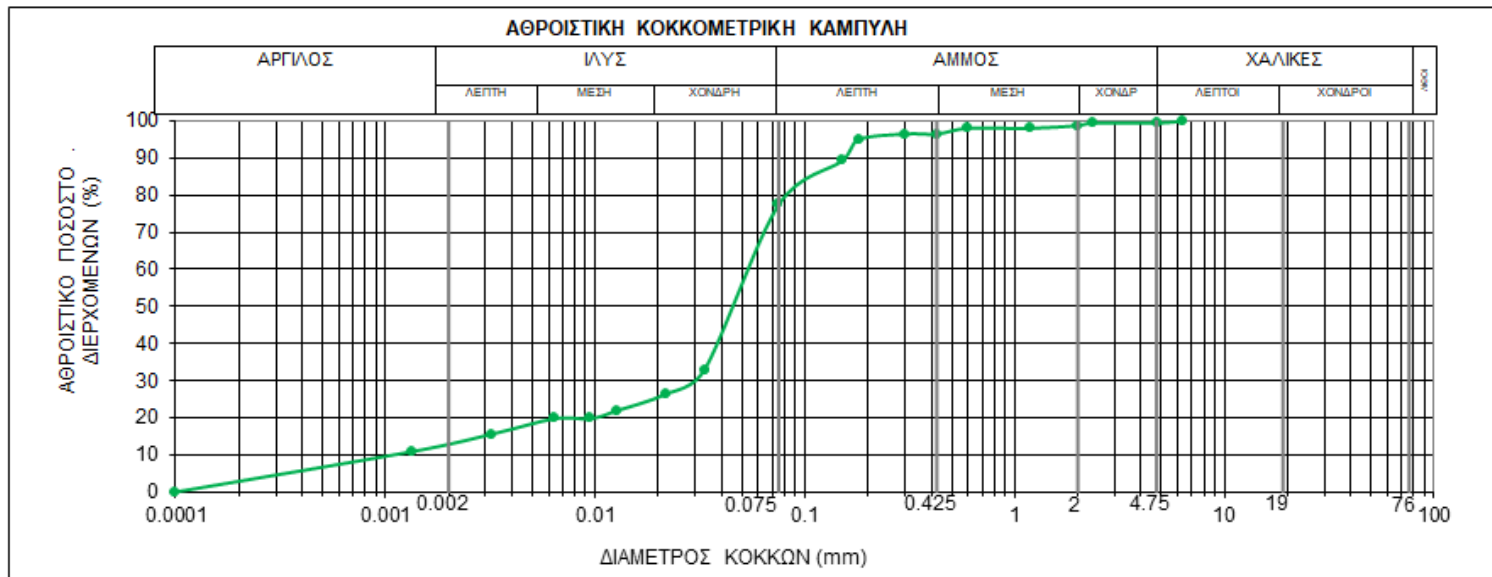


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

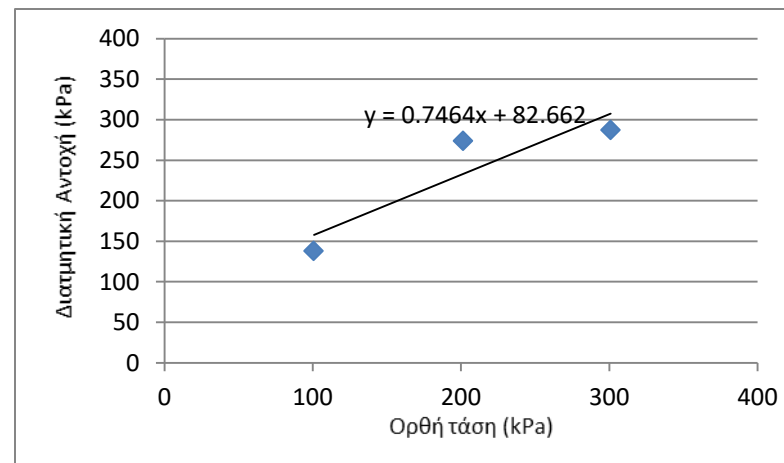
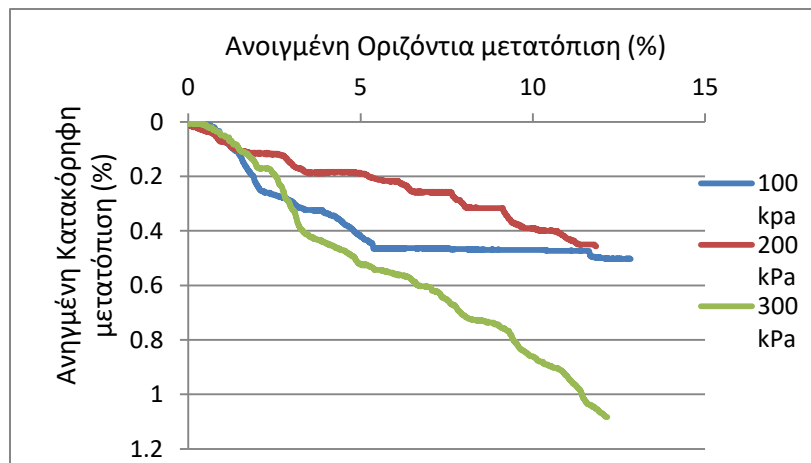
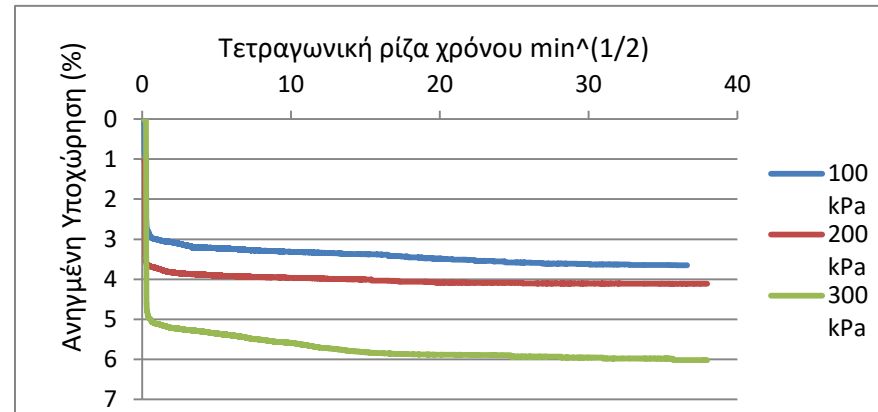
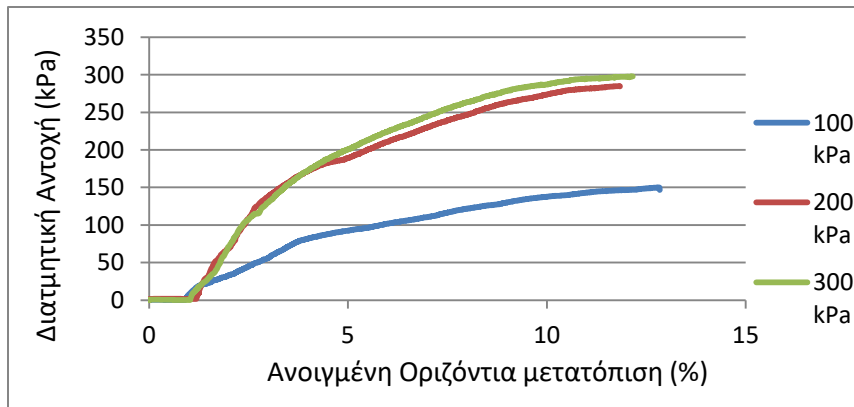
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
		77	45	13.89	34.90	22.18	12.72	14.90	20.96	2.63	CL
		ΙΛΥΣ (%)									
1	22	64									



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

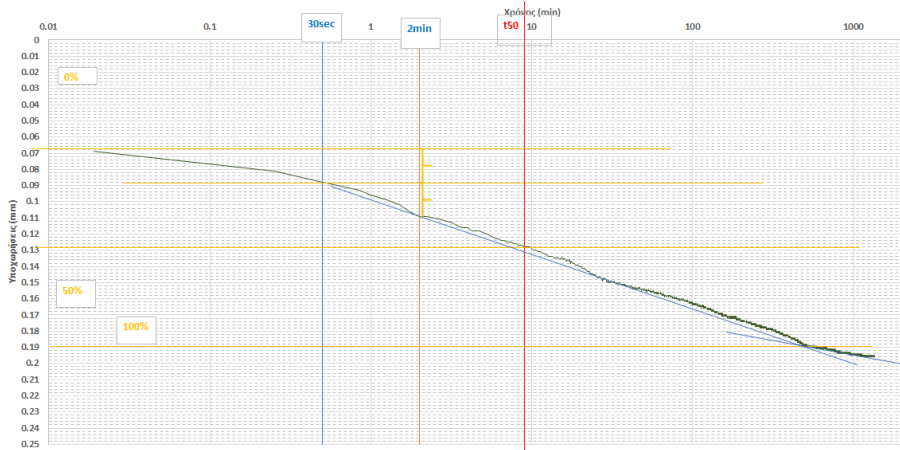


c(kpa)	φ(deg)
82.662	36.7



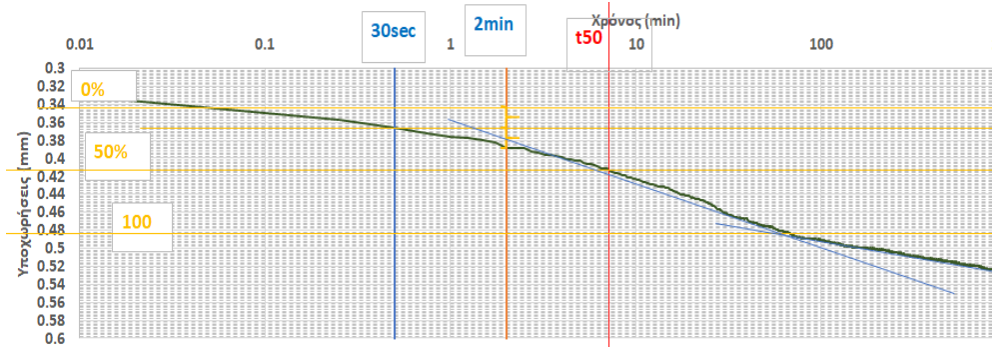
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 KN/m²



H₀ =	19,93	mm
t₅₀ =	9,01	min
C_v =	2.16	mm ² /min

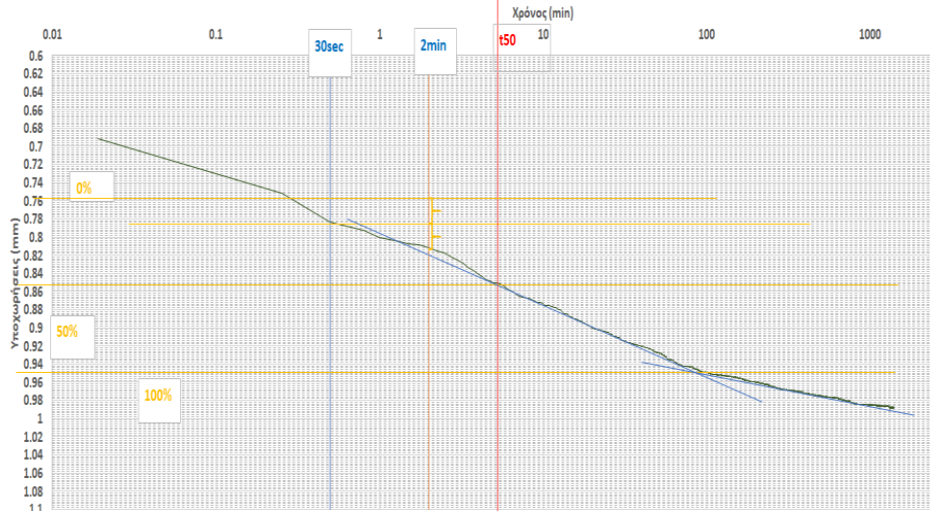
ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 KN/m²



H₀ =	19.66	mm
t₅₀ =	7.13	min
C_v =	2.66	mm ² /min

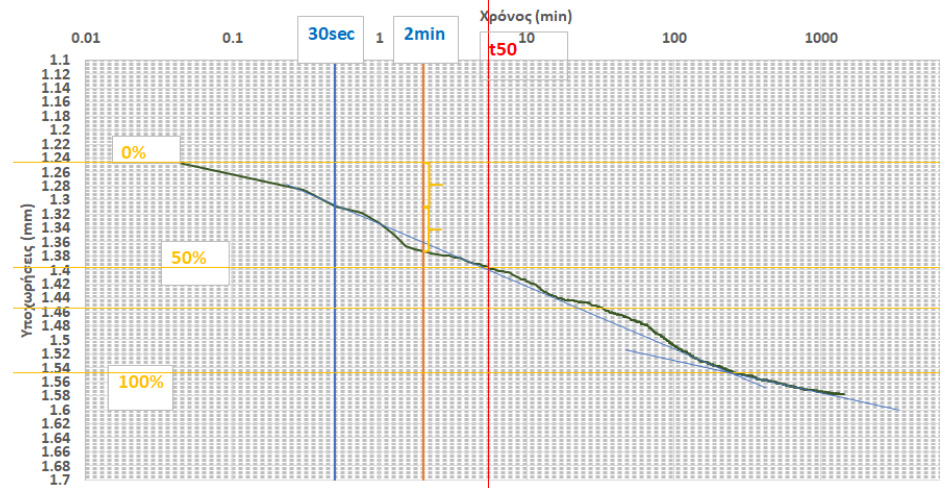


**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 ΚΝ/μ²**



H₀ =	19.31	mm
t₅₀ =	5.24	min
C_v =	3.49	mm ² /min

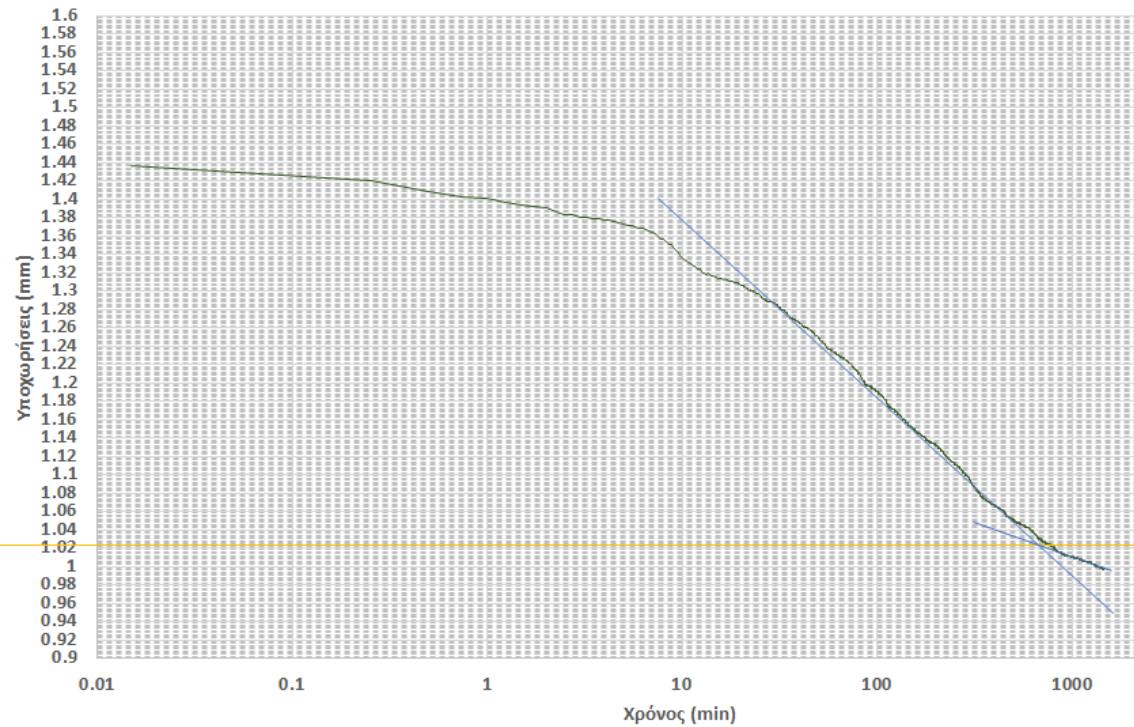
**ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
 ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/μ²**

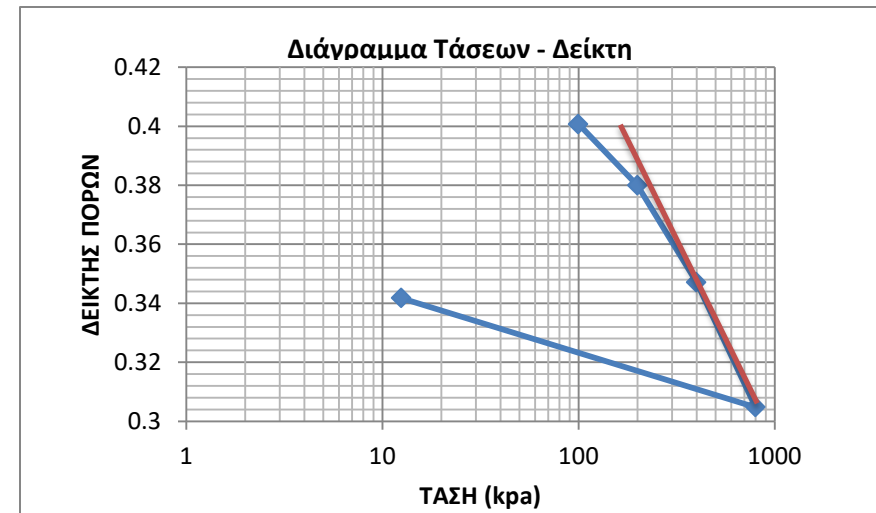
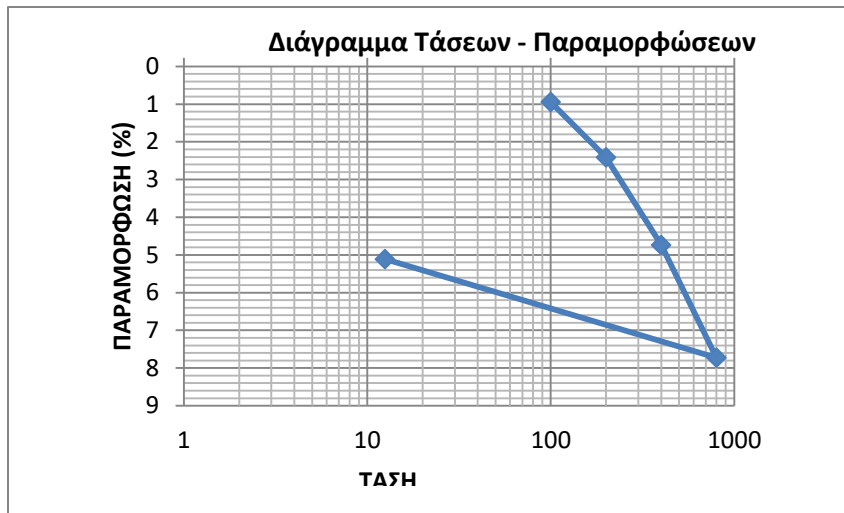


H₀ =	18.77	mm
t₅₀ =	2.34	min
C_v =	7.38	mm ² /min



ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 12,5 KN/m²





Τάση (kN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (kN/m ²)
0	0	-
100	0.189	-
200	0.483	6802.721
400	0.948	8602.151
800	1.546	13377.93
12.5	1.023	-

Cc= 0.14
e ₀ = 0.41

ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

12

Συντεταγμένες: 38°28'53.46"B, 23° 1'45.20"A

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

A.S.T.M. D 854-02

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3	4
	ΚΩΔΙΚΟΣ ΦΙΑΛΗΣ :	1	9	5/7	5/7
A	ΜΑΖΑ ΚΕΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ (gr) (W1):	55,798	51,646	40,814	40,811
B	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr) (W2):	76	72,185	62,634	61,963
Γ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ, ΞΗΡΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W3) :	167,851	164,139	154,128	153,677
Δ	ΜΑΖΑ ΦΙΑΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (gr) (W4):	155,661	151,596	140,688	140,675
E	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ (t°C)	20	20	18	19
Z	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ t°C	0,9982343	0,9982343	0,9986244	0,99843
H	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ t°C $\rho_s (gr/cc) = \frac{(W_2 - W_1) * \rho_w}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,52	2,56	2,60	2,59
Θ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ Κ	1,0000	1,0000	1,0004	1,0002
I	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΤΟΥΣ 20°C	2,52	2,56	2,60	2,59

G _s στους 20°C =	2.5685
-----------------------------	--------

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



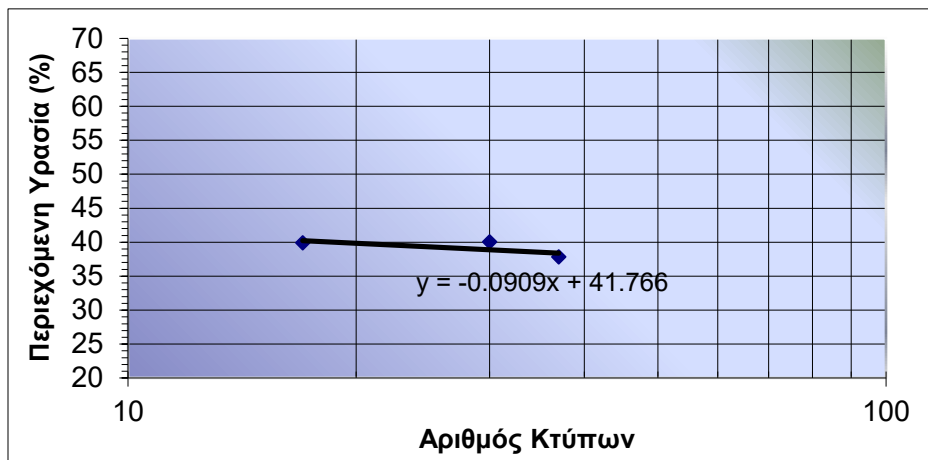
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

A.S.T.M. D 4318-00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	cas 1	cas 2	cas 3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	17	37	30
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ :	17	37	30
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,30	2,30	2,30
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	26,50	27,10	21,20
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	19,60	20,30	15,80
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	6,90	6,80	5,40
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	17,30	18,00	13,50
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	39,88	37,78	40,00

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PL)		
	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	διηθητικό 16	διηθητικό 17	διηθητικό 18
A ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	2,30	2,3	2,3
B ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	7,20	10,5	12,6
Γ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	6,20	8,8	10,6
Δ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=B-Γ)(gr) :	1	1,7	2
E ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (E=Γ-A) (gr) :	3,9	6,5	8,3
Z ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/E)% :	25,64	26,15	24,10



Όριο υδαρότητας LL
 για x=25 χτύποι
 $y = 39,49$

Όριο υδαρότητας, LL :	39.49	(%)
Όριο πλαστικότητας, PL :	25.3	(%)
Δείκτης πλαστικότητας, PI :	14.20	

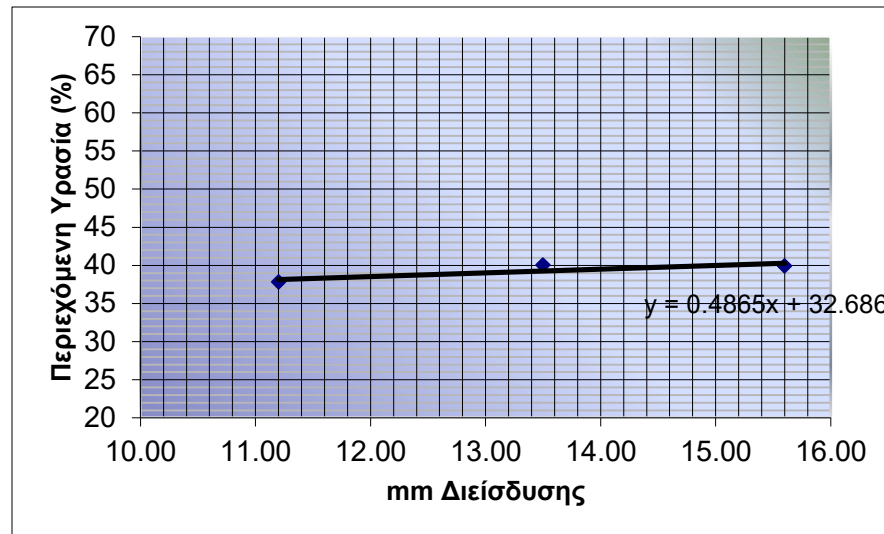
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.:+30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΠΕΝΕΤΟΜΕΤΡΟΥ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

	ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL)		
		1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ :	1	2	3
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΨΑΣ :	κ4	κ2	κ6
	ΔΙΕΪΣΔΗΣΗ ΚΩΝΟΥ (mm) :	15.6	11.2	13.5
A	ΒΑΡΟΣ ΚΑΨΑΣ (gr) :	17.90	19.00	10.80
B	ΒΑΡΟΣ ΥΓΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	40.40	37.70	27.60
Γ	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ + ΚΑΨΑΣ (gr) :	33.60	31.90	22.40
Δ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (Δ=Β-Γ)(gr) :	6.80	5.80	5.20
Ε	ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (Ε=Γ-Α) (gr) :	15.70	12.90	11.60
Z	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (Z=Δx100/Ε)% :	43.31	44.96	44.83



Όριο υδαρότητας LL
 για x=10mm
 y= 37.55

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A.S.T.M. D 422-63

Αριθμός Κοσκίνου	Ανοιγμα Κοσκίνου mm	Συγκρατούμενο Βάρος gr	Διερχόμενο βάρος	
			gr	%
3"	76,20	0,0	716,7	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	716,7	100,0
2"	50,80	0,0	716,7	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	716,7	100,0
1 1/4"	31,75	0,0	716,7	100,0
1"	25,40	0,0	716,7	100,0
3/4"	19,05	0,0	716,7	100,0
5/8"	15,87	0,0	716,7	100,0
1/2"	12,70	0,0	716,7	100,0
3/8"	9,52	0,0	716,7	100,0
1/4"	6,35	0,0	716,7	100,0
No. 4	4,75	0,4	716,3	100,0
No. 8	2,36	0,0	716,3	100,0
No. 10	2,00	0,6	715,7	99,9
No. 20	1,18	2,7	713,0	99,5
No. 30	0,60	0,0	713,0	99,5
No. 40	0,425	5,5	707,6	98,7
No. 50	0,30	0,0	707,6	98,7
No. 60	0,18	13,7	693,9	96,8
No. 100	0,15	23,2	670,7	93,6
No. 200	0,075	49,2	621,5	86,7
	Παιπάλη	621,5		
	Ολικό Βάρος:	716,7		



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

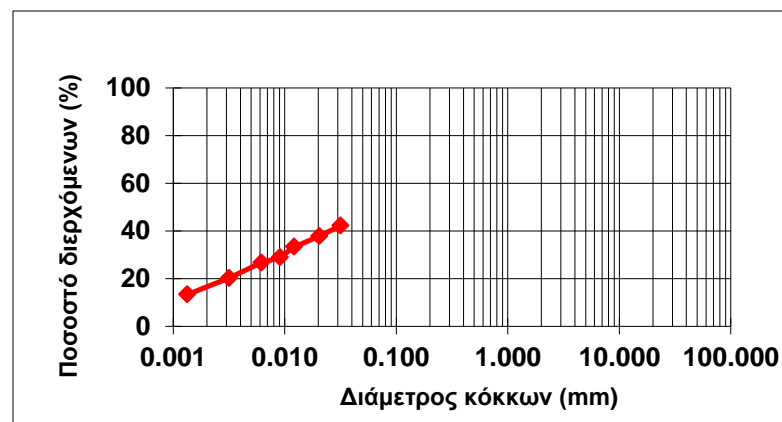


NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email:cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ
 A.S.T.M. D 422-63

C°	K _N	Πυκνότητα	K _L	Ειδ. Βάρος	K _G	Θερμοκρασί α		Πρότυπο μέγεθος κοσκίνου (mm)	Διερχόμε νο βάρος %
15	1,053	1,000	1,000						
15,5	1,046	1,001	0,990	2,6	1,016	Βαθμοί °C	NaPO ₃	76,20	
16	1,043	1,002	0,980	2,61	1,013	19	-0,00456	63,50	
16,5	1,034	1,003	0,971	2,62	1,01	19 1/2	-0,00443	50,80	
17	1,028	1,004	0,962	2,63	1,007	20	-0,0043	38,10	
17,5	1,02	1,005	0,955	2,64	1,003	20 1/2	-0,00418	31,75	
18	1,014	1,006	0,946	2,65	1	21	-0,00404	25,40	
18,5	1,008	1,007	0,938	2,66	0,998	21 1/2	-0,00392	19,05	
19	1	1,008	0,927	2,67	0,995	22	-0,00399	15,87	
19,5	0,995	1,009	0,918	2,68	0,99	22 1/2	-0,00367	12,70	
20	0,988	1,010	0,907	2,69	0,987	23	-0,00354	9,520	
20,5	0,984	1,011	0,896	2,7	0,985	23 1/2	-0,00342	6,350	
21	0,98	1,012	0,888	2,71	0,983	24	-0,00329	4,7500	
21,5	0,975	1,013	0,878	2,72	0,98	24 1/2	-0,00316	2,3600	
22	0,967	1,014	0,868	2,73	0,978	25	-0,00304	2,0000	
22,5	0,962	1,015	0,860	2,74	0,975	25 1/2	-0,00292	1,1800	
23	0,956	1,016	0,850	2,75	0,972	26	-0,0028	0,6000	
23,5	0,95	1,017	0,841			26 1/2	-0,00267	0,4250	
24	0,946	1,018	0,833			27	-0,00255	0,3000	
24,5	0,94	1,019	0,825			27 1/2	-0,00244	0,1800	
25	0,935	1,020	0,817			28	-0,00232	0,1500	
25,5	0,93	1,021	0,805			28 1/2	-0,0022	0,0750	
26	0,925	1,022	0,796			29	-0,00207	#Δ/Υ	0,00
26,5	0,92	1,023	0,788			29 1/2	-0,00195	#Δ/Υ	0,00
		1,024	0,778			30	-0,00184	#Δ/Υ	0,00
		1,025	0,770			30 1/2	-0,00171	0,0317	42,23
		1,026	0,760			31	-0,00158	0,0205	37,78
		1,027	0,752			31 1/2	-0,00146	0,0121	33,32
		1,028	0,743			32	-0,00134	0,0091	28,87
		1,029	0,737			32 1/2	-0,00122	0,0062	26,64
		1,030	0,728			33	-0,00110	0,0032	20,23
		1,031	0,718			33 1/2	-0,00097	0,0013	13,28

Χρόνος (sec-min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων d ₀ (mm)	K _N	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d' (mm)
15"	0.11	-	-	-	-
30"	0.08	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
45"	0.065	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
1	0.058	#Δ/Υ	#Δ/Υ	1.000	#Δ/Υ
2	0.041	0.956	0.690	1.000	0.0270
5	0.026	0.956	0.699	1.000	0.0174
15	0.015	0.956	0.743	1.000	0.0107
30	0.011	0.956	0.817	1.000	0.0086
60	0.0074	0.956	0.850	1.000	0.0060
250	0.0037	0.956	0.896	1.000	0.0032
1440	0.0015	0.956	0.955	1.000	0.0014
2880	0.00106	-	-	-	

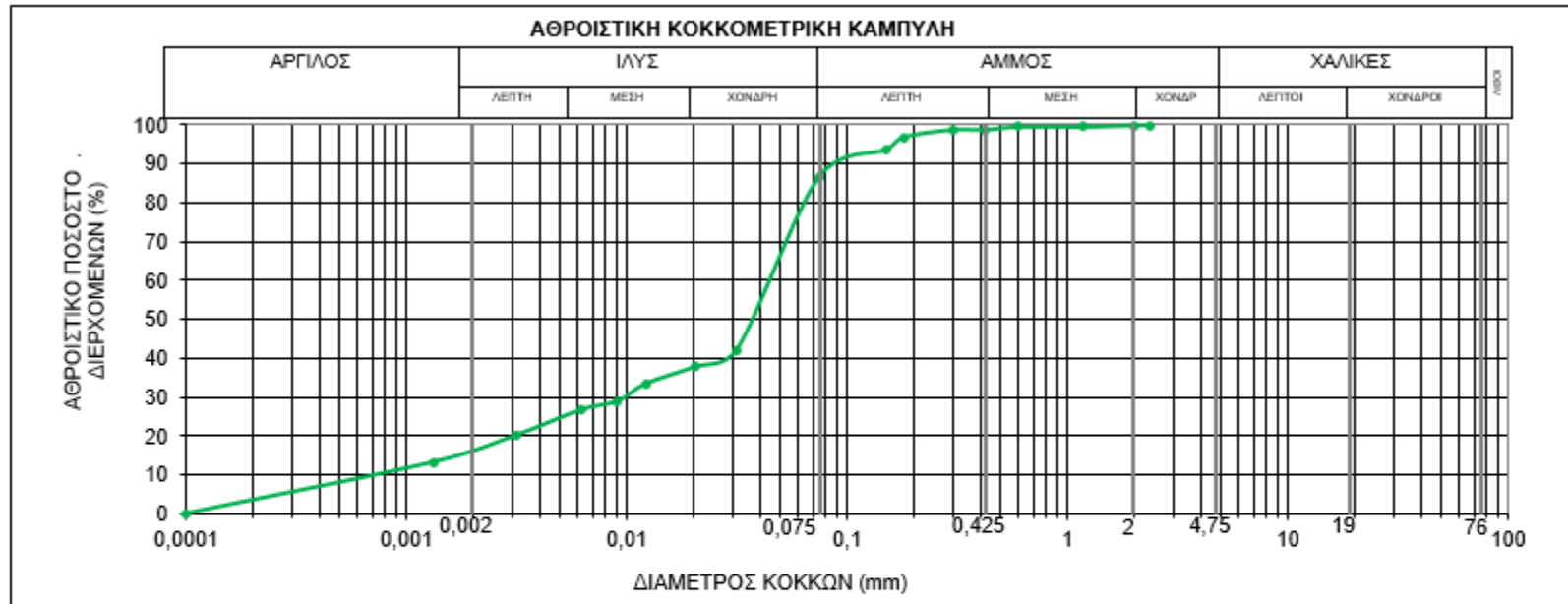


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

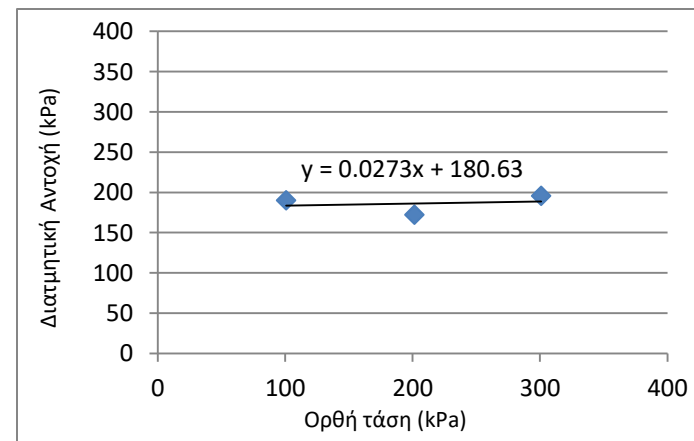
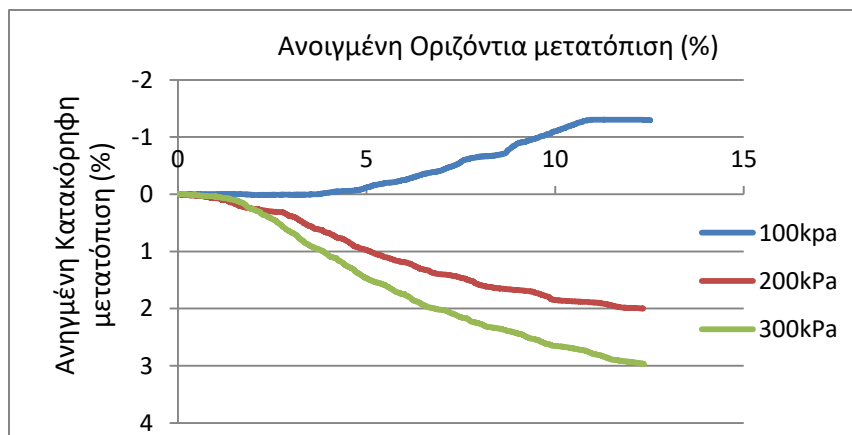
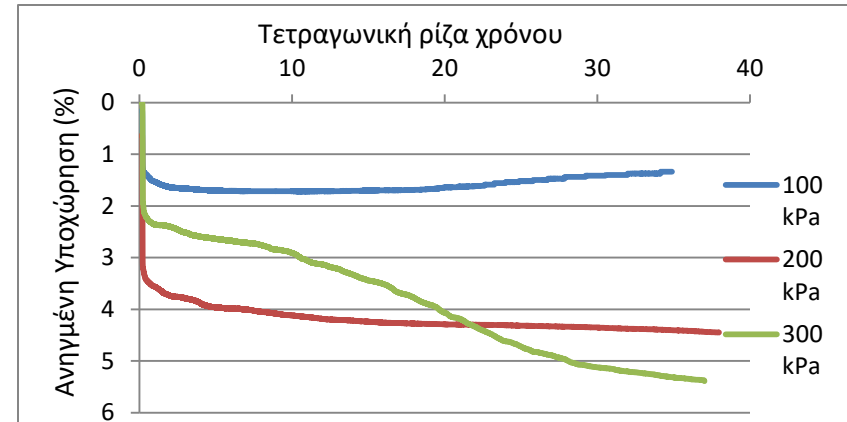
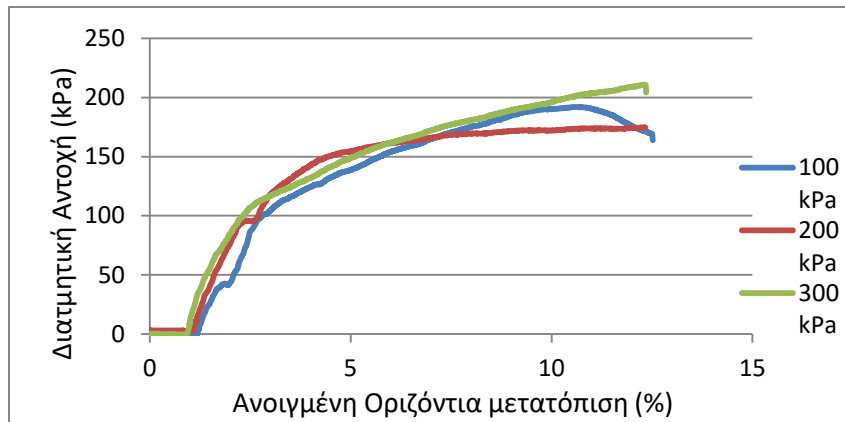
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ (%)			ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Cu	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ Cc	ΟΡΙΑ ATTERBERG (%)			ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ W (%)	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜ. ΒΑΡΟΣ γ (kN/m ³)	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ Gs	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Α.Υ.Σ.Σ.
ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ (%)			LL	PL	PI				
0	13	87	64	3,17	39,49	25,30	14,20	37,20	18,34	2,57	ML
		ΙΛΥΣ (%) ΑΡΓΙΛΟΣ (%) 70 17									



Δοκιμή άμεσης ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση (CU)
ASTM D3080-90

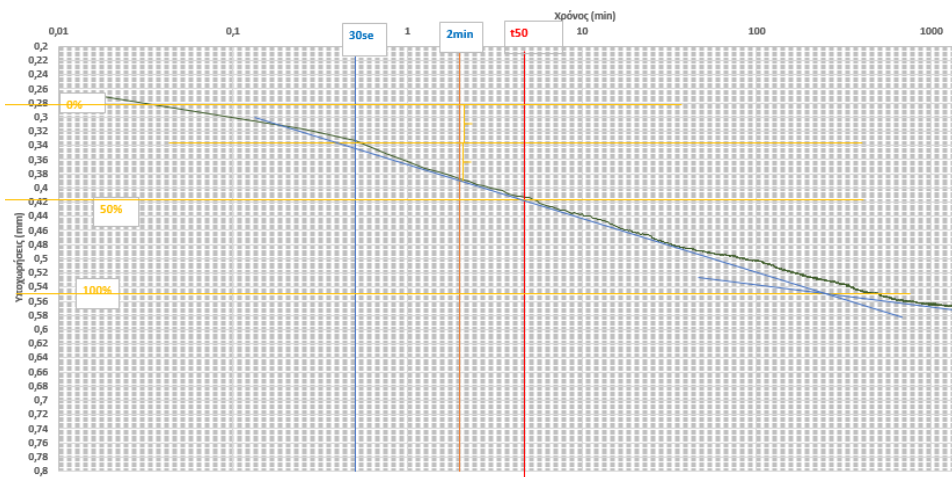


c(kPa)	φ(deg)
180,63	1,5



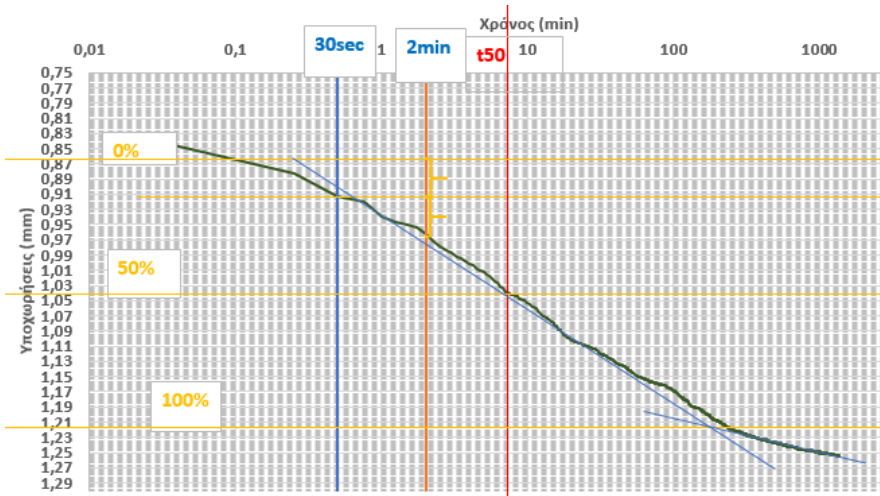
Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης
ASTM D2435-80

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 100 ΚΝ/μ²



H₀ =	19.73	mm
t₅₀ =	4.62	min
C_v =	4.12	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 200 ΚΝ/μ²



H₀ =	19.17	mm
t₅₀ =	7.16	min
C_v =	2.51	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
 τηλ.: +30 2107722087,
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144



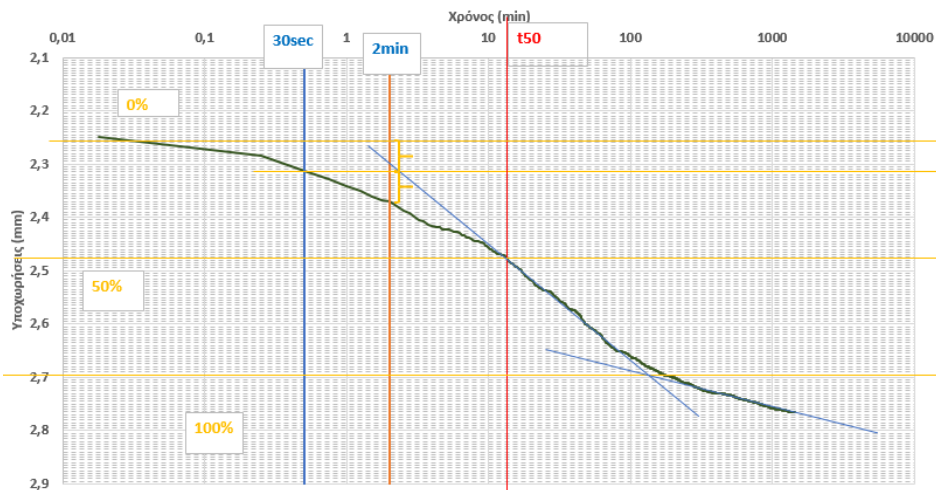
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
 MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
 LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
 ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
 tel.: +30 2107722087
 email: cloupasakis@metal.ntua.gr
 Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 400 ΚΝ/Μ²



H₀ =	18.51	mm
t₅₀ =	6.16	min
C_v =	2.72	mm ² /min

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 800 ΚΝ/Μ²



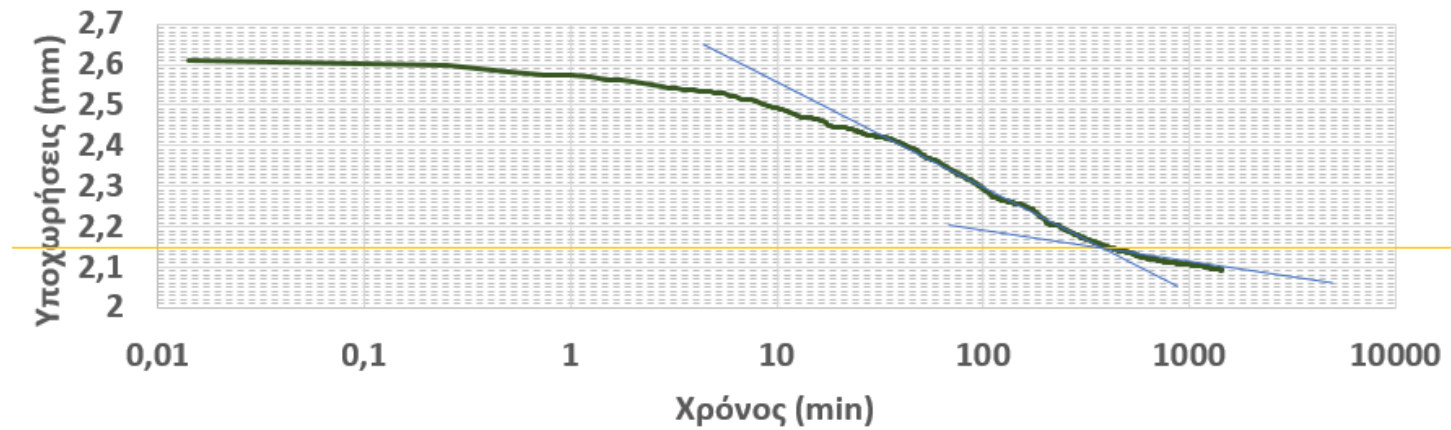
H₀ =	17.75	mm
t₅₀ =	13.27	min
C_v =	1.16	mm ² /min

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. Κ.ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ
τηλ.: +30 2107722087,
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144



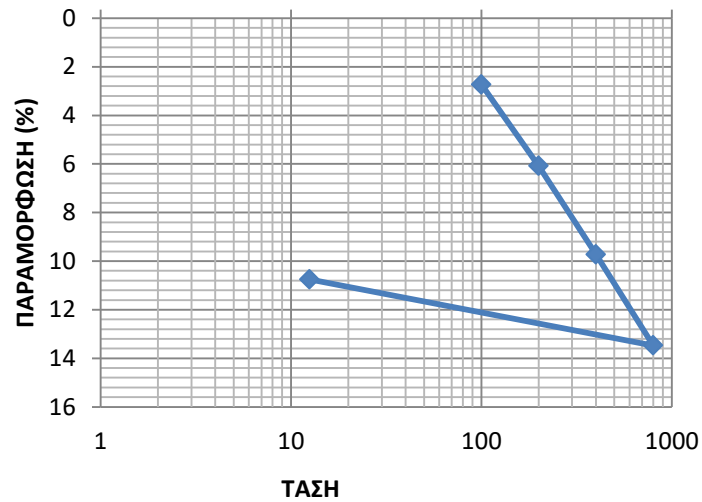
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
MINING & METALLURGICAL ENGINEERING SCHOOL
LABORATORY OF ENGINEERING GEOLOGY & HYDROGEOLOGY
ASSOCIATE PROFESSOR. C. LOUPASAKIS
tel.: +30 2107722087
email:cloupasakis@metal.ntua.gr
Fax: 210 7722144

ΜΕΘΟΔΟΣ CASAGRANDE
ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ, ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ 2,5 ΚΝ/μ²

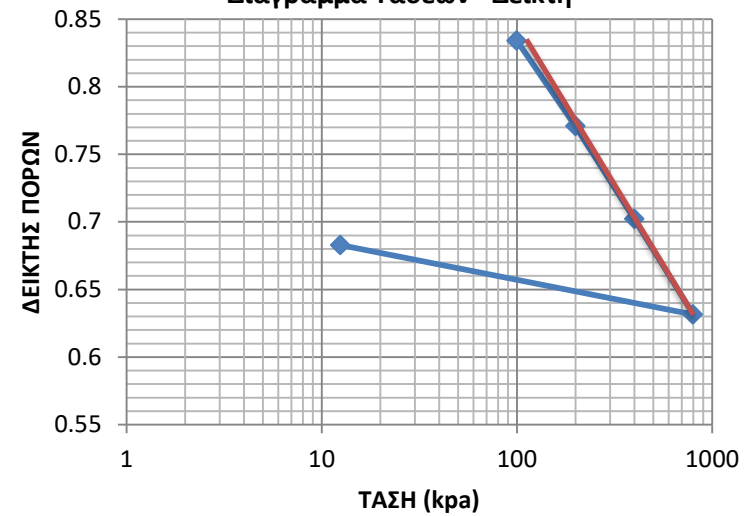




Διάγραμμα Τάσεων - Παραμορφώσεων



Διάγραμμα Τάσεων - Δείκτη



Τάση (KN/m ²)	Ολική Καθίζηση(mm)	Es (KN/m ²)
0	0	-
100	0.547	-
200	1.217	2985.075
400	1.945	5494.505
800	2.695	10666.67
12.5	2.15	-

C _c =	0.234
e ₀ =	0.88